

# 해양포유류 보호를 위한 수중 소음 관리 제도 도입 방안<sup>†</sup>

## A Study on the Legal Frame to Manage Anthropogenic Underwater Noise for Marine Mammal Protection in Korean Waters

손호선\*·안두해\*\*·김현우\*\*\*

Sohn, Hawsun · An, Du Hae · Kim, Hyun Woo

### 목 차

- I. 서론
- II. 남방큰돌고래의 특징
- III. 미국의 해양포유류 보호 제도
- IV. 해상풍력 발전단지가 남방큰돌고래에 미치는 영향
- V. 해양포유류 보호를 위한 수중소음 관리 제도

**Abstract:** Increased human activities in the marine environments have caused the increase of anthropogenic underwater noise in the oceans. Many countries are concerning about the harmful effects on marine mammals derived from the noise, and have legal frame to manage the negative noise effects on the marine environments. Korean government is planning to construct large offshore wind farms off the west and south coast of Korean peninsula and around Jeju island. There has been no laws and policies about the underwater noise management to protect marine mammals in Korea. This

<sup>†</sup> 이 논문은 2015년도 국립수산과학원 수산과학연구사업(R2015027)의 지원으로 수행된 연구이며 연구비 지원에 감사드립니다.

\* 제1저자, 교신저자, 국립수산과학원, sohn,hawsun@gmail.com

\*\* 제2저자, 국립수산과학원

\*\*\* 제3저자, 국립수산과학원

paper reviewed the guidelines by U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration to assess the effects of anthropogenic sound on marine mammal hearing, and assessed the impacts from the construction of wind farms off Jeju island on the Indo-Pacific bottlenose dolphins inhabiting the area. Finally the recommendations to establish proper legal frame for the management of the underwater noise in Korean waters are given.

**Key words:** Wind farm, Anthropogenic noise, Underwater noise, Marine mammal protection, Indo-Pacific bottlenose dolphin.

## I. 서론

해양에서 인간 활동의 증가로 수중소음도 크게 증가했다(Hildebrand, 2009). 대한민국 연안에서도 지난 30년간 해산물동량, 해양 레저 활동, 연안 해역 개발 등 수중소음을 유발하는 활동이 크게 증가했다(요트피아, 2015; 해양수산부, 2014; 해양수산통계시스템, 2015).

최근 세계적으로 해상풍력 발전 산업이 크게 확대되고 있으며(신철오·육근형, 2011), 대한민국 정부도 해상풍력 발전 산업을 미래 유망 산업으로 규정하고 그 규모를 확대할 예정이다(고현정, 2014; 산업통상자원부, 2010). 이에 따라 해상풍력 자원 평가와 발전 단지 개발을 위한 환경영향평가 기준에 관한 연구들이 이루어졌으며(김귀영·이대인·전경암·엄기혁·유준, 2012; 맹준호·조범준·임오정·서재인, 2013), 2015년 8월에는 제주도 연안 해상풍력 발전 단지에 대한 환경영향평가가 5번의 재심의 끝에 통과되었다(제주의 소리, 2015).

사업자는 환경에 미치는 영향을 최소화하는 이행 계획을 제출하고 제주도 의회의 동의를 얻어 2015년 연말 전에 건설 공사를 시작할 예정이다(제주의 소리, 2015). 그러나 건설 및 운영 단계에서 발생하는 소음에 대한 법적 관리 체계는 전무한 실정이다.

건설 공사 등으로 발생하는 강한 수중소음은 어류를 비롯한 해양생물의 행

동과 생리 등에 변화를 일으키고 심할 경우 청각 기관 등에 물리적 손상을 일으키기도 한다(배종우·박지현·윤종락, 2009; Awbrey and Stewart, 1983; Burns et al., 1982; Malme et al., 1983; Popper et al., 2003; Richardson et al., 1995).

소리를 수중 이동 감각, 개체간 소통 및 먹이 활동을 위해 사용하는 해양포유류 중, 특히, 고래류는 주변의 소음에 크게 영향을 받는다(Madsen et al., 2006; Tyack, 1998; Wartzok and Ketten 1999). 따라서 수중소음이 고래류에 미치는 영향에 대해서는 많은 연구가 이루어져 왔다(Nowacek et al., 2007; Southall et al., 2007; Weilgart, 2007).

이러한 연구 결과들을 바탕으로 많은 국가들이 수중소음에 대한 규제를 실시하고 있다. 브라질, 남아프리카 공화국 등은 지질 탐사에 따른 수중소음을 규제하고 있으며(Vos and Reeves, 2005), 유럽연합은 수중소음 규제에 대한 구체적인 지침을 회원국들에게 제시하고 있다(Markus et al., 2011). 아일랜드는 해양 포유류만을 대상으로 하여 수중소음을 규제하는 지침을 제정하여 관리하고 있으며(Department of Arts, Heritage, and Gaeltacht, 2014), 미국은 관련 지침을 작성하여 최종 의견 조회 과정 중에 있다(National Oceanic and Atmospheric Administration, 2015).

대한민국 연안에서 해상풍력 발전단지의 건설이 계속 확대되고 있으며, 일부에서는 이로 인한 철새 및 고래류에 끼칠 부정적인 영향에 대해서 우려를 표명하고 있다(경향신문, 2015). 더 늦기 전에 수중소음을 적절히 관리하여 해양 생태계를 보호하고 국민들의 우려를 불식시킬 제도적 장치가 필요하다.

본 논문에서는 증가하는 수중소음으로 인한 영향에서 해양포유류를 보호하기 위한 제도를 제안하고자 한다. 이를 위해 미국의 해양포유류 보호를 위한 수중소음 관리 제도를 검토한 뒤, 제주도 해상풍력 발전단지 건설과 운용에 따른 수중소음이 남방큰돌고래에 끼치게 될 영향을 알아보고, 이를 바탕으로 대한민국의 현행 제도들을 대상으로 해양포유류 보호를 위한 수중소음 관리 방안을 검토한다.

## II. 남방큰돌고래의 특징

### 1. 남방큰돌고래의 생태

제주도 연안에 서식하는 해양포유류는 남방큰돌고래(Indo-Pacific bottlenose dolphin, *Tursiops aduncus*)가 유일하다. 2000년대 초반까지 큰돌고래(bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*)로 알려졌으나 골격학적 연구 등을 거쳐 2010년에 이르러서야 남방큰돌고래라는 사실이 밝혀졌다(Kim et al., 2010).

