The Journal of the Oceanological Society of Korea
Vol. 25, No. 3, pp. 135-144, September 1990

大川海濱 碎波帶 魚類群集의 季節變化

申旻澈 · 李泰源
忠南大學校 海洋學科

Seasonal Variation in Abundance and Species Composition of Surf Zone Fish Assemblage at Taecheon Sand Beach, Korea

MIN-CHEOL SHIN AND TAE WON LEE
Department of Oceanography, Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea

1984년 9월부터 1985년 8월까지 대천해수욕장 모래질 쇄파대에서 월별로 지인망을 이용하여 어류를 채집하여 계절에 따른 어류군집의 종조성 변화를 분석하였다. 각 조사시기의 사리 때에 간조 전후 2시간 간격으로 5회 채집을 실시하였다. 출현한 35종 가운데, 날개망둑(*Favonigobius gymnauchen*), 청보리멸(*Sillago japonica*), 전어(*Konosirus punctatus*), 밴댕이(*Sardinella zunasi*) 및 얼룩망둑(*Chaenogobius mororana*)이 우점하여 전체 개체수의 79%를 차지하였다. 생체량에서는 전어, 날개망둑, 청보리멸, 밴댕이 및 돌가자미(*Kareius bicoloratus*)가 67%를 차지하였다. 연평균 어류의 개체수와 생체량은 각각 0.13개체/m²과 0.33 g/m²으로 다른 해역에 비하여 낮은 값이 관찰되었다. 출현종수, 개체수 및 생체량은 수온과 유의한 상관관계를 보였다. 봄에는 주거종인 날개망둑이 우점하였으며, 6월에 이종의 성어가 대량 출현하여 높은 생물량이 관찰되었다. 8월에서 9월 사이에는 회유종인 청보리멸, 전어, 밴댕이 등의 유어가 우점하였다. 연구해역 어류군집의 양적 변동은 일차적으로 수온, 혹은 수온과 상관관계를 갖는 요인에 좌우되며, 우점종의 생활사에 따른 서식처 이동에 의하여 일년을 주기로 구성종이 계절에 따라 종조성이 변하는 것으로 추정된다.

Fish assemblage occupying the surf zone habitat of Taecheon sand beach in Cheonsu Bay was analyzed using monthly samples collected by a beach seine from September 1984 through August 1985. During each sampling period five hauls were completed, one at each 2-hour interval during the spring tide. Of 35 species identified, *Favonigobius gymnauchen, Sillago japonica, Konosirus punctatus, Sardinella zunasi* and *Chaenogobius mororana* accounted for 79% of the individuals collected, and *F. gymnauchen, S. japonica, K. punctatus, S. zunasi* and *Kareius bicoloratus* constituted 67% of the biomass obtained. Overall abundance in terms of numbers and in biomass were 0.13 individuals/m² and 0.33 g/m², respectively. A larger number of individuals and greater biomass was observed during the warmer months showing significant correlation with water temperature. High abundance of June was related to the occurrence of adult *F. gymnauchen*. A large number of individuals and great biomass was collected in August and September, a period of high abundance in juveniles of the seasonal species such as *S. japonica, K. punctatus* and *S. zunasi*. Temperature and habitat occupation according to life history of the dominant species might be the primary factors of the marked seasonality of the surf zone fish populations in the study area.

緖 論

조간대 부근의 어류군집은 저자에 따라 천해 어류 (shallow water fish), 조간대 어류 (littoral or intertidal fish), 혹은 쇄파대 어류 (surf zone fish) 등의 용어가 이용된다(Horn, 1980 ; Modde and Ross, 1981 ; Allen, 1982 ; Lasiak, 1984). 조간대는 고조면과 저조면 사이의 공간을 의미하며, 쇄파대는 파도가 부서지기 시작하는 조하대의 얕은 부분에서 부서진 파도가 왕복운동을 하는 조간대 부분이 이에

해당된다. 만조시에는 물리학적인 의미로 조간대와 쇄파대가 거의 같을 수 있으나 간조시에는 조간대 하부의 일부만이 쇄파대에 포함된다. 따라서, 조간대 어류는 주서식처를 조간대로 하는 즉, 간조시에는 조수웅덩이(tide pool), 해조류나 돌밑, 퇴적물의 구멍 등의 조간대에서 대부분의 시간을 보내는 어류를 말하며, 쇄파대 어류는 해수면 가까이의 얕은 곳에 서식하며 물을 따라 이동하는 어류로, 만조시에는 조간대 어류도 포함된다. 서해는 조차가 커서 조간대의 폭이 넓기 때문에 만조 때에는 쇄파대가 고조면 부근의 수심이 얕은 부분이 되며, 간조시에는 저조면 아래 조하대의 얕은 부분이 이에 해당된다. 본 연구에서는 조위면을 따라 수심이 얕은 부분에서 지인망을 이용하여 어류를 채집하였기 때문에 쇄파대 어류라는 용어를 사용하였다.

쇄파대는 간조시 조간대에 축적된 풍부한 먹이와 온도가 상대적으로 높아 신진대사율이 높고 포식자로부터 보호될 수 있는 장점이 있기 때문에(Warfel and Merriman, 1944) 여러 내만성 어류가 이곳에서 어린시기를 보낸다. 그러나, 탁도가 높고 해수유동이 커서 물리적 stress가 클 뿐 아니라 수온, 염분 등의 환경변화 폭이 커서 생리적 stress도 크기 때문에 일반적으로 이에 적응한 소수종이 우점하며, 계절에 따른 종조성 변화가 큰 것으로 알려져 있다(Modde and Ross, 1981 ; Allen, 1982).

서해는 조간대가 발달하여 쇄파대는 서해 어류군집에서 중요한 역할을 담당할 것으로 판단되나 이에 대한 연구는 미비한 편이다. 연구해역인 천수만의 경우 Lee and Seok(1984)이 정치망에 의한 어획자료를 이용하여 전반적인 어류의 종조성을 분석하였고, 이(1989)는 저서성 어류군집의 계절변화를 연구하였다. 본 연구에서는 천수만의 모래 조간대에서 지인망으로 어류를 채집, 분석하여 계절에 따른 종조성을 파악하고, 종조성 변화에 영향을 미치는 요인을 분석하고자 한다. 그리고, 천수만의 다른 서식처 자료와 비교하여 쇄파대 어류의 특성을 파악하고자 한다.

