

주요 근해어업의 온실가스 배출량 정량적 분석

배재현 · 양용수 · 김현영 · 황보규¹ · 이춘우² · 박수봉 · 이지훈^{3*}

국립수산과학원 수산공학과 연구원, ¹군산대학교 해양산업운송과학기술학부 교수, ²부경대학교
해양생산시스템관리학부 교수, ³전남대학교 해양기술학부 교수

A quantitative analysis of greenhouse gas emissions from the major offshore fisheries

Jaehyun BAE, Yong-Su YANG, Hyun-Young KIM, Bo-kyu HWANG¹,
Chun-Woo LEE², Subong PARK and Jihoon Lee^{3*}

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

¹Professor, Department of Marine Industry and Shipping Science and Technology, Kunsan National University, Gunsan 54150, Korea

²Professor, Division of Marine Production System Management, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

³Professor, Division of Marine Technology, Chonnam National University, Yeosu 59626, Korea

The concern on the greenhouse gas emissions is increasing globally. Especially, the greenhouse gas emission from fisheries is an important issue from the Paris Climate Change Accord in 2015. Furthermore, the Korean government has a plan to reduce the GHG emissions as 4.8% compared to the BAU in fisheries until 2020. However, the investigation on the GHG emissions from Korean fisheries rarely carried out consistently. Therefore, the quantitative analysis of GHG emissions from Korean fishery industry is necessary as a first step to find a relevant way to reduce GHG emissions from fisheries. The purpose of this research is to investigate which degree of GHG emitted from the major offshore fisheries such as offshore gillnet fishery, offshore longline fishery, offshore jigging fishery and anchovy drag net fishery. Here, we calculated the GHG emissions from the fisheries using the Life Cycle Assessment method. The system boundary and input parameters for each process level are defined for the LCA analysis. The fuel use coefficients of the fisheries are also calculated according to the fuel type. The GHG emissions from sea activities by the fisheries will be dealt with. Furthermore, the GHG emissions for the unit weight of fishes are calculated with consideration to the different consuming areas as well. The results will be helpful to understand the circumstances of GHG emissions from Korean fisheries

Keywords : Life Cycle Assessment (LCA) method, Greenhouse gas emission, Offshore fisheries, Fuel use coefficient

*Corresponding author: jihoon.lee@jnu.ac.kr, Tel: +82-61-659-7123, Fax: +82-61-659-7129

서론

현재 범지구적으로 온실가스 배출에 의한 지구 온난화 문제에 관심이 지속적으로 증가하고 있으며, 다양한 산업으로부터 발생하는 온실가스에 대한 정확한 평가와 배출량 감소를 위한 노력들이 진행되고 있다. 이러한 노력으로서, 1997년 일본 교토에서 개최된 유엔 기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) 당사국 총회에서 채택된 교토의정서에 의하여 의무감축국으로 지정된 선진국에서는 온실가스 감축이 산업 전반에 걸쳐 중요한 문제로 대두되어 많은 연구가 진행되고 있다. 특히, 2015년 프랑스 파리에서 개최된 제 21차 유엔기후변화협약(UNFCCC) 당사국 총회에서 우리나라의 경우 2030년까지 BAU (Business As Usual) 대비 37%를 감축하기로 결정하였으며, 특히 수산부분에서는 2020년 BAU 대비 4.8%의 감축목표를 제시하였다. 따라서, 우리나라 수산업에서의 온실가스 배출을 줄이는 것이 시급한 문제로 대두되고 있다.

수산업에서 발생하는 온실가스를 감소시키기 위한 최근 연구로써, 어업에서 소모되는 에너지 및 탄소배출을 분석한 연구들(Tyedmers, 2001; Ziegler and Hausson, 2003; Thrane, 2004a, 2004b; Hospido and Tyedmers, 2005; Ziegler, 2007; Pelletier and Tyedmers, 2007; Ellingsen et al., 2009; Schau et al., 2009; Winther et al., 2009; Ziegler et al., 2009; Lee et al., 2018a)이 수행되어 왔으며, 연소기관 및 선형을 개선시켜 유류소모량을 감소시키는 연구(Aanondsen, 1997; Sterling and Goldsworthy, 2007; Sterling and Klaka, 2007)와 수산업에서 사용되는 에너지효율을 높이기 위한 연구(Curtis et al., 2006) 및 수치해석방법을 사용하여 어구의 유체역학적 저항이 가장 적은 형태로 어구 설계를 개선하여 유류소모량을 감소시키고자 한 연구(Prior and Khaled, 2009; Lee and Lee, 2010; Lee et al., 2018b)가 진행되었다.

하지만, 우리나라의 경우 수산업의 온실가스 배출의 정량적 분석에 대한 연구는 다른 선진국들에 비해 시작 단계에 있으며, 주로 근해 업종에 대한 연구에 국한되어 있다(Lee et al., 2010a; 2010b). 우리나라의 국가 온실가스 배출통계는 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)가 제시한 기본적인 방법론에 주로 의존하여 추계되고 있으며, 현재 우리나라에서 적용하고

있는 IPCC Guideline의 Tier 1 배출계수 값은 연소기술을 고려하지 않고 에너지 소비에 대한 배출계수를 적용하는 기본 방법론으로, 연소기술과 실제 사용하는 에너지원의 특성을 반영하지 못하므로 실제 배출량과 상당히 다른 결과를 초래할 수 있는 실정이다. 따라서 어업으로부터 배출되는 온실가스의 정량적 평가에 대한 연구가 시급한 실정이다.

본 논문에서는 우리나라 주요 근해어업 중 근해자망, 근해연승, 근해 채낚기, 기선권현망 어업의 연료소모계수를 도출하였으며, 수산업에서의 탄소배출량 분석에 세계적으로 통용되고 있는 전 과정환경영향평가(Life Cycle Assessment: LCA) 방법을 이용하여 주요 근해어업으로부터 배출되는 온실가스를 정량적으로 분석하였다.

재료 및 방법

현재 국제적으로 산업 활동에서 발생하는 온실가스를 정량적으로 분석하기 위한 방법으로 전 과정환경영향평가 방법, 전과정선별(Life Cycle Screening: LCS) 방법, 계측기를 통한 시스템 분석 방법들이 사용되고 있다(Lee et al., 2010a). 본 연구에서는 위 방법들 중 수산업에 접목하기 위하여 세계적으로 많은 연구가 진행되고 있는 전 과정환경영향평가방법을 이용하여 우리나라 주요 근해 어업 중 4개 업종에 대한 온실가스 배출량을 LCA 분석 방법에 의하여 정량적으로 분석하였다.

