

## 전과정평가 방법에 의한 외끌이 대형기선저인망 어업의 온실 가스 배출량의 정량적 분석

이지훈 · 이춘우<sup>1\*</sup> · 김지은<sup>2</sup>

전남대학교 해양기술학부, <sup>1</sup>부경대학교 해양생산시스템관리학부, <sup>2</sup>전남대학교 수산과학과

### A Quantitative Analysis of Greenhouse Gas Emissions from the Danish Seine Fishery using Life Cycle Assessment

Jihoon Lee, Chun-Woo Lee<sup>1\*</sup> and Jieun Kim<sup>2</sup>

*Division of Marine Technology, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea*

*<sup>1</sup>Division of Marine Production System Management, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea*

*<sup>2</sup>Department of Fisheries Science, Graduate School, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea*

The fishing industry has a negative effect on the environment due to greenhouse gas (GHG) emissions with the high use of fossil fuels, the destruction of underwater ecosystems by bottom trawls, reduction in resources by fishing, and altered ecosystem diversity. GHG emissions from fisheries were discussed at the Cancún meeting in Mexico in 1992 and are part of the Kyoto protocol in 2005. However, few studies have investigated the GHG emissions from Korean fisheries. To find a way to reduce GHG emissions from fisheries, quantitative analysis of GHG emissions from the Korean fishery industry is needed. Therefore, this study investigated the GHG emissions from the Korean Danish seine fishery using the life cycle assessment (LCA) method. The system boundary and input parameters for each process level are defined for the LCA analysis. The fuel-use coefficient of the fishery is also calculated. The GHG emissions from the representative fish caught by the Danish seine fishery are considered and the GHG emissions for the edible weight of fishes are calculated, considering consumption in different areas and different slaughtering processes. The results will help to understand the GHG emissions from Korean fisheries.

Key words: Life Cycle Assessment (LCA) method, Greenhouse gases emission, Danish seine fishery, Fuel use coefficient

### 서론

현재 세계적으로 온실 가스 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, 2012년 시한이 만료

되는 교토의정서를 대신할 새로운 협정을 위하여 2009년 코펜하겐에서 제 15차 유엔기후변화협약(UNFCCC) 당사국 총회가 개최되었으나, 당사국들의 이해관계가 첨예하게 대립되어 합의에 이르지 못하였으나, 2010년 멕시코 칸쿤에서 개최된 제 16차 유엔기후변화협약 당사국 총회에서 기존 코펜하겐협약의 내용에 합의하게 되었다. 이 협약에 의하면 우리나라의 경우 의무감축국에선 제외되었으나, 자발적 제한 관리국으로 선언하게 되었다. 이러한 자발적 제한 관리국 선언에 따라 우리나라의 경우 2013년 이후부터 감축 목표 제시 및 탄소소세 도입을 검토하고 있어서 우리나라 또한 산업 전반에 걸쳐 온실가스 배출을 줄이는 것이 시급한 문제로 대두되었다.

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2015.0200>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Korean J Fish Aquat Sci 48(2) 200-206, April 2015

Received 25 February 2015; Revised 3 April 2015; Accepted 7 April 2015

\*Corresponding author: Tel: +82. 51. 629. 5891 Fax: +82. 51. 629. 5886

E-mail address: cwlee@pknu.ac.kr

수산업에서의 탄소 배출문제는 1992년 멕시코 칸쿤회의에서 책임어업의 주요 문제로 제기되었고, 교토의정서상 의무감축국인 선진국에서는 수산업분야의 온실 가스 감축에 대한 많은 연구가 진행되어왔다. 특히, 현대 어업에서의 수산물 생산은 생산된 수산물의 영양 에너지에 비해 생산에 소비되는 에너지 양이 높아 실제적으로는 에너지의 손실이 많은 것으로 지적되고 있다(Tyedmers, 2004; Ellingsen and Aanondsen, 2006).

수산업에서 발생하는 온실 가스를 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; Ellinsen et al., 2009; Schau et al., 2009; Winther et al., 2009; Ziegler et al., 2009)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 유류 소모량을 감소시키고자 한 연구(Prior and Khaled, 2009; Lee and Lee, 2010)가 진행되었다.

그러나, 우리나라의 경우 수산업의 온실 가스 배출의 정량적 분석에 대한 연구는 다른 선진국들에 비해 시작 단계에 있다(Lee et al., 2010a, b). 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 연소 기술을 고려하지 않고 에너지 소비에 대한 배출계수를 적용하는 기본 방법론으로, 연소 기술과 실제 사용하는 에너지원의 특성을 반영하지 못하므로 실제 배출량과 상당히 다른 결과를 초래할 수 있는 실정이다.

