

이학석사 학위논문

진동만 잘피밭에 서식하는 어류의
종조성과 계절변동

지도교수 허 성 회

이 논문은 지도교수 허성회로부터 제출함



2004년 2월

부경대학교대학원

해양학과

임성오

임성오의 이학석사 학위논문을 인준함

2003년 12월 26일

주	심	이학박사	이	태	원	
위	원	이학박사	문	창	호	
위	원	이학박사	허	성	희	

목 차

ABSTRACT	1
1. 서 론	3
2. 재료 및 방법	5
2.1. 시료 채집	5
2.2. 자료 분석	8
3. 결 과	9
3.1. 환경특성	9
3.2. 잘피밭의 어류군집	9
3.2.1. 종 조 성	9
3.2.2. 계절변동	14
3.2.3. 출현양상에 따른 어종 구분	17
3.2.4. 우점종의 출현 양상	23
3.3. 잘피가 없는 해역의 어류군집	31
3.3.1 종 조 성	31
3.3.2. 계절변동	31
3.4. 잘피밭과 인근 해역의 비교	34
3.4.1. 종 조 성	34
3.4.2. 계절변동	34

4. 고 찰	37
5. 요 약	48
감사의 글	49
참 고 문 헌	51
Appendix	58

LIST OF TABLES

Table 1. Species composition of the fishes collected by a small beam trawl in the eelgrass bed of Jindong Bay in 2002	12
Table 2. Species composition of the fishes collected by a small beam trawl in the unvegetated area of Jindong Bay in 2002	32
Table 3. Comparison of species composition of fishes collected in the eelgrass bed of Jindong Bay to those obtained from Kwanyang Bay and Angol Bay	38

LIST OF FIGURES

Fig. 1. Location of the study area	6
Fig. 2. Diagram of a small beam trawl used for fish collection in the eelgrass bed of Jindong Bay	7
Fig. 3. Monthly variations in water temperature (○) and salinity (●) in the eelgrass bed of Jindong Bay in 2002	10
Fig. 4. Monthly variations in seagrass biomass (black bar) and water temperature (○) in the eelgrass bed of Jindong Bay in 2002	11
Fig. 5. Monthly variations in number of species (A), number of individuals (B), biomass (C) and species diversity index (H') (D) of fishes in the eelgrass bed of Jindong Bay in 2002	16
Fig. 6. Dendrogram illustrating the species association of fishes in the eelgrass bed of Jindong Bay in 2002	18

Fig. 7.	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 bed of Jindong Bay in 2002	19
Fig. 8.	Loading of variables (Eigen vectors) (A) on the first and (B) on the second principal component. Group I -IV represent the species groups shown in the dendrogram in Fig. 6	21
Fig. 9.	Relationships (A) between the first principal component scores and water temperature and (B) between the second principal component scores and seagrass biomass ..	22
Fig. 10.	Monthly variation in body length-frequency distribution of (A) <i>L. nuchalis</i> , (B) <i>R. valenciennei</i> and (C) <i>P. fangi</i> collected in the eelgrass bed of Jindong Bay in 2002	24
Fig. 11.	Monthly variation in body length-frequency distribution of (A) <i>A. schlegeli</i> , (B) <i>A. pflaumi</i> and (C) <i>L. japonicus</i> collected in the eelgrass bed of Jindong Bay in 2002	26
Fig. 12.	Monthly variation in body length-frequency distribution of (A) <i>A. flavimanus</i> , (B) <i>H. otakii</i> and (C) <i>P. cottoides</i> collected in the eelgrass bed of Jindong Bay in 2002	28
Fig. 13.	Monthly variation in body length-frequency distribution of (A) <i>S. japonica</i> , (B) <i>P. nebulosa</i> and (C) <i>H. japonica</i> collected in the eelgrass bed of Jindong Bay in 2002	30
Fig. 14.	Monthly variations in number of species (A), number of individuals (B), biomass (C) and species diversity index (H') (D) of fishes in the unvegetated area of Jindong Bay in 2002	33
Fig. 15.	The eelgrass bed (■) - Unvegetated area (□) comparisons of fish assemblages in Jindong Bay in 2002. Number of species (A), number of individuals (B), biomass (C) and species diversity index (H') (D)	35

Fig. 16. Monthly variations in number of species (A), number of individuals (B) and biomass (C) of fishes in the eelgrass beds of Jindong Bay (▨), Kwangyang Bay (■) and Angol Bay (□)	39
Fig. 17. Monthly variations in species diversity index (H') of fishes in the eelgrass beds of Jindong Bay (●), Kwangyang Bay (○) and Angol Bay (▲)	40
Fig. 18. Comparisons in number of individuals of <i>S. schlegeli</i> , <i>P. nebulosa</i> , <i>P. cottoides</i> and <i>S. inermis</i> collected in the eelgrass beds of Jindong, Kwangyang and Angol Bay	42
Fig. 19. Comparisons in body length-frequency distribution of (A) <i>P. cottoides</i> , (B) <i>R. ercodes</i> , (C) <i>A. flavimanus</i> , (D) <i>P. nebulosa</i> and (E) <i>R. valenciennei</i> collected between the eelgrass bed (▨) and unvegetated area (□)	45
Fig. 20. Comparisons in body length-frequency distribution of (A) <i>L. nuchalis</i> , (B) <i>A. pflaumi</i> , (C) <i>H. otakii</i> and (D) <i>P. fangi</i> collected between the eelgrass bed (▨) and unvegetated area (□)	46

LIST OF APPENDIXES

Appendix 1. Number of individuals, biomass, number of species and species diversity index (H') of fishes in the eelgrass bed of Jindong Bay in 2002	58
Appendix 2. Number of individuals, biomass, number of species and species diversity index (H') of fishes in the unvegetated area of Jindong Bay in 2002	62

Species Composition and Seasonal Variation of Fish Assemblages in the Eelgrass Bed of Jindong Bay

Seong Oh Im

Department of Oceanography, Graduate School

Pukyong National University

Abstract

Species composition and seasonal variation of fish assemblages in the eelgrass bed of Jindong Bay and in the unvegetated area near the eelgrass bed were studied using monthly fish samples by a small beam trawl in 2002.

During the study period, a total of 31 fish species from 21 families and 6 orders were collected in the eelgrass bed. The dominant fish species were *Leiognathus nuchalis*, *Repomucenus valenciennesi*, *Pholis fangi*, *Acanthopagrus schlegeli*, *Acentrogobius pflaumi* and *Lateolabrax japonicus* and these accounted for 78.3% of the total number of individuals. The next dominant fish species were *Acanthogobius flavimanus*, *Hexagrammos otakii*, *Pseudoblennius cottoides*, *Sillago japonica*, *Pholis nebulosa* and *Hippocampus japonicus*. Most fishes collected belonged to primarily small fish species or early juveniles of large fish species.

Compared with the fish assemblages in the eelgrass bed of Kwangyang Bay and Angol Bay, *L. nuchalis*, *P. cottoides* were also dominant fish species in both areas. *R. valenciennesi*, *P. fangi*, *A. schlegeli*, *A. pflaumi*

were only abundant fish species in the study area, whereas *Sygnathus schlegeli*, *P. nebulosa*, *Sebastes inermis* and *Rudaris ercodes* were dominant fish species in the eelgrass beds of Kwangyang Bay and Angol Bay.

Seasonal variation in both species composition and abundance were difference between the study area and the eelgrass beds of Kwangyang Bay and Angol Bay: the peak number of species occurred in spring, whereas these were in summer in other areas. The number of individuals was higher in June and September 2002 in the study area, however, higher in spring and August 1994, 1998 in other areas. Peak biomass occurred in summer in the study area, whereas occurred in spring in other areas. These results were due to difference in fluctuations of eelgrass biomass and occurrence of a high biomass of jellyfishes, especially in summer, in the study area.

The species composition of fish species between in the eelgrass bed and the unvegetated area was little difference, whereas high numbers of commercial-harvested fish species such as *A. schlegeli*, *H. otakii*, *L. japonicus* and *S. inermis* were in the eelgrass bed. The number of species, individuals, biomass and diversity index were higher in the eelgrass bed than in the unvegetated area. The appearance frequency of juvenile fishes with smaller size predominated in the eelgrass bed, while those of larger size fishes was higher in the unvegetated area.

1. 서 론

해초(seagrass)는 해양 연안환경에 잘 적응된 수중 현화식물로서 세계적으로 12속 58종이 존재한다(Den Hartog, 1970). 우리나라 주변 해역에는 잘피(eelgrass, *Zostera marina*)가 우점하며, 연안해역을 따라 밀생하여 무성한 해초지(seagrass meadow)를 형성한다(허, 1986; 이·이, 2001).

해초지는 높은 생산력을 가진 해역 중의 하나로서 유기쇄설물(detritus)과 영양염이 풍부하다. 특히 잘 발달된 해초의 뿌리는 주변 퇴적물을 안정시켜서 많은 종류의 저서생물이 서식하기에 적합하며, 해초의 잎과 줄기에는 부착해조류와 작은 크기의 무척추동물이 서식하고 있다. 또한 십각류(게류, 새우류 및 집게류)와 연체동물과 같은 무척추동물과 작은 어류에게 은신처(shelter)를 제공하며, 경제성이 높은 어종의 자치어에게 성육장(nursery ground)을 제공함으로써 주변해역의 수산업에 간접적으로 많은 영향을 주고 있다(Klumpp *et al.*, 1989; Bell and Pollard, 1989).

이상과 같이 해초지는 많은 해양생물들이 서식하고 있는 중요한 환경을 이루고 있기 때문에, 해초지에 관한 연구가 미국, 호주, 유럽 및 일본에서 어류에 관련한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 최근에 국외에서 발표된 해초지의 어류에 관한 연구를 살펴보면, 어류의 종조성 및 계절변동(Bell *et al.*, 1992; Blaber *et al.*, 1992; Humphries *et al.*, 1992; Jenkins *et al.*, 1997), 낮과 밤의 어류 종조성 비교(Michael and Zieman, 1984; Griffiths, 2000; Michaela *et al.*, 2003), 해초지와 해초가 없는 해역에서의 어류군집 비교(Connolly, 1994; Ferrell and Bell, 1991; Gray *et al.*, 1996), 해초와 수산업과의 관계를 규명(Bell *et al.*, 1989; Jenkins *et al.*, 1997)한 연구 등이 있다.

국내의 해초지의 어류군집에 관한 연구를 살펴보면, 충무 한실포(허, 1986), 제주도 함덕연안(고·조, 1997), 광양만(허·곽, 1997a) 및 남해 안골만(이 등, 2000)에서의 연구가 있으며, 해초지에서 서식하는 어류의 식성에 관하여 많은 연구가 수행되었다(허·곽, 1997b,c,d, 1998a,b,c,d,e,f,g,h).

본 조사해역인 진동만은 진해만의 북서쪽에 위치하고 있는 반폐쇄성 내만으로

로 해수순환이 비교적 약한 해역이다(강 등, 1996; 김 등, 2001). 또한 잘피가 많이 밀생되어 있으며, 주변 연안해역은 계절에 따라 많은 어족들이 모여드는 좋은 어장으로 오래전부터 알려져 있다. 그러나 최근들어 육지로부터 흘러 들어오는 많은 오염물질로 인하여 진동만 주변 해역의 많은 잘피밭이 파괴되어 가고 있다. 따라서 잘피밭이 더 이상 파괴되지 않도록 잘피밭을 보호, 육성하는 것이 중요한 일로 생각된다.

본 연구는 경남 진동만 주변 해역의 잘피밭에 서식하는 어류의 종조성을 파악하고, 이들의 계절 변동이 어떤 양상을 보이는지 그리고 어떤 환경요인이 어류군집의 계절변동에 영향을 미치는지를 규명하는 것을 목적으로 하였다. 또한 잘피가 서식하지 않는 인근 해역에서의 어류를 채집하여 잘피밭의 어류상과 비교하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 시료 채집

본 연구의 시료는 진동망(Fig. 1)에서 2002년 1월부터 12월까지 1개월 간격으로 소형 beam trawl을 이용하여 채집하였다. 시료 채집에 사용된 어구는 망구를 beam으로 고정하여 잘피밭 어류 채집에 적합하도록 제작하였다. 그물의 크기는 망구 beam의 길이가 2 m, 망목은 날개그물에서 1.9 cm, 끝자루로 갈수록 차츰 망목의 크기가 감소하여 끝자루에서 1 cm였다(Fig. 2). 1회 예인에서는 1 km/hr로 5분간 예인하여 1회 예인면적은 180 m² 정도였으며, 잘피밭 해역과 잘피가 없는 해역에서 각각 4회씩 반복채집하였다.

채집된 어류는 10 % 중성포르말린으로 고정한 후, 실험실에서 각 종별로 동정, 계수하였다. 어류의 동정은 Masuda *et al.*(1984), Nakabo *et al.*(1993) 등을 따랐다. 각 어체의 체장은 1 mm까지, 체중은 0.1 g까지 측정하였다.

어류의 출현량과 주변 환경요인과의 관계를 규명하기 위하여 어류 채집 당시에 수온, 염분 그리고 잘피의 현존량을 함께 조사하였다. 수온은 봉상온도계를 이용하였으며, 염분은 salinometer (Tsurumi Seike Model)를 이용하여 측정하였다. 잘피의 채집은 0.5 m × 0.5 m 크기의 방형구를 이용하였으며, 현존량은 방형구 내의 잘피를 전량 채취하여 단위 면적당(m²) 건중량(g)으로 나타내었다.

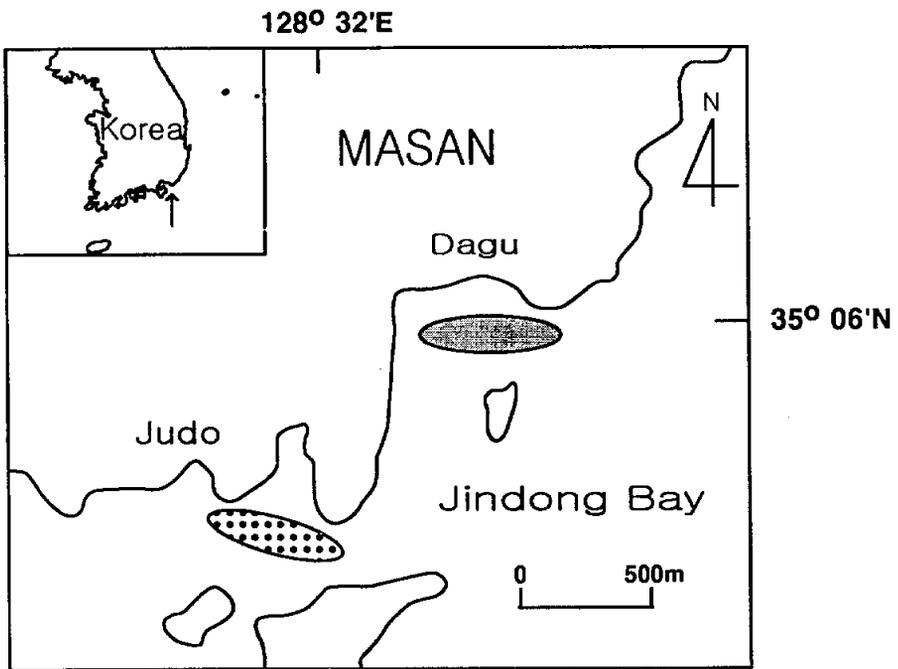


Fig. 1. Location of the study area.
(●: Eelgrass bed, ○: Unvegetated area)

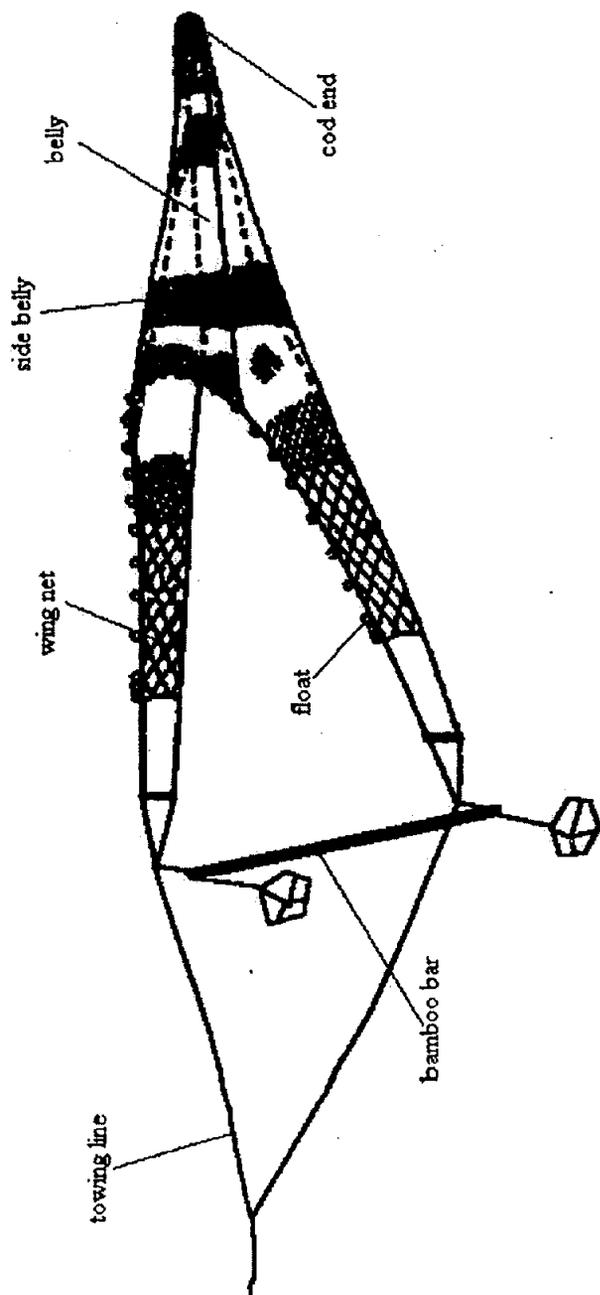


Fig. 2. Diagram of a small beam trawl used for fish collection in the eelgrass bed of Jindong Bay.

2.2. 자료 분석

각 월별에 따른 어류군집 구조를 비교분석하기 위해서 Shannon and Wiener의 종다양도지수(H')를 이용하였다(Shannon and Weaver, 1949).

$$H' = - \sum_{i=1}^S \{n_i/N \ln(n_i/N)\}$$

n_i : i 번째 종의 월별 출현개체수

N : 특정 달에 채집된 종의 총 개체수

S : 출현 종수

조사기간 동안 출현한 어류의 시기에 대한 유사도를 구하여, 비가중산술평균결합을 실시하여 군집분석(Cluster Analysis)을 하였다. 각 출현종에 대한 출현 시기의 유사도는 Pianka(1973)의 중복도 지수를 이용하여 구하였다.

조사시기의 종조성의 차이를 분석하기 위하여 3회 이상 출현한 종을 대상으로 월별 채집 개체수 자료를 이용하여 주성분 분석을 하였다.

월별 어류군집의 차이는 채집시기의 출현종의 개체수와 습중량을 대상으로 Wilcoxon의 부호화된 순위검정(Wilcoxon and Wilcox, 1964)으로 유의성을 검정하였다($p < 0.05$). 자료분석은 SPSS+PC+를 이용하였다(Norusis, 1986).

