

한국 연근해에 출현하는 태평양참다랑어 Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis*의 식성

조헌주 · 이성일* · 김두남 · 이미경
국립수산과학원 원양자원과 연구원

Feeding habits of the Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis* in Korean waters

Heon Ju Jo, Sung Il LEE*, Doo Nam KIM and Mi Kyung LEE

Resercher, Distant Water Fisheries Resources Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea

The feeding habits of Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis* were analyzed using samples by large purse seine fishery in Korean waters from 2012 to 2017. The number of samples was 1,274 and the fork-length (FL) ranged from 34.6 to 218.0 cm. According to %IRI, the Important main prey items of immature individuals (below 91.4 cm in FL) were Pisces, Cephalopoda and Euphausiacea and those of mature individuals were Cephalopoda and Pisces. *T. orientalis* showed ontogenetic changes in prey item that Pisces was dominated in size class of 30-89 cm (FL), Cephalopoda in 90-179 cm (FL), and Pisces above 180 cm. As for seasonal changes in prey item, Cephalopoda was dominant in spring and Pisces was dominant in summer, autumn and winter. %F, %N, %W and %IRI cluster analysis divided area into three groups: Group A was dominated by Pisces; Group B was dominated by Cephalopoda, and Group C was dominated by Euphausiacea.

Keywords : Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis*, Feeding habits, Korean waters

서론

참다랑어는 전 세계적으로 태평양참다랑어(*Thunnus orientalis*), 대서양참다랑어(*T. thynnus*), 남방참다랑어(*T. maccoyii*) 총 3종이 분포한다. 이 중에서 한국 연근해에 출현하는 어종은 태평양참다랑어이다. 태평양참다랑어는 농어목(Perciformes order) 고등어과(Scombridae family)에 속하는 어종으로 어류 중에서도 크기가 큰 종에 속하는데, 체장은 최대 300 cm, 체중은 최대 450 kg까지 성장한다(NFRDI 2014). 주요 산란장과 산란시기

는 일본 오키나와 남쪽과 대만 동쪽 해역에서 4~7월 사이, 그리고 일본 중서부 연안에서는 7~8월 사이에 산란한다. 3세(30 kg)에 약 80%가 성숙하고, 5세(60 kg)가 되면 거의 모두 성숙한다(ISC, 2018).

태평양참다랑어는 고도회유성 어종으로 동아시아 해안에서 북태평양 전체를 회유하고, 남태평양에서도 발견된다(Collette, 1999; Collette et al., 2014; Yoon et al., 2015). 우리나라에서는 주로 남해안과 동해안에서 주로 출현하는데, 계절적으로 봄~여름에는 먹이를 찾아서 북

*Corresponding author: k.sungillee@gmail.com, Tel: +82-51-720-2331, Fax: +82-51-720-2337

상회유를 하고, 가을에는 월동을 위해 남하회유를 하는 것으로 알려져 있다(Yoon et al., 2015).

우리나라 태평양참다랑어는 대부분이 대형선망어업에서 어획되고 있는데, 주 어장은 제주도 인근 해역이지만, 시기별로 서해안, 부산 연안, 그리고 동해안까지 어장이 형성되기도 한다(NFRDI, 2002; Yoo et al., 2012, Lee et al., 2018). 태평양참다랑어의 이러한 어장 확대는 여러 원인이 있겠지만, 먹이생물의 분포와도 밀접한 관련이 있을 것이다.

참다랑어의 식성과 관련하여 대서양참다랑어에 대해 Pinkas (1971), Chase (2002), Karakulak et al. (2009), 태평양참다랑어에 대해서는 Shimose et al. (2013), Yoon et al. (2015) 등이 연구를 수행하였다. 이 중 Yoon et al. (2015)은 2011년도에 우리나라 남해안에 출현한 태평양참다랑어(*T. orientalis*)를 대상으로 위 내용물에 관한 연구를 수행하여 이들의 생태학적 특성을 파악하는데 중요한 정보로 활용되고 있다. 그러나 수산자원의 생태학적 특성을 명확히 파악하기 위해서는 장기간의 모니터링이 필요하며, 특히 참다랑어와 같은 고도회유성어종에 대한 그 특성을 파악하기 위해서는 시계열 조사자료가 무엇보다 중요할 것이다.

따라서 본 연구에서는 2012년 이후부터 2017년까지 6년간에 걸쳐 우리나라 연근해에서 수집된 태평양참다랑어(*T. orientalis*) 1,274개체를 대상으로, 미성어와 성어간 먹이생물의 차이가 있는지, 체장 크기별로 먹이생물에 차이가 있는지 그리고 계절별로는 먹이생물 중요도에 어떠한 차이가 있는지를 분석하였으며, 끝으로 해구별 클러스터 분석을 통해 먹이생물 중요도에 대한 지리적 차이를 분석하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 태평양참다랑어(*T. orientalis*) 시료는 2012년부터 2017년까지 대형선망어업에 의해 어획된 것으로, 어획이 없었던 월을 제외하고 부산공동어시장에서 매월 채집하였다. 조사기간 동안 채집된 시료는 총 25개 해구에서 어획되었고(Fig. 1), 시료는 실험실로 운반 후, 가랑이체장(Fork length, FL)을 0.1 cm 단위까지, 체중을 0.1 g 단위까지 측정하고, 몸통을 절개 한 후 위를 추출 및 절개하여, 육안과 현미경으로 위 내용물을 관찰하고 분석하였다.

