

영종도 소형 조수웅덩이에 서식하는 이동성 대형 동물 (어류와 십각류)의 군집생태

김병기 · 김병표 · 한경남*

인하대학교 자연과학대학 해양학과

The Community Ecology of Mobile Macrofauna (Fish and Decapod) at the Youngjong Tiny Tidepools, Incheon, Korea by *Byung-Gi Kim, Byung-Pyo Kim and Kyung-Nam Han** (Department of Ocean Science, College of Natural Sciences, Inha University, Incheon 22212, Korea)

ABSTRACT Mobile macrofauna and community structure were studied at the Youngjong tiny tidepools, Incheon, Korea. Samples were monthly collected from February 2010 to January 2011. Mobile macrofauna community comprised a total of 18 species, including 1,122 individuals and 623.6 gWWt. The dominant species were *Luciogobius guttatus*, *Tridentiger bifasciatus*, *Hemigrapsus penicillatus*, *Pagurus minutus*. The number of species and biomass were low from December to March, and high from April to November. Canonical correspondence analysis revealed that temperature were the most important environmental variables in determining the observed variability in community composition. Species diversity indices ranged from 0.14 to 2.05, and showed the highest value in October 2010. The tide pools provide spawning ground and nursery ground for some fishes and decapods.

Key words: Community ecology, tiny tidepool, mobile macrofauna, Incheon

서론

많은 암반 해안의 특징은 다양한 크기와 수심 그리고 위치를 가진 조수웅덩이의 존재이며, 이곳에 서식하는 생물들에게 영향을 미치는 조건들은 주변 조간대 지역과 뚜렷한 차이가 있다(Nybakken and Bertness, 2005). 영종도의 대조차는 8.88 m, 저조 시 약 2.88 m로써 조차가 매우 크다(Yoon *et al.*, 2002). 따라서 다른 해역에 비하여 많은 조수웅덩이가 형성되며, 더 장시간 유지된다.

이동성(mobile) 동물은 빠른 이동이 가능하여 군집의 생물이 사라지거나 이주할 수 있다(Barnes and Mann, 1991). 이들은 지속적인 재분포를 하고, 이러한 군집은 이동성 조절 군집이다(Townsend, 1989). 현재까지 대형동물(macrofauna)의 크기 및 종 기준과 이동성 동물의 이동능력 및 종 기준은 연구

자에 따라 주관적이고 구분이 불명확하다. 일부 자료는 비교적 작은 어류를 초대형동물(megafauna)에 포함시키기도 한다. 조간대의 이동성 대형동물은 육안으로 확인과 빠른 속도의 이동이 가능한 어류와 십각 갑각류(Crustacean decapod)가 있다. 동일한 서식지에서 십각류는 어류에게 먹이 그리고 경쟁으로 많은 영향을 미친다. 따라서 본 연구는 어류의 군집을 연구하면서 십각류를 포함시켜 어류와 관련된 군집에서 차지하는 비중과 영향을 알아보고자 하였다.

국내에서 조수웅덩이의 어류상과 군집에 관한 연구는 내초도 조간대의 망둑어과(Gobiidae; Chung *et al.*, 1990), 우이군도 조간대(Choi and Kim, 2000), 새만금 해역 조수웅덩이(Choi *et al.*, 2005), 태안해안국립공원 조간대(Choi and Jang, 2007), 신월성 원자력발전소 주변 조간대(Choi *et al.*, 2008), 태안해안국립공원 모항 암반 조간대(Choi and Lee, 2013)가 있다. 영종도 주변 해역에서 이루어진 어류와 십각류 등을 모두 포함한 복합적 대형동물 군집에 관한 연구는 장봉도 갯벌(Seo and Hong, 2006, 2007), 인천 연안(Song *et al.*, 2008), 강화 석모 수

*Corresponding author: Kyung-Nam Han Tel: 82-32-860-7709, Fax: 82-55-862-5236, E-mail: Knhan@inha.ac.kr

로 (Hwang and Rhoh, 2010), 강화 갯벌 조간대 (Hwang *et al.*, 2010)가 있다.

소형 조수웅덩이는 중·대형 조수웅덩이에 비하여 수심이 얕고 면적이 좁으며, 은신처가 될 수 있는 자갈이 적고 크기도 작다. 이러한 요인은 물리적 변화가 더 크고, 생물의 서식을 제한한다. 또한 소형 조수웅덩이는 연안보다 환경 전체를 통제하기 쉽고, 접근과 채집이 용이한 점은 관광객에 의한 생태적 교란을 크게 받는다. 따라서 소형 조수웅덩이에서 강한 이동성을 가진 대형동물인 어류의 종 구성과 계절변동, 주요종의 특성을 파악하여, 조간대와 갯벌 생물의 보전과 모니터링의 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

한강 하구역에 인접한 조사 위치의 개황을 설명하자면, 행정 구역상 인천광역시 중구 을왕동 선녀바위에 속하는 해안이다. 과거에 영종도와 용유도로 분리되어 있었고, 선녀바위는 용유도에 속하는 해안이었으나, 간척사업으로 하나의 섬이 되어 현재 지적통계연보에서 영종용유도로 기재하고 있다. 그러나 대부분 영종도의 명칭이 이용되고 있으며 일반화되고 있다. 최근까지 인천국제공항과 인천대교, 해수욕장 등 교통 및 관광지 개발로 환경 변화가 큰 지역 중 하나이다.

조사는 영종도 선녀바위에 인접한 암반 조간대의 조수웅덩이에서 2010년 2월부터 2011년 1월까지 매월 1회씩 총 12회 실시하였다 (Fig. 1). 정량적 채집을 위하여 매회 동일한 장소와 면적에서 선녀바위를 중심으로 약 100 m 거리 내부의 모든 소형 조수웅덩이를 뜰망 (지름 130 mm, 높이 48 mm, 망목 1 × 1 mm)을 이용하여 조사하였다.

조사에서 YSI-85를 이용하여 조수웅덩이와 연안의 수온, 염분, 용존산소를 측정하였다. 조수웅덩이는 표면적, 수심, 조간대 지역에서 높이, 파랑 작용에 대한 노출, 배수의 패턴을 가지고 (Nybakken and Bertness, 2005), 각 조수웅덩이가 물리적으로 다른 환경을 가지며, 어떠한 2개의 조수웅덩이도 모든 특성이 유사하지 않다 (Metaxas and Scheibling, 1993). 따라서 여러 조수웅덩이의 환경을 측정하는 것보다 단일 조수웅덩이를 선정하여 조사 해역의 연안과 차이를 비교하였고, 조수웅덩이 간 차이를 파악하고자 9월부터 1월까지 5개월간 3~5개의 조수웅덩이를 비교하였다. 각 소형 조수웅덩이의 길이는 장축을 측정하였고 가장 깊은 수심을 측정하였다.

시료는 현장에서 10% 포르말린에 고정하여 실험실로 운반 후 동정하고 개체수, 크기, 생체량 (습중량, gWWt)을 측정하였다. 어류는 대부분 작은 크기의 개체임을 감안하여 측정 오차를 줄이기 위하여 전장을 측정하였고, 십각류는 두흉갑장, 갑각장을 측정하였다. 전장은 1/20 mm vernier caliper로 0.1 mm 단위까지 측정하였고, 생체량은 전자저울 (AND-HM200)로 0.1 g까지 측정하였다. 어류의 동정과 학명은 Kim *et al.* (2005)을 따랐고 분류체계는 Nelson (2006)을 따랐다. 십각류의 동정은 Kim (1973)과 Kim (1977)을 참고하였고, 분류체계는 The Korean society of systematic zoology (1997)를 따랐다.

군집 분석에는 종다양성지수 (Shannon and Wiener, 1963)를 산출하였다. 출현종의 개체수에 대한 계절 분석은 Bray and Curtis (1957)의 유사도지수를 이용하였다. 유사도 지수 행렬로부터 계절과 출현종의 개체수를 연결하는 방법으로는 group-average를 적용하였다. 군집 구조를 파악하기 위하여 다차원배열법 (MDS)과 집괴분석에 의한 수지도를 작성하였다. 우점종에 의한 효과를 줄이기 위하여 square root로 변환하였다. 조사 시기 및 환경요인의 상호 연관성을 파악하고 하나의