3. 결 과

3.1. 환경특성

조사기간 동안 수온은 1월에 7.4 °C로 가장 낮았으며, 7월에 30.4 °C로 가장 높았다. 수온의 계절변동은 여름에 높고 겨울에 낮은 전형적인 온대해역의 계절변동 양상을 보였다(Fig. 3).

염분은 16.85~35.42 ‰의 범위를 보였다. 30 ‰ 이하를 보인 달은 7~9월이었는데 이 시기에 강우량의 증가 때문인 것으로 보인다. 나머지 달에는 31.91~35.42 ‰ 범위로서 큰 변동이 없었다(Fig. 3).

잘피의 현존량은 1월에 21.9 g/m²이었고 수온의 상승과 함께 증가하여 4월에 230.8 g/m²의 값을 보였다. 5월에는 연중 가장 높은 520.3 g/m²을 기록하였다. 그러나 6월에는 현존량이 190.5 g/m²으로 급격하게 감소하였고, 7월에는 109.6 g/m²까지 감소하였다. 그 이후 12월까지 21.8~60.1 g/m² 범위로서 낮았다(Fig. 4).

3.2. 잘피밭의 어류군집

3.2.1. 종조성

조사기간 동안 진동만 잘피밭에서 채집된 어류는 총 6목 21과 31종, 2,678 개체, 13,658.8 g이었다(Table 1).

분류군별로 채집된 출현종수는 농어목(Perciformes) 어류가 11과 16종이 채집되어 가장 많았고, 횃대목(Scrophaeniformes) 어류는 4과 7종이 채집되었다.

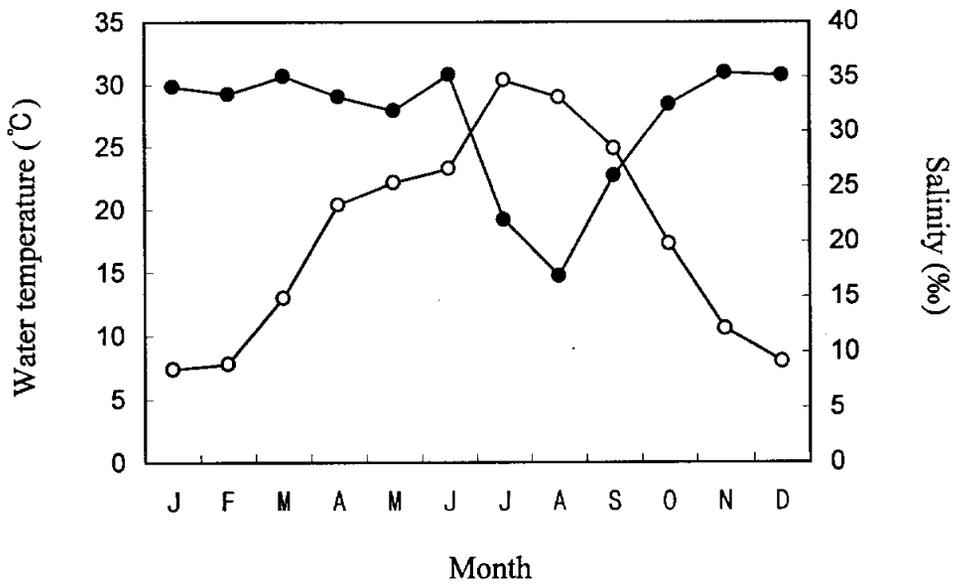


Fig. 3. Monthly variations in water temperature (○) and salinity (●) in the eelgrass bed of Jindong Bay in 2002.

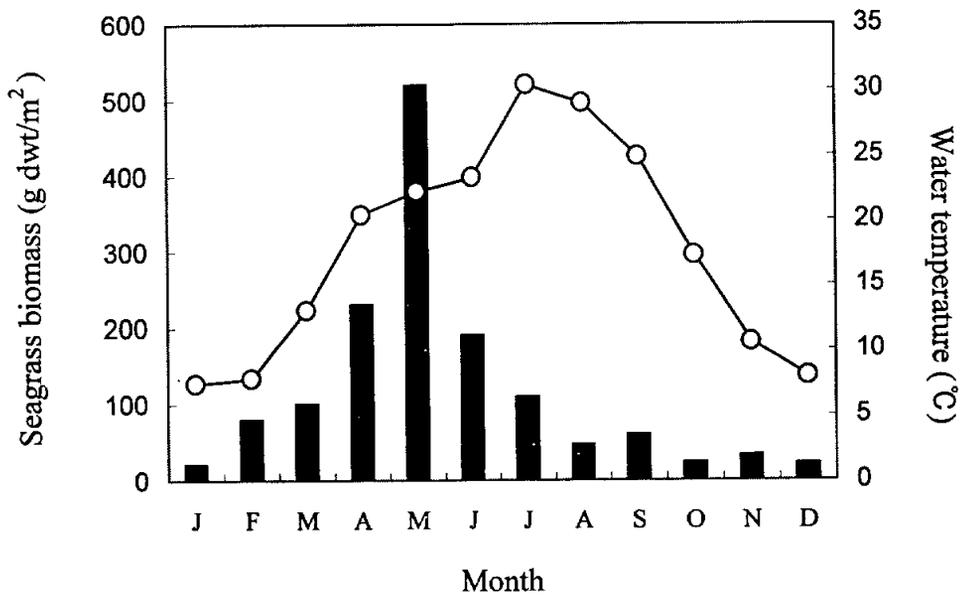


Fig. 4. Monthly variations in seagrass biomass (black bar) and water temperature (○) in the eelgrass bed of Jindong Bay in 2002.

Table 1. Species composition of the fishes collected by a small beam trawl in the eelgrass bed of Jindong Bay in 2002

Order	Family	Scientific Name	Korean name	N	(%)	W	(%)
Clupeiformes	Clupeidae	<i>Clupea pallasi</i>	청어	4	0.1	4.2	*
		<i>Sardinella zunasi</i>	밴댕이	1	*	1.0	*
Perciformes	Blenniidae	<i>Parablennius yatabei</i>	횡베도라치	1	*	1.3	*
		<i>Repomucenus valenciennei</i>	실양태	474	17.7	2217.5	16.2
	Embiotocidae	<i>Ditrema temmincki</i>	망상어	2	0.1	65.6	0.5
		<i>Acanthogobius flavimanus</i>	문절망둑	116	4.3	1980.9	14.5
	Gobiidae	<i>Acentrogobius pflaumi</i>	줄망둑	133	5.0	217.7	1.6
		<i>Chaenogobius heptacanthus</i>	살망둑	5	0.2	3.5	*
		<i>Favinogobius gymnauchen</i>	날개망둑	6	0.2	10.9	0.1
Leiognathidae	<i>Sagamia geneionema</i>	바닥문절	2	0.1	12.5	0.1	
	<i>Leiognathus nuchalis</i>	주둥치	1017	38.0	1437.8	10.5	
Percichthyidae	<i>Lateolabrax japonicus</i>	농어	118	4.4	837.8	6.1	
	<i>Pholis fangi</i>	횡베도라치	219	8.2	1099.3	8.0	
Pholidae	<i>Pholis nebulosa</i>	베도라치	47	1.8	334.3	2.4	
	<i>Sillago japonica</i>	청보리멸	50	1.9	1114.9	8.2	
Sparidae	<i>Acanthopagrus schlegeli</i>	감성돔	136	5.1	1163.6	8.5	

N : number of individuals, W : wet weight(g), * : < 0.1

Table 1. (continued)

Order	Family	Scientific Name	Korean name	N	(%)	W	(%)
Perciformes	Zoarcidae	<i>Zoarces gilli</i>	등가시치	2	0.1	18.5	0.1
	Pleuronectidae	<i>Limanda yokohamae</i>	문치가자미	6	0.2	148.1	1.1
Scorpaeniformes	Congriopodidae	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	미역치	5	0.2	26.4	0.2
	Cottidae	<i>Furcina osimae</i>	무늬횃대	1	*	3.0	*
		<i>Pseudoblennius cottoides</i>	가시망둑	86	3.2	96.4	0.7
		<i>Pseudoblennius percoides</i>	돌팍망둑	24	0.9	88.0	0.6
	Hexagrammidae	<i>Hexagrammos otakii</i>	쥐노래미	108	4.0	2086.3	15.3
	Platycephalidae	<i>Platycephalus indicus</i>	양태	1	*	9.4	0.1
	Scorpaenidae	<i>Sebastes inermis</i>	볼락	11	0.4	19.7	0.1
		<i>Sebastes longispinis</i>	흰꼬리볼락	13	0.5	17.8	0.1
		<i>Sebastes schlegeli</i>	조피볼락	10	0.4	19.4	0.1
Syngnathiiformes	Syngnathidae	<i>Hippocampus japonica</i>	신호해마	28	1.0	36.5	0.3
		<i>Syngnathus schlegeli</i>	실고기	18	0.7	59.4	0.4
Tetraodontiformes	Monacanthidae	<i>Rudaris ercodes</i>	그물코취치	10	0.4	12.9	0.1
	Tetraodontidae	<i>Takifugu niphobles</i>	복섬	24	0.9	514.2	3.8
Total				2678	100	13658.8	100
Number of species				31			

N : number of individuals, W : wet weight(g), * : <0.1

그 외 청어목(Clupeiformes), 가자미목(Pleuronectiformes), 실고기목(Syngnathiformes), 복어목(Tetraodontiformes) 어류가 2종씩 채집되었다.

가장 많이 채집된 어종은 주둥치(*Leiognathus nuchalis*)로 1,017개체, 1,437.8 g이 채집되어 총 개체수의 38.0 %, 총 생체량의 10.5 %를 차지하며 우점하였다. 다음으로 실양태(*Repomucenus valenciennesi*)가 474개체, 2,217.5 g이 채집되어 총 개체수의 17.7 %, 총 생체량의 16.2 %를 차지하였다. 그 외에 흰베도라치(*Pholis fangi*), 감성돔(*Acanthopagrus schlegeli*), 줄망둑(*Acentrogobius pflaumi*), 농어(*Lateolabrax japonicus*), 문절망둑(*Acanthogobius flavimanus*), 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*), 가시망둑(*Pseudoblennius cottoides*), 청보리멸(*Sillago japonica*), 베도라치(*Pholis nebulosa*), 산호해마(*Hippocampus japonica*)가 총 개체수의 1 % 이상을 차지하였는데, 이들 12종의 우점종이 총 개체수의 94.5 %, 총 생체량의 92.4 %를 차지하였으며, 나머지 어종은 소량씩 채집되었다. 소량씩 채집된 어류에는 돌팍망둑(*Pseudoblennius percoides*), 복섬(*Takifugu niphobles*), 실고기(*Syngnathus schlegeli*), 흰꼬리불낙(*Sebastes longispinis*), 불낙(*Sebastes inermis*), 그물코쥐치(*Rudaris ercodes*), 조피불낙(*Sebastes schlegeli*) 등이 포함되어 있다.

3.2.2. 계절변동

조사해역에서 월별 출현종수는(Fig. 5-A) 1월에 8종, 2월에는 조사 기간 중 가장 적은 5종이 채집되었다. 그러나 3월부터 증가하여 5월에는 조사 기간 중 가장 많은 17종이 채집되었는데 이는 이전에 출현하지 않았던 주둥치, 감성돔, 농어, 문절망둑, 쥐노래미, 가시망둑, 산호해마 등의 어류와 일시적으로 소량씩 돌팍망둑, 실고기, 흰꼬리불낙, 조피불낙, 청어(*Clupea pallasii*), 등가시치(*Zoarcis gilli*) 등이 출현하였기 때문이었다(Appendix I). 6월부터 출현종수가 감소하여 11종이 채집되었고 9월까지 8종으로 감소하였다. 10월과 11월에는 각각 10종, 13종으로 증가하였지만 12월에는 다시 9종으로 감소하였다.

월별 개체수 및 생체량의 계절 변동을 살펴보면(Fig. 5-B, 5-C), 1월과 2월

에 각각 23개체, 81.0 g과 36개체, 208.0 g으로 낮았다. 그러나 3월부터 계속 증가하기 시작하여 6월에는 연중 두 번째로 높은 665개체, 2,836.3 g을 기록하였다. 이와같이 봄부터 개체수와 생체량이 증가한 것은 흰베도라치, 줄망둑, 베도라치의 개체수 증가와 더불어 주둥치, 쥐노래미, 가시망둑 등과 같이 봄부터 출현하기 시작한 어류가 개체수와 생체량에 기여하였기 때문이었다 (Appendix 1). 또한 출현종수가 감소함에도 불구하고 6월에 높은 개체수와 생체량을 보인 것은, 실양태, 줄망둑, 농어, 주둥치가 이 시기에 크게 우점하였기 때문이었다. 7월과 8월에는 봄철에 많은 개체수와 생체량에 기여했던 흰베도라치, 쥐노래미, 가시망둑, 베도라치 등과 6월에 많이 출현하였던 주둥치, 실양태, 농어 등이 많지 않았기 때문에 개체수가 크게 감소하였다. 그러나 이 시기에는 크기가 상대적으로 큰 감성돔, 문절망둑, 청보리멸이 많이 출현하여 생체량은 크게 감소하지 않았다. 9월에는 연중 가장 높은 850개체가 채집되었다. 그러나 생체량은 2,144.7 g으로 개체수에 비해서 크게 증가하지 않았는데, 이는 작은 체장의 주둥치가 크게 우점하였기 때문이었다. 그 이후 12월까지 봄에 비해서 개체수는 적었으나 생체량은 높았다.

종다양도지수(H')는 0.36~2.29의 범위를 보였다(Fig. 5-D). 1월에는 1.77이었고 2월과 3월에는 각각 0.67과 1.22로 낮았다. 그러나 4월부터 증가하여 5월에는 조사 기간 중에 가장 높은 2.29를 기록하였다. 6월에는 실양태의 우점으로 1.28로 낮았다. 9월에도 주둥치의 큰 우점으로 0.36을 기록하여 조사 기간 중 가장 낮았다. 그 외의 시기에는 1.31~1.97 범위를 기록하였다.

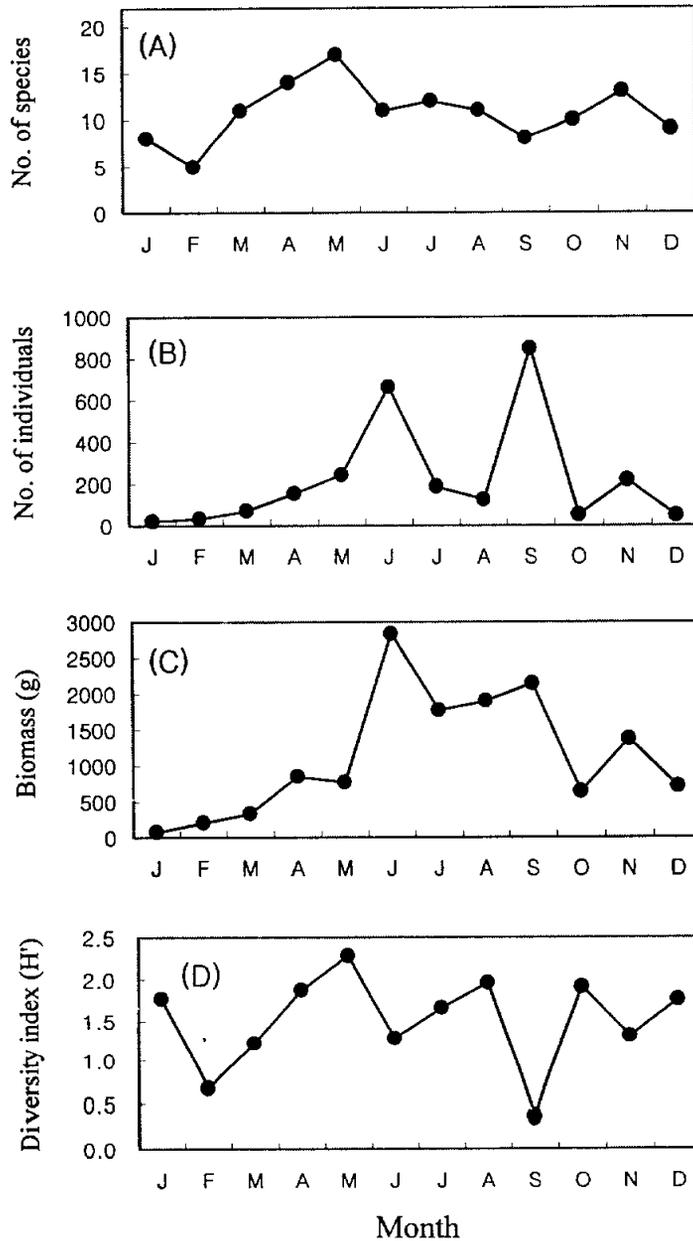


Fig. 5. Monthly variations in number of species (A), number of individuals (B), biomass (C) and species diversity index (H') (D) of fishes in the eelgrass bed of Jindong Bay in 2002.

3.2.3. 출현양상에 따른 어종 구분

조사기간 동안 잘피밭에서 채집된 31종의 어류 중에서 3회 이상 출현한 19종을 대상으로 출현시기에 대한 중복도지수를 구한 결과, 4개의 그룹으로 나눌 수 있었다(Fig. 6).

Group I : 4~5월의 특정시기에 많은 출현량을 보인 그룹으로 쥐노래미, 산호해마, 배도라치, 가시망둑, 실고기가 속하였다.

Group II : 1~4월에 출현량이 많은 그룹으로 흰배도라치, 문치가자미, 살망둑(*Chaenogobius heptacanthus*), 미역치(*Hypodytes rubripinnis*)가 속하였다.

Group III : 전 계절 또는 특정 시기에 출현하는 그룹으로 6월에 가장 많이 출현하였다. 실양태와 줄망둑은 전 계절에 걸쳐서 출현하였고 농어, 날개망둑은 여름에 출현하였다.

Group IV : 여름~가을에 많이 출현하는 그룹으로 감성돔, 청보리멸, 문절망둑, 그물코취치, 복섬, 주둥치가 이에 속하였다.

군집분석에 사용된 어종을 대상으로 월별 개체수 자료를 사용하여 주성분 분석한 결과, I 축이 27.6 %, II 축이 25.1 %, III 축이 23.0 %의 분산을 포함하여, 제 III 축까지 총 정보의 75.6 %를 나타내었다. I-II 축에 투영된 각 월별의 principal score 값을 살펴보면(Fig. 7), 수온이 높은 7~9월에는 I 축 상에서 양의 값을 보였으며, 수온이 낮은 11~3월에는 음의 값을 보였다. 잘피현존량이 높았던 4~7월에는 II 축 상에서 양의 값을 보였으며, 잘피현존량이 감소하는 8~10월에는 II 축에서 음의 값을, I 축에서는 양의 값을 나타내었다. 그리고 잘피현존량이 낮았던 11~2월에는 I 축과 II 축에서 모두 음의 값을 나타내었다.

