

한국 서해 상괭이 (*Neophocaena asiaeorientalis*)의 먹이습성과 섭식량

박겸준*·안용락·이영란·박지은·문대연·최석관

국립수산과학원 고래연구소

Feeding Habits and Consumption by Finless Porpoises (*Neophocaena asiaeorientalis*) in the Yellow Sea

Kyum Joon Park*, Yong Rock An, Young Ran Lee, Ji Eun Park,
Dae Yeon Moon and Seok Gwan Choi

Cetacean Research Institute, National Fisheries Research and
Development Institute, Ulsan 680-050, Korea

We investigated the stomach contents of finless porpoises collected in the Yellow Sea. Prey organisms in the stomachs of 109 finless porpoises were identified as 11 species of fish, 8 species of shrimp and 4 species of cephalopod. Index of Relative Importance analysis revealed that the porpoises fed mainly on the Japanese sand shrimp (*Crangon affinis*). The energy density of the prey was estimated to be 5.46 kJ. The daily energy requirement was estimated to be 18,051 kJ/day for a porpoise with an average weight of 32.49 kg. The estimated annual consumption by finless porpoises in the Yellow Sea was 25,454 tons. The average commercial catch in the Yellow Sea by Korean fisheries was 135,913 tons from 2005 to 2009. Assuming that the abundance of finless porpoises is stable, porpoises ate approximately 18.7% of the commercial catch. The fishery catch may be influenced by the consumption by finless porpoises, while fishery bycatch is a cause of porpoise mortality in the Yellow Sea.

Key words: *Neophocaena asiaeorientalis*, Finless porpoise, Feeding habits, Prey consumption, Yellow Sea

서 론

해양생태계에서 해양포유류의 생태학적 역할은 잘 알려지지 않았지만, 어류자원과 함께 해양포유류도 해양생태계에서 상호작용하는 중요한 구성요소로 그 위치와 영향에 대해 의문이 커져가고 있다. 최근 여러 해양생물학자들이 돌고래류와 쇄돌고래류를 포함한 해양포유류가 먹는 먹이의 양에 대한 연구를 시도하고 있다. Trites et al. (1997)은 태평양에서 해양포유류가 연간 1억5천만 톤의 먹이를 먹는다는 결과를 내놓았고, Tamura and Ohsumi (1999)는 전 세계바다에서 고래류가 3~5억 톤의 먹이를 먹는다고 하였다. 이러한 연구는 예비 단계의 수준에서 나온 결과이지만 해양포유류의 소비량이 어업생산량과 필적하거나 초과할 수도 있음을 알게 해주는 결과이다. 보다 정확하고 실제적인 소비량을 추정하기 위해서는 각 종의 먹이습성에 대한 연구가 구체적으로 수행되어야 한다.

상괭이, Finless porpoise는 쇄돌고래과, Family Phocoenidae에 속하는 쇄돌고래류로 일본의 중서부에서부터 우리나라 연안에 걸쳐 중국, 대만, 인도네시아, 베트남, 페르시아만까지의 낮은 수심에서 분포하는 종으로 알려져 있다. 상괭이는 중국 남부를 기준으로 외형적으로 다른 2개의 형태가 있다. 페르시아만에서 중국 남부에 걸쳐 분포하는 상괭이는 등의 용기가 넓으며, 동북아시아에 분포하는 상괭이는 체장이 더

크고 용기가 좁다 (Jefferson, 2002). 최근 Wang et al. (2008)이 외부형태와 유전학적인 연구를 통해 외형적으로 다른 이 2개의 형태가 종 수준으로 다르다는 것을 밝혀냈다. 그의 연구에 따라 우리나라에 분포하는 상괭이는 *Neophocaena phocaenoides*에서 *Neophocaena asiaeorientalis*로 정리되었다.

상괭이의 먹이습성에 관한 연구는 Kataoka et al. (1977)가 수족관의 상괭이가 소형어류와 오징어를 주로 먹는다고 하였고, Shirakihara et al. (1992)가 좌초된 상괭이의 위를 조사하여 어류와 두족류가 있는 것을 발견하였다. Barros et al. (2002)는 홍콩연안에서 좌초된 상괭이의 위를 관찰하여 상괭이가 주로 어류를 먹는 것을 확인하였다. 우리나라에서는 비교적 정성적인 연구가 수행되었는데 Park et al. (2002)이 서해에서 혼획된 상괭이의 위를 분석하여 어류와 갑각류, 두족류와 같이 다양한 생물을 먹으며 주로 새우를 먹는다고 하였다.

돌고래류와 쇄돌고래류는 해양생태계에서 최상위 포식자의 위치를 차지하고 있다. 이러한 개념은 일반적으로도 잘 알려져 있지만, 정확한 먹이와 섭식량에 대해서는 대부분의 종이 상업적으로 이용되지 않고 시료의 획득이 어려워, 연구 또는 평가가 이루어지지 않고 있다. 무엇보다도 상업적으로 이용되는 많은 해양생물에 대한 연구는 비교적으로 많이 이루어졌지만, 이들 해양생물을 포식하는 고래류의 해양생태계에서의 역할의 중요성을 간과하고 있다.

