

남해 안골만 잘피밭 어류 종조성의 계절변동

이태원 · 문형태 · 황학빈 · 허성희* · 김대지*
 충남대학교 해양학과, *부경대학교 해양학과

Seasonal Variation in Species Composition of Fishes in the Eelgrass Beds in Angol Bay of the Southern Coast of Korea

Tae Won LEE, Hyung Tae MOON, Hak Bin HWANG
 Sung-Hoi HUH* and Dae Ji KIM*

Department of Oceanography, Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea
 *Department of Oceanography, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

Seasonal variation in species composition of fishes in the eelgrass bed in Angol Bay of the southern coast of Korea was determined using monthly samples by a beam trawl from April 1998 to March 1999. A total of 39 species, 2,065 individuals and 8,930 g of fishes were collected during the study period. The fish were composed of the small-sized resident species and the juveniles of *Leiognathus nuchalis*, *Pholis nebulosa*, *Syngnathus schlegeli* and *Sebastes inermis* predominated in abundance, accounting for 60% of total number of individuals. The number of species and biomass were low from December to March when the water temperature was low. The biomass increased by the catch of a large number of *L. nuchalis* and *S. inermis* in April and May when the eelgrass grew fast. The fish numbers decreased in June and July when the adults of the resident species declined after the spawning. A large number of juveniles which had released in spring occurred in August. The biomass of fish decreased from September, and a few number of fish were collected in winter. Species were grouped into four by cluster analysis: the warm season group including *P. nebulosa*, *S. schlegeli* and *L. nuchalis*, the cold season group including *Chaenogobius heptacanthus* and *Platycephalus indicus*, the group of fish species occurred during the growing season of eelgrass such as *P. cottoides*, *S. inermis* and *P. percoides*, and the group of fish species occurred during decaying season of eelgrass such as *S. cirrhifer* and *H. coronatus*. Principal component analysis indicated that seasonal variation in species composition was determined by the water temperature and standing crops of eelgrass.

Key words: Eelgrass beds, Species composition of fishes, Abundance, Cluster analysis, Principal component analysis (PCA)

서 론

해양 현화식물은 12속 58종이 보고되었으며, 온대해역에는 잘피 (*Zostera marina*)가 주로 분포한다. 잘피는 조간대에서 조하대의 수심 2 m 정도까지 햇빛이 잘 투과되는 해수유동이 약한 연성저질에 서식한다. 잘피의 생산력은 해역에 따라 다르나 120~320 g C m⁻² yr⁻¹ 정도의 범위로 높으며, 부착해조류의 생산도 잘피 생산의 30~90%에 이르는 것으로 보고 되었다 (Phillips, 1974; McRoy and Helfferich, 1977). 잘피는 약 3% 정도가 성체나 복족류 같은 초식자에 소비되고, 나머지는 시들어 분해되면서 많은 유기 퇴적물과 용존유기물을 생성한다. 이 용존유기물은 잘피의 엽상체에 부착하는 여과식자가 소비하고, 유기퇴적물은 다양한 무척추동물의 먹이가 되어, 잘피밭에는 동식물상이 다양하고 생산성이 높은 곳이다 (Thayer et al., 1975; Stoner, 1980; Livingstone, 1984). 특히, 해초지는 저질을 안정시키고, 파랑의 힘을 약화시켜 안정된 환경을 만들고 경제적 가치가 있는 어종의 유어들을 포식자로부터 보호하여, 이 유어들의 보육장으로 이용되고 있다 (Nybakken, 1982; Klumpp et al., 1992).

미국, 호주, 유럽 및 일본과 같은 나라에서는 해초생태계에 대한 연구가 이미 1980년대부터 활발히 진행되어 왔다. 우리 나라의 경우 서남해역 및 제주도 천해역에도 잘피밭이 발달된 곳이 많아 근래에 잘피와 잘피밭에 서식하는 생물에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 충무 한실포 잘피밭의 어류 군집 (Huh, 1986), 해

운대 동백섬에서의 등각류 (Kang and Yun, 1988), 제주도 연안 해초지대에서의 어류 군집 (Go and Cho, 1997) 및 우점종인 실비늘치의 생태 (Go et al., 1997) 등이 연구되었다. Kwak (1997)은 광양만 잘피밭의 생태계 전반에 걸친 연구를 수행하였다. 이 해역에서 잘피는 3월부터 자라기 시작하여 7월에 가장 높은 생물량을 보이며, 이 때 꽃을 피운 후 8월부터 시들어 10월에는 대부분이 분해된다 (Kwak, 1997). 부착해조류는 가을과 겨울에 높은 생물량을 보이며, 잘피가 성장하기 시작하면 햇빛 투과의 감소로 생물량이 잘피가 무성한 4~6월에 최소값을 보이고, 8월부터 다시 증가한다. 잘피밭에 서식하는 소비자들 중 새우류 군집 (Huh and An, 1997), 게류 군집 (Huh and An, 1998), 저서동물 군집 (Yun et al., 1997) 및 어류 군집 (Huh and Kwak, 1997a)의 계절변동에 대하여 연구되었다. 또, 우점어종인 배도라치, 실고기, 주둥치, 가시망둑, 볼락, 날개망둑 등의 식성도 연구되었다 (Huh and Kwak, 1997b, c, d, 1998a, b, c).

경남 진해시 안골만은 외해로부터 보호된 수심이 2 m 미만인 천해로, 잘피가 밀생하고 있다. 본 연구에서는 안골만 잘피밭에서 beam trawl을 이용하여 월별로 어류를 채집하여 잘피 성장에 따른 종조성의 계절변동을 분석하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 재료는 경남 진해시 안골만에 위치한 잘피밭

에서 1998년 4월부터 1999년 3월까지 월별로 beam trawl을 이용하여 채집하였다. 채집에 이용된 beam trawl은 Huh and Kwak (1997a)의 연구에서 사용되었던 어구와 동일 규격으로, 길이 5 m, 망폭 4 m, 날개그물 (wing net)과 자루그물 (cod end)의 망목은 각각 1.9 cm, 1 cm였으며, 끌줄은 약 30 m 정도였다. 만내부, 만중부 및 만 입구 3개 조사정점에서 5분씩 예인을 원칙으로 하였다. 그러나, 그물 예인에 장애물이 많아 각 정점에서 총 예인시간이 5분이 되도록 하였다. 조사 초기 2달간 각 정점의 종조성에 대하여 Wicoxon의 signed-rank test와 밀도에 대하여 t-test를 한 결과 모두 유의한 차이를 보이지 않았고 ($p>0.05$), 각 조사 시기마다 예인 가능 지역이 달라져 각 시기의 자료는 3 정점 자료를 합하여 정리하였다.

채집된 재료는 냉장 보관하여 실험실로 운반한 후, 종별로 개체수와 생체량을 파악하였다. 각 어체의 체장은 1 mm까지, 체중은 0.1 g까지 측정하였다. 종의 동정에는 Chyung (1977), Masuda et al. (1984)을 따랐다. 어류의 계절변동을 비교하기 위하여 개체수를 대상으로 Shannon-Wiener의 종다양성지수 (H')를 계산하였다 (Shannon and Weaver, 1949).

출현종간의 유사성을 분석하기 위하여, 조사시간의 각 종의 출현 유무에 따라 Jaccard (1908)의 유사도지수를 계산하여 유사도를 작성하였다. 조사시기의 종조성 차이를 분석하기 위하여 채집월의 자료를 한 개의 표본단위 (sample unit)로 보고 주성분 분석을 하였다. 이 때에 3회 이상 출현한 종만을 대상으로, 각 표본단위의 출현개체수로 각 종의 순위를 정하고 Spearman의 rank correlation을 계산한 후, Davis (1978)의 program "PCA"를 일부 변형하여 계산하였다.

