



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

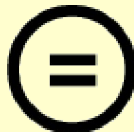
다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

이 학 박 사 학 위 논 문

2000 년대 초기 제주도에 서식하는
남방큰돌고래(*Tursiops aduncus*)의
분포특성과 풍도 추정



2011 년 2 월

부 경 대 학 교 대 학 원

해양생물학과

김 현 우

이 학 박 사 학 위 논 문

2000 년대 초기 제주도에 서식하는
남방큰돌고래(*Tursiops aduncus*)의
분포특성과 풍도 추정

지도교수 김 수 암

이 논문을 이학박사 학위논문으로 제출함.

2011 년 2 월

부 경 대 학 교 대 학 원

해양생물학과

김 현 우

김현우의 이학박사 학위논문을 인준함

2011 년 2 월 25 일



목 차

List of Figures	iii
List of Tables	v
Abstract	vi
I. 서론	1
국내 돌고래류 기록과 연구 현황	1
제주 해역에 출현하는 돌고래류	3
제주도의 남방큰돌고래에 대한 기록	4
남방큰돌고래의 생물학적 특성	5
연구목적	9
II. 제주도에 서식하는 남방큰돌고래의 미기록종 보고	11
서론	11
재료 및 방법	13
형태학적 분석	13
분자분석	13
결과	18
고찰	24
III. 사진을 통한 개체식별법과 남방큰돌고래의 분포특성	28
서론	28
재료 및 방법	31
목시조사 및 개체식별조사	31
개체식별 사진 등록 및 대조	32
결과	34
목시조사	34
사진을 통한 개체식별	34
고찰	43

IV. 남방큰돌고래의 자원량 추정	48
서론	48
자료 및 방법	50
결과	56
고찰	64
V. 남방큰돌고래의 혼획 현황	66
서론	66
자료 및 방법	69
결과	72
고찰	76
VI. 종합고찰	80
VIII. 요약	89
IX. 참고문헌	92
감사의 글	114



List of Figures

Fig. 1-1. External feature of an Indo-Pacific bottlenose dolphin, <i>Tursiops aduncus</i>	6
Fig. 1-2. Distribution map of Indo-Pacific bottlenose dolphins, <i>Tursiops aduncus</i>	8
Fig. 2-1. Sighting positions from vessel surveys 2007 to 2009 and sampling site of the CRI-001 specimen (<i>Tursiops aduncus</i>) off Jeju Island, Korea.	15
Fig. 2-2. Measurements of <i>Tursiops aduncus</i>	16
Fig. 2-3. Indo-Pacific bottlenose dolphin, <i>Tursiops aduncus</i> , illustrating morphological and color pattern.(A) Lateral view; (B) Dark spotting on the front ventral region.	22
Fig. 2-4. Skull of <i>Tursiops aduncus</i> (CRI-001) bycaught off the Jeju Island. (A) dorsal view; (B) ventral view; and (C) lateral view.	23
Fig. 3-1. An example of well photographed individual for the purpose of photo- identification. Note the unique scars and nicks on the dorsal fin as natural markers.	33
Fig. 3-2. Locations of Indo-Pacific dolphin pods sighted from the Photo-Identification surveys.	36
Fig. 3-3. Sighting frequency distribution of Indo-Pacific bottlenose dolphins during 11 photo-identification surveys off the Jeju Island.	39
Fig. 3- 4. An example of one of the most frequently re-identified individuals (ID No. 31).	40
Fig. 3-5. Gradual changes of scars and nicks on the dorsal fin (ID No. 46).	42
Fig. 3-6. An individual with no distinctive natural markers.	47

Fig. 4-1. Mother (ID No. 71) and calf surfacing. Note the fetal folds on the calf's body.	55
Fig. 4-2. Cumulative number of identified dolphins (n=89) between November 2007 and December 2009.	58
Fig. 4-3. Number of re-identified dolphins sighted between November 2007 and 2008.	59
Fig. 4-4. Number of re-identified dolphins sighted in 2009.	60
Fig. 5-1. A bycaught Indo-Pacific bottlenose dolphin landed up on Jongdal-ri, Jeju.	68
Fig. 5-2. An example of photo identification of an Indo-Pacific bottlenose dolphin (ID No. 21) live-captured off the Jeju Island. (A) was photographed on 6 th , February, 2009 near northwest coast of the Jeju Island. (B) was photographed on 17 th , November, 2009 in a dolphinarium located in the Jeju Island.	71
Fig. 5-3. Locations of the bycaught Indo-Pacific bottlenose dolphins between 2009 and 2010.	75
Fig. 5-4. A schematic diagram of a pound net in the waters off the Jeju Island (NFRDI, 2002).	79
Fig. 6- 1. A dolphin with dorsal fin injury of anthropogenic origin.	88

List of Tables

Table 2-1. Skeletal measurements and meristics of the <i>Tursiops aduncus</i> bycaught off the Jeju Island compared with other stocks (%CBL means percentage of condylobasal length)	26
Table 2-2. Osteological keys to the identification of <i>Tursiops</i> spp. (Wang et al., 2000a)	27
Table 3-1. Results of sighting surveys for the Indo-Pacific bottlenose dolphins off the Jeju Island	35
Table 3-2. The photo-identification survey efforts during all field seasons	38
Table 3-3. Residency patterns of 89 identified individuals off the Jeju Island. Gray cells indicate dolphin sightings	41
Table 4-1. The results of identified animals from the photo-identification surveys for each study periods (a) 2008; (b) 2009	61
Table 4-2. Criteria values (between 0-1, 0 = poorest fit, 1 = best fit) calculated from a model selection procedure in program CAPTURE. Model selection criteria are based on the linear discriminant function described by Otis et al. (1978) and Rexstad and Burnham (1991)	62
Table 4-3. Estimates obtained in 2008 and 2009 using closed population model M_{th}	63
Table 5-1. The status of Indo-Pacific bottlenose dolphins bycaught off the Jeju Island in 2009	73
Table 5-2. The status of Indo-Pacific bottlenose dolphins bycaught off the Jeju Island in 2010	74

Distribution patterns and population abundance estimates of
Indo-Pacific bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) off the Jeju
Island, Korea, in the early 2000s

Hyun Woo Kim

*Department of Marine Biology, The Graduate School
Pukyong National University*

Abstract

The bottlenose dolphins (*Tursiops* spp.) commonly inhabit Korean waters, including the coastal waters of the Jeju Island. They are one of the most widely studied species in marine mammalogy field. However, its taxonomic position was unclear because of the validity of this genus. The genus *Tursiops* has recently been determined to comprise two species: common bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) and Indo-Pacific bottlenose dolphin (*Tursiops aduncus*). Both *Tursiops* species look very similar. However, *Tursiops aduncus* is relatively smaller and slender than *Tursiops truncatus*. *Tursiops* sp. off the Jeju Island shows several distinct features can be identified as *T. aduncus*.

To confirm the taxonomic position of bottlenose dolphins frequenting the coastal waters of Jeju Island, the external morphology and osteology of the specimen from the Jeju Island were examined. The photographs of free-swimming individuals were also used for determining external morphological characters. The cranial and meristic measurements fell within the ranges of *T. aduncus*. Osteological ratios were also satisfied with those of *T. aduncus*. The presence of prominent ventral spot was observed among some individuals. The genetic data

agreed with morphological classifications. As results, the dolphins mainly distributed in the coastal waters off the Jeju Island were identified as Indo-Pacific bottlenose dolphins (*T. aduncus*) in terms of their cranial characters and ventral spotting. I propose its new Korean name, “Nam-bang-keun-dol-go-rae”.

Indo-Pacific bottlenose dolphins are mid-sized marine mammals distribute in warm temperate to tropical Indo-Pacific Ocean. The social structure is characterized by a typical fission-fusion type of society, where individuals show flexible grouping patterns. The group size commonly consists between 30~100 individuals.

Identification of individuals has become one of standard tools to the study of animal behavior and ecology. Numerous photographic identification works have been successfully conducted for studying various species of marine mammal populations. In this study, the validity of photo-identification method for the Indo-Pacific bottlenose dolphin was attempted from November 2007 to December 2009 sighting surveys. The residency patterns of Indo-Pacific bottlenose dolphins were also investigated using image data. During the 32 sighting surveys, a total of 12 pods were observed. The most frequently sighted size of dolphin pod was 40~50 individuals. The overall sighting rate was 0.01 pod/n.m. Most of Indo-Pacific bottlenose dolphins were sighted within 500 m from the coast line of northern part of the Jeju Island. During the 11 photo-identification surveys, a total of 2,381 dolphin images were taken. Scars and nicks on their dorsal fin as natural markers were constant or gradually changed in shape and location throughout time. These characteristics gave the opportunity to identify individuals within a population for a long survey period. The use of photo-identification has great potential for mark-recapture studies. 89 individuals were photographically identified by natural markers. Ninety four percent of them were re-sighted more than twice during the surveys. Such high percentages of re-sighting rate indicate that the Indo-Pacific bottlenose dolphins are resident stock off the Jeju Island.

Population abundance was calculated using mark-recapture methods applied to photo-identification data during a 2-year-study period. Using program CAPTURE,

total population of 124 individuals (95% CI = 104-143) in 2008 and 114 individuals (95% CI = 109-133) in 2009 were estimated. Their population size is relatively lower compared with the other dolphin populations reported around the world.

A population assessment of the Indo-Pacific bottlenose dolphins off the Jeju Island was conducted using the photo-identification data and several published demographic parameters. In order to assess the anthropogenic threats, bycatch events of the animals in the study area between 2009 and 2010 were investigated. The annual bycatch rate was estimated at 7.9%. Most of bycaught individuals were found in pound nets. The annual growth rate of the population was 3.4%. If present bycatch mortality do not change, the population would be drastically decreased. 85.7% of bycaught individuals in pound nets were found alive. If it is possible to release all of them, gradual population increase is expected. Fisheries bycatch, and where possible other anthropogenic impacts, need to be eliminated to allow population recovery. This is critical if the negative impact on the species is to be minimized and the dolphins are to continue to represent a socioeconomic resource in the region.

This study provides the data on distribution patterns, abundance estimates, population projection and status of Indo-Pacific bottlenose dolphins off the Jeju Island, Korea. However, little is known about the demographic parameters for these animals. To conserve resident dolphins off the Jeju Island, long term survey is required to monitor their population fluctuations and changes in age structure.

I. 서론

국내 돌고래류 기록과 연구 현황

고래류는 분류학적으로 수염고래아목(Suborder Mysticeti)과 이빨고래아목(Suborder Odontoceti)으로 구분된다. 수염고래아목에는 4과 6속 14종, 이빨고래아목에는 9과 33속 72종이 속해 있다(Jefferson et al., 2008). 일반적으로 체장 4 m 이상을 고래(whale), 4 m 이하를 돌고래(dolphin and porpoise)라고 칭한다. 한반도 주변 수역에는 수염고래류 3과 8종, 이빨고래류 3과 27종이 분포하는 것으로 알려져 있으며, 이 중 돌고래류는 13종이 서식하는 것으로 파악된다(Kim et al., 2007).

과거, 한반도 선사인들은 다양한 종류의 돌고래를 경제적으로 이용하였다. 울산의 반구대 암각화에서 볼 수 있는 고래와 돌고래 그림, 부산 동삼동 패총·연대도 패총 등 경남지방 해안가 여러 곳의 패총에서 발견된 돌고래뼈는 선사인들이 돌고래를 포획하여 다양한 생업도구와 식료 등의 목적으로 이용하여 그 효용가치가 높았음을 보여준다(Shin, 1994). 특히 경상남도 통영군 산양면 연곡리 연대도의 신석기시대 패총에서는 참돌고래·낮돌고래·큰돌고래 등 다양한 종류의 돌고래뼈와 이빨이 다수 출토되었으며 이중 큰돌고래의 이빨은 연대도 패총에서 출토된 발찌의 예로 보아 장신구로 이용된 흔적이 관찰된다(Jinju National Museum, 1993).

역사시대 이래로 고려시대까지 대형고래류의 좌초와 그 이용에 관한 기록은 삼국사기(三國史記)·삼국유사(三國遺事)·고려사(高麗史) 등의 문헌에 산발적으로 기록되어 있으나 돌고래와 관련된 기록은 찾아볼 수 없다(Park, 1995). 조선시대에 이르러 일부 문헌에 돌고래와 관련된 기록이 등장한다. 조선왕조실록(朝鮮王朝實錄)·난중일기(亂中日記) 등에는 수

차례에 걸쳐 상괭이로 추정되는 돌고래류의 표류·좌초에 대한 기록이 있으며 돌고래를 해돈(海豚)·하돈(河豚)·소경(小鯨) 등으로 칭하였다. 조선시대에는 주로 돌고래가 육지에 좌초하면 이를 습득하여 고기와 기름을 이용하였으나, 조선 후기에 이르러 일부 지방에서는 어민들이 근해로 진출해 돌고래를 포획하기도 한 것으로 보인다(Seo, 1840; Park, 1995). 조선 후기에는 실학사상의 영향으로 자산어보(玆山漁譜)·전어지(佃漁志) 등 해양생물학 관련 서적이 등장해, 국내 연안에 서식하는 범고래와 상괭이 등 일부 돌고래류의 생태가 기록되기도 하였다(Jeong, 1814; Seo, 1840).

상업적 포경이 본격화되기 시작한 19세기 말부터, 고래자원이 풍부했던 동해는 주변 열강의 주요 포경 장소가 되었다. 특히 러일전쟁 이후 러시아로부터 조선 연안의 포경권을 이어받은 일본은 해방 직전까지 동해에서 다수의 대형고래류를 포획하였다(Park, 1995). 그러나 상대적으로 산업적 가치가 낮은 돌고래류의 포획은 활발하지 않았다. 일제 강점기 동안 대형고래류의 포획 과정 중 부수적으로 200마리 미만의 돌고래류가 포획되었다. 당시 포경업을 담당한 조선수산개발주식회사는 한반도 연안에 분포하는 돌고래류로 참돌고래(*Delphinus* sp.), 낫돌고래(*Lagenorhynchus obliquidens*), 고추돌고래(*Lissodelphis borealis*), 상괭이(*Neophocaena phocaenoides*)를 기록하였다(Park, 1995). 이후 국내에 서식하는 포유류 현황을 최초로 정리한 문헌인 ‘한국동식물도감 제7권 동물편(포유류)’에는 점박이돌고래류(*Stenella* sp.)와 상괭이 두 종만이 기록되었다(Woon, 1967).

2000년대에 들어서, Kim (2002)의 연구를 통해 국내 연안에 서식하는 돌고래류의 분포현황과 각 종에 대한 명칭이 확립되어 돌고래류 연구의 기틀을 다지게 되었다. 이후 돌고래류에 의한 어장교란과 어업대상종 섭이와 같은 어업피해 저감 대책과 행동연구 등을 위한 음향 연구(Shin et al., 2001; Lee et al., 2005)가 본격적으로 수행되는 한편, 돌고래류를 해양생태관광 자원으로 개발하기 위하여 제주연안 큰돌고래를 대상으로 분포 모니터링과

관광 타당성 연구가 이루어지기도 하였다(Lee et al., 2008; Kim, 2009). 또한 서해에 서식하는 상괭이를 대상으로 이들의 먹이습성·분포·풍도에 관한 연구가 수행된 바 있다(Park et al., 2002; Zhang et al., 2004; Park et al., 2007). 이 밖에 An et al.(2004)은 우리나라 동해에서 발생하는 돌고래의 혼획에 대하여 정리하였다. 그러나 국내에서 돌고래류 생태 전반에 관한 연구는 여전히 부족한 실정이다.

제주 해역에 출현하는 돌고래류

제주도는 한반도 서남단에 위치한 국내에서 가장 큰 섬으로 해안 길이가 총 306.3 km이며, 면적은 1,848.5 km²에 달한다. 제주도 연안역은 쿠로시오해류에서 분파되어 제주도 남쪽에서 유입되는 대마난류수, 북쪽에서 유입되는 남해 연안수의 영향을 받으며, 하계에는 고온·저염의 중국대륙연안수, 동계에는 저온·저염의 황해저층냉수 유입되어 제주 연안의 서쪽에 영향을 미친다(Rho, 1985; Youn, 1986; Cho, 1988; Kim and Rho, 1994). 성질이 다른 수괴의 계절별 분포 양상에 따라 제주 연안의 생물상 또한 시공간적으로 급격히 달라진다. 그러나 수온전선대에 밀집하는 풍부한 먹이생물과 연중 영향을 미치는 대마난류수의 유입으로 인해 수온의 연교차가 적어 회유성 어종의 주요 섭이장 및 월동장이 되고 있다(Cha et al., 2001). 대마난류수는 열대와 아열대 생물인자를 온대해역으로 수송하는 역할을 하여, 제주 연안은 온대와 아열대 및 열대생물이 두루 분포하는 특이한 생물지리적 특성을 가지고 있다(KORDI, 2001). 제주 연안의 돌고래류 분포에서도 이러한 특성은 나타난다. 2004년부터 2009년까지 6년간 제주 연안에서 혼획 및 좌초된 돌고래류는 큰돌고래류(*Trusiops* spp.)가 총 31마리로 가장 많았고(57.4%), 이어 상괭이(*Neophocaena phocaenoides*) 21마리(38.9%), 들쇠고래(*Globicephala macrorhynchus*),

샛돌고래(*Lagenodelphis hosei*)가 각각 1마리씩 발견되었다(Kim, 2009). 이러한 제주도의 돌고래류 분포 특성은 온대·한대성 돌고래류인 참돌고래와 낫돌고래가 우점하는 동해와 확연한 차이를 보여준다(An et al., 2004).

제주도의 남방큰돌고래에 대한 기록

예로부터 제주도에서는 돌고래를 신성시하여 금구(禁句)로 취급하였고, 살아 있는 채로 혼획이 되더라도 죽이지 않았다(Jeju Development Institute, 2008). 제주도의 해녀들은 돌고래를 가리켜 곰새기·곰수기·곰새기·수애기·수어기·수해기 등의 다양한 이름으로 부르는데, 주로 제주도 서남부지역에서는 수애기, 동북부 지역에서는 곰새기라는 이름으로 알려져 왔다(Song, 2007; Kim, 2008).

돌고래가 속담이나 속설의 소재로 등장하는 것은 한반도에서는 찾아보기 힘들다. 그러나 제주도 연안에서 작업하는 해녀들 사이에서는 돌고래와 관련된 속담이나 속설을 흔히 찾아볼 수 있다. 해녀들은 돌고래가 서쪽에서 동쪽으로 지나가면 머지않아 큰 바람이 분다고 믿으며 돌고래 뒤에는 항상 상어가 따라다닌다고 믿는다. 제주도에는 ‘곰새기 올 때 궂인 것 하나 조친다(돌고래 올 때 상어가 따라온다)’, ‘왜곰새기 노는 딴 가지 말라(외톨이 돌고래 노는 데는 상어가 나타나므로 가지 말라)’라는 속설이 있다(Jeju-do, 1995). 상어는 곧바로 해녀들의 생명을 위협하는 공포의 대상이므로 돌고래가 나타나면 작업을 중지하고 경계한다고 한다(Jeju-do, 1994). 제주도 해녀들의 속설이나 속담을 통해서 돌고래가 자주 언급된다는 점과 조선왕조실록 중 선조실록(Sillokcheong, 1616)에 제주도의 돌고래가 언급되는 것으로 보아 예로부터 제주도 연안에서 돌고래를 쉽게 관찰할 수 있었던 것으로 보인다.

이번 연구를 위해 실시된 제주연안의 고래류 조사 결과, 큰돌고래류를

제외하고 다른 돌고래류가 관찰된 바 없다. 또한 제주도 현지에서 해녀들과 어민들에게 수애기 혹은 금새기라 부르는 돌고래의 형태에 대한 설명을 요청한 결과 남방큰돌고래의 형태를 정확하게 묘사하였다(An BJ et al., pers. comm.). 따라서 과거부터 제주도 연안에 흔히 출몰해왔던 돌고래는 남방큰돌고래임을 추론할 수 있다.

남방큰돌고래의 생물학적 특성

남방큰돌고래(*Tursiops aduncus*)는 분류학적으로 고래목, 이빨고래아목, 참돌고래과에 속하며 성체의 최대체장 2.7 m, 최대체중 230 kg 가량의 중형 돌고래이다(Jefferson et al., 2008). 체형은 개체 별로 다소 차이가 있으나 강건한 유선형의 체형에 중간 길이의 부리, 크고 약간 휘어진 등지느러미를 가지고 있어 돌고래류의 대표적인 외부형질특성을 고루 갖추고 있다. 체색은 일반적으로 등쪽이 짙은 회색을 띠고 복부로 갈수록 좀 더 밝은 회색이거나 분홍빛이 도는 회색이다. 성체의 경우 작은 반점이 복부에 산재하여 있는 경우가 많다. 그러나 미성숙 개체에서는 반점을 찾아볼 수 없다(Fig 1-1). 같은 속의 큰돌고래(*Tursiops truncatus*)와 매우 유사한 외형을 지녔으나 크기가 상대적으로 작으며, 체형이 좀 더 날렵하고 긴 부리를 가지고 있다(Wang et al., 2000a).

다양한 돌고래류 중 남방큰돌고래는 큰돌고래와 함께 인간에 대한 뛰어난 친화력과 인공시설에서의 높은 생존율을 바탕으로 널리 사육되기 시작하면서 대중적으로 가장 잘 알려진 종이다. 최근까지 이 종은 큰돌고래와의 형태적 유사성으로 인해 수십 년 동안 독립된 종으로 인정받지 못하였으나 금세기에 들어 유전학·골격학·외부형태학 연구를 통하여 남방큰돌고래를 큰돌고래와는 다른 종으로 구분하게 되었다(Wang et al., 1999; 2000a; 2000b).



Fig. 1-1. External feature of an Indo-Pacific bottlenose dolphin, *Tursiops aduncus*.



서식역은 인도양과 서태평양의 열대 및 온대 해역이며, 서쪽으로는 남아프리카공화국과 홍해에서부터 동쪽으로는 오스트레일리아와 일본의 동부, 솔로몬제도, 뉴칼레도니아까지 광범위하게 분포한다(Fig. 1-2; Wang and Yang, 2009). 대부분이 대륙붕이 분포하는 섬과 해안 주위의 천해에 서식한다. 국내에서는 제주도에서 유일하게 발견되고 있으며 제주도와 인접한 해역에는 중국 남부연안과 일본 규슈 해역에 분포하는 것으로 알려져 있다(Zhou and Qian, 1985; Shirakihara et al., 2003; Nanbu et. al., 2006).

생식활동은 연중 관찰되지만 주로 봄과 여름에 출산과 육아를 하는 것으로 보인다. 임신기간은 약 12개월 가량이고, 출산 후 이유기간은 약 18~24개월 정도이다. 12세 무렵 체장이 230~235 cm에 이르면 성적으로 성숙하게 된다.

서식하고 있는 수역에 분포하는 다양한 종류의 어류나 오징어류를 즐겨 섭이하나 가끔 새우와 같은 갑각류도 기회적으로 섭이한다(Cockcroft and Ross, 1990; Kakuda et al., 2002; Amir et al., 2005). 남방큰돌고래를 공격하는 포식자로는 백상아리·뱀상어와 같은 대형 상어류와 범고래가 알려져 있다(Cockcroft et al., 1989; Mann and Barnett, 1999).

남방큰돌고래의 군집형태는 30마리 가량의 무리를 구성하는 것이 일반적이나 간혹 100마리 이상의 무리가 발견되기도 한다(Shirakihara et al., 2002; Nanbu et. al., 2006). 계군 내의 사회적 구조는 하나의 계군 내에서 여러 무리가 유동적으로 이합-집산(fission-fusion)을 반복하는 형태로 널리 알려져 있다(Connor et al., 2000). 흑범고래·큰돌고래·참돌고래와 같은 다른 돌고래 무리와 혼재하여 무리를 이루는 경우도 있다(Wang and Yang, 2009).

남방큰돌고래의 서식역이 인간의 거주지와 겹치는 까닭에 일부 지역에서 산업적 이용을 위해 포획하거나 그물에 혼획되는 경우가 발생한다(Morisaka et al., 2005; Natoli et al., 2008). 스리랑카와 인도네시아 등지에서는 식용이나 뉘시미끼용으로 포획되기도 한다(Leatherwood et al., 1984).



Fig. 1-2. Distribution map of Indo-Pacific bottlenose dolphins, *Tursiops aduncus*.

수족관 전시를 목적으로 하는 생포는 타이완과 인도네시아 연안에서 빈번하게 행해지고 있으며(Reeves et al., 1994; Jefferson et al., 2008), 솔로몬 제도 등 일부 지역에서는 과도한 생포로 남방큰돌고래 자원관리가 원활히 이루어지지 않아 국제포경위원회(IWC; International Whaling Commission)와 멸종위기 야생동식물의 국제거래에 관한 협약(CITES; Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora)을 통해 국제적인 관심사로 대두되고 있다(IWC, 2009; Reeves and Brownell, 2009; Parsons et al, 2010).

국내에서는 고래포획 금지에 관한 수산자원 보호령에 따라 대형고래류와 함께 돌고래류 포획 또한 금지되어 있으므로 국내 서식지인 제주도에서의 인위적인 포획은 없다. 그러나 제주 연안을 따라 설치된 정치망에 의한 혼획이 매년 발생하고 있고, 혼획된 고래가 살아있을 경우에는 전시 및 돌고래쇼용으로 이용하기 위해 그 중 일부가 생포되지만, 방류되는 경우가 드물다. 따라서 이에 대한 대책이 필요한 실정이다.

