

한국 서해안 상괘이 (*Neophocaena phocaenoides*)의 분포와 풍도

장창익 · 박겸준* · 김장근¹ · 손호선¹
부경대학교 해양생산관리학과, ¹국립수산과학원

Distribution and Abundance of Finless Porpoise (*Neophocaena phocaenoides*) in the West Coast of Korea

Chang Ik ZHANG, Kyum Joon PARK*, Zang Geun KIM¹ and Hawsun SOHN¹
Department of Marine Production Management, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea
¹National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-902, Korea

Visual line-transect surveys for the finless porpoise (*Neophocaena phocaenoides*) were conducted in the offshore of the west coast of Korea (WCOK) from 18 April to 17 May 2001 (34°18' to 37°18'N, 123°00' to 126°00'E), and in the inshore of the west coast of Korea (WCIK) from 29 July to 2 August 2003 (35°17' to 36°17'N, 126°00' to 126°25'E). A total of transect survey efforts were 810.27 n.m. in 2001 and 216.09 n.m. in 2003, which cover a survey areas of 23,012 n.m.² and 1,550 n.m.², respectively. There were 76 and 24 sightings for the finless porpoise during the surveys in the WCOK (2001) and the WCIK (2003), respectively. More than 80% of the finless porpoise occurred near the coast within 15 n.m. from the land. Porpoise were observed mainly in a depth range from 20 to 50 m (78%). Few porpoise were observed in a depth shallower than 10 m or deeper than 60 m. The hazard-rate model, truncated at the largest 5% distance, showed the best fitting from the frequency distribution of perpendicular distance of the finless porpoise sighted from the trackline in the WCOK (2001), while the uniform model showed the best fitting from in the WCIK (2003). Abundance of finless porpoises were estimated to be 58,650 individuals (95% CI=34,961-98,389) in the WCOK (2001) and 1,571 individuals (95% CI=881-2,800) in the WCIK (2003), respectively.

Key words: *Neophocaena phocaenoides*, Finless porpoise, Sighting survey, Distribution, Abundance

서 론

상괘이 (*Neophocaena phocaenoides*)는 소형 돌고래의 일종으로 우리나라 서해, 남해, 동해와 일본 연안, 대만, 중국, 보르네오, 수마트라, 싱가포르, 페르시아만에 이르는 큰 강, 천해 및 연안역, 특히, 해안선에서 5-6 km 이내의 수심이 얇은 곳에 서식하는 해양 포유류다 (Reeves et al., 1997). 우리나라에서 상괘이에 대해 기록된 것을 보면, 정약전의 현산어보에서는 상괘이를 상괘어라고 소개하며 상괘이의 외형과 생태학적 특징을 서술하였으며 흑산도에 많다고 하였다. 이로 볼 때 상괘이는 전통적으로 우리나라 연안에 서식하는 종임을 알 수 있다 (Park, 1987).

우리나라에서 상괘이는 포경이 이루어지던 때에도 상업적으로 포획되지는 않았지만 좌초 혹은 혼획된 상괘이를 식용으로나 기름을 짜서 이용하였다. 1986년 국제포경위원회 (IWC: International Whaling Commission)에 의해서 10종의 수염고래와 2종의 대형 이빨고래에 대한 상업포경 모라토리움이 실시되면서 (IWC, 1983) 우리나라는 상괘이를 포함한 모든 고래류에 대한 포획이 금지되었고, 그에 따라 모든 고래류가 혼획되

거나 좌초되면 해양경찰서에 보고하게 제도화되었다 (NFRDI, 2002). 최근 고래류의 출현이 자주 목격되고 상괘이를 비롯한 고래류의 좌초 및 혼획 발생이 증가하면서 고래류의 자원상태에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히, 모라토리움 이후 돌고래류가 어장에 자주 출현해 어장을 교란하거나 어구에 피해를 입히는 사례들이 보고되면서 고래류의 분포와 자원량에 대한 연구가 시작되었으나 연구가 대단히 부진한 상태다. 서해안의 연안어업에서는 상괘이의 혼획이 자주 보고되었고 실제로 어업인의 설문조사에서도 어업활동에 많은 피해를 입고 있는 것으로 보고된 바 있다 (NFRDI, 2002).

그러나 우리나라 연근해에서는 상괘이자원량에 대한 연구가 거의 수행되지 않았으며, 또한 이 종은 CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora)에 보호종으로 (Inskipp and Gillett, 2003) 등재되어 있다. 상괘이가 분포하는 아시아 연안에서 상괘이의 분포와 자원량에 대한 종합적인 연구는 거의 전무하다. 일본에서는 Yoshida et al. (1997)이 항공기를 이용한 목시조사를 통해 큐슈 서부연안에 분포하는 상괘이의 자원량을 추정하였으며, Kasuya et al. (2002)은 70년대 실시된 목시조사와 최근 실시된 목시조사의 비교를 통해 일본연안에서 상괘이의 자원량에

*Corresponding author: mogas@mail1.pknu.ac.kr

크게 감소했다고 보고하였다. 홍콩에서는 Jefferson et al. (2002a)이 항공기와 조사선을 사용한 목시조사를 통해 홍콩연안에 분포하는 상괭이의 자원량을 추정하였다. 상괭이의 생태에 관한 연구로는 Jefferson et al. (2002b)이 중국남부연안에 분포하는 상괭이의 연령과 성장에 대한 연구를 수행했으며, Barros et al. (2002)은 홍콩 연안 상괭이의 먹이습성에 관한 연구를 수행하였다. 일본에서는 Shirakihara et al. (1993)이 큐슈 연안에 분포하는 상괭이의 연령과 성장을 연구하였고 Yoshida (2002)는 일본 연안 상괭이 개체군의 구조에 대해서 연구하였다.