수산업에서의 온실가스 배출 문제는 환경오염 측면뿐만 아니라 고유가 시대에는 수산 업계에 경제적인 부담을 가중시키며, 온실가스 배출로 인하여 앞으로 야기될 수 있는 수산물에 대한 무역 장벽을 해소하기 위하여서는 수산업으로부터 발생하는 온실 가스의 정량적 평가에 대한 연구가 시급한 실정이다.

이 논문에서는 우리나라 주요 업종 중 외끌이 대형기선저인망 어업으로 배출되는 온실 가스량을 전과정평가 방법에 의하여 정량적으로 분석하여 단위어획량당 온실 가스 배출량, 식용순 중량당 온실가스 배출량, 연간 온실 가스 배출량을 도출하고자, 연료소모계수를 도출하였으며, 수산업에서의 탄소 배출량 분석에 세계적으로 통용되고 있는 ISO 14044기반의 전과정평가(life cycle assessment, LCA) 방법을 이용하여 외끌이 대형기선저인망어업으로부터 배출되는 온실 가스를 정량적으로 분석하였다.

## 재료 및 방법

현재 국제적으로 산업 활동에서 발생하는 온실 가스를 정량적으로 분석하기 위한 방법으로 전과정평가(LCA) 방법, 전과정선별(life cycle screening, LCS) 방법, 계측기를 통한 시스템 분석 방법들이 사용되고 있다(Lee et al., 2010a). 이 연구에서는 위 방법들 중 수산업에 접목하기 위하여 세계적으로 많은 연구가 진행되고 있는 전과정평가 방법을 이용하여 우리나라 주요 어업 중 하나인 외끌이 대형기선저인망 어업에 대한 온실 가스 배출량을 LCA 분석 방법에 의하여 정량적으로 분석하였다.

### 전과정 환경영향평가(LCA)

전과정 환경영향평가는 요람에서 무덤까지의 분석(cradle to grave)으로 정의되고 있는 LCA는 전과정(cradle to grave)과 전과정 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(goal and scope definition), 목록 분석(inventory analysis), 영향 평가(impact assessment) 그리고 결과 해석(interpretation)의 4가지의 단계로 이루어진다(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 천연원료 요구량, 대기 오염물질 배출, 수질 오염물질, 고형 폐기물과 기타에 대한 기술적, 자료 구축 과정이다. 세 번째 영향 평가는 목록에서 제시된 항목에 가중치를 제시하는 과정이다. 마지막 요소인 결과해석 단계에서는 LCA 결과를 정책 결정권자 또는 연구자에게 결론과 조언의 형태로 전달시키는 과정이다.

### 시스템 경계(System boundary)

외끌이 대형기선저인망어업의 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 이 논문에선 다루지 않았으며, 수산물의 어획, 유통 및 소비 형태에 따라 3가지의 시나리오로 시스템 경계를 구성하였다(Yang et al., 2015). 첫 번째 시나리오는 어선이 항구에서 출항하여 어장으로 이동 및 어획 활동을 한 후, 어획물을 항구로 운송하여 하역된 어획물을 가공하지 않고 육상 운송수단을 이용하여 소비지까지 운송하는 데 발생하는 온실 가

스 배출량을 분석하는 경계 방법(시나리오 1), 두 번째 시나리오인 어선이 항구에서 출항하여 어장으로 이동 및 어획 활동을 한 후, 어획물을 항구로 운송하여 하역된 어획물을 항구에서 가공하여 육상 운송수단을 이용하여 소비자까지 운송하는 데 발생하는 온실 가스 배출량을 분석하는 경계 방법(시나리오 2), 마지막 시나리오로 어선이 항구에서 출항하여 어장으로 이동 및 어획 활동을 한 후, 어획물을 항구로 운송하여 하역된 어획물을 가공하지 않고 소비자까지 육상 운송수단을 이용하여 소비자까지 운송하여 가공하는 데 발생하는 온실 가스 배출량을 분석하는 경계 방법(시나리오 3)으로 구분하였다.

육상 운송은 Euro 5 (European Commission, 2014) 기준을 충족시키는 3.5-7.5 톤 급 클래스의 디젤 트럭을 선정하여 분석하였다.