연구목적

남방큰돌고래는 오랜 세월 동안 제주도 연안에 분포하며 지역민들의 속담에 등장할 만큼 인간과 큰 유대관계를 가져온 해양포유류이다. 그러나 이들을 대상으로 한 기초 생태연구조사는 물론 분류학적 위치조차 파악되지 않은 실정이다. 남방큰돌고래는 뛰어난 환경적응력으로 인해 돌고래쇼에 주로 이용되는 종으로 높은 산업적 가치를 지니고 있다. 이로 인해 국내의 일부 동물원과 수족관에서 혼획되어 생포된 제주도의 남방큰돌고래를 사육하고 있다. 그러나 제주도에 서식하는 남방큰돌고래 계군에 대한 자원생태학적 연구가 이루어지지 않은 상태에서 이 계군을 산업적으로 이용한다는 것은 이들의 영속성에 부정적인 영향을 끼칠 수 있다.

따라서 이번 연구에서는 지금까지 큰돌고래로 알려져 왔던 제주도 남방큰돌고래의 분류학적 위치를 재정립하여 국명을 부여하고자 한다. 또한 사진을 통한 개체식별법을 통해 제주도 연안에 서식하는 남방큰돌고래의 분포특성을 파악하고, 이를 통해 자원량을 추정하여 남방큰돌고래 자원을 효율적으로 관리하는 방안을 제시하고자 한다.



II. 제주도에 서식하는 남방큰돌고래의 미기록종 보고

서론

큰돌고래류(genus *Tursiops*)는 전세계 열대역과 온대역 사이의 연안에 서식하며, 국내에도 혼획 및 좌초기록과 목시조사를 통해 동해 및 제주도 근해에서 서식하는 것으로 알려져 있다(An et al., 2004; Kim et al., 2005; Kim et al., 2007). 이들은 인간과의 접촉을 회피하지 않는 행동 특성으로 고래류 중 가장 광범위하게 연구된 분류군 중 하나이다. 그러나 지역에 따라 다양한 형태학적 특성을 보여 이들의 분류학적 연구에는 그 동안 많은 혼란이 있어왔다. 과거 많은 분류학자들이 본 속의 돌고래류를 *Tursiops gillii* (Dall, 1873), *Tursiops nuuanu* (Andrews, 1911), *Tursiops gephyreus* (Lahille, 1908) 등 20종 이상의 다양한 명칭으로 분류하였으나(Hershkovitz 1966; Ross, 1977; Rice, 1998) 최근까지 이 속에는 *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821) 한 종만이 존재할 뿐 나머지는 동종이명으로 간주하는 경향이 다분하였다(Tomilin, 1957; Ross and Cockcroft, 1990; Jefferson et al., 1993; Gao et al., 1995; Mead and Potter, 1995).

최근에 이르러서야 중국과 타이완 사이에 서식하는 큰돌고래류를 대상으로 한 유전학적·형태학적·골격학적 연구를 통해 큰돌고래속에는 *T. truncatus* 와 *T. aduncus* (Ehrenberg, 1832) 두 가지 종이 존재한다는 것이 밝혀졌다(Wang et al., 1999; 2000a; 2000b). 이후 큰돌고래의 서식역에서 벌어진 후속 연구들이 이 주장을 강하게 뒷받침하였다(Hale et al., 2000; Möller and Beheregaray, 2001; Yang et al., 2005). 한편 *T. aduncus*는 같은 속의 *T. truncatus*보다 오히려 같은 과 내의 *Stenella* spp. 및 *Delphinus*

spp.와 유전적으로 더 유사하다는 주장도 제기된 바 있어(LeDuc et al., 1999; Natoli et al., 2004) 향후 분류학적 재검토가 필요하다.

큰돌고래속은 국내에 오직 *T. truncatus* 한 종만이 보고되어 있다. 그러나 Kim et al. (2007)은 제주도 연안에 서식하는 큰돌고래의 외부형태가 일반적인 큰돌고래보다 부리가 더 길고 체형이 가늘다는 점을 지적하였다. 이러한 외부형태의 특성은 *T. aduncus*의 전형적인 특성이므로 제주도에 서식하는 무리가 *T. aduncus*일 가능성이 높다고 판단하여 이번 연구를 진행하였다. 이번 연구의 목적은 제주도에 서식하는 큰돌고래가 *T. aduncus*임을 증명하여 국명을 부여하는 것과 이들의 골격학적·외부형태학적 형질에 대한 자료를 제공하는 데 있다.



재료 및 방법

형태학적 분석

제주도에서의 현장조사를 통해 촬영된 남방큰돌고래의 사진으로 외부특징을 관찰하였다. 조사선박을 이용해 돌고래 무리와 조우할 때까지 목시조사를 실시하였으며(Fig. 2-1) 조우 이후, 외부특징 관찰을 위하여 사진촬영을 하였다.

외부형질 및 골격형질 측정을 위한 표본은 2008년 8월 11일 제주도 종달리 인근의 정치망에서 혼획된 미성숙 수컷(등록번호: CRI-001)을 이용하였다(Fig. 2-1; 126°55'E, 33°31'N). 표본이 혼획되어 폐사한 것을 현장에서 발견하고 육지로 양육하여 Norris (1961)의 방법에 따라 외부형태형질을 0.1 cm 단위로 줄자를 이용해 계측하였으며 주둥이의 최대폭을 추가적으로 계측하였다. 골격형질을 측정하기 위해 표본을 박피하고 근육 및 내장을 적출하였다. 이후 골격이 섞이지 않게 구분하여 수조에 침전시키고 수온을 38℃로 유지하였으며 에어레이션을 지속적으로 하여 골격에 남아있는 불필요한 조직을 분해하였다. 이러한 과정을 1개월간 지속하여 잔여조직이 제거된 골격을 얻은 후 측정을 실시하였다. 측정방법은 Perrin (1975) 과 Wang et al. (2000a) (Fig. 2-2)을 따랐으며 버니어 캘리퍼스를 이용하여 0.01 mm 단위로 계측하였다. 계수형질로 이용하기 위해 치식(dental formula)과 척추골식(vertebral formula)을 구하였다. 조사 후 골격표본은 국립수산물과학원 고래연구소(Cetacean Research Institute, CRI)에 등록, 보관하였다.

분자분석

유전자 분석을 위한 Total DNA는 MagExtractor-genomic DNA 정제

키트(Toyobo Co. Ltd)를 통해 MagExtractor MFX-6100 (Toyobo Co. Ltd)를 이용하여 CRI-001의 근육조직으로부터 추출하였다. 동정을 위해 미토콘드리아 DNA (mtDNA)의 cytochrome *c* oxidase I (COX I)를 direct sequencing하였다. COX I 부분은 VF1_t1; 5'-TGT AAA ACG ACG GCC AGT TCT CAA CCA ACC ACA AAG ACA TTG G-3' (Invanova et al., 2006)와 FishR2_t1; 5'-CAG GAA ACA GCT ATG ACA CTT CAG GGT GAC CGA AGA ATC AGA A-3' (Ward et al., 2005) primer를 통해 증폭되었다.

10× reaction buffer 5.0 µL, 2.5 mM dNTPs 4.0 µL, VF1_t1; 5' primer 2.5 µL, FishR2_t1; 5' primer 2.5 µL (각각 10 µM), DNA template 5.0 µL, ExTaq DNA polymerase (Takara) 0.25 µL를 섞은 혼합물에 증류수를 50 µL가 될 때까지 증류수를 넣었다. 이번 연구에 사용된 증폭 조건은 initial denaturation 95℃에서 11분; PCR reaction 35 cycles (denaturation 94℃에서 1분; annealing 65℃에서 1분; extension 72℃에서 1분); final extension step 72℃에서 5분으로 하였다.

정제는 PCR Purification Kits (Qiagen Co. Ltd)을 이용하였으며, 염기서열은 ABI3100 Prism automatic DNA sequencer (Applied Biosystems Inc.)에서 BigDye 3.1 Termination system (Applied Biosystems Inc.)를 이용하여 얻었다.

염기서열의 정렬은 Bioedit ver 7.0 (Hall, 1999)을 통하여 이루어졌다. 이상과 같은 과정을 통해 얻어진 DNA sequence는 미국 국립생화학정보센터(National Center for Biotechnology Information, NCBI)의 염기서열검색도구인 BLAST program (Altschul et al., 1997, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>)을 이용하여 Genbank에 등록된 다른 돌고래류들의 DNA sequence와 비교하였다.

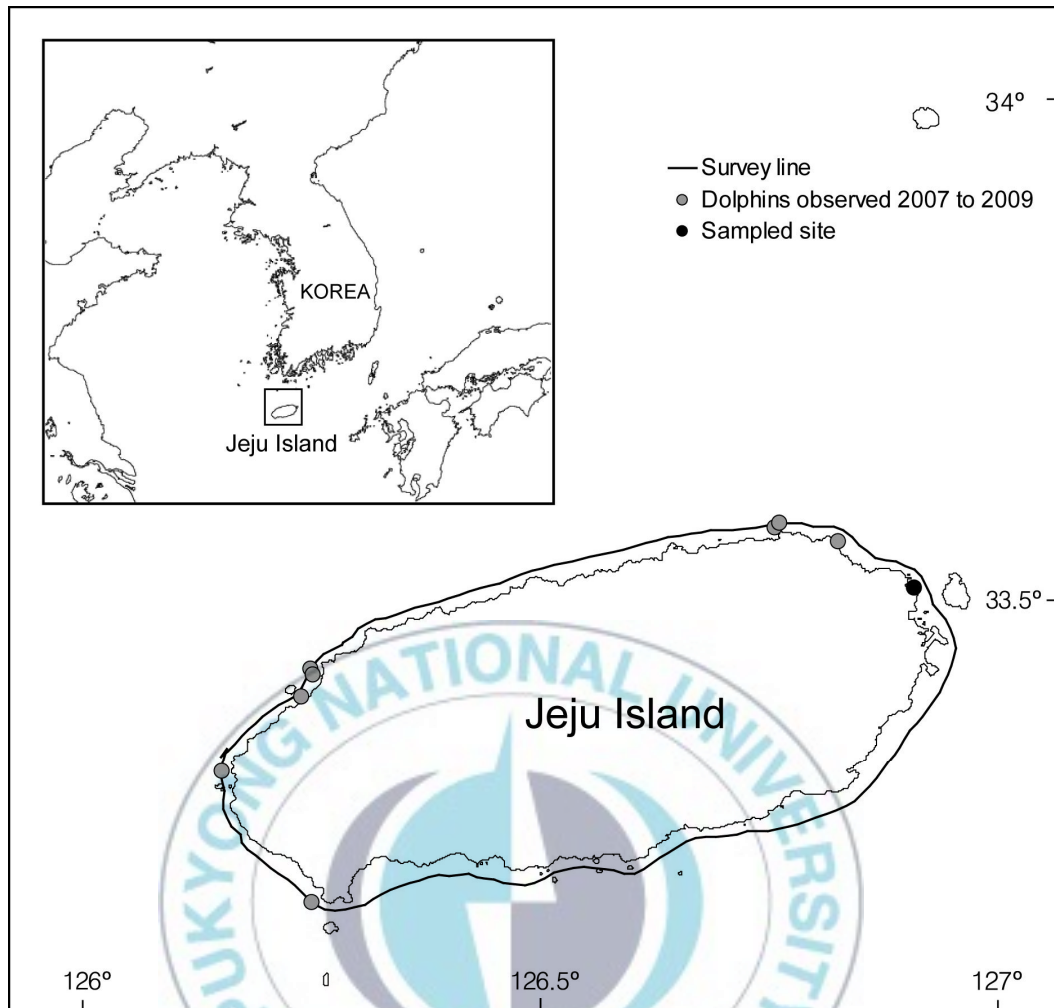


Fig. 2-1. Sighting positions from vessel surveys 2007 to 2009 and sampling site of the CRI-001 specimen (*Tursiops aduncus*) off Jeju Island, Korea.

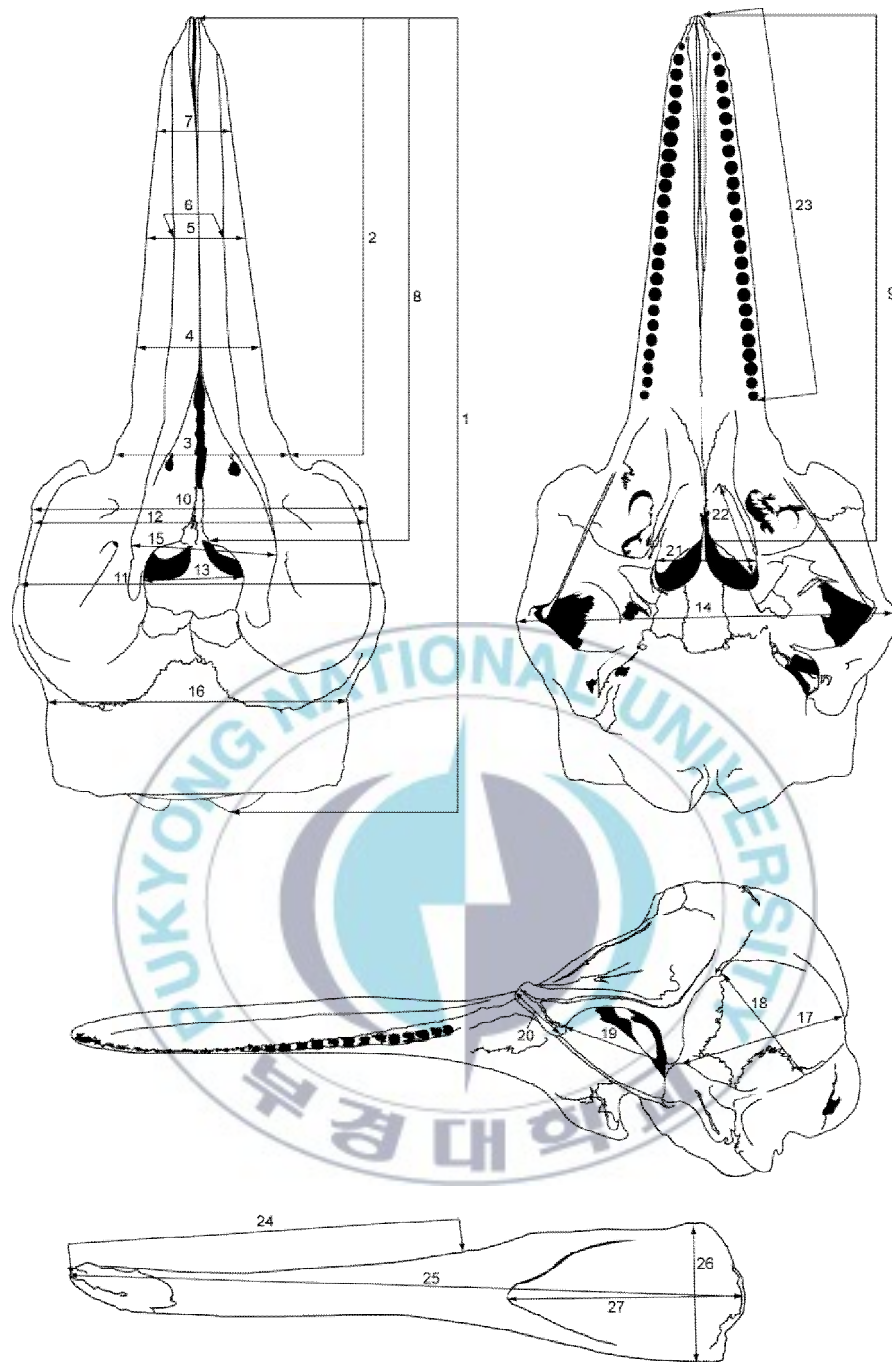


Fig. 2-2. Measurements of *Tursiops aduncus*.

Fig. 2-2. (continued). 1: Condylbasal length; 2: Length of rostrum; 3: Width of rostrum at base; 4: Width of rostrum at 60mm from base; 5: Width of rostrum at midlength; 6: Width of premaxillaries at midlength of rostrum; 7: Width of rostrum at 3/4 length; 8: Distance from tip of rostrum to external nares; 9: Distance from tip of rostrum to internal nares; 10: Greatest preorbital width; 11: Greatest postorbital width; 12: Least supraorbital width; 13: Greatest width of external nares; 14: Greatest width across zygomatic processes of squamosal; 15: Greatest width of premaxillaries; 16: Greatest parietal width; 17: Greatest length of left posttemporal fossa; 18: Greatest width of left posttemporal fossa; 19: Length of left orbit; 20: Length of antorbital process of left lacrimal; 21: Greatest width of internal nares; 22: Greatest length of left pterygoid; 23: Length of upper left tooth row; 24: Length of lower left tooth row; 25: Greatest length of left ramus; 26: Greatest height of left ramus; 27: Length of left mandibular fossa.



결과

SYSTEMATIC ACCOUNT

Phylum Chordata 척삭동물문

Class Mammalia 포유강

Order Cetacea 고래목

Family Delphinidae 참돌고래과

***Tursiops aduncus* Ehrenberg, 1832**

(국명신청: 남방큰돌고래) (Fig. 2-3, 2-4; Table 2-1)

Delphinus aduncus Ehrenberg, 1832 (type locality: Belhosse Island, Dahlak Archipelago, Ethiopia).

Tursiops truncatus: Ross and Cockcroft, 1990: 329 (Australian waters); Gao et al., 1995:121 (China)

Tursiops aduncus: Pilleri and Gahr, 1972: 95 (Pakistan); Ross, 1977: 135 (South African waters); Zhou and Qian, 1985: 16 (China); Wang et al., 2000a: 147, 2000b: 1157 (Penghu Islands, Taiwan) Shirakihara et al., 2003: 654 (Amakusa-Shimoshima Island, Japan)

관찰표본

기재

현장조사를 통해 관찰된 외부형태

몸은 유선형으로 강건한 체형이다. 짙은 회색의 등 표면은 꼬리 쪽으로 갈수록 색이 옅어지며, 복부의 색은 밝은 회색에서 백색을 띤다. 두부는 둥글며 약간 융기된 느낌이다. 짙은 회색의 띠 무늬가 눈에서 이마로

이어진다. 주둥이는 도드라지게 돌출되며, 아래턱은 위턱 끝부분보다 확장되어 있다. 가슴지느러미는 길고 그 끝이 뾰족하다. 등지느러미는 낫 모양 또는 삼각형이며, 등의 가운데 위치한다. 등지느러미의 뒷가장자리는 살짝 휘어져 있으며 대다수의 개체에서 굵은 흔적이나 상처자국이 발견된다. 꼬리자루는 두꺼우며, 꼬리지느러미의 가장자리는 안쪽으로 굴곡져 있다. 꼬리지느러미의 중앙부에는 뚜렷한 벤자리가 관찰된다(Fig. 2-3A). 상당수 성체의 복부에는 작은 반점이 산재해 있다(Fig. 2-3B).

외부형태 형질 측정

체장(위턱 끝 - 꼬리지느러미 벤자리) 215.0 cm, 주둥이 길이 13.0 cm, 주둥이의 폭 8.5 cm, 위턱 끝 - 입끝 23.1 cm, 위턱 끝 - 분기공 중앙부 30.2 cm, 위턱 끝 - 눈 중앙부 32.0 cm, 위턱 끝 - 콧구멍 40.5 cm, 위턱 끝 - 가슴지느러미 기부 53.5 cm, 위턱 끝 - 등지느러미 후단 132.5 cm, 위턱 끝 - 배꼽 중앙 97.8 cm, 위턱 끝 - 생식기 중앙부 145.1 cm, 위턱 끝 - 항문 중앙부 165.3 cm, 등지느러미 최대폭 46.3 cm, 등지느러미 높이 23.2 cm, 가슴지느러미 전단 길이 39.0 cm, 가슴지느러미 후단 길이 27.5 cm, 가슴지느러미 최대폭 14.0 cm, 꼬리지느러미 폭 49.4 cm, 꼬리지느러미 분기점 - 기저 18.9 cm, 항문위치 몸통둘레 125.6 cm, 배꼽위치 몸통둘레 92.3 cm.

CRI-001의 두개골 측정치와 계수형질은 Table 2-1에 나타내었다. 두개골을 측면에서 보았을 때, 끝부분에서 2/3 지점에 상악골 중간부의 융기가 뚜렷하게 관찰되었다. 또한 윗면에서 보았을 때 동일 위치에서 상악골이 좁아지는 양상이 나타났다(Fig. 2-4).

척추골식은 C7, T12, L16, Cd24 이었으며 추가로 미추골 하부에 13개의 혈관궁골(chevrons)이 존재하였다. 경추골 중 1번과 2번은 융합되어 있었다.

두개골 각 부위의 비율

전상악골의 융기부에서부터 부리 끝까지의 길이(TPC; Tip of rostrum to the apex of the premaxillary convexity) / 두개골 전장(CBL; Condylbasal length) 0.365; 전상악골의 융기부에서부터 부리 끝까지의 길이(TPC) / 부리의 길이(LR; Length of rostrum) 0.640; 전상악골의 융기부에서부터 부리 끝까지의 길이(TPC) / 상부 좌측 치주열 길이(LUTR; Length of upper left tooth row) 0.732; 외비공의 최대 폭(GWEN; Greatest width of external nares) / 두정골의 최대 폭(GPW; Greatest parietal width) 0.304.

분자분석

CRI-001 mtDNA COX I 유전자의 660 bp 염기서열을 분석한 결과, Genbank datadase에 저장되어 있는 *Tursiops aduncus* (Accession no. EU557092; Xiong et al., 2009)의 염기서열과 99% 일치하였다.

분포

남방큰돌고래는 인도양과 서태평양의 온대 및 열대 연안역에 분포한다. 남아프리카에서부터 일본 중부와 오스트레일리아 남부까지가 그 서식역이다. 우리나라 주변에서는 일본의 Kagoshima Bay, Amami Islands 와 Amakusa-Shimoshima Island 에 서식하는 것으로 알려져 있으며(Miyazaki and Nakayama, 1989; Nanbu et al., 2006; Shirakihara et al., 2003) 타이완 해협에도 남방큰돌고래가 서식한다(Wang et al., 1999, 2000a, 2000b).

위내용물 분석

CRI-001은 해안가로부터 100 m 가량 떨어진 곳에 설치된 정치망에 혼획되었다. 본 종은 주로 해안선과 근접하여 분포하는 것으로 알려져 있다(Shirakihara et al., 2002; Kogi et al., 2004). 위내용물 조사를 위해

전위를 해부한 결과 반 정도 소화된 두족류와 다양한 종류의 어류골격, 18개의 두족류 부리(윗부리 10개, 아래부리 8개), 38개의 두족류 및 어류의 수정체를 확인하였다. 두족류는 일부 확인 가능한 촉수와 부리를 통해 살오징어(*Todarodes pacificus*)로 동정되었고, 어류는 전상악골과 하악골을 통해 갈치(*Trichiurus lepturus*)로 동정되었다. 기타 두족류와 어류는 동정되지 않았다.





Fig. 2-3. Indo-Pacific bottlenose dolphin, *Tursiops aduncus*, illustrating morphological and color pattern. (A) Lateral view; (B) Dark spotting on the front ventral region.

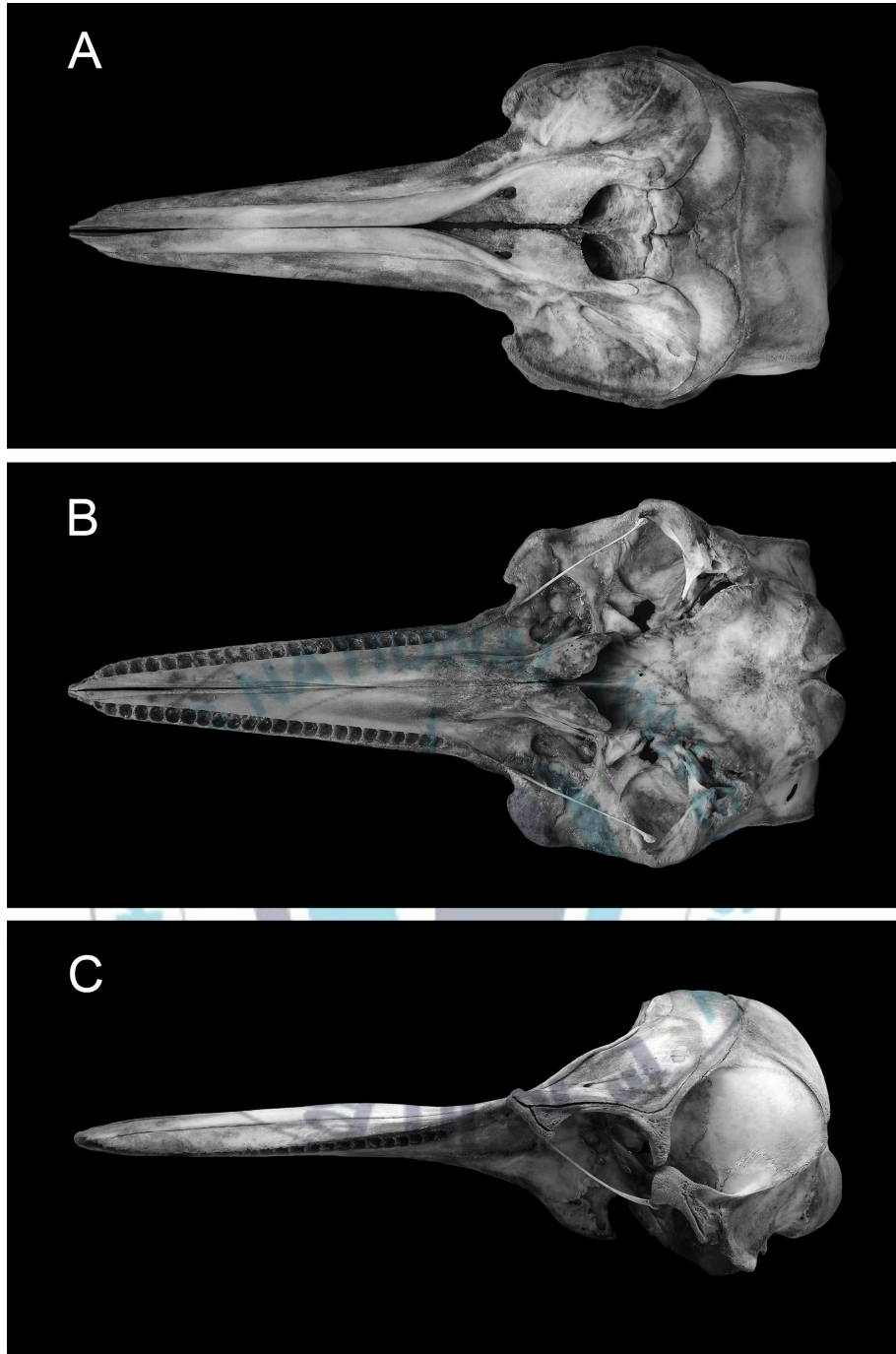


Fig. 2-4. Skull of *Tursiops aduncus* (CRI-001) bycaught off the Jeju Island. (A) dorsal view; (B) ventral view; and (C) lateral view.