남방큰돌고래는 큰돌고래에 비해 체격이 왜소하고 대한민국과 일본을 거쳐 인도양, 아라비아해를 따라 아프리카 동부 연안까지 수심이 100m 이내인 낮은 등에 주로 소규모 개체군을 이루면서 서식하고 있다(Wang and Yang, 2009).

제주도 남방큰돌고래는 회유를 하지 않고 제주도에만 서식하는 독립 개체군이다(김현우, 2011; 최석관·김현우·안용락·박겸준·김장근, 2009). 개체수는 2008년 124마리로 추정되었으나 2009년 114마리, 2013년 104마리로 꾸준히 감소한 것으로 나타나(김현우, 2011; 고래연구소 내부자료), 사소한 영향에도 전체 개체군이 절멸 위험에 빠질 수 있다.

김성호(2009)는 남방큰돌고래의 분포해역을 해안선에서 10km 이내로 추정하고 있다. 고래연구소(2012)와 김현우(2011)는 남방큰돌고래가 제주도 북동부 및 북서부 해안으로부터 500m 이내의 좁은 해역을 주 서식지로 삼고 있으며, 제주시 중심부와 서귀포시 연안은 단순 이동 경로로 이용하는 것으로 밝히고 있다.

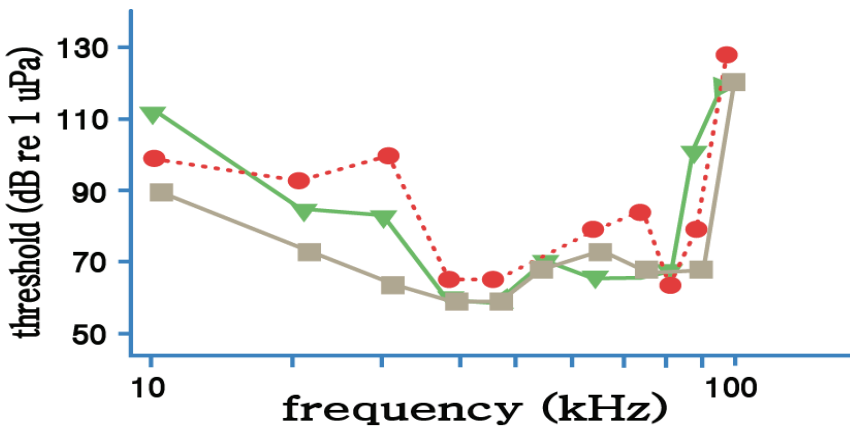
이상과 같이 제주도 남방큰돌고래는 100마리 정도의 정착성 소규모 개체군이 해안선으로부터 500m 이내에 주로 서식하는 것을 특징으로 한다.

## 2. 남방큰돌고래의 음향 특성

소리를 구성하는 특징은 음압, 음의 세기 등이 있는데 보통 이런 특징들을 하나로 묶어 소리의 세기를 데시벨(dB)로 표시한다. 데시벨은 기준 음압에 대한 상대적 수치인데, 수중 음향에서는 보통 1 마이크로파스칼( $\mu\text{Pa}$ )을 기준으로 설정한다. 이때의 단위는 ‘dB re 1 $\mu\text{Pa}$ ’로 표시한다.

소리의 또 다른 큰 특징은 초당 음파의 반복 횟수를 표시하는 주파수(Hertz, Hz)이다. 대부분의 동물들은 너무 낮거나 높은 주파수는 듣지 못하고, 특유의 가청 영역이 존재한다. 사람의 가청 영역은 20~20,000Hz인데, 나이가 들수록 가청 능력이 감소한다.

가청 능력의 특성을 보여주는 그림을 청력도(Audiogram)라고 한다. 가로축에는 주파수를, 세로축에는 데시벨을 표시하고 각 주파수에 따라 들을 수 있는 가장 작은 소리를 표시한다(<그림 1>).



■ 그림-24. 남방큰돌고래 3마리(10~12세)의 청력도(Houser et al., 2008) ■

대부분의 포유동물은 가청주파수 범위의 중간 정도 주파수는 작은 소리도 잘 듣지만 양 끝으로 갈수록 큰 소리라야 들을 수 있는, 전체적인 그래프의 모

양이 중간이 낮고 양 옆이 높은 ‘U’ 형태를 띤다.

남방큰돌고래도 대부분의 포유동물처럼 연령에 따른 가청 능력 감소 경향과 ‘U’ 형의 청력도를 보여주는데, 40~60Hz사이의 소리에 가장 민감하고 150kHz가 가청 한계이다(Houser et al., 2008).

### III. 미국의 해양포유류 보호 제도

#### 1. 미국의 해양포유류 보호 제도 및 조직

해양환경 및 해양포유류 보호를 위한 미국의 법률은 해양포유류보호법(MMPA: Marine Mammal Protection Act of 1972), 멸종위기종법(Endangered Species Act of 1973)과 환경정책법(National Environmental Policy Act of 1969)이 대표적이다. 이 중 MMPA가 야생 고래류 보호를 위한 가장 핵심적인 법이다.

MMPA 제102조에 따라 설립된 해양포유류위원회(MMC: Marine Mammal Commission)가 연방 정부의 해양포유류 보존 정책을 책임지고 있으며, 생물종류별로 담당 부처가 다르다.

고래류는 해양대기청(NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration) 산하의 National Marine Fisheries Service (NMFS)가, 기각류는 내무부(U.S. Department of the Interior) 산하의 U.S. Fish and Wildlife Service가 각각 담당하고 있다.

이와 별도로 해양포유류 사육 시설 등은 농림부(U.S. Department of Agriculture) 산하의 Animal and Plant Health Inspection Service가 담당이다.

따라서 미국에서 야생 고래류 보존을 담당하는 기본 법은 MMPA, 실무 부처는 NOAA와 그 산하 기관인 NMFS이다.

## 2. 고래류와 수중소음과의 관계 연구

1970년대 초반부터 수중소음이 고래류의 행동 등에 미칠 잠재적인 영향에 대한 우려가 나타나기 시작했다(Payne and Webb, 1971). 1970년대 후반에 석유 탐사로 인한 소음이 물개류, 흰고래 및 북극고래의 행동, 이동경로 등에 영향을 끼친다는 사실이 알려졌다(Awbrey et al., 1983; Burns et al., 1982; Fraker and Fraker, 1981), 이후 귀신고래도 소음에 영향을 받는다는 사실이 밝혀졌다(Malme et al., 1983).

