

낙동강 하구해역에서 저인망에 의해 어획되는 어류의 종조성 및 계절 변동

허 성 회 · 정 석 근

부경대학교 해양학과

(1999년 4월 21일 접수)

Seasonal Variations in Species Composition and Abundance of Fishes Collected by an Otter Trawl in Nakdong River Estuary

Sung-Hoi HUH and Suk-Geun CHUNG

Department of Oceanography, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

(Received April 21, 1999)

Abstract

The species composition and seasonal variation in abundance of fishes in the Nakdong River estuary were investigated monthly from February 1987 to January 1988. During the study period, 23,008 specimens belonging to 100 species were collected. The most abundant fish species were *Repomucenus valenciennesi*, *Pholis fangi*, *Leiognathus nuchalis*, *Trachurus japonicus*, and *Sardinella zunasi*. These five species comprised 63.0% of total fishes and 47.8% of total biomass collected. The seasonal dominant fish species were *P. fangi* and *R. valenciennesi* in spring, *R. valenciennesi* and *Cynoglossus joyneri* in summer, *Thryssa kammalensis* and *Apogon lineatus* in fall, and *R. valenciennesi*, *L. nuchalis* and *S. zunasi* in winter. The number of fish species, number of individuals collected, and species diversity indices fluctuated with the seasons. The number of species and number of individuals decreased significantly in the upper estuary. While temperature was an important factor which influenced on seasonal fluctuation of the fish community, salinity determined the spatial distribution of fishes.

서 론

낙동강은 총 연장 525km, 유역 면적 23,852km²에 달하는 남한에서 가장 긴 강으로, 영남 지방의 농업, 공업 및 생활용수의 공급원으로 중요한 역할을 담당해 오고 있다. 낙동강 하구 부근에는 각종 용수를 염수의 피해없이 지속적으로 공급할 목

적으로 1983년 착공된 하구둑이 1987년 11월에 완성되었다. 하구둑 건설로 인해 낙동강물의 바다 유입이 수시로 차단됨으로써 하구 인접 해역에서의 물리·화학적 특성(해수유동, 염분, 수온, 영양염의 분포 등)이 크게 변화되어 기존의 해양환경에 적응하면서 하구해역을 이용해왔던 해양생물의 분포와 구성에 있어 변화가 초래될 것으로 예

상되고 있다.

하구해역의 어류 군집에 대한 연구는 세계적으로 활발히 진행되고 있으나(Cunter, 1967; Oviatt and Nixon, 1973; Hoff and Ibara, 1977; Bireley, 1984; Quinn and Kojis, 1986; Felley and Felley, 1986; Costanza *et al.*, 1986; Loneragan *et al.*, 1986; Felley, 1987; Loneragan *et al.*, 1987; Livingston, 1987; Summers and Rose, 1987; Martin, 1988; McLusky, 1989; Loneragan and Potter, 1990), 우리나라의 경우 하구해역의 어류 군집에 관한 연구가 부족하다. 지금까지 발표된 하구해역의 어류 군집에 대한 연구로는 낙동강 하구해역에서 실시된 차·허(1988)의 부유성 난자치어의 출현량 변동에 관한 연구와 만경강 하구에서 실시된 이(1990)의 연구 등이 있을 뿐이다.

본 연구에서는 향후 생태계의 변화가 예상되는 낙동강 하구 주변 해역에서 출현하는 어류 군집의 종조성과 계절 변동, 그리고 환경과의 관계를 파악하는 것을 목적으로 하였다. 본 연구는 주로 하구둑이 완공되기 직전에 실시되었기 때문에 낙동강 하구둑 완공 이후의 어류 군집 변화를 추적하기 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

재료 및 방법

본 연구는 1987년 2월부터 1988년 1월까지 1년 동안 매월 1회 낙동강 하구 주변 해역 3개 정점에서 수행되었다(Fig. 1). 정점 1은 낙동강 입구로부터 비교적 멀리 떨어져 있는 가덕도 인접 해역이며, 정점 3은 낙동강에 가까운 해역이다. 그리고 정점 2는 정점 1과 3의 중간 지점에 위치해 있다.

환경 요인 중 어류의 출현량에 영향을 미칠 것으로 예상되는 저층의 수온과 염분을 조사하였다. 수온은 온도계를 이용하여 0.1°C 단위까지 측정하였으며, 염분은 Salinometer(Tsurumi Seiki Model T.S.E-1)를 이용하여 0.01% 단위까지 측정하였다.

어류는 망목 크기가 약 1cm인 소형 기선지인망(otter trawl)을 이용하여 채집하였는데, 각 조사 정점마다 3km/hr의 속도로 1시간씩 인망하였다.

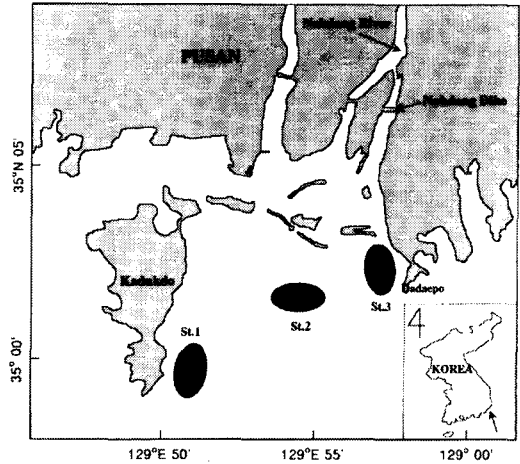


Fig. 1. Map showing the study area.

1회 예인 면적은 9,000m² 정도였다. 채집된 어류는 즉시 10% 중성 포르말린으로 고정된 후, 실험실에서 동정·계수하였다. 종의 동정에는 정(1977), Masuda *et al.*(1984), 김·강(1993), Nakabo *et al.*(1993) 등을 참고하였다. 각 어체의 표준체장(standard length: SL)과 체중을 측정하였는데, 체장은 1mm 단위까지, 체중은 0.1g 단위까지 측정하였다.

각 월별 어류의 종조성 자료를 이용하여 Shannon-Wiener의 종다양도지수(H')를 구하였다(Shannon and Weaver, 1949).

환경요인 변수로서 수온 및 염분, 그리고 군집 지수로서 어종수 및 채집 개체수가 계절과 정점에 따라 차이를 보이는지 여부를 분산분석(ANOVA)으로 검정하였으며(Birely, 1984; Zar, 1984; Loneragan *et al.*, 1986; Loneragan *et al.*, 1987; Loneragan and Potter, 1990), 환경요인이 어류 군집의 변동과 분포에 미치는 영향을 평가하였다.

결 과

1. 수온 및 염분

Fig. 2는 낙동강 하구해역의 월별 수온 및 염분의 변화를 보여준다.

본 조사해역에서 저층 수온의 연간 변동 범위는 12.2°C(8월)~24.7°C(12월)를 나타냈으며, 여름

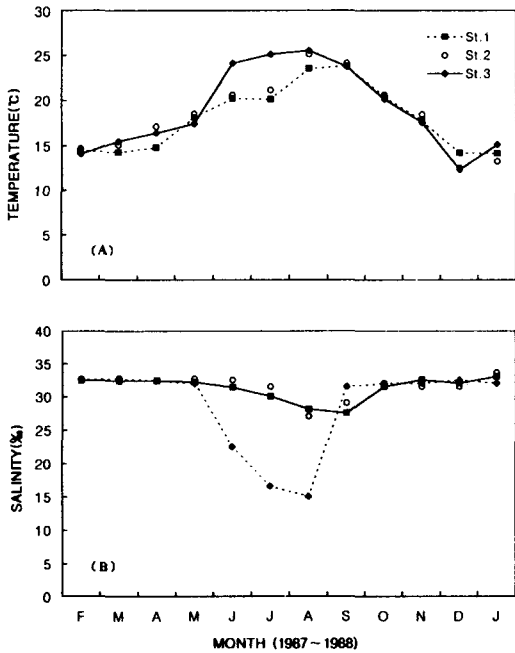


Fig. 2. Monthly variations in bottom water temperature(A) and salinity(B) in the Nakdong River estuary.

에 높고 겨울에 낮은 전형적인 온대해역의 수온 변동 양상을 보였다.

저층 염분의 계절 변동을 보면 봄, 가을, 겨울에는 평균 31.9~33.4%로 비슷했으나, 여름에는 평균 24.5%로 현격히 낮았다.

한편, 정점에 따른 수온 및 염분의 차이를 보면, 수온의 경우 여름에는 정점에 따른 차이가 비교적 컸으나, 다른 계절에는 정점에 따른 차이가 크지 않았다. 염분의 경우 정점에 따라 명확한 차이를 보였는데, 낙동강에서 비교적 멀리 떨어진 정점 1과 정점 2에서는 각각 연평균 32.3, 32.0%이었으나, 낙동강에 가까운 정점 3에서는 연평균 27.5%로 유의한 차이를 보였다($P < 0.05$). 특히 여름에 정점 사이에 큰 차이를 보였다. 7~8월의 경우 정점 3에서는 15% 이하의 낮은 값을 보인 반면, 정점 1과 2에서는 30% 가까운 염분을 기록하였다. 따라서 낙동강으로부터의 담수의 유입은 하구해역 염분의 공간적 분포에 영향을 미치며, 그 영향은 장마로 인해 담수 방류가 많은 여름에 가장 큰 것으로 나타났다.

2. 어류 군집의 종조성

조사기간 동안 100개 어종에 속하는 총 23,008마리, 207kg의 어류가 채집되었다(Table 1). 낙동강 하구해역을 대표하는 과(family)는 돛양태과(Callionymidae), 황줄베도라치과(Pholidae), 주둥치과(Leiognathidae), 망둑어과(Gobiidae), 전갱이과(Carangidae), 멸치과(Engraulidae), 청어과(Clupeidae), 참서대과(Cynoglossidae) 등이다. 이들은 각각 전체 채집 개체수의 5% 이상을 차지하였다.

어종별로는 실양태(*Repomucenus valencienni*)가 채집된 총 개체수의 25.0%를 차지하여 가장 우점하였다. 다음으로 흰베도라치(*Pholis fangi*, 15.4%), 주둥치(*Leiognathus nuchalis*, 9.7%), 전갱이(*Trachurus japonicus*, 7.2%), 밴댕이(*Sardinella zunasi*, 5.7%)의 순으로 많이 채집되었는데, 이들 5어종은 채집된 총 개체수의 63.0%, 생체량의 47.8%를 차지하였다.