材料 및 方法

본 연구에 이용한 재료는 대천해수욕장 모래질 쇄파대에서 1984년 9월에서 1985년 8월사이 월별로

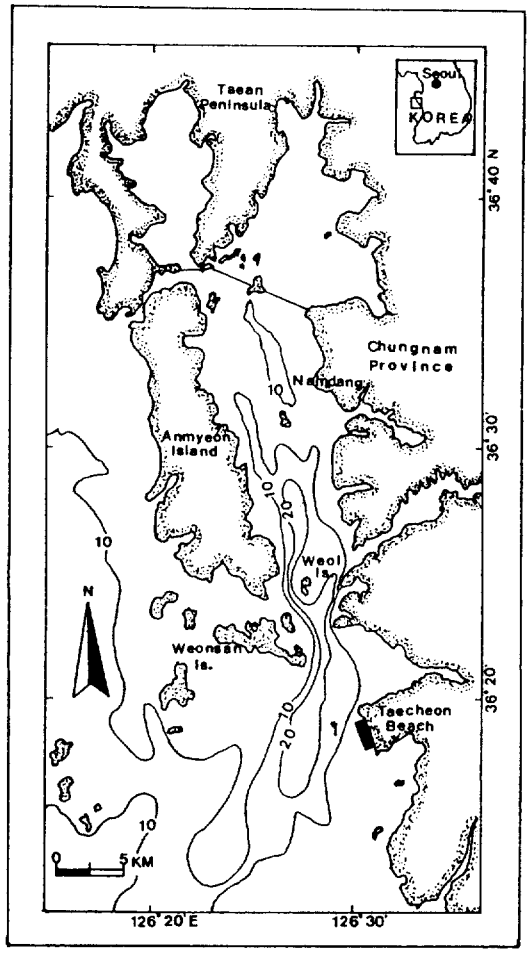

Fig. 1. Map showing the bottom topography (depth in m) and sampling site (shaded rectangle).

지인망(beach seine)을 이용하여 수집하였다(Fig. 1). 채집에 이용된 지인망은 길이 25 m, 높이 2.5 m이었으며, 망목(stretched mesh)은 12 mm이었다. 1984년 9월과 10월에는 조위에 따른 쇄파대 어류의 분포와 적정 채집횟수를 추정하기 위한 자료를 수집하였다. 이 자료를 바탕으로 채집은 매월 사리 때 간조를 전후하여 2시간 간격으로 5회 실시하였다. 각 채집시기에 같은 장소가 반복되지 않도록 하면서 해안선에서 20 m 떨어진 수심 약 1.5 m인 곳에 투망한 뒤 해안선에 수직으로 예인하였다. 따라서, 1회 예인면적은 약 500 m^2에 해당되며 각 조사시기의 자료는 5회 예인면적을 합한 2,500 m^2로 표시하였다.

채집된 어류는 냉장하여 실험실로 운반한 후 종별로 개체수와 무게를 측정하였다. 분류동정은 정

(1977), Masuda *et al.*(1984)을 이용하였으며, 학명은 Masuda *et al.*(1984)을 따랐다.

군집구조를 비교분석하기 위하여 Shannon-Wiener의 종다양성수(H')를 계산하였다(Shanon and Weaver, 1949).

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} \rho_i \ln \rho_i$$

여기서, S=출현종수

$\rho_i = N_i/N$

N=총개체수 혹은 총생체량

N_i=i번째 종의 개체수 혹은 생체량

출현종간의 유사성을 분석하기 위하여 채집된 달이 3회 미만인 종은 제외시키고 종의 출현 유무에 의한 Jaccard(1908)의 유사도계수(J)를 계산하여 수상도(dendrogram)를 작성하였다.

$$J = \frac{a}{a+b+c}$$

여기서, a=2종이 함께 출현한 달의 수

b=1종만이 출현한 달의 수

c=다른 한 종만이 출현한 달의 수

조사시기에 따른 종조성 변화를 분석하기 위하여 채집된 달이 3회 이상인 종을 대상으로, 개체수를 대수로 일차변환한 후 Pearson의 상관계수를 이용하여 주성분분석(principal component analysis)을 하였다. 자료분석에는 Davis(1978)의 program "PCA"를 일부 변형하여 이용하였다.

結 果

1. 적정 채집횟수와 시간

어류군집 재료수집에서 표본 추출횟수가 증가하면 즉, 채집면적이 증가하면 표본의 추정치는 모집단의 모수(population parameters)에 접근한다. 주어진 여건 밑에서 적정 채집횟수는 반복채집을 실시하여 누적 출현종수(cumulative number of species curve) 및 누적 종다양성지수 도표(cumulative diversity index curve)를 작성하여 곡선이 점근선에 도달할 때의 채집횟수를 적정 채집횟수로 결정하는 방법이 널리 이용되어진다(Livingston, 1976 ; Allen, 1982).

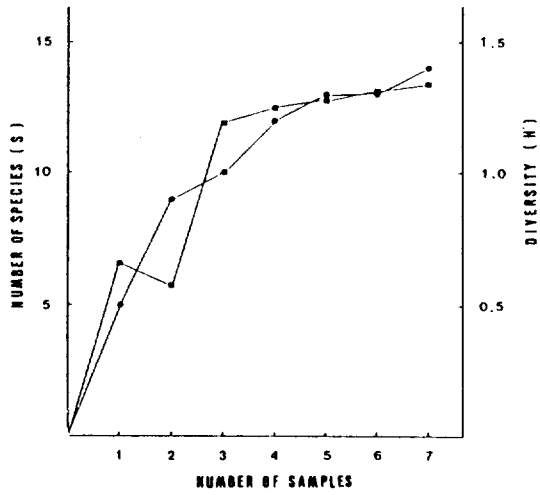

Fig. 2. Cumulative curves of the number of species (S, ●) and diverity (H', ■) of a series of fish samples taken from the surf zone at Taecheon Beach in September, 1984.

