

고래류의 생태계 기반에 관한 연구

Ecosystem Based Research of Cetacean Resources

주관연구기관	국립수산과학원
연구책임자	김장근
발행년월	2007-02
주관부처	해양수산부
사업관리기관	해양수산부
NDSL URL	http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/report/reportSearchResultDetail.do?cn=TRKO200700008339
IP/ID	14.49.138.138
이용시간	2017/11/03 15:07:49

저작권 안내

- ① NDSL에서 제공하는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, KISTI는 복제/배포/전송권을 확보하고 있습니다.
- ② NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 상업적 및 기타 영리목적으로 복제/배포/전송할 경우 사전에 KISTI의 허락을 받아야 합니다.
- ③ NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 보도, 비평, 교육, 연구 등을 위하여 정당한 범위 안에서 공정한 관행에 합치되게 인용할 수 있습니다.
- ④ NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 무단 복제, 전송, 배포 기타 저작권법에 위반되는 방법으로 이용할 경우 저작권법 제136조에 따라 5년 이하의 징역 또는 5천만 원 이하의 벌금에 처해질 수 있습니다.

2006년도 국립수산물과학원 사업보고서
Report of National Fisheries Research & Development Institute

고래류의 생태계 기반에 관한 연구
Ecosystem Based Research of
Cetacean Resources

고래연구소
Cetacean Research Institute

국립수산물과학원
National Fisheries Research & Development Institute

제 출 문

국립수산과학원장 귀하

본 보고서를 일반과제 “고래류의 생태계 기반에 관한 연구”의 최종(2002~2006년) 보고서로 제출합니다.

2007 년 월 일

총괄연구책임자: 김 장 근

참 여 연 구 원: 최 석 관

안 용 락, 손 호 선

박 중 연, 장 대 수

김 순 송, 황 선 재

차 형 기, 황 학 진

오 택 윤, 최 영 민

여백

보고서 요약

과제관리번호		해당단계 연구기간	2002~2006	단계 구분	5차(종료)/(5단계)
과 제 명	고래자원의 보존과 관리에 관한 연구				
세 부 과 제 명	고래류의 생태계 기반에 관한 연구				
연구 책임자	김장근	해당단계 참여연구원수	총 : 12명 내부 : 12명 외부 : 명	해당단계 연구비	정부: 1,099,000천원 기업: 천원 계 : 1,099,000천원
과제소관부서명	고래연구소		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위 탁 연 구	연구기관명 :		연구책임자 :		
요 약					보고서 면 수 69면
○ 과거 상업포경으로 인하여 우리나라 연근해에서 대부분의 고래자원이 감소하였으나 1986년 국제포경위원회(IWC)의 상업포경모라토리엄 이후 자원의 현황이 제대로 파악되지 않고 있음. ○ 연안환경의 과다한 개발 및 그에 따른 서식환경 악화와 인간의 해양활동 증가로 해마다 많은 고래류가 혼획 및 좌초되거나 어업과 마찰을 빚고 있음. ○ 일반 국민에게는 건전한 여가문화를 제공하고 어업인에게는 새로운 소득원이 될 수 있는 고래관광이나 돌고래쇼와 같은 환경친화적 신 해양산업 개발도 병행할 필요가 있음. ○ 매년 동해 혹은 서해에서 시험조사선을 이용한 목시조사를 실시하여 밍크고래의 분포량 추정 및 시공간적 분포 특성을 파악함. ○ 혼획 및 좌초된 밍크고래에 대해 체부위 측정, 생체시료 수집, 이구전과 수염판 수집하여 밍크고래 자원의 계군 특성과 연령구조 및 생태지위 파악함. ○ 혼획 및 좌초된 밍크고래에 대한 DNA분석을 통해 집단유전학적 계군 분석에 활용. ○ 그 밖에도 소형고래류의 생태학적 조사, 회귀 대형고래류 육상 목시조사, 제주 연안 돌고래관광 타당성 조사 등을 실시함.					
색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	고래자원, 국제포경위원회, 목시조사, 혼획, 계군 분석, 고래관광			
	영 어	cetacean resources, IWC (International Whaling Commission), sighting survey, bycatch, stock definition, whale watching			

여백

요 약 문

I. 제 목

고래류의 생태계 기반에 관한 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 국제포경위원회(IWC, International Whaling Commission) 개정관리방식(RMP, Revised Management Procedure)과 개정관리제도(RMS, Revised Management Scheme)의 이행
- 환경과 인간 활동이 고래자원에 미치는 영향 파악 및 완화 대책 마련
- 소형고래류의 보존과 관리 및 이용에 필요한 근거 자료 제시
- 회귀 대형고래류의 회복과 보존
- 어업자원과의 관계 규명을 위한 고래류의 먹이습성 파악
- 고래류의 신 해양산업(고래관광, 돌고래수족관 등) 활용 가능성 제시

III. 연구개발의 내용 및 범위

- 우리나라 근해 밍크고래 분포 특성 파악 및 분포량 추정
- 혼획 및 좌초 고래류의 통계 및 생물학적 연구
- 유전학적 방법에 의한 밍크고래의 계통군 분석
- 소형고래류의 생태학적 연구
- 회귀 대형고래류의 육상 목시조사
- 돌고래관광 타당성 조사

IV. 연구개발 결과

- 우리나라 근해 밍크고래의 분포량을 추정하기 위해 5회에 걸쳐 실시한 목시조사에서 총 6,878.5마일의 항로를 조사하였으며 136개체의 밍크고래를 발견하였다. 풍도는 2002년에 최소값인 521개체(95% 신뢰구간: 231~1,176개체)와 2006년에 최대값인 1,645개체(95% 신뢰구간: 593~4,561개체)로 추정되어 점차 증가하는 경향을 보였음.
- 2002년부터 2006년 6월까지 혼획 또는 좌초된 고래는 총 16종, 1,942개체였고, 이 중 참돌고래가 745개체로 가장 높은 값을 보였으며 밍크고래가 414개체로 그 뒤를 따랐음. 그밖에도 쇠돌고래 325개체, 상괭이 222개체, 낫돌고래 151개체 순으로 혼획 되었음.

- 전체 11회의 소형고래류 조사(1,247.3마일 항해)를 통해 밍크고래 44군 48개체, 참돌고래 18군 2,400여 개체, 큰돌고래 1군 1개체, 닳돌고래 5군 53개체, 큰머리돌고래 1군 8개체 및 향고래 1군 8개체를 발견하였으며 참돌고래 11개체에 대한 생물학적 조사와 시료 수집을 실시하였음.
- 귀신고래를 비롯한 희귀 대형고래를 관찰하기 위해 경북 포항 호미곶(2003. 12. 24~2004. 1. 6), 독도(2004. 8. 21~8. 30), 경북 영덕(2004. 12. 21~12. 30, 2006. 1. 5~1. 14)에서 육상 목시조사를 실시하여 대형고래는 관찰하지 못하였으나 독도에서 들쇠고래, 영덕에서 참돌고래, 닳돌고래를 관찰하였음.
- mt DNA control region 염기서열 분석을 통하여 1998~2005년까지 혼획 된 밍크고래 348개체의 유전자형을 살펴본 결과 40개의 유전자형이 관찰되어 밍크고래 자원의 다양성이 증가하였음을 의미함.
- 제주 연안에서 목시조사 및 관공선에 의한 발견정보를 수집한 결과 제주 북동연안에 여름철 큰돌고래를 대상으로 하는 돌고래관광의 타당성이 높은 것으로 밝혀짐.

V. 연구개발결과의 활용계획

- 「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률」(제8045호, 2006년 10월 4일 공포, 2007년 4월 3일 시행)의 제2조 9호 “회유성 해양동물”, 10호 “해양포유동물”, 11호 “보호대상 해양생물” 및 시행규칙 제2조, 제3조, 제4조에 의거 고래자원에 대한 기초적 보호 장치는 마련되었음.
- 우리나라 해역의 밍크고래 자원 상태 평가를 통한 제한적 포획쿼터 확보, 혼획·좌초 고래류에 대한 생물학적 조사 및 DNA 등록으로 혼획 고래의 이용에 필요한 체계적 관리와 불법포획 방지, 환경친화적 신 해양산업 개발(고래관광, 돌고래쇼 등)에 연구결과 활용.
- 현재 법적 근거 없이 혼획·좌초 고래류에 대한 수사, 판매, 유통 등이 이루어지고 있으며 향후 이루어질 고래관광과 같은 신 해양산업 개발에 대한 제도적 기반이 없으나 「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률」에서는 혼획·좌초 고래류의 이용, 신 해양산업 개발 등에 관한 내용은 언급되어 있지 않으므로 별도의 「해양포유류 보호, 관리 및 이용에 관한 법률」(가칭)을 제정하여 해양포유류 자원의 보존과 지속적 이용 등에 대한 제도적 장치의 마련이 필요함.
- 향후 고래류의 생태학적 조사, 특히 식성조사를 통한 생태계기반 수산자원관리 방안 마련과 조사선, 어업지도선, 해경순시선 등에 의한 항시 고래 모니터링 체제 구축을 추진.

SUMMARY

The ultimate goal of this study is to provide scientific foundation for the conservation and management of cetacean resources in Korean waters. The subjects of this study include the implementation of the Revised Management Procedure (RMP) in the International Whaling Commission (IWC), the mitigation of troubles between human activities and cetacean animals, the understanding of small cetacean animals' ecologies, the efforts for conservation of endangered species like Korean gray whales, the ecosystem-based management of fisheries resources and the creation of environmental friendly new business such as whale watching or dolphin show.

The scopes of this study are to understand the distribution characteristics and abundance estimation of minke whales in Korean waters, to perform the statistical and biological research for bycatch or stranding animals and to clarify the stock definition of minke whales by using genetic methods. And also ecological studies of small cetaceans, land-based sighting surveys and tentative study of dolphin watching were conducted during this study period.

In the five sighting surveys with 6,878.5 nautical miles-long cruise, 136 minke whales were observed and the abundances were estimated as 521 in 2002 to 1,645 in 2006. A total of 1,942 animals representing 16 species were caught by various fishing gears incidentally or stranded. Common dolphins are at the top of bycatch figures. During the field works for ecological studies of small cetaceans, 48 minke whales, 2,400 common dolphins, several number of bottlenose dolphins, Pacific white-sided dolphins, Risso's dolphins and sperm whales. Biological research and sampling were conducted for 11 individuals of common dolphin. Although tens of dolphins were observed, the land-based sighting surveys were performed to make efforts for conservation of Korean gray whales. The mitochondrial and microsatellite DNA of minke whales caught incidentally were analyzed for stock definition study and individual identification, respectably.

여백

목 차

요약문	5
그림 목차	11
표 목차	16
제 1 장 연구개발과제의 개요	19
1. 연구개발의 목적	19
2. 연구개발의 필요성	21
3. 연구개발의 범위	22
제 2 장 국내외 기술개발 현황	23
1. 국내 현황	23
2. 국외 현황	24
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과	25
1. 연구 방법	25
2. 연구 결과	32
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	65
1. 목표달성도	65
2. 관련분야에의 기여도	66
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	67
제 6 장 참고문헌	68

Contents

Summary	7
Figure Lists	13
Table Lists	17
 Chapter 1 Introduction to the Research Subject	19
1. Aims of the Research Subject	19
2. Necessity of the Research Subject	21
3. Scope of the Research Subject	22
 Chapter 2 Status of the Research Subject in Inside and Outside of Country	23
1. Inside Status	23
2. Outside Status	24
 Chapter 3 Methods and Results	25
1. Methods of the Research Subject	25
2. Results of the Research Subject	32
 Chapter 4 Attainments of the Aims and Contributions to the Related Field	65
1. Attainment of the Aims	65
2. Contributions to the Related Field	66
 Chapter 5 Application of the Research Subject Results	67
 Chapter 6 Reference	68

그림 목차

그림 1. 국제포경위원회 북태평양 밍크고래 자원관리 구역도.	20
그림 2. 조사항로 및 무작위 출발점의 설정.	25
그림 3. 고래자원 목시조사 해역도(a: 2002년 춘계; b: 2002년 하계; c: 2003년 춘계; d: 2003년 추계; e: 2004년 춘계; f: 2005년 춘계; g: 2006년 춘계; TL: 조사항로; BL: 조사구역).	26
그림 4. 혼획·좌초 고래의 생물학적 조사를 위한 측정항목.	28
그림 5. 소형고래류 조사해역(BL: 조사구역).	29
그림 6. 육상 목시조사 위치.	29
그림 7. 미토콘드리아 DNA D-loop 영역 및 primer 설계.	30
그림 8. 제주 고래관광 타당성 조사해역(섬 주변 실선은 조사항로).	32
그림 9. 2002년 춘계 동해 고래자원 목시조사 밍크고래(a) 및 소형고래류(b)의 발견위치 (CL: 조사항정; MW: 밍크고래; CD: 참돌고래; PWD: 낫돌고래; RD: 큰머리돌고래).	33
그림 10. 2002년 하계 서해 고래자원 목시조사 밍크고래(a) 및 상괭이(b)의 발견위치 (CL: 조사항정; MW: 밍크고래; FP: 상괭이).	34
그림 11. 2003년 춘계 동해 고래자원 목시조사 밍크고래(a) 및 소형고래류(b)의 발견위치 (CL: 조사항정; MW: 밍크고래; CD: 참돌고래; FP: 낫돌고래).	35
그림 12. 2003년 추계 동해 고래자원 목시조사 밍크고래의 발견위치(CL: 조사항정; MW: 밍크고래).	36
그림 13. 2004년 춘계 서해 고래자원 목시조사 밍크고래(a) 및 상괭이(b)의 발견위치 (CL: 조사항정; MW: 밍크고래; FP: 상괭이).	37
그림 14. 2005년 춘계 동해 고래자원 목시조사 밍크고래(a) 및 소형고래류(b)의 발견위치 (CL: 조사항정; MW: 밍크고래; DP: 까치돌고래; PWD: 낫돌고래; FKW+BD: 흑범고래+큰돌고래; RD: 큰머리돌고래; CD: 참돌고래).	39
그림 15. 2006년 춘계 동해 고래자원 목시조사 밍크고래(a) 및 소형고래류(b)의 발견위치 (CL: 조사항정; MW: 밍크고래; DP: 까치돌고래; PWD: 낫돌고래; CD: 참돌고래; FP: 상괭이).	40
그림 16. 상업포경 포획 밍크고래 및 1996~2005년간 혼획 밍크고래 체장조성의 변화.	48
그림 17. 2004년 소형고래류 조사 결과(a: 1차 조사; b: 2차 조사; c: 3차 조사; CL: 조사	

항로; MW: 밍크고래; SW: 향고래; CD: 참돌고래).	51
그림 18. 2005년 소형고래류 조사 결과(a: 1차 조사; b: 2차 조사; c: 3차 조사; d: 4차 조사CL: 조사항로; MW: 밍크고래; BD: 큰돌고래; CD: 참돌고래; PWD: 낫돌고래; RD: 큰머리돌고래).	52
그림 19. 2006년 소형고래류 조사 결과(a: 1차 조사; b: 2차 조사; c: 3차 조사; d: 4차 조사CL: 조사항로; MW: 밍크고래; CD: 참돌고래; PWD: 낫돌고래).	53
그림 20. 2004년 독도 육상 목시조사 결과(타원은 들쇠고래 발견위치).	56
그림 21. 2004년 독도 육상 목시조사 주변 해역의 습도와 기온(a), 시계와 해황(b), 수온(c) 및 조사노력(d).	57
그림 22. 2005년 제주 연안 돌고래관광 타당성 조사 결과(CL: 조사항로; BD: 큰돌고래).	62
그림 23. 2005년 제주 연안 큰돌고래의 등지느러미 모양을 이용한 개체식별.	62
그림 24. 2006년 제주 주변 해역에서의 계절별 큰돌고래 해상관찰 위치(a: 1월~3월; b: 4월~6월; c: 7월~9월; d: 10월~12월).	63
그림 25. 2006년 제주 주변 해역 큰돌고래 발견 평균 개체수의 월 변동(막대는 최소 및 최대 범위를 나타냄).	64

Figures Lists

Fig. 1. Geographical boundaries for management of North Pacific minke whale stocks by International Whaling Commission (IWC).	20
Fig. 2. Random starting point on the survey transect lines.	25
Fig. 3. Research areas of cetacean resource sighting surveys (a: spring 2002; b: summer 2002; c: spring 2003; d: autumn 2003; e: spring 2004; f: spring 2005; g: spring 2006; TL: transect lines; BL: block lines).	26
Fig. 4. Measurement of body proportions for bycatch or stranding animals.	28
Fig. 5. Research area of small cetacean surveys (BL: block lines).	29
Fig. 6. Locations of the land-based sighting surveys.	29
Fig. 7. D-loop region in mitochondrial DNA and designing of primer.	30
Fig. 8. Research area of feasibility study on Jeju dolphin watching program (solid lines around the island are survey transect lines).	32
Fig. 9. Location of the minke whale sightings (a) and small cetaceans sightings (b) in the East Sea during the spring survey 2002 (CL: cruise lines; MW: minke whale; CD: common dolphin; PWD: Pacific white-sided dolphin; RD: Risso's dolphin).	33
Fig. 10. Location of the minke whale sightings (a) and finless porpoise sightings (b) in the Yellow Sea during the summer survey 2002 (CL: cruise lines; MW: minke whale; FP: finless porpoise).	34
Fig. 11. Location of the minke whale sightings (a) and small cetaceans sightings (b) in the East Sea during the spring survey 2003 (CL: cruise lines; MW: minke whale; CD: common dolphin; FP: finless porpoise).	35
Fig. 12. Location of the minke whale sighting in the East Sea during the autumn survey 2003 (CL: cruise lines; MW: minke whale).	36
Fig. 13. Location of the minke whale sightings (a) and finless porpoise sightings (b) in the Yellow Sea during the spring survey 2004 (CL: cruise lines; MW: minke whale; FP: finless porpoise).	37
Fig. 14. Location of the minke whale sightings (a) and small cetaceans sightings (b) in the East Sea during the spring survey 2005 (CL: cruise lines; MW: minke	

whlae; DP: Dall's porpoise; PWD: Pacific white-sided dolphin; FKW+BD: false killer whale + bottlenose dolphin; RD: Risso's dolphin; CD: common dolphin).	39
Fig. 15. Location of the mink whale sightings (a) and small cetaceans sightings (b) in the East Sea during the spring survey 2006 (CL: cruise lines; MW: minke whlae; DP: Dall's porpoise; PWD: Pacific white-sided dolphin; CD: common dolphin; FP: finless porpoise).	40
Fig. 16. Size frequency distribution of the minke whales caught commercially and incidentally (1996~2005).	48
Fig. 17. Location of the sightings during small cetacean survey 2004 (a: 1st survey; b: 2nd survey; c: 3rd survey; CL: cruise lines; MW: minke whale; SW: sperm whale; CD: common dolphin).	51
Fig. 18. Location of the sightings during small cetacean survey 2005 (a: 1st survey; b: 2nd survey; c: 3rd survey; d: 4th survey; CL: cruise lines; MW: minke whale; BD: bottlenose dolphin; CD: common dolphin; PWD: Pacific white-sided dolphin; RD: Risso's dolphin).	52
Fig. 19. Location of the sightings during small cetacean survey 2006 (a: 1st survey; b: 2nd survey; c: 3rd survey; d: 4th survey; CL: cruise lines; MW: minke whale; CD: common dolphin; PWD: Pacific white-sided dolphin).	53
Fig. 20. Location of the short-finned pilot whale sighting during the land-based sighting survey on Dok-do, 2004.	56
Fig. 21. Daily variations of temperature and humidity (a), visiblity and sea state (b), surface water temperature (c) and sighting effort (d) during the land-based sighting 2004.	57
Fig. 22. Location of the bottlenose dolphin sighting during the feasibility study on Jeju dolphin watching program (CL: cruise lines; BD: bottlenose dolphin).	62
Fig. 23. Photo identification for bottlenose dolphins in the coastal water of Jeju by the notches on the dorsal fins.	62
Fig. 24. Seasonal variation in the distribution patterns of bottlenose dolphin in the coastal waters of Jeju, 2006(a: January~March; b: April~June; c: July~September; d: October~December).	63
Fig. 25. Monthly variation of the average sightings of bottlenose dolphin in the	

coastal waters of Jeju, 2006 (bars show the range from minimum to maximum number of sightings).64