### 할당 방법(Allocation method)

전과정평가(LCA)를 수행하기 위한 분석 방법 설정에는 질량 할당(Mass-based allocation) 방법과 경제적 할당(economic allocation) 방법으로 구분할 수 있다. 이 논문에서는 어획량과 유류 사용량의 질량을 이용하였기 때문에 질량 할당 방법을 적용하였다. 질량 할당 방법은 경제적 할당 방법이 시간 변동에 따른 가격 변동 요소를 고려하여야 하기 때문에 경제적 할당 방법에 비하여 보다 안정적이며, 쉬운 방법이기 때문이다.

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

$$y_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_k a_{ik}} \cdot Y_j \quad (1)$$

$$x_{ij} = \frac{y_{ij}}{a_{ij}} = \frac{\frac{a_{ij}}{\sum_k a_{ik}} \cdot Y_j}{a_{ij}} = \frac{a_{ij}}{\sum_k a_{ik}} \quad (2)$$

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

### 어획량 데이터 및 유류 소모량 데이터

어획량 데이터는 농림수산식품부 수산정보 포털(KFIP, 2014)에서 제공되는 업종별 연간 어획량 자료를 사용하였으며, 유류 소모량 데이터는 면세유 판매 실적과 유류 소모량이 동일하다는 가정 하에서 면세유 판매 실적(수협 유류관리 사업부 기준)을 유류 소모량으로 사용하였으며, 분석에는 최근 5년간(2009년-2013년)의 자료를 이용하였다.

### 총 중량 및 식용 중량 인벤토리 구축

일반적으로 어획된 어획물의 총 중량(Round weight)을 모두 소비하지 않고 가공 처리 시설에서 처리(slaughtering process)를 하던지, 소비자가 직접 처리를 하여 수산물의 식용 중량(edible weight)을 소비한다. 이러한 이유로 수산물의 단위 어획량당 발생하는 온실 가스량뿐만 아니라 단위 식용 중량을 생산하는데 발생하는 온실 가스량을 정량적으로 분석하였다. 이때 어획물의 총 중량과 식용 중량의 상관관계를 도출하기 위하여 최근 5년간 외끌이 대형기선저인망에 의하여 어획된 어종을 분석하여 주요 어획종 3종(눈볼대: 13%; 민어: 12%; 아귀: 11%)에 대하여 2014년 7월 30일, 8월 22일에 여수 수산물 공판장에서 각 10미씩 샘플링하여 조사·분석하였다.

### 처리과정 인벤토리 구축

어획된 수산물을 소비자가 이용하기 위하여서는 내장 제거 및 기타 손질과정(slaughtering process)을 하여야 한다. 이때 처리과정의 주요 인벤토리로 수돗물 사용량과 전기사용량이 존재한다. 이 두 가지 인벤토리를 구축하기 위하여 국내 수산물 가공업체 3곳의 1년간 자료를 확보하여 월 평균 생산량(ton), 월 평균 수돗물 사용량(kiloliter) 및 월 평균 전기사용량에 대한 자료를 산출하였으며, 주요 어종에 대하여 단위 식용 중량 생산에 소요되는 수돗물 사용량(L)과 전기 사용량(kwh)을 도출하였다.

### 전과정 평가(Life Cycle Assessment, LCA) 도구

업종별 온실 가스 배출량을 분석하기 위한 방법으로 네덜란드 PRé Consultants의 SimaPro V8.0.4를 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 전과정 평가를 수행하였다.

## 결과 및 고찰

### 단위 어획량당 및 연간 온실 가스 배출량

전과정 평가를 수행하기 위하여, 최근 5년간의 어획량 데이터(Fig. 1a)와 면세유 판매 실적(Fig. 1b)을 기준으로 유류 소모계수를 질량 할당(Mass-based allocation) 방법을 이용하여 계산한 결과를 Table 1에 나타내었다.

