

강화도 갯벌 천해의 건간망 어획 어류의 계절 변동

황선완 · 김종관¹ · 이태원*

충남대학교 해양학과, ¹한국해양연구원 생태환경연구부

Seasonal Variation of Fish Catch Using a Fence Net in the Shallow Tidal Flat off Ganghwado, Korea

Sun Wan HWANG, Chong Kwan KIM¹ and Tae Won LEE*

Department of Oceanography, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

¹Eco-Environment Research Laboratory, Korea Ocean Research and Development Institute, Ansan 425-600, Korea

Seasonal variation of the fishery resource in the shallow waters of Ganghwado tidal flat was investigated using monthly collected samples with a fence net from June 1998 to May 1999. Thirty-six species were found, including 27 fish species, 6 crustaceans, and 3 molluscs. Of the fish, *Konosirus punctatus*, *Sardinella zunasi*, *Liza haematocheila* and *Synechogobius hasta* dominated in the number of individuals (92.1%) and in biomass (94.5%). A few number of resident species, such as *L. haematocheila* and *S. hasta*, were collected only during the cold months. As the water temperature increased in the spring, the adult migratory fish, such as *K. punctatus* and *S. zunasi*, were collected. In the summer, the juvenile fish recruited in the shallow water showing a peak in fish abundance. The data suggested that they grew until late autumn before moving to deeper waters for over-wintering. The principal component analysis showed that the seasonal variation in species composition was principally determined by water temperature and/or water temperature related factors. The species composition of the fish assemblage in the study area suggested that these species are highly adapted to extreme seasonal temperature variation and high water turbidity.

Key words: Fish species composition, Fence net, Tidal flat, Korean fish

서론

갯벌 천해는 인접 육지로부터 공급되는 유기물이 세립퇴적물에 흡착되어 유기물 함량이 높다. 이 유기물은 세균에 의해 분해 되면서 영양염이 물속에 확산되어 주변해역 일차생산을 증대 시키고, 퇴적물 내에는 이 유기물을 이용하여 많은 저서 무척추동물들이 서식 한다 (Brey, 1991). 이렇게 갯벌 천해는 생물 생산력이 높고 먹이가 풍부하여 많은 유용 수산생물이 산란장과 보육장으로 이용하여 계절에 따라 높은 생물량을 보인다 (Tyler, 1971; Lee and Seok, 1984). 갯벌은 육지로부터 유입된 오염원을 정화시키는 자정능력이 우수한 편이고 자연 재해를 저감시키며, 심미적 가치를 생산하는 등 다양한 기능과 가치가 있음이 확인되면서 근래에 갯벌의 가치와 중요성이 새롭게 인식되고 있다. 그러나 천해 갯벌은 조석에 따라 주기적으로 대기에 노출됨으로써 수온과 염분 등 환경변화가 커서 이에 적응한 소수 종이 우점 한다 (Allen, 1982; Ayvazian and Hyndes, 1995).

강화도 남단은 조차가 4-8 m 정도이고, 갯벌의 폭이 최대 6 km 정도이며, 저질의 평균 입도는 5.5-6.5 ϕ 의 펄질이다 (KORDI, 1999). 배후에는 갈대, 지체, 칠면초 등 염생식물이 군락을 이루고 있으며, 이들의 사체는 갯벌 생태계에서 중요한 영양원 또는 먹이원이 되기 때문에 (KORDI, 1998), 어

업 자원이 풍부하여 어업 활동이 활발한 곳이었다. 그러나 최근 인천국제공항 건설, 송도신도시 건설, LNG 인수기지 건설, 신공항연육도로 건설, 시화방조제 건설 등 대규모 토목 공사가 이루어지면서, 갯벌 천해역이 간척되어 해양생물들의 서식처가 상당 부분 소실되었고 또 주변 해양환경 및 생태계가 변하고 있어 이에 대한 평가가 필요하다 (Lee et al., 1998).

서해 연안에서 간척사업에 따른 환경 변화가 어류에 미치는 영향에 대해서는 아산만과 천수만 등에서 연구되었다. 아산만 해역의 경우, 방조제 건설 후 어류의 출현 종수, 개체수 및 생체량이 해에 따라 감소 경향을 보였으며, 천수만에서는 방조제 건설 전에는 모래였던 조간대에 공사 후 세립화되면서 모래질을 선호하는 어류는 감소하거나 사라진 반면에 펄질을 선호하는 어류는 증가하거나 새로이 출현한 현상을 보였다 (Lee and Hwang, 1995; Lee et al., 1997a). 그러나 아직 강화도 갯벌을 이용하는 어류에 대한 구체적인 연구는 거의 없다.

본 연구는 강화도 남단 갯벌 천해에서 건간망 (fence net) 어획물의 종조성을 파악하고, 어류 종조성의 계절 변동을 분석하였다.

재료 및 방법

자료는 강화도 남단 갯벌에 설치한 건간망으로부터 1998년 6월부터 1999년 5월 사이 각 월의 그믐사리 때 하루 어획물을 채집하였다 (Fig. 1). 조사 기간 중 1998년 12월, 1999년 1월,

*Corresponding author: twlee@cnu.ac.kr

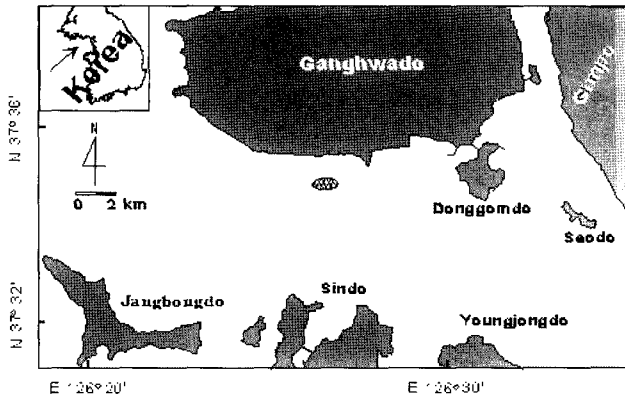


Fig. 1. Map showing the location of sampling site (hatched area) at the shallow tidal flat off Ganghwado. Light shaded areas indicate the tidal flat.