그리고 열동가리돔(*Apogon lineatus*), 청멸(*Thryssa kammalensis*), 참서대(*Cynoglossus joyneri*), 도화망둑(*Chaeturichthys hexanema*), 멸치(*Engraulis japonicus*), 수염문질(*Chaeturichthys sciistius*), 칠서대(*Cynoglossus interruptus*), 고둥이(*Scomber japonicus*), 붕장어(*Conger myriaster*) 그리고 점넙치(*Pseudorhombus pentophthalmus*) 등이 1% 이상의 채집 개체수를 보였는데, 이들은 총 개체수의 26.1%, 생체량의 32.8%를 차지하였다. 나머지 대부분의 어종들은 10마리 이하로 소량씩 채집되었다.

채집된 전체 어류의 평균 크기는 $8.5 \pm 2.1\text{cm}$ 로 대부분이 11cm 미만의 소형 개체들로 구성되어 있었다(Table 2).

3. 어류 군집의 계절 및 지역적 변동

조사기간 동안 월별 출현 어종수는 28~48의 범위를 보였다(Fig. 3A). 3월, 4월 그리고 6월에 많은 어종수(42~48)가 출현하였다. 5월과 9월에는 현저한 어종수의 감소가 있었으나, 나머지 시기에는 거의 유사한 어종수(34~49)를 보였다.

정점간 출현 어종수를 비교해 보면, 낙동강에서

Table 1. Monthly species composition of fishes collected in the Nakdong River estuary from February 1987 to January 1988

| Species | (unit : individuals) | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|----------------------|------|------|-----|-------|------|------|------|------|------|------|--------------|-------|------|
| | 1987 Feb. | Mar. | Apr. | May | Jun. | Jul. | Aug. | Sep. | Oct. | Nov. | Dec. | 1988 Jan. | Total | % |
| <i>Repomucenus valencienni</i> | 219 | 286 | 269 | 957 | 786 | 316 | 920 | 49 | 106 | 479 | 612 | 759 | 5,758 | 25.0 |
| <i>Pholis fangi</i> | 22 | 178 | 727 | 977 | 1,246 | 14 | 171 | 38 | 162 | 3 | | 8 | 3,546 | 15.4 |
| <i>Leiognathus nuchalis</i> | 415 | 958 | 27 | 17 | 28 | | 3 | 7 | 23 | 249 | 388 | 120 | 2,235 | 9.7 |
| <i>Trachurus japonicus</i> | 7 | 1 | 4 | 172 | 675 | 5 | 51 | 663 | 61 | 7 | | | 1,646 | 7.2 |
| <i>Sardinella zunasi</i> | 193 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | 4 | 1,110 | 1,311 | 5.7 |
| <i>Apogon lineatus</i> | 3 | 1 | 4 | 9 | 60 | 12 | 4 | 3 | 116 | 766 | 2 | | 980 | 4.3 |
| <i>Thryssa kammalensis</i> | 14 | 5 | 15 | 23 | 21 | | 9 | | 91 | 640 | 19 | 4 | 841 | 3.7 |
| <i>Cynoglossus joyneri</i> | 19 | 39 | 69 | 2 | 17 | 119 | 202 | 58 | 142 | 36 | 10 | 12 | 725 | 3.2 |
| <i>Chaeturichthys hexanema</i> | 19 | 18 | 127 | 3 | 5 | 30 | 147 | 42 | 81 | 107 | 63 | 22 | 664 | 2.9 |
| <i>Engraulis japonicus</i> | 5 | 48 | 7 | 13 | 106 | 92 | 129 | | | 92 | | 69 | 561 | 2.4 |
| <i>Chaeturichthys scisciatus</i> | 134 | 248 | 88 | 88 | 56 | | 12 | 2 | | | | 1 | 541 | 2.4 |
| <i>Cynoglossus interruptus</i> | 2 | 13 | 23 | 23 | 11 | 40 | 152 | 104 | 104 | 57 | 25 | 5 | 536 | 2.3 |
| <i>Scomber japonicus</i> | | | | | 508 | 4 | 1 | 8 | | | | | 521 | 2.3 |
| <i>Conger myriaster</i> | 6 | 6 | 68 | 5 | 3 | 45 | 34 | 13 | 74 | 51 | 24 | 2 | 331 | 1.4 |
| <i>Pseudorhombus pentopthalmus</i> | 5 | | 1 | 1 | 2 | | 4 | | 108 | 113 | 71 | | 305 | 1.3 |
| <i>Erisphe pottii</i> | 3 | 60 | 96 | 3 | | | 2 | 1 | 11 | 4 | 1 | 2 | 183 | 0.8 |
| <i>Liparis tarakai</i> | 3 | 68 | 63 | 38 | 4 | | | | | 2 | 2 | 2 | 182 | 0.8 |
| <i>Limanda yokohamae</i> | 17 | 12 | 11 | 9 | 30 | 23 | 7 | 11 | 6 | 6 | 6 | 10 | 148 | 0.6 |
| <i>Acanthogobius flavimanus</i> | 2 | 7 | 17 | 3 | 1 | 1 | 1 | 31 | 5 | 15 | 57 | 6 | 146 | 0.6 |
| <i>Trichiurus lepturus</i> | | | | | 18 | 6 | 101 | | 12 | | | | 137 | 0.6 |
| <i>Acentrogobius pflaumi</i> | 17 | 6 | 6 | 13 | 6 | 9 | 38 | 3 | 5 | 4 | 17 | 5 | 123 | 0.5 |
| <i>Tarphops oligolepis</i> | 13 | 80 | 2 | 2 | | 13 | | 1 | | | | 2 | 111 | 0.5 |
| <i>Thamnaconus modestus</i> | 3 | 73 | 5 | 4 | 4 | | 3 | 7 | 6 | | 1 | | 102 | 0.4 |
| <i>Coilia ectens</i> | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 80 | | 4 | 4 | | | 95 | 0.4 |
| <i>Sillago japonica</i> | 2 | 31 | 12 | | 2 | 1 | | | | 9 | 33 | 5 | 95 | 0.4 |
| <i>Saigamia geneionema</i> | 7 | 13 | | | 1 | 4 | 15 | | | 22 | 28 | 4 | 94 | 0.4 |
| <i>Platycephalus indicus</i> | 23 | 17 | 7 | | | 1 | 11 | 1 | 5 | 6 | 11 | 1 | 83 | 0.4 |
| <i>Pagrus major</i> | | | | | | | | | | | 71 | 6 | 77 | 0.3 |
| <i>Nibea mitsukurii</i> | | | | | 1 | | | 4 | 39 | 26 | | 1 | 71 | 0.3 |
| <i>Pholis nebulosa</i> | 1 | 11 | 14 | | 3 | 2 | 2 | 12 | 5 | 9 | 1 | 5 | 65 | 0.3 |
| <i>Zoarces gilli</i> | | | 16 | 25 | 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 5 | 61 | 0.3 |
| <i>Hexagrammos otakii</i> | 1 | 2 | 19 | 11 | 15 | 7 | 3 | | | | | | 58 | 0.3 |
| <i>Argyrosomus argentatus</i> | | 1 | 1 | | | | | | 42 | 5 | | | 49 | 0.2 |

Table 1. (Continued)

| Species | 1987 Feb. | Mar. | Apr. | May | Jun. | Jul. | Aug. | Sep. | Oct. | Nov. | Dec. | 1988 Jan. | Total | % |
|--|--------------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|--------------|-------|-----|
| <i>Chaeturichthys stigmatias</i> | | 36 | | 8 | | | | | | | | | 44 | 0.2 |
| <i>Chelidonichthys spinosus</i> | 1 | 14 | 7 | 2 | 5 | 11 | 4 | | | | | | 44 | 0.2 |
| <i>Kareius bicoloratus</i> | 3 | | | | 15 | 17 | 6 | | | 3 | | | 44 | 0.2 |
| <i>Liparis tessellatus</i> | 26 | 2 | | | | | | | | | 2 | 6 | 36 | 0.2 |
| <i>Upeneus bensasi</i> | | | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 20 | 11 | | | 34 | 0.1 |
| <i>Hypodytes rubripinnis</i> | 1 | 2 | 2 | | | | | | | 1 | 20 | 5 | 31 | 0.1 |
| <i>Tridentiger trigonocephalus</i> | | 1 | 8 | 3 | 2 | | | | | 15 | | | 29 | 0.1 |
| <i>Chirolophis japonicus</i> | | 9 | 9 | 15 | | | | | | | 2 | 3 | 29 | 0.1 |
| <i>Pleuronichthys cornuta</i> | | 8 | 4 | 9 | 3 | 2 | 2 | | | | | | 28 | 0.1 |
| <i>Acropoma japonicum</i> | 2 | 1 | 16 | | | 3 | 5 | | | | | | 27 | 0.1 |
| <i>Konosirus punctatus</i> | 5 | 2 | | | 1 | | | | | 1 | 16 | | 25 | 0.1 |
| <i>Ammodytes personatus</i> | | 18 | 4 | | | | | | | | | | 22 | - |
| <i>Sphyaena pinguis</i> | 1 | | 2 | 4 | | | | 2 | 2 | 10 | | | 21 | - |
| <i>Saurida undosquamis</i> | | 2 | | | | 3 | | | 4 | 4 | 4 | | 17 | - |
| <i>Lateolabrax japonicus</i> | | | | | | | | | | 17 | | | 17 | - |
| <i>Favonigobius gymnauchen</i> | 4 | | | | | 2 | 1 | | | | | | 12 | - |
| <i>Psenopsis anomala</i> | | 1 | | | 5 | 2 | 7 | 1 | 1 | | | | 12 | - |
| <i>Pampus echinogaster</i> | | 1 | | | 5 | | | | 3 | | | | 9 | - |
| <i>Takifugu niphobles</i> | 5 | 2 | 2 | | | | | | | | | | 9 | - |
| <i>Paralichthys olivaceus</i> | 7 | | | | | | | | | | | 1 | 8 | - |
| <i>Gnathagnus elongatus</i> | | | | | | | | | 4 | 1 | 2 | | 7 | - |
| <i>Hemitripterus villosus</i> | | | 1 | 3 | 1 | | | | 1 | | | 1 | 7 | - |
| <i>Gastrosteus aculeatus aculeatus</i> | 6 | | | | | | | | | | | | 6 | - |
| <i>Liparis sp. A</i> | | 1 | 5 | | | | | | | | | | 6 | - |
| <i>Neoditrema ransonneti</i> | | | | 1 | | 2 | | | | | 2 | | 5 | - |
| <i>Stephanolepis cirrifer</i> | | | | | | | | | | | 5 | | 5 | - |
| <i>Coelorthyx multispinulosus</i> | | | 1 | | | | | | 1 | | 1 | 1 | 4 | - |
| <i>Chaenogobius heptacanthus</i> | 4 | | | | | | | | | | | | 4 | - |
| <i>Lophiomus setigerus</i> | | | | | | | | | | 2 | 2 | | 4 | - |
| <i>Priacanthus macracanthus</i> | | | | | | | 4 | | | | | | 4 | - |
| <i>Uranoscopus japonicus</i> | | | | | | | | | 2 | | 2 | | 4 | - |
| <i>Furcina ishikawae</i> | 1 | | | | | | | 1 | 1 | | 1 | | 4 | - |
| <i>Pseudorhombus cinnamomeus</i> | 3 | | | | | | | | | | | 1 | 4 | - |
| <i>Cynoglossus abbreviatus</i> | 1 | 1 | | | | | 1 | 1 | | | | | 4 | - |
| <i>Muraenesox cinereus</i> | | | | | | 2 | | | 1 | | | | 3 | - |