본 연구에서는 서해연안에서 혼획된 상괭이의 위 내용물을

*Corresponding author: mogas@nfrdi.go.kr

분석하여 기존의 연구결과와 비교분석하였으며, 먹이습성을 이용해 상괭이의 섭식량을 추정하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 상괭이 시료는 2010년 3월부터 6월까지 우리나라 서해 연안에서 안강망어업에 혼획된 상괭이로부터 나온 것으로 구득하였다. 총 111마리의 상괭이 시료를 수집하였고, 상괭이의 체장과 무게를 측정하고 복부를 절개하여 3개의 위 중에서 첫 번째 위를 플라스틱 팩에 담아 -20℃로 냉동하였다. 위 내용물은 실험실에서 해동하여 0.8 mm와 0.4 mm의 체로 내용물을 걸러내며 위 내용물을 분석하였다. 위 내용물에 출현하는 먹이생물은 종 수준까지 동정하는 것을 원칙으로 하여 계수 및 계량 하였다.

종 동정은 어류인 경우 Kim et al. (1994)과 NFRDI (2004)를, 두족류인 경우 Kim (1977)과 NFRDI (1999)를 참고했으며, 새우류는 Cha et al. (2001)에 따라 분류 하였다. 먹이생물의 습중량은 전자저울을 사용해 중별로 0.1 g까지 측정하였다. 소화가 많이 진행되어 종 수준까지 구분은 불가능하나 어류, 갑각류 및 두족류로 구분이 되는 잔존물의 경우는 분리하여 무게를 측정하였다.

위 내용물의 분석 결과는 각 먹이생물의 출현빈도 (RF : relative frequency), 개체수비 (RN : relative number), 습중량비 (RW : relative weight)로 나타내었다. 출현빈도 (RF)는 먹이생물이 관찰된 상괭이 위에 해당 먹이생물이 발견된 상괭이 위의 백분율이며, 개체수비 (RN)는 상괭이 위에서 발견된 먹이생물의 총 개체수에 대한 해당 먹이생물의 백분율이다. 습중량비 (RW)는 상괭이 위에서 발견된 먹이생물의 총 습중량에 대한 해당 먹이생물의 백분율이다.

상괭이의 위에서 발견된 각 먹이생물의 중요성을 알아보기 위해 상대중요성지수 (Index of relative importance, IRI)는 Pinkas et al. (1971)을 이용하여 식 (1)과 같이 계산하였다.

$$IRI = (RN + RW) \times RF \quad (1)$$

종다양도 지수 (H')는 Shannon and Weaver (1963)에 따라 식 (2)와 같이 계산하였다.

$$H' = \frac{n \log n - \sum_{i=1}^k f_i \log f_i}{n} \quad (2)$$

여기서 $n = \sum_{i=1}^k N_i$, N_i 는 i 종이 발견된 상괭이의 개체수, k 는 분석을 통해 확인된 종의 수, f_i 는 발견된 i 종의 총 개체수이다. 일일에너지요구량 (E)은 Perez and McAlister (1993)의 신진 대사 모델을 변형하여 식 (3)과 같이 추정하였다.

$$E = 4.1844 \times 317 \times W^{0.75} \quad (\text{kJ/day}) \quad (3)$$

여기서 W 는 체중 (kg)이다.

상괭이의 일일먹이소비량 (C)은 식 (4)와 같이 추정하였다.

$$C = E/e \quad (4)$$

여기서 e 는 먹이생물의 에너지 밀도 (kJ/g)이다.

서해에 분포하는 상괭이들의 연간 먹이소비량 (Q)은 Ohizumi et al. (2003)과 같이 Perez and McAlister (1993)의 식을 변형하여 식 (5)와 같이 추정하였다.

$$Q = \sum \frac{E \times N \times P}{e} \times 10^{-6} \quad (\text{ton}) \quad (5)$$

여기서 N 는 상괭이의 개체수, P 는 서해에서 상괭이의 회유 기간 (day)이다.

Table 1. Parameters for estimation of prey consumption by finless porpoise in the Yellow Sea

Parameters	Value	Reference
W	32.49 kg	This study
N (inshore)	3,602	Park et al. (2007)
N (offshore)	33,045	Park et al. (2007)
P	210 d	Park (2006)
e	5.46 kJ	This study

먹이생물의 에너지 밀도는 NFRDI (2009)를 참고하여 상괭이의 먹이가 되는 생물의 에너지 밀도를 문 (Phylum) 단위로 가장 평균하여 추정하였다. 계산에 사용된 각 파라미터의 값은 Table 1에 제시하였다. 일반적으로 성숙한 상괭이는 80 kg 이상 자라며 (Jefferson et al., 2007), 본 연구에서도 무게가 123 kg이 나가는 수컷의 시료가 있다. 그러나 본 연구에서는 수집된 시료와 같이 실제 관찰에 의해서 얻어진 값인 평균체중 (32.49 ± 13.80 , $n=111$)을 사용하였다. 상괭이의 자원개체수는 Park et al. (2007)이 추정한 연안 상괭이의 자원개체수 3,602마리와 근해 상괭이의 개체수 33,045마리를 사용하였다. 상괭이의 회유기간은 Park (2006)의 서해 상괭이의 발견시기를 참고하여 210일로 가정하였다.

