J. Korean Fish. Soc. 29(1), 71~83, 1996 한수지, 29(1), 71~83, 1996

淺水灣 魚類의 種組成 變化
1. 底魚類

李泰源
忠南大學校 海洋學科

Change in Species Composition of Fish in Chonsu Bay
1. Demersal fish

Tae Won LEE
Department of Oceanography, Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea

Seasonal samples of demersal fish in Chonsu Bay were collected by an otter trawl from May 1991 to February 1992, and analyzed in terms of species composition, abundance and community structure. These data were compared with those obtained just after reclamation in 1986. The species composition of the demersal fish of the present study shows a similar seasonal trend to the previous one. However, the abundance in some species was changed. Gobiid fish such as *Cryptocentrus filifer, Chaeturichthys stigmatias* and *Acanthogobius hasta* were diminished, while *Repomucenus lunatus, Leiognathus nuchalis* and *Sillago japonica* were increased. This change in abundance of the fish seems to be related to sedimentation of fine particles and irregular discharge of freshwater with high organic content from the reservoir to the bay.

Key words : demersal fish, species composition, community structure, reclamation, Chonsu Bay

緖 論

한반도 서남해안에는 내만이 발달하여 황해나 동중국해에서 수산경제적으로 중요한 어류와 무척추 동물의 산란장과 보육장으로 이용된다(김 등, 1970; 국립수산진흥원, 1985; Yamada et al., 1986). 근래에 이 연안역에 매립, 방조제 및 산업시설이 건설되면서 해양생물의 서식처가 소실되었고 해수의 유동이 바뀌어 생태계가 변하고 있다. 특히, 산업시설에서 나오는 폐수와 인구 증가에 따른 생활오수 유입의 증가로 수질이 악화되면서 연안 사회 경제적인 문제도 제기되고 있다. 그러나, 아직 연안 환경 변화를 객관적으로 입증할 수 있는 자료가 빈약하여 연안 환경 관리상에 어려움이 있다.

한 해역 어류의 종조성은 자연 요인과 인위 요인에 의하여 변화된다. 어류는 이동력이 커서 밤낮, 조석, 계절에 따른 환경 변화에 능동적으로 대처하여 인위적 변화가 없는 해역에서도 시공간에 따른 종조성 변화가 심한 편이다. 인위적 요인에 의하여 해수 유동이나 용존물질이 변하면, 물리화학적 과정을 거친 후 생태계에 영향을 미친다. 연안생물은 환경 적응 범위가 넓어 어느 정도의 환경 변화에는 살 수 있기 때문에 인위적 환경 변화가 해양생물에 미치는 영향은 점진적으로 나타나며, 이를 인식하기 위하여는 장기 자료가 요구된다. 해양생물의 장기 자료 수집에는 많은 노력이 요구되어 아직 황해 연안 해역에서 해양생물을 대상으로한 장기 자료는 빈약한 편이다. 장기 자료 수집이 어려운 경우, 인위적 환경 변화 이전과 이후에 자료를 수집하여 비교하는 것도 해양생물의 변화를 분석하는 한 방법이 될 수 있다. 천수만은 민물의 유입이 적은 내만으로 많은 어류와 무척추동물의 산란 및 보육장으로 황해 생태계에서 중요한 위치를 차지

하였다. 1984년 천수만 방조제가 건설되면서, 만의 면적이 30% 정도 감소되었고 해수의 유동이 약화되어, 생태계가 변하여 가고 있다. 천수만의 어류에 대하여는 방조제 건설 이전 만입구의 정치망에 어획된 어류의 종조성 (Lee and Seok, 1984), 방조제 건설 직후에 저어류 군집 (Lee, 1989) 및 천해어류의 종조성 (Shin and Lee, 1990; Lee et al., 1995)에 대한 연구가 수행되었다. 또, 우점어류 가운데, 전어 (Lee, 1983), 밴댕이 (Gil and Lee, 1986), 민태와 보구치 (Song, 1988, Lee and Song, 1993), 흰베도라치 (Hwang, 1989), 붕장어 치어 (Lee and Byun, 1996), 망둑어류 (Im and Lee, 1990)에 대하여 연구되었다.

본 연구는 천수만에서 일년간 계절별로 저어류 자료를 수집하여 종조성의 계절 변동을 파악하였고, 방조제 건설 직후 종조성 자료와 비교하고 그 변화 원인에 대하여 토의하였다.

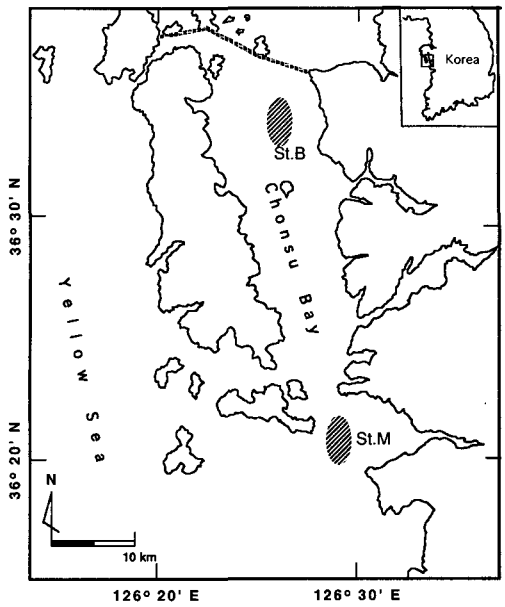

Fig. 1. Map showing the sampling site of demersal fish (shaded area) in Chonsu Bay.

材料 및 方法

재료는 1991년 5월에서 1992년 2월 사이 각 계절별로 2개의 정점에서 otter trawl을 이용하여 수집하였다 (Fig. 1). 정점 M은 천수만 입구로 예인시의 수심 10~20 m 정도이고 저질은 뻘이 약간 섞인 모래로 되어 있다. 정점 B는 방조제 앞으로 저질은 펄질로 예인시의 수심은 10 m 내외이었다. 채집에 이용된 otter trawl은 길이 약 15 m, 망목은 22~24 mm이었다. 각 정점을 대표할 수 있는 재료를 수집하기 위하여 Lee (1991)에 따라 각 정점에서 20분씩 3회 예인하였다. 1회 채집 면적은 약 3,000m^{2}로, 자료는 3회 채집면적을 합하여 정리하였다. 본 연구에 이용된 otter trawl의 형태 및 채집방법은 Lee (1991)에 자세히 기술되었다.

