

한국 남해에 출현하는 삼치(*Scomberomorus niphonius*)의 위내용물 조성

이주은 · 성기창 · 김희용¹ · 문성용¹ · 백근욱*

경상국립대학교 해양생명과학과/양식생명과학과/해양산업연구소/해양생물교육연구센터, ¹국립수산과학원 남해수산연구소

Diet Composition of Spanish Mackerel *Scomberomorus niphonius*, in the South Sea of Korea

Ju Eun Lee, Gi Chang Seong, HeeYong Kim¹, Seong Yong Moon¹ and Gun Wook Baeck*

Department of Marine Biology and Aquaculture Science/Department of Aquaculture Science/Institute of Marine Industry/Marine Bio-Education & Research Center, College of Marine Science, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

¹South Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Yeosu 46083, Korea

The diet composition of Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius*, was investigated using 853 specimens collected using two-boat trawl, stow net, gill net and set net from January to December 2019 from the South Sea of Korea. The size of the specimens ranged from 25.2 to 114.8 cm in fork length. *S. niphonius* fed mostly on fishes. Its diets also included small quantities of shrimps, cephalopods, crabs, stomatopods, etc. Among them, *Engraulis japonicus* was the dominant species. The dietary composition of *S. niphonius* exhibited significant differences based on their size. The proportion of *Trichiurus japonicus* increased as body size of *S. niphonius* increased, whereas the proportion of *E. japonicus* decreased gradually. As the body size of *S. niphonius* increased, the mean weight of prey per the stomach (mW/ST) tended to increase significantly (one-way ANOVA, $P < 0.05$).

Keywords: Spanish marckerel, *Scomberomorus niphonius*, South Sea, Diet composition, Stomach contents

서론

삼치(*Scomberomorus niphonius*)는 농어목(Perciformes) 고등어과(Scombridae)에 속하는 부어류(pelagic fishes)로, 주로 북서태평양의 온대 해역과 아열대 해역 표층에 분포한다(Zhang et al., 2016). 우리나라에서는 남해와 동중국해를 비롯한 전 해역에서 출현하며, 4-6월에 서해와 남해 연안에서 산란기를 가진 후 가을에 남쪽으로 이동해 제주 남방에서 월동을 하는 회유성 어종으로도 알려져 있다(Kim et al., 2016). 최근 전 세계 해역의 표·중층 수온은 상승하였고(IPCC, 2014), 이로 인해 우리나라 연근해 온대성 어류의 어장이 확장되고 있다(Lee et al., 2011). 온대성 및 아열대성 어류인 삼치의 경우에도 수온 상승에 영향을 받아 어장에 변화가 있을 것으로 예상되며, 실제로 삼치의 연간 어획량은 1990년대에 평균 약 15,000톤에서 최근 20년간 평균 약 33,000톤으로 증가하는 추세를 보였다(KOSIS, 2020). 이처럼 국내에서 자원량이 증가하고 있는 삼치

는 연근해어업의 단일품종 중 생산량 5위를 차지하여 상업적·자원적으로 중요한 어종이 되었으며(Joe and Nam, 2020), 특히 일본과 중국을 대상으로 한 삼치의 수출 현황은 우수한 실적을 거두고 있어 동아시아에서 시장 경제성이 뛰어난 어종임을 알 수 있다(Yun and Nam, 2017). 이처럼 삼치는 우리나라 연근해에서 중요한 수산자원으로서 체계적인 자원관리의 필요성이 높아지고 있다. 삼치의 생태에 관한 선행연구를 살펴보면, 국외에서는 자어의 식성(Shoji et al., 2002), 자어의 분포 및 섭식과 성장(Shoji and Tanaka, 2005), 연령과 회유(Inoue et al., 2007) 등이 있고 국내에서는 식성(Huh et al., 2006), 성숙과 산란(Baek et al., 2007), 회유경로 추정(Kim et al., 2016) 등의 연구가 이루어졌다. 하지만, 삼치의 식성에 관해서는 2006년 이후로 지속적인 연구가 이루어지지 않아 매년 변동하는 해양생태계에서 삼치의 식성에 관한 정보가 부족한 상황이다. 해양생태계는 어구 어법의 발달, 변화하는 해양환경 등 다양한 요인에 의해 수산자원의 생물학적 특성치가 계속해서 변화하고 있기 때문에 수산