전 과정환경영향평가(Life Cycle Assessment: LCA)

전 과정환경영향평가는 요람에서 무덤까지의 분석(Cradle to Grave)으로 제품 생산의 전 과정과 전 과정 중 제품 생산의 특정 과정들에 대한 해석(Cradle to Gate, Gate to Gate, Gate to Grave) 등으로 나눌 수 있으며, 그 정의는 목적에 따라 약간의 차이가 있다. 전자의 경우, 원료 획득에서부터 제품 생산, 운송, 사용 및 폐기까지의 제품의 전 과정에서 환경에 미치는 영향을 평가하는 방법이다(Park, 2004). 후자의 경우, 재활용 단계 혹은 폐기물 관리와 같은 단계를 생략하고 그 이전까지 단계에서 발생하는 환경 영향을 평가하는 방법이다.

LCA 방법의 구성은 목적 및 범위 정의, 목록 분석, 영향 평가 그리고 결과 해석의 4가지의 단계로 구성된다(Fig. 1).

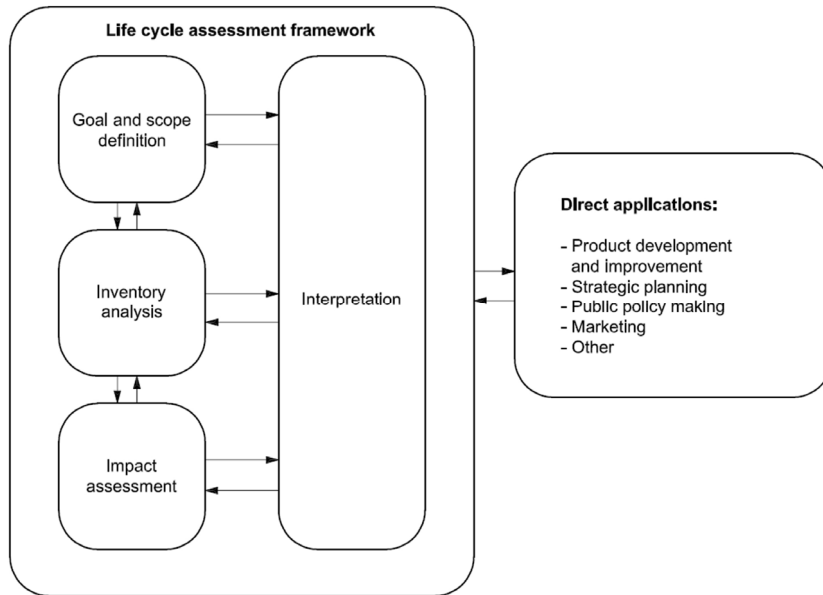


Fig. 1. Stage of an Life Cycle Assessment (ISO, 2006).

첫 번째 요소인 목적 및 범위 정의의 단계에서는 연구의 목적, 범위, 기능 단위 등을 정하여 연구의 범위 및 정도를 설정하는 것이다. LCA는 그 사용 목적에 따라 수집하는 자료, 분석 방법, 결과가 다르기 때문에 우선 LCA를 어떠한 목적으로 사용할 것인가를 명확히 해야 한다(Kim and Kim, 1995). 두 번째 요소인 목록 분석의 요소는 상품, 포장, 공정, 물질, 원료 및 활동에 의해 발생하는 에너지 및 천연원료요구량, 대기 오염 물질 배출, 수질 오염 물질, 고형 폐기물과 기타에 대한 기술적, 자료 구축 과정이다. 세 번째 영향 평가는 목록에서 제시된

항목에 가중치를 제시하는 과정이다. 마지막 요소인 결과 해석 단계에서는 LCA결과를 정책 결정권자 또는 연구자에게 결론과 조언의 형태로 전달시키는 과정이다.

시스템 경계(System boundary)

주요 근해어업의 LCA 분석을 위한 해석의 범위는 앞서 언급한 것과 같이 특정 과정들에 대한 해석(Gate to Gate) 방식을 적용하였으며, 어획물의 포장, 포장지의 폐기 및 수산물의 소비 이후 발생하는 뼈 등과 같은 폐기물에 대한 해석은 본 논문에선 다루지 않았으며, 수산물의

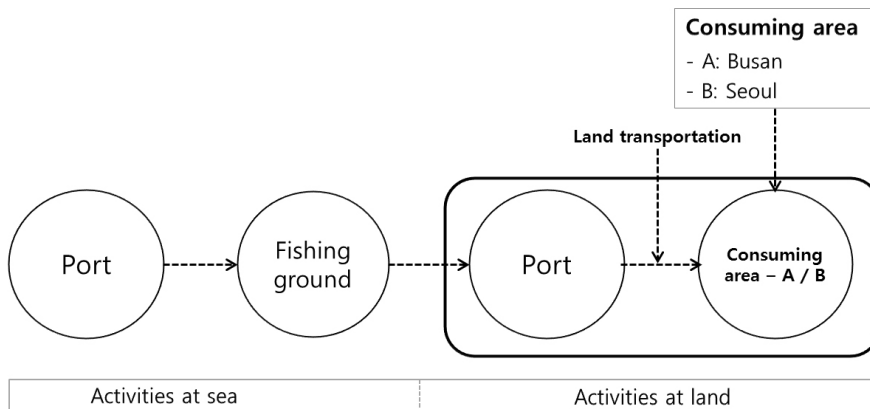


Fig. 2. System boundary of the major Korean offshore fisheries for LCA analysis.

어획 및 유통에 따라 시스템 경계를 구성하였다(Fig. 2). 어선이 항구에서 출항하여 어장으로 이동 및 어획활동을 한 후, 어획물을 항구로 운송하여 하역된 어획물을 가공하지 않고 육상운송 수단을 이용하여 소비지까지 운송하는데 발생하는 온실가스 배출량을 분석하는 경계 방법으로 설정하였다.

육상 운송은 Euro 5 기준(European Commission, 2014)을 충족시키는 3.5~7.5 톤급 클래스의 디젤 트럭을 선정하여 분석하였다. 또한, 해상 운송(제주-부산)은 카페리를 적용하여 분석하였다. 본 연구에서는 각 업종별 하역항구가 상이하여 근해자망의 경우 하역항구를 전남 여수, 근해 연승어업은 제주 서귀포, 근해 채낚기 어업은 경북 포항, 기선권현망 어업은 경남 통영을 하역항구로 선정하였으며, 최종소비지는 부산과 서울로 선정하였다. 근해 연승어업의 경우 제주에서 부산까지는 해상운송 수단(카페리)으로 어획물을 운송하여 부산에서 서울까지는 육상운송 수단으로 운송하여 분석하였다.