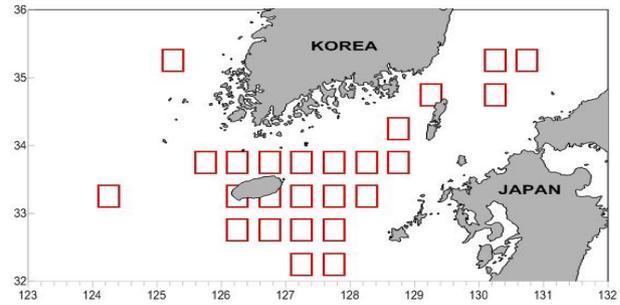


Fig. 1. The sampling area of *T. orientalis* caught by offshore large purse seine fisheries in Korean waters, 2012-2017.

위 내용물은 가능한 종(Species) 수준까지 동정하였으며, 소화가 진행되어 종 동정이 어려운 경우 과(Family) 혹은 목(Order) 수준까지 분류하였고, 공위는 분석에서 제외하였다. 분류한 위 내용물은 전자저울로 0.1 g까지 습중량을 측정하였다. 먼저 식 (1)~(3)을 사용하여 각 위 내용물의 출현빈도(%F), 개체수비(%N) 그리고 습중량비(%W)를 각각 구하였다.

$$\%F = \frac{A_i}{I} \times 100 \quad (1)$$

$$\%N = \frac{N_i}{N} \quad (2)$$

$$\%W = \frac{W_i}{W} \quad (3)$$

여기서, A_i 는 위 내용물 중 먹이생물 i 가 발견된 개체수, I 는 위내용물 분석에 사용된 총 개체수, N_i 와 W_i 는 먹이생물 i 의 개체수와 중량, N 과 W 는 발견된 먹이생물들의 총개체수와 총중량이다.

그리고 먹이생물의 상대중요성 지수(Index of Relative Importance, *IRI*)는 Pinkas et al. (1971)의 방법으로 식 (4)를 이용하여 계산하였고, 상대중요성 지수비(%*IRI*)는 식 (5)로부터 구하였다.

$$IRI = (\%N + \%W) \times \%F \quad (4)$$

$$\%IRI = \frac{IRI}{\sum IRI} \times 100 \quad (5)$$

미성어와 성어의 먹이생물 중요도 차이점을 분석하기 위해 미성어는 2세 이하 (91.4 cm 이하), 그리고 성어는 3세 이상(91.5 cm 이상)으로 구분하였다(ISC, 2018).

또한, 성장에 따라 먹이생물 중요도 차이 분석을 위해 Karakulak et al. (2009)의 기준을 참고하여, 체장을 각각 15 cm 간격으로 구분하여 13개 그룹(Fig. 2)으로 나누어 분석하였다. 그리고 봄(4~6월), 여름(7~9월), 가을(10~12월), 겨울(1~3월)에 대한 계절별 먹이생물의 차이도 분석하였다.

해역별 먹이생물 구성 유사도 분석을 위해 25개 채집 해구(Fig. 1)에 대해 각각의 출현빈도(%F), 개체수비(%N), 습중량비(%W), 먹이생물의 상대중요성 지수(IRI), 먹이생물의 상대중요성 지수비(%IRI)를 구한 뒤, 클러스터 분석을 실시하였고, 분석에 PRIMER 프로그램을 사용하였다.

결 과

표본의 체장조성

본 연구에 사용된 태평양참다랑어 시료는 총 1,274개 체이고, 체장의 최소값은 34.6 cm, 최대값은 218.0 cm로

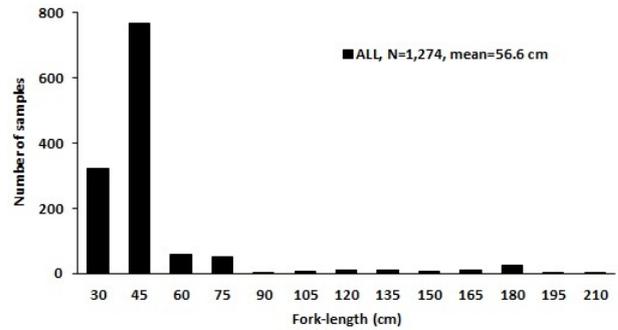


Fig. 2. Length frequency distribution of *T. orientalis* used in this study.

Table 1. Number of samples and basic statistics of *T. orientalis* used by season

	Number of samples	FL Range (cm)	FL Mean \pm S.D (cm)	Modal class (cm)
Spring	432	39.0~169.0	57.4 \pm 24.4	45~59
Summer	60	34.8~69.7	56.6 \pm 7.9	45~59
Autumn	345	34.6~78.9	45.9 \pm 6.8	30~44
Winter	437	35.5~218.0	64.4 \pm 40.1	45~59