1980년대부터 미국 해군의 저주파 음향탐지기(SURTASS LFA: Surveillance Towed Array Sensor System Low Frequency Active Sonar)가 부리고래류의 사망원인으로 의심받던 중 (Simmonds and Lopez- Jurado, 1991), 1996년에 해군이 저주파 음향탐지기의 사용 계획을 발표하자 많은 논란을 불러왔다 (Frantzis, 1998; Jepson et al., 2003).

논란에 대한 과학적 정보를 제공하고자 미국 National Academy of Science는 별도의 위원회(Committee on Low-Frequency Sound and Marine Mammals)를 구성하여 수중소음이 해양포유류에 끼치는 영향에 대한 네 건의 연구 결과를 발표했다(National Research Council, 1994, 2000, 2003, and 2005).

논란과 진위를 파악하고 대책을 강구하기 위해 미국 의회는 2003년에 수중소음의 현황과 이 소음이 해양포유류에 끼치는 영향에 대해 조사할 것을 MMC에 지시했다. MMC는 2004년 2월부터 2005년 9월까지 6번의 전문가 회의를 거쳐 2006년에 결과 보고서를 제출했다(Marine Mammal Commission, 2007).

Southall et al.(2007)은 이상에서 언급한 2006년까지 이루어진 수중소음에 대한 연구 결과를 종합한 보고서를 발표했다. 해군에서도 다양한 고래류의 가청 특성과 정확한 수중소음 측정 방법 등에 대한 보고서를 꾸준히 제출했다 (Finneran, 2015; Finneran and Jenkins, 2012).

NOAA는 미국 의회 권고(Marine Mammal Commission, 2007)에 따라 Southall et al.(2007)과 해군 보고서(Finneran, 2015; Finneran and Jenkins, 2012)를 바탕으로 수중소음이 해양포유류에 끼치는 영향 평가 지침서를 2013

년 작성했다. 동 보고서는 광범위한 의견 수렴을 거쳐서 개정이 이루어졌고, 현재는 새로운 지침(National Oceanic and Atmospheric Administration, 2015)에 대한 의견 수렴 과정을 거치고 있다.

NOAA의 동 지침이 수중소음이 고래에게 끼치는 영향을 정리한 가장 최신 자료이며, MMPA에 따라 미국의 야생 고래류 보존을 위해 활용하는 실무 지침서이다.

### 3. NOAA의 해양포유류 보호를 위한 수중소음 기준

수중소음의 발생 원인과 소음 주파수 범위에 대해서는 일일이 거론하기 어려울 정도로 많은 연구가 이루어졌다(Hilderbrand, 2009; Marine Mammal Commission, 2007; Southall et al., 2007). Hilderbrand (2009)는 다양한 수중소음을 음원 항목별로 분류하고 그 세기와 주파수를 제시하고 있다(<표 1>).

■ 표-1. 다양한 수중소음의 세기 및 주파수 특성(Hilderbrand, 2009) ■

음원	소리의 세기 (dB re 1 $\mu$ Pa @ 1 m)	주파수(Hz)
선박 충격 실험(10,000lb 폭약)	304	0.5-50
MK-46 어뢰(98lb 폭약)	289	10-200
탐사용 음파 발생기	260	5-300
미국 해군 음파탐지기 53C ASW	235	2,000-8,000
SURTASS LFA 음파탐지기	235	100-500
항타기(1,000KJ)	237	100-1,000
멀티빔 심해 음파탐지기 EM 122	245	11,500-12,500
물개용 폭탄(2.3g)	205	15-100
멀티빔 천해 음파탐지기 EM 710	232	70,000-100,000
해저 지형 탐지기 SBP 120	230	3,000-7,000
대형 음향 퇴치기	205	8,000-30,000
선박(173m, 16knot)	192	40-100
음향원격측정기 SIMRAD HTL 300	190	25,000-26,500
소형선박 선외기(20knot)	160	1,000-5,000
소형 음향퇴치기	150	5,000-160,000
풍력발전기 소음	151	60-300



이러한 다양한 세기와 크기로 구성된 수중소음이 고래류를 포함한 해양포유류에 미치는 영향을 ① 행동, ② 음 차폐, ③ 생리 장애, ④ 청각 기관 손상, ⑤ 생태적 영향, ⑥ 개체군 감소, ⑦ 이상에서 언급한 효과들의 누적으로 MMC는 상세히 나누고 있다(Marine Mammal Commission, 2007).

이상에서 나열한 소음의 영향은 크게 ① 청각 장애와 ② 행동 장애의 두 가지로 나눌 수 있다. 청각 장애는 다시 일시적 장애(Temporary threshold shift, TTS)와 영구적 장애(Permanent threshold shift, PTS)로 나뉘어진다(NOAA, 2015; Southall et al., 2007).

NOAA는 해양포유동물의 청력도 특징에 따른 PTS 기준을 제시하기 위해 해양포유동물들을 5개의 그룹으로 구분했다. 특히 고래류는 사용 주파수 범위에 따라 저주파에서 고주파까지 다시 3개의 그룹으로 나누었다. 이러한 분류군별로 청각 장애를 일으키는 수준의 소음에 대한 기준을 <표 2>와 같이 제시하고 있다.

■ 표-2. NOAA의 해양포유류 보호를 위한 수중소음 기준 ■

Hearing Group	PTS 개시 소음(수신음 기준)	
	충격 소음(Impulsive)	지속 소음(Non-impulsive)
저주파 사용 고래류	230 dBpeak & 192 dB SEL	230 dBpeak & 207 dB SEL
중간 주파수 사용 고래류	230 dBpeak & 187 dB SEL	230 dBpeak & 199 dB SEL
고주파 사용 고래류	202 dBpeak & 154 dB SEL	202 dBpeak & 171 dB SEL
물범류	230 dBpeak & 186 dB SEL	230 dBpeak & 201 dB SEL
바다사자류	230 dBpeak & 203 dB SEL	230 dBpeak & 218 dB SEL

\* 순간 최대치(dB<sub>peak</sub>)와 노출 시간에 따른 값(dB SEL)의 두 가지를 제시하고 두 가지 중 하나라도 초과하면 기준을 초과한 것으로 간주한다.