Fig. 2는 1984년 9월에 채집한 어류의 종수(S)와 종다양성지수(H')의 누적도수 그래프이다. 종수는 채집을 반복함에 따라 계속 증가하였으나 5회 채집 이후 증가폭이 둔화되었다. 7회 채집에 14종이 채집되었으며, 5회 채집에 13종이 채집되었다. 종다양성지수는 종수보다 이른 4회 채집 이후 점근선에 가까워졌다. 종다양성지수에서 2회 채집에서 지수값의 감소는 2회 채집에서 청보리멸(*Sillago japonica*)이 대량 채집된데에 기인되었다. 이상의 결과로 5회 이상 채집하면 연구해역의 쇄파대 어류를 대표할 수 있는 표본을 추출할 수 있는 것으로 판단되어 10월 이후는 5회씩 채집하였다.

어류의 분포는 조위와 시간에 따라 다를 수 있기 때문에, 5회 채집을 실시할 때 그 시간의 배분에 따라 값이 달라질 수 있다. 이를 검정하기 위하여 1984년 9월과 10월 간만시간이 다른 날에 조석 1주기 동안 2시간 간격으로 채집하여 종수, 개체수 및 생체량의 변화를 분석하였다(Fig. 3). 본 연구의 재료수집은 주간에만 실시하였기 때문에 주간 변화만을 관찰하였다.

9월에는 간조 2시간 전인 7시에 5종이 출현하였고, 간조시인 9시에는 7종이 출현하여 최대값이 관찰되었다. 조위(tide level)가 높아짐에 따라 종수는 점점 감소하여 만조 때인 15시에는 가장 적은 4종이 채

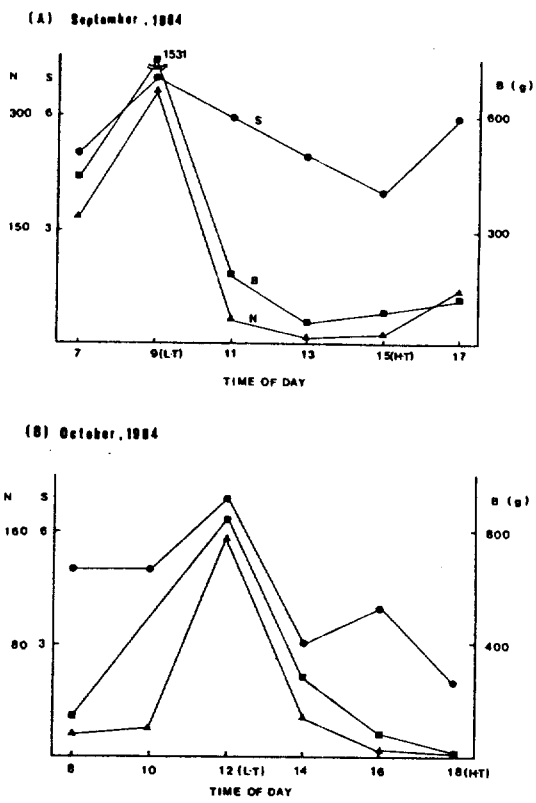

Fig. 3. Fluctuations of the number of species (S, ●), the number of individuals (N, ▲) and biomass (B, ■) of the surf-zone fishes collected during the different tidal levels (L.T: low tide; H.T: high tide).

집되었고, 조위가 낮아진 17시에는 6종으로 증가하였다. 조위에 따른 개체수와 생체량도 출현종수와 같은 경향을 나타내어 간조 때 최대값이, 만조 때에 최소값이 관찰되었다. 그러나, 변화 폭은 출현종수에 비하여 큰 편이었다.

10월에는 간조 4시간 전인 8시에 채집하기 시작하였으며 이 때에 5종이 출현하였고, 간조 때인 12시에 7종이 출현하여 최대값을 보였다. 간조 이후 조위가 높아짐에 따라 종수는 감소하는 경향을 나타내었다. 조위에 따른 개체수와 생체량도 9월과 마찬가지로 간조시에 최대값, 만조시에 최소값이 관찰되었다.

이상의 결과로부터 쇄파대 어류는 시간보다는 조위에 따라 저조면에 가까울 수록 많은 어류가 분포함을 알 수 있다. 따라서 10월 이후의 채집은 사리 때에 간조 4시간 전 채집을 시작하여 2시간 간격으로 간조 4시간 후까지 5회씩 채집하였다.

2. 종조성

조사기간 동안 대천해빈의 모래질 쇄파대에서는 총 35종, 4,024개체, 10.18 kg의 어류가 채집되었다. 개체수면에서는 날개망둑(*Favonigobius gymnauchen*)이 29.6%를 차지하여 가장 많았고, 다음으로 청보리멸(*Sillago japonica*), 전어(*Konosirus punctatus*), 밴댕이(*Sardinella zunasi*), 얼룩망둑(*Chaenogobius mororana*)의 순으로 위의 5종이 전체 개체수의 79%를 차지하였다(Table 1).

생체량에서는 전어가 28.5%를 차지하여 가장 많이 채집되었고, 다음으로 날개망둑, 청보리멸, 밴댕이, 돌가자미(*Kareius bicoloratus*)의 순으로 위의 5종이 전체 생체량의 67%를 차지하였다. 돌가자미를 제외하고는 약간의 순서만 바뀌었을 뿐 개체수를 우점하던 종이 생체량에서도 우점하였다. 조사해역의 쇄파대에 출현한 어류는 대부분이 소형어종이거나 유어들로 구성되어 있었으며, 위의 우점종의 경우도 돌가자미를 제외하고는 소형 어류들 이었다.

출현빈도에서 날개망둑은 2월을 제외한 11개월 동안 계속 출현하여 본 해역을 우점하는 주거종으로 나타났다. 다음으로 돌가자미가 8개월, 복섬(*Fugu niphobles*)과 얼룩망둑이 6개월간 계절에 관계없이 출현하였다. 다음으로 풀망둑(*Acanthogobius hasta*), 등줄숭어(*Liza carinata*), 밴댕이와 실고기(*Syngnathus schlegeli*)가 5개월간 일정 계절에 주로 출현하였다.