고찰

현장에서 관찰된 일부 개체에서는 이마와 눈 사이를 잇는 진회색의 띠 무늬가 관찰되었다. 또한 대다수 성숙개체의 복부에는 반점이 산재하였는데 이러한 외형적 특징은 남방큰돌고래의 전형적인 특징이다(Ross, 1977; Ross and Cockcroft, 1990; Wang et al., 2000b; Shirakihara et al., 2003).

Wang et al. (2000b)은 *T. aduncus* 와 *T. truncatus* 사이의 외부형태 차이를 발견하였는데, 전장(TBL; total body length) 대비 주둥이의 길이(RL; rostrum length)와 체장 대비 주둥이에서 눈까지의 길이(SEY; snout to eye length)의 비율이 두 종간에 겹치지 않는다는 점을 밝혔다. RL/TBL과 RL/SEY 비율이 *T. aduncus*의 경우 6.0과 40.3을 나타내었고 *T. truncatus*의 경우 3.9 와 28.8을 나타내었다. CRI-001의 RL/TBL은 6.0, RL/SEY은 40.8을 나타내어 *T. aduncus*의 비율과 일치하였다.

CRI-001의 두개골 표본을 측면에서 보았을 때 상악골 중간부의 융기가 관찰되었고(premaxillary convexity), 상면에서 보았을 때 상악골 중간부가 좁아지는 양상(narrowing in the premaxillae)을 나타내었는데 이는 남아프리카와 중국 연해의 *T. aduncus*의 연구결과와 부합한다. 두개골 측정결과와 계수형질 또한 남아프리카와 중국 연해에 서식하는 *T. aduncus*의 결과와 일치한다(Ross, 1977, 1984; Wang et al., 2000a; Table 2-1).

External nares/Greatest parietal width를 제외한 모든 동정을 위한 골격학적 비율은 Wang et al. (2000a; Table 2-2)에 의해 제시된 *T. aduncus*의 비율과 일치한다.

CRI-001의 mtDNA COX I 유전자는 Genbank datadase에 저장되어 있는 다양한 고래류의 DNA sequence 중 *Tursiops aduncus* 와 99% 일치하여 가장 높은 값을 나타내었으므로 DNA 분석 결과 또한 외부형태적 형질과 골격학적 형질 분석에서 보여지는 특징과 함께 제주도에서 관찰되는

Trusiops sp.가 *T. aduncus*로 동정될 수 있음을 강하게 뒷받침하고 있다.
따라서 이들의 국명을 남방큰돌고래로 신청한다.



Table 2-1. Skeletal measurements and meristics of the *Tursiops aduncus* bycaught off the Jeju Island compared with other stocks (%CBL means percentage of condylobasal length)

	Jeju Island (Present study)		South African waters (Ross, 1977, 1984)			Chinese waters (Wang et al., 2000a)		
	CRI-001	%CBL	n	Mean (Range)	%CBL	n	Mean (Range)	%CBL
(a) Cranial characters (mm)								
Condylobasal length	473.1		33	472.7 (433.0-507.1)		18	485.1 (450.7-529.1)	
Length of rostrum	270.1	57.1	33	271.9 (250.0-297.0)	57.5	18	282 (258.0-317.4)	58
Width of rostrum at base	103.98	22	33	112.3 (100.9-125.0)	23.8	19	115.8 (103.4-134.0)	23.9
Width of rostrum at 60mm from base	70.07	14.8						
Width of rostrum at midlength	58.91	12.5	32	64.9 (56.0-74.9)	13.8	18	64.2 (56.3-71.3)	13.3
Width of premaxillaries at midlength of rostrum	30.38	6.4						
Width of rostrum at 3/4 length	44.42	9.4	33	48.8 (34.0-59.8)	10.3	17	50.3 (41.0-60.6)	10.5
Distance from tip of rostrum to external nares	319.45	67.5	33	316.9 (294.0-343.0)	67	14	328.5 (298.4-366.1)	66.9
Distance from tip of rostrum to internal nares	314.1	66.4						
Greatest preorbital width	194.89	41.2	32	203.4 (180.1-219.8)	43	18	201.9 (177.0-230.1)	41.6
Greatest postorbital width	217.29	45.9	32	230.2 (202.2-251.0)	48.7	14	223.4 (200.0-245.3)	46
Least supraorbital width	196.8	41.6	33	207.3 (187.1-225.0)	43.9	18	199.5 (175.3-226.3)	41.1
Greatest width of external nares	56.52	11.9	33	54.4 (50.0-61.0)	11.5	18	58.7 (54.0-70.3)	12.1
Greatest width across zygomatic processes of squamosal	218.66	46.2	30	229.6 (197.9-251.0)	48.5	13	230.6 (209.0-251.3)	47
Greatest width of premaxillaries	81.55	17.2	33	83.4 (76.8-90.1)	17.7	18	86.2 (77.1-100.0)	17.8
Greatest parietal width	186.04	39.3						
Greatest length of left posttemporal fossa	102.31	21.6						
Greatest width of left posttemporal fossa	75.77	16						
Length of left orbit	59.45	12.6						
Length of antorbital process of left lacrimal	43.66	9.2	21	44.8 (38.1-52.8)	9.52	14	46.1 (40.1-51.2)	9.4
Greatest width of internal nares	52.46	11.1						
Greatest length of left pterygoid	61.52	13						
Length of upper left tooth row	236.3	49.9	31	224.8 (208.0-245.0)	47.6	19	236.9 (209.4-265.9)	48.7
Length of lower left tooth row	234.15	49.5	30	226.9 (212.0-248.0)	48.2	18	243.9 (228.2-267.6)	50
Greatest length of left ramus	400.25	84.6	30	399.6 (372.8-422.0)	84.8	17	416 (385.9-460.9)	85.1
Greatest height of left ramus	81.42	17.2	30	83.2 (71.9-90.2)	17.7	17	82.6 (76.9-92.7)	16.9
Length of left mandibular fossa	141.27	29.9						
(b) Meristic characters								
No. teeth-upper left	26		33	25.8 (24-28)		20	25.2 (23-27)	
No. teeth-upper right	26		33	25.3 (24-28)		20	25.4 (24-28)	
No. teeth-lower left	27		29	25.9 (23-28)		19	25.7 (23-28)	
No. teeth-lower right	27		30	26.1 (23-29)		19	25.6 (24-28)	
Total No. teeth	106		29	102.9 (97-111)		19	102 (96-111)	
No. vertebrae	59		9	61 (59-62)		19	60.2 (59-62)	

Table 2-2. Osteological keys to the identification of *Tursiops* spp. (Wang et al., 2000a)

Osteological key	CRI-001	<i>T. aduncus</i>	<i>T. truncatus</i>
Greatest width of external nares/Greatest parietal width	0.304	≥ 0.313	≤ 0.306
Tip of rostrum to the apex of the premaxillary convexity/Condylobasal length	0.365	≥ 0.352	≤ 0.346
Tip of rostrum to the apex of the premaxillary convexity/Length of upper left tooth row	0.732	≥ 0.723	≤ 0.719
Tip of rostrum to the apex of the premaxillary convexity/Length of rostrum	0.640	≥ 0.607	≤ 0.606



Ⅲ. 사진을 통한 개체식별법과 남방큰돌고래의 분포특성

서론

고래류 조사에 사용되는 방법으로는 목시조사, 좌초되거나 혼획된 고래의 분석, 유전 분석을 위한 Biopsy 샘플 채취, 사진을 통한 개체식별, 과학 포경, 위성송수신장치 부착 조사 등이 있다. 그러나 우리나라에서 이러한 모든 조사가 적용 가능한 것은 아니다. 1986년 IWC의 결의에 따라 상업포경 모라토리엄이 선언된 이후로 상업포경을 통해서는 더 이상 고래 샘플을 구할 수 없게 되었다. 이에 따라 일본과 같이 과학적 포경을 실시하지 않는 이상 고래의 실물 샘플을 구할 수 있는 방법은 혼획이나 좌초된 고래에서만 얻을 수밖에 없어 매우 제한적이다.

근래에 들어 해양포유류 연구 분야에서 개체수가 심각하게 줄어든 개체군을 대상으로 직접 포획하지 않고 조사할 수 있는 여러 가지 방법들이 발전하였다. 이중 대표적인 것으로 사진촬영을 통한 개체식별조사(Photo-Identification method)를 들 수 있다. 이 방법은 개체 간에 발생하는 유의한 외부형태 차이를 사진촬영을 통해 구분하는 것이다.

1950년대부터 인공표지를 이용한 개체식별 연구가 활성화된 이후, 일부 대형 척추동물은 개체마다 가지는 고유의 자연표지를 통해 개체식별이 가능하다는 것이 알려졌다. 얼룩말(Klingel, 1965; Peterson, 1972), 검은코뿔소(Goddard, 1966; Mukinya, 1973), 기린(Foster, 1966), 아프리카코끼리(Douglas-Hamilton, 1973), 사자(Schaller, 1972), 캥거루(Goodall, 1986) 등의 육상포유류를 대상으로 이루어진 일련의 연구를 통해

개체군 내에서의 자연표지에 의해 개체를 식별하는 기술은 점차 가다듬어지고 발전하였다. 이후 1970년대 초반부터 고래류에 대한 장기조사가 본격적으로 수행되면서 이들의 생태를 파악하기 위한 주요 조사방법으로 사진을 통한 개체식별법이 각광받기 시작하였다. 초기에는 범고래(Balcomb et al., 1982; Bigg, 1982), 혹등돌고래(Saayman and Tayler, 1973, 1979), 큰돌고래(Shane, 1977, 1980; Würsig and Würsig, 1977) 등의 고래류가 개체식별법을 통해 개체군 내에서의 행동특성과 자원량 추정 연구가 수행되었다. 이후 사진을 통한 개체식별법은 고래류 연구를 위한 보편적인 조사방법 중 하나로 자리잡았으며, 현재는 거의 대부분의 고래 종에서 개체식별이 가능한 조사방법으로 평가 받고 있다(Würsig and Jefferson, 1990).

남방큰돌고래의 서식역에 걸쳐있는 일부 국가에서는 이들의 생태연구를 위해 사진을 통한 개체식별법을 이용하여 계군의 자원량·출생률·사망률 등과 같은 자원학적 변수를 구하고 있다(Shirakihara et al., 2002; Chilvers and Corkeron, 2003; Kogi et al., 2004; Stensland et al., 2006). 이와는 대조적으로 제주 연안에 연중 출현하는 남방큰돌고래 계군에 대해서는 아직 그 생태가 연구된 바가 드물다. 더구나 최근까지 제주도 남방큰돌고래(*Tursiops aduncus*) 계군과 관련된 모든 연구에서 본 종을 큰돌고래(*T. truncatus*)로 간주하고 연구가 이루어져 이들의 생태를 이해하는 데 있어 오해를 불러일으킬 소지가 있었다. Song et al. (2008)은 제주도의 남방큰돌고래를 대상으로 개체식별 연구를 시도하였으나 5개체의 한정적인 사진 자료만을 이용해 그 결과가 명확하지 못하였다. Kim (2009)은 제주 연안 남방큰돌고래의 분포에 대해 구체적으로 정리하였으나 개체 확인을 통한 분포 특성은 연구된 바 없어 이 계군이 연안 정착성임을 증명하지 못하였다.

제주도 남방큰돌고래는 제주도 연안에서 연중 관찰되므로 연안정착성 계군으로 추측되어 왔다. 그러나 이를 확인하기 위해서는 발견된 무리에 속해있는 각각의 개체들을 식별한 후 반복 관찰을 통해 동일개체가 무리 내에서 재발견되는지를 파악해야 한다. 큰돌고래류는 등지느러미 뒷부분에서 흔히 관찰되는 상처의 형태가 개체마다 다르므로 이를 통해 개체식별이 가능하다. 따라서 인공적인 표지법 대신 사진촬영을 통해 등지느러미 뒷부분의 형태를 자연표지로 간주하여 개체를 식별한다(Williams et al., 1993; Wilson et al., 1999).

이번 연구에서는 2007년 11월부터 2009년 12월까지 제주 연안 남방큰돌고래 목시조사 및 사진개체식별 조사를 통하여 얻어진 많은 자료를 통해 보다 구체적으로 남방큰돌고래의 사진을 통한 개체식별 가능성을 확인함과 동시에 현재 제주도 연안에 출현하고 있는 남방큰돌고래의 분포특성을 밝히고자 한다.



재료 및 방법

목시조사 및 개체식별조사

목시조사는 제주도 연안에서 2007년 11월, 2008년 2월·4월·6월·8월·10월, 2009년 2월·3월·4월·7월·8월·12월 중 일주일 간, 기상상태가 조사에 적합한 경우(풍력계급 4 미만) 실시하였다. 국립수산물과학원 시험조사선 탐구 16호(39 G/T), 18호(69 G/T) 및 제주대학교 시험조사선 아라 2호(17 G/T)를 이용하여 해안선으로부터 2 n.m. 이내의 연안을 따라 선속 10~13 Knot로 조사하였으며 2명의 조사원이 수면으로부터 4 m 높이의 상갑판에서 나안 또는 쌍안경으로 돌고래 무리를 탐색하였다. 조사구역을 오른쪽과 왼쪽으로 나누어 한 명은 오른쪽 90도에서 왼쪽 20도 사이를, 다른 한 명은 왼쪽 90도에서 오른쪽 20도 사이를 관찰하였다. 한 시간 간격으로 기온·풍향·풍속·해황·시계·기상상태 등을 기록하였다. 돌고래 무리와 조우 시 무리의 발견 위치·발견 시간·행동특성·추정개체수, 발견지점의 수온, 해안으로부터의 거리를 파악하고 야장에 기록하였다.

야장 기록을 마친 후 조사원은 개체식별조사를 위해 선외기(4.5 m, 30 HP, 22.5 ps)로 옮겨 타 돌고래 무리에 접근하여 사진 및 비디오 촬영을 실시하였다. GPS 장치(Nikon, GP-1)가 연동된 디지털 카메라(Nikon, D2Xs, 80~200 mm)를 이용하여 촬영하는 순간 GPS를 통해 수신된 위치와 시간 정보가 촬영된 사진파일의 EXIF (EXchangable Image File format) 메타데이터에 기록되어 단시간에 많은 돌고래 사진이 촬영되더라도 오차 없는 정보를 자동으로 얻고자 하였다. 촬영자는 무리 내의 개체들을 무작위로 촬영하였으며 식별형질로 이용되는 돌고래 등지느러미의 오른쪽 측면을 우선적으로 촬영하는 한편, 부가적으로 왼쪽 측면을 촬영하였다. 또한 비디오카메라(Sony, HDR-SR1) 촬영을 통해 남방큰돌고래 무리의 개체별 행동양상을 기록하였다.

개체식별 사진 등록 및 대조

조사 종료 후 카메라의 메모리카드에 저장되어있는 모든 사진들을 하드디스크에 저장하였다. 분석 과정 중에 일어날지도 모르는 사진파일의 우발적인 삭제에 대비하기 위해 파일이름이나 분석기록을 변환하지 않은 원본파일을 백업해 두고 원본파일을 다시 복사하여 분석을 실시하였다. 복사된 사진 파일은 화상편집프로그램(ACD Systems Ltd., ACDsee 10)을 사용해 촬영일과 촬영 순서대로 정렬하여 파일 이름을 다시 부여하였다.

돌고래 체부 중 극히 일부만 촬영되었거나 카메라의 흔들림, 초점의 불일치에 의해 식별이 불가능할 정도의 사진은 분석과정에서 삭제하였다. 이후 필요한 화상만을 정사각형으로 잘라내어 개체식별을 위한 기본 자료로 이용하였다(Fig. 3-1). 사진의 EXIF 메타데이터에 기록된 파일명, 촬영시각, 위·경도를 텍스트 파일로 추출하고 이를 다시 Excel 2003 스프레드시트(Microsoft Corp.)에서 재정렬하여 촬영기록야장을 작성하였다.

개체식별에 이용되는 등지느러미의 상처자국이 시간이 지남에 따라 변형되거나 사라지게 된다면 사진을 통한 개체식별이 불가능해지므로 촬영된 개체들에 대해 각자 개체식별번호를 부여하고 이후 조사가 진행됨에 따라 등지느러미 외형의 변형 없이 재발견되는 개체들이 관찰되는지를 기록하였다. 이후 조사기간 동안 촬영한 각 개체의 등지느러미 사진을 대조해 재발견된 개체와 새로 발견된 개체를 구분한 후 새로 발견된 개체에는 또다시 고유한 개체식별번호를 부여하였다. 분석 과정 중 개체식별이 잘못되는 오류를 방지하기 위해 식별된 개체는 2회 이상 재확인하였으며 여러 명의 인원이 반복하여 검토하였다.



Fig. 3-1. An example of well photographed individual for the purpose of photo-identification. Note the unique scars and nicks on the dorsal fin as natural markers.

결과

목시조사

2007년 11월부터 2009년 12월까지 총 32회의 목시조사를 실시하는 동안 1,251 n.m.을 이동하였고, 남방큰돌고래 무리(pod)는 12회 조우하였다. 남방큰돌고래를 제외한 다른 고래류는 관찰되지 않았다. 조사기간 중 평균발견율은 0.01 pod/n.m.로 약 100 n.m. 당 1무리를 발견하였다. 조사 전반기(2009년 이전)의 발견율은 0.023 pod/n.m.으로 조사 후반기(2009년 이후)의 0.046 pod/n.m보다 낮았다. 발견된 돌고래 무리의 구성은 약 5~80마리로 이루어져 있었으며 이 중 40~50마리로 이루어진 무리가 8회 발견되어 전체 무리 구성 중 66.7%를 차지하였다(Table 3-1).

목시조사의 항적과 발견 위치는 Fig. 3-2와 같다. 남방큰돌고래 무리는 대부분 제주도의 북쪽에서 발견되었는데 이중 7무리는 북서쪽의 애월읍과 한림읍 연안에서, 4무리는 북동쪽의 구좌읍 연안에서 관찰되었다. 오직 1무리만이 남서쪽의 모슬포 인근에서 관찰되었다.

목시조사 시 연안 측과 외해 측을 모두 탐색하였으나 남방큰돌고래 무리는 연안 측에서만 발견되었으며, 대부분이 해안으로부터 500 m 이내에서 목격되었다. 2009년 12월에 발견된 무리는 예외적으로 해안선으로부터 1.2 km 떨어진 곳에서 발견되었다. 남방큰돌고래가 발견된 장소의 수온 범위는 12.9~25.1℃ 사이였다.

사진을 통한 개체식별

총 11회의 사진을 통한 개체식별 조사 동안 2,381장의 사진을 촬영하여 89개체를 식별하였다. 2007년 11월의 첫 조사를 제외하고 10% 이상의 사진 식별성공률을 보였다. 식별된 개체의 수는 2008년 6월 26일 조사에서 4개체로 가장 적었고 2009년 8월 25일에 61개체로 가장 많았다.

Table 3-1. Results of sighting surveys for the Indo-Pacific bottlenose dolphins off the Jeju Island

Date	Dolphins observed (pod)	Roughly estimated no. of dolphins	Survey efforts (nautical mile)	Sighting rate (pod/n.m.)
13-Nov-07			33.78	
14-Nov-07	1	40	56.76	0.018
15-Nov-07	1	40	42.40	0.024
28-Feb-08			43.24	
29-Feb-08			29.75	
1-Apr-08			41.27	
2-Apr-08			13.62	
3-Apr-08	1	50	30.55	0.033
4-Apr-08	1	50	42.25	0.024
23-Jun-08			39.47	
25-Jun-08			37.10	
26-Jun-08	1	5	47.30	0.021
12-Aug-08			29.74	
13-Aug-08			67.12	
14-Aug-08	1	40	55.14	0.018
6-Oct-08			51.26	
7-Oct-08			27.81	
8-Oct-08			73.62	
9-Oct-08	1	30	39.08	0.026
02-Feb-09			50.52	
05-Feb-09			25.70	
06-Feb-09	1	45	9.23	0.108
31-Mar-09			36.27	
02-Apr-09			16.50	
03-Apr-09	1	50	24.79	0.040
20-Jul-09			19.75	
22-Jul-09			61.24	
23-Jul-09	1	60	50.38	0.020
24-Aug-09			59.50	
25-Aug-09	1	75	18.31	0.055
27-Aug-09			38.07	
22-Dec-09	1	50	39.49	0.025
Total	12	535	1251.03	0.010

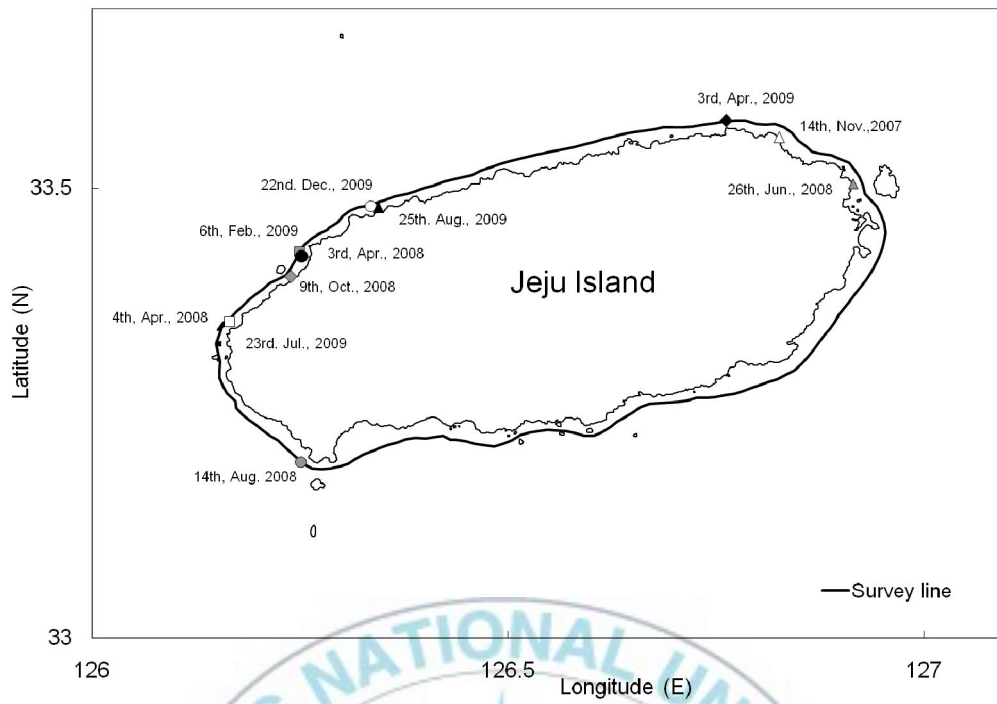
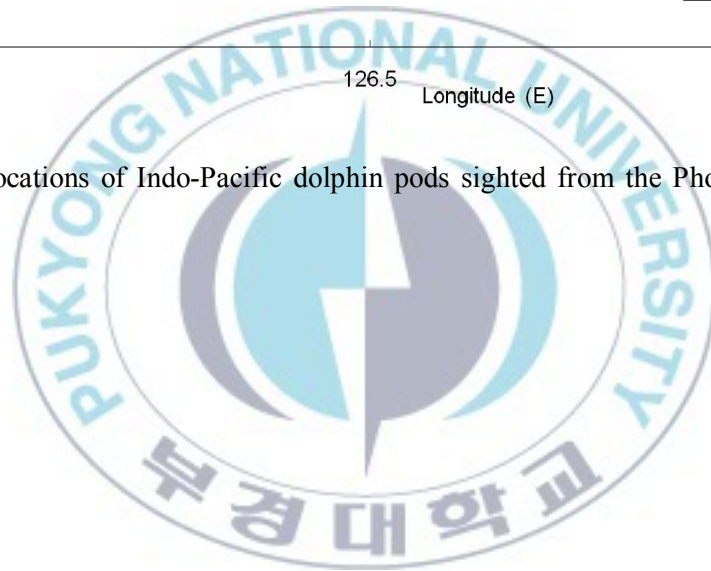


Fig. 3-2. Locations of Indo-Pacific dolphin pods sighted from the Photo-Identification surveys.



조사노력(촬영된 사진의 수)이 많을수록 식별된 개체의 수 또한 증가하였다(Table 3-2; $r = 0.824$, $n = 11$, $P < 0.05$). 발견된 무리의 현장 추정개체수 중 68.0%가 사진을 통해 식별된 것으로 나타났으나, 2008년 10월 9일 조사에서는 추정개체수가 30마리임에도 불구하고 사진을 통해 46개체가 식별되어 추정개체수보다 더 많은 개체가 존재하는 것으로 나타났다. 2009년 2월 2일 조사에서 발견된 무리도 45개체로 추정하였으나 사진 분석 결과 44개체가 식별되었으며, 촬영되었으나 등지느러미에 식별형질이 되는 흉터가 없어 식별이 되지 않은 4~5개체들을 포함한다면 사진 식별된 개체수가 현장 추정된 개체수를 초과하였다.

재발견 빈도는 개체별로 1회에서부터 9회까지 다양하게 나타났으며 69개체가 2회 이상의 재발견율을 보여 사진 식별된 전체 개체 중 94.3%를 차지하였다. 이중 3회 재발견된 개체의 수가 23마리로 전체 식별개체 중 26.1%를 차지해 가장 많았다. 이후 재발견 횟수가 증가할수록 개체수는 점진적으로 감소하는 경향을 보였다(Fig. 3-3).