채집된 어류는 냉장보관하여 실험실로 운반한 후 종별 개체수와 무게를 측정하였다. 종의 동정에는 Chyung (1977), Masuda et al. (1984), Lindberg and Legeza (1965), Lindberg and Krasyukova (1969, 1989) 등을 이용하였고 종명은 Masuda et al. (1984)을 따랐다. 종다양성지수는 Shannon-Wiener의 식을 이용하여 계산하였다 (Shannon and Weaver, 1949).

계절별 정점간의 종조성 차이를 분석하기 위하여 각 계절 각 정점의 자료를 한개의 표본 단위 (sample unit)로 보고 주성분분석을 하였다. 이 때에 3회 이하 출현한 종은 제외시키고, 각 표본 단위의 출현개체수로 각 종의 순위 (rank)를 정하고 Spearman의 rank correlation을 계산한 후 Davis (1978)의 program "PCA"를 일부 변형하여 계산하였다.

비교 자료로 이용된 Lee (1989)의 재료는 1986년 3월에서 11월 사이 격월로 본 연구와 같은 2개 정점에서 채집되었다. 1986년 자료는 격월로 5회의 자료가 있는 반면, 본 연구 자료는 각 계절로 4회 자료이기 때문에, 총개체수를 비교할 때는 1986년 자료의 7월과 9월 자료의 평균을 구하여 본 연구의 8월 자료와 대응시켜 두 비교 자료가 4개씩 되도록 하였다. 이 때 개체수의 소수 자리는 끊어 올렸다. 그러나, 주성분 분석에서는 1986년의 5회 자료를 그대로 이용하였다.

結 果

계절별 종조성 변화

조사기간 동안에는 총 54종, 4,529 마리, 77,975.3 g의 어류가 채집되었다 (Table 1). 출현한 어류 가운데는 바닥에 머무는 시간이 많은 어류가 주를 이루었고

Table 1. Species composition of demersal fish collected by an otter trawl from the stations at the bay mouth (St. M) and the inner bay (St. B) in Chonsu Bay from May 1991 to February 1992

Month	May '91				Aug.				Oct.				Feb. '92				Total	
Station	St. M		St. B		St. M		St. B		St. M		St. B		St. M		St. B			
Species	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W
Acanthogobius flabimanus			5	10.1							2	6.6					7	16.7
Acanthogobius hasta											9	615.1	2	497.2	1	110.0	12	1222.3
Acanthopagrus schlegelii											5	258.0					5	258.0
Amblychaeturichthys hexanema			3	14.7													3	14.7
Apogon lineatus							10	74.1	6	46.0							16	120.1
Argyrosomus argentatus	12	880.0	4	373.0	12	557.0	9	558.3	11	302.5	1	11.6					49	2682.4
Careproxtus trachysoma											1	910.0					1	910.0
Chaeturichthys stigmatias			2	13.7													2	13.7
Chirolophis japonicus	1	400.0											1	100.5			2	500.5
Cleisthenes pinetorum herzensteini													1	153.4			1	153.4
Conger myriaster	2	115.5	1	36.0			3	302.8	1	146.9							7	601.2
Ctenotrypauchen microcephalus			2	11.7							1	7.2					3	18.9
Cynoglossus joineri	22	917.4	21	420.8	18	683.9	20	358.1	20	469.6	1	21.4	7	224.0			109	3095.2
Dasyatis akajei	6	2289.0															6	2289.0
Enedrias fangi	2	29.4	6	76.5									1	2.9			9	108.8
Engraulis japonicus					1116	1187.3	106	831.1	1	7.8							1223	2026.2
Hemitripterus villosus													2	728.0			2	728.0
Hexagrammos otakii	42	2960.0	3	99.8					3	217.0	2	190.7	5	601.6			55	4069.1
Johnius belengerii	291	4350.3	212	2628.5	83	2730.0	146	483.4	124	2026.0	1	1.4					857	12219.6
Kareius bicoloratus	1	114.6			2	336.3											3	450.9
Konosirus punctatus									1	10.4	2	61.4					3	71.8
Lateolabrax japonicus															1	105.0	1	105.0
Leiognathus nuchalis	1	5.1	3	11.3	19	246.7			29	265.0	179	539.0					231	1067.1
Lepidopsetta mochigarei	12	1290.5	9	22.2													21	1312.7
Limanda yokohamae	30	7022.2	8	804.3							3	27.0	3	778.7			44	8632.2
Liparis tessellatus													13	423.1			13	423.1
Pampus argenteus							8	410.0									8	410.0
Paraplagusia japonica					1	21.1											1	21.1
Platycephalus indicus	2	866.6	13	989.1	3	218.7	4	270.0	1	85.6	9	583.7					32	3013.7
Plectorhynchus cinctus											2	110.9					2	110.9
Pleuronichthys cornutus	1	218.0															1	218.0
Pseudoblennius cottoides			1	7.0													1	7.0
Pseudorhombus cinnamoneus					1	72.3											1	72.3
Pseudosciaena polyactis					1	31.7	1	36.7	14	389.7							16	458.1
Raja kenojei	2	86.6											2	401.4			4	488.0
Repomucenus lunatus	45	431.5	83	642.3	29	481.3	151	1212.3	20	459.0	534	2325.2	4	25.0	54	182.5	920	5759.1

Table 1. (continued)

Month	May '91				Aug.				Oct.				Feb. '92				Total	
Station	St. M		St. B		St. M		St. B		St. M		St. B		St. M		St. B			
Species	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W
Sardinella zunasi					6	121.0	2	28.2									8	149.2
Sebastes glaucus													1	18.3			1	18.3
Sebastes schlegeli			1	970.0													1	970.0
Sillago japonica	9	167.1	109	1593.4	8	155.7	38	712.7	99	2499.8	29	219.5					292	5348.2
Sphyraena obtusata							2	200.3									2	200.3
Stephanolepis cirrihifer	2	300.0															2	300.0
Symphurus strictus			3	16.4													3	16.4
Syngnathus schlegeli			11	21.1			3	5.3			3	5.3					17	31.7
Takifugu niphobles			1	19.7													1	19.7
Thamnaconus modestus											1	5.5					1	5.5
Thrissa koreana			2	16.3	28	257.3	20	150.2	13	97.7							63	521.5
Thrissa mystax									1	15.0							1	15.0
Tridentiger barbatus													2	16.9			2	16.9
Trichiuris lepturus					1	20.8	7	247.5									8	268.3
Tridentiger trigonocephalus			1	2.3													1	2.3
Zebrias fasciatus					4	103.7			1	29.2							5	132.9
Zebrias zebra					1	19.1			1	50.1							2	69.2
Zoraces gillii	257	10572.0	27	1109.2									162	4152.6	2	387.0	448	16220.8
Total	740	33016.1	531	9909.4	1333	7243.9	530	5881.0	346	7117.3	785	5899.5	206	8123.6	58	784.5	4529	77975.3
Number of species	19		24		17		16		17		18		14		4		54	