3. 계절변동

계절에 따른 출현종수는 수온이 낮은 12월에서 2월 사이에는 3~5종 밖에 출현하지 않았고, 3월 이후 수온이 상승하며 증가하기 시작하여 6월에서 10월사이에는 10~17종이 출현하였다(Fig. 4). 개체수도 수온이 낮은 12월에서 3월 사이에는 8~38개체가 채집되었는데, 특히, 1월에 최소값인 8개체가 채집되었다. 4월 이후 수온이 높아지며 개체수는 증가하여 8월에 최대값인 907 개체가 채집되었다. 생체량 역시 수온이 낮은 1월에서 3월 사이에는 50g 미만이 채집되었고 수온이 상승하며 증가하여 9월에 최대값인 2,636.9g이 관찰되었다. 이러한 생물의 양적 변동은 수온, 혹은 수온과 비례관계를 갖는 요

Table 1. Monthly abundance and biomass for fishes collected by a beach seine at Taecheon Beach from September, 1984 through August, 1985. N and W represent the number of individuals and biomass in grams per 5 hauls, respectively.

Nonth	Sept.		Oct.		Nov.		Dec.		Jan.		Feb		Mar.		Apr.		May		June		July		Aug.		Total		Relative Abundance	
Species	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N(%)	W(%)
Acanthogobius hasta	11	223.3	2	46.2			1	50.0													4	7.0	10	184.0	28	510.5	0.70	5.01
Acanthopagrus schlegelii	3	60.7	3	93.3																	3	0.4	2	9.9	11	164.3	0.27	1.61
Ammodytes personatus									1	0.7			1	1.3											2	2.0	0.05	0.02
Anguilla japonica													1	0.1											1	0.1	0.02	0.01
Callionymus flagris							2	9.6											2	11.0					5	20.6	0.12	0.20
Chaenogobius mororana							1	1.0					5	8.0	1	1.5			39	17.4	297	277.5	2	1.7	345	307.1	8.57	3.02
Cynoglossus abbreviatus			1	2.2																					1	2.2	0.02	0.02
Enedrias fangi															2	12.4									2	12.4	0.05	0.12
Engraulis japonica	3	5.1																					1	12.1	4	17.2	0.10	0.17
Fabonigobius gymnauchen	11	15.0	35	31.6	43	33.3	10	6.7	2	2.2			12	4.4	157	95.1	331	244.6	575	1071.2	11	21.4	5	6.7	1192	1532.2	29.62	15.05
Fugu niphobles	1	0.6	6	34.6	2	7.7									5	59.6					6	1.4	19	26.1	39	130.0	0.97	1.28
Fugu vermicularis radiatus	1	7.8																							1	7.8	0.02	0.08
Hemiramphus kurumeus					64	300.6					1	3.9	2	3.1	10	36.7									77	344.3	1.91	3.38
Hemiramphus sajori			6	314.1	1	53.6															57	69.6	12	41.8	76	479.1	1.89	4.71
Hexagrammoa otakii															3	3.5									3	3.5	0.07	0.03
Kareius bicoloratus	3	9.3	4	178.0	1	5.7			1	15.8					9	230.9			12	85.0	1	5.3	1	9.7	32	539.7	0.80	5.30
Konosirus puntatus	171	1134.3	197	965.3	154	758.2																	16	40.6	538	2898.4	13.37	28.47
Lateolabrax japonicus																			1	147.3					1	147.3	0.02	1.45
Limanda herzensteini	1	2.1	4	31.7																					5	33.8	0.12	0.33
Liza carinata			2	9.9	3	41.3	24	206.2	4	17.0	3	18.3													36	292.7	0.89	2.88
Nibea albiflora																							2	11.0	2	11.0	0.05	0.11
Platycehalus indicus																							1	4.5	1	4.5	0.02	0.04
Plecoglosus altivelis											12	7.5	15	8.2	32	51.0	2	3.2							61	69.9	1.52	0.69
Repomucenus beniteguri															3	4.2	4	4.0	2	8.4			1	0.1	10	16.7	0.25	0.16
Sardinella zunasi	88	508.7	22	67.6															2	29.6	39	8.8	355	380.2	506	994.9	12.57	9.77
Saurida elongata																							7	16.4	7	16.4	0.17	0.16
Sillogo japonica	442	631.7	16	56.9															3	26.7			133	163.0	594	878.3	14.76	8.63
Sphyraena pinguis	1	2.0																					136	223.2	137	225.2	3.40	2.21
Syngnathus schegeli			1	2.5											4	5.9	16	22.8	2	3.9	3	0.5			26	35.6	0.65	0.35
Thrissa koreana	38	36.3	1	2.2															26	168.2	5	48.1	203	115.3	273	370.1	6.7	3.64
Thrissa mystax			1	3.3																					1	3.3	0.02	0.03
Trachurus japonicus																			1	1.9					1	1.9	0.02	0.02
Triakis scyllia																			1	81.4					1	81.4	0.02	0.80
Tridentiger trigoncephalus															3	5.1	1	1.0							4	6.1	0.10	0.06
Zebrias zebrinus																			1	19.0					1	19.0	0.02	0.19
Number of Species	13		15		7		5		4		3		6		11		5		13		10		17		35			
Total	774	2636.9	301	1839.4	268	1200.4	38	273.5	8	35.7	16	29.7	36	25.1	229	505.9	354	275.6	668	1671.0	426	440.6	906	1246.3	4024	10179.5	100.00	100.00
Diversity Index (H')	1.27	1.47	1.33	1.62	1.08	1.05	0.99	0.75	1.21	0.96	0.70	0.91	1.36	1.47	1.19	1.63	0.30	0.45	0.63	1.35	1.07	1.20	1.66	2.02	2.20	2.45		

