

# 귀신고래(Gray whale, *Eschrichtius robustus*)의 수중명음 특성

신형일 · 이영훈\* · 서두옥\*\* · 이대재 · 황두진\*\*\* · 김장근\*\*\*\* · 이유원†

부경대학교 · \*울산문화방송 · \*\*제주대학교 · \*\*\*여수대학교 · \*\*\*\*국립수산과학원

## Underwater Sound Characteristics of Gray Whale(*Eschrichtius robustus*)

Hyeong-Il SHIN, Young-Hoon LEE\*, Du-Ok SEO\*\*, Dae-Jae LEE, Doo-Jin HWANG\*\*\*  
Zang-Geun KIM\*\*\*\* and Yoo-Won LEE†

Pukyong National University, \*Ulsan Munhwa Broadcasting Corp., \*\*Cheju National University, \*\*\*Yosu National University and \*\*\*\*National Fisheries Research and Development Institute

### Abstract

The underwater sound of California gray whale was analyzed to discuss obtained results from the previous data to compare the underwater sound between Korean gray whale and California gray whale.

The frequency of low frequency rumble which occupy about 50% of the underwater sound changed to max. 654Hz and the average of its lasted time was 570msec. The range of frequency variation was coincided as compared with the previous data. The range of frequency variation for the bubble type sounds and knocks was 24~1029Hz and 10~1291Hz, respectively. The average of lasted time was 1100msec and 1364msec, respectively. The range of frequency variation and lasted time of bubble type sounds was higher than the previous result while the sound of knocks was coincided. The range of frequency variation for the sound of bong, pluses and chirps was 34~213Hz, 75~360Hz and 120~200Hz, respectively and the average of lasted time was 84msec, 873msec and 80msec, respectively.

Key words : gray whale(귀신고래), underwater sound(수중명음), low frequency rumble(저주파의 울리는 소리), knocks(노크하는 소리), pluses(펄스)

### 서 론

국제포경위원회(IWC)의 국제포경규제협약(ICRW)에 의해 1986년부터 상업포경이 금지되어 17년이 경과된 현재 고래류의 자원은 전 세계적으로 꾸준히 증가되고 있으며, 최근 우리나라 연근해에서도 수 년 전까지만 해도 자취를 감추었던 여러 종의 고래류가 빈번히 출현하고 있다. 고래류 자원이 회복

되기 시작함에 따라 남획으로 1964년 이후 동해안에서 자취를 감추었던 귀신고래(Korean gray whale) 출현에 관심이 집중되고 있다.

귀신고래의 행동적 특징으로는 주로 회유(回遊)하는 것으로 여름에서 가을까지 지내던 섬이장에서 겨울을 보내기 위하여 연안의 비교적 얕은 수심(약 50m)을 따라 유영하여 월동장에서 색이, 출산 및

† Cooresponding author : yoowons@yahoo.co.kr

양육을 하며 다시 봄이 되면 여름 섬이장으로 이동한다. 한편, 형태적 특징으로서 몸 색깔은 회색이며 피부에는 많은 상처자국과 기생생물들이 부착되어 있어 하얀 반점을 붙여 놓은 것 같고, 머리는 좁고 삼각형 꼴이며 윗부분이 약간 아치형이고 긴 입선이 아래로 구부러진 모습이다. 귀신고래는 등지느러미가 뚜렷하지 않고 등 후방에 작고 낮은 움기가 6~15개 있으며, 또한 흉복부에 주름은 없으나 인후부 외피에 2~4개의 세로 골이 파여져 있다<sup>1-5)</sup>.

귀신고래는 19세기에 북대서양 계군이 멸종됨으로서 현존하는 계군은 북태평양을 사이에 두고 베링 해협 및 북극해와 멕시코 연해간을 회유하는 동부태평양 계군(California gray whale)과 오호츠크해에서 한반도 및 일본열도를 따라 회유하는 것으로 추정되는 서부태평양 계군(Korean gray whale)으로 대별할 수 있다.