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 9156 Fax: +82. 55. 772. 9159

E-mail address: gwbaeck@gnu.ac.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.2021.0808>

Korean J Fish Aquat Sci 54(5), 808-813, October 2021

Received 15 September 2021; Revised 7 October 2021; Accepted 18 October 2021

저자 직위: 이주은(대학원생), 성기창(대학원생), 김희용(연구관), 문성용(연구사), 백근욱(교수)

자원의 효율적인 관리를 위해서는 어종별, 해역별로 지속적인 자원생태학적인 연구가 수행되어야 한다(Kim et al., 2021). 특히 위내용물 조성과 같은 섭식생태에 관한 연구는 대상종의 생태적인 지위와 먹이사슬간 피·포식 관계를 파악하여 생태계 기반 자원관리 및 평가에 대한 기초생태학적 정보를 제공하기 때문에 매우 중요하다.

따라서 이번 연구에서는 우리나라 남해에 출현하는 삼치를 대상으로 1) 위내용물 조성, 2) 성장에 따른 위내용물 조성의 변화 분석을 통해 향후 자원관리에 신뢰성이 있는 parameter를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

이번 연구에 사용된 삼치의 시료는 2019년 1월에서 12월까지 우리나라 남해의 104, 110, 212, 219, 220, 221, 222, 223, 231, 241, 242 해구에서 쌍끌이기선저인망, 근해안강망, 근해자망, 정치망 어업을 이용하여 채집한 것을 목포 수협공판장과 여수 수협공판장에서 구입하였다.

구매한 시료는 가랑이체장(fork length)을 0.1 cm, 습중량(wet weight)을 0.1 g 단위까지 측정하였으며, 위를 적출하여 10% 포르말린에 고정된 후 실험실로 운반하였다. 위내용물에서 출현한 먹이생물은 개체수를 계수하였고, 습중량은 0.0001 g까지 측정하였다. 또한 출현한 먹이생물은 최대한 낮은 단계의 중수준까지 동정하였다. 먹이생물 분석결과는 각 먹이생물의 출현빈도(%F), 개체수비(%N), 습중량비(%W)로 나타내었으며, 다음 식을 이용하여 산출하였다(Hyslop, 1980).

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

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

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

여기서 A_i 는 위내용물 중 해당 먹이생물이 발견된 삼치의 개체수이고, N 은 먹이를 섭식한 삼치의 총 개체수, N_i 와 W_i 는 각각 해당 먹이생물의 개체수와 습중량, N_{total} 과 W_{total} 는 전체 먹이생물의 개체수와 습중량을 나타낸 것이다. 먹이생물의 상대중요도지수(index of relative importance, IRI)는 Pinkas et al. (1971)의 식을 이용해 산출하였다.

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

상대중요도지수는 백분율로 환산하여 상대중요도지수비(% IRI)로 나타내었다.

먹이생물의 변화가 관찰된 가랑이체장을 기준으로 삼치를 3개의 크기군(<60 cm, 60-90 cm, ≥90 cm)으로 나누어 삼치의 성장에 따른 위내용물 조성의 변화를 분석하였다. 또한 성장에 따른 섭식 특성을 파악하고자 크기군별 개체당 먹이생물의 평

균 개체수(mean number preys per stomach, mN/ST)와 개체당 먹이생물의 평균 중량(mean weight preys per stomach, mW/ST)을 구하여 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 이용해 유의성을 검정하였다(microsoft excel 365).

크기군 사이의 먹이생물 중복도는 Schoener (1970)의 Schoener's index를 이용하여 다음과 같은 식을 통해 구하였다.

$$C_{xy} = 1 - 0.5 \left(\sum_{i=1}^n |P_{xi} - P_{yi}| \right)$$

여기서 P_{xi} 와 P_{yi} 는 그룹 x 와 y 의 먹이생물 중 발견된 i 종의 상대중요도지수비(% IRI)이다. 이 지수의 범위는 0에서 1까지이고 1에 가까울수록 먹이생물의 중복도가 높아지는 것으로 간주하며, 중복도 지수가 0.6 이상으로 나타날 경우 먹이생물이 유의하게 중복되는 것으로 판단하였다(Wallace, 1981).

결 과

가랑이체장 분포

이번 연구에 사용된 삼치의 총 개체수는 853개체로, 25.2-114.8 cm의 가랑이체장 범위를 보였다.