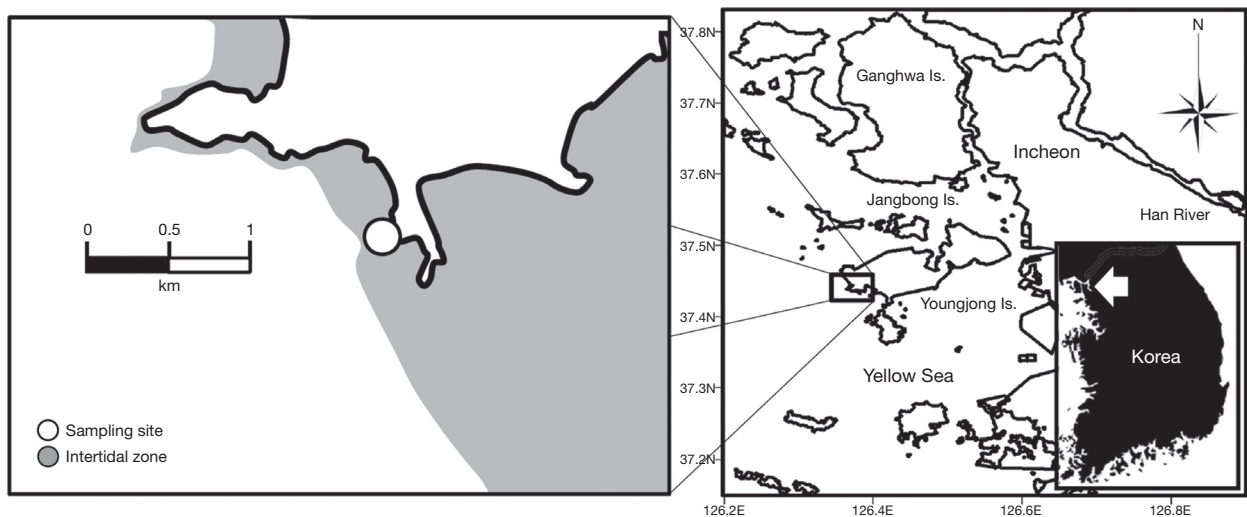


Fig. 1. Geographical location of the sampling sites in the intertidal zone around Youngjong Island, Incheon, Korea.

지각도로 표현하기 위하여 정준대응분석(CCA)을 실시하였다. 분석은 PRIMER (version 6)와 MVSP (plus version 3.1)의 computer package를 이용하였다. 주요종의 체장 빈도 분포는 FiSAT II 프로그램으로 작성하였고, 계절에 따른 밀도, 크기에 대하여 다차원배열법과 one-way ANOVA-test를 실시하였다. 통계는 SPSS version 12.0을 이용하였다.

결 과

조수웅덩이는 대부분 암반지대에 위치해 있었다. 웅덩이의 저면은 주로 패류의 껍질 조각이 깔려 있었고, 다양한 크기의 암석이 있었다. 대상 지역의 소형 조수웅덩이 수는 약 126개였고, 장축 지름 범위는 14.0~207.0 cm (*Me* 58.0 cm), 수심 범위는 0.3~9.0 cm (*Me* 2.1 cm)였고, 지름과 수심의 상관관계는 없었다 (Fig. 2). 조수웅덩이의 수온 범위는 1.2~34.2°C, 염분 범위는 18.8~32.3 psu, 용존산소는 1.48~9.89 mg/L로 나타났다 (Fig. 3). 조수웅덩이와 연안을 비교했을 때 전체 월에서 차이가 있었다. 수온은 0.5~5.1°C 범위의 차이를 보였고, 대부분 조수웅덩이의 수온이 높았으나 저수온기에는 더 낮았다. 염분은 0.8~11.8 psu의 차이를 보였고, 대부분 조수웅덩이가 높았으나, 저수온기에서는 더 낮았다. 용존산소는 0.71~3.78 mg/L의 차이를 보였고, 모든 월에서 조수웅덩이의 용존산소가 더 낮았다. 한편 9월부터 1월까지 5개월간 3~5개의 조수웅덩이를 비교한 결과 모든 월에서 각 조수웅덩이의 수온, 염분, 용존산소가 모두 차이가 있었으나 수온은 적게는 0.1°C에서 최대 1.5°C 범위의 차이를 보여 큰 차이가 없었고, 염분도 0.1 psu에서 최대 2.0 psu까지의 범위를 보여 큰 차이가 없었다. 그러나 일부 담수가 유입되는 장소의 가까운 곳에 위치한 조수웅덩이는 염분이 매우 낮아 그렇지 않은 조수웅덩이의 염

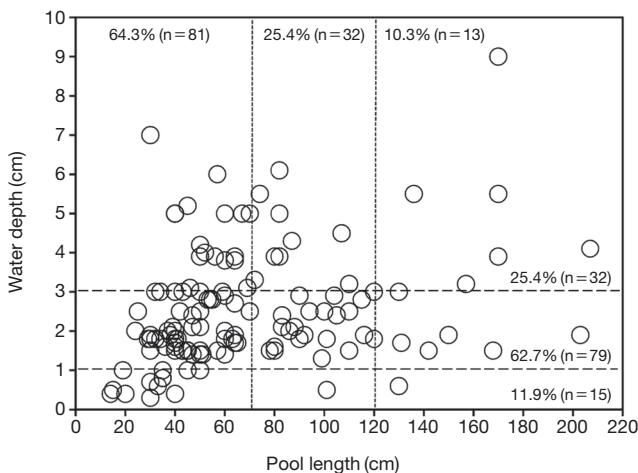


Fig. 2. Water depth and pool length at the sampling site.

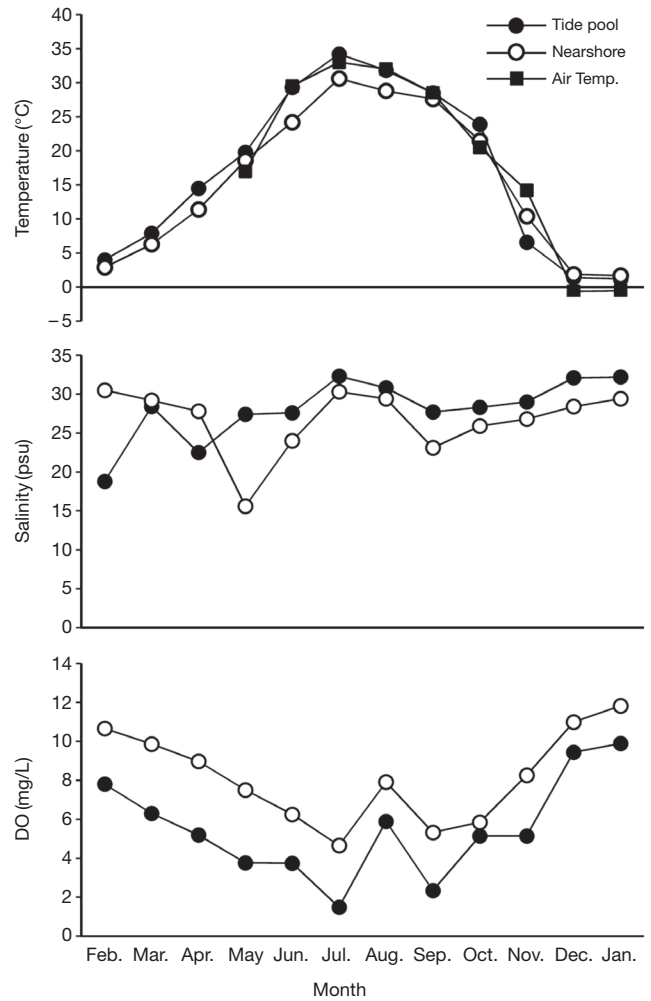


Fig. 3. Monthly variation in water temperature, salinity and dissolved oxygen.

분과 비교할 때 8.3~11.3 psu의 큰 차이를 보였다. 용존산소는 1.23~2.62 mg/L의 차이를 보였다.

영종도 조수웅덩이에서 채집된 어류와 십각류는 총 3목 9과 18종, 1,122개체, 623.6 gWWt이었고, 어류는 2목 2과 8종 (44.4%), 십각류는 1목 7과 10종 (55.6%)이었다 (Table 1). 어류는 망둑어과가 6속 7종으로 어류의 대부분을 차지하였다. 개체수는 총 1,122개체 중 십각류가 639개체로 57.0%를 차지하였고, 어류가 483개체 (43.0%)였다. 생체량에 있어서는 총 623.6 gWWt 중 십각류가 428.2 gWWt이 채집되어 전체의 68.6%의 점유율을 보였고, 어류가 195.4 gWWt이 채집되어 31.4%의 점유율을 보였다. 우점종은 481개체가 채집되어 42.9%를 차지한 풀게 (*Hemigrapsus penicillatus*)였다. 아우점종은 257개체 (22.9%)가 채집된 미끈망둑 (*Luciogobius guttatus*)이었다. 생체량에서도 우점종인 풀게가 가장 높은 338.4 gWWt (54.3%)이 출현하였고, 미끈망둑이 111.3 gWWt (17.9%)을 차지하였다. 다음으로 민물두줄망둑 (*Tridentiger*

Table 1. Seasonal variation in species composition of mobile macrofauna collected in the Youngjong tiny tidepools