각 계군의 자원량은, 동부태평양 계군은 19C중엽까지 15000여 마리로 추정되었으나, 그 후 남획으로 인하여 상업포경이 금지된 1946년 무렵에는 약 2000마리까지 자원량이 급감하였다. 그러나 그 후 지속적인 자원관리로 현재는 약 21000~26000마리 정도로 회복된 것으로 추정되고 있다<sup>1-4)</sup>.

한편, 서부태평양 계군에 대한 지속적인 자원량 추정 보고는 전무하고, 한반도 연해 포경사의 포획 현황 데이터에 의하면 우리나라 동해안에서 1911년부터 1933년까지 1306마리가 포획되었으며, 그 기간 중 가장 많이 포획된 것은 1912년에 188마리였다. 1933년 이후에는 남획으로 포획량이 급감하여 1964년 자취를 감출 때까지 32마리가 잡혔을 뿐이다<sup>5)</sup>.

그 후 국내에서 포획기록이 전혀 없고 학회에서 멸종 가능성이 제기되었으나, 그에 대한 반론으로서 생존 가능성이 제기되었고, 일본 보고서에 좌초 6마리(동해안 2마리, 태평양 연안 4마리)와 영상촬영 5건(8마리) 등이 보고되어 서부태평양 계군 귀신고래가 멸종되지 않았음을 시사하였으며, 더욱이 여름에서 가을철까지 섬이장으로 추정되는 러시아 사할린 동쪽 연안에 서식하는 서부태평양 계군에 대한 자원량이 약 100~250마리라는 추정까지 제기되고 있다<sup>6-10)</sup>.

아주 적은 자원량이지만 서부태평양 계군이 멸종되지 않고 생존하고 있다는 것과 여름에서 가을철까지의 섬이(擧餌)장이 러시아 사할린 북동쪽 연안이라는 것은 밝혀졌다. 그러나 월동 및 번식장은 아직 미확인 상태이므로 서부태평양 계군의 자원회복

을 위해서는 정확한 회유경로를 파악하고 이들 장소에 대한 환경이 보전되도록 노력하여야 할 것이다.

한편, 귀신고래의 수중명음에 관한 연구는 1960년에서 1970년대까지 캘리포니아 귀신고래를 대상으로 Cummings 등과 Fish 등에 의하여 이루어졌으며, 수중명음의 주된 주파수 범위는 20~350Hz이고 클릭(clicks)은 3kHz에 달한다고 보고되고 있으나, 한국 귀신고래를 대상으로 한 연구나 국내에서 그에 관한 연구는 전무한 실정이다<sup>12,13)</sup>.

따라서 본 연구에서는 한국 귀신고래 수중명음을 캘리포니아 귀신고래 수중명음과 비교하기 위하여, 먼저 캘리포니아 귀신고래의 수중명음을 분석하고 그것을 이전 결과들과 비교, 고찰하였다.

## 재료 및 방법

귀신고래 수중명음 측정은 2004년 2월 24일에서 3월 5일까지 Fig. 1에 나타낸 멕시코 Scammon's Lagoon에서 울산문화방송 귀신고래 다큐멘터리 제작팀에 의해 캘리포니아 귀신고래를 대상으로 이루어졌다(Fig. 2). Scammon's Lagoon에는 매년 12~