위내용물 조성

총 853개체의 삼치 위내용물을 분석한 결과(Table 1), 위내용물이 없었던 개체는 257개체로 30.1%의 공복률을 보였으며, 총 596개체에서 먹이생물이 출현하였다. 삼치의 가장 중요한 먹이생물로 나타난 것은 96.8%의 출현빈도, 88.1%의 개체수비, 99.0%의 습중량비를 차지하여 99.8%의 상대중요도지수비를 보인 어류(Pisces)였다. 어류 중에서 멸치(*Engraulis japonicus*)가 21.3%의 출현빈도, 25.3%의 개체수비, 22.9%의 습중량비를 차지하여 가장 중요한 먹이생물이었다. 멸치 다음으로 중요한 먹이생물은 갈치(*Trichiurus japonicus*), 참조기(*Larimichthys polyactis*), 갯비늘치(*Benthoosema pterotum*) 순이었다. 이외에도 전갱이(*Trachurus japonicus*), 청멸(*Thryssa kammalensis*), 덕대(*Pampus echinogaster*) 등이 출현하였으나 그 양은 많지 않았다. 어류 외에도 새우류(Macrura), 두족류(Cephalopoda), 게류(Brachyura), 갯가재류(Stomatopoda) 등이 출현하였으나 각각 0.1% 이하의 상대중요도지수비를 보여 그 양은 매우 적었다.

크기군별 위내용물 조성 변화

먹이생물이 출현한 전체 위내용물을 대상으로 크기군에 따른 위내용물 조성의 변화를 분석한 결과, 모든 크기군에서 어류의 상대중요도지수비가 99.6% 이상이었다. 극우점 먹이생물인 어류만을 대상(미확인 어류 제외)으로 위내용물 조성의 변화를 분석한 결과(Fig. 1), 멸치의 상대중요도지수비는 <60 cm 크기군에서 73.2%, 60-90 cm 크기군에서 65.1%, ≥90 cm 크

Table 1. Composition of stomach contents of Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius* by frequency of occurrence (%F), number (%N), wet weight (%W), and index of relative importance (%IRI) in the South Sea of Korea

Prey organisms	%F	%N	%W	IRI	%IRI
Brachyura	0.3	1.0	+	0.3	+
Portunidae	0.2	0.1	+		
Unidentified Brachyura	0.2	1.0	+		
Euphausiacea	0.5	0.3	+	0.2	+
<i>Euphausia</i> spp.	0.5	0.3	+		
Macrura	4.2	5.2	0.3	22.9	0.1
<i>Palaemon gravieri</i>	0.2	0.1	+		
Unidentified Macrura	4.0	5.1	0.3		
Stomatopoda	0.2	0.1	0.2	0.1	+
Cephalopoda	3.0	2.2	0.5	7.9	+
<i>Loligo</i> sp.	0.2	0.1	+		
<i>Todarodes pacificus</i>	0.2	0.1	0.2		
Unidentified Cephalopoda	2.9	2.0	0.3		
Nematoda	4.4	2.9	+	12.8	0.1
Pisces	96.8	88.1	99.0	18,109.7	99.8
Acropomatidae	0.5	0.2	+		
<i>Acropoma japonicum</i>	0.5	0.2	+		
Bregmacerotidae	0.2	0.1	+		
<i>Bregmaceros japonicus</i>	0.2	0.1	+		
Carangidae	0.5	1.1	2.8		
<i>Decapterus maruadsi</i>	0.3	0.1	0.4		
<i>Trachurus japonicus</i>	1.2	0.8	2.3		
Unidentified Carangidae	0.5	0.2	0.1		
Clupeidae	2.0	0.2	0.6		
<i>Konosirus punctatus</i>	0.2	0.1	0.3		
<i>Sardinella zunasi</i>	0.3	0.1	0.3		
Engraulidae	23.2	27.2	25.4		
<i>Engraulis japonicus</i>	21.3	25.3	22.9		
<i>Setipinna tenuifilis</i>	0.8	0.3	0.6		
<i>Thryssa hamiltoni</i>	0.8	0.6	0.8		
<i>Thryssa kammalensis</i>	1.0	1.0	1.2		
Gobiidae	0.2	0.1	+		
<i>Chaeturichthys stigmatias</i>	0.2	0.1	+		
Myctophidae	3.2	5.3	0.8		
<i>Benthosema pterotum</i>	2.7	4.9	0.7		
<i>Myctophum nitidulum</i>	0.2	0.3	+		
Unidentified Myctophidae	0.3	0.1	+		
Sciaenidae	7.0	7.1	17.3		
<i>Larimichthys polyactis</i>	7.0	7.1	17.3		
Scombridae	0.2	0.1	2.2		
<i>Scomber japonicus</i>	0.2	0.1	2.2		
Sphyraenidae	0.2	0.1	0.6		
Stromateidae	0.5	0.2	1.6		
<i>Pampus echinogaster</i>	0.5	0.2	1.6		
Trichiuridae	11.7	7.4	23.0		
<i>Trichiurus japonicus</i>	11.7	7.4	23.0		
Unidentified Pisces	63.1	39.2	24.5		
Eggs	0.5	0.2	+	0.1	+
Total		100.0	100.0	18,154.0	100.0