- : less than 0.1%

Table 1. (Continued)

| Species | 1987 Feb. | Mar. | Apr. | May | Jun. | Jul. | Aug. | Sep. | Oct. | Nov. | Dec. | 1988 Jan. | Total | % |
|------------------------------------|--------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|--------|---|
| <i>Gadus macrocephalus</i> | | | | | 3 | | | | | | | | 3 | - |
| <i>Zeus faber</i> | | | | | | 3 | | | | | | | 3 | - |
| <i>Pseudoblennius cottoides</i> | | | 3 | | | | | | | | | | 3 | - |
| <i>Reponucenus richardsonii</i> | | | | | | 1 | | | | | | 2 | 3 | - |
| <i>Laeops kitaharae</i> | | | | | | | | 2 | 1 | | | | 3 | - |
| <i>Zebrias zebra</i> | | | | 1 | | 2 | | | | | | | 3 | - |
| <i>Syngnathus schlegelii</i> | | 1 | | | 1 | | | | | | | | 2 | - |
| <i>Apogon semilineatus</i> | 1 | | | | | | | | 1 | | | | 2 | - |
| <i>Nibea albiflora</i> | | | | | | | | | 2 | | | | 2 | - |
| <i>Banjós banjos</i> | | | | | | 2 | | | | | | | 2 | - |
| <i>Halichoeres tenuispinnis</i> | | | | | | 1 | 1 | | | | | | 2 | - |
| <i>Synechogobius hasta</i> | | | | | 2 | | | | | | | | 2 | - |
| <i>Cociella crocodila</i> | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 2 | - |
| <i>Daicococ petersenii</i> | | | | | | | | 2 | | | | | 2 | - |
| <i>Repomucenus lunatus</i> | | | | | | 2 | | | | | | | 2 | - |
| <i>Pseudaesopia</i> sp. | | | 1 | | 1 | | | | | 1 | | | 2 | - |
| <i>Raja kenajoi</i> | 1 | | | | | | | | | | | | 2 | - |
| <i>Liparis</i> sp. B | 1 | | | | | | | | | | | | 2 | - |
| <i>Mustelus griseus</i> | | | | | | | 1 | | | | | | 1 | - |
| <i>Salanx ariakensis</i> | | | | | 1 | | | | | | | | 1 | - |
| <i>Phrynelox</i> sp. | | | | | | | | | 1 | | | | 1 | - |
| <i>Doederleinia berycoides</i> | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | - |
| <i>Epinephelus septemfasciatus</i> | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | - |
| <i>Priacanthus hamrur</i> | | | | | | | 1 | | | | | | 1 | - |
| <i>Apogon kiensis</i> | | | | | | | | | 1 | | | | 1 | - |
| <i>Girella punctata</i> | | | | | | 1 | | | | | | | 1 | - |
| <i>Pampus argenteus</i> | | | | | 1 | | | | | | | | 1 | - |
| <i>Parapercis sexfasciata</i> | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | - |
| <i>Ininicus japonicus</i> | | | | | | | | | | 1 | | | 1 | - |
| <i>Eopsetta grigorjewi</i> | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | - |
| <i>Takifugu porphyreus</i> | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | - |
| Total number of individuals | 1,059 | 2,026 | 2,072 | 2,448 | 3,667 | 803 | 2,136 | 1,069 | 1,255 | 2,779 | 1,506 | 2,188 | 23,008 | - |
| Number of species | 39 | 42 | 46 | 34 | 42 | 38 | 37 | 28 | 39 | 36 | 34 | 34 | | |

- : less than 0.1%

Table 2. Range(RSL) and mean(MSL) of standard length of the dominant fish species collected from the Nakdong River estuary

| Species | RSL(mm) | MSL(mm)±SD |
|-------------------------------------|-----------|------------|
| <i>Repomucenus valenciennei</i> | 5.7~11.8 | 6.8±1.4 |
| <i>Pholis fangi</i> | 7.0~14.7 | 12.6±1.1 |
| <i>Leiognathus nuchalis</i> | 2.5~10.2 | 4.2±1.2 |
| <i>Trachurus japonicus</i> | 3.5~14.7 | 8.8±3.6 |
| <i>Sardinella zunasi</i> | 5.2~12.3 | 7.2±1.3 |
| <i>Apogon lineatus</i> | 2.4~7.1 | 3.8±0.5 |
| <i>Thryssa kammalensis</i> | 5.4~15.2 | 8.9±2.1 |
| <i>Cynoglossus joyneri</i> | 5.2~26.8 | 13.8±3.4 |
| <i>Chaeturichthys hexanema</i> | 3.9~11.6 | 7.3±1.6 |
| <i>Engraulis japonicus</i> | 3.5~13.5 | 7.0±1.7 |
| <i>Chaeturichthys sciistius</i> | 4.4~11.5 | 5.9±0.5 |
| <i>Cynoglossus interruptus</i> | 3.9~17.7 | 10.8±1.8 |
| <i>Scomber japonicus</i> | 5.3~21.2 | 7.7±1.6 |
| <i>Conger myriaster</i> | 10.1~41.2 | 26.4±4.7 |
| <i>Pseudorhombus pentophthalmus</i> | 3.2~12.8 | 6.3±1.4 |
| <i>Erisphex pottii</i> | 2.1~8.0 | 4.0±0.8 |
| <i>Liparis tanakai</i> | 4.3~47.0 | 10.1±6.6 |
| <i>Limanda yokohamae</i> | 2.6~23.5 | 13.1±4.5 |
| <i>Acanthogobius flavimanus</i> | 7.9~27.7 | 14.5±2.3 |
| <i>Trichirurus lepturus</i> | 7.6~39.1 | 12.2±4.9 |
| <i>Acentrogobius pflaumii</i> | 3.1~7.0 | 5.5±0.5 |
| <i>Tarphops oligolepis</i> | 3.4~22.7 | 5.7±2.3 |
| <i>Thamnaconus modestus</i> | 3.8~20.3 | 7.3±3.8 |
| <i>Coilia ectens</i> | 9.3~36.8 | 23.9±5.1 |
| <i>Sillago japonica</i> | 5.5~15.9 | 8.6±2.8 |
| <i>Sagamia geneionema</i> | 3.9~10.7 | 7.6±1.4 |
| <i>Platycephalus indicus</i> | 6.5~28.8 | 15.1±5.7 |
| <i>Pagrus major</i> | 3.4~5.3 | 4.1±0.4 |
| <i>Nibea mitsukurii</i> | 4.1~15.3 | 7.6±2.1 |
| <i>Pholis nebulosa</i> | 11.9~22.0 | 17.0±2.4 |
| <i>Zoarces gilli</i> | 8.6~41.8 | 16.7±7.2 |
| <i>Hexagrammos otakii</i> | 5.3~21.2 | 10.4±4.4 |

멀리 떨어진 정점 1에서는 월 평균 25어종(조사기간 동안 총 80어종), 중간 지점인 정점 2에서는 월 평균 22어종(총 74어종), 그리고 낙동강에 가까운 정점 3에서는 월 평균 17어종(총 65어종)이 채집되어 낙동강 입구에 가까울수록 어종수가 감소하는 경향을 보였다. 분산분석 결과, 정점에 따라 출현 어종수는 유의한 차이($P < 0.05$)를 나타냈다.

Fig. 3B는 총 채집 개체수의 계절 변동을 보여

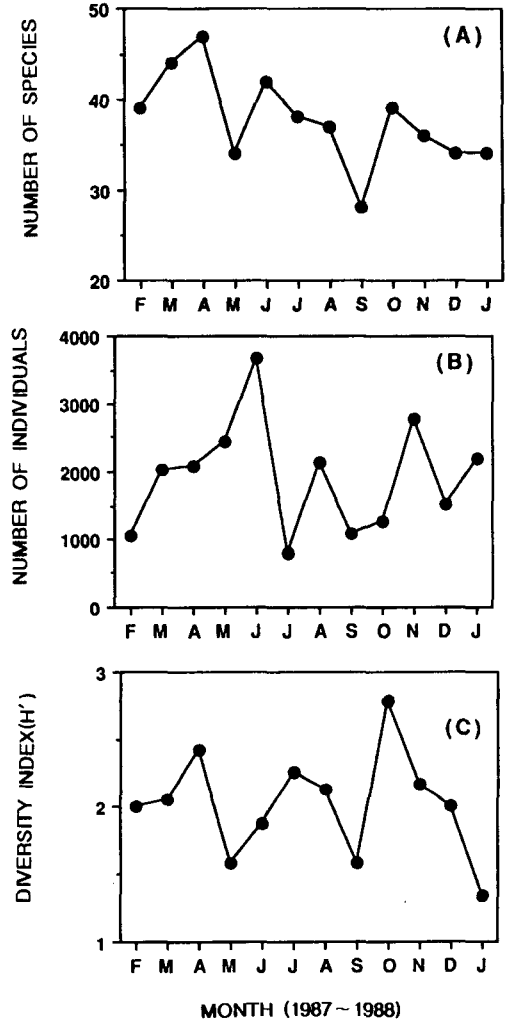


Fig. 3. Monthly variations in number of species(A), number of individuals(B), and species diversity index(C) of fishes in the Nakdong River estuary from February 1987 to January 1988.

준다. 봄에는 비교적 높은 채집 개체수를 나타내었다. 염분 변동이 심한 여름에는 채집 개체수 역시 매우 큰 변동폭을 보여, 6월에는 연중 최대로 채집된 반면 7월에는 연중 최소로 채집되었다. 초가을에는 비교적 적은 개체수가 채집되었다. 분산분석 결과, 계절에 따라 채집 개체수는 유의한 차이($P < 0.05$)를 나타냈다.

