

자망, 통발, 트롤, 안강망, 정치망 어업에 대한 해양포유류 혼획 저감 연구 조사

최규석 · 조현수¹ · 강명희^{2*}

국립수산과학원 수산공학과 연구사, ¹군산대학교 해양산업운송과학기술학부(해양수산관리전공) 교수,
²경상국립대학교 해양경찰시스템학과/해양산업연구소 교수

Investigation on bycatch reduction methods of marine mammals for fishing with gill net, trap, trawl, stow net and set net

Kyu-Suk CHOI, Hyun-Su Jo¹ and Myounghee KANG^{2*}

Researcher, Fisheries Engineering Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea

¹Professor, Marine Production System Major, Kunsan National University, Gunsan 54150, Korea

*²Professor, Department of Maritime Police and Production System/Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University,
Tongyeong 53064, Korea*

The United States enforces the seafood import regulations so-called the Marine Mammal Protection Act (MMPA), and by 2023, all exports of aquatic products and processed fish products by fisheries which have not obtained an “Comparability Finding” from the National Oceanic and Atmospheric Administration will be completely banned. Therefore, to respond to the US MMPA, it is critical to identify technologies and methods used in worldwide for reducing bycatch of marine mammals. In particular, marine mammals are frequently caught in five fisheries (trawl, gill net, trap, stow net and set net) in Korea, which is facing a great challenge. This study presented bycatch reduction methods by five fisheries, classified the methods by country, and suggested appropriate reduction methods which can be applied in Korea.

Keywords: Bycatch reduction, Marine mammals, Marine Mammal Protection Act, Finless porpoise

서 론

미국은 1972년 12월 21일에 해양포유류 보호법 (Marine Mammal Protection Act)를 발효하여, 2023년까지 National Oceanic and Atmospheric Administration

(NOAA)의 동등성 평가(Comparability Finding)를 득하지 못한 어업으로 어획한 수산물 및 수산가공품은 대미 수출이 전면 금지될 예정이다. 대미 수출 수산물이 어업 과정 중 해양포유류의 사망이나 심각한 부상을 초래할

Received 29 June 2023; Revised 3 August 2023; Accepted 12 September 2023

*Corresponding author: mk@gnu.ac.kr, Tel: +82-55-772-9187, Fax: +82-55-772-9189

Copyright © 2023 The Korean Society of Fisheries and Ocean Technology

가능성이 있는 경우 이를 수출 어업으로 분류하며, 미국은 수출국에 해당 어업별 해양포유류 혼획률을 측정할 수 있는 과학적 데이터와 해양포유류 보호 프로그램을 마련할 것을 요구하고 있다. 대미 수출국은 국제 어획 정보 보고 시스템(International Affairs Information Capture and Reporting System)을 통해 대미 수산 수출품에 대한 정보를 입력해야 하며, 우리나라는 152개 어업에 대한 데이터를 제공해야 한다. NOAA는 수출 어업으로 분류된 해외어업에 대해 동등성 평가를 실시한다. 동등성 평가는 조업 수역에 따라 상이한 기준을 적용하게 되는데 크게는 수출국의 영해 및 EEZ, 타국의 EEZ, 공해로 구분하여 평가 기준을 제시한다. 또한, 어업 등록, 해양포유류 자원 평가 및 혼획, 보고 및 모니터링, 혼획 제한 산정, 목표 기준 이하로 혼획률을 저감하기 위한 프로그램 개발, 혼획 저감 계획, Regional fisheries management organisations 및 기타 정부 간 협정, 동등성 평가를 위한 대안적 조치 등을 평가한다(Jung et al., 2020).

2011~2017년 국내 연안 고래류의 혼획 특성을 살펴보면, 약 12만 마리의 고래류가 혼획된 것으로 나타났다. 주로 혼획된 고래류는 상괭이, 참돌고래, 밍크고래,

낮돌고래로 각 고래 종별 혼획 특성이 상이하게 나타났다. 전체 고래류 혼획의 67.6%를 차지하는 상괭이는 주로 서해 안강망 어업에서 혼획되었으며, 4~6월 혼획량이 증가하고, 7~9월 급감하는 경향을 보였다. 혼획이 증가하는 시기는 서해 새우류와 소형어류 조업 시기와 유사하며, 월별 상괭이 혼획은 안강망 조업 여부에 따라 증감하는 것으로 추정되었다. 또한, 상괭이 혼획의 11.5%는 트롤 어업에서 나타났는데, 이는 11~12월의 남해 기선권현망 어업의 조업 시기와 유사하다(Kim et al., 2013; Lee et al., 2018). 우리나라 해양포유류가 특히 5개 어업(끝어구류, 안강망, 자망, 정치망, 통발)에 빈번하게 혼획되고 있는 문제가 심각한 실정이다.

따라서, 이 연구의 목표는 5개 어업에 대한 국내외 해양포유류의 혼획 저감 연구 현황을 조사하여 어업별 혼획 저감 기술 방법을 논하고, 국내에서 적용 가능한 혼획 저감 방법을 제시하는 것이다.