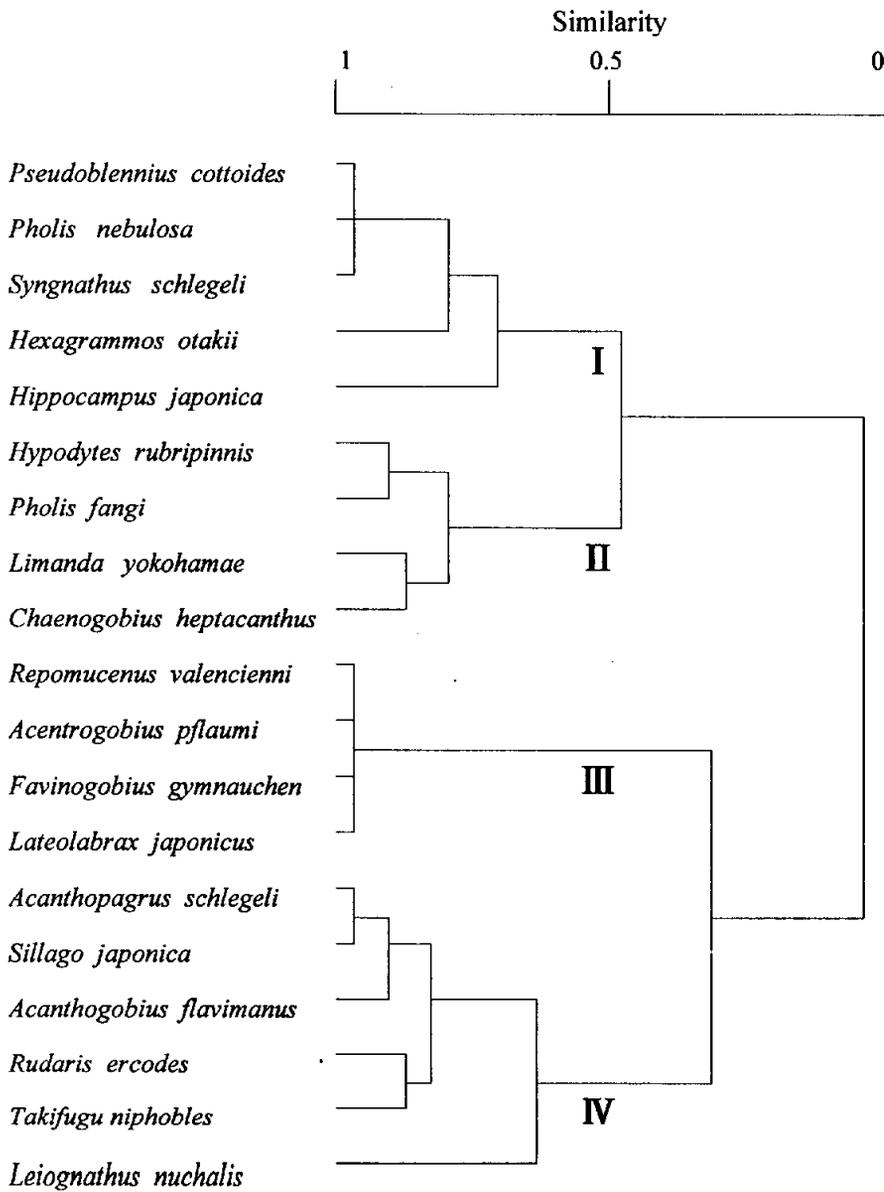


Fig. 6. Dendrogram illustrating the species association of fishes in the eelgrass bed of Jindong Bay in 2002.

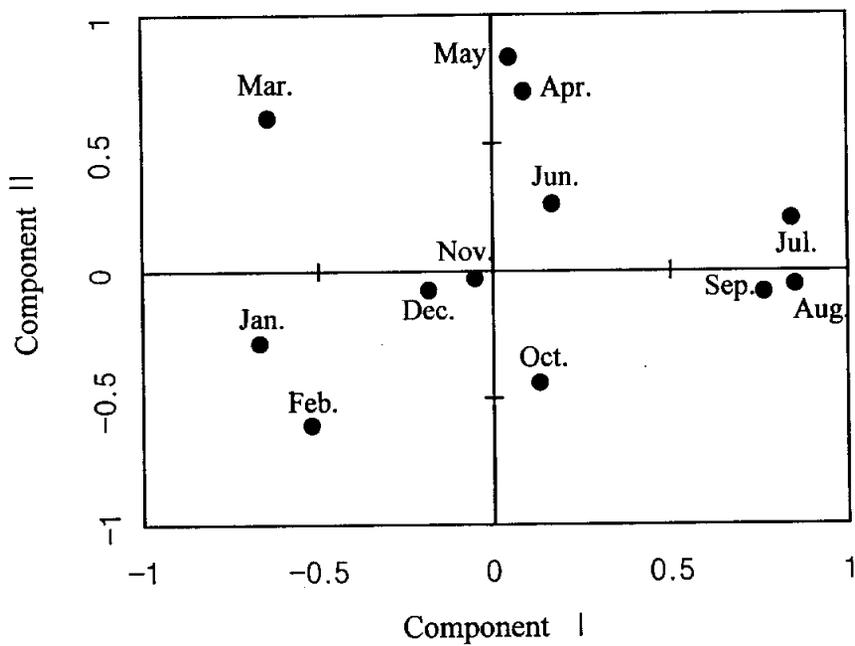


Fig. 7. Scattered diagram showing the sampling months on the I - II principal components determined by principal component analysis of the species composition collected in the eelgrass bed of Jindong Bay in 2002.

제 I 축의 Eigen vector 값들을 보면(Fig. 8-A), 양의 가중치를 보인 종은 수온이 높은 시기에 출현량이 많았던 그룹 IV와 그룹 III에 속한 어종들이었다. 반면에 음의 가중치를 보인 어종은 수온이 낮은 시기에 출현량이 많았던 그룹 II에 속한 어종들로 구성되어 있었다. 제 I 축의 score 값은 수온과 유의한 상관관계($r^2=0.79$)를 보여(Fig. 9-A) 제 I 축은 수온에 의해 결정된 것으로 판단된다.

제 II 축의 Eigen vector 값들을 보면(Fig. 8-B), 수상도에서 양의 가중치를 보인 무리는 그룹 I로서 조사기간 중 잘피현존량이 높았던 시기에 출현량이 많았던 어종들로 구성되어 있었다. 음의 가중치를 준 어종은 잘피현존량이 감소하는 시기에 출현량이 많았던 그룹 IV에 속한 어종들이었다. 제 II 축의 score 값은 잘피현존량과 유의한 상관관계($r^2=0.56$)를 보여(Fig. 9-B), 제 II 축은 잘피현존량 및 이와 상관관계를 갖는 요인들에 의해 결정된 것임을 알 수 있었다. 따라서 진동만 잘피밭의 어류군집의 출현양상은 수온과 잘피현존량에 의해 큰 영향을 받고 있는 것으로 판단된다.

본 해역의 우점종은 주거종, 계절종으로 구분할 수 있었다(Fig. 10~13). 주거종은 실양태, 줄망둑, 쥐노래미, 산호해마, 문절망둑 그리고 주둥치였는데 이들은 출현빈도와 개체수가 높았다. 체장의 월별변화와 최대 성장체장을 살펴 보면, 실양태, 줄망둑, 문절망둑은 본 해역에서 일생을 보내며, 쥐노래미는 어린시기를 연중 본 해역에서 보내고 성장하면 다른 해역으로 이동함을 알 수 있었다. 계절종은 가시망둑, 베도라치, 흰베도라치, 농어, 감성돔 그리고 청보리멸이었는데 이들은 특정 계절에만 출현하였다. 성어와 유어가 함께 출현한 어종은 주둥치, 실양태, 흰베도라치, 문절망둑, 쥐노래미, 베도라치, 청보리멸이었다. 이 어종들은 잘피밭에 출현하여 산란하고 부화된 유어들과 함께 채집되었다. 유어들만 잘피밭에 유입되어 어린 시기를 잘피밭에서 보내고 어느 정도 성장 후 잘피밭을 떠나는 어종은 감성돔, 농어, 가시망둑이었다.

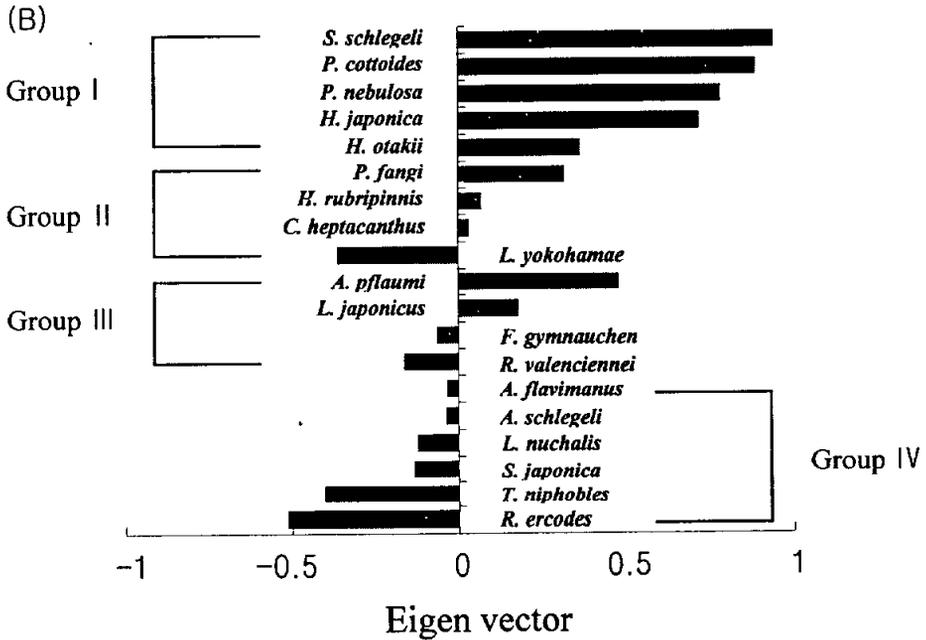
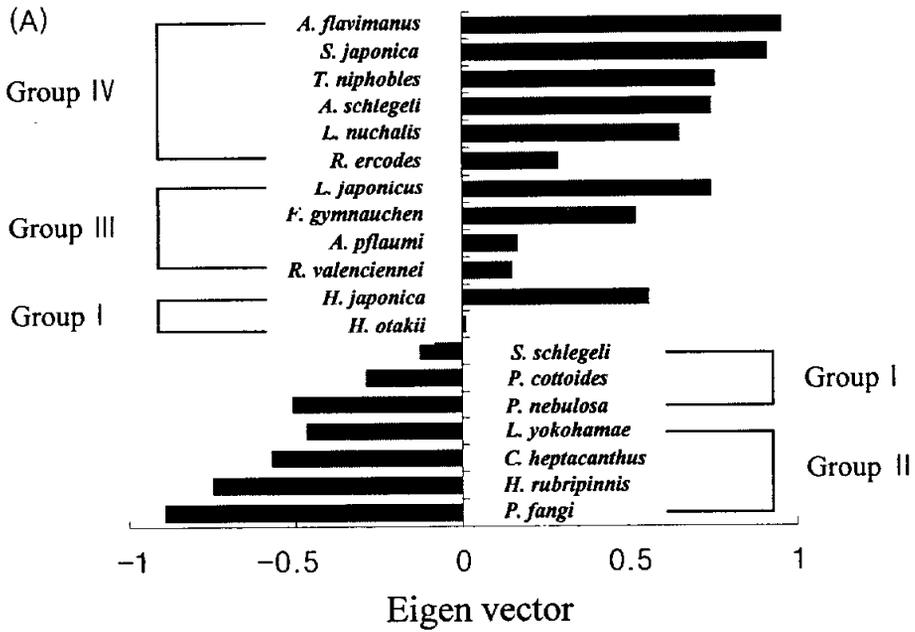


Fig. 8. Loading of variables (Eigen vectors) (A) on the first and (B) on the second principal component. Group I -IV represent the species groups shown in the dendrogram in Fig. 6.

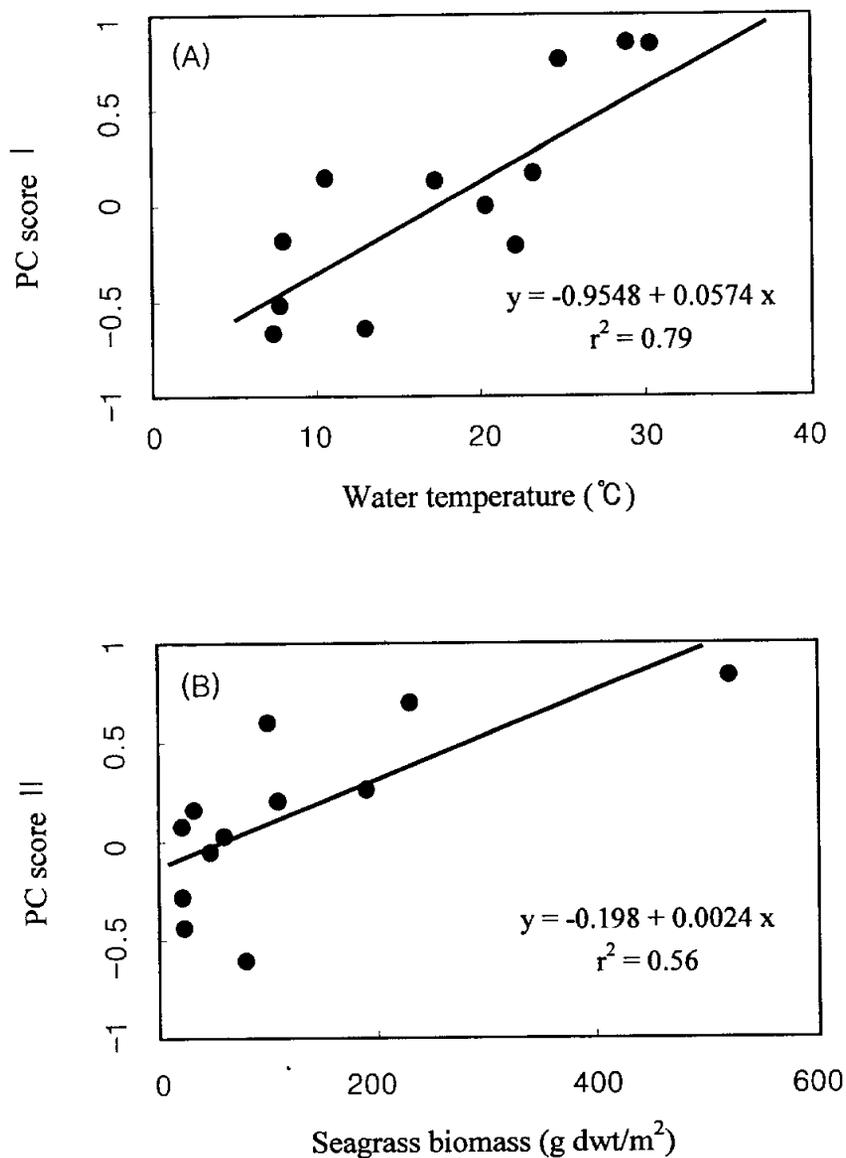


Fig. 9. Relationships (A) between the first principal component scores and water temperature and (B) between the second principal component scores and seagrass biomass.

3.2.4. 우점종의 출현 양상

연구 해역에서 조사기간 동안 채집된 개체수가 총 개체수의 1% 이상을 차지한 주요 어종들의 월별 채집량과 체장분포를 살펴 보면 다음과 같다.

주둥치 : 조사 기간 중 가장 많은 개체수를 보인 어종으로 1~3월을 제외하고 연중 출현하였다. 체장범위는 2~10 cm였으며 9월과 11월에 많이 출현하였다. 4월에는 7개체, 4~7 cm 체장범위를 보였으며, 7월에는 8개체, 6~8 cm 범위로 성장하는 경향을 보였다. 그러나 8월에는 8개체, 2~3 cm의 유어들이 가입하기 시작하였고 이들은 11월까지 출현하였다. 9월에는 연중 가장 많은 791개체가 채집되었으며 체장범위는 2~4 cm의 유어들이 대부분이었다(Fig. 10-A). 이 어종은 10~14 cm의 소형어로서 산란기는 6~7월로 보고되었다(김·강, 1993). 이 때 산란된 치어가 성장하여 본 조사해역에서 특히 9월에 많이 출현한 것으로 보인다.

실양태 : 조사기간 중 두 번째로 많이 채집된 어종으로 2월, 4월, 7월, 9월을 제외하고 연중 출현하였다. 체장범위는 2~12 cm였으며, 6월에 가장 많이 출현하였다. 1월에 2~4 cm의 유어들이 출현하였는데 이들 체장의 유어들은 5월까지 출현하였다. 6월에는 4~12 cm의 넓은 체장범위로 연중 가장 많은 개체수가 채집되었다. 그 이후 12월까지 4~11 cm의 체장범위를 보였고 이 중에 9~10 cm의 개체가 많이 채집되었다(Fig. 10-B). 이 어종은 최대 10 cm의 체장까지 성장하는 것으로 보고되었다(김, 2001).

흰배도라치 : 6~9월을 제외하고 연중 출현하였다. 1~5월에는 10~12월보다 상대적으로 많이 출현하였다. 체장범위는 3~16 cm였다. 1월에는 11~13 cm 체장범위가 출현하였으며 3월에는 3~4 cm 체장범위의 유어들이 출현하여 5월까지 5~9 cm 체장범위로 성장한 것으로 보인다. 그 이후 6월부터는 조사해역을 빠져나가 9월까지 출현하지 않았다가 10월에 11~16 cm의 체장범

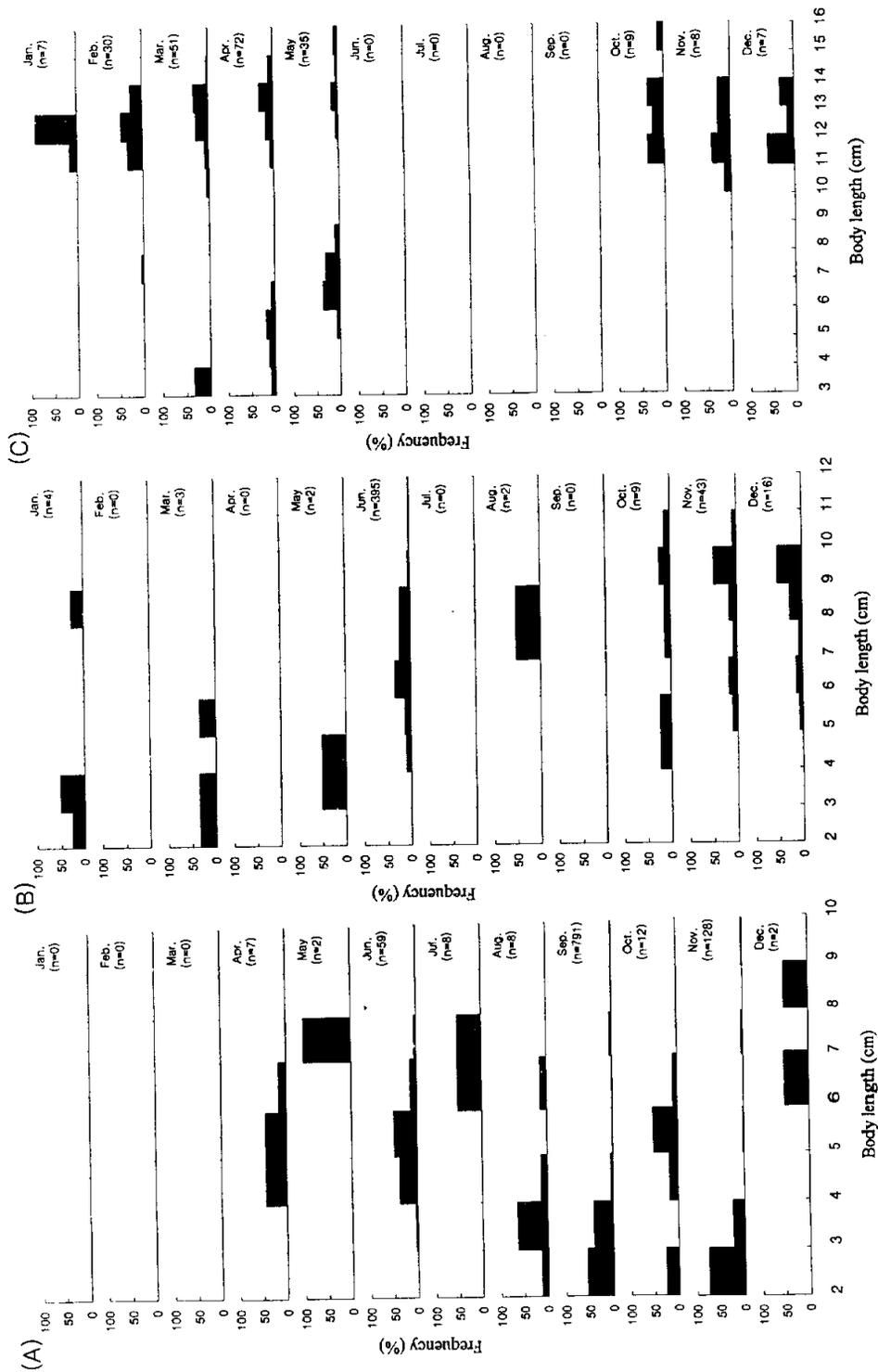


Fig. 10. Monthly variation in body length-frequency distribution of (A) *L. mitchalis*, (B) *R. valencienni* and (C) *P. fangi* collected in the eelgrass bed of Jindong Bay in 2002.