한편 조사기간 동안 채집된 어류 개체수를 정점

낙동강 하구해역에서 지인망에 의해 어획되는 어류의 종조성 및 계절 변동

Table 3. Number of fishes collected at each station in the Nakdong River estuary from February 1987 to January 1988

| Species / Station | St. 1 | St. 2 | St. 3 | Species / Station | St. 1 | St. 2 | St. 3 |
|------------------------------------|-------|-------|-------|---|-------|-------|-------|
| <i>Repomucenus valenciennesi</i> | 2,920 | 2,092 | 746 | <i>Takifugu niphobles</i> | | 1 | 8 |
| <i>Pholis fangi</i> | 930 | 492 | 2,124 | <i>Paralichthys olivaceus</i> | 1 | 7 | |
| <i>Leiognathus nuchalis</i> | 782 | 1,282 | 171 | <i>Gnathagnus elongatus</i> | 4 | 2 | 1 |
| <i>Trachurus japonicus</i> | 414 | 1,127 | 105 | <i>Hemitripterus villosus</i> | 4 | 3 | |
| <i>Sardinella zunasi</i> | 776 | | 535 | <i>Gasterosteus aculeatus aculeatus</i> | | 5 | 1 |
| <i>Apogon lineatus</i> | 804 | 162 | 14 | <i>Liparis sp. A</i> | 1 | 5 | |
| <i>Thryssa kammalensis</i> | 66 | 680 | 95 | <i>Neoditrema ransonneti</i> | 2 | 1 | 2 |
| <i>Cynoglossus joyneri</i> | 204 | 245 | 276 | <i>Stephanolepis cirrhifer</i> | 2 | 1 | 2 |
| <i>Chaeturichthys hexanema</i> | 233 | 315 | 116 | <i>Coelorrhynchus multispinulosus</i> | 2 | 2 | |
| <i>Engraulis japonicus</i> | 237 | 84 | 240 | <i>Chaenogobius heptacanthus</i> | 4 | | |
| <i>Chaeturichthys sciistius</i> | 239 | 287 | 15 | <i>Lophiomus setigerus</i> | 4 | | |
| <i>Cynoglossus interruptus</i> | 283 | 162 | 91 | <i>Priacanthus macracanthus</i> | 4 | | |
| <i>Scomber japonicus</i> | 5 | 10 | 506 | <i>Uranoscopus japonicus</i> | 3 | 1 | |
| <i>Conger myriaster</i> | 121 | 125 | 85 | <i>Furcina ishikawae</i> | 3 | 1 | |
| <i>Pseudorhombus pentopthalmus</i> | 161 | 129 | 15 | <i>Pseudorhombus cinnamomeus</i> | | 3 | 1 |
| <i>Erisphex pottii</i> | 75 | 107 | 1 | <i>Cynoglossus abbreviatus</i> | | 2 | 2 |
| <i>Liparis tanakai</i> | 97 | 68 | 17 | <i>Muraenesox cinereus</i> | 1 | 2 | |
| <i>Limanda yokohamae</i> | 53 | 42 | 53 | <i>Gadus macrocephalus</i> | | 3 | |
| <i>Acanthogobius flavimanus</i> | 18 | 41 | 87 | <i>Lophius litulon</i> | 3 | | |
| <i>Trichiurus lepturus</i> | 12 | 106 | 19 | <i>Zeus faber</i> | 3 | | |
| <i>Acentrogobius pflaumii</i> | 57 | 27 | 39 | <i>Pseudoblennius cottoides</i> | 2 | 1 | |
| <i>Tarphops oligolepis</i> | 22 | 19 | 70 | <i>Repomucenus richardsonii</i> | 3 | | |
| <i>Thamnaconus modestus</i> | 4 | 95 | 3 | <i>Laeops kitaharae</i> | 2 | 1 | |
| <i>Coilia ectens</i> | 6 | 83 | 6 | <i>Zebrias zebra</i> | | 2 | 1 |
| <i>Sillago japonica</i> | 55 | 34 | 6 | <i>Syngnathus schlegeli</i> | 2 | | |
| <i>Sagamia geneionema</i> | 39 | 26 | 29 | <i>Apogon semilineatus</i> | 1 | 1 | |
| <i>Platycephalus indicus</i> | 22 | 31 | 30 | <i>Nibea albiflora</i> | 2 | | |
| <i>Pagrus major</i> | 70 | 3 | 4 | <i>Banjos banjos</i> | 2 | | |
| <i>Nibea mitsukurii</i> | 21 | 29 | 21 | <i>Halichoeres tenuispinnis</i> | 1 | | 1 |
| <i>Pholis nebulosa</i> | 36 | 17 | 12 | <i>Synechogobius hasta</i> | | | 2 |
| <i>Zoarcis gilli</i> | 23 | 11 | 27 | <i>Cociella crocodila</i> | | 2 | |
| <i>Hexagrammos otakii</i> | 28 | 15 | 15 | <i>Daicocus peterseni</i> | 2 | | |
| <i>Argyrosomus argentatus</i> | 22 | 4 | 23 | <i>Repomucenus lunatus</i> | | 1 | 1 |
| <i>Chaeturichthys stigmatias</i> | 44 | | | <i>Pseudaesopia sp.</i> | | 2 | |
| <i>Chelidonichthys spinosus</i> | 20 | 18 | 6 | <i>Raja kenoei</i> | | 2 | |
| <i>Kareius bicoloratus</i> | 15 | 11 | 18 | <i>Liparis sp. B</i> | 1 | | 1 |
| <i>Liparis tessellatus</i> | 33 | 2 | 1 | <i>Musterus griseus</i> | | | 1 |
| <i>Upeneus bensasi</i> | 19 | 14 | 1 | <i>Salanx ariakensis</i> | | | 1 |
| <i>Hypodytes rubripinnis</i> | 20 | 4 | 7 | <i>Phrynelox sp.</i> | | 1 | |
| <i>Tridentiger trigonocephalus</i> | 23 | 2 | 4 | <i>Doederleinia berycoides</i> | 1 | | |
| <i>Chirolophis japonicus</i> | 8 | 9 | 12 | <i>Epinephelus septemfasciatus</i> | 1 | | |
| <i>Pleurhonicthys cornutua</i> | 8 | 17 | 3 | <i>Priacanthus hamrur</i> | 1 | | |
| <i>Acropoma japonicum</i> | 6 | 17 | 4 | <i>Apogon kiensis</i> | | 1 | |
| <i>Konosirus punctatus</i> | 3 | 5 | 17 | <i>Girella punctata</i> | | | 1 |
| <i>Ammodytes personatus</i> | 4 | 18 | | <i>Pampus argenteus</i> | | | 1 |
| <i>Sphyræna pinguis</i> | 8 | 10 | 3 | <i>Parapercis sexfasciata</i> | 1 | | |
| <i>Saurida undosquamis</i> | 8 | 6 | 3 | <i>Inimicus japonicus</i> | 1 | | |
| <i>Lateolabrax japonicus</i> | 17 | | | <i>Eposetta grigorjewi</i> | | 1 | |
| <i>Favonigobius gymnauchen</i> | 3 | 3 | 6 | <i>Takifugu porphyreus</i> | | 1 | |
| <i>Psenopsis anomala</i> | 8 | 3 | 1 | Total number of individuals | 9,146 | 8,130 | 5,732 |
| <i>Pampus echinogaster</i> | | 4 | 5 | Number of species | 80 | 74 | 65 |

별로 비교해 보면(Table 3), 낙동강에서 가장 먼 정점 1에서는 총 9,146마리, 낙동강에 가까운 정점 3에서는 5,732마리, 그리고 그 중간 해역인 정점 2에서는 8,130마리가 채집되어 염분의 계절 변화가 비교적 컸던 낙동강 입구 부근으로 갈수록 채집 개체수가 감소하는 경향을 보였다. 분산분석 결과, 정점에 따라 채집 개체수는 유의한 차이($P < 0.05$)를 나타냈다.

종다양도지수의 계절 변동을 보면(Fig. 3C), 5월, 9월 그리고 1월에 급격한 감소가 있었으나, 다른 시기에는 대체적으로 2.0 이상의 비교적 높은 종다양도지수를 보였다.

4. 주요 어종의 출현 양상

조사기간 동안 채집된 어종 중 전체 채집 개체수의 1% 이상을 차지한 15어종의 월별 출현 양상은 다음과 같다(Fig. 4~7).

실양태(*Repomucenus valenciennei*)

본 조사기간 중 가장 많이 채집된 어종이며, 전 계절을 통하여 지속적으로 출현하였다(Fig. 4A). 봄과 여름에 많이 채집되었으나, 채집량의 변동이 심하였다. 본 조사에서 채집된 실양태의 평균 체장은 $6.8 \pm 1.4\text{cm}$ 였다. 월별 체장 분포를 보면, 2월부터 9월까지의 전반적인 체장의 증가가 있었다. 9월에는 채집량이 크게 감소 하였으나, 10~11월에 새로운 어린 개체들이 대량 유입된 것으로 나타났다. 차·허(1988)의 조사에서는 *Repomucenus* spp. 의 난이 4~6월에 낙동강 하구해역에서 집중적으로 채집되었으며, 자치어는 7~10월에 주로 채집되었다.

흰베도라치(*Pholis fangi*)

본 조사기간 중 두번째로 많이 채집된 어종이다. 월별 채집 개체수의 변동을 보면(Fig 4B), 2월에 어린 개체들이 나타나기 시작한 후, 3월부터 서서히 개체수가 증가하여 6월에 연중 최대치를 기록하였으나, 7월 이후에는 개체수가 급격히 감소하였다. 따라서 흰베도라치는 주로 봄과 초여름에 하구해역을 이용하는 어종임을 알 수 있다. 월별 체장 분포를 보면, 2월에 출현했던 16cm 이상의 큰 개체들은 3월에 들어서 대부분이 다른 곳으로 이동한 것으로 나타났으며, 2월부터 유입된 어린 개체들은 6월까

지 점차 체장이 증가하였다. 평균 체장은 $12.6 \pm 1.1\text{cm}$ 였으며, 봄에는 작은 체장의 어류들이, 가을에는 비교적 큰 체장의 어류들이 주로 채집되었다.