자료 및 방법

국외에서 수행하고 있는 해양포유류 혼획 저감 기술 연구에 관하여서는 구글 검색 사이트와 구글 scholar를

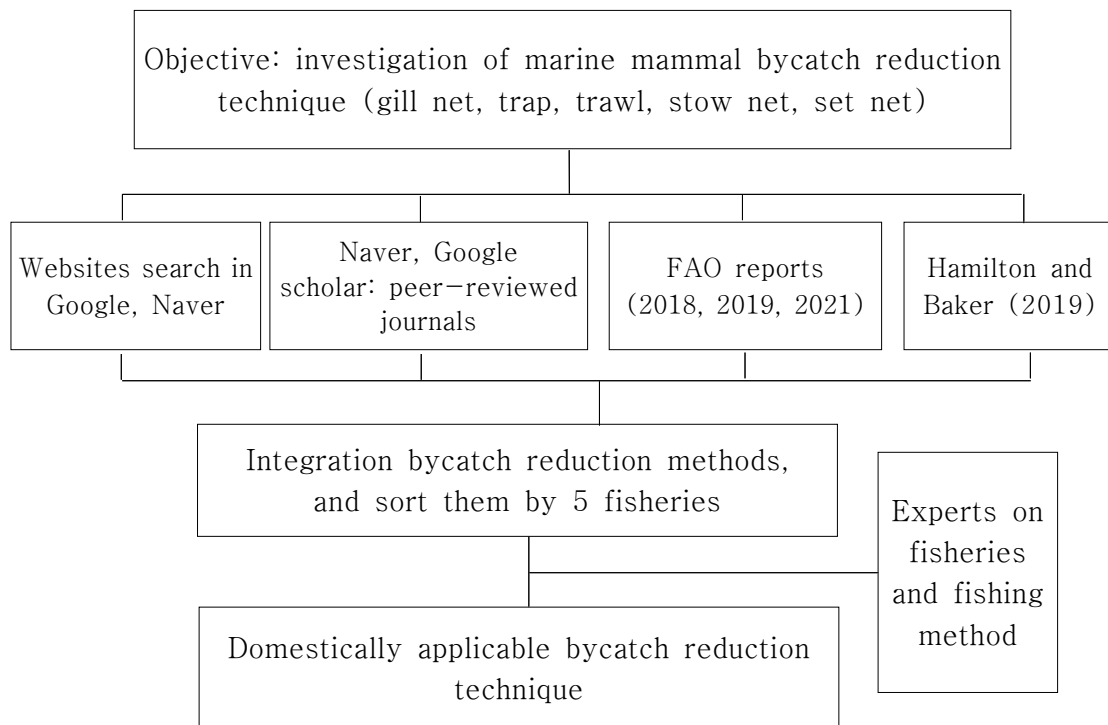


Fig. 1. Data processing schematic diagram including objective of this study.

이용하여 관련 연구 자료(논문, 보고서 등)를 수집하고, 국내에 관련 연구는 네이버 검색과 네이버 학술정보검색을 활용하여 논문, 보고서, 기사, 블로그 등으로부터 자료를 수집하였다. 한편, FAO의 2018년도 보고서인 *Report of the Expert Workshop on Means and Methods for Reducing Marine Mammal Mortality in Fishing and Aquaculture Operations*은 현재 사용 중인 거의 모든 해양포유류 혼획 저감 기술과 방법을 상세하게 설명하였고, FAO의 2019년도와 2021년은 2018년도 보고서를 기반으로 혼획 저감 기술과 방법의 효과적인 측면을 강조하였다(FAO, 2018; 2019; 2021). 특히, Hamilton and Baker (2019)는 트롤, 선망, 연승, 자망, 통발 어업에 대한 해양포유류 혼획 저감 기술과 방법을 평가하였는데, 이를 위하여 본 연구와 유사하게 논문, 미발표 보고서, 잡지 기사, 회의 논문, 웹사이트(정부 및 비정부 조직)의 정보를 포함한 다양한 출처를 사용하여 문헌 검토를 수행하였다. 이 연구에서는 5개 어업의 혼획 저감 기술 방법에 대하여 앞서 언급한 모든 자료를 통합하여 어업 별로 분류하고 저감 기술을 사용하고 있는 국가 정보도 포함하여 도출하였다. 도출된 결과를 토대로 이 연구 저자 외 국내 어구 어법 전문가의 자문을 받아 국내에서 적용 가능한 혼획 저감 기술을 선별하였다 (Fig. 1).

결과 및 고찰

자망과 통발

통발과 자망의 “약한 로프, Weak ropes/links”는 로프에 얽힌 수염고래가 풀려나는데 도움이 되고 사망률과 심각한 부상을 감소시킬 수 있다(Knowlton et al., 2018). 어구 속구의 강도 약화는 어구 손상 위험과 어구 손실 가능성을 높인다. 이 방법의 부작용은 유령 어구가 추가로 발생하여 혼획 위험을 증가시키고 플라스틱 잔해물 발생으로 해양 동물과 생태계 건강에 영향을 미칠 수 있다. “로프의 유연성을 감소, Reduced flexibility of rope material”는 로프 경도 또는 뻣뻣함이라고 말한다. 이러한 로프는 부드러운 재질에 비해 더 심각한 부상을 발생할 가능성이 있다. 그물 또는 로프가 팽팽하면 로프의 꼬임 정도가 감소하여 해양포유류 혼획 가능성이 낮거나 어획물 또는 미끼 탈취 동물의 접근이 줄어든다(FAO 2018; 2019). “타이다운, Tie-downs/lowered net profile”은 저층, 중층 자망 혹은 유자망 어업에서 잡힌