위의 성어가 출현하였고 이들은 12월까지 출현하였다(Fig. 10-C). 이 어종의 주 산란기는 겨울철인 11~1월이며 6~7 cm 까지 내만에서 성장한 후 황해에서는 저층냉수역으로 회유하는 것으로 알려져 있다(유 등, 1995).

감성돔 : 4월에 한 개체가 출현한 후, 7~10월에 출현하였다. 체장범위는 3~13 cm였으며 7월에 3~8 cm 범위의 유어들이 출현하여 가장 많이 채집되었다. 이들 유어들은 10월까지 본 조사해역에서 성장하는 것으로 보였으며 11월부터는 출현하지 않았다(Fig. 11-A). 이 어종은 약 40 cm까지 성장하며 산란시기는 4~6월로 보고 되어있다. 군산연안에서는 유어들이 천해역의 사니질에 솟아있는 바위 및 암벽 주변에서 주로 서식하며, 체장이 70 cm 이상으로 성장하는 8월 이후에는 천해역에서 연안의 외해쪽으로 이동한다고 보고되었다(최, 1996).

줄망둑 : 9월과 12월을 제외하고 연중 출현하여 가장 높은 출현빈도를 보였다. 체장 범위는 2~7 cm였으며, 봄과 6월에 많이 채집되었다. 1월부터 2~3 cm 체장범위의 유어들이 3월까지 출현하였고 그 이후에는 3 cm 이상으로 성장한 것으로 보인다. 주로 4~6 cm의 개체가 4~11월까지 가장 많이 출현하였다(Fig. 11-B). 이 어종은 수심이 얕은 내만의 모래 또는 갯펄해안에 서식한다고 알려져 있으며(곽, 1998a), 우리나라와 일본 연안의 잘피밭에서 많은 출현량을 보인 어종으로 보고되어 있다(Kikuchi, 1966; Matsumiya *et al.*, 1980; 허, 1986). 약 8 cm까지 성장하며 산란시기는 여름으로 알려져 있다.

농어 : 5~8월에만 출현하였으며 체장범위는 3~15 cm였다. 5월에 한 개체가 출현하였고 6월에는 가장 많은 개체가 채집되었는데 4~8 cm의 소형어류이었다. 7월에는 8~12 cm, 8월에는 10~12 cm 범위의 개체들이 많이 채집되어 본 조사해역에서 성장하는 양상을 보였으나 9월 이후부터는 출현하지 않았다(Fig. 11-C). 이 어종은 체장이 약 1 m까지 성장하고 산란 시기는 11~4월이며 암초지대로서 외양수의 영향을 받는 연안이나 만 입구의 수심 50~80 m 정도의 약간 깊은 곳에서 산란한다고 알려져 있다. 봄, 여름에는 먹이활동을

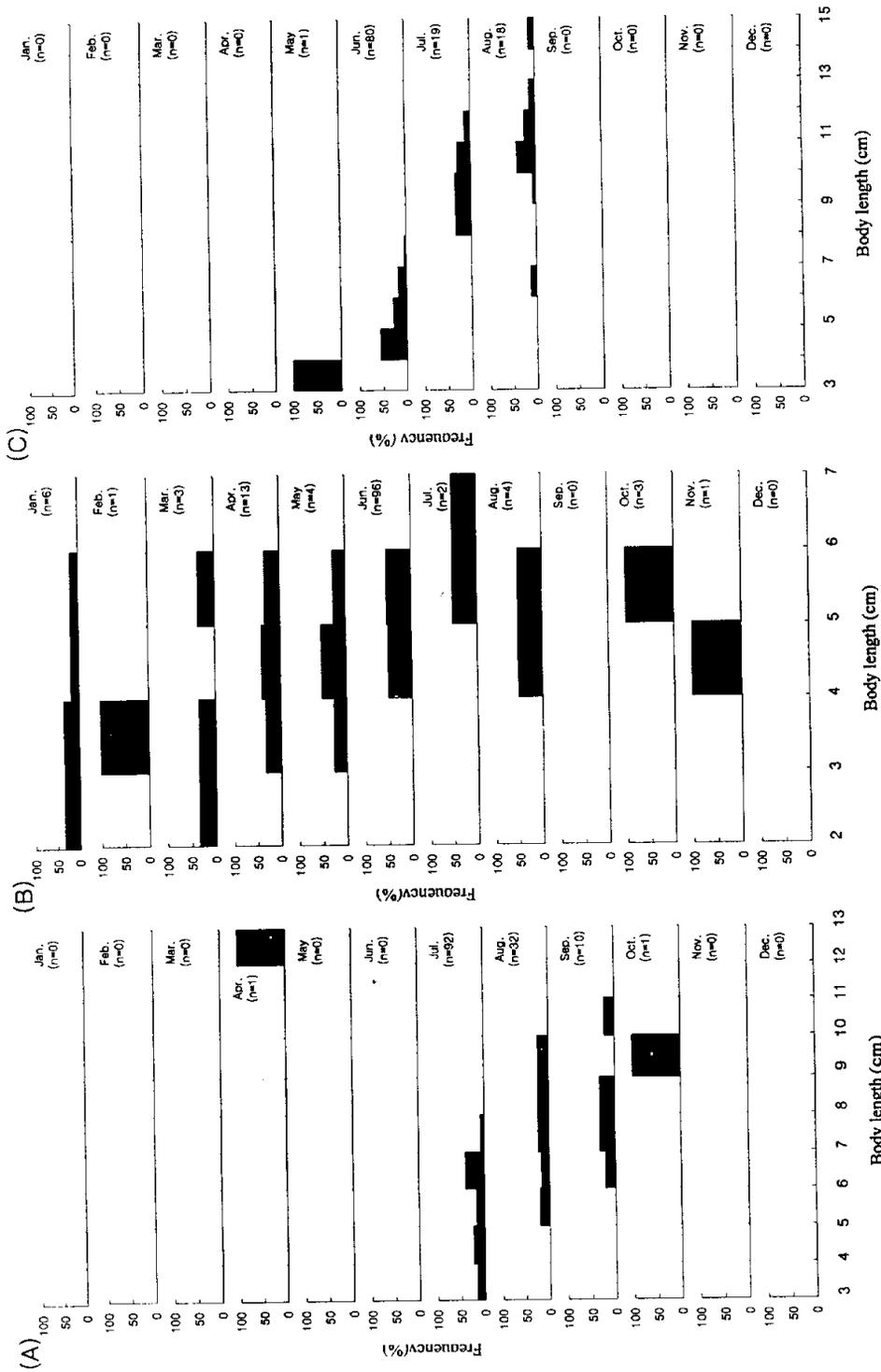


Fig. 11. Monthly variation in body length-frequency distribution of (A) *A. schlegeli*, (B) *A. pflaumi* and (C) *L. japonicus* collected in the eelgrass bed of Jindong Bay in 2002.

위해 내만의 얇은 곳으로 이동하고 겨울에는 월동과 산란을 목적으로 수심 깊은 곳으로 이동한다고 보고되었다(김 등, 1994; 강 등, 2002).

문절망둑 : 4월과 6~12월까지 출현하였는데 여름에 비교적 많이 채집되었다. 체장범위는 1~17 cm로 넓은 범위를 보였다. 4월과 6월에는 9~17 cm 범위의 개체가 출현하다가 7월부터 8 cm 이하의 유어들이 9월까지 많이 출현하였다. 그 이후 12월까지 출현량이 적었다(Fig. 12-A). 이 어종은 약 20 cm까지 자라며 산란시기는 1~5월이며 산란장은 수심 2~7 m의 진흙 또는 모래 진흙바닥으로 보고되었다(김 등, 1994).

쥐노래미 : 1~2월과 6월을 제외하고 연중 출현하였는데, 체장범위는 4~18 cm였다. 3월부터 10 cm 이하의 유어들이 출현하여 5월까지 성장하는 것으로 보였다. 그 이후 6월부터 12월까지 9~16 cm 체장범위의 개체들이 채집되었다(Fig. 12-B). 이 어종은 체장이 40 cm까지 자라며 산란시기는 10~1월이며 어릴 때는 연안의 내해에서 보내고 성장하면서 깊은 곳으로 이동한다고 보고되었다(김 등, 1994).

가시망둑 : 3~6월에 출현하였다. 체장범위는 2~6 cm였으며, 4~5월에 많이 출현하였다. 3월에는 2~3 cm 범위의 개체가 채집되었다. 4월에는 2~6 cm의 넓은 체장범위를 보였다. 5월에는 가장 많은 개체수가 채집되었는데 4~5 cm의 범위가 대부분이었다. 6월에는 5~6 cm 범위를 가진 개체가 출현하였다. 대체로 3월에 어린 개체가 출현하여 6월까지 성장하는 것으로 보인다(Fig. 12-C). 이 어종은 약 15 cm까지 성장하며 조간대의 웅덩이나 연안 암초 사이에서 서식하는 것으로 알려져 있다(Okamraosam and Oizawaaksahiru, 1997).

청보리멸 : 6~11월에 출현하였으며, 체장범위는 6~15 cm였다. 6월에는 10~12 cm 범위의 개체가 출현하였고, 7~9월까지 12~15 cm 범위로 성장한 것으로 보인다(Fig. 13-A). 이 어종은 수명이 4년이며 체장이 30 cm까지 성장

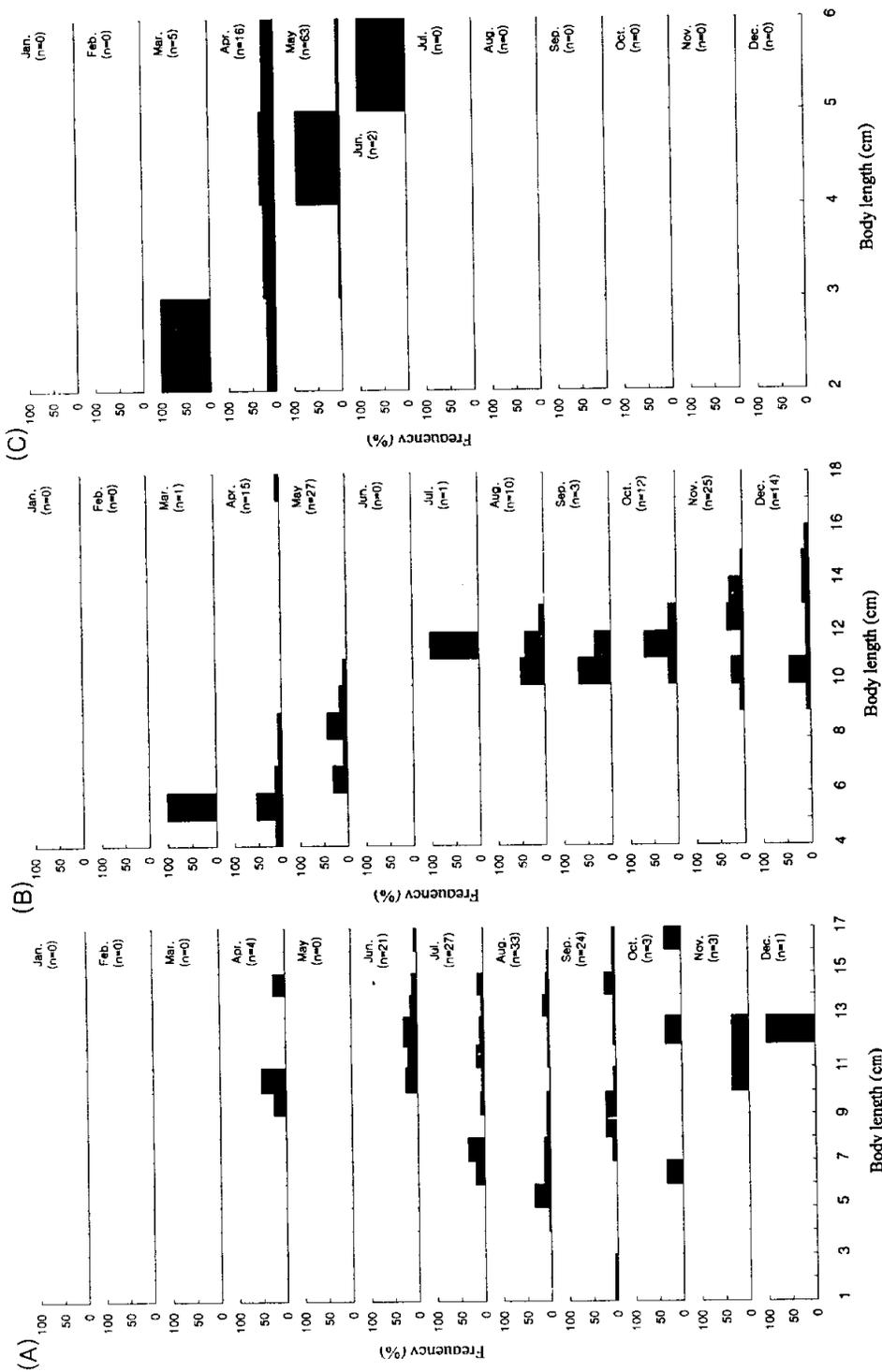


Fig. 12. Monthly variation in body length-frequency distribution of (A) *A. flavimanus*, (B) *H. otakii* and (C) *P. cottoides* collected in the eelgrass bed of Jindong Bay in 2002.

하며, 내만이나 연안의 바닥이 모래나 빨질인 곳에서 주로 서식하는 것으로 보고되었다(김 등, 1994). 만 1년이면 체장이 5.3~15.5 cm, 2년이면 13.8~21 cm이고 주 산란군이 2년생 이상이라고 보고되어 있어서 본 해역에서는 주로 1~2년생인 개체가 수온이 증가할 때 본 조사해역을 이용한 것으로 보인다.

베도라치 : 1~5월, 10월에 출현하였으며 체장범위는 4~22 cm였다. 1~4월 까지 13 cm 이상의 개체들이 출현하였으며, 5월에는 6~8 cm 체장의 유어들이 많이 채집되었다(Fig. 13-B). 이 어종은 약 20 cm의 체장까지 성장하며, 조수의 웅덩이나 간조선 부근의 암초 근처에서 서식한다고 보고되었다. 산란 시기는 11~12월로 추정되었다(강 등, 1996).

산호해마 : 4~9월, 11월에 출현하였으며, 체장범위는 4~10 cm였다. 7~8월에 4~6 cm의 작은 체장범위의 개체가 출현하였다(Fig. 13-C). 이 어종의 산란시기는 봄~가을로 보고되었다(Okamraosam and Oizawaaksahiru, 1997).

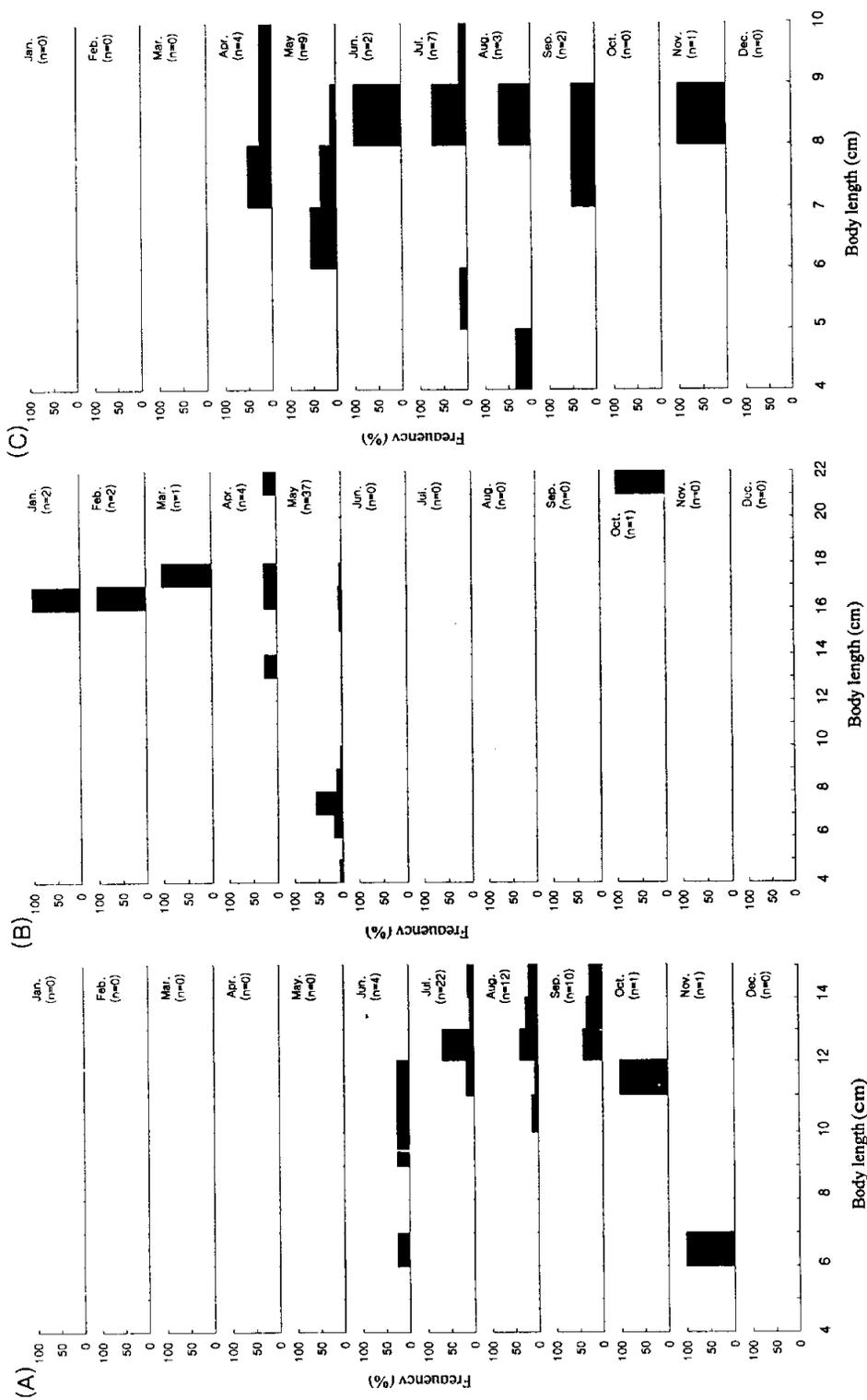


Fig. 13. Monthly variation in body length-frequency distribution of (A) *S. japonica*, (B) *P. nebulosa* and (C) *H. japoni* collected in the eelgrass bed of Jindong Bay in 2002.