그중 가자미목어류 (Pleuronectiformes)가 10종, 망둑어과 어류 (Gobiidae)가 8종으로 가장 많았다. 그 다음으로는 민어과 어류 (Sciaenidae), 쥐노래미 (*Hexagrammos otakii*), 농어 (*Lateolabrax japonicus*) 등과 같이 저서동물이나 저질의 유기물을 먹이로 하며 바닥 가까이에 사는 어류들이 다수 채집되었다. 부어류인 멸치 (*Engraulis japonicus*)도 채집되어 종조성에는 포함시켰으나, 1986년 자료와의 비교에는 제외 시켰다. 총개체수에서는 멸치가 가장 많았고, 다음으로 돛양태 (*Repomucenus lunatus*), 민태 (*Johnius belengerii*), 등가시치 (*Zoraces gillii*), 청보리멸 (*Sillago japonica*), 주둥치 (*Leiognathus nuchalis*), 참서대 (*Cynoglossus joyneri*)의 순이었으며, 이들 7종이 총개체수의 90%를 차지하였다. 총생체량에서는 등가시치, 민태, 문치가자미 (*Limanda yokohamae*), 돛양태, 청보리멸, 참서대, 양태 (*Platycephalus indicus*)의 순이었으며, 이들이 총생체량의 70%를 차지하였다.

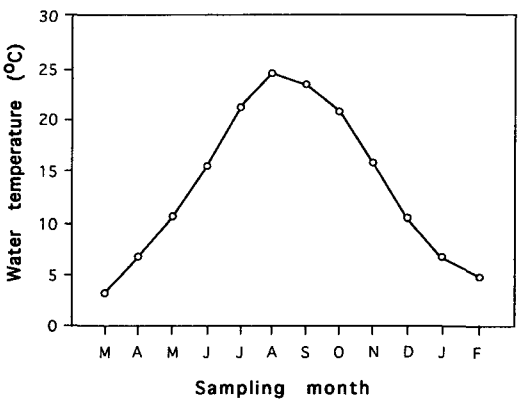

Fig. 2. Monthly fluctuation of water temperature in Chonsu Bay from March 1991 to February 1992.

조사해역의 수온은 1991년 5월 10.8℃이었으며, 8월에는 25℃ 내외이었다 (Fig. 2). 9월 이후 수온은 낮아져 11월에는 15.7℃, 1992년 2월에는 4.9℃였다.

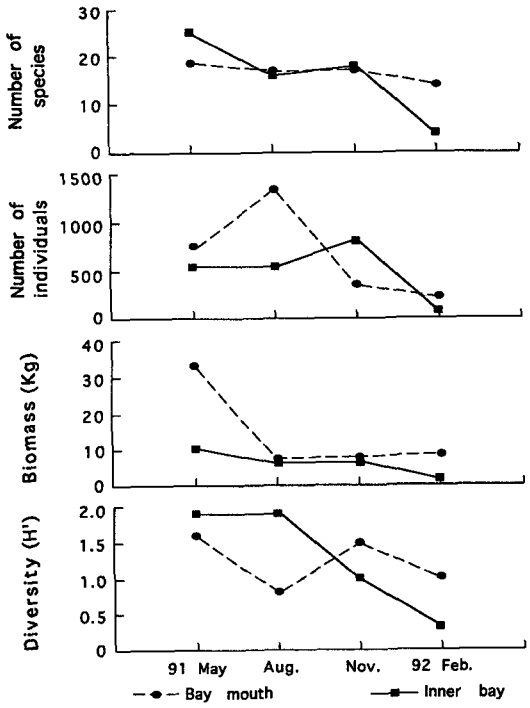

Fig. 3. Seasonal variations in number of species and individuals, biomass and diversity index of demersal fish collected by an otter trawl in Chonsu Bay from May 1991 to February 1992.

계절별 정점간의 출현종수 변화를 보면 5월에는 만입구에서 19종, 만내부에서 24종이 출현하여 총 30종으로, 조사기간 중 출현종수가 가장 많았다(Fig. 3). 이 가운데 비교적 개체수가 많은 종들은 두 정점 모두에서 출현하였고, 한 정점에만 출현한 종은 개체수가 적은 종들이었다(Table 1). 5월에 채집된 1,271마리 중 민태가 503 마리로 40%를 차지하였고, 등가시치, 돛양태, 청보리멸이 100마리 이상 채집되어 이 4종이 81%를 차지하여 우점하였다. 등가시치와 민태는 생체량에서도 각각 27%와 16%를 차지하였고, 문치가자미, 쥐노래미, 노랑가오리(*Dasyatis akajei*)는 채집 마리수는 적었으나 무게가 큰 개체가 섞여 있어서 양적으로는 비교적 많았다. 정점간에는 출현종수는 만내부에서 많았으나 개체수와 생체량은 만입구에서 많았다. 우점종의 경우 민태와 돛양태는 두 정점에서 비슷하였으나 등가시치가 만입구에서, 청보리멸은 만내부에서 많이 채집되었다.

8월에는 22종이 출현하여 5월보다 종수가 적었고 만입구와 내부에서는 각각 17종과 16종이 출현하였다. 총개체수는 조사기간 중 가장 많았는데, 이것는 멸치가 1,222마리가 잡혀 총 개체수의 66%를 차지하였기 때문이었다. 수적으로는 증가하였으나 5월에 잡혔던 크기가 큰 종이 수적으로 감소하여 생체량은 감소하였다. 5월에 우점하였던 어류 가운데 등가시치는 한 마리도 채집되지 않았고, 민태와 돛양태가 비교적 많은 양이 잡혔다. 멸치는 만입구에서는 1,116마리, 만내부에서는 106마리로 만입구에서 채집량이 많았다. 멸치는 이 해역의 우점 부어류 가운데 하나이며(Lee and Seok, 1984), 떼를 지어 다니는 어류이다.

11월에는 26종이 채집되었고, 두 정점에서 각각 17종, 18종으로 비슷하였다. 총개체수는 8월에 비하여 약간 감소하였고 생체량은 비슷하였다. 민태, 돛양태, 청보리멸은 5월 이후 계속 우점종이었고, 8월에 우점하였던 멸치는 한 마리 밖에 채집되지 않은 반면, 주둥치가 208마리가 채집되어 돛양태 다음의 우점종이었다. 정점간에는 민태는 만내부에 비하여 만입구에서 채집량이 많았고, 우점도가 높은 돛양태와 주둥치는 만내부에서 많이 채집되어 총생체량은 만내부에서 큰 값을 보였다.

