

한국 남해에 출현하는 가고시마셋멸(*Argentina kagoshimae*)의 섭식생태정재묵 · 이승종* · 백근욱¹국립수산과학원 수산자원연구센터, ¹경상국립대학교Feeding Ecology of Smallmouth Argentine *Argentina kagoshimae* in Coastal Waters of the South Sea, KoreaJae Mook Jeong, Seung-Jong Lee* and Geun Wook Baek¹

Fisheries Resources Research Center, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 53064, Republic of Korea

¹Department of Marine Biology & Aquaculture/Department of Aquaculture Sciences/Institute of Marine Industry, College of Marine Science, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Republic of Korea

We analyzed the diet composition of smallmouth argentine *Argentina kagoshimae*, which were collected via bottom trawl in the South Sea during February, April, August, and October 2021. Their size range was 8.1–21.4 cm total length. *A. kagoshimae* are mesopelagic carnivores, mainly consuming benthopelagic Euphausiacea and Caridea crustaceans. Polychaetes were the second largest prey component in their diet, which also included small quantities of copepods, amphipods, and arrow worms. Stomach content compositions substantially differed among body size levels in *A. kagoshimae*. The results of non-metric multidimensional scaling ordination and permutational multivariate analysis of variance of dietary data revealed no significant dietary differences. The results of a graphical analysis of the diet composition showed that *A. kagoshimae* are specialized feeders characterized by strong individual feeding specialization.

Keywords: Feeding ecology, Smallmouth argentine, South Sea

서론

가고시마셋멸(*Argentina kagoshimae*)은 셋멸목(Aregentini-formes) 셋멸과(Argentinidae)에 속하는 어류(Fig. 1)로 우리나라 남해와 제주도 주변해역을 포함한 일본 남부, 타이완, 동중국해에 주로 분포하며, 수심 100–400 m 저층에 무리를 지어 서식하는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2005, 2019). 국내에서 가고시마셋멸은 상업적으로 중요한 수산자원은 아니지만, 저인망, 트롤어업 등에 혼획되는 부수어획종(bycatch species)으로 냉동사료, 어묵이나 어포의 원료로 이용된다. 일본에서는 맛이 좋다고 평가되어 생선회, 건어물, 튀김요리의 재료로 이용되고 있다.

가고시마셋멸이 속한 셋멸과 어류의 먹이생물에 관한 선행연구는 *Argentina sphyraena*, *Glossanodon leioglossus*의 먹이생물에 관한 단편적인 보고만 수행되어 있을 뿐 매우 부족한 실정

이다(Whitehead, 1984). 그 외에 *Argentina silus*의 분포, 개체군 구조, 성장 및 재생산 특성(Bergstad, 1993), *Glossanodon semifasciatus*의 산란기 연구(Nashida et al., 2007), *Glossanodon leioglossus*의 이석과 어체의 크기 상관관계에 관한 연구(Bilge and Gülşahin, 2014), *Argentina sphyraena*의 연령과 성장 연구(Ferri et al., 2017) 등 셋멸과 어류의 연구가 일부 수행되어 있지만 가고시마셋멸의 섭식생태연구는 없었다.

해양에서 소비자(consumers)는 종속영양생물로서 생산자가 합성한 유기물을 직·간접적으로 섭식하는 생물을 뜻한다. 해양의 먹이사슬(foodchain)은 생산자(primary producer)와 이들을 직접 섭식하는 초식동물인 1차소비자(primary consumers), 초식동물을 먹이로 하는 2차소비자(secondary consumers)에서 3차소비자(tertiary consumers), 4차소비자(fourth-level consumers)로 이어진다(Castro and Huber, 2003). 이러한 먹이사슬에서 1차소비자와 3차소비자 사이에 위치한 2차소비자(소형

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 650. 2220 Fax: +82. 55. 650. 2206

E-mail address: sjlee1225@korea.kr



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2022.0590>

Korean J Fish Aquat Sci 55(5), 590-597, October 2022

Received 12 August 2022; Revised 22 September 2022; Accepted 13 October 2022

저자 직위: 정재묵(연구사), 이승종(연구관), 백근욱(교수)

갑각류, 어류)들은 3, 4차소비자들이 직접 만들어낼 수 없는 유기물을 전달하는 중요한 역할을 한다. 이러한 중간단계 생물들의 먹이생물을 파악하는 것은 해당 생태계내 에너지흐름과 기능을 파악하여, 생태계기반의 수산자원관리를 수행할 수 있는 중요한 기초자료로 활용될 수 있다. 지금까지 밝혀진 우리나라 남해 근해 저층생태계에서 2차소비자에 해당되는 어종들은 열동가리돔(*Apogon lineatus*), 멸치(*Engraulis japonicus*), 청멸(*Thryssa kammalensis*), 전갱이(*Trachurus japonicus*) 유어, 청어(*Clupea pallasii*), 반돔불게르치(*Acropoma japonicum*) 등이 있는데(Choo, 2007; Youn et al., 2013; Baeck et al., 2014; Kim et al., 2015; Jo et al., 2022; Son et al., 2022), 가고시마셋멸 또한 유사한 먹이생물 섭식하여, 2차소비자에 해당할 것이라는 가설을 세우고 접근하였다.