주둥치(*Leiognathus nuchalis*)

수온이 낮은 11~3월에 주로 채집되었다(Fig. 4C). 평균 체장은 $4.2 \pm 1.2\text{cm}$ 로 소형 개체가 대부분을 차지하였다. 이 어종은 산란기가 6월로 알려져 있는데(정, 1977), 이 기간에 채집된 개체들은 비교적 큰 체장(6~12cm)을 보였다. 2월부터 10월까지 계속적인 체장의 증가가 있었고, 11월 이후에는 새로운 어린 개체들이 대량 유입되었다. 차·허(1988)의 조사에서는 자치어가 2월에 집중적으로 채집되었다.

전갱이(*Trachurus japonicus*)

본 조사기간 동안 채집된 전갱이의 평균 체장은 $8.8 \pm 3.6\text{cm}$ 로 대부분이 소형 개체였다. 3~4월에 5cm 이하의 작은 개체들이 출현하기 시작하였으며, 5월과 6월에는 4~7cm 사이의 개체가 대량 유입하였다(Fig. 4D). 7~8월에는 개체수가 크게 감소하였으나, 8월 이후로 비교적 큰 체장(11~14cm)의 개체들이 대량 출현하여 10월까지 머물다가 다른 곳으로 이동하는 것으로 나타났다. 11~4월 사이에는 전갱이가 거의 채집되지 않았다. 크기 변화를 보면 3월부터 10월까지 체장이 계속 증가하는 양상을 보였다.

밴댕이(*Sardinella zunasi*)

수온이 낮은 1~2월에 집중적으로 채집되었으며, 평균 체장은 $7.2 \pm 1.3\text{cm}$ 였다(Fig. 5A). 차·허(1988)의 조사에서는 주로 5~7월에 난이 채집되었다.

열동가리돔(*Apogon lineatus*)

본 조사기간 중 채집된 열동가리돔의 평균 체장은 $3.8 \pm 0.5\text{cm}$ 였다. 가을에 3~5cm 크기의 개체들이 집중적으로 출현하였으나, 나머지 계절에는 소량씩 채집되었다(Fig. 5B). 차·허(1988)의 조사에서는 8월에 이 어종의 자치어가 채집되었다.

청멸(*Thryssa kammalensis*)

열동가리돔과 마찬가지로 가을에 집중적으로

낙동강 하구해역에서 저인망에 의해 어획되는 어류의 종조성 및 계절 변동

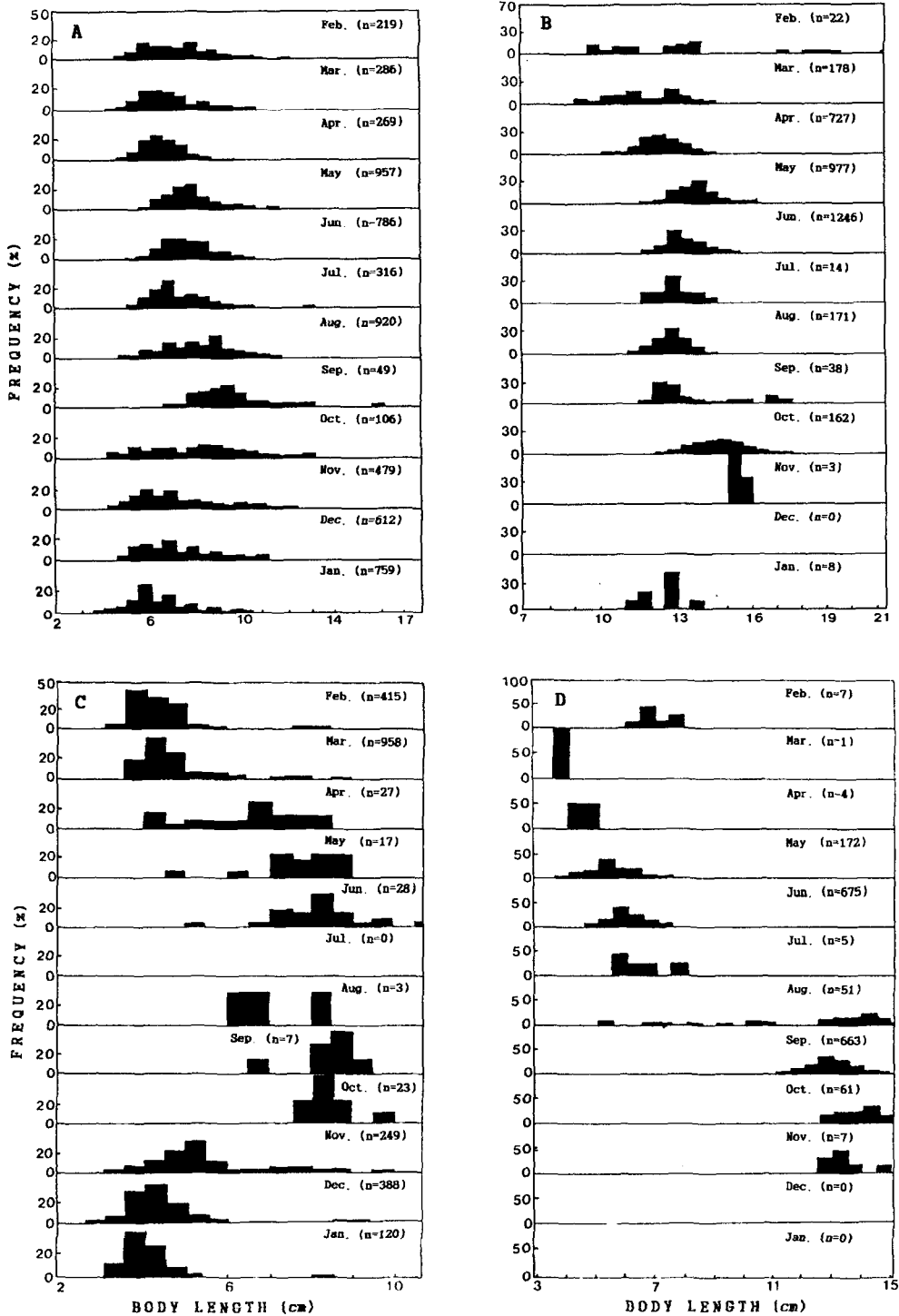


Fig. 4. Length-frequency distributions of *Repomucenus valencienni*(A), *Pholis nebulosa*(B), *Leiognathus nuchalis* (C), and *Trachurus japonicus*(D) collected in the Nakdong River estuary from February 1987 to January 1988.

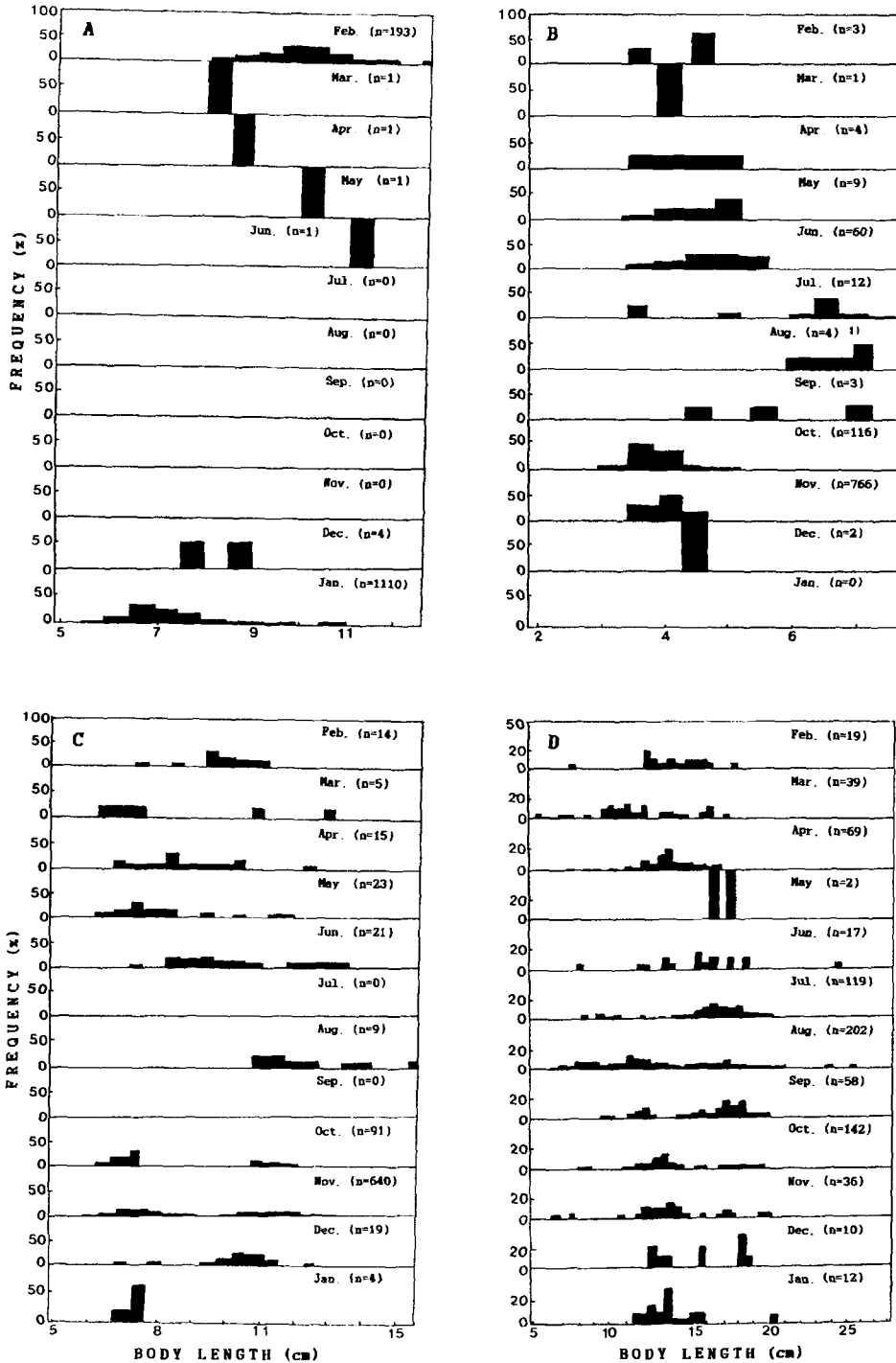


Fig. 5. Length-frequency distributions of *Sardinella zunasi*(A), *Apogon lineatus*(B), *Thryssa kammalensis* (C), and *Cynoglossus joyneri*(D) collected in the Nakdong River estuary from February 1987 to January 1988.