NOAA의 수중소음 기준치는 MMPA에서 정의하는 “harassment(교란)”에 적용한다. 교란은 해양생물을 쫓아다니거나, 학대하거나, 성가시게 해서 상해를 가하는 1급 교란(LEVEL A harassment)과 행동 등에 장애를 일으키는 2급 교란(LEVEL B harassment)으로 나누고 있다. NOAA는 PTS를 발생시키는 소음을 1급 교란으로, TPS를 발생시키는 소음은 2급 교란으로 제시하고 있지만, 행동 장애를 얼마나 넓게 수용하느냐에 따라 2급 교란은 NOAA 기준보다 훨씬 낮은 수치에도 적용 가능할 것으로 예상이 된다.

또한 NOAA와 Southall et al.(2007)의 PTS 기준은 해군의 연구 결과(Finneran, 2015; Finneran and Jenkins, 2012)를 종합하여 작성되었기 때문에 소음 기준이 높게 설정되었을 가능성이 높다. PTS는 물리적 청각 장애를 일으켜 부리고래류의 폐사가 발생할 정도의 강한 소음이며, 그보다 낮은 소음에서도 행동 변화와 그에 따른 영향이 발생한다(Ellison et al., 2012; Wright et al., 2007; Weilgart, 2007).

Southall et al.(2007)은 행동 장애 사례들을 조사하여 해양포유류 종별로 행동 장애를 일으키는 수중소음을 개략적으로 제시하고 있지만, 생물 종에 따른 다양한 행동들을 해석하여 장애 여부를 판단하고 법적 기준을 설정하기에는 아직 연구가 더 필요하다.

하지만, MMPA에서 제시한 해양포유동물에 대한 교란행위의 하나인 수중 소음에 대한 최소한의 기준을 제시하고 있다는 점에 의의가 있다고 할 수 있다.

## IV. 해상풍력 발전단지가 남방큰돌고래에 미치는 영향

### 1. 해상풍력 발전단지 수중소음의 특징

해상풍력 발전단지 건설에 따른 영향은 해저지형 변화, 철새와 어류 등의 이동 장애, 공기 및 수중 소음, 진동, 해저 전선에서 발생하는 자기장 등 다양한 형태로 나타날 수 있다. 더 나아가 수중 생태계에 변화가 일어나거나(Thomsen et al., 2006) 조류의 사망, 서식지 파괴 등이 발생하기도 한다(Drewitt and Langston, 2006).

이상의 요인들 중에서 고래류에게 직, 간접으로 영향을 끼치는 가장 중요한 부분은 소음이다. 풍력 발전단지에서 발생하는 주 소음원은 ① 발전기 건설 공사 소음과 ② 발전기 운영 소음으로 크게 구분할 수 있다(Madsen et al., 2006).

풍력 발전단지 건설 소음은 40~80km 밖에서도 감지되며, 운영 시 발생하는 저주파는 돌고래들이 가장 민감하게 반응하는 음역대로, 돌고래의 분포 및 풍도에 영향을 미친다(David, 2006; Madsen et al., 2006; Richardson and Wursig, 1997). 특히 파일 향타 소음(Pile driving noise)은 100m 거리에서 최대 205dB<sup>1)</sup>에 이르기 때문에 남방큰돌고래에게 PTS를 일으킬 수도 있다(Bailey et al., 2010). 파일 향타 시 ① 공기방울 차단막, ② 향타면 흡음재, ③ 임시 물막이 등을 적용 또는 설치하면 10~20dB의 소음 감소 효과를 가져올 수 있지만 여전히 고래류에게 위협적인 수준이다(Stokes et al., 2010).

쇠돌고래를 대상으로 한 연구에서 파일 향타 소음원에서 2.6km 떨어진 곳까지 24~72시간 동안 쇠돌고래들의 활동이 뚜렷이 감소했으며, 부정적 영향이 17.8km까지 발생했다. 5개월간의 공사 기간 내내 건설 현장 주변의 쇠돌고래 출현량 또한 감소했다(Brandt et al., 2011). Thomsen et al.(2006)은 1.5MW 해

1) 소리의 세기를 나타내는 dB은 상대적 크기이기 때문에 기준 음압, 주파수 등에 따라 같은 소리라도 크게는 수십 dB의 차이가 발생한다. 인용 논문의 저자마다 dB의 기준이 약간씩 다르지만 전반적인 논문의 흐름을 이해하는 데에는 무리가 없기 때문에 별도의 자료 보정을 실시하지 않았다.

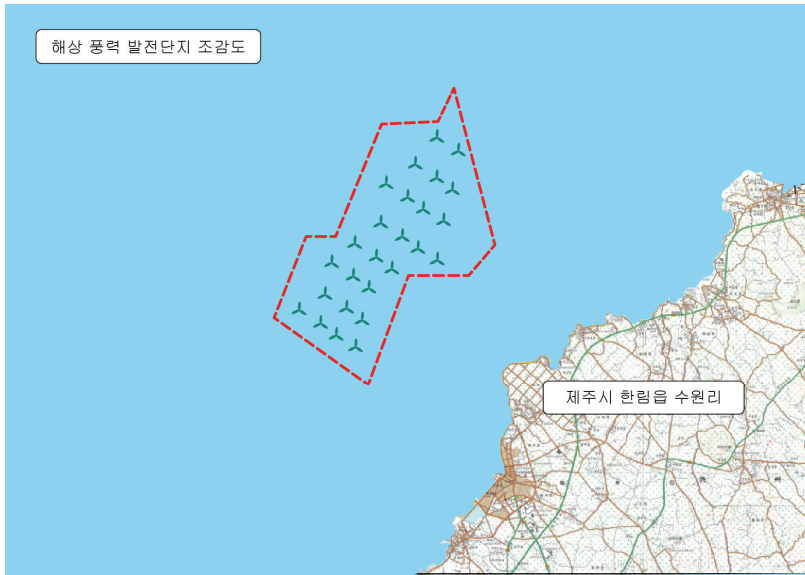
상풍력 발전기의 운영 소음이 142dB에 이른다고 밝히고 있다. 흰고래를 대상으로 한 실험에서 PTS 이하의 소음에서도 혈액 내 스트레스 호르몬이 상승한다는 사실이 알려졌다(Romano et al., 2004).

Brandt et al.(2011)는 또한 해상풍력 발전 단지 건설 소음원으로부터 쇄돌고래들이 적극적인 회피 반응을 보인다는 사실을 보고하고 있다. Koschinski et al.(2003)은 2MW 해상풍력 발전기의 소음을 녹음하여 야생의 쇄돌고래와 참물범에게 들려주자 이들이 이상 행동을 나타낸다는 사실을 보고하고 있다.