결 과

본 연구에 사용된 상괭이의 체장과 체중, 성비는 Table 2와 같다. 총 111마리의 상괭이 위 시료를 수집하였고 수컷이 60마리, 암컷이 51마리였으며, 체장은 수컷 평균이 128.74 (± 23.95) cm, 암컷 평균이 117.53 (± 15.75) cm로 수컷이 더 컸다. 체중은 수컷 평균이 34.82 (± 15.74) kg이었고, 암컷 평균이 29.69 (± 10.39) kg이었다. 수집된 상괭이의 체장분포와 체중분포는 Fig. 1과 같다. 체장빈도는 120 cm군의 빈도가 27마리로 가장 높았고 그 다음으로 110 cm군이 26마리로 이 두 체장군이 전체 상괭이의 48%를 차지했다. 체중빈도는 30 kg군이 57마리로 전체 상괭이의 51%를 차지했다 (Fig. 1). 상괭이의 위를 관찰한 결과 총 111마리의 샘플 중 암컷 2마리의 위가 비어있었다. 따라서 분석에 사용된 샘플은 총 109마리로 수컷이 60마리 암컷이 49마리였다.

Table 2. Body length, body weight and sex ratio of finless porpoise, *Neophocaena asiaeorientalis*, by-caught and sampled in the Yellow Sea from April to June, 2010

	No.	Body Length (cm)		Body Weight (kg)		Sex ratio (%)
		Mean (SD)	Max. Min.	Mean (SD)	Max. Min.	
Male	60	128.74 (23.95)	229 87.9	34.82 (15.74)	123 15.4	54
Female	51	117.53 (15.78)	149.7 92.6	29.69 (10.39)	64 17.6	46
Total	111	123.63 (21.38)		32.49 (13.80)		100

Square brackets in the column of the standard deviation.

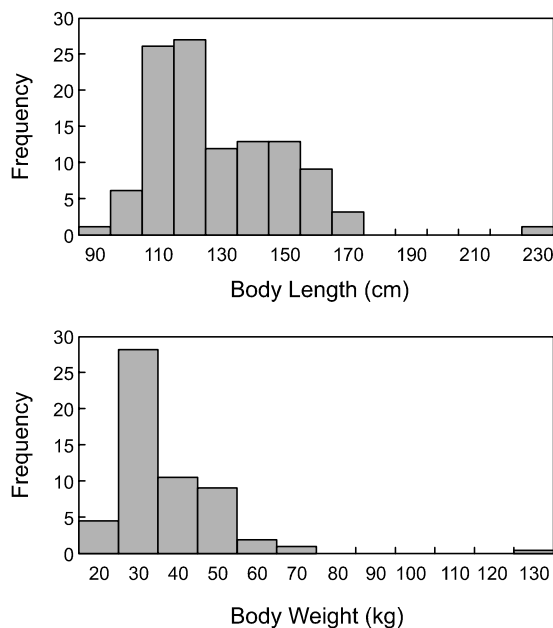


Fig. 1. Body length and body weight distribution of finless porpoise by-caught in the Yellow Sea in 2010.

먹이생물

상괘이의 위에서 관찰된 먹이생물의 분류군별 종수는 Table 3에 제시하였다. 어류가 6과 11종, 갑각류가 5과 8종, 두족류가 3과 4종으로 총 14과 23종이 관찰되었다. 출현빈도 (RF)는 어류 중에서 흰배도라치 (*Pholis fangi*)가 4.94로 가장 높았고, 그 다음으로 1.41인 청멸 (*Thryssa kammalensis*)이었으며, 갑각류 중에서 자주새우 (*Crangon affinis*)가 16.94로 가장 높았고 그 다음으로 민새우 (*Parapenaeopsis tenella*)가 8.94였다. 두족류 중에서는 주꾸미 (*Octopus ocellatus*)가 2.35로 가장 높았고 그 다음으로 꼴뚜기 (*Euprymna spp.*)와 낙지 (*Octopus spp.*)가 1.18이었다. 개체수비 (RN)의 결과에서는 어류 중 출현 빈도와 마찬가지로 흰배도라치가 2.87로 가장 높았고 그 다음으로 청멸이 2.66이었다. 갑각류 중에서도 자주새우가 59.12로 가장 높았고 그 다음으로 민새우가 13.90으로 개체수비가 높았다. 두족류 중에서는 낙지가 1.18, 주꾸미가 0.71 순으로 개체수

Table 3. Prey composition in the stomach contents of 109 finless porpoises in the Yellow Sea from April to July, 2010