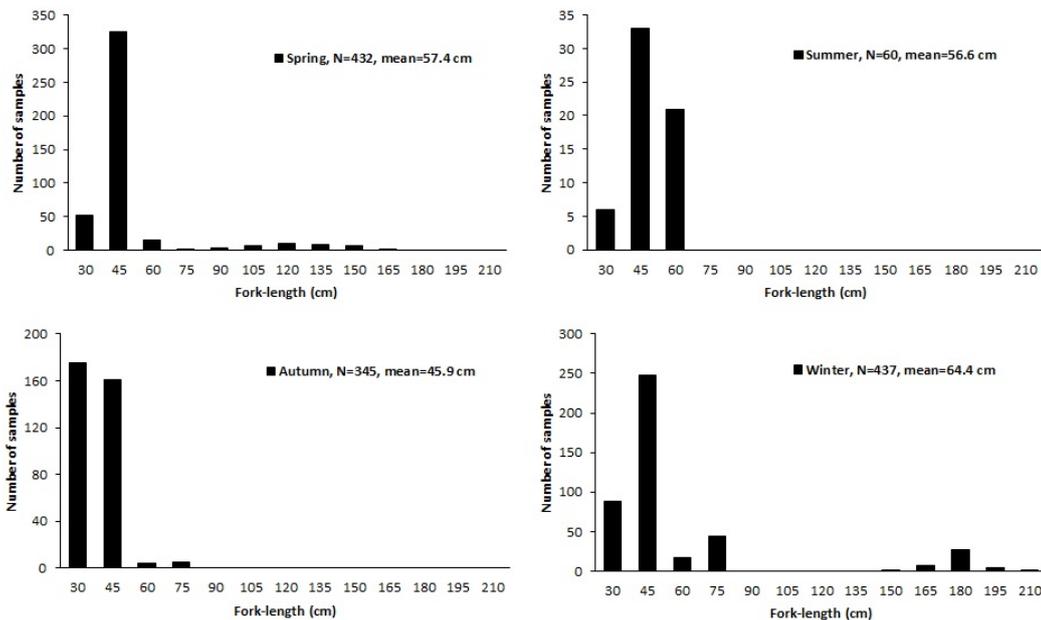


Fig. 3. Seasonal length frequency distribution of *T. orientalis* used in this study.

평균체장은 56.6 cm이었고, 최빈값은 45~60 cm로 총 개체수의 60.2%를 차지하였다(Fig 2).

계절별 태평양참다랑어의 시료 채집에 대한 개체수, 체장범위, 평균체장, 그리고 최빈값은 Table 1 및 Fig. 3과 같다.

위 내용물 조성

태평양참다랑어 미성어의 경우 가장 중요한 먹이생물은 어류(Pisces, %F 75.8%, %N 18.7%, %W 61.5%, %IRI 65.9%)였는데, 어류 중에서는 멸치(*Engraulis japonicus*)가 가장 많이 섭식되었으며, 전갱이(*Trachurus*

Table 2. Composition of the stomach contents of Immature and Mature T. orientalis by frequency of occurrence, number and relative importance

Prey organism	Immature (n=1,198)					Mature (n=76)				
	%F	%N	%W	IRI	%IRI	%F	%N	%W	IRI	%IRI
Salpidae	0.1	*	*	*	*	-	-	-	-	-
Scyphozoa	0.1	*	*	*	*	-	-	-	-	-
Cephalopoda	49.1	17.1	37.9	2,698.6	29.3	75.0	89.1	19.4	8,136.2	56.2
<i>Euprymna morsei</i>	0.3	0.4	*			-	-	-		
<i>Loligo chinensis</i>	12.8	4.5	7.9			-	-	-		
<i>Loligo edulis</i>	0.1	*	0.1			-	-	-		
<i>Loligo japonica</i>	1.8	0.4	0.9			-	-	-		
<i>Thysanoteuthis rhombus</i>	0.1	*	0.2			-	-	-		
<i>Todarodes pacificus</i>	13.9	4.2	18.8			6.6	6.3	2.6		
<i>Unidentified Cephalopoda</i>	20.1	7.7	10.0			68.4	82.8	16.8		
Amphipoda	0.4	0.1	*	*	*	-	-	-	-	-
Euphausiacea	6.9	63.5	0.6	444.3	4.8	-	-	-	-	-
Brachyura	1.0	0.6	*	0.7	*	2.6	0.3	0.3	1.4	*
<i>Ovalipes punctatus</i>	-	-	-			2.6	0.3	0.3		
<i>Unidentified Brachyura</i>	1.0	0.6	*			-	-	-		
Macrura	0.1	*	*	*	*	-	-	-	-	-
<i>Callinassa japonica</i>	0.1	*	*			-	-	-		
Pisces	75.8	18.7	61.5	6,073.5	65.9	69.7	10.6	80.4	6,344.5	43.8
<i>Bentosema pterotum</i>	0.2	*	*			-	-	-		
<i>Bregmaceros japonicus</i>	0.3	*	*			-	-	-		
<i>Champsodon snyderi</i>	0.8	0.1	0.3			-	-	-		
<i>Clupeidae</i>	0.1	0.1	0.2			-	-	-		
<i>Collichthys niveatus</i>	0.1	*	*			-	-	-		
<i>Dentex tumifrons</i>	0.1	*	*			-	-	-		
<i>Engraulis japonicus</i>	16.5	6.9	18.3			1.3	0.1	*		
<i>Etarumeus micropus</i>	3.6	0.7	4.0			-	-	-		
<i>Gadidae</i>	0.3	0.1	0.2			-	-	-		
<i>Larimichthys polyactis</i>	0.3	*	0.2			-	-	-		
<i>Macrohamphosus scolopax</i>	0.1	*	*			-	-	-		
<i>Prognichthys sp.</i>	0.1	*	*			-	-	-		
<i>Psenopsis anomala</i>	-	-	-			1.3	0.1	1.4		
<i>Sardinops melanostictus</i>	0.1	*	0.1			-	-	-		
<i>Sciaenidae</i>	-	-	-			4.0	0.4	0.1		
<i>Scomber japonicus</i>	9.4	1.2	13.8			-	-	-		
<i>Scombridae</i>	0.3	*	0.5			27.7	3.5	67.8		
<i>Trachurus japonicus</i>	15.3	4.5	15.3			2.6	0.3	1.6		
<i>Trichiurus lepturus</i>	3.8	0.5	1.6			4.0	0.4	1.3		
<i>Unidentified Pisces</i>	24.6	4.5	6.9			29.0	5.7	8.1		
TOTAL	100.0	100.0	9,217.1	100.0	100.0	0.0	100.0	100.0	14,482.1	100.0