2월에는 조사기간 중 가장 적은 15종이 출현하였다. 만내부에서는 4종 밖에 출현하지 않은 반면 만입구에서는 14종이 출현하였다. 봄에서 가을 사이 계속 출현하였던 종이 겨울에는 출현하지 않아, 월동을 위하여 외해나 수심이 깊은 곳으로 이동한 것으로 보인다. 봄에 우점도가 높았던 등가시치가 162마리 채집되어 개체수의 61%를 차지하였고, 돛양태도 비교적 많은 양이 채집되었다.

종다양성지수는 5월에 출현종수도 많았고 여러 우점종이 혼재하여 비교적 두 정점 모두에서 높은 값을 보였다(Fig. 3). 8월에는 만내부 정점의 다양성지수는 5월과 유사하였으나, 만입구에서는 멸치가 대량으로 채집되어 낮은 값을 보였다. 11월에 만입구에서는 5월과 유사한 높은 값을 보였으나, 만내부에서는 돛양태와 주둥치가 총개체수의 91%를 차지하여 낮은 값을 보였다. 2월에는 출현종수가 적었고, 만입구 정점에서는 등가시치의 우점도가 높아 다양성이 가장 낮았다.

1986년 자료와의 비교

종조성 : 멸치를 제외하고 본 연구기간 동안에는 총 53종, 1986년에는 42종이 출현하였다. 멸치는 봄에서 가을 사이 이 해역의 부어류 가운데 한 종으로, otter trawl에는 1991년 8월에 주로 잡혔고 만입구 정점에서 대부분이 채집되었다. 멸치는 떼를 지어 다니다 otter trawl의 날개그물에 걸린 것으로 보여, 다른 저어류와의 비교치로 이용되기는 어렵기 때문에 제외하였다. 두 조사기간 동안 출현한 멸치를 제외한 67종 가운데 28종은 두 시기 모두에 출현하였고, 본 연구에만 잡힌 종이 25종, 86년에만 잡힌 종이 14종이었다(Table 2).

Table 2. Comparison of the total number of individuals expressed as percentage of the demersal fish collected by an otter trawl excluding anchovy during the samling periods of 1991~92 and 1986. The number of seasons when the fish occurred was given in parenthesis

Species	Sampling period		Ratio between
	1991~92	1986	1991~2/1986
Repomucenus lunatus	27.84 (4)	4.54 (2)	6.13
Johnius belengerii	25.93 (3)	32.53 (3)	0.80
Zoraces gillii	13.56 (2)	14.60 (3)	0.93
Sillago Japonica	8.84 (3)	2.50 (1)	3.54
Leiognathus nuchalis	6.99 (3)	0.15 (2)	46.20
Cynoglossus joyneri	3.30 (4)	6.96 (4)	0.47
Thrissa koreana	1.91 (3)	1.51 (2)	1.26
Hexagrammos otakii	1.66 (3)	0.30 (2)	5.50
Argyrosomus argentatus	1.45 (3)	5.82 (3)	0.25
Limanda yokohamae	1.33 (3)	0.98 (3)	1.36
Platycephalus indicus	0.97 (3)	0.61 (2)	1.60
Apogon lineatus	0.48 (2)	0.61 (2)	0.80
Acanthogobius hasta	0.36 (2)	4.08 (3)	0.09
Enedrias fangi	0.27 (2)	1.36 (2)	0.20
Sardinella zunasi	0.24 (1)	0.08 (1)	3.20
Trichiurus lepturus	0.24 (1)	0.08 (1)	3.20
Acanthogobius flavimanus	0.21 (2)	0.38 (2)	0.56
Conger myriaster	0.21 (3)	0.15 (1)	1.40
Acanthopagrus schlegelii	0.15 (2)	0.15 (1)	1.00
Raja kenojei	0.12 (2)	0.15 (1)	0.80
Kareius bicoloratus	0.09 (2)	0.15 (1)	0.60
Konosirus punctatus	0.09 (1)	0.15 (1)	0.60
Chaeturichthys stigmatias	0.06 (1)	7.72 (4)	0.01
Hemitripterus villosus	0.06 (2)	0.45 (1)	0.13
Lateolabrax japonicus	0.03 (1)	0.15 (1)	0.20
Takifugy niphobles	0.03 (1)	0.08 (1)	0.40
Thrissa mystax	0.03 (1)	0.08 (1)	0.38
Tridentiger trigonocephalus	0.03 (1)	2.50 (2)	0.01
Lepidopsetta mochigarei	0.64 (1)	–	–
Syngnathus schlegeli	0.51 (3)	–	–
Pseudosciaena polyactis	0.48 (2)	–	–

Table 2. (continued)

Species	Sampling period		Ratio between
	1991~92	1986	1991~2/1986
Liparis tessellatus	0.39 (1)	–	–
Pampus argenteus	0.24 (1)	–	–
Dasyatis akajei	0.18 (1)	–	–
Zebrias fasciatus	0.15 (2)	–	–
Amblychaeturichthys hexanema	0.09 (1)	–	–
Ctenotrypauchen microcephalus	0.09 (2)	–	–
Symphurus strictus	0.09 (1)	–	–
Chirolophis japonicus	0.06 (2)	–	–
Plectorhynchus cinctus	0.06 (1)	–	–
Sphyraena obtusata	0.06 (1)	–	–
Stephanolepis cirrihifer	0.06 (1)	–	–
Tridentiger barbatus	0.06 (1)	–	–
Zebrias zebra	0.06 (2)	–	–
Careproxtus trachysoma	0.03 (1)	–	–
Cleisthenes pinetorum herzensteini	0.03 (1)	–	–
Paraplagusia japonica	0.03 (1)	–	–
Pleuronichthys cornutus	0.03 (1)	–	–
Pseudoblennius cottoides	0.03 (1)	–	–
Pseudorhombus cinnamoneus	0.03 (1)	–	–
Sebastes glaucus	0.03 (1)	–	–
Sebastes schlegeli	0.03 (1)	–	–
Thamnaconus modestus	0.03 (1)	–	–
Cryptocentrus filifer	–	8.62 (4)	
Enedrias nebulosus	–	0.45 (2)	
Favonigobius gymnauchen	–	0.38 (2)	
Verasper variegatus	–	0.38 (2)	
Nibea albiflora	–	0.23 (1)	
Sphyraena pinguis	–	0.23 (1)	
Takifugu poecilonotus	–	0.23 (2)	
Chaenogobius morarana	–	0.15 (1)	
Inimicus japonicus	–	0.15 (1)	
Collichthys lucidus	–	0.08 (1)	
Muraenesox cinereus	–	0.08 (1)	
Navodon modestus	–	0.08 (1)	
Paralichthys olivaceus	–	0.08 (1)	
Saurida elongata	–	0.08 (1)	
Total	100	100	
Number of species	53	42	

