

낙동강 하구에서 새우조망으로 채집된 생물의 계절별 종 조성

이종희 · 이재봉* · 김정년 · 이동우 · 신영재 · 장대수

국립수산과학원 자원연구과

Seasonal Species Composition of Marine Organism Collected by a Shrimp Beam Trawl in Nakdong River Estuary, Korea by Jong Hee Lee, Jae Bong Lee*, Jung Nyun Kim, Dong Woo Lee, Young Jae Shin and Dae Soo Chang (Fisheries Resources Research Division, NFRDI, Busan 619-705, Korea)

ABSTRACT Species composition and abundance of marine organism in the Nakdong River estuary were investigated seasonally from November 2007 to November 2008. During the study period, a total of 169 species, 93 families, and 6 taxa were collected in the study area. Species included were 2 species in Bivalvia, 11 in Cephalopoda, 43 in Crustacea, 8 in Echinodermata, 6 in Gastropoda, and 99 in Pisces. The seasonal dominant species in number of individuals were *Acropoma japonicum* in autumn, *Apogon lineatus* in winter, *Siphonalia spadicea fuscolineata* in spring, and *Crangon hakodatei* in summer. Dominant species in abundance were *Chelidonichthys spinosus* in autumn, *Liphius litulon* in winter and spring, and *Raja kenoei* in summer. The number of species and their abundance, the species composition, and the diversity indices fluctuated with seasons. The organisms were divided into 17 groups by seasonal variation using a self-organizing map.

Key words : species composition, abundance per unit area, inshore, shrimp beam trawl, Nakdong River

서 론

강의 하구는 상류지역으로부터 유입되는 풍부한 영양염이 있어 일반적으로 기초 생산력이 매우 높다. 어류는 수서 생태계에 서식하는 동물 중에서 종의 수도 많을 뿐만 아니라 인간의 생활과 밀접한 관련이 있다. 하구지역은 담수와 해수가 혼합되는 기수역을 형성하고 있어서 어류에게는 먹이인 플랑크톤이 풍부하고 다양한 서식처가 제공될 수 있어 풍부한 어류상을 나타내므로 이에 대한 연구는 어류상을 조사하는 중요성도 있지만 수산자원개발의 면에서 더욱 중요하다(양 등, 2001).

연구해역인 낙동강 하구는 완만한 경사의 사질 및 사니질 갯벌로 다른 갯벌에 비해 유기물 농도는 낮은 편이다. 그러나 인근에 갈대나 세모고랭이와 같은 일차생산자가 높은 밀도로 존재하여 일차 생산이 높은 지역이다. 이러한 대형일차생산자의 일부가 유기체설물 형태로 유입되어, 대형

저서생물의 먹이로 이용되거나 미생물 분해에 활발하게 이용된다(안, 2007; Kang *et al.*, 2007). 그리고 많은 유용 어·패류의 산란장, 성육장 및 서식처로서 어업생산성이 매우 높은 해역이다(전, 1987).

낙동강 하구 유역에 관하여 주변 수변특성, 유기탄소 순환 등을 포함한 환경 및 동·식플랑크톤과 조류 등의 생물에 관한 다양한 연구가 수행되고 있다. 어류 및 어업생물에 관한 이전 연구로는 낙동강 하류역의 어류상(김과 홍, 1980; 전, 1987), 낙동강 하구둑 건설에 따른 어업피해 연구(진과 허, 1985, 1987; 허, 1991) 및 수자원공사가 환경관리를 위하여 실시한 어류조사(한국수자원공사, 1993, 1994, 1995, 1996), 저인망에 어획된 어류의 종조성 및 계절변동(허와 정, 1999), 하구의 어류상과 어도에서 어류의 이동(양 등, 2001), 하구둑 건설 이후 어류 종조성 변화(곽과 허, 2003) 등이 연구되었다.

이전 연구는 주로 기수역에 서식하는 어류와 낙동강 하구둑과 관련하여 수행되었으며, 어류 외의 해양생물에 대한 연구가 부족하였다. 본 연구는 주요 하구역 및 만의 연안

*교신저자: 이재봉 Tel: 82-51-720-2296, Fax: 82-51-720-2277,
E-mail: leejb@nfrdi.go.kr

생태계에서 현황 파악을 위하여 실시되었으며, 사용한 새우 조망과 같은 트롤조사는 불특정 다수 어종을 동시에 어획하므로 조업의 주 대상이 되는 어종은 물론 비 대상 어종과 소형 어종들도 채집할 수 있으며, 특히 저층의 분포 생물을 연구하는 데 있어서 다른 조사방법에 비해 적합한 것으로 보고되었다(이, 1991; 이와 김, 1992).

어류를 포함한 해양생태계에 서식하는 생물들을 대상으로 조사하였으며, 트롤 어구가 훑은 해역의 정확한 면적을 계산하여, 그 해역에서 어획된 해양생물의 밀도와 어획량을 추정하여 정량화하였다. 본 연구의 결과는 생태계 기반 수산자원평가를 수행하기 위한 지표개발을 위한 기초 자료로 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

낙동강 하구에서는 낙동강 하구 수문을 따라 남쪽에 위치한 해역에서 주로 조사되었다. 조사 횟수는 조사 시기마다 2~4회로 이루어졌으며, 조사 해역내의 각 정점마다 저질의 상태나 조업조건이 달랐으므로 조업 시간은 30분에서 2시간 사이로 조절하였다. 어획되는 생물의 정량화를 위하여 어구가 끌기 시작한 점과 어구를 끌어올리는 점을 모두 기록하여 거리로 환산할 수 있도록 하였다. 어업조사 시기는 2007년 10월에 예비조사를 실시하였으며, 2008년에는 3월부터 10월까지 월 1회의 연속적인 조사가 이루어졌다. 전체 연구기간 중 총 9회의 조사가 이루어졌으며, 계절별로 단위면적당 개체수와 어획중량으로 계산하였다. 조사 시기 중에서 1~3월은 겨울, 4~6월은 봄, 7~9월은 여름, 그리고 10~12월은 가을로 계절을 구분하였다.

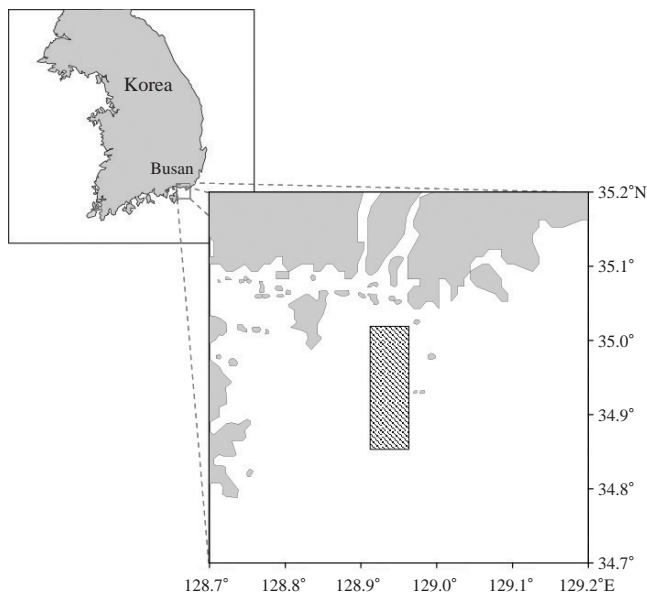


Fig. 1. Study area located in the southern Korea.

어업 조사시 시용한 어구는 해저 바닥 근처 또는 바닥에 묻혀 서식하는 갑각류를 주 대상으로 하는 새우조망이며, 자루그물 입구에 철판이프로 된 빔을 부착하여 사용하였다(국립수산과학원, 2002). 본 조사에서는 4.99톤의 연안 어선을 이용하였으며, 조업시 사용된 어구는 본 그물의 망목 18 mm, 코드앤드 10 mm, 그리고 망구의 고정된 빔의 가로 길이가 8 m, 높이 1.1 m이었다.

새우조망어업을 이용하여 채집된 어획물을 주어획종과 부수어획종에 관계없이 종 또는 과 단위로 분류하였다(정, 1977; 김 등, 1995; 명, 2002; 김 등, 2004; 김 등, 2006; 홍, 2006). 분류된 종들은 성게 및 불가사리류를 포함하는 극피동물문을 제외하고 나머지 해양생물종들은 강(Class) 단위로 분류군으로 묶었다. 어획물의 구성 중에서 많은 부분을 차지하는 어류 및 갑각류는 체장 및 체중을 측정하였으며, 고등류와 불가사리류 등은 개체수와 중량을 측정하였다. 어구가 훑은 면적은 어구가 끌기 시작한 점과 어구를 끌어올리는 점 사이를 직선거리로 이동했다고 가정하여 거리로 환산하였으며, 조업시 사용된 어구의 폭을 곱하여 면적을 계산하였다. 끌 어구의 경우 그물을 끄는 시간에 비례하여 어획량이 증가하기 때문에, 조업시 어구가 훑은 면적을 이용하여 단위면적당 개체수와 생체량으로 환산하였다.

$$D_{ij} = \frac{n_{ij}}{area_j}, \bar{D} = \frac{\sum n_{ij}}{\sum area_j}$$

$$W_{ij} = \frac{w_{ij}}{area_j}, \bar{W} = \frac{\sum w_{ij}}{\sum area_j}$$

여기서, D_{ij} 는 i 종의 단위면적당 개체수(indi./km²), n_{ij} 는 j 정점의 i 종의 개체수, $area_j$ 는 j 정점의 어구가 훑은 면적, \bar{D} 는 평균밀도이다. W_{ij} 는 i 종의 단위면적당어획량(kg/km²), w_{ij} 는 j 정점의 i 종의 어획량, \bar{W} 는 평균어획량이다.