Prey species	RF	RN	RW	IRI%
Pisces				
Class Osteichthyes				
Order Clupeiformes	0.94	0.19	0.65	0.03
Family Engraulidae	1.41	0.48	1.81	0.14
<i>Coilia nasus</i> **	0.24	0.35	0.95	0.01
<i>Engraulis japonicus</i> *	0.94	0.27	0.81	0.04
<i>Setipinna taty</i> **	0.24	0.10	1.42	0.02
<i>Thryssa kammalensis</i>	1.41	2.66	4.69	0.44
Family Clupeidae	0.47	0.37	0.84	0.02
<i>Konosirus punctatus</i>	0.47	0.04	0.89	0.02
Order Perciformes				
Family Sciaenidae				
<i>Larimichthys polyactis</i> *	0.24	0.02	0.32	0.00
Family Embiotocidae				
<i>Neoditrema ransonneti</i> *	0.24	0.02	1.03	0.01
Family Pholidae				
<i>Pholis fangi</i>	4.94	2.87	2.37	1.10
Family Gobiidae				
<i>Acanthogobius flavimanus</i> **	0.47	0.10	0.54	0.01
Order Pleuronectiformes				
Family Paralichthyidae				
<i>Paralichthys olivaceus</i> **	0.24	0.02	0.05	0.00
Unidentified	14.35	2.45	13.68	9.80
Crustacea				
Class Crustacea				
Order Decapoda	14.59	2.16	16.38	11.25
Family Penaeidae				
<i>Fenneropenaeus chinensis</i>	0.24	0.02	0.64	0.01
<i>Metapenaeus joyneri</i>	1.41	0.21	0.40	0.04
<i>Trachysalambria curvirostris</i>	6.12	2.97	2.87	1.51
<i>Parapenaeopsis tenella</i>	8.94	13.90	8.73	8.56
Family Crangonidae				
<i>Crangon affinis</i>	16.94	59.12	28.24	62.64
Family Pasiphaeidae				
<i>Leptochela (L.) gracilis</i>	2.35	1.00	0.06	0.11
Family Palaemonidae				
<i>Palaemon macrodactylus</i>	3.76	3.16	1.58	0.76
Order Stomatopoda				
Family Squillidae				
<i>Oratosquilla oratoria</i> **	0.24	0.02	0.18	0.00
Unidentified	0.71	0.12	0.10	0.01
Cephalopoda				
Class Cephalopoda				
Order Sepioida				
Family Sepioidea				
<i>Euprymna spp.</i>	1.18	0.27	0.37	0.03
Order Theuthida				
Family Loliginidae	0.47	0.15	0.04	0.00
<i>Todarodes pacificus</i> *	0.24	0.02	1.13	0.00
Order Octopoda				
Family Octopodidae	0.71	0.83	0.30	0.03
<i>Octopus spp.</i>	1.18	1.10	2.61	0.08
<i>Octopus ocellatus</i>	2.35	0.71	2.59	0.33
Unidentified	9.88	4.09	2.57	2.79
Others				
Unidentified	2.12	0.21	2.15	0.21
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

* Identified only in male.

** Identified only in female.

비가 높았다. 습중량비로 보았을 때 어류 중에서 청멸이 4.69로 가장 높았고 그 다음으로 흰배도라치가 2.37이었다. 갑각류 중에서는 출현빈도, 개체수비와 마찬가지로 자주새우가 28.24, 민새우 8.73 순이었다. 두족류 중에서는 낙지가 2.61로 가장 높았고 그 다음으로 주꾸미가 2.59로 높았다 (Table 3).

각 먹이생물의 상대중요성지수 (IRI)를 추정하고 이 결과를 모든 먹이생물에 대한 비로 Table 3에 나타내었다. 상대중요성 지수비 (IRI%)를 통해 결과와 비교하면 상괭이의 가장 중요한 먹이는 Park et al. (2002)의 연구와 마찬가지로 자주새우 (62.6%)인 것으로 밝혀졌다. 그 다음으로는 미분류된 십각목인 새우류 (11.25%)였으며 그 다음으로 민새우 (8.6%)가 중요한 먹이생물이었다. 각 먹이생물에서 미분류를 제외하고 문 (Phylum)으로 나누어 보았을 때 어류에서는 농어목의 비중이 1.12%로 가장 높았고 그 다음으로 청어목이 0.72%를 차지했다. 농어목 중에서 베도라치과의 흰배도라치의 비중이 1.10%로 대부분을 차지했으며 청어목에서는 청멸이 0.44%로 가장 높았다. 갑각류에서는 십각목이 84.88%로 가장 높았고, 그 중에서도 자주새우과의 자주새우가 62.54%로 가장 높았으며 그 다음으로 민새우 (8.56%), 꽃새우 (1.51%), 붉은줄참새우 (0.76%) 순이었다. 두족류에서는 문어목이 3.03%로 가장 높았고 그 중에서도 주꾸미가 2.79%로 가장 높았으며 그 다음으로 낙지 (0.33%)가 높았다.

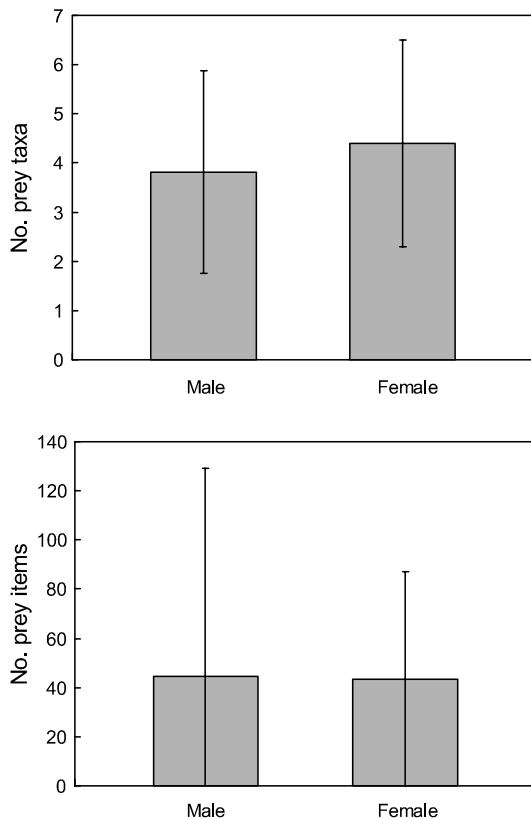


Fig. 2. Comparison of stomach contents by gender in prey taxa and prey items. Values reported are mean $\pm$ standard deviation.