*: less than 0.1%, -: no occurrence.

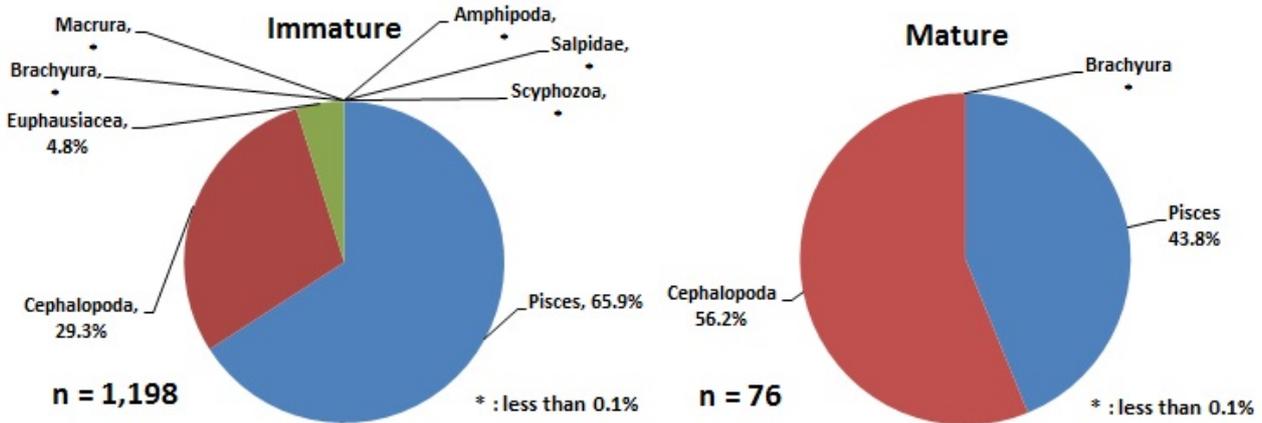


Fig. 4. Comparison of the stomach contents (%IRI) immature and mature individuals of *T. orientalis*.

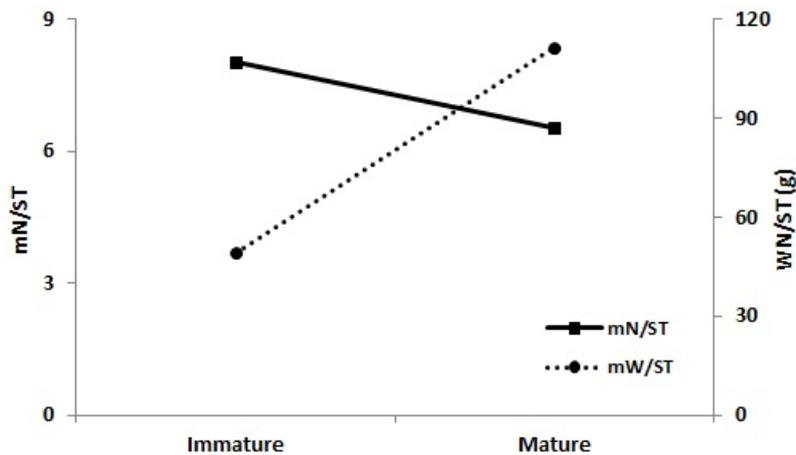


Fig. 5. Variations of mean number of preys per stomach (mN/ST, individuals/stomach) and mean weight of prey per stomach (mW/ST, g/stomach) of *T. orientalis* by mature stage.

japonicus), 고등어(*Scomber japonicus*)순으로 섭식되었다. 그 다음으로는 중요한 먹이생물은 두족류(Cephalopoda, %F 49.1%, %N 17.1%, %W 37.9%, %IRI 29.3%)였는데, 이중에서는 살오징어(*Todarodes pacificus*), 반원니꼴뚜기(*Loligo chinensis*) 순으로 섭식되었다. 난바다곤쟁이류(Euphausiacea)는 %IRI가 4.8%였으며, 살파류(Salpidae), 해파리류(Scyphozoa), 단각류(Amphipoda), 게류(Brachyura), 새우류(Macrura) 등도 섭식되었으나, %IRI가 0.1% 미만으로 그 비율이 매우 낮았다(Table 1).