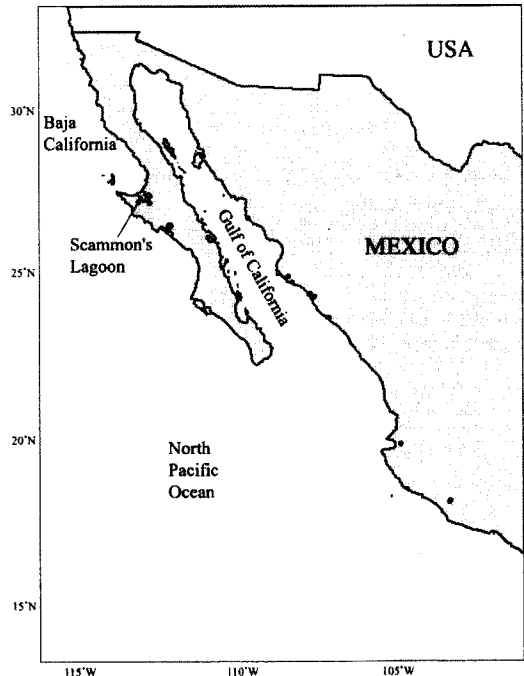


Fig. 1. Geographical position of the experimented area.

3월 사이에 동부태평양 계군 1500여 마리가 서식하고 있는 것으로 파악되고 있으며, 특히 이곳은 동부태평양 계군의 색이, 출산 및 양육지로 널리 알려져 있다.



Fig. 2. Photograph of experimented gray whale.

수중명음은 5톤급 선박(whale watching boat)을 이용하여 귀신고래와 약 100m 이내의 거리에서 실시되었으며, 측정시에는 본선의 엔진을 정지하고 더욱이 다른 선박의 엔진소음의 간섭을 받지 않는 상태에서 측정하였다. 측정 및 분석에 사용된 장치는 Fig. 3과 같으며, 수중명음은 무지향성 하이드로폰(OKI, ST1001)을 수심 3m에 설치하여 수신된 수중명음을 음압계(OKI, ST1007)에서 증폭한 후 오실로스코프(Tektronix, THS720A)로 수신 파형을 관찰하면서 MD(mini disk)에 수록하였다. 녹음된 디스크는 실험실에서 재생하여 컴퓨터상에서 CSL(4500, KAY)을 이용하여 수중명음의 소너그램(sonagram) 및 스펙트로그램(spectrogram)으로 각 수중명음의 특징을 분석하였다.

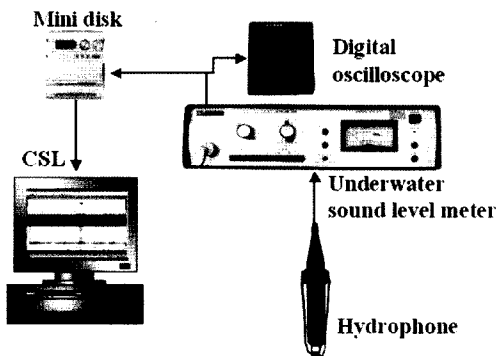


Fig. 3. Schematic diagram of the measured and the analyzed instruments for underwater sound.

귀신고래의 수중명음은 Fish 등<sup>13)</sup>의 보고를 근거로 목이 쉰 듯이 “우르르”, “그르릉”, “으르르릉”, “어-흠”과 같이 저주파의 울리는 소리(low frequency rumble), “뽀뽀”거리는 소리(bubble type sounds), “똑똑”노크하는 듯한 소리(knocks), “땡”하는 소리(bong), “찌찌”거리는 소리(chirps), 클릭(clicks) 등으로 대별하여 분석하였다.