3.3. 잘피가 없는 해역의 어류군집

3.3.1. 종조성

잘피가 없는 해역에서 조사기간 중 총 20종, 901개체, 10,325.3 g이 채집되었다(Table 2). 가장 많이 채집된 어종은 흰베도라치로 231개체, 1,673.5 g이 채집되어 총 개체수의 25.6 %, 총 생체량의 16.2 %를 차지하였다. 그 다음으로 주둥치, 베도라치, 쥐노래미, 실양태, 문절망둑, 그물코쥐치, 가시망둑, 줄망둑, 문치가자미(*Limanda yokohamae*) 순으로 채집되었으며, 이들은 모두 총 개체수의 1 % 이상을 차지하였다. 상기의 10종은 총 개체수의 95.7 %, 총 생체량의 95.0 %를 차지하며 우점하였다.

3.3.2. 계절변동

월별에 따른 출현종수의 변동을 살펴보면(Fig. 14-A), 1월부터 7월까지 2~4종이 출현하다가 8월부터 증가하여 11월에 연중 가장 많은 11종이 채집되었다. 그러나 12월에는 4종으로 감소하였다. 따라서 가을에 대체적으로 출현종수가 높았고 다른 계절에는 거의 비슷하였다.

개체수의 월별변동을 살펴보면(Fig. 14-B), 1~2월에 낮은 개체수를 보이다가 수온이 증가하는 3~4월에 증가하였다. 그러나 5월부터 다시 감소하여 10월까지 큰 변동이 없었다. 11월에는 주둥치와 베도라치가 많이 채집되어 연중 가장 높았으나 12월에 다시 감소하였다. 봄과 가을에 개체수가 대체로 높았다. 생체량은 개체수와 비슷한 월별 변동을 보였다(Fig. 14-C). 그러나 개체수 변동과 달리 생체량은 봄에 더 높았다. 이는 봄에 채집된 쥐노래미, 베도라치, 흰베도라치의 높은 생체량이 봄에 큰 기여를 하였기 때문이었다.

종다양도지수의 월별변동을 살펴보면(Fig. 14-D), 2월에 1.32로 약간 높았으며 1~7월까지 0.56~0.98로 낮은 범위를 보였다. 그러나 8월부터 증가하여 10월에는 연중 가장 높은 1.83을 기록하였고 12월까지 1.33~1.44의 높은 범위를 보였다.

Table 2. Species composition of the fishes collected by a small beam trawl in the unvegetated area of Jindong Bay in 2002

Order	Family	Scientific Name	Korean name	N	(%)	W	(%)
Perciformes	Callionymidae	<i>Repomucenus valenciennesi</i>	실양태	71	7.9	553.3	5.4
	Gobiidae	<i>Acanthogobius flavimanus</i>	문절망둑	33	3.7	534.6	5.2
		<i>Acentrogobius pflaumi</i>	줄망둑	12	1.3	11.0	0.1
		<i>Chaenogobius heptacanthus</i>	살망둑	2	0.2	1.4	*
		<i>Leiognathus nuchalis</i>	주둥치	193	21.4	477.0	4.6
	Percichthyidae	<i>Lateolabrax japonicus</i>	농어	4	0.4	78.4	0.8
		<i>Pholis fangi</i>	흰배도라치	231	25.6	1673.5	16.2
	Pholidae	<i>Pholis nebulosa</i>	베도라치	150	16.6	2120.9	20.5
		<i>Sillago japonica</i>	청보리멸	1	0.1	0.8	*
	Scorpaeniformes	Sparidae	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	감성돔	4	0.4	284.8
Stichaeidae		<i>Ernogrammus hexagrammus</i>	세줄베도라치	4	0.4	4.8	0.0
		<i>Limanda yokohamae</i>	문치가자미	9	1.0	137.4	1.3
Pleuronectidae		<i>Hypocyttus rubripinnis</i>	미역치	4	0.4	0.8	*
		<i>Pseudoblennius cottoides</i>	가시망둑	17	1.9	172.6	1.7
Cottidae		<i>Hexagrammos otakii</i>	쥐노래미	125	13.9	4088.1	39.6
		<i>Platycephalus indicus</i>	양태	4	0.4	62.0	0.6
		<i>Sebastes inermis</i>	불락	8	0.9	48.8	0.5
		<i>Hippocampus japonica</i>	산호해마	7	0.8	6.5	0.1
Tetraodontiformes		Monacanthidae	<i>Rudaris ercodes</i>	그물코쥐치	21	2.3	37.4
	Tetraodontidae	<i>Takifugu niphobles</i>	복섬	1	0.1	31.2	0.3
Total				901	100	10325.3	100
Number of species				20			

N : number of individuals, W : wet weight(g), * : < 0.1

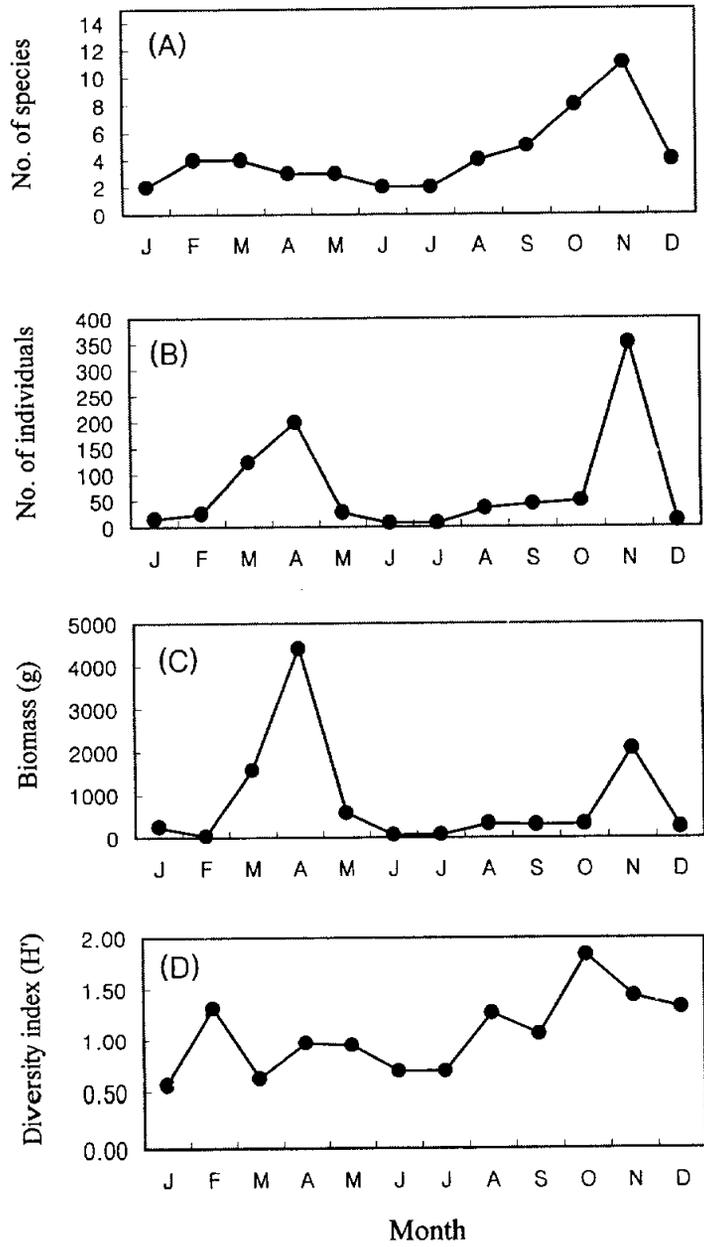


Fig. 14. Monthly variations in number of species (A), number of individuals (B), biomass (C) and species diversity index (H') (D) of fishes in the unvegetated area of Jindong Bay in 2002.

3.4. 잘피밭과 인근 해역의 비교

3.4.1. 종조성

진동만 잘피밭에서 채집된 어류는 31종, 2,678개체, 13,658.8 g이었다(Table 1). 잘피가 없는 해역에서 채집된 어류는 총 20종, 901개체, 10,325.3 g이었다(Table 2). 따라서 잘피밭에서 출현 종수, 개체수 및 생체량이 모두 높았다.

잘피가 아닌 해역에서 출현한 어종은 세줄베도라치(*Ernogrammus hexagrammus*)를 제외하고 인근의 잘피밭에서도 모두 출현하였다. 총 개체수의 1% 이상을 차지한 우점종도 그물코쥐치, 문치가자미를 제외하고 잘피밭에서 모두 출현하였다(Table 1, 2). 반면에, 감성돔, 농어, 청보리멸, 산호해마가 잘피밭에서만 총 개체수의 1% 이상을 차지하며 상위 우점하였다.

3.4.2. 계절변동

출현종수의 경우(Fig. 15-A), 잘피밭은 수온이 증가하는 3월부터 증가하기 시작하여 5월에 가장 많은 종이 출현하여 봄에 대체로 많은 종수를 보였다. 반면에 잘피가 없는 해역은 봄~여름까지 낮았다가 가을에 증가하는 경향을 보였다.

개체수의 경우(Fig. 15-B), 잘피밭은 3월부터 증가하여 6월에 높았다가 수온이 가장 높았던 7~8월에 감소하였다. 9월에는 연중 가장 높은 개체수를 기록하였으나 다시 12월까지 낮은 개체수를 보였다. 잘피가 없는 해역에서는 봄에 증가하다가 5월부터 감소하여 큰 변동을 보이지 않다가 11월에 가장 높은 개체수를 기록하였다. 생체량의 경우(Fig. 15-C), 잘피밭이 3월부터 증가하기 시작하여 여름에 높았으며 그 이후에는 감소하였다. 반면에 잘피가 없는 해역은 봄에 쥐노래미, 베도라치, 흰베도라치가 많이 출현하여 잘피밭보다 높은 생체량을 기록하였다. 그 이후에는 감소하였으나 11월에 두 번째로 높은 생체량

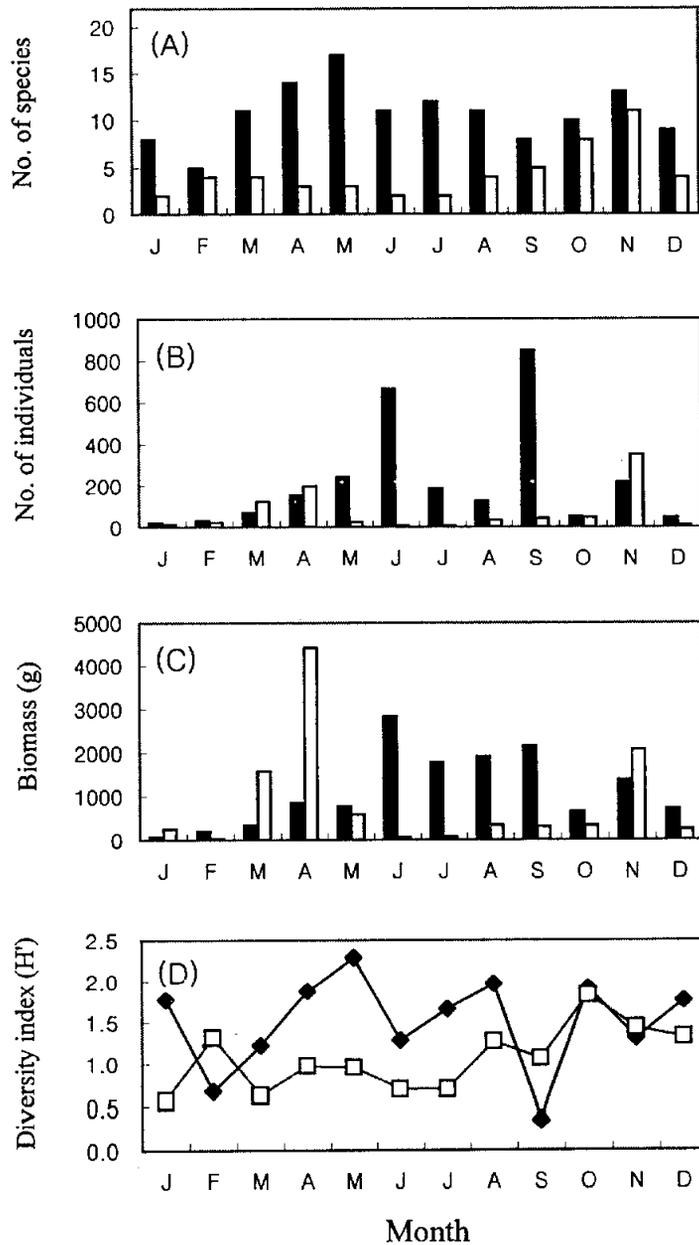


Fig. 15. Comparisons in number of species (A), number of individuals (B), biomass (C) and species diversity index (H') (D) of fishes between the eelgrass bed (■) and unvegetated area (□) in Jindong Bay in 2002.

을 기록하였다. 종다양도지수는(Fig. 15-D) 잘피밭에서 2월과 9월에 낮았고 4~5월, 7~8월에 증가하는 경향을 보였다. 반면에 잘피가 없는 해역은 봄~여름 동안 큰 변동을 보이지 않다가 8월부터 증가하여 가을에 높은 값을 기록하였다. 2월과 9월을 제외하고 대부분이 잘피밭에서 종다양도지수가 잘피가 없는 해역보다 높은 값을 보였다.

4. 고 찰

진동만 잘피밭에서 채집된 어류는 총 31종이었으며, 우점종은 주둥치, 실양태, 흰베도라치, 감성돔, 줄망둑, 농어, 문절망둑, 쥐노래미, 가시망둑 및 청보리멸이었다. 동일 어구를 이용한 광양만과 안골만 잘피밭 어류군집 연구와 비교해 보면(Table 3), 광양만 잘피밭에서는 본 조사해역에서 우점하지 않았던 실고기, 베도라치, 복섬, 그물코쥐치, 날개망둑이 우점하였다. 안골만 잘피밭의 조사에서도 베도라치, 실고기, 돌팍망둑, 두줄망둑, 쥐치 및 사백어 등이 우점하여 본 조사해역과 다른 양상이었다. 한편 세 곳의 잘피밭에서 공통적으로 우점한 종은 주둥치, 가시망둑 등이었다. 최근들어 주둥치는 남해 연안해역에서 출현량이 증가하고 있는 어종으로 알려져 있으며, 특히 오염이 증가한 해역에서는 다량 출현하고 있는 것으로 보고되고 있다(차·박, 1997; 추, 1997; 허 등, 1998; 나, 2002; 오, 2003).

진동만 잘피밭의 어류군집은 뚜렷한 계절변동을 보였는데, 출현종수는 겨울에는 10종 미만으로 출현하였으나, 봄철인 4~5월에 증가하였다. 개체수는 1월부터 계속 증가하여 6월에 높은 수치를 나타내었으나, 7월과 8월에는 일시적으로 감소한 후, 9월에 연중 가장 많은 개체수를 나타내었다. 생체량은 봄철부터 증가하기 시작하여 여름과 9월에 가장 높았다. 이와 같은 결과를 광양만 및 안골만 잘피밭 어류 군집 조사와 비교해보면(Fig. 16), 출현종수는 광양만 잘피밭은 봄철과 8~10월에, 안골만 잘피밭은 8월에 가장 많은 종이 출현하였다. 개체수는 광양만과 안골만 잘피밭은 봄철인 4~5월과 여름철인 8월에 높았으며, 생체량은 광양만 잘피밭은 봄철인 4~5월에 가장 높았으며, 안골만 잘피밭은 5월에 가장 높았다. 한편 종다양도지수는 본 조사해역에서는 0.36~2.29의 범위를 나타내어 다른 해역에 비하여 변동폭이 다소 크게 나타났다(Fig. 17).