해상풍력 발전단지 건설 공사에 따른 소음은 물리적 장애를 일으킬 정도로 크기 때문에 고래류가 강한 회피 반응을 나타내며, 운영 소음은 상대적으로 소음의 강도가 낮지만 여전히 돌고래류에 여러 가지 부정적인 영향을 끼친다.

## 2. 제주 한림 해상풍력 발전단지 건설에 따른 영향

제주도는 2019년까지 1GW, 2030년까지 추가 1GW 전력 생산이 가능한 해상풍력 발전단지를 구축할 계획이다(제주특별자치도, 2012). 이를 위해 제주시 한림읍 해상에 2012년 5월 2MW급 해상풍력 발전기를 설치하여 운영 중이며, 5.5km<sup>2</sup>의 면적에 3.6MW 발전기 28기를 설치할 예정이다(제주의 소리, 2012) (<그림 2>). 발전단지의 규모는 크지 않지만 해안과 약 1km 떨어진 곳에 건설된다.



■ 그림-25. 제주도 한림읍 해상풍력 발전단지 건설 예정부지 조감도  
(한국전력기술주식회사, 2013) ■

덴마크의 니스테드(Nysted) 해상풍력 발전단지 주변에 서식하는 쇠돌고래 (Harbour porpoise)의 출현 양상을 관찰한 결과, 공사기간 중과 운영시에 발전 단지 주변에서 쇠돌고래 출현량이 급격히 감소했다(Tougaard et al., 2005). 넓은 회피 공간이 존재했던 덴마크 니스테드 발전 단지에서 쇠돌고래들은 대체 서식지를 찾아서 적극적인 소음 회피 행동을 보인 결과이다.

제주도의 남방큰돌고래는 연안 정착성으로 해안선에서 500m 이내에서 주로 서식하기 때문에 한림 발전단지로 인한 소음 회피 반응은 서식지 손실로 바로 이어진다. 또한 소음원과 해안선이 1km 이내이기 때문에 좁은 제주도 연안을 따라 이동하는 남방큰돌고래들에게 발전단지가 이동을 차단하는 장벽이 될 가능성이 크다.

실제로 남방큰돌고래는 제주 남부보다는 북부 해안에서 주로 발견되었으나 (고래연구소, 2012; 김현우, 2011), 2012년 한림읍 해상풍력 발전 시범단지 조성 이후 공사 인근 해역에서 돌고래 무리가 발견된 기록이 전무하다(고래연구

소 내부자료).

한림 해상풍력 발전단지의 건설은 남방큰돌고래의 전면적인 서식지 손실까지는 아니더라도 상당한 수준의 손실을 초래하게 될 것이다. 특히 북부 해역의 어업 생산성이 제주 남부에 비해 높기 때문에, 남방큰돌고래이 먹이 활동을 위해 머무르는 시간이 길다는 점(김현우, 2011)을 감안하면 서식지 손실이 전체 개체군 감소를 불러올 수도 있다.

## V. 해양포유류 보호를 위한 수중소음 관리 제도

제주도 한림 지구의 해상풍력 발전단지 환경영향평가 심의 과정에서 ① 발전기 최대 가동 때 수중소음도 예측 및 저감 방안 제시와 ② 사업지구에서 해안까지 서식하는 해양포유류에 대한 정기적인 모니터링 실시가 조건으로 제시되어 있다(제주의 소리, 2015). 하지만 구체적인 소음 저감 목표치와 그에 따른 관리 방안 및 남방큰돌고래의 행동, 먹이 활동, 스트레스 등의 저감 방안이 제시되지 않았다.

「환경영향평가법」 제5조는 환경영향평가를 위한 환경보전목표를 「환경정책기본법」, 「자연환경보전법」, 「대기환경보전법」 및 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 등에서 설정한 기준에 따르도록 규정하고 있다. 동 법률들의 기준 항목에서 해양은 제외되어 있으며, 「환경영향평가법 시행령」에 규정되어 있는 세부평가항목에도 해양에 관한 사항은 누락되어 있다. 따라서 제주도 해상풍력 발전단지 환경영향평가에서 남방큰돌고래 관리 방안이 제시되지 않은 것은 당연한 결과라고 할 수 있다.

양식 어류의 경우처럼 소음 피해에 따른 직접 재산 피해가 발생하는 경우에 대해서는 피해 평가와 보상 기준에 대한 연구(중앙환경분쟁조정위원회, 2009; 최태홍·김정환·송하람·고진석, 2015)와 이에 따른 보상도 이루어졌다. 하지만 야생에 서식하는 남방큰돌고래의 경우 직접 이해 당사자가 없기 때문에, 미국

MMPA와 유사한 형태의 법적 관리가 필요하다.

야생생물과 자연환경 보호를 위한 법인 「야생생물보호법」과 「자연환경보전법」 및 「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률(이하 해양생태계법)」은 멸종위기 또는 보호대상 생물 등에 한정하여 보호, 보존, 또는 포획 금지를 규정하고 있다. 하지만 법에 지정되어 있지 않은 생물의 보호에 대한 규정은 없으며, 법에 지정되어 있는 생물에 대해서도 심할 경우 사망까지 초래할 수 있는 교란행위(harassment)에 대한 별도의 조항은 없다.

「소음진동 관리법」은 “모든 국민이 조용하고 평온한 환경에서 생활할 수 있게 함을 목적”으로 한다고 밝히고 있어 야생생물이나 자연환경에 영향을 주는 소음은 관리 대상이 아님을 밝히고 있다. 따라서 해양포유동물 보호를 위한 수중소음 관리는 별도의 기준 마련이 필요하다.

고래류 보호를 위한 수중소음 관리는 해양동물을 대상으로 수중에서 관리가 이루어져야 한다는 한정성 때문에 해양생태계법의 일부 개정을 통해서 추진하는 것이 가장 타당하다. <표 3>에서 제안하는 바와 같이 먼저 해양생태계법에 “보호대상해양생물 교란행위”를 정의하고 하위법과 고시를 통해서 동 사항을 반영한 세부 사항을 지정하는 것이 바람직하다. 또한 「환경영향평가법」과 「환경영향평가법 시행령」에도 이러한 해양생태계법 개정 사항이 반영되어야 한다. 이런 조치가 마련된 이후라야 해상풍력 발전단지 건설과 같은 사업 시행에 앞서 실질적인 관리 방안의 마련이 가능해진다.

