牙山灣 底魚類
Ⅳ. 種組成의 最近 3年間(1990~1993) 變化

李泰源・黃善晥
忠南大學校 海洋學科

The Demersal Fish of Asan Bay
Ⅳ. Temporal Variation in Species Composition from 1990 to 1993

Tae-Won LEE and Sun-Wan HWANG
Department of Oceanography, Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea

Temporal variation of demersal fish in Asan Bay was determined by analyzing seasonal samples collected by an otter trawl from November 1990 to August 1993. Of 49 species identified, *Cynoglossus joyneri, Thrissa koreana* and *Johnius belengerii* predominated in abundance, consisting of 84.7% in fish numbers and 70.5% in biomass. The number of species did not show any significant seasonal variation. Fish numbers and biomass were comparatively high in spring, summer and fall, and low in winter. Community structure, analyzed by principal component analysis using rank correlation, showed a clear seasonal trend, which seems to be related to the seasonal effects such as temperature. The number of species and their abundance in the study area were lower than those in other embayments of Korean peninsula. It seems that unstability of the sediments by tidal mixing caused this phenomenon. The total number of species decreased annually. The species of which the frequency of occurrence tends to diminish as time were mainly composed of the species which rarely occurred with low abundance.

Key words : demersal fish, estuarine fish, species composition, community analysis, Asan Bay.

서 론

서해의 내만역은 해안선의 굴곡이 심하고 세립퇴적물이 쌓여 유기물 함량이 많은 해역이다. 이 유기물 함량이 많은 세립퇴적물에는 미세조류와 소형 저서동물의 생산이 높고, 따라서 저어류의 생산도 높을 것으로 추정되지만 아직 구체적인 먹이 사슬의 에너지 흐름이나 생산력에 대한 연구는 미비한 편이다. 비교적 조사가 활발한 유럽의 경우 펄조간대에서 미세조류의 생산은 인접 조하대의 수중 생산력의 약 2배 정도이며 (Joint, 1978), 유기퇴적식자의 생산과 회전율 (P/B ratio)도 높은 편이다 (Warwick and Price, 1975). 세립퇴적물이 주를 이루는 내만은 생물 생산력이 높고 대형 포식자가 적어 많은 어류들이 산란하고 어린 시기를 보내는 곳으로 중요한 위치를 차지한다. McHugh (1976)는 미국에서 어획되는 어류의 약 70%는 하구나 내만에서 어린시기를 지내는 것으로 추정하였으며, 인접 해역 어류 군집의 생산에 중요한 곳임을 강조하였다.

황해의 단위면적당 어획 생산량은 1960년대 중반 2.72톤/km^{2}에서 1970년대 중반 3.21톤/km^{2}으로 증가하였으나, 1980년대 중반에는 0.81톤/km^{2}으로 크게 감소하였다 (김, 1989). 이 기간 중에 먹이사슬의 상부를 차지하던 유용 어류는 크게 감소하였고 이들 어류의

본 연구는 1993년도 교육부 기초과학 육성 연구비(BSRI-93-554)의 지원에 의한 것임

어획 평균체장도 감소하였다. 이것은 어업 기술의 발달과 어획노력의 증가에 의한 남획이 큰 원인인 것으로 보고있다. 한편, 1970년대 이후 한반도 서해 내만에는 산업기지의 건설 등으로 매립이 활발히 이루어지면서 성육장이 감소되고 인위적 환경 변화에 따른 연안 환경의 변화도 황해 어류 생태계에 큰 영향을 미쳤을 것으로 추정된다. 그러나 이에 대한 구체적인 연구는 미비한 실정이다.

아산만은 서해 내만 가운데 근래에 방조제 건설과 매립, 공업단지 조성이 활발히 진행되고 있는 곳으로, 천해역의 소실로 인한 서식처의 감소와 해안선의 변화로 인한 해수유동과 퇴적 작용의 변화, 그리고 공업단지 가동으로 인한 용존 물질의 증가로 인하여 연안 환경이 크게 변하고 있을 것으로 보이는 해역이다. 이러한 인위적 연안의 환경을 변화 시키는 사업을 수행할 때에는 환경처의 고시 기준에 따라 환경에 대한 전반적인 조사가 의무화되어 많은 환경 조사가 수행되었다. 그러나, 이 환경 조사는 대부분 일년의 4계절 동안 사업지역 인접 해역에서 국지적으로 이루어 지고 있다. 서해 내만역은 계절에 따른 수온의 변화가 심하여 많은 어류들이 적수온을 따라 이동하여 종조성 및 양적 변동이 계절에 따라 크게 변한다 (Lee and Seok, 1984; Lee, 1989; Lee and Kim, 1992). 특히, 연안의 환경 변화는 물리화학적 과정을 거쳐 점진적으로 해양생물에 영향을 미치고 연안생물은 일반적으로 환경 적응 범위가 넓어 환경변화 속도에 비하여 해양생물 변화 속도는 느린 편이다. 이 경우 일년 동안의 어류군집의 계절 조사는 자료의 자연변동 폭이 커서 인위적 환경 변화가 어류 군집에 미치는 영향을 분석하기 어렵다. 이를 위하여는 장기간의 조사 자료를 이용하여 먼저 자연변동 변화 경향을 파악한 후, 인위적 환경 변화가 어류군집 구조에 미치는 영향을 조사하여야 하나 이에 대한 자료는 미비한 상태이다. 본 연구에서는 1990년 11월부터 1993년 8월 사이 아산만의 2개 정점에서 계절별로 재료를 수집하여 아산만 저어류의 종조성의 계절 변동과 시간에 따른 군집구조의 변화를 분석하고, 그 변화 요인에 대하여 고찰하였다.

材料 및 方法

조사 해역 (37°00′-37°10′N, 126°30′-126°45′E)은 수심이 얕고 조류가 강하여 해수의 수직 혼합이 활발한 해역이다. 저질은 만 입구쪽 입파도 부근의 정점 1은 모래질로 채집시 수심은 10~25m 정도이며, 만 안쪽 해역인 석문 방조제 부근의 정점 2는 세립질 모래가 약간 섞인 뻘질로 채집시 수심은 10~15m 정도이다 (Fig. 1).