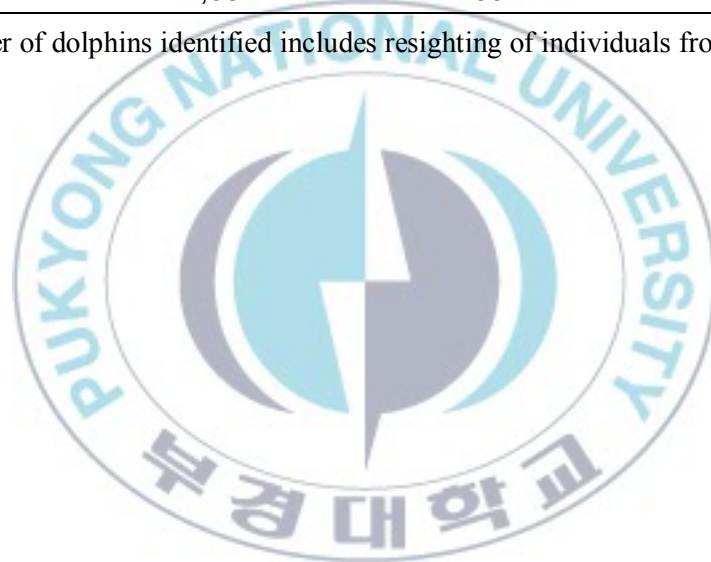
개체별 발견 기록은 Table 3-3과 같다. 대부분의 개체들이 전 조사기간에 걸쳐 고르게 출현하였으며 조사의 횟수가 증가할수록 새롭게 등록되는 개체수가 줄어드는 경향을 나타내었다. 개체식별번호 31번과 32번은 재식별횟수가 9회로 가장 빈번하게 관찰되었다(Fig. 3-4).

시간이 경과함에 따라 일부 개체에서 개체식별형질인 등지느러미의 상처가 증가하여 형태적 변화를 보이기도 하였으나 식별이 불가능할 정도로 급격한 변화는 감지되지 않았다(Fig. 3-5).

Table 3-2. The photo-identification survey efforts during all field seasons

Date	Number of photos	Dolphins identified	Success rate (%)
14-Nov-07	292	25	8.6
3-Apr-08	144	21	14.6
4-Apr-08	206	34	16.5
26-Jun-08	17	4	23.5
14-Aug-08	171	27	15.8
9-Oct-08	307	46	15.0
6-Feb-09	288	44	15.3
3-Apr-09	252	33	13.1
23-Jul-09	160	46	28.8
25-Aug-09	402	61	15.2
22-Dec-09	142	21	14.8
Total	2,381	89*	15.2

*The number of dolphins identified includes resighting of individuals from previous surveys



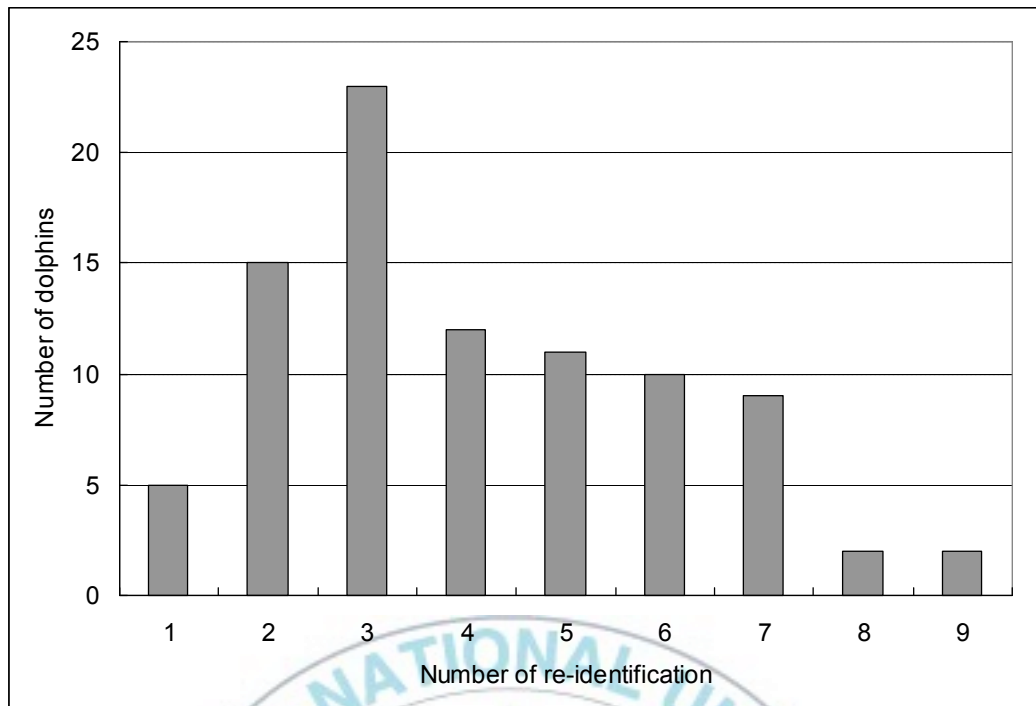


Fig. 3-3. Sighting frequency distribution of Indo-Pacific bottlenose dolphins during 11 photo-identification surveys off the Jeju Island.

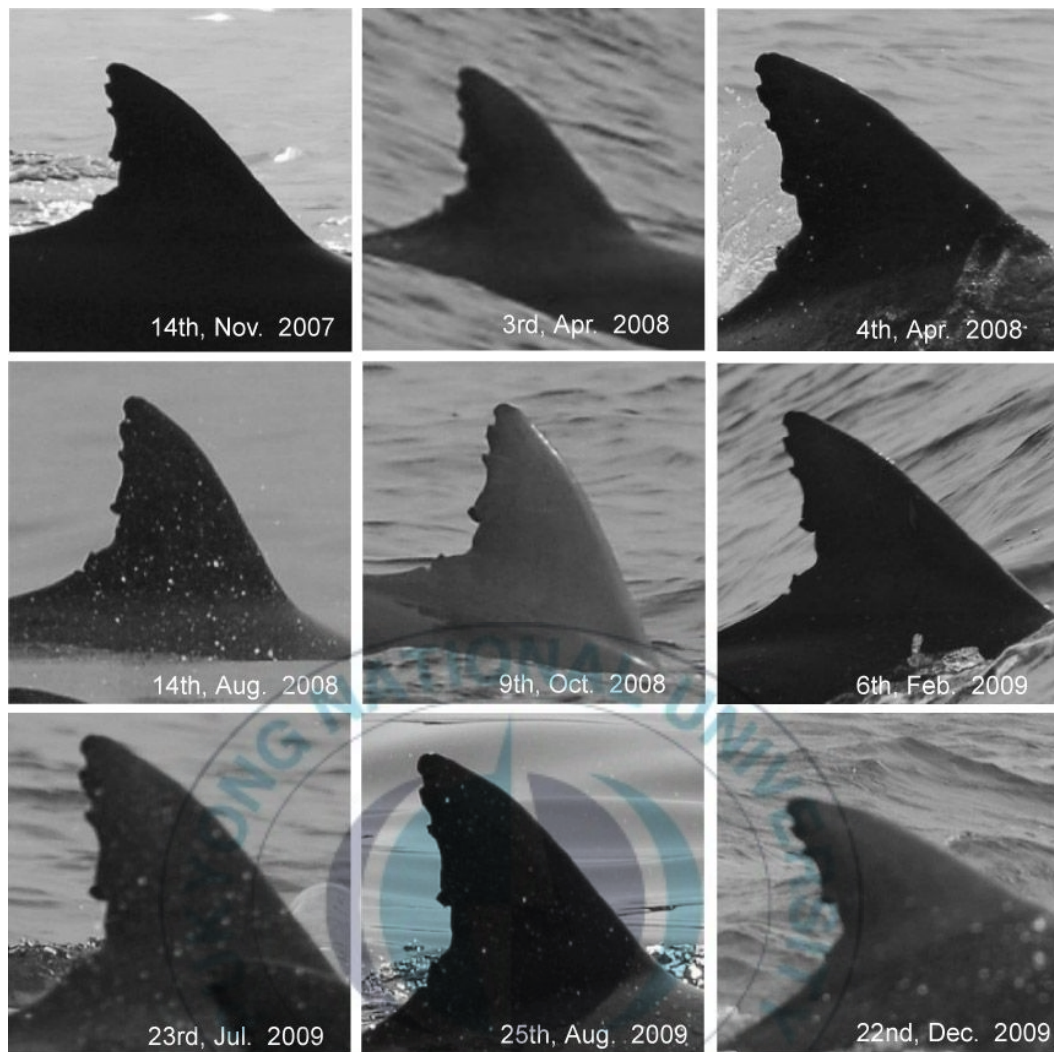


Fig. 3- 4. An example of one of the most frequently re-identified individuals (ID No. 31).

Table 3-3. Residency patterns of 89 identified individuals off the Jeju Island. Gray cells indicate dolphin sightings

ID No.	14-Nov 07	3-Apr 08	4-Apr 08	26-Jun 08	14-Aug 08	9-Oct 08	6-Feb 09	3-Apr 09	23-Jul 09	25-Aug 09	22-Dec 09
1											
2											
3											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
20											
21											
22											
23											
24											
47											
31											
32											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
33											
34											
35											
37											
38											
44											
64											
91											
74											
40											
45											
48											
50											
52											
67											
71											
72											
73											
77											
84											
85											
88											
96											
97											
39											
41											
42											
43											
46											
49											
60											
76											
51											
55											
56											
58											
59											
61											
62											
63											
65											
69											
70											
86											
75											
78											
79											
80											
82											
83											
87											
89											
90											
92											
93											
94											
98											
99											



Fig. 3-5. Gradual changes of scars and nicks on the dorsal fin (ID No. 46).



고찰

조사기간 동안 돌고래를 목격한 일수는 12일이었으나 나머지 32일은 발견하지 못하여 조사일간 발견확률은 37.5%로 저조하였다. 그러나 Kim (2009)은 제주도 연안에서 차량을 이용한 육상조사를 통해 돌고래를 발견할 확률이 82% 가량으로 보고하였다. 이는 관광지인 제주도의 특성상 해안도로가 발달되어 있어 해안가로의 접근성이 뛰어나고 차량을 통해 제주도 전 연안을 조사하는 데 걸리는 시간이 선박보다 훨씬 적게 들어 기동성 측면에 있어서도 우수하기 때문인 것으로 보인다. 제주도의 큰돌고래는 대부분 해안가로부터 500 m 이내에서 발견되었으므로 향후 조사 시에는 선박조사보다는 육상조사를 통해 무리가 있는 위치를 파악한 후 선박을 이용해 개체식별조사를 하는 것이 효율적일 것으로 사료된다.

남방큰돌고래 무리의 크기가 적게는 5개체에서 많게는 80개체로 가변적이었던 것은 연안에 서식하는 큰돌고래류에서 나타나는 전형적인 집단 구성 형태인 이합-집산 양상(fission-fusion grouping pattern)의 결과이다(Würsig and Würsig 1977; Smolker et al., 1992; Möller et al., 2001). 이와 같은 분포 양상은 같은 계군 내의 개체들이 섭이활동을 할 때에는 무리가 나뉘어져 개체간 섭이경쟁을 피할 수 있기 때문인 것으로 추정된다(Connor et al., 2000).

발견된 돌고래 무리가 대부분 북쪽에서 발견된 이유는 먹이의 풍도와 관련이 있는 것으로 보인다. Kim (2009)은 제주도의 북동쪽인 구좌읍과 성산읍 연안에서 가장 높은 남방큰돌고래 출현 빈도를 나타내었다고 하였으며 이러한 출현 형태는 제주도 연안에 광범위하게 확산되고 있는 갯녹음 현상과 관련이 있을 것이라고 추정하였다. 갯녹음 현상이 발생하면 해저 암반에 무절산호조류가 피복되어 다시마·모자반류·감태 등과 같은 대형 해조류의 부착기질이 상실되므로 해중림이 소멸하게 된다. 이는

해조류를 섭이하거나 은신처로 삼는 생물의 서식 악화로 이어져 생태계 영양단계의 불균형을 초래하여 전체적인 생체량 감소로 이어진다(NFRDI, 2008). 본 조사에서 남방큰돌고래가 가장 빈번하게 발견된 제주도의 북서쪽과 북동쪽해역은 갯녹음 현상이 발생하지 않았거나 발생 초기인 해역이었으며(Kim, 2006), 특히 제주도 북동쪽의 정치망 어획량은 제주도 내 다른 해역보다 높은 것으로 알려져 있다(Cha et al., 2001). 따라서 남방큰돌고래의 먹이가 되는 어류 및 오징어류 자원이 이 해역에 풍부하여 섭이활동을 위해 주로 분포하고 있음을 유추할 수 있다.

발견된 돌고래 무리의 크기를 추정함에 있어서 사진 식별을 통해 발견된 개체수보다 적게 추정된 경우가 발생하였는데, 이는 돌고래의 잠수행동에 의해 수면 밖에서 모든 개체를 확인할 수 없었던 점에 기인한다. 개체마다 잠수특성이 다르므로 장시간 돌고래를 관찰한다 하더라도 무리 내의 모든 개체들을 한번에 다 관찰하여 계수하는 것은 힘들다. 따라서 분기를 위해 수면 밖으로 체부를 드러낸 개체들과 수중에서 유평하는 개체 모두를 합하여 개체수를 추정해야 한다. 그러나 무리 내의 개체수가 많을 경우에는 정확한 추정개체수를 짐작하기 힘들다. 또한 이러한 추정개체수는 개인적인 판단에 따라 편차가 크게 나타나므로 정확한 개체수 추정을 위해서는 사진을 통한 개체식별법을 실시한 후 표지재포획법을 적용하는 것이 효과적이다.

이번 연구를 통해 개체마다 위치나 모양이 다른 등지느러미의 상처를 통해 개체식별이 가능함을 확인하였다. 이 상처는 개체간 상호작용이나 외부의 물리적 접촉 과정에서 발생하며, 한번 생긴 상처는 시간이 경과하더라도 변하지 않는다. 시간이 흐름에 따라 등지느러미에 상처자국이 추가되더라도 기존의 상처자국은 불변하므로 조사가 연속적으로 이루어진다면 사진 촬영을 통해 지속적인 개체식별을 할 수 있음이 밝혀졌다.

다른 해양생물종보다 상대적으로 수명이 긴 돌고래의 특성상 사진을 통한 개체식별법을 이용하여 남방큰돌고래의 번식·이동·섭이·사회활동과 같은

개체간 상호관계를 파악할 수 있을 뿐 아니라, 장기간의 연구가 수행될 경우에는 성별과 연령에 따른 개체군 통계학·성성숙 연령·출산 간격·노쇠화·생존율·사망률 등도 개체식별 자료를 통해 밝힐 수 있을 것으로 기대된다(Würsig and Jefferson, 1990).

2007년 첫 조사에서의 개체식별률은 8.6%로 현저히 낮았으나 이듬해부터는 상승하기 시작하였다. 이는 조사자가 조사를 수행함에 따라 개체식별법을 위한 사진 촬영에 숙련된 결과이다. 높은 개체식별률을 얻기 위해서는 고품질의 개체사진을 촬영해야 하며 이를 위해 고려해야 할 요소들이 많다. 특히 카메라의 초점, 빛의 반사방향, 촬영 대상과 각도, 거리 등을 조정해 개체식별형질을 얼마나 잘 드러나게 촬영하는지가 가장 중요한 요소이다. 초점이 정확하지 않거나 지나치게 먼 거리에서 촬영된 사진의 경우 윤곽이 선명하지 못해 개체 분석에 많은 어려움이 있으며, 수표면에 빛의 반사가 심한 경우 적절한 노출값을 산정하지 못해 지나치게 어두운 사진을 얻게 된다. 등지느러미의 상처에 따른 형태변화를 개체식별형질로 이용하는 남방큰돌고래의 경우 개체식별이 용이한 사진은 대상과 수평인 상태에서 촬영한 경우이다. 대상의 후방이나 전방 근처에서 촬영한 경우에는 상처형태를 확인하는 데 많은 어려움이 따른다. 이러한 다양한 현장 촬영 환경과 제한요소를 미리 숙지하고 개체식별에 효과적인 촬영을 해야 높은 개체식별율을 얻을 수 있을 것이다.

계절별로 연속적으로 실시된 본 조사에서 남방큰돌고래가 2회 이상 재발견된 비율은 94.3%로, 정착성 계군인 일본의 Amakusa-Shimoshima 계군의 재발견율 60%보다 높게 나타났다(Shirakihara et al, 2002). 이는 제주도 계군이 Amakusa-Shimoshima 계군보다 개체수가 적기 때문인 것으로 판단된다. 이처럼 높은 재발견율은 남방큰돌고래가 제주 연안에 연중 서식하는 정착성 계군임을 보여준다.

촬영된 대부분의 개체들은 뚜렷이 구분되는 형질 특색을 가지고 있었으나 일부 개체는 등지느러미에 상처나 흠이 없어 개체식별이 힘든 경우가 있었다(Fig. 3-6). 개체군 풍도 추정을 위해 표지-재포획법(Mark-recapture method)을 이용하기 위해서는 각 개체마다 동일한 재포획률이 수반되어야 하는데(Jolly, 1965; Seber, 1965) 형질 특색이 불분명하여 식별이 어려운 개체는 개체군 풍도 추정 시 과대 추정되는 결과를 야기할 수 있다. 향후 사진을 통한 개체군 풍도 추정 시에 식별이 어려운 개체에 대한 고려가 있어야 할 것으로 판단된다.





Fig. 3-6. An individual with no distinctive natural markers.

IV. 남방큰돌고래의 자원량 추정

서론

남방큰돌고래는 지역적으로 독립적인 계군을 구성하여 분포하므로 이 종의 전체 자원량은 파악되지 않았다. 다만 남방큰돌고래 계군이 분포하는 일부 지역에서 자원량 추정연구가 이루어진 바 있다. 일본에서는 2개 지역 남방큰돌고래 자원량이 추정되었는데, 규슈 서부 Amakusa-Shimoshima에 218개체가 서식하는 것으로 추정되었고(Shirakihara et al., 2002), Izu 열도에 속한 Mikura Island에 서식하는 계군은 약 160개체(Kogi et al., 2004)로 추정되었다. 오스트레일리아 서부의 Shark Bay에는 2,700개체 이상이 서식하는 것으로 보고되었으며(Preen et al., 1997), 오스트레일리아 동부 Point Lookout·Moreton Bay·New South Wales 지역에서는 각각 700~1,000개체·818개체·100개체가 추정되었다(Chilvers and Corkeron, 2003; Lukoschek and Chilvers, 2008; Fury and Harrison, 2008). 남아프리카와 아라비아만에서는 남방큰돌고래가 가장 빈번하게 관찰되는 고래류로 보고되었는데(Ross, 1977, 1984; Preen, 2004), 남아프리카 Algoa Bay해역에는 2만 8,482개체가 추정되어 현재까지 보고된 남방큰돌고래 계군 중 그 개체수가 가장 많다(Reisinger and Karczmarski, 2010). Preen (2004)은 쿠웨이트·오만 연안 계군의 수를 1,200개체로 보고하였으나, 인근의 아랍에미리트연합 연안 계군은 1999년에 조사된 자원량이 1986년 연구된 추정치에 비해 71%가량 감소한 것으로 나타났다.

남방큰돌고래는 솔로몬 제도·뉴칼레도니아·중국남부·타이완·필리핀·

인도네시아·말레이시아·베트남·파푸아뉴기니 등지 연안역에도 분포하는 것으로 알려져 있으나, 여전히 많은 남방큰돌고래 개체군의 자원량 추정이 이루어지지 않은 채로 상업적 포획이 이루어져 자원량의 감소를 나타내고 있다 (Smith et al., 1997; Preen, 2004; Wang and Yang 2005; Reeves and Brownell, 2009).

인구밀집지역 인근 연안에 서식하는 돌고래류는 인간의 어로행위와 고래관광 등의 상업활동에 의해 자원량의 변화가 발생할 수 있다. 따라서 이들을 보존하고 관리하는 데 있어 대상 계군의 풍도를 파악하는 것은 필수적이다(Wells et al., 1996; Wilson et al., 1999; Shraikihara et al., 2002). 남방큰돌고래는 인구밀집지역인 인도양과 서태평양의 온대 및 열대 연안역에 주로 서식하고 있어 인간활동과의 마찰이 불가피하다. 제주도의 남방큰돌고래 또한 최근 들어 혼획이 큰 폭으로 증가하고 있는 추세이나 개체수 파악이 이루어진 바 없어 이에 대한 보호 대책을 강구하기 위해 자원량 추정이 필요한 실정이다.

이번 연구에서는 큰돌고래류의 자원량 추정 방법으로 주로 사용되는 사진을 통한 개체식별연구를 바탕으로 한 표지재포획법(mark-recapture analyses)을 이용하여 제주에 서식하는 남방큰돌고래의 자원량을 추정하고자 한다. 표지재포획법은 인공적인 표지를 대상 동물의 체부에 부착하여 표시하거나 개체별 고유의 자연 표식(natural marker)을 통해 개체식별을 가능케 하고 이후 재발견을 통해 자원량을 간접 추정하는 방법이다. 1970년대 이래로 고래류가 가진 자연표식을 통해 동시다발적으로 실시된 표지재포획법 연구는 이후 해양포유류 개체군 연구의 기준 중 하나로 평가 받고 있다(Würsig and Jefferson, 1990).

재료 및 방법

조사기간 동안 촬영된 개체식별 사진 자료를 2007년 11월부터 2008년 10월까지, 그리고 2009년 2월부터 12월까지 두 그룹으로 분리하여 2008년과 2009년의 남방큰돌고래 자원량을 추정하였다. 제주도 연안에서 남방큰돌고래의 개체식별을 위해 촬영된 사진 중 등지느러미가 선명하게 촬영된 것만을 선택하였다. 초점이 정확하지 않아 화상이 흐릿하거나 촬영자와 돌고래와의 각도가 지나치게 벌어진 경우, 또는 먼 거리에서 촬영된 사진들은 분석에서 제외하였다.

촬영된 모든 남방큰돌고래의 등지느러미사진은 개체식별 가능 유무에 따라 두 단계로 등급을 나누었다. 개체를 식별할 수 있을 정도로 등지느러미의 가장자리에 뚜렷한 상처자국이나 홈과 같은 식별형질을 지닌 개체의 사진을 1등급으로 분류하였고, 개체식별에 있어 혼란을 줄 정도로 상처자국이나 홈의 크기가 작은 경우, 또는 전무한 개체의 사진은 2등급으로 분류하였다. 개체식별의 오류에 의한 자원량의 과소추정이나 과대추정을 방지하기 위해 개체식별이 가능한 1등급 사진만을 표지재포획법 분석에 이용하였다. 각 등급별 사진의 장수를 등급 전체 사진의 장수와 나누어, 촬영된 전체 개체들 중 개체식별이 가능한 개체들의 비율($\hat{\theta}$)과 개체식별이 되지 않은 개체의 비율($1-\hat{\theta}$)을 각각 구하였다.

이들의 전체 자원량($\hat{N}_{total}$) 추정을 위해 MARK 프로그램(White and Burnham, 1999)에 내장된 CAPTURE 프로그램 내의 Closed-population analysis를 선택하여 개체식별이 가능한 개체들의 자원량($\hat{N}$)을 먼저 추정하였다. Closed-population analysis를 위해서 다음의 여섯 가지 사항이 전제되어야 한다(Williams et al., 1993; Wilson et al., 1999; Read et al., 2003).

- (1) 개체식별표식은 조사기간 동안 변함없이 식별 가능하다.
- (2) 재발견 시 표지는 정확하게 식별된다.
- (3) 조사활동이 대상 동물의 재발견율에 영향을 주지 않는다.
- (4) 조사기간 동안 출생과 사망이 발생하지 않는다.
- (5) 조사기간 동안 가입과 전출이 발생하지 않는다.
- (6) 조사기간 동안 모든 개체는 동일한 재발견율을 나타낸다.

만약 상기 기본 전제들을 충족시키지 못한다면 자원량이 과대추정 혹은 과소추정 될 것이다. 본 연구에서 남방큰돌고래의 개체식별표식으로 이용한 등지느러미의 상처나 홈은 시간이 지남에 따라 식별 불가능할 정도로 변하지 않고 정확하게 식별된다는 것을 전 장에서 확인하였으므로 1번 전제는 충족한다. 또한 2번 전제를 충족시키기 위해 식별이 명확하지 않거나 불가능한 사진은 분석에서 제외하였다. 이번 연구를 위해 실시한 개체식별조사는 대상 개체와 물리적 접촉이 없이 오로지 사진 촬영을 통해서 이루어졌으므로 3번의 전제 또한 충족시킨다. 남방큰돌고래는 낮은 재생산율과 사망률을 보이므로 조사기간 중에 출산과 사망이 발생했다 하더라도 전체 자원량에 큰 영향을 미치지 않을 것으로 가정하여(Read et al., 2003) 4번 전제를 충족시켰다. 그러나 해당 연도에 출생한 새끼들이 관찰되면 그 개체수를 계수하여 추정 자원량에 합산하였다. 남방큰돌고래는 연중 제주도 연안에 분포하는 정착성 계군이라는 결과를 3장에서 밝혔으므로 전입과 전출이 발생하지 않는다. 따라서 5번 전제를 충족시킨다.