표 목차

표 1. microsatellite DNA Primer의 제작 및 형광표지	31
표 2. 2002년 춘계 동해 고래자원 목시조사 일별 조사거리 및 발견 개체수	33
표 3. 2002년 하계 서해 고래자원 목시조사 일별 조사거리 및 발견 개체수	34
표 4. 2003년 춘계 동해 고래자원 목시조사 일별 조사거리 및 발견 개체수	35
표 5. 2003년 추계 동해 고래자원 목시조사 일별 조사거리 및 발견 개체수	36
표 6. 2004년 춘계 서해 고래자원 목시조사 일별 조사거리 및 발견 개체수	37
표 7. 2005년 춘계 동해 고래자원 목시조사 일별 조사거리 및 발견 개체수	38
표 8. 2006년 춘계 동해 고래자원 목시조사 일별 조사거리 및 발견 개체수	39
표 9. 연도별 목시조사에 의한 밍크고래 분포량 추정치	40
표 10. 연도별 혼획·좌초 고래류 개체수	41
표 11. 지역별 혼획·좌초 고래류 개체수(2002년~2006년)	42
표 12. 어구별 지역별 혼획·좌초 밍크고래 개체수(2002년~2006년)	43
표 13. 월별 지역별 혼획·좌초 밍크고래 개체수(2002년~2006년)	44
표 14. 연도별 지역별 혼획·좌초 밍크고래 개체수	44
표 15. 연도별 혼획·좌초 고래류의 생물학적 측정 및 시료 수집현황	46
표 16. 연도별 밍크고래의 부위별 측정 자료의 통계치	47
표 17. 2004년 소형고래류 목시조사 결과	49
표 18. 2005년 소형고래류 목시조사 결과	49
표 19. 2006년 소형고래류 목시조사 결과	50
표 20. 연도별 참돌고래의 생물학적 조사 내용	54
표 21. 2003년 귀신고래 육상 목시조사 노력량	55
표 22. 2004년 귀신고래 육상 목시조사 노력량	55
표 23. 2006년 귀신고래 육상 목시조사 노력량	56
표 24. 혼획·좌초 밍크고래의 연도별 유전거리 비교	58
표 25. 연도별 혼획·좌초 밍크고래의 유전자형(haplotype) 분석	59
표 26. 혼획·좌초 밍크고래에서 조사된 대립유전자빈도 및 평균 이형접합체율(H_e)	60
표 27. 혼획·좌초 밍크고래에서 조사된 시료수(N), 대립유전자수(A), 이형접합체율의 관찰치(H_o), 이형접합체율의 기대치(H_e), F_{is} 값	61

Table Lists

Table 1. Producing of microsatellite DNA primer and fluorescent labels	31
Table 2. Daily surveyed cruise mileage and number of sightings for cetacean animals during the East Sea sighting survey in spring, 2002	33
Table 3. Daily surveyed cruise mileage and number of sightings for cetacean animals during the Yellow Sea sighting survey in summer, 2002	34
Table 4. Daily surveyed cruise mileage and number of sightings for cetacean animals during the East Sea sighting survey in spring, 2003	35
Table 5. Daily surveyed cruise mileage and number of sightings for cetacean animals during the East Sea sighting survey in autumn, 2003	36
Table 6. Daily surveyed cruise mileage and number of sightings for cetacean animals during the Yellow Sea sighting survey in spring, 2004	37
Table 7. Daily surveyed cruise mileage and number of sightings for cetacean animals during the East Sea sighting survey in spring, 2005	38
Table 8. Daily surveyed cruise mileage and number of sightings for cetacean animals during the East Sea sighting survey in spring, 2006	39
Table 9. Abundance estimations for minke whales using data from sighting surveys	40
Table 10. Number of cetacean animals in by-caught or stranding	41
Table 11. Distribution pattern of cetacean animals in by-caught or stranding (2002 ~ 2006)	42
Table 12. Distribution pattern and composition of fishing gears of by-caught minke whales (2002 ~ 2006)	43
Table 13. Monthly variation of the number of individuals of by-caught or stranding minke whales (2002 ~ 2006)	44
Table 14. Annual variation of the number of individuals of by-caught or stranding minke whales	44
Table 15. Number of biological parameters measurement and tissue sampling for by-caught or stranding minke whales	46
Table 16. Summaries of statistics for measurement of body proportions of by-caught	

or stranding minke whales	47
Table 17. Summaries of small cetacean surveys in 2004	49
Table 18. Summaries of small cetacean surveys in 2005	49
Table 19. Summaries of small cetacean surveys in 2006	50
Table 20. Summary of biological survey for common dolphins	54
Table 21. Survey effort for land-based sighting survey of gray whale in 2003	55
Table 22. Survey effort for land-based sighting survey of gray whale in 2004	55
Table 23. Survey effort for land-based sighting survey of gray whale in 2006	56
Table 24. Comparison of haplotype diversity (H) and nucleotide diversity (π) in the by-caught minke whales	58
Table 25. Comparison of mtDNA haplotypes of by-caught minke whales by year	59
Table 26. Allele and average heterozygosity (H_e) of by-caught minke whales	60
Table 27. Genetic indices at the 6 microsatellite loci for by-caught minke whales	61

제 1 장 연구개발과제의 개요

1. 연구개발의 목적

과거 상업포경으로 인하여 우리나라 연근해에서 대부분의 고래자원이 감소하였으나 1986년 국제포경위원회(IWC, International Whaling Commission)의 상업포경 모라토리엄 이후 자원의 현황이 제대로 파악되지 않았으며 연안환경의 과도한 개발 및 그에 따른 서식환경 악화와 인간의 해양활동 증가로 해마다 많은 고래류가 혼획 및 좌초되거나 어업과 마찰을 빚고 있다. 한편, 일반 국민에게는 건전한 여가문화를 제공하고 어업인에게는 새로운 소득원이 될 수 있는 고래관광이나 돌고래쇼와 같은 환경친화적 신 해양산업 개발의 필요성이 대두되고 있다.

본 연구과제는 상기의 문제점을 해결하기 위해 우리바다에 분포하는 고래자원의 보존과 관리를 위한 과학적 근거 마련을 목적으로 하고 있으며 국제포경위원회의 자원관리 이행, 멸종위기 대형고래류 자원의 회복과 보존, 소형고래류 자원의 보존과 관리 및 이용, 생태계기반 수산자원관리 방안 마련, 인간 활동과의 마찰 완화 및 친환경적 신 해양산업 개발 등 연구개발의 목적을 구체화할 세부 목표들을 두고 있다.

국제포경위원회는 고래자원의 적절한 보존과 관리를 통해 포경산업의 지속적인 발전을 도모하고자 1946년 미국 워싱턴DC에서 체결된 국제포경규제협약(International Convention for the Regulation of Whaling)을 바탕으로 결성된 국제기구이다. 1975년에 채택된 신관리방식(NMP, New Management Procedure)을 통해 고래자원을 관리하였으나 수명이 짧고, 분포 범위가 좁으며, 새끼의 수가 큰 어류의 자원 역학적 방법으로 계산한 포획쿼터를 채택하여 수명이 길고, 분포 범위가 넓으며, 새끼의 수가 작은 고래자원에 적용하기에는 오류가 많아 고래자원의 정확한 상태를 파악할 수 있는 새로운 모델이 제시되기 전까지는 상업포경을 유보하기로 하여 1986년부터 상업포경에 대한 모라토리엄을 실시하기로 결정하였다(Allen, 1980). 이후 국제포경위원회는 1994년에 보다 체계적이고 과학적인 자료를 근거로 고래자원을 관리하는 개정관리방식(RMP, Revised Management Procedure)을 채택하여 현재까지 전 세계의 주요 고래자원에 대한 보존과 관리의 근거를 제시하고 있으며 우리바다가 속해 있는 북서태평양 밍크고래자원도 관리 대상 중의 하나이다(Young, 1992; 1993, 그림 1). 국제포경위원회의 고래자원관리의 절차는 심층분석(IA, In-depth Assessment), 사전평가(PA, Pre-implementation Assessment), 이행모의실험(IST, Implementation Simulation Trials), 개정관리방식(RMP, Revised Management Procedure)으로 이루어지며 우리바다에서 서식하는 밍크고래자원에 대해서는 현재 심층분석(IA)의 시작 단계에 있다. 개정관리방식

을 완성하기 위해서는 기본적으로 포획자료 또는 흔적자료, 계군분석, 풍도추정의 자료가 확보되어야 하는데 과거 상업포경 당시의 포획자료는 누락이나 오류가 많아 분석 및 평가에 사용하기 어렵기 때문에 흔적자료, 유전학적 방법을 이용한 계군분석, 목시조사를 통한 풍도추정을 바탕으로 자원의 분석 및 평가가 이루어져야 한다.

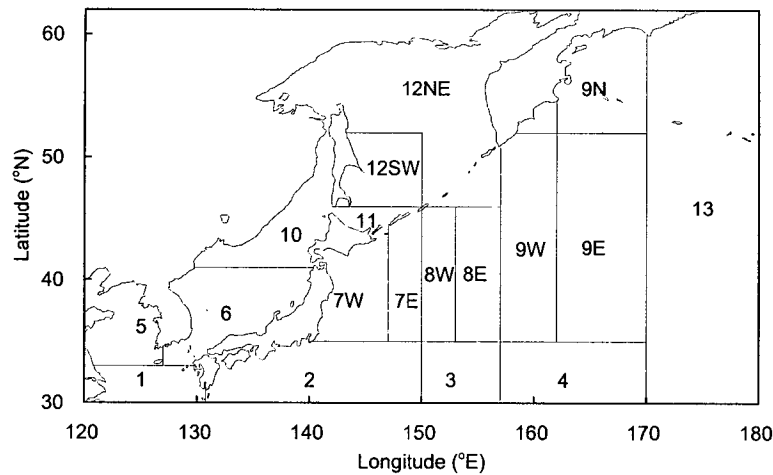


그림 1. 국제포경위원회 북태평양 밍크고래 자원관리 구역도.

밍크고래와 같이 수산자원으로서의 재평가뿐만 아니라 귀신고래나 북방긴수염고래처럼 과거 상업포경의 남획으로 인해 멸종위기에 처한 대형고래류 자원의 회복과 보존에도 많은 노력을 기울여야 하며 이러한 노력의 일환으로 제52차 국제포경위원회 연례회의에서 한국계 귀신고래에 대한 인접국간 국제 공동조사 결의안이 채택되어 한국, 러시아, 미국 등이 매년 공동 조사를 실시하고 있다.

원래 국제포경규제협약에는 소형고래류에 대한 언급이 없었으나 일부 회원국들이 국제포경위원회가 관리하는 종류에 소형고래류가 포함되어야 한다는 견해를 가지고 있어 과학위원회가 소형고래류에 대한 연구를 수행하고 그와 관련한 결과 및 건의사항을 제공하기로 하였다. 뿐만 아니라 CITES, 생물다양성협약, GLOBEC, 회유성종협약, IMO 등과 관련한 여러 가지 국제협약에 따른 해양수산부 자원관리제도 수행에 필요한 과학적 근거의 마련이 필요하기 때문에 소형고래류에 대한 연구 역시 소홀히 할 수 없는 실정이다. 더 나아가 고래류는 해양생태계의 최상위 포식자로서의 중요한 생태적 역할을 가지고 있기 때문에 생태계기반 수산자원관리를 위해 빠뜨려서는 안 될 중요한 요소로 인식되고 있다. 환경(오염, 기후변화)이 고래자원의 보존에 미치는 영향을 파악하고자 하였으며 연안환경의 과다한 개발 및 그에 따른 서식환경 악화와 인간의 해양활동 증가로 해마다 많은 고래류가 흔적 및 좌초되거나 어업과 마찰을 빚고 있어 이를 완화하고자 한다.

또한 일반 국민에게는 건전한 여가문화를 제공하고 어업인에게는 새로운 소득원이 될

수 있는 고래관광이나 돌고래쇼와 같은 환경친화적 신 해양산업 개발에 고래자원의 이용 방안을 모색할 필요가 있다.

2. 연구개발의 필요성

가. 고래자원의 재평가

과거 상업포경으로 인하여 우리나라 연근해에서 고래자원이 급감하였으나 국제포경위원회의 상업포경 모라토리엄 이후 자원의 현황이 제대로 파악되지 않고 있다. 특히 국제포경위원회 북태평양 밍크고래 자원관리 소해역 5와 6은 우리나라의 서해와 동해 연근해로 본 연구 과제를 통해 체계적인 목시조사가 수행되기 시작하였으나 아직까지 수행되지 않은 해역이 남아있어 자원을 평가하는데 중요한 역할을 이들 해역의 체계적인 목시조사 자료가 최우선적으로 제공되어야 한다.

나. 인간 활동과의 마찰 완화

연안환경의 과도한 개발 및 서식환경 악화와 인간의 해양활동 증가로 해마다 많은 고래류가 혼획 및 좌초 혹은 선박과 충돌하는 사례가 늘고 있으며 어획물의 절취, 어구 훼손 등도 증가하고 있어 인간 활동과의 마찰 완화를 위한 연구가 필요하다.

다. 전통 식문화의 계승 및 고래자원의 적극적 이용

고래 고기에 대한 수요가 꾸준히 유지되고 있기 때문에 정확한 자원평가와 철저한 자원관리를 전제로 상업포경과 같은 적극적인 이용방안이 요구되고 있으며 이를 뒷받침할 제도적 장치의 마련이 절실한 실정이다.

라. 생태계 기반 수산자원의 관리

일본, 노르웨이, 미국 등 해양수산 선진국에서는 이미 어업자원의 생태계 기반 요소로서의 해양포유류 생태에 관한 정보를 수집·평가하여 자원관리에 적용하는 단계에 있으며 나아가 환경오염 및 기후변화 등의 물리적 요인까지 포함하여 고래자원을 해양생태계의 정점으로 하는 수산자원 관리 모델을 개발하고 있으나 우리나라는 아직 고래류의 기본적인 생태조차 제대로 파악되지 않은 실정이다.

마. 국제기구의 적극적 참여

긴 수명, 뛰어난 이동능력 및 넓은 분포범위 때문에 고래자원의 연구는 인접국가간 협력이 필요하며 여러 국제기구나 단체의 관심을 끄는 분야이므로 국가간 연구협력을 강화하고 고래류 관련 여러 국제기구에 적극 참여하여 국익을 보호할 필요가 있다.

바. 신 해양산업 개발

환경 보전이라는 증가 추세에 국민적 정서에 부응하는 건전한 여가문화로서 고래관광이나 돌고래쇼와 같은 환경친화적 고부가가치 신 해양산업을 개발하여 어업인에게 새로운 소득원을 제공할 필요성이 대두되고 있다.

3. 연구개발의 범위

가. 우리나라 근해 밍크고래 분포와 분포량 추정

해마다 국제포경위원회 과학위원회의 검토를 거친 조사계획에 따라 국립수산물과학원의 시험조사선을 이용하여 매년 춘계에 약 40~50일간의 목시조사를 실시하고 분포량을 추정한다.

나. 혼획 및 좌초 고래의 통계 및 생물학적 연구

해양수산부 「고래포획금지이행지침(1997)」에 따라 해양경찰서에서 혼획 및 좌초 고래에 대한 수사업무를 수행하고 있으며 이 수사 자료를 바탕으로 통계학적인 연구를 수행하며 밍크고래를 비롯한 주요 종에 대해서는 생물학적 연구를 수행하기 위해 신체부위 측정 및 생물학적 시료를 수집한다.

다. 소형고래류 조사

어업자원의 생태계 기반 요소로서의 해양포유류 생태에 관한 정보를 수집·평가하여 자원관리에 적용하고자 소형고래류가 풍부하게 분포하고 있는 동해 남부 해역에서 시험조사선을 이용하여 매년 계절별로 5일 정도의 목시조사와 생태학적 연구를 실시한다.

라. 육상 목시조사

한국계 귀신고래를 비롯한 멸종위기의 대형 고래류의 자원 회복과 보존을 위해 연구노력을 기울이고자 매년 동계에 10일~2주 정도 육상 목시조사를 실시한다.

마. 유전학적 방법에 의한 밍크고래의 계군 분석

혼획 및 좌초한 밍크고래의 근육시료를 이용하여 유전학적 연구를 실시하며 mtDNA 분석은 자원평가에 필요한 계군 분석, microsatelliteDNA 분석은 개체 식별 및 불법포획 방지 및 수사를 위한 개체등록에 활용한다.

바. 돌고래관광 타당성 조사

돌고래관광의 타당성을 조사하기 위해 제주 연안의 큰돌고래에 대한 목시조사를 수행하며 관공선에 의한 고래발견 정보를 활용하여 타당성을 검토한다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

1. 국내 현황

우리나라는 1978년 12월 30일 국제포경위원회의 회원국으로 가입하였으며 이때부터 포획쿼터 확보를 위한 단위 노력 당 생산량 등에 대한 자료를 정리한 것이 고래와 관련된 최초의 연구라 할 수 있다. 상업포경에 대한 모라토리엄 이후 이마저도 중단되었으며 1988년 고(故) 박구병 교수에 의해 출판된 “한반도 연근해 포경사”가 그 명맥을 이어갔다 (Park, 1995). 그러나 이 모두는 고래에 자체에 대한 기초적인 학문이라기보다는 포경산업, 특히 생산량을 중점적으로 다루고 있어 생물학적 정보전달의 기능은 미흡하였다.

상업포경 모라토리엄 이후 10여 년이 지난 90년대 중반이후 많은 고래류가 혼획 및 좌초되거나 어업과 마찰을 일으키게 되자 국내외의 여러 기관이나 단체로부터 고래류 연구에 대한 요구가 증가하여 국립수산물과학원에 의해 본격적인 고래연구사업이 추진되어 1999년에는 국내 최초로 체계적인 목시조사가 수행되었다. 이후 2002년 별개의 연구사업 과제로 본 과제가 선정되어 본격적인 고래 관련 연구가 시작되었다. 현재 국내 유일의 연구기관으로 목시조사를 통한 고래류의 분포와 풍도추정에 대한 연구(Sohn et al., 2001), 혼획 고래류의 생물학적 혹은 통계학적 연구(Kim et al., 2004; An et al., 2004), DNA분석을 통한 밍크고래 계군분석(Park et al., 2004), 소형고래류의 생태학적 연구(Park et al., 2002; Zhang et al., 2004), 멸종위기 대형고래류의 목상목시조사(Kim, 2007) 등을 수행하고 있으며 연구 인력 양성과 수급의 다각화를 꾀하기 위해 대학교와 공동으로 “고래류의 음향학적 연구”와 “상괘이의 생태학적 연구”를 수행하였고 외부연구기관과 “고래관광 타당성 검토를 위한 연구”를 실시하고 있다.

2007년 4월 5일 시행되는 “해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률”에서는 보호종 및 희유종 등으로 해양포유류를 지정하여 보호토록 규정하고 있으나 혼획 또는 불법 포획에 의한 밍크고래를 비롯한 경육의 음성적인 유통과 이용에 대한 구체적인 내용은 언급되어 있지 않다. 따라서 고래류의 보전 및 관리에 대한 보다 구체적인 제도적 장치가 마련되어야 할 시점이라고 판단되며 여기에는 향후 발생하게 될 고래관광, 돌고래쇼, 돌고래수족관 등의 신 해양산업과 관련된 내용도 포함되어야 할 것이다.

2. 국외 현황

가. 일본

일본 수산청 산하 원양수산연구소와 사단법인 일본경류연구소에 약 60여명의 전문 연구 인력을 배치하여 세계 최고의 연구 노력을 기울이고 있다. 2000톤급 공모선(factory ship) 1척, 700톤급 포경선 3척, 700톤급 목시전용선 3척을 동원하여 일본 연근해뿐만 아니라 북서태평양, 남빙양 등에서 다양한 연구 활동을 수행하고 있다.

특히 과학적 조사를 목적으로 매년 밍크고래 1000두, 브라이드고래 100두, 보리고래 100두, 참고래 50두, 흑등고래 50두, 향고래 10두를 포획하여 고래 자체의 연구뿐 아니라 해양생태계 전반에 관련된 종합적 연구를 실시하고 있다. 또, 전통적인 돌고래어업을 보호 육성하여 일본 연근해에서 이빨고래류 8종 2만 여두를 포획하여 이용하고 있다.

나. 노르웨이

유일하게 상업포경 모라토리엄 결정 당시 이를 유보하고 상업포경을 계속 실시하여 한 해 밍크고래 600여 마리를 포획하여 이용하고 있으며 이와 관련한 과학적 자료를 확보하여 철저한 자원관리를 실시하고 있다. 국제포경위원회의 개정관리방식(RMP)과 관련하여 자원추정, 생태계기반 수산자원관리 등에 많은 연구를 실시하고 있다.

다. 아이슬란드

조사포경을 위해 밍크고래 100두, 참고래 100두, 보리고래 50두의 포획쿼터를 확보하여 실시하였으며 2006년부터는 상업포경을 재개하여 적극적으로 고래자원을 이용하고 있다. 고래의 생화학적 연구 및 위성추적장치를 이용한 연구가 활발히 진행 중에 있으며 이를 통해 밍크고래의 회유경로에 대한 최신 정보를 제공하기도 하였다.

라. 반포경국

미국, 영국, 호주, 뉴질랜드 등에서는 위성추적장치, 수중음향장치, 사진식별, biopsy 등의 비치사적(non-lethal) 방법을 이용한 연구결과를 토대로 포경찬성국에 대한 대응논리를 세우고 있다. 고래관광, 돌고래 쇼, 돌고래 수족관, 돌고래 수영, 돌고래 치료 등 고래자원을 다각적으로 이용하고 있으나 이 역시 생태계 교란이나 동물학대라는 지적을 받고 있는 실정이다.

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

1. 연구 방법

가. 우리나라 근해 밍크고래 분포와 분포량 추정

밍크고래의 분포량 추정은 국제포경위원회 개정관리방식의 조사수행, 자료수집 및 분석지침에 따라 실시하였다. 조사계획은 사전에 국제포경위원회 과학위원회에 매년 제출하여 심의를 득하였으며, 심의에서 검토된 사항은 조사수행에 반영하였고 심의를 득한 조사계획의 수행을 위하여 국제포경위원회는 감독관을 지정하고 조사의 준비 및 수행 전반에 관해 감독 및 자문하였다. 밍크고래의 분포량 추정을 위해 표준조사법인 직선횡단선 조사법(line transect method)을 적용하여 수행하였으며 조사선은 2001년 제53차 과학위원회의 북서태평양 조사방법 권고에 따라, 2002년 조사부터 조사해역을 사각형으로 구분하고 각 구역에 동일한 노력의 조사선(line transect)을 할당하였으며 구역별로 무작위 출발점(random start)을 설정하여 조사를 실시하였다(그림 2).