결 과

1. 출현종

조사기간 동안 출현한 어류는 총 39종이었고, 채집된 총 개체수와 생체량은 각각 2,065개체, 8,930.0 g이었다 (Table 1). 출현한 어류는 주둥치 (*Lciognathus nuchalis*), 베도라치 (*Pholis nebulosa*), 가시망둑 (*Pseudoblennius cottooides*), 두줄망둑 (*Tridentiger trigonocephalus*)과 같이 얕은 천해역에 서식하는 소형 어류가 주를 이루었으며, 양태 (*Platycephalus indicus*), 쥐노래미 (*Hexagrammos otakii*), 볼락 (*Sebastes inermis*)과 같은 연안 저어류의 유어가 계절에 따라 출현하였다. 출현빈도를 보면, 12월을 제외한 전 기간 동안 출현한 두줄망둑이 11회, 주둥치, 실고기 (*Syngnathus schlegelii*), 양태가 8회, 베도라치가 7회, 가시망둑, 쥐노래미, 복섬 (*Takifugu niphobles*)이 6회 출현하였고, 나머지 종들은 5회 미만의 낮은 출현빈도를 보였다.

개체수의 경우, 주둥치가 506개체로 전체의 24.5%로 가장 많이 채집되었다. 그 다음으로 베도라치, 실고기, 볼락, 그물코퀴치 (*Rudnius ercodes*) 순이었으며, 이 5종이 전체의 64.8%를 차지하였다. 생체량의 경우, 개체수에서의 마찬가지로 주둥치가 최우점종으로 1,831.9 g이 채집되어 전체의 20.5%를 차지하였다. 그 다음으로 베도라치, 돌팍망둑 (*Pseudoblennius percoides*), 쥐노래미, 볼

락순이었으며, 이 5종이 전체의 65.5%를 차지하였다.

2. 계절변동

수온은 1998년 4월에 13.4°C였고, 이후 점차 높아져 8월에 가장 높은 26.8°C를 기록하였다. 그러나 9월부터 점차 낮아져 2월에 10.5°C로 가장 낮은 수온을 보였다 (Fig. 2).

4월에는 잘피가 30 cm 이상으로 자랐으며, 13종, 483마리, 1239.8 g의 어류가 채집되었다 (Table 1). 채집된 어종 가운데 주둥치가 169개체로 개체수의 35.0%를 차지하였다. 그 다음으로 볼락, 베도라치, 실고기, 돌팍망둑의 순이었으며, 이들 4종이 개체수의 56.3%를 차지하였다. 5월에는 13종, 471마리, 1996.6 g이 채집되었으며, 종조성은 4월과 비슷하였다. 6월에 채집된 11종 중 10종이 5월에도 출현한 어종이었으며, 개체수와 생체량 모두 감소하였다. 7월에는 잘피가 꽃을 피웠고, 14종, 79마리, 474.8 g의 어류가 채집되었다. 이 시기에는 4~6월에 채집량이 많았던 베도라치, 실고기, 볼락, 돌팍망둑 등의 출현량이 크게 줄었고, 주둥치 31마리를 제외한 다른 종의 출현량은 많지 않았다.

8월에는 잘피의 잎줄기가 뿌리에서 분리되어 수면을 덮었다. 어류는 18종이 채집되어 출현종수가 연중 가장 높았고, 개체수와 생체량도 7월에 비하여 높아졌다. 주둥치가 57마리, 실고기가 38마리 채집되었으나, 4~6월에 우점하였던 베도라치, 볼락의 유어 및 돌팍망둑은 8월 이후에 채집되지 않았다. 이 시기에는 그물코퀴치, 쥐치 (*Stephanolepis cirrhifer*), 해마 (*Hippocampus coronatus*)가 많이 잡혔고, 사백어 (*Leucopsarion petersii*)는 8월에만 79마리 채집되었다. 9월에는 수면에 떠 있는 잘피의 잎줄기가 8월에 비하여 양도 줄었고 상당히 시든 상태였다. 채집된 14종의 어류 중 10종이 8월에도 채집된 종이었으며, 채집개체수는 8월에 비하여 줄었다. 10월에는 수면에 떠있던 잘피가 대부분 없어지고 해저에만 잘피 부스러기들이 덮여 있었다. 어류는 6종, 71마리, 365.4 g이 채집되어 낮은 값을 보였다. 8~9월에 채집량이 많았던 해마와 쥐치도 거의 채집되지 않았고, 주둥치, 두줄망둑, 그물코퀴치를 제외한 나머지 종들은 10마리 미만이 채집되었다. 11월에는 15종, 90마리, 900.7 g이 채집되어 생체량이 다시 증가하였다. 양태와 실양태가 각각 38마리, 11마리로 채집되었으며, 나머지 종들은 모두 10개체 미만이였다.

12월에서 2월 사이에는 출현종수가 4~6종에 불과하였으며, 낮은 생체량을 보였다. 3월에는 가을에서 겨울 사이에 출현하였던 어류와 함께 봄에서 여름 사이에 출현하는 종들이 채집되어 2월에 비하여 종수가 증가하고 채집량도 많아졌다.

종다양성지수는 잘피가 자라는 4월에서 7월 사이에 1.70~1.95 범위였으며, 잘피 잎줄기가 수면을 덮었고, 일시출현종의 수가 많았던 8월에 2.17로 조사기간 중 가장 높았다 (Fig. 2). 8월 이후 종다양성지수는 낮아져 10월에는 1.37로 낮은 값을 보였다. 11월에 2.03으로 높아 졌으나, 채집량이 적었던 12월에서 2월 사이에는 연중 가장 낮은 값을 보였고, 3월에 다시 높아졌다.

3. 종간 유사성

3회 이상 출현한 종을 대상으로 Jaccard 유사도 지수를 계산

Table 1. Species composition of fishes collected by a beam trawl in eelgrass beds in the Angol Bay of the southern coast of Korea from April 1998 to March 1999. N and W represent the number of individuals and biomass in grams per 3 hauls (2,400 m²), respectively