단위면적당 개체수를 기준으로 종다양성 지수를 계산하였다. 종다양성 지수는 Shannon index를 사용하여 계산하였다(Shannon, 1948). 종조성의 계절별 변동양상을 살펴보기 위해서 자기분석지도(Self-organizing map, SOM)를 사용하였다. 입력된 자료는 조사 기간 중 전체 출현 종에 대하여 계절별 출현여부를 이진수(binary)로 나타내었다. 클러스터 분석(cluster analysis)은 SOM 분석과 동일한 자료를 이용하여 계절별 출현어종에 대한 유클리드 거리(Euclidean distance)를 이용하여 유사도(similarity)를 구하여 수지도(dendrogram)를 작성하였다.

결 과

1. 분류군별 계절변동

2007년 가을부터 2008년 가을까지 출현한 생물은 총 6

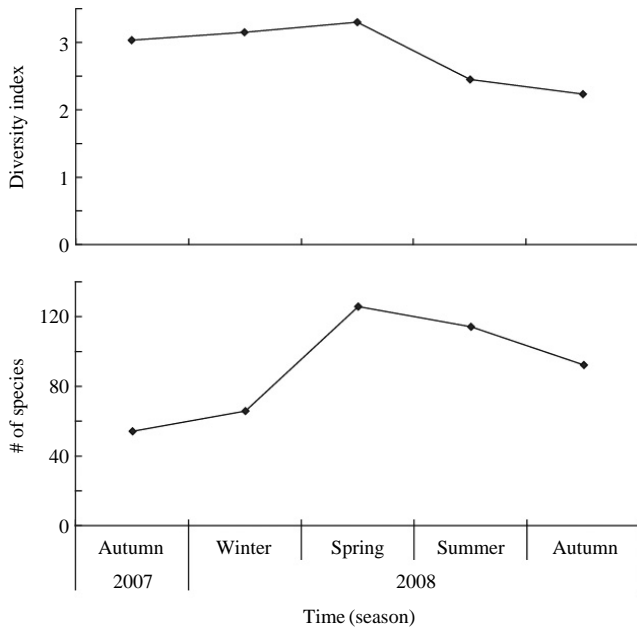


Fig. 2. Seasonal variation of diversity index (upper) and number of species (below).

개 분류군의 93과 168종이었다. 갑각류(Crustacea)는 18과 42종, 극피동물류(Echinodermata)는 8과 8종, 두족류(Cephalopoda)는 5과 11종, 복족류(Gastropoda)는 5과 6종, 어류(Pisces)는 55과 99종, 그리고 이매패류(Bivalvia)는 2과 2종으로 분류되었다. 그 외 각 분류군별로 과단위로 분류된 경우가 총 9종, 그리고 미분류된 경우가 총 6건이었다. 계절별로 어획된 종수는 2007년 가을이 가장 낮은 54종이었으며, 2008년 봄에 가장 많은 126종으로 나타났다. 2007년 가을과 2008년 겨울은 다른 세 계절에 비하여 상대적으로 낮은 출현 종수를 나타내었다. 2008년 봄 이후 급격히 증가한 출현 종수는 이후 감소하였으나, 2007년 가을에 비하여 높은 출현 종수를 나타내었다. 종다양성 지수는 2008년 가을에 가장 낮은 값인 2.23이었으며, 2008년 봄에 가장 높은 값인 3.30으로 나타났다. 종다양성 지수는 2008년 봄에 가장 높은 값을 나타낸 것은 출현 종수와 일치하였으나, 남은 네 계절의 종다양성 지수는 출현 종수와는 반대로 2007년 가을부터 2008년 겨울사이와 2008년 여름부터 가을사이보다 높게 나타났다(Fig. 2).

계절별 단위면적당 개체수는 2008년 겨울이 가장 낮은 23,365 indi./km²이었으며, 2008년 여름에 133,135 indi./km²으로 가장 높게 나타났다. 분류군별로 단위면적당 개체수를 살펴보면, 갑각류는 2008년 겨울에 1,393 indi./km²으로 가장 적었으며, 2008년 여름에 85,818 indi./km²으로 가장 많았다. 극피동물은 조사 시기 중 2007년 가을부터 2008년 겨울 사이는 어획되지 않았으며, 2008년 여름에 902 indi./km²

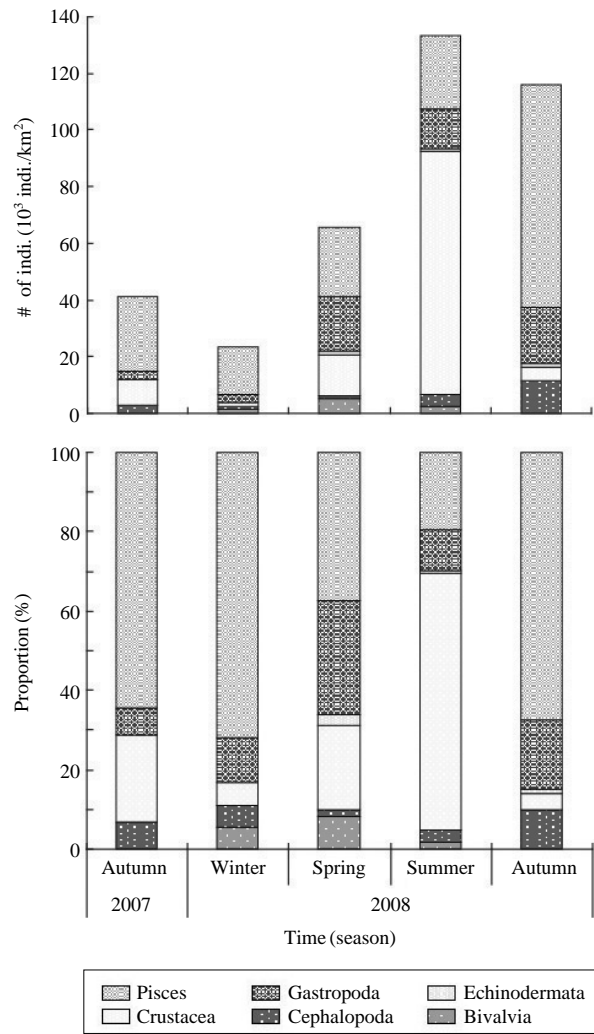


Fig. 3. Seasonal variation of individual per unit area and proportion by taxa.

으로 가장 적었고 2008년 봄에 1,682 indi./km²으로 가장 많았다. 두족류는 2008년 봄에 1,178 indi./km²으로 가장 적었으며, 2008년 가을에 11,690 indi./km²으로 가장 많았다. 복족류는 2008년 겨울에 2,638 indi./km²으로 가장 적었으며, 2008년 가을에 19,954 indi./km²으로 가장 많았다. 이매패류는 2007년 가을과 2008년 가을에는 어획되지 않았으며, 2008년 가을에 1,309 indi./km²으로 가장 적었고 2008년 봄에 5,290 indi./km²으로 가장 많았다. 마지막으로 어류는 2008년 겨울에 16,801 indi./km²으로 가장 적었으며, 2008년 가을에 78,536 indi./km²으로 가장 많았다. 분류군별 단위면적당 개체수에 대한 어획비율을 살펴보면, 갑각류는 3.8~64.5%, 극피동물은 0.7~2.6%, 두족류는 1.8~10.1%, 복족류는 6.7~28.9%, 이매패류는 1.7~8.0%, 그리고 어류는 19.4~71.9%를 차지하였다(Fig. 3).

계절별 단위면적당 어획중량은 2008년 봄이 가장 낮은

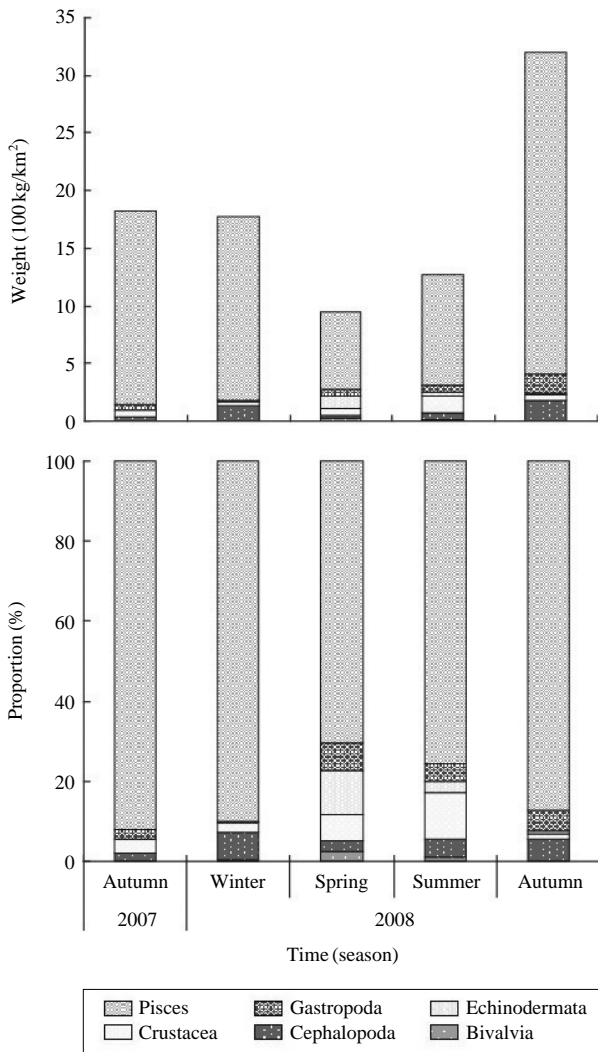


Fig. 4. Seasonal variation of catch weight per unit area and proportion by taxa.

