

## 한국 서해에서 상괭이(*Neophocaena asiaeorientalis*)의 항공 조사 타당성

박겸준\* · 손호선 · 김영혜<sup>1</sup> · 김두남 · 김현우 · 안두해 · 안용락

국립수산과학원 고래연구소, <sup>1</sup>국립수산과학원 연구기획과

### Feasibility of Aerial Surveys of Finless Porpoise *Neophocaena asiaeorientalis* off the West Coast of Korea

Kyum Joon Park\*, Hawsun Sohn, Yeong Hye Kim<sup>1</sup>, Doo Nam Kim, Hyun Woo Kim,  
Du Hae An and Yong-Rock An

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

<sup>1</sup> Research and Development Planning Division, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-705, Korea

Vessel-based sighting surveys for cetaceans have been conducted in Korean waters since 2000. The supporting data estimate the abundance of finless porpoises along the west coast of Korea; however, they are insufficient because of the coverage and frequency of the surveys. A preliminary aerial survey was conducted in 2011, and the results were assessed with respect to a sighting survey operated by a research vessel in order to compare effectiveness and potentiality. A total of 110.00 nautical miles of effective efforts were made with three sightings under Beaufort scale 4 in the aerial survey, while the vessel-operated survey covered 403.38 nautical miles over 7 days without any sightings under Beaufort scale 4. The standard deviation of the altitude in this survey was 22.7 m, which was significantly higher than that of the referenced study of 4.3 m.

Key words: Aerial survey, Finless porpoise, *Neophocaena asiaeorientalis*, Sighting survey

## 서 론

상괭이는 작은 이빨고래류의 한 종으로 등지느러미가 없는 것이 특징이다. 최근 연구를 통해 중국 북부와 한국 그리고 일본에 사는 상괭이는 중국 남부와 페르시아 사이에 분포하는 상괭이와 종 수준으로 다르다는 것이 밝혀졌다(Wang et al., 2008).

상괭이는 연안가까이 분포하기 때문에 해양오염으로 인한 서식지 훼손 및 상실, 또는 어구로 인한 혼획 또는 어업과의 경쟁 등 인간에 의한 영향에 취약하다. 상괭이의 보존과 관리를 위해서 상괭이의 서식지와 분포 범위, 자원량, 생태 등에 대한 정보가 필요하다(Kasuya, 2002).

Sohn et al. (2012)은 2000년부터 2010년까지 조사선을 이용해 수행된 조사를 통해 한국에서 상괭이가 서해와 남해 전 연안에 분포하며, 동해에서는 남부 연안에 분포한다고 보고하였다. Park et al. (2007)도 조사선을 이용해 서해의 연안과 근해를 조사하여 상괭이의 자원량을 추정하였지만 자원의 변동 경향을

추정할 수 있는 연구는 없다. 따라서 상괭이 자원의 변동 경향을 파악하기 위해 연속적인 목시조사가 이루어져야 하지만 선박을 이용한 조사는 많은 인력과 시간, 비용이 소비되기 때문에 쉽지 않다. 특히 상괭이가 많이 분포하는 수심이 얇은 연안과 해안선이 복잡한 해역에서는 선박을 이용한 조사가 불가능하다.

이러한 제한사항을 극복하고 짧은 시간에 넓은 지역을 조사하기 위해서 고래류를 대상으로 항공기를 이용한 목시조사가 최근 늘어나고 있다. 항공 목시조사가 인적, 물적 자원을 많이 아끼고 짧은 시간에 넓은 지역을 조사할 수 있기 때문이다. 더욱이 고래류 뿐만 아니라 다른 대형해양생물 조사에 항공조사가 적용되고 있다(Slooten et al., 2004; Rowat et al., 2009). 일본에서도 상괭이를 대상으로 항공조사를 수행하였는데, Yoshida et al., 1998은 일본 큐슈 서부의 상괭이를 대상으로 조사를 실시하였고, Amano et al. (2003)은 일본 혼슈의 태평양쪽 연안에서 항공조사를 실시하여 상괭이의 자원량을 추정하였다. 그러나 한국에서는 아직까지 항공 목시조사가 유효하게 수행된 적