| Species | Month | | Apr. | | May | | Jun | | Jul. | | Aug. | | Sep. | | Oct. | | Nov. | | Dec. | | Jan. | | Feb. | | Mar. | | Total | | n | | | | |
|------------------------------------|-------|--------|------|--------|------|--------|------|-------|------|--------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|------|------|-------|------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|------|---|------|---|
| | N | W | N | W | N | W | N | W | N | W | N | W | N | W | N | W | N | W | N | W | N | W | N | W | N | W | N | W | | | | | |
| <i>Acanthogobius flavimanus</i> | | | | | | | | | | | | | 1 | 13.4 | | | | | | | | | | | | | | 1 | 13.4 | 1 | | | |
| <i>Acanthopagrus schlegeli</i> | | | | | 1 | 46.9 | | | | | | 1 | 16.4 | 8 | 60.6 | | | | | | | | | | | | | 10 | 124.0 | 3 | | | |
| <i>Acentrogobius pellicebilis</i> | | | | | | | | | | | | | | 12 | 22.5 | | | | | | | | | | | | | 12 | 22.5 | 1 | | | |
| <i>Acentrogobius pflaumi</i> | | | | | | | | | 1 | 4.5 | | | | | | | 1 | 1.9 | | | | | | | | | 2 | 6.4 | 2 | | | | |
| <i>Aulichthys japonicus</i> | 2 | 7.3 | | | | | | | | | | 8 | 5.5 | | | | | | | | | | | | | | 10 | 12.8 | 2 | | | | |
| <i>Chaenogobius heptacanthus</i> | | | | | | | | 1 | 1.1 | | | | | | | | | | | 1 | 1.2 | 8 | 9.0 | 3 | 3.7 | 13 | 15.1 | 4 | | | | | |
| <i>Chaenogobius lavis</i> | 7 | 9.6 | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 1.9 | | | | | | | | | 9 | 11.5 | 2 | | | | |
| <i>Conger myriaster</i> | | | | | | | | 1 | 5.8 | | 1 | 16.1 | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 21.9 | 2 | | | | |
| <i>Dictyosoma burgeri</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 90.7 | | | | | | | | 2 | 90.7 | 1 | | | | |
| <i>Dictyosoma rubrimaculatum</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 57.8 | | | | | | | | 2 | 57.8 | 1 | | | | |
| <i>Engraulis japonicus</i> | | | | | 1 | 1.9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1.9 | 1 | | | | |
| <i>Favonigobius gymnnauchen</i> | 1 | 0.4 | | | | | | | | | | 12 | 14.6 | | | | | | | | | | | | | | 13 | 15.0 | 2 | | | | |
| <i>Hexagrammos otakii</i> | | | | | 3 | 39.9 | | | 2 | 48.0 | | | | | | | | 7 | 407.0 | 1 | 79.1 | | 1 | 56.1 | 5 | 226.9 | 19 | 857.1 | 6 | | | | |
| <i>Hippocampus coronatus</i> | | | | | | | | | | | 32 | 40.6 | 22 | 60.0 | 1 | 1.0 | | | | | | | | | | | 55 | 101.7 | 3 | | | | |
| <i>Lateolabrax japonicus</i> | | | | | | | 1 | 9.7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 9.7 | 1 | | | | |
| <i>Leiognathus nuchalis</i> | 169 | 302.8 | 42 | 59.5 | 118 | 347.8 | 31 | 149.6 | 57 | 465.8 | 50 | 294.9 | 32 | 145.6 | 7 | 66.0 | | | | | | | | | | | 536 | 1831.9 | 8 | | | | |
| <i>Leucopsarion petersii</i> | | | | | | | | | | | 79 | 43.4 | | | | | | | | | | | | | | | 79 | 43.4 | 1 | | | | |
| <i>Limanda yokohamae</i> | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 156.9 | 1 | 27.8 | | | | | | | | | 2 | 184.6 | 2 | | | | |
| <i>Liparis tessellatus</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 3.0 | 1 | 3.0 | 1 | | | | |
| <i>Pholis nebulosa</i> | 78 | 431.1 | 160 | 786.7 | 63 | 125.7 | 4 | 46.7 | | | | | | | | | 3 | 53.7 | | | | 2 | 23.0 | 10 | 219.0 | 320 | 1685.9 | 7 | | | | | |
| <i>Platycephalus indicus</i> | | | | | | | 1 | 32.5 | | | | | 1 | 5.5 | 8 | 21.7 | 38 | 131.4 | 1 | 1.5 | 1 | 6.3 | 7 | 16.5 | 1 | 2.9 | 58 | 218.2 | 8 | | | | |
| <i>Pseudoblennius cottoides</i> | 9 | 11.5 | 36 | 105.1 | 20 | 118.3 | 11 | 69.0 | 6 | 33.4 | | | | | | | | | | | | | | | | 13 | 3.1 | 95 | 340.5 | 6 | | | |
| <i>Pseudoblennius percoides</i> | 24 | 96.6 | 55 | 447.4 | 17 | 384.7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 1.2 | 98 | 929.9 | 4 | | | |
| <i>Pterogobius elapoides</i> | 1 | 1.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1.5 | 1 | | | | |
| <i>Repomucenus lunatus</i> | | | | | | | | | | | | | 2 | 2.0 | | | | | | | | | | | | | 2 | 2.0 | 1 | | | | |
| <i>Repomucenus valenciennesi</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | 11 | 26.3 | | | | | | | | 11 | 26.3 | 1 | | | | |
| <i>Rudanus erodes</i> | | | | | | | | | | | 74 | 46.2 | | | | | | | | | | | | | | 2 | 1.7 | 101 | 87.8 | 5 | | | |
| <i>Sardinella zunasi</i> | | | | 1 | 7.6 | 5 | 28.8 | | | | 1 | 2.4 | | | | | 16 | 23.3 | 6 | 11.1 | 3 | 5.6 | | | | 2 | 1.7 | 101 | 87.8 | 5 | | | |
| <i>Sebastes inermis</i> | 121 | 236.5 | 47 | 146.5 | 23 | 150.9 | 1 | 10.6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 192 | 544.5 | 4 | | | | |
| <i>Sebastes oblongus</i> | 5 | 6.8 | 8 | 24.9 | 4 | 27.5 | 1 | 10.2 | 2 | 25.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | 20 | 94.6 | 5 | | | | |
| <i>Sillago japonica</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1.2 | 1 | 4.6 | | | |
| <i>Sphyræna pinguis</i> | | | | | | | | | | | 1 | 7.1 | 1 | 30.6 | | | | | | | | | | | | | 2 | 37.6 | 2 | | | | |
| <i>Stephanolepis cirrhifer</i> | 1 | 2.3 | | | | | 11 | 59.3 | 17 | 56.6 | 55 | 72.8 | | | | | | | | | | | | | | | 84 | 191.0 | 4 | | | | |
| <i>Syngnathus schlegeli</i> | 49 | 111.8 | 92 | 237.4 | 26 | 61.9 | 8 | 16.9 | 38 | 66.2 | 2 | 3.5 | | | 2 | 2.9 | | | | | | | | | | 3 | 5.0 | 220 | 505.6 | 8 | | | |
| <i>Takifugu niphobles</i> | | | 1 | 5.1 | 1 | 7.1 | 1 | 2.4 | 3 | 14.1 | 1 | 18.0 | | | 1 | 13.5 | | | | | | | | | | | 8 | 60.2 | 6 | | | | |
| <i>Thamnaconus modestus</i> | | | | | | | | | 5 | 170.2 | 4 | 301.9 | | | | | | | | | | | | | | | 9 | 472.0 | 2 | | | | |
| <i>Thryssa kammalensis</i> | | | | | | | | | 2 | 18.2 | 1 | 8.6 | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 26.8 | 2 | | | | |
| <i>Tridentiger trigonocephalus</i> | 16 | 21.8 | 24 | 87.7 | 3 | 10.3 | 5 | 18.2 | 9 | 25.5 | 8 | 9.0 | 13 | 17.0 | 6 | 7.5 | | | | 1 | 4.2 | 2 | 3.8 | 1 | 0.3 | 88 | 205.2 | 11 | | | | | |
| <i>Zoarchias uchidai</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 5.9 | 3 | 25.7 | 4 | 31.6 | 2 |
| Number of species | 13 | | 13 | | 11 | | 14 | | 18 | | 14 | | 6 | | 15 | | 4 | | 3 | | 6 | | 11 | | 39 | | | | | | | | |
| Total | 483 | 1239.8 | 471 | 1996.6 | 281 | 1272.7 | 79 | 474.8 | 348 | 1067.4 | 168 | 903.3 | 71 | 365.4 | 90 | 900.7 | 6 | 90.8 | 3 | 11.7 | 21 | 114.3 | 44 | 492.4 | 2065 | 8930.0 | | | | | | | |
| Diversity (H') | 1.75 | 1.68 | 1.88 | 1.81 | 1.70 | 1.84 | 1.95 | 2.10 | 2.17 | 2.05 | 1.82 | 1.80 | 1.37 | 1.23 | 2.03 | 1.83 | 1.24 | 0.51 | 1.10 | 0.94 | 1.47 | 1.42 | 2.03 | 1.09 | | | | | | | | | |

n: number of occurring months of a species

하여 수상도를 작성한 결과, 유사도 지수 0.40 수준에서 크게 네 무리와 무리 지워지지 않는 한 종으로 구분되었다 (Fig. 3). 'A' 무리는 주둥치, 실고기, 베도라치 등과 같이 출현빈도가 높고, 우점도가 높은 주걱종들이 속하였다. 'A' 무리 내에서 주둥치, 실고기, 복섬은 주로 4월에서 11월 사이 수온이 높은 계절에 출현하였고, 베도라치와 쥐노래미는 1~2월과 잘피가 시들어가는 8~10월

을 제외한 계절에 출현하였다. 'B' 무리에는 양태와 살망둑이 속하였는데, 10월에서 3월 사이 잘피의 양이 많지 않은 계절에 주로 출현하였다. 'C' 무리에는 가시망둑, 황점볼락 (*Sebastes oblongus*), 볼락, 들팍망둑, 밴댕이 (*Sardinella zunasi*)가 속하였는데, 잘피가 자라는 계절에 주로 출현하였다. 'D' 무리에는 해마, 감성돔 (*Acanthopagrus schlegeli*)과 쥐치가 속하였는데, 잘피의 잎줄