할당 방법(Allocation method)

전과정평가를 수행하기 위한 분석 방법 설정에는 질량 할당(Mass-based allocation) 방법과 경제적 할당(Economic allocation) 방법으로 구분할 수 있다. 본 논문에서는 어획량과 유류 사용량의 질량을 이용하였기 때문에 질량 할당 방법을 적용하였다. 질량 할당 방법은 경제적 할당방법이 시간변동에 따른 가격 변동 요소를 고려해야 하기 때문에 경제적 할당방법에 비하여 보다 안정적이며, 쉬운 방법이기 때문이다.

질량 할당 방법에 의한 어획량과 유류 사용량의 상호 관계를 아래의 식으로 나타내었다(Schau et al., 2009).

$$y_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_k a_{ik}} \cdot y_j \tag{1}$$

$$x_{ij} = \frac{y_{ij}}{a_{ij}} = \frac{\sum_k a_{ik} \cdot y_i}{a_{ij}} = \frac{y_i}{\sum_k a_{ik}} \tag{2}$$

여기서, a_{ij} 는 어선 i 를 이용하여 어획된 어종 j 의 질량(kg), k 는 어종, y_j 는 어선 i 를 이용하여 어종 j 를 어획할 때 사용된 유류량(liter), x_{ij} 는 어선 i 를 이용하여 어종 j 를 어획할 때의 유류 소모 계수(liter/kg)이다.

어획량 데이터, 유류 사용량 데이터 및 어선 세력

어획량 데이터 및 어선 세력은 해양수산부 수산정보포털(KFIP, 2018)에서 제공되는 자료를 사용하였으며, 유류 소모량 데이터는 면세유 판매 실적과 유류 사용량이 동일하다는 가정 하에서 면세유 판매실적(수협 유류관리 사업부 기준)을 유류 사용량으로 사용하였으며, 분석에는 최근 5년간(2013~2017년)의 자료를 이용하였다.

전과정평가(Life Cycle Assessment: LCA) 도구

업종별 온실가스 배출량을 분석하기 위하여 네덜란드 PRé Consultants의 SimaPro V8.5.2.0을 이용하였으며, LCA를 수행하기 위한 기초적인 목록(Life Cycle Inventory: LCI)은 스위스 LCI 센터의 Ecoinvent를 이용하였다. 또한 환경에 영향을 주는 정도의 크기를 분석하는 방법으로는 Impact 2002+를 이용하여 전과정평가를 수행하였다.

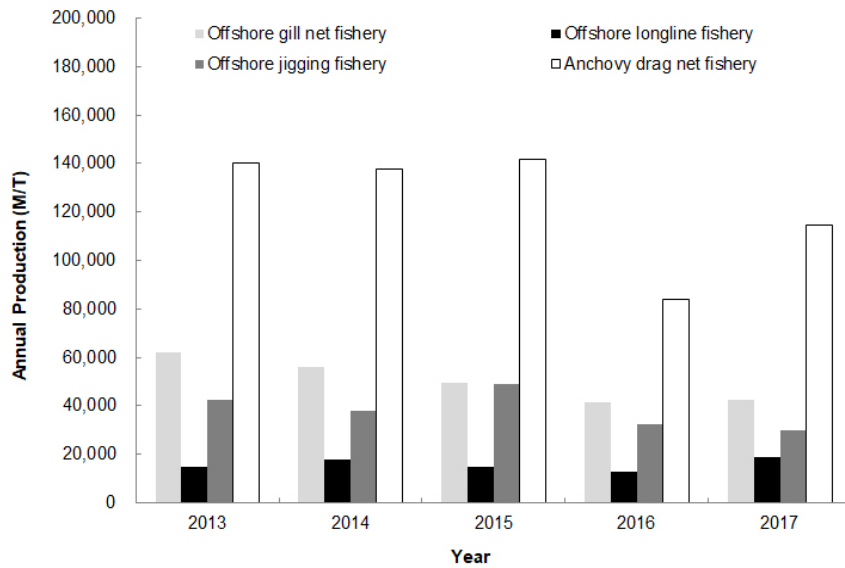
결과 및 고찰

업종별 생산량, 연료사용량 및 연료소모계수

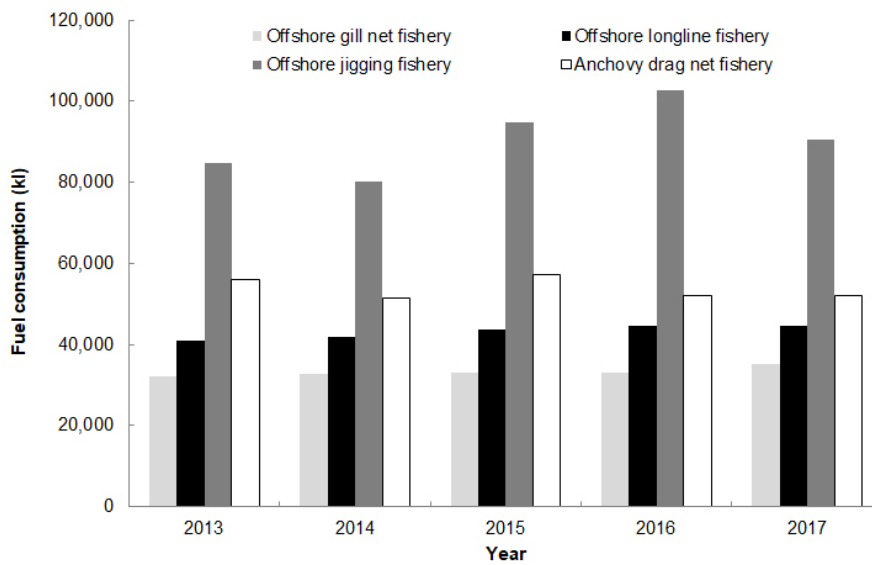
전과정평가를 수행하기 위하여, 최근 5년간의 어획량 데이터(Fig. 3(a))와 면세유 판매실적(Fig. 3(b))을 기준으로 유류소모계수를 질량 할당방법을 이용하여 계산한 결과는 Table 1과 같다.