암수 먹이습성

상괭이의 위에서 발견된 총 23종의 먹이 중에서 수컷의 위에서 16종의 먹이가 관찰되었으며, 암컷의 위에서 18종의 먹이가 관찰되었다. 수컷의 위에서만 관찰된 먹이는 멸치 (*Engraulis japonicus*)와 참조기 (*Larimichthys polyactis*), 인상어 (*Neoditrema ransonneti*), 오징어 (*Todarodes pacificus*)였으며, 암컷의 위에서만 관찰된 먹이는 웅어 (*Coilia nasus*), 반지 (*Setipinna taty*), 문절망둑 (*Acanthogobius flavimanus*), 넙치 (*Paralichthys olivaceus*), 대하 (*Fenneropenaeus chinensis*), 갯가재 (*Oratosquilla oratoria*)였다 (Table 3). 수컷은 한 마리가 평균 3.82 (± 2.05)종의 먹이를 먹었으며 암컷은 한 마리가 평균 4.41 (± 2.10)종의 먹이를 먹었다. 한 마리의 위에서 발견된 평균개체수는 수컷이 44.73 (± 84.56)마리였고 암컷이 43.29 (± 44.04)로 수컷과 암컷이 비슷하였으나 수컷의 표준편차는 암컷보다 2배 가까이 컸다 (Fig. 2). 상괭이의 먹이생물의 다양성을 알아보기 위해 종다양도지수 (H')를 추정한 결과 1.164로 추정되었다. 수컷 상괭이와 암컷 상괭이의 차이를 알아보기 위해 성별 종다양도지수 (H')를 추정한 결과 수컷이 1.127, 암컷이 1.128로 추정되었다. 먹이습성의 차이를 알아보기 위해 수컷과 암컷의 다양도지수를 비교해 본 결과 90% 유의수준에서 차이가 없었다 (t-test, $P > 0.1$, $v = 455$).

Table 4. Calorific densities of prey species of finless porpoise in Korean waters

Species	Calorific value (kJ/g)	Reference
Pisces		
<i>Coilia nasus</i>	6.73	NFRDI, 2010
<i>Engraulis japonicus</i>	4.54	
<i>Konosirus punctatus</i>	5.02	
<i>Neoditrema ransonneti</i>	5.30	
<i>Paralichthys olivaceus</i>	4.10	
<i>Larimichthys polyactis</i>	3.70	
<i>Pholis fangi</i>	4.87	
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	3.60	
Average (SD)	4.73 (1.01)	
Crustacea		
<i>Fenneropenaeus chinensis</i>	3.27	NFRDI, 2010
<i>Metapenaeus joyneri</i>	3.72	
<i>Crangon affinis</i>	5.67	
<i>Trachysalambria curvirostris</i>	12.20	
<i>Oratosquilla oratoria</i>	3.47	
Average (SD)	5.67 (3.78)	
Cephalopoda		
<i>Todarodes pacificus</i>	3.75	NFRDI, 2010
<i>Paroctopus dofleini</i>	2.93	
<i>Octopus minor</i>	2.14	
<i>Octopus ocellatus</i>	2.08	
Sepiolidae	3.12	
Average (SD)	2.80 (0.70)	

상괭이의 연간 먹이소비량

NFRDI (2010)에 제시하고 있는 생물의 에너지밀도에서 상괭이의 먹이가 되는 생물을 참고하여 상괭이 먹이생물의 에너지밀도를 추정하였다. 어류는 평균 4.73 kJ/g, 갑각류는 평균 5.67 kJ/g, 두족류는 평균 2.80 kJ/g으로 추정하였다 (Table 4). 이 결과를 상괭이 먹이의 상대중요성지수비에 따라 가중 평균하여 상괭이 먹이생물의 에너지밀도를 5.46 kJ/g으로 추정하였다.

상괭이의 일일 에너지요구량 (E)를 계산하기 위해 본 연구에 사용된 상괭이의 평균체중 32.49 (± 13.80) kg을 사용하였다 (Table 2). 상괭이의 일일 에너지요구량 (E)은 18,051 kJ/day로 추정되었다 (Table 1). 따라서 무게 32.49 kg의 상괭이 한 마리는 자기 몸무게의 약 10%인 3.3 kg/ind.의 먹이를 매일 소비하는 것으로 추정되었다. 서해에 분포하는 36,600마리의 상괭이가 소비하는 연간 먹이소비량 (Q)은 25,454톤으로 추정되었다.