계군 내의 모든 개체가 조사기간 동안 동일한 발견율을 나타내는 경우는 생태계 내에서 찾아보기 힘들다. 각 개체별 연령·성별·행동성향 등에 따라 조사선박에 접근하는 거리가 달라지므로 사진촬영이 될 확률 또한 달라지기 때문이다. 또한 남방큰돌고래는 계군 내 구성원이 이합-집산하는 분포 특성이 있으므로 6번 전제를 충족시킬 수 없다. 이러한 개체별 발견율

차이를 통해 발생하는 자원량 추정의 오류를 보정하기 위해 개량된 모델이 다양하게 등장하였다. 시간의 흐름에 따라 재발견율이 변하는 경우(M_t model; Darroch, 1958), 개체별 행동성향에 따라 재발견율에 차이를 보이는 경우(M_h model; Chao, 1987), 표지된 개체의 행동 변화에 의해 재발견율이 변하는 경우(M_b model; Cormack, 1989), M_t 요소와 M_h 요소가 복합적으로 발생하는 경우(M_{th} model; Chao et al., 1992) 등 계군의 분포와 행동특성에 따라 8종류의 모델이 있다. 이 모델들은 CAPTURE 프로그램 내에 포함되어 있어 이중 가장 적합한 모델을 선택할 수 있다.

8종류의 모델 중 적합도 검정과 판별함수분석을 통해 가장 높은 선택기준값(0~1 사이의 값, 0=부적합, 1=가장 적합)을 나타낸 모델을 선택하여 개체식별이 가능한 개체의 자원량($\hat{N}$)을 구하였다(Otis et al., 1978; Rexstad and Burnham, 1991).

전체 자원량($\hat{N}_{total}$)은 개체식별이 되지 않은 개체와 해당년도에 출생한 새끼의 발견 비율을 Williams et al. (1993)의 수식을 변형한 다음의 수식에 대입하여 유도되었다(Stensland et al., 2006).

$$\hat{N}_{total} = \frac{\hat{N}}{\hat{\theta}} / \hat{\phi}$$

$\hat{N}_{total}$ = 추정된 전체 자원량,

$\hat{N}$ = 표지재포획법을 통해 추정된 개체수,

$\hat{\theta}$ = 개체식별이 가능한 돌고래(1등급)의 비율,

(1 - 새끼를 제외한 식별이 되지 않은 개체의 비율)

$\hat{\phi}$ = 새끼를 제외한 개체의 비율(1-계군 내 새끼의 비율)

Williams et al. (1993)은 해당 연도에 태어난 새끼는 개체식별이 되지 않는

것으로 간주하여 개체식별이 불가능한 개체의 추정비율($1-\hat{\theta}$)에 포함하였다. 그러나 이번 연구에서 새끼는 함께 유영하는 어미의 개체식별을 통해 계수 가능하다고 판단하였으므로 위 수식과 같이 새끼의 비율을 별개로 구하여 전체자원량을 추정하였다. 새끼는 생후 2~3개월까지 태아주름(fetal folds)이 사라지지 않으므로 이를 통해 구분하였다(Fig. 4-1). 태아주름이 관찰되지 않더라도 개체의 크기가 성체의 절반에 미치지 못하거나, 어미로 추정되는 특정한 성체와 지속적으로 함께 유영하는 행동이 관찰되면 그 개체는 새끼로 간주하였다(Barco et al., 1999; Kogi et al., 2004).

분산($Variance \hat{N}_{total}$)은 Wilson et al. (1999)에 의해 제시된 delta method를 변형하여 계산되었으며 유도과정과 수식은 다음과 같다.

$$\hat{N}_{total} = \frac{\hat{N}}{\hat{\theta}} / \hat{\phi}$$

$$\frac{\partial \hat{N}_{total}}{\partial \hat{N}} = \frac{1}{\hat{\theta} \hat{\phi}} = \hat{N}_{total} \left(\frac{1}{\hat{N}} \right)$$

$$\frac{\partial \hat{N}_{total}}{\partial \hat{\theta}} = -\frac{1}{\hat{\theta}^2 \hat{\phi}} = \hat{N}_{total} \left(-\frac{1}{\hat{\theta}} \right)$$

$$\frac{\partial \hat{N}_{total}}{\partial \hat{\phi}} = -\frac{1}{\hat{\theta}^2 \hat{\phi}} = \hat{N}_{total} \left(-\frac{1}{\hat{\phi}} \right)$$

$$Variance(\hat{\theta}) = \frac{\hat{\theta}(1-\hat{\theta})}{n_1}$$

$$Variance(\hat{\phi}) = \frac{\hat{\phi}(1-\hat{\phi})}{n_2}$$

여기서 n_1 과 n_2 는 각각 $\hat{\theta}$ 와 $\hat{\phi}$ 이 추정된 것으로부터 구해진 전체 개체수를 뜻한다. 이 식들을 이용하여 다음과 같이 유도하였다.

$$\begin{aligned}
Var(\hat{N}_{total}) &= \begin{bmatrix} \frac{\partial \hat{N}_{total}}{\partial \hat{N}} & \frac{\partial \hat{N}_{total}}{\partial \hat{\theta}} & \frac{\partial \hat{N}_{total}}{\partial \hat{\phi}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Var(\hat{N}) & 0 & 0 \\ 0 & Var(\hat{\theta}) & 0 \\ 0 & 0 & Var(\hat{\phi}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial \hat{N}_{total}}{\partial \hat{N}} \\ \frac{\partial \hat{N}_{total}}{\partial \hat{\theta}} \\ \frac{\partial \hat{N}_{total}}{\partial \hat{\phi}} \end{bmatrix} \\
&= \begin{bmatrix} \hat{N}_{total} \left(\frac{1}{\hat{N}} \right) & \hat{N}_{total} \left(-\frac{1}{\hat{\theta}} \right) & \hat{N}_{total} \left(-\frac{1}{\hat{\phi}} \right) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Var(\hat{N}) & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\hat{\theta}(1-\hat{\theta})}{n_1} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\hat{\phi}(1-\hat{\phi})}{n_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{N}_{total} \left(\frac{1}{\hat{N}} \right) \\ \hat{N}_{total} \left(-\frac{1}{\hat{\theta}} \right) \\ \hat{N}_{total} \left(-\frac{1}{\hat{\phi}} \right) \end{bmatrix} \\
&= Variance \hat{N}_{total} = \hat{N}_{total}^2 \left\{ \frac{Var \hat{N}}{\hat{N}^2} + \frac{(1-\hat{\theta})}{n_1 \hat{\theta}} + \frac{(1-\hat{\phi})}{n_2 \hat{\phi}} \right\}
\end{aligned}$$

추정된 전체자원량의 95% 신뢰구간은 $\hat{N}$ 의 신뢰구간의 오차분포와 같다고 가정하여 계산하였다(Chilvers and Corkeron, 2003).





Fig. 4-1. Mother (ID No. 71) and calf surfacing. Note the fetal folds on the calf's body.

결과

남방큰돌고래의 개체식별을 위해 촬영된 총 2,381장의 사진 중 식별형질로 이용되는 등지느러미가 뚜렷하게 촬영된 사진은 951장이 선별되었다. 이중 818장은 개체식별이 가능한 수준의 외형적 상처와 흠이 있어 1등급 사진으로 분류되었고, 133장은 개체식별이 불분명하거나 불가능한 2등급으로 분류되었다. 따라서 사진을 통해 개체식별된 개체의 수가 무리 내에서 86.0%($\theta = 0.860$)를 차지하였다.

조사가 진행될수록 신규로 발견되는 개체는 줄어들었다. 조사 시작 1년 안에 식별된 개체의 85.2%가 발견되었으며, 누적 개체식별수는 조사 시작 1년 이후부터 정체되기 시작하여 조사 종료시점에는 89개체에 머물렀다(Fig. 4-2).

2007년 11월에서 2008년까지 총 6회의 조사를 실시하는 동안 75개체가 사진 식별되었다. 매회 식별된 개체의 수는 4~46개체로 가변적이었다(Table 4-1a). 조사기간 중 1회 관찰된 개체가 30개체로 가장 많았다. 2회 이상 재발견된 개체는 45개체로 60.0%의 재발견율을 나타내었다. 재발견 횟수가 증가할수록 개체수는 감소하였다(Fig. 4-3).

2009년에 실시된 5회의 조사를 통해 83개체가 사진 식별되었다. 매회 식별된 개체수는 21~62개체였다(Table 4-1b). 65개체가 2회 이상 재발견되어, 재발견율은 78.3%로 2008년 보다 높게 나타났다. 이중 2회 발견된 개체가 29개체로 조사기간 중 가장 많았다(Fig. 4-4).

모델선택 기준값은 2008년과 2009년 모두 M_{th} 모델이 1.00으로 가장 높게 계산되었으므로 M_{th} 모델을 통해 자원량을 추정하였다(Table 4-2). CAPTURE를 이용하여 개체가 식별된 남방큰돌고래의 추정자원량($\hat{N}$)과 95% 신뢰구간을 계산한 결과, 2008년에 98개체(95% CI = 82-113), 2009년에 90개체(95% CI = 86-105)로 추정되었다(Table 4-3). CAPTURE에 의해

구해진 95% 신뢰구간은 사진 식별되지 않은 개체들이 대수정규분포를 따른다는 가정하에 구해진 값이다. 따라서 하한추정량은 실제로 식별된 개체수보다 적게 추정되지 않으며 상한추정량은 표준정규분포를 따르는 추정값보다 더 큰 값이 도출되었다(Wilson et al., 1999).

2008년 6마리, 2009년 7마리의 새끼가 각각 발견되었다. 발견된 새끼는 주로 봄과 여름에 관찰되었으며 태아주름을 통해 생후 1~3개월 안팎으로 추정되었다. 유영시 항상 어미로 추정되는 개체 옆을 떠나지 않아 어미를 통해 새끼의 개체식별이 가능하였다.

개체식별이 되지 않는 남방큰돌고래의 비율과 새끼의 비율을 고려하여 추정한 최종 자원량은 2008년에 124개체(95% CI = 104-143), 2009년에 114개체(95% CI = 109-133)인 것으로 나타났다(Table 4-2).



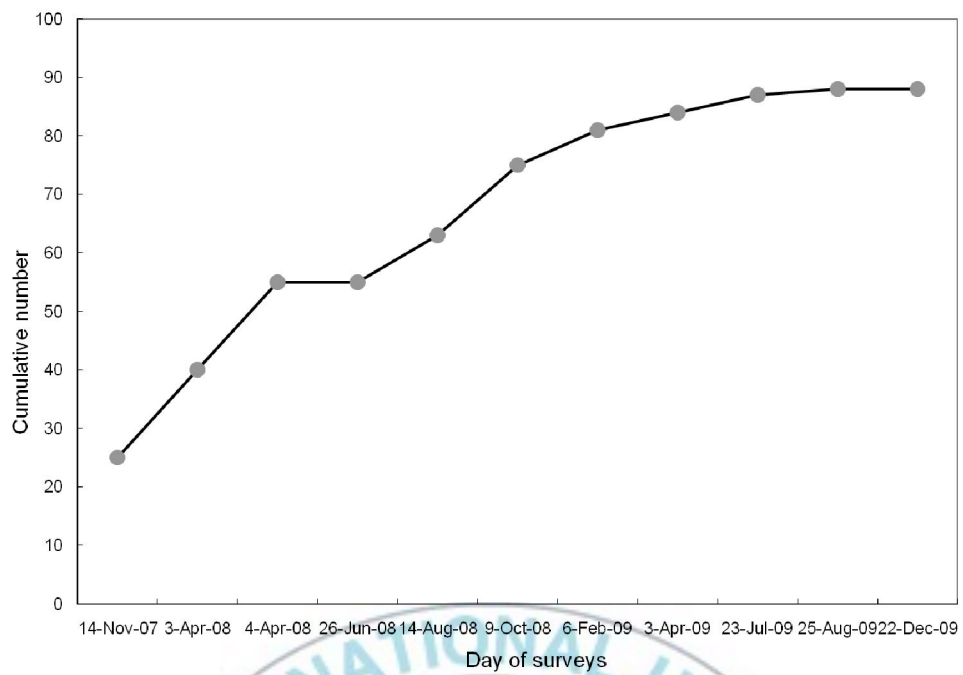
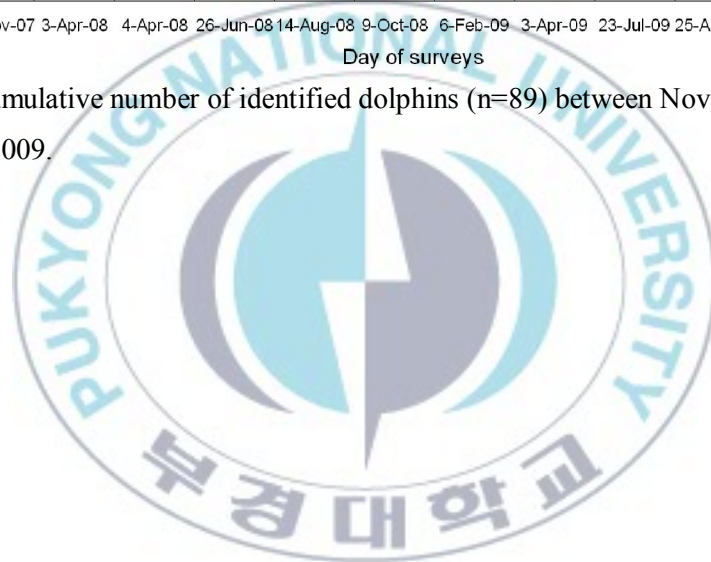


Fig. 4-2. Cumulative number of identified dolphins (n=89) between November 2007 and December 2009.



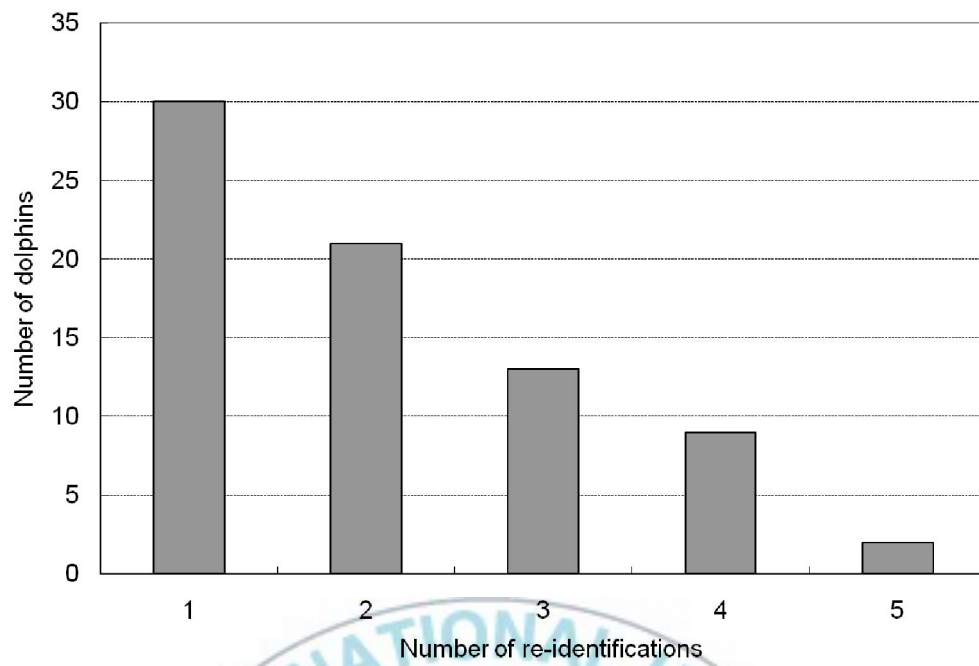
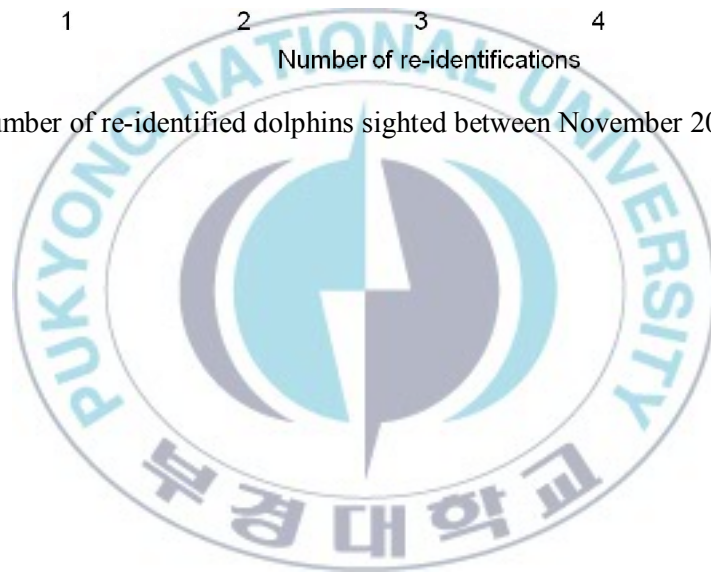


Fig. 4-3. Number of re-identified dolphins sighted between November 2007 and 2008.



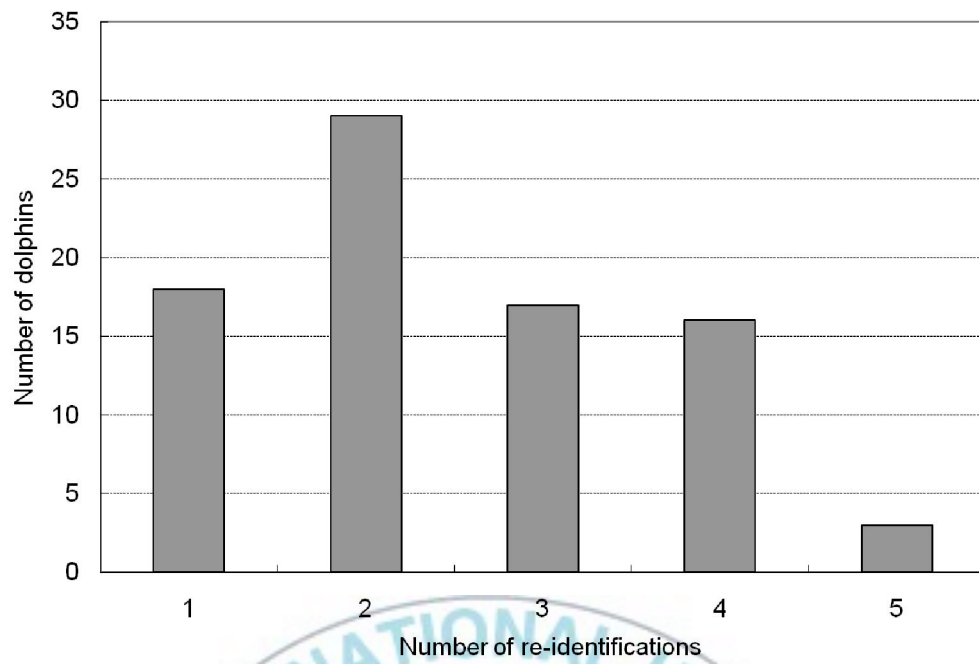


Fig. 4-4. Number of re-identified dolphins sighted in 2009.

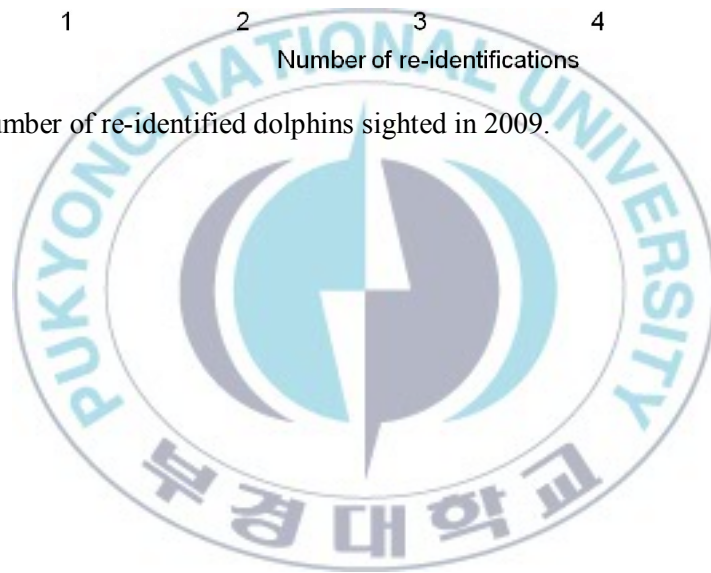


Table 4-1. The results of identified animals from the photo-identification surveys for each study periods (a) 2008; (b) 2009

(a)

Day of surveys	14-Nov-07	3-Apr-08	4-Apr-08	26-Jun-08	14-Aug-08	9-Oct-08
No. of identified animals	25	21	34	4	27	46
No. of newly identified	25	15	15	0	8	12
Cumulative number	25	40	55	55	63	75

(b)

Day of surveys	6-Feb-09	3-Apr-09	23-Jul-09	25-Aug-09	22-Dec-09
No. of identified animals	44	33	46	62	21
No. of newly identified	44	18	13	7	1
Cumulative number	44	62	75	82	83

Table 4-2. Criteria values (between 0-1, 0 = poorest fit, 1 = best fit) calculated from a model selection procedure in program CAPTURE. Model selection criteria are based on the linear discriminant function described by Otis et al. (1978) and Rexstad and Burnham (1991)

Models	Year	
	2008	2009
M_o	0.13	0.15
M_h	0.00	0.40
M_b	0.15	0.00
M_{bh}	0.14	0.17
M_t	0.58	0.57
M_{th}	1.00	1.00
M_{tb}	0.56	0.18
M_{tbh}	0.48	0.30



Table 4-3. Estimates obtained in 2008 and 2009 using closed population model M_{th}

Year	Marked individuals				Total population			
	$\hat{N}$	SE	95% CI	CV	$\hat{N}_{total}$	SE	95% CI	CV
2008	98	9.838	82-113	0.100	124	13.534	104-143	0.114
2009	90	4.641	86-105	0.052	114	7.531	109-133	0.072



고찰

Manly et al. (2005)은 풍도 추정 분석모델을 선택할 때 수리적 방법을 통해 가장 적합한 모델을 찾는 것은 유용하나 현장에서 수집한 대상 계군에 대한 다양한 정보까지 수치화할 수 없으므로 상황에 따라 연구자의 직관을 이용해 모델을 선택하는 것이 바람직하다고 하였다. 이번 연구에서는 해상상태의 변화나 무리의 크기에 따라 식별된 개체의 수가 각 조사마다 큰 차이를 보였다. 또한 각 개체의 성향에 따라 조사선박에 적극적으로 접근하여 빈번하게 촬영되는 개체가 있는 반면 접근을 꺼려 촬영이 어려운 개체도 있으므로 수리적 방법을 통해 제시된 M_{th} 모델과 현장에서 파악된 정보가 잘 부합하였다. 따라서 조사기간 내의 남방큰돌고래 자원량을 추정하기 위한 모델은 M_{th} 모델이 가장 적절한 것으로 판단된다.

연도별 자원량 추정 결과 2008년 124개체(95% CI = 104–143), 2009년 114개체(95% CI = 109–133)로 각각 추정되어 1년 사이에 10개체가 감소한 것으로 나타났다. 이는 실제로 자원량이 일부 줄어든 데서 온 결과일 수도 있겠으나 2008년 재발견율이 2009년 재발견율보다 낮았으므로 그만큼 조사노력이 모자란 결과로 인해 발생하는 오차로 해석할 수도 있다. 따라서 재발견율이 높았던 2009년에 추정된 자원량값인 114개체가 실제 자원량에 더 가까운 것으로 판단된다.

추정된 95% 유의수준의 상한값이 정규분포 상의 추정치보다 모수에서 더 멀어지는 반면, 하한값은 모수에 더 근접하였다. 이는 식별되지 않은 개체의 수가 정규분포를 한다고 가정할 경우, 상황에 따라 신뢰구간의 하한값이 실제로 식별된 개체수보다 더 낮게 나올 수 있으므로 이를 보완하기 위해 CAPTURE 프로그램에서 신뢰구간을 추정할 시, 식별되지 않은 개체의 수가 대수정규분포를 한다는 가정 하에 현실적인 신뢰구간이 추정된 결과이다.

제주도 남방큰돌고래의 추정자원량은 114개체로 그 개체수가 매우 적다. 남방큰돌고래 중 일부 독립적인 무리는 100개체 이하가 발견되는 경우도 있으나 이 무리들은 오직 오스트레일리아 남동부의 하구나 협만(fjord)을 서식처로 삼고 있으며 무리 간 거리가 매우 가까워 지리적 고립이 없다(Williams et al., 1993; Möller et al., 2002; Fury and Harrison, 2008). 제주도 인근 해역에서 발견되는 남방큰돌고래 계군 중 제주도와 가장 가까운 계군은 직선거리로 약 310 km 떨어진 일본 규슈 서부의 Amakusa-Shimoshima에서 발견되는데(Shirakihara et al., 2002), 이 계군 또한 제주도 남방큰돌고래 계군과 마찬가지로 전입과 전출이 없는 연안정착성 계군이므로 두 계군 간 왕래는 없을 것으로 생각된다. 따라서 제주도에 서식하는 남방큰돌고래 계군은 지금까지 보고된 남방큰돌고래 계군 중 그 수가 가장 적은 편에 속한다.

최근 들어 제주 연안에서 남방큰돌고래의 혼획이 급격히 증가하고 있는 추세다. 특히 출망이 쉽지 않도록 개량된 정치망 어구가 제주연안에 설치되면서(Kim et al., 2009) 혼획률 또한 증가한 것으로 보인다. 뿐만 아니라 제주연안 갯녹음 현상으로 인해 먹이생물 또한 감소하고 있는 실정이다(Kim, 2006).

향후 제주 연안에서 매년 남방큰돌고래의 개체식별조사를 통해 그 증감 추이를 파악하여 국내에서 제주에만 분포하고 있는 남방큰돌고래 자원을 보호하는 데 노력을 기울여야 할 것이다.