본 연구에서는 상괭이가 주로 서식하는 우리나라 서해연안에서 2001년의 목시조사와 2003년의 목시조사 (line transect survey)를 통해 상괭이의 분포특성과 밀도를 밝히고 자원량을 추정하여 상괭이 자원의 평가와 관리에 필요한 연구를 수행한 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

목시조사

2001년과 2003년에 서해 연안에서 상괭이 자원에 대한 목시조사가 수행되었다. 2001년 조사에서는 4월 18일부터 5월 17일까지 30일간 국립수산과학원 소속 시험조사선 탐구3호(360 G/T, 선미트롤형)를 사용하여 서해의 위도 34°18'–37°18'N, 경도 123°–126°E 사이의 근해(WCOK: offshore of the west coast of Korea)를 조사하였다. 조사수역은 어장과 어선에 의한 영향과 지리적 경계를 고려하여 경도 124°30'E를 경계로 두개의 지역으로 나누었다. 연안에서는 남쪽에서 북상하며 조사를 수행하였고 외해에서는 남하하며 조사를 수행하였다. 조사선속은 10–13 knots를 유지하였으며, 연안에서 681.0 n.m., 외해에서 129.5 n.m.을 항해하여 총 810.5 n.m.을 조사하였으며 조사지역 면적은 23,011.36 n.m.²이었다 (Fig. 1).

조사선의 선수 마스트에는 수면으로부터 높이 11.5 m의 망통을 설치하여 주 관측대로 사용하였고 수면으로부터 높이 8 m의 상갑판을 보조 관측대로 사용하였다. 목시관측은 국립수산과학원의 연구원 3명과 포경경력이 30년 정도인 전문가 4명이 수행하였다. 전문가 4명은 주 관측대에서 2명씩 관측을 하였으며, 좌측관측자는 좌현 60°와 우현 20°, 우측관측자는 우현 60°와 좌현 20° 사이를 관측하였다. 조사를 시작하기 전 레이더 부이를 수면에 띄워놓고 약 3시간 동안 관측자별로 부이의 거리와 각도를 측정하게 하고 레이더를 통해 측정된 거리와 각도를 알려주는 방법으로 거리와 각도 측정훈련을 실시하였다. 목시조사는 일출 30분 후부터 일몰 30분 전까지 수행하였으며, 집중력 저하와 피로를 고려하여 2시간씩 교대로 관측하였다. 관측자가 상괭이를 발견하면 선수를 0°로 하여 발견한 상괭이의 선수로부터의 각도와 거리를 측정하여 보조 관측대의 연구원에게 이를 기록토록 하였다.

2003년 조사에서는 7월 29일부터 8월 2일까지 5일간 국립수산과학원 시험조사선 탐구18호(69 G/T)를 사용하여 서해연안

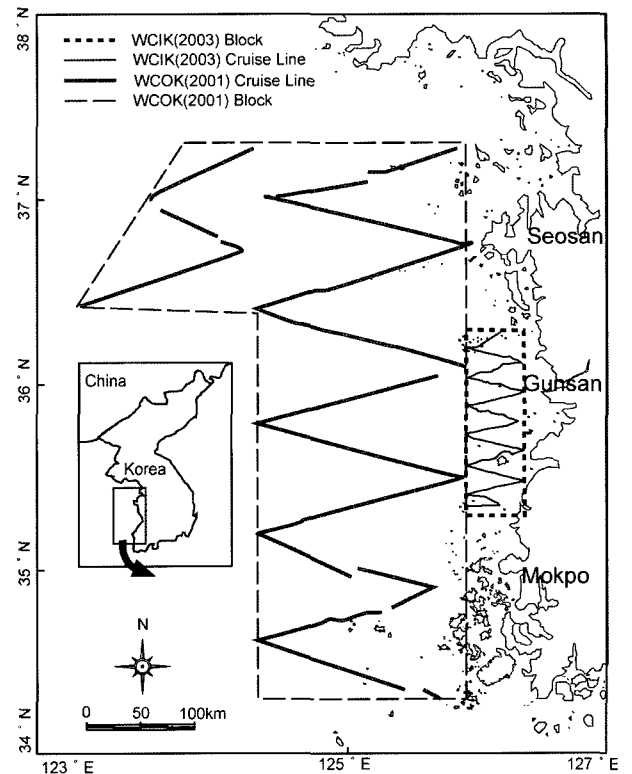


Fig. 1. Line transects and survey blocks for the finless porpoise (*Neophocaena phocaenoides*) sighting surveys covered in the WCOK (2001) and the WCOK (2003).

WCOK: Inshore of the west coast of Korea, WCOK: Offshore of the west coast of Korea

위도 35°17'–36°17'N, 경도 126°00'–126°25'E 사이의 연안해역(WCIK: inshore of the west coast of Korea)을 조사하였다. 조사선의 선속은 10–13 knots로 유지하였으며, 조사거리는 총 216.09 n.m.이었으며 조사면적은 1,500 n.m.²이었다 (Fig. 1).