Classification	2010												2011			Total											
	Feb.		Mar.		Apr.		May		Jun.		Jul.		Aug.		Sep.		Oct.		Nov.		Dec.		Jan.				
	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N		W	N	W	N	W	N	W	N	W		
Pisces																											
Scorpaeniformes 솜뱅이목																											
Cottidae 독중게과																											
<i>Trachidermus fasciatus</i> 깍정어																											
Perciformes 농어목																											
Gobioidei 망둑어아목																											
Gobiidae 망둑어과																											
<i>Acanthogobius elongata</i> 왜풀망둑																											
<i>Favonigobius gymnauchen</i> 날개망둑																											
<i>Luciogobius guttatus</i> 미끈망둑	21	7.8	45	25.1	7	5.2	39	23.1	42	14.5	31	10.4	35	14.2	23	6.7	14	4.3									
<i>Periophthalmus modestus</i> 말뚝망둥어																											
<i>Synechogobius hasta</i> 풀망둑																											
<i>Tridentiger bifasciatus</i> 민물두줄망둑																											
<i>Tridentiger trigonocephalus</i> 두줄망둑																											
Total Pisces (8 species)	0	0	21	7.8	51	37.2	12	8.7	58	30.2	93	21.4	56	16.4	82	18.8	61	22.2	41	28.6	8	4.1	0	0	483	195.4	
Crustacea																											
Decapoda 십각목																											
Palaemonidae 징거리미새우과																											
<i>Palaemon macrrodactylus</i> 붉은줄참새우																											
Alpheidae 딱새우과																											
<i>Alpheus bisinatus</i> 홀발막참새우	1	0.1			4	1.5	8	3.2	4	3.7																	
<i>Alpheus japonicus</i> 긴발막참새우																											
Paguridae 집게과																											
<i>Pagurus minutus</i> 긴발가락참집게	2	0.4	5	3.9	1	0.3	9	4.3	15	5.9	8	2.7	5	3.4	7	4.7	18	6.8	18	8.0	9	1.5	9	1.1	106	42.9	
Leucosidae 밤게과																											
<i>Philyra pisum</i> 밤게																											
Portunidae 꽃게과																											
<i>Charybdis japonica</i> 민꽃게																											
<i>Portunus trituberculatus</i> 꽃게																											
Xanthidae 부채게과																											
<i>Macromedaeus distinguendus</i> 꽃부채게																											
Grapsidae 바위게과																											
<i>Hemigrapsus penicillatus</i> 풀게	59	16.4	36	11.3	42	33.8	50	44.3	63	52.4	51	43.9	27	27.9	36	31.0	26	16.6	33	30.0	34	19.2	24	11.5	481	338.4	
<i>Hemigrapsus sanguineus</i> 무늬발게																											
Total Decapoda (10 species)	61	16.8	43	15.7	47	40.4	66	53.7	87	61.9	64	51.0	33	37.9	44	36.3	62	40.2	55	39.0	43	20.7	34	14.7	639	428.2	
Total No. of species	2	5	5	5	7	7	8	8	8	8	7	7	5	5	5	5	13	8	8	3	3	3	3	3	18		
Total No. of individuals	61	64	98	98	78	145	157	89	126	123	96	51	34	1,122													
Total biomass in gWWt.	16.8	23.5	77.6	77.6	62.4	92.2	72.4	54.3	55.1	62.4	67.6	24.7	14.7	623.6													

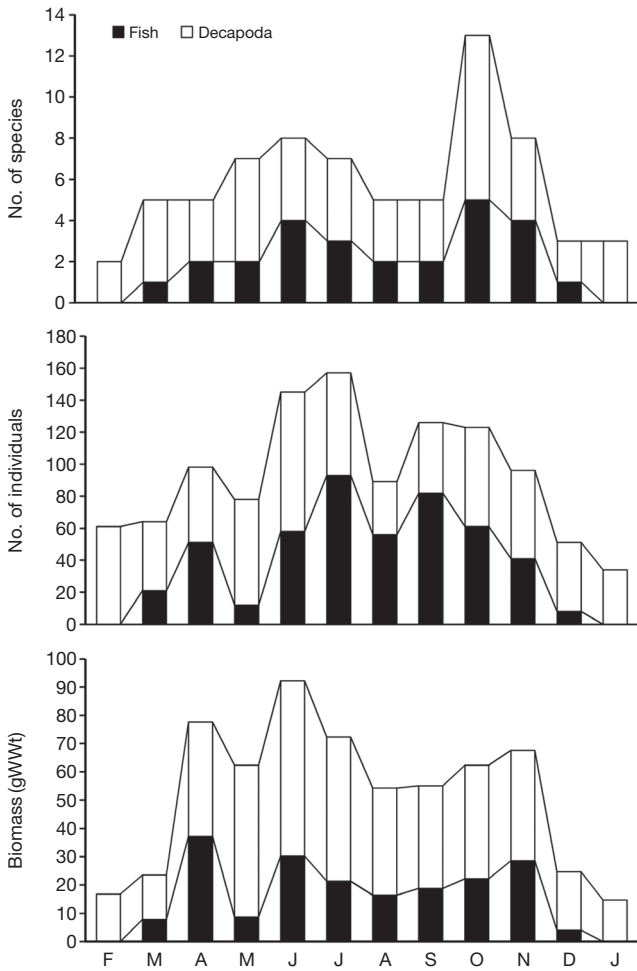


Fig. 4. Monthly variation in number of species, abundance and biomass.

bifasciatus)과 긴발가락참집게 (*Pagurus minutus*)가 많은 개체수가 출현한 주요종이었다.

계절 변화에서 어류의 출현종은 10월이 5종(19.2%)으로 가장 많았고, 동계인 1월과 2월에는 출현하지 않았다. 십각류도 10월에 가장 많은 종인 8종(17.8%)을 기록하였고, 2월과 12월에 가장 적은 2종(4.4%)이 출현하였다. 어류의 개체수는 7월이 93개체(19.3%)로 가장 많았다. 십각류는 6월에 가장 많은 87개체(13.6%)가 출현하였고, 8월에 가장 적은 33개체(5.2%)가 출현하였다. 어류의 생체량은 4월이 37.2 gWWt(19.0%)로 가장 높았다. 십각류는 6월에 가장 높은 61.9 gWWt(14.5%)을 기록하였고, 1월에 가장 적은 14.7 gWWt(3.4%)이 출현하였다 (Fig. 4).

종다양도지수(H')는 0.14~2.05로 10월에 2.05로 가장 높은 값을 보였고, 가장 낮은 값을 보인 것은 0.14인 2월이었다 (Fig. 5). 집괴분석 결과, 크게 2개의 그룹으로 구분되었다. 이 가운데 그룹 1은 12월과, 1월, 2월의 저수온 시기로 구분되었고, 그

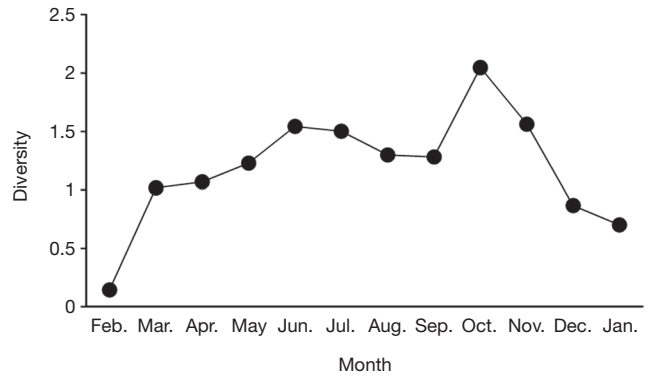


Fig. 5. Seasonal fluctuation of ecological indices in the tiny tide-pools.

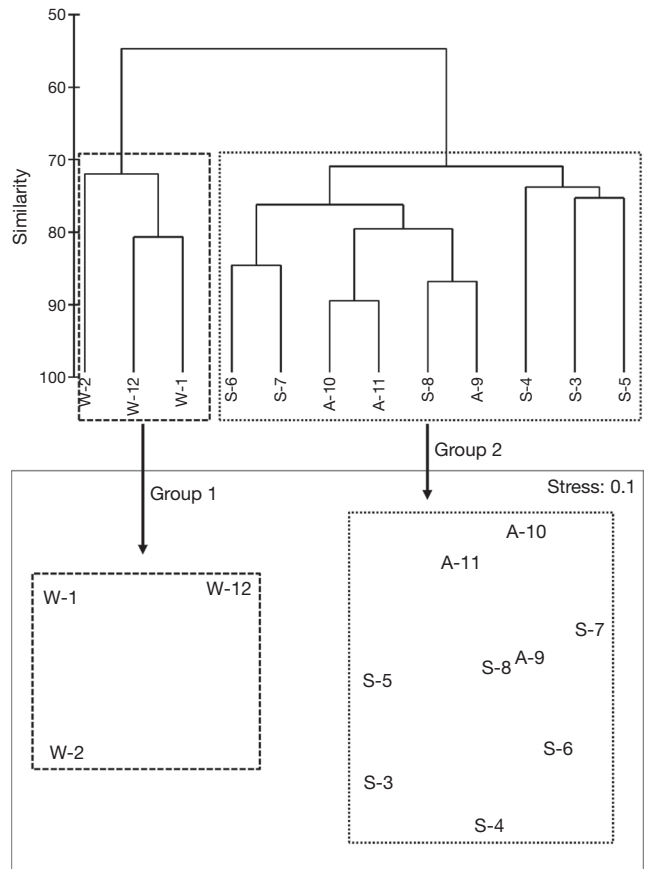


Fig. 6. Dendrogram for hierarchical clustering and 2-dimensional MDS configuration, using group-average linking of Bray-Curtis similarities calculated on square root transformed abundance data (alphabet: seasons/number: months).