이상의 결과를 종합해 보면, 본 조사해역과 광양만 및 안골만 잘피밭의 우점종의 종조성이 서로 달랐으며, 출현량의 계절변동 양상도 각 해역마다 다르게 나타났다. 출현종수는 본 조사해역에서는 봄에, 다른 두 해역은 여름에 가장 높았다. 개체수는 본 조사해역에서는 6월과 9월에, 다른 두 해역은 봄철과

Table 3. Comparison of species composition of fishes collected in the eelgrass bed of Jindong Bay to those obtained from Kwanyang Bay and Angol Bay

Sampling site	Jindong Bay	Kwanyang Bay	Angol Bay	
Source	Present study	Huh and Kwak (1997)	Lee <i>et al.</i> (2000)	
Sampling period	2002	1994	1998 ~ 1999	
Sampling gear	Beam trawl	Beam trawl	Beam trawl	
Sampling time	Day	Day	Day	
Mesh size (mm)	10	10	10	
Sampling area (m ² / month)	720 m ²	720 m ²	540 m ²	
Number of species	31	43	39	
Mean density (ind. / 100 m ²)	371.9	1,105.3	286.8	
Mean biomass (g / 100 m ²)	1,897.1	7,144.7	1,240.3	
Diversity index	0.36~2.29	1.65~2.50	1.25~2.10	
Dominant species (Rank)	1	<i>Leiognathus nuchalis</i>	<i>Syngnathus schlegeli</i>	<i>Leiognathus nuchalis</i>
	2	<i>Repomucenus valenciennesi</i>	<i>Pholis nebulosa</i>	<i>Pholis nebulosa</i>
	3	<i>Pholis fangi</i>	<i>Pseudoblennius cottoides</i>	<i>Syngnathus schlegeli</i>
	4	<i>Acanthopagrus schlegeli</i>	<i>Leiognathus nuchalis</i>	<i>Sebastes inermis</i>
	5	<i>Acentrogobius pflaumi</i>	<i>Sebastes inermis</i>	<i>Rudaris ercodes</i>
	6	<i>Lateolabrax japonicus</i>	<i>Takifugu niphobles</i>	<i>Pseudoblennius percoides</i>
	7	<i>Acanthogobius flavimanus</i>	<i>Rudaris ercodes</i>	<i>Pseudoblennius cottoides</i>
	8	<i>Hexagrammos otakii</i>	<i>Acanthopagrus schlegeli</i>	<i>Tridentiger trigonocephalus</i>
	9	<i>Pseudoblennius cottoides</i>	<i>Acentrogobius pflaumi</i>	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>
	10	<i>Sillago japonica</i>	<i>Favinogobius gymnauchen</i>	<i>Leucopsarion petersii</i>

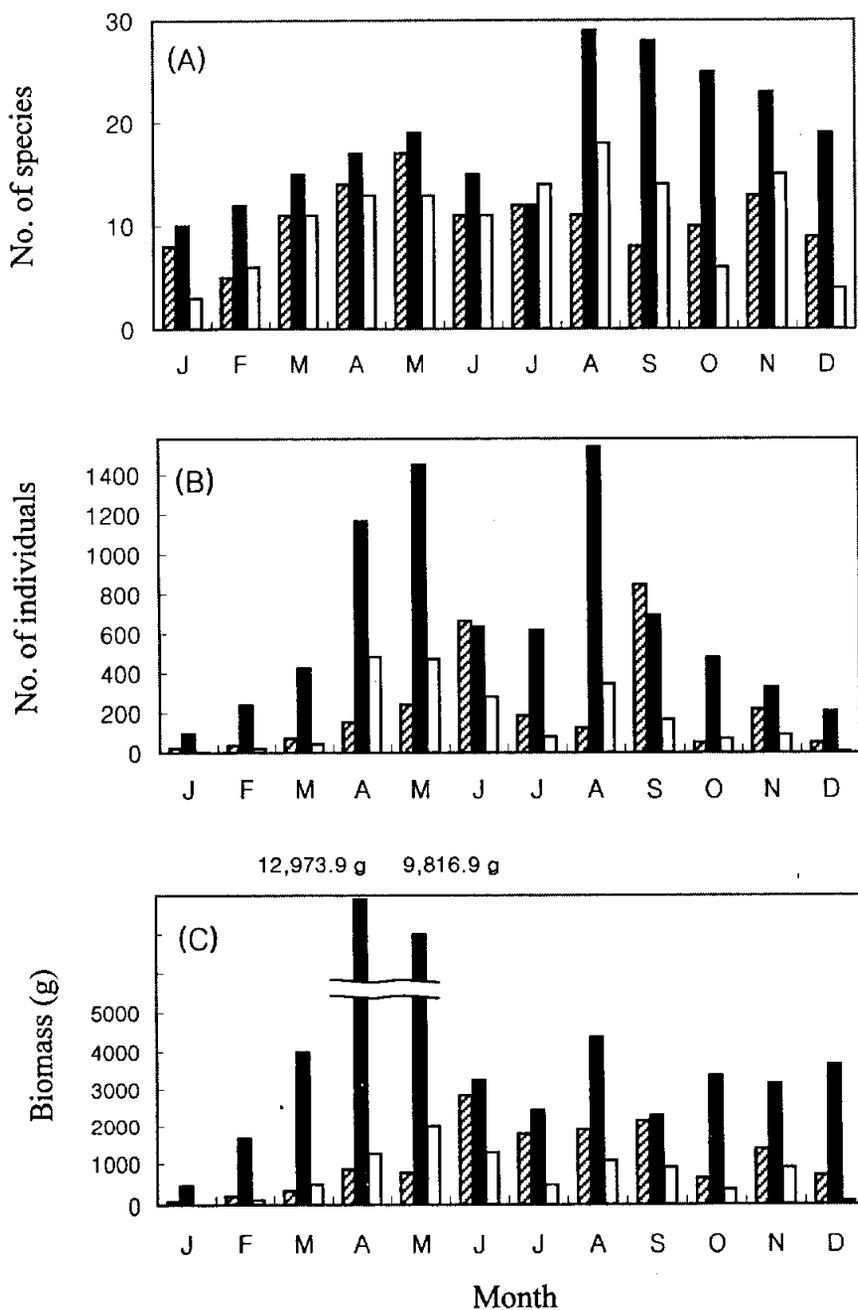


Fig. 16. Monthly variations in number of species (A), number of individuals (B) and biomass (C) of fishes in the eelgrass beds of Jindong Bay (▨), Kwangyang Bay (■) and Angol Bay (□).

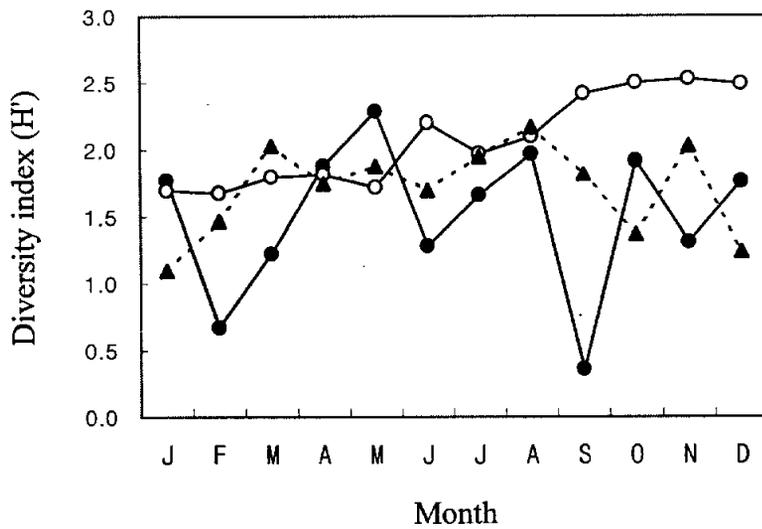


Fig. 17. Monthly variations in species diversity index (H') of fishes in the eelgrass beds of Jindong Bay (●), Kwangyang Bay (○) and Angol Bay (▲).

8월에 높았으며, 생체량은 본 조사해역에서는 여름에, 다른 두 해역은 봄에 높았다. 비록 잘피밭이라는 서식처는 세 지역이 모두 같았지만, 조사되어진 시기, 그리고 주변 해역의 다른 해양환경의 차이에 의한 결과라고 판단된다.

첫 번째로 잘피 현존량의 차이를 들 수 있다. 본 조사해역의 잘피 현존량은 5월에 가장 높았으며, 6월에 급격하게 감소하였다. 광양만 잘피밭 연구에서는 잘피 현존량이 봄부터 증가하기 시작하여 수온이 높은 7월에 가장 높았다고 보고되어(허·곽, 1997a), 본 조사해역의 잘피 현존량이 2개월 정도 빠르게 감소하는 경향이였다. 이와 같은 현상은 본 조사해역에서 빈번히 발생하는 적조의 발생과 이와 연관된 환경 변화에 의한 것으로 판단된다. 진동만 잘피밭 주변 해역은 1962년 최초로 적조를 기록한 이후 매년 상습적으로 적조가 발생하는 해역으로 보고되고 있는 해역 중의 하나이다(박·김, 1967; 국립수산진흥원, 1997). 적조로 인한 탁도의 증가와 적조가 심하게 일어난 다음에 나타나는 휴면포자(*Heterosigma akashiwo*)의 영향 등에 의하여 잘피의 빛 이용률이 감소되었을 것으로 판단된다. 적조가 심한 시기에 잘피밭의 저질 위를 덮고 있는 휴면포자 덩어리가 현장조사시 육안으로 빈번히 관찰되었다(personal observation). 국외의 연구에서도 해초는 다른 식물에 비해서 높은 최소광 요구량을 가지고 있는 해산식물로서, 해초 현존량의 감소를 가져오는 가장 큰 원인은 빛 이용률의 감소라고 보고되고 있다(Walker and McComb, 1992; Dennison *et al.*, 1993). 특히 해초 중에 잎폭이 좁은 잘피는 *Posidonia* 속에 속하는 두꺼운 잎을 가진 해초보다도 빛과 영양염의 변화 등 주변 환경조건에 매우 빠른 반응을 보인다고 보고되었다(Drew, 1979; Dawson and Dennison, 1996). 그러므로 5~6월에 적조가 본 조사해역에 상습적으로 발생하면서 잘피가 성장에 필요한 빛을 충분히 공급받지 못했기 때문에 6월에 잘피의 현존량이 크게 감소한 것으로 판단된다.

적조 발생 등과 같은 주변 환경 변화에 따른 잘피 현존량의 변동은 잘피밭에 서식하는 어류들에게도 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다. 예를 들면 잘피밭에서 주로 서식하는 실고기, 베도라치, 가시망둑, 불낙의 개체수가 세 곳의 잘피밭에서 공통적으로 4~5월에는 많이 출현하였다(Fig. 18). 그러나 6월부터는 본 조사해역에서 이들 어종의 출현량이 급격히 감소한 반면, 광양만 및 안

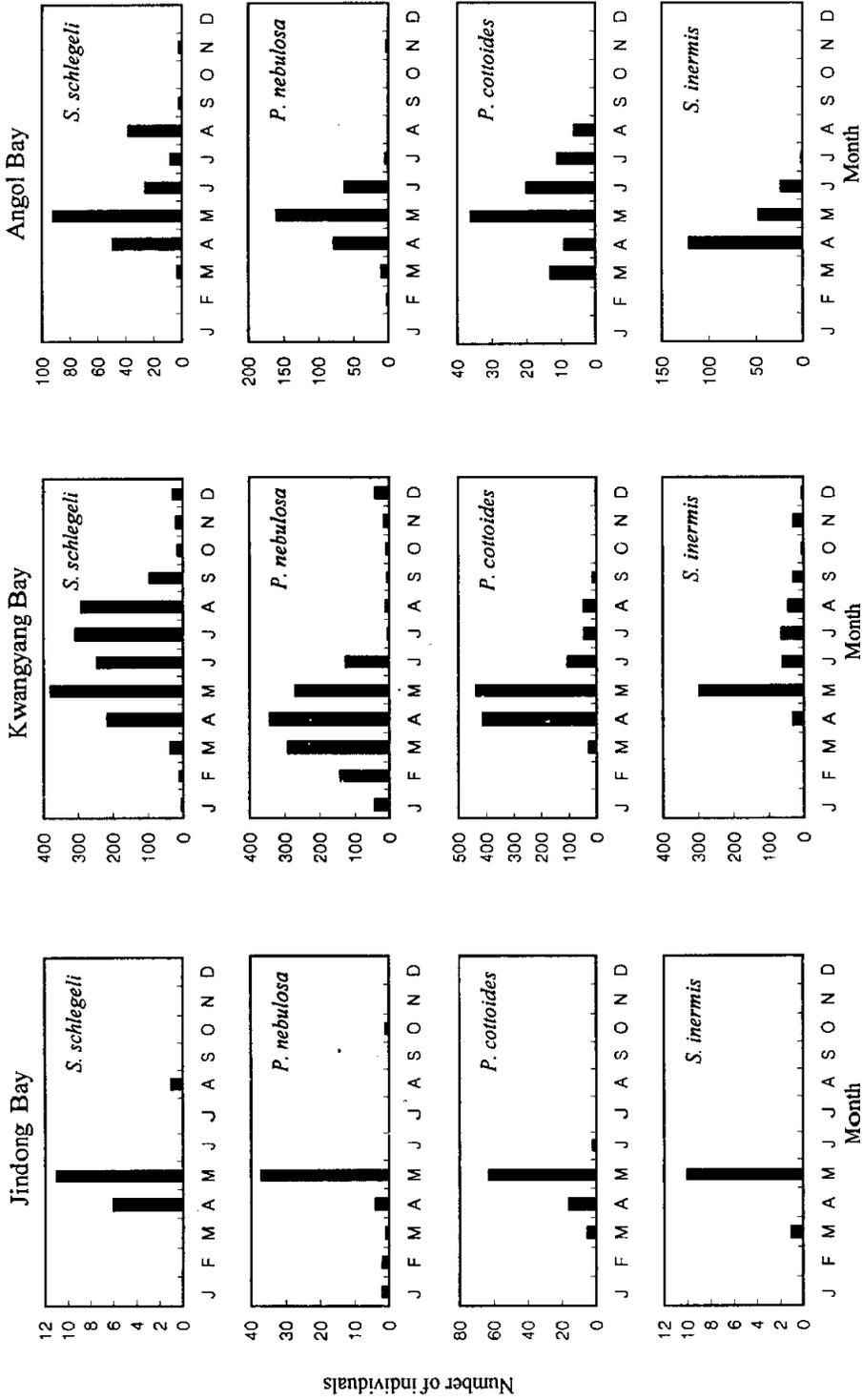


Fig. 18. Comparisons in number of individuals of *S. schlegeli*, *P. nebulosa*, *P. cottoides* and *S. inermis* collected in the eelgrass beds of Jindong, Kwangyang and Angol Bay.

골만 잘피밭에서는 9월까지 계속 우점하는 경향이였다. 이 시기에 본 조사해역에서는 실양태, 줄망둑, 농어가 크게 우점하여, 잘피 현존량의 감소로 인한 환경변화로 종조성의 변화가 일어난 것으로 판단된다. 실양태는 지금까지 잘피밭에서 우점하는 어종으로 알려져 있지 않는 어종으로서, 특정 저질에서 우점한다고 보고되고 있다(박·최, 2001), 줄망둑은 잘피밭에서 많은 출현량을 보인 어종으로 (허, 1986; 허·곽, 1997a; Horinouchi and Sano, 2001), 가시망둑과 같은 어식성 어류에게 중요한 먹이역할을 하고 있었다(허·곽, 1998a).

두 번째로 환경오염에 의한 물해파리(*Aurelia aurita*)의 대량 출현을 들 수 있다. 본 조사해역의 출현종수는 5월에 가장 높았으며 그 이후에는 감소하여 큰 증가를 보이지 않은 반면에, 다른 두 해역은 출현종수 뿐만 아니라 개체수가 4~5월과 8월에 높은 경향을 보였다. 본 해역에서 6월에 10 cm 이하의 작은 물해파리가 소량으로 출현하다가 7~8월에 10~20 cm의 큰 물해파리가 대량으로 출현하였다(personal observation). 최근 우리나라 연안 해역에는 환경오염이 날로 심각해짐에 따라 해파리류가 크게 증가하는 추세라고 보고되고 있다(강·박, 2003). 특히 해파리류는 저염분·저산소 환경에서도 잘 서식하여 다른 생물과의 생존경쟁에서 유리하며, 환경오염으로 부영양화되어 있는 해역을 선호하는 특성을 가지고 있다(Purcell *et al.*, 2001). 따라서 적조로 인한 진동만 잘피밭 주변 해역의 환경오염으로 인한 결과로 물해파리가 출현한 것으로 판단된다. 이들은 상당 기간을 본 해역에 머물러 있음으로써 빛 투과율을 감소시켜 잘피의 성장을 방해하고, 또한 어류에게도 큰 영향을 주었을 것으로 판단된다. 특히, 10 cm 이상의 대형 해파리는 소형어류와 갑각류 등을 먹이로 하기 때문에(Purcell, 1985; Sullivan *et al.*, 1994), 대형 해파리가 출현하는 7~8월에 잘피밭에 출현하는 유어들의 서식 환경에 직, 간접적인 영향을 주었을 것으로 판단된다.

본 조사해역에 인근한 잘피가 없는 해역에서 출현한 어종 중 세줄베도라치를 제외하고 모든 어종이 잘피밭에도 출현하였다(Table 1, 2). 총 개체수의 1% 이상을 차지한 10종의 우점종도 그물코쥐치, 문치가자미를 제외하고 잘피밭에서도 우점하였다. 잘피밭과 잘피가 없는 해역에서 출현한 어류 중에서, 주둥치, 실양태, 줄망둑, 상업성 어종으로 감성돔, 농어 및 청보리멸 그리고 비록

소량 출현하였지만 전형적인 잘피발 어류인 실고기와 산호해마가 잘피발에서 출현량과 출현빈도가 유의한 수준으로 많았다($p < 0.05$). 반면에 흰베도라치, 쥐노래미 등은 두 해역에서 출현량이 비슷하였다($p > 0.05$). 국외의 연구에서도 상기에 언급한 어종과 같은 과(family)에 속하는 작은 크기의 어종이나 해초와 비슷한 체형을 가진 어종 등이 잘피가 없는 해역보다 잘피발에서 많이 출현한다고 보고된 바 있다(Bell and Pollard, 1989; Klumpp et al., 1989).

잘피발에서 출현종수, 개체수, 생체량 및 종다양도지수가 인근의 잘피가 없는 해역보다 모두 높았으며(Appendix I, II), 월별변동에서도 4~5월의 생체량을 제외하고 대체적으로 잘피발에서 연중 높았다(Fig. 15). 국외의 연구보고에서 해초지와 인근의 해초가 없는 해역 간의 어류군집을 비교한 연구에서도 해초지에서 출현종수 및 출현량이 높다고 보고되었다(Kikuchi, 1996; Briggs and O'Conner, 1971; Thayer et al., 1975; Orth and Heck, 1980; Beckley, 1983; Stoner, 1983; Gray et al., 1998). 이탈리아 Adriatic Sea와 호주 Port Phillip Bay에서는 세가지 서식지 형태에서 어류군집을 비교하였는데, 출현종수와 출현량이 해초지, 해조류가 밀생된 암반해역, 사니질 연안해역 순으로 높은 것으로 보고되었다(Jenkins et al., 1997; Jenkins and Wheatley, 1998; Guidetti, 2000).

따라서, 본 조사해역과 인근 잘피가 없는 해역의 어류군집의 종조성은 서로 유사하였다. 출현종수 및 개체수는 인근 잘피가 없는 해역보다 잘피발에서 아주 높았으나, 생체량은 비슷하였다. 이와 같은 결과는 체중이 적은 많은 종류의 어류들이 잘피발에서 더 많이 출현하고 있음을 뜻한다. 잘피가 없는 해역에서 총 개체수 1% 이상을 차지한 종을 대상으로 잘피발에서 서식하는 어류와 체장 빈도를 비교해 보면(Fig. 19, 20), 잘피발에서 체장이 작은 주둥치, 흰베도라치, 베도라치, 쥐노래미, 실양태, 가시망둑이 출현하는 비율이 높았으며, 체장이 증가할수록 잘피가 없는 해역에서 높은 비율을 차지하였다. 따라서 잘피발은 크기가 작은 유어들이 인근의 잘피가 없는 해역에 비해서 더 많이 서식하는 것을 알 수 있다.