951 kg/km²이었으며, 2008년 가을에 3,202 kg/km²으로 월등히 높게 나타났다. 분류군별로 단위면적당 어획중량을 살펴보면, 갑각류는 2008년 겨울에 40 kg/km²으로 가장 작았으며, 2008년 여름에 145 kg/km²으로 가장 많았다. 극피동물은 2008년 가을에 24 kg/km²으로 가장 작았으며, 2008년 봄에 106 kg/km²으로 가장 많았다. 두족류는 2008년 봄에 27 kg/km²으로 가장 작았으며, 2008년 가을에 179 kg/km²으로 가장 많았다. 복족류는 2008년 겨울에 6 kg/km²으로 가장 작았으며, 2008년 가을에 167 kg/km²으로 가장 많았다. 이매패류는 2008년 겨울에 5 kg/km²으로 가장 작았으며, 2008년 봄에 24 kg/km²으로 가장 많았다. 그리고 어류는 2008년 봄에 671 kg/km²으로 가장 작았으며, 2008년 가을에 2,790 kg/km²으로 가장 많았다. 단위면적당 어획량에 대한 분류군별 비율을 살펴보면 어류가 70.6~92.1%를 차지

하였으며, 나머지 분류군이 약 30~8%를 차지하였다. 세부적으로 갑각류가 1.4~11.4%, 극피동물이 0.7~11.1%, 두족류가 2.2~7.0%, 복족류가 0.3~6.7%, 그리고 이매패류가 0.3~2.5%를 차지하였다(Fig. 4).

2. 계절별 종조성

각 계절별 단위면적당 출현 개체수가 많은 종은 2007년 가을에는 반딧불게르치 (*Acropoma japonicum*)가 7,587 indi./km²로 가장 높은 개체수를 나타냈으며, 다음으로 성대 (*Chelidonichthys spinosus*), 열동가리돔 (*Apogon lineatus*), 갈색고리돼지고둥 (*Siphonalia spadicea fuscolineata*), 그리고 꼴뚜기류 (Other cephalopods)의 순으로 높은 단위면적당 개체수를 나타냈다. 2008년 겨울은 열동가리돔이 3,630 indi./km²로 가장 높은 개체수를 나타냈으며, 다음으로 기타 고둥류 (Other gastropods), 보리멸 (*Sillago sihama*), 동갈양태 (*Repomucenus curvicornis*), 그리고 황아귀 (*Liphius litulon*)의 순으로 높은 단위면적당 개체수를 나타냈다. 2008년 봄은 갈색고리돼지고둥이 6,775 indi./km²로 가장 높은 개체수를 나타냈으며, 다음으로 좁쌀무늬총알고둥 (*Nodilittorina radiata*), 열동가리돔, 기타 고둥류, 그리고 반딧불게르치의 순으로 높은 단위면적당 개체수를 나타냈다. 2008년 여름은 마루자주새우 (*Crangon hakodatei*)가 60,934 indi./km²로 가장 높은 개체수를 나타냈으며, 다음으로 점박이꼬마도화새우 (*Plesionika izumiae*), 갈색고리돼지고둥, 반딧불게르치, 그리고 두점박이민꽃게 (*Charybdis bimaculata*)의 순으로 높은 단위면적당 개체수를 나타냈다. 2008년 가을은 반딧불게르치가 52,213 indi./km²로 가장 높은 개체수를 나타냈으며, 다음으로 갈색고리돼지고둥, 반원니꼴뚜기 (*Loligo japonica*), 열동가리돔, 그리고 물가자미 (*Eopsetta grigorjewi*)의 순으로 높은 단위면적당 개체수를 나타냈다 (Table 1).

계절별 단위면적당 어획량을 살펴보면, 2007년 가을은 성대가 563 kg/km²로 가장 높은 어획량을 나타냈으며, 다음으로 넘치 (*Paralichthys olivaceus*), 황아귀 (*Liphius litulon*), 밑달갱이 (*Lepidotrigla abyssalis*), 그리고 달고기 (*Zeus faber*)의 순으로 높은 단위면적당 어획량을 나타냈다. 2008년 겨울은 황아귀가 787 kg/km²로 가장 높은 어획량을 나타냈으며, 다음으로 성대, 홍어 (*Raja kenoei*), 달고기, 그리고 문어 (*Octopus (Enteroctopus) dofleini*)의 순으로 높은 단위면적당 어획량을 나타냈다. 2008년 봄은 황아귀가 135 kg/km²로 가장 높은 어획량을 나타냈으며, 다음으로 홍어, 성대, 아무르불가사리 (*Asterias amurensis*), 그리고 갈색고리돼지고둥의 순으로 높은 단위면적당 어획량을 나타냈다. 2008년 여름은 홍어가 162 kg/km²로 가장 높은 어획량을 나타냈으며, 다음으로 성대, 문치가자미 (*Pleuronectes yokohamae*), 반딧불게르치, 그리고 달고기의 순으로 높은 단위면적당 어획량을 나타냈다. 2008년 가을은 반딧불게르치가 527 kg/km²로

Table 1. Seasonal individuals, N (unit: indi./km²) and catch weight, W (unit: kg/km²) by shrimp beam trawl in the Nakdong River Estuary

Taxa	Family	Scientific name	2007		2008						Labels			
			Autumn		Winter		Spring		Summer			Autumn		
			N	W	N	W	N	W	N	W		N	W	
Bivalvia	Arcidae	<i>Scapharca broughtonii</i>					125	3	153	4			bi001	
	Nuculidae	<i>Acila (Acila) divaricata vigila</i>					5,165	20	2,059	8			bi002	
	Other shellfishes	Other shellfishes			1,309	5							bi003	
Cephalopoda	Loliginidae	<i>Loligo (Photololigo) edulis</i>					5	*	127	17	50	8	ce001	
		<i>Loligo japonica</i>			633	11	99	4	3,940	29	11,075	144	ce002	
		Other cephalopods	2,499	21									ce003	
	Octopodidae	<i>Octopus (Enteroctopus) dofleini</i>			106	87	5	*					ce004	
		<i>Octopus minor</i>	270	17	232	15	99	7	235	13	133	10	ce005	
		<i>Octopus ocellatus</i>	68	1	169	9	140	5	38	1	366	7	ce006	
		<i>Octopus vulgaris</i>					5	2			67	9	ce007	
	Ommastrephidae	<i>Todarodes pacificus</i>			21	1	820	9	51	1			ce008	
	Sepiidae	<i>Sepia (Platysepia) esculenta</i>					5	*					ce009	
		<i>Sepia tokioensis</i>			42	1							ce010	
		<i>Euprymna morisei</i>			21	*							ce011	
Crustacea	Alpheidae	<i>Alpheus digitalis</i>							95	*	17	*	cr001	
		<i>Alpheus japonicus</i>			84	*	52	*	32	*	33	*	cr002	
		Other shrimps							6	*			cr003	
	Canceridae	<i>Cancer gibbosulus</i>					31	*	19	*			cr004	
		<i>Cancer japonicus</i>							6	*			cr005	
	Crangonidae	<i>Aegaeon lacazei</i>			21	*							cr006	
		<i>Crangon affinis</i>					2,061	3	76	*	432	*	cr007	
		<i>Crangon hakodatei</i>	135	*	127	*	2,533	3	60,934	34	133	*	cr008	
		<i>Metacrangon sinensis</i>	68	*			10	*	6	*	17	*	cr009	
		<i>Dardanus arrosor</i>			106	*	78	4	121	10	67	6	cr010	
	Diogenidae	<i>Diogenes edwardsii</i>					5	*					cr011	
		<i>Diogenes penicillatus</i>					5	*					cr012	
		<i>Neodorippe japonica</i>	68	*									cr013	
	Dorippidae	<i>Paradorippe granulata</i>					42	*	19	*			cr014	
		<i>Lauridromia dehaani</i>							6	1			cr015	
	Goneplacidae	<i>Carcinoplax longimana</i>	1,283	37	21	*	395	21	381	20	83	5	cr016	
		<i>Carcinoplax vestita</i>					5	*	25	*			cr017	
	Hippolytidae	<i>Lysmata vittata</i>			63	*	42	*	32	*			cr018	
	Latreilliidae	<i>Latreillia valida</i>									17	*	cr019	
	Leucosiidae	<i>Arcania undecimspinosa</i>					5	*	13	*	17	*	cr020	
	Majidae	<i>Achaeus japonicus</i>					10	*					cr021	
		<i>Leptomithrax edwardsii</i>			21	*	36	1	165	9	100	10	cr022	
		<i>Pugettia quadridens</i>					5	*					cr023	
		Other crabs	Other crabs		*	21	*	31	*	44	*		*	cr024
		<i>Parapagurodea constans</i>	68		21		62	2	25	1	17		cr025	
	Paguridae	Other hermit crabs		4		*	2,123	*	1,271	1		*	cr026	
		<i>Palaemon gravieri</i>	1,486	*	21		5		724	*	116	*	cr027	
	Pandalidae	<i>Chlorotocus crassicornis</i>	68	4		*		*	32	*		1	cr028	
		<i>Pandalus gracilis</i>	1,756		148		104		369		515	*	cr029	
		<i>Plesionika grandis</i>		2		*		3		7	50	1	cr030	
		<i>Plesionika izumiae</i>	1,688		528		3,281		11,813	*	948	*	cr031	
		<i>Plesionika ortmanni</i>		2				*	114	1	17	1	cr032	
	Penaeidae	<i>Marsupenaeus japonicus</i>	34			*	5		32		33		cr033	
		<i>Metapenaeopsis dalei</i>		1	21								cr034	
		<i>Metapenaeus joyneri</i>	68									*	cr035	
		<i>Parapenaeopsis hardwickii</i>								*	33		cr036	
		<i>Parapenaeus fissuroides fissuroides</i>						*	25	*		*	cr037	
		<i>Parapenaeus lanceolatus</i>		7		*	5	*	13	3	50	2	cr038	
		<i>Trachysalambria curvirostris</i>	1,823	3	42	*	67	10	1,519	35	565	3	cr039	
	Portunidae	<i>Charybdis bimaculata</i>	540		63	*	2,507	6	6,787	1	632		cr040	
		<i>Ovalipes punctatus</i>			21		197		44			1	cr041	
		<i>Portunus (Portunus) sanguinolentus</i>				*					17		cr042	