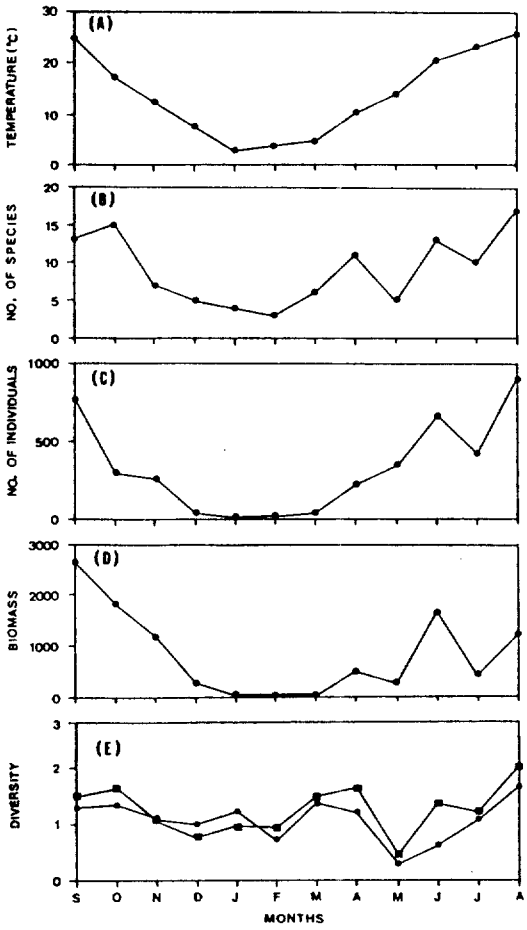

Fig. 4. Monthly variations of (A) temperature, (B) numbers of species and (C) individuals, (D) biomass and (E) diversity index. The index was calculated from the number of individuals (●) and biomass (■) of the surf-zone fishes collected at Taecheon Beach from September, 1984 through August, 1985.

인과 밀접한 관계를 가져 출현종수, 개체수, 생체량은 각각 Pearson의 상관관계가 각각 $r=0.83$, $r=0.94$, $r=0.65$로 수온과 유의한 관계를 나타내었다($p<0.05$).

종다양성지수(H')는 소수종만이 출현하였던 12월에서 2월 사이에는 상대적으로 낮은 값을 보이고 3월에는 겨울에 출현하지 않던 종이 가입되면서 증가하였다. 그러나, 5월에는 날개망둑의 성어가 대량 출현하여 우점하면서 연중 가장 낮은 값을 나타내었다. 6월 이후 새로운 종이 계속 가입되고 날개망둑의 우점도가 낮아지며 종다양성지수값은 증가하여 8월에 최대값을 보였다. 11월 이후 종수가 감소하면서 종다양성지수도 낮아지는 경향을 보였다. 개체수의 생체량을 이용한 종다양성지수의 계절변화는 전반적으로 유사하나 생체량을 이용한 값이 보다 뚜렷한 계절 변화 양상을 보였다(Fig. 4).

월별 종조성 변화를 살펴보면(Table 1), 2월에서 5월 사이에는 은어(*Plecoglossus altivelis*)와 줄공치(*Hemiramphus kurumeus*)가 계속 출현하였고, 이들은 유어로 구성되어 있었다. 3월 이후 6월까지 주거종인 날개망둑이 우점하였고 대부분이 성어로 구성되어 있었다. 6월에는 여러 종의 어류가 새로이 출현하였으며 대부분의 성어들로 구성되어 있었다. 6월에는 여러 종의 어류가 새로이 출현하였으며, 대부분 성어들로 구성되어 있었다. 7월에는 6월에 비하여 출현종수, 개체수 및 생체량이 6월에 비하여 감소하였는데, 이것은 6월에 출현하였던 성어의 산란 이후의 사망률 증가와 외해로 확산된데에서도 기인된 것으로 판단된다(Lee and Seok, 1984). 8월 이후는 전어, 밴댕이, 청보리멸 등의 유어들의 대량으로 출현하여 개체수와 생체량이 증가하였다. 11월 이후 수온이 하강하면서 회유성인 어류들이 외해로 이동하여 양적으로 감소하는 경향을 보인 것으로 판단된다.

4. 군집구조 변화

조사기간 동안 3회 이상 출현한 종을 대상으로 월별 종의 출현 유무에 따라 종간의 유사도(similarity index)를 계산하여 수상도(dendrogram)를 작성한 결과(Fig. 5), 명확하게 무리를 나눌 수는 없었지만 유사도 0.55 수준에서 4무리를 구분할 수 있었다. Table 1에 의거 각종의 월별 출현양상을 비교하면, 각 무리에 속하는 종들이 출현계절에 따라 무리지어졌음을 알 수 있다.

"A" 무리에 속하는 어류는 2월을 제외하고 채집기간 동안 계속 출현하였던 날개망둑과 비교적 출현기간이 긴 복섬과 돌가자미로 구성되어 있어 주거종과 이에 가까운 출현기간이 긴 어류 무리이었다.

"B"와 "C" 무리에 속하는 어류는 대부분 출현기간이 6월에서 10월 사이로 유어들로 구성되어 있었다. 이 무리에 속하는 어류는 밴댕이와 같이 외해에서 월동하거나(Kil and Lee, 1986), 풀망둑과

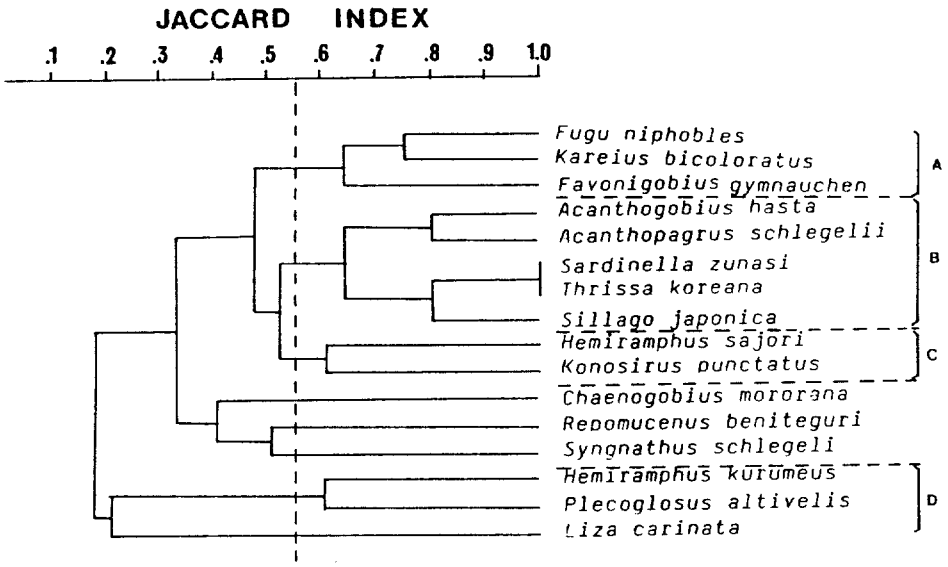

Fig. 5. Dendrogram illustrating the species association of fish collected by a beach seine from the surf zone at Taecheon Beach. Four species groups are recognized according to Jaccard index of similarity.