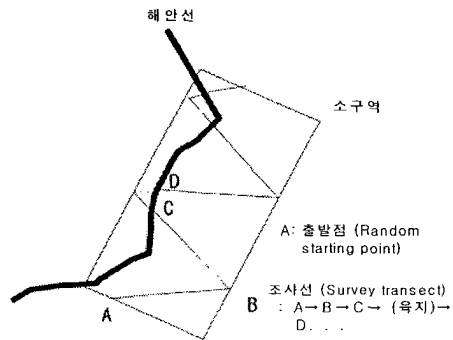


그림 2. 조사항로 및 무작위 출발점의 설정.

2002년 춘계 고래자원 목시조사는 5월 16일부터 6월 9일까지 25일간 동해에서 수행되었으며 조사해역을 연안과 외양으로 구분하고 연안 4개, 외양 3개의 소해역으로 나누어 조사를 실시하였다(그림 3a). 2002년 하계 조사는 서해에서 실시하였으며 8월 16일부터 9월 18일까지 34일간 수행되었으며 연안과 외양 각각 2개의 소해역으로 나누어 조사를 실시하였다(그림 3b). 2003년 4월 21일부터 5월 19일까지 28일간 수행한 동해 춘계 조사에서는 조사해역을 연안과 외양으로 구분하고 7개의 소해역으로 나누어 조사를 실시하였으며 같은 해 9월 16일부터 10월 5일까지 20일간 실시한 추계 조사에서는 울릉도와 독도를 포함하는 동해의 외양에서만 조사가 이루어졌다(그림 3d).

2004년에는 서해에서 4월 21일부터 6월 2일까지 43일간 조사를 수행하였으며 조사해역을 연안과 서해 중앙부, 중국측 해역으로 구분하고 이를 다시 서해 남부, 중부, 북부로 나누어 총 9개의 소해역으로 나누어 조사를 실시하였다(그림 3e). 2005년 4월 24일부터 5월 25일까지 31일간 수행한 동해 조사에서는 연안, 근해 및 중간 해역으로 구분하고 이를 다시 남부, 중부, 북부로 나누어 9개의 소해역으로 나누었으며 부산에서 거제에 이르는 연안 해역과 독도 주변 해역을 포함하여 총 11개의 소해역에서 조사를 실시하였다(그림

3f). 2006년 4월 24일부터 5월 20일까지 27일간 수행한 동해 조사에서는 조사해역을 연안의 형태와 수중 지형 조건에 따라 대륙붕에서 대륙사면 중간 해역까지의 연안역, 대륙사면의 중간을 벗어난 외해역 등 총 5개의 소해역으로 나누어 조사를 실시하였다(그림 3g).

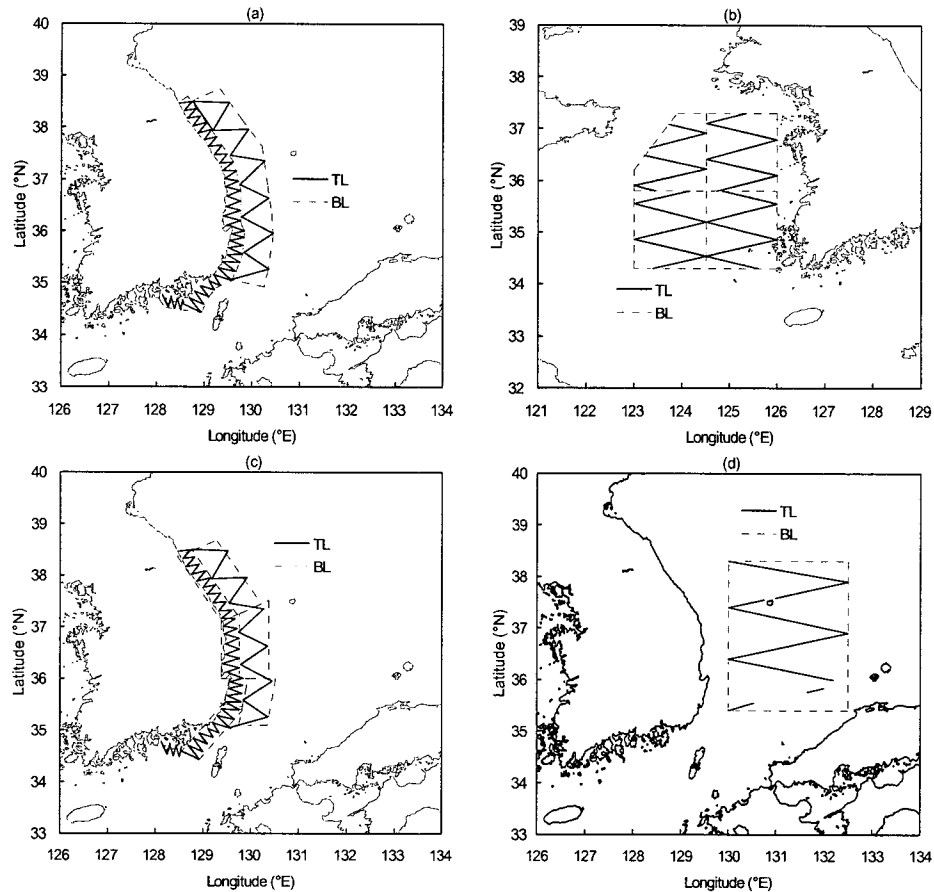


그림 3. 고래자원 목시조사 해역도(a: 2002년 춘계; b: 2002년 하계; c: 2003년 춘계; d: 2003년 추계; TL: 조사항로; BL: 조사구역).

목시조사의 밍크고래 발견 자료를 이용하여 풍도를 추정하였으며 풍도 추정을 위한 수직 거리 분포자료를 발견확률밀도함수 추정에 사용되는 세 가지 모델(Uniform, Half-normal, Hazard-rate model)을 검토한 결과 거의 모든 고래 발견이 0.3마일 이내에서 이루어졌으며, 조사선 가까이에 발견이 집중되며 거리가 멀어질수록 빈도가 sigmoid 형으로 감소하여 Hazard-Rate 모델을 사용하여 풍도, 조사유효폭 등을 계산하였으며 소프트웨어 Distance Ver. 4.0을 사용하였다(Buckland et al., 2001; 2004).

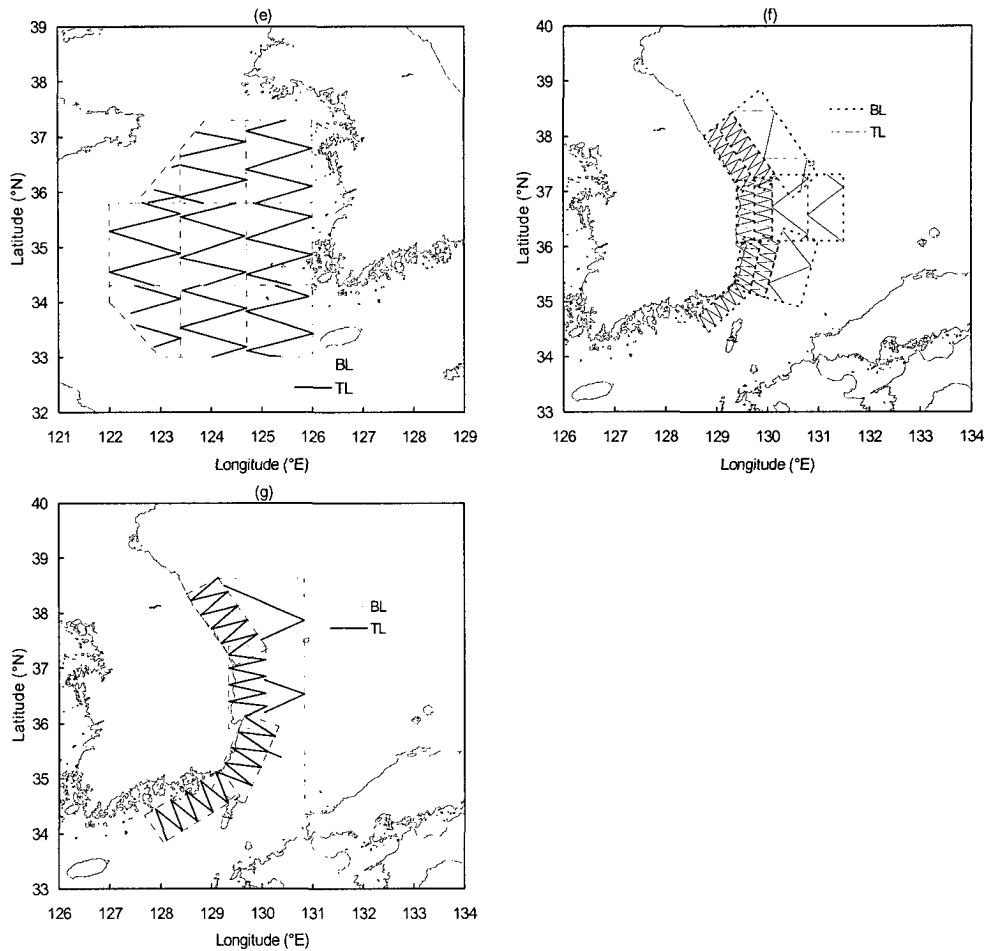


그림 3. (계속, e: 2004년 춘계; f: 2005년 춘계; g: 2006년 춘계; TL: 조사항로; BL: 조사구역).

나. 혼획 및 좌초 고래의 통계 및 생물학적 연구

해양수산부 「고래포획금지이행지침(1997)」에 따라 모든 고래 혼획자는 항·포구의 해양경찰서에 혼획사항을 의무적으로 신고하도록 되어있으며 해양경찰서는 『수산자원관리 정보화시스템(<http://10.27.6.30/index.jsp>)』에 수사 결과를 입력 보고하도록 되어있고 국립수산물과학원은 각 해양경찰서를 방문 혹은 수사 자료를 제출받아서 해경자료를 보완 검토하고 해양수산부는 시스템 관리와 자료 총괄 관리를 하고 있다.

주요 종에 대하여 그림 4와 같은 생물학적 측정과 자료 및 시료 수집을 수행하였으며 정밀측정은 전장을 비롯한 20여 항목을 조사하였고, 고정용 막대와 줄자를 사용하여 측정 시 수평을 유지하였으며, 1cm 단위로 측정을 실시하였다. 국제포경위원회 고래자원의 보존과 관리를 조사 및 연구 사항(국별 조사 진행보고서 기재 항목)에서 요구하는 혼획 개체로부터의 DNA 시료채집, 이구전, 수염판, 이빨, 위내용물, 피부근육, 간, 신장, 허파, 창자, 위, 염통의 조직을 채집하였다.

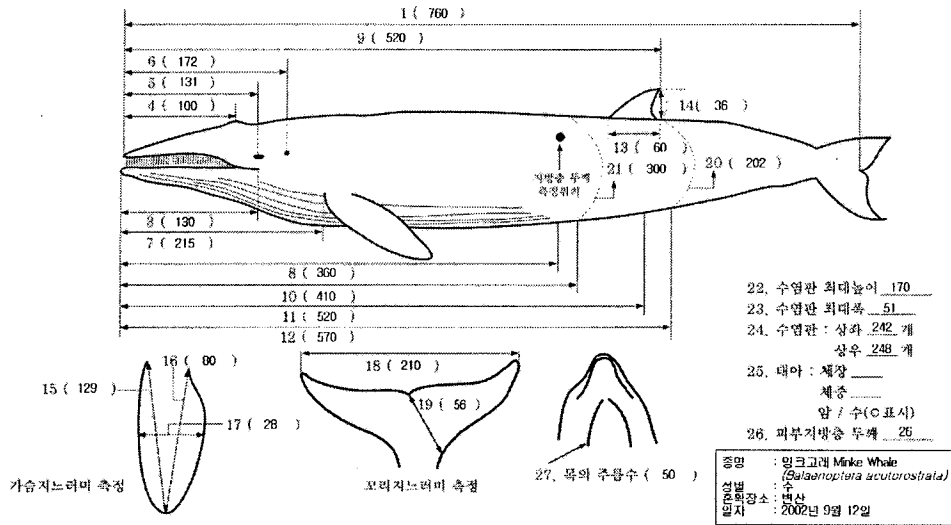


그림 4. 훈화좌초 고래의 생물학적 조사를 위한 측정항목.

다. 소형고래류 조사

소형고래류 분포, 풍도 등을 조사하기 위하여 울진-울산 사이의 동해남부 연안 해역에 조사구역을 설정하고(그림 5), 밍크고래 분포 조사와 동일한 방법으로 국제포경위원회 지침에 따른 목시조사를 실시하였다. 2004년부터 2006년까지 매년 4회에 걸쳐 매회 5~6일씩 시험조사선 탐구 12호를 이용하여 조사하였으며 생물학적 조사를 위하여 해양수산부로부터 돌고래류 포획허가를 받아 작살을 사용해 포획하고 포획 개체에 대한 생물학적 조사를 실시하였다.

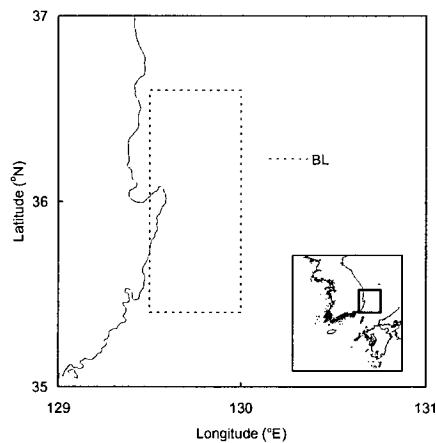


그림 5. 소형고래류 조사해역(BL: 조사구역).

라. 육상 목시조사

멸종 위기에 처한 귀신고래에 대한 서식권 국가들의 연구를 촉구하는 국제포경위원회 결의안 2001-3, 2004-1 및 2002년 울산에서 개최한 귀신고래 워크숍의 결과 및 권고에 따라 경북 포항 호미곶 등대에서 2003년 12월 24일부터 1월 6일까지 14일간, 경북 영덕 강구의 해맞이공원 전망대에서 2004년 12월 21일부터 12월 30일 및 2006년 1월 5일부터 1월 14일까지 각각 10일간 육상목시조사를 실시하였다(그림 6). 또한 하계 대형고래류 관찰을 위해 경북 울릉군 독도 동도의 헬기착륙장에서 2004년 8월 21일부터 8월 30일까지 10일간 육상 목시조사를 실시하였다. 육상 목시조사 방법은 선박을 이용하여 해상에서 이루어지는 목시조사와 동일하게 이루어지며 이동이 없이 육상에서 최대한의 시야를 확보할 수 있는 장소에서 조사가 이루어져야 하기 때문에 등대의 등탑이나 해안 절벽 등에서 조사를 수행하였다.

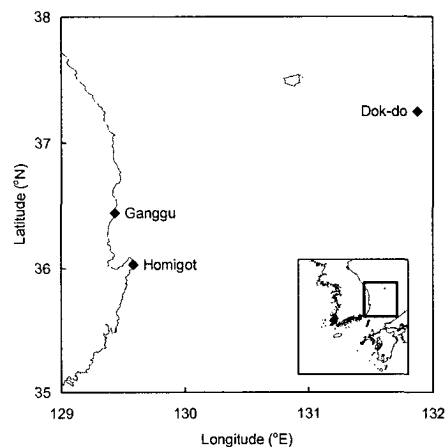


그림 6. 육상 목시조사 위치.

마. DNA에 의한 밍크고래의 계통군 및 DNA 등록을 위한 기초 연구

(1) mtDNA에 의한 밍크고래의 계군 분석

우리나라에 서식하고 있는 밍크고래의 집단구조를 밝히기 위하여 1998년부터 2006년까지 9년간 혼획된 밍크고래(By-catch: BC) 348개체를 시료로 이용하였으며, 유전자분석은 각 개체의 연도별, 해역별, 시기별 집단간의 유전적 변이 및 유전자 다양성을 조사하였다. 미토콘드리아 DNA D-loop 영역의 염기서열을 이용하여 우리나라에 서식하고 있는 밍크고래의 계군을 명확히 하기 위하여 tRNApro 영역으로부터 MT4-F (sense region) 및 Dlp-5R (non-sense region) primer를 합성하고 이를 이용하여 약 490bp의 변이영역을 증폭하여 밍크고래의 염기서열을 분석하였다(그림 7).

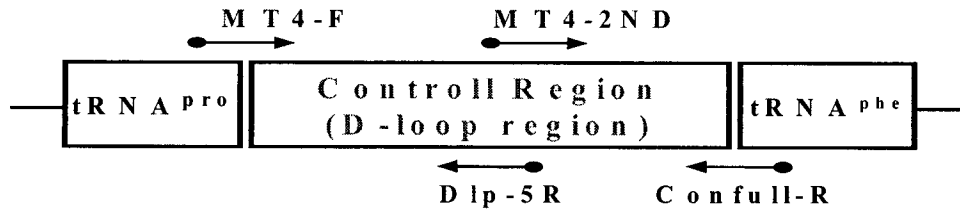


그림 7. 미토콘드리아 DNA D-loop 영역 및 primer 설계.

미토콘드리아 DNA D-loop 영역을 증폭하기 위해 분석용 DNA (stock solution: 50ng/μL) 1μL, 10×Buffer 3μL, dNTP 0.2mM, 10× Ex Taq™ buffer (TAKARA) 3μL, 1.25 units의 Taq DNA polymerase (Ex Taq™, TAKARA)를 증류수와 혼합하여 총 30μL가 되게 PCR 반응용액을 조성하였으며, PCR 조건은 94℃에서 4분간 DNA를 변성시키고 94℃ 1분, 58℃ 1분, 72℃ 2분을 30회 반복하였으며 최후로 72℃에서 7분 동안 증폭시켰다. 증폭된 PCR 단편은 2% agarose gel상에서 전기영동(100V, 1hr)하여 확인한 후, 필요한 영역을 gel로부터 적출하여 QIAquick PCR Purification Kits (QIAGEN)나 QIAEXII Gel Extraction Kits (QIAGEN)을 사용하여 정제하였다. 계속해서 cycle sequencing 반응은, Dye Terminator Cycle Sequencing Ready Reaction Kits (Perkin-Elmer Corp., Norwalk, USA)을 사용하여 96℃, 10초; 50℃, 5초; 60℃, 4분간의 반응을 25회 반복하였으며, 얻어진 extension products는 에탄올 침전으로 정제하였다. 그 후 이것을 loading buffer (5:1 formamide to EDTA/Blue dextran)에 녹여 90℃에서 2분간 denaturation하여, automated DNA sequencer (ABI 377)로 전기영동 하였음. PCR 및 direct sequencing에서 사용된 primer는 다음과 같다.

MT4-F : 5'- CGAAGCTTGATATGAAAAACCATCGTT -3';

Dlp-5R : 5'- AAAGTGCAGCCCCTGCTCAGAATGATATTTGTCCTCA -3'.

Direct sequencing에 의해 얻어진 미토콘드리아 D-loop 유전자 영역의 염기서열은 DNASIS ver. 2.5 program (Hitachi Software Engineering Co., Ltd.)으로 정렬하였으며, PHYLIP version 3.6c package (Felsenstein, 2005)를 이용하여 phylogenetic tree를 결정하였다. DNA sequence similarity searches는 NCBI (the National Center for Biotechnology Information)의 the BLAST network service를 통해 수행하였다.

(2) microsatellite DNA를 이용한 개체식별

혼획된 멍크고래와 시장유통 경육의 유전자다양성을 조사하고 개체식별을 위한 데이터베이스 구축을 위해 유전자형에 의한 개체식별을 수행하였다. 각 개체 genomic DNA를 증폭하기 위하여 6개 microsatellite (EV14, EV37, GATA28, GATA98, GT23 및 TAA31) PCR

primer를 사용하였으며(표 1) PCR 반응은 5pmol 각 primer set, 200μM dNTP, 10mM Tris-HCl (pH 8.3), 50mM KCl, 1.5mM MgCl₂, 0.5U Taq DNA polymerase (Ex TaqTM, TAKARA), 50ng DNA template가 포함된 총 15μL 혼합액에서 MJ-210 gradient thermal cycler를 이용하여 수행하였다. 각 primer쌍의 forward primer를 6-FAM, HEX, 및 NED 형광 dye (Applied Biosystems)를 표지로 붙였다. PCR 조건은 처음 95℃에서 15분간 DNA를 변성하고 그 다음 95℃에서 60초간 denaturation, 각 primer의 annealing 온도에서 60초간 annealing, 72℃에서 60초간 elongation하여 각각 30회 반복한 후, 최종 DNA 합성을 72℃에서 15분간하였다. 증폭된 fluorescent PCR 산물을 1:10~20으로 희석하여 size marker, deionized formamide와 혼합한 후 94℃에서 5분간 반응한 후 ABI 3100 DNA sequencer (Perkin-Elmer)로 확인하였다. Fluorescent peak data는 Genescan (version 3.7)와 Genotyper (version 3.7) software program (Perkin-Elmer)으로 분석하였다.