본 연구 자료의 총채집량의 순위를 기준으로 1986년 자료와 비교하였다. 이 때, 출현빈도와 채집량이 낮은 종은 채집 오차를 감안하면 그 차이를 비교하기 어렵기 때문에 두 조사 시기에 한번은 1% 이상을 차지한 종 가운데 5배 이상 차이를 보인 종만을 고려하였다. 이 방법에 의하면 돛양태, 주둥치와 쥐노래미 3종은 증가하였고, 풀망둑 (*Acanthogobius hasta*), 흰베도라치 (*Enedrias fangi*), 쉬쉬망둑 (*Chaeturichthys stigmatias*), 두줄망둑 (*Tridentiger trigonocephalus*) 및 실망둑 (*Cryptocentrus filifer*)은 감소하였다. 1991~92년 자료에서 돛양태의 각 계절 만내부 정점의 채집량을 비교하면 만 입구보다 만내부에서 많이 채집되었다 (Table 1). 이에 비하여 주중치는 정점 간에 뚜렷한 경향을 보이지 않았고, 쥐노래미는 5월에 만입구에서 다량 채집되었다. 주둥치는 1986년에 5마리가 채집되었으나, 본 조사에서는 3계절에 채집되었고 8월에 우점도가 높았다.

1986년에 비하여 증가한 어류 가운데 흰베도라치와 두줄망둑은 소형어로, 1986년에 사용한 otter trawl의 망목이 12~14 mm로 채집되었으나 1991~1992년의 otter trawl은 22~24 mm로 그물을 빠져 나간 것으로 판단된다. 풀망둑은 1986년 3월 성어가 대량 채집되었으나 본 조사에서는 10월과 2월에 소수 개체만이 채집되었다. 쉬쉬망둑은 1986년 전계절에 출현하였고 만 내부 정점에서 많이 채집되었으나 1991~92년 조사에서는 5월에 만 내부에서 2마리 만이 채집되었다. 실망둑도 1986년에는 전 계절에 출현하였고 만내부에서 채집량이 많았으나 본 조사에서는 한 개체도 채집되지 않았다.

군집구조 비교 : 두 조사 기간 동안의 조사 시기가 서로 일치하지 않아 조사 시기 간의 1 : 1 비교는 가능하지 않아, 각 조사 시기 각 정점을 독립된 표본 추출 단위 (sample unit)로 보고 종조성을 비교하였다. 이 때, 표본의 수는 1986년에 10개 (5월×2정점), 본 연구는 8개 (4계절×2정점)로 총 18개이다. 이 18개 표본에서 출현회수가 3회 이하인 종은 제외시키고, 각 표본에서 각 종의 순위를 정한 후 주성분분석을 하였다.

분석 결과 제 I, II와 III 성분축이 각각 30.6%, 17.8%와 10.9%의 분산을 내포하여, 이 세축이 총분산의 59.3%를 차지하였다. 각 평면에 투영된 PC score 값들은 대부분이 한 조사기기의 정점들은 다른 조사시기의 정점들과 분리되는 경향을 보여 한 계절 정점 간의 차이보다는 시기에 따라 종조성이 서로 다름을 알 수 있다 (Fig. 4). I 축에는 수온이 낮은 시기의 정점은 큰 양의 값을 갖고, 수온이 높은 시기의 정점은 큰 음의 값을 갖는 경향을 보였으며, II 축에는 1986년의 정점은 양의 값을 1991~92년의 정점은 음의 값을 갖는 경향을 보였다.

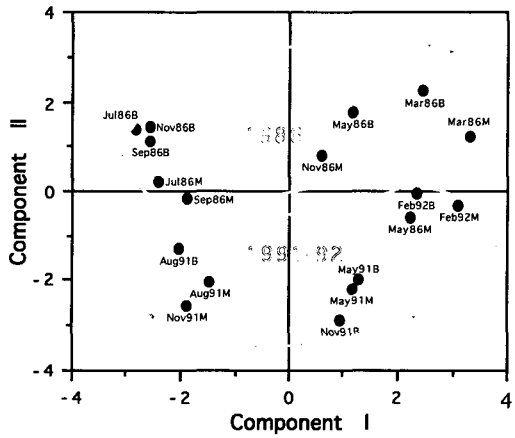

Fig. 4. Scatter diagram showing the sampling months on the I − II principle axes. They are determined by principal component analysis of fish species composition collected by an otter trawl from the stations at the bay mouth ('M') and the inner bay ('B') during the sampling periods of 1991~92 and 1986.

각 표본 단위에 가중치를 준 Eigen vectors 값을 보면, I 축에는 민태, 보구치, 곤어리 등의 수온이 높은 계절에 우점도가 높았던 회유종이 큰 음의 가중치를 보였고, 문절망둑, 풀망둑, 흰베도라치, 등가시치와 같이 수온이 낮은 계절에 우점도가 높았던 주거종이 큰 양의 값을 갖았다. 제 I 의 PC scores(y)를 수온(x)에 대하여 투영하면 다음과 같다 (Fig. 5).

$$y = 4.19 - 0.28x \quad (r^2 = 0.78)$$

즉, 제 I 축은 수온, 혹은 수온과 상관관계를 갖는 요인과 유의한 관계를 갖음을 알 수 있다.

제 II 축에 가중치를 준 Eigen vectors는, 풀망둑,

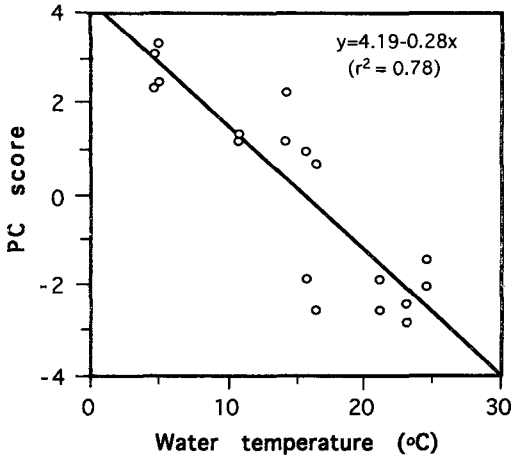

Fig. 5. A scatter diagram of the first principal component scores versus temperature. The regression was determined by a least square fit.

쉬쉬망둑, 실망둑, 보구치 등과 같이 1986년에 상대적 우점도가 높았던 종이 양의 가중치를 주었고, 주둥치, 양태, 돛양태, 청보리멸과 같이 1991~92년에 우점도가 상대적으로 높았던 종은 음의 가중치를 주었다. 따라서, 제 II 축은 1986년과 1992~93년 사이 저어류 종조성을 변화 시킨 환경 요인과 관련된 축으로 볼 수 있다.