작은 고래류의 부수 어획을 줄이기 위해 사용될 수 있다(Fox et al., 2011; FAO, 2018; 2019; 2021). “어구 속구의 강도, Gear with reduced breaking”를 낮추면 혼획된 개체가 심각한 부상을 입기 전에 탈출을 돕고 동시에 목표 종의 충분한 어획량을 유지할 수 있다(Knowlton et al., 2016). “어구의 투망 시간, Decreased soak time”을 줄이면 해양포유류에 대한 어구 노출 시간이 감소하고, 따라서 혼획을 줄일 수 있다(Northridge et al., 2017). 어구와 해양포유류의 접촉을 피할 수 없다면 “혼획된 해양포유류를 방류, Release of bycatch marine mammals” 하기 위한 어구 개선 장치가 사용될 수 있다(Smolowitz and Wiley, 1999). 다만 일부 소규모 어업에는 경제적으로 부담이 되는 방법이다. “어구 길이 또는 배치를 조정, Adjusting the placement of fishing tools”하여 해양포유류 혼획을 줄일 수 있다. 이 방법은 최소 길이의 로프 또는 자망을 사용하여 고래가 걸릴 가능성을 줄이는 것으로 수중 부설 어구망을 전체적으로 줄이는 방식이다(FAO 2018; 2019; 2021). 또한 빛이 충분한 해수면에서 조사한 결과 로프 색깔을 바꾸었을 때, 일부 고래 종의 회피 반응에 변화가 있었다. 이에 대형 고래가 어구 로프를 시각적으로 더 잘 감지할 수 있도록 “로프의 색상(조명 장치 설치) 또는 외형, Visual deterrents”을 바꾸는 것이다(Kraus et al., 2014). 고래 지느러미가 걸릴 가능성을 낮추는 “경사형 부이, Whale-free buoy”를 사용하면 고래 혼획을 피할 수 있다(FAO, 2018).

자망

“음향 경고 또는 접근 억제 장치(주로 핑거, Acoustic alerting or deterrent devices)”는 특정 상황에서 효과적인 부수어획 저감 조치로 사용될 수 있다. 이러한 장치는 어구 장비 위 또는 근처에 배치되며 핑거, 음향 하라스먼트 장치(acoustic harassment devices AHDs) 및 음향 경고 장치를 포함한다(Long et al., 2015; Werner et al., 2015; FAO, 2018; Hamilton and Baker, 2019). “자망 망목 크기 축소, Reducing the size of the mesh”는 적절한 어획량을 유지하면서 소형 고래류 혼획을 저감할 수 있다(Rojas-Bracho and Reeves, 2013). “부분 또는 전체에 전류가 흐르는 어구, Electric barriers”는 기각류의 회피 반응을 일으키어 기각류가 자망의 어획물을 탈취하지 못한다(Porsmuguer et al., 2015). “성형물, Changing the

horizontal tension, hanging ratio”는 그물이 뜬 줄에 고정되는 방식과 연관되며, 성형률이 낮을수록 그물에 느슨해지는 부분이 더 많이 생긴다(Schnaittacher, 2010). 고래류가 반향정위를 이용하여 자망을 감지할 수 있다면 어구 회피 가능성이 더 높아질 것이다. “음향 반사 강도 강화, Metal oxide/barium sulfate nets” 방법에는 그물에 음향 반사판 설치, 공기 주입 나일론 실 및 비드 사용 등이 있다(Trippel et al., 2003). “자망의 수중 설치 높이, Reduce gill net height”를 낮추어 소형 고래류가 자망을 피하게 한다. 자망 높이를 낮추어서 혼획을 줄일 수 있지만 목표 어획량에도 영향을 줄 수 있다. 미국 오퍼버 데이터 분석 결과 지지줄 사용이 자망의 쇠돌고래 혼획 저감에 상관이 있었다(Gearhart et al., 2009). “부이 제거, Removal of floats”의 예시 연구는 멕시코 캘리포니아 바하칼리포르니아주(Baja California Sur) 남부 해역에서 표준형 자망과 부이 제거된 자망을 이용한 비교 실험 결과, 32 m 이상의 수심에서 실험망(부이제거)의 바다거북 포획이 감소하였다. 그러나 이 결과는 수심 32 m 이하에서 표준망과 실험망 간의 바다거북 혼획을 비교할 수 있는 충분한 통계적 검정력이 없었다(Peckham et al., 2009). 뜬줄에 부이 70개(부이 간격 1.7 m)의 표준 저층자망과 뜬줄에 부이 15개(간격 8.5 m)를 설치한 실험망을 비교한 조사에서 바다거북(주로 붉은 바다거북)의 혼획이 감소하였고 어획 금액도 감소하였다. 실험 그물의 어획량이 감소하였지만 그 차이는 통계적으로 유의하지 않았다(Peckham et al., 2016). “주/야간 조업 시간 조정, Time of day/night”은 목표 종 어획량을 확보하며 해양포유류 출현이 적은 시점에 어구를 설치한다(FAO, 2018; 2019).

통발

“해수 중의 수직선을 제거, Ropeless fishing”하는 것은 큰 고래가 수직선에 얽히지 않도록 하는 가장 효과적인 방법 중 하나일 것이다. 기계적, 음향적인 방법으로 해저에 보관된 로프와 부표를 방출하여 해수면으로 양승줄(haul lines)을 떠올린다(Smolowitz and Wiley, 1999; Schrock and Schrock, 2011). “그라운드 로프를 음의 또는 중성 부력, Sinking or neutrally buoyant ground line”은 이 로프를 해수 중에 제거하여 고래를 얽힐 확률을 낮추기 위한 것이다. 해저를 따라 2개 이상