본 연구는 국내의 최초로 가고시마셋멸의 위내용물 분석을 통하여 1) 위내용물 조성을 파악하고, 2) 크기군과 계절에 따른 먹이생물 조성의 차이 및 3) 어떠한 섭식전략을 갖는지 조사하였다. 본 연구 결과는 앞으로 우리나라 남해 근해의 하위생태계의 에너지흐름 파악에 중요한 정보를 제공하고, 생태계기반 수산자원관리의 방향성을 위한 기초자료로 사용될 수 있을 것이다.

재료 및 방법

연구해역 및 시료채집

본 연구에 사용된 표본은 2021년 2월, 5월, 8월, 11월에 저층 트롤(bottom trawl)이 탑재된 국립수산과학원 수산과학조사선 탐구 23호(1,679톤)를 이용하여 남해 근해에서 채집하였다(Fig. 2). 채집된 시료는 유사종인 셋멸(*G. semifasciatus*)과의 오동정을 방지하기 위해 분류키(Kim et al., 2019)로 구분하여 위를 적출하였으며, 위 내용물의 소화를 방지하기 위해 현장에서 10% 중성 포르말린으로 고정 후 실험실로 운반하였다. 이후 각 개체의 전장(total length, TL)과 체중(total weight, TW)을 각각 0.1 cm와 0.1 g단위까지 측정하였으며, 8.1–21.4 cm, TL, 7.1–70.4 g, TW의 범위를 보였다.

위 내용물 분석

각 개체는 위의 본문부를 해부현미경 아래에서 해부가위와 정밀핀셋을 이용하여 절개한뒤, 먹이생물을 종류별로 구분하였다. 발견된 먹이생물을 가능한 종(species)수준까지 분류하였으며, 소화가 진행되어 분류가 어려울 경우 과(family) 또는 목(order) 수준으로 나타났다. 위내용물에서 발견된 모든 먹이생물은 종류별로 개체수를 습중량을 측정하였으며, 위내용물이 없었던 개체는 분석에서 제외시켰다.

위 내용물 분석 결과는 다음과 같은 식으로 각 먹이생물에 대하여 출현빈도(%F), 개체수비(%N), 습중량비(%W)로 나타냈다(Hyslop, 1980).



Fig. 1. Photograph of smallmouth argentine *Argentina kagoshima*.

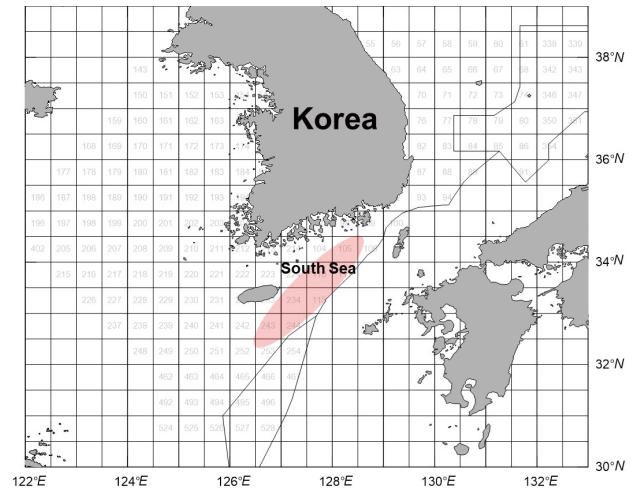


Fig. 2. Location of study area in the South Sea of Korea. Samples were collected within oval area.

$$\%F = A_i / N \times 100$$

$$\%N = N_i / N_{total} \times 100$$

$$\%W = W_i / W_{total} \times 100$$

여기서, A_i 는 위내용물 중 해당 먹이생물이 발견된 가고시마셋멸의 개체수이고, N 은 먹이를 섭식한 가고시마셋멸의 총 개체수, N_i 와 W_i 는 해당 먹이생물의 개체수와 습중량, N_{total} 과 W_{total} 은 전체 먹이 개체수와 습중량이다.

먹이생물의 상대중요성지수(index of relative importance, IRI)는 Pinkas et al. (1971)의 식을 이용하여 구하였다.

$$IRI = (\%N + \%W) \times \%F$$

이후 백분율로 환산하여 상대중요성지수비(% IRI)로 나타내었다.

$$\%IRI = IRI_i / \sum_{i=1}^n IRI \times 100$$

성장에 따른 먹이생물의 변화를 분석하기 위해 각각 5 cm간격

3개 크기군(<10 cm; 10.0–15.0 cm; ≥15.0 cm)으로 구분하였으며, 각 크기군별 먹이 분류군 조성을 분석하였다.

가고시마셋벌의 먹이중요도(dominant or rare), 섭식전략(specialist or generalist), 섭식폭(niche width)은 도해적방법(graphical method)을 사용하여 나타내었다(Amundsen et al., 1996). 이 방법은 출현빈도(%F)에 대하여 prey-specific abundance를 도식화함으로써 나타내며, preyspecific abundance는 다음과 같이 구하였다.

$$P_i = \sum S_i / \sum S_{ij} \times 100$$

여기서, P_i 는 먹이생물 i 의 prey-specific abundance, S_i 는 위내용물 중 먹이생물 i 의 중량, S_{ij} 는 먹이생물 i 를 섭식한 개체의 위내용물 중 전체 먹이생물 중량이다.