*: less than 0.5 kg/km²

Table 1. Continued

Taxa	Family	Scientific name	2007		2008						Labels			
			Autumn		Winter		Spring		Summer			Autumn		
			N	W	N	W	N	W	N	W		N	W	
Crustacea	Portunidae	Other crabs			21					9		3	cr043	
	Solenoceridae	<i>Solenocera melantho</i>		1		40		6	324	12	150	7	cr044	
	Squillidae	<i>Oratosquilla oratoria</i>	68		42	*	332	*	743	*	382		cr045	
Echinodermata	Asteriidae	<i>Asterias amurensis</i>					530	69	324	24	848	7	ec001	
	Asterinidae	<i>Asterina pectinifera</i>					26	2	51	4	83	3	ec002	
	Astropectinidae	<i>Astropecten polyacanthus</i>					177	10					ec003	
	Luididae	<i>Luidia quinaria</i>					114	3	229	4	133	1	ec004	
	Myophiuridae	Other starfishes					10	*					ec005	
	Schizasteridae	<i>Schizaster lacunosus</i>					5	*					ec006	
	Solasteridae	<i>Solaster dawsoni</i>					5	1	6	1	17	7	ec007	
	Strongylocentrotidae	<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i>					644	15	64	1	399	6	ec008	
	Other sea urchines	Other sea urchines							229	4			ec009	
	Other starfishes	Other starfishes					171	6					ec010	
Gastropoda	Buccinidae	<i>Siphonalia spadicea fuscolineata</i>	2,769	44			6,775	48	8,566	48	19,755	165	ga001	
	Fasciolaridae	<i>Fusinus forceps forceps</i>					10	*	102	*			ga002	
	Littorinidae	<i>Nodilittorina radiata</i>					6,541	3	2,847	2			ga003	
		Other gastropods							610	1			ga004	
	Nassariidae	<i>Zeuxis siquijorensis</i>					109	*					ga005	
	Trochidae	Other gastropods					5	*					ga006	
	Other gastropods	Other gastropods			2,638	6	5,529	12	1,830	5	200	2	ga007	
	Other seasnails	Other seasnails							25	*			ga008	
Pisces	Acropomatidae	<i>Acropoma japonicum</i>	7,632	69	781	4	5,399	32	8,115	61	52,213	527	pi001	
		<i>Doederleinia berycooides</i>	68	1	42	2	472	16	38	1	1,081	47	pi002	
		<i>Malakichthys wakiyae</i>	68	*										pi003
		<i>Syagrops philippinensis</i>	68	*			5	*			17	*		pi004
	Aploactinidae	<i>Erisphex pottii</i>			42	*	47	*	6	*				pi005
	Apogonidae	<i>Apogon kiensis</i>			21	*	5	*						pi006
		<i>Apogon lineatus</i>	3,377	15	3,630	10	5,783	29	1,570	10	6,286	10		pi007
		<i>Apogon semilineatus</i>	135	*			5	*			133	*		pi008
	Bembridae	<i>Bembras japonica</i>							6	*				pi009
	Bothidae	<i>Laeops kitaharae</i>					10	*	6	*				pi010
	Callionymidae	<i>Bathycallionymus kaianus</i>					151	1						pi011
		<i>Repomucenus beniteguri</i>					5	*						pi012
		<i>Repomucenus curvicornis</i>			1,836	16								pi013
		Other fishes					446	5	146	1	133	1		pi014
	Carangidae	<i>Decapterus maruadsi</i>					5	*						pi015
		<i>Kaiwarinus equula</i>					140	1	241	9	166	8		pi016
		<i>Trachurus japonicus</i>	135	6			597	4	1,703	31	2,311	141		pi017
	Centrolophidae	<i>Psenopsis anomala</i>	270	24			16	*	83	3	67	4		pi018
	Chaetodontidae	<i>Chaetodon modestus</i>	34	2										pi019
	Champsodontidae	<i>Champsodon snyderi</i>					5	*	6	*	17	*		pi020
	Clupeidae	<i>Clupea pallasii</i>					748	6	222	5				pi021
	Congridae	<i>Conger myrister</i>	608	52	190	25	104	8	540	36	482	30		pi022
	Cynoglossidae	<i>Cynoglossus joyneri</i>			42	1	52	2	44	2	150	5		pi023
		<i>Cynoglossus robustus</i>			84	2	343	7	616	12				pi024
	Engraulidae	<i>Coilia nasus</i>	68	4										pi025
		<i>Engraulis japonicus</i>					2,180	32	324	2				pi026
		<i>Thryssa kammalensis</i>							254	4				pi027
		<i>Gadus macrocephalus</i>					286	1						pi028
	Gobiidae	<i>Acanthogobius lactipes</i>	405	4			306	2	546	2	665	5		pi029
		<i>Chaeturichthys stigmatias</i>			485	3								pi030
		<i>Pterogobius zacalles</i>							13	*				pi031
	Haemulidae	<i>Hapalogenys mucronatus</i>					5	1						pi032
	Haxagrammidae	<i>Haxagrammos otakii</i>					10	8	13	4				pi033
	Hemirhamphidae	<i>Hemirhamphus villosus</i>	34	11							17	7		pi034

*: less than 0.5 kg/km²

Table 1. Continued

Taxa	Family	Scientific name	2007		2008						Labels		
			Autumn		Winter		Spring		Summer			Autumn	
			N	W	N	W	N	W	N	W		N	W
Pisces	Sparidae	<i>Dentex tumifrons</i>			63	1	5	*	1,290	4	133	1	pi091
		<i>Pagrus major</i>	169	16	63	9	5	1	6	1	33	1	pi092
	Sphyracidae	<i>Sphyracna pinguis</i>							19	2	233	13	pi093
	Stichaeidae	<i>Dictyosoma burgeri</i>	68	10									pi094
	Syngnathidae	<i>Hippocampus coronatus</i>					5	*					pi095
	Trichiuridae	<i>Trichiurus lepturus</i>	135	6			21	1	1,061	21	466	13	pi096
	Triglidae	<i>Chelidonichthys spinosus</i>	4,998	563	908	190	358	71	743	154	1,679	266	pi097
		<i>Lepidotrigla guentheri</i>			42	*	260	1	19	1	166	7	pi098
		<i>Lepidotrigla hime</i>					36	3					pi099
		<i>Lepidotrigla microptera</i>							114	12	349	44	pi100
		<i>Lepidotrigla abyssalis</i>	743	93									pi101
		Other fishes					171	1	527	8	1,231	32	pi102
	Uranoscopidae	<i>Uranoscopus japonicus</i>					10	1	6	*			pi103
	Zeidae	<i>Zenopsis nebulosa</i>							6	1	133	28	pi104
		<i>Zeus faber</i>	68	78	485	130	202	19	381	61	582	178	pi105
	Zoarcidae	<i>Zoarcis gillii</i>			106	18	1,158	32	216	12			pi106

*: less than 0.5 kg/km²

가장 높은 어획량을 나타냈으며, 다음으로 황아귀, 보구치 (*Nibea argentatus*), 성대, 그리고 문치가자미의 순으로 높은 단위면적당 어획량을 나타냈다 (Table 1).

