ISSN 1225-827X (Print)
ISSN 2287-4623 (Online)
J Kor Soc Fish Technol, 50 (4), 455－466, 2014
http://dx.doi.org/10.3796/KSFT.2014.50.4.455

FISHERIES TECHNOLOGY
www.fishtech.or.kr
〈Original Article〉

새우조망을 이용한 금강 하구역 어획물의 계절별 종조성 및 군집분석

이선길 · 최문성 · 서영일[1] · 이재봉[2*]
국립수산과학원 남서해수산연구소, [1]자원관리과, [2]독도수산연구센터

Seasonal species composition and cluster analysis of catches by shrimp beam trawl in the Geum river estuary

Sun-Kil LEE, Moon-Seong CHOI, Yeong-Il SEO[1] and Jae-Bong LEE[2*]
Fisheries Resources and Environment Division, Southwest sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Yousu 556-823, Korea
[1]Fisheries Resources Management Division, NFRDI, Busan 619-705, Korea
[2]Dokdo Fisheries Research Center, NFRDI, Pohang 719-119, Korea

Seasonal variations in species composition of catches were explored using seasonal samples caught by shrimp beam trawl in the Geum river estuary in 2011. During the study period, total catches were collected 91 species as fish 47 species, crustacean 28 species, mollusca 4 species, gastropoda 5 species, shellfish 3 species and others 4 species. The dominant species were *Exopalaemon carinicauda, Eriocheir leptognathus, Palaemon gravieri*, *Mugil cephalus, Acanthogobius hasta, Cynoglossus joyneri*, *Pennahia argentata* and *Coilia nasus*. The amount of species in spring and summer was higher than in autumn. The diversity index (H') was 0.43~0.96, evenness index (EI) was 0.14~0.25, and richness index (RI) was 1.54~4.25. Using cluster analysis 91 species were divided into 4 groups. Group I appeared mainly in spring and summer. Group II appeared only in summer. Group III appeared in winter and spring, and Group IV in spring and autumn.

Keywords: Geum river estuary, Dominant species, Diversity index(H'), Evenness index(EI), Richness index(RI), Cluster analysis.

서 론

금강은 전라북도 진안에서 발원하여 군산과 장항 사이에서 서해 바다와 접하는 우리나라 4대강 중 하나로 유로연장이 약 400 km에 이르고, 집수 면적은 약 9,880 km^2, 연간 담수 유출량은 약 6.4×10^9 ton이다 (Kwon et al., 2001). 1982년 금강 하구에 총 1,841 m 길이의 하구둑이 건설되기 시작하여 1996년 9월에 완공되었다.

금강 하구역은 건기와 우기가 뚜렷이 구별되는 강하구 환경을 가지고 있으며, 금강 하구둑 공사가 완료된 이후에 금강 하구역은 완전 혼합형 하구에서 부분 혼합형 하구로 바뀌었고, 이에 따라 하구둑 외측의 수계는 물리적 과정뿐만 아니라 화학적 분포에도 상당한 변화

*Corresponding author: leejb@korea.kr, Tel: 82-54-724-1010, Fax: 82-54-724-1088

를 가져왔다 (Kown and Lee, 1999; Kim et al., 1998; Lee et al., 1999; Lee and Yang, 1997). 또한 하구둑의 갑문 작동이후로 금강 하구역은 풍수기를 제외하면 만의 특성이 강하게 나타나고 있다 (Yang et al., 1999; Lee et al., 1999). 금강 하구에서 담수 유출로 인한 그 영향 범위는 계절에 따라 변동하는데, 갈수기 때는 하구둑 갑문으로부터 약 1~2 km 내에서 담수 유출수가 영향을 미치지만 (Yang et al., 1999), 풍수기 때의 담수 유출수는 하구둑에서 수십 km 떨어진 곳까지 확장되고 있다 (Lee et al., 1995a).

금강 하구 유역에 관하여 식물플랑크톤의 일차생산력 연구 (Shin et al., 2012), 해황과 관련한 영양염 전선 (Choi et al., 2002), 풀망둑의 생태 (Choi et al., 1996), 어류군집 및 종조성 (Lee, 1992; Hwang et al., 1992; Hwang et al., 2005; Hur et al., 2009; Hur et al., 2011) 등이 연구되었다.

하구는 민물과 바닷물이 혼합되고 조석의 영향으로 탁도가 높고, 수온, 염분, 용존산소 등 환경의 단기 변화가 크다. 그러나 육지로부터 공급되는 영양염이 축적되어 수서생물 생산력이 높아 해양생물과 기수생물들에게 산란장, 섭이장, 성육장을 제공하고, 바다와 강을 회유하는 생물의 회유 경로로 이용된다 (Day et al., 1989; Potter et al., 1986). 따라서, 본 연구는 금강 하구역에 서식하는 수산생물의 계절별 종조성을 통해 계절별 우점종을 파악하는 것이고, 어획물의 체장조성을 통해 어종별 산란장 또는 성육장을 확인하는 것이며, 어획물의 자원밀도를 이용하여 계절별 자원변동을 파악하는 것이다. 또한 향후 하구어장 개발 시 금강하구역에 서식하는 수산생물의 수산자원 관리전략 수립을 위한 기초자료를 제공하기 위함이다.

재료 및 방법

본 연구는 금강 하구해역에서 2011년 분기별 (2, 5, 8, 11월) 1회 새우조망어구를 이용하여 하구둑으로부터 군산자유무역 구역까지 총 8개 정점을 선정하여 어획시험 및 어장환경 조사를 실시하였다 (Fig. 1).

어획물의 채집은 새우조망어업에 사용되는 빔트롤 (beam trawl)을 이용하여 실시하였고, 해양환경의 특성을 파악하기 위하여 다항목 수질측정기 (Multi-parameter water quality monitor; YSI, Model 650, Yellow Springs, USA)를 이용하여 표층과 저층의 수온과 염분을 각각 측정하였다. 어획시험에 사용된 어구의 규격은 트롤 길이 15 m, H빔의 가로 길이 12 m, 높이 1.2 m, 날개그물 망목 350 mm, 자루그물 망목 180 mm, 그리고 끌줄

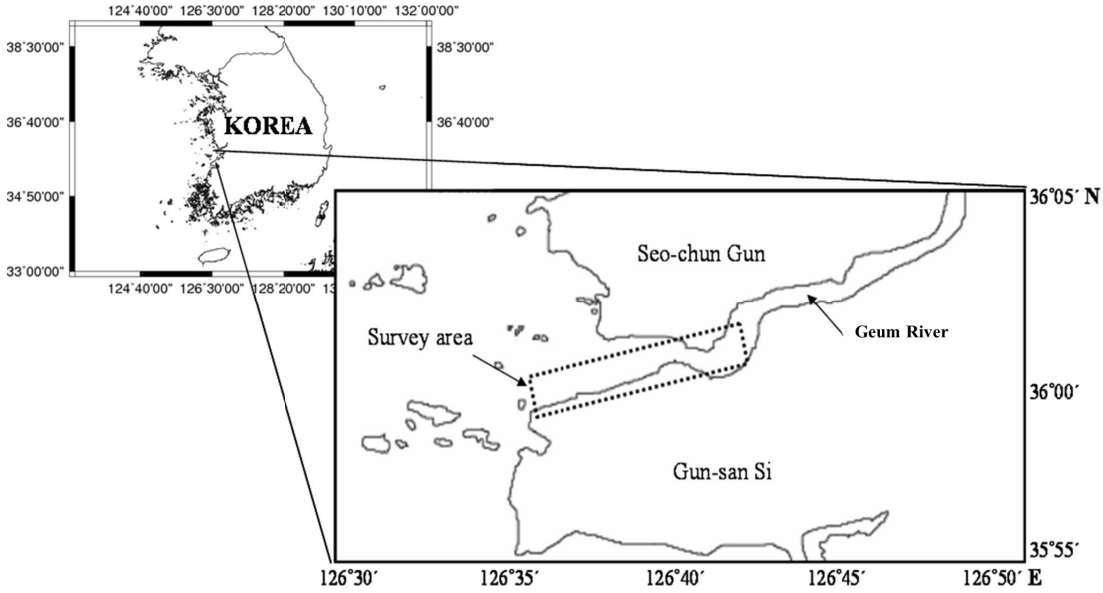

Fig. 1. Map showing the location of sampling area of the Geum river estuary.