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

도출된 유류 소모계수와 해상에서 어획물 운반에 소요되는 얼음 요소를 포함하여 전과정 평가 방법으로 최근 5년간(2009-2013년)의 외끌이 대형기선저인망에 의하여 단위 어획량을 부두에 하역하기까지 발생하는 온실 가스량과 연간 온실 가스 배출량을 계산하여 Fig. 2에 나타내었다. 이때 해상에서 어획 후 부두까지 어획물을 얼음에 의한 빙장방법을 통하여 운송되는 것

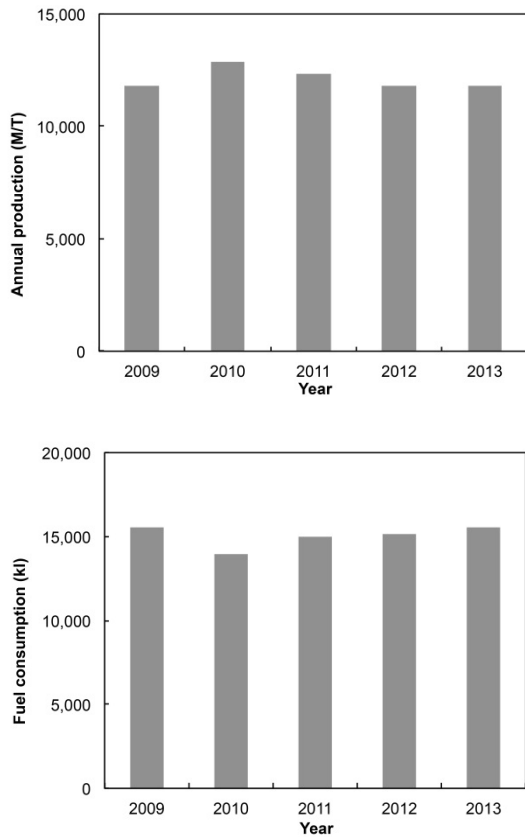


Fig. 1. Annual production (a) and annual fuel consumption (b) by danish seine fishery during 2009 to 2013.

Table 1. Fuel use coefficient for danish seine fishery during the period 2009-2013

Type of fishery	Fuel consumption coefficient per unit catch (L/kg)				
	2009	2010	2011	2012	2013
Danish seine	1.32	1.09	1.21	1.28	1.31

으로 분석하였으며, 일반적으로 어획물 1 kg당 사용되는 얼음의 양은 700-800 g (대형선망수협, Personal communication)이며, 계산에는 중간 값인 750 g을 사용하였다.

단위 어획량당 온실 가스 배출량은 3.49-4.22 kg CO<sub>2</sub> eq.로 분석되었으며, 연간 온실 가스 배출량은 4.4-5 만톤 CO<sub>2</sub> eq.로 분석되었다. 단위 어획량당 온실 가스 배출량은 2010년 최저치를 보였으나 이후 서서히 증가하는 경향을 나타내었다. 연간 온실 가스 배출량 또한 단위 어획량의 증가 추세와 더불어 2010년에 최저치를 보인 후 서서히 증가하는 추세를 보여주었다.

총중량과 식용 순중량의 관계 및 처리과정 인벤토리

선택된 어종인 눈볼대, 민어, 아귀의 샘플링 조사 및 분석을 통

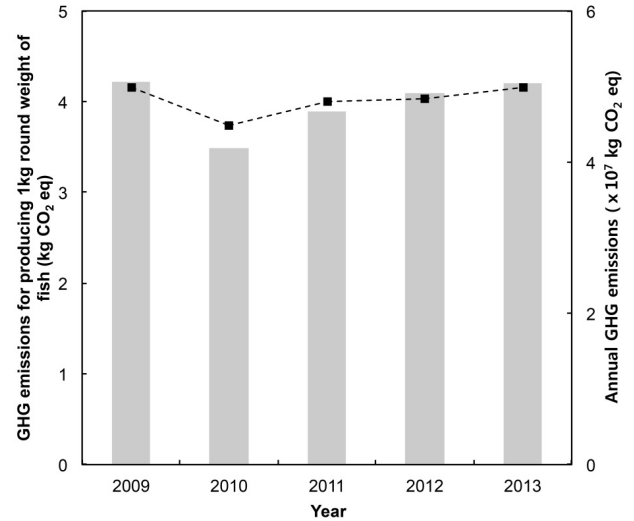


Fig. 2. GHG emissions for producing 1 kg of round weight fish at landing port (a) and annual GHG emissions from danish seine fishery (b) from 2009 to 2013 (Solid bar: GHG emissions for producing 1kg of round weight of fish, dot line: annual GHG emissions).

하여 눈볼대, 민어, 아귀의 경우 단위 식용 순중량 생산을 위하여 소요되는 총중량은 각각 1.198, 1.212, 1.132 kg으로 분석되었다. 또한, 조사된 가공 과정에서 소요되는 수돗물과 전기 사용량을 눈볼대, 민어, 아귀의 총 중량과 식용 순 중량의 상관관계에 적용하여 단위 식용 순 중량을 생산하는데 소요되는 수돗물과 전기 사용량을 도출하였다(Table 2).