근해연승어업의 경우 2013년부터 2017년까지 생산량이 변동하는 측면은 있으나 점차 증가하는 추세를 보였으며 근해자망, 근해채낚기, 기선권현망어업의 경우 2013년에 비하여 2017년에 생산량이 많이 감소한 경향을 보였다. 또한, 본 논문에서 선택한 주요 근해어업 근해자망과 근해채낚기 어업은 생산량은 감소한 반면 유류사용량은 지속적으로 증가하였으며, 근해 연승어업 또한 유류 사용량이 지속적인 증가 추세를 보였다. 하지만, 기선권현망어업은 생산량 및 유류사용량이 지속적으로 감소하는 추세를 보였다.

단일 업종 내에서 어종별 어획노력량은 동일하기 때문에 Table 1에 제시된 유류 소모 계수를 단일 업종의 다양한 어종에 동일하게 적용할 수 있다.



(a)



(b)

Fig. 3. Annual production (a) and annual fuel consumption (b) by offshore gillnet fishery, offshore longline fishery, offshore jigging fishery and anchovy drag net fishery during 2013 to 2017.

Table 1. Fuel use coefficient for offshore gillnet fishery, offshore longline fishery, offshore jigging fishery and anchovy drag net fishery during the period 2013-2017

Fishery	Fuel consumption coefficient (liter/kg)				
	2011	2012	2013	2014	2015
Offshore gill net fishery	0.515	0.586	0.666	0.796	0.830
Offshore longline fishery	2.759	2.349	2.934	3.486	2.392
Offshore jigging fishery	1.988	2.119	1.941	3.179	3.018
Anchovy drag net fishery	0.401	0.374	0.404	0.618	0.456

업종별 단위 어획량당 온실가스 배출량

앞서 도출된 업종별 유류 소모계수(Table 1)를 통하여 전과정평가 방법으로 최근 5년간(2013~2017년)의 근해자망, 근해연승, 근해채낚기, 기선권현망어업에 의하여 어획된 1 kg의 어획물을 부두에 하역하기까지의 발생되는 온실가스를 분석 및 계산하였다(Fig. 4).

분석 결과 해당업종에서 배출되는 온실가스량은 근해채낚기, 근해연승, 근해자망, 기선권현망 순으로 높게 나타났다. 근해자망어업의 경우 5년간 온실가스 배출량이 지속적으로 증가하는 경향을 보였으며, 근해연승어업을 제외한 타 업종의 경우 2013년에 비하여 2017년에 온실가스 배출량이 증가한 것으로 분석되어 온실가스 감축을 위한 노력이 필요한 것으로 분석되었다. 또한,

근해자망과 기선권현망어업의 경우 2013년 대비 2017년 배출량이 증가한 것으로 분석되었으며, 근해연승과 근해채낚기어업은 소폭 감소한 것으로 감소한 것으로 분석되었다. 특히, 근해연승어업과 근해채낚기어업이 타 업종에 비하여 약 5배가량 많은 온실가스를 배출하는 것으로 분석되어 온실가스 배출 측면과 어업효율 측면에서 매우 부정적인 경향을 나타내었다.

업종별 연간 온실가스 배출량

1 kg 어획을 통하여 배출되는 온실가스 배출량 결과 및 연간 어획물 생산량을 바탕으로 업종별 연간 온실가스 배출량을 분석 및 계산하였다(Fig. 5). 분석 결과 연간 온실가스 배출량은 근해채낚기, 기선권현망, 근해연승,

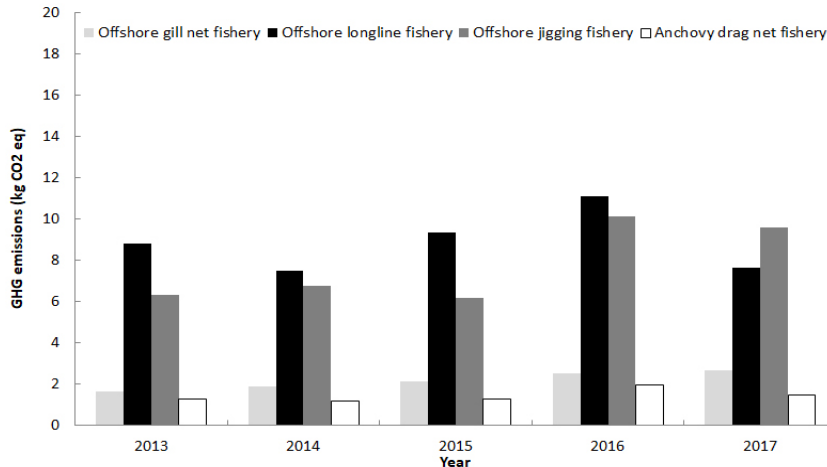


Fig. 4. GHG emissions for producing 1 kg of round weight fish at landing port from the major Korean offshore fisheries from 2013 to 2017.

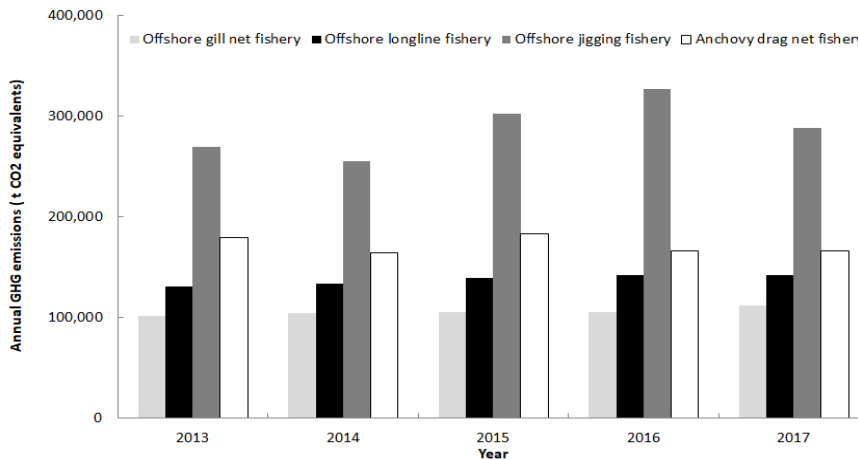


Fig. 5. Annual GHG emissions from the major offshore fisheries from 2013 to 2017.

근해자망어업 순으로 높게 분석되었다.