200 m로 구성되었고, 어획시험 시 선속은 평균 2 knots의 속도로 30분간 예인 후 양망하였다.

어구가 훑은 면적은 어구가 끌기 시작한 지점에서 어구를 끌어올리는 지점 사이를 직선거리로 이동했다고 가정하여 거리로 환산하였고, 어획시험 시 사용한 어구의 폭을 곱하여 소해면적을 계산하였다.

어획된 생물시료는 아이스박스에 냉장 보관하여 실험실로 운반하였고, 어류는 Kim et al. (2005), 갑각류는 NFRDI (2001), 그리고 두족류는 Choe et al. (1999)에 근거하여 분류하였다. 어획물의 체장은 1 mm까지 측정하였고, 중량은 전자저울 (KC-2000, GF-6000, A&D, JAPAN)을 사용하여 0.1 g 단위까지 측정하였다.

어류의 종조성 변화는 어획된 어획물의 개체수와 중량을 소해면적으로 나누어 단위면적당 어획개체수 (inds./km^2)와 단위면적당 어획중량 (kg/km^2)을 계산하여 분석하였다. 종다양성지수는 Shannon index (H')를 이용하여 계산하였고 (Shannon, 1948), 수산생물의 계절변동을 살펴보기 위하여 조사 기간 중 출현한 모든 종에 대하여 분기별 출현여부를 이진수 (binary)로 나타내어 군집분석 (cluster analysis)을 하였다. 군집분석은 PRIMER 6.0 프로그램을 사용하였고, 분기별 출현 어종에 대한 유클리디안 제곱거리 (squared Euclidean distance)를 이용하여 유사도 (similarity)를 구한 후 수지도 (dendrogram)를 작성하였다.

결 과

해양환경

금강 하구역의 계절별 수온 변화를 살펴보면, 겨울 (2월)에는 평균 4.0℃ (3.3~5.5℃)로 가장 낮았고, 여름 (8월)으로 갈수록 수온은 23.9℃ (23.3~24.1℃)로 증가하다가 가을 (11월)부터 다시 10.6℃ (10.2~11.6℃)로 감소하는 전형적인 계절변동을 보였다 (Fig. 2). 계절별 염분은 수온과 역의 관계로 나타났는데, 갈수기인 겨울 (2월)의 염분은 평균 25.2 psu (15.9~27.9 psu)로 가장 높았고, 봄을 지나 본격적인 장마기간인 여름 (8월)의 경우 하구둑 수문 개방과 담수의 유입으로 평균 4.2 psu (3.6~5.7 psu)로 가장 낮게 나타났다 (Fig. 2).

계절별 우점종 변화

본 조사가 이루어진 2011년 겨울 (2월), 봄 (5월), 여름 (8월), 그리고 가을 (11월)까지 새우조망어구를 사용해 어획된 어획물의 총 종의 수는 91종으로 어류가 47종으로 가장 많았고, 다음으로 갑각류가 28종, 두족류 4종, 복족류 5종, 패류 3종, 그리고 기타생물 4종으로 나타났다 (Table 1). 계절별로 총 출현 종수를 살펴보면, 봄과 여름에 각각 56종, 53종으로 많았고, 가을에는 37종, 그리고 겨울에는 20종으로 가장 적었다 (Table 1).

금강 하구역에서 어획된 어류 중에서 숭어 (*Mugil cephalus*)가 46,306 inds./km^2 (44%)로 가장 많았고,

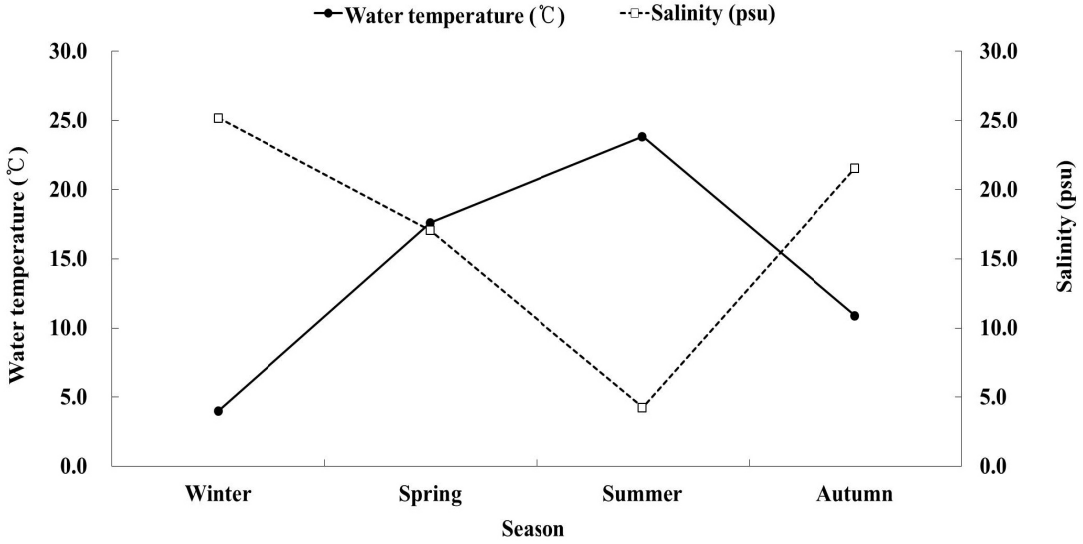

Fig. 2. Comparison of seasonal variation of water temperature (℃) and salinity (psu) in the waters of the Geum river estuary.

Table 1. Seasonal individuals, N(unit: ind./km^2) and catch weight, W(unit: kg/km^2) by shrimp beam trawl in the Geum river estuary. Using cluster analysis all species divided into 4 groups