Scenario 1-3에 따른 온실 가스 배출량 분석

시나리오 1

우리나라 수산업의 수산물 소비 형태에 따라 앞서 제시된 3가지의 시나리오를 가진 시스템 경계 중 첫 번째 시나리오인 어획물을 항구에 양륙한 후, 가공 처리를 하지 않은 상태로 이 연구에서 선택된 소비지인 부산(항구에서 10 km)과 서울(항구에서 410 km)로 육상 운송 수단에 의하여 운송하였을 때 최종 소비

Table 2. Consumption of electricity and tap water for slaughtering 1 kg edible weight of blackthroat seaperch *Doederleinia berycoides*, brown croaker *Miichthys miuy* and monkfish *Lophiomus setigerus*

Type of fishery	Species	Consumption of electricity (kwh/kg)	Consumption of tap water (L/kg)
Danish seine	Blackthroat seaperch	0.048	33.651
	Brown croaker	0.049	34.044
	Monkfish	0.046	31.800

지까지 어획물이 도달하는 데 발생하는 온실 가스 배출량을 정량적으로 분석하였다(Fig. 3).

최종 소비지인 부산과 서울로 육상 운송 수단에 의하여 운송하였을 때 소비지에 도착하는데 까지 배출되는 총 온실 가스 배출량을 분석하였으며, 이때 운송 수단은 Euro 5 기준을 충족시키는 3.5-7.5톤급 클래스의 디젤 트럭을 선정하여 분석하였다. 가공 처리를 거치지 않은 단위 중량을 두 곳의 소비지까지 운반하는 과정에서 배출되는 온실 가스량은 부산, 서울까지 각각 0.00456, 0.187 kg CO<sub>2</sub> eq. (kg of CO<sub>2</sub> equivalents: IPCC 2007) 만큼 발생되었다. 동일 지역으로 운송되는 단위 중량의 어획물은 연도별로 따른 유류 소모계수에 가장 큰 영향을 받는 것으로 나타났다.

시나리오 2

수산물 소비 형태에 따른 두 번째 시나리오를 가진 시스템 경계인 어획물을 항구에 양륙한 후, 항구에서 어획물을 가공 처리하여 최종 소비지인 부산과 서울로 육상 운송 수단에 의하여 운송하였을 때 어획물이 최종 소비지까지 도달하는 데 발생하는 온실 가스량을 정량적으로 분석하였다. 어획물의 가공 처리에 소요되는 수돗물과 전기 사용량은 앞서 도출된 결과(Table 2)를 적용하여 분석하였다(Fig. 4).

분석 결과, 눈볼대, 민어, 아귀가 가공 처리되어 단위 식용 순 중량을 두 곳의 소비지까지 운송되기 때문에 시나리오 1과 운송 과정에서 배출되는 온실 가스량은 동일하였다. 다만, 가공 처리 과정에서 발생하는 온실 가스량이 부가되어 시나리오 1의 경우 보다 최종 소비지에 어획물이 운송되었을 때 가공 처리 과정에서 배출되는 온실 가스량만큼 배출량이 높았다.

시나리오 3

마지막 시나리오를 가진 시스템 경계인 어획물을 항구에 양륙

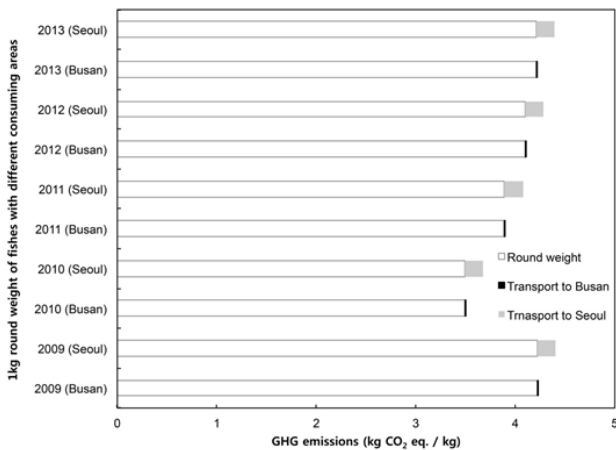


Fig. 3. GHG emissions for 1 kg round weight of fishes caught by danish seine at the different consuming areas (Busan and Seoul) from 2009 to 2013.