재료는 1990년 11월부터 1993년 8월까지 3년 동안 각 계절별 (봄: 5월, 여름: 8월, 가을: 11월, 겨울: 2월)로 10톤급의 소형어선을 이용하여 otter trawl로 채집하였다. 자연상태에서 생물은 정상분포하는 경우는 드물며, 정도의 차이는 있으나 일반적으로 무리지어 분포하며, 저어류도 대부분 이와같은 분포를 이루는 것으로 알려져 있다 (Taylor, 1953; Clark, 1974; Oviatt and Nixon, 1973; Lenarz and Adams, 1980). 아산만 저어류는 대부분 무리를 지어 분포하여 한 정점에서 출현종수 및 군집구조를 파악하기 위한 신뢰도 높은 자료를 수집하기 위하여는 otter trawl을 60분 이상 예인한 채집 재료가 요구되어(Lee, 1991), 이 결과에 따라 한 정점에서 otter trawl을 60분 (채집면적: 약

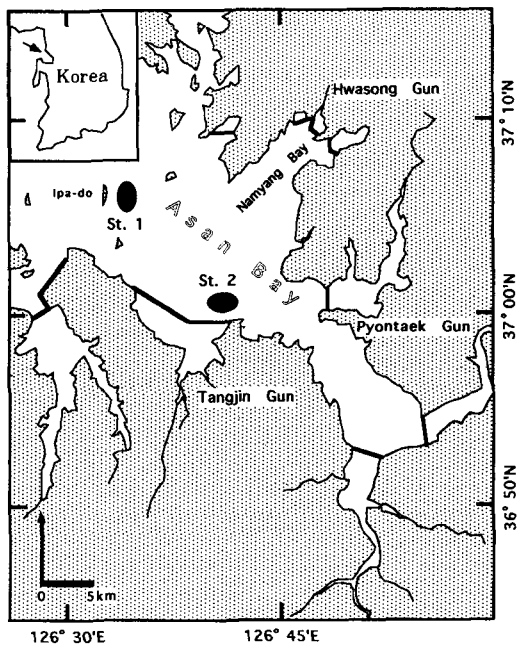

Fig. 1. Map showing the sampling sites (shaded area) of demersal fishes in Asan Bay.

9,000m²) 예인하여 저어류를 채집하였다. 또한 어류는 밤낮의 서식처가 다르고 채집기기에 대한 행동이 달라 밤낮 자료의 차이가 있을 수 있는데 (Allen and Horn, 1975; McCleave and Fried, 1975), Lee and Kim (1992)에 의하면 본 연구 해역에서 otter trawl에 채집되는 어류는 밤낮에 따라 종조성이 유의한 차이를 보이지 않아 본 연구에서는 주간에만 자료를 수집하였다. 또한, 조석에 따라 otter trawl에 잡히는 어류의 종조성이 바뀔 수 있기 때문에 재료는 사리 1~2일 후에 수집하였다.

채집에 이용된 otter trawl은 끌줄 (towing line)이 약 150m, 목줄 (ground rope)이 약 15m, 망구의 바닥줄 (bottom rope)이 약 20m, 날개그물 (wing net)이 좌우 각각 약 7.4m, 가운데 뜸에서 자루그물 (cod end) 끝까지의 길이는 약 8m이었다. 당긴 그물눈 (stretched mesh size)은 날개그물과 몸통그물이 24mm, 자루그물이 22mm이었다. 그물은 날개그물 끝으로부터 30m 앞에 부착한 0.5m×1m의 전개판 (otter board)에 의하여 예인시 그물의 입구가 벌어진다. 예인 동안 그물이 벌어지는 폭은 그물의 형태, 예인속도, 및 잡혀진 생물량 등의 복합작용으로 수시로 변하기 때문에 그 폭을 정확히 추정하기가 어렵다 (Oviatt and Nixon, 1973). 본 연구에서는 예인시 끌줄이 벌어지는 각도로부터 전개판 사이의 거리를 추정한 후, 양쪽의 전개판과 그물 끝이 삼각형을 이룬다는 가정하에 계산한 결과 예인시 망구의 폭은 3m 정도 벌어지는 것으로 추정되어 채집면적 계산 때 이 값을 이용하였다. 그물은 조류 흐름과 같은 방향으로 약 3km/hr의 속도로 예인하였다.

채집된 재료는 냉장보관하여 실험실로 운반한 후 종별 개체수와 무게를 파악하였다. 종의 동정에는 Chyung (1977), Masuda et al. (1984), Lindberg and Legeza (1965), Lindberg and Krasyukova (1969) 등을 이용하였고 학명은 Masuda et al.을 따랐다. Lee (1993 a)가 본 조사의 2개 정점을 포함한 3개 정점에서 본 연구와 같은 방법을 이용하여 1년간 계절 종조성 자료를 분석한 결과에 의하면 정점간에 종조성은 유의한 차이가 없어, 본 연구에서는 각 계절 두 정점의 종조성을 합하여 채집면적 9,000m²당으로 표시하였다.

군집구조의 계절변화를 비교하기 위하여 개체수를 대상으로 Shannon-Wiener의 종다양성지수(H')를 계산하였다 (Shannon and Weaver, 1949).

계절별 종조성의 차이를 분석하기 위하여 각 계절 자료를 한 표본 단위 (sampling unit)로 보고 주성분 분석을 하였다. 이 때에 우연히 채집된 종의 영향을 배제하기 위하여 2회 이하 출현한 종은 제외시키고, 각 표본에서 출현 개체수로 각 종의 순위를 정하고, Spearman의 rank correlation을 계산한 후 Davis (1978)의 program "PCA"를 이용하여 계산하였다.

結　　果

수온과 염분

조사기간 중 표층 수온은 겨울에 1.2~5℃로 낮은 값을 보였으며, 여름에 21.5~25℃로 높은 값을 보여 전형적인 온대 해역의 온도 변화 양상을 보였다 (Fig. 2). 최저 수온은 1991년 겨울에 만 내부 (정점 2)에서, 최대 수온은 1992년 여름에 만 내부에서 각각 1.2℃와 25℃이었다. 수온의 정점간 차이는 크지 않았다. 본

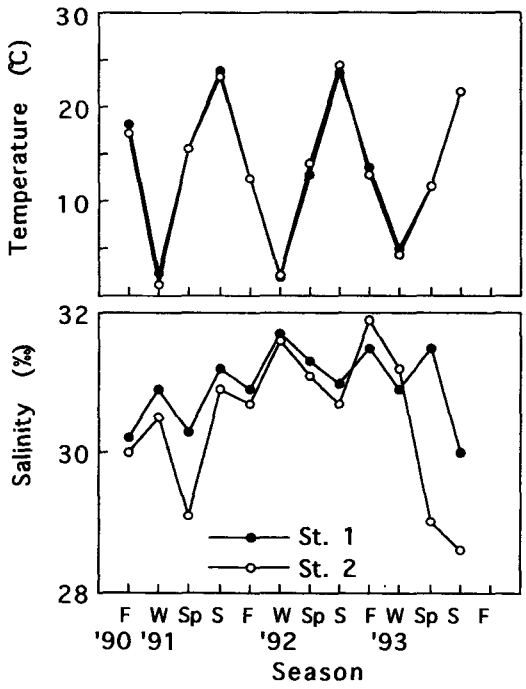

Fig. 2. Seasonal fluctuations of temperature and salinity in Asan Bay from November 1990 to August 1993.