2월에는 유빙 때문에 조업하지 않아 자료를 수집하지 못하였다. 건간망은 길이 약 1.2 km, 높이 2 m, 망목 (stretched mesh size)은 울타리 그물이 16 mm, 함정 그물이 14 mm 이었다. 어구는 3-4 m 간격 마다 지지목으로 고정시켰고, 썰물을 따라 내려가는 어류가 모이도록 울타리 그물의 중간 4곳에 함정 그물이 설치되어 있었다. 이 어구는 밀물 때 조류를 따라 들어온 생물이 썰물 때 함정 그물에 갇히면 간조 때 어획한다. 채집된 어획물은 현장에서 10% 중성포르말린 용액으로 고정하여 실험실로 운반한 후 종을 동정하고 종별 개체수와 생체

량을 파악하였다. 어류의 동정에는 Lindberg and Legeza (1965), Lindberg and Krasnyukova (1969, 1989), Chyung (1977), Masuda et al. (1984) 등을 이용하였으며, 학명은 Masuda et al. (1984)을 따랐다. 어획물의 대부분은 어류였고 건간망의 주 어획 대상이 어류임을 고려하여, 무척추동물은 종 조성만을 기술하였고, 자료 분석에는 어류를 대상으로 하였다.

조사 기간 동안 어류의 다양성 변화를 파악하기 위하여 월별 채집된 종별 개체수를 기준으로 종 다양도지수 (Shannon and Weaver, 1949)를 계산하였다. 출현종간 유사성은 조사 기간 동안 2회 이상 출현한 종을 대상으로 Jaccard의 유사도 지수 (J)를 이용하여 수상도를 작성하였다 (Ludwig and Reynolds, 1988). 월별 군집구조 변화는 주성분분석 (principal component analysis)으로 분석하였다. 이 때, 각 월의 자료를 독립된 표본 단위 (sampling unit)로 하여 3회 이상 출현한 종만을 대상으로 Spearman's rank correlation을 계산한 후 Davis (1978)의 Program "PCA"를 일부 변형하여 계산하였다.

결 과

종조성

조사 기간 중 건간망에 어획된 수산생물은 총 36종이었으며, 총 개체수는 9,321마리, 총 생체량은 81,277.9 g 이었다 (Appendix 1). 이 어획물 중에는 어류가 27종 (75%), 5,307마리 (56.9%), 65,898.9 g (81.1%), 갑각류가 6종 (16.7%), 2,589마리

Table 1. Species composition of fishes caught with a fence net at the shallow tidal flat off Ganghwado from June 1998 to May 1999

Species	Total		Relative abundance (%)	
	Number of individuals	Biomass (g)	Number of individuals	Biomass (g)
<i>Konosirus punctatus</i>	2,499	7,756.9	47.09	11.77
<i>Sardinella zunasi</i>	1,214	5,210.5	22.88	7.91
<i>Synechogobius hasta</i>	1,032	40,680.1	19.45	61.73
<i>Liza haematocheila</i>	144	8,607.8	2.71	13.06
<i>Taenioides rubicundus</i>	106	2,278.6	2.00	3.46
<i>Acanthogobius elongata</i>	64	114.7	1.21	0.17
<i>Chaenogobius mororanus</i>	63	148.9	1.19	0.23
<i>Thyssa kammalensis</i>	35	225.1	0.66	0.34
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	29	46.4	0.55	0.07
<i>Thyssa adalae</i>	26	188.8	0.49	0.29
<i>Takifugu obscurus</i>	25	273.2	0.47	0.41
<i>Luciogobius guttatus</i>	19	45.8	0.36	0.07
<i>Tridentiger trionocephalus</i>	9	36.1	0.17	0.05
<i>Leiognathus nuchalis</i>	9	7.2	0.17	0.01
<i>Sebastes schlegeli</i>	6	6.1	0.11	0.01
<i>Hyporhamphus sajori</i>	5	39.5	0.09	0.06
<i>Coilia nasus</i>	4	125.7	0.08	0.19
<i>Trachidermus fasciatus</i>	3	27.7	0.06	0.04
<i>Enedrias fangi</i>	3	14.6	0.06	0.02
<i>Hyporhamphus intermedius</i>	2	8.5	0.04	0.01
<i>Acentrogobius pellidebilis</i>	2	6.1	0.04	0.01
<i>Pleurogrammus azonus</i>	2	3.7	0.04	0.01
<i>Favonigobius gymnauchen</i>	2	2.9	0.04	0.00
<i>Tridentiger barbatus</i>	1	21.0	0.02	0.03
<i>Sillago japonica</i>	1	13.2	0.02	0.02
<i>Collichthys lucidus</i>	1	4.9	0.02	0.01
<i>Coilia mystus</i>	1	4.7	0.02	0.01
Total	5,307	65,898.9	100.00	100.00

(27.8%), 12,731.5 g (12.1%), 연체류가 3종 (8.3%), 1,425마리 (15.3%), 2,647.4 g (3.3%)이었다. 채집된 어류 가운데, 망둑어아목 (Gobioidae) 어류가 9종, 청어목 (Clupeiformes) 어류가 6종으로, 이 두 분류군이 전체의 반 이상을 차지하였다 (Table 1). 개체수에서는 전어 (*Konosirus punctatus*, 47.1%)가 가장 많았고, 다음으로는 밴댕이 (*Sardinella zunasi*, 22.9%), 풀망둑 (*Synechogobius hasta*, 19.5%), 가숭어 (*Liza haematocheila*, 2.7%) 순으로 어획량이 높았다. 생체량에서는 개체수에서는 적었으나 체중이 큰 개체들이 많이 채집된 풀망둑이 61.7%로 최우점하였다. 다음으로는 6월부터 9월 사이에 대형 개체들이 채집된 가숭어 (13.1%), 전어 (11.8%), 밴댕이 (7.9%)의 순이었다.