+, less than 0.1%.

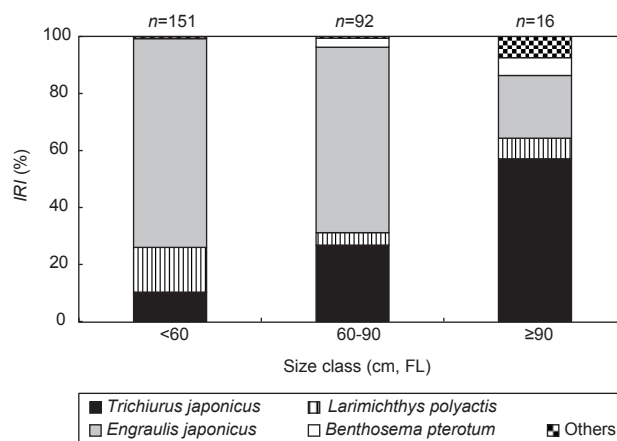


Fig. 1. Ontogenetic changes in composition of Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius* for dominant prey items (Pisces) based on by index of relative importance (%IRI) among size classes (<60 cm, $n=151$; 60-90 cm, $n=92$; ≥ 90 cm, $n=16$).

기군에서 22.0%로 나타나 큰 크기군으로 갈수록 감소하는 양상을 보였다. 반면 갈치의 상대중요도지수비는 <60 cm 크기군에서 10.3%, 60-90 cm 크기군에서 26.8%, ≥ 90 cm 크기군에서 57.1%로 나타났으며, 큰 크기군으로 갈수록 증가하는 양상을 보였다.

삼치 크기군간 먹이생물의 중복도를 구한 결과, 모든 크기군간 1.00의 값을 나타내어 유의하게 중복되는 것으로 나타났다. 우점 먹이생물인 어류를 섭식한 개체만을 대상으로 크기군간 먹이생물의 중복도를 구한 결과(Table 2), <60 cm 크기군과 60-90 cm 크기군, 60-90 cm 크기군과 ≥ 90 cm 크기군에서 각각 0.80과 0.61의 값을 나타내어 해당 크기군간 먹이생물이 유의하게 중복되는 것으로 나타났지만, <60 cm 크기군과 ≥ 90 cm 크기군에서는 0.40의 값으로 먹이생물이 유의하게 중복되지 않은 것으로 나타났다.

성장함에 따라 먹이생물의 섭식에 있어 개체당 평균 먹이생물 개체수와 중량에 유의한 변화가 있는지 크기군별로 알아본 결과(Fig. 2), 삼치의 개체당 평균 먹이생물 개체수는 <60 cm 크기군에서 2.0, 60-90 cm 크기군에서 2.1, ≥ 90 cm 크기군에서 2.0 개체로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다($F_{2,755}=0.176$, $P>0.05$). 개체당 평균 먹이생물 중량은

Table 2. Proportional diet overlap coefficients (Schoener's index) of Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius* for dominant prey items (Pisces) caught in the South Sea of Korea (<60 cm, $n=151$; 60-90 cm, $n=92$; ≥ 90 cm, $n=16$)