V. 남방큰돌고래의 혼획 현황

서론

대부분의 국가에서 상업포경이 금지된 고래류의 자원량을 추정하고 관리하는 데 있어서 혼획은 가장 큰 논쟁거리 중 하나이다. 혼획에 의해서 고래류의 비자연사망이 증가하게 되면 자원량 감소가 발생하는 것은 물론, 종의 영속성에도 심각한 영향을 끼칠 수 있는 까닭에 혼획 문제가 보전생물학 분야의 관심을 모으고 있는 것이다(D'Agrosa et al., 2000; Reeves et al., 2003). 어획 활동에 따른 고래류의 혼획은 인류가 어획을 위해 그물을 이용한 이래 계속 이어져 왔으나 최근 들어 어획강도가 세지고 효과적인 어구의 개발 및 신어장 개척 등으로 말미암아 고래류의 혼획 발생 빈도와 양은 증가 일로에 있다(Read et al., 2006). 특히 돌고래류에 있어서는 혼획으로 인해 자원량 감소가 두드러지게 나타나는 사례가 보고되어 혼획 저감 대책을 마련함과 동시에 최대혼획허용량을 파악하려는 연구가 이루어지고 있다(Wade, 1998; Taylor et al., 2000; Wade et al., 2007).

자원의 효율적인 보존과 관리 뿐 아니라 잉여자원의 효과적인 이용, 즉 허용가능한 포획율과 혼획률을 파악하기 위해서는 대상 계군의 풍도 변화를 예측하는 것이 필요하다(Cooke, 1999; Skalski et al., 2005). 계군의 풍도 변화 예측은 기본적으로 출산율, 사망률, 임신가능 연령 등의 자원학적 변수에 의해 지배 받는다. 이러한 자원학적 변수들은 밀도종속작용, 환경수용력의 변화, 또는 예측하기 힘든 자연적 현상에 의해 수시로 변하기도 한다(Zerbini et al., 2010). 긴 생활사를 가진 고래류의 자원학적 변수들을 파악하기 위해서는 1세대 이상의 자료가 요구되기도 하므로 제한적인 연구결과를 통해 변수값을 추정해야 하는 경우가 많다. 그러나 풍도 변화

예측의 중요성 때문에 자료가 불완전하다 할지라도 이미 얻어진 경험적인 자료를 통해 많은 연구가 이루어지고 있으며 대상 계군과 종의 관리 대책을 마련하는 데 이용되고 있다(Wade et al., 2007; Bradford et al., 2008).

추정자원량이 114개체 밖에 되지 않는 제주도의 남방큰돌고래 또한 만성적인 혼획 사건이 있어왔으나 최근 들어 그 발생 빈도가 예년에 비해 현격하게 늘고 있는 실정이다(Cetacean Research Institute, unpublished data). 이에 따른 폐사가 빈번하고(Fig 5-1) 어구 내에서 생존한 개체가 발견되더라도 일부는 전시 및 관람 목적으로 돌고래수족관으로 이송되어 제주 연안 생태계로부터 제거되는 남방큰돌고래의 개체수가 증가하고 있다.

이번 연구에서는 전 장에서 추정되었던 남방큰돌고래의 자원량을 바탕으로 현재 남방큰돌고래의 출산율과 사망률을 파악해 보고 혼획 기록을 통해 혼획에 의한 제거율을 추정하여 향후 이들의 풍도 변화 예측을 위한 기본자료로 제시하고자 한다.





Fig. 5-1. A bycaught Indo-Pacific bottlenose dolphin landed up on Jongdal-ri, Jeju.



재료 및 방법

제주도 남방큰돌고래의 혼획 실태와 그에 따른 개체군 풍도 변화 예측을 위한 자원학적 변수들은 다음의 과정을 통해 구하였다.

현존자원량

4장에서 제시된 2009년 추정자원량인 114마리를 최초 자원량으로 설정하였다.

혼획률(혼획에 의한 사망률과 생포율)

혼획 자료는 제주시와 서귀포시 해양경찰서에서 농림수산식품부에 제출한 고래류 혼획기록자료를 기초로 하였다(Cetacean Research Institute, Unpublished data). 이 자료는 1999년부터 실시된 농림수산식품부 어업자원관리시스템 중 고래자원관리 항목의 보고사항으로, 고래류의 혼획을 발견한 어민은 관할 해양경찰서에 혼획 사실을 신고하여야 하며, 신고 접수를 받은 해양경찰서는 혼획 위치·어구 종류와 혼획된 고래의 종류·체장·성별 등을 파악하여 농림수산식품부에 보고하도록 되어 있다. 해양경찰의 수사를 통해 불법적인 포획이 아님이 입증되면 위판을 통하여 고래류를 매매할 수 있다. 그러나 제주도 내의 어민들에게는 혼획보고에 대한 홍보가 미흡하여 혼획된 고래류의 일부는 보고되지 않기도 한다. 제주특별행정자치도 내 각 행정구역의 고래류 혼획자료를 취합한 Kim(2009)과 Seo et al. (2010)의 결과를 통해 혼획되었으나 해양경찰서에 신고되지 않은 남방큰돌고래의 개체수를 파악하였다.

생포된 개체의 식별을 위해 제주도 소재 돌고래수족관을 방문하여 수용되어 있는 돌고래의 등지느러미를 촬영하고 제주도 남방큰돌고래 개체식별 카탈로그와 대조해 일치하는 개체를 확인하였다. 사육 중인 돌고래들 가운데

해양경찰서에 신고되지 않은 개체는 사진 식별을 통하여 제주도 남방큰돌고래로 확인이 되면 이를 생포된 것으로 간주하여 혼획기록에 추가였다(Fig. 5-1).

연간출산율

Kogi et al. (2004)는 일본 Mikura Island에 서식하는 남방큰돌고래 계군의 연간출산율을 7.1%로 제시한 바 있으며, Steiner and Bossley (2008)는 오스트레일리아 Port River 하구에 서식하는 계군의 연간출산율을 6.4%로 제시하였다. 제주 연안에서는 2008년과 2009년 에 각각 6마리와 7마리의 새끼가 발견되었으므로 두 해를 평균하면 연간 출산율은 5.7%이다. 그러나 충분하지 못한 조사기간에 의해 발견되지 못한 개체가 있을 수 있으며 발견되기 전에 폐사한 개체도 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 제주도 남방큰돌고래의 현장관찰 출산율인 5.7%와 Kogi et al. (2004)에 의해 제시된 연간 출산율인 7.1%를 평균한 값인 6.4%를 연간출산율로 설정하였다. 이 값은 Steiner and Bossley (2008)의 연간출산율과 동일하다.

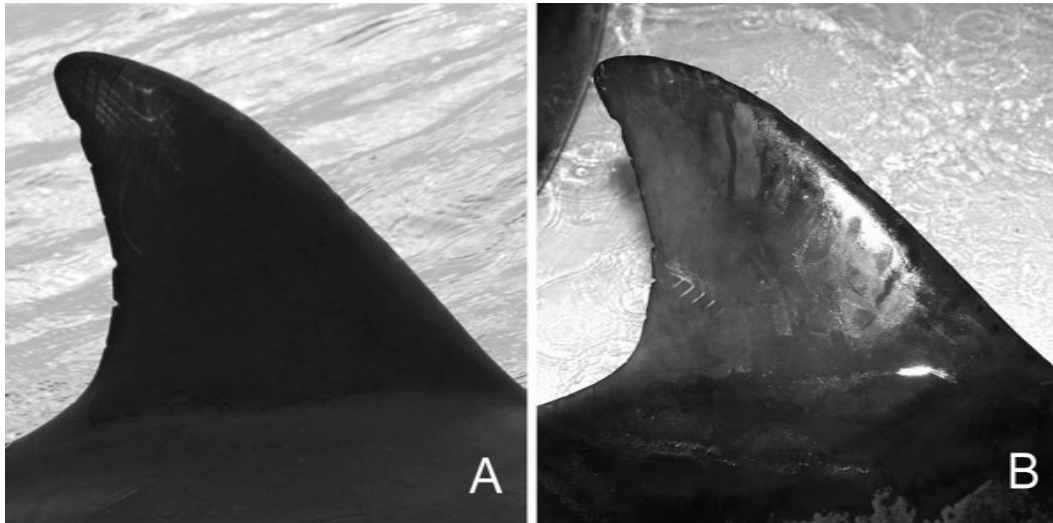
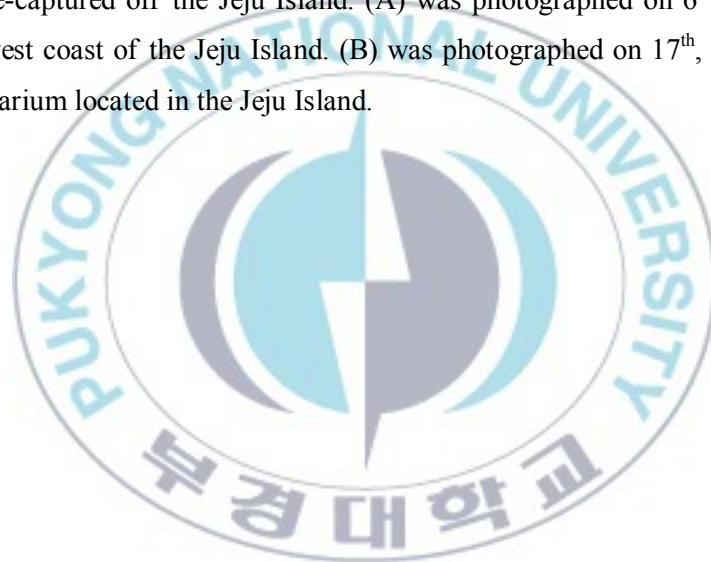


Fig. 5-2. An example of photo identification of an Indo-Pacific bottlenose dolphin (ID No. 21) live-captured off the Jeju Island. (A) was photographed on 6th, February, 2009 near northwest coast of the Jeju Island. (B) was photographed on 17th, November, 2009 in a dolphinarium located in the Jeju Island.



결과

2009년과 2010년의 남방큰돌고래의 혼획현황은 Table 5-1과 5-2에 각각 나타내었다. 2009년에는 혼획에 의해 2마리가 폐사하고 6마리가 생포되어 총 8마리가 계군 내에서 제거되었다. 2010년에는 폐사 4마리, 생포 6마리로 총 10마리가 제거되어, 연평균 혼획률은 7.9%로 추정되었다.

2년간 정치망에 의한 혼획은 4월과 10월 사이에 발생했으며 전체 혼획된 개체 중 14마리로 가장 많아 77.8%를 차지하였다. 정치망에 혼획되어 폐사한 개체는 2마리, 생포된 개체는 12마리로 정치망에 혼획되더라도 85.7%가 생존하였다. 반면, 자망에 혼획된 3마리와 저인망에 혼획된 1마리는 모두 폐사한 채로 발견되었다. 혼획된 개체 중 생포된 개체들을 모두 방류한다면 연간혼획률은 2.6%로 낮아질 것으로 예상되었다.

혼획된 개체 중 성별이 확인된 개체는 총 12개체였으며 이 중 8마리(66.7%)는 암컷이었고 4마리(33.3%)는 수컷이었다. 암컷이 수컷보다 2배 이상 혼획되는 것으로 나타났다.

생포된 개체를 사진을 통해 식별한 결과 2009년에 생포된 6마리 모두는 포획되기 이전에 제주도 연안에서 관찰되어 개체식별번호가 부여된 개체들이었다. 2010년에 생포된 6마리 중 2마리는 개체식별 하였으나 나머지 4마리는 돌고래 사육시설 내의 광량 부족으로 사진 촬영을 하지 못하여 개체 식별이 불가능 하였다.

Table 5-1. The status of Indo-Pacific bottlenose dolphins bycaught off the Jeju Island in 2009

Date	Latitude (N)	Longitude (E)	Gear type	Fate		Sex	ID No.
				Dead	Captured alive		
2009-03-02	33.066	126.157	Bottom trawl	○			
2009-05-01	33.208	126.519	Pound net		○	♀	23
2009-05-01	33.208	126.519	Pound net		○		9
2009-05-10	33.209	126.104	Pound net	○			
2009-06-23	33.300	126.257	Pound net		○	♀	21
2009-06-24	33.269	126.175	Pound net		○	♀	20
2009-06-24	33.269	126.175	Pound net		○	♂	78
2009-07-31	33.230	126.532	Pound net		○	♂	96
Total				2	6		

Table 5-2. The status of Indo-Pacific bottlenose dolphins bycaught off the Jeju Island in 2010

Date	Latitude (N)	Longitude (E)	Gear type	Fate		Sex	ID No.
				Dead	Captured alive		
2010-04-17	33.274	126.175	Pound net		○		
2010-04-25	33.340	126.450	Gill net	○			
2010-05-13	33.250	126.121	Pound net		○	♀	
2010-05-13	33.285	126.203	Gill net	○			
2010-05-15	33.259	126.132	Gill net	○			
2010-06-10	33.210	126.520	Pound net		○	♀	
2010-06-11	33.250	126.550	Pound net		○	♀	11
2010-08-13	33.307	126.550	Pound net		○	♀	
2010-##-##			Pound net		○	♂	48
2010-10-01	33.330	126.370	Pound net	○		♀	82
Total				4	6		

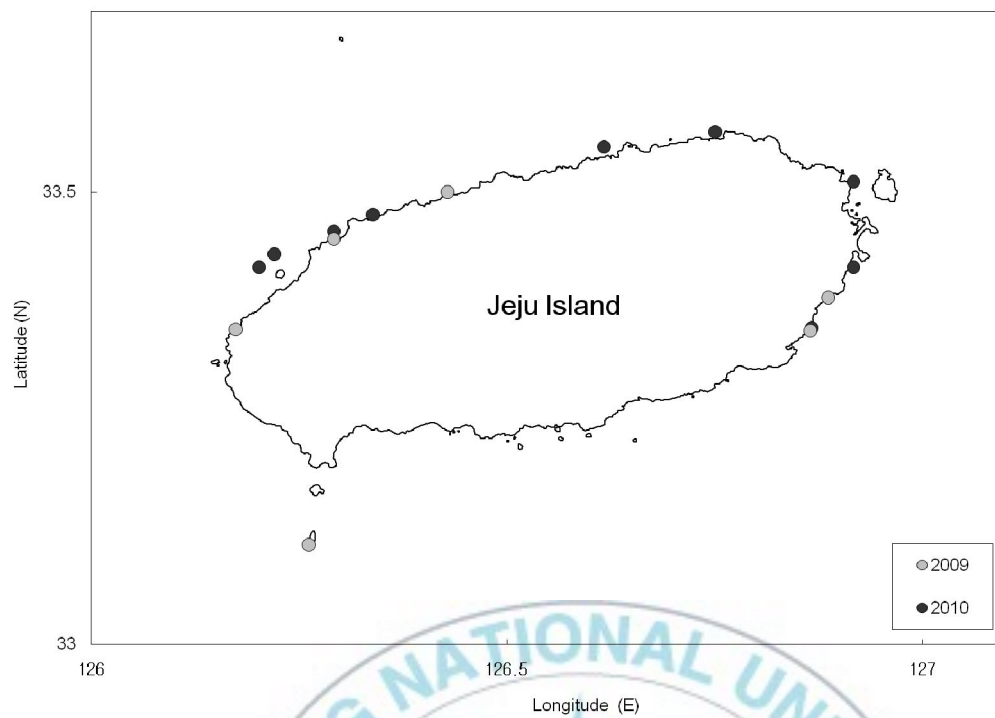


Fig. 5-3. Locations of the bycaught Indo-Pacific bottlenose dolphins between 2009 and 2010.

고찰

정치망에 혼획된 개체의 생존율이 높은 이유는 제주 지방에서 사용되는 독특한 정치망 형태 때문인 것으로 판단된다. 제주도는 외양수가 직접 영향을 미치므로 대규모 정치망을 부설하기 보다는 주로 소규모 정치망인 각망을 부설하는데(Fig. 5-4), 각망이 제주도 정치망 어구의 87%를 차지하고 있다(Kim, 2006; Kim et al., 2009). 각망은 원통과 헛통이 하나로 합쳐진 구조로 되어있어 혼획된 돌고래가 쉽게 탈출할 수 있으며 탈출하지 못하더라도 그물에 지느러미가 걸려 익사하는 경우가 드물다. 그러나 최근 들어 각망의 단점 중 출망의 용이함을 줄이기 위하여 많은 개량이 이루어져 승망이나 낙망 등의 개량어구가 설치되었다(Kim et al., 2009). 이로 인해 과거보다 혼획되는 남방큰돌고래가 증가하고 있는 것으로 판단된다.

혼획은 4월에서 10월 사이에 집중되었다. 제주도 연안 정치망의 어기가 4월 중순부터 12월 초 사이이며 어기가 끝나면 어구를 수거한다(Kim, 2006; Cha et al., 2008). 혼획 빈도가 가장 높은 어구인 정치망에 의한 혼획이 제거되어 혼획이 발생하지 않았다.

제주 남방큰돌고래의 연평균 혼획률은 7.9%로, 추정출산율인 6.4%보다 높게 나타나 출산에 의해 증가하는 개체수보다 혼획에 의해 폐사하는 개체수가 더 많을 것으로 예상되었다. Wilson et al. (1999)은 큰돌고래(*Tursiops truncatus*) 자연사망률을 3.0%로 추정하였다. 제주도의 남방큰돌고래 또한 이와 유사한 자연사망률을 보인다면 생태계에서 제거되는 개체의 수가 전체 자원량의 10.9%에 이를 것으로 예상되며 매년 출산되는 새끼의 수를 감안한다 하더라도 매년 4.5%의 자원량 감소가 발생할 것으로 예상된다.

IWC는 인간에 의해 발생하는 고래자원의 허용 가능한 감소 수준을 고래 계군의 최대성장율(R_{max})의 1/2 이하로 규정하고 있다(IWC, 1996, 1997).

최대성장율은 출산율에서 자연사망률을 뺀 값으로, 제주도 남방큰돌고래의 경우, 3.4% 가량으로 추정되며 이중 절반인 1.7%의 혼획이 허용된다. 그러나 IWC는 고래자원의 선제적 보존 노력을 위해 추정 자원량의 1%만을 이용하는 것이 효과적이라는 의견을 제시하였다(IWC, 1996, 1997). 현재의 혼획률은 IWC가 권고한 허용가능 수준의 8배에 이른다. 혼획된 돌고래 중 살아있는 개체를 방류한다 하더라도 연간 혼획률이 2.6%에 달해 여전히 혼획강도가 높은 수준이다. 혼획률이 2.6%일 경우 최대성장률인 3.4%보다 낮아 개체수가 점진적으로 증가할 것이라고 예상할 수 있으나 혼획 이외의 다른 자원학적 변수들이 외부요인에 의해 변할 수 있다. 또한, 현재 제주도 남방큰돌고래에 대한 자연사망율이 파악되지 않았으므로 자원량 변동을 예측하는데 있어 오차의 범위가 크므로 주의가 필요하다. 보다 정확한 자원량 변동을 예측하기 위해 개체별 생활사 추적을 통해 연령 및 성별 사망률을 파악하는 것이 필요하다. 남방큰돌고래와 같이 생활사가 길고 개체수가 적은 해양포유류에 있어서는 장기간에 걸친 사진을 통한 개체식별법으로 개체별 생활사를 추적하여 출산율과 사망율을 파악하는 연구가 활발하게 이루어지고 있다(Mann et al., 2000; Kogi et al., 2004; Steiner and Bossley, 2008). 따라서 제주도의 남방큰돌고래 조사에서도 사진을 통한 개체식별법으로 출산율, 생존율, 자연사망률, 비자연사망률을 지속적으로 모니터링하는 방안을 강구해야 할 것이다. 이를 통해 계군의 풍도 변화를 예측하여 허용 가능한 감소수준을 보다 정확하게 파악할 수 있을 것이다.

남방큰돌고래 자원을 지속 가능하게 이용하기 위해서 혼획률을 더욱 낮추는 방안을 마련되어야 할 것으로 보인다. 주로 연안에 부설된 정치망에 혼획이 되는 남방큰돌고래는 제주 지방 정치망의 구조적 단순함으로 인해 혼획이 되더라도 생존율이 85.7%에 이를 만큼 대부분의 개체가 살아있는 상태로 발견된다. 따라서 어망소유주의 의지에 따라 다시 방류될 수 있다. 그러나 살아있는 돌고래를 획득하면 방류 대신 이들을 필요로 하는 국내

일부 돌고래수족관 등에 판매를 하는 경우가 있어왔음이 개체식별을 통해 밝혀졌으며 앞으로도 방류가 원활히 이루어지지 않는다면 현재와 같은 높은 혼획률을 나타낼 것이다.

생포된 남방큰돌고래의 66.7%가 암컷으로 밝혀졌다. 개체군 내에서 암컷의 제거율이 더 높으면 낮은 출산율로 이어지게 되므로 자원량 감소가 더 가속화 될 것이다. 개체수 감소를 방지하기 위해 향후 혼획에 대한 정확한 현황파악과 함께 혼획되어 생포된 돌고래를 방류할 수 있는 방안을 마련해야 할 것이다.

더 나아가 제주도 남방큰돌고래의 자원량 증식을 위한 노력이 필요하다. 20.6 km²에 불과한 작은 섬인 Mikura Island의 연안에 서식하는 큰돌고래의 개체 수는 169마리로 추정되었다(Kogi et al., 2004). 제주도 연안의 환경수용력이 연구된 바는 없으나 제주도의 면적은 1845.5 km²으로 단순히 면적으로만 봤을 때 제주 연안에 더 많은 큰돌고래가 분포할 가능성이 있을 것으로 예상된다. 제주도의 남방큰돌고래 또한 혼획 방지 대책을 마련하여 적극적인 보호노력이 수반된다면 가까운 미래에 자원량 증가를 통해 보다 적극적인 산업적 이용을 기대할 수 있을 것이다.

포식자에 의한 피해를 파악하기 위해 사진 분석을 통해 상어나 범고래에 의한 상처자국이 있는지 살펴보았으나 찾아내지 못하였다. 그러나 제주도 근해에서 범고래나 상어류가 출몰한다는 보도가 지역 언론에 등장하는 것으로 보아 남방큰돌고래의 포식자에 대한 연구도 필요할 것으로 보인다. 또한 효과적인 자원 관리를 위해서는 먹이 조성 분석과 하부생태계 구성에 대한 추가적인 연구를 통해 제주도의 남방큰돌고래에 대한 환경수용력을 파악해야 할 것이다.

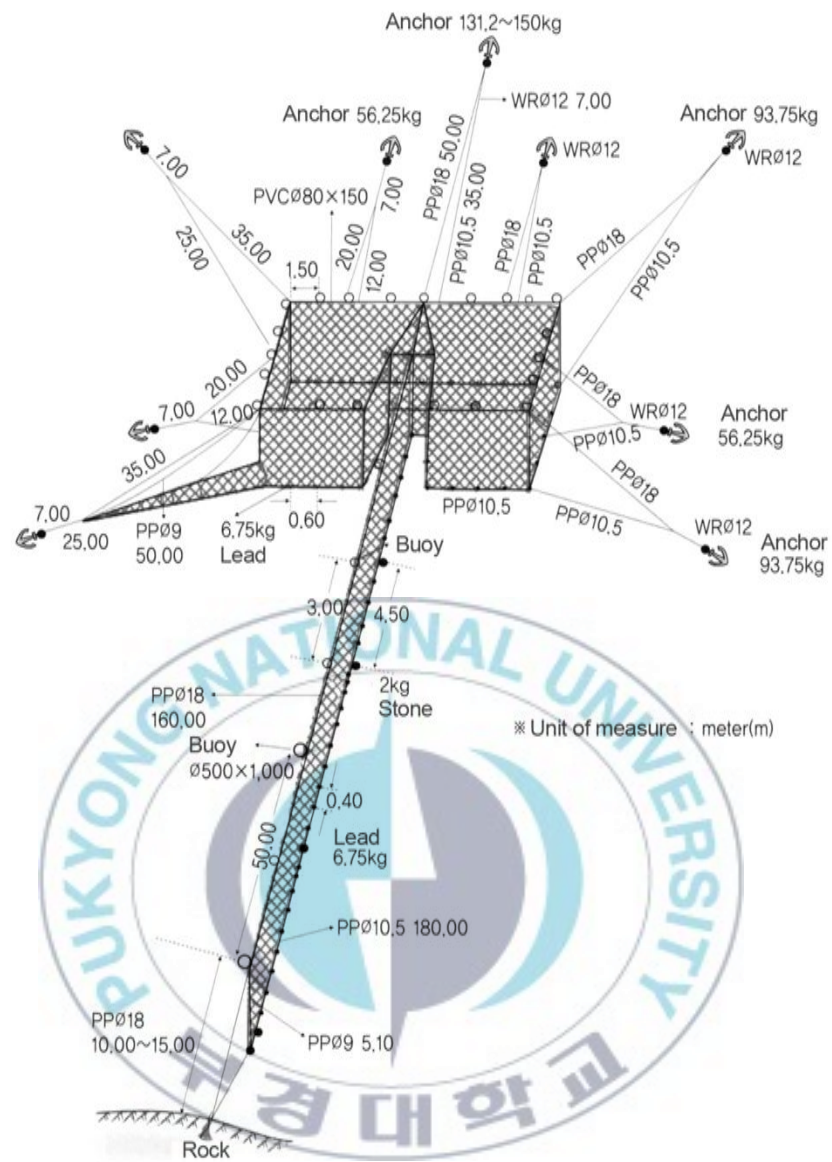


Fig. 5-4. A schematic diagram of a pound net in the waters off the Jeju Island (NFRDI, 2002).

VI. 종합고찰

제주도 연안에 분포하는 남방큰돌고래는 속담이나 속설에 등장할 만큼 지역민과 오랜 유대관계를 가져온 해양포유류이다. 그러나 이들을 대상으로 한 기초 생태연구는 물론 분류학적 위치조차 파악되지 않아 지금까지 큰돌고래(*Tursiops truncatus*)로 잘못 알려져 왔다. 남방큰돌고래는 뛰어난 환경적응력을 가지고 있어 각국의 수족관에서 전시 및 돌고래쇼용으로 이용되는 종이며 고래관광의 대상종으로 이용되는 등 잠재적으로 높은 산업적 가치를 지니고 있다. 국내에서도 일부 돌고래수족관에서 혼획되어 생포된 남방큰돌고래를 사육하고 있다. 그러나 제주도에 서식하는 남방큰돌고래에 대한 자원상태가 파악조차 안 된 상태에서 돌고래를 포획해 산업적으로 이용한다는 것은 계군의 영속성에 부정적인 영향을 줄 수 있다.