Table 1. Comparison of annual species composition, abundance and relative abundance of demersal fishes collected by an otter trawl in Asan Bay from 1990 to 1993

Year	Abundance 1990~1991		1991~1992		1992~1993		Relative overall abundance	
Species	N	W	N	W	N	W	N(%)	W(%)
Cynoglossus joyneri	747	12367.9	709	7771.9	92	1268.2	59.04	52.94
Thrissa koreana	319	3699.2	150	1178.2	20	149.2	18.65	12.43
Johnius belengerii	130	1543.6	22	275.2	31	261.4	6.98	5.14
Zoraces gillii	40	1160.6	7	204.7	3	61.8	1.91	3.53
Repomucenus lunatus	24	125.9	5	36.6	6	41.6	1.33	0.50
Kareius bicoloratus	10	430.2	5	415.0	1	17.8	0.61	2.13
Takifugu niphobles	9	160.0	2	7.9	1	18.8	0.46	0.46
Acanthogobius hasta	8	517.5	6	271.2	2	66.8	0.61	2.12
Dasyatis akajei	6	840.8	10	431.3	1	350.3	0.65	4.01
Hexagrammos otakii	4	118.2	3	117.8	3	67.0	0.38	0.75
Raja kenojei	2	302.5	2	223.9	2	729.5	0.23	3.11
Chaeturichthys stigmatias	1	6.2	28	325.0	31	358.2	2.29	1.70
Tridentiger barbatus	1	3.3	3	14.5	2	10.4	0.23	0.07
Amblychaeturichthys hexanema	15	127.9	2	67.6			0.65	0.48
Sillago japonica	9	143.9	4	41.2			0.50	0.46
Platycephalus indicus	9	192.3	3	302.6			0.46	1.22
Sebastes schlegeli	3	101.8	3	93.3			0.23	0.48
Conger myriaster	3	129.8	1	30.5			0.15	0.40
Collichthys niveatus	3	36.9	1	12.2			0.15	0.12
Thrissa mystax	7	60.1			1	3.0	0.31	0.16
Argyrosomus argentatus	3	80.7			1	25.8	0.15	0.26
Coilia nasus	2	8.5			13	105.3	0.57	0.28
Tridentiger trigonocephalus	8	97.0					0.31	0.24
Parapercis sexfasciata	3	82.6					0.11	0.20
Konosirus punctatus	3	20.7					0.11	0.05
Hapalogenys nitens	3	107.7					0.11	0.27
Cynoglossus abbreviatus	3	10.9					0.11	0.03
Scorpaenopsis cirrhosa	3	800.0					0.11	1.98
Hypoptychus dybowskii	2	6.6					0.08	0.02
Favonigobius gymnauchen	2	0.8					0.08	0.00
Fugu vermicularis vermicularis	2	168.3					0.08	0.42
Takifugu chinensis	2	42.8					0.08	0.11
Mugil cephalus	2	20.9					0.08	0.05
Sphyraena pinguis	2	7.4					0.08	0.02
Acanthogobius flavimanus	2	6.2					0.08	0.02
Enedrias fangi	2	2.4					0.08	0.01
Repomucenus huguenini	1	5.1					0.04	0.01
Hemitripterus villosus			3	631.5	1	207.5	0.15	2.07
Leiognathus nuchalis			2	3.9	2	4.4	0.15	0.02
Sebastes inermis			1	2.0	1	42.8	0.08	0.11
Zebrias zebra			1	100.0	1	12.8	0.08	0.28
Engraulis japonicus			30	392.6			1.14	0.97
Trachidermus fasciatus			2	49.4			0.08	0.12
Limanda herzensteini			2	9.1			0.08	0.02
Ctenotrypauchen microcephalus			1	3.8			0.04	0.01
Cynoglossus semilaevis			1	37.3			0.04	0.09
Hapalogenys mucronatus			1	35.3			0.04	0.09
Apogon lineatus			1	3.1			0.04	0.01
Gobius plfaumi					1	12.0	0.04	0.03
Total	1395	23537.2	1011	13088.4	216	3814.3	100.00	100.00
No. of species	37		30		21		49	

자료에서 수온을 한 계절 1회씩 측정하여 연간 수온 차는 뚜렷하지 않으나 국립수산진흥원에서 연속 측정한 인근 해역 자료에 의하면 (국립수산진흥원, 1992, 1993), 1992년 가을과 1993년 겨울에는 평년보다 1~2 ℃ 정도 높았으며, 1993년 봄에서 여름사이에는 1~2℃ 정도 낮았다. 본 조사의 측정 결과에도 1993년 봄과 여름에 다른 조사 년도의 봄, 여름의 수온보다 낮은 값이 관찰되었다.

염분은 내만인 정점 2에서 28.6~31.6‰의 범위였으며, 만 입구인 정점 1에서 30.0~31.7‰의 변화 범위를 보여 정점 2에서 변화폭이 크게 나타났다 (Fig. 2). 조사기간 중 정점간 염분의 차이는 1993년 가을과 겨울을 제외하면 전 조사기간에 걸쳐 근소하였다. 1993년 여름에는 우기가 8월 중순까지 연장되어, 여름의 낮은 염분은 이에 기인된 것으로 보인다.

종조성

조사기간 중 조사해역에서는 7목, 28과, 49종의 어류가 동정 분류 되었다 (Table 1). 출현한 어류 가운데 농어목 (Order Perciformes)에 속하는 어류가 24종으로 가장 많았고, 횟대목 (Order Cottiformes)과 가자미목 (Order Pleuronectiformes) 어류가 각각 7종 출현하였다. 출현한 어류 가운데 참서대 (*Cynoglossus joyneri*)가 개체수에서 59.04%, 생체량에서 52.94%를 차지하여 가장 우점도가 높았다. 그 다음으로는 곤어리 (*Thrissa koreana*)가 개체수에서 18.65%, 생체량에서 12.43%를 차지하였고, 민태 (*Johnius belengerii*)가 개체수에서 6.98%, 생체량에서 5.14%를 차지하여 이 3종의 어류가 총개체수와 생체량에서 각각 84.67%와 70.51%를 차지하여 우점하였다. 나머지 어류들은 출현 빈도도 적고 출현량도 적었다.

우점종의 조사년도별 계절 변화를 보면 참서대는 겨울을 제외한 계절에 우점하였으며, 계절에 따라 13.6~93.6%를 차지하였다 (Table 2). 참서대 다음으로는 민태가 우점하는 계절 빈도가 높았으며, 곤어리는 여름에만 우점하였다. 겨울에는 위의 3종은 출현양이 적거나 출현하지 않았고, 쉬쉬망둑 (*Chaeturichthyes stigmatias*), 등가시치 (*Zoarces gillii*)와 풀망둑 (*Acanthogobius hasta*)이 해에 따라 우점하였다. 조사 연도별 출현종수는 1차 년도에 37종, 2차 년도에 30종, 그리고 3차 년도에 21종이 출현하여 해가 감에 따라 감소 경향을 보였다 (Table 1). 이들 출현종 가운데 우점어류인 참서대, 곤어리 및 민태를 포함하여, 등가시치, 돛양태 (*Repomucenus lunatus*), 돌가자미 (*Kareius bicoloratus*), 복섬 (*Takifugu niphobles*), 풀망둑, 노랑가오리 (*Dasyatis akajei*), 쥐노래미 (*Hexagrammos otakii*), 홍어 (*Raja kenojei*), 쉬쉬망둑, 아작망둑 (*Tridentiger barbatus*)의 13종은 3년 연속 출현하였다. 1차 년도에 출현한 37종 가운데 15종은 2차, 3차 년도에는 출현하지 않았으며, 2차 년도에만 출현한 종은 7종, 3차 년도에만 출현한 종은 1종이었다. 그러나, 연속 출현한 13종을 제외한 나머지 종들은 출현량이 적은 어류

Table 2. Seasonal and annual comparison of dominant demersal fishes in Asan Bay from fall 1990 to summer 1993.