그룹 2는 3월부터 11월로 고수온 시기로 구분되었다. 다차원 배열법에 의한 분석에서도 수온에 따라 2개의 그룹으로 구분되어 집괴분석과 동일한 결과를 나타내었다 (Fig. 6).

출현종의 환경적 선호도를 파악하기 위하여 정준대응분석

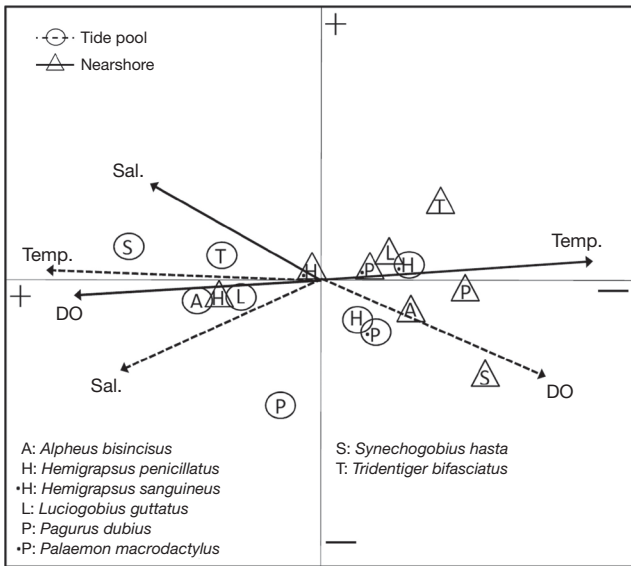


Fig. 7. Canonical correspondence analysis biplot. Length and direction of arrows indicate the relative importance and direction of change in the environmental variables.

을 실시하였고 조수웅덩이의 환경과 연안의 환경을 비교하였다 (Fig. 7). 조수웅덩이의 분석 결과에 대하여 제 1축과 제 2축의 고유치는 각각 0.12와 0.03을 나타내었으며, 전체자료에 대한 제 1축과 제 2축의 누적 기여율은 34.85%를 설명하는 것으로 나타났다. 출현종과 환경요인의 상관계수는 제 1축은 0.85였고, 제 2축은 0.73이었다. 연안의 분석 결과에 대하여 제 1축과 제 2축의 고유치는 각각 0.14와 0.04로 나타내었으며, 전체자료에 대한 제 1축과 제 2축의 누적 기여율은 44.46%를 설명하는 것으로 나타났다. 출현종과 환경요인의 상관계수는 제 1축은 0.96이었고, 제 2축은 0.90이었다. 따라서 본 분석에서 이용된 환경 변수는 출현종의 변이를 잘 설명하는 것으로 나타났다.

1. 민물두줄망둑

총 193개체가 채집되었고, 9회 출현하였다. 출현 시기는 4월부터 12월까지이며, 1월부터 3월까지 외해로 이동하였다. 9월에 가장 많은 47개체가 채집되었고, 5월에 가장 적은 5개체가 채집되었다. 생체량은 11월에 가장 높은 23.8 gWWt이 채집되었고, 6월에 가장 적은 2.8 gWWt이 채집되었다. 전장 범위는 8.6~63.0 mm (평균 30.0 mm)였다. 6월에는当年생 유어가 가입을 시작하여 0.9~2.1 mm의 범위를 보였고 (Fig. 8), 연급군은 점차 성장하는 양상을 보여 조수웅덩이에서 마지막으로 출현한 12월에는 2.7~4.5 mm의 범위로 계절에 따라 크기 분포의 차이를 보였으며, 산란과 가입 시기가 영향을 주었다 ($P < 0.05$). 한편 서식지 근해의 깊은 수심에서 안강망을 이용

한 어획을 실시한 결과 모든 계절에 걸쳐 지속적으로 출현하였으며, 비교적 큰 크기인 65.0~75.0 mm 범위의 개체가 채집되었다.

2. 미끈망둑

총 257개체가 채집되었고, 9회 출현하였다. 출현 시기는 3월부터 11월까지이며, 12월부터 2월까지 외해로 이동하였다. 4월에 가장 많은 45개체가 채집되었고, 5월에 가장 적은 7개체가 채집되었다. 생체량에서는 4월에 가장 높은 25.1 gWWt이 채집되었고, 5월에 가장 적은 5.2 gWWt이 채집되었다. 전장 범위는 1.2~57.5 mm (평균 39.2 mm)였다. 조수웅덩이에서 산란하여 수컷이 보호하던 난을 확인하였다 (2009. 5. 17; 2010. 5. 19). 7월에는当年생 유어가 가입을 시작하여 1.6~2.5 mm의 범위를 보였고, 연급군은 점차 성장하는 양상을 보여 조수웅덩이에서 마지막으로 출현한 11월에는 2.8~3.6 mm의 범위로 계절에 따라 크기 분포의 차이를 보였으며 (Fig. 8), 산란과 가입 시기가 영향을 주었다 ($P < 0.05$).

3. 풀게

총 481개체가 채집되었고, 채집 기간 12회 모두 출현하였다 (Fig. 9). 고수온기인 6월에 가장 많은 63개체가 채집되었고, 저수온기인 1월에 가장 적은 24개체가 채집되었다. 생체량에서는 6월에 가장 높은 52.4 gWWt이 채집되었고, 3월에 가장 적은 11.3 gWWt이 채집되었다. 두흉갑장의 범위는 동계에 낮게 나타났다. 성별로 두흉갑폭의 범위를 분석하였다. 수컷은 6.3~20.3 mm, mode 9.0 mm, 평균 13.1 mm의 범위를 보였으며, 암컷은 6.5~20.2 mm, mode 12.0 mm, 평균 13.1 mm의 범위를 보여 성별 차이는 없었다. 암수의 성별 구분이 가능한 407개체를 대상으로 조사한 결과 암컷이 183개체, 수컷이 224개체로 성비는 1 : 1.2로 나타났다. 포란한 개체가 출현한 시기는 6월에 시작되어 9월까지 지속되었고, 두흉갑폭 범위는 9.3~20.1 mm, mode 9.0 mm와 16.0 mm, 평균 13.7 mm로 나타났다. 치게는 10월을 중심으로 집중적으로 가입을 시작하며 (Fig. 8), 대부분의 기간에 걸쳐 치게가 출현하였으나 춘계와 동계에 가장 작은 크기의 연급군이 유지되어 전체 크기 분포에 영향을 주었다 ($P < 0.05$). 두흉갑폭의 범위는 0.5~22.0 mm (평균 11.3 mm)였다.

4. 긴발가락참집게

총 106개체가 채집되었고, 채집 기간 전체인 12회 모두 출현하였다 (Fig. 9). 10월과 11월에 가장 많은 18개체가 채집되었고, 4월에 가장 적은 1개체가 채집되었다. 생체량에서는 11월에 가장 높은 8.0 gWWt이 채집되었고, 4월에 가장 적은