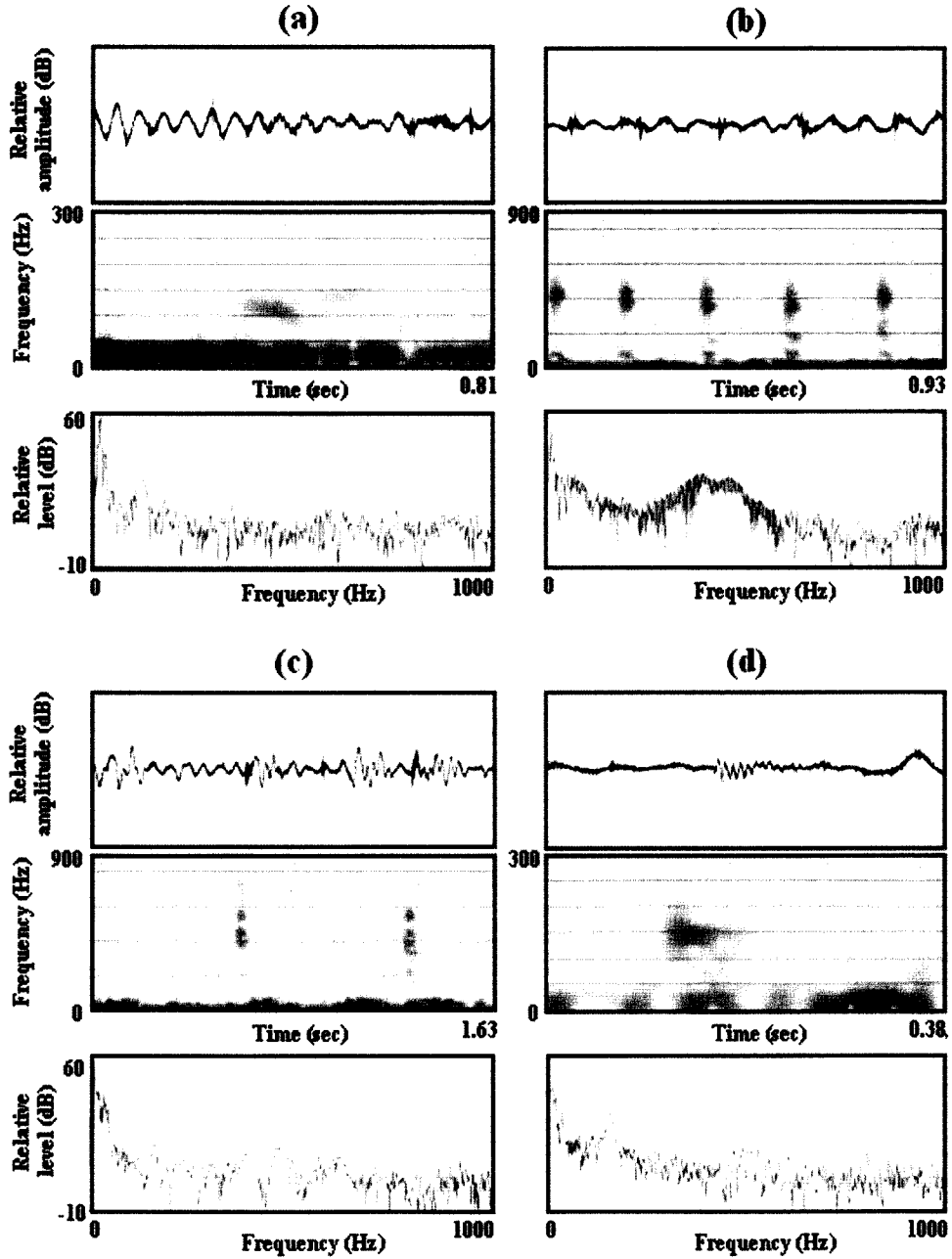
## 결과 및 고찰

수중명음을 분석하여 특징이 비슷한 명음끼리 그룹화한 수중명음의 대표적인 파형, 소너그램 및 스펙트로그램을 Fig. 4에 나타내었다.

수중명음의 약 50%가 저주파의 울리는 소리(low frequency rumble)였으며, 그 대표적인 파형, 소너그램 및 스펙트로그램은 Fig. 4(a)와 같다. 저주파의 울리는 소리는 목이 쉰 듯이 “우르르”, “그르릉”, “으르르릉”, “어-흠”과 같은 다양한 소리를 내포하고 있는데, 총 114개가 분석되었으며, 최대값의 주파수 변동범위는 95~654Hz이었고, 그 평균은 200Hz, 표준편차는 75Hz를 나타내었다. 또 지속시간의 변동범위는 113~1820msec이었고, 평균은 570msec, 표준편차는 370msec를 나타내었다. 한편, 최소값은 평균 91Hz, 표준편차 30Hz를 나타내었지만, Fig. 4(a)의 소너그램에서 보는 바와 같이 0~60Hz에서는 잡음으로 인하여 최소값을 읽지 못하는 경우도 있었다.