Table 2. Eigen value, variance and cumulative variance of the components determined by principal component analysis of fishes collected by a beach seine in the surf zone at Daecheon Beach from September 1984 through August 1985.

Component	Eigen value	Variance(%)	Cumulative var.
1	6.10	38.2	38.2
2	2.26	14.1	52.3
3	1.96	12.3	64.6
4	1.61	10.0	74.6
5	1.27	8.0	82.6
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
16	0.00	0.0	100.0

같은 수심이 깊은 곳에서 월동하고(이, 1989) 봄에 연안에서 산란하는 어류로, 유어들이 여름에서 가을 사이 출현하여 비교적 높은 생물량을 유지하는 어류들이었다.

"D" 무리의 줄공치와 은어와 같이 2~4월의 수온이 비교적 낮은 계절에 출현한 어류로 구성되어 있었다.

쇄파대 어류군집의 조사기간별 종조성의 변화를 종합적으로 살펴보기 위하여 3회 이상 출현한 종의 개체수를 대수로 일차변환한 후 Pearson의 상관계수를 이용하여 주성분분석(principal component analysis)하였다. 이 결과 제 I, II, III 성분이 각각 전체분산의 38.2%, 14.1%, 12.3%를 차지하여 이 3성분에 전체자료의 64.6%의 정보가 포함되어 있었다 (Table 2).

Fig. 6의 제 I-II, I-III 성분축에 투영된 채집시기의 PC score를 살펴보면, 날개망둑과 둥줄숭어를 포함하는 소수종만이 출현하였던 수온이 낮은 채집시기인 12~2월은 서로 근접되어 있었다. I-II성분 축에서 3월에서 10월 사이의 조사기간은 다른 한 무리를 이루고 있으나, III 성분에서는 3, 4, 6 및 7월은 음의 값을 가지고 9월과 10월의 양의 값을 가져, I-II-III 축을 종합한 3차 공간상에서 보면 3~6월, 7~8월 그리고 9~10월이 서로 분리되어 있음을 알 수 있다. 이 결과로부터 날개망둑이 우점하면서 새로운 종이 가입되어지는 시기인 3~6월과 날개망둑이 양적으로 감소하고 얼룩망둑, 밴댕이, 전어, 청보리멸 등의 유어들이 바뀌어 가며 우점하던 7월에서 10월까지는 조사시기의 종조성이 점진적으로 바뀌어감을 알 수 있다. 조사해역의 수온은 8월에 가장 높았고 1월에 가장 낮았으며, 5월과 10월이 유사하였다. 제 I성분축의 조사기간별 PC score 값과 각 월의 수온값과의 상관계수 r=0.61로 제 I축은 수온과 유의한 관계가 있음을 알 수 있다($p<0.05$). 즉, 조사해역의 종조

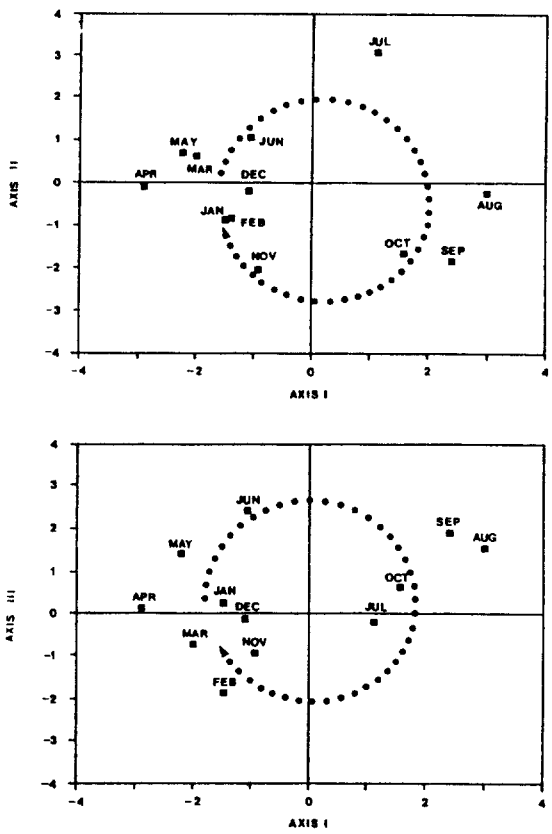

Fig. 6. Scattered diagram showing the sampling months on the I-II and I-III principal axes. They are determined by principal component analysis of the surf zone fishes collected by a beach seine at Taecheon Beach of Cheonsu bay. The trend of the seasonal change in species composition is represented by dotted circle.

성은 수온, 혹은 수온과 같은 변화 양상을 보이는 요인에 의하여 변화하여감을 알 수 있다. 조사해역의 어류군집의 종조성은 전반적으로 Fig. 6에 점선으로 표시한 것과 같이 일년을 주기로 계절에 따라 점진적으로 바뀌어 가는 경향을 관찰할 수 있었다.

討 議

본 연구의 재료수집에 이용된 지인망에 대한 어류의 도피율(avoidance)과 망목에 의한 선택성(selectivity)은 아직 자세히 알려져 있지 않다. 그러나, 비교적 유영력이 큰 전어나 밴댕이 등의 어류가 계절에 따라 대량으로 채집되고, 그물이 예인되는 동안 실제 관찰한 바에 의하면 예인 범위 내에 있는 어류는 끌줄이 외줄임에도 불구하고 그 줄 밖으로 도피하지 못함을 관찰하여 도피율은 비교적 작은 것으로 판단된다. 지인망의 망목은 12 mm로, 채집된 우점종의 최소체장은 25 mm 내외로 이 보다 작은 어류는 그물안에 들어 왔더라도 망목 사이로 빠져 나가는 것으로 보인다.