Season	Year		
	1990~1991	1991~1992	1992~1993
Fall	*J. belengrii* (35.1%)	*C. joyneri* (93.6%)	*C. joyneri* (62.3%)
	C. joyneri (26.3%)	*Ch. stigmatias* (2.6%)	*Ch. stigmatias* (19.9%)
			J. belengrii (12.6%)
Winter	*Z. gillii* (26.9%)	*Ch. stigmatias* (34.3%)	*C. nasus* (46.2%)
	A. hasta (20.9%)	*A. hasta* (31.4%)	*Ch. stigmatias* (25%)
Spring	*C. joyneri* (80.5%)	*C. joyneri* (31.2%)	*C. joyneri* (57.1%)
	Z. gillii (9.2%)	*E. japonicus* (29.7%)	*J. belengrii* (28.6%)
	J. belengrii (4.3%)		
Summer	*C. joyneri* (52.8%)	*T. koreana* (82.2%)	*T. koreana* (37.5%)
	T. koreana (36.2%)	*C. joyneri* (13.6%)	*C. joyneri* (32.7%)
	J. belengrii (7.9%)		*J. belengrii* (20.2%)

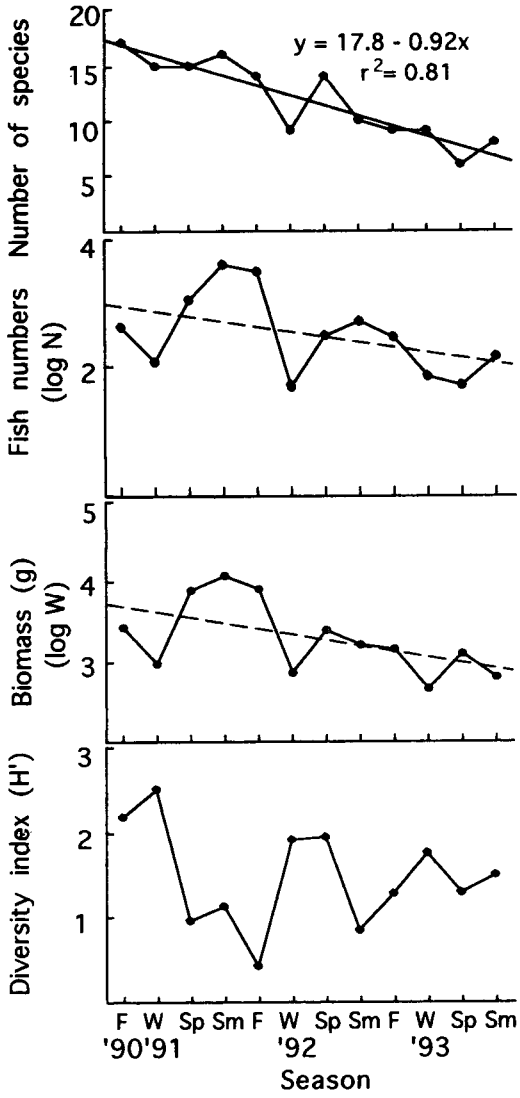

Fig. 3. Seasonal fluctuations of the number of species, fish numbers, biomass and diversity index of demersal fishes and trend analysis by a least square fit.

들이었다.

종조성의 변화

출현종수는 1990년도 가을에 17종으로 조사기간 중 가장 많았고, 1993년도 봄에 6종이 출현하여 가장 적었다 (Fig. 3). 조사시기에 따른 출현종수는 대체적으로 봄에서 가을 사이 난수기에 높았고, 겨울에 적은 경향을 보였다. 각 조사시기 (계절)의 간격을 1로 보고 1차 회귀 분석한 결과 계절(x)에 대하여 종수(y)는

$$y=17.8-0.92x\ (r^2=0.81)$$

로 표시되며, 유의한 감소 경향을 보였다 ($p<0.01$). 이것은 조사 해역에서는 조사기간 중 출현종이 각계절 0.92종 혹은 매년 약 4종 정도가 감소하였음을 의미한다.

개체수는 1991년 여름에 887개체로 최대값을 보였으며, 1992년 겨울에 24개체로 가장 낮았다. 봄철에서 가을 사이의 높은 개체수는 우점종인 참서대와 민태가 대량 출현한데 기인되었다. 참서대는 주거종이지만 겨울에는 대부분이 외해의 수심이 깊은 곳으로 이동하였다가 수온이 올라가면 내만으로 이동하여 조사해역에서 높은 밀도를 보이는 것으로 보인다. 민태는 외해에서 월동하고 봄에 산란하기 위하여 내만으로 몰려오며 그 유어들은 내만에서 가을까지 머물러 난수기에 비교적 높은 밀도를 보인다(Lee and Song, 1993). 여름에는 위의 2종 이외에 곤어리가 비교적 많은 양이 채집되었다. 곤어리는 부어류로 알려져 있지만, Lee and Kim (1992)에 의하면 곤어리는 밤에는 otter trawl에 거의 채집되지 않았고 낮에 유의하게 많이 채집되어, 낮에는 바닥 가까이에 머무는 것으로 판단된다. 개체수는 심한 계절변동을 보이며 외견상 시간에 따라 감소 경향을 보였지만, 계절변화의 폭이 커서 통계적으로 유의한 감소 경향을 보이지 않았다 ($P>0.10$).

생체량의 변화는 개체수의 변화와 같은 양상으로 봄에서 가을 사이 높았으며 겨울에 낮았다. 1991년 여름에 12,119.3g으로 최대값을 보였으며, 1993년 겨울에 463.8g으로 가장 낮았다. 시간의 변화에 따른 생체량의 대수값(y)은 계절(x)에 대하여

$$y=3.76-0.07x\ (r^2=0.31)$$

로 표시되었다. 시간에 따른 변화 (기울기)는 계절변화가 커서 위험율 10%에서 유의한 감소 경향을 보였다.