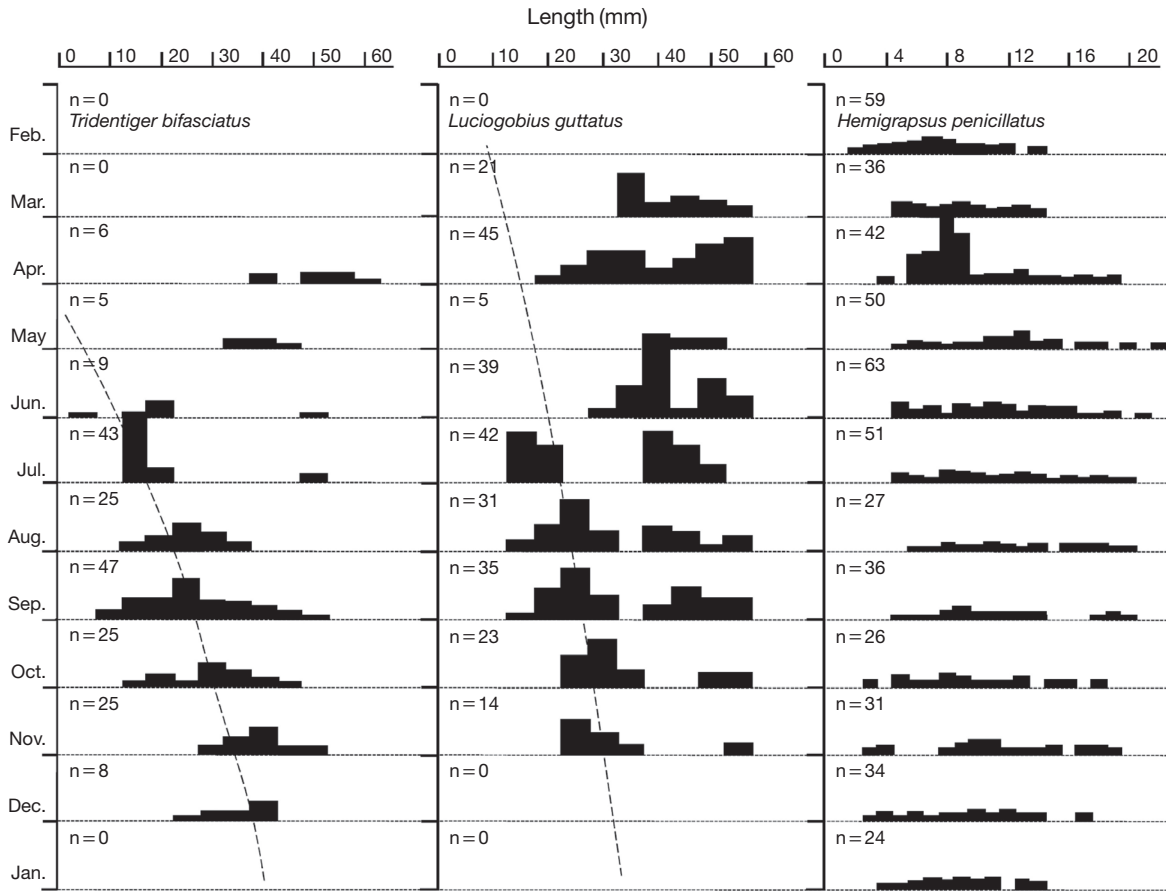


Fig. 8. Length-frequency distribution, expressed as percentage, of pooled data of *Tridentiger bifasciatus*, *Luciogobius guttatus*, *Hemigrapsus penicillatus* (curves: estimate growth).

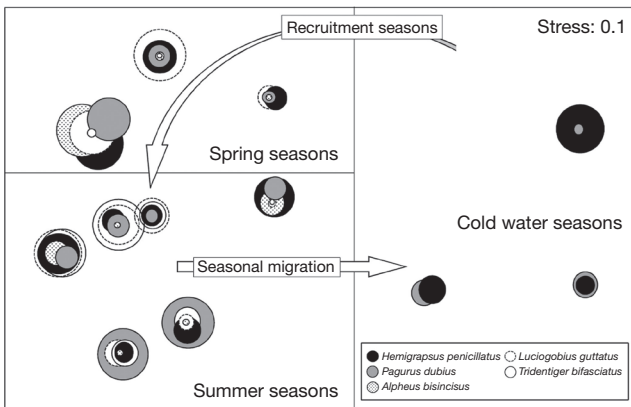


Fig. 9. MDS ordination and seasonal movement of the principal species based on abundance (circles size: number of individuals).

0.3 gWWt이 채집되었다. 포란한 개체는 1월, 3월, 5월, 11월로 불규칙하게 발견되었다. 두홍갑장의 범위는 3.9~27.9 mm (평균 9.0 mm)였고, 계절에 따라 크기 분포의 차이를 보였다 ($P < 0.05$).

고찰

어류는 8종이 출현하였고, 십각류는 10종이 출현하였다. 적은 종수가 출현하였고 어류의 대부분이 망둑어과였다. 서해는 동해와 남해보다 조차가 크고, 간석지가 잘 발달되어 있어 더 많은 종류의 망둑어들이 서식하고 있다(Choi, 2011). Boudreaux *et al.* (2006)은 조간대의 동물상 연구를 고착성과 이동성으로 구분하여 조사하였고, 이동성 동물의 대부분이 강한 이동성 종(mobile species)인 십각류와 어류이며, 종수는 어류가 높았고 개체수는 십각류가 높았음을 보고하였다. 다른 연구자도 어류와 십각류를 mobile종으로 구분하였고(Nickell and Sayer, 1998; Pulgar *et al.*, 2003; Cunha *et al.*, 2007), 조간대의 어류와 십각류를 통합하여 하나의 군집으로 연구하였다(Rönnbäck *et al.*, 1999; Amara and Paul, 2003; Johnston and Sheaves, 2007).

현재까지 국내에서 보고된 조수웅덩이 어류의 연구를 살펴보면 우이군도에서 25종(Choi and Kim, 2000), 새만금 해역의 해창에서 12종, 내초동에서 9종(Choi *et al.*, 2005), 태안해안

국립공원에서 27종(Choi and Jang, 2007), 신월성 원자력발전소 주변 27종(Choi *et al.*, 2008), 태안해안국립공원 모항에서 16종(Choi and Lee, 2013)이 출현하였다. 망둑어과를 대상으로 이루어진 연구는 내초도에서 11종(Chung *et al.*, 1990), 군산연안에서 11종(Kim, 1995b)이었다. 이들 연구가 비교적 큰 규모의 조수웅덩이를 포함하였으며, 일부 조사는 다양한 환경이나 조하대를 병행했음에도 조수웅덩이의 종수가 공통적으로 적은 것을 알 수 있다. 신월성 원자력발전소의 경우 동해에 위치한 특징으로 독중개과(Cottidae)가 종수와 개체수 모두에서 우점한 차이가 있었으나 다른 연구에서는 망둑어과 어류가 종수와 개체수에서 가장 높은 비율을 차지한 공통점이 있었다. 우점한 망둑어과의 종은 저질 환경과 해역의 위치에 따라 차이가 있었다. 본 조사에서 저질은 암반에 위치한 조수웅덩이 내에 주로 큰 자갈과 조가비 껍질이 깔려 있었고, 일부 조수웅덩이는 사질과 펄질이 깔려 있었으며, 미끈망둑과 민물두줄망둑이 우점하였다. 조수웅덩이에서 출현하는 망둑어과 어류는 저질에 따라 우점종이 다른 것으로 알려졌다. 저질이 모래에서는 날개망둑(*Favonigobius gymnauchen*)이 우점하고, 펄질에서는 비늘흰발망둑(*Acanthogobius luridus*), 풀망둑(*Synechogobius hasta*), 말뚝망둥어(*Periophthalmus modestus*), 암반, 자갈에서는 두줄망둑(*Tridentiger trionocephalus*), 점망둑(*Chasmichthys dolichognathus*), 별망둑(*C. gulosus*), 미끈망둑이 우점하였다(Chung *et al.*, 1990; Kim, 1995b; Choi and Kim, 2000; Choi *et al.*, 2005; Choi and Jang, 2007; Choi *et al.*, 2008; Choi and Lee, 2013). 해조류가 분포하는 환경에서는 망둑어과 외에 다양한 종의 많은 개체수가 출현하였다(Choi and Jang, 2007; Choi *et al.*, 2008). 본 연구는 소형 조수웅덩이를 대상으로 조사한 결과 다른 해역에 비하여 종수가 적었고, 미끈망둑이 유난히 많이 채집되었다. 다양한 크기의 조수웅덩이를 조사한 다른 연구와 비교했을 때 미끈망둑은 작은 조수웅덩이도 선호하는 것을 알 수 있는데 Nieder(2001)는 산타쿠르스 조수웅덩이에서 다른 종들은 크고 깊은 조수웅덩이를 선호하는 반면 *Dialommus fuscus*는 작거나 얇은 조수웅덩이를 선호하며, 공기호흡 능력이 있음을 보고하였다. 미끈망둑도 유사하게 건조되기 쉬운 장소에서 발견되기도 하며, 피부호흡 능력이 있다(Park, 2005). 특별히 작고 얇은 조수웅덩이는 일시적 종에게 장시간 체류에 부적당하나(Arakaki and Tokeshi, 2006) 어류는 종에 따라 조수웅덩이의 선호하는 수심과 크기가 있고(Nieder, 2001), 종수는 수심과 면적에 관련이 있다(Metaxas and Scheibling, 1993).

지역에 따른 차이에서 지금까지 보고된 국내의 다른 해역의 조수웅덩이에서는 점망둑과 별망둑 그리고 베도라치아목(Suborders Blennioidei)과 등가시치아목(Suborders Zoarcoidei)에 속하는 베도라치류가 주요 출현종이었으나 본 연구에서는 출현하지 않았다. 이들 종의 분포와 환경과의 관

계에 관한 검토가 요구된다.

해외에서 온대지역의 조수웅덩이 어류 연구를 살펴보면 중국 산둥반도에서 28종이 출현하였고 망둑어과가 우점하였으며, 우리나라 서해와 중 조성이 유사하였다(Choi and Yang, 2008). 일본 아마쿠사(Arakaki and Tokeshi, 2006)에서 10종이 출현하였고, 망둑어과가 우점하였으며, 미국 뉴잉글랜드(Collette, 1986)에서 13종이 출현하였고, 베도라치류가 우점하였다. 참고로 아일랜드 더블린만(Koutsogiannopoulou and Wilson, 2007)의 조간대 갯골에서도 망둑어과가 우점하였다. 온대 지역은 주로 망둑어과와 베도라치류가 우점하였고, 종수와 개체수에서 수온에 의한 계절변화가 큰 공통점이 있었다. 열대지역의 조수웅덩이 연구를 살펴보면 콜롬비아 팔마섬(Castellanos-Galindo, 2005)에서 14종이 출현하였고, 망둑어과가 우점하였다. 브라질 세아라의 조수웅덩이(Cunha *et al.*, 2007)에서 26종, 암반 조수웅덩이(Cunha *et al.*, 2008)에서 43종이 출현하였으며, 망둑어과는 발견되지 않거나 소수였다. 계절변화는 온대지역이 수온에 의한 영향이 강하고 차이가 큰 것과 달리 열대지역은 우기 강우량 및 염분의 영향이 강했고 차이가 있었으나 온대지역 정도의 큰 차이는 아니었다.