출현빈도에 대한 prey-specific abundance를 그래프 상에 나타내는 방법은 Amundsen et al. (1996)에 의해 제안되었으며, 많은 연구에서 어류의 섭식형태 및 섭식전략을 분석하는데 유용하게 사용되었다. 먹이생물종(또는 분류군)이 그래프에서 상부에 위치할수록 우점 먹이생물(dominant prey)이며, 좁은 섭식폭을 가진(high betweenphenotypic component) 섭식특화종임을 나타낸다. 어류의 섭식전략에서 섭식특화종은 좁은 섭식폭을 가지는 반면, 섭식일반종은 넓은 섭식폭을 가진다(Pianka, 1988).

자료분석

본 연구에서 분석한 가고시마셋벌의 개체수가 위내용물 조성을 설명하기 위한 충분한지확인하기 위해 먹이누적곡선을 통하여 분석하였다(Ferry and Cailliet, 1996). 분석을 위해 먹이생물이 발견된 개체들의 순서를 10회 무작위한 뒤 각각의 무작위한 순서에서 새로운 먹이 분류군에 대한 평균 먹이 분류군 수를 표시하였다. 먹이누적곡선이 점근선에 도달하였을 때, 위내용물 분석을 위한 적정 표본수로 간주하였다. 적어도 누적곡선 점근선에 근접한 값 이전 10개의 값이 총 먹이 분류군 수에 대하여 ±0.5일 때 적정 표본수로 간주하였다(Huveneers et al., 2007).

크기군과 계절에 따른 먹이생물 조성의 차이를 알아보기 위해 non-metric multidimensional scaling (nMDS), permutational multivariate analysis of variance (PERMANOVA), Canonical analysis of principal coordinate (PCO)를 이용하여 분석하였다(Anderson et al., 2008; Clarke and Gorley, 2015). 먹이생물의 중량비(%W)는 포식자가 다른 크기의 먹이생물을 섭식하였을 때 각 먹이 분류군의 상대적 중요성을 나타낼 수 있는 최적의 방법이므로 먹이생물 중량비를 이용하여 다변량분석(multivariate)을 수행하였다(Hyslop, 1980). 자료분석을 위해 크기군과 계절에 속하는 개체들을 무작위로 3–5개체로 분리하여 소그룹으로 구분한 뒤, 각 소그룹에서 먹이 분류군의 평균 중량 백분율을 계산하였다. 이러한 무작위화 된 소그룹에서 먹이 분류군의 평균값 사용은 한 개체의 위내용물 조성에서 '0'의 비율을 나

타내는 먹이 분류군 수를 감소시킬 수 있어 다변량 분석의 효율성을 향상시킬 수 있다(White et al., 2004). 또한 위내용물 중 우점 먹이생물의 편향된 해석을 감소시키기 위해 평균 중량비 자료는 제곱근변환(square root transformation)을 수행하였고 Bray-Curtis similarity를 이용하여 유사도 매트릭스를 구축하였다(Platell and Potter, 2001).

먼저 체장군별 및 계절별 위내용물 조성의 차이는 mMDS 분석을 통하여 시각화하였다. 이후 가고시마셋벌 위내용물 조성에서 크기군(size, two levels), 계절별(season, two levels) 그리고 2요인(season × size class)의 상호효과에 따른 유의성은 two-way PERMANOVA를 통하여 분석하였다. PERMANOVA는 표본 간 거리를 이용한 비모수(non-parametric) 분산분석으로 가설을 검증하기 위하여 permutation 방법을 사용한다. PERMANOVA에서 component of variation (COV)는 각 요인의 영향 정도를 나타내는 값으로, COV가 클수록 특정 요인 또는 상호효과의 영향이 크다는 것을 뜻한다. PERMANOVA의 상호효과에서 유의한 차이가 나타났을 경우 사후분석을 통하여 크기군간 차이 및 계절별 차이의 유의성을 분석하였다. 또한 PERMANOVA분석에서 유의한 차이는 CAP분석을 통하여 어떤 먹이 분류군이 이러한 차이에 높은 상호연관계수(correlation coefficients)를 나타냈는지 분석하였다. 각 먹이 분류군의 상대적 기여도는 상호연관계수 0.4이상을 나타내는 먹이 분류군을 PCO성분축 1과 2에 나타냈다. 위내용물 조성의 다변량분석은 PRIMER v7 multivariate statistics package와 PERMANOVA + add-on module을 사용하여 분석하였다(Anderson et al., 2008; Clarke and Gorley, 2015).

결 과

위내용물 조성

조사기간 동안 총 169개체의 가고시마셋벌이 채집되었으며, 위내용물이 있었던 97개체를 분석에 사용하였다. 먹이누적곡선은 분석된 개체수 내에서 점근선에 도달하였으며, 최소 표본 크기는 78개체로 추정되어 충분한 표본을 확보하였다. 위내용물 분석에서 가장 중요한 먹이생물은 %IRI 96.2를 차지한 난바다곤쟁이류(euphausiacea, %F 73.2, %N 89.8, %W 82.0)였으며, 특히 *Euphausia* spp.가 대부분을 차지하였다(Table 1). 그 다음으로는 %IRI 2.4를 차지한 생이류(caridea, %F 25.8, %N 4.1, %W 8.2)였는데, 둥근돗대기새우(*Leptochela sydniensis*)였다. 그 외에 갯지렁이류(polychaeta), 단각류(amphipoda), 요각류(copepoda), 화살벌레(chaetognatha)도 출현하였지만 %IRI 1.0% 미만으로 매우 낮은 비율을 차지하였다.