성어에 있어서 가장 중요한 먹이생물은 두족류

(Cephalopoda, %F 75.0%, %N 89.1%, %W 19.4%, %IRI 56.2%)였으며, 그 다음으로는 어류(Pisces, %F 69.7%, %N 10.6%, %W 80.4%, %IRI 43.8%)였고, 이외에 게류(Brachyura)도 섭식되었으나, %IRI가 0.1% 미만으로 매우 낮은 비율을 보였다. 미성어의 위 내용물에서 발견된 난바다곤쟁이류(Euphausiacea), 살파류(Salpidae), 해파리류(Scyphozoa), 단각류(Amphipoda), 새우류(Macrura)는 성어에서는 발견되지 않았다(Table 2).

태평양참다랑어의 미성어와 성어의 개체당 먹이생물의 평균 개체수는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않

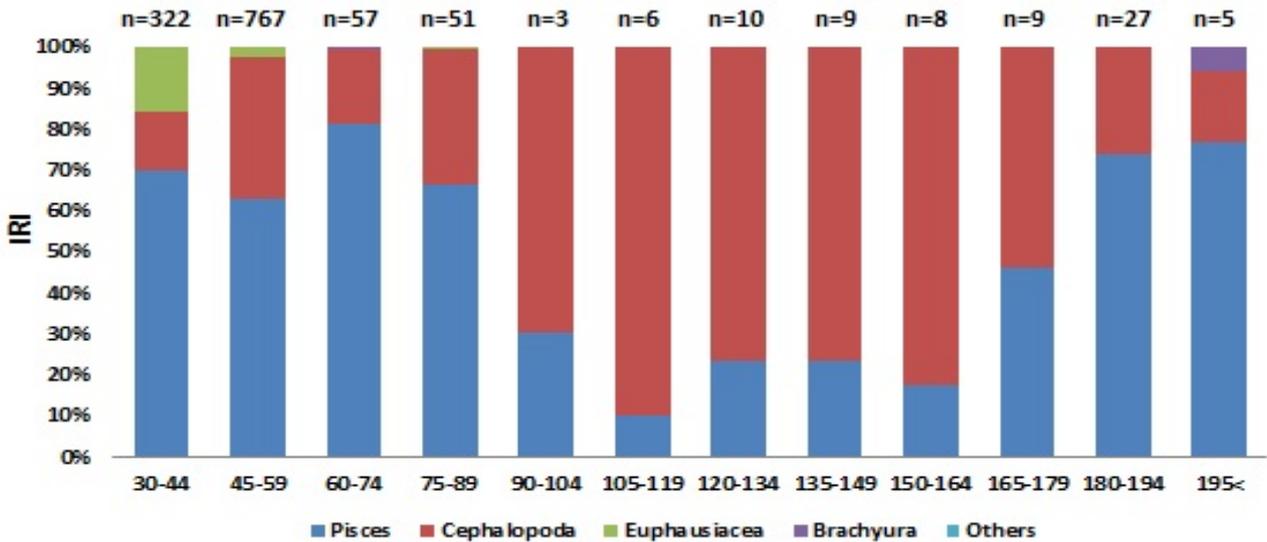


Fig. 6. Compositions of stomach contents (%IRI) of *T. orientalis* by size class.

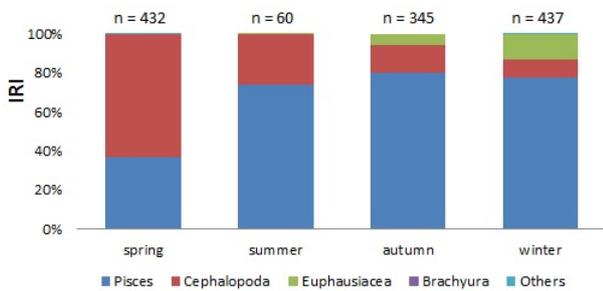


Fig. 7. Seasonal changes in composition of stomach contents (%IRI) of *T. orientalis*.

았고(one-way ANOVA, $F=0.2914$, $P>0.05$), 먹이생물의 평균 중량은 통계적으로 유의한 차이가 있었다(one-way ANOVA, $F=30.3719$, $P<0.05$) (Fig. 5).

태평양참다랑어의 개체 크기에 따른 먹이생물 조성 변화를 살펴본 결과(Fig. 6), 체장계급 30~44 cm에서는 %IRI가 어류 69.9%, 난바다곤쟁이류 15.6%, 두족류 14.5% 순으로 중요한 먹이생물이었다. 체장계급 45~59 cm에서는 역시 어류의 %IRI가 63.1%로 가장 높았고, 다음으로 두족류 34.5%, 난바다곤쟁이류 2.4% 순으로 중요한 먹이생물이었다. 체장계급 60~74 cm 크기군에서는 어류의 %IRI가 81.3%, 두족류 18.3%, 계류 0.3% 순이었고, 체장계급 75~89 cm에서는 어류가 66.2%, 두족류 33.1% 난바다곤쟁이류 0.7% 순으로 나타났다. 따

라서 90 cm 미만의 개체에서는 어류가 우점하는 경향을 보였다. 그러나 체장계급 90~180 cm 사이의 개체에서는, 두족류의 %IRI가 50% 이상으로 가장 우점하여, 90 cm 미만의 개체와는 먹이생물 중요도에 있어 차이를 보였고, 또한 90 cm 이상의 개체에서는 두족류와 어류 이외의 다른 먹이생물은 발견되지 않았다.