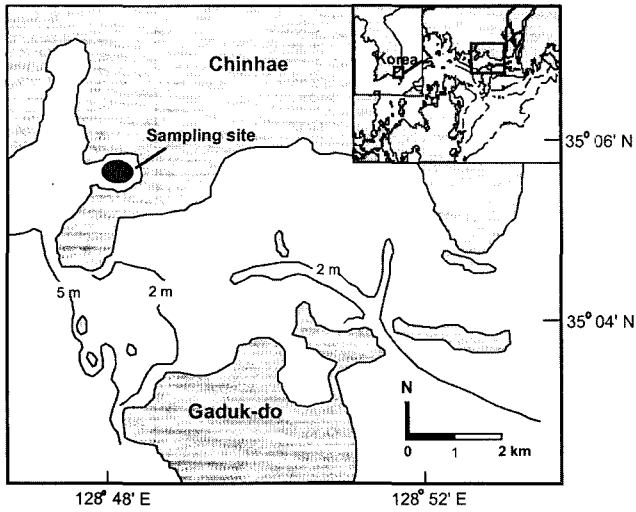


Fig. 1. Map showing the sampling site in Angol Bay, Korea.

기가 뿌리에서 떨어져 수면을 덮고 있는 8~9월에 주로 출현하였다.

4. 계절간의 종조성 구성분 분석

조사기간 중 3회 이상 출현한 종을 대상으로 개체수 순위의 상관관계를 이용하여 주성분 분석한 결과, I축이 34.3%, II축이 24.2%, III축이 10.4%의 분산을 포함하여, 제 3축까지 총 정보의 68.9%를 나타내었다 (Table 2). I-II축에 투영된 각 채집 달의 principal score 값은 크게 3시기로 나눌 수 있었다 (Fig. 4a). 갈피의 현존량이 높은 시기인 4~7월에는 I축 상에서 음의 값을 보였고, 갈피가 시들어 가는 8~10월에는 I축과 II축에서 양의 값을 보였고, 그리고 갈피가 시든 이후부터 다시 자라기 시작하기 전인 11월에서 2월 사이에는 I축에서 양의 값을, II축에서 음의 값을 보였다.

제 I축의 Eigen vector 값을 보면 (Fig. 5a), 큰 음의 값을 보인 종은 갈피의 현존량이 많았던 시기에 주로 출현하였던 수상도에서 C 무리에 속하는 종들이었다 (Fig. 3). 양의 가중치를 보인 종은 갈피의 현존량이 낮은 시기에 출현하였던 B 무리나, 갈피가 시들어 가는 시기에 출현하였던 D 무리에 속하는 종들이었다. 본 연구에서 갈피의 현존량을 조사하지 않았기 때문에 본 조사해역과 유사한 갈피 성장양상을 보인 광양만 갈피의 현존량 (Fig. 8, in Kwak, 1997)과 제 I축의 score 값과 상관관계를 계산하였다. 제 I축의 score 값은 유의한 음의 상관 관계 ($r^2=0.57$)를 보여 (Fig. 4b) 제 I축은 갈피의 현존량에 의해 결정된 것을 알 수 있다.

제 II축의 Eigen vector 값을 보면, 수상도에서 양의 가중치를 준 종은 A 무리에 속하는 어류 중 7~9월에도 출현량이 높은 어종과 주로 7~9월에 출현량이 높은 D 무리에 속하는 어류들이었다. 음의 가중치를 준 종은 수온이 낮은 시기에 출현한 B 무리에 속하는 종과 A 무리 중 2~6월 사이 출현하였던 종들이었다. 제 II축의 score 값은 수온과 유의한 상관 관계 ($r^2=0.78$)를 보여, II축은 수온 및 수온과 상관관계를 갖는 요인들에 의해서 결정된 것을 알 수 있다 (Fig. 4c).

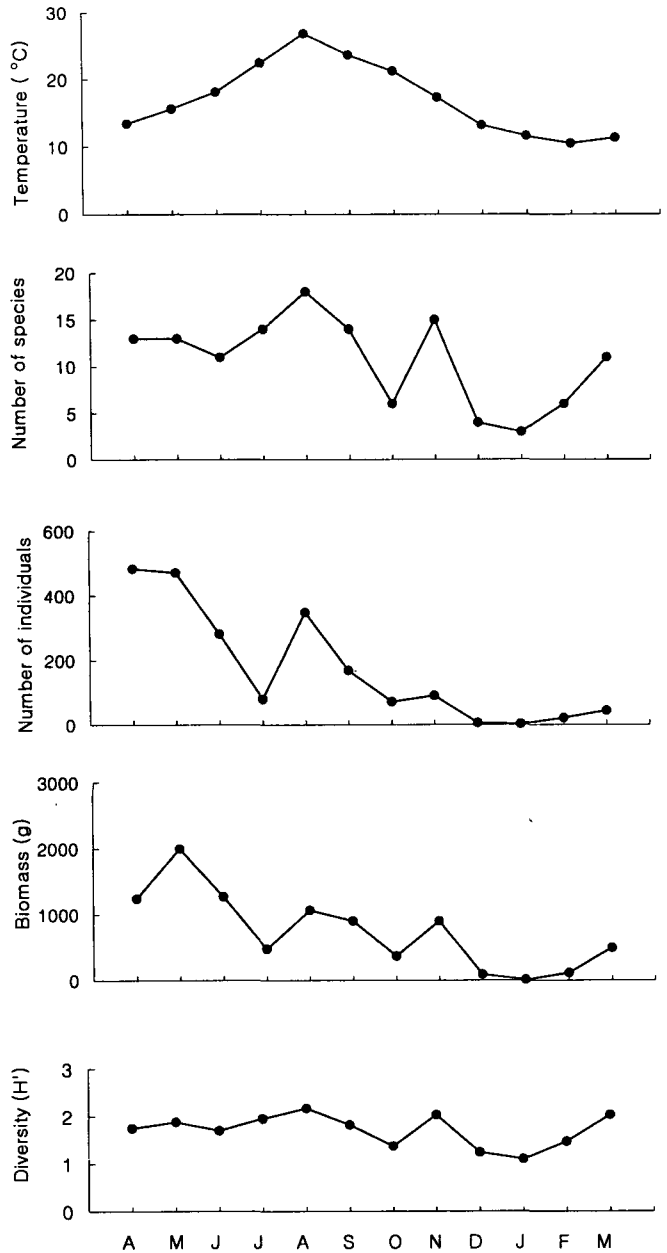


Fig. 2. Monthly fluctuation in water temperature, number of species, number of individuals, biomass (g) and diversity index (H') of the fish collected in the eelgrass beds in Angol Bay of the southern coast of Korea from April 1998 to March 1999.