의 통발이 함께 배치된 경우에만 적용되는 기술이다(Ludwig et al., 2016). “통발에 물리적 장벽이나 입구를 변형, Entrance and bait well barriers” 하여 목표 어종은 들어갈 수 있으나 포식성 해양포유류(특히 기각류와 해달)가 통발에 갇히는 것을 방지하거나 저지하고자 할 수 있다(Mackay and Goldsworth, 2017). “고래 방류 로프, Whale-release rope”는 북아메리카 동부 외해에서 혼획된 고래에서 회수한 로프를 분석한 결과 대형고래는 파단 강도가 높은 로프에 얽히는 경향이 있었으며, 파단 강도 1,700lbf(771 kg) 이하의 로프를 끊고 탈출할 가능성이 높았다. 이 연구는 로프의 약한 부분이 부이 아래의 약한 연결 장치에 집중되기도는 로프 전체에 분산되어 있어서 고래 혼획을 피할 수 있음을 시사하였다(Knowlton et al., 2016). “로프 매듭 개수 줄이기, Reducing the use of knots in ropes”는 로프를 스플라이스로 잇지 않고 매듭으로 엮을 경우 고래수염에 걸릴 가능성이 높아져 고래 혼획 가능성이 높아진다. 매듭을 사용할 경우 로프가 고래수염 또는 지느러미에 걸릴 가능성이 높아지고 고래와 접촉 시 몸부림 행동을 자극하여 고래의 혼획 가능성을 높인다(FAO, 2018; 2019). “양승하지 않을 때 부이줄 감추기, Stow buoy lines at depth except when hauling”은 투승 및 양승 이외의 기간에 부이줄을 해저 또는 해저 인근에 보관하는 것이다. 양승 줄은 음향 스위치, 디지털 타이머, 갈바닉 시간 설정 방출 장치, 고무주머니를 이용하여 해수면으로 올려보낼 수 있다. 로프와 부이는 망사 주머니 또는 통에 넣거나 틀에 감아서 보관할 수 있다. 다른 방법은 자동화 통발을 사용하여 로프를 완전히 없애는 것이다. 이러한 로프제로 방법은 갈퀴 사용 또는 다른 새로운 기술을 사용한 양승이 필요하다(Partan and Ball, 2016; FAO, 2018; 2019; 2021). “통발 변형, Trap(pot) guards/net modification”은 해양포유류가 미끼 또는 목표 종 어획물을 먹지 못하도록 하며 통발에 갇혀 질식사하지 않도록 한다. 막대를 통발 안에 넣고 한쪽 끝이 통발 입구 밖으로 나오게 하여 기각류, 고래류 또는 해달이 통발에 머리를 넣고 미끼나 어획물을 훔치지 못하게 하는 방법도 있다(Goldsworth, 2010). 부이줄을 이용한 어구 양망이 아닌 통발의 아릿줄을 연결하는 모릿줄을 “갈퀴, Grappling”로 낚아채 양승하면 부이줄에 의한 대형 고래 혼획 위험을 없앨 수 있다(FAO, 2018; 2019; 2021). 미국 대서양 대형 고래

포획 저감 계획에서는 고래 지방 접촉 시 “분해되는 로프, Lipid soluble rope”를 사용하여 혼획 고래가 탈출할 수 있다는 개념을 검토하였다(FAO, 2018; 2019). 모릿줄에 다수의 소형 통발을 연결하여 사용하는 어구의 경우, 부이줄 개수를 줄여서 수중에 늘어뜨린 “줄의 개수가 줄어들면, Minimize ratio of vertical lines to units of gear” 대형 고래 혼획 가능성을 감소시킬 수 있다(FAO, 2018; 2021).

트롤

“탈출 장치, Excluder devices”는 목표 어획물은 통과할 수 있지만 해양포유류 또는 그와 비슷한 크기의 동물은 통과할 수 없는 크기의 격자로 구성된다. 격자는 끝자루 앞에 설치되며 포유류는 그물에 설치된 탈출판을 통해 그물 밖으로 나간다. 탈출 장치는 어류, 바다거북, 해양포유류, 바닷새 혼획 저감을 위해 사용 가능하다(Hamer and Goldsworthy, 2006; Hamilton and Baker, 2016; Lyle et al., 2016).

트롤 그물에 진입한 해양포유류 행동을 비디오 모니터링 결과, 고래류는 기각류만큼 탈출 장치의 효과를 보이지 않았다(Baker et al., 2014). “양망 속도, Increase hauling speed”를 높이면 고래류의 어획물 탈취 가능성을 줄일 수 있다. 예를 들어, 호주 물개의 혼획 수는 선속이 정지 상태에서 2.1~3 knots까지는 증가했지만, 양망 속도가 증가함(~11 knots)에 따라 꾸준히 감소하는 경향을 보였다(Tilzey et al., 2006; Cha et al., 2015; Childerhouse et al., 2017).

정치망

정치망에서 거북이 혼획 저감을 위하여 “길그물에 큰 그물코, Large mesh of stationary netting”를 사용한 연구에서 기존의 길그물(대조군)과 비교하여 거북이 혼획이 대폭 줄었으며 목표 어획량(청어, 부세, 셋돔 등)도 유의미하게 줄지 않은 결과를 도출하였다(Silva et al., 2011). 일본 수산청의 정치망 연구회에서 해파리, 참다랑어 혼획 저감에 관련한 연구에서 해양포유류 혼획 저감에 사용할 수 있는 기술 중 하나가 “칸막이 그물, Partition net at the entrance of the cylindrical net”이다. 원통그물 입구에 그물코가 대단히 큰 칸막이 그물을 설치하여 목표 어획 종만이 마지막 원통그물로 통과하고, 혼획된