그리고 180 cm 이상의 개체에서는 먹이생물의 중요도가 어류, 두족류이었으며, 195 cm 이상의 개체에서는 계류의 %IRI가 5.9%를 나타내었다(Fig. 6).

태평양참다랑어의 계절에 따른 먹이생물 조성의 변화를 파악하기 위해 계절별로 %IRI를 분석해 보았다(Fig. 7). 봄철(4~6월)에는 두족류의 %IRI가 63.4%로 우점하였고, 어류 36.6%, 계류(0.1% 미만) 순이었으며, 여름철(7~9월)에는 어류의 %IRI가 74.1%로 우점하였고, 다음으로 두족류 25.9%, 난바다곤쟁이류(0.1% 미만) 순으로 나타났다. 가을철(10~12월)에는 어류의 %IRI가 80.4%로 우점하였고, 다음으로 두족류 14.1%, 난바다곤쟁이류 5.5% 순이었고, 겨울철(1~3월)에는 어류의 %IRI가 77.4%로 우점하였고, 두족류 9.5%, 난바다곤쟁이류 13.1% 순으로 나타났다. 봄철에는 먹이생물 중에서 두족류의 %IRI가 가장 우점한 반면, 그 외 계절에서는 어류가 우점하였으며, 난바다곤쟁이류는 주로 가을철과 겨울철에만 섭식된 것으로 나타났다.

Cluster 분석에 의한 그룹핑

태평양참다랑어가 채집된 총 25개 해구에 대한 유사도 검증을 위해 해구별로 %F, %N, %W, IRI, %IRI을 기준으로 클러스터 분석을 실시하였다. 그 결과 유사도 60% 수준에서 3개의 그룹으로 나눌 수 있었다(Figs. 8

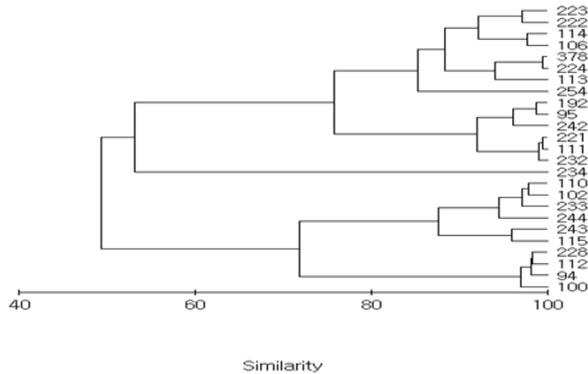


Fig. 8. Hierarchical cluster analysis showing divided by analysis on %F, %N, %W, IRI and %IRI of stomach contents of *T. orientalis*.

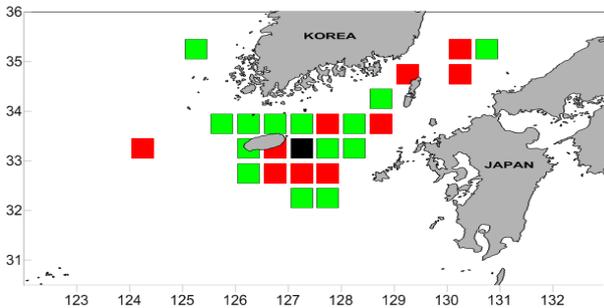


Fig. 9. Map showing area divided by cluster analysis of stomach contents base on %F, %N, %W, IRI and %IRI of *T. orientalis*.

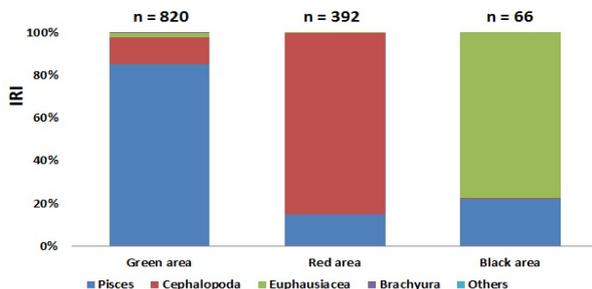


Fig. 10. Regional difference in composition of stomach contents (%IRI) of *T. orientalis*.

and 9). 이 중에서 초록색 그룹은 어류의 %IRI가 85.3%로 가장 우점하였고, 다음으로 두족류 12.5%, 난바다곤쟁이류 2.2% 순이었으며, 빨간색 그룹은 두족류가 85.2%로 가장 우점하였고, 다음으로 어류 14.8% 순이었으며, 검은색 그룹은 난바다곤쟁이류가 77.5%로 가장 우점하였고, 다음으로 어류 22.1%, 두족류 0.5% 순으로 나타났다 (Fig. 10).

고 찰

본 연구에서 태평양참다랑어 미성어의 먹이생물 중요도 순위는 어류의 %IRI가 65.9%로 가장 높았으며 두족류 29.3%, 난바다곤쟁이류 4.8% 순이었으며, 성어는 두족류 56.2%, 어류 43.8% 순으로 미성어와 성어간 먹이생물 중요도에 있어서 차이가 있으나, 주요 먹이생물은 어류와 두족류이었다.