계절 변동

수온은 조사 기간 중 7월에 25.4°C로 가장 높았고, 그 이후 낮아져 11월에는 10.7°C이었으며 3월에 6.8°C로 가장 낮았고 4월부터 상승하였다 (Fig. 2). 출현 종수는 6월에 10종이 출현

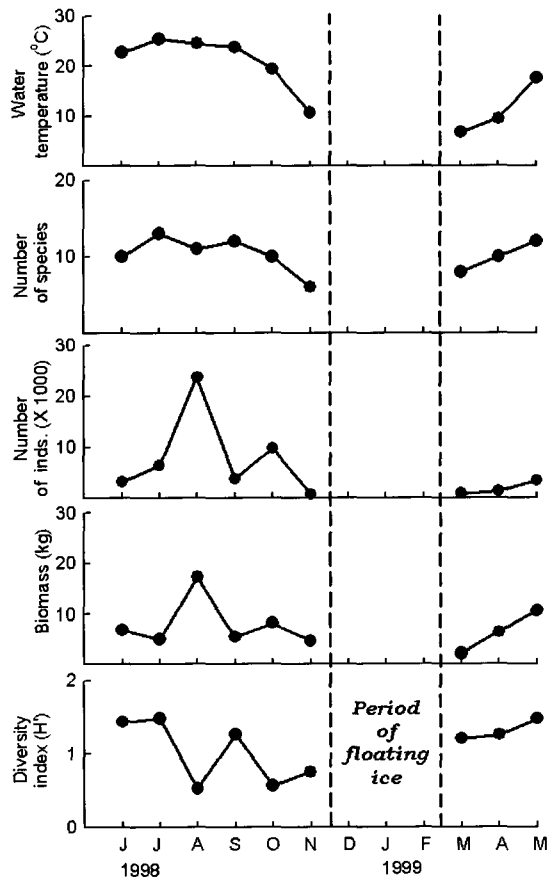


Fig. 2. Monthly variations in water temperature (°C), number of species, number of individuals, biomass (kg) and diversity index (H') of the fish caught with a fence net at the shallow tidal flat off Ganghwado, Korea from June 1998 to May 1999.

하였고 수온이 높았던 7월에서 9월 사이 11-13종이었으며,

10월 이후 수온이 낮아지며 감소하여 11월에는 6종 밖에 채집되지 않았다. 3월에는 8종이 채집되었으며 4월부터 증가하여 5월에는 12종이 채집되었다. 개체수는 6월에 318마리에서 증가하기 시작하여 8월에 2,381마리로 가장 많았고 11월에 가장 적은 76마리가 채집되었다. 다음해 3월에는 77마리에서 수온이 상승한 5월에는 335마리로 증가하였다. 생체량도 개체수와 비슷한 계절 변동을 보여, 8월에 17,182.7 g이 채집되어 가장 많았고 3월에 가장 적은 2,081.3 g이 채집되었다. 종 다양도지수는 8월에는 전어, 10월에는 밴댕이, 11월에는 풀망둑이 대량 출현하여 낮았고, 다른 달에는 1.2-1.5의 범위를 보였다.

우점종의 변화를 알아보기 위하여 조사 시기별 표본에서 개체수와 생체량에서 10% 이상 차지한 종을 정리하였다 (Table 2). Table 2에서 조사 해역의 주요 어종은 풀망둑, 전어, 밴댕이, 가숭어, 개소갱 (*Taenioides rubicundus*) 및 미끈날망둑 (*Luciogobius guttatus*) 등 6종으로 우점종과 점유율은 시간(월)에 따라 변함을 알 수 있었다. 조사 시기별 최우점종의 점유율을 보면, 개체수에서는 40.3-86.8%의 범위를, 생체량에서는 52.8-95.3%의 범위를 차지한 것으로 나타나 소수 종에 의한 우점도가 높았다. 풀망둑은 거의 전 조사 시기에 우점종이었으며, 개체수에서는 7월에서 10월을 제외한 조사 시기에 최우점하였으며 생체량에서는 6월을 제외한 조사 시기에 최우점하였다. 전어는 7월과 8월에 많은 개체가 채집되어 개체수의 최우점종이었었지만 대부분 유어들로 구성되어 생체량은 적었다. 9월과 10월에 많은 개체가 채집된 밴댕이도 개체수에서는 최우점종이었으나 전어와 마찬가지로 대부분 어린 개체들로 구성되어 같은 달 생체량은 적었다.

중간 출현시기의 유사성

조사 기간 동안 건간만에 어획된 어류 27종 가운데 2회 이상 출현한 18종을 대상으로 Jaccard 유사도 지수를 계산한 결과, 유사도 0.6 수준에서 두 무리가 구분되었다 (Fig. 3). 무리 'A'는 풀망둑, 얼룩망둑 (*Chaenogobius moroanus*), 가숭어, 개소갱 등 4종으로 이 종들은 조사 기간 동안 거의 지속적으로 출현한 종들로서 조사 지역의 주거종 (resident species)으로 판단된다.

무리 'B'는 4월부터 10월 사이에 출현한 전어, 풀반댕이 (*Thryssa adelae*), 밴댕이, 황복 (*Takifugu obscurus*), 청멸 (*Thryssa kammalensis*) 등 주로 초여름부터 가을 사이의 수온이 높은 시기에 출현한 종들로 구성되었다. 이 종들은 수온이 낮은 계절에는 외해나 수심이 깊은 곳에서 월동을 한 후, 봄이 되어 수온이 상승하면서 산란, 보육, 섭이의 목적으로 연안의 천해역으로 몰려와 생활하다가 성장 단계에 따라 외해로 이동하는 종들이었다.

군집구조

월별 종조성 자료를 주성분분석을 한 결과, 제 I, 제 II 성분이 총 분산의 32.9%, 17.5%를 차지하여 이 두 성분이 총 분산의 50.4%를 차지하였다 (Table 3). 제 I, 제 II 주성분 축에 투영한

Table 2. Monthly comparison of dominant species in terms of number of individuals and biomass caught with a fence net at the shallow tidal flat off Ganghwado from June 1998 to May 1999