한편, 저주파의 울리는 소리에 대한 주파수 변동범위는 40~700Hz라고 보고되어 있으며, 저주파의 울리는 소리의 하나인 신음하는 듯한 소리(moans)에 대한 주파수 변동범위는 20~200Hz이고 지속시간은 1500msec라고 보고하였다<sup>12,13)</sup>. 본 연구결과와 비교하면, 저주파의 울리는 소리의 주파수 변동범위는 일치하는 것으로 나타났다. 그러나 저주파의 울리는 소리에는 신음하는 듯한 소리(moans) 이외에 “으르르릉”거리는 듯한 소리(growl) 등의 여러 종류의 소리를 내포하고 있어서 신음하는 듯한 소리(moans)의 결과와 직접적으로 비교하는 것은 어렵겠지만, 주파수 변동범위의 평균과 표준편차를 고려하면 비교적 일치하는 것으로 나타났다. 그러나 지속시간에 있어서는 평균 570msec와 표준편차 370msec를 나타내어 이전 보고된 1500msec와는 상당한 차이를 나타내었다.

귀신고래의 수중명음중 “뽀뽀”거리는 소리



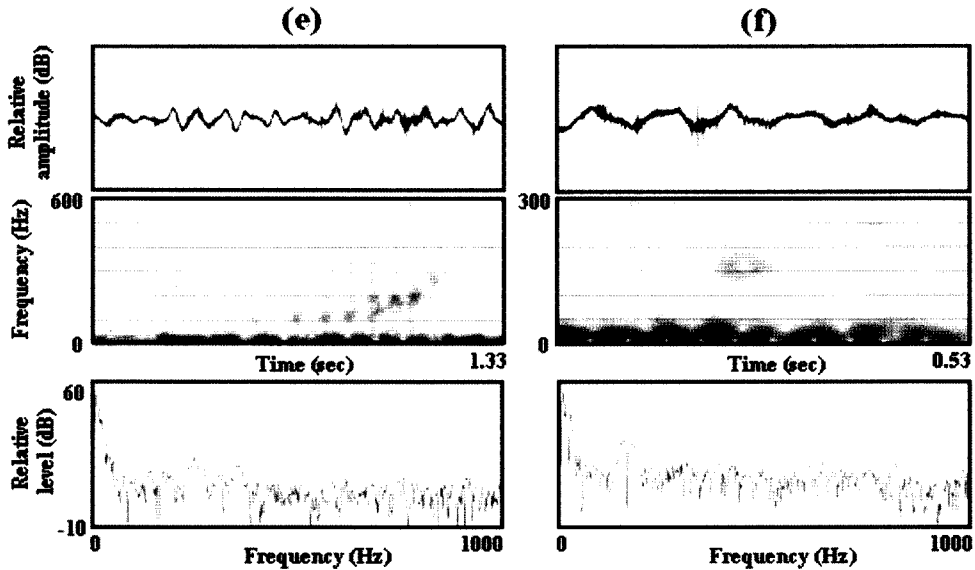


Fig. 4. Oscillogram(upper), sonagram(middle) and spectrogram(lower) of gray whale signal termed low frequency rumble(a), bubble type sound(b), knocks(c), bong(d), pulses(e) and chirps(f). Analyzing filter bandwidth was 21.46Hz.

(bubble type sounds)와 “뚝뚝” 노크하는 듯한 소리(knocks)의 대표적인 파형, 소너그램 및 스펙트로그램은 각각 Fig. 4(b)와 Fig. 4(c)와 같다. 이들 수중명음은 체내 공기가 체외로 방출되면서 수면위로 상승할 때 발생하는 것으로 추정된다.