종다양성지수는 조사기간 중 0.43 (1991년 가을)에서 2.50 (1991년 겨울)의 범위를 보였으며, 계절에 따

Table 3. Eigen value, variance and cumulative variance of the components determined by principal component analysis of species compositions of demersal fish collected by an otter trawl in Asan Bay

Component	Eigen value	Variance (%)	Cumulative variance (%)
1	5.5	27.3	27.3
2	3.9	19.5	46.8
3	3.2	15.7	62.5
4	2.4	11.9	74.4
5	1.7	8.4	82.9
.	.	.	.
20	0.0	0.0	100.0

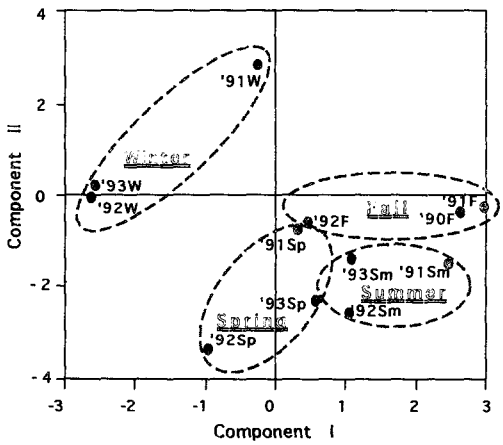

Fig. 4. Scattered diagram showing the sampling season (Sp: Spring, Sm: Summer, F: Fall, W: Winter) from 1990 to 1993 on the I-II principal axes determined by principal component analysis of species composition.

른 변화는 위의 세 요인들과는 달리, 겨울에 높은 값을 보였고 뚜렷한 계절경향을 보이지 않았다.

각 계절의 종조성을 이용하여 주성분 분석한 결과 제 I, II와 III 성분이 각각 27.3%, 19.5%와 15.7%의 분산을 내포하여, 이 세성분이 총분산의 62.5%를 차지하였다(Table 3). 구하여진 PC score 중 I-II 성분을 도시한 결과(Fig. 4), 겨울의 표본은 봄, 여름 및 가을 표본과 분리되어, 냉수기의 종조성과 봄에서 가을 사이 난수기 종조성이 서로 다름을 알 수 있다. 난수기의 표본도 서로 명확히 구분되지는 않지만 같

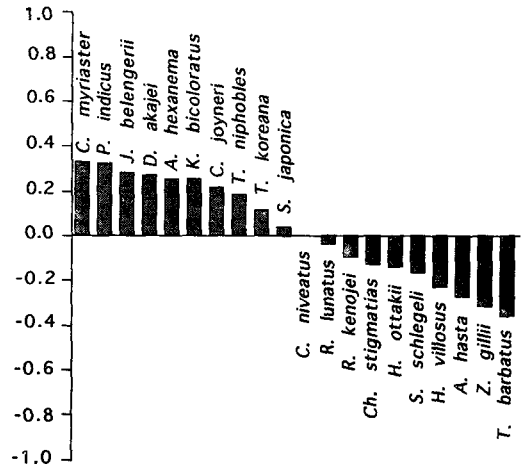

Fig. 5. Loadings of variables on the first principal component of demersal fish data in Asan Bay.

은 해의 표본은 서로 차이를 나타내어 전체적으로 보면 계절에 따라 반시계 방향으로 종조성이 점진적으로 바뀌어 가는 현상이 관찰된다.

I 축에서 각 종에 대한 가중치(Eigen vectors)는 Fig. 5와 같다. 참서대와 민태 등과 같이 봄, 여름, 가을에 우점도가 높았던 종이 큰 양의 값을 보였고, 등가시치, 풀망둑 등 겨울에 우점도가 높은 종들이

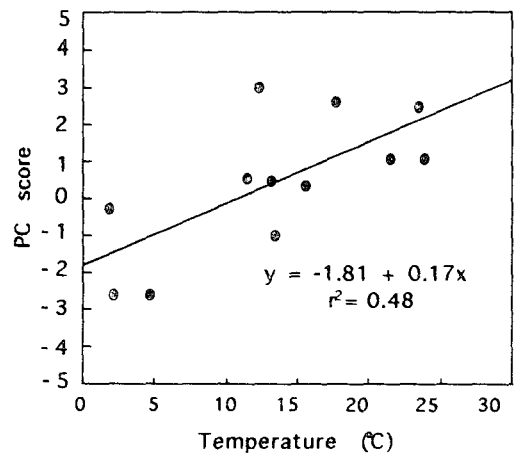

Fig. 6. Scattered diagram of the first principal component scores versus temperature. The regression was determined by a least square fit.

큰 음의 값을 가져 I 축은 수온과 관계가 있음을 알 수 있다. 제 I 축에 대한 각 표본 단위의 PC score(y)를 온도(x)에 대하여 투영한 후 1차 회귀분석하면 다음과 같다(Fig. 6).

$$y=-1.81+0.17x\ (r^2=0.48)$$

즉, 제 I 축은 수온 혹은 수온과 상관 관계를 갖는 요인과 유의한 양의 관계를 보였다($p<0.05$).

다른 해역과의 비교

한반도 연안에서 저인망(otter trawl)을 이용한 저어류 종조성에 관한 연구로는 천수만(Lee, 1989), 남해도 근해(Kwak, 1991) 등이 있고 영일만과 삼천포 해역의 연구 자료가 있다. 이들 연구와 본 연구에서 사용한 채집기기의 크기, 망목, 채집 방법에 차이가 있으나 개괄적인 경향은 비교할 수 있을 것으로 판단되어, 자료의 비교를 용이하게 하기 위하여 10,000m² 당으로 환산하여 Table 4에 정리하였다. 본 연구의 자료는 1차 년도(1990년 11월~1991년 8월), 2차 년도(1991년 11월~1992년 8월), 3차 년도(1992년 11월~1993년 8월)로 분리하여 비교 분석하였다.

출현종수는 영일만이 59종, 삼천포 근해에서 50종이 출현하였고, 남해도 근해에서는 66종이 출현하여 가

Table 4. Summary of sampling method, number of species, mean density and biomass, diversity index and dominant species of demersal fishes in different waters in Korea

Area	Youngil Bay	Off Samchonpo	Off Namhae Island
Source	Lee (unpublished)	Lee (unpublished)	Kwak (1991)
Sampling gear	Otter trawl	Otter trawl	Otter trawl
(Mesh size)	(22-24mm)	(22-24mm)	(10mm)
Sampling time	Seasonal	Seasonal	Monthly
No. of species	59	50	66
Mean density (Ind./10,000m²)	632	389	1092
Biomass (g/10,000m²)	13131.0	3799.0	8635.0
Monthly diversity index	2.00~2.54	1.63~2.12	0.04~1.53
Dominant species	*R. lunatus* (20.2%)	*L. nuchalis* (26.0%)	*S. fundicola* (14.2%)
	T. trigonocephalus (13.9%)	*T. koreana* (18.7%)	*A. Hexanema* (13.5%)
	R. huguenini (13.4%)	*R. lunatus* (14.4%)	*A. sciistius* (13.5%)
		L. tessellatus (10.9%)	*T. kammalensis* (12.9%)
			R. valenciennei (12.2%)