Year	Month	Number of individuals	%	Biomass (g)	%
1998	June	<i>Synechogobius hasta</i>	45.6	<i>Liza haematocheila</i>	63.4
		<i>Sardinella zunasi</i>	32.7	<i>Sardinella zunasi</i>	17.8
	July	<i>Konosirus punctatus</i>	49.5	<i>Synechogobius hasta</i>	55.3
		<i>Synechogobius hasta</i>	28.6	<i>Liza haematocheila</i>	18.4
				<i>Konosirus punctatus</i>	12.8
	Aug.	<i>Konosirus punctatus</i>	85.9	<i>Synechogobius hasta</i>	74.9
<i>Synechogobius hasta</i>		11.3	<i>Konosirus punctatus</i>	20.0	
Sep.	<i>Sardinella zunasi</i>	65.3	<i>Synechogobius hasta</i>	56.3	
	<i>Synechogobius hasta</i>	11.9	<i>Liza haematocheila</i>	18.9	
			<i>Sardinella zunasi</i>	17.6	
Oct.	<i>Sardinella zunasi</i>	86.8	<i>Synechogobius hasta</i>	52.8	
			<i>Sardinella zunasi</i>	36.0	
Nov.	<i>Synechogobius hasta</i>	78.9	<i>Synechogobius hasta</i>	77.7	
	<i>Liza haematocheila</i>	13.2	<i>Liza haematocheila</i>	21.6	
1999	Mar.	<i>Synechogobius hasta</i>	59.7	<i>Synechogobius hasta</i>	95.3
		<i>Luciogobius guttatus</i>	24.7		
	Apr.	<i>Synechogobius hasta</i>	65.6	<i>Synechogobius hasta</i>	86.3
<i>Liza haematocheila</i>		13.6			
May	<i>Synechogobius hasta</i>	40.3	<i>Synechogobius hasta</i>	55.9	
	<i>Taenioiodes rubicundus</i>	26.9	<i>Konosirus punctatus</i>	24.8	
	<i>Konosirus punctatus</i>	21.8	<i>Taenioiodes rubicundus</i>	17.1	

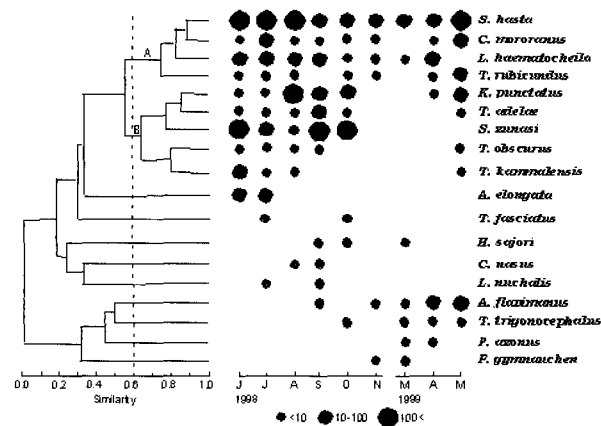


Fig. 3. Cluster analysis of the species association of fishes caught with a fence net at the shallow tidal flat off Ganghwado, based on Jaccard's index of similarity. Circles indicate the monthly abundance.

채집 월의 PC score는 제 I 성분 축에서 6월에서 9월의 고수온기 표본은 음의 값을 가진 반면, 11월, 3월, 4월 등 저수온기 표본은 양의 값을 가졌다 (Fig. 4). 제 I 성분 축에 대하여 각 표본단위의 가중치(loadings) 값은 Fig. 5와 같다. 위 그림을 Appendix 1과

Table 3. Eigen value, variance and cumulative variance of the components determined by principal component analysis of species composition of fishes caught with a fence net at the shallow tidal flat off Ganghwado from June 1998 to May 1999

Component	Eigen value	Variance (%)	Cumulative variance (%)
1	5.9	32.9	32.9
2	3.1	17.5	50.4
3	2.9	16.2	66.6
⋮	⋮	⋮	⋮
18	0.0	0.0	100.0

비교하여 살펴보면, 밴댕이, 풀반댕이, 전어, 황복, 청멸 등 출현 시기가 5월부터 10월 사이인 난수기에 출현율이 높은 종들은 음의 가중치를 주었고, 임연수어 (*Pleurogrammus azonus*), 두줄망둑 (*Tridentiger trignocephalus*), 문절망둑 (*Acanthogobius flavimanus*), 풀망둑, 날개망둑 (*Favonigobius gymnauchen*) 등 출현 시기가 9-10월경부터 이듬해 5월 사이로 주로 저수온기에 출현율이 높은 종들이 양의 가중치 값을 갖았다.

이상의 주성분분석 결과를 종합하면, 제 I 축 성분은 수온의 변화와 관련이 있음을 나타낸다. 제 I 성분에 대한 각 표본단위의 PC score (y)를 각 조사 시기에 측정된 수온 (x)에 대하여

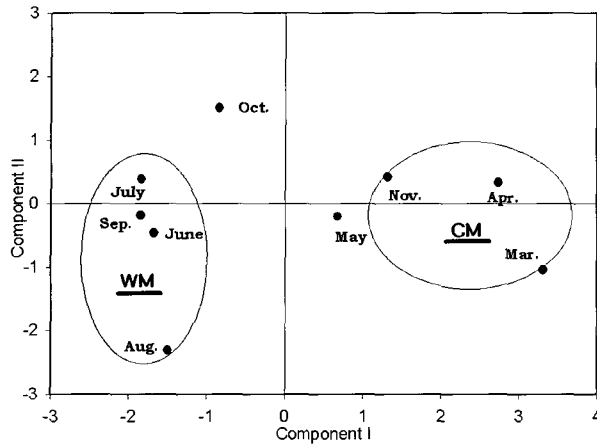


Fig. 4. Scattered diagram showing the sampling months on the principal component axes determined by principal component analysis of species composition. CM and WM indicate the cold months and the warm months, respectively.

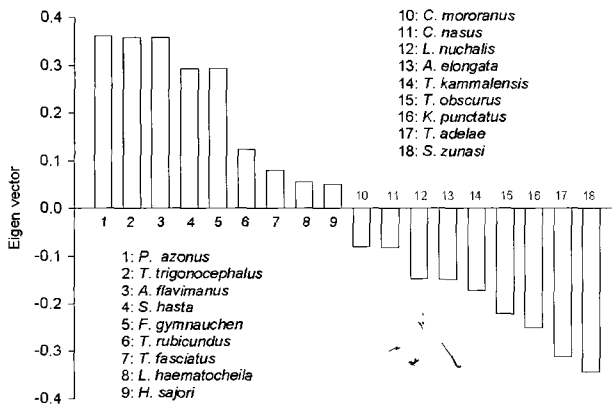


Fig. 5. Loadings of variables (Eigen vectors) on the first principal component. Refer to Appendix 1 for genus name.

1차 회귀분석을 실시한 결과, 제 1 성분 에 대한 각 표본단위의 PC score는 수온과 유의한 관계 ($r^2 = 0.95$)가 있었다 (Fig. 6). 이는 조사지역의 시간에 따른 어류 종조성 변화는 수온과 밀접한 관련이 있음을 의미한다.