또한 해양생태계법은 학술연구 등을 위한 포획·채취를 허용하고 있으나, 그 후의 관리에 대해서는 언급하지 않고 있다. 이처럼 해양생태계법에 보호대상해양생물 등에 대한 상해, 교란 등에 대한 규정이 없기 때문에, 특히 고래류를 비롯한 해양포유류에 대한 보존과 관리에 취약점을 가지고 있다. 심지어 해상풍력 발전단지 조성의 큰 이점 중 하나로 소음에 따른 민원 문제에서 자유롭다는 점이 거론되기도 한다(전자저널, 2014).

■ 표-3. 수중소음으로부터 해양포유동물 보호를 위한 제도 제안 ■

제안 사항	내용
해양생태계 보전 및 관리에 관한 법률 제2조(정의)에 항목 신설	“보호대상해양생물 교란행위”는 보호대상해양생물 또는 그 개체군에 위해를 가하여 폐사를 일으키거나 폐사를 일으킬 가능성이 있는 행위 및 행동 등 야생 상태에 이상을 유발하는 일체의 행위를 말한다.
해양생태계 보전 및 관리에 관한 법률 제20조(보호대상해양생물의 포획·채취 등 금지)에 내용 추가	[당초]제20조(보호대상해양생물의 포획·채취 등 금지) ① 누구든지 보호대상해양생물을 ...훼손(이하 "포획·채취등"이라 한다)하여서는 아니 되며.... [제안]제20조(보호대상해양생물의 포획·채취 등 금지) ① 누구든지 보호대상해양생물을 ...훼손(이하 "포획·채취등"이라 한다) 및 보호대상해양생물 교란행위를 하여서는 아니 되며....
해양생태계 보전 및 관리에 관한 법률 시행령 제10조(보호대상해양생물의 포획·채취 등 금지)에 항목 추가	③“보호대상해양생물 교란행위”에 대한 법 제2조의 세부 사항 및 제20조의 각 행위에 대한 세부 기준은 해양수산부장관이 정하여 고시한다.
“보호대상해양생물 교란행위에 대한 고시” 제정	교란행위에 대한 세부 항목들을 규정하고 각 항목에 따른 기준을 설정한다. 예를 들면 고래류에 대한 교란행위에 수중소음 항목을 설정하고 그 허용치를 제시한다.
환경영향평가법 제5조(환경보전목표의 설정 등)에 항목 추가	4. 「해양생태계 보전 및 관리에 관한 법률」 제2조에 따른 교란행위
환경영향평가법 시행령 제2조 제1항에 따른 별표1(환경영향평가분야(이하의 세부 평가항목) 내용 추가	「해양생태계 보전 및 관리에 관한 법률」 제2조 및 위 “보호대상해양생물 교란행위에 대한 고시”에 따른 교란행위를 평가항목에 추가

MMPA의 교란행위는 어업에 의한 혼획, 군사 훈련에 따른 폐사, 야생 개체군 연구를 위한 표본 채취, 연구용 기기 부착 등 무척 광범위하다. 미국 해군은 NOAA의 PTS를 근거로 NMFS의 허가 아래 지난 20여 년간 저주파 음향탐지기를 계속 사용해 왔다. 하지만 환경운동가들이 MMPA의 교란행위 금지를 근거로 군사훈련의 금지를 요청한 재판에서 태평양의 하와이 근해에서는 이의 사용을 제한하기로 합의했다(LA Times, 2014; National Public Radio, 2015). 교란행위에 대한 기준이 있기 때문에 가능한 일이었다.

따라서 해양생물의 학술 연구, 구조치료를 위해 포획·채취가 이루어진 후에도 적절한 관리와 야생 개체군 보존이 이루어지기 위해서는 교란행위에 대한



기준 마련은 꼭 필요하다.

교란행위에 해당하는 수중소음 기준 설정에 있어서 미국 NOAA와 같이 모든 해양포유동물을 포괄하는 방식보다는, 보호대상해양생물의 종별 기준을 설정하는 방식이 대한민국에서는 보다 현실적이다. 이런 방식이 제주도 남방큰돌고래처럼 수중소음 관리 문제가 눈앞에 닥친 종에 대한 빠른 대응을 가능하게 한다. 미국처럼 해양포유류의 종 수가 많은 경우는 포괄적 기준 설정이 비용 면에서나 법 적용 면에서 더 유리하겠지만, 관리 대상 종이 적은 대한민국은 종별 기준 설정이 더 타당하다.

장기적으로 이러한 교란행위 관리 제도는 국민의 보호대상해양생물 보존활동 인식 확대와 그에 따른 활동 증가뿐만 아니라, 선박 등 증가하는 수중소음에 대한 대처와 관리, 해양포유류의 혼획에 따른 개체군 감소 방지, 전시 관람 개체들에 대한 보호 등을 포괄하는 방향으로 나아가야 한다.

---

투고일 2015. 10. 12.  
1차 심사일 2015. 11. 11.  
게재확정일 2015. 12. 14.