3. 군집구조

자기분석지도 (SOM)와 클러스터 분석을 이용하여 조사해역의 출현 종에 대한 계절별 특성을 파악하였다. 먼저 SOM 분석 결과는 살펴보면, 다섯 계절에 대한 생물이 출현한 경우는 붉은색으로 출현하지 않은 경우는 푸른색으로 표현되었다. 각 종별 계절별 출현 특성에 따라 17개의 그룹으로 분류되었으며, Fig. 5b의 어종별 코드가 나타난 그림과 Fig. 5a의 각 계절별 출현 분포를 동시에 살펴보면 각 계절별 어종 특성을 파악할 수 있다. 2007년 가을은 오른쪽, 2008년 겨울은 아랫부분, 2008년 봄과 여름은 오른쪽 윗부분을 제외한 전체, 그리고 2008년 가을은 오른쪽과 아래쪽에 주요 출현 종이 분포하였다. SOM 결과를 크게 네 부분으로 나누어 보면, 일사분면에 위치한 그룹은 봄을 제외한 계절에 주로 출현한 종들의 그룹이었으며, 이사분면에 위치한 그룹은 주로 봄에 출현한 종들의 그룹이었다. 삼사분면에 속한 그룹은 2007년 가을을 제외한 2008년 전 계절에 출현한 종들의 그룹이었고, 사사분면에 위치한 그룹은 공통적으로 붉은색으로 나타나는 부분이며, 이 그룹에 속한 종들은 연구해역에서 모든 계절에서 출현한 종들의 그룹이었다 (Fig. 5a). 각 계절의 출현 종에 따른 유사도는 2007년 가을과 2008년 가을이 가장 유사하였으며, 다음으로 2008년 봄과 여름이 유사한 것으로 나타났다. 그리고 2008년 겨울은 2007년과 2008년 가을의 종조성과 연관되었다. 계절적 유사

도 구조는 봄과 여름, 그리고 가을과 겨울이 유사한 것으로 나타났으며, 두 군집사이의 뚜렷한 구분을 나타냈다 (Fig. 5c).

SOM labels에 표기된 세부 종명은 분류군별로 과별 학명에 따라 알파벳 순서로 나열하여 각 분류군별 명명 두자리와 세자리의 수의 조합으로 차례대로 명명되었다 (Table 1). 각 그룹의 이름은 왼쪽 위부터 오른쪽 아래까지 차례로 알파벳 순으로 구분할 경우, A는 봄, B는 2008년 가을과 겨울, C는 여름, 그리고 F는 각각 2007년 가을을 대표하는 해양생물의 그룹이다. 각 계절의 대표어종을 살펴보면, 봄은 눈가자미 (*Dexistes rikuzenius*), 대구 (*Gadus macrocephalus*), 남방돔양태 (*Bathycallionymus kaianus*), 여름은 청멸 (*Thryssa kammalensis*), 총알고둥류 (family Littorinidae), 실양태, 2007년 가을은 밀달갱이 (*Lepidotrigla abyssalis*), 꼬리민태 (*Caelorinchus japonicus*), 그물베도라치 (*Dictyosoma burgeri*), 2008년 가을은 별넙치 (*Pseudorhombus cinnamoneus*), 참홍어 (*Raja Pulchra*), 점박이꽃게 (*Portunus (Portunus) sanguinolentus*), 그리고 겨울은 동갈양태 (*Repomucenus curvicornis*), 쉬쉬망둑 (*Chaeturichthys stigmatias*), 농어 (*Lateolabrax japonicus*) 등 이었다 (Fig. 5b).

4. 우점종 체장조성

2007년 가을부터 2008년 가을까지 조사 기간 동안 지속적으로 어획된 어종들은 총 29종으로 갑각류 9종, 두족류 2종, 그리고 어류 18종이었다. 세부 종을 살펴보면, 갑각류는 갯가재 (*Oratosquilla oratoria*), 그라비새우 (*Palaemon gravieri*), 꽃새우 (*Trachysalambria curvirostris*), 남방도화새우 (*Pandalus gracilis*), 두점박이민꽃게, 마루자주새우, 원송이

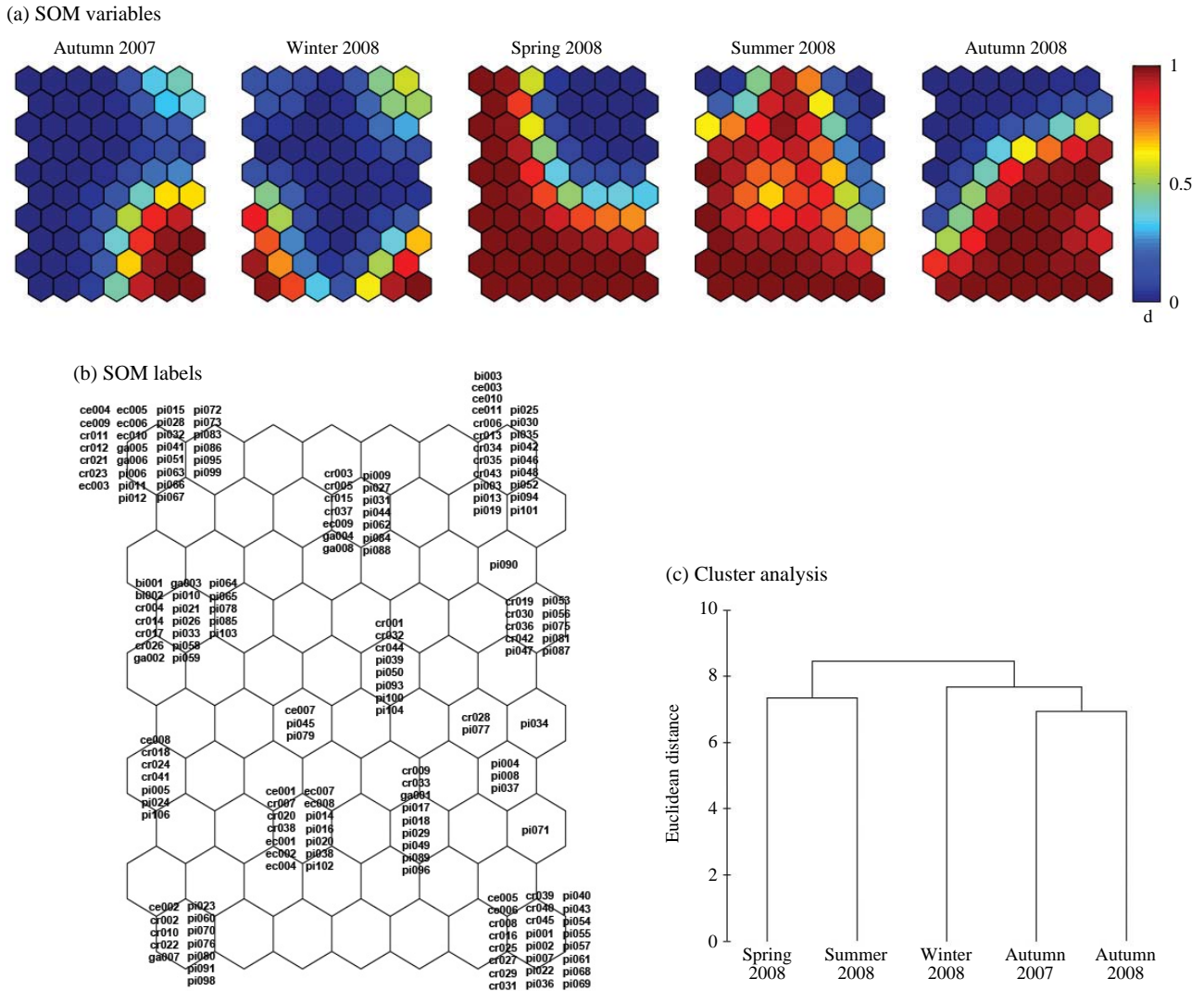


Fig. 5. The results of self-organizing map (SOM): Variables (a), guild of species with seasonal variations (b), and dendrogram of similarity by season (c).

게 (*Carcinoplax longimana*), 점박이꼬마도화새우 그리고 제 집참집게 (*Parapagurodea constans*)였다. 두족류는 낙지 (*Octopus minor*)와 주꾸미 (*Octopus ocellatus*)가 매 계절 출현하였으며, 어류는 그물메기 (*Neobythites sivicola*), 넙치, 눈볼대 (*Doederleinia berycoides*), 달고기, 문치가자미, 물가자미, 반딧불게르치, 붕장어 (*Conger myrister*), 살살치 (*Scorpaena neglecta*), 성대, 쌍동가리 (*Paraperca sexfasciata*), 열동가리돔, 점넙치 (*Pseudorhombus pentophthalmus*), 주둥치 (*Leiognathus nuchalis*), 줄비늘치 (*Caelinchus multispinulosus*), 참돔 (*Pagrus major*), 홍어 그리고 황아귀였다 (Fig. 5a and b). 이 들 중에서 출현개체수가 많은 마루자주새우와 점박이꼬마도화새우, 반딧불게르치, 열동가리돔, 그리고 어획량이 많은 주요 상업종인 성대, 문치가자미, 그리고 황아

귀의 체장조성을 나타내었다.