			Winter		Spring		Summer		Autumn		Sum	
English name	Scientific name	Group	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W
Fish												
Alaska sole	*Pleuronectes yokohamae*	IV / N	-	-	76	1	-	-	37	2	113	2
Belenger's jewfish	*Johnius grypotus*	I / A	-	-	2,041	13	158	3	-	-	2,199	16
Black cow tongue	*Paraplagusia japonica*	III / J	-	-	48	1			-	-	48	1
Brown croaker	*Miichthys miiuy*	I / A	-	-	2,912	6	1,465	28	-	-	4,377	34
Chaenogobius urotaenia	*Chaenogobius urotaenia*	III / J	-	-	-	-	-	-	195	2	195	2
Chameleon goby	*Tridentiger trigonocephalus*	III / J	-	-	733	2	-	-	-	-	733	2
Chefoo thryssa	*Thryssa kammalensis*	II / H	-	-	-	-	52	1	-	-	52	1
Cubed snailfish	*Liparis tessellatus*	III / K	50	39	167	14	-	-	-	-	217	53
Estuary tapertail anchovy	*Coilia nasus*	I / A	927	40	10,810	190	4,349	139	136	7	16,222	376
Fine spot goby	*Chaeturichthys stigmatias*	I / B	-	-	168	1	727	8	64	2	959	11
Fine spotted flounder	*Pleuronichthys cornutus*	I / A	-	-	38	1	52	1	-	-	90	1
Flat fish	*Paralichthys olivaceus*	II / H	-	-		-	82	1	-	-	82	1
Grass puffer	*Takifugu niphobles*	III / K	-	-	48	1	-	-	-	-	48	1
Indian flathead	*Platycephalus indicus*	I / A	-	-	38	1	389	6	-	-	427	7
Jacopever rockfish	*Sebastes schlegeli*	III / J	-	-	42	7	-	-	149	20	191	27
Japanese anchovy	*Engraulis japonicus*	III / K	-	-	-	-	-	-	129	1	129	1
Stripe goby	*Acantrogobiusflavimanus*	IV / N	-	-	-	-	-	-	37	1	-	-
Javelinegoby	*Acanthogobius hasta*	I / C	3,596	457	13,704	1,340	7,315	195	1,1178	1,429	35,793	3,421
Konoshiro gizzard shad	*Konosirus punctatus*	I / B	-	-	5,401	306	170	11	587	13	6,158	330
Korean spined bittering	*Acanthorhodeus gracilis*	II / H	-	-	-	-	100	10	-	-	100	10
Large scaled grinner	*Saurida undosquamis*	III / J	-	-	270	35	-	-	-	-	270	35
Many banded sole	*Zebrias fasciatus*	II / H	-	-	-	-	57	1	-	-	57	1
Nvssa adeire	*Thryssa adelae*	III / K	-	-	-	-		-	96	2	96	2
Pacific saury	*Cololabissaira*	III / J	-	-	-	-		-	90	16	90	16
Pinkgray goby	*Amblychaeturichthys hexanema*	I / C	-	-	145	1	325	2	-	-	470	2
Pointhead flounder	*Cleisthenes pinetorum*	IV / N	-	-	-	-	-	-	35	1	35	1
Pomfret	*Pampus echinogaster*	I / C	-	-	35	2	787	3	-	-	822	5
Red eel goby	*Ctenotrypauchen microcephalus*	I / C	-	-	48	1	105	1	-	-	153	1
Red tongue sole	*Cynoglossus joyneri*	I / A	50	1	10,851	217	9,272	317	2,293	78	22,466	613
Mullet	*Chelon haematocheilus*	I / B	-	-	747	615	79	46	-	-	826	661
Green eel goby	*Odontamblyopus rubicundus*	I / B	-	-	20,660	1,094	10,598	390	452	20	31,710	1,504
Roughskin sculpin	*Trachidermus fasciatus*	III / L	45	3	-	-	-	-	-	-	45	3
Sea raven	*Hemitripterus villosus*	IV / N	-	-	-	-	-	-	32	1	32	1
Slipmouth	*Leiognathus nuchalis*	III / L	-	-	559	3	-	-	-	-	559	3
Spoted goby	*Acentrogobius pellidebilis*	IV / N	-	-	64	1	-	-	286	1	350	1
	Squalidus gracilis majimae	II / H	-	-	-	-	2	1	-	-	2	1
Striped mullet	*Mugil cephalus*	I / A	19,472	10,234	788	425	1,097	579	25,468	1,163	46,825	12,401
Tanaka's snaifish	*Liparis tanakai*	IV / N	-	-	-	-	-	-	212	139	212	139
Tidepool gunnel	*Pholis nebulosa*	IV / N	-	-	42	2	-	-	90	3	132	5
Tongue sole	*Cynoglosus semilaevis*	I / B	-	-	313	46	13	2	407	47	733	95
Two striped goby	*Tridentiger barbatus*	III / J	90	1	1,021	9	-	-	-	-	1,111	10
White croaker	*Pennahia argentata*	II / H	-	-	-	-	14	2	-	-	14	2
White edged rockfish	*Sebastes taczanowskii*	III / K	-	-	1,143	54	-	-	-	-	1,143	54
White spotted conger	*Conger myriaster*	IV / N	-	-	37	2	-	-	32	2	69	4
Yellow croaker	*Larimichthys polyactis*	II / H	-	-	-	-	21	3	-	-	21	3
Oriental goby	*Acanthogobius flavimanus*	I / C	-	-	284	8	242	22	-	-	526	30
	Repomucenus koreannus	II / H	-	-	-	-	1	1	-	-	1	1

Table 1. Continued

			Winter		Spring		Summer		Autumn		Sum	
English name	Scientific name	Group	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W
Crustacea												
Chinese ditch prawn	*Palaemon gravieri*	I / C	58	1	103,517	198	6,533	5	45	1	110,153	203
Flatnose shrimp	*Latreutes laminirostris*	III / M	200	1	3,739	1	-	-	-	-	3,939	1
Chinese white shrimp	*Fenneropenaeus chinensis*	II / H	-	-	-	-	112	3	-	-	112	3
Forceps snapping shrimp	*Alpheus digitalis*	III / M	39	1	285	1	-	-	-	-	324	1
Hakodate sand shrimp	*Crangon hakodatei*	I / B	-	-	9,809	9	6,296	2	7,073	7	23,178	18
Japanese sand shrimp	*Crangon affinis*	III / K	671	1	-	-	-	-	-	-	671	1
Japanese snapping shrimp	*Alpheus japonicus*	I / B	-	-	652	1	114	1	64	1	830	1
Lesser glass shrimp	*Leptochela gracilis*	III / J	-	-	478	1	-	-	-	-	478	1
Migrant prawn	*Palaemon macrodactylus*	I / A	777	1	21,383	22	29,908	28	4,169	4	49,237	55
Ridgetail prawn	*Exopalaemon carinicauda*	I / C	160,346	481	24,089	61	208,619	325	31,942	275	424,996	1,142
Shiba shrimp	*Metapenaeus joyneri*	I / A	-	-	7,588	36	4,958	7	-	-	12,546	43
Smooth shell shrimp	*Parapenaeopsis tenella*	III / J	-	-	616	1	-	-	-	-	616	1
Southern rough shrimp	*Trachysalambria curvirostris*	I / E	-	-	1,047	2	53	1	-	-	1,100	2
Teppo snapping shrimp	*Alpheus brevicristatus*	III / J	-	-	42	1	-	-	-	-	42	1
	Palaemon tenuidactylus	IV / N	-	-	432	1	-	-	823	1	1,255	1
Chinese mitten crab	*Eriocheir sinensis*	I / E	-	-	337	28	8,001	26	-	-	8,338	54
Hairy goneplacid crab	*Carcinoplax vestita*	II / H	-	-	-	-	788	1	-	-	788	1
Japanese ghost crab	*Macrophthalmus japonicus*	I / D	396	1	-	-	103	1	-	-	499	1
Japanese swimming crab	*Charybdis japonica*	I / B	-	-	2,806	105	392	10	200	15	3,398	130
Pea pebble crab	*Philyra pisum*	III / J	706	3	210	1	-	-	67	1	983	4
Soldier swimming crab	*Charybdis miles*	I / E	-	-	-	-	316	11	45	1	365	45
Swimming crab	*Portunus trituberculatus*	I / C	-	-	11,976	157	12,464	259	939	20	25,379	436
Three-spined shore crab	*Helice tridens*	II / H	-	-	-	-	277	1	-	-	277	1
Two spot swimming crab	*Charybdis bimaculata*	III / J	100	1	588	1	-	-	-	-	688	1
	Eriocheir leptognathus	I / A	43,081	136	140,397	537	129,055	604	17,151	162	329,684	1,439
	Tritodynamia rathbuni	III / J	-	-	42	1	-	-	-	-	42	1
Japanese mantis shrimp	*Oratosquilla oratoria*	I / A	400	11	1,125	32	3,931	9	7,160	170	12,616	222
Japanese mud shrimp	*Upogebiamajor*	III / J	800	1	-	-	-	-	-	-	800	1
Mollusca												
Golden cuttlefish	*Sepia esculenta*	III / L	-	-	35	28	56	1	-	-	91	28
Japanese squid	*Loligo japonica*	III / L	-	-	1,592	2	-	-	-	-	1,592	2
Madokai	*Loligo beka*	IV / O	-	-	277	3	-	-	2,178	6	2,455	9
Webfoot octopus	*Octopus ocellatus Gray*	IV / O	-	-	-	-	-	-	32	1	32	1
Gastropoda												
Phalium flammiferum	*Phalium flammiferum*	II / I	-	-	-	-	53	2	-	-	53	2
Purple whelk	*Rapana venosa*	IV / O	-	-	-	-	-	-	71	3	71	3
Real bladder moon snail	*Glossaulax didyma didyma*	III / L	-	-	64	1	-	-	-	-	64	1
Spiny turban shell	*Batillus cornutus*	II / I	-	-	-	-	53	4	-	-	53	4
	Varicinassa varicifera	II / I	-	-	-	-	211	1	-	-	211	1
Shellfish												
Blue mussel	*Mytilus edulis Linnaeus*	II / I	-	-	-	-	105	1	-	-	105	1
	Potamocorbula ustulata ustulata	II / I	-	-	-	-	583	2	-	-	583	2
	Philine argentata	III / C	-	-	872	1	-	-	-	-	872	1
Others												
Bidentate sea cucumber	*Protankyra bidentata*	III / J	50	4	-	-	-	-	-	-	50	4
Japanese sidegill slug	*Pleurobranchea japonica Thiele*	IV / O	-	-	-	-	-	-	32	2	32	2
Sea anemone	*Anthopleura stella*	II / I	-	-	-	-	316	2	-	-	316	2
Tubercled sea anemone	*Hormathia andersoni Haddon*	II / I	-	-	-	-	105	4	-	-	105	4
Total			231,854	2,204	407,231	5,649	450,873	3,854	113,996	3,614	1,203,954	15,321