우점종의 전장조성 변화

플망둑 (*Synechogobius hasta*): 조사 기간 동안 지속적으로 출현하였으며 (Appendix 1), 채집된 어류에서 개체수의 19.5%, 생체량의 61.7%를 차지한 우점 어류였다 (Table 1). 플망둑 표본의 전장 분포는 최소 6 cm에서 최대 52 cm이었으며, 전장 범위 10-30 cm의 개체들이 주를 이루었다 (Fig. 7). 1998년 6월에 6-14 cm로 작은 개체들이 채집되었고, 이 후 11월까지 성장하는 양상을 나타내었다. 11월부터 30 cm 이상의 개체들이 다음해인 5월까지 채집되었다.

전어 (*Konosirus punctatus*): 조사 기간 중 1998년 11월과 1999년 3월을 제외한 전 조사 시기에 출현한 종으로서 비교적

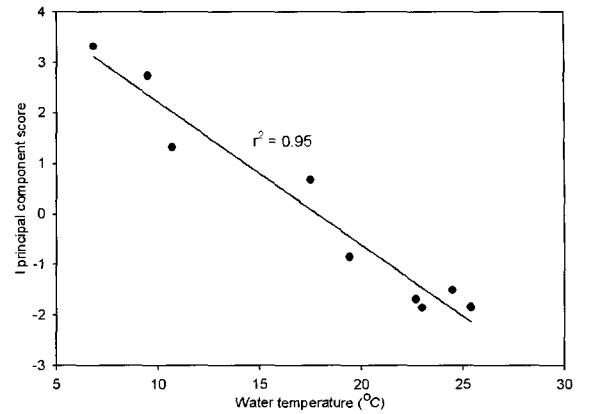


Fig. 6. Scattered diagram of the first principal component scores versus water temperature. The regression was determined by least square fit.

수온이 높은 시기에 출현량이 높았다 (Appendix 1). 전어의 전장 범위는 4-22 cm 이었다 (Fig. 7). 채집 월별 전장 분포를 보면 6월에는 전장 13-20 cm의 성어들이 채집되었다. 7월부터는 성어가 채집되지 않았고, 전장 5-7 cm의 유어들이 주를 이루었으며, 이들은 성장하여 10월에 12 cm 이상이 되었다. 11월부터 이듬해 3월까지의 채집되지 않았으며, 4월부터 성어들이 채집되었다.

밴댕이 (*Sardinella zunasi*): 밴댕이는 조사 기간 중 1998년 6월부터 10월 사이에만 출현하였다 (Fig. 7, Appendix 1). 월별 채집 개체들의 전장 변화를 보면, 6월에 전장 범위 8-14 cm의 성어들이 출현하였고, 소수 성어들은 8월까지 채집되었다. 7월에는 전장 범위 3-4 cm의 당년 생이 출현하기 시작하여 10월에는 6-11 cm로 성장하였고, 11월부터 다음해 5월까지의 채집되지 않았다.

가송어 (*Liza haematocheila*): 1999년 5월을 제외하고 조사 기간 중 계속 출현하였으며 전장 범위는 2-52 cm이었으며, 10-30 cm 체급에 속하는 개체들이 주를 이루었다 (Fig. 7, Appendix 1). 1998년 6월 전장 범위는 20-52 cm로 중형 이상 개체들이었다. 7월은 6월에 출현하였던 성어 비율은 감소하였고 당년 생으로 추정되는 2-6 cm 체급의 어린 개체가 주를 이루었다. 8월 이후 성어의 수는 줄어들고 유어가 주를 이루어, 9월부터 이듬해 4월까지의 전장 범위 10-20 cm의 개체들이 주로 채집되었다.

고 찰

유형생물들은 유영력이 커서 시공간 분포 변화가 심하고, 어구에 대한 도피력도 커서 한 해역의 신뢰도 높은 어류 자료를 수집하기 위해서는 적합한 채집 기기와 적정 채집 방법이 필요하다. 서해 조간대 부근 천해역에서는 지인망 (beach seine)이 이용되었으며, 한 정점에서 5회 이상 예인하였을 때 한 조사 정점을 대표할 수 있는 어류 종조성 자료를 얻을 수 있어 이 방법이 많이 사용되고 있다 (Hwang and Lee, 1999;