먼저 갑각류인 마루자주새우 (*C. hakodatei*)의 평균 두흉갑장은 11.81 mm이었으며, 두 개체를 제외한 나머지 개체의 체장범위는 6.09~18.59 mm이었다. 점박이꼬마도화새우 (*P. izumiae*)의 평균 두흉갑장이 9.74 mm이었으며, 한 개체를 제외한 나머지 개체의 체장범위는 6.59~13.08 mm이었다. 문치가자미 (*P. yokohamae*)는 평균체장이 20.8 cm이었으며, 체장범위가 4.3~41.0 cm로 하나 이상의 체장모드를 나타내었다. 어류 중에서 가장 많은 출현개체수를 보인 종인 반딧불게르치 (*A. japonicum*)의 평균체장은 7.4 cm이었으며, 두 개체를 제외한 나머지 개체의 체장범위는 3.2~13.8 cm이었다. 성대 (*C. spinosus*)의 평균체장은 25.1 cm이었으며, 체장범위는 13.5~35.5 cm이었다. 열동가리돔 (*A. lineatus*)은

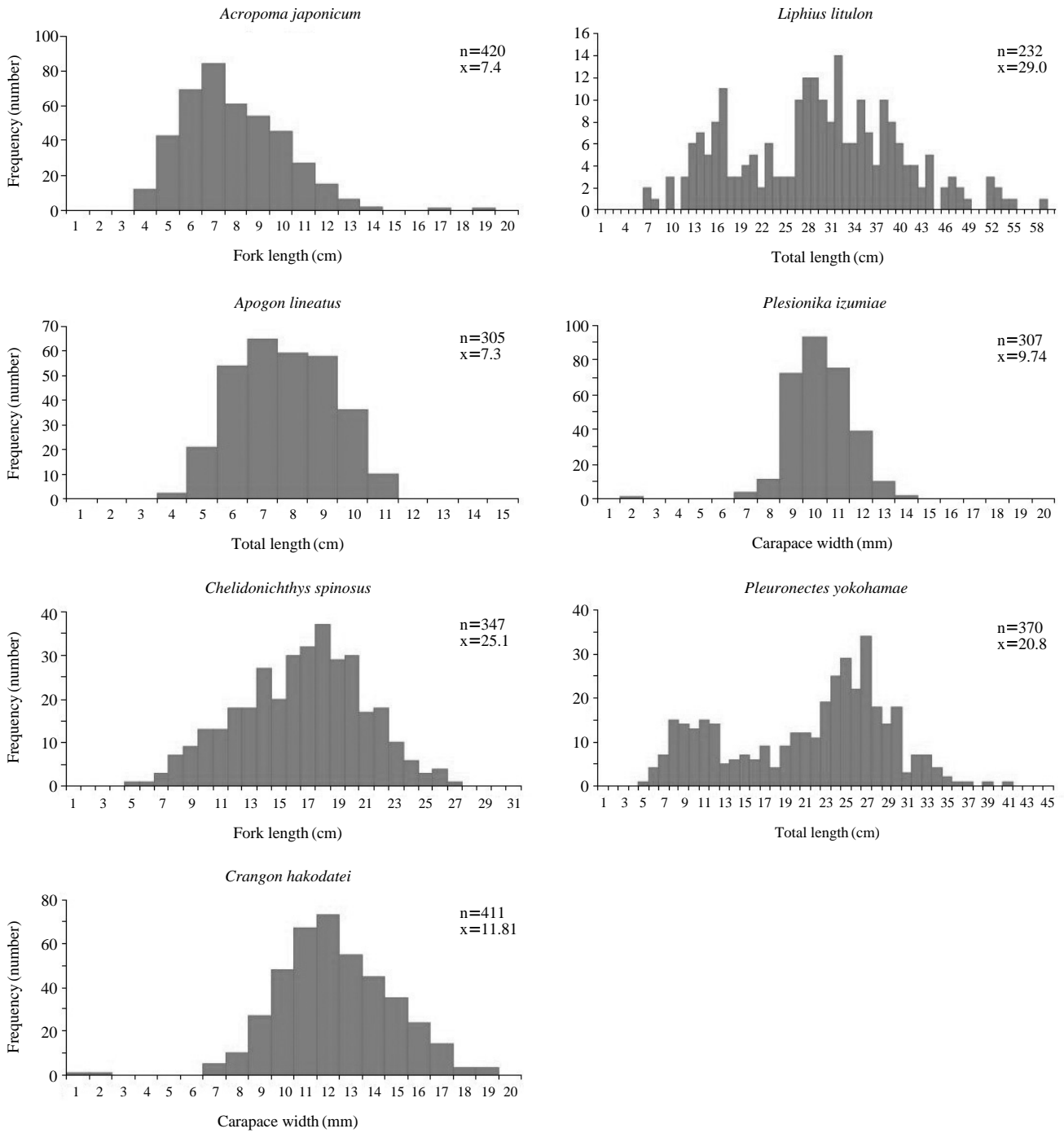


Fig. 6. The length frequency of the major species caught by shrimp beam trawl in the Nakdong River Estuary.

평균체장이 7.3 cm이었으며, 체장범위가 4.0~11.0 cm이었다. 마지막으로 황아귀 (*L. litulon*)는 평균체장이 29.0 cm이었으며, 체장범위가 6.2~59.0 cm로 하나 이상의 체장모드를 나타내었다(Fig. 6).

고찰

연안역은 외양역과 달리 복잡하고 다양한 형태의 서식공간이 있으며, 이곳에 적응해서 살아가는 생물들은 매우 다

양한 행동 습성과 생존 전략을 보이고 있다. 그러므로 특정 연안 해역의 어류 군집을 연구할 때, 한 종류의 어구만을 이용하여 어류를 조사한 결과가 그 해역의 어류군집 전체를 대표하기 어렵다. 이와 같은 문제점을 극복하기 위하여 가능한 다양한 종류의 어구를 동원해서 어류조사를 실시해야 한다. 최근 국외에서는 어류군집을 연구할 때에 여러 어구를 동시에 사용함으로써 그 조사 결과가 연구 해역의 어류군집 특성을 잘 반영하도록 하고 있다(허와 안, 2000). 본 연구에서는 새우조망만을 사용하였지만, 이 어구는 트롤 어구의 한 종류로 그물입구가 고정되어 있어서, 배의 속도와 어구를 인망한 시간을 정확히 알 수 있다면, 이 어구가 훑은 해역의 정확한 면적을 계산하여, 그 해역에서 어획된 어류의 밀도와 자원량을 추정할 수 있다. 게다가 트롤어구는 조업의 주 대상이 되는 어종은 물론 비 대상 어종과 소형 어종들을 포함한 불특정 다수 어종을 동시에 채집할 수 있으므로, 타 어구들에 비하여 어류를 포함한 다양한 생물들이 어획되어 조사가 이루어진 낙동강 하구의 생태계를 현황을 파악할 수 있을 것으로 생각된다.

유사 어구인 오토 트롤(otter trawl)로 수행된 다른 해역의 연구와 비교해 볼때, 천수만 어류 군집연구에서 1986년에 32종과 1991~1992년에 54종의 어류가 채집되었고(이, 1989; 이, 1996), 아산만 어류 연구에서는 1991~1992년에 34종이 채집되었다(이, 1993). 영광연안의 어류 조사의 경우 1986~1987년은 33종(이와 길, 1998), 1996년은 46종이 채집되었다(황 등, 1998). 광양만에서는 1990년에 54종(차와 박, 1997), 1990~1991년에 64종(허 등, 1998), 1994년에 57종이 채집되었다(허와 광, 1997b). 1989~1990년에 이루어진 남해도 연안의 어류조사에서 64종이 채집되었다(허와 광, 1998a). 가덕도 주변 해역에서 채집하였으며, 낙동강 하구해역에서 이루어진 이전 연구는 100종(허와 정, 1999)과 본 연구에서는 99종 어류가 채집되었다. 허와 안(2000)이 낙동강과 가까운 곳에 위치한 가덕도 주변 해역에서 채집한 어류 110종과 유사한 결과를 나타내었다. 서해에 비하여 남해에서 많은 어종이 채집되고 있음을 보여주며, 특히 가덕도 주변해역의 어류상이 매우 다양함을 보여준다(허와 안, 2000).

2007년 가을부터 2008년 가을까지 출현한 어류는 55과 99종이었다. 과거 낙동강 하구에서 수행된 어류조사 결과를 살펴보면, 1979년에는 35과 66종(김과 홍, 1980), 1986~1987년에는 99종(전, 1987), 1987~1988년에는 100종(허와 정, 1999), 2000년에는 29과 49종(양 등, 2001), 그리고 2001~2002년에는 21과 30종(광과 허, 2003)이 채집되었다. 이전 연구 중 연구시기에 관계없이 전(1987), 허와 정(1999) 및 본 연구는 약 백여종의 어류를 보고하였으나, 김과 홍(1980), 양 등(2001)과 광과 허(2003)는 출현종수가 적었다. 이는 계절조사를 실시한 경우는 월별조사를 실시한

경우에 비하여 많은 어종이 채집에서 누락되었기 때문이다(허와 정, 1999). 본 연구 역시 매 월 조사는 아니었지만, 2007년 10월부터 2008년 10월까지 총 9회의 조사를 실시하여 어류의 출현 종 수가 거의 일치하였다. 조사횟수의 차이에 따라 생태계 생물종 파악에 큰 변수로 작용하는 것으로 생각된다.