#### Article history;

Received 14 October 2013; Revised 15 November 2013; Accepted 29 November 2013

\*Corresponding author: Tel: +82. 52. 270. 0940 Fax: +82. 52. 270. 0913

E-mail address: mogas@korea.kr

Kor J Fish Aquat Sci 46(6) 966-969, December 2013

http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0966

pISSN:0374-8111, eISSN:2287-8815

© The Korean Society of Fisheries and Aquatic Science. All rights reserved



Fig. 1. Cessna 206 single engine aircraft with four-seat, used in aerial survey for finless porpoise *Neophocaena asiaeorientalis* (left). Aerial sea view from the aircraft (right).

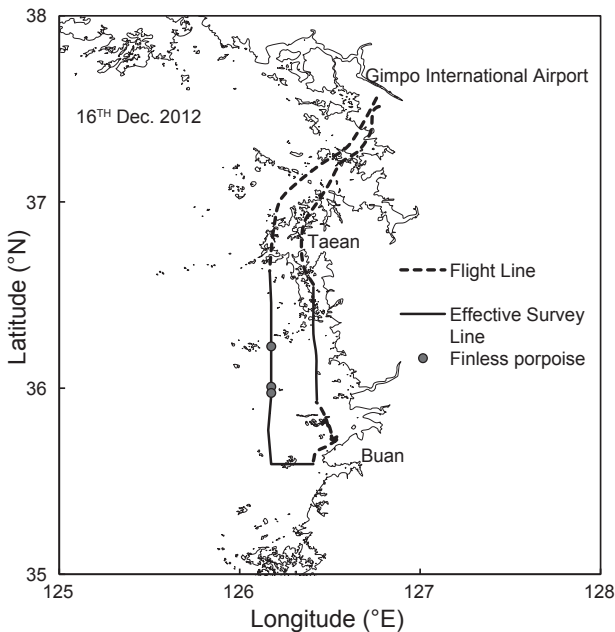


Fig. 2. Aerial survey lines and the sighting locations of finless porpoise *Neophocaena asiaeorientalis*. Bold solid lines indicate effective survey line. Dot lines indicate flight lines to move survey area and return to base and closed circles are the location of sightings

이 없다. 일본 연구는 항공기를 이용해 상괭이 조사를 실시했지만 선박을 이용한 조사의 경우는 없다. 따라서 상괭이 목시조사에 이용되는 선박과 비행기 각각의 조사수단에 대한 비교가 전무한 상태다.

본 연구는 상괭이가 주로 분포하는 서해 연안에서 항공 예비 조사를 실시하고 그 결과를 선박을 이용한 목시조사와 비교하여 서해에서 항공조사의 효과와 가능성에 대해 논하였다.

### 재료 및 방법

조사는 상위 날개형에 단발인 Cessna 206을 이용하였으며, 조사는 2012년 12월 16일에 실시되었다. 항공기에는 총 4명이 탑승하였는데, 기장과 부기장이 항공기를 운항하고, 두 명의 조