주 관측대는 수면으로부터 4 m 높이의 상갑판을 사용하였고, 보조 관측대는 브릿지를 사용하였다. 목시관측은 목시경험이 있는 2명의 연구원과 3명의 무경험 연구원이 참여하였는데, 조사를 실시하기 전 거리와 각도 측정훈련을 실시하였다. 조사는 일출 30분 후 안개가 걷히고 목시를 할 수 있는 시야가 되면 시작해서 일몰 30분전까지 수행하였으며, 관측자가 상괭이를 발견하면 발견확인, 종과 무리의 크기 식별을 위해 즉시 항해를 중단하고 발견 상괭이에 접근하는 접근방법(Closing mode)을 사용하였다. 3명의 관측자가 주 관측대에서 관측을 하였으며 좌측 관측자는 좌현 90°와 좌현 30° 사이를 관측하였고, 중앙 관측자는 우현 40° 좌현 40° 사이를, 우현 관측자는 우현 90°와 우현 30° 사이를 관측하였다. 1명씩 관측대 뒤에서 관측자가 알려주는 상괭이의 거리와 각도를 기록하였고, 연구원 1명은 브릿지에 상주하며 조사선이 조사라인을 운항하는 중 장애물이나 기상 등으로 문제가 발생하여 목시노력이 중단되거나 상괭이를 관측하면 위치, 선속, 파고를 기록하였다.

분석방법

상괭이의 분포는 컴퓨터 프로그램 Marine GIS Ver. 4.0 (ELS, 2004)을 사용하여 분석하였다. 상괭이가 발견된 위치와 가장 가까이 있는 연안이나 섬과의 거리를 측정하고, 수심에 따른 분포특성을 분석하였다.

상괭이의 자원량은 Buckland et al. (1993) 방법을 사용하여 추정하였다. 조사해역에 설정된 직선항로를 향해하면서 선수를 0°로 하여 발견된 상괭이의 선수로부터의 각 (θ)과 조사선으로부터의 거리 (r)를 관측하고 직선항로로부터 수직거리 (Perpendicular distance, x), 즉 $x=r \cdot \sin \theta$ 를 추정하였다.

자원량 (N) 추정과 분산 $\widehat{var}(N)$ 의 추정에는 식 (1), (2)를 사용하였다.

$$N = \frac{n \cdot \bar{y}(0) \cdot \bar{s} \cdot A}{2 \cdot L} \quad (1)$$

$$\widehat{var}(N) = N^2 \cdot \left[\frac{\widehat{var}(2n)}{n^2} + \frac{\widehat{var}\{\bar{y}(0)\}}{\{\bar{y}(0)\}^2} + \frac{\widehat{var}(\bar{s})}{\bar{s}^2} \right] \quad (2)$$

여기서 $n=1$ 차 목시회수, $\bar{y}(0)=$ 수직거리 0에서 확률밀도추정함수, \bar{s} =균의 평균 크기, $A=$ 조사해역 면적 ($n.m.^2$), $L=$ 총 조사거리 ($n.m.$)이다.

발견율은 n/L , 횡단직선 (Line transect)상에서 유효조사폭 (Effective search width : ESW)은 $1/\bar{y}(0)$ 로 정의한다. 발견율함수 $g(0)$ 는 독립목시자 관측에 의해 추정해야 하지만 독립관측이 실시되지 않았으므로 최소추정치 $g(0)=1$ 로 가정하였다.

N 의 95% 신뢰구간은 자연대수를 사용하여 구하며 (Burnham et al., 1987), N 의 하한과 상한은 각각 N/C 와 $N \cdot C$ 이다.

$$C = \exp \left[1.96 \cdot \sqrt{\widehat{var}(\log_e N)} \right] \quad (3)$$

여기서 $\widehat{var}(\log_e N) = \log_e \left[1 + \frac{\widehat{var}(N)}{N^2} \right]$ 이다.

직선조사 항로거리에 대한 발견율함수 추정에 사용되는 세 가지 모델 (Uniform, Half-Normal, Hazard-rate model)을 조사자료에 적용하여 가장 적합한 모델을 선택하였고 자원량 추정은 컴퓨터 프로그램 DISTANCE Ver. 4.0을 사용하였다 (Thomas et al., 2001). 바깥 이상점의 영향으로 추정모델의 분산이 커지기 때문에 가장 먼 거리에서부터 5-10%까지를 절삭한 자료를 사용하였다 (Buckland et al., 1993).

결 과

발견두수 및 발견률

2001년 조사에서 설정된 직선조사항로를 따라 항해하던 중 발견된 1차 목시노력에 따른 총 발견두수는 76군이었으며 발견률은 0.094 ind./n.m.였다. 발견된 상괭이의 조사선으로부터의 평균수직거리는 50.59 m였으며, 가장 멀리서 발견된 거리는 690 m였다. 2003년 조사에서는 1차 목시노력에 의한 총 발견두수가 24군이었으며, 발견률은 0.111 ind./n.m.였다. 발견된 상괭이의 조사선으로부터의 평균수직거리는 175.36 m였으며, 가장 멀리서 발견된 거리는 573 m였다 (Table 1).

2001년과 2003년 조사에서 발견된 상괭이의 수직거리에 대한 빈도분포는 가장 먼거리에서 발견된 5%를 제외한 분포는 Fig. 2와 같다. 대부분 100 m 이내에서 발견되었는데(85.6%), 50 m 이내에서 발견된 수가 61번으로 가장 많았고, 다음으로 50-100 m에서 22번 발견되었으며, 그 이상의 거리에서는 13번이 발견되어 조사선에 가까울수록 발견률이 높고 거리가 멀어질수록 낮아지는 전형적인 거리표집법에 의한 빈도분포를 보였다 (Fig. 2).