참다랑어 식성에 대한 연구 결과들을 살펴보면, Pinaks (1971)는 캘리포니아 해역의 대서양참다랑어에 대해 먹이중요도(%W)가 어류 93.1%, 갑각류 4.5%, 연체동물 2.1%, Chase (2002)는 뉴잉글랜드 해역의 대서양참다랑어에 대해 어류 96%, 두족류 2%, Karakulak et al. (2009)는 동부 지중해 대서양참다랑어에 대해 어류 88.6%, 두족류 10.6%, 갑각류 0.8%로 보고 하여, 해역에 따라 그 수치간에 차이가 있으나, 주요 먹이생물은 어류와 두족류로 본 연구결과와 유사하여 대서양참다랑어와 태평양참다랑어 간에 유사한 식성을 가지는 것으로 본 연구결과 알 수 있었다.

Shimose et al. (2013)는 태평양참다랑어의 먹이생물 중요도에 대해 어류 48.0%, 두족류 25.1%, 계류 11.6% 순으로 제시하여 본 연구의 미성어 부분 분석결과와 어류와 두족류까지 중요도는 유사하였으나, 본 연구결과 계류의 중요도가 0.1% 미만으로 분석되어 그 수치가 다소 차이가 존재한다. 이는 샘플 해역에 관한 차이로 판단된다.

Yoon et al. (2015)는 2011년에 우리나라 남해안에서 발견된 태평양참다랑어를 대상으로 먹이생물의 중요도를 어류 74.4%, 두족류 24.3% 순으로 보고하여, 주요 먹이생물이 본 연구결과와 미성어 부분 분석결과와 유사하였으나, 본 연구에서는 난바다곤쟁이류의 중요도가 4.8%인데 반해, Yoon et al. (2015)는 0.1% 미만으로 분석되어 그 차이가 존재한다. 이는 난바다곤쟁이류가 주요 먹이생물로 출현한 검은색 그룹(Figs. 9 and 10)에

서 확보된 샘플에 의한 차이로 판단된다.

일반적으로 어류에서 체장이 증가함에 따라 몸의 형태와 생태가 바뀌고, 소형 개체일 때 섭식할 수 없었던 노력당 에너지 효율이 더 높은 먹이를 섭식할 수 있게 된다(Wainwright and Richard, 1995; Baeck et al., 2010). 그리고 이러한 먹이전환은 다양한 체장의 개체가 공존하는 군집 내에서 이들간 먹이경쟁을 감소시키는 기작으로 작용 한다(Langton, 1982; Baeck et al., 2010).

본 연구결과 미성어에서 성어로 성장함에 따라 먹이생물의 평균 개체수(mN/ST)는 감소하였고, 먹이생물의 평균 중량(mN/ST)은 증가하였다. 이는 성장에 따른 일반적인 먹이생물의 변화로 주로 섭식되는 먹이의 에너지 효율과 관련이 있는 것으로 추측된다(Gerking, 1994). 추후 연구에서는 90 cm 이상 계급구간의 시료를 많이 확보하여, 체장 크기별 먹이생물 평균 개체수와 평균 중량 분석을 통해 먹이 전환에 관한 보다 정밀한 연구가 수행되어야 할 것이다.

계절에 따른 먹이 생물 조성 변화를 살펴보면, 봄철(4~6월)에는 두족류의 %IRI가 63.4%로 우점하고, 여름철(7~9월), 가을철(10~12월), 겨울철(1~3월)에는 각각 어류의 %IRI가 74.1%, 80.4%, 77.4%로 우점하는 것으로 나타났다. 특히, 난바다곤쟁이류는 주로 가을철(5.5%)와 겨울철(13.1%)에만 섭식되는 것으로 나타났다. Yoon et al. (2015)은 전 계절에 걸쳐 어류가 가장 중요한 생물로 나타났으나, 봄철과 가을철에 두족류의 %IRI가 30%로 다른 계절에 비해 증가하는 것으로 나타났으며, 난바다곤쟁이류는 먹이생물 중요도가 전 계절에 0.1% 미만으로 나타나 본 연구결과와 차이가 있었다.

샘플이 채집된 25개 해구의 유사도 분석을 실시한 결과, 어류가 우점하는 해역, 두족류가 우점하는 해역 그리고 난바다곤쟁이류가 우점하는 해역으로 3그룹으로 나눌 수 있었다.

결론

본 연구는 2012년부터 2017년 까지 6년간 한국 연근해에서 수집된 태평양참다랑어 1,274개체를 대상으로 먹이생물 중요도를 분석하였다. 분석에 사용된 개체의 체장 범위는 34.6~218.0 cm로 평균 크기 56.6 cm였다. 미성어와 성어의 먹이생물 중요도 분석을 위해 그 기준크기를 ISC (2018)에 따라 91.4 cm 이하는 미성어, 91.5 cm 이상

은 성어로 구분하였다.