제주도의 남방큰돌고래는 연안에 분포하는 특성으로 인해 인간의 활동에 따른 서식지 교란으로 자원 상태가 위협받고 있다. 어구에 혼획되어 폐사한 개체들이 빈번하게 발견될 뿐 아니라 생존한 개체들의 등지느러미와 꼬리지느러미에서도 혼획이나 선박충돌에 의한 상처가 발견되기도 한다(Fig. 6-1). 현재 제주도 연안에서 발생할 수 있는 남방큰돌고래 자원에 대한 잠재적 위협요인은 다음과 같다.

혼획

제5장에서 살펴본 바대로 제주도 남방큰돌고래의 혼획에 의한 사망 및 생포는 연평균 7.9%로 매우 높은 수준이다. 혼획된 개체의 대부분은 연안에 설치된 정치망에 의해 발생한다. 정치망 어업은 제주도 내 수산물어획량 중 0.5%를 차지할 정도로 비중이 크지 않으나 신선도가 뛰어난 횡감용 수산물을 제공하는 중요한 어업 중 하나로 인식되고 있다(Kim, 2006).

따라서 남방큰돌고래의 혼획을 줄이기 위해 정치망 어업 강도를 낮추는 것은 지역 어민의 반발이 클 것으로 예상된다. 그러나 남방큰돌고래가 가장 많이 출몰하는 지역에 정치망 어장도 밀집해 있어 이에 대한 대책이 요구된다.

과거부터 제주도에는 돌고래고기를 식용하는 풍습이 존재하지 않았으므로 혼획된 돌고래를 획득한다 하더라도 금전적인 이득을 기대할 수 없었다. 그러나 최근 들어 제주지역 돌고래수족관에서 생포된 돌고래를 어민들로부터 구입하자 일부 정치망 소유주는 해양경찰에 신고하지 않은 채로 돌고래수족관과의 연락을 통해 생포된 돌고래를 처분하는 경우가 늘어나고 있다. 현재 제주도 소재 돌고래수족관 중 일부는 현재 국토해양부에서 지정한 해양동물 전문 구조치료기관으로 등록되어 있다. 따라서 해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률에 의거, 조난·부상 해양동물 구조 치료시설 설치·운영 및 보호대상 해양생물의 서식지 외 보전기관 지정 관리 규정에 따라 생포된 남방큰돌고래를 구조할 수 있는 권한을 가진다. 그러나 돌고래수족관에서 건강에 이상이 없는 개체를 방류하지 않고 전시 및 공연을 위해 자체적으로 수용하는 사례가 사진개체식별을 통해 확인되었다. 현수준의 혼획강도가 유지된다는 가정 하에 정치망에 혼획되어 생포된 개체를 현장에서 방류한다면 남방큰돌고래의 자원량은 소폭 증가할 것으로 예상된다.

남방큰돌고래의 자원을 보호하기 위해서는 관련기관이 향후 생포된 돌고래가 안전하게 방류될 수 있도록 어민과 해양동물 전문 구조치료지정기관인 돌고래수족관을 대상으로 지도 및 감시 활동을 강화해야 할 것이다. 해양동물 전문 구조치료기관에서 건강에 이상이 없어 치료를 요하지 않는 돌고래를 영리 목적으로 사육하는 것은 현행법을 위반하는 행위이므로, 현재 사육중인 개체들 중 일부는 원래의 서식지로 방류하여 개체수를 늘리는 방안도 고려해볼 수 있다. 순치된 개체들이 다시 방류될 경우 생태계 내에 적응하지 못하여 폐사할 수 있다는 우려가 있을 수 있으나, 포획 후 2년간 사육된 큰돌고래를 방류하여 생태계에 성공적으로 적응한

사례가 있으므로(Wells and Hull, 1998) 이에 대한 면밀한 조사가 이루어 질 필요가 있다. 또한 혼획으로 인한 폐사를 미연에 방지할 수 있도록 남방큰돌고래의 이동습성에 관한 연구를 실시하고 어구의 지나친 개량을 제한하거나 돌고래의 혼획을 감소시킬 수 있는 어구를 개발하는 등의 방안이 필요할 것으로 판단된다.

현재 생포가 이루어지고 있는 원인 중 일부는 이해당사자들이 남방큰돌고래의 분류학적·생태학적 측면을 잘못 이해하고 있는 과정 중에 비롯된 것으로 보인다. 제주 현지의 이해당사자들 중 일부는, 현재 남방큰돌고래가 우리나라 연안에 흔히 분포하는 큰돌고래와는 다른 종이며 제주도 근해에서 연중 서식하는 정착성 계군이라는 것은 인지하고 있지 못하고 있다. 이로 인해 혼획이 발생하였을 때 해양경찰에 보고가 잘 이루어지지 않는 등 미온적인 대처가 있어왔다. 농림수산식품부는 고래류의 불법포획, 미보고 고래류의 유통 방지, 혼획고래의 이용에 관한 국내외적인 불신과 의혹을 해소하기 위해 1986년 제정한 ‘고래류 포획 금지에 관한 고시’를 25년 만에 전부개정안을 마련하여 2011년 1월 3일부터 본격적인 시행에 들어갔다. 이 고시의 발효와 함께 지금까지 밝혀진 제주도 남방큰돌고래의 자원상태를 홍보한다면 혼획의 심각성을 환기시켜 생포 문제를 일부 해소할 수 있을 것으로 판단된다.

해상풍력발전사업

제주특별자치도는 도 내의 에너지 수요량을 대부분 육지에서 공급받고 있다. 이에 대한 대안으로 풍력발전소가 구좌읍 행원리, 성산읍 수산리, 한경면 용당리 지역에 들어섰으나 부지 사용, 발전기의 소음이나 전파 발생 등으로 인접지역 주민들의 민원이 꾸준히 제기되고 있는 실정이다(Kim and Chung, 2009). 이러한 문제들로 인해 육상 대신 부지확보가 용이하고 효율성이 우수한 해상풍력발전소를 제주도 인근 해상에 건설하려는 계획이

논의되고 있다(KEPCO E&C, 2010) .

구좌읍 연안에서 해상풍력 실증연구단지 조성을 위하여 물새류 현황 조사와, 철새도래생태 등 제주도의 해양생태에 대한 환경영향평가 연구가 수행된 바 있으나(Kim et al., 2007), 남방큰돌고래를 포함한 해양포유류의 생태에 미치는 영향은 연구된 바 없다. 풍력발전시설 설치를 위한 말뚝 박기(pile driving) 작업 시 발생하는 소음은 40 km 밖에서도 감지되며 돌고래의 분포 및 풍도에 영향을 미치는 것으로 보고 되었다(David, 2006; Madsen et al., 2006). 특히 말뚝 박기 작업에서 발생하는 저주파는 돌고래가 가장 민감하게 반응하는 음역대이다(Richardson and Würsig 1996). 이로 인해 독일연방 환경청은 북해의 해상풍력발전소 건설 과정에서 발생하는 소음이 주변에 서식하는 돌고래의 생존에 영향을 미친다는 이유로 발전기 추가설치를 불허한 사례가 있다. 또한 완공 후에도 발전기의 터빈에서 발생하는 저주파음이 주변 수역에 서식하는 해양포유류의 행동변화에 영향을 끼치기도 한다(Koschinski et al., 2003). 해상풍력발전소 후보지인 구좌읍과 환경면은 남방큰돌고래가 가장 빈번하게 관찰되는 장소와 인접한 곳이다. 제주도 근해에 해상풍력단지가 들어서게 되면 서식지가 중복되는 남방큰돌고래의 생태에 영향이 미치지 않을 수 없다. 해상풍력단지를 조성하기 전에 해양생태계와의 상호작용에 대한 충분한 사전평가 연구가 진행되어야 할 것으로 보인다.

고래관광

전세계적으로 생태계 보전의 중요성에 대한 인식이 확대됨에 따라 환경친화적인 생태관광에 대한 관심이 높아지고 있다. 생태관광은 관광객과 지역사회로 하여금 자연과의 공존을 지향하면서 지역경제 활성화에 부응하는 다목적 지역활성화 전략의 일환으로 이해되고 있다(Koh, 2009).

다양한 생태관광 유형 중에서 고래관광은 고래와 해양생태계에 대한

대중의 높은 관심을 충족시키고 고래를 적극적으로 보존하고 관리하여 지속 가능한 자원의 이용을 실현한다는 점에서 그 의의가 크다(MOMAF, 2007). 전 세계적으로 고래관광은 87개국에서 실시되어 10억 달러 이상의 경제적 효과를 창출하는 것으로 추정되며(Hoyt, 2001) 점차 증가세를 나타내고 있다. 국내에서는 울산광역시 남구에서 2009년부터 고래관광을 시작하였으며, 제주도에서도 남방큰돌고래를 대상으로 고래관광 가능성에 대한 연구가 이루어지고 있다(Lee et al. 2008; Kim, 2009). 국내에서의 고래관광은 국민에게 해양생태계의 보전과 환경문제에 대한 새로운 인식을 제고시킬 수 방법으로 이용될 수 있다. 또한 지역 주민의 소득 증대와 자원의 효율적인 이용 측면에서 고래관광에 대한 연구가 필요하다(MOMAF, 2007). 그러나 고래관광을 시행하기에 앞서 고래관광에 이용되는 선박 자체의 물리적 위험요인이나 운행 중 발생하는 소음과 같은 인위적인 서식지 교란 요인이 있는 만큼 고래류 풍도에 미치는 영향에 대한 연구가 선행되어야 할 것이다.

Bejder et al. (2006)은 오스트레일리아 Shark Bay에 서식하는 남방큰돌고래 무리를 대상으로 고래관광이 자원량에 미치는 영향을 조사한 결과 고래관광의 대상이 되는 무리의 자원량이 14.9% 감소한 것으로 보고하였다. Lusseau (2006)는 큰돌고래의 행동학적 연구에서 큰돌고래가 유형 중 선박과 조우하면 진행방향을 바꾸어 회피한다고 보고하였다. 고래관광으로 인한 풍도 감소를 최소화 하기 위해 고래관광을 실시하는 각 국가나 단체는 가이드라인을 제정하고 있는데 NOAA (2005)에서 제정한 플로리다 연안의 돌고래관광 가이드라인은 다음과 같다.

선박은 돌고래로부터 50 yards (46 m) 가량의 거리를 유지한다.

돌고래 무리에 머무는 시간은 30분 이하로 제한한다.

돌고래 무리가 선박에 의해 방해 받는 듯한 행동을 보이면 무리로부터

이탈한다.

선박이 돌고래 무리 주위를 돌며 운항하거나 뒤쪽에서부터 접근하는 행위, 여러 선박으로 에워싸는 행위를 금한다.

돌고래 무리가 선박으로 접근해오면 다시 떠날 때까지 엔진기어를 중립에 둔다.

돌고래에게 먹이를 주는 행위를 금한다.

현재 제주도에서 고래관광이 실시되고 있지 않지만 여행객을 태운 어선이 기회적으로 남방큰돌고래와 조우하게 될 경우 선속을 갑자기 높이거나 변침하여 돌고래 무리로 접근해서 돌고래의 선수와 타기를 유도하는 광경을 현장에서 조사 중 목격한 바 있다. 관계기관에서는 어민들에게 돌고래와 조우 시 선박의 운항 방법에 대한 교육을 실시하여 잠재적인 선박충돌 사고에 대비해야 할 것으로 판단된다.

모든 고래류는 ‘멸종위기에 처한 야생동식물종의 국제거래에 관한 협약(CITES)’ 부속서 I·II에 등재되어 보호받고 있다. 남방큰돌고래 또한 자원상태가 충분히 파악되지 않은 상태이므로 CITES 부속서 II에 등재되어 있음은 물론, 국제자연보전연맹(IUCN; International Union for Conservation of Nature)의 적색목록(Red list)에 자료불충분(Data deficient)로 등재되어있다. 고래류는 건강한 해양생태계를 상징하는 동물로 인식되어 이들에 대한 보존과 자원 회복 노력을 통해 국제 사회에서 우리나라의 위상을 제고할 수 있을 뿐 아니라 국민들의 정서함양에도 큰 도움이 될 것이다. 수산자원의 생태계기반관리 측면에서도, 고래류와 같은 최상위 포식자의 자원상태는 하위영양단계에 속하는 다양한 수산자원의 풍도에 큰 영향을 미치게 되므로(Zhang and Yoon, 2003) 제주도 연안 생태계 역학적 모델링 연구를 위해 연안정착성이자 우점종인 남방큰돌고래의 분포 및 풍도

연구뿐만 아니라 생태학적 특성치인 연령과 성장, 사망률 등에 관한 광범위한 연구가 지속적으로 수행되어야 한다.

국토해양부는 2006년 ‘해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률’을 제정하여 해양생물 중 우리나라의 고유한 종·개체수가 현저하게 감소하고 있는 종·학술적 경제적 가치가 높은 종·국제적으로 보호가치가 높은 종을 보호대상해양생물로 지정하고 있다. 제주도의 남방큰돌고래는 개체수가 114마리 안팎이며 현재 혼획으로 인해 개체수가 현저하게 감소하고 있으므로 보호대상해양생물로 지정하여 이들의 보호·증식·복원에 필요한 조치를 마련해야 할 것으로 생각된다.

남방큰돌고래는 생활사가 길고 회유를 하지 않는 종이며 연안생태계의 최상위포식자이므로 이들의 건강상태와 풍도 변화는 곧 연안 생태계의 건강을 나타내는 척도가 될 수 있다(Wells et al., 2004). 그러나 현 상황에서 서식지 교란을 경감시킬 수 있는 종합적인 대책이 수립하지 않는 한 제주도의 남방큰돌고래 계군은 점차 감소할 것으로 보인다. 앞으로 인간활동에 의한 생태계 교란을 최소화 하면서 제주도의 남방큰돌고래 계군을 보존하고 관리하는 노력을 통해 자원량 감소를 미연에 방지해야 할 것이다. 남방큰돌고래의 자원량이 회복된다면 이를 관광자원화 하여 많은 부가가치를 이끌어낼 수 있을 것이다.

본 연구에서 지금까지 큰돌고래로 잘못 알려져 왔던 제주도 남방큰돌고래의 분류학적 위치를 파악하여 국명을 부여하였다. 또한 사진을 통한 개체식별법을 통해 제주도 연안에 서식하는 남방큰돌고래의 분포특성을 파악하고, 이를 통해 자원량을 추정하여 남방큰돌고래 자원을 효율적으로 관리하는 방안을 제시하고자 하였다.

1986년 IWC의 상업포경 모라토리엄과 더불어 고래의 상업적 포획이 전면 금지된 이후 국내에서 포획에 의한 연구 활동은 이루어지지 않았다. 혼획이나 좌초된 고래류를 통해 실물표본을 입수할 수 있으나 현행법상 혼획 및

좌초된 고래류는 최초발견자가 소유권을 가지게 되며 이렇게 발견된 대부분의 고래가 식용으로 이용되어 그 상업적 가치가 크므로 연구 목적을 위해 실물표본을 얻기란 힘들다. 그러나 이번 연구에 사용된 방법인 사진을 통한 개체식별법은 물리적 접촉 없이 고래의 다양한 생태학적, 행동학적 특성을 파악할 수 있는 방법이다. 2007년부터 사진을 통한 개체식별법으로 제주도에 서식하는 남방큰돌고래의 분포 및 자원량 추정 연구를 수행한 결과 이 계군은 연중 제주 연안에 서식하는 정착성 계군이며 이들의 추정개체수가 114마리임을 밝혔다. 짧은 조사기간과 제한된 조사횟수로 인해 계군 관리에 필요한 자원학적 변수를 수집하는 데 한계가 있었다. 향후 추가적인 조사를 통해 출산율, 사망률, 가임시기, 자원의 증가율과 같은 다양한 자원학적 변수들을 개체별 생활사 추적을 통하여 명확하게 구명할 필요가 있다.

환경의식의 고취와 생태관광의 보편화로 인해 큰돌고래가 발견되는 세계 여러 지역에서는 이들을 이용해 지역 홍보 수단으로 삼아 관광객을 유치하는 원동력이 되고 있다(Mackelworth, 2006). 인간활동에 의한 생태계 교란을 최소화 하면서 제주도의 남방큰돌고래 계군을 보존하고 관리하는 노력을 통해 자원량 감소가 일어나지 않도록 한다면 향후 남방큰돌고래를 관광자원화 하여 많은 부가가치를 창출할 수 있을 것이다.



Fig. 6- 1. A dolphin with dorsal fin injury of anthropogenic origin.



VIII. 요약

남방큰돌고래는 인도양과 서태평양의 열대 및 온대 해역에 분포하는 중형 크기의 돌고래이다. 본 종은 포획하기 용이하고 고래관광의 대상으로 이용되어 최근 들어 이들의 자원상태에 대한 관심사가 높아지고 있다. 서태평양의 도서국가에서부터 남아프리카까지 남방큰돌고래의 서식역이 비교적 자세하게 파악되고 있으나 국내에서 이 종에 대한 연구가 없었으므로 존재사실이 학계에 보고되지 않았다. 그러나 제주도 지역민의 속담이나 속설에 남방큰돌고래가 등장해 과거부터 존재해 왔다는 것을 알 수 있다.

본 연구에서는 지금까지 큰돌고래로 잘못 알려져 왔던 제주도의 남방큰돌고래의 분류학적 위치를 재정립하여 국명을 부여하였다. 또한 사진을 통한 개체식별법을 통해 제주도 연안에 서식하는 남방큰돌고래의 분포특성을 파악하고 이를 통해 자원량을 추정하여 남방큰돌고래 자원을 효율적으로 관리하는 방안을 제시하고자 하였다.

큰돌고래속(Genus *Tursiops*)에는 단일종만이 존재하는 것으로 알려져 오다 최근에 common bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*)과 Indo-Pacific bottlenose dolphin (*Tursiops aduncus*), 2종으로 나뉜다는 것이 밝혀졌다. 제주 연안에서 발견되는 큰돌고래류의 정확한 동정을 위해 제주도에서 혼획된 큰돌고래 1개체를 이용해 외부형태학·유전학·골격학적인 분석을 실시하였으며 추가로 제주 연안에서 직접 큰돌고래를 관찰하여 외부형태형질을 파악하였다. 두개골형질과 외부형질 중 복부의 반점 등을 통해 제주 연안에서 관찰되는 큰돌고래무리는 Indo-Pacific bottlenose

dolphin (*T. aduncus*)로 동정되었으며 국명을 남방큰돌고래로 신청 보고하였다.

남방큰돌고래의 분포특성 파악과 자원량을 추정하기 위해 2007년 11월부터 2009년 12월까지 제주 연안에서 목시조사 32회 및 사진개체식별 조사 11회를 실시하였다. 조사기간 중 약 100 n.m. 당 1무리를 발견하였으며, 2009년 이후에 실시된 조사가 2009년 이전의 조사보다 발견율이 높았다. 주로 제주도 북쪽 해안으로부터 500 m 이내의 해역에서 발견되었다. 사진을 통한 개체식별 조사 동안 2,381장을 사진을 촬영하여 89개체를 식별하였다. 이중 69개체가 2회 이상의 재발견율을 보여 사진 식별된 전체 개체 중 94.3%를 차지하였다. 이처럼 높은 중복관찰율은 남방큰돌고래가 제주 연안에 연중 서식하는 정착성 계군임을 보여준다.

2008년과 2009년의 남방큰돌고래 자원량을 추정하기 위해 개체식별자료를 이용해 표지재포획법을 적용하였다. 자원량 추정 프로그램인 CAPTURE 내의 여러 모델 중 본 연구에 가장 적합한 M_{th} 모델을 이용하여 자원량을 추정한 결과, 2008년 124개체, 2009년 114개체로 추정되었다. 이는 지금까지 보고된 남방큰돌고래 계군 중 그 수가 가장 적은 편에 속한다.

추정된 제주도의 남방큰돌고래 자원량을 바탕으로 남방큰돌고래 혼획 기록을 통해 혼획에 의한 인위적 제거율을 추정하였다. 이밖에 자연사망율, 출산율 등의 자원학적 변수를 구하여 이들의 풍도 변화를 가늠해 보았다. 최근 2년간 남방큰돌고래 6마리가 폐사하고 12마리가 생포되어 연평균 혼획률은 7.9%로 추정되었다. 정치망에 혼획된 개체의 비율이 77.8%로 가장 높았으며 이중 85.7%는 살아있는 채로 발견되었다. 혼획된 남방큰돌고래 중 살아있는 채로 발견된 개체들을 방류할 경우에 개체수는 점진적으로 증가할 것으로 예상되었다.

제주도 연안에서 이루어지는 어로행위에 의한 혼획으로 인해 매우 높은 비자연사망이 발생하고 있으며 이 밖에도 해상풍력발전소 건설, 고래관광 시행은 남방큰돌고래 자원에 대한 잠재적 위협요인이 될 수 있으므로 서식지 교란을 경감시킬 수 있는 종합적인 대책이 수립되어야 할 것이다. 남방큰돌고래에 대한 지속적인 조사와 적극적인 보호 노력을 통해 자원량이 회복된다면 이를 관광자원화 하여 많은 부가가치를 이끌어낼 수 있을 것이다.



IX. 참고문헌

An YR, Kim ZG, Sohn H and Yang WS. 2004. By-catch of small cetaceans in the eastern coastal waters of Korea. J Korean Soc Fish Res 6, 163-172.

Altschul SF, Madden TL, Schäffer AA, Zhang J, Zhang Z, Miller W and Lipman DJ. 1997. Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs. Nucleic Acids Res **25**, 3389-3402.

Amir OA, Berggren P, Ndaro SGM and Jddawi NS. 2005. Feeding ecology of the Indo-Pacific bottlenose dolphin (*Tursiops aduncus*) incidentally caught in the gillnet fisheries off Zanzibar, Tanzania. Est Coast Shelf Sci 63, 429-437.

Balcomb KC, Boran JR and Heimlich SL. 1982. Killer whales in greater Puget Sound. Rep Int Whale Commn 32, 681-685.

Barco SG, Swingle WM, Mclellan WA, Harris RN and Ann PD. 1999. Local abundance and distribution of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the nearshore waters of Virginia Beach, Virginia. Mar Mamm Sci 15, 394-408.

Bejder L, Samuels A, Whitehead H, Gales N, Mann J, Connor R, Heithaus M, Watson-Capps J, Flaherty C. and Kürtzen, M. 2006. Decline in relative abundance of bottlenose dolphins exposed to long-term disturbance. Conserv Biol 20, 1791-1798.

Bigg M. 1982. An assessment of killer whale (*Orcinus orca*) stocks off Vancouver Island, British Columbia. Rep Int Whal Commn 32, 655–666.

Bradford AL, Weller DW, Wade PR, Burdin AM and Brownell Jr. RL. 2008. Population abundance and growth rate of western gray whales *Eschrichtius robustus*. Endang Species Res 6, 1–14.

Cha BY, Kim BY and Oh SW. 2001. Catch variation and fishing period of the set net fishery in coastal waters of Jeju Island. Korean J Ichthyol 13, 210–219.

Chao A. 1987. Estimating the population size for capture–recapture data with unequal catchability. Biometrics 43, 783–791.

Chao A, Lee SM and Jeng SL. 1992. Estimating population size for capture–recapture data when capture probabilities vary by time and individual animal. Biometrics 48, 201–216.

Chilvers BL and Corkeron PJ. 2003. Abundance of Indo–Pacific bottlenose dolphins, *Tursiops aduncus*, off Point Lookout, Queensland, Australia. Mar Mamm Sci 19, 85–95.

Cho YK. 1988. A study of the bottom water and transport in the South Sea, Korea. M.S. Thesis, Seoul National University, 55.

Cockcroft VG, Cliff G and Ross GJB. 1989. Shark predation on Indian Ocean bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* off Natal, South Africa. South Afr J Zool 24, 305–310.

Cockcroft VG and Ross GJB. 1990. Food and feeding of the Indian Ocean bottlenose off southern Natal, South Africa. In: The Bottlenose Dolphin. Leatherwood S and Reeves RR eds. Academic Press San Diego, 295–308.

Connor RC, Wells RS, Mann J and Read A. 2000. The bottlenose dolphin: social relationships in a fission–fusion society. In: Cetacean societies: field studies of dolphins and whales. Mann J, Connor RC, Tyack PL and Whitehead H eds. The University of Chicago Press Chicago, 91–126.

Cooke JG. 1999. Improvement of fishery–management advice through simulation testing of harvest algorithms. ICES J Mar Sci 56, 797–810.

Cormack RM. 1989. Log–linear models for capture–recapture. Biometrics 45, 395–413.

D'Agrosa C, Lennert–Cody CE and Vidal O. 2000. Vaquita bycatch in Mexico's artisanal gillnet fisheries: driving a small population to extinction. Conserv Biol 14, 1110–1119.

Darroch JN. 1958. The multiple–recapture census. In: estimation of a closed population. Biometrika 45, 343–359.

David JA. 2006. Likely sensitivity of bottlenose dolphins to pile-driving noise. *Water Envi J* 20, 48–54.

Douglas-Hamilton I. 1973. On the ecology and behavior of the Lake Manyara elephants. *E Afr Wild J* 11, 401–403.

Foster JB. 1966. The giraffe of Nairobi National Park: Home range, sex ratios, the herd, and food. *E Afr Wild J* 4, 139–148.

Fury CA and Harrison PL. 2008. Abundance, site fidelity and range patterns of Indo-Pacific bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) in two Australian subtropical estuaries. *Mar Freshw Res* 59, 1015–1027.