분 포

2001년 목시조사에서 110개군의 상괭이가 발견되었다 (Fig. 3). 연안이나 섬 주변에서 많이 발견이 되었는데 안마군도 15마일 부근에서 가장 많은 30개군이 발견되었고 백아도 10마일 부근에서 7개군, 격렬비열도 부근에서 5개군, 흑산도 부근에서 7개군, 여청도 부근에서 2개군, 황도 부근에서 1개군 순으로 발견되었다. 근해로 나갈수록 발견되는 상괭이의 수가 줄어들었으며, 경도 123°30' 이서 근해에서는 상괭이가 발견되지 않았다. 육지와 가까운 연안에서 수행된 2003년 조사에서 발견된 27개군의 상괭이는 조사 지역에서 고르게 발견되었으나 위도 이남해역에서는 발견되지 않았다 (Fig. 3).

2001년 근해 목시조사에서 발견된 상괭이의 수심에 따른 분포는 Fig. 4와 같다. 수심 50 m에서 가장 많은 28개군이 발견되었고, 다음이 수심 30 m에서 25개군, 20 m에서 18개군, 40 m에서 15개군 순이었다. 수심 60 m에서부터 발견수가 줄어들어 80 m와 90 m, 100 m에서는 1개군씩만 발견되었다. 20-50 m 사이의 수심에서 발견된 상괭이가 78%를 차지했으며 그 외 수심에서는 10%를 밀돌았다.

Marine GIS (Geographic Information System)를 이용하여 2001년과 2003년 목시조사에서 발견한 상괭이의 위치와 가장 가까운 섬이나 육지와와의 거리를 추정한 결과는 Fig. 5와 같다.

Table 1. Summary of survey effort and results of sightings for the finless porpoise (*Neophocaena phocaenoides*) in the west coast of Korea

Year	Survey effort (n.m.)	Number sighted	Perpendicular distance (m)		Sighting rate (ind./n.m.)
			Mean	Maximum	
2001	810.27	76	50.59	690	0.094
2003	216.09	24	175.36	573	0.111
Total	1,026.36	100	-	-	-

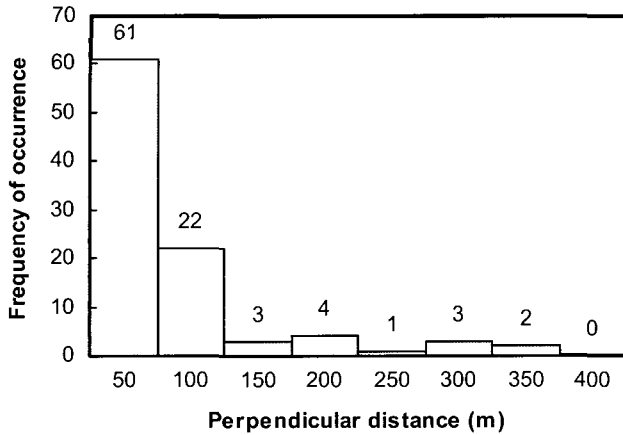


Fig. 2. Distribution of the perpendicular distance of sightings for the finless porpoise (*Neophocaena phocaenoides*) in the west coast of Korea.

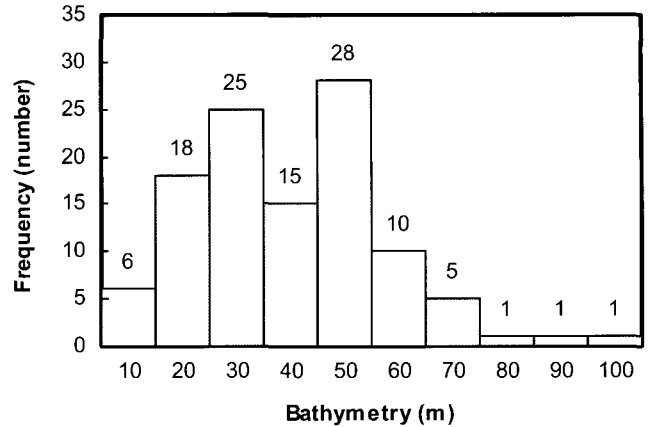


Fig. 4. Frequency distribution of sightings for the finless porpoise (*Neophocaena phocaenoides*) by bathymetry in the WCOK (2001). WCOK: Offshore of the west coast of Korea