5. 주어종의 전장분포

5.1. 주둥치

주둥치는 조사기간 중 최우점종 (개체수: 24.5%; 생체량: 20.5%)으로 4월부터 11월까지 출현하여 (Fig. 5), 난수기 동안 성어가 갈피밭에 들어와 산란하고 어린시기를 보내는 종이다. 1998년 4월에 연중 가장 많은 169개체가 채집되었다. 전장은 4월의 경우 47.1~60.0 mm (54.6±3.0 mm; mean ± SD)의 좁은 범위를 보였고,

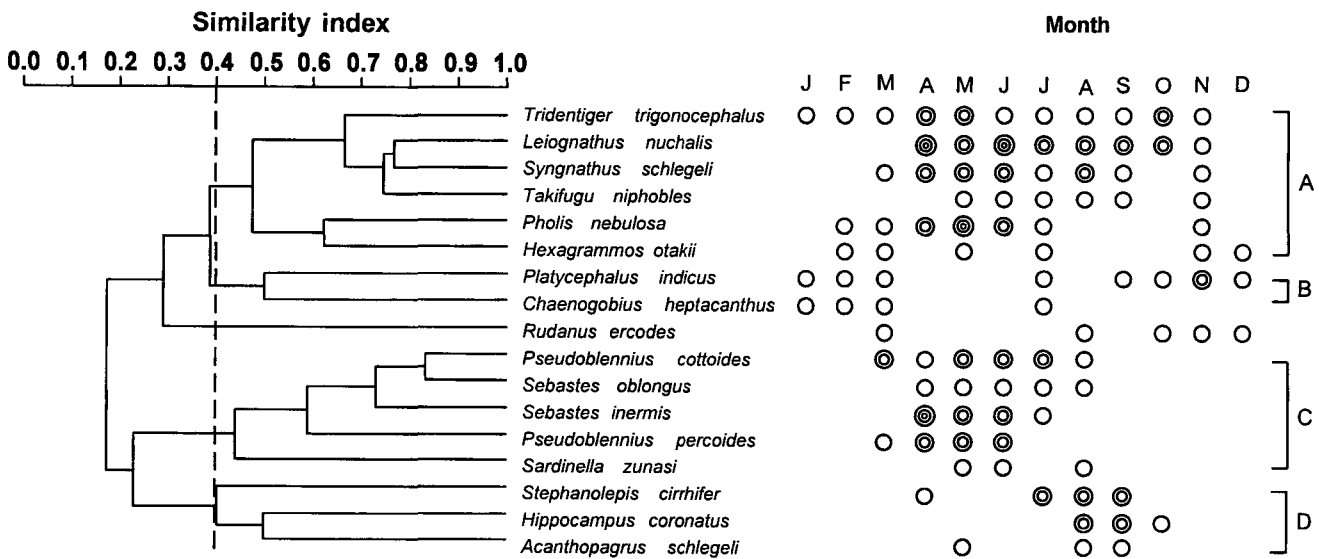


Fig. 3. Dendrogram illustrating the species association and monthly appearance pattern of fishes collected in the eelgrass beds in Angol Bay of the southern coast of Korea from April 1998 to March 1999 (○<10; ⊙10<100; ⊕>100 individuals).

Table 2. Eigen value, variance and cumulative variance of the components determined by principal component analysis of species composition of fishes collected in the eelgrass beds in Angol Bay of the southern coast of Korea

| Component | Eigen value | Variance (%) | Cumulative variance (%) |
|-----------|-------------|--------------|-------------------------|
| 1 | 5.8 | 34.3 | 34.3 |
| 2 | 4.1 | 24.2 | 58.5 |
| 3 | 1.8 | 10.4 | 68.9 |

5월에도 44.3~63.4 mm의 범위로 4월과 비슷하였다. 6월과 7월에는 36.2~78.0 mm로 다소 넓은 체장범위를 보였고, 평균체장도 각각 63.2 mm와 68.6 mm로 성장하였다. 8월에는 75.1~91.6 mm 범위의 큰 체장군 이외에 18.5~40.4 mm의 작은 개체들이 출현하였다. 9월, 10월로 가면서 출현 개체수가 감소하였으며, 두 그룹의 체장군이 성장해 나가는 양상을 볼 수 있었다. 11월에는 7개체 밖에 채집되지 않았으며, 체장은 81.8~92.6 mm (85.5±3.6 mm)의 범위를 보였다.

5.2. 베도라치

베도라치는 두 번째로 우점한 종 (개체수: 15.5 %; 생체량: 18.9 %)으로 4~7월, 11월, 2~3월에 출현하였으며, 잘피밭의 주거종이다 (Fig. 6). 4월에는 78마리가 채집되었고, 39.7~324.3 mm의 넓은 분포범위를 보였으며, 3개의 체장군으로 구성되었다. 30~70 mm 체장군의 개체가 65마리로 가장 많았고, 120~220 mm 체장군의 개체가 12마리, 그리고 324.3 mm의 개체가 한 마리 채집되었다. 5월에는 160개체로 연중 가장 많은 개체수가 채집되었으며, 240 mm 이하의 체장에서 4월과 비슷한 체장분포를 보였다. 6월에는 100~140 mm 체장군의 개체가 3마리, 30~80 mm 체장군의 개체

가 60마리 채집되었다. 7월에는 4마리 밖에 채집되지 않았으며, 8월에서 10월 사이에는 한 마리도 채집되지 않았고, 11월과 2월에는 150~200 mm의 개체가 2~3마리 채집되었다. 3월에는 10마리 채집되었으며, 30~50 mm 체장군의 개체가 5마리, 140~230 mm 체장군의 개체가 5마리 채집되었다.

세 번째로 우점한 실고기도 잘피밭의 주거종으로, 베도라치와 유사한 계절별 체장 조성 변화를 보여 도시하지 않았다.

5.3. 볼락

볼락은 네 번째로 우점한 종 (개체수: 9.3%; 생체량: 6.1%)으로 4~7월까지 유어들만이 채집되어 잘피밭을 보육장으로 이용하는 어류이다 (Fig. 6). 4월에 121개체로 가장 많이 채집되었으며, 34.3~49.0 mm (42.6±2.7 mm)의 전장 범위를 보였고, 120 mm 이상인 성어도 3개체 채집되었다. 5월에는 성어 1마리를 포함하여 47마리가 채집되었고, 작은 무리의 평균체장은 56.0±2.2 mm로 4월에 비하여 성장하였다. 5월 이후 성어는 채집되지 않았고, 채집 개체수가 감소하였으며, 체장이 성장하는 양상을 보였다.

고 찰

본 잘피밭에서 채집된 어류는 주거종과 회유종으로 구분되었다 (Fig. 3). 주거종은 주둥치, 베도라치, 실고기, 두줄망둑 등과 같은 소형어종으로 출현 기간이 길고 성어와 유어들이 시기에 따라 같이 출현하였다 (Fig. 6). 한편 회유종은 볼락, 쥐노래미, 쥐치 등과 같은 어종들로, 유어기에만 3~6개월 정도 잘피밭에서 성장하였다.

본 조사해역 어류 군집의 특징을 살펴보면, 수온이 올라가면서 잘피의 현존량이 높아지는 봄철에 주거종의 성어와 겨울철 산란종의 유어들이 채집되어 출현종수, 개체수, 생체량이 매우 높았다

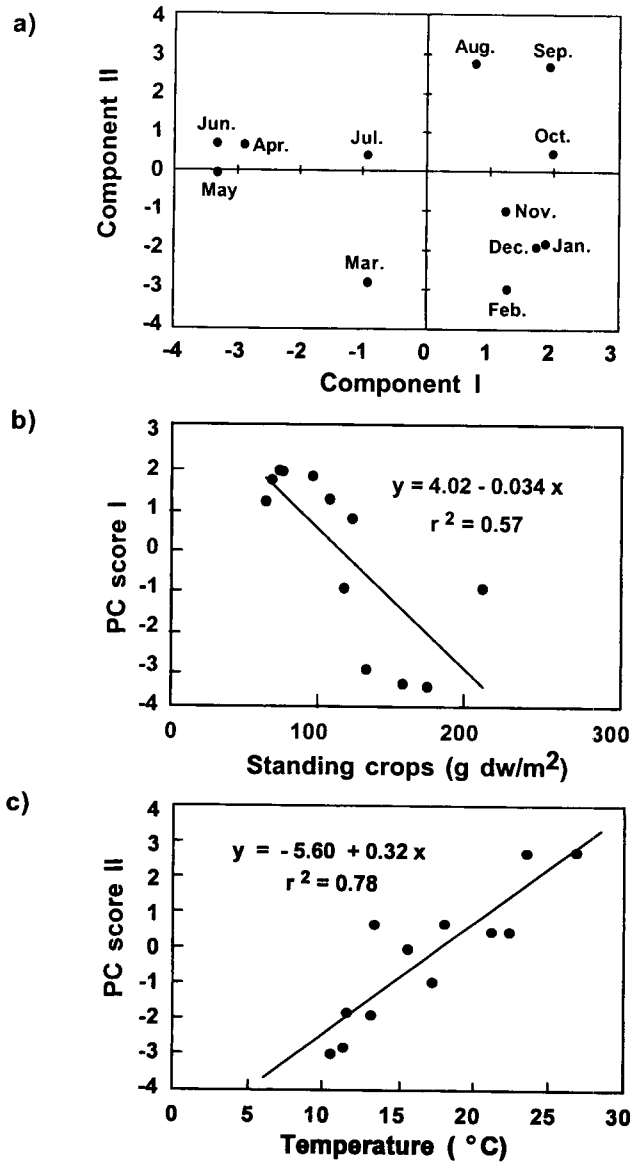


Fig. 4. a) Scattered diagram showing the sampling months on the I–II principal components determined by principal component analysis of the species composition collected in the eelgrass beds in Angol Bay of the southern coast of Korea from April 1998 to March 1999. Scattered diagram of b) the first principal component scores versus standing crops of the eelgrass, and c) the second principal component scores versus water temperature. The regression was determined by the least square fit.