Area	Cheonsu Bay	Asan Bay		
Source	Lee (1989)	This study		
		1990~1991	1991~1992	1992~1993
Sampling gear	Otter trawl	Otter trawl	Otter trawl	Otter trawl
(Mesh size)	(20)	(22~24mm)	(22~24mm)	(22~24mm)
Sampling time	Bimonthly	Seasonal	Seasonal	Seasonal
No. of species	43	37	30	21
Mean density (Ind./10,000m²)	254	388	280	62
Biomass (g/10,000m²)	5249.0	6532.9	3635.7	1059.6
Monthly diversity index	0.65~0.98	0.95~2.50	0.43~2.14	1.25~1.75
Dominant species	*J. belengerii* (31.5%)	*C. joyneri* (55.4%)	*C. joyneri* (72.3%)	*C. joyneri* (45.8%)
	Z. gillii (12.8%)	*T. koreana* (23.7%)	*T. koreana* (15.1%)	*J. belengerii* (14.7%)
				Ch. stigmatias (14.7%)

장 많은 종이 출현하였다. 남해도 근해에서 이용된 otter trawl은 망목이 10mm로, 다른 연구의 20~24 mm보다 작아 다른 연구에서 채집되지 않는 작은 어류들이 채집될 수 있고 매달 조사하여 비교적 많은 종이 채집된 것으로 보인다. 본 연구에서는 1차 년도 37종, 2차년도에 30종, 3차년도에 21종이 출현하여 총 49종이 출현하였으나, 연평균 출현종수에 있어서는 30종으로 영일만, 천수만, 남해도 근해에 비해 출현종수가 비교적 적음을 알 수 있다.

해역별 밀도 분포는 남해도 근해가 1092개체, 영일만이 632개체로 높은 값을 보였고, 삼천포와 천수만에서는 각각 389개체, 254개체로 비교적 낮은 값을 보였다. 본 해역에서는 1차년도에 388개체, 2차년도에 280개체, 그리고 3차년도에는 62개체가 출현하여 조사년도에 따라 출현 개체수가 감소하였으며, 평균 243개체로 천수만과는 비슷한 밀도 분포를 보이나 영일만, 삼천포, 남해도 근해에 비하여 낮은 밀도 분포를 보였다.

생체량에 있어서는 영일만 해역이 13,131g으로 가장 높았고, 남해도 근해가 8,635g, 천수만과 삼천포 해역이 각각 5,249g, 3,799g으로 밀도 분포와 비슷한 양상을 보였다. 본 해역에서는 1차년도에 6,532.9g, 2차년도에 3,635.7g, 그리고 3차년도에는 1,059.6g으로 개체수와 마찬가지로 해에 따라 양적으로 감소하는 경향을 보였다. 평균값은 3,742.7g으로 다른 해역에 비하여 낮았다.

해역별 채집된 어류 개체수의 10% 이상 점유율을 보인 우점종은 동해 연안의 영일만에서는 돛양태과에 속하는 돛양태, 찰양태 (*Repomucenus huguenini*) 그리고 망둥어과에 속하는 두줄망둑 (*Tridentiger trigonocephalus*) 3종이 47.5%를 차지하였다. 삼천포에서는 주둥치 (*Leiognathus nuchalis*), 곤어리, 돛양태 그리고 물메기 (*Liparis tessellatus*)가 70%를 차지하였고, 남해도 근해에서는 망둥어과 (Gobiidae)에 속하는 *Suruga fundicola*, 도화망둑 (*Amblychaeturichthys hexanema*), 수염문절 (*Amblychaeturichthys sciistius*), 청멸 (*Thrissa kammalensis*), 실양태 (*Repomucenus valenciennei*) 등 5종이 개체수의 66.3%를 차지하였다. 서해 연안역인 천수만에서는 민태와 등가시치 2종이 44.3%를 차지하였고, 본 연구에서는 참서대와 곤어리가 1차, 2차년도에 각각 79.1%, 87.4%를 차지하였고, 3차년도에는 참서대, 민태, 쉬쉬망둑이 75.2%를 차지하였다.

討　　議

조사기간 동안 총 49종의 저어류가 출현하였으며 소형어가 주를 이루었다. 출현한 어류는 대부분 소형어였으며, 가자미목 어류와 망둑어류와 같이 완전 저서성이거나, 민태 등과 같이 바닥 가까이에 살며 저서동물을 먹이로 하는 어류로 구성되어 있었다 (Table 1). 멸치는 부어류로 trawl의 인망 과정에서 날개그물에 걸려 채집된 것으로 보이나 종조성에는 그대로 포함시켰다. 이들 출현종 가운데 참서대, 곤어리 및 민태의 3종이 개체수의 약 85%, 생체량의 70%를 차지하여 우점하였다. 특히, 참서대 한종이 개체수와 생체량에서 각각 50% 이상을 차지하여 단일종의 우점도가 높았다. 한반도 주변 내만에서는 해역에 따라 2~5종이 우점하며, 우점종 및 우점도는 해역에 따라 달랐다. 동남 연안역은 서해에 비하여 우점종의 수가 많고 각 종의 우점도가 상대적으로 낮은 반면, 서해 연안역은 천수만의 경우 민태가 31.5%를 차지하여 비교적 높은 값을 보였으며, 본 연구 해역인 아산만에서는 참서대가 각 해에 각각 55.4%, 72.3%와 45.8%를 차지하여 단일종에 의한 우점도가 한반도 연안역 가운데 가장 높았다. 만이나 하구와 같은 온대 천해역은 생물 생산이 높아 먹이가 풍부하고 포식자로부터 보호되지만 수온이나 염분을 비롯한 생태요인의 시공간 변화가 커서 이러한 환경에 적응한 소수종이 계절에 따라 우점하는 것으로 알려져 있다 (Allen and Horn, 1975; Allen, 1982). 아산만 해역은 참서대가 연평균 57.8%를 차지하여 다른 해역에 비해 소수종에 의한 우점도가 높은 반면, 출현종수, 생물량은 낮았다. 이것은 이 해역이 수온의 계절변화가 크고 (Fig. 2), 조류가 강하여 조류에 의한 해수의 수직 혼합이 활발하여 서식처인 해저 퇴적물이 불안정하고 (Park and Lee, 1994), 먹이 생물의 서식에 좋지 않은 환경이 형성되어 (Park, 1990; Moon et al., 1993; Lee, 1993a) 다른 해역에 비하여 저어류 밀도가 낮은 것으로 보인다.