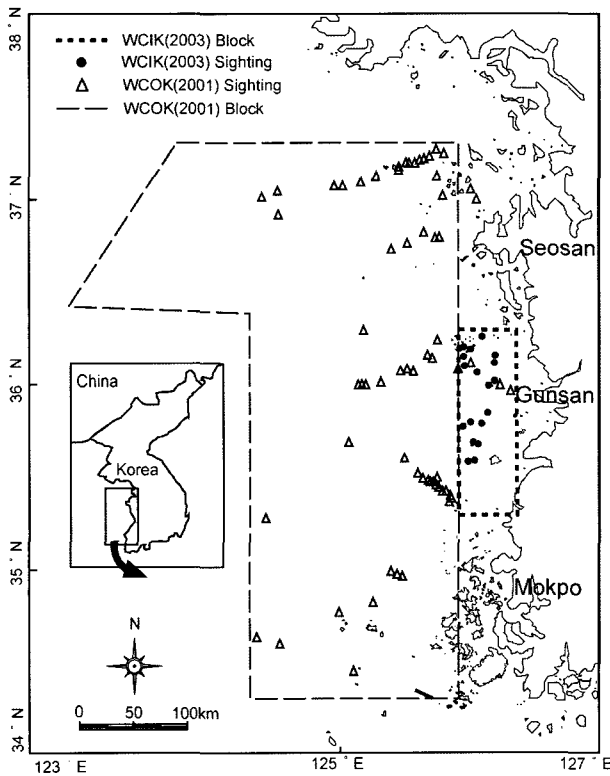


Fig. 3. Sighting positions of the finless porpoise (*Neophocaena phocaenoides*) in the WCOK (2001) and the WCIK (2003). WCIK: Inshore of the west coast of Korea, WCOK: Offshore of the west coast of Korea

연안으로부터 10-15마일거리에서 가장 많은 29개군이 발견되었으며, 다음으로 5마일 이하에서 27개군이 발견되었고, 5-10마일거리에서 25개군이 발견되었다. 15마일 이상의 거리에서는 발견되는 상괭이의 수가 적었는데, 15-20마일거리에서 9개군, 20-25마일거리에서 3개군, 25-30마일거리에서 1개군,

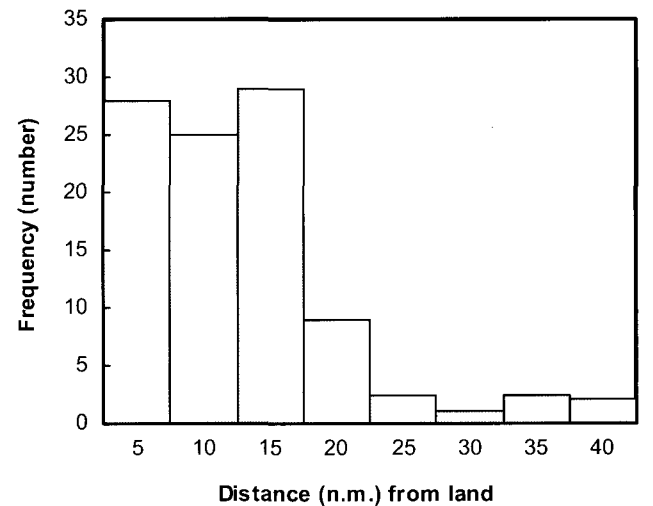


Fig. 5. Frequency distribution of sightings for the finless porpoise (*Neophocaena phocaenoides*) by distance from the land in the west coast of Korea.

30-35마일거리에서 3개군, 35-40마일거리에서 2개군이 발견되었고 그 이상 떨어진 수역에서는 상괭이가 발견되지 않았다. 상괭이의 82%가 15마일 이내에서 발견되었으며, 15마일에서 40마일 사이에서는 18%를 차지했다 (Fig. 5).

자원량

직선항해 조사해역에서 발견된 지점 중 바깥의 이상점은 추정모델의 분산에 영향이 크기 때문에 Buckland et al. (1993)은 가장 먼 거리에서부터 5-10%까지를 절삭할 것을 권고하고 있다. 따라서 먼 거리로부터 5-10%를 절삭하고 각 년도 조사자료로부터 자원량 추정에 가장 적합한 모델을 선택하기 위해 세가지 모델 (Uniform, Half-Normal, Hazard-rate model)과 각각의 함수에 대한 보정항 추정의 세가지 방법 (Cosine, Simple polynomial, Hermite polynomial methods)을 적용하여 AIC

(Akaike Information Criterion, Akaike, 1985)를 계산한 결과는 Table 2와 같다. 2001년 조사자료의 경우 조사자료의 5%를 절삭하고 Cosine 방법을 사용한 Hazard-rate 모델이 가장 낮은 AIC값인 638.35를 나타냈으며 그 다음으로 Hermite polynomial 방법을 사용한 Hazard-rate 모델이 639.72, Simple polynomial 방법을 이용한 Hazard-rate 모델이 639.94이었다. Cosine 방법을 사용한 발견률 곡선은 Fig. 6과 같으며, Hazard-rate 모델을 사용해서 자원량을 추정된 결과는 Table 3과 같다. 확률밀도함수의 추정된 $f(0)$ 값은 0.030975, 유효조사폭은 32.285 m였고, 직선향해조사 1 n.m. 당 발견수는 0.08859, 1 n.m.²당 상괭이의 밀도는 2.5487, 자원량은 58,650마리 (변동계수 26.38, 95% 신뢰구간 34,961-98,389마리)로 추정되었다 (Table 3).