대천 모래질 쇄파대의 어류군집은 35종 가운데에 날개망둑(*F. gymnauchen*), 청보리멸(*S. japonica*), 전어(*K. punctatus*). 밴댕이(*S. zunasi*) 그리고 얼룩망둑(*Ch. mororana*)의 5종이 전체 채집개체수와 생체량의 79%와 65%를 차지하였다. 이와 같은 소수종에 의하여 어류군집이 우점되는 현상은 온대의 쇄파대, 내만 및 하구역에서의 다른 연구결과와 유사하였다(Allen, 1982 ; Lee and Seok, 1984 ; Lasiak, 1984 ; 허, 1986). 각 달의 종다양성지수값(H')은 개체수와 생체량에서 각각 0.33~1.66과 0.45~2.02의 범위로 비교적 낮은 값을 보여(Table 1) 각 채집시기에 소수종이 우점하고 있음을 알 수 있다. 채집된 전 어류를 대상으로한 연중다양도지수(annual diversity index)는 개체수와 생체량에서 각각 2.02와 2.45로 각 조사시기에 산출된 값보다 높은 값이 관찰되었다. 각 달의 우점종의 거의 일정할 때에는 이를 합한 연중지수값도 각 월과 유사한 값을 가지나, 각 조사시기의 우점종이 바뀌어 가면 총개체량과 생체량에서 각종의 우점도가 상대적으로 낮아져 연중지수값은 각 조사시기보다 높은 H'값이 관찰된다. 이 결과는 계절에 따라 쇄파대에 서식하는 우점종이 계속 바뀌어 감을 의미한다. 출현한 어류 가운데 3월에서 8월 사이 주거종인 날개망둑의 성어가 출현한 이외에 대부분의 어류는 체장 10 cm 미만의 유어들로 구성되어 있었다. 이 결과는 대천 모래질 쇄파대의 어류군집이 계절에 따라 출현하는 유어들에 의하여 좌우되고 있음을 의미한다. 쇄파대에는 먹이가 풍부하고 포식자로부터 보호되기 때문에, 유어들의 보육장(nursery ground)으로 이용되어 계절에 따라 유어들이 대량 출현하는 것으로 보인다(Modde and Ross, 1981 ; Allen, 1982 ; 허, 1986).

조사기간 동안의 지인망에 채집된 어류의 평균밀도는 0.13마리/m^2, 0.33 g/m^2이었다. Allen(1982)은 수초가 인접한 펄쇄파대에서 4.13 g/m^2, Huh(1984)

는 바다말(turtlegrass and shoalgrass) 조간대역에서 15마리/m^2, 허(1986)가 잘피밭에서 3.87마리/m^2를 관찰하였다. 연구자에 따라 채집기기와 채집방법이 서로 다르므로 수치의 직접 비교는 어렵지만 위에 인용한 연구에서도 지인망이나 유사한 방법으로 채집하였기 때문에 본 연구해역의 생물밀도는 낮은 것이 틀림없다. 위에 언급된 연구해역은 현화식물 쇄파대나 이에 인접한 해역으로 모래질쇄파대인 본 연구해역에 비하여 많은 유기물이 공급되어 먹이가 풍부하고 포식자로부터 잘 보호될 수 있어 보다 높은 생물량이 관찰된 것으로 판단된다.

조사해역에서 우점종, 출현종수, 생물량은 계절에 따라 뚜렷한 변화 양상을 나타내었다. 수온이 낮은 12월에서 2월 사이에는 주거종인 날개망둑과 겨울종인 등줄숭어를 포함하여 3~5종의 어류가 소수 개체씩 출현하여 낮은 개체수와 생체량을 보였다. 봄이 되어 수온이 상승하면서 출현종수가 증가하였고, 우점종인 날개망둑의 성어가 대량출현하여 개체수와 생체량이 높은 값이 관찰되었다. Fig. 4에 의하면 5월 개체수는 4월에 비하여 증가하였으나 출현종수와 생체량은 4월에 비하여 감소하였다. 5월 채집기간 동안에 날씨가 흐리고 파도가 높은 편이었다. 따라서, 심한파도에 의하여 해수 유동이 크고 혼탁도가 증가하여 이에 적응하지 못하는 어류가 쇄파대 밖으로 이동하여 종수와 생체량이 상대적으로 낮은 값이 관찰된 것으로 판단된다. 다른 연구에서도 채집시기에 파도가 높으면 상대적으로 채집어류의 수가 감소하였으며 파도는 어류의 단주기 분포에 중요한 요인으로 보고되고 있다(Lasiak, 1984). 얼룩망둑은 조사해역의 주거종으로 5월에도 많은 수가 채집된 것으로 미루어 파도의 영향을 비교적 적게 받는 것으로 판단된다. 7월에는 날개망둑 성어의 수가 감소하고 얼룩망둑의 유어가 우점하였으나 개체수와 생체량은 6월에 비하여 감소하였다. 얼룩망둑의 성어는 뻘질쇄파대의 우점종으로 봄에 성어가 대량 출현하였으나(임, 1989), 본 연구해역인 모래질 쇄파대에서는 몸에 성어가 소수 개체밖에 출현하지 않았다. 8월부터는 회유성어류의 유어들이 출현하여 출현종수, 생물량이 높은 값을 나타내었고, 그 중 청보리멸, 전어, 밴댕이 및 곤어리(*Thrissa koreana*)는 채집시기에 따라 10월까지 이 중 몇 종이 우점하였다. 10월 이후 수온이 낮아지면서 출현종수 및 채집량이 감소하였다. Lee(1983)와 Kill and Lee(1986)에 의하면 전어와 밴댕이의 산란기는 늦봄으로, 유어의 대량 출현시기는 본 연구와 일치하였다. 수온이 낮아지면서 우점하던 전어와 밴댕이 유어의 수가 감소하였는데, 밴댕이는 수온이 10℃이하로 낮아지기 이전에 전어는 8℃ 이하로 낮아지기 이전에 월동하기 위하여 내만을 빠져나가는 것으로 알려져 있다(Kil and Lee, 1985). 본 연구에서 밴댕이 유어는 10월부터 감소하여 11월 이후는 채집되지 않았으나 전어는 11월까지 우점한 후 12월부터 채집되지 않았다. 이것은 이 어류들의 월동회유 시기와 관계가 있는 것으로 판단된다.