Size class (cm, FL)	<60	60-90
60-90	0.80	
≥ 90	0.40	0.61

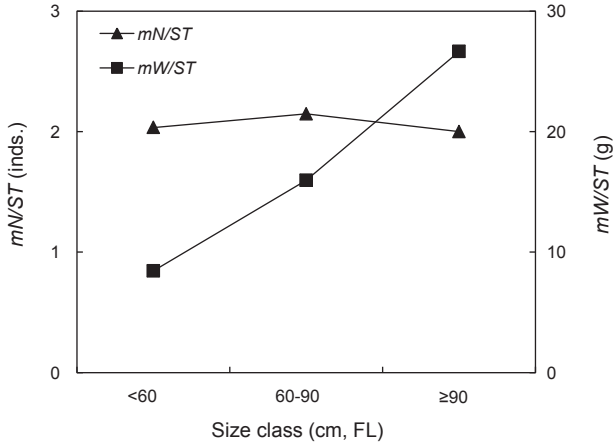


Fig. 2. Differences in the mean number of prey items per stomach (*mN/ST*, individuals/stomach) and mean weight of prey items per stomach (*mW/ST*, g/stomach) of Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius* caught in the South Sea of Korea among size classes.

60 cm 크기군에서 8.4 g, 60-90 cm 크기군에서 16.0 g, ≥90 cm 크기군에서 26.7 g으로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다($F_{2,755}=16.076, P<0.05$). 따라서 성장함에 따라 삼치의 개체당 평균 먹이생물 개체수는 변화하지 않았으나, 개체당 평균 먹이생물 중량은 증가하였다.

고 찰

이번 연구에서 삼치의 가장 중요한 먹이생물은 멸치였다. 부산 남해 해역에서 수행된 Huh et al. (2006)의 선행연구에서도 멸치는 삼치의 중요한 먹이생물이었으며, 고등어(*Scomber japonicus*), 만새기(*Coryphaena hippurus*), 줄삼치(*Sarda orientalis*)와 같은 중·대형 부어류의 주 먹이생물로도 출현한 것으로 보고되었다(Jeong et al., 2017; Kim and Jeong, 2020; Seong et al., 2021). 멸치는 높은 수온 환경을 선호하는 난류성 어종이고(Lee et al., 2009), 연안 표층에서 큰 군집을 형성하는 소형 부어류로(Fishbase, 2021), 우리나라에서는 남해에 가장 풍부하게 서식하는 것으로 알려져 있다(KOSIS, 2018). 소형 부어류들은 대형 부어류보다 어체 크기가 작고 큰 어군을 형성하기 때문에 동일 서식지에서 빠른 유영능력을 가진 포식자가 집중적으로 섭식하기 용이하다(Naughton and Saloman, 1981; Moreno-Sánchez et al., 2011). 이러한 특성으로 인해 멸치를 비롯한 멸치과 어류는 삼치속 어류에게 매우 중요한 먹이생물로 보고되어 왔다(Moreno-Sánchez et al., 2011; Sandoval-Ramírez et al., 2020). 따라서 대형 부어류인 삼치가 우리나라 연안 표층을 유영하며 해역 내에 풍부하게 출현하여 섭식이 용이한 멸치를 주로 포식한 것으로 판단된다.

Huh et al. (2006)의 연구에서는 삼치가 고등어와 멸치를 가장

많이 섭식하였으나, 이번 연구에서는 멸치와 갈치를 가장 많이 섭식하였다. Huh et al. (2006)의 연구에서의 삼치 시료는 부산 목도에서만 채집되었으나, 이번 연구에서는 남해 동·서부의 비교적 넓은 해역에서 채집되어 연구해역이 상이하였다. 이와 같이 주 먹이생물에서 차이가 나타난 것은 연구해역의 지리적 차이 때문인 것으로 사료된다. 또한 이번 연구에서 삼치가 갈치를 비교적 많이 섭식한 것은 갈치의 서식장과 산란장이 남해 동·서부에 위치해 있어 갈치가 남해에 연중 출현하며(Kim et al., 2011), 특히 제주 부근 해역의 자원량이 매우 풍부하기 때문으로 생각된다(KOSIS, 2018). 따라서 삼치의 출현 해역에서 먹이생물의 풍부도에 따라 주 먹이생물의 차이가 나타나는 것으로 보인다.