Table 2. Comparison of AIC (Akaike Information Criterion) values calculated by model function for describing frequency distributions of distance for sighting the finless porpoise (*Neophocaena phocaenoides*) in the west coast of Korea

Modeling function		Truncated at 5%
Key function	Adjustment function	AIC
WCOK (2001)		
Uniform	Cosine	643.36
	Simple polynomial	646.46
	Hermite polynomial	659.39
Half-Normal	Cosine	642.55
	Simple polynomial	645.60
	Hermite polynomial	654.90
Hazard-Rate	Cosine	638.35
	Simple polynomial	639.94
	Hermite polynomial	639.72
WCIK (2003)		
Uniform	Cosine	238.09
	Simple polynomial	240.72
	Hermite polynomial	239.72
Half-Normal	Cosine	238.97
	Simple polynomial	238.97
	Hermite polynomial	238.97
Hazard-Rate	Cosine	239.00
	Simple polynomial	239.00
	Hermite polynomial	239.00

WCIK: Inshore of the west coast of Korea, WCOK: Offshore of the west coast of Korea

2003년 조사자료의 경우 조사자료의 5%를 절삭하고 Cosine 방법을 사용한 Uniform 모델에서 가장 낮은 AIC값인 238.09가 추정되었고 그 다음으로 Half-normal 모델이 238.97, Hazard-rate 모델이 239.00을 나타냈다 (Table 2). Cosine 방법을 사용한 발견률 곡선은 Fig. 6과 같고 추정된 파라미터는 Table 3과

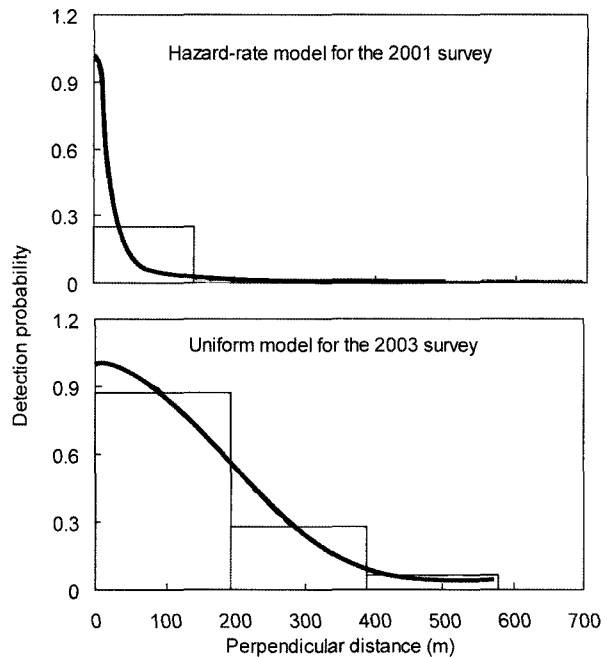


Fig. 6. Hazard-rate model and uniform model fitting curves of the 2001 and 2003 sighting surveys for the finless porpoise (*Neophocaena phocaenoides*) respectively, based on the adjustment function of cosine.

같다. 확률밀도함수의 추정된 $f(0)$ 값은 0.005196, 유효조사폭은 192.47 m 였고, 조사라인 1 n.m. 당 발견수는 0.097, 1 n.m.² 당 상괭이의 밀도는 1.0133 였으며, 자원량은 1,571마리 (변동계수 12.58, 95% 신뢰구간 881-2,800마리)로 추정되었다 (Table 3).

고 찰

NFRDI (2002)는 서해안에서 상괭이가 3월부터 6월까지 많은 양이 혼획되며 7월과 10월, 11월, 12월에는 적은 양이 혼획되고, 1월과 2월, 8월과 9월에는 혼획보고가 전혀 없었다고 하였다. 그러나 2003년 7월과 8월에 실시한 목시조사를 통해 혼획이 이루어지지 않는 7월과 8월에도 서해연안에 상당한 양의 상괭이가 분포한다는 것이 밝혀졌다. 이것은 비혼획 기간동안 상괭이가 다른 해역으로 회유할 것이라는 추정에 반하는 것으로 상괭이가 우리나라 서해안에 연중 분포하는지, 아니면 겨울동안이라도 회유를 하는지 여부를 밝혀내기 위해서는 1월과 2월에도 목시조사가 수행되어야 할 것이다. Jefferson et al. (2002a)은 홍콩 연안에서 상괭이의 회유는 없지만 계절적인 이동과 자원량의 변동이 있다고 하였다. 따라서 우리나라도 상괭이 자원의 계절적 이동과 자원량 변동이 있는지를 밝혀내기 위해서는 다년간의 목시조사가 필요하며, 이를 통해 매년 혼획되는 상괭이의 양이 상괭이 자원에 어떤 영향을 미치는지 밝혀내야 할 필요가 있다.

상괭이의 자원량 추정에 잠재적인 영향을 미치는 요인으로

Table 3. Model parameters, density and abundance of the finless porpoise (*Neophocaena phocaenoides*) for sighting surveys in the west coast of Korea in 2001 and 2003

Parameter	Point estimate	Standard error	CV	95% CI	
				lower	upper
WCOK (2001)					
f(0)	0.030975	0.0073110	23.60	0.019468	0.049282
ESW	32.285	7.6202	23.60	20.291	51.366
n/L	0.088859	0.010472	11.79	0.070588	0.11186
D	2.5487	0.67240	26.38	1.1593	4.2756
N	58,650	15,473	26.38	34,961	98,389
WCIK (2003)					
f(0)	0.005196	0.000654	12.58	0.004001	0.006747
ESW	192.47	24.210	12.58	148.21	249.96
n/L	0.097181	0.021207	21.82	0.063678	0.14831
D	1.0133	0.29541	29.15	0.56828	1.8067
N	1571.0	458.01	29.15	881.00	2800.0

f(0): Sighting probability density function, ESW: Effective strip width, n/L: Number of observed objects divided by total length of transect line, D: Estimate of density of animals, numbers/square nautical mile, N: Estimate of number of animals in specified areas, CV: Coefficient of variation, CI: Confidence interval, WCIK: Inshore of the west coast of Korea, WCOK: Offshore of the west coast of Korea.