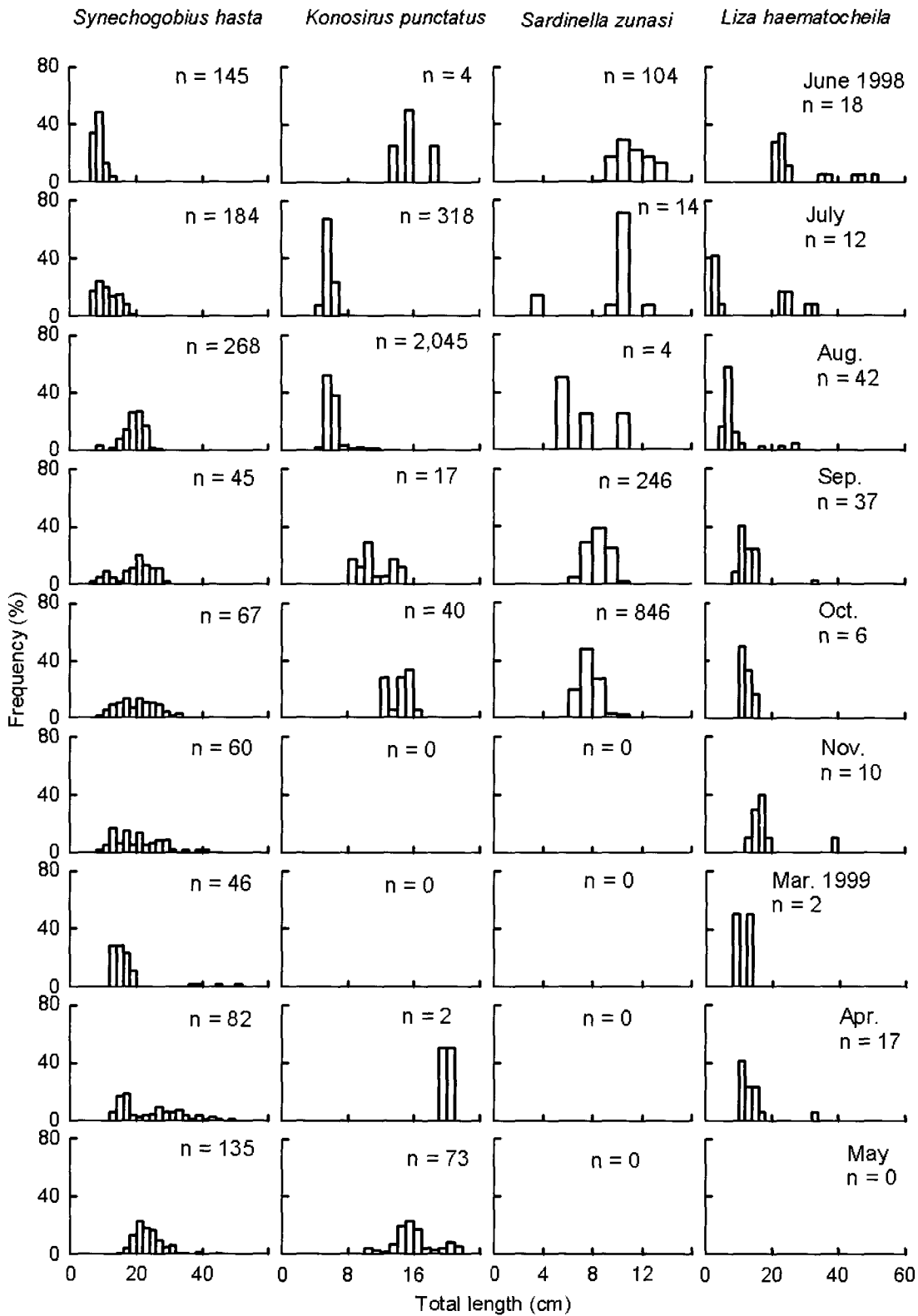


Fig. 7. Monthly variation in length-frequency distribution of the major species (*Synechogobius hasta*, *Konosirus punctatus*, *Sardinella zunasi* and *Liza haematocheila*) caught with a fence net at the tidal flat off Ganghwado from June 1998 to May 1999.

Table 4. Comparison of the number of species and dominant species of the fishes sampled in the western coastal areas of Korea

	The present study	Lee (1997)	Lee et al. (1995)	Lee et al. (1997a)	Lee and Moon (2002)
Study area	off Ganghwado	Off Incheon	Off Namdangri	Off Taechon Beach	Off Chaeseokang Beach
Sampling gear	Fence net	Otter trawl	Beach seine	Beach seine	Beach seine
Sampling interval	Monthly	Seasonally	Monthly	Monthly	Monthly
Sampling period	June 1998 - May 1999	Feb. - Oct. 1988	May - Nov. 1993	Jan. 1995 - May 1996	Jan. - Dec. 2000
Mesh size (mm)	14-16	22-24	12	12	5
Net size (m)	1200		30	25	10
Number of species	27	21	38	26	31
Dominant species in number (%)	<i>K. punctatus</i> (47.1) <i>S. zunasi</i> (22.9) <i>S. hasta</i> (19.5) <i>L. haematocheila</i> (2.7) <i>T. rubicundus</i> (2.0)	<i>C. joyneri</i> (64.4) <i>C. stigmatias</i> (9.3) <i>J. grypotus</i> (8.1) <i>S. hasta</i> (7.5) <i>R. lunatus</i> (4.3)	<i>C. mororanus</i> (84.0) <i>H. intermedius</i> (4.3) <i>L. nuchalis</i> (3.4) <i>T. niphobles</i> (2.9) <i>F. gymnauchen</i> (1.2)	<i>F. gymnauchen</i> (34.4) <i>L. nuchalis</i> (15.2) <i>K. bicoloratus</i> (14.4) <i>S. japonica</i> (13.3) <i>R. lunatus</i> (3.9)	<i>S. zunasi</i> (37.8) <i>E. japonicus</i> (27.2) <i>L. haematocheila</i> (13.9) <i>L. nuchalis</i> (9.6) <i>T. niphobles</i> (5.4)

Lee 2001; Lee et al., 1995, Lee et al., 1997a, Lee and Moon, 2002). 그러나 강화도 갯벌 천해는 갯벌의 폭이 넓은 관계로 지인망으로 자료를 수집하기 어려워, 본 연구에서는 현장에 설치된 건간망 어획물에서 수산생물을 채집하였다. 사용된 건간망은 조석간만의 차가 큰 해역에서 간조시 대기에 노출되는 곳에 그물을 설치하여 밀물 때 조류를 따라 들어온 대상물이 썰물 때 간히도록 하여 잡는 수동 어구로, 이 어구에 대한 도피율이나 망목의 선택성은 잘 알려져 있지 않다. 그러나 본 연구의 자료 수집에 이용된 건간망은 길이가 약 1.2 km 정도의 대형 어구로 천해에 서식하는 큰 부어류에서 소형 저어류까지 어획되기 때문에, 조사 해역 수산생물의 전반적인 양상 파악은 가능한 것으로 생각된다.

건간망 어류 종조성 자료의 특성을 파악하고자 인접 해역인 인천 부근에서 Lee (1997)의 otter trawl 자료와 비교하였다 (Table 4). 채집된 종수는 건간망에서 27종으로 otter trawl의 21종 보다 많았으며, 우점어류는 otter trawl에서 참서대 (*Cynoglossus joyneri*), 쉬쉬망둑 (*Chaeturichthys stigmatias*), 민태 (*Johnius grypotus*), 풀망둑 (*S. hasta*), 돛양태 (*Repomucenus lunatus*) 등 모두 저어류였는데 비해 본 연구의 건간망에는 풀망둑, 개소갱과 같은 저어류와 전어, 밴댕이, 가숭어 등과 같은 부어류가 포함되었다. Lee (1997)의 otter trawl은 능동어구이고 조간대 보다 깊은 곳에서 채집되어 직접 비교는 어렵지만 저어류의 경우도 차이가 있어 수심에 따라 서식 어종이 다른 것을 알 수 있다. Lee (1997)의 otter trawl에는 주로 저어류가 채집 되었으며 부어류는 거의 채집되지 않았지만, 본 연구의 건간망에는 전어, 밴댕이, 숭어와 같은 부어류들도 채집되어 건간망 자료로 이 해역 수산생물의 전반적인 특성을 분석할 수 있을 것으로 판단된다.