성장과 계절에 따른 먹이생물 조성

가고시마셋벌의 크기군에 따른 먹이생물 조성을 살펴본 결과, <10 cm 크기군에서는 난바다곤쟁이류가 %IRI 80.0 새우류가

%IRI 11.9순으로 중요한 먹이생물이었으며, 다음으로는 단각류가 %IRI 8.1를 차지하였다(Fig. 3A). 10–15 cm 크기군에서도 난바다곤쟁이류가 %IRI 98.9로 위내용물의 거의 대부분을 차지하였으며, 단각류와 새우류의 비율은 %IRI 1.0 미만으로 감소하는 양상을 보였다. ≥15 cm 크기군에서는 난바다곤쟁이류의 비율이 %IRI 89.4로 감소하였으며, 새우류와 갯지렁이류가 각각 %IRI 7.3, 1.9로 증가하는 양상을 보였다.

계절별 먹이생물 조성을 분석한 결과, 봄철에는 난바다곤쟁이류가 %IRI 78.8로 가장 중요한 먹이생물이었으며, 여름철과 가을철도 난바다곤쟁이류가 각각 %IRI 89.0, 82.8로 높은 %IRI를 차지했다(Fig. 3B). 겨울철에는 봄, 여름, 가을에 높은 %IRI를 차지했던 난바다곤쟁이류가 섭식되지 않았으며, 갯지렁이

류와 기타 표재성 저서생물의 비율이 각각 %IRI 61.5와 23.7로 중요한 먹이생물이었다.

섭식전략

가고시마셋벌의 섭식형태와 섭식전략을 파악하기 위하여 위내용물에 대한 도해적방법을 이용하였다(Fig. 4). 가고시마셋벌의 가장 중요한 먹이생물은 난바다곤쟁이류였으며, 이들을 집중 섭식하는 섭식특화종(specialist predator)임을 알 수 있었다. 새우류를 비롯한 갯지렁이류, 단각류도 섭식하였지만, 낮은 출현빈도를 보여 매우 좁은 섭식폭을 나타냈다.

성장과 계절에 따른 섭식경향

Two-way PERMANOVA 결과 가고시마셋벌의 위내용물 조

Table 1. Composition of smallmouth argentine *Argentina kagoshimae* stomach contents by frequency of occurrence, number, weight, and an index of relative importance (IRI)

Taxa	Prey items	%F	%N	%W	%IRI
Amphipoda	Total	21.6	2.1	1.1	0.5
	<i>Byblis</i> sp.	3.1	0.2	0.3	
	Gammaridae	5.2	0.7	0.5	
	Hyperidae	1.0	+	0.1	
	<i>Parathemisto</i> sp.	12.4	1.3	0.2	
Brachyura	Total	3.1	0.1	0.1	+
Copepoda	Total	7.2	2.5	+	0.1
Euphausiacea	Total	73.2	89.8	82.0	96.2
	<i>Euphausia</i> spp.	73.2	89.8	82.0	
Caridea	Total	25.8	4.1	8.2	2.4
	<i>Leptochela sydniensis</i>	17.5	3.7	4.0	
	Unidentified Macrura	10.3	0.5	4.2	
Stomatopoda	Total	1.0	+	0.3	+
Chaetognatha	Total	3.1	0.5	1.9	0.1
	<i>Sagitta</i> sp.	3.1	0.5	1.9	
Gastropoda	Total	1.0	+	0.1	+
Ophiuroidea	Total	1.0	+	0.7	+
Polychaeta	Total	12.4	0.7	5.7	0.6
Total			100.0	100.0	100.0

+, Less than 0.1%.

Table 2. Mean squares (MS), pseudo-F ratios, components of variation (COV) and significance levels (P) for a series of PERMANOVA tests, employing Bray-Curtis similarity matrix derived from the mean percentage weight contributions of the various prey taxa to the stomach contents of smallmouth argentine *Argentina kagoshimae*

Source	df	MS	Pseudo-F	COV	P
Season	2	1687.3	2.5146	17.389	0.051
Size	2	2932.8	4.3707	26.782	0.007
Season×Size	1	7312.4	10.898	50.031	0.005
Residual	23	671.01		25.904	