(Fig. 2). 본 조사해역의 어류는 잘피의 현존량 변화나 먹이 생물과 밀접한 관계를 가지고 있으나, 본 조사에서는 이에 대한 자료를 수집하지 못하였다. 기존의 연구 가운데, 광양만에서는 잘피의 현존량 먹이 생물에 관한 조사가 수행되었다 (Kwak, 1997). 광양만은 본 연구 지역과 위도 상으로 비슷하고, 본 연구과정에서 잘피의 성장 과정이 광양만과 비슷하여 광양만 자료를 이용하였다. 먹이

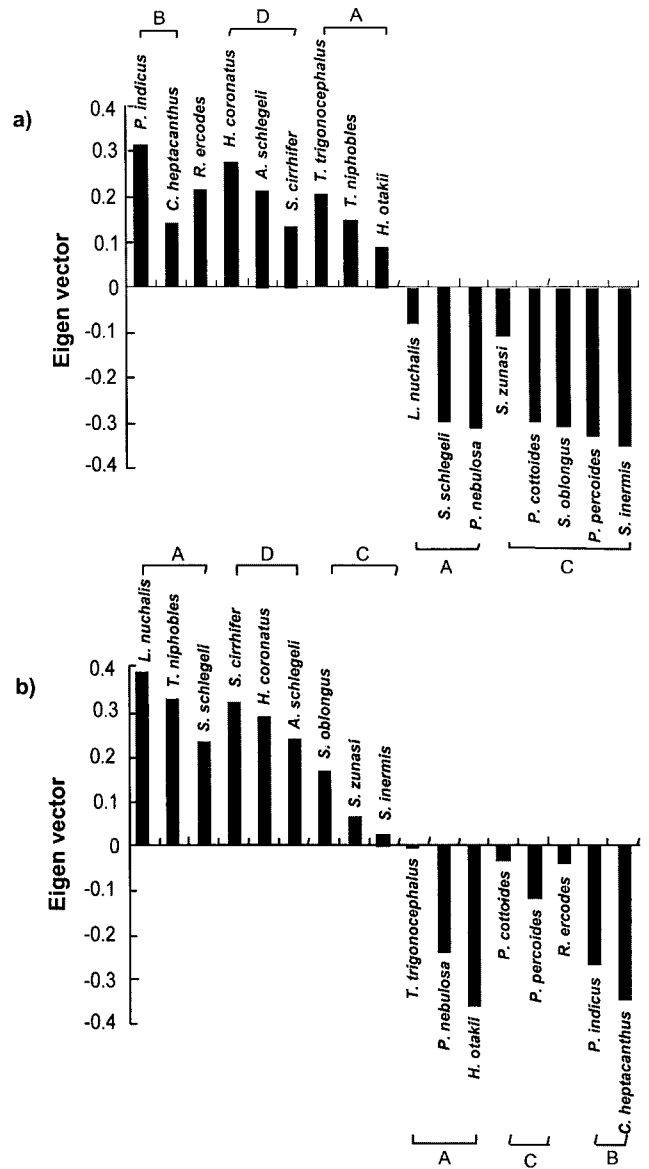


Fig. 5. Loading of variables (Eigen vectors) a) on the first and b) on the second principal components. The symbols of A to D represent the species groups shown in the dendrogram in Fig. 3. Refer the Table 1 for the genus name.

생물의 경우 해역이 다르기 때문에 종은 달라 질 수 있지만 유사한 서식처에서 생태적 지위는 비슷할 것으로 예상된다. 이러한 이유로, 본 연구 자료 해석에서 광양만 자료를 상대값으로 이용하는 데는 문제가 없을 것으로 판단된다.

주둥치, 볼락, 베도라치의 우점도가 매우 높았는데, 잘피가 성장하는 시기에 갯지렁이류, 단각류, 십각류 등 먹이생물의 밀도가 높았기 때문에 추정된다 (Kwak, 1997). 베도라치와 볼락은 먹이로 단각류를 대단히 선호하며, 주둥치는 십각류 유생과 갯지렁이를 선호하는 것으로 알려져 있다 (Huh and Kwak, 1997b, d,

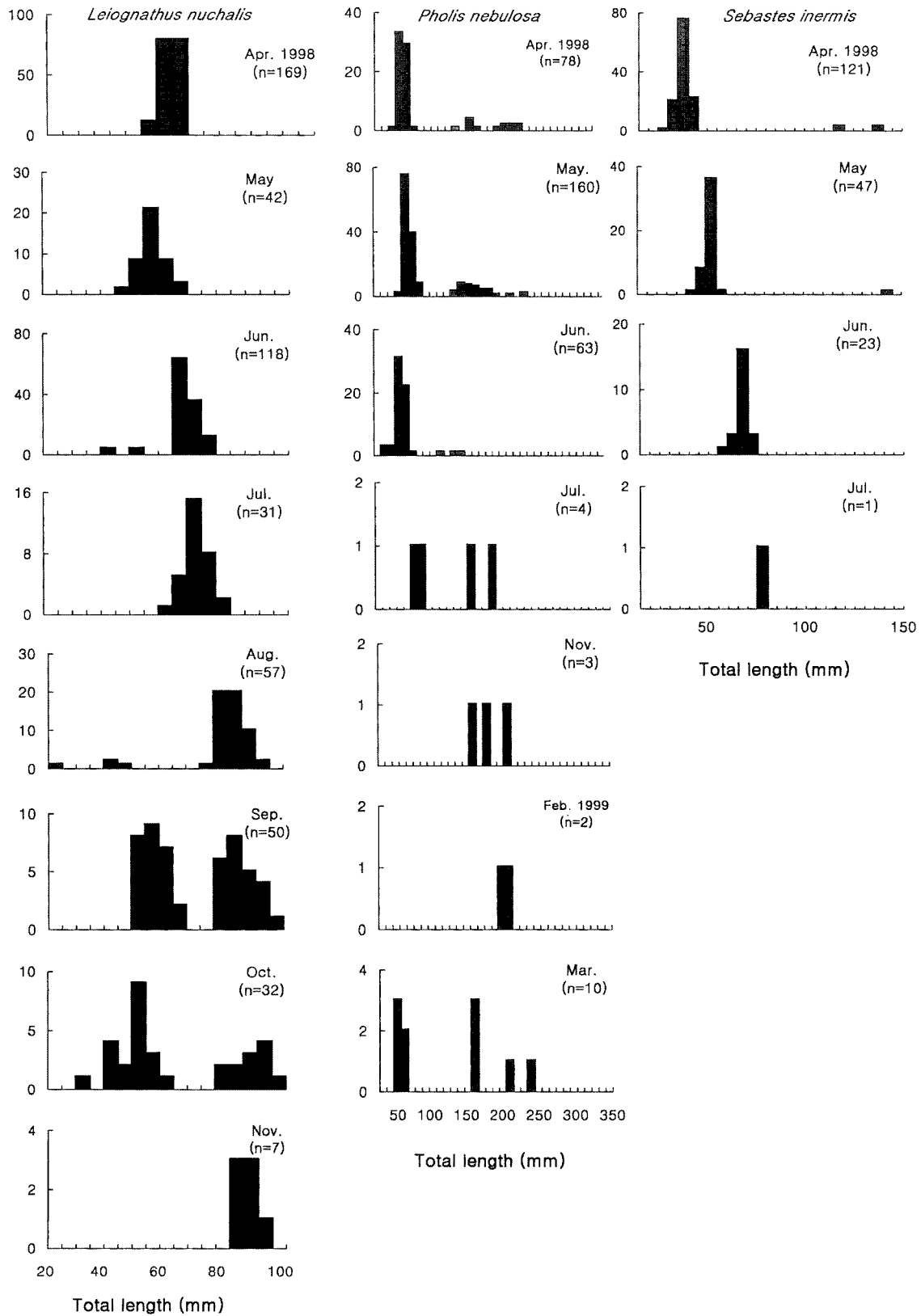


Fig. 6. Length frequency distribution of the major species (*Leiognathus nuchalis*, *Pholis nebulosa* and *Sebastes inermis*) collected in the eelgrass beds in Angol Bay of the southern coast of Korea from April 1998 to March 1999.