討　　議

종조성의 계절 변화

본 연구에서 otter trawl에 채집된 어류는 해저에서 대부분의 시간을 보내는 저서어류 (benthic fish)와 해저 가까이에서 사는 반저서어류 (semi-benthic fish)가 대부분을 차지하였다. 저서어류 중 가자미목어류가 10종으로 가장 많았고, 그 다음으로는 망둑어과 어류가 7종 출현하였다. 이 이외에 등가시치, 돛양태와 양태도 많은 양이 채집되었다. 본 조사 기간 중 채집된 반저서어류는 민태, 보구치 등의 민어과 어류 (Sciani-dae), 돔류, 청보리멸 등이며, 민태와 청보리멸은 이 해역의 우점저어류 가운데 하나이다. 이들 저어류 이외에 otter trawl에는 멸치, 밴댕이, 곤어리 등의 부어류도 채집되었고, 멸치는 비교적 많은 양이 채집되었다. 이 어류는 이 해역 우점 부어류에 속하며, 봄에 이 해역으로 몰려와 산란하고 어린시기를 보낸다 (Lee and Seok, 1984). 저어류들은 그물 안으로 들어와 양망시에 그물 뒤의 자루그물 (cod end)에 몰려 있는 반면, 대부분의 부어류들은 앞 날개그물의 그물코에 꿴 상태로 채집되었다. 이 현상으로 미루어 이들은 무리를 지어 회유하던 중 우연히 그물 안으로 들어오게 되어 잡힌 것으로 보인다.

채집 기간 동안 각 계절 정점간에는 겨울을 제외하고는 출현종수도 비슷하였고, 정점간 우점종의 출현량도 여름의 멸치와 가을의 돛양태를 제외하고는 정점간 차이가 적었다. 이 2종도 다른 계절에는 큰 차이를 보이지 않았다. 한 계절에 한 정점에는 출현하고 다른 정점에는 출현하지 않은 종들은 대부분이 조사기간 동안 출현회수도 적고 소수 개체 만이 채집된 종으로 구성되어 있었다.

연구해역은 수온 등 환경의 계절변화가 큰 전형적인 온대의 내만으로 어류는 환경의 적응범위에 따른 회유 양상에 따라 회유종과 주거종으로 구분할 수 있다. 주거종은 출현종 가운데 대부분의 종편형어류와 가자미목어류가 이에 속하며, 이동 범위가 좁은 종으로 구성되어 있었다. 이들 가운데 돛양태, 참서대는 연중 계속 출현하였고 각 계절 우점도도 높아 이 해역을 대표하는 주거종이었다. 측편형인 어류 가운데에는 민태, 보구치 등과 같은 민어과 어류는 황해 남부나 동중국해에서 월동한 후 (Song, 1988; Lee and Song, 1993; 국립수산진흥원, 1985), 봄에 산란하기 위하여 내만으로 회유하여 봄에서 가을 사이 조사해역에 출현하였다. 민태는 봄에서 가을 사이 우점도가 높은 이 해역의 대표적인 회유어류이다.

전체적으로 보면 봄에서 가을 사이는 출현종수도 많았고 비교적 높은 밀도를 유지하지만 겨울에는 출현종과 생물량이 크게 감소하였다 (Fig. 3). 조사해역의 수온은 5 월에 10℃ 내외 여름에는 25℃를 상회하고, 겨울에는 5℃ 내외로 내려간다. 일차생산은 겨울에는 200mgC/m^2/day 내외로 낮고, 3월 이후 증가하여 5월에는 600mgC/m^2/day 이상의 최대값을 보이며, 여름 동안에도 500mgC/m^2/day 내외의 높은 값을 보인다 (Cho, 1988). 조사해역을 포함한 서해 중부 연안역의 자치어의 양적 변동을 보면, 12월에서 4월 사이에는 5종 내외가 출현하며 흰베도라치가 주를 이루고, 5월부터는 출현종수가 증가하여 여름에는 20종 이상

이 출현하였다 (Cha, 1986). 이 기간에 높은 개체수가 출현한 종은 부어류인 멸치와 밴댕이를 제외하면 돛양태류 (Callionymidae), 망둑어류 (Gobiidae), 참서대, 청보리멸 등으로 본 조사에서의 우점종과 유사하였다. 이상의 자료로 미루어 봄이되어 수온이 상승함에 따라 외해나 인접해역의 깊은 곳에서 월동한 어류가 내만으로 이동하며, 이 중 많은 어류들은 늦은 봄에서 여름 사이에 산란하여 이 해역의 일차생산력이 높은 시기에 어린 시기를 보내며 자라는 것으로 판단된다. 늦가을부터 수온도 내려가고 생산력도 낮에짐에 따라 회유성 어류는 월동을 위하여 외해로 회유하고 주거종도 내만보다는 수심이 깊은 외해 쪽으로 이동하는 것으로 보인다. 2월의 경우 내만에서는 4종 58개체 밖에 잡히지않은 반면, 만입구에서는 14종 106개체가 잡혀 만 내의 대부분의 어류가 외해로 이동한 것을 알 수 있다.

종조성 변화

본 연구 자료와 방조제 건설 직 후 Lee (1989)의 자료는 조사 정점은 같으나, 본 연구에서는 망목 22~24 mm인 otter trawl를 이용하여 계절별로 각 정점에서 총 60분씩 재료를 수집한 반면, Lee (1989)는 망목 12~14 mm인 otter trawl를 이용하여 격월로 각 정점 40분씩 재료를 수집하여 직접 양적 변동의 비교하기는 어렵다. 두 조사기간 동안 멸치를 제외하고 28종이 공동 출현하였다. 두 비교 자료에서 1986년에는 14종이, 본 연구에서는 25종이 한 조사 시기에만 출현하였으나, 대부분이 출현빈도와 채집량이 적은 어류로 구성되어 있었다.

두 조사시기 간의 군집구조 비교를 위하여 주성분 분석을 할 때 우발적으로 잡힌 종의 영향을 제거시키기 위하여 두 조사자료에서 출현빈도가 3회 이하인 종은 제외하였다. 주성분 분석한 결과에서 한 조사시기에서 종조성의 차이는 적었던 반면, 계절간에는 수온과 관계를 갖는 차이를 보였다 (Fig. 4). 위에서 언급한 것과 같이 조사해역의 수온의 연교차는 20℃ 이상으로 수온의 적응범위가 좁은 어류들은 외해에서 월동하고 봄이 되어 수온이 올라가고 내만의 생산력이 높아지면 내만으로 몰려와 산란하고 유어들은 내만에서 성장하면서 가을이 되면 외해로 이동한다. 이러한 계절에 따른 어류 군집 구조의 변화는 두 조사시기에 큰 차이가 없이 수온에 따라 점진적인 변화 양상을 나타내었다 (Fig. 4, 5).