표 1. microsatellite DNA Primer의 제작 및 형광표지

Locus	Sequence	Fluorescent Label	Allele Size(bp)	Tm/Cycle	Condition (°C/Second)
<i>GATA417</i>					
<i>F</i>	CTgAgATAgCAgTTAVATggg	6-FAM (BLUE)	198-226	54/30	95/54/72 60/60/60
<i>R</i>	TCTgCTCAggAAATTTCAA				
<i>GATA028</i>					
<i>F</i>	AAAgACTgAgATCTATAgTTA	HEX (GREEN)	192-224	54/30	90/54/72 60/60/60
<i>R</i>	CgCTgATAgATTAgtCTAgg				
<i>GT023</i>					
<i>F</i>	gTTCCCAggCTCTgCACTCTg	HEX (GREEN)	88-120	62/30	94/62/72 15/15/15
<i>R</i>	CATTTCTACCCACCgTCAT				
<i>EV14P</i>					
<i>F</i>	TAAACATCAAAGCAgACCCC	6-FAM (BLUE)	125-139	56/30	90/56/72 60/60/60
<i>R</i>	CCAgAgCCAAGgTCAAgAg				
<i>EV37P</i>					
<i>F</i>	AgCTTgATTTggAAgTCATgA	NED (YELLOW)	176-206	56/30	90/56/72 60/60/60
<i>R</i>	TAgTAGAgCCgTgATAAAgTgC				

각 유전자좌(locus)의 각 집단에서의 대립유전자 빈도, 관찰치 이형접합률(H_o), 기대치 이형접합률(H_e)은 ARLEQUIN version 2.0 software package를 이용하여 계산하였다. 집단 안에서 HWE 이탈을 조사하기 위하여 FIS 수치를 측정하여 random allelic permutation 과정(최소 10,000 permutation)으로 유의성을 검정하였다(Weir and Cokerham, 1984). 집단의 유전적 구조를 파악하기 위하여 모든 가능한 집단 조합으로 pairwise F_{ST} 수치를 측정하였으며, pairwise F_{ST} 수치에 대한 유전적 검정은 random allelic permutation 과정으로 조사하였다. 집단간 유전적 유연관계는 Nei의 유전거리를 근거로 하여 UPGMA 방법으로 계통수를 만들어 분석하였다. Bootstrap 수치는 유전자좌 모두를 이용하여 1000

변 bootstrap resampling으로 계산하였으며, 이런 과정들은 TFPGA 프로그램을 사용하였다.

바. 돌고래관광 타당성 조사

돌고래관광 타당성 조사를 위해 큰돌고래의 분포와 풍도 현황 파악을 위해 제주 연안에서 목시조사를 실시하였으며(그림 8) 시험조사선 탐구 16호, 해양경찰 경비정, 제주대학교 탐사선 등이 제주 연안을 운항 하면서 큰돌고래를 관찰한 날짜, 시각, 위치, 마리 수 등의 해상발견 정보를 수집하였다. 제주 연안 큰돌고래의 개체식별과 행동 파악을 위한 사진 개체식별에 대한 예비조사를 실시하였다.

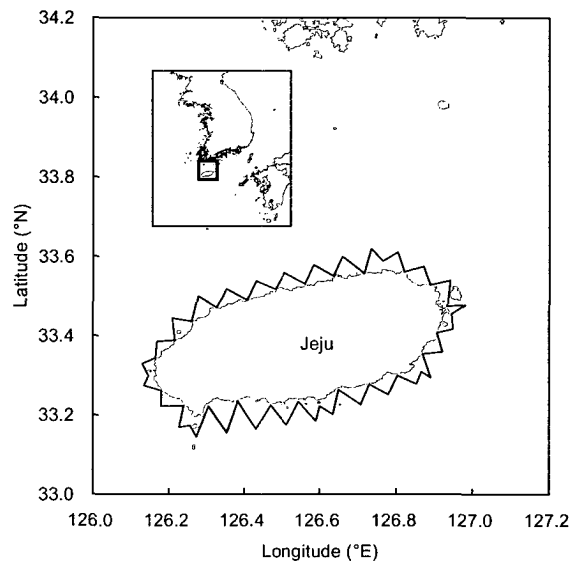


그림 8. 제주 고래관광 타당성 조사해역(섬 주변 실선은 조사항로).

2. 연구 결과

가. 우리나라 근해 밍크고래 분포와 분포량 추정

(1) 2002년 춘계 동해 고래자원 목시조사

전체 조사 기간 중 14일간 1,154.8마일을 운항하여 1차목시에서 밍크고래 29군 31개체를 발견하였다. 그밖에도 참돌고래 5군 515개체, 닛돌고래 1군 25개체, 큰머리돌고래 5군 58개체 및 미분류 돌고래 1군 4개체를 발견하였다(표 2).

표 2. 2002년 춘계 동해 고래자원 목시조사 일별 조사거리 및 발견 개체수

일자	목시거리 (n.m.)	밍크고래		참돌고래		낮돌고래	큰머리 돌고래	미분류 돌고래
		1차	2차	1차	2차	1차	1차	1차
5월19일	85.7	2-2						1-4
5월20일	61.6							
5월21일	142.4	7-7		1-50				
5월22일	97.6	1-1		3-65				
5월23일	8.7							
5월26일	81.0	2-2	1-1		1-15		2-21	
5월27일	125.9	3-3					1-12	
5월28일	104.6	1-1					1-15	
5월31일	78.6	1-1					1-10	
6월02일	92.8	3-3				1-25		
6월03일	82.3	5-6		1-400				
6월05일	68.3							
6월06일	82.5	1-1						
6월07일	43.0	3-4						
합계	1154.8	29-31	1-1	5-515	1-15	1-25	5-58	1-4

밍크고래는 동해 남부 울산 주변 해역과 경북 연안 해역에 주로 분포하였는데 울산 주변 해역의 경우 대륙붕이 대한해협으로 넓게 퍼져 먼 바다까지 밍크고래가 분포하고 있었으나 경북 연안은 대륙붕이 해안선을 따라 좁게 뻗어있어 밍크고래가 대륙붕을 따라 좁게 밀집해있는 것으로 관찰되었다(그림 9). 참돌고래는 동해 남부 해역에 주로 분포하였고 낮돌고래와 큰머리돌고래는 동해 중부 해역에 분포하였다.

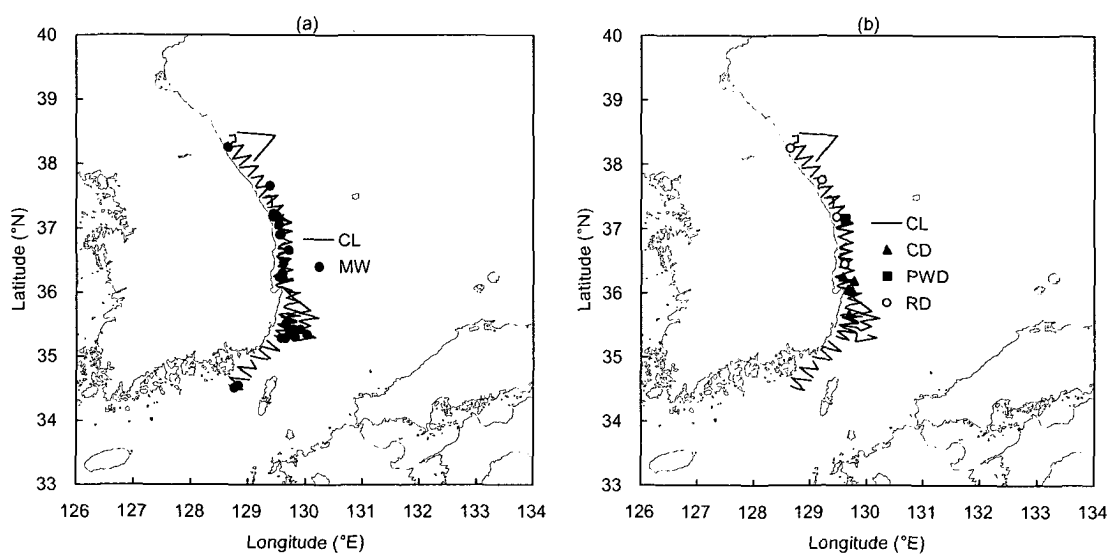


그림 9. 2002년 춘계 동해 고래자원 목시조사 밍크고래(a) 및 소형고래류(b)의 발견위치
(CL: 조사항정; MW: 밍크고래; CD: 참돌고래; PWD: 낮돌고래; RD: 큰머리돌고래).

(2) 2002년 하계 서해 고래자원 목시조사

조사 기간 중 8일간 664.6마일을 운항하여 1차목시에서 밍크고래 9군 10개체, 상괭이 2군 5개체를 관찰하였다(표 3). 밍크고래는 조사해역의 전남과 경기 해역의 먼 바다까지 고루 분포하였는데 이는 서해의 수심이 얕아 동해와는 달리 전 해역에 퍼져있는 특징을 보여주었다(그림 10). 상괭이는 밍크고래보다는 연안 가까이에서 주로 관찰되었다.

표 3. 2002년 하계 서해 고래자원 목시조사 일별 조사거리 및 발견 개체수

일자	목시거리 (n.m.)	밍크고래	상괭이
		1차	1차
8월28일	93.1	2-2	
9월02일	122.4		
9월08일	58.7	3-4	
9월09일	64.0		
9월10일	62.3		
9월11일	70.1		
9월14일	124.7	4-4	2-5
9월15일	69.3		
합계	664.6	9-10	2-5

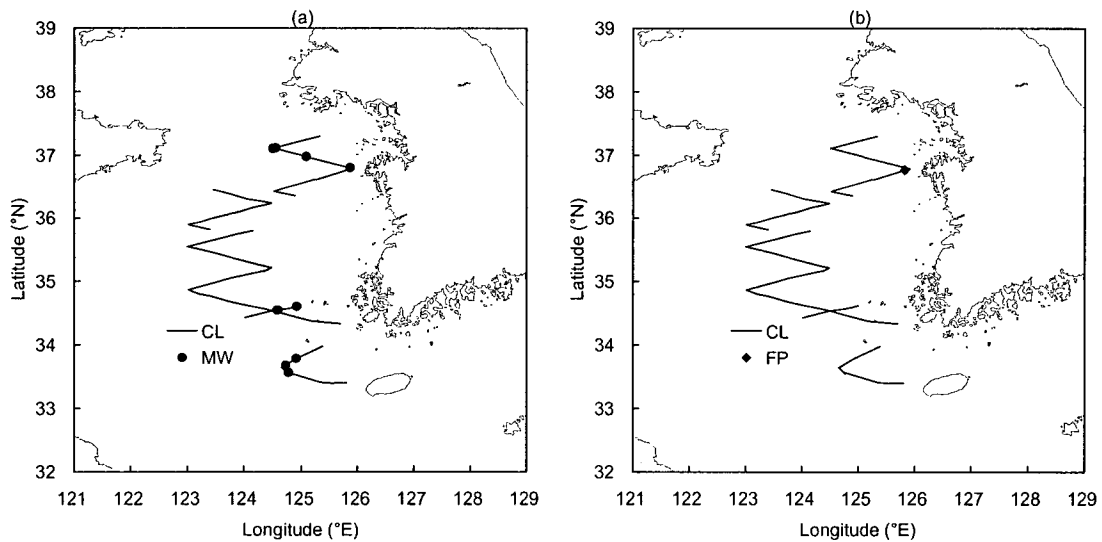


그림 10. 2002년 하계 서해 고래자원 목시조사 밍크고래(a) 및 상괭이(b)의 발견위치 (CL: 조사항정; MW: 밍크고래; FP: 상괭이).

(3) 2003년 춘계 동해 고래자원 목시조사

조사 기간 중 15일간 1,081.6마일을 운항하여 1차목시에서 밍크고래 12군 12개체, 참돌고래 5군 430개체, 상괭이 2군 3개체를 관찰하였다(표 4).

표 4. 2003년 춘계 동해 고래자원 목시조사 일별 조사거리 및 발견 개체수

일자	목시거리 (n.m.)	밍크고래		참돌고래	상괘이	
		1차	2차	1차	1차	2차
4월21일	17.4	1-1				
4월26일	65.0				1-2	1-3
4월27일	116.5				1-1	
4월28일	89.8		1-1			
5월01일	28.5			1-25		
5월02일	15.4					
5월03일	113.7					
5월09일	93.6	1-1				
5월10일	132.8	3-3				
5월11일	24.4			1-50		
5월12일	129.7			1-35		
5월13일	43.3		2-3			
5월16일	75.6	1-1		2-320		
5월17일	65.3	2-2				
5월18일	70.6	4-4				
합계	1081.6	12-12	3-4	5-430	2-3	1-3

밍크고래는 동해 남부 해역에 주로 분포하였으며 울산 주변 해역에서는 먼 바다에서도 3회의 관찰이 있었다. 참돌고래의 경우 동해안 전체에 고르게 분포하였으며 상괘이는 남해안 연안에서 주로 관찰되었다(그림 11).

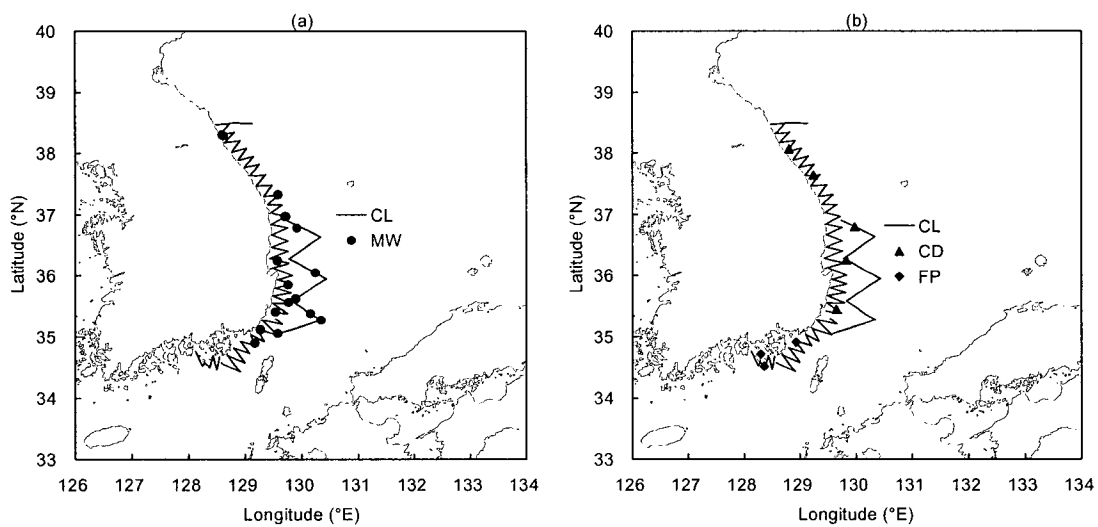


그림 11. 2003년 춘계 동해 고래자원 목시조사 밍크고래(a) 및 소형고래류(b)의 발견위치 (CL: 조사항정; MW: 밍크고래; CD: 참돌고래; FP: 상괘이).

(4) 2003년 추계 동해 고래자원 목시조사

조사 기간 중 7일간 578.3마일을 운항하여 1차목시에서 밍크고래 1군 1개체만을 관찰하였다(표 5). 조사가 이루어지지 않았던 동해 중앙부의 우리나라 배타적 경제수역 내에서 대형 고래류 분포 확인이 주 목적이었으나 밍크고래 1개체만을 관찰하여, 가을철 동해 중부 해역의 수심이 깊은 곳에는 밍크고래가 거의 서식하지 않는 것으로 판단되었다(그림 12).

표 5. 2003년 추계 동해 고래자원 목시조사 일별 조사거리 및 발견 개체수

일자	목시거리 (n.m.)	밍크고래
		1차
9월17일	28.1	
9월18일	108.6	1-1
9월26일	123.0	
9월27일	121.0	
9월28일	145.1	
9월29일	23.0	
9월30일	29.5	
합계	578.3	1-1

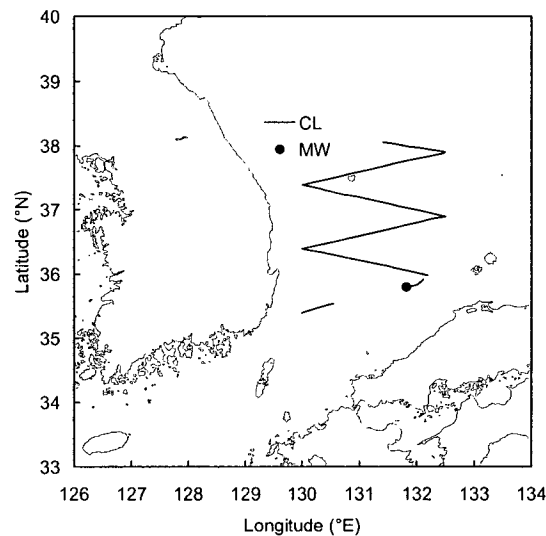


그림 12. 2003년 추계 동해 고래자원 목시조사 밍크고래의 발견위치
(CL: 조사항정; MW: 밍크고래).

(5) 2004년 춘계 서해 고래자원 목시조사

조사 기간 중 16일간 1,790.7마일을 운항하여 밍크고래 18군 18개체, 상괭이 63군 86개체를 관찰하였다(표 6). 서해에서는 관찰하기 어려운 참돌고래를 발견하기도 하였다.

표 6. 2004년 춘계 서해 고래자원 목시조사 일별 조사거리 및 발견 개체수

일자	목시거리 (n.m.)	밍크고래		상괘이		참돌고래
		1차	2차	1차	2차	비정규
4월25일	102.9					
4월28일	101.1					
4월29일	137.2			2-3		
4월30일	127.0			1-1		
5월01일	117.9	4-4		6-10		
5월05일	34.8	2-2				
5월07일	127.9	3-3	1-1	25-33	3-3	
5월08일	91.3	2-2		29-39	5-5	
5월15일	116.5	5-5				
5월16일	118.1	2-2				
5월22일	108.2		1-1			
5월23일	161.6					
5월24일	129.0					
5월25일	157.9					
5월26일	20.2					
5월31일	139.1					
합계	1790.7	18-18	2-2	63-86	8-8	1-20

밍크고래는 서해 중북부 해역에 고르게 분포하는 편이었으며 상괘이는 서해 전체 연안을 따라 고루 분포하였다(그림 13).

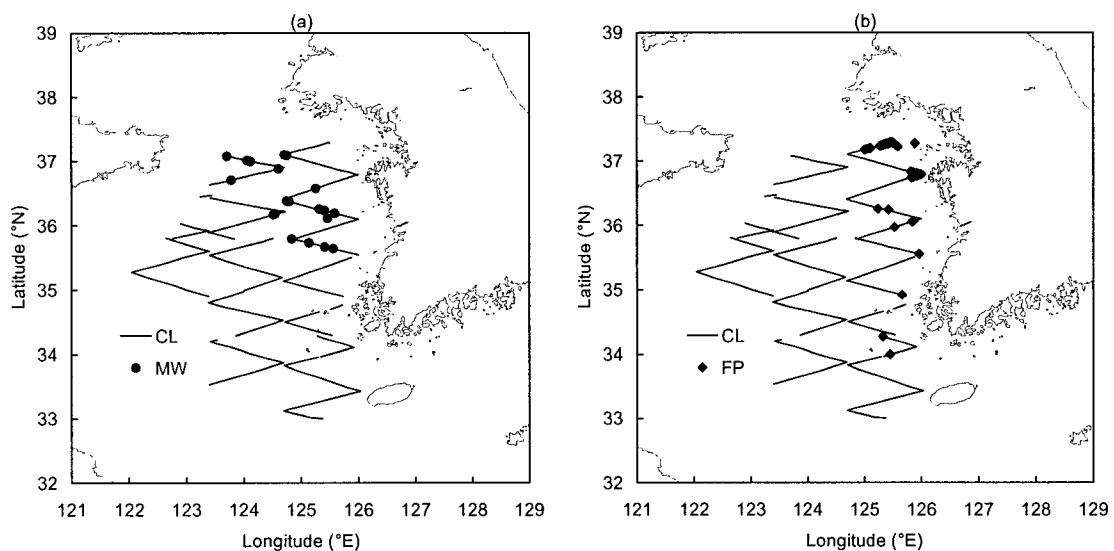


그림 13. 2004년 춘계 서해 고래자원 목시조사 밍크고래(a) 및 상괘이(b)의 발견위치 (CL: 조사항정; MW: 밍크고래; FP: 상괘이).

(6) 2005년 춘계 동해 고래자원 목시조사

조사 기간 중 14일간 1,040.6마일을 운항하여 1차목시에서 밍크고래 31군 32개체, 참돌고래 3군 2,000개체, 흑범고래 3군 700개체, 큰돌고래 3군 430개체, 큰머리돌고래 1군 10개체, 까치돌고래 3군 17개체, 낫돌고래 1군 3개체 및 미확인 대형고래 1개체 등 연구기간 중 가장 다양한 종류와 많은 개체수를 관찰하였다(표 7). 특히 흑범고래와 큰돌고래가 혼영하는 모습을 국내 최초로 관찰하였으며 목시조사에서는 처음으로 까치돌고래를 직접 관찰하였다.

밍크고래는 경북 연안에 밀집하여 분포하였고 부산 앞바다에서도 2개체가 관찰되었다. 참돌고래는 동해 남부 울산 앞바다에 넓게 분포하였으며, 큰머리돌고래, 흑범고래 및 큰돌고래는 경북 구룡포에서 영덕에 이르는 근해에 주로 분포한 반면 낫돌고래와 까치돌고래는 수온이 낮은 동해 북부에서 관찰되었다(그림 14).