Table 3. Comparison of species composition of fishes collected in eelgrass beds of Angol Bay to those obtained from the other coastal waters of Korea

| | Angol Bay | Kwangyang Bay | Cheju Island |
|---|--|--|---|
| Sampling period | Apr. '98~Mar. '99 | Jan. '94~Dec. '94 | May '93~May '94 |
| Sampling gear | beam trawl | beam trawl | beam trawl |
| Mesh size (mm) | 10 | 10 | 0.33 |
| Sampling area | 2,400 m ² | 4,800 m ² | 2,315 m ² |
| Number of species | 39 | 42 | 58 |
| Mean density (ind./1,000 m ²) | 72 | 126 | 210 |
| Mean biomass (g/1,000 m ²) | 310 | 893 | 668 |
| Diversity | 1.05~2.17 | 1.23~2.67 | 1.58~2.22 |
| Dominant species | <i>Leiognathus nuchalis</i> (24.5%) <i>Sebastes inermis</i> (9.3%) <i>Pseudoblennius cottooides</i> (13.8%) <i>Aulichthys japonicus</i> (18.5%) | <i>Pholis nebulosa</i> (15.5%) <i>Syngnathus schlegeli</i> (20.9%) <i>Leiognathus nuchalis</i> (9.9%) <i>Syngnathus schlegeli</i> (13.0%) | <i>Syngnathus schlegeli</i> (10.7%) <i>Pholis nebulosa</i> (16.4%) <i>Rudarius ercodes</i> (23.9%) <i>Plotosus lineatus</i> (6.6%) |
| Reference | | day data only | day data only |
| Source | Present study | Huh and Kwak (1997) | Go and Jo (1997) |

1998b). 볼락을 포함한 겨울산란종인 돌팍망둑과 가시망둑의 유어들이 이 시기에 출현하는 것은 잘피가 동물플랑크톤이나 저서생물과 같은 해양생물들에게 다양한 미소서식처 (microhabitat)를 제공해주고 (Stoner, 1980), 잘피가 포식자로부터 은신처 역할을 한 때문으로 보인다 (Kwak, 1997; Klumpp et al., 1992).

6~7월에는 주거종의 성어들이 줄고 봄에 산란한 종의 유어들이 일부만 가입되어 생물량이 봄철에 비해 빈약하였다. 8월에는 주거종의 일부와 봄철에 산란하여 잘피밭을 보육장으로 이용하기 위해 들어온 그물코취치, 사백어, 쥐치, 복섬, 해마, 청멸 등이 유입되어 가장 많은 출현종수를 보였다. 그러나 대부분 작은 소형어종이거나 회유종의 유어들로 구성되어 생체량은 봄철에 비해 낮았다. 수온이 낮아지고 잘피의 현존량이 낮은 11월부터는 생물량이 현격히 감소하였고, 그 다음해인 2월부터는 주거종이 일부가 채집되면서 다시 생물량이 조금씩 증가하였다.

전체적으로 안골만 잘피밭 어류의 계절에 따른 어류 종조성은 다른 해역과 같이 수온이 낮은 시기에 생물량이 낮고, 수온이 높은 시기에 생물량이 높아 (Fig. 2), 다른 온대 해역과 같은 계절변동을 보였다 (Lee et al., 1997; Lee, 1998). 또한 잘피의 성장 양상에 따라 주거종 및 회유종이 잘피밭을 시기적으로 분배하여 이용하고 있음을 알 수 있었다 (Fig. 4).

본 해역과 유사한 환경을 가진 광양만 대도 주변 잘피밭에서 1994년 동일 규격인 beam trawl로 채집한 자료 (Huh and Kwak, 1997a)와 비교해 보면 다음과 같다. 광양만에서는 밤낮으로 채집하였고, 주간의 채집 면적도 본 연구의 2,400 m²의 2배였기 때문에,

두 자료를 비교하기 위해서 광양만의 주간 자료를 본 연구의 예인면적과 동일하게 환산하여 비교하였다.

본 연구에서는 조사기간 동안 총 39종, 2,065마리, 8,930.0 g이 채집되었고, 광양만에서는 42종, 3,943마리, 25,711.1 g이 채집되어 본 연구해역보다 광양만 잘피밭에서 출현종수, 개체수, 생체량이 모두 높았다. 동일한 규격의 어구를 이용하여 같은 면적을 예인하였는데도 두 지역의 생물량에 다소 차이가 있는 것은 본 연구해역은 입구가 좁은 천해의 만인데 반해, 광양만의 대도 주변은 외해와 연결된 것도 한 이유로 추정된다. 두 지역에서 출현한 어류 가운데 주둥치, 베도라치, 실고기, 볼락 등 26종이 공동으로 출현하였고, 사백어, 해마, 점줄망둑 (*Tridentiger trionocephalus*) 등 13종이 가덕도 잘피밭에서만, 산호해마 (*Hippocampus japonicus*), 두줄베도라치 (*Petroscirtes breviceps*), 망상어 (*Ditrema temmincki*) 등 16종은 광양만 잘피밭에서만 출현하였다.

전반적으로 두 지역의 종조성 및 계절변동은 비슷하였다. 수온이 상승하여 잘피의 현존량이 증가하는 4월과 5월에 주거종인 주둥치, 실고기, 베도라치, 볼락 등의 성어 또는 유어가 가입되면서 출현종수가 증가하였고 개체수 및 생체량도 높았다. 난수기인 7~9월에는 주거종의 일부와 청멸, 복섬과 같은 다양한 회유종의 유어들이 많이 출현하여 종수가 가장 높았다. 그러나 주로 크기가 작은 유어들이 주로 채집되어 생체량은 봄보다 낮았다.

본 연구해역에서 주둥치가 개체수의 24.5%로 가장 우점하였고, 그 다음으로 베도라치, 실고기, 볼락, 그물코취치 순이었으며 위 5종이 전체의 59.9%로 우점하였다. 한편 광양만에서는 실고기가 개체수의 20.9%로 가장 우점하였으며, 그 다음으로 베도라치, 가시망둑, 주둥치, 볼락 순으로, 위 5종이 전체의 68.1%를 차지하였다. 두 지역에서 그물코취치와 가시망둑을 제외하고는 우점종의 순위만 다소 바뀌었을 뿐 우점종의 조성도 비슷하였다.

제주도 연안 잘피밭에서는 58종이 채집되어 본 연구해역보다 출현종수가 많았고, 개체수와 생체량도 많았다 (Table 2). 우점종은 실고기를 제외하고는 본 조사해역에서 거의 출현하지 않은 종들이었다. 어류의 밀도는 6~7월과 11~12월에 높아 남해안에 위치한 안골만 및 광양만과 차이가 있었다. 이러한 차이는 제주도 해역의 경우 쿠로시오의 영향을 크게 받는 해역으로 겨울의 수온이 남해안에 비하여 높고, 잘피의 성쇠도 1~2개월 빠르기 때문에 초래된 것으로 판단된다.