분석결과에 따르면, 근해자망어업을 제외한 타 업종에서는 연간 온실가스 배출량이 증가와 감소하는 경향을 보였으나, 근해자망어업에서는 증가폭이 작지만 지속적으로 증가하는 경향이 나타났으며, 근해채낚기어업이 타 업종에 비하여 약 3배가량 많은 온실가스를 배출하는 것으로 분석되었다. 근해채낚기어업을 제외한 타 업종에서는 연간 온실가스 배출량에 큰 변화가 없는 것으로 분석되었다.

2013년 기준으로 근해자망, 근해연승, 근해채낚기, 기선권현망어업의 연간 온실가스 배출량은 각각 10.2×10^4 t CO₂ eq., 13.04×10^4 t CO₂ eq., 26.95×10^4 t CO₂ eq., 17.92×10^4 t CO₂ eq. 로 분석되었으며, 2017년 기준 각각 11.2×10^4 t CO₂ eq., 14.22×10^4 t CO₂ eq., 28.85×10^4 t CO₂ eq., 16.58×10^4 t CO₂ eq. 로 분석되어 기선권현망업종을 제외한 타 업종들에서 전반적으로 연간온실가스 배출량이 증가한 것으로 분석되었다.

업종별 적당 연간 온실가스 배출량

업종별 적당 연간 온실가스 배출량을 전과정평가 방법에 의하여 분석한 결과, 근해 채낚기 업종에서 선박당 가장 많은 온실가스를 배출하는 것으로 분석되었다(Fig. 6). 2013년 기준으로 근해채낚기, 기선권현망, 근해연승, 근해자망 순으로 온실가스를 많이 배출하는 것으로 분석

되었으며, 2016년 기준으로 근해채낚기, 근해연승, 기선권현망, 근해자망 순으로 온실가스를 많이 배출하는 것으로 나타나 2014~2016년의 선박당 온실가스 배출량에서 기선권현망과 근해연승의 배출량이 2013년과 비교하여 역전되는 결과를 나타내었다. 2017년은 업종별 등록어선수에 데이터 취득이 불가하여 분석에서 제외하였다. 근해채낚기업종의 경우 타 3개 업종에 비하여 약 1.4배에서 2.6배 정도 높게 온실가스를 배출하는 것으로 분석되었다. 따라서 근해채낚기 어선의 조업효율을 개선하여 유류소모량을 절감시킬 필요가 있을 것으로 판단된다.

단위 중량을 최종 소비지까지 운송하는데 배출되는 온실가스량

각 업종별(근해자망, 근해연승, 근해채낚기, 기선권현망) 어획물을 항구에 양륙한 후 가공 처리를 하지 않은 상태로 본 연구에서 선택된 소비지인 부산(항구에서 189(육상운송), 272(해상운송)/12(육상운송), 131, 97 km)과 서울(하역항구로부터 357, 272(해상운송)/400(육상운송), 363, 380 km)로 운송하였을 때 최종 소비지까지 어획물이 도달하는데 발생하는 온실가스 배출량을 정량적으로 분석하였다(Fig. 7). 최종 소비지인 부산과 서울로 육상 운송 수단에 의하여 운송하였을 때 소비지에 도착하는 데까지 배출되는 총 온실가스 배출량과 운송

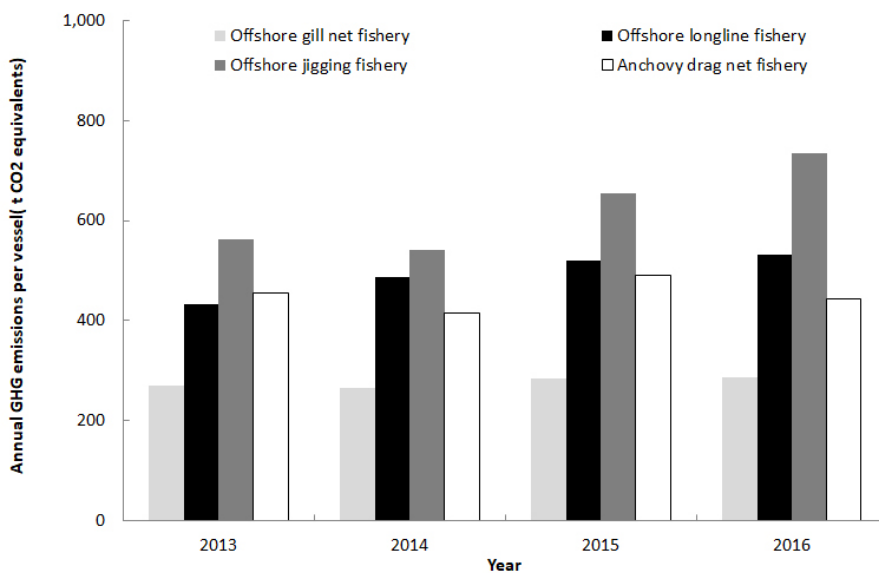
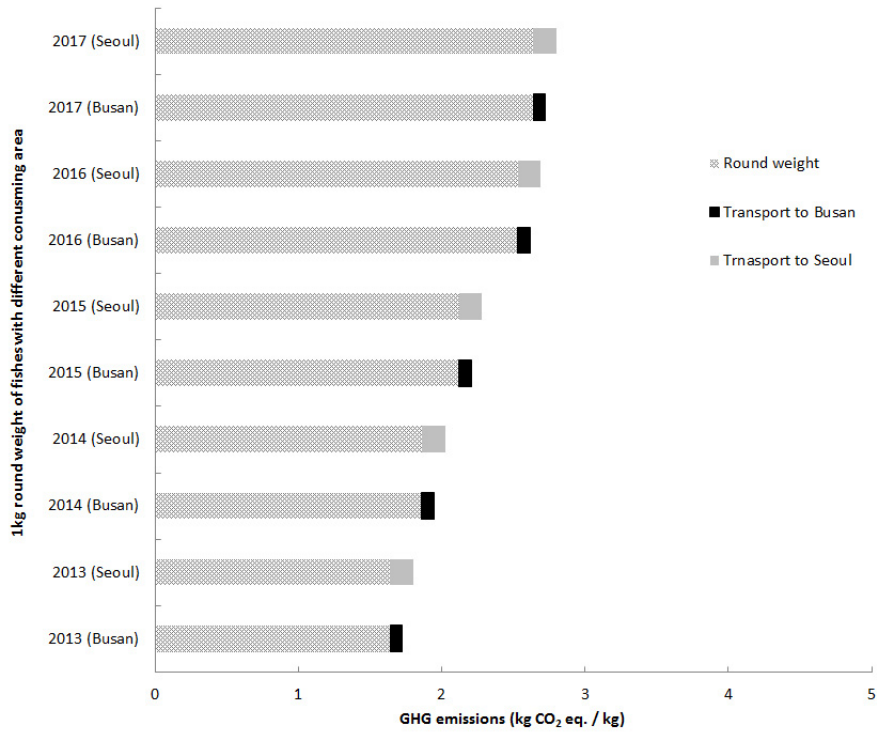
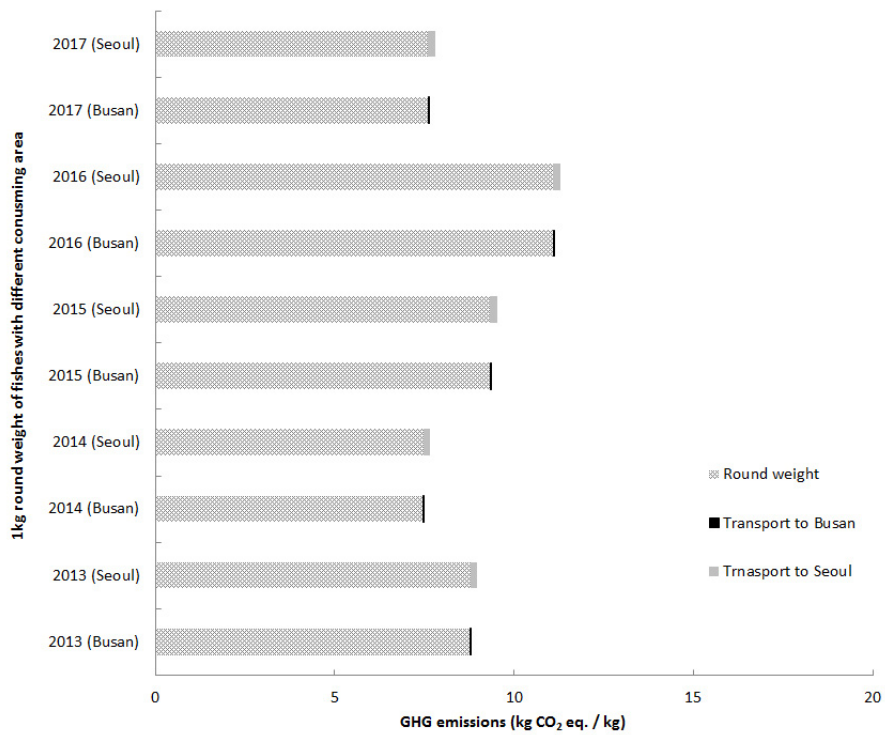