는 상괭이군의 크기 추정과 발견거리 추정, 해황 등이 있다. 군의 크기 추정은 2001년도 조사자료가 군으로만 기록되고 크기에 대한 자료가 없으며, 2003년도 조사자료도 샘플수가 적어서 추정이 불가능하였기 때문에 조사선으로부터의 발견 거리에 따른 군의 크기 편차 추정은 할 수 없었다. 한편, 2003년도 목시조사에서 목시조사를 실시하기 전 연구원들에 대해 거리, 각도 추정 테스트를 실시해서 분석한 결과, Fig 7에서와 같이 연구원에 의해 추정된 거리가 레이더로 측정된 실제거리 주변에 흩어져 있지만 회귀직선이 측정된 거리를 나타내는 이론적인 직선과 끝이 가깝기 때문에 심각한 편차는 없었던 것으로 생각된다. 다만 원거리 (400 m>)에서 과대추정되는 경향을 보였으며, 거리가 멀어지면서 분산이 커졌다.

해황에 영향을 미치는 주 요소로 풍속 (Beaufort scale)이 있는데 자원량 분석에서 질산된 이상점을 제외하고 풍속에 따른 상괭이 발견횟수와 발견거리는 Fig. 8과 같다. 풍속이 2일 때 상괭이 55개군이 발견되었으며 평균 발견거리는 54.2 m, 최대거리는 321.4 m 였다. 풍속이 3일 때 상괭이 35개군이 발견되었으며 평균 발견거리는 63.6 m, 최대거리는 283.7 m 였다. 반면 풍속이 4로 해황이 안 좋을 때에는 상괭이 8개군이 발견되었으며 평균 발견거리는 46.8 m, 최대거리는 85.0 m 였다. Fig. 8과 같이 풍속이 증가하면서 발견거리와 발견 수가 줄어들었는데, 풍속이 4일 때 발견 수와 거리가 급격하게 떨어졌다. 따라서, 자원량 추정에 있어 편의를 방지하고 효율적인 목시조사를 수행하기 위해서 풍속 3 이상에서는 조사에 신중을 기해야 할 것으로 보인다.

상괭이 자원량에 관한 연구로, Jefferson et al. (2002a)은 1995년부터 2000년까지 홍콩과 그 주변 해역에서 실시한 목시조사를 통해 상괭이 자원량을 369마리로 추정하였고, Yoshida et al. (1997)은 일본 류큐 연안에서 1993년과 1994년에 실시한

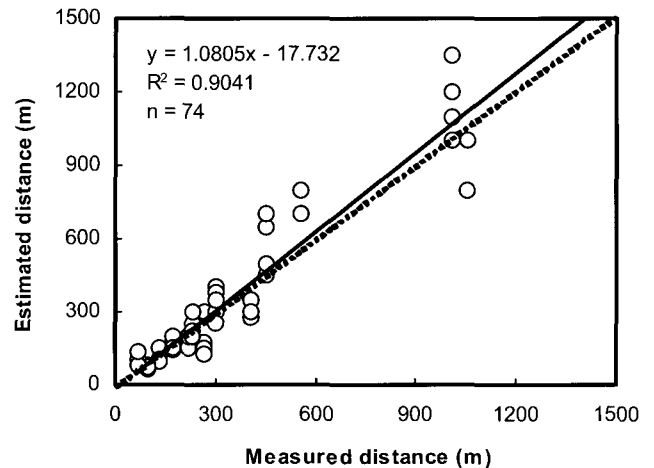


Fig. 7. Biases of distance estimation from observer calibration experiments for sighting the finless porpoise (*Neophocaena phocaenoides*). The observed line fitted to empirical data is indicated by a solid line, and the expected line without bias by a dashed line.

항공 목시조사를 통해 상괭이 자원량을 3,093마리로 추정하였다. 우리나라 서해연안에서 추정된 상괭이 자원량이 2001년 서해 근해조사와 2003년 서해 연안조사를 합쳐 60,221마리인 것을 볼 때, 우리나라 서해안은 중요한 상괭이 서식처임을 알 수 있다.

서해안에서 상괭이의 분포특성을 보면 발견된 상괭이의 80% 이상이 연안에서 15 n.m. 이내에서 발견되었으며, 20-50 m의 수심에서 주로 (78%) 발견되었고, 경도 123° 30' E 이하의 먼 바다에서는 발견되지 않았다. 이것으로 볼 때 상괭이는 수심이 낮고 육지에 가까운 연안에 분포한다는 것을 알 수

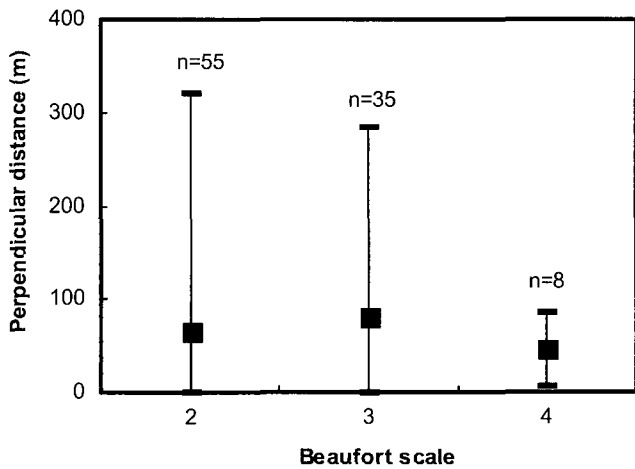


Fig. 8. Effect of sighting conditions by Beaufort on the average perpendicular sighting distance for finless porpoise (*Neophocaena phocaenoides*). Vertical bars indicate maximum and minimum distances and numbers sample sizes.