고 찰

먹이 습성

Park et al. (2002)의 연구는 상괭이의 위내용물이 어류가 2과 5종, 갑각류가 7과 8종, 두족류가 1과 1종이 관찰되었는데, 본 연구에서는 어류가 6과 11종, 갑각류가 5과 8종, 두족류가 3과 4종이 관찰되어 이전 연구에 비해서 10종이 증가하였다. 특히 이전 연구에 비해 어류의 종 수가 많아졌는데, 반지와 전어를 제외하고는 이전 연구에서 발견되지 않았던 종들이다. 하지만 이러한 어류의 상대중요도지수에 따른 비율은 1.10~0.00%로 매우 낮은 수준이었으며 Park et al. (2002)의 연구와 마찬가지로 본 연구에서도 가장 중요한 먹이는 자주새우였다. 본 연구는 Park et al. (2002)의 연구와 같은 지역의 혼획된 상괭이를 사용했으며 계절적으로도 Park et al. (2002)의 연구 (3월부터 5월 사이)와 비슷한 4월부터 6월 사이에 혼획된 상괭이를 사용하였다. 따라서 10종이 더 많이 발견된 것은 지역적인 차이나 계절적인 차이일 가능성은 적다. 그러나 본 연구는 이전 연구와 8년의 차이가 있기 때문에 환경적으로 차이가 있었을 것으로 생각된다. 사용된 샘플의 수는 Park et al. (2002)에서 95개의 상괭이 시료를 수집하였고 본 연구에서는 111개를 수집하여 공위 2개를 제외하고 109개가 분석되었다. 또한 이전 연구에서 수집된 시료는 본 연구와 마찬가지로 120 cm 체장군의 비율이 가장 높았지만 가장 큰 개체가 160 cm 체장군으로 본 연구와 같이 큰 개체가 없었다. 또한 계절적으로 비슷하지만 연도가 다르기 때문에 두 연구의 시기별로 먹이생물의 조성과 양이 바뀌었을 수도 있다. 따라서 크지는 않지만 본 연구에서 시료의 숫자가 더 많고 개체의 크기가 더 다양해졌으며 먹이생물의 연간 변동이 있을 수 있기 때문에 보다 많은 먹이생물이 관찰된 것으로 생각된다.

이전의 연구와 비교하여 유의한 점은 Park et al. (2002)의 연구에서 상괭이 위에서 관찰된 갑각류는 모두 새우류였으며

가장 큰 종은 중하 (*Metapenaeus joyneri*)였으나, 본 연구에서는 새우류 중에서 가장 큰 종인 대하 (*Fenneropenaeus chinensis*)가 암컷 상괭이의 위에서 발견되었으며 새우류 외에도 갯가재 (*Oratosquilla oratoria*)가 암컷 상괭이 위에서 발견되었다는 것이다. 따라서 상괭이는 작은 새우류 뿐만 아니라 더 큰 갑각류도 먹는 것으로 밝혀졌다. 갯가재뿐 만 아니라 주요 저서생물인 두족류도 이전 연구 보다 다양하게 관찰되었는데, 이를 통해 상괭이가 저서생물을 포식한 다는 것이 명확해졌으며 충층성, 표층성 어류를 먹는 것으로 볼 때, 상괭이는 선택적 포식자 (Selective feeder)가 아닌 다양한 먹이를 먹는 기회적 포식자 (Optimistic feeder)로 판단된다.

상괭이의 일일 에너지요구량

본 연구에서 수집된 상괭이 시료는 서해에서 혼획된 것으로 110~120 cm의 개체가 가장 많았는데 이 개체들은 약 2~4세 정도의 어린개체로 생각된다 (Park, 2006). 체중 30 kg군의 개체 빈도가 가장 높았고, 연구에 사용된 상괭이의 평균체중은 32.29 kg으로 추정되었다. 일반적으로 성숙한 상괭이는 60 kg (15세) 이상 자라는 것으로 알려져 있는데 (Jefferson et al., 2007), 혼획된 상괭이가 어린개체들로 편중된 것으로 나타났다. 실제로 229 cm의 상괭이 시료가 수집되었지만, 이를 제외하면 170 cm군의 이상 상괭이는 나타나지 않았다. 만약 편중되었다면 예상할 수 있는 경우로는 어린개체들이 유영력이 떨어지고 어구에 대한 학습이 되지 않아 성숙개체보다 많이 혼획되었을 가능성이 있다. 또는 서해에서 상괭이의 생존율이 낮기 때문에 실제로 고연령의 상괭이가 많지 않기 때문일 수도 있다. 만약 전자의 경우 본 연구에서 적용된 상괭이의 무게는 실제 자연환경에서와 비교해 과소추정 되었을 가능성이 높다. 그러나 고연령으로 갈수록 개체수가 줄어드는 것은 자연적인 현상으로 크게 과소추정되지는 않았을 것으로 생각되며 따라서 후자의 경우 추정값은 적절하다고 할 수 있다.

Park et al. (2007)에서 추정 한 상괭이의 자원개체수에서 근해가 연안에 비해 개체수가 10배 가까이 많았다. 따라서 연안과 근해에 상괭이의 분포나 연령에 따른 조성이 다를 수 있다고 생각할 수 있다. 그러나 상괭이는 주로 연안에 분포하며 Park et al. (2007)이 구분한 연안과 근해는 동경 126°를 기준으로 한 것으로 근해에도 수심이 낮은 해역이 많이 포함되어 있고 연안조사 면적이 근해조사 면적에 비해 매우 작기 때문에 자원개체수를 합산하여 분석하였다.

상괭이의 일일 에너지요구량 추정에 사용된 식 (3)에서 상수 317은 이빨고래류의 신진대사 계수값이다. Perez and McAlister (1993)는 수염고래류의 계수를 이보다 낮은 192로 규정하였고 물범류는 이빨고래류와 가장 가까운 372, 해우류는 이빨고래류와 비슷한 200, 물개류는 가장 높은 520으로 규정하였다. 이를 보면 덩치가 클수록 신진대사가 적어지고 덩치가 적을수록 신진대사가 많아진다는 것을 알 수 있다. 본 연구에서는 이빨고래류의 계수값을 적용하였지만 상괭이는 이빨고래류 중에서 가장 작은 편에 속하기 때문에 실제 신진대사 계수의 값이 이보다 클 가능성이 많다. 그렇게 된다

면 상괭이의 일일 에너지요구량은 더욱 증가하고 연간소비량 추정치의 증가로 이어질 것이다.