건간망에 채집된 강화 갯벌 천해의 어류는 주거종인 저어류와 난수기에 대량으로 출현하는 부어류들로 구분되었으며, 서해 다른 천해 조간대 부근 천해 어류 종조성도 비슷한 양상을 보였다 (Table 4). 그러나 다른 서해 조간대 부근 천해에서 사용된 지인망은 크기와 망목이 본 연구의 건간망 (망목: 14-16 mm, 크기: 1200 m) 에 비하여 작은 점을 고려하면서

기존 자료와 비교하며 강화 갯벌 천해 어류의 특성을 살펴보았다. 망둑어류는 조간대 부근 천해역의 우점종으로, 본 연구의 강화 갯벌 천해역에서는 9종이 채집되었고, 남당리 갯벌 천해역에서는 10종이 채집되어 모래질인 대천의 4종, 채석강 천해역의 6종 보다 많았다 (Lee et al., 1995; Lee et al., 1997a; Lee and Moon, 2002). 모래질인 대천해변에서는 날개망둑이 우점하였고, 펄질인 남당에서는 얼룩망둑이, 본 강화갯벌에서는 풀망둑이 우점하였다. 풀망둑은 대천해변과 채석강 해변에서는 소량 채집되었고, 펄질인 남당의 천해에서는 양적 비중이 비교적 큰 편이었으나 전장은 15 cm 이하의 소형 개체들이 주를 이루었다 (Im and Lee, 1990). 그러나 강화 갯벌에서는 조사 기간 계속 출현하였고, 6-7월에는 15 cm 이하의 소형 개체가 주를 이루었지만 다른 계절에는 20 cm 이상의 대형 개체들이 주를 이루었다 (Fig. 7). 풀망둑은 펄 조간대 부근이 주 서식처이며, 특히, 강화 부근의 갯벌이 발달한 천해역에 생물량이 높은 것으로 추정된다. 다른 망둑어류들은 양적으로 적게 채집된 반면에 얼룩망둑은 갯벌 천해인 남당에서 전 채집 개체수의 84.0%를 차지하는 우점종이었다 (Lee et al., 1995). 그러나 강화 갯벌에서는 조사 기간 중 계속 출현하였지만 양은 적었다. 이 망둑어류는 성어의 전장이 6 cm 정도로, 망목이 큰 건간망에서는 작은 개체들은 망을 빠져 나갔을 것으로 추정되어 조사 해역에도 생물량이 적지 않을 것으로 보인다. 개소갱도 다른 조간대 천해에서는 거의 채집되지 않았는데 비해 본 조사에서는 망둑어아목 어류 중 상대 빈도 (%)와 출현 기간이 풀망둑 다음으로 많았다 (Table 1, Appendix 1). 개소갱은 펄이 발달한 영광 근해에서 채집량이 많아 (Hwang et al., 1998), 갯벌이 발달한 조사 해역에서 많이 채집된 것을 알 수 있다.

부어류 가운데 전어와 밴댕이가 난수기에 채집되었는데, 이들 어류들은 다른 1984-85년의 대천 해변 조사에서는 난수기에 많은 양이 채집되었으나, 1995-96년 조사에서는 적었다 (Lee et al., 1997a). 1993년 남당 천해 갯벌 천해에서도 양적으로 적었다 (Lee et al., 1995). 그러나 채석강 천해역에서는 난수기에 밴댕이와 멸치가 대량으로 채집되었다 (Lee and

Moon, 2002). 뱀뱀이와 전어는 외해에서 월동하고 봄이 되면 성어들이 내만으로 들어와 산란하고 유어들은 천해역에서 가을까지 자라는 어종으로 (Lee, 1983; Gil and Lee, 1986; Lee and Seok, 1984), 갯벌 천해역으로 몰려다니다 채집된 것을 알 수 있다. 가승어는 전 해역 모두에서 채집되었으며 대부분 유어들이었었는데 (Lee et al., 1995; Lee et al., 1997a; Lee and Moon, 2002), 강화 갯벌 천해역에서는 유어들부터 50 cm 이상의 성어들까지 채집되었다. 부어류 중 다른 해역에서 우점종이었던 주둥치 (*Leiognathus nuchalis*)는 몇 마리 채집되지 않았고, 복섬 (*Takifugu niphobles*)도 거의 잡히지 않았다. 조사 해역은 필질로 탁도가 높아 주거종은 필질을 선호하고 탁도가 높은 환경에도 강한 풀망둑, 개소쟁, 가승어 등이었다. 수온은 계절 변화가 커서 수온이 계절 종조성 변화의 주요인으로서, 수온이 낮은 계절에는 소수 주거종 만이 출현하여 생물량이 낮았고, 수온이 상승하며 이 환경에 적응한 회유종인 전어와 뱀뱀이의 유어들이 우점하여 생물량도 높았으며, 이들은 가을까지 이 해역에서 성장하였다.

주요 우점어류 가운데, 풀망둑은 우리나라 서남 연안의 내만과 동해 남부 연해 및 일본, 중국, 자바 등에 분포하며, 한반도 주변에 서식하는 망둑어과 어류 중 크기가 가장 큰 어류로 성어는 비교적 수심이 깊은 곳에서 서식한다. 2-4월경 성어는 수심이 낮은 연안으로 몰려와 산란하며 알에서 부화한 어린 유어들은 조간대 부근 천해역에서 늦가을까지 서식 한다 (Chyung, 1977; Im and Lee, 1990). 1995년 11월에 시화호와 그 주변해역에서 채집된 풀망둑 (체장 범위: 10-26 cm)의 연령을 조사한 바에 의하면, 10-11 cm는当年 생이었고, 2년생은 20 cm를 넘었으며 11.1-19.9 cm의 체장 범위를 보이는 개체들은 모두 1년생으로 보고하였다 (Lee et al., 1997b). 본 조사에서 채집된 풀망둑의 전장 분포를 종합하여 볼 때 (Fig. 7), 당년생은 6월부터 건간망에 채집되는 것으로 보이며, 다음해 8월이면 20 cm 이상으로 자라는 것으로 추정된다. 성어들은 11월경부터 이 해역으로 들어와 봄에 산란하는 것으로 추정된다. 전어는 3-6월에 연안의 내만으로 몰려와 산란하고 만 1년이 되면 성숙하여 산란군에 가입하고 (Chyung, 1977), 천수만에서는 5월부터 산란하고 유어들은 늦가을 수온이 8°C 이하로 내려 갈 때까지 내만에서 성장하는 것으로 보고 되었다 (Lee, 1983). 위의 자료와 본 조사의 전장 조성 자료 (Fig. 7)를 종합할 때, 강화도 천해역에서도 4월부터 성어들이 몰려와 산란하며, 부화된 유어들은 10월까지 천해역에서 자라고 11월에는 월동하기 위해서 깊은 곳으로 이동하는 것으로 판단된다. 뱀뱀이는 연안 또는 내만에서 서식하며, 동물성플랑크톤을 주 먹이로 하는 어종으로 4월에서 9월 사이 내만에서 부유성 알을 낳는다 (Chyung, 1977). 천수만에서 뱀뱀이는 외해에서 월동한 후 수온이 10°C 이상 되면 전어 보다 약간 늦게 내만으로 들어오고 유어들은 가을에 월동을 위하여 외해로 이동할 때까지 내만에서 서식하는 것으로 보고 된 바 있다 (Gil and Lee, 1986). 강화 남단 천해에서 전어 출현 시기는 3-10월, 뱀뱀이는