태평양참다랑어의 미성어의 가장 중요한 먹이생물은 어류로 %F 75.8%, %N 18.7%, %W 61.5%, %IRI 65.9%를 나타냈다. 어류 중에서는 멸치, 전갱이, 고등어 순으로 섭식되었다. 그 다음으로 중요한 먹이생물은 두족류였으며 %F 49.1%, %N 17.1%, %W 37.9%, %IRI 29.3%를 나타냈다. 두족류 중에서는 살오징어, 반원니꼴뚜기 순으로 섭식되었다. 난바다곤쟁이류는 %IRI가 4.8%를 나타냈다. 이외 살파, 해파리류, 게류, 단각류, 새우류도 섭식되었으나 그 중요도는 %IRI가 0.1% 미만으로 낮았다. 성어의 가장 중요한 먹이생물은 두족류로 %F 75.0%, %N 89.1%, %W 19.4%, %IRI 56.2% 이었으며, 그 다음으로는 어류로 %F 69.7%, %N 10.6%, %W 80.4%, %IRI 43.8%를 나타냈다. 이외 게류도 섭식되었으나 %IRI가 0.1% 미만으로 낮았으며, 이외 미성어시기에 출현했던 난바다곤쟁이류, 살파, 해파리류, 단각류, 새우류는 섭식되지 않았다. 그리고 미성어 시기에서 성어 시기로 성장함에 따라 먹이생물의 평균 개체수(mN/ST)는 감소하였고, 먹이생물의 평균 중량(mN/ST)은 증가하였다.

계절별 먹이생물 조성을 분석한 결과, 봄철에 두족류의 %IRI가 63.4%로 우점하고, 여름철, 가을철, 겨울철에는 어류의 %IRI가 각각 74.1%, 80.4%, 77.4%로 우점하는 것으로 나타났다. 난바다곤쟁이류는 주로 가을철과 겨울철에 나타났는데 %IRI가 각각 5.5%, 13.1%로 나타났다.

태평양참다랑어가 채집된 총 25개 해구는 클러스터 분석을 통해 어류의 %IRI가 85.3%로 우점하는 구역과 두족류의 %IRI가 85.2%로 우점하는 구역 그리고 난바다곤쟁이류가 77.5%로 우점하는 구역으로 나눌 수 있었다.

사사

이 논문은 2019년도 국립수산과학원 수산시험연구소 사업(R2019021)의 지원으로 수행된 연구입니다.

References

- Baek GW, Park CI, Jeong JM, Kim MC, Huh SH and Park JM. 2010. Feeding habits of *Chaenogobius gulosus* in the Coastal Water of Tongyeong, Korea. Korean Journal of Ichthyology 22(1), 41-48.

- Chase BS. 2002. Differences in diet of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) at five seasonal feeding grounds on the New England continental shelf. *Fish Bull* 100, 168-180.
- Collette BB. 1999. Mackerels, molecules, and morphology. In : Proceedings of the 5th Indo-Pacific fish conference, Noumea, 149-164.
- Collett B, Fox W, Juan Jorda M, Nelson R, Pollard D, Suzuki N and Teo S. 2014. *Thunnus orientalis*, Pacific Bluefin Tuna. IUCN Red List of Threatened Species, Version 2014. (DOI:10.2305/IUCN.UK.2014-3.RLTS.T170341A65166749.en)
- Gerking SD. 1994. Feeding ecology of fish. Academic press, Sandiego, U.S.A., 1-416.
- Karakulak FS, Salman A and Oray IK. 2009. Diet composition of bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L. 1758) in the Eastern Mediterranean Sea, Turkey. *Journal of Applied Ichthyology* 25(6), 757-761. (DOI:10.1111/j.1439-0426.2009.01298.x)
- ISC (International Scientific Committee for tuna and tuna-like species in the North Pacific Ocean). 2018. Stock assessment of pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) in the pacific ocean in 2018, 1-154.
- 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 SI, Kim DN, Lee MK, Jo HJ, Ku JE and Kim JJ. 2018. CPUE standardization of Pacific bluefin tuna caught by Korean offshore large purse seine fishery (2003-2016). *J Korean Soc Fish Ocean Technol* 54(2), 116-123. (DOI:10.3796/KSFOT.2018.54.2.116)
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2002. Fishing gear of Korea. Hangeul Graphics Publ, Co., Busan, 1-579.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2014. Field guide to bycatch species in korean distant-water fisheries 2nd Edition 2014, 1-207.
- Pinkas L, Oilphant Ms and Iverson LK. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. *Fish Bulletin* 152, 47-63.
- Shimose T, Watanabe H, Tanabe T and Kubodera T. 2013. Ontogenetic diet shift of age-0 year Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis*. *J Fish Biol* 82, 263-276. (DOI: 10.1111/j.1095-8649-2012.03483.x)
- Wainwright PC and BA Richard. 1995. Scaling the feeding mechanism of the largemouth bass (*Micropterus salmoides*): Motor pattern. *Journal of Experimental Biology* 198, 1161-1171.
- Yoon SC, Yoo JT, Lee SI, Kim ZG and Choi KH. 2015. Feeding habits of the Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis* in the southern sea of Korea. *J. Korean Soc. Fish. Technol* 51(4), 553-560. (DOI:10.3796/KSFT.2015.51.4.553)
- Yoo JT, Kim ZG, Lee SI, Yean IJ, Yoon SC and Lee DW. 2012. Recent update of Pacific bluefin tuna catch in Korean waters. *ISC/12-1/PBFWG/19*, 1-9.
-
2019. 01. 31 Received
2019. 02. 08 Revised
2019. 02. 11 Accepted