표 7. 2005년 춘계 동해 고래자원 목시조사 일별 조사거리 및 발견 개체수

일자	목시거리 (n.m.)	밍크고래			참돌고래		흑범고래	큰돌고래	큰머리 돌고래	까치 돌고래	낫돌고래	미확인 대형고래
		1차	2차	비정규	1차	비정규	1차	1차	1차	1차	1차	비정규
4월26일				1-1		1-500						1-1
5월03일	56.6	2-2		1-1								
5월04일	127.7	16-16	1-1									
5월08일	81.0									3-17		
5월10일	106.5	1-1		4-4							1-3	
5월15일	46.3											
5월16일	75.4				2-1500							
5월17일	108.5				1-500							
5월19일	33.4					1-1000	1-500	1-300				
5월20일	106.6	5-6					2-200	2-130	1-10			
5월21일	146.9	5-5										
5월22일	35.0			2-2								
5월24일	56.1	1-1										
5월25일	60.6	1-1										
합계	1040.6	31-32	1-1	8-8	3-2000	3-2200	3-700	3-430	1-10	3-17	1-3	1-1

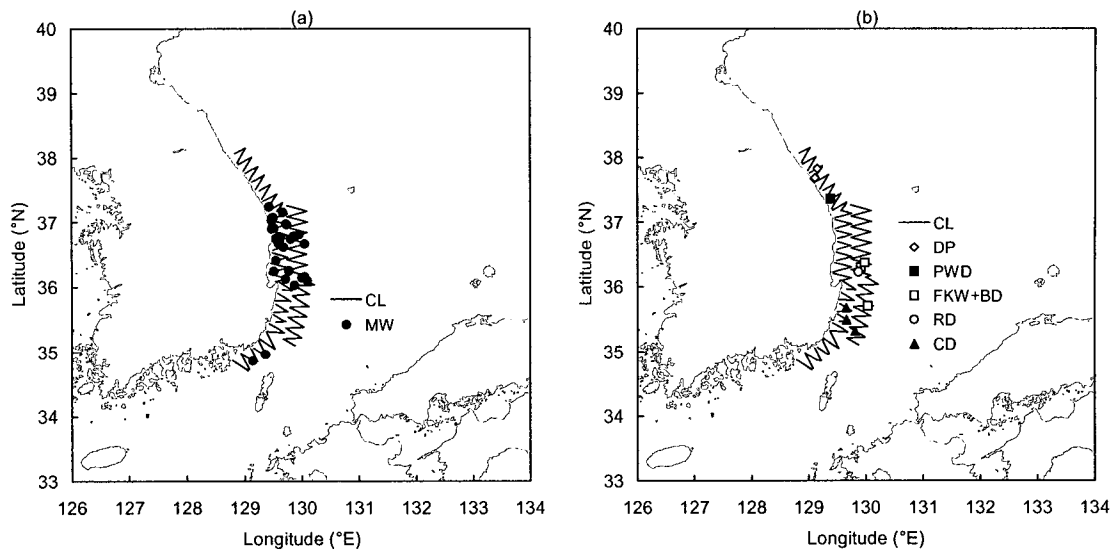


그림 14. 2005년 춘계 동해 고래자원 목시조사 밍크고래(a) 및 소형고래류(b)의 발견위치
(CL: 조사항정; MW: 밍크고래; DP: 까치돌고래; PWD: 낫돌고래; FKW+BD: 흑범고래+큰돌고래; RD: 큰머리돌고래; CD: 참돌고래).

(7) 2006년 춘계 동해 고래자원 목시조사

조사 기간 중 12일간 1,077.7마일을 운항하여 1차목시에서 밍크고래 21군 24개체, 참돌고래 10군 2,300여 개체, 낫돌고래 1군 3개체, 까치돌고래 7군 12개체, 상괭이 1군 3개체를 관찰하였다(표 8). 밍크고래는 2005년과 유사하게 경북 연안과 대한해협에 밀집하여 분포하였고, 참돌고래는 동해 중남부, 낫돌고래와 까치돌고래는 동해 중북부, 상괭이는 낙동강 하구에 분포하였다(그림 15).

표 8. 2006년 춘계 동해 고래자원 목시조사 일별 조사거리 및 발견 개체수

일자	목시거리 (n.m.)	밍크고래		참돌고래		낫돌고래		까치돌고래		상괭이
		1차	2차	1차	1차	1차	1차	1차	2차	
4월25일	93.1									
4월26일	122.4	7-8								1-3
4월27일	58.7	2-2		2-600						
4월28일	64.0	1-1								
5월01일	62.3			3-500						
5월04일	70.1			1-500						
5월12일	110.2	4-4		3-700						
5월13일	118.9	6-7		1-2				1-3		
5월14일	124.7							3-5		
5월15일	69.3									
5월16일	127.1					1-3		2-3	2-8	
5월17일	56.8	1-2	1-1					1-1		
합계	1077.7	21-24	1-1	10-2302	1-3	7-12	2-8			1-3

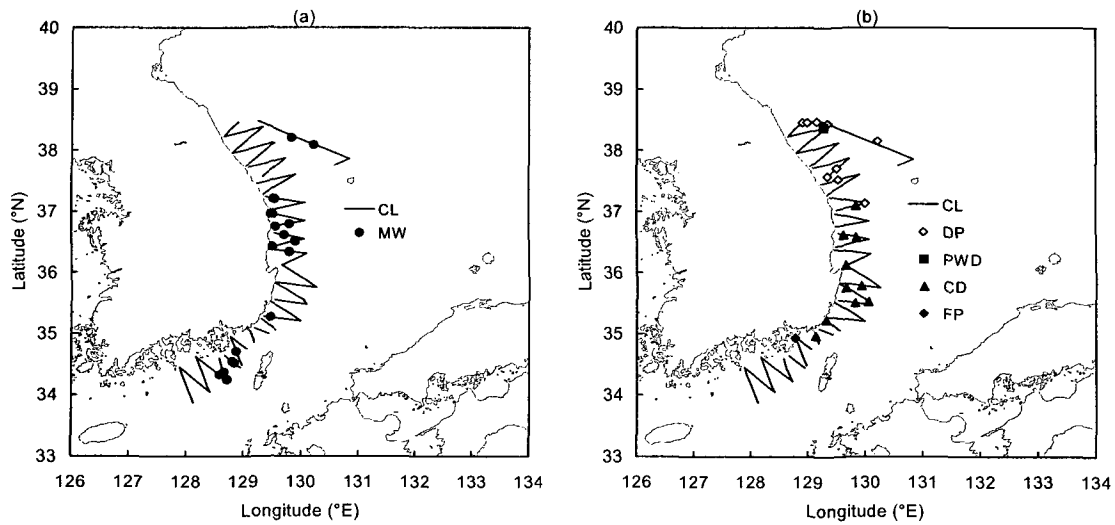


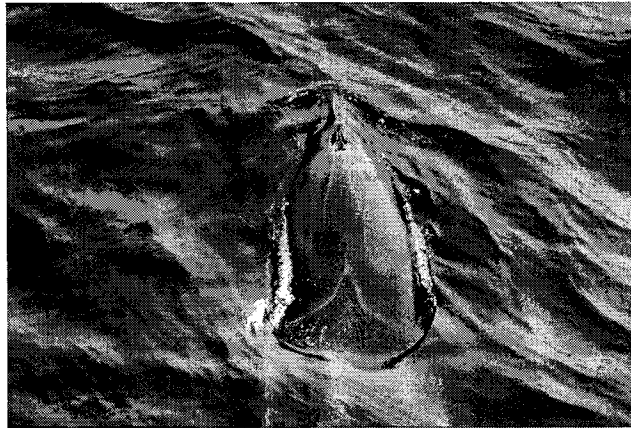
그림 15. 2006년 춘계 동해 고래자원 목시조사 밍크고래(a) 및 소형고래류(b)의 발견위치 (CL: 조사항정; MW: 밍크고래; DP: 까치돌고래; PWD: 낫돌고래; CD: 참돌고래; FP: 상괘이).

(8) 밍크고래의 분포량 추정

연구기간 7회의 목시조사 중 밍크고래 관찰 개체수가 적고 목시 노력량이 적었던 2002년 하계 서해 목시조사와 2003년 추계 동해 목시조사를 제외한 5회의 춘계 목시조사 결과를 토대로 밍크고래의 분포량을 추정하였다(표 9). 밍크고래의 풍도 추정을 위한 적절한 발견확률밀도함수를 검토한 결과, 거의 모든 발견이 0.25마일 이내에서 이루어졌으며, 조사선 가까이에 발견이 집중되며 거리가 멀어질수록 빈도가 sigmoid형으로 감소하여 Hazard-Rate 모델에 의한 적합을 하였다. Hazard-Rate 모델을 사용하여 추정한 유효조사폭은 2005년 0.075마일로 최소치를 보였으며 2002년 0.18마일로 최대치를 보였다. 발견율의 경우 2003년이 0.68로 가장 높았으며 2004년 0.036으로 가장 낮았다. 분포량은 2002년 521개체에서 점차 증가하여 2006년에는 1,645개체로 추정되었다.

표 9. 연도별 목시조사에 의한 밍크고래 분포량 추정치

연도	해역	발견 개체수	조사항정 (n.m.)	마일당 발견수	유효 조사폭	발견 밀도	추정 개체수	95% 신뢰구간	
								하한	상한
2002	동해	31	1,154.8	0.027	0.180	0.074	521	231	1,176
2003	동해	12	1,081.6	0.012	0.081	0.680	758	208	2,762
2004	서해	18	1,790.7	0.011	0.141	0.036	1,287	385	4,303
2005	동해	32	1,040.6	0.039	0.075	0.201	1,349	500	3,640
2006	동해	24	1,077.7	0.019	0.103	0.110	1,645	593	4,561



〈 2003년 동해 목시조사 중 촬영한 밍크고래 〉

나. 혼획 및 좌초 고래의 통계 및 생물학적 연구

(1) 통계 조사

연구기간 동안 16종 1,942개체의 고래류가 혼획·좌초되었으며 2002년에 283개체, 2003년에 426개체, 2004년에 261개체, 2005년에 가장 많은 550개체, 2006년 9월까지 422개체가 혼획·좌초되었다(표 10). 수염고래류 중에서는 밍크고래가 총 414개체가 혼획·좌초되어 가장 높은 값을 기록하였고 참고래 5개체, 흑등고래 4개체로 소량씩 혼획·좌초되었다. 이빨고래류에서는 참돌고래가 745개체로 가장 많이 혼획되었다. 그 밖에도 쇠돌고래 325개체, 상괭이 222개체, 낫돌고래 151개체 등 100개체 이상씩 혼획·좌초하였다.

표 10. 연도별 혼획·좌초 고래류 개체수

종류	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년	합계
밍크고래	89	92	69	107	57	414
브라이드고래			1			1
참고래	1		1	1	2	5
흑등고래		1	2	1		4
향고래				1		1
큰부리고래	1	1				2
큰이빨부리고래	2	3	1	1	2	9
범고래	3		1	1		5
흑범고래				1		1
큰돌고래	4	1	4	15		24
참돌고래	73	113	95	204	260	745
낫돌고래	54	19	22	47	9	151
큰머리돌고래	2	2	4	3		11
상괭이	15	82	36	57	32	222
쇠돌고래	34	105	22	105	59	325
까치돌고래	1		1	1	1	4
미분류 돌고래	4	7	2	5		18
합계	283	426	261	550	422	1942



〈 2005년 12월 전남 신안군 우이도에 좌초한 향고래 〉

혼획·좌초 고래류의 지역별 개체수를 살펴보면 경상북도가 934개체로 가장 높은 값을 기록하였으며 강원도에서도 663개체가 혼획·좌초되어 두 지역이 전체의 82.2%를 차지하였다(표 11). 상괭이의 혼획이 집중적으로 발생한 인천이 60개체로 나머지 광역시·도 중에서는 가장 많은 혼획량을 기록하였으며 울산이 59개체, 부산과 경남도 50개체 이상 기록하였다. 밍크고래와 참돌고래는 경상북도에서 주로 혼획되었으며 쇠돌고래와 닳돌고래는 강원도에서 주로 혼획되었다.

표 11. 지역별 혼획·좌초 고래류 개체수(2002년~2006년)

종류	강원	경북	울산	부산	경남	제주	전남	전북	충남	경기	인천	합계
밍크고래	101	194	29	9	12	14	26	6	18		5	414
브라이드고래						1						1
참고래	1				1	1	1				1	5
흑등고래	1	2			1							4
향고래							1					1
큰부리고래	1	1										2
큰이빨부리고래	6	3										9
범고래		4							1			5
흑범고래		1										1
큰돌고래	2	6		1		7	8					24
참돌고래	145	580	8		3		2	7				745
냇돌고래	81	66	4									151
큰머리돌고래	3	4	2	2								11
상괭이	1	47	16	39	36	8	11	1	8	1	54	222
쇠돌고래	314	11										325
까치돌고래	4											4
미분류 돌고래	3	15										18
합계	663	934	59	51	53	31	49	14	27	1	60	1942



〈 2004년 7월 제주에 좌초한 브라이드고래 〉

어구별 혼획 밍크고래 개체수를 살펴본 결과 통발에 의한 혼획이 126개체로 가장 많았고 정치망과 자망에 의한 혼획도 각각 109개체와 101개체로 비교적 높은 값을 기록하였다. 반면 저인망, 선망과 같은 능동적 어구에 의한 혼획은 많지 않아 주로 수동적 어구에 의해 혼획이 일어나고 있음을 보여준다(표 12).

표 12. 어구별 지역별 혼획·좌초 밍크고래 개체수(2002년~2006년)

어구 종류	강원	경북	울산	부산	경남	제주	전남	전북	충남	인천	합계
정치망	32	59			3	1	9	1	4		109
자망	50	38	11	1		1					101
통발	13	75	12	1	3	4	8	4	4	2	126
연승		1							1		2
저인망	1	4	3			2					10
선망	1			2		2					5
표류	3	7	1	1		2	3			1	18
좌초		4					1				5
선박충돌				1							1
어구 미상	1	6	2	3	6	2	5	1	9	2	37
합계	101	194	29	9	12	14	26	6	18	5	414

혼획 밍크고래의 월 변동을 살펴보면 5월과 6월에 50개체 이상씩 높은 값을 보이며 나머지 기간에는 20개체 내외의 값을 기록하였고 11월부터 1월까지의 겨울에는 30개체 이상의 중간 정도의 값을 보였다(표 13). 이는 우리바다가 계절에 따라 남북으로 회유하는 밍크고래의 회유 경로에 위치해 있어 연중 꾸준히 혼획되고 있음을 보여주는 결과이다.

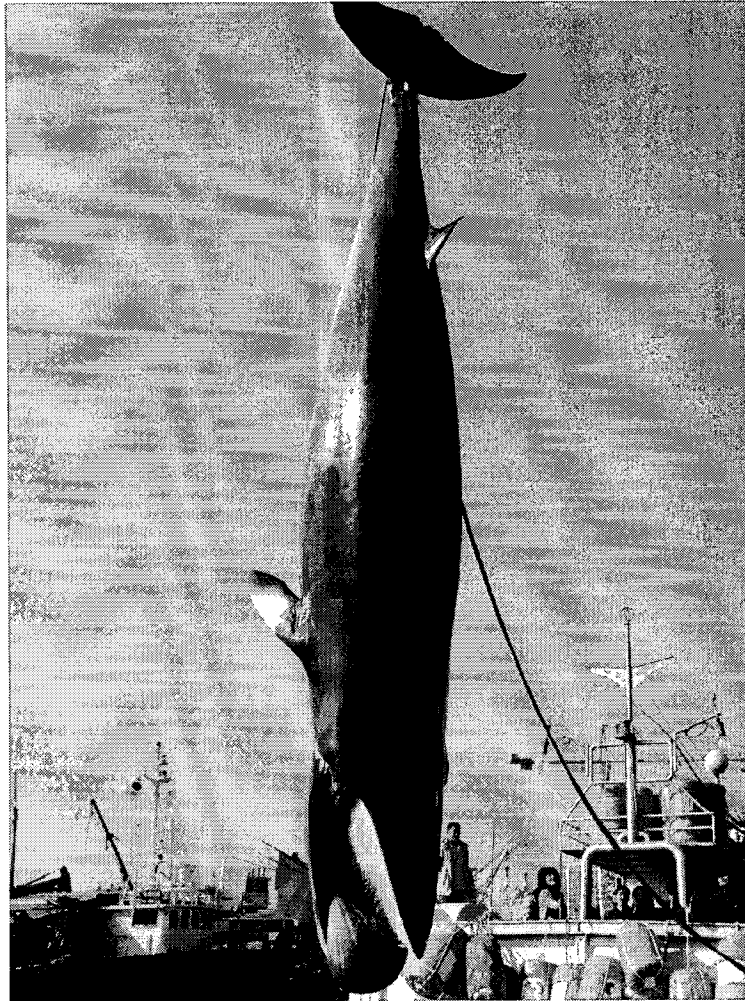
표 13. 월별 지역별 혼획·좌초 밍크고래 개체수(2002년~2006년)

월	강원	경북	울산	부산	경남	제주	전남	전북	충남	인천	합계
1월	13	13	3	1	2		7		1		40
2월	4	11	2		1						18
3월	2	15	2	3		2	1			1	26
4월	8	22	8	1		1	1				41
5월	12	19	4		3	6	4		2		50
6월	6	30	2		3	1	8	1	7	1	59
7월	2	21	1		2	2	2	1	1	1	33
8월	4	14	2	1	1	1			3		26
9월	6	16	1						2	1	26
10월	5	12					1	1		1	20
11월	20	8	1	1		1	2	2	1		36
12월	19	13	3	2				1	1		39
합계	101	194	29	9	12	14	26	6	18	5	414

혼획 밍크고래의 연간 변화를 살펴보면 2002년 89개체와 2003년 92개체였다가 2004년 69개체로 감소하였으나 이듬해 다시 급증하여 2005년에는 107개체가 혼획되었다(표 14). 2006년 9월까지 57개체가 혼획되어 2004년보다는 많거나 비슷한 개체수가 혼획될 것으로 추정된다.

표 14. 연도별 지역별 혼획·좌초 밍크고래 개체수

연도	강원	경북	울산	부산	경남	제주	전남	전북	충남	인천	합계
2002년	29	45	4	2	2				6	1	89
2003년	17	48	9	1	2	3	6	3	3		92
2004년	17	22	7	2	1	6	8	1	3	2	69
2005년	27	58	5	2	2	2	6	2	2	1	107
2006년	11	21	4	2	5	3	6		4	1	57
합계	101	194	29	9	12	14	26	6	18	5	414



〈 2006년 12월 울산 방어진항에 양륙되는 혼획 밍크고래 〉

(2) 생물학적 조사

연구기간 동안 12종 382개체에 대한 측정 및 시료수집 현황은 표 15에 제시하였으며 이 중 밍크고래의 20개 부위별 측정 자료의 통계치는 표 16과 같다. 연령사정을 위해 수염판이나 이빨 시료를 수집하였으며 계군 분석 및 중금속 오염도 측정 등을 위해 근육시료를 수집하였다. 그 밖에도 식성조사를 위하여 위 내용물도 수집하였다.

표 15. 연도별 혼획·좌초 고래류의 생물학적 측정 및 시료 수집현황

연도	종류	두수	성별(개체)			체장(cm)		시료수집(개)		
			암	수	불명	범위	평균	수염판, 이빨	피부근육	생체시료
2002	밍크고래	40	15	20	5	390~800	553	21	21	21
	참고래	1		1		1090	1090	1	1	1
	큰이빨부리고래	1	1			380	380	1	1	1
	흑범고래	14	7	1	6	355~415	106	8	8	8
	참돌고래	16	4	10	2	180~250	225	12	12	12
	큰머리돌고래	1	1			260	260			
	상괭이	8		1	7	98~150	150			
	소계	81	28	33	20			43	43	43
2003	밍크고래	57	16	41		390~810	543	53	55	48
	흑등고래	1		1		735	735		1	
	민부리고래	1		1		505	505		1	1
	큰돌고래	1		1		292	292	1	1	1
	참돌고래	11	3	8		140~260	379	10	11	11
	큰머리돌고래	1	1			300	300		1	
	쇠돌고래	1	1			227	227	1	1	1
	상괭이	2	2			182~197	215	1	1	1
	소계	75	23	52				66	72	63
2004	밍크고래	18	5	13		390~810	543	18	18	18
	흑등고래	1		1		910	910	1	1	1
	참돌고래	4		4		170~280	230		4	4
	큰머리돌고래	1	1			280	280		1	
	소계	24	6	18				19	24	23
2005	밍크고래	75	35	38	2	360~760	495	75	75	75
	흑등고래	1	1			775	775	1	1	1
	큰이빨부리고래	1	1			450	450	1	1	1
	큰돌고래	7	4	3		220~347	295	7	7	7
	참돌고래	16	6	10		130~256	227	16	16	16
	낮돌고래	3	1	2		170~182	177	3	3	3
	쇠돌고래	4	1	3		130~156	220	4	4	4
	소계	107	49	56	2			107	107	107
2006	밍크고래	46	15	31		410~770	531	46	46	46
	참돌고래	49	17	32		200~250	231	49	49	49
	소계	95	32	63				95	95	95

표 16. 연도별 밍크고래의 부위별 측정 자료의 통계치

측정 부위	2002년				2003년				2004년				2005년				2006년			
	최소	최대	평균	표준 편차	최소	최대	평균	표준 편차	최소	최대	평균	표준 편차	최소	최대	평균	표준 편차	최소	최대	평균	표준 편차
1	390	800	553.2	115.0	390	810	551.3	111.8	450	680	510.6	66.2	380	730	486.6	66.7	410	770	531.3	107.6
3	57	130	86.8	23.6	47	160	94.3	24.3	70	138	89.0	19.4	60	123	84.3	13.6	60	163	91.2	26.9
4	50	100	68.4	14.9	46	113	74.0	14.8	54	100	65.9	11.9	50	98	66.1	10.9	50	125	71.8	19.6
5	65	125	90.7	18.0	40	147	93.0	22.0	76	125	88.9	13.8	65	125	86.9	13.9	63	170	91.4	25.9
6	75	160	115.4	23.5	86	189	122.3	25.6	102	158	113.6	16.3	80	170	113.6	18.2	78	210	119.8	31.7
7	110	227	160.2	38.1	106	350	163.7	43.7	125	195	142.8	20.5	105	230	139.5	28.6	14	245	146.3	42.7
8	180	325	246.1	48.6	137	410	248.1	62.0	200	350	242.2	38.7	19	350	226.6	46.0	160	360	238.9	58.4
9	280	500	372.9	73.3	250	590	383.0	89.1	330	510	370.8	42.1	270	520	364.8	54.3	290	563	391.9	76.3
10	120	405	282.8	79.6	190	500	286.8	66.8	145	375	270.7	49.1	210	385	267.7	40.1	200	400	276.5	59.6
11	170	465	347.0	88.7	230	590	361.5	79.7	300	475	346.1	49.7	240	470	332.2	53.1	250	520	357.1	76.9
12	195	490	374.2	89.9	250	625	390.9	86.8	240	515	377.3	61.1	240	500	356.7	56.6	280	570	390.1	85.3
13	22	50	38.6	9.4	24	55	38.6	6.3	30	50	37.7	5.6	23	55	37.1	5.8	28	50	37.6	5.5
14	14	35	24.2	6.0	17	37	24.7	5.0	18	30	20.7	3.4	14	42	21.8	5.0	14	37	23.8	5.8
15	60	103	82.1	17.5	51	170	87.7	21.9	50	113	79.0	13.8	58	150	73.1	15.6	52	145	79.9	25.4
16	35	68	53.7	11.0	27	90	55.6	13.2	43	77	55.8	10.7	14	80	47.7	10.5	14	83	47.9	19.9
17	15	34	20.2	5.6	11	76	21.6	7.9	17	26	18.8	2.7	14	40	17.8	4.2	13	39	22.3	7.9
18	93	204	134.0	29.7	16	240	154.6	47.3	113	200	141.9	24.1	90	240	127.9	27.0	21	230	131.4	42.9
19	34	52	42.8	5.3	27	64	45.5	7.4	31	52	38.7	6.1	24	58	37.2	7.2	23	57	37.1	7.4
20	70	213	142.4	48.8	80	390	167.1	46.5	80	200	146.7	29.6	100	200	147.1	25.4	100	240	151.7	33.2
21	100	315	227.1	70.4	150	820	279.2	91.7	146	280	233.5	34.3	160	380	253.7	42.6	180	420	258.4	61.0

상업포경 자료 및 최근 혼획 자료를 통해 밍크고래의 체장조성을 비교해 보면 1982년부터 1986년까지의 상업포경으로부터 측정된 체장조성은 성숙체장보다 큰 개체가 최빈 모드를 나타내고 있으며 5m 이하의 그룹에서도 하나의 모드가 있었다(그림 16). 반면 혼획 밍크고래의 체장조성은 2.5~8m대에 이르기까지 다양한 크기를 가지고 있으나 주로 4~6m의 개체들이 주를 이루고 5m보다 약간 작은 체장에서 최빈 모드를 보였다. 밍크고래의 출생시 체장이 2.6~2.7m을 감안하면 갓 태어난 새끼도 혼획의 대상이 되고 있는 것으로 판단되었다.