낙동강 하구해역에서 저인망에 의해 어획되는 어류의 종조성 및 계절 변동

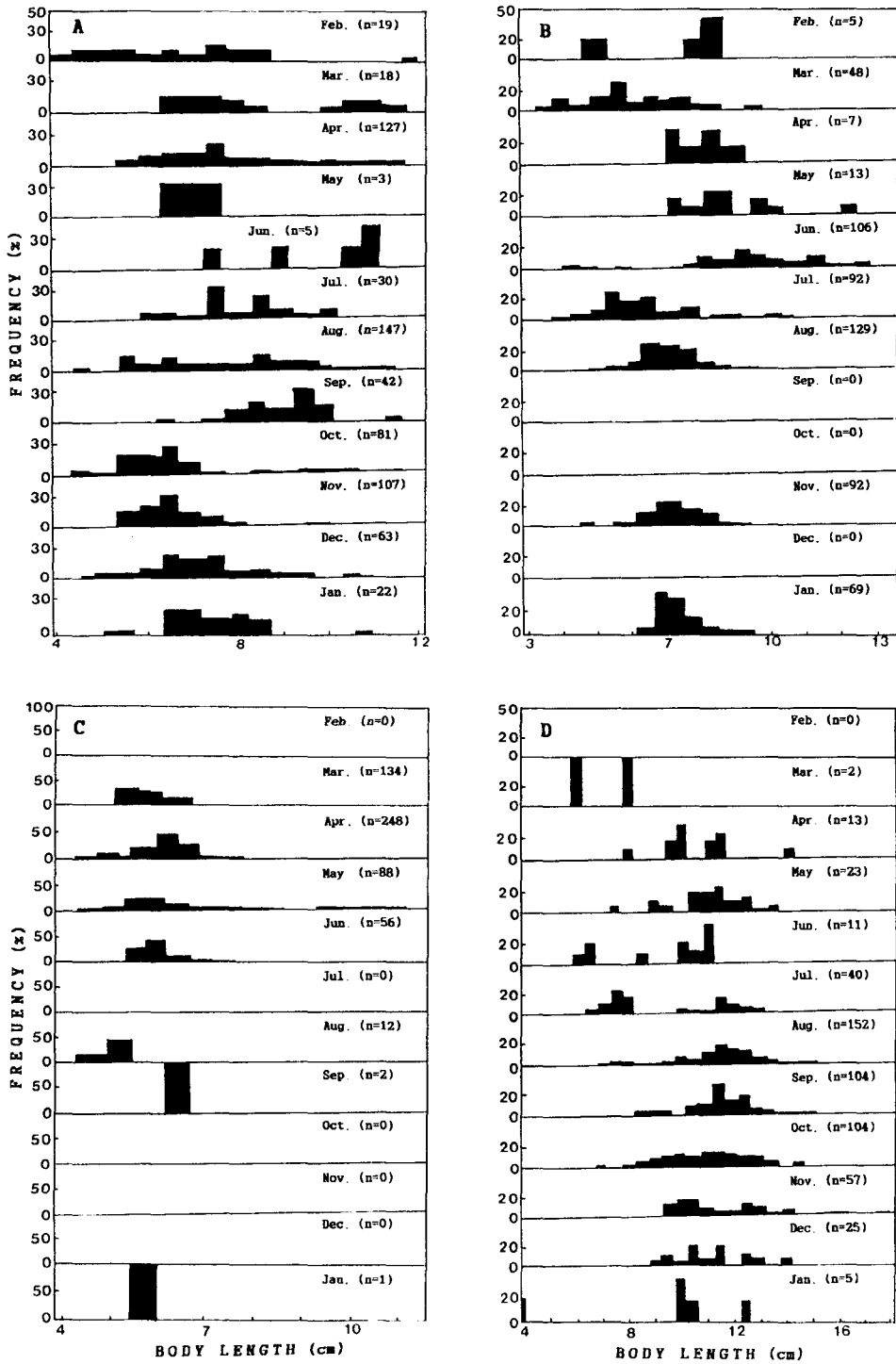


Fig. 6. Length-frequency distributions of *Chaeturichthys hexanema*(A), *Engraulis japonicus*(B), *Chaeturichthys sciistius* (C), and *Cynoglossus interruptus*(D) collected in the Nakdong River estuary from February 1987 to January 1988.

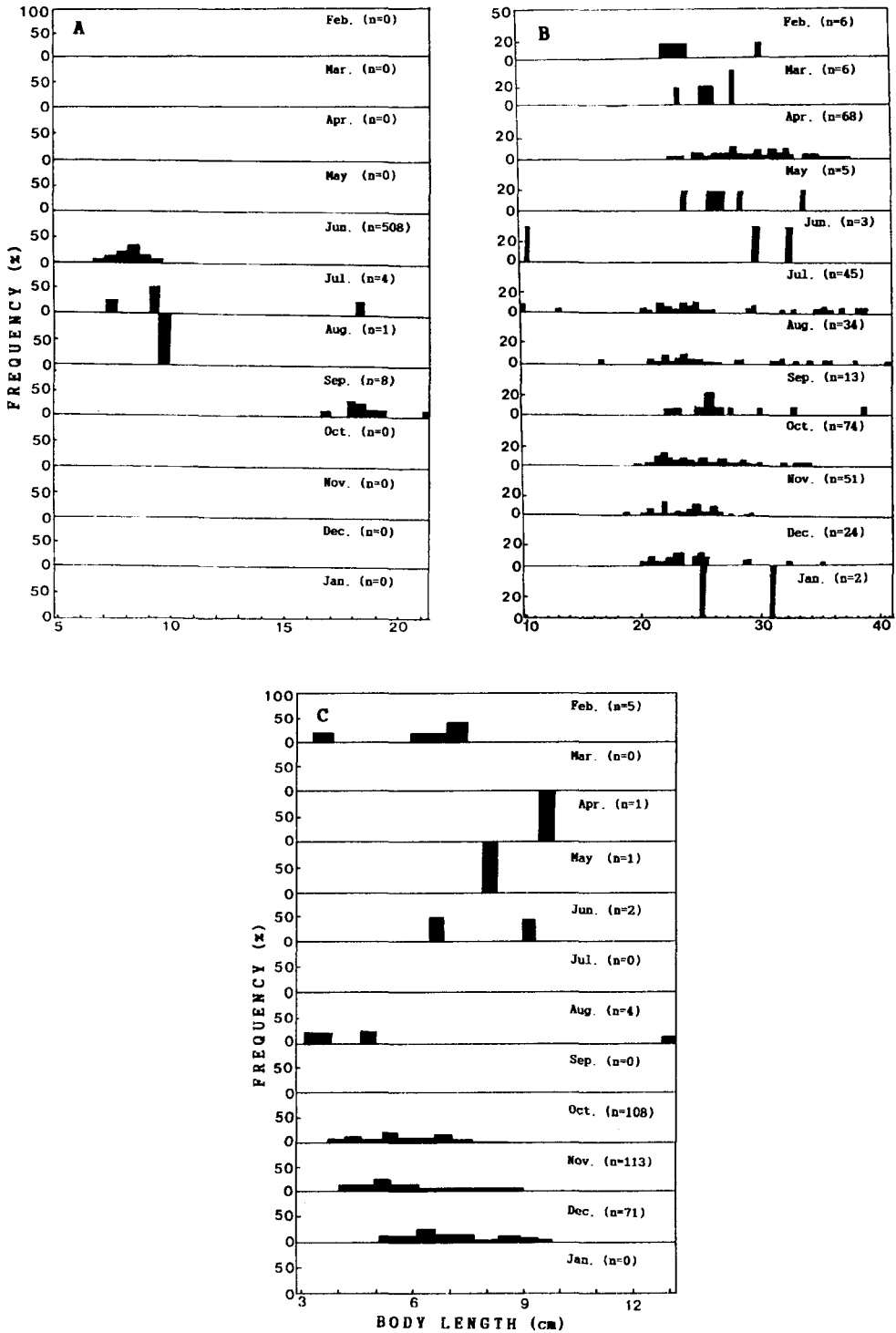


Fig. 7. Length-frequency distributions of *Scomber japonicus*(A), *Conger myriaster*(B), and *Pesudorhombus pentophthalmus*(C) collected in the Nakdong River estuary from February 1987 to January 1988.

채집되었으며, 나머지 계절에는 소량씩 채집되었다(Fig. 5C). 평균 체장은 $8.9 \pm 2.1\text{cm}$ 였다.

참서대(*Cynoglossus joyneri*)

이 어종은 우리나라 서남부 연해에 주로 분포하며, 산란기는 6~7월로 알려져 있다(정, 1977). 본 조사해역에서는 연중 채집되었으며, 특히 봄과 가을에 높은 개체수를 보였다(Fig. 5D). 평균 체장은 $13.8 \pm 3.4\text{cm}$ 였다.

도화망둑(*Chaeturichthys hexanema*)

본 조사기간 중 전 계절을 통하여 지속적으로 채집되었으나, 월별 채집 개체수의 변동이 심한편이었다(Fig. 6A). 4월, 8월, 11월에는 비교적 많이 채집되었으며, 나머지 달에는 채집량이 크게 감소하였다. 평균 체장은 $7.3 \pm 1.6\text{cm}$ 였다.

멸치(*Engraulis japonicus*)

이 어종은 낙동강 하구해역에서 모든 계절에 걸쳐 출현하였으나, 월별 채집 개체수는 변동이 매우 심하였다(Fig. 6B). 여름에 가장 많이 채집되었다. 평균 체장은 $7.0 \pm 1.7\text{cm}$ 였다. 차·허(1988)의 조사에서는 5월과 10월에 많은 난이 채집되었으며, 자치어는 5월과 8월에 많이 채집되었다. 월별 체장 분포로 보아 봄에 주로 성장을 하는 것으로 나타났다.

수염문절(*Chaeturichthys sciiistius*)

봄에 체장 7cm 이하의 작은 개체들이 집중적으로 출현하였으며, 7월 이후로는 거의 채집이 되지 않았다(Fig. 6C). 평균 체장은 $5.9 \pm 0.9\text{cm}$ 였다.

칠서대(*Cynoglossus interruptus*)

전 계절을 통하여 지속적으로 본 조사해역에 출현하였으나, 주로 여름부터 가을까지 많이 채집되었다(Fig. 6D). 평균 체장은 $10.8 \pm 1.8\text{cm}$ 였다.

고등어(*Scomber japonicus*)

6월에 체장 5~9cm의 어린 개체가 대량 채집되었고, 나머지 기간에는 거의 채집되지 않았다(Fig. 7A). 평균 체장은 $7.7 \pm 1.6\text{cm}$ 였다.