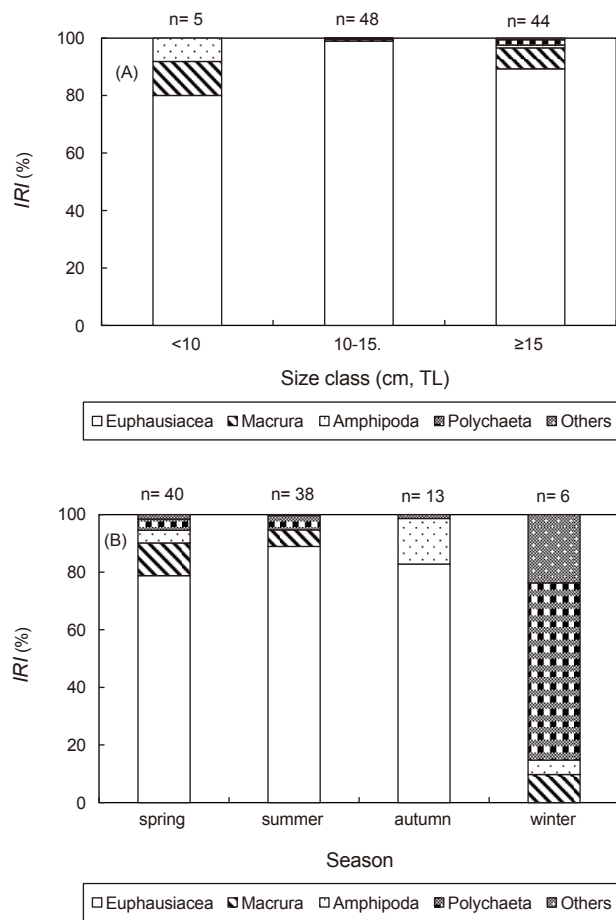


Fig. 3. Size-related changes (A) and seasonal change (B) in dietary compositions of smallmouth argentine *Argentina kagoshimae*.

성은 계절별로는 유의한 차이는 없었으나, 크기군 간 유의한 차이가 있었다(Table 2). 2요인 간 상호효과(season × size)도 통계적 유의성을 나타냈다. COV값은 계절과 크기군에 의한 효과가 가장 컸으며, 2요인의 상호효과 또한 높은 값을 나타냈다. PERANOVA 사후 분석결과 10–15 cm 크기군에서는 봄과 여름 간 유의한 차이를 나타냈으나, 봄과 가을, 여름과 가을 간 유의한 차이를 나타내지 않았다. ≥15 cm 크기군에서는 봄과 여

Table 3. Results of pairwise PERMANOVA tests for season-size class interaction within each season and size class

Season	Size class (cm, TL)		
	<10	10-15	≥15
Spring vs Summer		2.381*	2.316*
Spring vs Autumn		0.946	
Summer vs Autumn		3.496*	

TL, Total length. Asterisk indicates statistical significance at $P < 0.05$.

름, 봄과 가을, 여름과 가을 간 모든 계절에서 유의한 차이를 나타내지 않았다(Table 3). 겨울의 경우 채집된 개체수가 매우 적어 통계적 오류를 야기시킬 확률이 높아 분석에서 제외하였다.

nMDS ordination은 가고시마셋멸이 계절과 크기군에 따른 위내용물 조성차이가 뚜렷하게 구분되지 않음을 보여줬다(Fig. 5). nMDS ordination에서 10–15 cm 크기군 표본과 ≥15 cm 표본 모두 봄, 여름, 가을 모두 공간적으로 뚜렷이 구분되지 않았다.

CAP 분석 결과 성분축 1과 2를 따라 가고시마셋멸의 위내용물 표본은 계절과 크기군의 요인에 따라 공간적으로 뚜렷하게 분리되지 않음을 알 수 있었다(Fig. 6). nMDS 분석과 유사하게 계절과 크기군 표본 모두 성분축 1을 따라 좌우에 분포하였고, 성분축 2를 따라서는 구분되지 않는 경향을 보였다. CAP 분석에서 난바다곤쟁이류는 가고시마셋멸의 봄과 여름 표본을 구분하는데 기여도가 높았다(Fig. 6).

고 찰

가고시마셋멸의 가장 중요한 먹이생물은 난바다곤쟁이류(*Euphausia* spp.)로 북태평양에 광범위하게 분포하는 온대성 종으로(Brinton et al., 2000), 식물플랑크톤과 같은 생산자와 상위포식자를 연결하는 중요한 위치에 있다고 알려져 있다(Ohman, 1984). 또한 Liu and Sun (2010)에 의하면 난바다곤쟁이류는 주로 20 m 수층에 주로 분포하지만, 낮과 밤 시간 동안에 저층으로 일주야 수직이동(diel vertical migration)을 한다고 보고하였다. 이러한 근거로 유추해보면, 대규모 무리를 이루는 난바다곤쟁이류가 채집이 이루어진 낮 시간 동안 저층으로 이동하였을 때 대량 섭식이 이루어진 것으로 판단되었다. 이와 유사한 결과를 보인 선행연구를 살펴보면 우리나라 동해에 서식하는 기름가자미(*Glyptocephalus stelleri*)와 남해에 서식하는 반딧불게르치(*A. japonicum*)도 난바다곤쟁이류의 섭식 비율이 높다고 보고 되었는데, 앞서 언급한 두 종이 저서어류인 것을 감안하면 본 연구 결과를 뒷받침해 줄 수 있을 것이다. 가고시마셋멸의 두번째로 중요한 먹이생물은 둥근돛대기새우(*L. sydniensis*)였는데, 난바다곤쟁이류와 마찬가지로 주요 수층과 크기를 보면 중층성의 소형 갑각류라는 공통점이 있었다.