요 약

남해안에 위치한 안골만 잘피밭에서 1998년 4월부터 1999년 3월까지 월별로 beam trawl을 이용하여 어류를 채집하여 계절에 따른 종조성 변화를 분석하였다. 조사기간 동안 39종 2,065개체, 8,930.0 g의 어류가 채집되었으며, 소형 주거종과 회유종의 유어들이 주를 이루었다. 출현한 어류 중 주둥치 (*Leiognathus nuchalis*), 베도라치 (*Pholis nebulosa*), 실고기 (*Syngnathus schlegeli*)와 볼락 (*Sebastes inermis*)이 전체 개체수의 60%를 차지하였다. 출현종수와 생체량은 수온이 낮은 12월에서 3월 사이에는 낮았으며, 잘피가 성장하는 4월과 5월에는 주거종과 볼락의 유어들이 대량

채집되어 생체량이 높았다. 6월과 7월에 산란을 마친 주거종이 양적으로 줄어 생체량이 줄었으나, 8월에는 봄에 부화된 경제성이 높은 어종의 유어들이 가입되어 생체량이 증가하였다. 그 이후 잘피의 현존량이 감소하면서 어류의 생체량도 줄었고, 겨울에는 소수 개체만이 채집되었다.

공간 유사성을 집괴 분석한 결과 4개의 무리로 구분되었다. 온수기에는 주거종인 베도라치, 실고기과 주둥치가 우점하였고, 냉수기에는 살망둑 (*Chaenogobius heptacanthus*)과 양태 (*Platycephalus indicus*)가 출현하였다. 잘피가 성장하는 3~6월에는 주거종인 쥐노래미의 유어, 잘피의 현존량이 높은 4~7월 사이에는 가시망둑 (*Pseudoblennius cottoides*), 돌팍망둑 (*Pseudoblennius percoides*)과 불락의 유어, 그리고 잘피가 시들어가는 8~9월에는 쾨치 (*Stephanolepis cirrhifer*)와 해마 (*Hippocampus coronatus*)의 유어들이 출현하였다. 주성분 분석 결과, 잘피밭 어류의 종조성은 수온과 잘피의 현존량에 따라 뚜렷한 계절 변화를 보였다.

참 고 문 헌

- Chyung, M.K. 1977. The Fishes of Korea. Ilji-sa, Seoul, 727pp. (in Korean).
- Davis, J.C. 1978. Statistical and Data Analysis in Geology. Wiley, New York, 550pp.
- Go, Y.B. and S.H. Cho. 1997. Study on the fish community in the seagrass belt around Cheju Island. I. Species composition and seasonal variations of fish community. Korean J. Ichthyol., 9(1), 48~60 (in Korean).
- Go, Y.B., S.H. Cho and G.M. Go. 1997. Study on the fish community in the seagrass belt around Cheju Island. II. Growth, reproduction and food habit of tubenout, *Aulichthys japonicus* Brevoort. Korean J. Ichthyol., 9(1), 61~70 (in Korean).
- Huh, S.H. 1986. Species composition and seasonal variations in abundance of fishes in eelgrass meadows. Bull. Korean Fish. Soc., 19(5), 509~517 (in Korean).
- Huh, S.H. and S.N. Kwak. 1997a. Species composition and seasonal variations of fishes in eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. Korean J. Ichthyol. 9(2), 20~220 (in Korean).
- Huh, S.H. and S.N. Kwak. 1997b. Feeding habits of *Pholis nebulosa*. Korean J. Ichthyol. 9(1), 22~29 (in Korean).
- Huh, S.H. and S.N. Kwak. 1997c. Feeding habits of *Syngnathus schlegeli* in eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. J. Korean Fish. Soc. 30(5) 896~902 (in Korean).
- Huh, S.H. and S.N. Kwak. 1997d. Feeding habits of *Leiognathus nuchalis* in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. Korean J. Ichthyol. 9(2), 221~227 (in Korean).
- Huh, S.H. and S.N. Kwak. 1998a. Feeding habits of *Pseudoblennius cottoides*. J. Korean Fish. Soc. 31(1), 37~44 (in Korean).
- Huh, S.H. and S.N. Kwak. 1998b. Feeding habits of *Sebastes inermis* in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. J. Korean Fish. Soc., 31(2), 168~175 (in Korean).
- Huh, S.H. and S.N. Kwak. 1998c. Feeding habits of *Favonigobius gymnauchen* in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay. J. Korean Fish. Soc. 31(3), 372~379 (in Korean).
- Huh, S.H. and Y.R. An. 1997. Seasonal variation of shrimp (Crustacea: Decapoda) community in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay, Korea. J. Korean Fish. Soc., 30(4), 532~542 (in Korean).
- Huh, S.H. and Y.R. An. 1998. Seasonal variation of crab (Crustacea: Decapoda) community in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in Kwangyang Bay, Korea. J. Korean Fish. Soc., 31(4), 535~544.
- Jaccard, P. 1908. Nouvelles recherches sur la distribution florale. Bull. Soc. Vaudoise Sci. Nat., 44, 223~270.
- Kang, Y.J. and S.G. Yun. 1988. Ecological study on isopod crustaceans in surfgrass beds around Tongbacksum, Haeundae, Pusan. Ocean Res. 10(1), 23~31.
- Klumpp, D.W., J.S. Salita-Espinosa and M.D. Fortes. 1992. The role of epiphytic periphyton and macroinvertebrate grazers in the trophic flux of a tropical seagrass community. Aquat. Bot., 43, 327~349.
- Kwak, S.N. 1997. Biotic communities and feeding ecology of fish in *Zostera marina* beds off Dae Island in Kwangyang Bay. Ph.D. Dissertation, Pukyong National Univ., 411pp. (in Korean).
- Lee, T.W. 1998. Change in species composition of fish in Chonsu Bay. 3. Pelagic fish. J. Korean Fish. Soc. 31(5), 645~664 (in Korean).
- Lee, T.W., H.T. Moon and S.S. Choi. 1997. Change in species composition of fish in Chonsu Bay. 2. Surf zone fish. Korean J. Ichthyol. 9(1), 79~90 (in Korean).
- Livingstone, R.J. 1984. The relationship of physical factors and biological response in coastal seagrass meadows. Estuaries, 7, 377~390.
- McRoy, C.P. and C. Helfferich. 1977. Seagrass Ecosystems: a Scientific Perspective. Marcel Dekker, New York.
- Masuda, H., K. Amaoka, C. Araga, T. Ueno and T. Yoshino (eds). 1984. The Fishes of the Japanese Archipelago. Tokai Univ. Press, Tokyo. 437 pp.+370 pls.
- Nybakken, J.W. 1993. Marine Biology. 3rd ed. Harper Collins Coll. Pub. 462pp.
- Phillips, R.C. 1974. Temperate grass flats. In: Odum, H.T., B.J. Copeland and E.A. McMahan (eds). Coastal Ecological Systems of the United States, Vol. 2. Conservation Foundation, Washington; DC., 244~99.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. The Mathematical Theory of Communication. Illinois Univ. Press. 117pp.
- Stoner, A.W. 1979. The macrobenthos of seagrass meadows in Apalachee Bay, Florida and the feeding of *Lagodon Rhomboides* (Pisces: Sparidae). Ph.D. Dissertation, Univ. of Florida, Tallahassee. 175pp.
- Stoner, A.W. 1980. Feeding ecology of *Lagodon rhomboides* (Pisces: Sparidae): Variation and functional response. Fish. Bull., 78(2), 337~352.
- Thayer, G.W., D.A. Wolfe and R.B. Williams. 1975. The impact of man on seagrass systems. Amer. Sci., 63, 289~296.
- Yun, S.G., S.H. Huh and S.N. Kwak. 1997. Species composition and seasonal variations of benthic macrofauna in eelgrass, *Zostera Marina*, bed. J. Korean Fish. Soc. 30(5), 744~752 (in Korean).

2000년 7월 22일 접수

2000년 9월 19일 수리