대천 해수욕장의 쇄파대 어류군집과 출현종수, 개체수 및 생물량은 수온과 유의한 상관관계를 나타내었다. 이러한 현상은 온대 쇄파대 어류군집 연구에서 흔히 관찰된다(Modde and Ross, 1981 ; Allen, 1982 ; 허, 1986). 조사해역의 수온은 2월에 최저값을 보이고, 8월에 최대값 26.6℃를 보여 연교차가 20℃가 넘었다. 이러한 수온의 계절변화 때문에 수온 내구범위가 큰 일부어류를 제외한 대부분이 어류는 외해에서 월동하고 수온이 상승하면 내만으로 이동하여 산란하고 성장하는 것으로 판단된다. 또한, 위에 인용된 연구를 포함한 많은 연구에서 봄과 가을의 극대값 사이인 여름에 상대적으로 적은 수의 어류가 채집되는 현상이 관찰된다. 본 연구에서 봄에 많은 어류가 채집된 것은 주거종 성어의 수적 증가에 기인되었으며, 8월에서 9월 사이 높은 값은 회유종의 유어의 수적 증가와 관계가 있었다. 8월 이후 대천 쇄파대를 우점하였던 전어와 밴댕이는 그 주 산란기가 6~7월로(Lee, 1983 ; Lee and Seok, 1984 ; Kil and Lee, 1986), 7월의 수적 감소는 주거종 성어의 수는 감소하였지만 유어들은 아직 지인망에 가입되지 않아 상대적으로 낮은 값이 관찰된 것으로 판단된다. 따라서, 수온 혹은 수온과 밀접한 관계를 갖는 요인이 일차적으로 쇄파대 어류의 양적 변동을 좌우하지만 그 구성어류의 생활사에 따른 서식처 이동이 이차적으로 일부 계절의 양적변동을 변형시킴을 알 수 있다. 각 채집시기의 종조성 자료를 이용한 주성분 분석에서 채집시기는 일년을 주기로 서서히 변하여 갔으며, 제 I성분 축은 수온과 유의한 관계를 가졌다. 이상의 결과는 대천해빈의 어류군집이 수온과 구성어류의 생활사에 따른 서식

처 이동으로 인하여 일년을 주기로 구성종이 계절별로 서서히 바뀌면서 종조성이 변하여 감을 의미한다.

謝 辭

재료수집과 분석을 도와준 충남대학교 해양학과 신기호, 황선도, 임양재, 송해성군, 그리고 본 논문의 초고를 검토하고 조언을 하여주신 해양연구소 김수암 박사와 부산수산대학교 허성회 교수에게 감사드립니다.

參考文獻

이태원, 1989. 천수만 저서성 어류군집의 계절변화. 한국수산학회지, **22** : 1-8.

임양재, 1989. 천수만 망둑어와 어류의 계절에 따른 종조성 변화와 생태, 충남대학교 석사학위논문. p. 56.

정문기, 1977. 한국어도보. 일지사, 서울. p. 727.

허성회, 1986. 갈피밭에 서식하는 어류의 종조성 및 출현량의 계절적 변동에 관한 연구. 한국수산학회지, **19** : 509-517.

Allen, L.G., 1982. Seasonal abundance, composition and productivity of the littoral fish assemblage in upper Newport Bay, California. *Fish. Bull.*, U.S., **80**, 769-790.

Davis, J.C., 1978. Statistics and data analaysis in Geology. Wiley, New York, p. 550.

Morn, M.H., 1980. Diel and seasonal variation in the abundance and diversity of shallow-water fish populations in Morro Bay, California. *Fish. Bull.*, U.S., **75**, 759-770.

Huh, S.H., 1984. Seasonal variations in populations of small fishes concentrated in adjacent shoalgrass and turtlegrass meadows. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **19**, 44-55.

Jaccard, P., 1908. Nouvelles recherches sur la distribution florale. *Bull. Soc. Vaudoise Sci. Nat.*, **44**, 223-270.

Kil, J.W. and T.W. Lee, 1986. Reproductive ecology of the scaled sardine, *Sardinella zunasi* (Family Clupeidae), in Cheonsu Bay of the Yellow Sea, Korea. Indo-Pacific Fish Biology:Proceedings of the 2nd International Conference on Indo-Pacific Fishes. Ichthyol. Soc. Japan, pp. 818-829.

Lasiak, T.A., 1984. Structural aspects of the surf-zone fish assemblage at King's Beach, Algoa Bay, South Africa:Long-term fluctuations. *Estuarine, Coastal and Shelf Sci.*, **18**, 459-483.

Lee, T.W., 1983. Age composition and reproductive period of the shad, *Konosirus punctatus*, in Cheonsu Bay. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **18**, 161-168.

Lee, T.W. and K.J. Seok, 1984. Seasonal fluctuations in abundance and species composition of fishes in Cheonsu Bay using trap net catches. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **19**, 217-227.

Livingston, R.J., 1976. Diurnal and seasonal fluctuations of organisms in a north Florida estuary. *Estuarine Coastal Mar. Sci.*, **4**, 373-400.

Masuda, H., K. Amaoka, C. Arago, T. Ueno and T. Yoshino (eds.), 1984. The fishes of the Japanese Archipelago. Text and Plates, 437 p. + 370 pls.

Modde, T. and S. Ross, 1981. Seasonality of fishes occupying a surf zone habitat in the northern Gulf of Mexico. *Fish. Bull.*, U.S., **78**, 911-922.

Shannon, C.E. and W. Weaver, 1949. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press. 117p.

Warfel, H.F. and D. Merriman, 1944. Studies on the marine resources Sourthern New England. I. An analysis of the fish population of the shore zone. *Bull. Bingham Oceanogr. Coll. Yale Univ.*, **9**, 1-91.

Received June 19, 1990
Accepted July 4, 1990