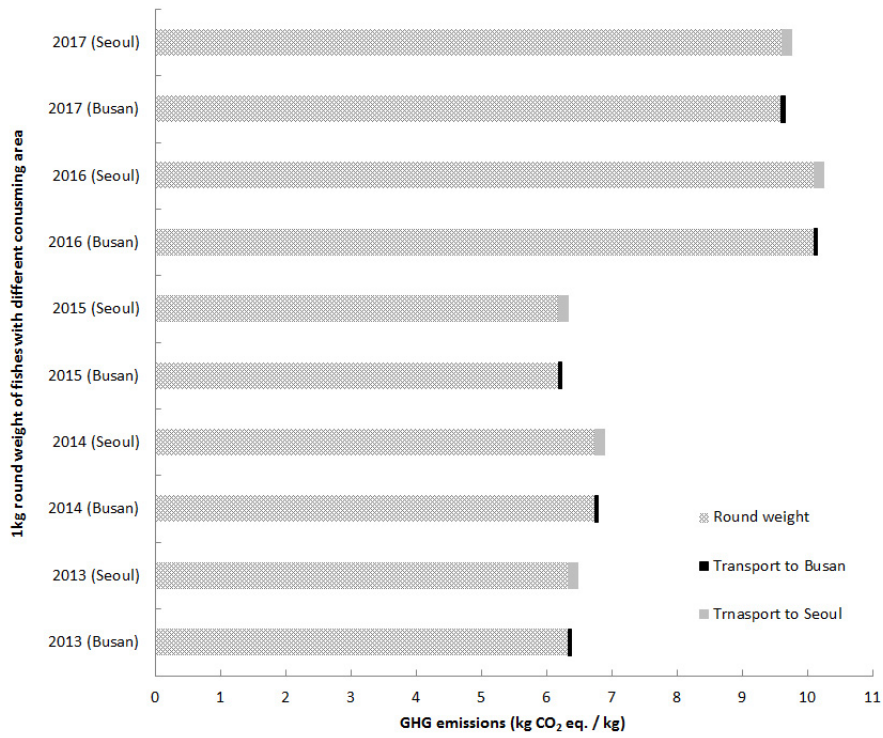
Fig. 6. Annual GHG emissions by per vessel from 2013 to 2016.



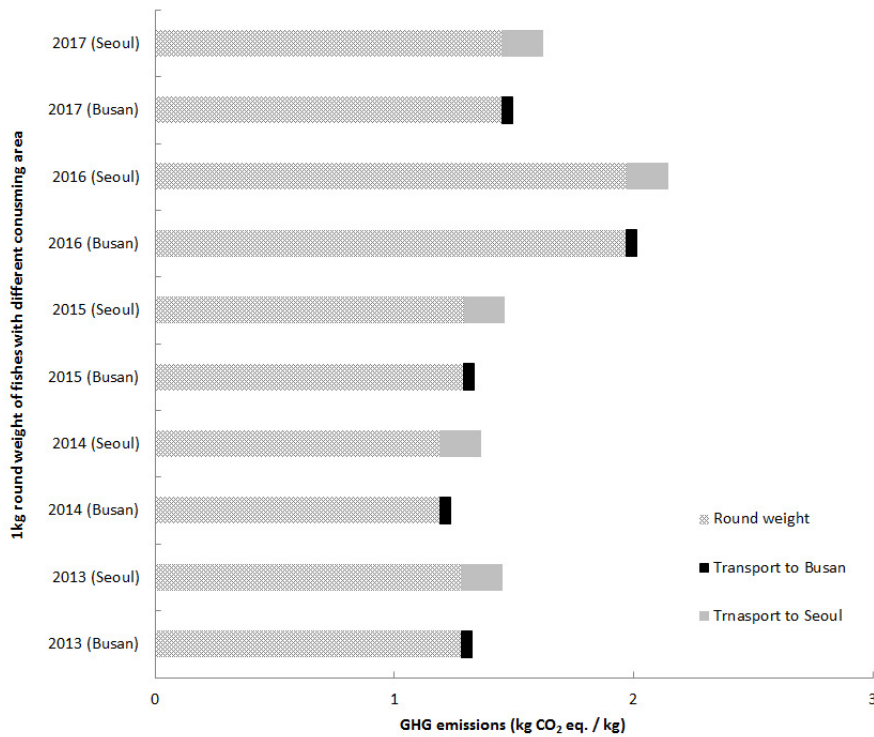
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 7. GHG emissions for 1kg round weight of fishes caught by (a) offshore gillnet fishery, (b) offshore longline fishery, (c) offshore jigging fishery, and (d) anchovy drag net fishery at the different consuming areas (Busan and Seoul) from 2013 to 2017.