2007년 가을부터 2008년 가을까지 출현한 생물은 총 6개 분류군 93과 169종이었으며, 어류와 두족류를 제외한 생물종은 33과 59종이었다. 하구에서 저서성 대형 무척추동물은 출현 종 수나 생물 현존량에서 있어서 가장 풍부하게 관찰되는 2차 생산자로서 하구생태계를 파악하는데 이들이 차지하는 위치가 매우 크다(배와 윤, 1989). 낙동강 하구에서 서식하는 갑각류, 거머리류, 곤충류, 다모류, 복족류, 부족류 및 빈모류를 포함하는 저서성 대형 무척추동물은 1984~1985년에 42과 61종이 채집되었으며(윤 등, 1986), 1986~1987년에는 37과 69종이 채집되었다(윤 등, 1987). 이와같은 저서성 대형 무척추동물의 군집구조를 파악하기 위해서는 이들의 정량적인 조사를 통한 출현종의 조성, 개체수 밀도, 생물 및 군집의 동태와 같은 생물학적 연구와 환경요인의 변화에 기초를 둔 다변량분석법을 이용한 환경요인과의 분석이 필요하다(Cassie and Michael, 1968; Parker, 1975; Anderson, 1985; 배와 윤, 1989). 일반적으로 저서성 대형 무척추동물의 경우 퇴적물 입도조성이 군집에 가장 큰 영향을 주는 환경요인으로 나타나고 있으나(Weiley and McIntyre, 1964; Cassie and Michael, 1968; Yi *et al.*, 1982; 이, 1987), 낙동강 하구의 경우는 저서성 대형 무척추동물의 분포 및 조성이 염분농도의 구배에 따라 변동하며 염분이 가장 중요한 환경요인으로 나타났다(배와 윤, 1989). 그러므로 염분을 포함한 환경요인에 따른 해양생물의 변동양상을 살펴보기 위한 추가연구가 필요할 것으로 생각된다.

각 계절별 단위면적당 출현 개체수가 가장 많은 종은 2007년과 2008년 가을에는 반딧불게르치, 2008년 겨울은 열동가리돔, 2008년 봄은 갈색고리돼지고동, 그리고 2008년 여름은 마루자주새우로 나타났다. 연구기간 중에서 단위면적당 개체수를 기준하였을때, 두 계절은 어류가 아닌 복족류와 갑각류가 최우점종으로 나타났다. 낙동강 하구 해역은 육상에서 유입되는 영양염 외에도 낙동강 하류주변에 밀생하고 있는 갈대 등의 식물군락에서 유래되는 테트리터스의 양이 막대하기 때문에 이를 주 먹이로 하는 새우류와 같은 무척추동물이 많이 출현하고 있다(윤 등, 1986; 홍과 오, 1989). 새우류는 우리나라 주변에서 출현하는 많은 어류가 선호하는 먹이 생물이 알려져 있다(허, 1997; 허와 광, 1997a, 1998b, c, d, e, 1999; 허, 1999). 이는 낙동강 하구를 포함한 주변해역에 어류의 먹이가 풍부하게 분포해 있다는 것을 나타내며, 그 결과 풍부한 먹이를 찾아 많은 어종이 출현하는 것으로 판단된다(허와 안, 2000).

허와 정(1999)의 연구에서 낙동강 하구해역은 다른 계절에 비해 봄과 여름에 출현 어종수 및 개체수가 많았으며, 이것은 수온변화에 영향을 받는 어류의 산란주기와 관련이 있다고 생각되었다. 광과 허(2003)의 연구에서는 어종수는 봄에서 가을 사이에 많았고, 비교적 높은 채집량을 유지하였지만 겨울에는 채집된 종수와 채집량이 크게 감소하였다. 봄이 되어 외해나 인접해역에서 월동한 어류들이 본 조사해역과 같은 내만으로 이동하며, 이 중 많은 어종들이 봄과 여름 사이에 산란하여 채집량이 증가한 것으로 판단된다. 일반적으로 산란시기 직후에 해당어종들의 채집량이 증가하는 것으로 알려져 있으며(Cunter, 1967; McLusky, 1989; Abookire *et al.*, 2000), 두 연구에서 모두 낙동강 하구해역의 주요 우점종들이 봄과 초여름 또는 봄과 여름의 산란시기를 거치는 것으로 조사되었다(정, 1977; 김과 강, 1993). 본 연구에서 출현 어류의 종수는 봄에서 가을 사이에 많았고, 어획량은 가을과 겨울이 높았다. 대표적인 우점종인 성대, 반딧불게르치, 황아귀, 홍어, 문치가자미 등은 주겨주종들로서 각 종의 산란시기는 달랐지만, 어획량이 가장 많았던 시기는 가을 또는 겨울이었다. 다섯 계절에 따라 출현 종에 대한 SOM을 이용하여 각 어종은 세부적으로 18개의 그룹으로 구분되었으며, 클러스터 분석을 적용한 결과는 봄과 여름, 그리고 가을과 겨울이 유사한 것으로 나타났다. 생물적인 요인 외에도 이 두 시기를 나누는 수온, 염분 및 여름철 강수 등 다양한 환경적 요인이 있으므로 이에 대한 추가연구가 필요할 것으로 생각된다.

낙동강하구에서 주로 채집된 우점종은 1987~1988년은 실양태, 흰배도라치, 주둥치, 전갱이, 밴댕이 등이었으며(허와 정, 1999), 2001~2002년은 문절망둑, 주둥치, 양태, 꼼치, 두줄망둑 등으로 두 시기 사이 낙동강 하구둑의 건설로 인하여 출현하는 어류상에 큰 변화가 일어났음을 의미한다(광과 허, 2003). 본 연구가 수행된 2007~2008년의 주요 어류 우점종은 반딧불게르치, 성대, 열동가리돔, 황아귀 등으로 이전의 두 연구와 다른 연구결과를 나타내었다. 저서동물의 경우 하구둑이 건설되기 이전에 비하여 조건대성게류와 채첩 및 바지락을 비롯한 식용패류의 개체수가 현저히 감소하였으며, 담수종인 동남참게는 낙동강 전 수역과 인접한 하천에서 사라졌으며, 기수성 다모류나 갑각류의 개체밀도 및 현존량이 감소되었다고 한다(장과 김, 1992; Hong *et al.*, 1994). 각 생물종들은 서로 영향을 미치는 관계를 형성하고 있으므로 하구둑 건설에 의한 낙동강 하구역 생태계의 변화를 정확히 파악하기 위해서는 서식하는 모든 생물군집에 대한 종합적인 조사가 요구된다(광과 허, 2003).

요 약

2007년 가을부터 2008년 가을까지 낙동강 하구 연안에

서 출현한 생물은 93과 169종이었으며, 그 중 갑각류가 43종 그리고 어류가 99종으로 나타났다. 봄에 가장 다양한 종들이 나타났으며, 가을과 겨울은 출현하는 종수가 상대적으로 적었다. 단위면적당 개체수는 2008년 겨울이 가장 낮았으며, 2008년 여름에 가장 높았다. 분류군별 단위면적당 개체수의 어획비율은 갑각류가 3.8~64.5%, 극피동물류가 0.7~2.6%, 두족류가 1.8~10.1%, 복족류가 6.7~28.9%, 어류가 19.4~71.9% 그리고 이매패류가 1.7~8.0%를 차지하였다. 단위면적당 어획중량은 2008년 봄이 가장 낮았으며, 2008년 가을에 월등히 높게 나타났다. 단위면적당 어획중량의 비율을 보면 어류가 70.6~92.1%를 차지하였으며, 나머지 분류군이 약 30~8%를 차지하였다.

단위면적당 출현 개체수가 많은 종은 반딧불게르치, 열동가리돔, 갈색고리돼지고둥, 마루자주새우 등이었으며, 단위면적당 높은 어획량을 나타내는 종들은 성대, 황아귀, 홍어, 반딧불게르치 등이었다. 낙동강 하구 연안해역에서 조사된 어종들의 계절별 출현 특성에 따라 18개의 그룹으로 분류되었으며, 각 계절의 출현 종에 따른 유사도는 2007년 가을과 2008년 가을이 가장 유사하였으며, 다음으로 2008년 봄과 여름이 유사한 것으로 나타났다. 조사 기간 동안 지속적으로 어획된 어종들은 총 29종으로 갑각류 9종, 두족류 2종, 그리고 어류 18종이었다. 마루자주새우, 반딧불게르치, 성대, 열동가리돔, 홍어, 황아귀 등 연구해역에서의 주서식종들이 단위면적당 개체수와 어획량 면에서 계절에 따라 이동하는 종들에 비하여 월등히 높았다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원(연근해 어업자원 평가 및 관리연구, RP-2009-FR-023)의 지원으로 수행되었습니다.