이러한 과소추정의 가능성이 있지만, 이에 따라 본 결과는 불확실성이 최소한으로 감소된 기준값을 제시했다고 할 수 있다.

상괭이가 서해 어업에 미치는 영향

상괭이는 서해에서 가장 우점하는 해양포유류이다 (Sohn et al., 2001; Zhang et al., 2004). 본 연구를 통해 상괭이가 표층부터 저층까지 다양한 해양생물을 포식하는 육식동물임이 확인되었다. 또한 상괭이의 위 속에서 발견된 먹이생물은 모두 상업적으로 이용되는 것들이다. 이에 따라 상괭이의 먹이소비량과 어업에 의한 어획량이 서로 영향을 미칠 것으로 판단된다. 상괭이가 다양한 먹이생물을 먹는 것으로 확인되었는데 본 연구에서 새우류가 상괭이의 주요 먹이였다. 실제로 상괭이가 혼획된 시기에 서해에서는 새우가 주요 어획물이었다 (Statistics Korea, 2010).

따라서 상괭이와 어업 상호간에 미치는 영향은 서해에서 상괭이의 먹이소비량과 어획량을 비교하면 보다 명확해 질 것이다. 서해 주요 시군인 경기도와 인천시, 충청남도, 전라북도의 2005년부터 2009년까지의 일반해면어업 어획량은 Table

Table 5. Fisheries catches compare to annual consumption by finless porpoise in the Yellow Sea

	2005	2006	2007	2008	2009	Average (SE)
Fisheries catch	117,280	131,008	142,631	129,779	158,866	135,913 (7,003.02)
Ratio of finless orpoise consumption	21.7%	19.4%	17.9%	19.6%	16.0%	18.7% (2.1)

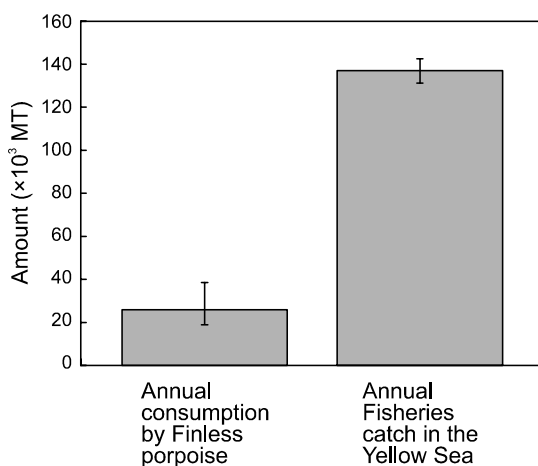


Fig. 3. Comparison of annual consumption by finless porpoise and annual fisheries catches in the Yellow Sea. The error bar in the annual consumption by finless porpoise estimated using 95% confidence interval of estimates of finless porpoise abundance. The error bar in the annual fisheries catch in the Yellow Sea represents standard error.

5와 같다. 2005년부터 2009년까지 가장 적게는 2005년에 117,280톤, 가장 많게는 2009년에 158,866톤의 연간 어획량을 기록하였고 5년간 평균 어획량은 135,913 (±7,003)톤이었다. Park et al. (2007)이 추정한 상괭이의 자원개체수가 2005년부터 2009년까지 일정하다고 가정하고 서해의 어획량에 대한 상괭이의 소비량의 비율을 비교하면, 2005년에 21.7%에 이르고, 2006년에는 19.4%, 2007년에는 17.9%, 2008년에는 19.6%, 2009년에는 16.0%로 상괭이가 서해에서 어획량의 평균 18.7 (±2.1)%를 먹는 것으로 추정되었다. 상괭이 개체수의 연간 변동을 알 수 없어 자원개체수가 연도별로 일정하다고 가정하고 어획량과 비교하였다. 추정된 상괭이 자원개체수의 95% 신뢰구간을 사용하여 변동가능한 상괭이의 연간 소비량의 범위를 추정하면 최소자원개체수일 때 17,729톤과 최대자원개체수일 때 38,449톤이다 (Fig. 3). 5년 동안의 평균어획량과 비교했을 때 어획량의 최소 16.6%에서 최대 36.0%에 이르는 양이다.

서해 어업이 상괭이에 미치는 영향

상괭이는 연안의 낮은 수심에 주로 분포하기 때문에 가까운 연안에서 행해지는 어업과 관련이 클 것으로 판단된다. 상괭이가 이 수역에서 상업적 어종을 포식하여 서로 경쟁관계이기도 하지만 상괭이의 주요 사망원인도 어구에 의한 혼획이다. 본 연구에 사용된 상괭이도 모두 혼획된 개체들이며, 실제로 Park (2006)은 상괭이의 혼획사망계수가 0.053/yr로 자연사망계수인 0.273/yr의 약 1/5 수준이었다. 서해 연안의 어업은 상괭이의 먹이소비에 따른 경쟁관계 뿐만 아니라 상괭이의 자원감소에 영향을 줄 수 있다.