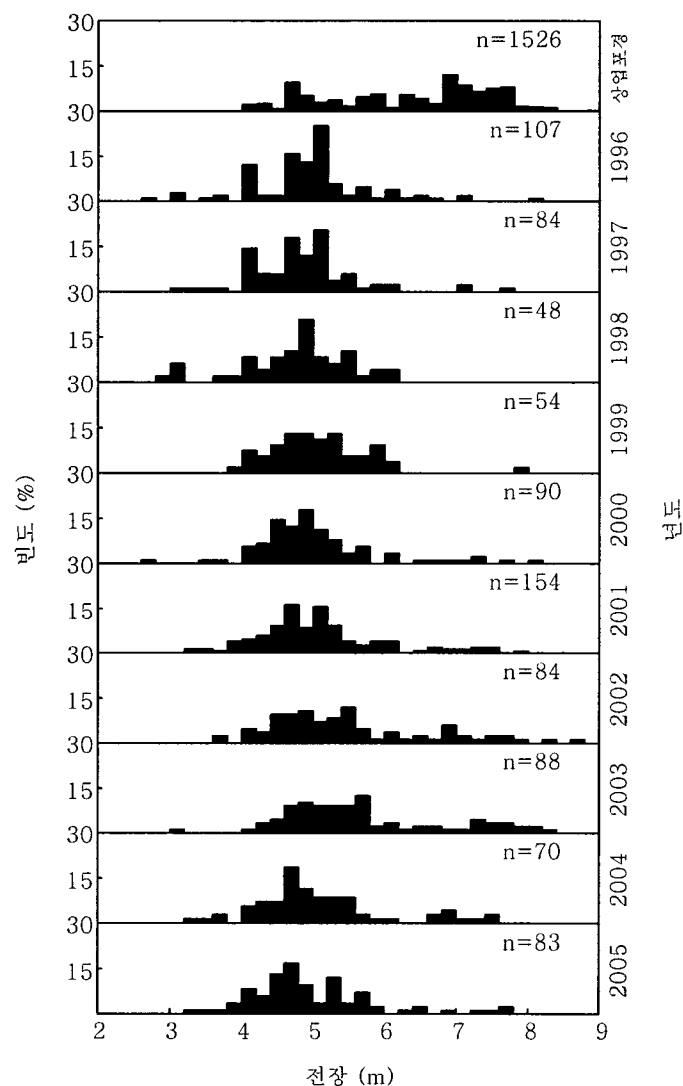


그림 16. 상업포경 포획 밍크고래 및 1996~2005년간 혼획 밍크고래 체장조성의 변화.

다. 소형고래류 조사

(1) 소형고래류 목시조사

소형고래류의 분포 및 풍도 등을 조사하기 위해 울진-울산 사이의 동해남부 연안 해역에서 2004년에 3회, 2005년과 2006년에 각각 4회 조사를 실시하였다. 2004년에는 8일간 261.8마일을 운항하여 밍크고래 1개체, 향고래 8개체, 참돌고래 473개체를 관찰하였으며(표 17, 그림 17) 2005년에는 11일간 522.2마일을 운항하여 밍크고래 19개체, 참돌고래 1,690개체, 닳돌고래 28개체, 큰머리돌고래 8개체, 큰돌고래 1개체를 관찰하였고(표 18, 그림 18) 2006년에는 10일간 운항하여 밍크고래 27개체, 참돌고래 250개체, 닳돌고래 25개체를 관찰하였다(표 19, 그림 19).

표 17. 2004년 소형고래류 목시조사 결과

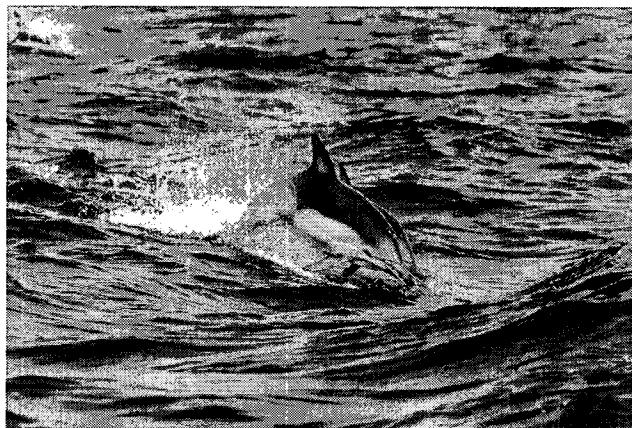
조사시기	일자	조사거리 (n.m.)	종류		
			밍크고래	향고래	참돌고래
1차	3월31일	30.7		1-8	
	4월01일	53.1			2-315
2차	7월19일	8.1			
	7월20일	20.4	1-1		1-30
	7월21일	58.1			3-128
3차	10월19일	58.5			
	10월22일	32.9			
합계		261.8	1-1	1-8	6-473

표 18. 2005년 소형고래류 목시조사 결과

조사시기	일자	조사거리 (n.m.)	종류				
			밍크고래	참돌고래	닳돌고래	큰머리돌고래	큰돌고래
1차	4월06일	11.6					
	4월08일	79.1		1-20			
2차	7월19일	12.1	7-7		2-28		
	7월20일	73.7	3-3	3-90		1-8	1-1
	7월21일	59.8	7-7	1-80			
	7월22일	31.9					
	8월31일	65.9	1-1				
3차	9월01일	63.7	1-1	1-300			
	9월02일	65.6		3-500			
	10월25일	18.4					
4차	10월27일	40.4		1-700			
합계		522.2	19-19	10-1690	2-28	1-8	1-1

표 19. 2006년 소형고래류 목시조사 결과

조사시기	일자	조사거리 (n.m.)	종류		
			밍크고래	참돌고래	낮돌고래
1차	4월01일	96.3		1-150	
	7월25일	60.9	17-20		
2차	7월27일	56.8	1-1		2-23
	7월28일	71.7	5-6	1-100	1-2
3차	9월20일	52.9			
	10월30일	31.1			
	10월31일	80.9			
4차	11월01일	12.9			
	11월02일	30.4			
	11월03일	15.0			
합계		508.9	23-27	2-250	3-25



〈 2005년 소형고래류 조사 중 촬영한 참돌고래 〉

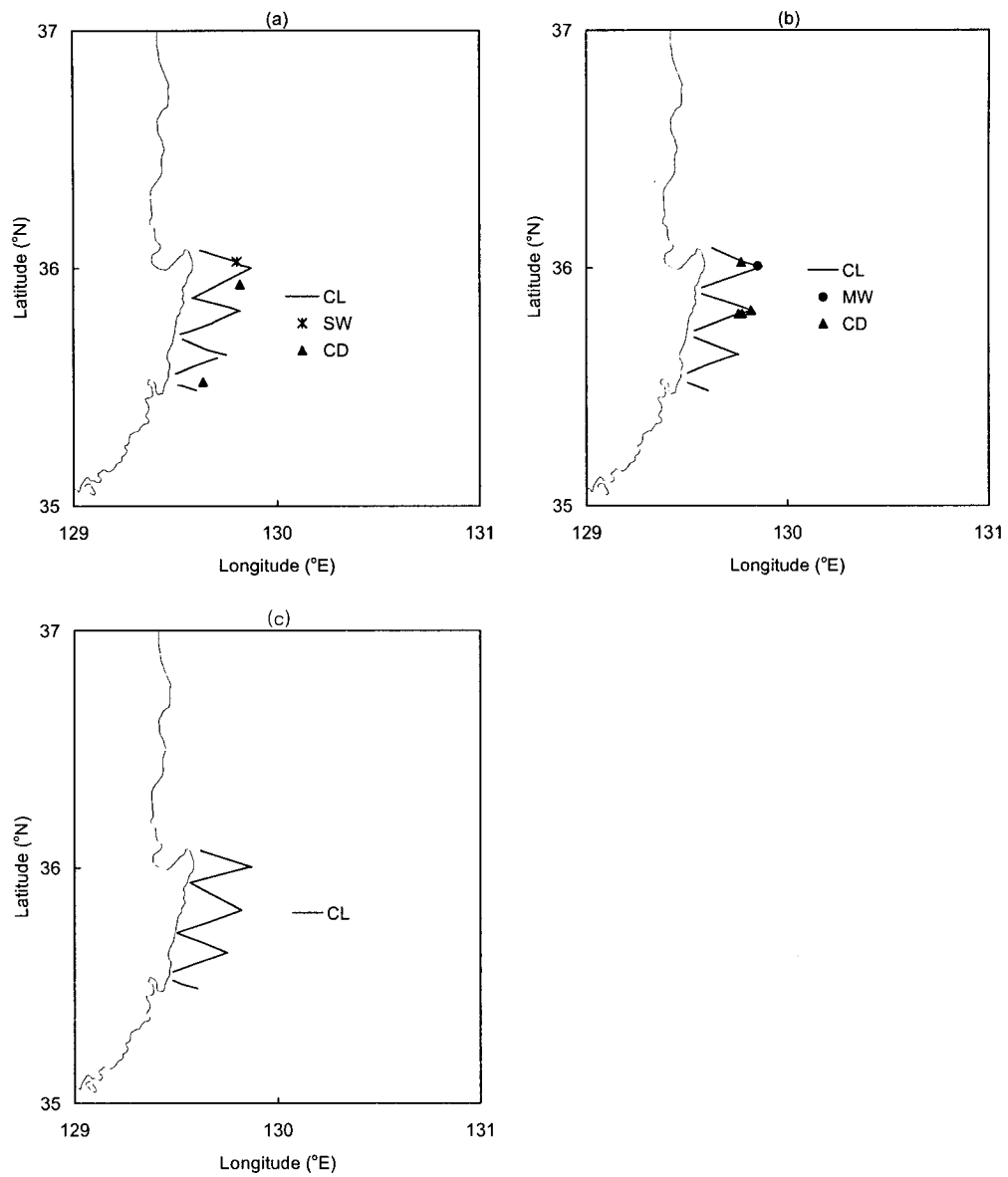


그림 17. 2004년 소형고래류 조사 결과(a: 1차 조사; b: 2차 조사; c: 3차 조사;
CL: 조사항로; MW: 밍크고래; SW: 향고래; CD: 참돌고래).

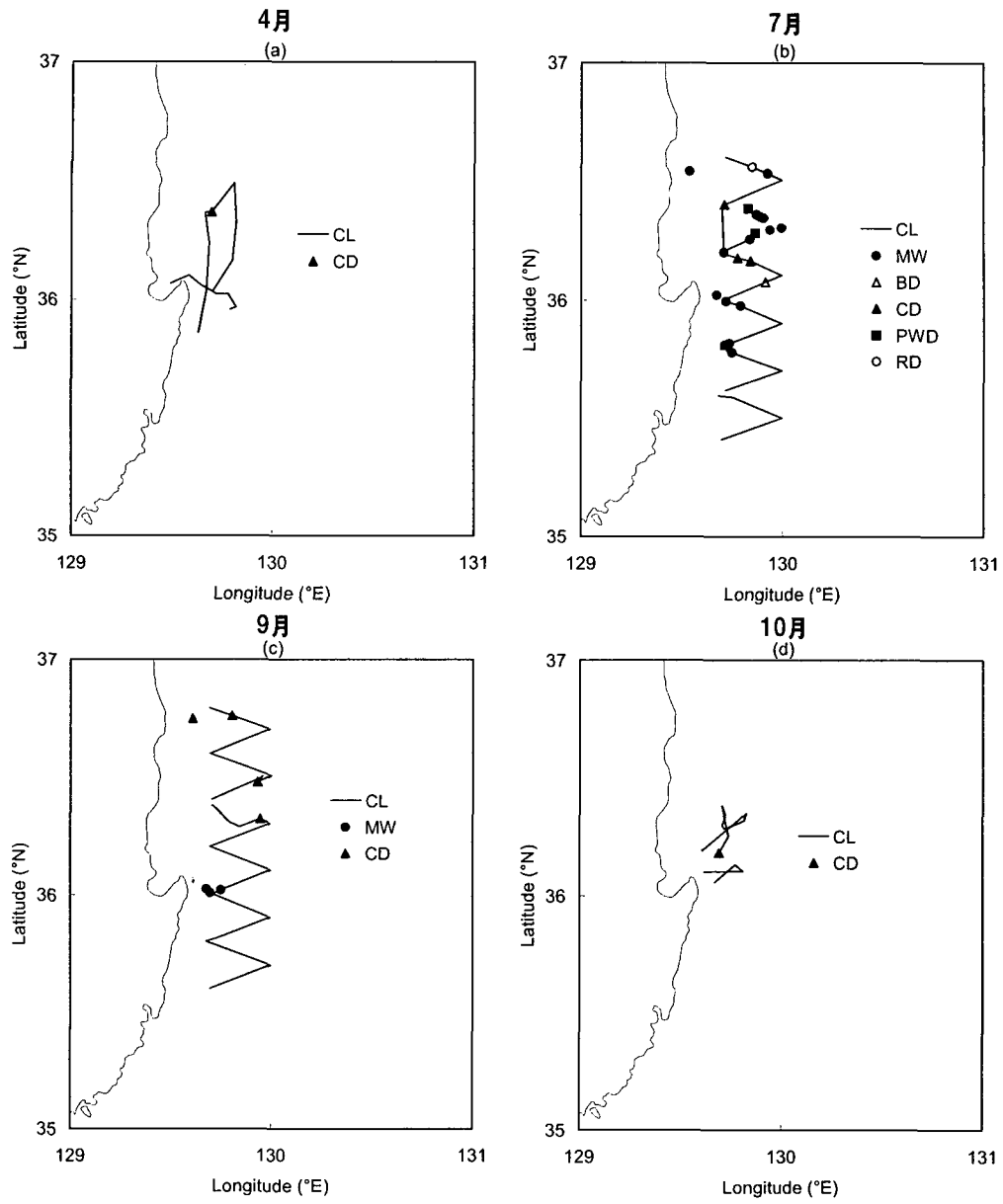


그림 22. 2005년 소형고래류 조사 결과(a: 1차 조사; b: 2차 조사; c: 3차 조사; d: 4차 조사; CL: 조사항로; MW: 밍크고래; BD: 큰돌고래; CD: 참돌고래; PWD: 낫돌고래; RD: 큰머리돌고래).

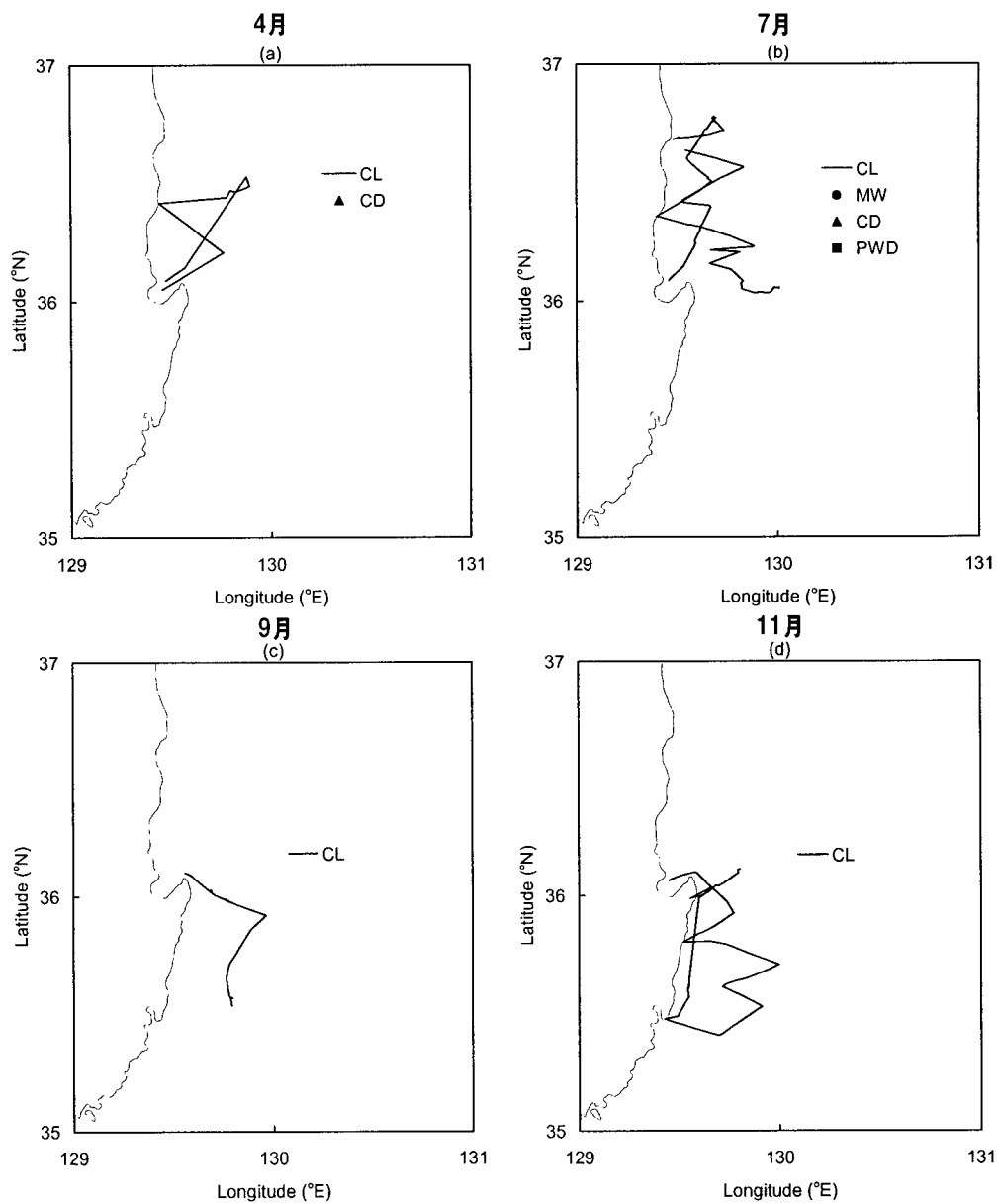


그림 27. 2006년 소형고래류 조사 결과(a: 1차 조사; b: 2차 조사; c: 3차 조사; d: 4차 조사) CL: 조사항로; MW: 밍크고래; CD: 참돌고래; PWD: 낫돌고래).

(2) 소형고래류 생물학적 조사

소형고래류의 생물학적 조사를 위하여 해양수산부로부터 연구목적의 돌고래류 포획허가를 받고 작살을 사용해 참돌고래를 포획하였으며 2004년 수컷 1개체, 암컷 2개체, 2005년 수컷 3개체, 암컷 1개체, 2006년 수컷 3개체, 암컷 1개체의 체장, 몸통 둘레 등의 체부위를 측정하였으며 피부, 근육, 심장, 허파, 간, 내장, 생식소 등의 시료를 수집하였다(표 20). 위내용물을 살펴본 결과 살오징어, 멸치, 전갱이 등이 주를 이루었다.