있다. 그러나 이러한 결과에 반하여 2003년 연안에서 수행된 조사에서 상괘이의 밀도는 1 n.m.²당 1.0133마리로 2001년 근해에서 수행된 조사의 상괘이 밀도 1 n.m.²당 2.5487보다 상당히 낮았다. 이러한 현상의 원인으로서는, 2001년 조사는 자원 밀도가 큰 것으로 알려진 봄에 수행되었으나, 2003년 조사는 상대적으로 밀도가 낮은 여름에 수행되었기 때문에 홍콩의 경우처럼 상괘이가 계절에 따라 분포와 자원량에 변화가 있었기 때문으로 볼 수도 있으며 (Jefferson et al., 2002a), 다른 한편으로는 일본의 경우처럼 자원량이 감소했을 가능성도 있다 (Kasuya et al., 2002). 따라서 우리나라 상괘이의 자원량 추정과 자원평가 그리고 회유 및 기타 생태학적 특성에 관한 과학적 정보를 얻기 위해서는 연속적인 다년간의 자원조사가 필요하다.

참 고 문 헌

Akaike, H. 1985. Prediction and entropy. In: A Celebration of Statistics. Atkinson, A.C. and S.E. Feinberg, eds. Springer-Verlag, Berlin, pp. 1-24.

Barros, N.B., T.A. Jefferson and E.C.M. Parsons. 2002. Feeding of finless porpoises (*Neophocaena phocaenoides*) in Hong Kong waters. Raffles Bull. Zoo., Suppl., 10, 115-123.

Buckland, S.T., D.R. Anderson, K.P. Burnham and J.L. Laake. 1993. Distance Sampling. In: Estimating Abundance of Biological Populations. Chapman & Hall, London, reprinted (1999) by Research Unit for Wildlife Population Assessment, St. Andrews, Scotland, pp. 446.

Burnham, K.P., D.R. Anderson, G.C. White, C. Brownie and K.C. Pollock. 1987. Design and analysis methods

for fish survival experiments based on release-recapture. American Fisheries Society Monographs. No 5. American Fisheries Society. Bethesda. Maryland, pp. 437.

CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora). 2003. Checklist of CITES Species. Compiled by UNEP-WCMC. Inskipp, T. and H.J. Gillett, eds. CITES Secretariat, Geneva, Switzerland and UNEP-WCMC, Cambridge, UK. pp. 339 and CD-ROM.

Jefferson, T.A., S.K. Hung, L. Law, M. Torey and N.S. Tregenza. 2002a. Distribution and abundance of finless porpoise in Hong Kong and adjacent waters of China. Raffles Bull. Zoo., Suppl., 10, 43-55.

Jefferson, T.A., K.M. Rovertson, and J.Y. Wang. 2002b. Growth and reproduction of the finless porpoise in southern China. Raffles Bull. Zoo., Suppl., 10, 105-113.

Kasuya, T., Y. Yamamoto and T. Iwatsuki. 2002. Abundance decline in the finless porpoise population in the Inland Sea of Japan. Raffles Bull. Zoo., Suppl., 10, 57-65.

ESL (Environmental Simulation Laboratory). 2004. Marine explorer version 4.0. Saitama, Japan.

IWC (International Whaling Commission). 1983. Chairman's report of the Thirty-fourth annual meeting. Rep. Int. Whal. Comm., 33, 20-42.

NFRDI (National Fisheries Research & Development Institute). 2002. Acoustical study of cetacean. NFRDI Subject Report, pp. 129. (in Korean)

Park, G.B. 1987. Whaling history of Korean peninsula. Taehwa Press, pp. 562. (in Korean)

Reeves, R.R., J.Y. Wang and S. Leatherwood. 1997. The finless porpoise, *Neophocaena phocaenoides* (G. Cuvier 1892). In: A summary of current knowledge and recommendations for conservation action. Asian Mar. Biol., 14, 111-143.

Shirakihara, M., A. Takemura and K. Shirakihara. 1993. Age, growth and reproduction of the finless porpoise, *Nephocaena phocaenoides*, in the coastal waters of western Kyushu, Japan. Mar. Mam. Sci., 9, 392-406.

Thomas, L., J.L. Laake, S. Stindberg, F.F.C. Marques, D.L. Borchers, S.T. Buckland, D.R. Anderson, K.P. Burnham, S.L. Hedley and J.H. Pollard. 2001. Distance 4.0 Beta 4. Research unit for wildlife population assessment, University of St. Andrews, UK.

Yoshida, H., K. Shirakihara, H. Kishino and M. Shirakihara. 1997. A population size estimate of the finless porpoise, *Neophocaena phocaenoides*, from aerial

sighting surveys in Ariake Sound and Tachibana Bay,
Japan. Res. Popul. Ecol., 39, 239-247.
Yoshida, H. 2002. Population structure of finless porpoises
(*Neophocaena phocaenoides*) in coastal waters of

Japan. Raffles Bull. of Zoo. Suppl., 10, 35-42.

2004년 1월 20일 접수

2004년 4월 23일 수리