인 용 문 헌

- 곽석남 · 허성희. 2003. 낙동강 하구역 어류의 종조성 변화. 한국수산학회지, 36: 129-135.
- 국립수산과학원. 2002. 한국 어구도감. 해양수산부 국립수산과학원, 579pp.
- 김영섭 · 한경호 · 강충배 · 김종빈. 2004. 한국 연근해 유용어류도감, 제 2판. 국립수산과학원, 222pp.
- 김영승 · 김종빈 · 김영혜 · 김두남 · 안두해 · 황선재 · 문대연 · 김진영 · 조현수 · 김순송 · 고정락. 2006. 세계 유용 두족류도감. 해양수산부국립수산과학원, 222pp.
- 김용역 · 홍성윤. 1980. 낙동강하류 철새도래지의 어류상. 자연보존연구보고서, 2: 137-146.
- 김익수 · 강연중. 1993. 원색 한국어류대도감. 아카데미서적,

- 477pp.
- 김익수 · 최 윤 · 이충렬 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 1995. 한국어류대도감. 교학사, 615pp.
- 명정구. 2002. 우리나라 어류도감. 다락원, 287pp.
- 민덕기. 2004. 한국패류도감. 민 캐류연구소, 도서출판 한국, 566pp.
- 배경석 · 윤일병. 1989. 낙동강 하구의 환경특성과 저서성 대형무척추동물의 동태에 관한 연구. 한국육수학회지, 22: 11-27.
- 안순모. 2007. 훼손된 자연 생태계 복원기술: 낙동강 하구역 습지 생태계 훼손지역 복원 및 관리기술. 환경부, 051-061-013, 288pp.
- 양홍준 · 김구환 · 금지돈. 2001. 낙동강 하구의 어류상과 담의 어두에서 어류의 이동. 한국육수학회지, 34: 251-258.
- 윤일병 · 배경석 · 공동수 · 송미영. 1987. 낙동강 하구의 저서성 대형무척추동물상에 관한 연구. 자연보존협회보고서, 9: 59-76.
- 윤일병 · 배경석 · 배연재 · 어성준 · 김기홍. 1986. 낙동강 하구의 저서성 대형무척추동물의 계절적 군집구조에 관한 연구. 한국육수학회지, 19: 19-38.
- 이재학. 1987. 황해의 저서다모류에 대한 생태학적 연구. 부산수산대학교 대학원. 박사학위논문, 167pp.
- 이태원. 1989. 천수만 저서성 어류 군집의 계절적 변화. 한국수산학회지, 22: 1-8.
- 이태원. 1991. 아산만 저어류, I. 적정 채집 방법. 한국수산학회지, 24: 248-254.
- 이태원. 1993. 아산만 저어류, III. 정점간 양적 변동과 종조성. 한국수산학회지, 26: 438-445.
- 이태원. 1996. 천수만 어류의 종조성 변화, 1. 저어류. 한국수산학회지, 29: 71-83.
- 이태원 · 김광천. 1992. 아산만 저어류, II. 종조성의 주역 및 계절 변동. 한국수산학회지, 25: 103-114.
- 이태원 · 김준우. 1998. 1986~87년 영광 연안 저어류의 계절 변동. 한국어류학회지, 10: 241-249.
- 장인권 · 김창현. 1992. 낙동강 하구언 건설에 의한 연체동물상 및 갑각류상의 변화에 관한 연구. 한국수산학회지, 25: 265-281.
- 전상린. 1987. 낙동강 하구역의 어류상에 관하여. 자연보존협회보고서, 9: 77-90.
- 정문기. 1977. 한국어도보. 일지사, 727pp.
- 진평 · 허성범. 1985. 낙동강 하구둑 공사에 따른 어업피해 조사 보고서. IMS 85-NS2 부산수산대학.
- 진평 · 허성범. 1987. 낙동강 하구둑 공사에 따른 어업피해 조사. IMS 87-NS-2. 부산수산대학.
- 차성식 · 박광재. 1997. 저인망에 채집된 광양만 어류의 종조성과 계절변동. 한국어류학회지, 9: 235-243.
- 한국수자원공사. 1993. '93 낙동강하구둑 환경영향조사보고서. 5. 어류조사.
- 한국수자원공사. 1994. '94 낙동강하구둑 환경영향조사보고서. 5. 어류조사.
- 한국수자원공사. 1995. '95 낙동강하구둑 환경영향조사보고서. 5. 어류조사.
- 한국수자원공사. 1996. '96 낙동강하구둑 환경영향조사보고서. 5. 어류조사.
- 허성범. 1991. 낙동강 하구둑 건설 관련 공유수면 준설로 인한 어업피해 조사. 부산수산대학교.
- 허성희. 1997. 푼치(*Liparis tanakai*)의 식성. 한국어류학회지, 9: 71-78.
- 허성희. 1999. 갈치(*Trichiurus lepturus*)의 식성. 한국어류학회지, 11: 191-197.
- 허성희 · 광석남. 1997a. 베도라치(*Pholis nebulosa*)의 식성. 한국어류학회지, 9: 22-29.
- 허성희 · 광석남. 1997b. 광양만 잘피밭에 서식하는 어류의 종조성 및 계절 변동. 한국어류학회지, 9: 202-220.
- 허성희 · 광석남. 1998a. 저인망에 채집된 남해도 연안해역 어류의 종조성 및 계절 변동. 한국어류학회지, 10: 11-23.
- 허성희 · 광석남. 1998b. 가시망둑(*Pseudoblennius cottoides*)의 식성. 한국수산학회지, 31: 37-44.
- 허성희 · 광석남. 1998c. 광양만 잘피밭에 서식하는 볼낙(*Sebastes inermis*)의 식성. 한국수산학회지, 31: 168-175.
- 허성희 · 광석남. 1998d. 광양만 잘피밭에 서식하는 감성돔(*Acanthopagrus schlegeli*)유어의 식성. 한국어류학회지, 10: 168-175.
- 허성희 · 광석남. 1998e. 광양만 잘피밭에서 서식하는 붕장어(*Conger myriaster*)의 식성. 한국수산학회지, 31: 665-672.
- 허성희 · 광석남. 1999. 광양만 잘피밭에 서식하는 문절망둑(*Acanthogobius flavimanus*)의 식성. 한국수산학회지, 32: 10-17.
- 허성희 · 안용락. 2000. 가덕도 주변 해역 어류의 종조성과 계절 변동. 1. 소형 기선저인망에 의해 채집된 어류. 한국수산학회지, 33: 288-301.
- 허성희 · 정석근. 1999. 낙동강 하구해역에서 저인망에 의해 어획되는 어류의 종조성 및 계절 변동. 한국어업기술학회지, 35: 178-195.
- 허성희 · 김남옥 · 추현기. 1998. 저인망에 채집된 광양만 대도 주변 어류의 종조성 및 계절 변동. 한국어업기술학회지, 34: 419-432.
- 홍성윤. 2006. 한국해양무척추동물도감. 아카데미서적, 482pp.
- 홍성윤 · 오철웅. 1989. 낙동강 하구에 서식하는 자주새우(*Crangon affinis*)의 생태학적 연구. 한국수산학회지, 22: 351-362.
- 황선도 · 임양재 · 송홍인 · 최용식 · 문형태. 1998. 서해 영광 연안 수산자원 2. Otter Trawl 어획자원의 종조성. 한국수산학회지, 31: 739-748.
- Abookire, A.A., J.F. Piatt and M.D. Robards. 2000. nearshore fish distributions in an alaskan estuary in relation to stratification, temperature and salinity. Estuar. Coast. Shelf Sci., 51: 45-59.
- Anderson, T.W. 1958. An Introduction to multivariate statistical analysis. John Wiley and Sons, Inc., New York, 374pp.
- Cassie, R.M. and A.D. Michael. 1968. Fauna and sediments of an intertidal mud flat: a multivariate analysis. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 3: 1-23.
- Cunther, G. 1967. Some relationships of estuaries to the fisheries of Gulf of Mexico (Publication No. 83 edited by G.H. Lauff). American Association for the Advancement of Science, Washington, D.C., pp. 621-638.

- Hong, S.Y., C.W. Ma and H.S. Lim. 1994. A ecological study of benthic macrofauna in Nakdong River estuary, 1994. Spring Meeting of the Korean Societies on Fisheries Science, pp. 24-25.
- Kang, C.K., E.J. Choy, S. Paik, H. Paerk, K. Lee and S. An. 2007. Contributions of primary organic matter sources to macroinvertebrate production in an intertidal salt marsh (*Scripus triquetter*) ecosystem. Mar. Ecol. Prog. Ser., 334: 131-143.
- McLusky, D.S. 1989. The Estuarine Ecosystem, 2nd ed. New York: Chapman & Hall. 215pp.
- Parker, R.H. 1975. The study of benthic communities: A model and review. Elsevisr Oceanography Ltd., 289pp.
- Shannon, C.E. 1948. A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal, 27: 379-423.
- Wigley, R.L. and A.D. McIntyre. 1964. Some quantitative comparisons of offshore meiobenthos and macrobenthos south of Martha's Vineyard. Limnol. Ocenogr., 9: 485-493.
- Yi, S.K., J.S. Hong and J.H. Lee. 1982. A study on the subtidal benthic community in Ulsan Bay, Korea. Bull. Korea Ocean Res. Dev. Inst., 4: 17-26.