저어류 군집이 계절에 따라 변하는 양상은 두 조사시기에 비슷하였지만, 두 조사시기에 같은 계절이라도 각 종의 우점도가 바뀌어 군집 구조에서 차이를 보였다 (Fig. 4). 이러한 차이는 1986년과 1991~92년의 저어류 군집구조에 영향을 미친 요인에 의하여 결정된 것으로 판단된다.

두 조사시기에 저어류 군집의 변화에 영향을 미칠 수 있는 요인은 표본의 신뢰도, 어류 자체가 갖는 연변화 요인 및 인위적 요인을 들 수 있다. 재료 수집에서 채집 면적이 증가하면 자료의 신뢰도가 높아진다. 우점하는 어류는 채집될 확율이 높아 채집 면적이 작더라도 채집되며, 채집면적 증가에 따라 종다양성 지수는 빠르게 점근선에 도달 된다. 본 연구에서는 Lee (1991)에 따라 한 정점에서 20분씩 3회 채집하였으며 이 자료는 출현회수가 적고 밀도도 낮은 어류를 제외하면 군집 구조의 분석을 위한 자료의 신뢰도에는 크게 문제가 없을 것으로 판단된다. 위의 자료 처리에서 우발적으로 채집된 종들의 영향을 줄이기 위하여 출현회수가 적은 어류는 제외하였고 두 조사 시기의 총 채집량 비교에서도 각 조사 시기에 1% 이상을 차지한 종을 대상으로 하였다. 그리고, 해에 따른 자연적 어류군집의 연변화는 가능하나 두 조사기간이 5년 사이로 큰 변화를 예상하기는 어렵다. 이에 비하여 1986년의 경우는 천수만 방조제가 건설된지 2년 후로 환경이 변하기 시작하는 시기이고 1991년은 방조제 건설에 따른 환경의 변화가 상당히 진척된 후로 볼 수 있다. 이러한 요인들을 고려하여 두 조사시기 사이에 차이를 나타낸 종의 생태를 중심으로 고찰하여 보면 다음과 같다.

두 조사 기간 동안 증가한 어류 가운데 돛양태는 1986년에는 봄 가을에 주로 출현한데 비하여, 본 조사에서는 두 정점 모두에서 전계절에 걸쳐 출현하였고, 특히 만내부에서 많이 채집되었다. 돛양태는 펄질을 선호하는 어종으로 만내부에 세립퇴적물의 증가로 인하여 생물량이 증가한 것으로 추정된다. 펄질을 선호하는 어류 가운데 총 채집량의 1%는 차지하지 않았지만 1986년 한 개체도 채집되지 않았던 참조기도 상당량 채집되었다. 그러나, 참조기와 같이 민어과에 속하는 어류인 보구치는 양적으로 감소하여 세립 퇴

적물의 증가 만으로 펄 선호 종의 증감을 일반화하기는 어렵다. 주둥치는 1981~82년 정치망 자료에는 한 마리도 채집되지 않았고 (Lee and Seok, 1984), 1986년 otter trawl에는 5마리가 채집되었을 뿐이지만 본 조사에서는 6.99%를 차지하였고 여름에는 돛양태 다음의 우점종이었다. 주둥치는 1980년대 중반까지 황해 연안역 자치어 조사에서 거의 채집되지 않았고 동해 및 남해 연안 자치어 가운데에서도 그 비중이 낮았으나 (Cha et al., 1990; Kim et al., 1985; Cha and Huh, 1988), 최근 인위적 환경 변화가 심한 진해만, 광양만 등의 해역에서 자치어 가운데 이 종의 비중이 크게 증가하였다 (Yoo et al., 1992; Cha and Park, 1994). 이 자료들로 미루어 주둥치는 인위적 연안 환경 변화에 따라 증가하는 종으로 추정되며 앞으로 연구가 요구되는 종이다. 쥐노래미는 양적으로 증가하였으나 5월에 만입구에서 42마리가 채집되어 그 비중이 높아져 뚜렷한 경향을 파악하기는 어려웠다.

양적으로 감소한 종 가운데 흰베도라치와 두줄망둑은 소형어로 두 조사시기에 사용한 그물의 망목 차이에 기인된 것으로 판단된다. 자루 그물 망목이 22 mm인 otter trawl에 12 mm인 덧그물을 씌워 천수만 입구에서 예인한 결과 대부분의 흰베도라치와 두줄망둑은 22 mm 망목은 빠져 나가 12 mm 덧그물에 채집되었다 (Lee, unpulished data). 실망둑도 조간대 가까이 천해역이 주 서식처인 종으로 그 크기로 보아 어릴 때는 24 mm 망목을 빠져 나갈 수 있는 어류이다. 그러나, 방조제 근처의 조간대 부근 천해에서 1986년과 1993년 지인망으로 조사한 결과에 의하면 (Im and Lee, 1990, Lee et al., 1995), 1986년에는 봄에서 가을 사이 비교적 많은 양이 채집되었으나 1993년에는 한 개체도 채집되지 않아 만 내의 환경 변화에 따라 감소한 종으로 추정된다. 쉬쉬망둑과 풀망둑은 비교적 대형어로 성어는 수심이 깊은 내만에 서식하는 종으로 감소 경향이 뚜렷하였다.

본 자료에서는 환경 자료가 수집되지 않아 두 조사시기 동안의 증감 경향을 나타낸 어류와 환경 변화와의 관계를 구체적으로 파악할 수는 없었다. 그러나, 각 어류의 서식 환경으로 미루어 펄질을 선호하는 어류는 증가 경향을 보이고, 조간대 가까이에서 어린 시기를 보내는 어류 가운데 일부가 감소 경향을 보였다. 이 결과는 천수만 방조제 건설 이후 해수 유동이 약하여지며 만 내부에 세립 퇴적물이 증가하였고, 방조제 내부의 부영양화된 민물이 우기에 집중 방류됨으로써 조간대 가까운 해역에 사는 일부 어류의 서식에 부적합한 환경을 조성한 데에 기인된 것으로 추정된다.

要 約

1991년 5월부터 1992년 2월 사이 천수만 입구와 만 내구에서 otter trawl을 이용하여 계절별로 저어류를 채집하여, 종조성, 양적변동 및 군집구조를 분석하고, 방조제 건설 직후의 자료와 비교하였다.