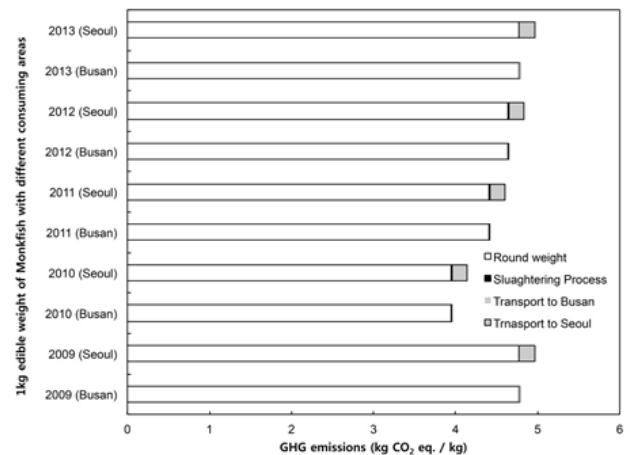
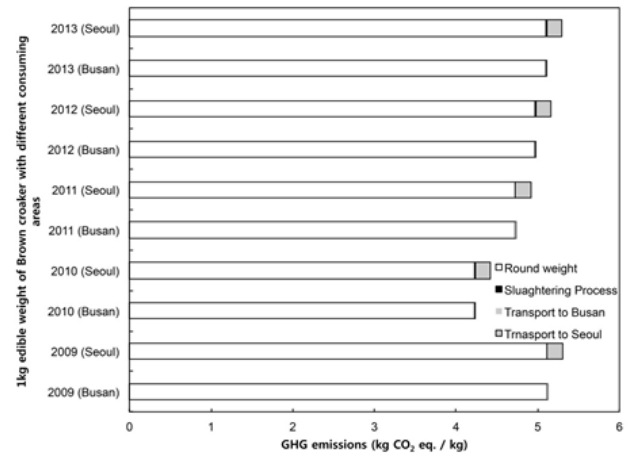
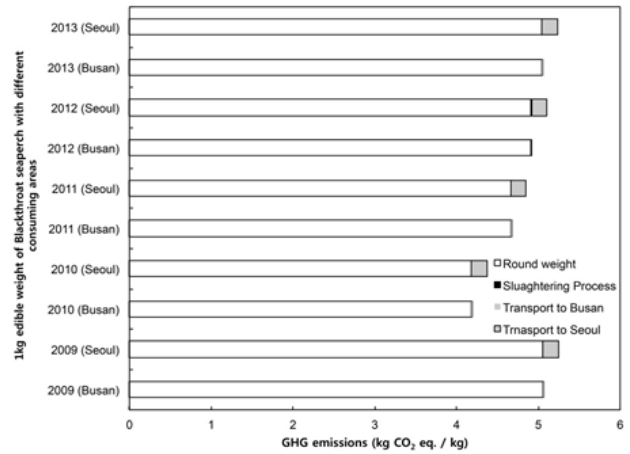


Fig. 4. GHG emissions for producing 1 kg edible weight of blackthroat seaperch *Doederleinia berycoides* (a), brown croaker *Miichthys miiuy* (b) and monkfish *Lophiomus setigerus* (c) caught by danish seine at the different consuming areas (Busan and Seoul) from 2009 to 2013.

한 후, 항구에서 어획물을 이 연구에서 선택된 소비지인 부산과 서울로 육상 운송 수단으로 배송하여 단위 식용 중량 1 kg을 가공 처리할 경우 최종적으로 배출되는 온실 가스량을 정량적으로 분석하였다(Fig. 5).

분석 결과, 외끌이 대형기선저인망에 의하여 어획되는 주요 어획종인 눈볼대, 민어, 아귀의 경우 1 kg의 식용 순 중량을 생산하기 위하여 각각 총중량 1.198, 1.212, 1.132 kg을 소비지로 육상 운송하는 과정에서 어종별 각각(0.00546, 0.224 kg CO<sub>2</sub> eq. ; 부산, 서울) (0.00553, 0.227 kg CO<sub>2</sub> eq. ; 부산, 서울), (0.00516, 0.212 kg CO<sub>2</sub> eq. ; 부산, 서울)의 온실가스가 배출되었다. 외끌이 기선저인망의 주요 어획종인 눈볼대, 민어, 아귀의 경우 단위 식용 순중량을 생산하는 데 필요한 총 중량 측면에서 큰 차이가 없어 운송 과정에서 배출되는 온실 가스량 또한 큰 차이를 보이지 않았다. 또한 소비지에 운송된 후 가공 처리 과정에서 배출되는 온실가스량은 눈볼대, 민어, 아귀가 각각 0.006288, 0.006365, 0.005945 kg CO<sub>2</sub> eq. 를 배출하였다.