Gao A, Zhou K and Wang Y. 1995. Geographic variation in morphology of bottlenose dolphins (*Tursiops* sp.) in Chinese waters. *Aquat mamm* 21, 121–135.

Goddard J. 1966. Mating and courtship of the black rhinoceros (*Diceros bicornis* L.). *E Afr Wild J* 4, 69–75.

Goodall J. 1986. *The Chimpanzees of Gombe: Patterns of Behavior*. The Belknap Press of Harvard University Press, 673.

Hale PT, Barreto AS and Ross GJB. 2000. Comparative morphology and distribution of the *aduncus* and *truncatus* forms of bottlenose dolphin

Tursiops in the Indian and Western Pacific Oceans. *Aquat Mamm* 26, 101–110.

Hall TA. 1999. BioEdit: a user–friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT, *Nucleic Acids Symp Ser* 41, 95–98.

Hershkovitz P. 1966. Catalog of living whales. *US Nat Mus Bull* 246, 1–259.

Hoyt E. 2001. Whale watching 2001: worldwide tourism numbers, expenditures and expanding socioeconomic benefits. International Fund for Animal Welfare, Yarmouthport, Massachusetts.

IWC. 1996. Report of the scientific committee. Report of the International Whaling Commission 46, 49–106.

IWC. 1997. Report of the scientific committee. Report of the International Whaling Commission 47, 57–121.

IWC. 2009. Report of the scientific committee. Report of the International Whaling Commission 59, 108.

Jefferson TA, Leatherwood S and Webber MA. 1993. *FAO species identification guide: Marine mammals of the world*. FAO Rome, 320.

Jefferson TA, Webber MA and Pitman RL. 2008. *Marine mammals of the*

world. A comprehensive guide to their identification. Academic Press London, 573.

Jeong YJ. 1814. Jasaneobo, In: Korean translation Chong MK. Jisik-sanup publications. 1977. 226.

Jeju Development Institute. 2008. The source book of Woman's history in Jeju II. Jeju Special Self-Govorning Province HRD Institute. 411.

Jeju-do. 1994. The folklore of Jeju II. Jeju-do. 588.

Jeju-do. 1995. The folklore of Jeju III. Jeju-do. 497.

Jinju National Museum. 1993. Yeondaedo I. Jinju National Museum. 471.

Jolly GM. 1965. Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigration-stochastic model. Biometrika 52, 225-247.

Kakuda T, Tajima Y, Arai K, Kogi K, Hishii T and Yamada T. 2002. On the resident 'bottlenose dolphins' from Mikura water. Mem Natn Sci Mus 38, 255-272.

KEPCO E&C. 2010. Building Largest Scale Off-Shore Wind Power Farm in Jeju. <http://www.kepco-enc.com>

Kim BY, Seo DO and Lee CH. 2009. Catch fluctuation of the pound set net

according to tide age on the coastal waters of Jeju. J Kor Fish Soc 42, 83–88.

Kim DK. 2006. A study on the restoration of marine forests using artificial reef on the barren grounds along the coast of Jeju. Ph.D. Thesis, Cheju National University, 115.

Kim IO and Rho HK. 1994. A study on China coastal water appeared in the neighbouring seas of Cheju Island. J Korean Fish Soc 27, 515–528.

Kim JG and Chung CM. 2009. A study on main factor of large offshore wind park by location condition selection. Korea Urban Management Association 22, 145–165.

Kim SH. 2009. The studies on migration pathway and distribution of the bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, for sightseeing at the coastal waters of Jeju Island on Korea. Ph.D. Thesis, Cheju National University, 152.

Kim SRN, Kim BS, Chang MH, Kyong NH and Oh HS. 2007. Research on status of waterfowl of Gujwa region where offshore wind farm was planed in Jejudo Island. Kor J Orni 14, 67–75.

Kim TW. 2006. A basic study on the pound net without fyke net fishery in Hamdeuk fishing ground off Jeju Island in Korea. M.S. Thesis, Cheju National University, 68.

Kim YJ. 2008. The sea, the dangerous working place of diving women. Jemin Ilbo.

Kim ZG, Lee JW, Baik CI, Sohn H, Park CS, Lee DW, Choi KH, Hong BK, Kim ST, Park JH, Choi YM, Cha HK and Hwang KS. 2002. Whales, Dolphins and Porpoises off Korean Peninsula. NFRDI, 135

Kim ZG, Choi SG, An YR, Kim HW and Park KJ. 2007. Whales, Dolphins and Porpoises off Korean Peninsula. NFRDI, 100–101.

Kim ZG, Sohn H and An YR. 2005. Cruise report of the Korean whale sighting survey in the East Sea, August–September 2004. IWC/SC/57/NPM9 presented in International Whaling Commission.

Klingel H. 1965. Notes on the biology of the plains zebra, *Equus quagga boehmi*, Matschie. E Afr Wild J 3, 86–88.

Kogi K, Hishii T, Imamura A, Iwatani T and Dudzinski KM. 2004. Demographic parameters of Indo–Pacific bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) around Mikura Island, Japan. Mar Mamm Sci 20, 510–526.

Koh SY. 2009. The inscription of Jeju world natural heritage and ecotourism in Jeju. J Kor Asso Regi Geograph 15, 215–225.

KORDI. 2001. Marine and coastal biodiversity of Cheju Island: conservation and sustainable use. KORDI, 452.

Koschinski S, Culik BM, Henriksen OD, Tregenza N, Ellis G, Jansen C and Kathe G. 2003. Behavioural reactions of free-ranging porpoises and seals to the noise of a simulated 2 MW windpower generator. *Mar Ecol Prog Ser* 265, 263–273.

Leatherwood S, Peters CB, Santerre R, Santerre M and Clarke JT. 1984. Observations of cetaceans in the northern Indian Ocean sanctuary, November 1980–May 1983. *Reports of the International Whaling Commission* 34, 509–520.

LeDuc RG, Perrin WF and Dizon AE. 1999. Phylogenetic relationships among the delphinid cetaceans based on full cytochrome B sequences. *Mar Mamm Sci* 15, 619–648.

Lee YW, Shin HI, Kim SJ, Seo DO and Kim BY. 2008. A sighting survey of dolphin watching in the northeastern waters of Jeju. *J Fish Mar Sci Edu* 20, 121–126.

Lee YW, Shin HI, Kim SJ, Seo DO, Lee DJ, Kim ZG and Hwang DJ. 2005. Trial manufacture of dual frequency acoustic pinger to minimize cetacean bycatch. *Bull Korean Soc Fish Tech* 41, 207–210.

Lukoschek V, Chilvers BL. 2008. A robust baseline for bottlenose dolphin abundance in coastal Moreton Bay: a large carnivore living in a region of escalating anthropogenic impacts. *Wildl Res* 35, 593–605.

Lusseau D. 2006. The short-term behavioral reactions of bottlenose dolphins to interactions with boats in Doubtful Sound, New Zealand. *Mar Mamm Sci* 22, 802–218.

Mackelworth PC. 2006. Convergence of marine protected area policy with common pool research theory, a case study: The Lošinj Dolphin Reserve, Croatia. PhD Thesis. University College London.

Madsen PT, Wahlberg M, Tougaard J, Lucke K and Tyack P. 2006. Wind turbine underwater noise and marine mammals: implications of current knowledge and data needs. *Mar Ecol Prog Ser* 309, 279–295.

Manly BFJ, Amstrup SC and McDonald TL. 2005. Capture–recapture methods in practice. In: Amstrup SC, McDonald TL and Manly BFJ (eds) *Handbook of capture–recapture analysis*. Princeton University Press, New Jersey, 266–274

Mann J and Barnett H. 1999. Lethal tiger shark (*Galeocerdo cuvier*) attack on bottlenose dolphin (*Tursiops* sp.) calf: Defense and reactions by the mother. *Mar Mamm Sci* 15, 568–575.

Mann J, Connor RC, Marre LM and Heithaus MR. 2000. Female reproductive success in bottlenose dolphins (*Tursiops* sp.): life history, habitat, provisioning, and group–size effects. *Behav Ecol* 11, 210–219.

Mead JG and Potter CW. 1995 Recognizing two populations of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) off the Atlantic coast of North America: morphological and ecologic considerations. IBI Reports 5, 31–44.

Miyazaki N and Nakayama K. 1989. Records of cetaceans in the waters of the Amami Islands. Mem Natn Sci Mus Tokyo 22, 235–249.

Möller LM and Beheregaray LB. 2001. Coastal bottlenose dolphins from southeastern Australia are *Tursiops aduncus* according to sequences of the mitochondrial DNA control region. Mar Mamm Sci 17, 249–263.

Möller LM, Allen SJ and Harcourt RG. 2002. Group characteristics, site fidelity and abundance of bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) in Jervis Bay and Port Stephens, southeastern Australia. Aust Mammal 24, 11–21.

MOMAF. 2007. Feasibility study of whale watching. MOMAF, 122.

Morisaka T, Shinohara M, Nakahara F and Akamatsu T. 2005. Geographic variations in the whistles among three Indo–Pacific bottlenose dolphin *Tursiops aduncus* populations in Japan. Fish Sci 71, 568–576.

Mukinya, JG. 1973. Density, distribution, population structure and social organisation of the black rhinoceros in Masai Mara Game Reserve. E Afr Wild J 11, 385–400.

Nanbu Y, Hirose J, Kubo N, Kishiro T and Shinomiya A. 2006. Location and

number of individuals of Indo-Pacific bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) in Kagoshima Bay. Mem Fac Fish Kagoshima University 55, 51–60.

Natoli A, Peddemors VM and Hoelzel AR. 2004. Population structure and speciation in the genus *Tursiops* based on microsatellite and mitochondrial DNA analyses. J Evo Bio 17, 363–375.

Natoli A, Peddemors VM and Hoelzel AR. 2008. Population structure of bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) impacted by bycatch along the east coast of South Africa. Conserv Genet 9, 627–636.

NFRDI. 2002. Fishing gear of Korea. NFRDI, 579.

NFRDI. 2008. A study on restoration of barren ground in Jeju Island. NFRDI, 41.

NOAA. 2005. Southeast Region Marine Mammal & Sea Turtle Viewing Guidelines. Retrieved from <http://www.nmfs.noaa.gov/pr/education/southeast>

Norris KS. 1961. Standardized methods for measuring and recording data on the smaller cetaceans. J mammal 42, 471–476.

Otis DL, Burnham KP, White GC, and Anderson DR. 1978. Statistical inference from capture data on closed animal populations. Wildlife Monogr 62, 1–135.

Park, KB 1995. The history of Whaling off Korean peninsula. Minjokmunhwa Press, 458.

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.

Park KJ, Zhang CI and Kim ZG. 2002. Feeding habits and trophic level of finless porpoise, *Neophocaena phocaenoides* in the Yellow Sea. J Korean Soc Fish Res 5, 52–63.

Parsons ECM, Rose NA and Telecky TM. 2010. The trade in live Indo-Pacific bottlenose dolphins from Solomon Islands—A CITES decision implementation case study. Mar Pol 34, 384–388.

Perrin WF. 1975. Variation of spotted and spinner porpoise (genus *Stenella*) in the eastern tropical Pacific and Hawaii. Bull Scripps Inst Oceanogr 21, 1–206.

Peterson JCB. 1972. An identification system for zebra (*Equus burchelli* Gray). E Afr Wild J 10, 59–63.

Pilleri G and Gahr M. 1972. Contribution to the knowledge of the cetaceans of Pakistan with particular reference to the genera *Neomeris*, *Sousa*, *Delphinus* and *Tursiops* and description of a new Chinese porpoise *Neomeris asiaeorientalis*. Invest Cetacea 4, 109–162.

Preen AR, Marsh H, Lawler IH, Prince RIT and Shepherd R. 1997. Distribution and abundance of dugongs, turtles, dolphins and other megafauna in Shark Bay, Ningaloo Reef and Exmouth Gulf, Western Australia. *Wildl Res* 24, 185–208.

Preen AR. 2004. Distribution, abundance and conservation status of dugongs and dolphins in the southern and western Arabian Gulf. *Biol Conserv* 118, 205–218.

Read AJ, Urian KW, Wilson B and Waples DM. 2003. Abundance of bottlenose dolphins in the bays, sounds and estuaries of North Carolina. *Mar Mamm Sci* 19, 59–73.

Read AJ, Drinker P and Northridge S. 2006. Bycatch of marine mammals in U.S. and global fisheries. *Conserv Biol* 20, 163–169.

Rexstad EA and Burnham KP. 1991. User's guide for interactive program CAPTURE. Colorado Cooperative Wildlife Research Unit, Colorado State University, Fort Collins, 29.

Reeves RR and Brownell RL. 2009. Indo–Pacific Bottlenose Dolphin Assessment Workshop: Solomon case study of *Tursiops aduncus*. Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission No 40.

Reeves RR, DeMaster DP, Hill CL and Leatherwood S. 1994. Survivorship of

odontocete cetaceans at Ocean Park Hong Kong 1974–1994. *Asian Mar Biol* 11, 107–124.

Reeves RR, Smith BD, Crespo E, Notarbartolo di Sciara G and the Cetacean Specialist Group. 2003. Dolphins, whales, and porpoises: 2003–2010 conservation action plan for the world's cetaceans. IUCN Species Survival Commission, Gland, Switzerland.

Reisinger RR and Karczmarski L. 2010. Population size estimate of Indo–Pacific bottlenose dolphins in the Algoa Bay region, South Africa. *Mar Mamm Sci* 26, 6–97.

Rice DW. 1998. Marine mammals of the world: Systematic and distribution. Society for marine mammalogy Special Publication No. 4, Allen Press, Lawrence, 231.

Richardson WJ and Würsig B. 1996. Influences of man–made noise and other human actions on cetacean behaviour. *Marine Fresh Behav Physiol* 29, 183–209.

Rho HK. 1985. Studies on marine environment of fishing grounds in the waters around Jeju Island. Ph.D. Thesis, Tokyo University, 215.

Ross GJB. 1977. The taxonomy of bottlenosed dolphins *Tursiops* species in South African waters, with notes on their biology. Ann Cape Prov Mus nat Hist 11, 135–194.

Ross GJB. 1984. The smaller cetaceans of the south east coast of southern Africa. Ann Cape Prov Mus Nat Hist 15, 173–410.

Ross GJB and Cockcroft VG. 1990. Comments on Australian bottlenose dolphins and taxonomic stock of *Tursiops aduncus* (Ehrenburg 1832). In: Leatherwood S and Reeves RR (eds) The Bottlenose Dolphin. Academic Press, San Diego, 329–336.

Saayman GS and Tayler CK. 1973. Social organization of inshore dolphins (*Tursiops aduncus* and *Sousa*) in the Indian Ocean. J mammal 54, 993–996.

Saayman GS and Tayler CK. 1979. The socioecology of humpback dolphins (*Sousa* sp.). 165–226. In: Winn HE and Olla BL (eds.). Behavior of Marine Animals Vol 3: Cetaceans. Plenum Press, New York London, 438.

Seber GAF. 1965. A note on the multiple recapture census. Biometrika 52, 249–259.

Seo DO, Choi CM, Lee CH, Kim MJ, Kong SJ, Lee JS, Moon KW and Kang SB. 2010. Ecological study and resources distribution of bottlenose dolphin around coast of Jeju. Cheju National University.

Seo YK. 1840. Jeoneoji, In: Korean translation Kim MN. KFPA 2004 Seoul, 339.

Schaller GB. 1972. The Serengeti Lion. University of Chicago Press, 480.

Shane SH. 1977. The population biology of the Atlantic bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus* in the Aransas Pass area of Texas. Master's Thesis presented to Texas A&M Univ, 239.

Shane SH. 1980. Occurrence, movements, and distribution of dolphin, *Tursiops truncatus*, in southern Texas. Fish Bull US 78, 593–601.

Shin HI, Yoon, GD, Shin HO, Choi HG and Park TG. 2001. A study on the characteristics of echolocation signals of the common dolphin, *Delphinus delphis*. Bull Korean Soc Fish Tech 37, 189–195.

Shin SJ. 1994. The study of Neolithic culture in the southern coast of Korea. Hakyounmunwhasa, 320.

Shirakihara M, Yoshida H and Shirakihara K. 2003. Indo–Pacific bottlenose dolphins *Tursiops aduncus* in Amakusa, western Kyushu, Japan. Fish Sci 69, 654–656.

Shirakihara M, Shirakihara K, Tomonaga J and Takatsuki M. 2002. A resident population of Indo–Pacific bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) in Amakusa, western Kyushu, Japan. Mar Mamm Sci 18, 30–41.

Sillokcheong. 1616. Seon-Jo Sillok Vol. 5. In: Joseonwangjosillok. Ki JH Ed. Chunghwan, 21, 237.

Skalski JR, Ryding KE and Millspaugh J. 2005. Wildlife demography: analysis of sex, age and count data. Elsevier Academic Press, London, 656.

Smith BD, Jefferson TA, Leatherwood S, Ho DT, Thuoc CV and Quang LH. 1997. Investigations of marine mammals in Vietnam. Asian Mar Biol 14, 145-172.

Smolker RA, Richards AF, Connor RC and Pepper JW. 1992. Sex differences in patterns of association among Indian Ocean bottlenose dolphins. Behaviour 123, 38-69.

Song SJ. 2007. Jeju language dictionary. Hankookmunhwasa, 974.

Song KJ, Kim ZG, An YR, Choi SG and Sohn H. 2008. Feasibility of photo-identification techniques for the bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from Jeju Island, Korea. J Fish Sci Technol 11, 177-181.

Steiner A and Bossley M. 2008. Some reproductive parameters of an estuarine population of Indo-Pacific bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*). Aquat Mamm 34, 84-92.

Stensland E, Carlen I, Särnblad A, Bignert A and Berggren P. 2006. Population size, distribution, and behaviour of indo-pacific bottlenose (*Tursiops aduncus*) and humpback (*Sousa chinensis*) dolphins off the coast of Zanzibar. Mar Mamm Sci 22, 667–682.

Taylor BL, Wade PR, DeMaster DP and Barlow J. 2000. Incorporating uncertainty into management models for marine mammals. Conserv Biol 14, 1243–1252.

Tomilin AG. 1957. Cetacea. In: Mammals of the U.S.S.R. and adjacent countries. 9: Mammals of the U.S.S.R. and adjacent countries. Nauk. S.S.S.R, Moscow, 1–717. (English translation, 1967, Israel Program for Scientific Translations, Ltd, Jerusalem)

Wade PR. 1998. Calculating limits to the allowable human-caused mortality of cetaceans and pinnipeds. Mar Mamm Sci 14, 1–37.

Wade PR, Watters GM, Gerrodette T and Reilly SB. 2007. Depletion of spotted and spinner dolphins in the eastern tropical Pacific: modeling hypotheses for their lack of recovery. Mar Ecol Prog Ser 343, 1–14.

Wang JY, Chou LS and White BN. 1999. Mitochondrial DNA analysis of sympatric morphotypes of bottlenose dolphins (genus: *Tursiops*) in Chinese waters. Mol Ecol 8, 1603–1612.

Wang JY, Chou LS and White BN. 2000a. Osteological differences between two sympatric forms of bottlenose dolphins (genus *Tursiops*) in Chinese waters. *J Zool* 252, 147–162.

Wang JY, Chou LS and White BN. 2000b. Differences in the external morphology of two sympatric species of bottlenose dolphins (genus *Tursiops*) in the waters of China. *J Mammal* 81, 1157–1165.

Wang JY and Yang SC. 2005. Indo-Pacific bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) of Nan Wan and adjacent waters in southern Taiwan. In: Perrin WF, Reeves RR, Dolar MLL, Jefferson JA, Marsh H, Wang JY and Estacion J (eds). Report of the second workshop on the biology and conservation of small cetaceans and dugongs in South-east Asia. CMS Technical Series Publication No 9. UNEP/CMS Secretariat, Bonn, Germany, 156

Wang JY and Yang AC. 2009. Indo-Pacific bottlenose dolphin (*Tursiops aduncus*). In: Encyclopedia of marine mammals, 2nd Ed. Perrin WF, Würsig B and Thewissen JGM eds. Academic Press, Amsterdam, 602–608.

Ward RD, Holmes BH, Zemlak, TS and Smith PJ. 2005. Barcoding Australia's fish species. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B, Biol Sci* 360, 1847–1857.

Wells RS, Bassos MK, Urinan, Carr WJ and Scott MD. 1996. Low-level monitoring of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in Charlotte Harbor, Florida 1990–1994. NOAA Tech Memo NMFS–SEFSC–384, 36.

Wells RS, Rhinehart HL, Hansen LJ, Sweeney JC, Townsend FI, Stone R, Casper D, Scott MD, Hohn AA and Rowles TK. 2004. Bottlenose dolphins as marine ecosystem sentinels: Developing a health monitoring system. *Ecohealth* 1, 246–254.

White GC and Burnham KP. 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study* 46 Suppl, 120–138.

Williams J, Dawson SM and Thompson PM. 1993. The abundance and distribution of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Doubtful Sound, New Zealand. *Can J Zool* 71, 2080–2088.

Wilson B, Hammond PS and Thompson PM. 1999. Estimating size and assessing trends in a coastal bottlenose dolphin population. *Ecol Appl* 9, 288–300.

Woon PH. 1967. Illustrated encyclopedia of fauna & Flora of Korea Vol. 7 Mammals. Ministry of Education, 459

Würsig B and Jefferson TA. 1990. Methods of photo-identification for small cetaceans. *Rep Int Whal Commn* 12, 43–52.

Würsig B and Würsig M. 1977. The photographic determination of group size, composition, and stability of coastal porpoises (*Tursiops truncatus*). *Science* 198, 755–756.

Yang G, Ji G, Ren W, Zhou K and Wei F. 2005. Pattern of genetic variation of bottlenose dolphins in Chinese waters. *Raffles Bull Zool* 53, 157–164.

Youn YH, 1986. The identification of water characteristics of the Yellow sea bottom cold water and the evidences of its southwards extension. M.S. Thesis, Cheju National University, 55 .

Zerbini AN, Clapham PJ and Wade PR. 2010. Assessing plausible rates of population growth in humpback whales from life–history data. *Mar Biol* 157, 1225–1236.

Zhang CI, Park KJ, Kim ZG and Sohn H. 2004. Distribution and abundance of finless porpoise (*Neophocaena phocaenoides*) in the west coast of Korea. *J Kor Fish Soc* 37, 129–136.

Zhang CI and Yoon SC. 2003. Effects of climatic regime shift on the structure of marine ecosystem in the Southwestern East Sea during the 1970s. *J Kor Fish Soc* 36, 389–401.

Zhou K and Qian W. 1985. Distribution of the dolphins of the genus *Tursiops* in the China Seas. *Aqua Mamm* 1, 16–19.

Xiong Y, Brandley MC, Xu S, Zhou K and Yang G. 2009. Seven new dolphin mitochondrial genomes and a time–calibrated phylogeny of whales. *BMC Evol Biol*. 9. 1–13.

감사의 글

이 논문을 완성하기까지 많은 분들의 격려와 도움이 있었기에 지면으로나마 감사의 마음을 전하고자 합니다.

학부 시절부터 학위를 받는 이 순간까지 부족한 저에게 학문적인 지도 뿐 아니라 올바른 삶을 사는 방법을 가르쳐주신 김수암 교수님께 진심으로 감사드립니다. 고래를 공부해보고 싶다는 방만한 열정만 앞섰던 저에게 연구 기회를 주시고 항상 응원해 주시는 김장근 연구관님께 머리 숙여 감사드립니다. 바쁘신 와중에도 심사 부탁을 흔쾌히 승낙해주시고 꼼꼼히 검토해 주신 안용락 연구사님께도 감사의 말을 전하고 싶습니다. 아낌없는 격려와 세심한 조언으로 논문 지도를 해주신 김진구 교수님과 오철웅교수님께 감사의 인사를 드립니다.

항상 애정을 가지고 지켜봐 주신 유명숙 교수님, 남기완 교수님, 백혜자 교수님, 김현우 교수님, 박원규 교수님께 감사드립니다.

이 연구를 할 수 있도록 물심양면 도와주시고 격려해주신 국립수산물연구원 고래연구소의 문대연 소장님, 수심 회의 제주도 현지 조사를 늘 함께해주신 최석관 연구사님, 보다 나은 논문이 될 수 있도록 아낌없는 조언을 해 주신 박점준 박사님, 박태전 박사님, 많은 시간을 할애하여 자료 분석을 도와준 박지은님, 김한나님, 배귀남님, 이영란님, 유성소님, 행정편의를 제공해주신 이현미님, 장정아님, 윤석호님, 손덕용님께 고마운 마음을 전합니다.

제주도 현지에서 논문에 필요한 자료 수집을 적극적으로 도와주신 제주대학교 서두옥 교수님, 김병엽 박사님, 김성호 박사님, 이창현 박사님께 고개 숙여 감사드립니다. 분산식 유도에 도움을 주신 전남대학교 최일수 교수님께 감사드립니다. 고래를 공부하기 시작할 무렵부터 그 누구보다 관심을 가져주시고 조언을 해주시는 손호선 연구관님께 감사드립니다.

자주 찾아가지 못하지만 만날 때 마다 항상 따뜻하게 맞아주며 안부를 묻는 착한 수산해양학 실험실 후배들과, 친동생 대하듯 늘 애정 어린 관심을 베풀어 주시는 선배님들께 감사의 인사를 전합니다.

жат은 조사와 논문 작성으로 자주 만나지 못함에도 불구하고 무한한 사랑으로 감싸 안아주고 미소를 머금게 만드는 박용완에게 고맙다는 말을 전합니다. 바쁜 회사생활 중에도 틈날 때마다 전화해 응원해주는 하나뿐인 동생 현홍에게 고맙다는 말을 하고 싶습니다.

하고 싶은 일이 있다면 무엇이든 열심히 해보라 하시며 항상 아들의 결정을 믿어주시고 용기를 주시는, 사랑하는 부모님께 이 논문을 바칩니다.