본 조사에서는 총 54종의 어류가 출현하였으며, 돛양태 (*Repomucenus lunatus*), 민태 (*Johnius belengerii*), 등가시치 (*Zoarces gilli*), 청보리멸 (*Sillago japonica*) 및 주둥치 (*Leiognathus nuchalis*)가 우점하였다. 출현종의 정점간 차이는 적었으며, 난수기인 봄에서 가을 사이 밀도가 높았고 겨울에는 낮았다. 1986년 같은 해역에서 조사된 자료와 비교한 결과 계절에 따른 종조성 변화 양상은 유사하였으나 군집구조는 차이를 보였다. 펄질을 선호하는 돛양태는 증가하였고, 주둥치는 인위적 환경 변화가 큰 천수만을 포함한 서남 연안에서 증가 경향을 보였다. 감소 경향을 보인 어류는 조간대 가까이에 사는 실망둑, 조간대 가까운 천해역에서 어린 시기를 보내는 풀망둑 등으로 방조제 건설 이후 비주기적으로 유입되는 방조제 내부의 부영양화된 밀도가 낮은 민물이 천해역 어류에 영향을 준 것으로 보인다.

謝 辭

재료 수집과 분석을 도와준 충남대학교 해양학과 황선완, 김광천, 이상훈군에게 감사드립니다. 본 연구는 한국과학재단 기초연구비 (KOSEF 911-1506-036-2)의 지원으로 수행되었음을 밝힙니다.

參 考 文 獻

Cha, S.S. 1986. A Study on the ichthyoplankton community in the mid-east coastal waters of the Yellow Sea. Ph.D. Thesis, Seoul Nat'l Univ., 176pp. (in Korean).

Cha, S.S. and K.J. Park. 1994. Distribution of the ichthyoplankton in Kwangyang Bay. Kor. J. Ichthyol., 6, 60~70 (in Korean).

Cha,S.S., J.M. Yoo and J.M. Kim. 1990. Seasonal variation of the larval fish community in the coastal waters of the mid-east Yellow Sea. J. Oceanol. Soc. Kor., 25, 96~105 (in Korean).

Cha, S.S. and S.H. Huh. 1988. Variation in abundances of ichthyoplankton in the Nakdong River estuary. Bull. Kor. Fish. Tech. Soc., 24, 135~143 (in Korean).

Cho, J.S. 1988. Primary productivity and nutrient dynamics in Chunsu Bay, Yellow Sea. MS Thesis, Inha Univ., 66pp (in Korean).

Chyung, M. K. 1977. The Fishes of Korea. Ilji-sa, Seoul, 727pp. (in Korean).

Davis, J.C. 1978. Statistical and Data Analysis in Geology. Wiley & Sons, New York, 550pp.

Gil, 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 Second International Conference on Indo-Pacific Fishes. 1986. Ichthyological Society of Japan 18, 161~168.

Hwang, S.D. 1989. Early life history of the gunnel, *Enedrias fangi*, as indicated by microstructures in otolith. MS Thesis, Chungnam Nat'l Univ., 47 pp (in Korean).

Im, Y.J. and T.W. Lee. 1990. Species composition and biology of major species of gobiid fish in Cheonsu Bay of the Yellow Sea, Korea. Kor. J. Ichthyol., 2, 182~202 (in Korean).

Kim, J.M., J.M. Yoo, H.T. Huh and S.S. Cha. 1985. Distribution of fish larvae in the Ulsan Bay and its adjacent waters. Ocean Res. (Korea), 7, 15~22 (in Korean).

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

Lee, T.W. 1989. Seasonal fluctuation in abundance and species composition of demersal fishes in Cheonsu Bay of the Yellow Sea, Korea. Bull. Korean Fish. Soc., 22, 1~8 (in Korean).

Lee, T.W. 1991. The demersal fishes of Asan Bay. I. Optimal sample size. Bull. Korean Fish. Soc., 24, 248~254 (in Korean).

Lee, T.W. and J.S. Byun. 1996. Microstructural growth in otoliths of conger eel (*Conger myriaster*) leptocephali during the metamorphic stage. Mar. Biol. (in press).

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. Kor., 19, 217~227.

Lee, T.W. and H.S. Song. 1993. Distribution, and length and age composition of *Johnius belengeri* in the coastal waters of Korea. Korean J. Ichthyol., 5, 184~193 (in Korean).

Lee, T.W., S.W. Whang, S.Y. Park, Y.R. Joe and H.J. Jeong. 1995. Alteration in community structure of the shallow-water fish in Cheonsu Bay. Bull. Fish. Res. Dev. Agency Korea, 49, 219~231 (in Korean).

Lindberg, G.U. and Z.V. Krasyukova. 1969. Fishes of the Sea of Japan and the Adjacent Areas of the Sea of Okhotsk and the Yellow Sea. Part III. Translated in English by Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, 498pp.

Lindberg, G.U. and Z.V. Krasyukova. 1989. Fishes of the Sea of Japan and the Adjacent Areas of the Sea of Okhotsk and the Yellow Sea. Part 4. Russian Translations Series, 71. Balkema/Rotterdam, 602pp.

Lindberg, G.U. and M.I. Legeza. 1965. Fishes of the Sea of Japan and the Adjacent Areas of the Sea of Okhotsk and the Yellow Sea. Part II. Trans-

lated in English by Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, 389pp.

Masuda, H.,K. Amaoka, C. Araga, T. Ueno and T. Yoshino (eds). 1984. The Fishes of the Japanese Archipelago, Text and Plates: 437pp+370 pls.

Shannon C.E. and W. Weaver. 1949. The Mathematical Theory of Communication. Illinois Univ. Press, 117pp.

Shin, M.C. and T.W. Lee. 1990. Seasonal variation in abundance and species composition of surf zone fish assemblage at Taechon sand beach, Kor. J. Oceanol. Soc. Kor., 25, 135~144 (in Korean).

Song, H.S. 1988. Age, growth and reproductive ecology of the two sciaenid fishes, *Johnius belengerii* and *Argyrosomus argentatus*, in the coastal waters of the Yellow Sea, Korea. MS Thesis, Chungnam Nat'l Univ., 87pp (in Korean).

Yamada, U., M. Tagawa, S. Kishida and K. Honjo. 1986. Fishes of the East China Sea and the Yellow Sea. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., Japan, 501 pp.

Yoo, J.M., S. Kim, E.K. Lee and J.S. Lee. 1992. The distribution of ichthyoplankton in Chinhae Bay. Ocean Res., 14, 77~87 (in Korean).

국립수산진흥원. 1985. 연근해 주요어종의 생태와 어장. 수산기술지, 14, 219pp.

김봉안.황번일.이건시 (eds.). 1970. 동지나해 황해 저서어장도. 국립수산진흥원, 105pp.

1995년 9월 4일 접수
1995년 12월 16일 수리