중은 옆구리로 빠져나가게 만드는 기술이다. “바이패스 그물, by-pass net”은 마지막 원통그물 입구에 설치하며, 이 그물은 3개의 그물이 연결(겹쳐)되어 있으며, 점차적으로 좁아지는 형태이지만, 서로 연결되어 있지 않다. 바이패스 그물은 바깥쪽은 600 mm, 안쪽은 150~300 mm로 구성되어 있어서 어류는 빠져나가지 않게 설계된 것이다. 이 그물은 해파리를 그물에서 탈출시키기 위한 장치이지만, 해양포유류 혼획 저감을 위하여 활용될 수 있다(Set-net technical study group, 2023). 원통그물 천정에 2 m×2 m 그물의 중앙에 탈출구(구멍), 즉 “부드러운 거북이 탈출장치, Soft turtle releasing device”, Soft-TRD를 시도한 연구가 있다. 이 연구는 수조에서 4마리의 바다거북(표준 갑각 길이(SCL): 67.1~72.8 cm)과 5마리의 녹색 거북이(SCL: 42.4~63.4 cm)를 대상으로 모두 성공적으로 탈출시켰다. 정치망에 참다랑어 등이 혼획될 경우 방류하는 기술인데, 이 방류 기술은 혼획된 해양포유류에도 적용될 수 있다(Shiode et al., 2021). “선상 방류는 삼각 혹은 사각형의 뜰채, Dip net”를 사용하여 혼획된 해양포유류만이 원통그물에 남긴 후, 정치망 밖으로 방류시키는 방법이다(Set net technical study group, 2023).

안강망

국립수산과학원이 2016년부터 안강망 어업의 해양포유류 혼획 저감 장치 개발에 착수해 2020년에 어업 현장에서의 시험조업 등 기초적인 연구를 완료하였다(Kim et al., 2015; Lee et al., 2018; 2021; 2022). 해양수산부는 연구 결과를 반영, 안강망 어업에 대한 혼획 저감 장치의 보급을 위한 근거를 마련할 수 있도록 수산업법 시행령을 개정하였다. 따라서 이번 고시 제정으로 어업 현장에서 혼획 저감 장치가 널리 보급되면 안강망에 의한 상괭이의 사망사고가 줄어들 것으로 전망되고 있다.

국내어업에 적용가능한 혼획 저감 방법

5개 어업에서 사용 중인 해양포유류 혼획 저감 방법의 국내 적용 가능 수준은 Table 1에 나타내었다. 혼획 저감 방법 중 진하게 표시한 것이 국내에서 사용할 수 있는 유력한 방법이라고 할 수 있다. 또한, 연구 수행한 국가를 포함한 5개 어업별에 대한 해양포유류의 혼획 저감 방법은 Table 2에 작성하였다.

Table 1. Applicable levels of marine mammal bycatch reduction methods in Korea. Bold indicates feasibly applicable reduction method in domestic

Fisheries type	Methods to reduce bycatch of marine mammals	Applicable level	Note
Gillnet and trap	Weak rope/link	△	Fishermen need to be educated
	Tie-down/low net	×	Decrease catch
	Gear with reduced breaking	×	Concern the gear loss
	Decreased soak time	○	Fishermen need to be educated
	High tension gear	×	Reduce catch and breakage
	Release of bycatch marine mammals	○	Fishermen need to be educated
	Adjusting the placement of fishing tools	×	Difficulty in domestic application
	Visual deterrents	○	Fishermen need to be educated
	Whale-free buoy	△	Requires full government budget support
Gillnet	Acoustic alerting or deterrent devices	△	Requires full government budget support
	Pinger	○	Requires full government budget support
	acoustic harassment devices	△	Requires full government budget support
	Sound of predators or other species	△	Requires full government budget support
	Passive acoustic device	△	Requires full government budget support
	Reduce mesh size, electrical barrier	×	Decrease catch
	Changing the hanging ratio	×	Reduce catch and breakage
	Metal Oxide/Barium Sulfate Net	×	Difficulties in domestic application
	Reduce gill net height	×	Decreased catch
	Removal of floats	△	Some government budget support needed
	Day/Night time operation	×	Considering the operation time/sales time
Trap net	Ropeless fishing	×	Impossible due to increased fishing gear cost
	Sinking or neutrally buoyant ground line	△	Need for government support for increase in fishing equipment
	Entrance and bait well barriers	△	Some government budget support needed
	Whale-release rope	△	Requires full government budget support
	Reducing the use of knots in ropes	○	Fishermen need to be educated
	Stow buoy lines at depth except when hauling	△	Requires full government budget support
	Trap(pot) guards/net modification	○	Large traps such as red snow crab
	Grappling	×	Impossible to operate smoothly
	Lipid soluble rope	×	Difficulties in domestic application
	Minimize ratio of vertical lines to units of gear	○	Impossible in west sea due to large tide change
Trawl	Excluder devices	△	Legal action required
	Increase hauling speed	○	Fishermen need to be educated
Stow net	Escape device	○	Fishermen need to be educated
Set net	Large mesh of stationary netting	△	Need for research on no-change catch
	Partition net at the entrance of the cylindrical net	○	Fishermen need to be educated
	By-pass net	○	Fishermen need to be educated
	Release	○	Fishermen need to be educated

Table 2. Summary on marine mammals bycatch reduction research for five fisheries including nation