과정에서 배출되는 온실가스량을 분리하여 분석하였다. 단위 중량을 두 곳의 소비지까지 운반하는 과정에서 배출되는 온실가스량은 부산, 서울까지 각 업종별로 각각 0.0865, 0.00997, 0.06, 0.0444 kg CO₂ eq. (부산), 0.163, 0.18747, 0.166, 0.174 kg CO₂ eq. (서울)만큼 발생되었다. 동일 지역으로 운송되는 단위 중량의 어획물은 연도별 유류 소모계수에 가장 큰 영향을 받는 것으로 분석되었다. 따라서 항구에 단위 어획중량을 하역할 때까지 발생하는 온실가스 배출량은 근해채낚기, 근해연승, 근해자망, 기선권현망어업의 순으로 높게 나타났다.

분석 결과 운송활동(육상 및 해상)에서 배출되는 온실가스량은 어획활동에서 배출되는 온실가스량에 비하여 매우 적은 양을 차지하는 것으로 분석되었다. 따라서 운송활동보다는 어획활동에 따른 온실가스 배출 최소화에 초점을 맞출 필요가 있다. 어획활동에서 온실가스배출량을 감소시키기 위하여서는 기술적인 측면과 행동적 측면 및 관리 측면을 모두 적용하여야 할 것으로 판단된다.

먼저 기술적 측면에서는 현재 배출량보다 더 줄이기 위하여 유수저항을 덜 받는 선체의 적용, 그리고 보다 고효율의 추진 시스템을 적용하여 운항과정에서의 배출량을 감소시킬 수 있을 것으로 판단되며, 또한 조업시스템 개선(에너지 절감형 기기 및 에너지 저감형 어구)을 통하여 조업과정에서의 온실가스 배출을 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다. 이 중 유수저항을 덜 받는 선체를 적용하기 위하여 필요한 어선 교체 비용을 산정한 결과 근해 자망(366척, 2016년 기준)의 경우 적당 27억원으로 모든 선박을 교체한다면 약 1조원, 근해연승(267척, 2016년 기준)의 경우 적당 23억원으로 모든 선박을 교체한다면 약 6천 100억원, 근해 채낚기(445척, 2016년 기준)의 경우 적당 약 28억원으로 모든 선박을 교체한다면 약 1.25조원, 기선권현망(374척, 2016년 기준)의 경우 적당 약 12.7억원으로 모든 선박을 교체한다면 약 4750억원의 예산이 필요한 것으로 나타났는데, 이 비용은 새로운 선체 적용에 의한 온실가스 배출량 저감율을 약 6%에 비해 매우 과도한 수준이다. 이에 대한 대안으로 배출권 거래시장(KRX, 2018)에서의 탄소배출량을 구입(22,600 원/ton: 2018년 8월 6일 기준)하여 상쇄시키는 방안도 존재하지만, 만약 탄소거래권을 구입하여 상쇄시킨다면 향후 국제적인 배출량 산정시 할당량이 점차 줄어들어 적합한 방안이 아닌 것으로 판단된다. 그러므

로 새로운 선체 적용보다는 고효율 추진 시스템이나 조업 시스템 개선에 초점을 맞춘 연구가 수행되어야 할 것으로 생각된다.

또한, 행동적 측면에서는 지금보다 더 가까운 어장을 찾아 어장으로 이동거리를 단축하는 방안과 항구에서 어장으로 운항하는 과정에서 현재의 선속을 감소시켜 온실가스 배출량을 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다. 특히, 환경부 국립환경과학원에서 도출한 어선 엔진 부하별 연장 측정 결과(Choi et al., 2016)를 고려하여 근해 어선(디젤 43 ton급)이 현재 항구와 어장을 이동할 때 운항부하를 약 300 rpm 정도 감소시키면 운항과정에서 배출되는 온실가스량의 약 30% 정도 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다. 이를 유류사용량으로 환산한다면, 근해자망, 근해연승, 근해채낚기, 기선권현망 어업에서 각각 연간 약 10,567 kl, 13,409 kl, 27,212 kl, 15,642 kl를 절감할 수 있을 것으로 판단된다. 마지막으로 관리적 측면에서는 단위 노력당 어획량(CPUE: Catch Per Unit Effort)을 증가시키는 방법과 어획 할당방법을 통하여 온실가스 배출량을 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다. 하지만 관리적 측면의 경우 단위 노력당 어획량과 어획 할당 방법을 적용함에 있어 자원의 상태를 고려하여 적절한 수준에서 적용하는 것이 적합할 것으로 판단되어 이에 대하여는 향후 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

결론

본 논문은 주요 근해어업의 온실가스 배출량을 정량적으로 파악하기 위해서 전과정환경영향평가방법을 이용하여 최근 5년간의 생산량 및 에너지 사용실태를 조사하여 유류소모계수를 도출하고 국내 수산물 소비패턴을 고려한 시스템경계를 도출하였다. 또한 소비지역에 따른 요소를 고려하여 온실가스 배출량을 정량적으로 분석하였다. 분석 결과 단위 어획량당 온실가스 배출량은 근해채낚기, 근해연승, 근해자망, 기선권현망어업의 순으로 높게 나왔으며, 업종별 연간온실가스 배출량 측면에서는 근해채낚기, 기선권현망, 근해연승, 근해자망어업의 순으로 높게 나타났다. 특히 근해채낚기어업으로부터 배출되는 연간 온실가스량이 타 업종에서 배출되는 연간 온실가스량에 비하여 약 3배 높은 것으로 분석되어, 온실가스 배출량을 감축하기 위하여 많은 노력이