먼저 “꿀꿀꿀”거리는 소리(bubble type sounds)는 60개의 수중명음이 분석되어 수중명음의 주파수 변동범위는 24~1029Hz이었고, 최대값의 평균은 369Hz, 표준편차는 253Hz이었으며, 최소값의 평균은 137Hz, 표준편차는 99Hz이었다. 이 수중명음의 지속시간 변동범위는 380~2240msec이었고, 평균은 1100msec, 표준편차는 530msec이었다.

한편 “뚝뚝”노크하는 듯한 소리(knocks)는 10개가 분석되었으며 주파수 변동범위는 10~1291Hz이었고, 최대값의 평균은 552Hz, 표준편차는 351Hz이었으며, 최소값의 평균은 210Hz, 표준편차는 196Hz이었으며, 이 수중명음의 지속시간 변동범위는 510~3760msec였고, 평균은 1364msec, 표준편차는 1053msec이었다.

“꿀꿀꿀”거리는 소리(bubble type sounds)에 대하여 Cummings 등은 주파수 변동범위가 최대 350Hz이고, “꿀꿀꿀”거리는 소리의 지속시간은 700

msec라고 보고하였으며, “뚝뚝”노크하는 듯한 소리에 대해서는 대부분 500Hz 이하이나 1kHz 이상에 달하는 것도 있다고 보고하고 있다<sup>12,14)</sup>. 이들을 본 연구결과들과 비교하면, “꿀꿀꿀”거리는 소리(bubble type sounds)는 Cummings 등에 의하여 보고된 주파수 변동범위의 최대값인 350Hz보다는 높게 1kHz가 넘는 것이 1회 있었고, 그 외의 값들 또한 최대값의 평균이 369Hz에서 나타나듯이 Cummings 등의 보고보다는 높은 값을 나타내었으며, 표준편차 253Hz에서 알 수 있듯이 그 편차가 아주 심하다는 것을 알 수 있었다. 또한 지속시간을 700msec라고 보고하였는데 본 분석에서의 지속시간 평균 1100msec보다 약 400msec 짧게 나타났다.

한편, “뚝뚝”노크하는 듯한 소리(knocks)에서는 최대 주파수가 1kHz가 넘는 것이 1회였고, 각 수중명음의 최대값의 평균으로도 알 수 있듯이 대부분 500Hz 전후에서 변동함을 알 수 있었다. 이것은 Cummings 등의 보고와 거의 일치하는 것으로 판단된다<sup>14)</sup>.

그리고 “땡”하는 소리(bong)의 대표적인 파형, 소너그램 및 스펙트로그램은 Fig. 4(d)와 같다. 이 수중명음은 40개가 분석되었으며, 이것의 주파수

변동범위는 34~213Hz이었고, 최소값의 평균은 65Hz, 표준편차는 21Hz이었으며, 최대값의 평균은 167Hz, 표준편차는 32Hz이었다. 이 수중명음의 지속시간 변동범위는 53~115msec이었고, 평균은 84msec, 표준편차는 18msec이었다.

그 외 분석된 수중명음 중 소수의 것으로는 펄스(pulses)와 “찍찍”거리는 소리(chirps)는 Fig. 4(e)와 Fig. 4(f)에 각각 나타내었다. 이들 중 펄스의 주파수 변동범위는 75~360Hz이었고, 지속시간 범위는 320~1990msec, 평균은 873msec이었다. 그리고 “찍찍”거리는 소리(chirps)의 수중명음의 중심주파수는 120~200Hz, 지속시간은 80msec를 나타내었다. 한편 3kHz대로 알려진 클릭음(click)은 발견되지 않았다.

## 요 약

한국 귀신고래 수중명음을 캘리포니아 귀신고래 수중명음과 비교하기 위하여, 먼저 캘리포니아 귀신고래의 수중명음을 분석하고 그것을 이전의 결과들과 비교, 고찰한 결과는 다음과 같다.