Fisheries	Method	Bycatch species	Target species	Nation	Fisheries	Method	Bycatch species	Target species	Nation
Gillnet/trap	Acoustic warning device	Harbor seal, gray seal, California sea lion	Multiple species	Australia	Gillnet	Pinger	Common dolphin	Swordfish, white bellied thresher	New Zealand
Gillnet/trap	Rope color arrangement change	Minke whale		Australia	Gillnet	Pinger	California sea lion	Swordfish, white bellied thresher	New Zealand
Gillnet/trap	Tensile strength reduction gear	North Atlantic right whale, humpback whale, minke whale, Fin whale	Lobsters, crabs, hagfish, common whelk	Sweden	Gillnet	Pinger	Beaked Whale, Pacific white-sided dolphin, Northern right-whale dolphin	Swordfish, white bellied thresher	New Zealand
Gillnet/trap	Pinger	Humpback whale	Behavioral experiment	USA	Gillnet	Pinger	California sea lion, northern elephant seal	Swordfish, white bellied thresher	New Zealand
Gillnet	Pinger	Common dolphin	Multiple species	USA	Gillnet	Pinger	Bottlenose dolphin	Multiple species	New Zealand
Gillnet	Pinger	Striped dolphin	Multiple species	USA	Gillnet	Pinger	Harbor porpoise	Multiple species	New Zealand
Gillnet	Pinger	Indo-Pacific Humpback Whale, Tucuxi, and Hector's Dolphin	Multiple species	USA	Gillnet	Pinger	Burmeister porpoise, Dusky Dolphin	Multiple species	New Zealand
Gillnet	Pinger	Harbor porpoise	Cod	USA	Gillnet	Acoustic alarm	Common dolphin	Cod	Australia
Gillnet	Pinger	Small cetacean	Benthic fish, shark, swordfish, cod	USA	Gillnet	Reduced soaking time	Harbor porpoise	Cod	Tanzania
Gillnet	Vertical shape	Harbor porpoise	Shark, stingray	USA	Gillnet	Low net height	Delphinidae	Multiple species	Peru
Gillnet	Colored net	Penguin	Shallow water swelling	Denmark	Trap	Grappling	All toothed whales	Lobster	USA
Gillnet	Gillnet support line	Harbor porpoise	Shark, stingray	Iceland	Trap	Rope color change	North Atlantic right whale	Lobster, crab, hagfish, common whelk	USA
Gillnet	Pinger	Bottlenose dolphin, Spinner dolphin, Indian Ocean humpback dolphin	Large pelagic species	Iceland	Trap	Minimize vertical line ratio		Lobster, crab, hagfish, <i>Buccinum undatum</i> (common whelk)	USA
Gillnet	Pinger	Burmeister porpoise, Dusky Dolphin, Bottlenose Dolphin, Harbor porpoise, Common Dolphin	Shark, stingray	Pakistan	Trap	Pinger	West Indian Manatee	Captured animal tank experiments	USA

Table 2. Continued.

Fisheries	Method	Bycatch species	Target species	Nation	Fisheries	Method	Bycatch species	Target species	Nation
Trap	Trap Guard/ Seal Escape Device	Gray seal, harbor seal	Cod	Australia	Trawl	Escape Device-soft material	Common Dolphin, Bottlenose Dolphin, Atlantic white-sided dolphin	Bass scale fish, small puffer fish	Australia
Trap	Acoustic warning device	Gray seal, Harbor seal	Salmon	Australia	Trawl	Escape Device-fixed Grid	Common dolphin, bottlenose dolphin	Bass, Brass scale fish	UK
Trap	Trap protector, seal escape device, net tension reinforcement, net layer	Gray seal	Salmon, whitefish	USA	Trawl	Exclusion device	Marine mammal	Sardine, horse mackerel, anchovy, herring, squid	USA
Trap	Fish trap protector	Bottlenose dolphin	Atlantic Blue Crab	USA	Trawl	Code of Conduct	Australian Sea Lion, Fur Seal, New Zealand Sea Lion, Fur Seal, Common Dolphin		North west Africa
Trap	Ground line height adjustment	North Atlantic right whale	Lobster	Europe	Trawl	Rope/net barriers at the entrances of nets	Common dolphin	Sea bass, horse mackerel	Canada
Trap	Ground line height adjustment	North Atlantic right whale	Lobster	Celtic	Trawl	Acoustic warning device	Common dolphin, bottlenose dolphin	Sea bass, anchovies, sardines	Canada
Trawl	Escape fixed grid	Australian fur seal, New Zealand fur seal	Small pelagic fish	New Zealand	Trawl	Marine Mammal Exclusion Device	Marine mammal	Sardine, horse mackerel, anchovy, herring, squid	
Trawl	Escape Device-fixed Grid	New Zealand sea lion	Hoki, Antarctic krill, Arrow Squid	Sweden	Stow net	Exclusion Device	Finless porpoise		Republic of Korea
Trawl	Escape Device-soft Grid	Australian fur seal, New Zealand fur seal	Small pelagic fish	Sweden	Set net	Cylinder ceiling escape	Turtle	Set net fish species	USA
Trawl	Automatic trawl system	Bottlenose dolphin	Benthic scale fish	Europe	Set net	Pinger	Whale (dolphin)	Anglerfish, skate fish	New Zealand
Trawl	Fishing net connection	Australian fur seal, New Zealand fur seal	Hoki (blue hake)	Australia	Set net	Large mesh, by-pass net	Tuna		Japan

결론

미국이 발표한 해양포유류 보호법으로 우리나라 어업이 동등성 평가를 득하지 못하면 수산물 및 수산 가공품의 대미 수출이 전면 금지될 것이다. 우리나라 어업중 특히 5개 어업(끝어구류, 안강망, 자망, 정치망, 통발)에 해양포유류가 빈번하게 혼획되고 있는 실정이다. 따라서, 5개 어업에 대한 국내외 해양포유류의 혼획 저감 기술 및 방법을 웹 검색, 학술 논문, 보고서 등의 자료를 수집하여 통합하고, 어업별 혼획 저감 방법을 분류하여 정리하였다. 우리나라에 적용가능한 혼획 저감 기술은 저자 외 국내 어구 어법 전문가의 자문을 받아 선별하였다. 국내 적용 가능한 저감 방법으로는 자망과 통발에서는 투망 시간 감소와 혼획 후 방류, 시각적 방해 장치와 있고, 자망에서는 핑거, 통발에서는 로프 매듭 개수 줄이기와 로프 재료의 유연성 저감이 있다. 안강망에서는 국립수산물과학원에서 개발한 상괭이 탈출 장치가 있고, 정치망에서는 원통그물 위쪽 탈출 장치, 칸막이 그물, 혼획된 해양포유류를 선상 및 수상에서 방류하는 방법이 있다. 하지만, 혼획 저감 방법(장치)로 인하여 어획량 감소가 우려되는 실정이다. 따라서, 해양포유류 혼획 저감을 적용하기 위하여 어업인 홍보 및 교육이 필요하며 정부로부터 예산 지원이 필요하다고 할 수 있다.