6-10월 사이로 뱀뱀이는 전어에 비해 3개월 정도 늦게 출현하였으며 (Fig. 7), 월동을 위한 이동은 전어와 비슷한 시기로 추정된다.

사 사

자료 수집에 도움을 준 강화도 동막리 정광태님께 감사드립니다. 본 연구는 한국해양연구원 '1998년 기관고유사업비'로 지원된 갯벌의 효율적인 이용과 보존을 위한 연구의 일환으로 수행되었음을 밝힙니다.

참 고 문 헌

- Allen, L.G. 1982. Seasonal abundance, composition and productivity of the littoral fish assemblage in upper Newport Bay, Calif. Fish. Bull. U.S., 80, 769-790.
- Ayvazian, S.G. and G.A. Hyndes. 1995. Surf-zone fish assemblages in south-western Australia: Do adjacent nearshore habitats and the warm Leeuwin Current influence the characteristics of the fish fauna? Mar. Biol., 122, 527-536.
- Brey, T. 1991. The relative significance of biological and physical disturbance: an example from intertidal and subtidal sandy bottom communities. Estuar. Coast. Shelf Sci., 33, 339-360.
- Chyung, M.K. 1977. The Fishes of Korea. Iljisa, Seoul, pp. 727. (in Korean)
- Davis, J.C. 1978. Statistics and Data Analysis in Geology. Wiley, New York, pp. 550.
- 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 2nd International Conference on Indo-Pacific Fishes. Ichthyol. Soc. Japan, 818-829.
- Hwang, H.B. and T.W. Lee. 1999. Seasonal variation in species composition of fish with depth in Asan Bay. Kor. J. Ichthyol., 11(1), 52-61. (in Korean)
- Hwang, S.D., Y.J. Im, Y.C. Kim, H.K. Cha and S.H. Choi. 1998. Fishery resources off Youngkwang. I. Species composition of catch by a stow net. J. Kor. Fish. Soc., 31(5), 727-738. (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(2), 182-202. (in Korean)
- KORDI (Korea Ocean Research and Development Institute). 1998. Tidal flat studies for conservation and sustainable use. KORDI. Rep. BSPE 7611-00-1058-3. pp. 312. (in Korean)

- KORDI (Korea Ocean Research and Development Institute). 1999. Tidal flat studies for conservation and sustainable use. KORDI Rep. BSPE 99748-00-1245-3. pp. 841. (in Korean)
- Lee, J.H., J.S. Yi, B.S. Kim, C.B. Lee and C.H. Koh. 1998. Characteristics of metal distribution in the sediment in Kyeonggi Bay, Korea. J. Oceanol. Soc. Kor., 3, 101-111. (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. 1997. Species composition of demersal fish off Incheon, Korea. Yellow Sea Res., 7, 31-42. (in Korean)
- Lee, T.W. 2001. Short-term variation in species composition of surf-zone fish at the Daechon Beach, the Yellow Sea of Korea. Kor. J. Ichthyol., 13(1), 32-39. (in Korean)
- Lee, T.W. and S.W. Hwang. 1995. The demersal fish of Asan Bay. IV. Temporal variation in species composition from 1900 to 1993. Bull. Kor. Fish. Soc., 28(1), 67-79. (in Korean)
- Lee, T.W., S.W. Hwang, S.Y. Park, Y.R. Joe and H.J. Jeong. 1995. Alteration in community structure of the shallow-water fish in Cheonsu Bay. Bull. nat'l. Fish. Res. Dev. Agency, 49, 219-231. (in Korean)
- Lee, T.W. and H.T. Moon. 2002. Seasonal variation in species composition and abundance of shallow water fishes at Chaeseokgang beach, Buan in the Yellow Sea of Korea. Kor. J. Ichthyol., 14(1), 53-60. (in Korean)
- Lee, T.W., H.T. Moon and S.S. Choi. 1997a. Change in species composition of fish in Chonsu Bay. 2. Surf zone fish. Kor. J. Ichthyol., 9(1), 79-90. (in Korean)
- Lee, T.W., H.T. Moon and S.H. Huh. 1997b. Changes of species composition of fish in polluted Lake Shihwa and adjacent coastal area. Kor. J. Oceanol. Soc., 2(2), 110-116. (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. Kor., 19, 217-227.
- Lindberg, G.U. and Z.V. Krasnyukova. 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, pp. 498.
- Lindberg, G.U. and Z.V. Krasnyukova. 1989. Fishes of the Sea of Japan and the Adjacent Areas of the Sea of Okhotsk and the Yellow Sea. Part IV. Translated in English by Balkema, Rotterdam, pp. 620.
- 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. Translated in English by Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, pp. 389.
- Ludwig, J.A. and J.F. Reynolds. 1988. Statistical Ecology. Wiley Interscience. New York, pp. 337.
- Masuda, H., K. Amaoka, C. Araga, T. Ueno and T. Yoshino. 1984. The Fishes of the Japanese Archipelago. Tokai Univ. Press, Japan, Text and Plates, 437 pp + 370 plates.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. The Mathematical Theory of Communication. Illinois Univ. Press. Urbana, U.S.A., pp. 117.
- Tyler, A.V. 1971. Surges of winter flounder, *Pseudopleuronectes americanus*, into the intertidal zone. J. Fish. Res. Bd. Canada., 28, 1727-1732.

2003년 9월 1일 접수
2003년 12월 8일 수리