지금까지 조사된 국내, 외의 연구에서 잘피발은 강한 파도의 힘을 약화시킴

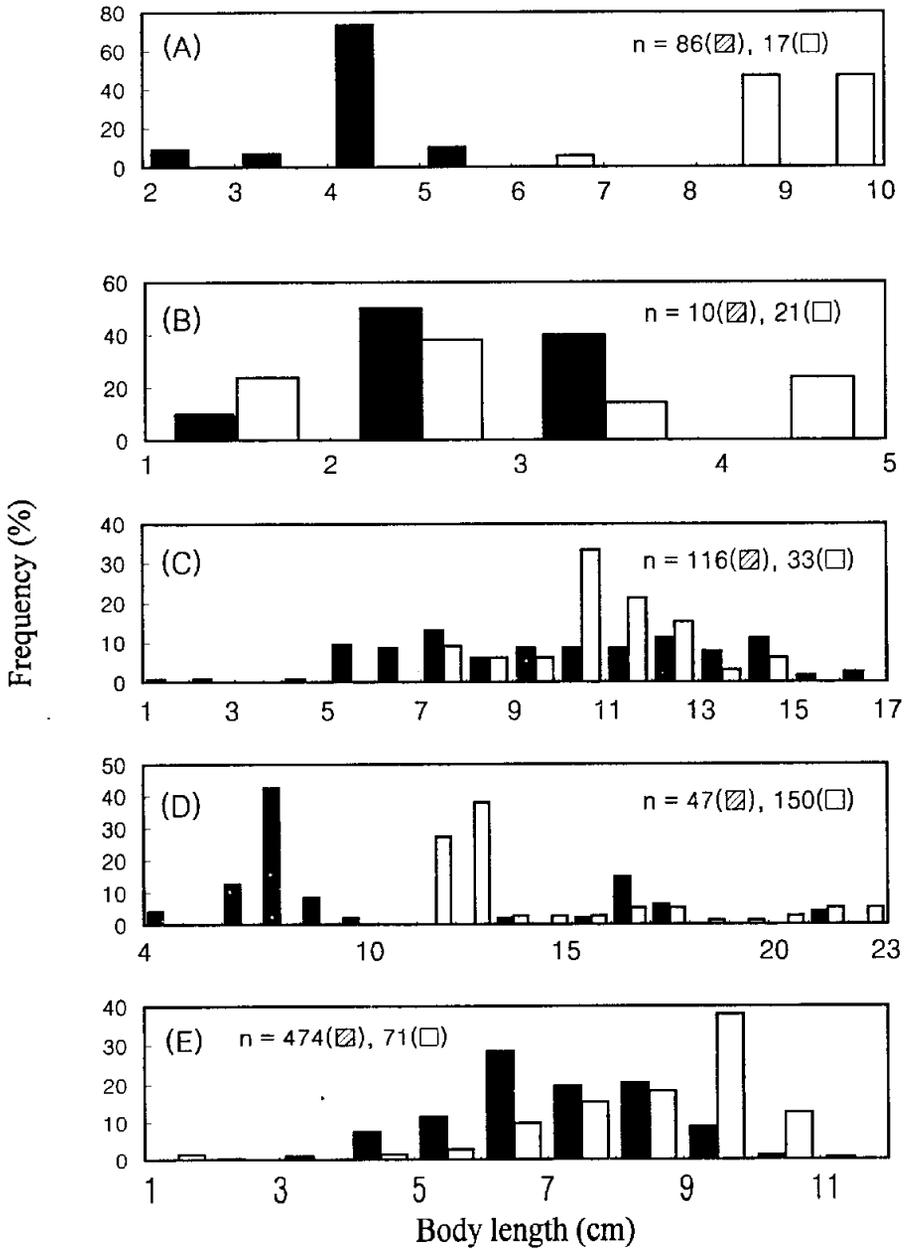


Fig. 19. Comparisons in body length-frequency distribution of (A) *P. cottoides*, (B) *R. ercodes*, (C) *A. flavimanus*, (D) *P. nebulosa* and (E) *R. valencienni* collected between the eelgrass bed (▨) and unvegetated area (□).

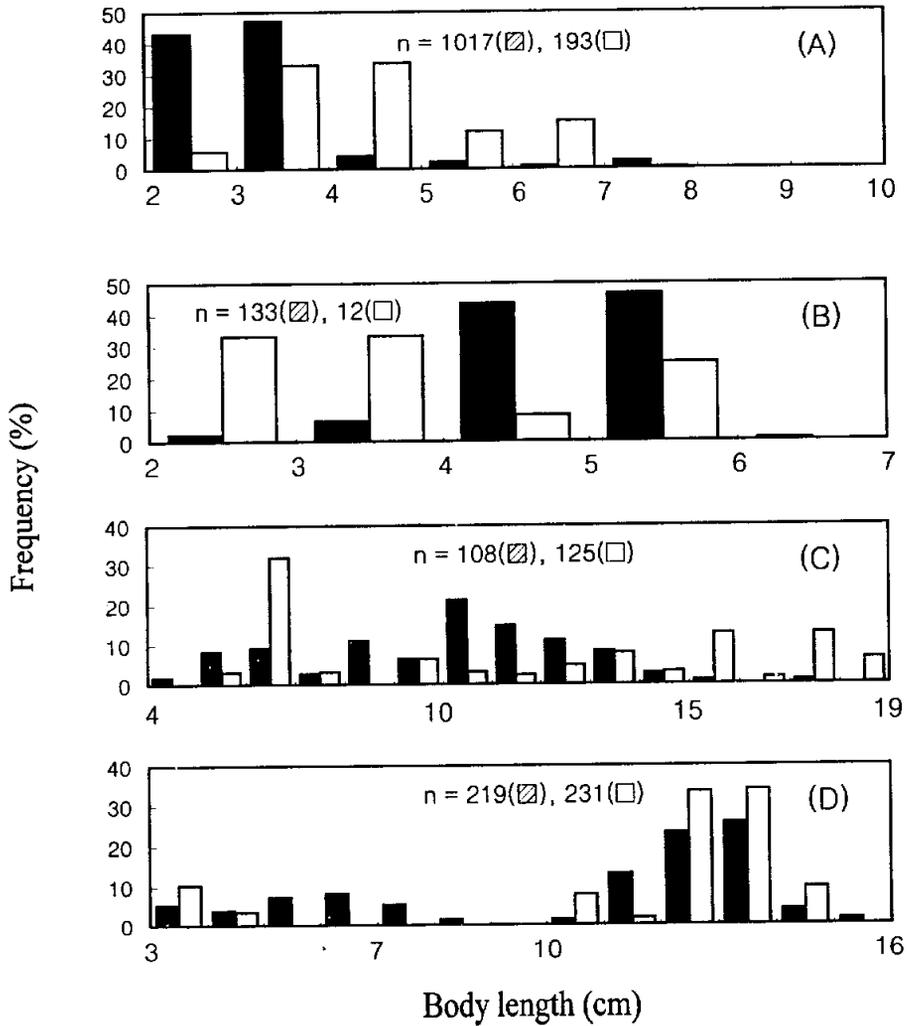


Fig. 20. Comparisons in body length-frequency distribution of (A) *L. nuchalis*, (B) *A. pflaumi*, (C) *H. otakii* and (D) *P. fangi* collected between the eelgrass bed (▨) and unvegetated area (□).

으로써 해류를 따라 이동하는 어란이나 작은 크기의 치자어들의 정착에 용이한 환경을 조성하며, 포식자로부터 피난처를 제공한다고 보고하였다(Heck and Orth, 1980; Fonseca and Cahalan, 1992). 또한 부착해조류와 무척추동물이 잘피의 잎과 줄기를 좋은 기질로 이용하면서 먹이망을 통해 어류에게 좋은 먹이를 제공한다고 보고하였다(Hillman *et al.*, 1989; Stoner, 1980). 예를 들면, 광양만 잘피밭에 서식하는 유어들의 주 먹이생물이 잘피의 잎에 부착하여 서식하는 단각류였는데(허·곽, 1997b,d, 1998a,c,d,f,g,h), 본 해역의 잘피밭에서도 단각류가 가장 우점한 저서생물이었다. 따라서 이들 작은 크기의 저서생물은 유어들에게 풍부한 먹이를 제공할 것으로 판단된다. 내만이나 하구에서 산란 후 부화된 유어들은 해류를 따라 이동하며 1~2개월 후에 해초지에 가입된다고 보고된 바 있으며(Jenkins *et al.*, 1997; Guidetti, 2000; Susan *et al.*, 2003), 해초지, 해조류 암반해역, 사니질 연안해역과 같은 서식지 형태와 유어의 정착에 관한 연구에서도 유어들은 다른 서식처에 비하여 해초지에서 출현량이 많은 것으로 나타났다(Bell *et al.*, 1987; Jenkins *et al.*, 1997; Jenkins and Wheatley, 1998; Guidetti, 2000; Masahiro and Mitsuhiro, 2001).

상기의 결과를 종합해보면, 본 조사해역인 진동만 잘피밭은 감성돔, 쥐노래미, 농어 및 청보리멸 등의 경제성 어종을 포함하여 다양한 어종들이 서식하였다. 대부분의 어종들은 작은 크기의 유어들로 구성되어 있었으며, 이들은 뚜렷한 계절변동을 나타내었다. 동일 어구를 이용한 다른 해역(광양만 및 안골만 잘피밭)과 비교해보면, 세 곳의 잘피밭의 종조성 및 계절변동이 다른 양상을 나타내었다. 이와 같은 결과는 적조 발생과 이와 연관된 다른 환경 변화에 따른 잘피 현존량 변동의 시기적 차이와 여름철 해파리의 대량출현 등에 의한 결과라고 판단된다. 특히 작은 크기의 유어들이 잘피가 없는 해역보다 잘피밭에서 많은 출현량을 나타내어, 잘피밭이 작은 크기의 유어들에게 아주 좋은 성육장의 역할을 하고 있음을 시사하였다. 따라서 인간 활동으로 인하여 서서히 사라지고 있는 현실에서 잘피밭이 더 이상 파괴되기 전에 잘피밭을 보호, 육성 및 관리하는 것이 중요한 일로 판단된다.

5. 요약

진동만 잘피밭과 잘피가 없는 해역에 서식하는 어류의 종조성 및 계절변동을 알아보기 위하여 2002년 1월부터 12월까지 소형 beam trawl을 이용하여 어류를 채집하였다.

조사기간 동안 총 6목 21과 31종의 어류가 출현하였다. 우점종은 주둥치, 실양태, 흰베도라치, 감성돔, 줄망둑, 농어였으며, 이들은 출현한 총 개체수의 약 78.3% 정도를 차지하였다. 그 다음으로는 문질망둑, 쥐노래미, 가시망둑, 청보리멸, 베도라치, 산호해마 순으로 나타났다. 잘피밭에 출현한 어류는 대부분이 15 cm 이하의 유어들이 대부분을 차지하였다.

상기의 결과를 광양만과 안골만 잘피밭 어류 조사와 비교해 보면, 주둥치, 가시망둑이 세 곳의 모든 잘피밭에서 많이 출현하였다. 그러나 실양태, 흰베도라치, 감성돔, 줄망둑은 진동만 잘피밭에서 많이 출현한 반면에, 실고기, 베도라치, 볼낙, 그물코쥐치는 광양만과 안골만 잘피밭에서 많이 출현하였다.

잘피밭에서 서식하는 어류군집은 계절변동이 뚜렷하였으며, 각 잘피밭마다 다른 시기에 최대 출현량을 나타내었다. 출현종수는 본 조사해역에서는 봄에, 광양만과 안골만 잘피밭은 여름에 높았으며, 개체수는 본 조사해역에서는 6월과 9월에, 다른 두 해역은 봄철과 8월에 높았다. 한편 생체량은 본 조사해역에서는 여름에, 다른 두해역은 봄에 높았다. 이와 같은 결과는 적조발생 및 이에 연관된 환경변화에 따른 잘피 현존량의 변동 양상의 차이와 여름철에 본 조사해역에서만 나타난 해파리의 대량출현 등에 기인한다.

본 조사해역과 인근 잘피가 없는 해역에서 서식하는 어종들은 큰 차이가 없었으나, 잘피밭에서 상업성 어종인 감성돔, 쥐노래미, 농어 및 볼낙 등의 출현량이 높았다. 출현종수, 개체수, 생체량 및 종다양도지수도 잘피밭에서 높았다. 잘피밭에는 작은 체장의 유어들의 출현 비율이 높았으나, 잘피가 없는 해역에서는 큰 체장의 어류가 출현하는 비율이 높았다.

감사의 글

본 논문이 완성되기까지 많은 도움을 주신 모든 분들께 이 논문을 바칩니다. 새로운 대학에서 올바르게 연구할 수 있도록 끊임없는 관심과 세심한 배려로 지도해 주신 허성희 교수님께 진심으로 감사 드립니다. 교수님의 은혜에 보답할 수 있도록 노력하는 제자가 되겠습니다. 아울러 부족한 저의 논문을 심사해 주시고 더 좋은 논문이 될 수 있도록 아낌없는 조언을 해주신 이태원 교수님, 문창호 교수님께도 진심으로 감사를 드립니다. 항상 열심히 공부하도록 가르쳐 주시고 관심을 가져주신 우리학과 교수님이신 조규대 교수님, 강용균 교수님, 이재철 교수님, 양한섭 교수님, 김석운 교수님, 박미옥 교수님께도 감사드립니다. 그리고 학부과정에서 해양학의 매력을 가르쳐주신 이유대 교수님, 이상룡 교수님, 정의교 교수님, 원문주 교수님, 이동섭 교수님께도 감사드립니다.

2년 동안 가족처럼 함께 생활하며 저에게 용기와 격려를 해주신 실험실 식구들의 고마움은 이루 헤아릴 수 없을 것입니다. 학부과정을 마치고 미래에 대한 아무런 준비가 없었던 저에게 훌륭하신 교수님들 밑에서 해양학을 계속 공부할 수 있도록 자리를 마련해 주시고 기꺼이 저의 큰 후원자가 되기를 마다하지 않으신 광석남 박사님께 깊은 감사를 드립니다. 항상 자신의 일보다는 후배의 일을 더 챙겨주시고 웃음과 활기가 있는 실험실 분위기를 만들어 주신 추현기 선배님, 백근욱 박사님께도 감사를 드립니다. 그리고 힘든 실험실 생활을 서로 도와가며 언제나 나의 두 팔이 되어준 하원, 주면, 원진이께도 감사의 글을 남깁니다.

많은 격려와 도움을 주신 철휘 선배님, 병관 선배님, 대현 선배님, 용락 선배님, 충일 선배님, 동운 선배님, 현희 누나에게 감사 드립니다. 그리고 함께 수업 들으면서 나에게 많은 도움을 준 윤선, 현주, 승진, 보경, 종희, 현정이께도 감사 드립니다. 바쁜 일과 중에도 학교에 찾아와 격려를 해준 나의 소중한

한 친구들과 오늘의 내 자신을 찾는데 나침반이 되어주신 부산대학교산악부 선후배님에게도 감사 드립니다.

그동안 항상 저의 미래를 위해 기도해 주시는 고모, 이모 등 모든 친지들에게 감사드립니다. 마지막으로 동생을 믿고 항상 나의 편에 서는 누나, 매형에게 그리고 나를 위해서 희생하시는 아버지, 어머니의 은혜에 마음깊이 감사드리며 이 논문을 바칩니다.

참고문헌

- Beckley, L.E. 1983. The ichthyofauna associated with *Zostera capensis* Setchell in the Swartkops estuary, South Africa. S. Afr. J. Zool., 18 : 15-24.
- Bell, J.D. and D.A. Pollard. 1989. Ecology of fish assemblages and fisheries associated with seagrasses. In Larkum, A.W.D., A.J. McComb and S.A. Shepherd (eds.) 'Biology of seagrasses: a treatise on the biology of seagrasses with special reference to the Australian region', 565-597 pp.
- Bell, J.D., D.J. Ferrell, S.E. McNeill and D.G. Worthington. 1992. Variation in assemblages of fish associated with deep and shallow margins of the seagrass *Posidonia australis*. Mar. Bio., 114 : 667-676.
- Bell, J.D., M. Westoby and A.S. Steffe. 1987. Fish larvae settling in seagrass: do they discriminate between beds of different leaf density? J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 111 : 133-144.
- Blaber, S.J.M., D.R. Brewer, J.P. Salini, J.D. Kerr and C. Conacher. 1992. Species composition and biomass of fishes in tropical seagrasses at Groote Eylandt, northern Australia. Estuar. Coast. and Shelf Sci., 35 : 605-620.
- Briggs, P.T. and J.S. O'Connor. 1971. Comparison of shore-zone fishes over naturally vegetated and sand-filled bottoms in Great South Bay. N.Y. Fish Game J., 18 : 15-41.
- Connolly, R.M. 1994. A comparison of fish assemblages from seagrass and unvegetated areas of a southern Australian estuary. Australian Journal of Marine and Freshwater Research, 45 : 1033-1044.
- Dawson, S. and W.C. Dennison. 1996. Effects of ultraviolet and photosynthetically active radiation on five seagrass species. Mar. Bio., 125 : 629-638.
- Den Hartog, C. 1970. The Seagrasses of the World. North-Holland Publishing Co., Amsterdam, 275 pp.
- Dennison, W.C., R.J. Orth, L.A. Moore, J.C. Stevenson, V. Carter, S. Dollar,

- P.W. Pergstrom and R.A. Batiuk. 1993. Assessing water quality with submersed aquatic vegetation. *Bioscience*, 43 : 86-94.
- Drew, E.A. 1979. Soluble carbohydrate composition of seagrasses. In Phillips, R.C. and C.P. McRoy (eds.) 'Handbook of Seagrass Biology: an Ecosystem Perspective', 247-260 pp.
- Ferrell, D.J. and J.D. Bell. 1991. Differences among assemblages of fish associated with *Zostera capricorni* and bare sand over a large spatial scale. *Marine Ecology Progress Series*, 72 : 15-24.
- Fonseca, M.S., and J.A. Cahalan. 1992. A preliminary evaluation of wave attenuation by 4 species of seagrass. *Estuar. Coast. and Shelf Sci.*, 35 : 565-576.
- Gray, C.A., D.J. McElligott and R.C. Chick. 1996. Intra- and inter-estuary differences in assemblages of fishes associated with shallow seagrass and bare sand. *Marine and Freshwater Research*, 47 : 723-735.
- Gray, C.A., R.C. Chick and D.J. McElligott. 1998. Diel changes in assemblages of fishes associated with shallow seagrass and bare sand. *Estuar. Coast. and Shelf Sci.*, 46 : 849-859.
- Griffiths, S. P. 2001. Diel variation in the seagrass ichthyofaunas of three intermittently open estuaries in south-eastern Australia: implications for improving fish diversity assessments. *Fisheries Management and Ecology*, 8 : 123-140.
- Guidetti, P. and S. Bussotti. 2000. Fish fauna of a mixed meadow composed by the seagrasses *Cymodocea nodosa* and *Zostera noltii* in the Western Mediterranean. *Ocean. Acta.*, 23 : 759-770.
- Heck, K.L., and R.J. Orth. 1980. Seagrass habitats: the roles of structural complexity, competition and predation in structuring associated fish and macroinvertebrate assemblages. In Kennedy, V.S. (eds.) 'Estuarine Perspectives', 449-464 pp.
- Hillman, K., D.I. Walker, A.J. McComb and A.W.D. Larkum. 1989. Productivity and nutrient limitation. In Larkum, A.W.D., A.J. McComb and S.A. Shepherd (eds.) 'Biology of the seagrasses: A treatise on the biology of seagrasses with special reference to the Australian region',

635-685 pp.