가고시마셋멸의 크기군별 먹이생물 조성을 살펴본 결과, 모든 크기군에서 난바다곤쟁이류를 가장 많이 섭식하여 뚜렷한 변화양상을 보이지 않았다. 이와 같은 결과는 동물성플랑크톤과 중층성 소형 갑각류를 섭식하는 다른 어류들에서도 볼 수 있었다(Baek et al., 2014; Son et al., 2022). 계절별 먹이조성의 변화 양상에서는 봄, 여름, 가을에는 난바다곤쟁이류를 가장 많이 섭식하였으며, 겨울에는 갯지렁이류를 가장 많이 섭식하여 차이를 보였다. 이는 두가지 경우를 생각을 할 수 있는데 1) 차가운 수괴를 선호하는 난바다곤쟁이의 생체량은 큰 변화가 없었던 것에 반해 비교적 따뜻한 수온에 높은 분포를 보이는 가고시마셋멸이 조사해역을 벗어나 채집 개체수가 적었을 경우. 2)

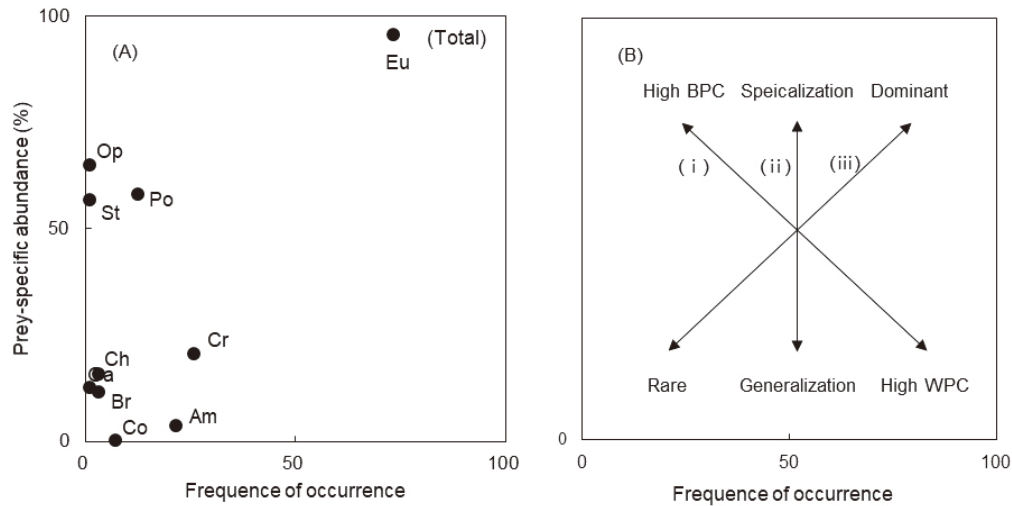


Fig. 4. Graphical representation of feeding pattern of smallmouth argentine *Argentina kagoshimae* in the coastal waters of South Sea, Korea. Am, Amphipoda; Br, Brachyura; Ch, Chaetognatha; Co, Copepoda; Cr, Caridea; Eu, Euphausiacea; Ga, Gastropoda; Op, Ophiuroidea; Po, Polychaeta; St, Stomatopoda.

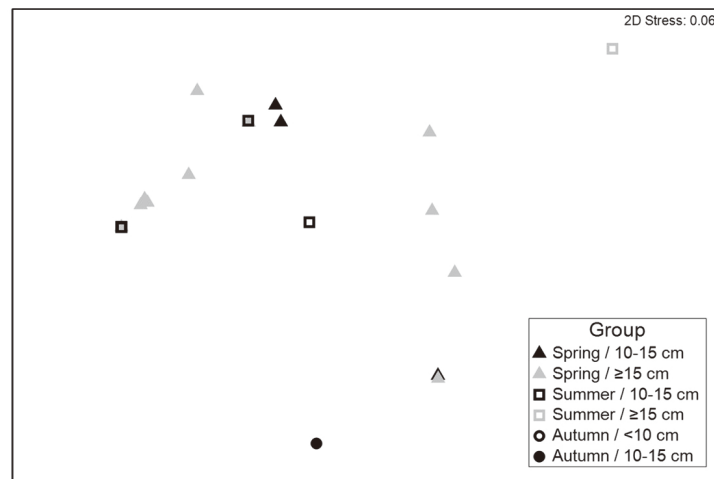


Fig. 5. Non-metric multidimensional scaling ordination of the dietary composition constructed from Bray-Curtis similarity matrix that employed the weight contributions on the diets of smallmouth argentine *Argentina kagoshimae* inhabiting waters off the South Sea of Korea.

*Euphausia pacifica*를 포함한 *Euphausia* spp.는 수온 및 염분 등 다양한 해양환경 요인에 의해 겨울철 조사해역에서의 이동 가능성이 높다고 판단되지만 겨울철 부족했던 채집 개체수가 먹이생물 조성의 차이를 야기했다고 생각되어 추후 충분한 개체수 확보를 통해 정확한 결과를 제공해야 할 것이다.

가고시마새멸은 섭식전략 분석에서 난바다곤쟁이류를 %F 73.2로 섭식특화종(specialized feeder)의 특징을 보였다. 이와 같은 결과는 봄과 여름에 대량 번성으로 주변 환경에 풍부하게 출현하여 섭식율이 높았기 때문으로 판단되었는데, 가고시마

새멸은 풍부한 출현량과 에너지효율에 기반한 기회주의섭식자(opportunistic feeder)에 더 가깝다고 추측된다. 이와 같은 기회주의적 섭식은 다른 2차소비자 어류에서도 다수 확인할 수 있었다(Baeck et al., 2014; Kim et al., 2015; Son et al., 2022).