붕장어(*Conger myriaster*)

전 계절을 통하여 지속적으로 채집되었으나, 월

별 채집 개체수의 변동이 매우 컸다(Fig. 7B). 평균 체장은 $26.4 \pm 4.7\text{cm}$ 였다.

점넙치(*Pseudorhombus pentophthalmus*)

10~12월 사이에 집중적으로 채집되었으며, 나머지 시기에는 거의 채집되지 않았다(Fig. 7C). 8월에는 5cm 이하의 어류가 나타난 이후 10월부터 12월까지의 체장의 증가가 있는 것으로 보아, 주로 가을철에 하구해역에 들어와 성장을 하는 어종으로 생각된다. 평균 체장은 $6.3 \pm 1.4\text{cm}$ 였다.

고찰

하구해역은 육상으로부터 많은 양의 영양염류를 공급받기 때문에 기초생산력이 높은 곳이다. 반면, 하구해역은 담수와 해수가 혼합되는 해역으로 염분 및 수온이 비교적 큰 변동을 보이는 환경 특성 때문에 하구해역에서 지속적으로 머물러 있는 종의 수가 적다고 알려져 있다(Livingston, 1976 ; Levinton, 1982 ; Loneragan *et al.*, 1989 ; McLusky, 1989).

채집 방법이나 횟수에 따라 채집되는 어종수는 다소 차이가 있겠지만, 본 조사 결과 낙동강 하구해역에서 100개 어종이 채집되어 지금까지 유사한 어구(즉, otter trawl)를 사용하여 다른 연안해역에서 행해진 어류조사(이, 1989 ; 이, 1991 ; 이·김, 1992 ; 이, 1993 ; 이·황, 1995 ; 이, 1996 ; 차·박, 1997 ; 허·곽, 1997 ; 허·곽, 1998 ; 허 등 1998)에 비해 월등히 많은 어종이 채집되었다. 외국의 경우, 미국 캘리포니아 Sacramento-San Joaquin 하구의 Suisun Marsh의 42어종(Moyle *et al.*, 1986), 뉴잉글랜드 하구의 54어종(Hoff and Ibara, 1977), 오스트레일리아 Peel-Harvey 하구의 43어종(Loneragan *et al.*, 1986), 열대 lagoon인 Puerto Rico의 Laguna Joyuda에서의 41어종(Stoner, 1986), Sabu Estuary의 40어종(Quinn and Kojis, 1986)과 비교해 볼 때에도 매우 많은 어종이 낙동강 하구해역에서 출현하고 있음을 알 수 있다.

한편, 과거에 낙동강 하구 주변에서 실시된 어류조사 결과를 살펴보면, 1983년에는 낙동강 하구

및 하구해역에서 총 77어종이 채집되었고(산업기 지개발공사, 1983), 1984년에는 82어종이 채집되었으며(산업기지개발공사, 1984), 1985~86년에는 낙동강 하구해역에서 47과 87어종의 어류가 채집되었다(박 등, 1986). 그리고 낙동강 하류에서는 35과 66어종이 보고된 바 있다(김·홍, 1980). 이처럼 과거 어류 조사시 채집 어종수가 본 조사에 비해 적게 나온 이유는 그동안 출현 어종수가 증가한 것이라기 보다는 과거에는 주로 계절 조사를 실시한 관계로 많은 어종이 채집에서 누락되었기 때문으로 생각된다.

본 조사 해역에서 많은 어종이 출현한 원인은 다음과 같이 추정된다. 무엇보다더 낙동강을 통해 육지로부터 많은 양의 영양염이 하구해역에 공급되고 있으며, 또한 낙동강 하류 주변에 밀생하고 있는 갈대 등의 식물 군락에서 유래되는 데트리티스(detritus)의 양이 막대하다는 사실에서 그 원인을 찾을 수 있다. 김 등(1992)에 따르면 을숙도의 갈대 군집의 이용효율은 온대지방의 자연 식생으로서는 대단히 높고, 연 순생산량도 64ton/ha나 되어 한국의 식생으로서는 최고치를 나타내었다. 갈대와 같은 식물은 살아 있는 동안 초식동물에 의해 소비되는 양이 얼마되지 않기 때문에 갈대의 많은 부분이 죽은 뒤 주변 강물에 떨어져 데트리티스를 형성하게 된다. 이와 같이 풍부한 영양염은 기초생산(유기물 생산)을 높이고, 또한 많은 양의 데트리티스는 어류의 먹이가 되는 새우류와 같은 무척추동물의 출현량을 증가시킴으로써 많은 어종들이 풍부한 먹이를 찾아 하구 해역에 몰려든다고 생각된다. 낙동강 하구해역에는 저서성 어종이 선호하는 먹이생물인 자주새우(*Crangon affinis*)를 포함하여 수 많은 종류의 무척추동물이 풍부하게 서식하는 것으로 알려져 있다(이 등, 1985; 윤 등, 1986, 1987a, b; 김·장, 1987; 홍·오, 1989).

본 조사에서 채집된 대부분의 어류들이 체장 11cm 미만의 어린 개체였으며, 실양태, 흰배도라치, 참서대, 칠서대 그리고 수염문절 등의 주요 우점 어종들은 산란기 직후에 많이 채집되어졌던 사실로부터 낙동강 하구해역이 많은 어종들에 의해 성육 장소로서 이용되고 있음을 알 수 있다.

낙동강 하구해역의 어류 군집은 뚜렷한 양상을 보였다. 특히 다른 계절에 비해 봄과 여름에 출현 어종수 및 개체수가 많았는데, 이것은 수온 변화에 영향을 받는 어류의 산란 주기와 관련이 있다고 생각된다(Loneragan *et al.*, 1986; Loneragan *et al.*, 1989; Wright, 1988). 본 조사해역의 주요 우점종들은 봄과 초여름에 산란시기를 거치는 것으로 조사되었다(정, 1977). 일반적으로 산란 시기 직후에 해당 어종의 출현량이 크게 증가한다(Cunter, 1967; McLusky, 1989).

또한 계절이 바뀔 무렵에 출현 어종수가 급격히 감소하였는데, 이것 역시 수온의 변화와 관련이 있는 것으로 추정된다. 즉, 5월의 감소는 수온이 점차 상승함에 따라 봄에 출현하는 많은 어종이 하구해역을 빠져 나갔기 때문이며, 9월의 감소는 6월 이후 여름동안 하구해역에 유입되었던 어종들이 9월에 수온이 낮아지기 시작함에 따라 다른 곳으로 이동하였기 때문에 발생된 것으로 생각된다. 이와 같은 결과는 출현 어종의 교체에 수온이 중요한 영향을 미쳤음을 의미한다. 일반적으로 수온은 어류의 회유 및 군집의 계절 변동에 가장 큰 영향을 미치는 환경 요인 중 하나로 알려져 있다(McHugh, 1967; Cunter, 1967; Hoff and Ibara, 1977; Wright, 1988; McLusky, 1989, Loneragan and Potter, 1990).

한편, 낙동강 하구해역에서는 염분 역시 어류 군집의 변화에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 계절적으로 볼 때, 본 조사 해역은 특히 여름에 많은 양의 담수 유입으로 인해 염분 변화가 심하였으며, 이 시기에 채집 개체수의 변동이 다른 계절에 비해 상당히 컸다. 또한 염분은 수온과는 달리 정점에 따라 뚜렷한 차이를 보였으며, 어종수 및 채집 개체수 역시 정점에 따라 유의한 차이를 보인 점으로 보아 하구해역 어류의 공간적 분포에 염분이 크게 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 하구역 어류 군집에 대한 염분의 영향은 다른 해역 연구에서도 많이 보고되고 있다(Cunter, 1967; Hoff and Ibara, 1977; Levinton, 1982; Felley, 1987; Loneragan *et al.*, 1986; Loneragan *et al.*, 1987; Livingston, 1976, 1987; Martin, 1988; Loneragan *et al.*, 1989; McLusky, 1989;

Loneragan and Potter, 1990).

하구해역 어류 군집의 시·공간적 분포에 영향을 미치는 환경 요인에는 앞에서 언급한 수온, 염분과 같은 물리·화학적 요인뿐만 아니라, 먹이 생물의 분포와 출현량 변동, 어종간 경쟁 등의 생물학적인 요인도 포함되어 있는 것으로 알려져 있다(Livingston, 1976 ; Levinton, 1982 ; Quin and Kojis, 1986 ; McLusky, 1989). 그러나 본 연구에서는 이를 명확하게 규명하지는 못했다. 따라서 이와 같은 생물학적인 요인에 대한 연구가 차후에 이루어져 모든 환경 요인들에 대한 종합적인 고찰이 가능해지면 하구해역에서의 어류 군집 변동과 환경과의 관계를 보다 명확히 파악할 수 있을 것으로 생각된다.

낙동강 하구해역은 1987년 11월에 하구둑이 완성되어 해양으로의 담수유입 양상이 과거와 크게 달라졌으며, 그 결과 하구해역 생태계 전반에 걸쳐 큰 변화가 예상되고 있다. 이에 따라 낙동강 하구해역의 어류군집 구조도 일련의 변화 과정을 겪고 있을 것으로 예상되고 있다.

인간의 활동에 의해 환경의 변화가 초래되면, 일반적으로 어종수가 감소한다고 알려져 있다(Felley and Felley, 1986 ; Felley, 1987, Hyslop, 1988). 특히 강 하구에 하구둑과 같은 댐이 건설될 경우, 강과 바다를 왕래하던 회유성 어류의 이동이 차단됨으로서 1차적인 어류 군집 변화가 초래된다(Hyslop, 1988). 또한 댐에 의해 하구해역으로의 담수유입이 수시로 차단됨으로서 하구 인접해역에서 해수유동이나 염분, 수온, 영양염의 분포와 같은 물리·화학적 특성이 크게 변화되어 2차적인 어류 군집 변화가 초래된다(Cronin, 1967 ; Faler et al., 1988).

이와 같은 하구둑 건설 이후에 발생될 생태계의 변화를 정확히 밝히기 위해서는 향후 물리·화학적 환경 변화 뿐만 아니라 어류 군집을 포함한 모든 하구해역 생물 군집에 대한 종합적인 조사가 필요하다고 생각된다.