시간에 따른 변화를 파악하기 위하여, 집괴분석과 다차원 배열법을 실시한 결과 영종도의 소형 조수웅덩이를 이용하는 이동성 대형동물은 크게 2개의 그룹으로 구분되었다. 그룹 1은 수온이 낮은 동계기간으로 어류는 대부분 포함되지 않았으며, 풀개, 긴발가락참집게 등의 십각류로 이루어져 있었고, 개체수도 비교적 적었다. 그룹 2는 동계를 제외한 기간으로 어류가 출현하기 시작하여 조수웅덩이를 떠나기 전까지 시기로 이루어져 있었다. 한편 그룹 2 내에서 두 개의 그룹이 구분되는데 3월부터 5월, 그리고 6월부터 11월까지로 분리되었다. 어류들은 춘계인 3월에 조간대에 출현하기 시작하여 수온의 상승과 함께 개체수가 증가하고 5월까지 지속적으로 조간대로 유입하며, 또한 이 시기는 조수웅덩이 어류의 우점종인 민물두줄망둑과 미끈망둑의 산란기이다(Chyung, 1977). 이후 6월부터는 11월까지의 부화한 치어들이 가입을 시작하고, 성장하는 시기이다. 조수웅덩이의 어류는 치어의 유입에 기인하여 늦봄과 여름에 종과 개체수가 높아진다(Arakaki and Tokeshi, 2006). 이상의 결과에서 조수웅덩이를 이용하는 군집의 구조는 크게 수온에 의해 구분되는 것을 알 수 있었다. 유영생물은 수온의 상승과 함께 내만이나 갯벌로 유입되고, 수온이 낮아지면서 외해로 월동회유를 하며(Lee and Seok, 1984), 동계에 깊은 곳으로 이동하여 저서성 어류의 중요한 먹이원이 된다(Arntz, 1973).

Nybakken and Bertness(2005)가 제시하는 조수웅덩이의 가장 중요한 물리적 요인 세 가지는 온도와 염분, 용존산소다. 이 요인들은 조수웅덩이에서 가열과 냉각, 증발, 폭우, 생물량과 종에 따라 크게 변하는 요인이다. 조수웅덩이와 연안의 수

은, 염분, 용존산소는 모든 월에서 차이가 있었다. 대부분 월에서 수온은 조수웅덩이가 연안보다 높았고, 동계에는 낮았다. 염분은 모든 계절에서 조수웅덩이가 연안보다 높았다. 용존산소는 조수웅덩이가 연안보다 낮았다. 조수웅덩이의 수온은 가열과 냉각의 영향을 받고, 염분은 증발의 영향을 받으며, 용존산소는 생물의 이용과 수면 움직임의 영향을 받는다(Raffaelli and Hawkins, 1996). 일부 조수웅덩이는 큰 암반 전체가 가열로 인한 극단적으로 높은 수온 변화를 가지기도 했다. 조수웅덩이에서 서식하는 생물은 수온과 염분의 높은 변화에 극히 강한 저항력을 가지고 있다(Yun and Hong, 1995). 조수웅덩이의 용존산소는 주야 차이가 크고, 특히 소형웅덩이는 야간에 3~4배가 낮아지며, 이러한 야간의 산소고갈은 여러 조수웅덩이 어류의 공기 중 호흡능력을 촉진한다(Yoshiyama, 1995). 간조와 만조의 6개 환경 요인에서 높은 비율의 출현을 보인 종을 대상으로 정준대응분석을 실시한 결과 간조 시 환경 요인에 따른 종 분포가 비교적 분산되는 반면 만조 시 대부분의 종이 수온 요인에 정(+)의 관계를 보이고 염분과 용존산소에는 음(-)의 관계를 보였다. 따라서 간조에서는 특정 환경 요인이 조수웅덩이의 이동성 대형동물에게 주는 영향이 적으나 만조에서는 수온의 영향이 강한 것으로 나타났다.

각 종에 대한 정준대응분석을 살펴보면 풀개는 간조와 만조 모두 수온, 염분이 음의 관계로 수온과 염분의 영향이 적은 것으로 나타났고, 무늬말개(*H. sanguineus*)도 각 환경요인에 크게 영향 받지 않는 것으로 나타나 이들 종이 동일한 서식지에서 연중 출현하는 생태적 특성과 잘 일치하였다. 민물두줄망둑과 미끈망둑, 풀망둑, 붉은줄참새우(*Palaemon macrodactylus*), 흙말딱총새우(*Alpheus bisincisus*)는 간조에서 여러 환경 요인에 대한 영향으로 분산되어 있으나 만조에서 수온과 정의 관계를 나타내고, 다른 요인과 모두 음의 관계를 나타내어 연안의 수온이 큰 영향을 주는 것으로 나타났고, 계절변화에 따른 생태적 특성과 잘 일치하였다. 긴발가락참집게는 연중 출현하는 생태적 특성과 달리 만조의 수온과 정의 관계를 보였는데 적은 시료에 의한 오류로 판단된다. 열대성인 멕시코만의 어류군집 조사에서 수온, 염분, 용존산소의 3가지 요인으로 정준대응분석을 실시한 결과(Mendoza *et al.*, 2009), 수온보다 염분과 용존산소의 영향이 강하여 온대인 본 조사 결과와 차이가 있었다.

동일한 장소의 조수웅덩이에서 매월 채집된 모든 개체를 연구실에 보관하였으나 수온에 의한 계절변화를 제외하면 조수웅덩이의 대형동물 군집은 매월 다른 개체들에 의해 회복된 것으로 판단되어 강한 이동성 대형동물의 특성을 잘 나타내었다. 현재까지 조수웅덩이 어류의 회복력에 관한 여러 연구가 있고, 탄력성이 보고되었다(Collette, 1986; Almada and Faria, 2004; Castellanos-Galindo, 2005). 같은 종의 다른 개체들이 특정 조수웅덩이를 점유하여 24시간 주기에서 일부 개체들이

Table 2. Mean and maximum lengths (mm) of mobile macrofauna collected in the Youngjong tiny tidepools

Species	Mean	Maximum
Fishes		
<i>Acanthogobius elongata</i>	43.7	43.7
<i>Favonigobius gymnauchen</i>	25.8	25.8
<i>Luciogobius guttatus</i>	39.2	57.5
<i>Periophthalmus modestus</i>	44.0	49.9
<i>Synechogobius hasta</i>	30.6	56.2
<i>Trachidermus fasciatus</i>	43.4	47.2
<i>Tridentiger trionocephalus</i>	36.4	36.4
<i>Tridentiger bifasciatus</i>	30.0	63.0
Decapoda		
<i>Charybdis japonica</i>	21.6	23.7
<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	15.1	24.7
<i>Hemigrapsus penicillatus</i>	11.3	22.0
<i>Pagurus minutus</i>	9.0	27.9
<i>Palaemon macrodactylus</i>	22.7	26.7
<i>Portunus trituberculatus</i>	40.7	40.7

교체되고, 원래 개체가 돌아오지 않음으로 해서 유사한 종 조성이 형성된다(Arakaki and Tokeshi, 2006). Faria and Almada (2001)는 종의 개체가 조수웅덩이에서 제거되었을 때 2주 후 이전의 수준으로 회복됨을 발견하였다.

조수웅덩이의 대형동물은 연안에서 보고된 군집의 동물에 비하여 소형이었다(Table 2). 다른 조수웅덩이의 대형동물 연구에서도 출현하는 동물의 크기는 모두 소형이었다. 작은 종은 대부분의 생활사 단계가 발견되었고, 크게 성장하는 종은 작은 크기의 생활사 단계만 조수웅덩이를 이용하였다. 이는 제한된 환경을 이용하기 위한 조수웅덩이 동물의 특성으로 생각된다. 작은 조수웅덩이는 이들 소형 어류와 십각류에게 산란장과 성육장을 제공하는 것으로 판단된다. 조사에서 미끈망둑과 풀개, 긴발가락참집게, 붉은줄참새우(7월), 흙말딱총새우(7월)는 산란 및 포란한 개체가 발견되었다.