이 논문은 전과정 평가방법에 의한 외끌이 대형기선저인망의 온실 가스 배출량에 대한 정량적 분석에 관한 연구로서, 최근 5년간의 생산량 및 에너지 사용 실태를 조사하여 유류 소모계수를 도출하고, 국내 수산물 소비 패턴을 고려한 시스템 경계를 도출하였다. 또한 가공 과정 및 소비 지역에 따른 요소를 고려하여 3가지의 시나리오로 온실 가스 배출량을 정량적으로 분석하였다. 단위 어획량당 배출되는 온실 가스량은 3.49-4.22 kg CO<sub>2</sub> eq.로 분석되었으며, 연간 온실 가스 배출량은 4.4-5 만톤의 CO<sub>2</sub> eq.가 배출되는 것으로 분석되었다. 시나리오 2와 3에 따른 온실 가스 배출량을 분석한 결과, 시나리오2의 경우보다 시나리오3의 경우가 보다 많은 온실 가스를 배출하였다. 이것은 식용 순중량을 생산하기 위하여 보다 많은 총 중량을 육상 운송으로 최종 소비지까지 운반이 필요하기 때문에 운송 과정에서 보다 많은 배출량이 발생하는 것으로 분석되었다. 따라서, 시나리오 1과 2에 의한 방법으로 최종 소비지까지 어획물을 운송하는 것이 온실 가스 배출량 측면에서 보다 효율적 시나리오로 분석되었다.

시나리오 2와 3의 결과로부터 수산업에서 온실 가스 배출량 감소를 위한 방안으로는 해상활동에서 어획 활동 및 어장 이동에 따른 유류 소모를 감소시키는 다양한 방법(즉, 저탄소형 어구 사용, 선형 개선, 추진기 개선, 정확한 어탐 기술 확보 등)과 육상 활동 중 식용 순 중량의 생산에 있어 어획물을 하역하는 양륙항 근처에서 가공 과정을 거친 후 최종 소비지로 육상 운송 수단을 통하여 육상 운송 과정에서 배출되는 온실 가스량을 감소시켜야 할 것으로 판단된다.