표 20. 연도별 참돌고래의 생물학적 조사 내용

연도	2004년			2005년				2006년			
표본번호	CD 1	CD 2	CD 3	CD1	CD2	CD3	CD4	CD1	CD2	CD3	CD4
포획일	4월01일	7월21일	7월21일	7월21일	9월02일	10월27일	10월27일	4월01일	4월01일	7월28일	7월28일
성별	F	M	F	수	수	수	암	수	수	수	암
체장	214cm	206cm	192cm	178cm	224cm	202cm	192cm	178cm	224cm	210cm	194cm
몸통둘레	111cm	180cm	204cm	71cm	102cm	90cm	88cm	71cm	102cm	94cm	87cm
두개골	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
피부	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
근육	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
심장	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
허파	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
간	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
내장	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
생식소	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
위내용물	없음	살오징어	살오징어	멸치 살오징어	멸치 새돔	전갱이 살오징어	전갱이 살오징어	살오징어	살오징어	전갱이 살오징어	살오징어

라. 육상 목시조사

(1) 2003년 귀신고래 육상 목시조사

2003년 12월 24일부터 2004년 1월 6일까지 14일간 경상북도 포항 호미곶 등대에서 육상 목시조사를 실시하였다. 등탑의 높이는 해발 29.2m, 등탑에서의 관찰자 목시 높이는 26.4m였다. 귀신고래 육상 목시조사 기간 중 고래 발견은 없었으며 총 조사 투입 시간은 97시간 12분이었다(표 20).

(2) 2004년 귀신고래 육상 목시조사

2004년 12월 21일부터 30일까지 10일간 경상북도 영덕 강구 해맞이공원 전망대에서 육상 목시조사를 실시하였다. 총 70시간 30분을 조사하였으며 12월 27일 조사지점 2마일 앞 해상에서 참돌고래 또는 닳돌고래로 추정되는 돌고래류 1군 50여 개체를 발견하였으

나 귀신고래를 발견하지는 못하였다(표 22).

(3) 2006년 귀신고래 육상 목시조사

2006년 1월 5일부터 14일까지 경상북도 영덕 강구 해맞이공원 전망대에서 육상 목시조사를 실시하였다. 총 61시간 30분을 조사하여 참돌고래 160두와 낫돌고래 140두를 관찰하였다. 다른 조사와 마찬가지로 귀신고래의 관찰은 없었다(표 23).

표 21. 2003년 귀신고래 육상 목시조사 노력량

일자	일출	일몰	조사노력	기상	비고
12월24일	7:29	17:12	2h 35m	구름 약간	
12월25일	7:29	17:12	8h 20m	맑음	
12월26일	7:30	17:13	0h 30m	맑음, 강풍	
12월27일	7:31	17:14	8h 41m	맑음	
12월28일	7:31	17:14	8h 02m	구름 약간	
12월29일	7:31	17:15	8h 20m	구름 약간	
12월30일	7:32	17:16	8h 32m	맑음	
12월31일	7:32	17:16	6h 05m	구름 약간	
1월01일	7:32	17:16	8h 37m	안개	
1월02일	7:32	17:17	8h 15m	안개	
1월03일	7:32	17:19	8h 25m	맑음	
1월04일	7:32	17:19	8h 35m	맑음	
1월05일	7:32	17:20	8h 40m	맑음	
1월06일	7:32	17:20	3h 35m	구름 약간	
합계			97h 12m		

표 22. 2004년 귀신고래 육상 목시조사 노력량

일자	일출시각	일몰시각	조사노력	기상	비고
12월21일	7:30	17:11	3h 00m	맑음	
12월22일	7:31	17:11	8h 30m	구름 약간	
12월23일	7:31	17:12	8h 30m	구름 약간	
12월24일	7:32	17:13	0h 30m	비	
12월25일	7:32	17:13	8h 30m	흐림	
12월26일	7:33	17:14	8h 30m	흐림	
12월27일	7:33	17:14	8h 30m	구름 약간	돌고래류 50두
12월28일	7:33	17:15	8h 30m	구름 약간	
12월29일	7:34	17:16	8h 30m	구름 약간	
12월30일	7:34	17:16	7h 30m	구름 약간	
합계			70h 30m		

표 23. 2006년 귀신고래 육상 목시조사 노력량

일자	일출시각	일몰시각	조사노력량	기상	비고
1월05일	7:34	17:20	8h 00m	구름 약간	참돌고래 100두
1월06일	7:34	17:21	8h 50m	흐림	낮돌고래 60두
1월07일	7:34	17:22	8h 50m	맑음	참돌고래 30두
1월08일	7:34	17:23	8h 50m	맑음	
1월09일	7:34	17:24	8h 50m	맑음	낮돌고래 80두
1월10일	7:34	17:25	0h 0m	안개	
1월11일	7:34	17:26	8h 50m	구름 약간	참돌고래 30두
1월12일	7:34	17:27	8h 50m	맑음	
1월13일	7:34	17:28	0h 0m	비	
1월14일	7:33	17:28	0h 30m	흐림	
합계			61h 30m		2종 300두

(4) 2004년 독도 육상 목시조사

동해 중앙부에 출현하는 대형고래 조사를 위하여 독도의 동도 헬기착륙장(해발 85m)에서 2004년 8월 21일부터 30일까지 10일간 조사를 수행하였다(그림 20). 조사기간 전후로 생긴 태풍발생으로 인하여 조사노력량은 38시간에 불과하였으며 들쇠고래 1군 12개체를 관찰하였다. 조사기간 중 기상 및 해황과 조사노력량 분포는 그림 21과 같다.

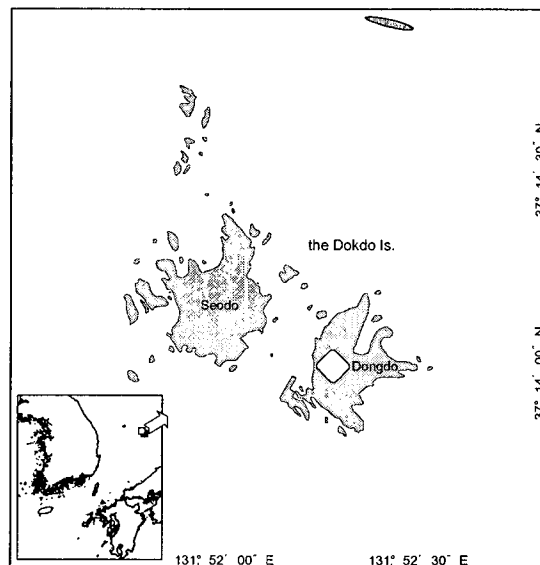


그림 20. 2004년 독도 육상 목시조사 결과(타원은 들쇠고래 발견위치).

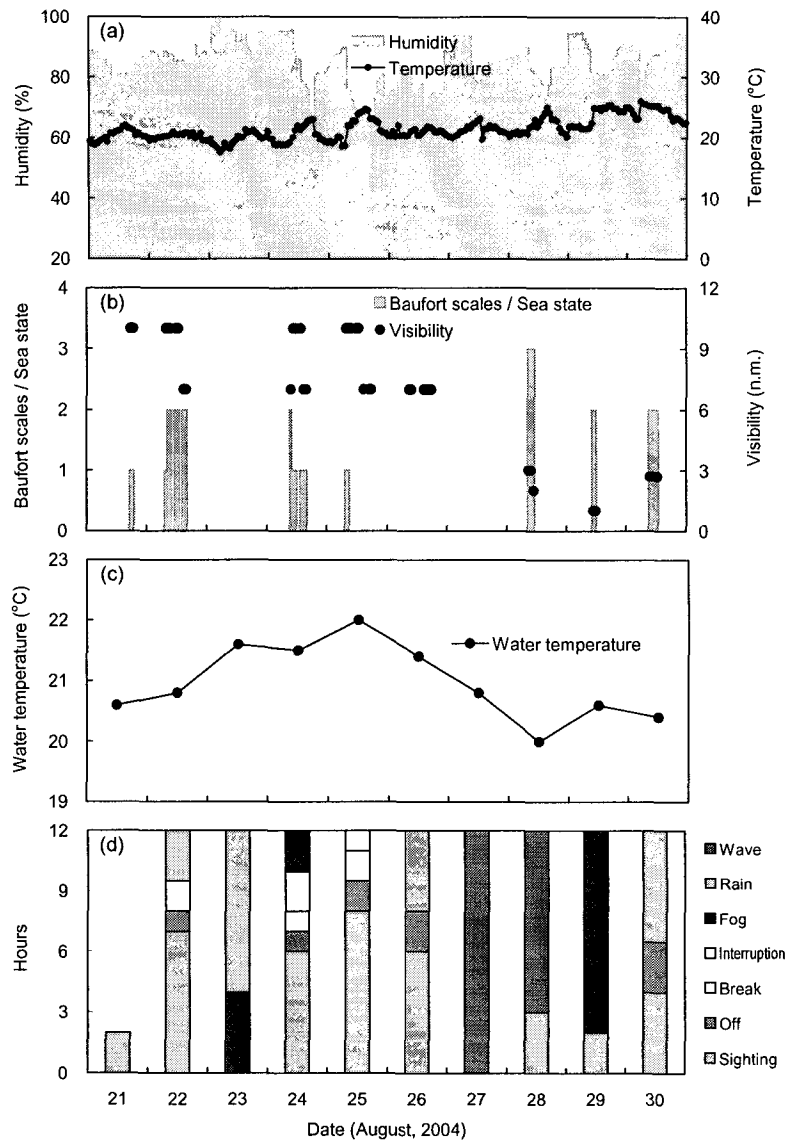


그림 21. 2004년 독도 육상 목시조사 주변 해역의 습도와 기온(a), 시계와 해황(b), 수온(c) 및 조사노력(d).

마. mtDNA에 의한 멍크고래의 계군 분석

(1) 미토콘드리아 DNA (mtDNA)에 의한 계통 분석

혼획 멍크고래 348개체의 유전자형 다양도(H)는 0.89448, 염기다양도(π)는 0.05747이었다. 단 3개체만 조사되었던 1998년을 제외한 연도별 비교에서 유전자형 다양도는 2000년이 0.91241로 가장 높은 값을 2001년이 0.83626으로 가장 낮은 수치를 나타내었다. 염기다양도는 2000년과 2001년이 각각 0.06112의 최고치와 0.04913의 최저치를 나타내었으며

연도별로 큰 변화를 보이지는 않았다(표 24). 우리나라에 서식하고 있는 밍크고래의 집단 구조를 밝히기 위하여 1998년부터 2005년까지 혼획된 밍크고래 348개체에서 미토콘드리아 DNA control region의 염기서열을 분석하였으며 그 결과 개체에서 총 40개의 서로 다른 haplotype이 관찰되었다(표 25). 연도별 유전자형의 출현 상황을 보면 26~40번 유전자형 15개는 1개체에서만 발견이 되었고 20번, 21번 유전자형은 1999년에만 2개체씩 나타났으며, 19번 유전자형은 3개체가 2004년에만 발견되었다. 1~10번과 12번 유전자형은 조사가 이루어진 8년 동안 4년 이상 발견되었으며, 이들이 287개체로 전체의 73.1%를 차지해 주요 유전자형인 것으로 나타났다. 단 3개체만 조사되었던 1998년을 제외한 연도별 1번 유전자형의 출현 빈도는 13.33~36.84%였으며, 평균 25.57%였다.

표 24. 혼획·좌초 밍크고래의 연도별 유전거리 비교

연도	1998년	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년
표본개수	3	47	15	19	57	89	60	58
유전자형수	3	14	8	9	19	23	17	14
H	1	0.89269	0.91429	0.83626	0.86717	0.91241	0.89096	0.84211
π	0.07381	0.05122	0.06112	0.04913	0.0574	0.05976	0.05677	0.05061
$H(\text{전체})$	0.89448							
$\pi(\text{전체})$	0.05747							

(2) microsatellite DNA에 의한 개체식별 및 유전자다양성 조사

혼획 밍크고래의 개체식별 및 유전자다양성을 조사하기 위하여 17개의 유전자좌중 대표적인 유전자좌 6개에 대한 연도별 대립유전자 빈도분포를 표 26에 나타내었다. 총 17개 중 6개의 유전자좌 각각에 대해서 집단 내에서 출현한 전체 대립유전자의 수(N), 대립유전자형의 수(A), 관찰치이형접합률(H_o), 기대치이형접합률(H_e)과 이형접합률의 HWE 이탈 확률(P) 및 동계교배계수(Fis: Weir and Cockerham, 1984)를 구하였다(표 27). 연도별 집단에서 각 유전자좌당 대립유전자형의 수는 3.17~6.76의 범위였으며, 조사개체수가 적었던 1998년을 제외하면 2000년이 4.75로 낮았으며 그 외의 집단은 평균과 유사한 경향을 보였다. 1998년을 제외한 각 집단의 평균 관찰치 이형접합률은 0.58072~0.66320의 범위로 집단간 편차가 크지 않았으며, 1999년이 가장 낮은 값을 2000년이 가장 높은 값을 보였다. 17개 유전자좌 중에서 DlrFBC14 등 8개의 유전자좌는 집단 내에서 이형접합률의 관찰치와 기대치가 차이를 보이는 HWE에서 벗어나는 경우는 없었으나, EV104, EV94, GT575 등은 4개 이상의 집단에서 유의차를 보였으며, 유의차를 보인 집단은 대부분이 2002~2005년 집단이었다($P < 0.05$). 연도별로는 2005년은 8개 유전자좌에서 2002, 2003년은 5개의 유전자좌에서 2004년은 4개의 유전자좌에서 HWE 이탈을 보였다. 전체 Fis(Weir and

Cockerham, 1984)는 $-0.0159 \sim 0.0732$ 의 분포를 보였으며, EV104 유전자좌의 경우 1999년 집단이 0.6232를 나타내어 다른 유전자좌들과 비교해서도 중에서 가장 높은 값을 나타내었으며, 2003년과 2004년 집단도 각각 0.4356과 0.4092의 무척 높은 값을 나타내었다.

표 25. 연도별 혼획·좌초 밍크고래의 유전자형(haplotype) 분석

유전자형	합계	1998년	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년
1	89	1	9	2	7	19	20	14	17
2	52		10	3	1	4	12	12	10
3	32	1	2	3	4	4	3	4	11
4	22		6	2	1	4	4	4	1
5	21		2		1	2	7	3	6
6	15					5	7	2	1
7	14		1		1	2	4	5	1
8	13		4			1	3	4	1
9	13					5	1	2	5
10	10		5				3	1	1
11	7					1	5		1
12	6				2		2	1	1
13	6						4	1	1
14	5					1	4		
15	4		1			2	1		
16	3		1	2					
17	3					1	1	1	
18	3					1	2		
19	3							3	
20	2		2						
21	2		2						
22	2					1	1		
23	2					1	1		
24	2						1	1	
25	2						1		1
26	1	1							
27	1		1						
28	1		1						
29	1			1					
30	1			1					
31	1			1					
32	1				1				
33	1				1				
34	1					1			
35	1					1			
36	1					1			
37	1						1		
38	1						1		
39	1							1	
40	1							1	
합계	348	3	47	15	19	57	89	60	58

표 26. 혼획·좌초 밍크고래에서 조사된 대립유전자빈도 및 평균 이형접합체율(H_e)

Locus	Allele	1998년	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년
EV14	130		0.021						
	132	0.5	0.688	0.611	0.79	0.781	0.778	0.808	0.707
	134	0.333	0.083	0.167	0.105	0.14	0.119	0.108	0.181
	136		0.208	0.222	0.105	0.079	0.102	0.083	0.103
	138								0.009
	142	0.167							
EV37	175	0.5	0.435	0.278	0.421	0.386	0.4382	0.407	0.36
	191		0.022		0.105	0.018	0.0225		0.018
	193	0.167				0.009		0.009	
	195	0.167	0.304	0.333	0.368	0.404	0.3876	0.441	0.43
	197		0.044	0.111	0.026	0.018	0.0225	0.017	0.071
	199		0.044	0.056					
	201	0.167	0.152	0.222	0.079	0.167	0.1292	0.127	0.123
GATA28	190					0.009		0.008	
	194		0.087		0.028	0.097	0.093	0.067	0.071
	198		0.217	0.125	0.194	0.202	0.174	0.175	0.223
	200		0.022				0.006		
	202	0.5	0.044	0.188	0.083	0.175	0.145	0.183	0.152
	204								0.009
	206		0.239	0.313	0.306	0.202	0.267	0.2	0.241
	208								0.018
	210	0.5	0.283	0.313	0.306	0.254	0.267	0.308	0.25
	212		0.087						
GATA98	214		0.022	0.063	0.083	0.061	0.047	0.058	0.036
	83		0.065	0.111	0.29	0.175	0.101	0.133	0.138
	87	0.333	0.522	0.557	0.474	0.579	0.517	0.55	0.56
	91	0.333	0.196	0.222	0.158	0.175	0.27	0.2	0.216
	93		0.022					0.008	
	95	0.333	0.196	0.111	0.079	0.053	0.107	0.1	0.078
	97					0.018	0.006		0.009
	99							0.008	
GT23	89		0.021			0.009	0.023	0.017	0.017
	91		0.042	0.111	0.105	0.061	0.051	0.058	0.043
	93					0.009			
	95	167	0.167	0.111	0.184	0.193	0.119	0.233	0.112
	97		0.042			0.018	0.006	0.008	0.035
	99	0.167	0.167	0.222	0.237	0.193	0.148	0.175	0.207
	101		0.063			0.009	0.063	0.075	0.043
	103	0.333	0.083	0.056	0.105	0.14	0.148	0.1	0.138
	105	0.167	0.063	0.167	0.105	0.079	0.159	0.075	0.043
	107	0.167	0.167	0.111	0.211	0.202	0.182	0.167	0.25
	109		0.083	0.111	0.026	0.061	0.028	0.042	0.035
	111		0.104	0.111	0.026	0.026	0.074	0.05	0.078
TAA31	85	1	0.857	0.833	0.889	0.866	0.884	0.89	0.884
	89		0.143	0.167	0.111	0.134	0.116	0.11	0.107
	93								0.009

표 27. 혼획·좌초 밍크고래에서 조사된 시료수(N), 대립유전자수(A), 이형접합체율의 관찰치(H_o), 이형접합체율의 기대치(H_e), F_{is} 값

Locus		1998년	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년
EV14	N	6	48	18	38	114	176	120	116
	A	3	4	3	3	3	3	3	4
	H_o	0.66667	0.50000	0.55556	0.36842	0.38596	0.34091	0.35000	0.41379
	H_e	0.86667	0.48670	0.58170	0.40541	0.38146	0.38032	0.34412	0.46072
	P	1.00000	1.00000	0.70936	0.60382	1.00000	0.14268	0.68606	0.03342
	$F_{is}(WC)$	0.1111	-0.0279	0.0476	-0.012	-0.0499	0.0828	-0.059	0.1027
	$F_{is}(RH)$	0.0417	-0.0237	0.0866	-0.075	-0.047	0.0503	-0.0231	0.1187
EV37	N	6	46	18	38	114	178	118	114
	A	4	6	5	5	6	5	5	5
	H_o	0.66667	0.78261	0.66667	0.73684	0.70175	0.61798	0.66102	0.64912
	H_e	0.93333	0.70628	0.79085	0.68706	0.67226	0.65283	0.62915	0.67148
	P	0.59503	0.48475	0.36284	0.26593	0.34328	0.96042	0.37205	0.31508
	$F_{is}(WC)$	0.2	-0.1108	0.1652	-0.0746	-0.0549	0.0401	-0.0511	0.0336
	$F_{is}(RH)$	0.1111	-0.024	0.0802	0.0324	-0.0281	0.0169	-0.0192	-0.0233
GATA28	N	4	46	16	36	114	172	120	112
	A	2	8	5	6	7	7	7	8
	H_o	0.00000	0.69565	1.00000	0.88889	0.89474	0.83721	0.86667	0.82143
	H_e	1.00000	0.82415	0.80000	0.78254	0.81711	0.79920	0.79944	0.80808
	P	0.33302	0.27067	0.45776	0.90365	0.44777	0.72492	0.02514	0.14960
	$F_{is}(WC)$	1	0.1498	-0.2727	-0.1405	-0.0959	-0.0479	-0.0849	-0.0181
	$F_{is}(RH)$	2	0.1021	-0.1964	-0.1016	-0.0784	-0.0322	-0.0228	0.0351
GATA98	N	6	46	18	38	114	178	120	116
	A	3	5	4	4	5	5	6	5
	H_o	0.66667	0.69565	0.55556	0.47368	0.56140	0.59551	0.65000	0.51724
	H_e	0.86667	0.69082	0.65359	0.70270	0.61559	0.64788	0.63697	0.62339
	P	0.46728	0.35286	0.60303	0.00226	0.04491	0.02540	0.99528	0.17160
	$F_{is}(WC)$	0.2	-0.0539	0.1579	0.3077	0.0734	0.0729	-0.024	0.1667
	$F_{is}(RH)$	0.25	-0.0483	0.0979	0.1627	0.0181	0.0231	0.0031	0.0956
GT23	N	6	48	18	38	114	176	120	116
	A	5	11	8	8	12	11	11	11
	H_o	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.77193	0.79545	0.81667	0.72414
	H_e	0.93333	0.89894	0.90850	0.85349	0.86105	0.88078	0.86807	0.86102
	P	1.00000	0.49175	0.41306	0.79868	0.02367	0.00010	0.34167	0.02452
	$F_{is}(WC)$	-0.0909	-0.1152	-0.1077	-0.1773	0.1007	0.0918	0.0565	0.1554
	$F_{is}(RH)$	-0.0625	-0.0804	-0.0893	-0.119	0.0459	0.1195	0.1111	0.1608
TAA31	N		42	18	36	112	164	118	112
	A	1	2	2	2	2	2	2	3
	H_o		0.28571	0.33333	0.22222	0.23214	0.20732	0.18644	0.23214
	H_e		0.25087	0.38562	0.25238	0.24952	0.21689	0.19774	0.22474
	P		1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	0.52397	1.00000
	$F_{is}(WC)$		-0.1429	-0.1429	-0.0968	0.0083	-0.0058	0.0576	-0.1025
	$F_{is}(RH)$		-0.1458	-0.15	-0.0993	0.0084	-0.0059	0.0581	-0.0351
Mean	A	3.38	6	4.75	5.12	6.76	6.18	6.47	6.41
	H_o	0.75556	0.58072	0.66320	0.61404	0.58457	0.60725	0.58475	0.62349
	H_e	0.87111	0.61964	0.70256	0.62701	0.63124	0.63706	0.62325	0.64422
	H_o/H_e	0.86735	0.93720	0.94397	0.97931	0.92606	0.95321	0.93822	0.96783
	F_{is}	0.0294	0.0311	0.031	-0.0159	0.0732	0.0578	0.0691	0.0097

바. 돌고래관광 타당성 조사

돌고래관광 타당성 조사를 위한 큰돌고래의 분포와 풍도 현황 목시조사를 2005년 8월 16일부터 18일까지 제주 연안에서 실시하여 총 173마일의 운항을 하였고 모슬포 연안에서 1군 30여 개체를 발견하였다(그림 22). 선미파, 선수파 타기를 하며 선박에 접근하는 행동을 보여 고래관광 타당성이 상당히 높은 것으로 판단되었다. 소형 고무보트를 사용하여 수중촬영에 성공하였으며 향후 석궁이나 공기총을 이용한 생체시료 채집, 인공위성 표지표 부착 및 사진식별조사 가능성을 확인하였다(그림 23).