---

## ■ ■ 참고문헌

---

1. 고현정. 2014. 「국내 해상 풍력발전 전용항만 입지선정에 관한 연구」. 『해양정책연구』, 29(2), pp. 53-80.
2. 김귀영·이대인·전경암·엄기혁·유준. 2012. 「해상풍력개발사업의 바다환경영향 평가 개선방안」. 『환경영향평가』, 21(1), pp. 1-13.
3. 김성호. 2009. 「제주도 연안 해역 관광을 위한 큰돌고래군(*Tursiops truncatus*)의 분포와 경로에 관한 연구」. 제주대학교 박사학위 논문. 제주대학교.
4. 김현우. 2011. 「2000년대 초기 제주도에 서식하는 남방큰돌고래(*Tursiops aduncus*)의 분포특성과 풍도 추정」. 부경대학교 박사학위 논문. 부경대학교.
5. 맹준호·조범준·임오정·서재인. 2013. 「국외 모니터링 사례를 통한 해상풍력발전의 환경적 영향 고찰」. 『한국해양환경·에너지학회지』, 16(4), pp. 276-289.
6. 배종우·박지현·윤종락. 2009. 「수변 공사에 의한 충격음의 특성과 어류에 미치는 영향」. 『한국소음진동공학회논문집』, 19(9), pp. 928-934.
7. 최석관·김현우·안용락·박겸준·김장근. 2009. 「제주 연안에 출현하는 큰돌고래(Bottlenose dolphins) 연안 정착성 개체군」. 『한국수산학회지』, 42(6), pp. 650-656.
8. 최태홍·김정환·송하림·고진석. 2015. 「충격소음으로 인한 양식어류 피해기준 제안」. 『터널과 지하공간』, 25(1), pp. 125-132.
9. 고래연구소. 2012. 『우리바다 우리고래 1: 제주바다의 터줏대감, 남방큰돌고래』. 국립수산물과학원.
10. 신철오·육근형. 2011. 『해상풍력발전의 환경적·경제적 영향분석』. 한국해양수산개발원.
11. 전기저널. 2014. 「제주 해상풍력」. 대한전기협회.
12. 중앙환경분쟁조정위원회. 2009. 『소음·진동으로 인한 육상 양식어류 피해 평가 및 배상액 산정기준에 관한 연구』. 중앙환경분쟁조정위원회.
13. 해양수산부. 2014. 『2014 해양수산주요통계』. 해양수산부.
14. 한국전력기술주식회사. 『2013. 한림해상풍력발전 시범지구 조성사업 환경영향

평가서』. 한국전력기술주식회사.

15. 『경향신문』. 2015. 「철새·돌고래 잡을 제주 해상풍력사업」. (4월 13일)
16. 『요트피아』. 2015. 「2014년 해양레저스포츠 체험 인구 73만 명으로 증가」. (2월 3일)
17. 『제주의 소리』. 2012. 「국내 첫 2MW급 해상풍력발전시스템 제주 가동 성공」. (5월 14일)
18. \_\_\_\_\_. 2015. 「한림해상풍력 5번째만에 환경평가 조건부 통과」. (8월 30일)
19. Awbrey, Frank T. and Brent S. Stewart. 1983. "Behavioral responses of wild beluga whales (*Delphinapterus leucas*) to noise from oil drilling." *The Journal of the Acoustical Society of America*, 74(S1), S54-S54.
20. Bailey, Helen, Bridget Senior, Dave Simmons, Jan Rusin, Gordon Picken, and Paul M. Thompson. 2010. "Assessing underwater noise levels during pile-driving at an offshore windfarm and its potential effects on marine mammals." *Marine Pollution Bulletin*, 60(6), 888-897.
21. Brandt, Miriam J., Ansgar Diederichs, Klasu Betke and Georg Nehls. 2011. "Responses of harbour porpoises to pile driving at the Horns Rev II offshore wind farm in the Danish North Sea." *Marine Ecology Progress Series*, 421, 205-216.
22. Burns, John. J., Brendan P. Kelly, Larry D. Aumiller, Kathryn J. Frost and Sue Hills. 1982. Studies of ringed seals in the Alaskan Beaufort Sea during winter: impacts of seismic exploration, Report from the Alaska Department of Fish and Game, Fairbanks, AK, for the Outer Continental Shelf Environmental Assessment Program, NOAA.
23. David, J. A. 2006. "Likely sensitivity of bottlenose dolphins to pile-driving noise." *Water Envi J*, 20, 48-54.
24. Department of Arts, Heritage, and Gaeltacht, Republic of Ireland. 2014. Guidance to Manage the Risk to Marine Mammals from Man-made Sound Sources in Irish Waters.

25. Drewitt, Allan L., and Rowena H. W. Langston. 2006. "Assessing the impacts of wind farms on birds." *Ibis*, 148(s1), 29-42.
26. Ellison, William T, Bowles L. Southall, C. W. Clark and A. S. Frankel. 2012. "A new context based approach to assess marine mammal behavioral responses to anthropogenic sounds." *Conservation Biology*, 26(1), 21-28.
27. Finneran, James J. 2015. Auditory weighting functions and TTS/PTS exposure functions for 40 cetaceans and marine carnivores, San Diego: SSC Pacific.
28. Finneran, James J and A. K Jenkins. 2012. Criteria and thresholds for US Navy acoustic and explosive effects analysis, San Diego: SSC Pacific.
29. Frantzis, A. 1998. "Does acoustic testing strand whales?" *Nature*, 392 (6671):29.
30. Fraker, P. N and M A. Fraker. 1981. The 1980 whale monitoring program/Mackenzie Estuary, Report from LGL Ltd., Sidney, B.C., for Esso Resources Canada Ltd., Calgary, Alb.
31. Hildebrand, John. A. 2009. "Anthropogenic and natural sources of ambient noise in the ocean." *Marine Ecology Progress Series*, 395(5).
32. Houser, Dorian S., Alex G. Rubio and James J. Finneran. 2008. "Evoked potential audiometry of 13 Pacific bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus gilli*)." *Marine Mammal Science*, 24(1), 28-41.
33. Jepson, P. D., M. Arbelo, R. Deaville, I. A. P. Patterson, P. Castro, J. Baker, E. Degollada, H. M. Ross, P. Herráez, A. M. Pocknell, F. Rodríguez, J. R. Jabert, V. Martin, A. A. Cunningham and A. Fernández. 2003. "Gas-bubble lesions in stranded cetaceans." *Nature*, 425(6958), 575-576.
34. Kim, Hyun Woo, Seok-Gwan Choi, Zang Geun Kim, Yong-Rock An and Dae-Yeon Moon. 2010. "First record of the Indo-Pacific bottlenose dolphin, *Tursiops aduncus*, in Korean waters." *Animal Cells and Systems*, 14(3), 213-219.

35. Koschinski S., Boris M. Culik, Oluf Damsgaard Henriksen, Nick Tregenza, Graeme Ellis, Christoph Jansen, Günter Kathe. 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.
36. Madsen, P. T., M. Wahlberg, J. Tougaard, K. Lucke and P. Tyack. 2006. "Wind turbine underwater noise and marine mammals: implications of current knowledge and data needs." *Marine Ecology Progress Series*, 309, 279-295.
37. Malme, C. I., P. R. Miles, C. W. Clark, P. Tyack, and J. E. Bird. 1983. Investigations on the potential effects of underwater noise from petroleum industry activities on migrating gray whale behavior, BBN Report No. 5366 submitted to the Minerals Management Service, U.S. Department of the Interior, NTIS PB86-174174, Bolt, Beranek, and Newman, Washington DC.
38. Marine Mammal Commission. 2007. Marine mammals and noise: a sound approach to research and management, In Report to Congress from the Marine Mammal Commission.
39. Markus, T, Sabine Schlacke and Nina Maier. 2011. "Legal implementation of integrated ocean policies: the EU's Marine Strategy Framework Directive" *The International Journal of Marine and Coastal Law*, 26(1), 59-90.
40. National Oceanic and Atmospheric Administration. 2015. DRAFT Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing.
41. National Research Council. 1994. Low frequency sound and marine mammals, Washington, DC: The National Academies Press.
42. \_\_\_\_\_. 2000. Marine mammals and low-frequency sound, Washington, DC: The National Academies Press.
43. \_\_\_\_\_. 2003. Ocean noise and marine mammals, Washington, DC: The National Academies Press.