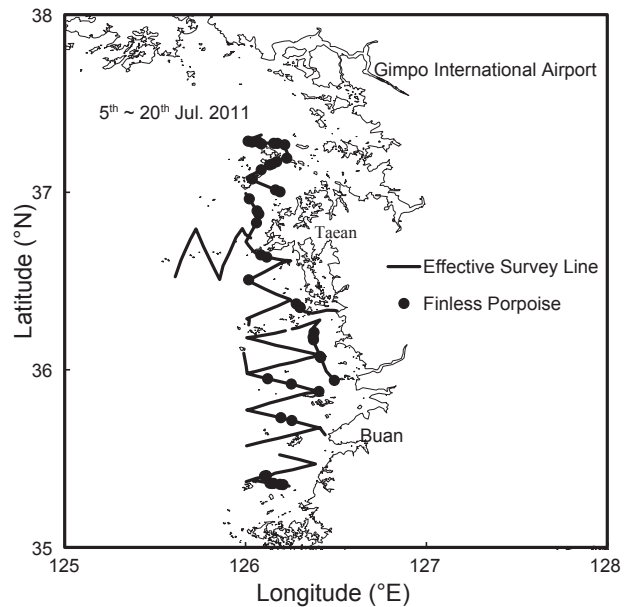


Fig. 3. Research vessel-operated survey lines and the sighting locations of finless porpoise *Neophocaena asiaeorientalis*.

사원이 탑승하여 각각 항공기의 좌측과 우측 창을 통해 상괭이를 관찰하였다(Fig. 1). 관찰방법과 비행기의 고도 및 속도는 Yoshida et al. (1997)의 방법을 적용하였다. 조사 지역에서 항공기가 최저속도(170 km/h)와 고도(90 m)로 비행하면서 수평을 유지할 때 후미석의 좌측과 우측의 창을 통해 관찰하였다.

조사지역은태안과부안사이의연안으로, 신진도에서위도까지 남하고, 연안 쪽으로 이동해 변산반도 인근에서 안면도로 북상하며 조사를 실시하였다(E126°10'482"~E126°25'702, N35°56'702"~N36°37'706").

항공조사 결과를 비교하기 위해 2011년 7월 5일부터 7월 20일까지, 서해에서 조사선을 이용해 수행된 조사 자료를 사용하였다. 이 조사는 Zhang et al. (2004)과 같은 해역에서 같은 방법으로 수행되었다. 조사에 영향을 미치는 바다상태는 풍속과 파고를 Beaufort wind force scale에 따라 나누어 비교하였다 (Huler, 2004).

### 결 과

항공조사가 이루어진 항로와 상괭이가 발견된 위치는 Fig. 2에서 보여주고 있다. 김포국제공항에서 이륙해 조사해역까지 비행하는 시간은 40분이 소요되었으며, 유효조사는 태안 신진도에서 시작하여 위도까지 73.68해리를 조사하였다. 연안 쪽으로 비행하며 조사하고, 부안에서 안면도까지 북상하면서 조사한 거리는 36.32해리로 총 110.00해리를 조사되었다. 유효조사가 이루어진 시간은 총 66분이었고, 유효조사 구간에서 최저 비행속도를 유지한 결과 평균비행속도는 172.5 km/h (±16.8

Table 1. Survey summary and comparison of sightings by Beaufort Scale of aerial survey and vessel survey, respectively

Beaufort Scale	Aerial survey for a day			Vessel survey for 7 days		
	Survey effort (n.m.)	Observed number	Detection rate (n/n.m.)	Survey effort (n.m.)	Observed number	Detection rate (n/n.m.)
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	182.15	30	0.165
3	-	-	-	105.85	11	0.104
4	110.00	3	0.027	115.38	0	0

km)였으며 평균비행고도는 192.7 m ( $\pm 22.7$  m)였다.

항공조사와 선박을 이용한 조사의 조사노력과 발견수는 Table 1과 같다. 항공조사 중 Beaufort Scale은 4를 기록하였다. 항공조사를 통해 상괭이를 총 3회 발견하였으며 모두 바깥 라인에서 발견하였고 안쪽 라인에서는 발견되지 않았다. 조사거리에 따른 발견율은 0.027 ind./n.m.이었다.