본 연구 해역에서 전 조사기간 중 채집된 저어류의 출현종수, 개체수, 생체량은 수온이 낮은 겨울에 낮은

값을 보인 반면 난수기인 봄부터 가을 사이에 높은 값을 보였다. 이 해역의 겨울 표층 수온은 1.2℃에서 5℃의 범위를 보였으며, 봄부터 가을 사이의 표층 수온은 11.5℃에서 25℃의 범위를 보였다. 우점종인 참서대는 주거종으로 봄부터 가을 사이에 우점도가 높은 반면 겨울에는 점유율이 급격히 떨어져 수온이 낮은 겨울철에는 많은 개체가 만 밖의 수심이 깊은 곳으로 이동하는 것으로 추정된다. 민태는 봄부터 가을 사이에만 출현하고 겨울에는 전혀 출현하지 않았는데, Lee and Song (1993)에 의하면 외해에서 월동을 하고 봄이 되면서 산란 어군이 내만으로 이동하여 산란하고 어린 유어들은 가을까지 내만에서 성장하는 어류로 알려져 있다. 이와 같이 조사해역은 수온의 연변화가 커서 회유종 뿐 아니라 주거종도 계절에 따라 이동하여 저어류의 밀도가 변하는 것으로 판단된다. 이와 같은 계절변동은 다른 온대해역 어류의 연구의 결과와도 잘 일치한다 (McErlean et al., 1973; Lee and Seok, 1984; Kwak, 1991; Lee and Kim, 1992). 봄이 되면 외해에서 월동한 회유종과 주거종의 성어들이 내만으로 이동하여 늦봄에서 이른 여름사이 산란하는 것으로 보인다. 이에 따라 출현종수도 증가하고 밀도도 높아진다. 가을에는 성어의 밀도는 낮아지지만 유어가 otter trawl에 채집되기 시작하여 봄보다 밀도는 낮지만 비교적 많은 어류가 채집된다. 이와 같이 수온은 일차적으로 내만어류의 양적 변동을 좌우하며 어류의 생활사는 이 환경 리듬에 적응하여 내만의 이점을 이용하는 것으로 판단된다. 본 연구의 3년간 군집구조 변화를 보면 (Fig. 4) 계절에 따라 점진적으로 변하는 양상을 보였다. 이 변화에서 봄에서 여름, 여름에서 가을사이 변화 폭은 작고 겨울은 다른 계절과는 큰 차이를 보여 내만의 대부분 어류들은 수온이 낮아지는 겨울이 되면 월동을 위해 외해나 주변의 수심이 깊은 곳으로 이동하는 것으로 판단된다.

출현종수, 개체수, 생체량, 종다양성지수는 계절에 따라 큰 변동을 보였으며, 출현 종수는 해에 따라 유의한 감소 경향을 보였고 개체수와 생체량도 유의도는 낮았으나, 시간에 따라 감소 경향을 보였다. 이와 같은 해에 따른 감소 경향은 자연변동과 인위적 변동으로 추정해 볼 수 있다. 위에서 살펴본 것과 같이 조사해역 저어류의 출현종수와 밀도는 수온 혹은 수온과 상관 관계를 갖는 요인에 크게 좌우되어 수온의 연변동과 관계를 갖는 것으로 보인다. 1993년의 경우 봄에 다른 해에 비하여 수온이 1~2℃정도 낮았고, 여름에는 우기가 8월 중순까지 계속되어 일사량도 평년에 비하여 적었고, 수온도 2℃정도 낮았다 (국립수산진흥원, 1993). 낮은 수온과 일사량의 감소는 일차생산을 포함한 생물 생산에 영향을 주어 내만의 환경은 평년에 비하여 어류 서식에 좋지 않았을 것으로 보인다. 이러한 영향은 어류의 분포에 영향을 주어 조사해역 어류밀도를 낮추었을 가능성이 있다. 본 연구의 시계열 자료는 3년간으로 한 해의 낮은 밀도는 전체 경향에 큰 영향을 줄 수 있다. 그러나, 92년의 봄, 가을과 겨울은 수온이 1~2℃정도 높아 천수만의 부어류 연구(Lee, 1993b)에서는 가을과 겨울의 높은 수온으로 내만의 어류가 평년에 비하여 크게 증가한 양상이 관찰되었다. 그러나, 본 연구에서는 1991년에 비하여 어류의 밀도가 감소하여 수온의 영향을 일반화시키기는 어려운 것으로 보인다. 따라서, 해에 따른 출현종수의 감소와 양적 감소는 어류 자체의 장주기적인 밀도 변화에도 원인이 있을 수 있지만, 인위적 환경요인이 크게 작용하였을 것으로 판단된다. 그러나, 인위적 환경 변화가 어류에 영향을 미치기까지는 여러 과정을 거치고 여러 요인들이 복합적으로 영향을 미치기 때문에 (Harris and Pointer, 1991) 구체적인 요인을 밝히기는 어렵지만 다음과 같이 추론 할 수 있다. 아산만 인근해역에는 아산방조제, 삽교방조제 및 대호방조제가 건설되었고, 조사기간 중인 1992년 11월 석문 방조제가 완공되었다. 이러한 방조제의 건설에 따라 해양생물의 서식처의 일부가 소실되어 생물의 먹이사슬 등에 영향을 줄 수 있고, 방조제 건설 이후 비주기적인 민물의 다량 유입으로 해양생물에 충격을 줄 수 있다. 본 연구 기간 동안 조사한 물성, 영양염 및 동물 부유생물 자료를 보면 최근 아산만의 환경이 변하고 있음을 알 수 있다. 1992년 본 연구와는 별도로 조사한 물성 조사에서 갈수기의 염분은 입파도에서 30.8~31.3%, 삽교호 부근에서 30.0%로 만 전체에 큰 차이가 없었으나, 홍수기 소조에는 입파도 부근 (본 연구의 정점 1)에서 27.9~29.3%, 한진-노미각 부근(본 연구의 정점 2 부근)에서 23.5~25.7%, 삽교호 부근에서 23.4~24.0%로, 만내부에서 갈수기에 비하여 6% 정도가 낮았다 (Park, M. J., Dept. of Oceanogr. Chungnam Univ., Taejon 305-764, pers. comm.). 홍수

기의 이러한 낮은 염분은 저어류 조사기간 동안의 측정에서는 관찰되지 않아 오랫 동안 지속되지는 않는 것으로 보인다. 그러나, 방조제 내부의 민물은 부영양화 상태로, 홍수기에 일시적으로 많은 양이 방출되어 해양생물에게 충격을 줄 수 있을 것으로 보인다. 영양염의 경우 (Moon, C. H. and S. Y. Lee, Dept. of Oceanogr. Pusan Fish. Univ., Pusan 608-737, pers. comm.), 질산염의 농도가 조사 기간 동안 계속 증가 경향을 보였고, 같은 기간동안 조사한 동물부유생물 자료에서도 만내부와 만입구 정점간의 종조성의 차이가 커지고 있음이 관찰되었다 (Choi and Park, 1993). 이와 같은 결과에서 아산만의 환경은 인위적 요인에 의하여 변하여 가고 있음을 알 수 있다. 천수만에서 Lee (1993b)에 의하여 방조제 건설이 저어류군집에 미친 영향 연구에 의하면 otter trawl에 채집되는 어류 가운데 일정 시기를 조간대 가까이에서 보내는 어류가 수적으로 감소하거나 거의 출현하지 않는 것이 관찰되었다. 민물은 밀도가 낮아 혼합될 때까지 표층 가까이에 머물며, 특히, 간조 때에는 조간대 부근 천해역에 영향을 주는 것으로 추정하였다. 본 연구의 결과에서 비교적 우점도가 높은 어류는 해에 따라 출현 빈도에서 큰 차이를 보이지 않으나 출현빈도가 낮고 출현 개체수도 적은 어류의 종수가 감소하였다 (Table 2). 이런 종류의 어류들 가운데에는 염분, 온도 등의 내구범위의 한계점 가까이에 서식하여 환경이 조금만 바뀌어도 내구 범위를 벗어나 조사해역에 더 이상 살 수 없을 가능성이 있다. 조사기간이 짧아 출현종의 감소는 해에 따른 장주기 변화로도 볼 수 있지만, 환경에 민감하거나 환경 적응범위 한계 가까이에 서식하였던 종류가 인위적 환경 변화로 인하여 만내에 더 이상 살 수 없게 된 데에도 그 원인이 있을 것으로 보인다.