1. 귀신고래의 수중명음의 약 50%를 차지하고 있는 저주파로 울리는 소리(low frequency rumble)의 주파수는 최대 654Hz까지 변동하였고, 지속시간은 평균 570msec로 나타나, 이전 결과들과 비교하여 저주파로 울리는 소리의 주파수 변동범위는 일치하는 것으로 판단되었다.
2. 귀신고래의 체내 공기가 체외로 방출되면서 발생하는 것으로 추정되는 “꿀꿀꿀”거리는 소리(bubble type sounds)와 “똑똑”노크하는 듯한 소리(knocks)의 주파수 변동범위는 각각 24~1029Hz와 10~1291Hz였으며, 지속시간의 평균은 각각 1100msec와 1364msec를 나타내었다. “꿀꿀꿀”거리는 소리는 주파수 변동범위와 지속시간 모두 이전 결과들보다 높게 나타났으나, “똑똑”노크하는 듯한 소리는 거의 일치하는 것으로 나타났다.
3. 그 외 “땡”하는 소리(bong)의 주파수 변동범위는 34~213Hz이었고, 지속시간의 평균은 84msec이었다. 그리고 펄스(pulses)의 주파수 변동범위는 75~360Hz, 지속시간 평균은 873msec이었으며, “찍찍”거리는 소리(chirps)의 수중명음의 중심주파수는 120~200Hz, 지속시간은 80msec를 나타내었다.

## 참고문헌

- 1) David G. Gordon and Alan Baldrige (1991) : Gray Whales, MONTEREY BAY AQUARIUM, 64.
- 2) www.slococ.org/resource/whale/whale2.html.
- 3) www.tmmc.org/learning/education/whales/gray.asp.
- 4) 水口博也 (2002) : クジラ・イルカ大白科, 光陽印刷株式會社, 74-77.
- 5) 박구병 (1995) : 한반도 연해 포경사, 민족문화사, 593.
- 6) Bowen S.L. (1974) : Probable extinction of the Korean stock of the gray whale (*Eschrichtius robustus*). Journal of Mammalogy 55, 208-209.
- 7) Brownell R.L.Jr. and C. Chun (1977) : Probable existence of the Korean stock of gray whale (*Eschrichtius robustus*). Journal of Mammalogy 58, 237-239.
- 8) Weller D.W., B. Würsig, A.L. Bradford, A.M. Burdin, S.A. Blokhin, H. Minakuchi and R.L. Brownell Jr. (1999) : Gray whale (*Eschrichtius robustus*) off Sakhalin Island, Russia: seasonal and annual patterns of occurrence. Marine Mammal Science 15, 1208-1227.
- 9) Tadasu K. Yamada, Yoshikazu Uni and Hajime Ishikawa (2002) : Recent gray whale strandings and sightings around Japan, Document submitted to the IWC/SC special meeting on gray whales, SC/02/WGW08, 5.
- 10) www.iucn.org/webtitles/doc/archive/2001/IUCN 893.doc, Gray whale (*Eschrichtius robustus*) : Asian or western North Pacific population, 7.
- 11) Cummings W.C. (1988) : Passive acoustics of marine animals. In: Biology and target acoustics of marine life: a workshop. J.W. Foerster, ed., Report of ONR and U.S. naval academy, Annapolis, MD, 206.
- 12) Cummings W.C., P.O. Thompson and R. Cook (1968) : Underwater sounds from

- migrating grey whale, *Eschrichtius glaucus* (Cope). J. Acoust. Soc. Am., 44, 1278-1281.
- 13) Fish J.F, J.L. Sumich and G.L. Lingle (1974) : Sounds produced by the gray whale, *Eschrichtius glaucus*. Mar. Fish. Rev., 36, 38-45.
- 14) Cummings W.C., O.I. Diachok and J.D. Shaffer (1994) : Biological and natural physical underwater acoustic transients. Oceanographic Consultants, 173.

---

2004년 7월 5일 접수

2004년 8월 3일 수리