요 약

낙동강 하구 주변 해역에서 1987년 2월부터

1988년 1월까지 1년 동안 매월 소형 기선저인망(otter trawl)을 이용하여 어류의 종조성 및 계절 변동을 조사하였다. 조사기간 동안 100개 어종에 속하는 23,008마리의 어류가 채집되었다. 가장 많이 채집된 어종은 실양태(*Repomucenus valenciennesi*), 흰베도라치(*Pholis fangi*), 주둥치(*Leiognathus nuchalis*), 전갱이(*Trachurus japonicus*), 밴댕이(*Sardinella zunasi*)였는데, 이들 5어종은 총개체수의 63.0%와 생체량의 47.8%를 차지하였다. 계절별 우점종을 보면, 봄에는 흰베도라치와 실양태, 여름에는 실양태와 참서대(*Cynoglossus joyneri*), 가을에는 열둥가리돔(*Apogon lineatus*)과 청멸(*Thryssa kammalensis*), 그리고 겨울에는 실양태, 주둥치, 밴댕이 등이 우점종으로 나타났다. 어종수, 채집 개체수 및 종다양도지수는 뚜렷한 계절 변동을 보였다. 또한 어종수 및 채집 개체수는 정점에 따라 차이를 보였는데, 낙동강 하구쪽으로 갈수록 어종수 및 채집 개체수가 감소하였다. 수온은 어류 종조성의 계절 변동에 가장 큰 영향을 주는 요인이었으며, 염분은 어류의 공간 분포에 영향을 주는 것으로 나타났다.

참고문헌

- 김용익·홍성윤(1980) : 낙동강 하류 철새 도래지의 어류상, 자연보존연구보고서 2, 137-146.
- 김익수·강언중(1993) : 원색 한국어류도감, 아카데미서적.
- 김준호·김훈수·이인규·김종원·문형태(1982) : 낙동강 하구 생태계의 구조와 기능에 관한 연구, 서울대학교 자연과학논문집 7(2), 121-163.
- 김훈수·장친영(1987) : 낙동강 하구 일대의 연체동물과 갑각류의 종류상 및 분포상, 자연보존연구보고서 9, 31-58.
- 박청길·조규대·허성희·김삼곤·조창환(1986) : 낙동강 하구 부근의 해양 환경 조사 연구, 어업기술 22(4), 1-20.
- 산업기지개발공사(1983) : 낙동강 하구 생물상 조사 I.
- 산업기지개발공사(1984) : 낙동강 하구 생물상 조사 II.
- 윤일병·배경석·공동수(1987a) : 낙동강 하구의 이회학적 요인과 저서성 대형 무척추동물의 군집구조에

- 관한 연구, *육수학회지* 20(2), 73-99.
- 윤일병 · 배경석 · 공동수 · 송미영 (1987b) : 낙동강 하구의 저서성 대형 무척추 동물상에 관한 연구, *자연보존연구보고서* 9, 59-76.
- 윤일병 · 배경석 · 배연재 · 어성준 · 김기홍 (1986) : 낙동강 하구의 저서성 대형 무척추 동물의 계절적 군집구조에 관한 연구, *육수학회지* 19(3~4), 19-38.
- 이충렬 (1990) : 만경강 하구 생태계의 구조와 기능, *생태학회지* 13(4), 267-283.
- 이태원 (1989) : 천수만 저서성 어류 군집의 계절 변화, *한수지* 22(1), 1-8.
- 이태원 (1996) : 천수만 어류의 종조성 변화, 1. 저어류, *한수지* 29(1), 71-83.
- 이태원 (1991) : 아산만 저어류. I. 적정 채집 방법, *한수지* 24(4), 248-254.
- 이태원 (1993) : 아산만 저어류. III. 정점간 양적 변동과 종조성, *한수지* 26(5), 438-445.
- 이태원 · 김광천 (1992) : 아산만 저어류. II. 종조성의 주야 및 계절 변동, *한수지* 25(2), 103-114.
- 이태원 · 황선완 (1995) : 아산만 저어류. IV. 종조성의 최근 3년간(1990~1993) 변화, *한수지* 28(1), 67-79.
- 이택열 · 박주석 · 진 평 · 강용주 · 손철현 · 이용필 (1985) : 낙동강 하류역의 주요 수산생물의 환경 및 자원생물학적 연구, *수산진흥원 연구보고* 34, 5-60.
- 정문기 (1977) : 한국어도보, 일지사.
- 차성식 · 박광재 (1997) : 저인망에 채집된 광양만 어류의 종조성과 계절 변동, *한어지* 9(2), 235-243.
- 차성식 · 허성희 (1988) : 낙동강 하구부근의 부유성 난자어의 출현량 변동, *어업기술* 24(4), 135-143.
- 허성희 · 광석남 (1997) : 광양만 갈피밭에 서식하는 어류의 종조성 및 계절 변동, *한어지* 9(2), 202-220.
- 허성희 · 광석남 (1998) : 저인망에 채집된 남해도 연안 해역 어류의 종조성 및 계절 변동, *한어지* 10(1), 11-23.
- 허성희 · 김남욱 · 추현기 (1998) : 저인망에 채집된 광양만 대도주변 어류의 종조성 및 계절 변동, *어업기술* 34(4), 419-432.
- 홍성윤 · 오철웅 (1989) : 낙동강 하구에 서식하는 자주새우(*Crangon affinis*)의 생태학적 연구, *한수지* 22(5), 351-362.
- Bireley, L. E. (1984) : Multivariate analysis of species composition of shore-zone fish assemblages found in Long Island Sound, *Estuaries* 7(3), 242-47.
- Costanza, R., F. H. Sklar and J. W. Day (1986) : Modeling spatial and temporal succession in the Atchafalaya/ Terrebonne Marsh/ estuarine complex in South Louisiana, In Wolfe, D. A. (ed.), *Estuarine Variability*. Academic Press Inc. 387-404.
- Cronin, L. E. (1967) : The role of man in estuarine processes, In Lauff, G.H. (ed.), *Estuaries*. 667-689.
- Cunter, G. (1967) : Some relationships of estuaries to the fisheries of the Gulf of Mexico, In Lauff, G.H. (ed.), *Estuaries*, 621-638.
- Faler, M. P., L. M. Miller and K. I. Welke (1988) : Effects of variation in flow on distribution of northern squawfish in the Columbia River below Monary Dam, *North American J. Fish. Management* 8(30), 30-35.
- Felley, J. D. (1987) : Nekton assemblages of three tributaries to the Calcasieu Estuary, Louisiana, *Estuaries* 10(4), 321-329.
- Felley, J. D. and S. B. Felley (1986) : Habitat partitioning of fishes in an urban, estuarine bayou. *Estuaries* 9(3), 208-218.
- Hoff, J. G. and R. M. Ibara (1977) : Factors affecting the seasonal abundance, composition and diversity of fishes in a southeastern New England Estuary, *Est. Coast. Mar. Sci.* 5, 665-678.
- Hyslop, E. J. (1988) : A comparison of the composition of the juvenile fish catch from the Sodoto-Rima floodplain, Nigeria in years preceding and immediately after upstream dam completion, *Fish Biol.* 32, 895-899.
- Levinton, J. S. (1982) : *Marine Ecology*, Prentice-Hall, Inc.
- Livingston, R. J. (1976) : Diurnal and seasonal fluctuations of organisms in a North Florida Estuary, *Est. Coast. Mar. Sci.* 4, 373-400.
- Livingston, R. J. (1987) : Field sampling in estuaries : The relationship of scale to variability, *Estuaries* 10(3), 194-207.
- Loneragan, N. R. and I. C. Potter (1990) : Factors influencing community structure and distribution

- of different life-cycle categories of fishes in shallow waters of a large Australian estuary, *Mar. Biol.* 106, 25–37.
- Loneragan, N. R., I. C. Potter and R. C. J. Lenanton (1989) : Influence of site, season and year on contributions made by marine, estuarine, diadromous and freshwater species to the fish fauna of a temperate Australian estuary, *Mar. Biol.* 103, 461–479.
- Loneragan, N. R., I. C. Potter, R. C. J. Lennanton and N. Caputi (1986) : Spatial and seasonal differences in the fish fauna in the shallows of a large Australian estuary, *Mar. Biol.* 92, 575–586.
- Loneragan, N. R., I. C. Potter, R. C. J. Lennanton and N. Caputi (1987) : Spatial and seasonal differences in the fish fauna in the deeper waters of a large Australian estuary, *Mar. Biol.* 94, 631–641.
- Masuda, H., K. Amaoka, C. Araga, T. Uyeno and T. Yoshino (1984) : *The Fishes of the Japanese Archipelago*, Tokai Univ. Press.
- McLusky, D. S. (1989) : *The Estuarine Ecosystem* (2nd ed.), Chapman and Hall.
- Martin, T. J. (1988) : Interaction of salinity and temperature as a mechanism for spatial separation of three co-existing species of *Ambassidae*(Cuvier) (Teleostei) in estuarine on the south-east coast of Africa, *J. Fish Biol.* 33(supplement A), 9–15.
- McHugh, J. L. (1967) : Estuarine nekton, In Lauff, G. H. (ed.), *Estuaries* 291–302.
- Moyle, P. B., R. A. Daniels, B. Herbold, and D. M. Baltz (1986) : Patterns in distribution and abundance of a noncoevolved assemblage of estuarine fishes in California, *Fish. Bull.* 84(1), 105–117.
- Nakabo, T., M. Aizawa, Y. Aonuma, Akihito, Y. Ikeda, A. Iwata, K. Sakamoto, K. Sshimada, H. Senou, K. Hatooka, M. Hayashi, K. Hosoya, U. Yamada and T. Yoshino (1993) : *Fishes of Japan with Pictorial Keys to Species*, Tokai Univ. Press. (in Japanese).
- Oviatt, C. A. and S. W. Nixon (1973) : The demersal fish of Narragansett Bay : an analysis of community structure, distribution and abundance, *Est. Coast. Mar. Sci.* 1, 361–378.
- Pianka, E. R. (1973) : The structure of lizard communities, *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 4, 53–74.
- Quinn, N. J. and B. L. Kojis (1986) : Annual variation in the nocturnal nekton assemblage of a tropical estuary, *Est. Coast. Shelf Sci.* 22, 63–90.
- Shannon, C. E. and W. Weaver (1949) : *The Mathematical Theory of Communication*, Univ. Illinois Press, Urbana.
- Stoner, A. W. (1986) : Community structure of the demersal fish species of Laguna Joyuda, Puerto Rico, *Estuaries* 9(2), 142–152.
- Summers, J. K. and K. A. Rose (1987) : The role of interactions among environmental conditions in controlling historical fisheries variability, *Estuaries* 10(3), 255–266.
- Wright, J. M. (1988) : Seasonal and spatial differences in the fish assemblage of the non-estuarine Sulaibikhat Bay, Kuwait, *Mar. Biol.* 100, 13–20.
- Zar, J. H. (1984) : *Biostatistical Analysis*, Prentice Hall Inc., New Jersey.