2011년 7월 조사선을 이용한 조사는 조사 기간 중 총 7일 조사가 수행되었고 이 기간 동안 일일 유효조사 거리는 총 403.38 해리였으며 일별로 많게는 82.16 해리, 적게는 30.09 해리의 조사가 이루어졌으며, 일일 평균 57.63 ( $\pm 16.91$ ) 해리의 조사가 이루어졌다(Fig. 3). 조사선을 이용한 조사에서 상괭이가 총 41회 발견되었으며, Beaufort scale이 2일 때 30회, 3일 때 11회를 기록하였다. 2일 때 발견율이 0.165 ind./n.m.로 3일 때인 0.104 ind./n.m.보다 높았다(t-test,  $P < 0.05$ ). 조사 중 바다기상이 Beaufort Scale 1일 때는 없었으며 Beaufort Scale이 4일 때에는 상괭이가 발견되지 않았다(Table 1).

## 고 찰

고래 목시조사는 바다 기상에 영향을 많이 받기 때문에 국제포경위원회(IWC)에서는 고래류 조사 가이드라인을 통해 Beaufort scale이 3을 넘지 않는 환경에서 조사할 것을 권장하고 있다(IWC, 2005). 특히 상괭이는 등지느러미가 없고 여러 마리가 모여 무리를 이루지 않기 때문에 바다의 수면이 고르지 않으면 발견하기 어렵다. 본 연구의 조사선을 이용한 조사에서도 Beaufort scale이 높을수록 발견율이 떨어지는 것으로 나왔으며 Beaufort scale이 4일 때는 전혀 발견되지 않아 이를 뒷받침하고 있다(Table 1). 단지 하루 동안 이루어진 항공조사는 Beaufort scale 4의 환경에서 수행되었지만 상괭이가 3회 발견되었다. 배를 이용한 조사에서는 상괭이가 수면 위로 부상해야 관찰할 수 있지만, 위에서 내려보는 항공조사는 상괭이가 수면 위로 부상하지 않아도 얕은 수심에 있을 때 관찰이 되기 때문에 Beaufort scale 4에서도 관찰이 되었다. 따라서 항공조사

Table 2. Average speed and elevation during survey was conducted effectively, and comparison with their referenced survey. Standard deviation is shown in parentheses

	This study	Reference (Yoshida et al., 1998)
Flying speed	172.5 ( $\pm 16.8$ ) km/h	167 km/h
Flying elevation	192.7 ( $\pm 22.7$ ) m	152 ( $\pm 4.3$ ) m

가 선박을 기반으로 한 조사보다 상괭이 관찰이 더 용이한 것으로 판단된다.

조사선을 이용한 조사는 총 16일의 조사 기간 중 기상문제로 7일만 조사가 가능했다. 하루 종일 기상이 허락되는 날은 일일 최대 82.16해리를 조사하였지만, 매일 조사 지점까지 이동하기 위해 1-2시간이 소비되었고, 며칠은 기상이 악화되어 하루 중 수 시간 동안만 조사가 가능하여 일일 최소 조사거리는 30.09 해리를 기록하였다. 반면 항공기를 이용한 조사는 일일 총 3시간 32분을 비행하면서 66분 동안 유효조사를 실시하였고 이 시간 동안 총 110.00해리를 조사하였다. 실제적인 조사시간은 총 비행시간의 31%에 불과했으나 조사선이 하루 10시간 이상 조사를 수행하는 것보다 더 많은 지역을 조사할 수 있으며, 기상이 허락되는 몇 시간을 이용하여 그 날의 조사를 완료할 수 있으므로 기상의 영향을 조사선보다 적게 받아 조사를 보다 더 집약적이고 효과적으로 수행할 수 있을 것이다. 그러나 조사선이 인근 항로의 이동이나, 묘박, 표박이 가능해 조사지역으로의 이동이 효과적이지만, 항공기는 병참학적인 문제가 있다. 항공기는 항상 공항으로 돌아와야 하며, 물류적인 문제로 모공항이 아닌 다른 공항을 이용하기가 어렵다. 또한 안보상의 이유로 민간 항공기가 이용할 수 있는 공항이 제한되어 있다. 따라서 조사지역을 남쪽으로 확대하면 실질적 조사 노력량이 줄어들어 효율성이 떨어지게 된다.