要　　約

1990년 11월에서 1993년 8월 사이 아산만에서 소형 otter trawl을 이용하여 계절별로 저어류를 채집하여 시간에 따른 종조성의 변화를 분석하였다. 조사 기간 동안 49종의 어류가 출현하였으며, 그 가운데 참서대 (*Cynoglossus joyneri*), 곤어리 (*Thrissa koreana*)와 민태 (*Johnius belengerii*)가 우점하여, 전 채집 개체수의 84.7%, 전채집량의 70.5%를 차지하였다. 출현종수는 뚜렷한 계절변화를 보이지 않았으나, 개체수와 생체량은 봄에서 가을 사이의 난수기에 높고 겨울에는 낮은 값을 보였다. 각 계절 채집된 어류의 순위를 이용하여 주성분분석한 결과, 정점간의 차이는 적었으나 계절에 따른 경향을 나타내어 조사 해역 저어류의 종조성은 수온이나 혹은 수온과 비슷한 경향을 보이는 요인에 의하여 결정되는 것으로 보인다. 아산만 저어류는 한반도 주변 다른 내만역에 비하여 출현종수 및 생물량이 적었으며, 이것은 조류에 의한 해수 혼합이 활발하여 서식처인 해저퇴적물이 불안정한데 기인된 것으로 판단된다. 출현종수는 해에 따라 유의한 감소 경향을 보였으며, 감소하는 종은 출현빈도가 낮고 채집량도 적은 종들로 구성되어 있었다. 이 종들은 환경의 내구범위 한계에 서식하여 왔으나, 최근의 인위적 환경 변화로 인하여 내구범위를 벗어나 더 이상 만 내에서 살 수 없게 된 것으로 추정된다.

謝　　辭

재료 수집과 분석을 도와준 충남대학교 해양학과 김광천, 이상운군, 조수남 선장, 그리고 미발표 자료를 이용하게 하여준 문창호, 박문진 교수에게 감사 드립니다.

參 考 文 獻

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

Allen, L. G. and M. H. Horn. 1975. Abundance, diversity and seasonality of fishes in Colorado Lagoon, Alamitos Bay, California. Estuar. Coast. Mar. Sci., 3, 371~380.

Choi, K. H. and C. Park. 1993. Seasonal fluctuation of zooplankton community in Asan Bay, Korea. Bull. Kor. Fish. Soc., 26, 424~437.

Clark, S. H. 1974. A study of variation in trawl data collected in Everglades National Park, Florida. Trans. Am. Fish. Soc., 103, 777~785.

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

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

Harris, A. N. and I. R. Pointer. 1991. Changes in species composition of demersal fish fauna of Southeast Gulf of Carpentaria, Australia, after 20 years of fishing. Mar. Biol., 111, 503~519.

Joint, I. R. 1978. Microbial production of an estuarine mudflat. Estuar. Coast. Mar. Sci., 7, 185~195.

Kwak, S. N. 1991. A study on the fish community of the coastal water off Namhae Island. MS Thesis, National Fisheries University of Pusan, 62pp. (in Koeran)

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

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

Lee, T. W. 1993a. The demersal fishes of Asan Bay. III. Spatial variation in abundance and species composition. Bull. Kor. Fish. Soc., 26, 438~445. (in Korean)

Lee, T. W. 1993b. Factors affecting the fish community after constrcuction of the dike in Cheonsu Bay. KOSEF Rep. 911-1506-036-2, 45 pp. (in Korean)

Lee, T. W. and G. C. Kim. 1992. The demersal fishes of Asan Bay. II. Diurnal and seasonal variation in abundance and species compositon. Bull. Kor. Fish. Soc., 25, 103~114. (in Korean)

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.

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

Lenarz, W. H. and P. B. Adams. 1980. Some statistical considerations of the design of trawl survey for rockfish (Scopaenidae). Fish. Bull. U.S., 78, 659~674.

Lindberg, G. U. and M. I. Legeza. 1965. Fishes of the Sea of Japan and the Adjacent Areas of Sea of Okhotsk and the Yellow Sea. Part II. Translated in English by Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, 389pp.

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

Masuda, H., K. Amaoka., C. Araga., T. Ueno. and T. Yoshino (eds). 1984. The Fishes of the Japanese Archipelago. Tokai Univ. Press, Japan, 437 pp+370 plates.

McCleave, J. D. and S. M. Fried. 1975. Nighttime catches of fishes in a tidal cove in Montsweag Bay near Wiscasset, Maine. Trans. Am. Fish. Soc., 104, 30~34.

McErlean, A. J., S. G. O'Connor., J. A. Mihursky., and C. I. Gibson. 1973. Abundance, diversity and seasonal patterns of estuarine fish populations. Estuar. Coast. Mar. Sci., 1, 19~36.

McHugh, J. L. 1976. Estuarine fisheries: are they doomed? In Estuarine Prosses, Vol. 1, M. Wiley, ed. Academic Press, New York, pp.15~27.

Moon, C. H., C. Park and S. Y. Lee. 1993. Nutrients and particulated organic matter in Asan Bay. Bull. Kor. Fish. Soc., 26, 144~149. (in Korean)

Oviatt, C. A. and S. W. Nixon. 1973. The demersal fishes of Narrangasett Bay: an analysis of community structure, distribution and abundance. Estuar. Coast. Mar. Sic., 1, 361~378.

Park, C. 1990. Day-night differences in zooplankton

catches in coastal area of active tidal mixing. J. Oceanol. Soc. Korea, 25, 151~159.

Park, S. C. and S. D. Lee. 1994. Depositional patterns of sand ridges in tide-dominated shallow water environments: Yellow Sea coast and South Sea of Korea. Mar. Geol., 120, 89~103.

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

Taylor, C. C. 1953. Nature of variability in trawl catches. Fish Bull. U.S., 76, 617~627.

Warwick, R. M. and R. Price. 1975. Macrofauna production on an estuarine mudflat. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 55, 1~18.

국립수산진흥원. 1992, 1993. 해.어황 주보, 국립수산진흥원.

김용문. 1989. 연근해 어업 자원의 동향. 1989년 한국수산학회 추계 심포지움, 16~25.

1994년 11월 29일 접수
1995년 1월 7일 수리