필요할 것으로 판단된다. 또한, 온실가스 배출량은 소비 지역이 어획물 하역위치와 근접할수록 낮음을 확인할 수 있었다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원(R2019035)의 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- Aanonsen SA. 1997. Life cycle assessments of environmental performance used as a tool in ship design (In Norwegian: Livsløpsanalyser for beregning av miljøpåvirkning brukt som verktøy ved prosjektering av skip). M.Sc. Thesis, Department of Marine Technology, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway. 1-56.
- Choi SJ, Hong YS, Park GJ, Lee GS, Kim PS and Cho DH. 2016. A study on the development of air pollutants and greenhouse gases emission factor and emission estimation from the domestic costal shipping (Ⅲ). National Institute of Environmental Research R&D Report. 1-127.
- Curtis HC, Graham K and Rossiter T. 2006. Options for improving fuel efficiency in the UK fishing fleet. Sea Fish Industry Authority & European Community. 1-48.
- Ellingsen H, Olaussen JO and Utne IB. 2009. Environmental analysis of the Norwegian fishery and aquaculture industry - A preliminary study focusing on farmed salmon. *Mar Policy* 33, 479-488. (DOI:10.1016/j.marpol.2008.11.003)
- European Commission. 2014. <http://ec.europa.eu>. URL http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/automotive/environment/euro5/index_en.htm, Accessed October 2018.
- Hospido A and Tyedmers P. 2005. Life cycle environmental impacts of Spanish tuna fisheries. *Fish Res* 76, 174-186. (DOI:10.1016/j.fishres.2005.05.016)
- KFIP. 2018. <http://www.fips.go.kr>. URL http://www.fips.go.kr/jsp/sf/ss/ss_law_kind_list.jsp?menuDepth=070105, Accessed October 2018.
- Kim SH and Kim DM. 1995. A study on methodology and application of the Life Cycle Assessment. *J Korea Soc Waste Manag* 12(1), 145-152.
- KRX. 2018. <http://www.krx.co.kr>. URL <http://marketdata.krx.co.kr/mdr/#document=070301>, Accessed August 2018.
- Lee CW, Kim HS and Lee J. 2010a. Research of Low-carbon emission marine production technology. *Land Transport and Maritime R&D Report*. 1-573.
- Lee J, Kim TH, Ellingsen H, Hognes ES and Hwang BK. 2018a. Energy consumption and greenhouse gas emission of Korean offshore fisheries. *J Ocean Univ China* 17(3), 675-682 (DOI:10.1007/s11802-018-3511-0)
- Lee J and Lee CW. 2010. Low-Carbon trawl design with analysis of a gear drag and calculation of construction costs using numerical methods. *J Kor Soc Fish Tech* 46(4), 313-323. (DOI:10.3796/KSFT.2010.46.4.313)
- Lee DW, Lee JB, Kim YH and Jung SG. 2010b. Calculation of carbon dioxide emissions by South Korea's fishery industry. *Kor J Fish Aquat Sci* 43(1), 78-82. (DOI:10.5657/kfas.2010.43.1.078)
- Lee J, Lee CW, Park SH, Kim JE, Park SB and Kim TH. 2018b. Development of a low-energy midwater trawl with different combinations of trawl nets and trawl doors through model experiments. *Fish Sci* 84, 323-334. (DOI:10.1007/s12562-017-1158-1)
- Park KH. 2004. Development of triple bottom line integrated model for environmental, economic and social evaluation of construction project. Ph.D. Thesis, Department of environmental engineering, Inha University, Korea. 1-237.
- Pelletier N and Tyedmers P. 2007. Feeding farmed salmon: Is organic better?. *Aquaculture* 272, 399-416. (DOI:10.1016/j.aquaculture.2007.06.024)
- Prior D and Khaled R. 2009. Optimisation of trawl energy efficiency under fishing effort constraint. In Proc. Of the 9th International Workshop "DEMaT09", Nara, Japan.
- Schau EM, Ellingsen H, Endal A and Aanonsen SA. 2009. Energy consumption in the Norwegian fisheries. *J Cleaner Prod* 17, 325-334. (DOI:10.1016/j.jclepro.2008.08.015)
- Sterling D and Goldsworthy L. 2007. Energy efficient fishing: A 2006 review - Part A - Alternative fuels and efficient engines. Australian Government - Fisheries Research and Development Corporation report. 1-52.
- Sterling D and Klaka K. 2007. Energy efficient fishing: A 2006 review - Part B - Hull characteristics and efficiency. Australian Government - Fisheries Research and Development Corporation report. 1-27.

- Thrane M. 2004a. Environmental impacts from Danish fish products - Hot spots and environmental policies. Ph.D. Thesis, Department of Development and Planning, Aalborg University, Denmark. 1-535.
- Thrane M. 2004b. Energy consumption in the Danish fishery: identification of key factors. *J Ind Ecol* 8, 223-239. (DOI:10.1162/1088198041269427)
- Tyedmers P. 2001. Energy consumed by North Atlantic fisheries. Fisheries Centre Research Report. In: Zeller D, Watson R, Pauly D, editors. Fisheries impacts on North Atlantic ecosystems: catch, effort and national/regional datasets, 9:3, Vancouver: Fisheries Centre, University of British Columbia, 12-34.
- Winther U, Ziegler F, Hognes ES, Emanuelsson A, Sund V and Ellingsen H. 2009. Carbon footprint and energy use of Norwegian seafood products. SINTEF Fisheries and Aquaculture Report. 1-89.
- Ziegler F. 2007. Environmental life cycle assessment of seafood products from capture fisheries. *Int J Life Cycle Assess* 12, 61. (DOI:10.1065/lca2006.11.286)
- Ziegler F, Eichelsheim JL, Emauelsson A, Flysjö A, Ndiaye V and Thrane M. 2009. Life Cycle Assessment of southern pink shrimp products from SENEGAL: An environmental comparison between artisanal fisheries in the Casamance region and a trawl fishery based in Dakar. FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1044. 1-32.
- Ziegler F and Hausson PA. 2003. Emissions from fuel combustion in Swedish cod fishery. *J Cleaner Prod* 11, 303-314. (DOI:10.1016/S0959-6526(02)00050-1)
-
2018. 12. 26 Received
 2019. 01. 08 Revised
 2019. 02. 11 Accepted