사 사

본 연구는 국립수산물학원 2010년도 수산시험연구사업 “고래류 자원 및 생태 조사 (RP-2010-FR-038)” 의 지원을 받아 수행되었습니다. 상괭이 수집과 해체작업에 수고해주신 서만석씨와 김용현씨와 방호광씨, 양일동씨에게 감사드리며, 어려운 환경에서 늦은 밤까지 실험을 도와준 배귀남씨, 김한나씨에게도 감사를 드립니다.

참고문헌

- Barros NB, Jefferson TA and Parsons ECM. 2002. Feeding of finless porpoise (*Neophocaena phocaenoides*) in Hong Kong waters. Raffles Bull. Zoo. Supplement 10, 115-123.
- Kataoka T, Kitamura S, Sekido M and Yamamoto K. 1997. On the daily frequency of feeding and the amount of food consumed by the finless black porpoise, *Neophocaena phocaenoides*, in captivity. 37-40pp. in Kataoka T, ed. Report on the rearing and behavior of finless porpoise (*Neophocaena phocaenoides*) in Toba Aquarium. Toba aquarium.

- Cha HK, Lee JU, Park CS, Baik CI, Hong SY, Park JH, Lee DW, Choi YM, Hwang K, Kim ZG, Choi KH, Sohn H, Sohn MH, Kim DK and Choi JW. 2001. Shrimps of the Korean waters, National Fisheries Research and Development institute, Hangeul Graphics, Busan, Korea, 188.
- Kim HS. 1997. Illustrated Flore and Fauna of Korean. 19, (Macrura). Ministry of Education, Seoul, Korea, 414.
- Kim YU, Kim UM and Kim YS. 1994. Commercial fishes of the coastal and offshore waters in Korea, National fisheries Research and Development Institute, Yemun press, Busan, Korea, 299.
- Jefferson TA, Webber MW and Pitman RL. 2007. Marine Mammals of the World; A comprehensive guide to their identification. Academic Press, London, U.K., 573.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 1999. Commercial Mollusks from the Freshwater and Continental Shelf in Korea. Gu-Deok Publishing Co. Pusan. Korea, 197.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2004. Commercial fishes of the coastal & offshore waters in Korea. Hangeul Graphics, Busan, Korea, 333.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2010. Second Edition Chemical Compositions of Marine Products in Korea 2009. Hangeul Graphics, Busan, Korea, 245.
- Ohizumi H, Kuramochi T, Kubodera T, Yoshioka M and Miyazaki N. 2003. Feeding habits of Dall's porpoise (*Phocoenoides dalli*) in the subarctic North Pacific and the Bering Sea basin and the impact of predation on mesopelagic micronekton. Deep-sea Research I 50, 593-610.
- Park GB. 1987. Whaling History of Korean Peninsula. Taehwa Press, Busan, Korea, 562.
- Park KJ, Zhang CI, Kim ZG and Sohn H. 2002. Feeding habits and trophic level of finless porpoise, *Neophocaena phocaenoides* in the Yellow Sea, J Korean Soc Fish Res 5, 52-63.
- Park KJ. 2006. Population ecological characteristics and stock assessment of finless porpoise, *Neophocaena phocaenoides*, in the western sea of Korea. Ph.D. Thesis Pukyong National University, Busan, Korea.
- Park KJ, Kim ZG and Zhang CI. 2007. Abundance estimation of the finless porpoise, *Neophocaena phocaenoides*, using models of the detection function in a line transect. J Kor Fish Soc 40, 201-209.
- Perez MA and McAlister WB. 1993. Estimates of food consumption by marine mammals in the eastern Bering Sea. US department of Commerce, NOAA Technical Memorandum, NMFS-AFSC-14, 36.
- Pinkas L, Oliphant MS and Iverson ILK. 1971. food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in california waters. Calif Dep Fish and Game Fish Bull 152, 1-105.
- Shannon CE and Weaver W. 1963. the Mathematical Theory of Communication, Univ Illinois Press. Urbana, U.S.A., 125.
- Shirakihara M, Shirakihara K and Takemura A. 1992. Records of the finless porpoise (*Neophocaena phocaenoides*) in the waters adjacent to Kanmon Pass, Japan. Marine Mammal Science 8, 82-85.
- Sohn H, Kim ZG, Miyashita T and Park KJ. 2001. Cruise report of the Korean whale sighting survey in the Yellow Sea, April-May 2001, SC/53/RMP22, Paper submitted at 51st meeting of IWC/SC, 18.
- Statistics Korea. 2010. Fishery Production Survey. 11-1240000-000480-06. 308.
- Tamura T and Ohsumi S. 1999. Estimation of total food consumption by cetaceans in the world's oceans. The Institute of Cetacean Research. Tokyo. Japan, 16.
- Trites AW, Christensen V and Pauly D. 1997. Competition between fisheries and marine mammals for prey and primary production in the Pacific Ocean. Journal of North West Atlantic Fishery Science 22, 173-187.
- Wang JY, Frasier TR, Yong SC and White BN. 2008. Detecting recent speciation events: the case of the finless porpoise (genus *Neophocaena*). Heredity 101, 145-155.
- Zhang CI, Park KJ, Kim ZG and Sohn H. 2004. Distribution and abundance of finless porpoise (*Neophocaena phocaenoides*) in the western sea of Korea. J Kor Fish Soc 37, 12-136.

2010년 9월 29일 접수
 2011년 1월 6일 수정
 2011년 2월 10일 수리