본 연구는 일본에서 상괭이를 대상으로 항공조사를 실시한 Yoshida et al. (1998)의 연구를 참고하여 조사를 실시하였다. 그러나 본 연구에서 항공기의 평균비행속도(172.5 km/h)와 평균고도(192.7 m)는 Yoshida et al. (1998)의 것(속도: 167 km/h, 고도: 152 m)을 초과하였다(Table 2). 조사라인을 비행하면서 맞닿은 구조물과 같은 장애물이나 대형 선박, 바람의 영향으로 그들의 기준을 따르기 어려웠으나 Beaufort scale 4의 환경에서도 상괭이를 관찰하였기 때문에, 본 연구의 높이와 고도에서도 조사가 가능한 것으로 판단된다. 그러나 고도의 표준편차가 22.7 m로 Yoshida et al. (1998)의 4.3 m보다 매우 컸다. 고도의 편차가 크면 자원량을 추정하기 위해 필요한 상괭이까지의 발견거리자료의 오차가 매우 커질 수 있다. 따라서 향후 균일한 조사노력으로 조사를 수행하고 이를 바탕으로 상괭이의 자원량을 추정하기 위해, 고도 편차를 줄이기 위한 방안과 조사경험 및 조사 설계가 필요할 것으로 생각된다.

## 사 사

조사에 적극적으로 참여해주신 탐구2호 직원 분들에게 감사드립니다. 본 연구는 국립수산과학원 2013년도 수산시험연구사업 “고래류 자원 및 생태 조사 (RP-2013-FR-102)”의 지원을 받아 수행되었습니다.

## References

- Amano M, Nakahara F, Hayano A and Shirakihara K. 2003. Abundance estimate of finless porpoises off the Pacific coast of eastern Japan based on aerial surveys. *Mamm Stud* 28, 103-110. <http://dx.doi.org/10.3106/mammalstudy.28.103>.
- Huler S. 2004. Defining the wind: The Beaufort scale, and how a 19<sup>th</sup>-century admiral turned science into poetry. Crown. ISBN-1-4000-4884-2.
- IWC. 2005. Report of the scientific committee. annex D. Report of the sub-committee on the revised management procedure. appendix 3. Requirements and guidelines for conducting surveys and analysing data within the revised management scheme. *J Cetacean Res Manage (Suppl)* 7, 92-101.
- Kasuya T, Yamamoto Y and Iwatsuki T. 2002. Abundance decline in the finless porpoise population in the inland sea of Japan. *Raff Bul Zoo* 2002. Suppl No. 10, 57-65.
- 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.
- Rowat D, Gore M, Meekan MG, Lawler IR and Bradshaw CJA. 2009. Aerial survey as a tool to estimate whale shark abundance trends. *J Exp Mar Bio and Eco* 368, 1-8.
- Slooten E, Dawson SM and Rayment WJ. 2004. Aerial survey for coastal dolphins: abundance of Hector's dolphins off the South Island west coast, New Zealand. *Mar Mam Sci* 20, 477-490.
- Sohn H, Park KJ, An YR, Choi SG, Kim ZG, Kim HW, An DH, Lee YR and Park TG. 2012. Distribution of whale and dolphins in Korea waters based on a sighting survey from 2000 to 2010. *Kor J Fish Aquat Sci* 45, 486-492. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2012.0486>.
- Wang JY, Frasier TR, Wang SC and White BN. 2008. Detecting recent speciation events: the case of the finless porpoise (genus *Neophocaena*). *Heredity* 101, 145-156.
- Yoshida H, Shirakihara K, Kishino H, Shirakihara M and Take-mura A. 1998. Finless porpoise abundance in Omura bay, Japan: Estimation from aerial sighting surveys *J Wild Manage* 39, 239-247.
- 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, 129-136.