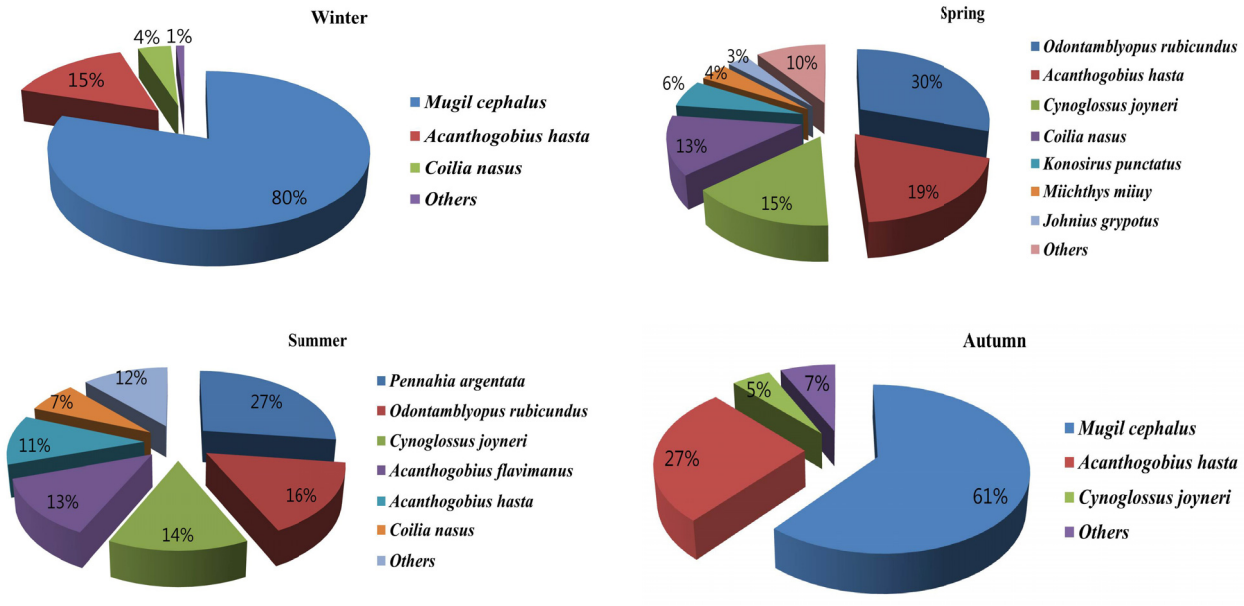

Fig. 3. Seasonal variations of major dominant species of fishes by shrimp beam trawl in the waters of the Geum river estuary.

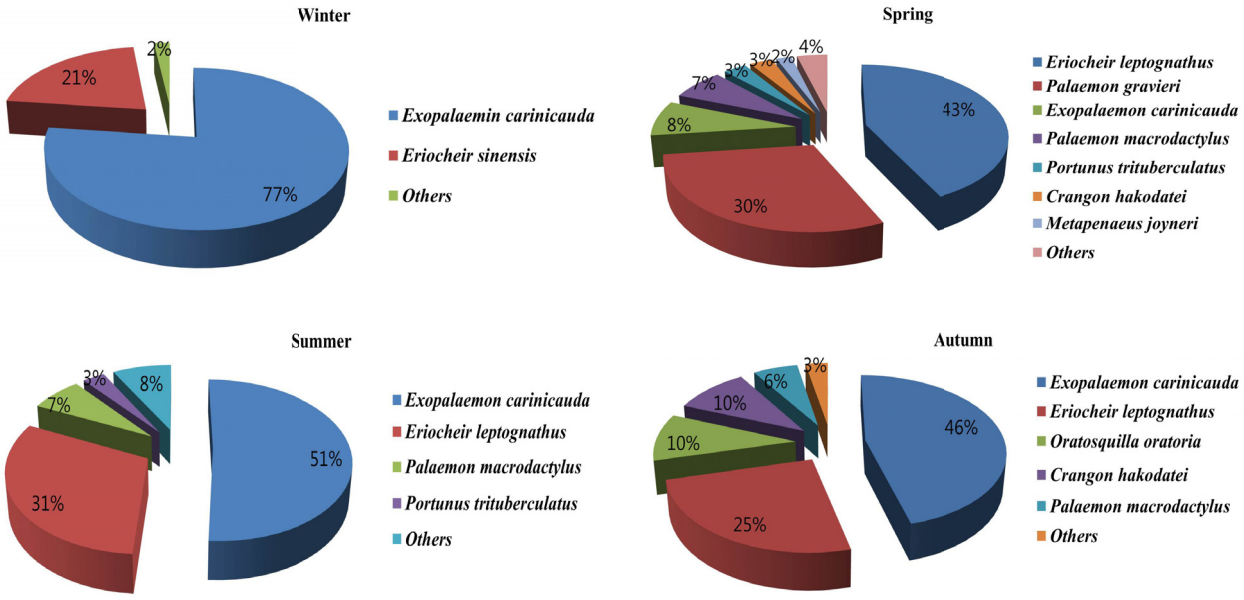

Fig. 4. Seasonal variations of major dominant species of crustacea by shrimp beam trawl in the waters of the Geum river estuary.

다음은 풀망둑 (*Acanthogobius hasta*) 36,167 inds./km^2 (21%), 참서대 (*Cynoglossus joyneri*) 11,840 inds./km^2 (11%), 개소겡 (*Odontamblyopus rubicundus*) 11,401 inds./km^2 (11%), 웅어 (*Coilia nasus*) 5,624 inds./km^2 (5%) 순으로 나타나 어류 전체 개체수의 약 92%를 차지하였다. 어획중량 역시 숭어 (*M. cephalus*)가 3,709 kg/km^2 (32%)로 가장 많았고, 풀망둑 (*A. hasta*) 3,421 kg/km^2 (30%), 개소겡 (*O. rubicundus*) 1,505 kg/km^2 (13%), 참서대 (*C. joyneri*) 612 kg/km^2 (5%)로 나타나 어류 어획량의 약 80%를 차지하였다. 갑각류는 어류와

구분하여 개체수 및 중량을 살펴보았다. 금강 하구역에서 채집된 갑각류 중 밀새우 (*Exopalaemon carinicauda*)가 426,411 inds./km^2 (42%)가 가장 많았고, 애기참게 (*Eriocheir leptognathus*) 334,687 inds./km^2 (33%), 그라비새우 (*Palaemon gravieri*, 30.3%) 108,629 inds./km^2 (11%), 붉은줄참새우 (*Palaemon macrodactylus*) 58,054 inds./km^2 (6%), 꽃게(*Portunus trituberculatus*) 24,405 inds./km^2 (2%) 순으로 나타나 전체 갑각류의 약 94%를 차지하였다. 어획중량 역시 개체수 순으로 나타났으나 꽃게의 중량이 436 kg/km^2 (12%)으로 3위를 차지하였다 (Table 1).