사사

본 연구는 국립수산물과학원 수산시험연구사업(R2023042) 및 해양수산부의 지원에 의해 수행되었습니다. 또한, 이 논문은 부분적으로 2022년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구입니다(20230005).

References

- Baker B, Hamilton S, McIntosh R and Finley L. 2014. Technical review: Development and application of bycatch mitigation devices for marine mammals in mid-water trawl gear. Report prepared for the department of the environment (on behalf of the expert panel) 12 May 2014, 90.
- Cha BJ, Roth R and Cho SK. 2015. Model test to understand shape change of BRD (Bycatch Reduction Device) for demersal trawl of Argentina. J Korean Soc Fish Technol 51, 312-320. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2015.51.3.312>.
- Childerhouse S, Burns T and French R. 2017. Final report for CSP project New Zealand sea lion monitoring at the Auckland Islands 2016/17. Blue planet marine, 24.
- FAO. 2018. Report of the expert workshop on means and methods for reducing marine mammal mortality in fishing and aquaculture operations, 124.
- FAO. 2019. Report of the expert meeting to develop technical guidelines to reduce bycatch of marine mammals in Capture, 84.
- FAO. 2021. Report of the technical guidelines for responsible fisheries fishing operations guidelines to prevent and reduce bycatch, 118.
- Fox DA, Wark K, Armstrong JL and Brown LM. 2011. Gillnet configurations and their impact on Atlantic sturgeon and marine mammal bycatch in the New Jersey Monkfish fishery: Year 1. Final report to NOAA under contract #EA133F-10-RQ-1160, Endeavor Fisheries Inc., 30.
- Gearhart J, Eckert S and Bergman C. 2009. Reducing leatherback (*Dermochelys coriacea*) sea turtle bycatch in the surface gillnet fisheries of Trinidad, West Indies. In: Gilman E, editor. Proceedings of the Technical Workshop on Mitigating Sea Turtle Bycatch in Coastal Net Fisheries. Honolulu, USA., 47-48.
- Hamer DJ and Goldsworthy SD. 2006. Seal-fishery operational interactions: Identifying the environmental and operational aspects of a trawl fishery that contribute to by-catch and mortality of Australian fur seals (*Arctocephalus pusillus doriferus*). Bio Conserv 130, 517-529. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.01.014>.
- Hamilton S and Baker GB. 2016. Current bycatch levels in Auckland Islands trawl fisheries unlikely to be driving New Zealand sea lion (*Phocarcos hookeri*) population decline. Aqua Conserv: Mar and Fresh Eco 26, 121-133. <https://doi.org/10.1002/aqc.2524>.
- Hamilton S and Baker GB. 2019. Technical mitigation to reduce marine mammal bycatch and entanglement in commercial fishing gear: lessons learnt and future directions. Rev Fish Biol Fisheries 29, 223-247. <https://doi.org/10.1007/s11160-019-09550-6>.
- Jung MH, An JE, Mun SR, Oh SY, Yun MK and Hong HS. 2020. A study on the Korean fisheries response in promoting conservation and management of marine