- Horinouchi, M., M. Sano. 2001. Effects of changes in seagrass shoot density and leaf height on the abundance of juveniles of *Acentrogobius pflaumi* in a *Zostera marina* bed. Ichthyol. Res., 48 : 179-185.
- Humphries P., I.C. Potter and N.R. Loneragan. 1992. The fish community of the shallows of a Western Australian estuary: relationship with the density of the seagrass *Ruppia megacarpa*. Estuar. Coast. and Shelf Sci., 34 : 325-346.
- Jenkins, G.P. and M.J. Wheatley. 1998. The influence of habitat structure on nearshore fish assemblages in a southern Australian embayment: Comparison of shallow seagrass, reef-algal and unvegetated sand habitats, with emphasis on their importance to recruitment. J. Exp. Mar. Bio. Ecol., 221 : 147-172.
- Jenkins, G.P., H.M.A. May, M.J. Wheatley and M.G. Holloway. 1997. Comparison of fish assemblages associated with seagrass and adjacent unvegetated habitats of Port Phillip Bay and Corner Inlet, Victoria, Australia, with emphasis on commercial species. Estuar. Coast. and Shelf Sci., 44 : 569-588.
- Kikuchi, T. 1966. An ecological study on animal communities of the *Zostera marina* belt in Tomioka Bay, Amakusa, Kyushu. Publ. Amakusa Mar. Biol. Lab., 1 : 1-106.
- Klumpp, D.W., R.K. Howard and D.A. Pollard. 1989. Trophodynamics and nutritional ecology of seagrass communities. In Larkum, A.W.D., A.J. McComb and S.A. Shepherd (eds.) 'Biology of seagrasses: a treatise on the biology of seagrasses with special reference to the Australian region', 394-457 pp.
- Masuda, H., K. Amaoka, C. Arago, T. Ueno and T. Yoshino (eds.). 1984. The Fishes of the Japanese Archipelago. Text and Plates. 437 pp + 370 plates.
- Matsumiya, Y., T. Murakami, T. Suzuki and M. Oka. 1980. Some ecological observations on gobies, *Sagamia peneionema* and *Rhinogobius pflaumi* in Shijiki Bay. Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab.,

54 : 321-331.

- Michael, B.R. and J.C. Zieman. 1984. Diel variation in the fish fauna of a tropical seagrass feeding ground. *Bull. Mar. Sci.*, 34 : 335-345.
- Michaela, A.G., R.M. Connolly and N.R. Loneragan. 2003. Seine nets and beam trawls compared by day and night for sampling fish and crustaceans in shallow seagrass habitat. *Fish. Res.* (in press)
- Nakabo, T., M. Aizawa, Y. Anomura, Akihito, Y. Ikeda, K. Sakamoto, K. Sshimada, H. Senou, K. Hatookka, M. Hayashi, K. Hosoya, U. Yamada and T. Yoshino. 1993. *Fishes of Japan with Pictorial Keys to the Species*. Tokai Univ. Press., 1162 pp.
- Norusis, M.J. 1986. SPSS/PC⁺⁺™ : SPSS for the IBM PC/XT/AT. SPSS Inc.
- Okamraosam and Oizawaaksahiru. 1997. *Sea fishes of Japan*. 山と溪谷社. 783 pp.
- Orth, R.J. and K.L.J. Heck. 1980. Structural components of the eelgrass(*Zostera marina*) meadows in the lower Chesapeake Bay fishes. *Estuaries*, 3 : 278-288.
- Pianka, E.R. 1973. The structure of lizard communities. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 4 : 53-74.
- Purcell, J.E. 1985. Predation on fish eggs and larvae by pelagic Cnidarians and Ctenophores. *Bull. Mar. Sci.*, 37 : 739-755.
- Purcell, J.E., W.M. Graham and H.J. Dumont. 2001. *Jellyfish Blooms: Ecological and Societal Importance*. Kluwer Academic Publishers, Netherland. 527 pp.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. Illinois Univ. Press, Urbana, 117 pp.
- Stoner, A.W. 1980. Feeding ecology of *Lagodon rhomboides* (Pisces : Sparidae) : Variation and Functional Response. *Fish. Bull.*, 78 : 337-352.
- Stoner, A.W. 1983. Distribution of fishes in seagrass meadows: role of macrophyte biomass and species composition. *Fish. Bull. U.S.*, 81 : 837-846.
- Sullivan, B.K., J.R. Garcia and G. Klein-MacPhee. 1994. Prey selection by

- the Scyphomedusan predator *Aurelia aurita*. Biol., 121 : 335-341.
- Susan, K.D., I. Lane and J.D. Bell. 2003. Variation in short-term survival of cultured sandfish (*Holothuria scabra*) released in mangrove, seagrass and coral reef flat habitats in Solomon Islands, Aquaculture, 220 : 495-505.
- Thayer, G.W., S.M. Adams, and M.V. La Croix. 1975. Structural and functional aspects of a recently established *Zostera marina* community. Est. Res., 1 : 518-540.
- Walker, D.I. and A.J. McComb. 1992. Seagrass degradation in Australian coastal waters. Marine Pollution Bulletin, 25 : 191-195.
- 강덕영 · 한형균 · 백혜자. 2002. 실내사육 농어, *Lateolabrax japonicus* 의 생식소 및 성호르몬의 주년 변화. 한국수산학회지, 35 : 614-620.
- 강영실 · 박미선. 2003. 하계 한국 남해안 보름달물해파리(Scyphozoa: Ulmariidae: *Aurelia aurita*)의 출현 및 먹이섭취 습성. 한국해양학회지, 바다, 8 : 199 - 202.
- 강영실 · 박주석 · 이삼석 · 김학균 · 이필용. 1996. 진해만 수질 환경과 동물플랑크톤 군집 및 요각류 분포 특성. 한국수산학회지, 29 : 415-430.
- 강용주 · 김영혜 · 김원태. 1996. 베도라치(*Enedrias nebulosus*)의 연령, 성장 및 산란. 한국수산학회지, 29 : 191-196.
- 고유봉 · 조성환. 1997. 제주도 연안 해초지대 어류군집에 관한 연구 1. 종조성과 계절변화. 한국어류학회지, 9 : 48-60.
- 국립수산진흥원. 1997. 한국 연안의 적조 -최근 적조의 발생원인과 대책-. 280 pp.
- 김동선 · 조규대 · 박청길. 2001. 적조 다발 지역인 진동만의 해양환경 특성. 한국환경과학회지, 10 : 159-166.
- 김용익. 2001. 한국해산어류도감. 도서출판 한글. 382 pp.
- 김용익 · 김용문 · 김영섭. 1994. 한국인근해 유용어류도감. 국립수산진흥원. 299 pp.
- 김익수 · 강언중. 1993. 원색 한국어류도감. 아카데미서적. 477 pp.
- 나해춘. 2002. 전남 강진만 연안에 분포하는 어류의 종조성 및 계절변동. 이학석사 학위논문. 45 pp.
- 박주석 · 김종두. 1967. 진해만의 적조현상에 관한 연구. 수진연보 1 : 63-79.

- 박홍식 · 최성순. 2001. 한국해양생물사진도감. 풍등출판사. 290 pp.
- 오성현. 2003. 광양만의 어류 종조성 및 군집구조 변화. 여수대학교 이학박사 학위논문. 220 pp.
- 유재명 · 김웅서 · 김정 · 이은경. 1995. 흰배도라치의 초기 생활사. 한국어류학회지, 7 : 25-32.
- 이근섭 · 이상용 · 2001. 남해안 잘피 서식지 현황 및 복원 방안. 자연보존, 116 : 15-20.
- 이태원 · 문형태 · 황학빈 · 허성희 · 김대지. 2000. 남해 안골만 잘피밭 어류 종조성의 계절변동. 한국수산학회지, 33 : 439-447.
- 정문기. 1977. 한국어도보. 일지사. 서울. 727 pp.
- 차성식 · 박광재. 1997. 저인망에 채집된 광양만 어류의 종조성과 계절변동. 한국어류학회지, 9 : 235-243.
- 최윤. 1996. 군산연안 유어기 감성돔의 성장. 한국어류학회지, 8 : 9-13.
- 추현기. 1997. 광양만 대도 주변 어류의 종조성 변화. 부경대학교 이학석사 학위논문. 59 pp.
- 허성희. 1986. 잘피밭에 서식하는 어류의 종조성 및 출현량의 계절적 변동에 관한 연구. 한국수산학회지, 19 : 509-507.
- 허성희 · 광석남. 1997a. 광양만 잘피밭에 서식하는 어류의 종조성 및 계절 변동. 한국어류학회지, 9 : 202-220.
- 허성희 · 광석남. 1997b. 광양만 잘피밭에 서식하는 실고기(*Syngnathus schlegeli*)의 식성. 한국수산학회지, 30 : 896-902.
- 허성희 · 광석남. 1997c. 광양만 잘피밭에 서식하는 주둥치(*Leiognathus nuchalis*)의 식성. 한국어류학회지, 9 : 221-227.
- 허성희 · 광석남. 1997d. 배도라치(*Pholis nebulosa*)의 식성. 한국어류학회지, 9 : 22-29.
- 허성희 · 광석남. 1998a. 광양만 잘피밭에 서식하는 줄망둑(*Acentrogobius pflaumi*)의 식성. 한국어류학회지, 10 : 24-31.
- 허성희 · 광석남. 1998b. 가시망둑(*Pseudoblennius cottoides*)의 식성. 한국수산학회지, 31 : 37-44.
- 허성희 · 광석남. 1998c. 광양만 잘피밭에 서식하는 날개망둑(*Favonigobius gymnauchen*)의 식성. 한국수산학회지, 31 : 372-379.
- 허성희 · 광석남. 1998d. 광양만 잘피밭에 서식하는 농어(*Lateolabrax japonica*)

- 의 식성. 어업기술, 34 : 191-199.
- 허성희 · 곽석남. 1998e. 광양만 잘피밭에 서식하는 문절망둑(*Acanthogobius flavimanus*)의 식성. 한국수산학회지, 31 : 10-17.
- 허성희 · 곽석남. 1998f. 광양만 잘피밭에 서식하는 복섬(*Takifugu niphobles*) 유어의 식성. 한국수산학회지, 31 : 806-812.
- 허성희 · 곽석남. 1998g. 광양만 잘피밭에 서식하는 볼낙(*Sebastes inermis*)의 식성. 한국수산학회지, 31 : 168-175.
- 허성희 · 곽석남. 1998h. 광양만 잘피밭에 서식하는 붕장어(*Conger myriaster*)의 식성. 한국수산학회지, 31 : 665-672.
- 허성희 · 곽석남. 1998i. 저인망에 채집된 남해도 연안해역 어류의 종조성 및 계절변동. 한국어류학회지, 10 : 11-23.
- 허성희 · 김남욱 · 추현기. 1998. 저인망에 채집된 광양만 대도 주변 어류의 종조성 및 계절변동. 한국어업기술학회지, 34 : 419-432.
- 허성희 · 안용락. 2002. 가덕도 주변 해역 어류의 종조성과 계절 변동 1. 소형 기선저인망에 의해 채집된 어류. 한국수산학회지, 33 : 288-301.
- 허성희 · 정석근. 1999. 낙동강 하구해역에서 저인망에 의해 어획되는 어류의 종조성 및 계절변동. 한국어업기술학회지, 35 : 178-195.

Appendix 1 . Number of individuals, biomass, number of species and species diversity index (H') of fishes in the eelgrass bed of Jindong Bay in 2002.

Scientific Name	Jan		Feb		Mar		Apr		May		Jun	
	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W
<i>Pseudoblennius cottoides</i>					5	1.0	16	17.5	63	73.6	2	4.3
<i>Acanthopagrus schlegeli</i>							1	52.6				
<i>Rudaris ercodes</i>	1	1.0									4	7.3
<i>Favonogobius gymnauchen</i>									1	0.8	80	181.1
<i>Lateolabrax japonicus</i>							10	16.2	14	71.8		
<i>Pseudoblennius percoides</i>									2	18.5		
<i>Zoarces gilli</i>												
<i>Ditrema temmincki</i>												
<i>Furcina ostimae</i>												
<i>Acanthogobius flavimanus</i>							4	73.0			21	477.9
<i>Limanda yokohamae</i>			1	11.1	2	56.6						
<i>Hypodytes rubripinnis</i>	1	1.3	2	6.3	1	8.0			1	10.8		
<i>Sagamia geneionema</i>					1	5.8					1	6.7
<i>Sardinella zunasi</i>												
<i>Pholis nebulosa</i>	2	29.4	2	36.8	1	22.6	4	95.4	37	113.0		
<i>Takifugu niphobles</i>											1	29.5
<i>Sebastes inermis</i>					1	0.4			10	19.3		
<i>Hippocampus japonica</i>							4	5.4	9	8.5	2	3.4
<i>Chaenogobius heptacanthus</i>	1	0.8	3	2.0			1	0.7				

N : number of individuals, W : wet weight(g), * : < 0.1

Appendix 1 . (continued)

Scientific Name	Jan		Feb		Mar		Apr		May		Jun	
	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W
<i>Syngnathus schlegelii</i>							6	13.6	11	43.6		
<i>Repomucenus valenciennesi</i>	4	7.7			3	2.4			2	1.0	395	1700.6
<i>Platycephalus indicus</i>	1	9.4										
<i>Sebastes schlegelii</i>							1	1.1	9	18.3		
<i>Leiognathus nuchalis</i>							7	18.3	2	13.8	59	205.9
<i>Acentrogobius pflaumi</i>	6	4.9	1	0.5	3	2.1	13	18.2	4	6.5	96	165.1
<i>Hexagrammos otakii</i>					1	2.5	15	146.7	27	231.2		
<i>Parablennius yatabei</i>							1	1.3				
<i>Sillago japonica</i>									4	4.2	4	54.5
<i>Clupea pallasii</i>									12	16.4		
<i>Sebastes longispinis</i>									35	122.4		
<i>Pholis fangi</i>	7	26.5	30	153.3	51	234.9	72	395.3				
Total	23	81.0	36	208.0	72	338.3	155	855.3	243	773.7	665	2836.3
Number of speices	10		7		13		16		19		13	
Species diversity index(H')	1.77		0.67		1.22		1.88		2.29		1.28	

N : number of individuals, W : wet weight(g)

Appendix 1 . (continued)

Scientific Name	Jul		Aug		Sep		Oct		Nov		Dec	
	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W
<i>Pseudoblennius cottoides</i>												
<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	92	457.8	32	446.2	10	179.0	1	28.0				
<i>Rudaris ercodes</i>	3	2.5			1	1.8			1	0.3	4	7.3
<i>Favonogobius gymnauchen</i>	1	2.2									1	1.4
<i>Lateolabrax japonicus</i>	19	253.1	18	402.8								
<i>Pseudoblennius percoides</i>												
<i>Zoarces gilli</i>												
<i>Ditrema temmincki</i>							1	32.0	1	33.6	1	3.0
<i>Furcina osimae</i>												
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	27	364.1	33	395.4	24	509.6	3	89.1	3	52.5	1	19.3
<i>Limanda yokohamae</i>									3	80.4		
<i>Hypodytes rubripinnis</i>												
<i>Sagamia geneionema</i>												
<i>Sardinella zunasi</i>	1	1.0										
<i>Pholis nebulosa</i>	5	118.6	3	98.2	9	150.1	1	37.1			4	89.5
<i>Takifugu niphobles</i>												
<i>Sebastes inermis</i>												
<i>Hippocampus japonica</i>	7	11.0	3	3.0	2	3.6			1	1.6		
<i>Chaenogobius heptacanthus</i>												

N : number of individuals, W : wet weight(g), * : < 0.1

Appendix 1 . (continued)

Scientific Name	Jul		Aug		Sep		Oct		Nov		Dec		
	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	
<i>Syngnathus schlegelii</i>			1	2.2									
<i>Repomucenus valenciennesi</i>			2	11.0				9	48.0	43	327.3	16	119.5
<i>Platycephalus indicus</i>													
<i>Sebastes schlegelii</i>													
<i>Leiognathus nuchalis</i>	8	54.4	8	14.0	791	962.2	12	31.4	128	115.9	2	21.9	
<i>Acentrogobius pflaumi</i>	2	5.3	4	7.4			3	6.3	1	1.4			
<i>Hexagrammos otakii</i>	1	25.2	10	244.3	3	66.2	12	279.3	25	674.8	14	416.1	
<i>Parablennius yatabei</i>													
<i>Sillago japonica</i>	22	484.6	12	283.5	10	272.2	1	17.8	1	2.3			
<i>Clupea pallasii</i>													
<i>Sebastes longispinis</i>													
<i>Pholis fangi</i>													
Total	188	1779.8	126	1908.0	850	2144.7	52	643.9	218	1372.7	50	717.1	
Number of speices	14		13		10		12		15		11		
Species diversity index(H')	1.66		1.97		0.36		1.92		1.31		1.76		

N : number of individuals, W : wet weight(g)

Appendix II . Number of individuals, biomass, number of species and species diversity index (H') of fishes in the unvegetated area of Jindong Bay in 2002.

Scientific Name	Jan		Feb		Mar		Apr		May		Jun	
	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W
<i>Pseudoblennius cottoides</i>									4	284.8		
<i>Acanthopagrus schlegelii</i>												
<i>Rudaris ercodes</i>												
<i>Lateolabrax japonicus</i>												
<i>Acanthogobius flavimanus</i>												
<i>Limanda yokohamae</i>			4	0.8								
<i>Hypodytes rubripinnis</i>					16	640.8	24	699.2	8	126.8		
<i>Pholis nebulosa</i>												
<i>Takifugu niphobles</i>												
<i>Sebastes inermis</i>												
<i>Hippocampus japonica</i>												
<i>Chaenogobius heptacanthus</i>												
<i>Ernogrammus hexagrammus</i>			4	4.8	1	0.1					4	20.4
<i>Repomucenus valenciennesi</i>												
<i>Platycephalus indicus</i>												
<i>Leiognathus nuchalis</i>												
<i>Acentrogobius pflaumi</i>			8	2.8	6	314.8	88	2973.6			4	56
<i>Hexagrammos otakii</i>	4	197.2										
<i>Silago japonicus</i>	12	63.2	9	38.7	100	624.4	88	740.8	16	168.8		
<i>Pholis fangi</i>	16	260.4	25	47.1	123	1580.1	200	4413.6	28	580.4	8	76.4
Total	2		4		4		3		3		2	
Number of species	0.56		1.32		0.62		0.98		0.96		0.69	
Species diversity index(H')												

N : number of individuals, W : wet weight(g)

Appendix II. (continued)

Scientific Name	Jul		Aug		Sep		Oct		Nov		Dec	
	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W
<i>Pseudoblennius cottoides</i>			16	168.8	1	3.8						
<i>Acanthopogon schlegelii</i>	4	4			6	3.8	8	22.4	3	7.2		
<i>Rudaris ercodes</i>	4	78.4					12	153.4	17	263.4	4	117.8
<i>Lateolabrax japonicus</i>					2		2	23.4	7	114		
<i>Acanthogobius flavimanus</i>									102	654.1		
<i>Limanda yokohamae</i>												
<i>Hypodytes rubripinnis</i>												
<i>Pholis nebulosa</i>					1	31.2						
<i>Takifugu niphobles</i>			8	48.8			4	3.4	3	3.1		
<i>Sebastes inermis</i>												
<i>Hippocampus japonica</i>												
<i>Chaenogobius heptacanthus</i>											2	1.4
<i>Ernogrammus hexagrammus</i>												
<i>Repomucenus valenciennesi</i>			4	23.6			14	72.8	48	436.4		
<i>Platycephalus indicus</i>							2	18.2	2	43.8		
<i>Leiognathus nuchalis</i>					27	36.3	6	16.4	160	424.3		
<i>Acentrogobius pflaumi</i>									4	8.2		
<i>Hexagrammos otakii</i>			8	94.4	9	230.5			4	121.2	2	100.4
<i>Silago japonicus</i>									1	0.8		
<i>Pholis fangi</i>					2		2	16.2			4	21.4
Total	8	82.4	36	335.6	44	305.6	50	326.2	351	2076.5	12	241
Number of species	2		4		5		8		11		4	
Species diversity index(H')	0.69		1.27		1.07		1.83		1.44		1.33	

N : number of individuals, W : wet weight(g)