금강 하구역에서 조사한 어획물 중 대부분을 차지하는 어류와 갑각류의 계절별 우점종을 살펴보았다. 어류의 경우, 겨울에는 숭어 (*M. cephalus*, 80.4%), 풀망둑 (*A. hasta*, 14.8%), 웅어 (*C. nasus*, 3.8%)가 우점종으로 나타났고, 봄에는 개소겡 (*O. rubicundus*, 29.7%), 풀망둑 (*A. hasta*, 19.3%), 참서대 (*C. joyneri*, 14.7%), 웅어 (*C. nasus*, 12.9%)였고, 여름에는 보구치 (*Pennahia argentata*, 26.9%), 개소겡 (*O. rubicundus*, 16.3%), 참서대 (*C. joyneri*, 14.2%), 문절망둑 (*Acanthogobius flavimanus*, 12.9%), 풀망둑 (*A. hasta*, 11.2%), 웅어 (*C. nasus*, 6.7%)였으며, 가을에는 숭어 (*M. cephalus*, 60.6%), 풀망둑 (*A. hasta*, 26.6%), 참서대 (*C. joyneri*, 5.5%)가 우점하였다 (Fig. 3). 갑각류의 경우, 겨울에는 밀새우 (*E. carinicauda*, 77.2%), 참게 (*Eriocheir sinensis*, 20.8%)가 우점하였고, 봄에는 애기참게 (*E. leptognathus*, 43.2%), 그라비새우 (*P. gravieri*, 30.3%), 여름에는 밀새우 (*E. carinicauda*, 50.6%), 애기참게 (*E. leptognathus*, 31.3%), 그리고 가을에는 밀새우 (*E. carinicauda*, 45.8%), 애기참게 (*E. leptognathus*, 24.6%), 갯가재 (*Oratosquilla oratoria*, 10.3%), 마루자주새우 (*Crangon hakodatei*, 10.2%)가 각각 우점하였다 (Fig. 4).

주요 종의 체장 변화

금강 하구역에서 어획된 숭어 (*M. cephalus*)는 4계절 모두 출현하였다. 계절별 체장 조성을 살펴보면 (Fig. 5), 겨울 숭어의 체장 범위는 6.7~71.3 cm (평균 15.9 cm)로 폭은 컸으나 소형 개체가 대부분이었고, 봄 숭어의 체장 범위는 13.5~53.5 cm (평균 35.5 cm)로 개체수는 적었으나 다양한 체급이 분포하였다. 여름 숭어의 체장 범위는 22.1~49.4 cm (평균 38.3 cm)였고, 가을 숭어의 체장 범위는 6.7~49.5 cm (평균 14.1 cm)로 겨울과 마찬가지로 주로 소형 개체가 우점하였다. 겨울에 어획된 풀망둑 (*A. hasta*)의 체장 범위는 14.0~50.0 cm (평균 30.1 cm)였고, 봄에는 20.0~47.2 cm (평균 33.0 cm), 여름에는 7.7~30.5 cm (평균 15.1 cm)로 소형 풀망둑이 출현하였고, 가을에는 16.5~43.7 cm (평균 29.5 cm)로 다시 중형 풀망둑이 출현하였다. 겨울 웅어 (*C. nasus*)의 체장 범위는 15.0~33.4 cm (평균 25.9 cm)였고, 봄에는 10.0~38.5 cm (평균 17.9 cm), 여름에는 15.7~33.6 cm (평균 23.4 cm), 가을에는 25.3~29.0 cm (평균 27.1 cm)였다. 참서대의 경우 겨울에는 거의 출현하지 않았다. 봄 참서대 (*C. joyneri*)의 체장 범위는 7.8~25.0 cm (평균 15.4 cm)였고, 여름에는 12.0~26.1 cm (평균 18.4 cm), 가을에는 8.7~23.0 cm (평균 16.5 cm)였다 (Fig. 5).

갑각류 중에서 가장 많이 어획된 겨울 밀새우 (*E. carinicauda*)의 두흉갑장 범위는 8.9~21.2 mm (평균 15.2 mm)였고, 봄에는 11.0~22.6 mm (평균 17.0 mm), 여름에는 6.1~22.5 mm (평균 12.2 mm), 가을에는 7.6~28.8 mm (평균 15.3 mm)였다. 겨울 애기참게 (*E. leptognathus*)의 두흉갑폭 범위는 10.3~27.2 mm (평균 18.2 mm)였고, 봄에는 10.8~28.4 mm (평균 18.4 mm), 여름에는 9.2~27.5 mm (평균 19.5 mm), 가을에는 10.9~28.9 mm (평균 20.6 mm)였다. 꽃게 (*P. trituberculatus*)의 경우 겨울에는 전혀 발견되지 않았고, 봄 꽃게의 두흉갑장 범위는 19.7~129.6 mm (평균 51.9 mm)였고, 여름에는 7.3~78.3 mm (평균 14.4 mm), 가을에는 18.6~83.2 mm (평균 53.1 mm)였다 (Fig. 6).

군집분석

계절별 출현한 총 어종 수와 단위면적당 개체수 (ind./km^2)와의 관계로부터 추정할 수 있는 종 풍부도 (RI, Richness Index)는 봄에 4.25로 가장 높았고, 여름 3.98, 가을 3.09 순이었고, 겨울에는 1.54로 가장 낮게 나타났다. 종의 풍부도와 개체수의 균등한 분포를 나타내는 척도인 종 다양성지수 (H', Shannon Index)를 살펴보면, 봄과 가을의 지수 값이 비슷하게 나타나 각각 0.96과 0.91로 나타났고, 여름에 0.82, 그리고 겨울에 0.43으로 지수 값이 가장 낮았다. 균등도 지수 (EI, Evenness Index)는 겨울에 0.14로 가장 낮았고, 봄, 여름, 가을은 모두 비슷한 수준으로 각각 0.24, 0.21, 0.25였다 (Fig. 7).

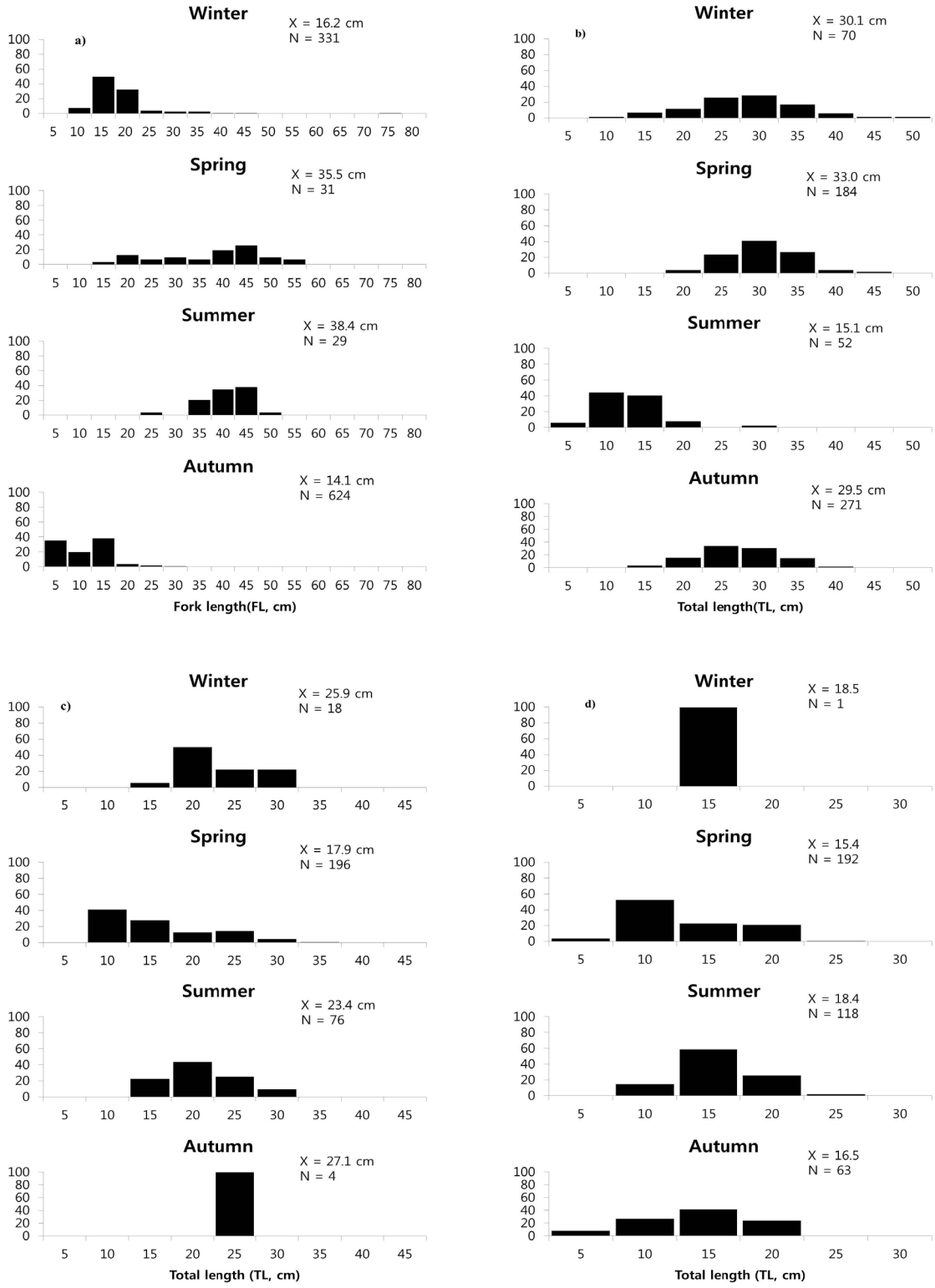

Fig. 5. Length frequency distribution of major dominant fishes (a: *Mugil cephalus*, b: *Acanthogobius hasta*, c: *Coilia nasus*, d: *Cynoglossus joyneri*) by shrimp beam trawl in the Geum river estuary.