44. \_\_\_\_\_. 2005. Marine mammal populations and ocean noise: Determining when noise causes biologically significant effects, Washington, DC: The National Academies Press.
45. Nowacek, Douglas P., Lesley H. Thorne, David W. Johnston and Peter L. Tyack. 2007. "Responses of cetaceans to anthropogenic noise." *Mammal Review*, 37(2), 81-115.
46. Payne, R. and Douglas Webb. 1971. "Orientation by means of long range acoustic signaling in baleen whales." *ANNALS OF THE NEW YORK ACADEMY OF SCIENCES* 188(1):110-141.
47. Popper, A. N., Jane Fewtrell, Michael E. Smith and D. Robert. 2003. "Anthropogenic sound: effects on the behavior and physiology of fishes." *Marine Technology Society Journal*, 37(4), 35-40.
48. Richardson, W. John, Charles R. Greene Jr, Charles I. Malme and Denis H. Thomson. 1995. *Marine Mammals and Noise*, Academic Press, San Diego.
49. Richardson, W. John and Bernd Würsig. 1997. "Influences of man-made noise and other human actions on cetacean behaviour." *Marine Fresh Behaviour Physiology*, 29, 183-209.
50. Romano, T. A., M. J. Keogh, C. Kelly, P. Feng, L. Berk, C. E. Schlundt, D. A. Carder and James J. Finneran. 2004. "Anthropogenic sound and marine mammal health: measures of the nervous and immune systems before and after intense sound exposure." *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 61(7), 1124-1134.
51. Simmonds, M. P. and L. F. Lopez-Jurado. 1991. "Whales and the military." *Nature*, 351(6326), 448-448.
52. Southall, B. Bowles, Ann E. Bowles, William T. Ellison, James J. Finneran, Roger L. Gentry, Charles R. Greene Jr., David Kastak, Darlene R. Ketten, James H. Miller, Paul E. Nachtigall, W. John Richardson, Jeanette A. Thomas and Peter L. Tyack. 2007. "Marine mammal noise exposure criteria: initial scientific recommendations." *Aquatic Mammal*, 33, 411-521.

53. Stokes, A., Kevin Cockrell, Joshua Wilson, Dwight Davis and David Warwick. 2010. Mitigation of underwater pile driving noise during offshore construction: Final report, Applied Physical Sciences Corp.
54. Thomsen, F., Karin Lüdemann, Rudolf Kafemann and Werner Piper. 2006. Effects of offshore wind farm noise on marine mammals and fish, Biola, Hamburg, Germany on behalf of COWRIE Ltd, 62.
55. Tougaard, Jakob, Jacob Carstensen, Jonas Teilmann, Nikolaj Ilsted Bech, N. I., Skov, H., and Henriksen, O. D. 2005. Effects of the Nysted Offshore wind farm on harbour porpoises. Annual Status Report for the T-POD Monitoring Program.
56. Tyack, Peter L. 1998. Acoustic communication under the sea, In Animal acoustic communication, Springer Berlin Heidelberg. 163-220.
57. Vos, E and Randall R. Reeves. 2005. Report of an international workshop: Policy on Sound and Marine Mammals, 28-30 September 2004, London, England. Marine Mammal Commission.
58. Wang, J. Y. and S. C. Yang. 2009. Indo-Pacific bottlenose dolphin, *Tursiops aduncus*, In Encyclopaedia of marine mammals (WF Perrin, B. Wursig, and JGM Thewissen, eds.). Academic Press, San Diego, California, 602-608.
59. Wartzok, D. and Darlene R. Ketten. 1999. Marine mammal sensory systems, In J. E. Reynolds III and S. A. Rommel (eds), Biology of Marine Mammals. Smithsonian Institution Press, Washington DC., 117-175.
60. Weilgart, L. S. 2007. "The impacts of anthropogenic ocean noise on cetaceans and implications for management." *Canadian Journal of Zoology*, 85, 1091-1116.
61. Wright, Andrew. J., Natacha A. Soto, Ann L. Baldwin, Melissa Bateson, Colin M. Beale, Charlotte Clark, Terrence Deak, Elizabeth F. Edwards, Antonio Fernández, Ana Godinho, Leila T. Hatch, Antje Kakuschke, David L usseau, Daniel Martineau, L. Michael Romero, Linda S. Weilgart, Brendan A. Wintle, Giuseppe Notarbartolo-di-Sciara, and Vidal Martin. 2007. "Do

- marine mammals experience stress related to anthropogenic noise?”  
*International Journal of Comparative Psychology*, 20(2).
62. 『LA Times』. 2014. “Suit alleges U.S. ignored best available science in sonar ruling.” (January 27th)
  63. 『National Public Radio』. 2015. “A Win For The Whales: Navy Agrees To Limit Sonar Use.” (September 19th)
  64. 산업통상자원부. 2010. 서남해안에 대규모 해상풍력단지 건설 추진.  
[www.motie.go.kr/motie/py/td/energeitem/bbs/bbsView.do?bbs\\_seq\\_n=209111&bbs\\_cd\\_n=72](http://www.motie.go.kr/motie/py/td/energeitem/bbs/bbsView.do?bbs_seq_n=209111&bbs_cd_n=72) (2015년 9월 24일)
  65. 제주특별자치도. 2012. 제주특별자치도 풍력발전 종합관리계획.  
<http://www.jeju.go.kr/wel/welNotice/referenceRoom.htm?act=view&seq=802155> (2015년 11월 28일)
  66. 해양수산통계시스템. 2015. 해운물류 화물수송실적.  
<https://stat.mof.go.kr/statPortal/> (2015년 9월 24일)