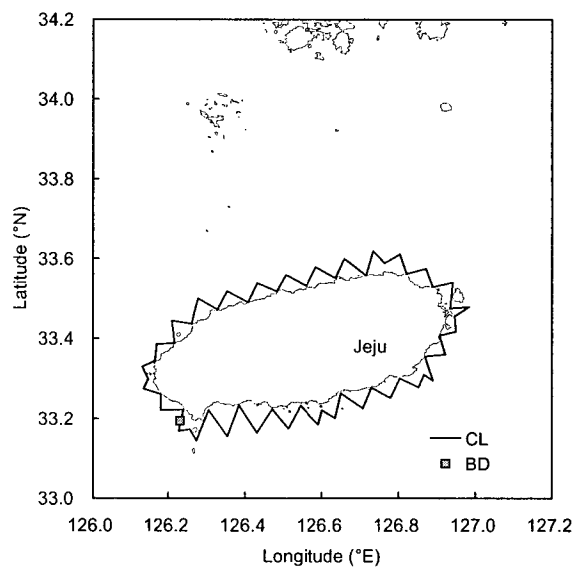


그림 22. 2005년 제주 연안 돌고래관광 타당성 조사 결과
(CL: 조사항로; BD: 큰돌고래).

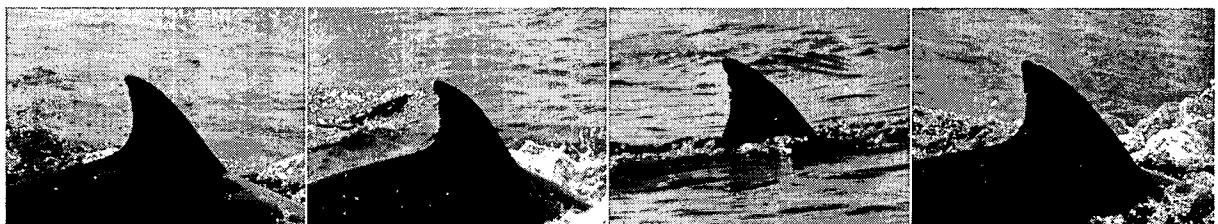


그림 23. 2005년 제주 연안 큰돌고래의 등지느러미 모양을 이용한 개체식별.

2006년에는 제주 연안 해역에서 운항중인 시험조사선, 해양경찰 순시선 등의 협조로 큰돌고래의 해상관찰 정보를 수집하였다. 주로 북제주군 김녕 연안에서 자주 관찰되었으며 특히 4월부터 9월까지 빈번하게 관찰되었다(그림 24). 10월부터 12월까지는 해황이 좋지 못해 운항일수가 적어 관찰하지 못했을 가능성이 높은 것으로 판단되었다.

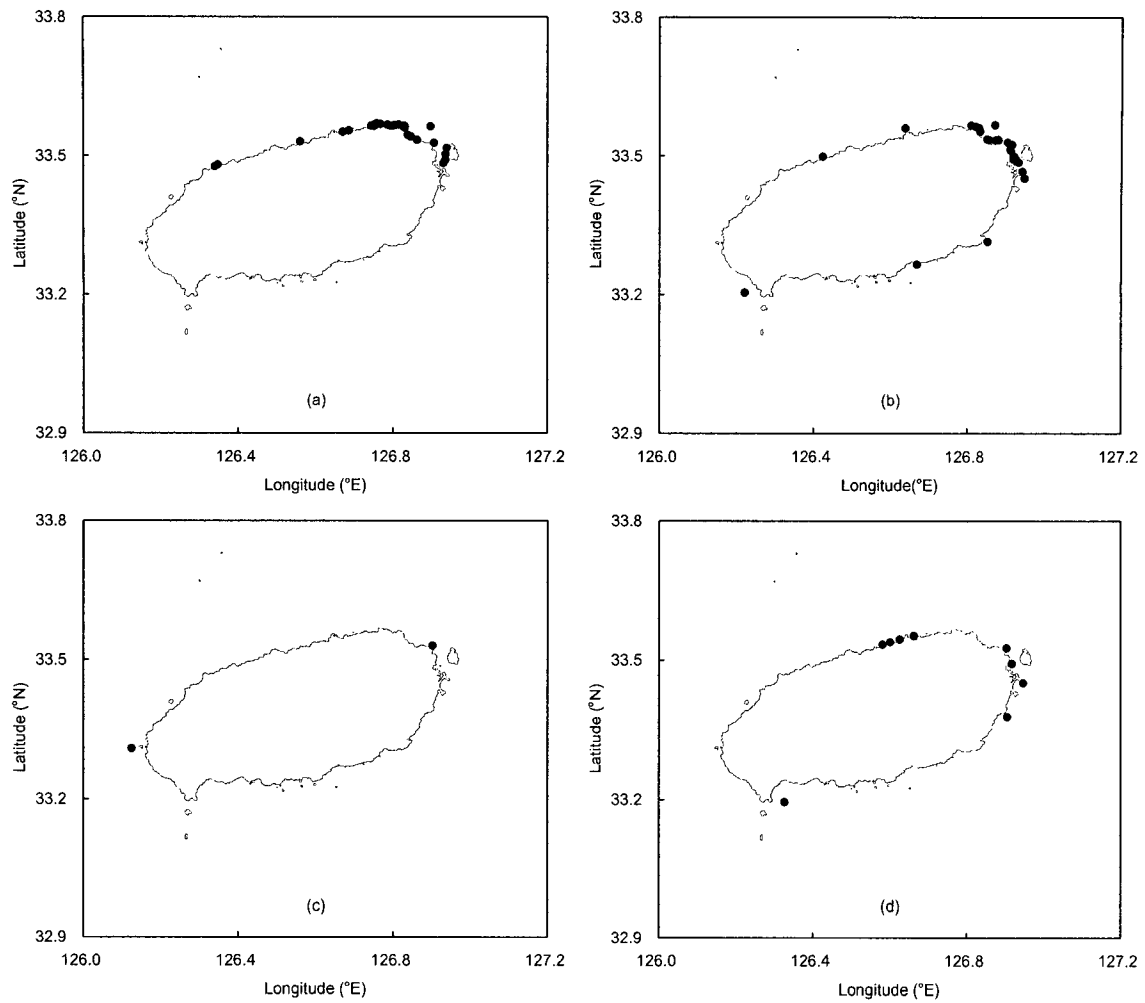
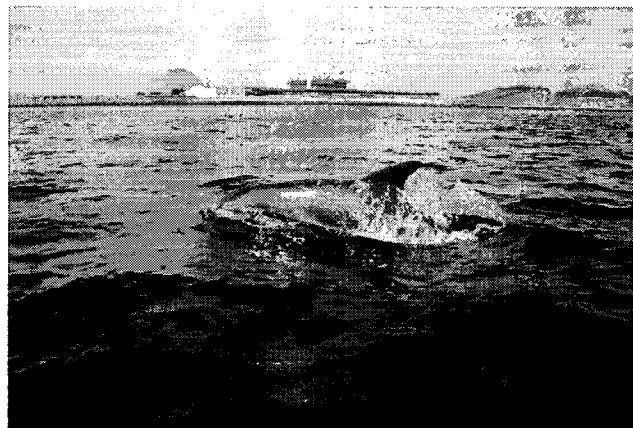


그림 24. 2006년 제주 주변 해역에서의 계절별 큰돌고래 해상관찰 위치
(a: 1월~3월; b: 4월~6월; c: 7월~9월; d: 10월~12월).



〈 2005년 제주 돌고래관광 타당성 조사 중 촬영한 큰돌고래 〉

제주 연안에서 관찰되는 큰돌고래는 연중 연안에 분포하고 있는 것으로 생각되며 무리의 크기가 작게는 10여 마리에서 많은 경우 80여 마리까지 관찰되었다(그림 25). 특히 7월과 8월에 관찰 횟수도 많고 무리의 크기도 큰 것으로 나타나 하계의 돌고래관광 가능성이 높은 것으로 판단되었다.

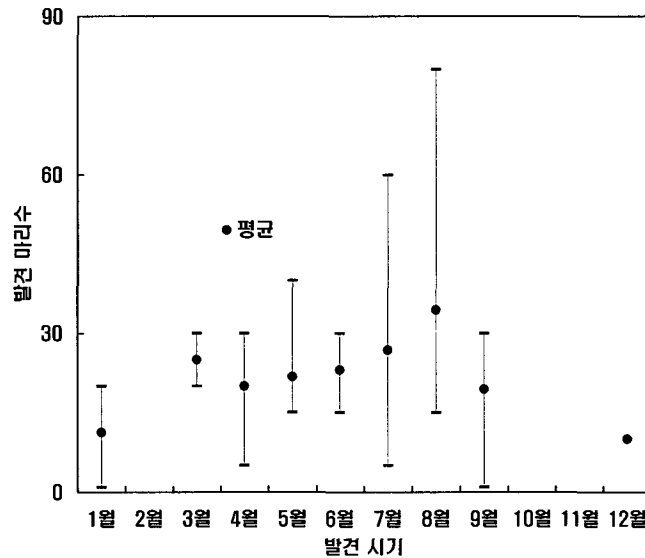


그림 25. 2006년 제주 주변 해역 큰돌고래 발견 평균 개체수의 월 변동
(막대는 최소 및 최대 범위를 나타냄).

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

1. 목표달성도

우리나라 연근해에 서식하는 고래자원은 과거 상업포경으로 인하여 대부분 감소하였으나 1986년 국제포경위원회의 상업포경모라토리엄 이후 자원의 현황이 제대로 파악되지 않은 실정이다. 연안환경의 과다한 개발 및 그에 따른 서식환경의 악화와 인가의 해양활동 증가로 해마다 많은 고래류가 혼획 및 좌초되거나 어업과 마찰을 빚고 있으며 고래고기에 대한 수요가 꾸준히 유지되고 있기 때문에 정확한 자원평가와 철저한 자원관리를 전제로 적극적인 이용 방안이 요구되기도 한다. 또한 일반 국민에게는 건전한 여가문화를 제공하고 어업인에게는 새로운 소득원이 될 수 있는 고래관광이나 돌고래쇼와 같은 환경친화적 신 해양산업 개발도 병행할 필요가 있다.

본 연구에서는 우리나라 연근해 밍크고래 분포와 분포량을 추정하였고 혼획 및 좌초 고래의 통계 및 생물학적 연구를 실시하였으며 소형고래류의 생태학적 연구를 실시하였다. 또한 멸종위기 대형고래류에 대한 육상목시조사와 DNA를 이용한 북태평양 밍크고래의 계군분석 및 돌고래관광 타당성 조사를 수행하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 2002년부터 2006년까지 수행된 7회의 목시조사 중 춘계에 실시된 5회의 목시조사 결과를 토대로 우리나라 연근해에 분포하는 밍크고래의 분포량을 추정하였으며 2002년 521개체를 시작으로 2006년 1,645개체로 서서히 증가하는 양상을 보였다(달성도 100%).

나. 연구기간 동안 혼획 및 좌초한 총 16종 1,942개체의 고래류에 대하여 통계 및 생물학적 연구를 수행하였으며 밍크고래의 경우 20곳의 신체 부위별 측정 자료와 수염판, 이구전 및 생체시료를 확보하여 연령사정, 계군분석, 중금속 오염도 측정 등에 이용하였다(달성도 100%).

다. 2004년부터 소형고래류의 생태학적 연구를 실시하였으며 11차례의 목시조사를 통해 소형고래류의 분포범위 및 분포량을 살펴보았으며 참돌고래 11개체에 대한 생물학적 조사를 실시하여 소형고래류의 생태적 지위를 파악하는데 활용하였다(달성도 100%).

라. 한국계 귀신고래, 혹등고래 및 참고래와 같은 희귀 대형고래류의 자원회복에 대한

노력으로 2004년부터 육상목시조사를 실시하였으며 한국계 귀신고래의 경우 매년 하계 사할린에서 실시되는 국제공동연구에 연구원을 파견하여 자원회복에 대한 국제적 노력에 많은 기여를 하였다(달성도 100%).

마. 흔획된 밍크고래 348개체를 대상으로 미토콘드리아 DNA를 분석하여 북서태평양 밍크고래의 계군을 파악하였으며 microsatellite DNA에 의한 개체식별 및 유전자다양성 조사를 통해 개체등록을 실시하고 불법포획 예방 및 수사협조에 기여하였다(달성도 100%).

바. 돌고래관광 타당성 조사를 위하여 2005년부터 제주 연안에 서식하는 큰돌고래의 분포와 풍도 현황을 조사하여 봄부터 가을까지 제주 북동 연안에서 돌고래를 관찰할 수 있는 가능성이 상당히 높은 것으로 나타났다(달성도 100%).

2. 관련분야에의 기여도

이상의 연구 결과를 통해 고래류 전반에 걸친 체계적인 생태 정보를 축적하였으며 이를 토대로 국제포경위원회 과학위원회에서 한반도 주변 밍크고래자원의 심층평가(in-depth assessment, IA)를 이끌어내 주도적인 역할을 수행하고 있고 2005년 제57차 국제포경위원회 연례회의를 우리나라에서 개최하여 한국을 비롯한 일본, 중국, 러시아 등 한반도 주변 해역에서 인접국간의 목시조사 협력에 대한 결의안이 채택되어 2006년 4개국간의 워크숍을 통해 향후 공동 목시조사를 추진하기로 결정하였다.

“고래류의 음향학적 연구” 및 “상괘이의 생태학적 연구”와 같은 외부과제를 통해 연구인력을 양성하였으며 고래류에 대한 국민의 관심 도모와 이해 증진을 통해 고래연구소 및 장생포고래박물관 등과 같은 인프라를 구축하였다.

해양생태계 최상위 포식자인 고래류의 생물학적 연구를 통해 생태계기반 수산자원관리의 근거 자료를 확보하였으며 고래 자원의 보존과 관리에 관한 정책을 제시하였고 선박충돌에 관한 연구 및 환경친화적 신 해양산업 개발과 관련한 새로운 연구 분야의 수요를 창출하였다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

가. 고래자원 평가

현재 국제포경위원회 과학위원회에서 한반도 주변 밍크고래자원에 대하여 심층평가가 진행 중에 있으며 이에 필요한 자료로 수역별 분포량(목시조사), 계통군 정의(DNA, 형태학적 구별 등), 혼획량 및 생물학적 정보, 화거 포획통계, 분포, 회유, 서식환경 등의 생태학적 정보가 있으나 자료가 부족하거나 오류가 많아 지속적인 연구 결과를 축적하여 제공해야 한다. 또한 어구에 의한 연안 밍크고래의 혼획이 세계 최대로 고래자원관리 측면에서 통계 및 생물학적 연구와 책임어업 수행 측면에서 혼획 완화를 위한 연구에 본 연구개발결과를 활용할 예정이다.

나. 고래자원의 보존과 관리 관련 법제 마련

고래 고기에 대한 수요가 꾸준히 유지되고 있음에도 불구하고 혼획 고래와 관련하여 “고래포획금지에 관한 고시(해양수산부고시 제1997-109호)”만 있을 뿐 포획, 유통, 가공, 폐기물 처리 등과 관련한 전반적인 제도적 장치가 없으므로 이와 관련한 법제 구축에 연구개발결과를 반영한다.

다. 생태계기반 수산자원관리 구축

고래자원에 대한 장기적이고 체계적인 모니터링을 바탕으로 고래자원이 우리나라 연근해 해양생태계에서 가지는 생태적 지위를 파악하여 고래자원의 먹이생물인 어자원의 보호와 국내 연근해 어업의 보호를 위하여 생태계기반 수산자원관리의 근거 자료로 제시한다.

라. 고래관련 국제기구의 적극적 대응

고래류는 수명이 길고 분포 범위가 넓으며 자원의 회복이 느린 해양생물이어서 고래자원에 대한 연구와 이용 개발은 국제적인 관심의 대상이 되므로 이를 위해 주변 국가간 협력과 정부의 외교적 지원을 바탕으로 IWC, FAO, CITES, GLOBEC, IMO 등의 국제기구에서 적극적인 활동에 본 연구개발결과를 이용한다.

마. 환경친화적 신 해양산업 개발

다양한 매체를 통해 고래자원에 대해 홍보와 정보를 제공함으로써 고래류에 대한 범국민적 관심을 이끌어 내고 고래관광, 돌고래수족관, 돌고래 테라피와 같은 새로운 환경친화적 해양산업을 창출하는데 이용한다.

제 6 장 참고문헌

- Allen, K.R. 1980. Conservation and Management of Whales. University of Washington Press, Seattle. 107pp.
- An, Y.R., Z.G. Kim, H. Sohn and W.S. Yang. 2004. By-caught of small cetaceans in the eastern coastal waters of Korea. J. Korean. Soc. Fish. Res., 6: 163-172. (in Korean)
- Buckland, S.T., D.R. Anderson, K.P. Burnham, J.L. Laake, D.L. Borchers and L.Thomas. 2001. Introduction to Distance Sampling. Oxford University Press, Oxford. 448pp.
- Buckland, S.T., D.R. Anderson, K.P. Burnham, J.L. Laake, D.L. Borchers and L.Thomas. 2004. Advanced Distance Sampling. Oxford University Press, Oxford. 416pp.
- Felsenstein, J. 2005. PHYLIP (Phylogeny Inference Package) version 3.6. Distributed by the author. Department of Genome Sciences, University of Washington, Seattle.
- Kim, H.W. 2007. Study on Skinny Western Gray Whales (*Eschrichtius robustus*) in Relation to Environmental Changes in the North Pacific. Thesis for the Degree of Master of Science, Graduate School Pukyong National University. 43pp.
- Kim, Z.G., Y.R. An, H. Sohn and C.I. Baik. 2004. Characteristics of minke whale (*Balaenoptera acutorostrata*) by-caught in Korean waters. J. Korean. Soc. Fish. Res., 6: 173-182. (in Korean)
- Park, J.Y., H.S. Sohn, Z.G. Kim, W.J. Kim, D.W. Park and Y.R. An. 2004. Genetic diversity of by-caught minke whales in Korea based upon mitochondrial DNA control regions. J. Korean. Soc. Fish. Res., 6: 183-191. (in Korean)
- Park, K.B. 1995. The History of Whaling off Korean Peninsula. Minjokmunhwa Press, Busan.. 593pp. (in Korean)
- Park, K.J., C.I. Zhang, Z.G. Kim and H. Sohn. 2002. Feeding habits and trophic level of finless porpoise, *Neophocaena phocaenoides* in the Yellow Sea. J. Korean. Soc. Fish. Res., 5: 52-63. (in Korean)
- Sohn, H., Z.G. Kim and T. Miyashita. 2001. Abundance estimate of minke whale, *Balaenoptera acutorostrata*, by sighting survey in the Yellow Sea, spring 2001. J. Korean Soc. Fish. Res., 4: 51-63. (in Korean)

- Weir, B.S. and C.C. Cockerham. 1984. Estimating F-statistics for the analysis of population structure. *Evolution*, 38, 1358-70.
- Young, N.M. 1992. Understanding the Revised Management Procedure. Center for Marine Conservation, Washington. 69pp.
- Young, N.M. 1993. Examining the Components of a Revised Management Scheme. Center for Marine Conservation, Washington. 84pp.
- Zhang, C.I., K.J. Park, Z.G. Kim and H. Sohn. 2004. Distribution and abundance of finless porpoise (*Neophocaena phocaenoides*) in the western sea of Korea. *J. Kor. Fish. Soc.*, 37: 129-136. (in Korean)