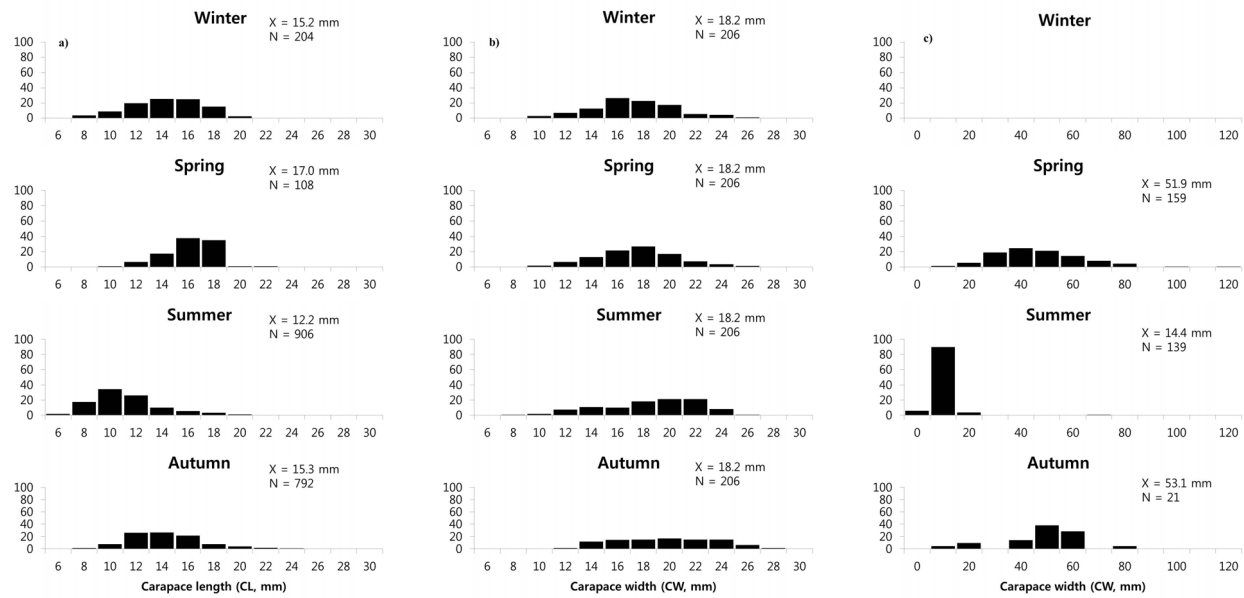

Fig. 6. Length frequency distribution of major dominant Crustacea (a: *Exopalaemin carinicanda*, b: *Eriocheir leptognathus*, c: *Potrunus trituberculatus*) by shrimp beam trawl in the Geum river estuary.

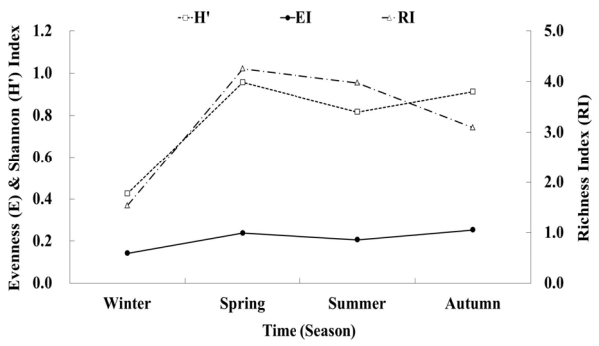

Fig. 7. Comparison of seasonal variation of evenness index(EI), diversity index(H') and richness index(RI) of the Geum river estuary.

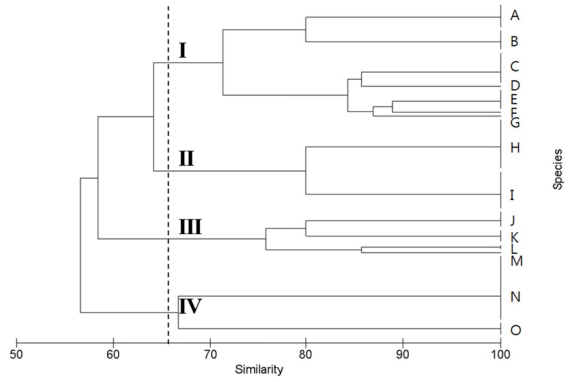

Fig. 8. Dendrogram of all species by shrimp beam trawl in the Geum river estuary.

2011년 금강 하구역에서 출현했던 모든 어종에 대하여 계절별 출현 여부를 2진수로 나타내어 군집분석을 한 결과, 유사도 65%에서 4 그룹으로 구분되었다 (Fig. 8). I 그룹은 주로 봄과 여름에 출현하면서 겨울과 가을에 가끔 출현하였고, II 그룹은 여름에만 출현하는 어종들, III 그룹은 겨울과 봄에 출현하였으며, IV 그룹은 봄과 가을에 출현하는 어종들이 군집되었다. 또한 계절별 유사도를 살펴본 결과, 겨울과 가을의 유사도가 매우 높았고, 여름이 봄보다 겨울과 가을에 더 가까운 것으로 나타났다 (Fig. 9).

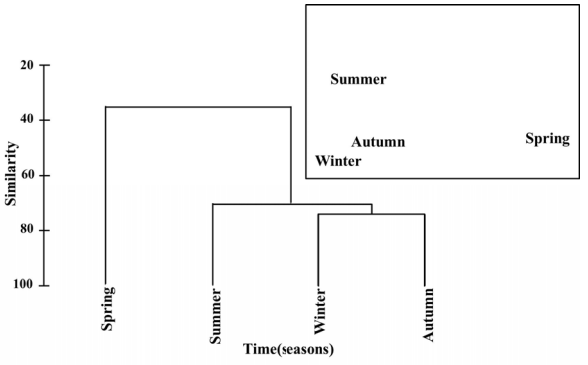

Fig. 9. Dendrogram of 4 seasons of the Geum river estuary. Square box shows distance among 4 seasons.

고 찰

금강 하구둑은 우기에 담수를 집중 방출하기 때문에 하구둑의 바다 쪽은 하구둑을 건설하기 이전보다 조류 속도 감소, 부유물질 감소, 영양염 증가 등 물리화학적으로 변화되었다 (Kim et al., 1998; Kwon et al., 2001; Kown and Lee, 1999; Lee and Yang, 1997).금강 하구 역시 하구둑 댐 건설 이전 담수역에 서식하는 담수어와 해수역에 서식하는 해산어 그리고 담수와 해수를 회유하는 어류가 풍부하였으나 댐 건설 이후 담수역과 해수역으로 분리되었기 때문에 생물상 구조가 변화할 수밖에 없었을 것이다. 금강 하구둑이 건설되는 동안 금강 하류역의 어류상에 대한 연구를 수행한 황 등 (Hwang et al., 1992)의 연구결과를 살펴보면, 하구둑에서 해수역으로 이어지는 상류지역에 웅어 (*C. ectens*)와 오셀망둑 (*Lophiogobius ocellicauda*), 돌가자미 (*Kareius bicoloratus*), 박대 (*Cynoglossus semilavis*), 황줄망둑 (*Tridentiger nudicervicus*), 두줄망둑 (*Tridentiger trigonocephalus*), 가실망둑 (*Acanthogobius ommaturus*), 꺽정이 (*Trachydermus fasciatus*)가 우점하였으나 본 연구에서는 계절별 총 4회 조사를 할 동안 웅어 (*C. ectens*)를 제외한 나머지 어종은 전혀 발견되지 않아 20년이 지난 현재의 금강 하구역 분포 어종이 과거에 비해 상당히 변했음을 알 수 있었다. 또한 아산만과 천수만 역시 방조제 건설로 어류의 종조성이 변하여 가고 있음이 확인되었고 (Lee et al., 1995b; 1997; Lee and Hwang, 1995), 낙동강에서도 하구둑 건설에 따른 어류 종 조성 변화에 관한 연구 보고가 있다 (Kwak and Huh, 2003).