## 사 사

이 논문은 2013년도 전남대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음

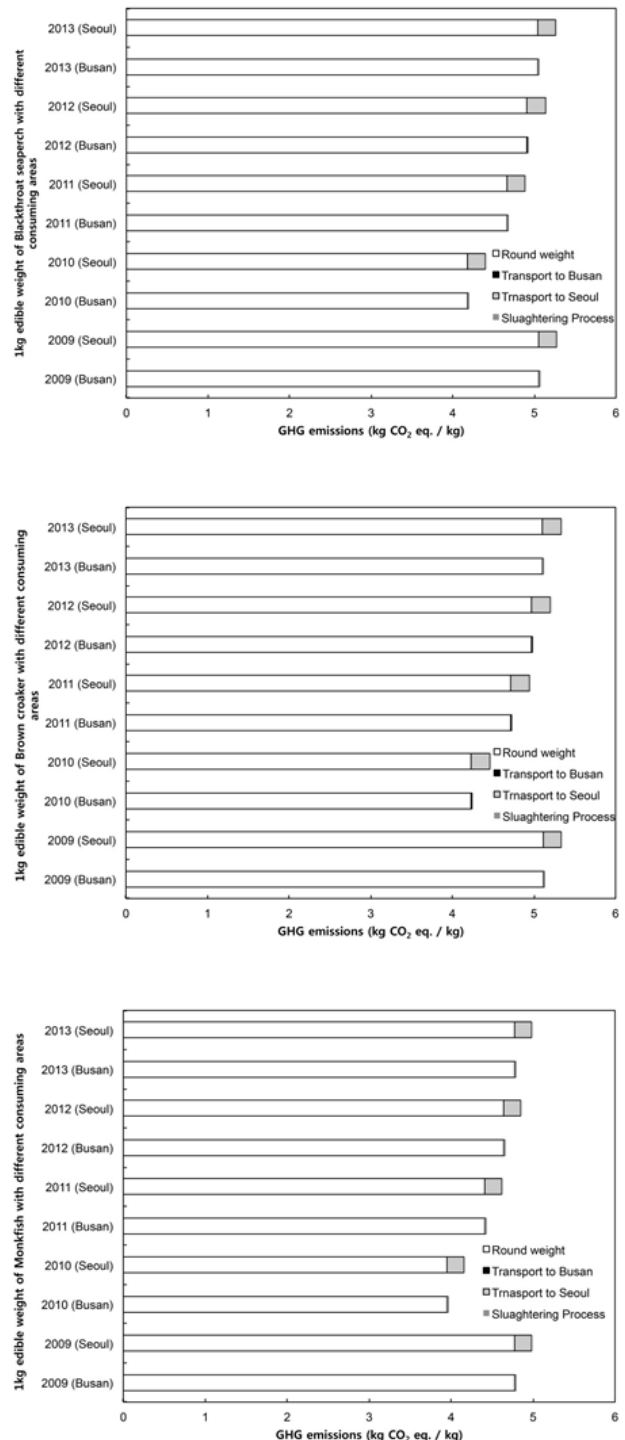


Fig. 5. GHG emissions for producing 1 kg edible weight of blackthroat seaperch *Doederleinia berycoides* (a), brown croaker *Michthys miiuy* (b) and monkfish *Lophiomus setigerus* (c) caught by danish seine, including slaughtering process at the consuming areas (Busan and Seoul) from 2009 to 2013.

## 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). Department of Marine Technology, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway.
- 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 and Aanonsen SA. 2006. Environmental impacts of wild caught cod and farmed salmon – a comparison with chicken. *Int J Life Cycle Assess* 11, 60-65.
- 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.
- European Commission. 2014. European commission. Retrieved from [http://ec.europa.eu/ent-erprise/sectors/automotive/environment/euro5/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/ent-erprise/sectors/automotive/environment/euro5/index_en.htm) on June 25.
- Hospido A and Tyedmers P. 2005. Life cycle environmental impacts of Spanish tuna fisheries. *Fish Res* 76, 174-186.
- ISO. 2006. Environmental management – Life Cycle assessment – Principles and framework. 2<sup>nd</sup> ed. International Standard Organization, Geneva, Switzerland.
- KFIP. 2014. Ministry of Oceans and Fisheries. Retrieved from [http://www.fips.go.kr/jsp/sf/ss/ss\\_law\\_kind\\_list.jsp?menuDepth=070105](http://www.fips.go.kr/jsp/sf/ss/ss_law_kind_list.jsp?menuDepth=070105) on June 25.
- Kim SH and Kim DM. 1995. A study on methodology and application of the life cycle assessment. *J Korea Soc Waste Manag* 12, 145-152.
- Lee CW, Kim HS and Lee JH. 2010a. Research of Low-carbon emission marine production technology. Land Transport and Maritime R&D Report, 1-573.
- 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, 78-82. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2010.0078>.
- Lee JH 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, 313-323.
- Park KH. 2004. Development of Triple Bottom Line integrated model for environmental, economic and social evaluation of construction project. PhD thesis. Department of environmental engineering, Inha University, Korea.
- Pelletier N and Tyedmers P. 2007. Feeding farmed salmon: Is organic better?. *Aquaculture* 272, 399-416.
- Prior D and Khaled R. 2009. Optimisation of Trawl Energy Efficiency under Fishing Effort Constraint. In Proc. Of the 9<sup>th</sup> 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.
- 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.
- 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.
- Tyedmers P. 2004. Fisheries and energy use. In: Cleveland CJ, editor. The encyclopedia of energy. San Diego: Academic Press/Elsevier Science, 683-693.
- Thrane M. 2004a. Environmental impacts from Danish fish products - Hot spots and environmental policies. PhD Thesis. Department of Development and Planning, Aalborg University, Denmark.
- Thrane M. 2004b. Energy consumption in the Danish fishery: identification of key factors. *J Ind Ecol* 8, 223-239.
- Yang YS, Lee DG, Hwang BK, Lee KH and Lee JH. 2015. A quantitative analysis of greenhouse gases emissions from bottom pair trawl using a LCA method. *J Kor Soc Fish Tech* 51, 111-119.
- Ziegler F and Hausson PA. 2003. Emissions from fuel combustion in Swedish cod fishery. *J Cleaner Prod* 11, 303-314.
- Ziegler F. 2007. Environmental life cycle assessment of seafood products from capture fisheries. *Int J Life Cycle Assess* 12, 61.
- 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.
- 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.