민물두줄망둑은 많은 개체수가 출현한 주요 어종이었으나 두줄망둑은 1개체만 채집되었다. 두줄망둑이 출현할 가능성은 적다고 생각되며 시료의 손상에 의한 오동정의 가능성이 있다. Kim (1995a)이 인천 연안과 백령도, 연평도 등 거리가 먼 8개 정도의 섬에서 채집하여 형태학 및 유전학적으로 분석한 개체가 모두 민물두줄망둑으로 나타났다. 그러나 같은 서해에 위치한 중국 산둥반도의 조수웅덩이 조사에서는(Choi and Yang, 2008) 동일한 정점에서 두줄망둑과 민물두줄망둑이 비교적 적은 차이의 개체수가 동시에 출현하는 것이 보고되어 차후 민물두줄망둑과 두줄망둑의 분포에 관한 검토가 필요하다. 민물두줄망둑은 비교적 수심이 깊은 연안의 선박과 대형 어구를 이용한 조사에서 큰 크기의 개체가 적지 않게 출현하며, 시화호의 수중 카메라 조사에서도 큰 개체의 두줄망둑류가 주로 발견되었다(unpublished data). 따라서 풀망둑과 마찬가지로 조수웅덩이를 생활사의 일부로 이용하고, 많은 개체가

조수웅덩이를 이용하지 않는 것으로 생각된다. 순천만의 갯골에서도 민물두줄망둑이 우점종이었다(Ye *et al.*, 2014a). 풀개와 미끈망둑은 가장 많은 개체수가 출현한 우점종이며, 월동이나 부유 유생기를 제외한 산란과 성장, 폐사까지 생활사 대부분의 단계에서 소형 조수웅덩이를 이용하는 것으로 생각된다. 두 종은 서로 큰 영향을 가지는 것으로 판단되는데 공통적으로 돌 하부에서 발견되어 서식 공간이 중복되는 것으로 나타났다. 수조 사육에서 미끈망둑이 풀개를 회피하는 것으로 관찰되었으며, 풀개의 치개는 미끈망둑의 주요 먹이원으로 밝혀져 미끈망둑이 풀개의 개체수에 영향을 줄 수 있는 포식자로 나타났다(Kim *et al.*, 2014). 따라서 풀개와 미끈망둑은 공간적 경쟁과 포식에서 연관성을 가지고 있는 것으로 생각된다. 어류에서 두 우점종인 미끈망둑과 민물두줄망둑의 관계에서 협소하고 폐쇄된 공간인 웅덩이에 두 종의 많은 치어가 유입되거나 현재까지 보고된 조간대의 미끈망둑과 두줄망둑류의 식성(Chung *et al.*, 1990; Kim, 1995b; Kim and Noh, 1996; Kim *et al.*, 2014; Ye *et al.*, 2014b)에서 서로의 치어를 포식하지 않고 주요 먹이생물도 다른 것으로 나타나 경쟁이 적은 것으로 생각된다. 협소하고 은신처가 적은 소형 조수웅덩이의 특성에 따라 동일종의 경쟁이 있을 것으로 예상되며, 큰 개체가 있는 돌 하부에는 작은 개체를 발견하기 힘들었고 작은 돌 하부에는 주로 한 개체만 발견되었다. Almada and Faria (2004)는 조수웅덩이 내에서 동일종의 개체 간 더 좋은 위치를 차지하기 위한 종내경쟁이 있음을 보고하였다.

조수웅덩이는 소규모의 생태 변화를 이해하는 데 적합한 장소이며, 생태모델 개발에 이용될 수 있다(Lee *et al.*, 2001). 조간대 채집과 정량 조사만으로 소형 조수웅덩이의 대형동물에 대한 상세한 이해에 여러 한계가 있었다. 조수웅덩이에 한정된 것으로 알려진 대형동물이 조하대에 서식하는지 유무와 규모가 구명되어야 할 것이다. 조수웅덩이가 조하대와 노출층 사이의 중간 서식지로서 논쟁이 있기 때문이다(Metaxas and Scheibling, 1993). 또한 조수웅덩이에서 조석과 주야, 개체 사이의 행동관찰을 통한 행동학 연구가 요구되며, 조간대에 정박시킨 보트에서 수중카메라를 이용한 연구가 있었다(Robinson and Gomez-Aguirre, 2004). 군집의 주야 차이도 조사되지 않았는데 같은 온대의 일본 조수웅덩이 연구에서는 차이가 적었으나 일부 종에 한하여 차이가 있었다(Arakaki and Tokeshi, 2006). 가입 후 사망은 군집의 중요한 조절 요인이나 현재까지 조수웅덩이에서 포식 및 물리적 요인에 의한 사망의 보고는 제한되어 있다(Almada and Faria, 2004).

서해 중부는 많은 개발로 환경 파괴를 겪고 있으며, 특히 본 연구가 수행된 해안은 잘 알려진 관광지로서 조수웅덩이의 어류와 십각류 및 조간대의 무척추동물을 채집하는 관광객을 흔하게 목격할 수 있고, 채집 과정에서 조수웅덩이의 자갈과 저질을 파헤치는 물리적 교란이 많다. 조수웅덩이에서 관광객과

그에 따른 어획 압박은 개체수와 생물다양성이 낮게 관찰되는 잠재적 원인이 될 수 있다(Cunha *et al.*, 2008). 따라서 조간대 생물의 변화에 대한 자료의 축적을 통하여 서식지 보호와 보존에 대한 대책이 필요하다.

요 약

인천, 영종도의 소형 조수웅덩이에서 이동성 대형동물의 군집을 조사하였다. 조사는 2010년 2월부터 2011년 1월까지 매월 실시되었다. 총 18종, 1,122개체, 623.6 gWWt이 채집되었다. 우점종은 민물두줄망둑, 미끈망둑, 풀개, 긴발가락참집게였다. 종수와 생체량은 12월부터 3월까지 낮았고, 4월부터 11월까지 높게 나타났다. 정준대응분석 결과 수온이 군집 조성에서 가장 중요한 환경 요인임을 나타내었다. 종다양도지수 범위는 0.14~2.05였고, 10월에 가장 높았다. 소형 조수웅덩이는 일부 작은 크기의 어류와 십각류에게 산란장과 성육장을 제공한다.

사 사

이 논문은 인하대학교 교내 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

REFERENCES

- Almada, V.C. and C. Faria. 2004. Temporal variation of rocky intertidal resident fish assemblages-patterns and possible mechanisms with a note on sampling protocols. *Rev. Fish. Biol. Fisher.*, 14: 239-250.
- Amara, R. and C. Paul. 2003. Seasonal patterns in the fish and epibenthic crustaceans community of an intertidal zone with particular reference to the population dynamics of plaice and brown shrimp. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 56: 807-818.
- Arakaki, S. and M. Tokeshi. 2006. Short-term dynamics of tidepool fish community: diel and seasonal variation. *Environ. Biol. Fish.*, 76: 221-235.
- Arntz, W.E. 1973. Periodicity of diel food intake of cod *Gadus morhua* in the Kiel Bay. *Oikos Acta Oecol. Scand. (Suppl.)*, 15: 138-145.
- Barnes, R.S.K. and K.H. Mann. 1991. *Fundamentals of aquatic ecology*. 2nd ed. Blackwell Sci. Publ., London, 270 pp.
- Boudreaux, M.L., J.L. Stiner and L.J. Walters. 2006. Biodiversity of sessile and motile macrofauna on intertidal oyster reefs in Mosquito Lagoon, Florida. *J. Shellfish Res.*, 25: 1079-1089.
- Bray, J.R. and J.T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest

- communities of Southern Wisconsin. Ecol. Monogr., 27: 325-349.
- Castellanos-Galindo, G.A., A. Giraldo and E.A. Rubio. 2005. Community structure of an assemblage of tidepool fishes on a tropical Eastern Pacific rocky shore, Colombia. J. Fish. Biol., 67: 392-408.
- Choi, Y. and H.H. Lee. 2013. Species composition and vertical distribution pattern of fish in rock tidal pools at Mohang, Taeanhaean national park. Korean J. Ichthyol., 25: 227-233. (in Korean)
- Choi, Y. and J.H. Jang. 2007. Ichthyofauna of intertidal zone on the Taean marinepark western coast, Korea. Korean J. Environ. Biol., 25: 297-302. (in Korean)
- Choi, Y. and J.H. Kim. 2000. Intertidal fishes of Wooi-Islands, Chollanam-do, Korea in summer. Korean J. Ichthyol., 12: 259-263. (in Korean)
- Choi, Y. and Z.F. Yang. 2008. Intertidal fishes from the Shandong Peninsula, China. Korean J. Ichthyol., 20: 54-60.
- Choi, Y., H.C. Lim, H.K. Ra, J.S. Yang and K.W. Choi. 2005. Tidepool fishes from Saemangeum waters. Korean J. Ichthyol., 25: 227-233. (in Korean)
- Choi, Y., H.H. Lee and J.H. Jang. 2008. Ichthyofauna of the intertidal zone around the nuclear power plants off Sinweolseong, eastern coast, Korea. Korean J. Ichthyol., 26: 74-80. (in Korean)
- Choi, Y. 2011. Gobiid fishes. Jisungsa, Seoul, 159pp. (in Korean)
- Chung, E.Y., I.S. Kim and Y. Choi. 1990. Studies of the food organisms and the distribution patterns of gobiid fishes (Gobiidae) according to the bottom sediments at the intertidal zone of Naecho-do. Mar. Develop. Res. Kunsan Nat. Univ., 2: 19-35. (in Korean)
- Chyung, M.K. 1977. The fishes of Korea. Ilchisa, Seoul, 727pp. (in Korean)
- Collette, B.B. 1986. Resilience of the fish assemblage in New England tidepools. Fish. Bull., 84: 200-204.
- Cunha, E.A., R.A.A. Carvalho, C. Monteiro-Neto, L.E.S. Moraes and M.E. Araújo. 2008. Comparative analysis of tidepool fish species composition on tropical coastal rocky reefs at state of Ceará, Brazil. Iheringia, Sér. Zool., 98: 379-390.
- Cunha, F.E.A., C. Monteiro-Neto and M.C. Nottingham. 2007. Temporal and spatial variations in tidepool fish assemblages of the northeast coast Brazil. Biota Neotrop., 17: 111-118.
- Faria, C. and V. Almada. 2001. Microhabitat segregation in three rocky intertidal fish species in Portugal: does it reflect interspecific competition? J. Fish. Biol., 58: 145-159.
- Hwang, S.D. and J.G. Rhow. 2010. Seasonal variation in species composition of estuarine fauna collected by a stow net in the Han River Estuary on the mid-western coast of Korea. J. Korea Soc. Oceanogr., 15: 72-85. (in Korean)
- Hwang, S.D., J.G. Rhow, S.M. Lee, J.Y. Park, H.J. Hwang and Y.J. Im. 2010. Community structure of fauna collected by a fence net on Ganghwa tidal flat in the Han River Estuary, Korea. J. Korea Soc. Oceanogr., 15: 166-175. (in Korean)
- Johnston, R. and M. Sheaves. 2007. Small fish and crustaceans demonstrate a preference for particular small-scale habitats when mangrove forests are not accessible. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 353: 164-179.
- Kim, B.G., J.H. Kim, S.W. Chung and K.N. Han. 2014. Feeding ecology of *Luciogobius guttatus* (Pisces; Gobiidae) in the Youngjong tide pool, Incheon, Korea. Korean J. Ichthyol., 26: 202-211. (in Korean)
- Kim, H.S. 1973. Illustrated encyclopedia of fauna and flora of Korea vol. 14 Anomura · Brachyura. Ministry of Education, Seoul, 694pp. (in Korean)
- Kim, H.S. 1977. Illustrated flora and fauna of Korea vol. 19 Macrura. Ministry of Education, Seoul, 414pp. (in Korean)
- Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim. 2005. Illustrated book of Korean fishes. KyoHak Pub. Co., Seoul, 615pp. (in Korean)
- Kim, J.B. 1995a. The studies of speciation and systematics on the fishes of the genera *Rhinobobius* and *Tridentiger* (Perciformes, Gobiidae) in Korea. Ph. D. dissertation, Inha Univ., 158pp. (in Korean)
- Kim, J.Y. 1995b. Feeding habits of the some gobiid fishes (Gobiidae) from the Kunsan coast intertidal zone in the west coast of Korea. Ph. D. dissertation, Konkuk Univ., 120pp. (in Korean)
- Kim, J.Y. and Y.T. Noh. 1996. Feeding habits of the *Tridentiger trigonocephalus* form the coast intertidal zone in the west coast of Korea. Fish. Sci. Res., 12: 25-42. (in Korean)
- Kim, J.Y. and Y.T. Noh. 1997. Feeding habits of the *Acanthogobius elongatus* form the Kunsan coast intertidal zone, Neacho-do in the west coast of Korea. Fish. Soc., 30: 413-422. (in Korean)
- Koutsogiannopoulou, V. and J.G. Wilson. 2007. The fish assemblage of the intertidal salt marsh creeks in North Bull Island, Dublin Bay: seasonal and tidal changes in composition, distribution and abundance. Hydrobiologia, 588: 213-224.
- Lee, J.B., B. Shynn and M.H. Lee. 2001. Seasonal dynamics of microalgal assemblage at tidepools in the southern intertidal zone of Cheju Island, Korea. Algae, 16: 197-207. (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.
- Mendoza, E., M. Castillo-Rivera, R. Zárate-Hernández and S. Ortiz-Burgos. 2009. Seasonal variations in the diversity, abundance, and composition of species in an estuarine fish community in the tropical Eastern Pacific, Mexico. Ichthyol. Res., 56: 330-339.
- Metaxas, A. and R.E. Scheibling. 1993. Community structure and organization of tide pools. Mar. Ecol. Progr. Ser., 98: 187-198.
- Nelson, J.S. 2006. Fishes of the world. 4th ed, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 601pp.
- Nickell, L.A. and M.D.J. Sayer. 1998. Occurrence and activity of

- mobile macrofauna on a sublittoral reef: diel and seasonal variation. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 78: 1061-1082.
- Nieder, J. 2001. Amphibious behaviour and feeding ecology of the four-eyed blenny (*Dialommus fuscus*, Labrisomidae) in the intertidal zone of the island of Santa Cruz (Galapagos, Ecuador). *J. Fish. Biol.*, 58: 755-767.
- Nybakken, J.W. and M.D. Bertness. 2005. Marine biology: an ecological approach, 6th ed. Pearson Education inc., San Francisco, 579 pp.
- Park, J.Y., I.S. Kim, Y.J. Lee and H.A. Baek. 2005. Mucous cells and their structure on the epidermis of five appendages in the Korean flat-headed goby, *Luciogobius guttatus* (Pisces; Perciformes). *Korean J. Ichthyol.*, 17: 167-172.
- Pulgar, J.M., M. Aldana, F. Bozinovic and F.P. Ojeda. 2003. Does food quality influence thermoregulatory behavior in the intertidal fish *Girella laevisfrons*? *J. Therm. Biol.*, 28: 539-544.
- Raffaelli, D. and S. Hawkins. 1996. Intertidal ecology, Chapman and Hall, London. 356pp.
- Robinson, C.J. and S. Gomez-Aguirre. 2004. Tidal stream use by the red crab *Pleuroncodes planipes* in Bahía Magdalena, México. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 308: 237-252.
- Rönnbäck, P., M. Troell, N. Kaustky and J.H. Primavera. 1999. Distribution pattern of shrimps and fish among *Avicennia* and *Rhizophora* microhabitats in the Pagbilao mangroves, Philippines. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 48: 223-234.
- Seo, I.S. and J.S. Hong. 2006. Species composition and seasonal variation of nektonic assemblages at the Jangbong upper tidal flat, Incheon, Korea. *J. Korea Soc. Oceanogr.*, 11: 97-107. (in Korean)
- Seo, I.S. and J.S. Hong. 2007. Seasonal variation of fish assemblages on Jangbong tidal flat, Incheon, Korea. *Korea J. Fish. Aquat. Sci.*, 43: 510-520. (in Korean)
- Shannon, C.E. and W. Wiener. 1963. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana, 125 pp.
- Song, M.Y., M.H. Sohn, Y.J. Im, J.B. Kim, H. Kim, I.J. Yeon and H.J. Hwang. 2008. Seasonal variation in the species composition of bag-net catch from the coastal water of Incheon, Korea. *J. Kor. Fish. Soc.* 41: 272-281. (in Korean)
- The Korean society of systematic zoology. 1997. List of animals in Korea (excluding insects). Acad. Pub. Comp., Inc., Seoul, 489pp. (in Korean)
- Townsend, C.R. 1989. The patch dynamics concept of stream community ecology. *J. Am. Benth. Soc.*, 8: 36-50.
- Ye, S.J., J.M. Jeong, H.J. Kim, J.M. Park, S.H. Huh and G.W. Baeck. 2014a. Fish assemblage in the tidal creek of Sangnae-ri Suncheon, Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 26: 74-80. (in Korean)
- Ye, S.J., J.M. Jeong, H.J. Kim, J.M. Park, S.H. Huh and G.W. Baeck. 2014b. Feeding habits of *Tridentiger bifasciatus* in the tidal creek at Sangnae-ri, Suncheon, Korea. *Korea J. Fish. Aquat. Sci.*, 47: 160-167. (in Korean)
- Yoon, Y.Y., J.G. Phun, K.H. Kim and B.M. Yoon. 2002. Variation of water qualities according to tidal movement in the tidal flat of Young-jong do. *J. Korea Soc. Environ. Engin.*, 24: 1189-1195. (in Korean)
- Yoshiyama, R.M., C.J. Valpey, L.L. Schalk, N.M. Oswald, K.K. Vaness, D. Lauritzen and M. Limm. 1995. Differential propensities for aerial emergence in intertidal sculpins (Teleostei; Cottidae). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 191: 195-207.
- Yun, S.G. and J.S. Hong. 1995. Benthos. Academy Publishing Company, Inc., Seoul, 412pp. (in Korean)