계절별 출현 개체수가 많았던 숭어 (*M. cephalus*), 풀망둑 (*A. hasta*), 참서대 (*C. joyneri*), 웅어 (*C. ectens*), 전어 (*Konosirus punctatus*), 밀새우 (*E. carinicauda*), 애기참게 (*E. leptognathus*), 꽃게 (*P. trituberculatus*), 갯가재 (*O. oratoria*), 마루자주새우 (*Crangon hakodatei*), 참게 (*Eriocheir sinensis*) 등은 3 계절 혹은 4 계절에 걸쳐 출현한 종들로서 금강 하구 해역의 주거종 (resident species)으로 추정된다.

채집된 주요 어종의 계절별 체장조성을 통해 산란회유 및 계절변동을 간접적으로 살펴볼 수 있었는데 숭어 (*M. cephalus*)의 경우 가을과 겨울에 체장 10~15 cm 이하의 소형 숭어가 하구역에서 대량 서식하는 것을 보아 10월~2월에 산란 (NFRDI, 2004)된 어린 숭어가 금강 하구역에서 성장하고 있음을 알 수 있었다. 풀망둑 (*A. hasta*)은 금강 하구역의 토착 어종으로 여름에 소형 풀망둑이 대량 채집되었는데 이는 풀망둑이 4~5월 경 산란하고 (Choi et al., 1996) 부화한 어린 풀망둑이 여름에 우점하는 것으로 나타났다. 웅어 (*C. ectens*)는 담수의 영향을 많이 받는 연안의 내만이나 큰 강 하구역에 주로 서식하는 어종으로 산란은 5~8월에 이뤄진다 (NFRDI, 2004). 봄에 우점으로 나타난 체장 10~15cm 웅어는 지난 가을에 산란된 것으로 보인다. 참서대 (*C. joyneri*)의 경우 봄에 소형 체급의 참서대가 많이 출현하였는데 이는 지난 해 여름에 부화된 것으로 판단된다. 밀새우 (*E. carinicauda*)는 우리나라 서해에 주로 분포하는 어종으로 연중 다회 산란하지만 주로 많이 포란하는 시기는 6~7월이다 (NFRDI, 2001). 밀새우는 겨울부터 봄까지 산란하기 위해 하구역 상류로 북상하였고 부화된 어린 밀새우는 여름부터 가을까지 성장 분포하는 것으로 나타났다. 서해의 대표적인 상업어종 중 하나인 꽃게 (*P. trituberculatus*)의 산란기는 6~8월로 (Seo et al., 2009) 금강 하구역에서 채집된 꽃게 역시 봄에 산란하기 위해 접안 회유하는 것이 관찰되었고, 8월에 소형 꽃게가 대량 출현하는 것으로 보아 여름부터 가을까지 하구역에서 성장하는 것으로 생각된다.

수온이 상승하는 5월부터 8월까지 어류 및 갑각류의 소형 개체가 대량 채집되는 것을 유추해볼 때 금강 하구역은 산란군들의 주요 산란장 및 어린 생물의 성육장으로 이용되고 있음을 각 어종의 계절별 체장 조성을 통해 간접적으로 유추할 수 있다.

2003년 금강 하구역에서 안강망을 이용한 어류 종조성 결과 (Hwang et al., 2005)를 비교해 보면, 어류만 총 73종이 출현하였고, 우점종으로는 가숭어 (*Chelon haematocheila*), 풀망둑 (*A. hasta*), 웅어 (*C. ectens*), 숭어 (*M. cephalus*), 황복 (*Takifugu obscurus*) 등의 기수성 어류와 뱀장어 (*Anguilla japonica*) 및 은어 (*Plecoglossus altivelis*) 등의 기수와 담수를 왕래하는 왕복성 어류, 그리고 떡붕어 (*Carassius cuvieri*), 납지리 (*Acheilognathus lanceolatus*), 누치 (*Hemibarbus labeo*), 강준치 (*Erythroculter erythropterus*), 백조어 (*Culter brevicauda*), 동자개 (*Pseudobagrus fulvidraco*), 빙어 (*Hypomesus olidus*), 가물치 (*Channa arus*) 등의 담수어류가 채집되었다. 하지만 2011년 본 조사의 경우, 숭어 (*M. cephalus*), 풀망둑 (*A. hasta*), 웅어 (*C. ectens*)는 우점종으로 비슷하게 나타났으나 그 외 어종들은 채집되

지 않았다. 이러한 이유는 어구의 종류에 따라 채집되는 방법의 차이일 것으로 판단된다. 본 연구에서 사용한 새우조망어구는 트롤어구의 한 종류로 불특정 다수 어종을 동시에 어획하므로 조업의 주 대상이 되는 어종뿐만 아니라 비 대상어종과 소형 어종들도 채집할 수 있으며, 특히 저층의 분포 생물을 연구하는 데 있어서 다른 조사방법에 비해 적합한 어구이다 (Lee, 1991; Lee and Kim, 1992).

안강망의 자루그물 망목은 어획시기별 대상종에 따라 1 mm 또는 5 mm를 사용하나 새우조망어구의 자루그물 망목은 180 mm로 큰 차이가 있다. 그렇다고 해도 2003년 안강망에서 출현했던 어종이 2011년 새우조망에서 전혀 출현하지 않았다는 것은 하구둑 건설이 이뤄진 후 서식환경 바뀌어 기수성 어류와 담수어류는 점차 사라진 것으로 판단되어 약 10년 전의 생물상과 현재의 생물상이 많이 변했음을 시사해 준다. 금강 하구둑이 완공된 1994년부터 10년이 지난 2003년 금강 하구역의 생태계는 하구와 내만의 중간 형태의 어류생태계로 변한 것으로 보고되었고 (Hwang et al., 2005), 그로부터 또 10여년이 지난 2011년 금강 하구역 생태계는 담수어류는 거의 사라진 해수가 우세한 하구 생태계로 변한 것으로 판단된다. 낙동강 하구 해역의 어류의 종조성 연구 (Lee et al., 2012)에 따르면 낙동강 하구역 생태계 역시 낙동강 하구둑 건설로 인해 어류상이 변화하였다고 보고하였다 (Jang and Kim, 1992; Kwak and Huh, 2003).

군집분석은 자료가 많을 때 유사도 (similarity) 또는 거리정도 (distance)로 3~5개의 그룹으로 요약하여 자료의 특성을 보다 쉽게 파악할 수 있는 통계적 방법이다. 금강 하구역에서 출현한 모든 어종들을 유사성 65%에서 본다면 4개의 그룹으로 구분할 수 있었다. 본 연구에서 I 그룹에 나타난 어종들은 봄과 여름에 주로 나타나는 어종들이 그룹화 되었고, II 그룹은 여름에만 출현하는 어종들, III 그룹은 겨울과 봄, 그리고 IV 그룹은 봄과 가을에 출현하는 어종들을 그룹화 된 것이다. 또한 계절별 유사도를 살펴보면 가을과 겨울이 비슷한 양상을 보였다면 봄과 여름은 전자의 유사성과 떨어진 것을 알 수 있었다.