본 연구에서는 계절과 크기군에 따른 가고시마새멸의 섭식생태 양상을 분석하였지만 위내용물 분석 결과 크기군과 개체수가 적었던 겨울을 제외한 모든 계절에서도 유의한 차이가 없이 중층성 소형 갑각류를 가장 많이 섭식하였다. 하지만 CAP분석에서 봄과 여름을 구분하는데 난바다곤쟁이류가 기여하였다. 이는 봄에 난바다곤쟁이류의 섭식비율이 여름보다 낮았고, 등

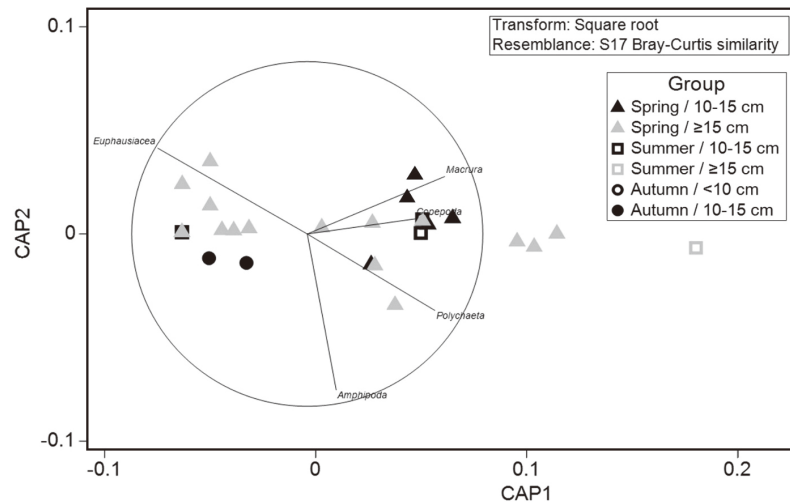


Fig. 6. Canonical analysis of principal coordinate (CAP) ordination plot of stomach contents of smallmouth argentine *Argentina kagoshimae* to assess differences between season, and between size classes. Correlations of prey taxa with each canonical axis are represented as vectors for the taxa with correlations > 0.4. Vectors represent Pearson correlations, and the circle indicates a correlation of '1'.

근돔대기새우의 비율이 비교적 높았기 때문인 것으로 판단되었다. 성장과 계절에 따른 먹이생물 변화는 대부분 어류에게 나타나는 일반적인 현상으로 성장하면서 섭식 에너지 최대화와 관련 있으며(Gerking, 1994), 같은 서식지에 출현하는 동종 간 크기에 따른 종내 직접적인 먹이경쟁 감소의 효과가 있다(Langton, 1982). 하지만 가고시마새멸의 경우에는, 난바다곤쟁이류와 같은 종내 먹이경쟁을 무시할 수 있을 정도의 먹이생물로 일반적인 현상으로 해석되지 않았다. 또한 가고시마새멸의 외부 형태적 특징으로 매우 작은 입을 가진 것을 알 수 있는데, 이러한 작은 입이 섭식할 수 있는 먹이생물 분류군을 제한시킨 것으로 추측되었다(Wootton, 1990).

사 사

이 논문은 2022년도 국립수산물과학원 수산과학연구사업(R2022030)의 지원을 받아 수행된 연구입니다.

References

- Amundsen PA, Gabler HM and Staldvik FJ. 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data modification of Costello (1990) method. *J Fish Biol* 48, 607-614. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1996.tb01455.x>.
- Anderson MJ, Gorley RN and Clarke KR. 2008. PERMANOVA for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods. PRIMER-E, Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, U.K., 214.
- Baeck GW, Park JM, Huh SH, Kim HJ and Jeong JM. 2014. Feeding habits of Kammmal thryssa, *Thryssa kammalensis* (Bleeker, 1849) in the coastal waters of Gadeok-do, Korea. *Animal Cells Syst* 18, 154-159. <https://doi.org/10.1080/19768354.2014.907206>.
- Bergstad OA. 1993. Distribution, population structure, growth, and reproduction of the greater silver smelt, *Argentina silus* (Pisces, Argentinidae), of the Skagerrak and the north-eastern North Sea. *ICES J Mar Sci* 50, 129-143. <https://doi.org/10.1006/jmsc.1993.1015>.
- Bilge G and Gülşahin A. 2014. Relationship between sagittal otolith size and fish size in *Argentina sphyraena* and *Glossanodon leioglossus* (Osteichthyes: Argentinidae) in the southern Aegean Sea, Turkey. *Zool Middle East* 60, 24-28. <https://doi.org/10.1080/09397140.2014.892327>.
- Brinton E, Ohman MD and Townsend AW. 2000. Euphausiids of the World Ocean. World Biodiversity Database CD-ROM Series. Expert Center for Taxonomic Identification. Springer Verlag, New York, NY, U.S.A.
- Castro P and Huber ME. 2003. Marine Biology 4th ed. McGraw-Hill Higher Education, OH, U.S.A., 468.
- Choo HK. 2007. Species composition and feeding ecology of fishes in the coastal waters off Kori, Korea. Ph. D. Dissertation, Pukyong National University, Busan, Korea, 411.
- Clarke K and Gorley R. 2015. PRIMER v7: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth, U.K., 1-296.
- Gerking SD. 1994. Feeding Ecology of Fish. Academic Press, San Diego, CA, U.S.A., 416.
- Ferri J, Brčić J, Škeljo F, Sršen L and Uvodić A. 2017. A preliminary study on the age and growth of the argentine, *Argentina sphyraena* (Actinopterygii: Osmeriformes: Argentinidae) from the eastern Adriatic Sea. *Acta Ichthyol Piscat* 47, 365-369. <https://doi.org/10.3750/AIEP/02268>.
- Ferry LA and Cailliet GM. 1996. Sample size and data analy-