- mammals. Korea maritime institute, 244.
- Kim DN, Sohn HS, An YR, Park KJ, Kim HW, Ahn SE and An DH. 2013. Status of the cetacean bycatch near Korean waters. *Kor J Fish Aquat Sci* 46, 892-900. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2013.0892>.
- Kim PK, Lee KH, Kim DH, Lee GH, An HC, Kim SH and Yang YS. 2015. Estimation of fishing power and fishing capacity on coastal stow net fishery in the Korean waters. *J Korean Soc Fish Technol* 51, 583-591. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2015.51.4.583>.
- Knowlton AR, Richard Malloy J, Kraus SD and Werner TB. 2018. Development and evaluation of reduced breaking strength rope to reduce large whale entanglement severity. Final report to the executive office of energy and environmental affairs, State of Massachusetts, under MMARS# CT EVN 0607160000 000 000 3938, 66.
- Knowlton AR, Robbins J, Landry S, McKenna HA, Kraus SD and Werner TB. 2016. Effects of fishing rope strength on the severity of large whale entanglements. *Conserv Bio* 30, 318-328. <https://doi.org/10.1111/cobi.12590>.
- Kraus S, Fasick J, Werner T and McCarron P. 2014. Enhancing the Visibility of Fishing Ropes to Reduce Right Whale Entanglements. Final report under NOAA Contract Number NA12NMF4720254, from the Bycatch Reduction and Engineering Program of NMFS/NOAA, 9.
- Lee GH, Cho SK, Kim IO, Cha BJ, Jung SJ and Koo MS. 2018. A study on improvement of the lower canvas bar for reducing loss of stow net on anchor. *J Korean Soc Fish Ocean Technol* 54, 271-278. <https://doi.org/10.3796/KSFOT.2018.54.4.271>.
- Lee GH, Kim HY and Song DH. 2021. The opening efficiency difference of guide net in finless porpoise escape device by the type of extension net in stow net. *J Korean Soc Fish Ocean Technol* 57, 271-282. <https://doi.org/10.3796/KSFOT.2021.57.4.271>.
- Lee GH, Song DH and Kim HY. 2022. Characteristics of catch losses in stow nets with finless porpoise excluder devices and a strategy to reduce them. *Regional Studies in Marine Science* 50, 102147. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.102147>.
- Lee SH, Choi SG, Kim JH, Kim HW and Sohn HS. 2018. Characteristics of the cetacean bycatch in Korean coastal waters from 2011 to 2017. *Korean J Fish Aquat Sci* 51, 704-713. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0704>.
- Long KJ, DeAngelis ML, Engelby LK, Fauquier DA, Johnson AJ, Kraus SD and Northridge SP. 2015. Marine mammal non-lethal deterrents: summary of the Technical Expert Workshop on Marine Mammal Non-Lethal Deterrents. Seattle, Washington. NOAA technical memorandum NMFS-OPR 50, 44. <http://doi.org/10.7289/V5/TM-NMFS-OPR-50>.
- Ludwig L, McCarron P, McClellan K and McKenna H. 2016. Review of sinking groundline performance in the Maine lobster fishery, with recommendations for improving its fishability. Final report to the Consortium for Wildlife Bycatch Reduction under Award# NA10NMF4520343 to the New England Aquarium, 44.
- Lyle JM, Wilcox ST and Hartmann K. 2016. Underwater observations of seal-fishery interactions and the effectiveness of an exclusion device in reducing bycatch in a midwater trawl fishery. *Can J of Fish and Aqua Sci* 73, 436-444. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2015-0273>.
- Mackay A and Goldsworthy S. 2017. Experimental field trials to test if alternative sea lion excluder devices (SLEDs) adequately prevent Australian sea lions from entering rock lobster pots. Fisheries Research and Development Corporation and South Australian Research and Development Institute, 27.
- Northridge S, Coram A, Kingston A and Crawford R. 2017. Disentangling the causes of protected-species bycatch in gillnet fisheries. *Conservation Biology* 31, 686-695. <https://doi.org/10.1111/cobi.12741>.
- Partan J and Ball K. 2016. Rope-less fishing technology development. Final grant report to the Consortium for Wildlife Bycatch Reduction under NOAA Award # NA10NMF4520343. NEAq, Boston, MA, 109-152.
- Peckham SH, Maldonado-Diaz D, Lucero J, Montalvo AF and Gaos A. 2009. Loggerhead bycatch and reduction off the Pacific Coast of Baja California Sur, Mexico. In: E. Gilman, editor. Proceedings of the Technical Workshop on Mitigating Sea Turtle Bycatch in Coastal Net Fisheries, 51-53.
- Peckham SH, Lucero-Romero J, Maldonado-Díaz D, Rodríguez-Sánchez A, Senko J, Wojakowski M, and Gaos A. 2016. Buoyless nets reduce sea turtle bycatch in coastal net fisheries. *Conservation Letters* 9, 114-121. <https://doi.org/>

- 10.1111/conl.12176.
- Porsmuguer SB, Banaru D, Boudouresque CF, Dekeyser I and Almarcha C. 2015. Hooks equipped with magnets can increase catches of blue shark (*Prionace glauca*) by longline fishery. *Fish Res* 172, 345-351. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.07.016>.
- Rojas-Bracho L and Reeves RR. 2013. Vaquitas and gillnets: Mexico's ultimate cetacean conservation challenge. *Endangered Species Res* 21, 77-87. <https://doi.org/10.3354/esr00501>.
- Schnaittacher G. 2010. The effects of hanging ratio on marine mammal interactions and catch retention of commercially important finfish species. Final report to NOAA under Contract #EA133F-08-CN-0240, AIS, Inc, New Bedford, MA, USA., 24.
- Schrock EB and Schrock ML. 2011. Thwartable bottom link for buoy line. U.S. Patent 8,028,466 B1 filed April 21, 2009, and issued October 4, 2011. <https://www.freepatentsonline.com/8028466.html>, 8.
- Set net technical study group. 2023. Retrieved from <https://www.jfa.maff.go.jp/j/study/kenkyusidoka/teichi.html>. Accessed 1 Jun 2022.
- Shiode D, Shiozawa M, Hu F, Tokai T and Hirai Y. 2021. A newly developed soft-type turtle releasing device (Soft-TRD) for setnet fisheries, *Aqua and Fish* 6, 359-366. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2020.06.011>.
- Silva RD, DeAlteris, Joseph T and Miliken HO. 2011. Evaluation of a pound net leader designed to reduce sea turtle bycatch. *Aqua Docs* 73, 36-45.
- Smolowitz R and Wiley D. 1999. Development of bottom weak links and buoy line messenger system. 70-93 in Salvador G. and Kenney J. 2002. Large Whale Gear Research Summary (Compilation of various gear studies undertaken by or for NOAA's Northeast Region Gear Team). NOAA/Fisheries, 159.
- Tilzey R, Goldsworthy SD, Cawthorn M, Calvert N, Hamer D, Russell S, Shaughnessy P, Wise B and Stewardson C. 2006. Assessment of seal-fishery interactions in the winter blue grenadier fishery off west Tasmania and the development of fishing practices and Seal Exclusion Devices to mitigate seal bycatch by factory trawlers. Final Report to FRDC, Project no. 2001/008, 78.
- Trippel EA, Holy NL, Palka DL, Shepherd TD, Melvin GD and Terhune JM. 2003. Nylon barium sulphate gillnet reduces porpoise and seabird mortality. *Mar Mammal Sci* 19, 240-243. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2003.tb01106.x>.
- Werner TB, Northridge S, Press KM and Young N. 2015. Mitigating bycatch and depredation of marine mammals in longline fisheries. *ICES J of Mar Sci* 72, 1576-1586. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv092>.