이번 연구에서 삼치가 성장함에 따라 먹이생물인 갈치의 상대 중요도지수비는 증가하고, 갈치보다 비교적 크기가 작은 멸치의 상대중요도지수비는 감소하여 먹이생물이 전환되는 결과를 나타냈다. 또한 이번 연구에서 멸치가 우점적으로 섭식된 크기군(<60 cm)과 갈치가 우점적으로 섭식된 크기군(≥90 cm) 사이의 먹이생물이 유의하게 중복되지 않았다. 삼치의 개체당 평균 먹이생물의 개체수는 유의한 차이를 보이지 않았으나, 성장할수록 개체당 평균 먹이생물의 중량이 점차 증가하는 양상을 나타냈다. Huh et al. (2006)의 연구에서도 삼치는 성장하면서 비교적 크기가 작은 어류에서 큰 어류로 먹이생물 전환을 하였으며, 동태평양에 출현하는 *Scomberomorus sierra*는 성장함에 따라 갑각류의 섭식비율은 감소하고 어류의 섭식비율이 증가하는 것으로 보고되었다(Sandoval-Ramírez et al., 2020). 또한 삼치와 같은 어식성 부어류인 꼬치삼치(*Acanthocybium solandri*), 만새기의 경우에도 성장할수록 평균 먹이생물의 중량이 증가하는 양상을 나타냈다(Franks et al., 2007; Jeong et al., 2017). 어류는 성장하면서 커지는 어체를 유지하기 위한 필요 에너지량이 높아지며 이를 효율적으로 충족하기 위해 비교적 큰 먹이생물을 선택적으로 포식하는 경향이 있다(Gerking, 1994; Franks et al., 2007). 또한 삼치는 성장함에 따라 형태적으로 발달하는 입과 이빨을 이용해 먹이생물을 잘라먹는 등의 구강활동을 하여 크기가 큰 개체도 용이하게 포식할 수 있는 특징을 가진다(Huh et al., 2006). 따라서 삼치는 성장하면서 멸치와 같이 크기가 작은 먹이생물보다 갈치와 같이 비교적 크기가 큰 먹이생물을 위주로 섭식하여 필요 에너지를 효율적으로 만족시키기 위한 섭식전략을 가지는 것으로 판단된다.

사 사

이 논문은 2021년도 국립수산물과학원 수산시험연구사업(R2021034)의 지원으로 수행된 연구입니다.