- sis: are we characterizing and comparing diet properly. In: Feeding Ecology and Nutrition in Fish. MacKinlay D and K Sheare, eds. American Fisheries Society, San Francisco, CA, U.S.A., 71-80.
- Huveneers C, Otway NM, Gibbs SE and Harcourt RG. 2007. Quantitative dietassessment of wobbegong sharks (genus *orectolobus*) in New South Wales, Australia. ICES J Mar Sci 64, 1272-1281. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsm111>.
- Hyslop EJ. 1980. Stomach contents analysis - a review of methods and their application. J Fish Biol 17, 411-429. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1980.tb02775.x>.
- Jo JH, Kim DG, Kang DY, Kang SK, Jeong JM and Baeck GW. 2022. Feeding habits of the glowbelly *Acropoma japonicum* in the South Sea of Korea. Korean J Fish Aquat Sic 55, 374-378. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2022.0374>.
- Kim HY, Lim YN, Jeong JM, Kim HJ and Baeck GW. 2015. Diet composition of juvenile *Trachurus japonicus* in the coastal waters of Geumdo Yeosu, Korea. Korean J Fish Technol 51, 637-643. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2015.51.4.637>.
- Kim IS, Choi Y, Lee CR, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated Book of Korean Fishes. Kyo-hak Publication Co., Seoul, Korea, 615.
- Kim, JK., Ryu JH, Kwun HJ, Ji HS, Park JH, Myoung SH, Song YS, Lee SJ, Yu HJ, Bae SE, Jang SH and Lee WJ. 2019. Distribution map or sea fishes in Korean peninsula. Mapledesign, Busan, Korea, 541.
- Langton RW. 1982. Diet overlap between Atlantic cod, *Gadus morhua*, silver hake *Merluccius bilinearis* and fifteen other northwest Atlantic finfish. Fish Bull 80, 745-759.
- Lee BR, Park WK, Lee HW, Choi JH, Oh TY and Kim DN. 2016. Spatio-temporal distribution of Euphausiids in Korean waters in 2016. J Korean Fish Soc 54, 456-466. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2021.0456>.
- Liu HL and Sun S. 2010. Diel vertical distribution and migration of a euphausiid *Euphausia pacifica* in the Southern Yellow Sea. Deep Sea Res II Top Stud Oceanogr 57, 594-605. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2009.10.009>.
- Nashida K, Sakaji H and Honda H. 2007. Spawning seasons of adult and growth of 0-year-old deepsea smelt *Glossanodon semifasciatus* in Tosa Bay [Japan], Pacific coast of Shikoku. Bull Jap Soc Fish Oceanogr 71, 270-278.
- Ohman MD. 1984. Omnivory by *Euphausia pacifica*: the role of copepod prey. Mar Ecol Prog Ser 19, 125-131. <https://doi.org/10.3354/meps019125>.
- Pianka ER. 1988. Evolutionary Ecology 4th ed. Harper Collins New York, NY, U.S.A., 468.
- Pinkas L, Oliphant MS and Iverson ILK. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. Fish Bull 152, 1-105.
- Platell ME and Potter IC. 2001. Partitioning of food resources amongst 18 abundant benthic carnivorous fish species in marine waters on the lower west coast of Australia. J Exp Mar Biol Ecol 261, 31-54. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(01\)00257-X](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(01)00257-X).
- Prokofiev AM. 2021. New records of marine fishes in the waters of southern Vietnam. J Ichthyol 61, 103-108. <https://doi.org/10.1134/S0032945221010124>.
- Son SH, Jeong JM, Kim HJ, Kim KR and Baeck GW. 2022. Feeding habits of the pacific herring *Clupea pallasii* in the coastal waters of the East Sea, Korea. Korean J Fish Aquat Sic 52, 224-228. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2022.0224>.
- White WT, Platell ME and Potter IC. 2004. Comparisons between the diets of four abundant species of elasmobranchs in a subtropical embayment: implications for resource partitioning. Mar Biol 144, 439-448. <https://doi.org/10.1007/s00227-003-1218-1>.
- Whitehead PJP, Bauchot ML, Hureau JC, Nielsen J and Tortonese E. 1984. Fishes of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean, Volume 1. Unesco, Paris, Italy, 386-391.
- Wootton RJ. 1990. Ecology of Teleost Fishes. Chapman Holl, New York, NY, U.S.A., 404.
- Youn SK, Kim MJ, Kim JY and Oh CH. 2013. Feeding characteristics of the Japanese anchovy, *Engraulis japonicus* according to the distribution of zooplankton in the coastal waters of Southern Korea. Korean J Environ Biol 31, 275-287. <https://doi.org/10.11626/KJEB.2013.31.4.275>.