하구지역은 담수와 해수가 혼합되는 기수역을 형성하고 있어서 서식 생물들에게 먹이인 플랑크톤이 풍부하고 다양한 서식처가 제공될 수 있어 풍부한 생물상을 나타내므로 이에 대한 연구는 어류상 또는 종조성을 조사하는 중요성도 있지만 수산자원의 개발 및 관리 측면에서 더욱 중요하다 (Yang et al., 2001). 또한 본 조사에서 나타난 것처럼 금강 하구역은 주요 상업 어종의 산란장 또는 유어나 어린 개체들의 성육장으로 이용되고 있는 매우 중요한 곳으로 향후 하구역 개발이나 관리전략을 수립할 때 이러한 중요성을 참고해야 할 것이다.

결 론

우리나라 금강 하구 해역의 수생생물의 종조성을 알아보기 위하여 2011년 분기별 (2, 5, 8, 11월)로 새우조망 어구를 사용하여 채집된 어획물의 분석을 통해 다양도 지수, 균등도 지수, 풍부도 지수, 체장조성, 그리고 군집분석 등을 하였다. 조사기간 동안 채집된 어획물의 총 종의 수는 91종으로 어류가 47종으로 가장 많았고, 갑각류 28종, 두족류 4종, 복족류 5종, 패류 3종, 그리고 기타 생물 4종으로 각각 집계되었다. 어류 중에서 숭어가 가장 많았고, 풀망둑, 참서대, 웅어 순으로 나타났고, 갑각류는 밀새우가 가장 많았고, 애기참게, 그라비새우, 붉은줄참새우, 꽃게 순으로 나타났다. 다양도 지수는 0.43~0.96, 균등도 지수는 0.14~0.25, 풍부도 지수는 1.25~4.25로 각각 나타났다. 출현했던 91종을 군집분석한 결과, 4개의 그룹으로 구분할 수 있었고, 그룹 I에 포함된 개체들은 주로 봄과 여름에, 그룹 II는 여름에만, 그룹 III은 겨울과 봄에, 그리고 그룹 IV는 봄과 가을에 출현하는 것으로 밝혀졌다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원 (RP-2014-FR-026)의 지원에 의해 수행되었습니다.

References

Choe BL, Park MS, Jeon LG, Park SR and Kim HT. 1999. Commercial Molluscs from the freshwater and continental shelf in Korea. Gudeuk Press, Busan, pp. 197.

Choi Y, Kim IS, Ryu BS and ParkvJY. 1996. Ecology of *Synechogobius hasta* (Pisces : Gobiidae) in the Kum River Estuary, Korea. J Korean Fish Soc 29(1), 115-123.

Choi YK, Yang WS and Jeong JY. 2002. Nutrient Front Relating to the Hydrography in the Outflow Region of the Keum

River. J Korean Fish Soc 35(3), 289-296.

Day JW, Hall CAS, Kemp WM and Yanez-Arancibia A. 1989. Estuarine Ecology. Wiley-Interscience, New York, pp. 558.

Hur JW, Park JW, Kang SU and Kim JK. 2009. Estimation of Fish Fauna and Habitat Suitability Index in the Geum River Basin. Kor J Env Eco 23(6), 516-527.

Hur JW, In DS, Jang MH, Kang HS and Kang KH. 2011. Assessment of Inhabitation and Species Diversity of Fish to Substrate Size in the Geum River Basin. J Env Eco 23(6), 845-856.

Hwang GH, Jeon SR, Kim MO and Hoang CS. 1992. Fish Fauna of the Lower Area of Kum-river. J Basic Sci 6, 53-74.

Hwang SW, Hwang HB, Noh HS and Lee TW. 2005. Seasonal Variation in Species Composition of Fish Collected by a Bag Net in the Geum River Estuary, Korea. J Kor Fish Soc 38(1), 39-54.

Jang IK and Kim CH. 1992. A Study on the Change of the Molluscan and Crustacean Fauna after the Construction of the Naktong Estuary Barrage. Bull Korean Fish Soc 25(4), 265-281.

Kim JG, You SJ and Kwon JN. 1998. Variation of Water Quality after Construction of Keum River Estuary Barrage. J Korean Fish Soc 31, 685-694.

Kim IS, Choi Y, Lee CY, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Published by Kyo-Hak Publishing Co, Seoul, pp. 615.

Kwak SN and Huh SH. 2003. Changes in species composition of fishes in the Kakdong River estuary. J Kor Fish Soc 36, 129-135.

Kwon HK and Lee SH. 1999. Physical Environment Changes in the Keum River Estuary by the Dyke Gate Operation I. Mean Sea level and Tide. The Sea J Korean Soc Oceanogr 4, 93-100.

Kwon JN, Kim JG and Ko TS. 2001. The estimation of water quality changes in the Keum River estuary by the dyke gate operation using long term data. J Kor Fish Soc 34, 348-354.

Lee CL. 1992. The Variation of the Fish Community after Dam Construction of the Kum River Estuary. Korean J Limnol 25(3), 193-204.

Lee JH, Lee JB, Choi YM, Yeon LJ and Lee DW. 2012. Study on Comparison of Fishes by Trawl Fishery in Nakdong River Estuary, Korea. Kor J Ichthyol 24(2), 84-93.

Lee SH, Choi HY and Oh IS. 1995a. Structure and Variation of the Keum River Plume in Summer. J. Korean Soc Oceanogr 30, 125-137.

Lee SH, Kwon HK, Choi HY, Yang JS and Choi JY. 1999. Physical Environment Changes in the Keum River Estuary by the Dyke Gate Operation II. Salinity Structure and Estuary Type. The Sea J Korean Soc Oceanogr 4, 255-265.

Lee TW. 1991. The Demersal Fishes of Asan Bay I. Optimal Sample Size. Bull Korean Fish Soc 24(4), 248-254.

Lee TW and Kim GC. 1992. The Demersal Fishes of Asan Bay II. Diurnal and Seasonal Variation in Abundance and Species Composition. Bull Korean Fish Soc 25(2), 103-114.

Lee TW and Hwang SW. 1995. The demersal fish of Asan Bay. IV. Temporal variation in species composition from 1990 to 1993. Bull Kor Fish Soc 28, 67-79.

Lee TW, Moon HT and Choi SS. 1997. Change in species composition of fish in Chonsu Bay. 2. Surf zone fish. Kor J Ichthyol 9, 79-90.

Lee TW, Hwang SW, Park SY, Jeo YR and Jeong HJ. 1995b. Alternation community structure of the shallow-water fish in Cheonsu Bay. Bull Natl Fish Res Dev Agency 49, 219-231.

Lee YH and Yang JS. 1997. 500-days Continuous Observation of Nutrients, Chlorophyll Suspended Solid and Salinity in the Keum Estuary, Korea. The Sea J Korean Soc Oceanogr 2, 1-7.

NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2001. Shrimps of Korean waters. Hanguel Co, Busan, pp. 188.

NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2004. Commercial fishes of the coastal and offshre waters in Korea. Second Edition. Hanguel Co, Busan. pp. 333.

Potter IC, Claridge PN and Warwick RM. 1986. Consistency of seasonal changes in an estuarine fish assemblage. Mar Ecol Prog Ser 32, 217-228.

Seo HC, Jang IK, Cho YR, Kim JS and Kim BR. 2009. Gonad Maturation and Spawning of the Blue Crab, Portunus trituberculatus (Miers, 1876) from the West Sea of Korea. J Kor Fish Soc 42(1), 48-55.

Shannon CE. 1948. A mathematical theory of communication. Bell System Technical Jorunal 27, 379-423. (doi: 10.1145/584091.584093)

Shin MS, Lee YK, Park JH and Kim BC. 2012. Primary Productivity of Phytoplankton in a Eutrophic River (Kum River System). J Korea Soc Water Environ 28(1), 10-17.

Yang JS, Jeong JY, Heo JY, Lee SH and Choi JY. 1999. Chemical Mass Balance of Materials in the Keum River Estuary I. Seasonal Distribution of Nutrients. The Sea J Korean Soc Oceanogr 4, 71-79.

Yang HJ, Kim KH and Kum JD. 2001. The Fish Fauna and Migration of the Fishes in the Fish Way of the Nakdong River Mouth Dam. Korean J Limnol 34(3), 251-258.

2014. 9.4 Received
2014. 10.1 Revised
2014. 10.8 Accepted