References

Baeck GW, JW Kim, SH Huh and JM Park. 2007. Matura-

- tion and spawning of female Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius* in the Coastal Waters off Busan. Korean J Fish Aquat Sci 40, 248-253. <https://doi.org/10.5657/kfas.2007.40.4.248>.
- Fishbase. 2021. Fish information. Retrieved from <https://www.fishbase.org> on Mar 15, 2021.
- Franks JS, Hoffmayer ER, Ballard JR, Garber NM and Garber AF. 2007. Diet of wahoo *Acanthocybium solandri*, from the Northcentral Gulf of Mexico. GCFI 60, 353-362.
- Gerking SD. 1994. Feeding ecology of fish. Academic Press, San Diego, CA, U.S.A., 416.
- Huh SH, Park JM and Baek GW. 2006. Feeding habits of spanish mackerel *Scomberomorus niphonius* in the southern sea of Korea. Korean J Fish Aquat Sci 39, 35-41. <https://doi.org/10.5657/kfas.2006.39.1.035>.
- Hyslop EJ. 1980. Stomach contents analysis: A review of methods and their application. J Fish Biol 17, 411-429.
- Inoue T, Wada Y, Tojima T and Takeno. K. 2007. Age and migration of the Japanese Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius* in the coastal waters of Kyoto Prefecture [Japan]. Asian Fish Sci 29, 1-6. <https://doi.org/10.33997/jafs.2014.27.4.002>.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2014. Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. In: Climate change 2014: Synthesis report. IPCC, Geneva, Switzerland, 151.
- Jeong JM, Choi JH, Im YJ and Kim JN. 2017. Feeding habits of dolphinfish *Coryphaena hippurus* in the South Sea of Korea. Korean J Fish Aquat Sci 50, 541-546. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0541>.
- Joe HS and Nam JO. 2020. The dynamic optimal fisheries management for Spanish mackerel. Environ Resour Econ 29, 363-388. <https://doi.org/10.15266/KEREA.2020.29.3.363>.
- Kim DG, Seong GC, Jin SY, Sho HY and Baek GW. 2021. Diet composition and trophic level of jack mackerel *Trachurus japonicus* in the South Sea of Korea. J Korean Soc Fish Ocean Technol 57, 117-126. <https://doi.org/10.3796/KSFOT.2021.57.2.117>.
- Kim HJ and Jeong JM. 2020. Diet composition of oriental bonito *Sarda orientalis* in Coastal Waters of Jeju Island, Korea. Korean J Ichthyol 32, 8-13. <https://doi.org/10.35399/ISK.32.1.2>
- Kim HY, Im YN, Song SH and Kim YH. 2016. Understanding the migration path of Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius* using catch distributions. Korean J Fish Aquat Sci 49, 376-384. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2016.0376>.
- Kim YH, Yoo JT, Lee EH, Oh TY and Lee DW. 2011. Age and growth of largehead hairtail *Trichiurus lepturus* in the East China Sea. Korean J Fish Aquat Sci 44, 695-700. <http://doi.org/10.5657/KFAS.2011.0695>.
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2018. Report of the change of major fish catch by climate (water temperature) change. KOSIS Report 30, 5-6.
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2020. Statistic database for fisheries production. Retrieved from <http://www.fips.go.kr> on Dec 14, 2020.
- Lee CI, Jang LH and Park SE. 2009. Influence of water temperature during the main spawning period on anchovy catch. Korean J Fish Aquat Sci 42, 297-301. <https://doi.org/10.5657/kfas.2009.42.3.297>.
- Lee SJ, Kim BY and Chang DS. 2011. Long-term variation in catch of Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius* related to environmental change in Korean waters. J Korean Soc Fish Ocean Technol 47, 99-107. <http://doi.org/10.3796/KSFT.2011.47.2.099>.
- Moreno-Sánchez XG, Quiñonez-Velázquez C, Abitia-Cárdenas LA and Rodríguez-Romero J. 2011. Diet of the pacific sierra *Scomberomorus sierra* (Perciformes: Scombridae) in two areas of north-west Mexico coast. Aqua J Ichthyol 17, 185-192.
- Naughton SP and Saloman CH. 1981. Stomach contents of juveniles of king mackerel *Scomberomorus cavalla* and Spanish mackerel *S. maculatus*. Gulf Mex Sci 51, 71-74. <https://doi.org/10.18785/negs.0501.12>.
- Pinkas L, Oliphant MS and Iverson ILK. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. Fish Bull 152, 1-105.
- Sandoval-Ramírez A, Guevara GC, Rojas-Herrera AA, Violante-González J, García-Ibáñez S and Hernández-Gómez JC. 2020. Feeding habits of the fishes *Euthynnus lineatus* and *Scomberomorus sierra* (Perciformes: Scombridae) in the Eastern Tropical Pacific. Rev Biol Trop 68, 1073-1083. <https://doi.org/10.15517/rbt.v68i4.40588>.
- Schoener TW. 1970. Nonsynchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. Ecology 51, 408-418. <https://doi.org/10.2307/1935376>.
- Seong GC, Kim DG, Jin SY, Soh HY and Baek GW. 2021. Diet composition of the chub mackerel *Scomber japonicus* in the Coastal Waters of the South Sea of Korea. Korean J Fish Aquat Sci 54, 73-79. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2021.0073>.
- Shoji J and Tanaka M. 2005. Distribution, feeding condition, and growth of Japanese Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius* larvae in the Seto Inland Sea. Fish Bull 103, 371-379.
- Shoji J, Aoyama M, Fujimoto H, Iwamoto A and Tanaka M. 2002. Susceptibility to starvation by piscivorous Japanese Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius* (Scombridae) larvae at first feeding. Fish Sci 68, 59-64. <https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2002.00389.x>.
- Wallace Jr RK. 1981. An assessment of diet-overlap indexes. Trans Am Fish Soc 110, 72-76. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1981\)110%3C72:AAODI%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1981)110%3C72:AAODI%3E2.0.CO;2).

- Yun SD and Nam JO. 2017. Application of a bioeconomic model to Spanish mackerel in the seas of Korea. *Fish Sci* 83, 1061-1076. <http://doi.org/10.1007/s12562-017-1131-z>.
- Zhang C, Ye Z, Li Z, Wan R and Ren Y. 2016. Population structure of Japanese Spanish mackerel *Scomberomorus niphonius* in the Bohai Sea, the Yellow Sea and the East China Sea: evidence from random forests based on otolith features. *Fish Sci* 82, 251-256. <https://doi.org/10.1007/s12562-016-0968-x>.