

## 한국 수산업분야 어업용 연소연료의 사용실태와 CO<sub>2</sub>배출량의 산정

이동우\*·이재봉<sup>1</sup>·김영혜<sup>2</sup>·정석근<sup>1</sup>·이해원·홍병규·손명호  
국립수산과학원 독도수산연구센터, <sup>1</sup>국립수산과학원 자원연구과  
<sup>2</sup>국립수산과학원 연구기획과

## Calculation of Carbon Dioxide Emissions by South Korea's Fishery Industry

Dong Woo Lee\*, Jae Bong Lee<sup>1</sup>, Yeonghye Kim<sup>2</sup>, Sukgeun Jung<sup>1</sup>,  
Haewon Lee, Byung Kyu Hong and Myong-Ho Son  
*Dokdo Fisheries Research Center, National Fisheries Research &  
Development Institute, Pohang 791-110, Korea*  
<sup>1</sup>*Fisheries Resources Research Division, National Fisheries Research &  
Development Institute, Busan 619-705, Korea*  
<sup>2</sup>*Research and Development Planning Division, National Fisheries Research &  
Development Institute, Busan 619-705, Korea*

Vessel numbers and fuel consumption by South Korea's offshore and coastal fisheries have continuously declined since 2000. Using the 2006 Intergovernmental Panel on Climate Change Guidelines, CO<sub>2</sub> emissions by South Korea's fishery industry (fishing and aquaculture, excluding deep-sea fishing) were calculated by the default CO<sub>2</sub> emission factor and fuel consumption by fuel type. Emission of CO<sub>2</sub> was estimated to be 3.22 million tCO<sub>2</sub>/year in 2007 for fisheries (excluding deep-sea fishing); when including deep-sea fishing, the estimated value increased to 4.11 million tCO<sub>2</sub>/year. Fuel consumption per tonne of fishery production was 498 L, and the amount of CO<sub>2</sub> emission per tonne of production was 1.62 tCO<sub>2</sub>. To calculate CO<sub>2</sub> emission more exactly, we must develop a system to compile energy balance statistics and introduce life-cycle assessment for the fishery industry.

Key words: CO<sub>2</sub> emission, Fuel combustion, Greenhouse gas, IPCC, Korean fisheries

### 서 론

인간 활동에 따라 지구기후가 변화한다는 것은 이미 증명되었다고 할 수 있다 (IPCC, 2001). 즉 인간활동이 지구기후와 같은 자연계에 영향을 줄 만큼 커진 것은 인간의 활동을 어떻게 조절하느냐에 따라 이 지구 자연계와 조화롭게 공존할 수 있느냐가 결정된다고 볼 수 있다. 이러한 문제에 대해 1988년에 세계기상기구 (World Meteorological Organization; WMO)와 유엔환경계획 (United Nations Environment Programme; UNEP) 소속국가들이 기후변화에 대한 정부간패널 (Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC)을 만들었다. IPCC에서는 지구 기후변화를 과학적, 기술적, 사회경제적 정보를 바탕으로 심도있게 평가하여, 그 결과를 각국의 정책 및 과학 자료로 널리 활용하도록 하고 있다.

지구온난화의 주원인이 온실효과를 일으키는 이산화탄소를 비롯한 각종 배출가스에 기인한다는 것은 이미 오래전부터 알려져 왔지만 그 심각성을 깨닫고 이를 감축하기 위한 구체적인 국제적 행동이 나타난 것은 1992년 리우에서 개최된 유엔환경개발회의 (United Nations Conference on Environment and Development; UNCED)에서 기후변화협약(United Nations

Framework Convention on Climate Change; UNFCCC)이 채택되고, 그 후 1997년 기후변화협약 당사국회의 (Conference of the Parties; COP)에서 교토의정서 (Kyoto protocol)가 채택됨으로서 이루어졌다고 할 수 있다.

이에 대해서 여러 국가에서 경제적인 파급효과 때문에 아직 동참하고 있지 못하고 있지만 최근 들어 미국을 비롯한 선진 각국들이 다방면의 준비를 해나가고 있다. 또한, 2005년 2월에 교토의정서가 발효됨으로써 보다 구체적인 행동으로 옮기기 위한 포스트교토체제협상이 2005년 11월에 시작되었고, 우리나라는 교토의정서상 Non-Annex I 국가로 제1차 이행기간 (2009-2012년)중에는 감축의무는 없지만 제2차 이행기간 (2013-2017년)에는 감축의무 대상국으로 지정될 가능성이 아주 높아졌다.

수산업의 경우 농업이나 축산업과 같이 경작이나 사육에 의한 온실가스의 배출이 미미하여 IPCC 가이드라인에서도 별도로 대별하지 않고 에너지부분에서 연료연소의 기타로 구분지어 놓고 있다. 수산업에서 특히 어선어업의 온실가스배출은 거의 대부분이 어로활동을 위한 연료연소에서 비롯된다고 볼 수 있고, 양식어업의 경우도 난방유에 의한 연료연소라고 볼 수 있을 것이다. 아직 우리나라에서는 수산분야에 대한 IPCC에서 제시하고 있는 배출계수산정 가이드라인 Tier 1

\*Corresponding author: dwlee3@nfrdi.go.kr

이외의 Tier 2 즉, 국가별 배출계수의 기준을 마련하지 못하고 있다. 이런 점에서 수산분야에 있어서도 선진 각국에서 자국에 유리한 배출계수 기준을 마련하기 위한 연구에 박차를 가하고 있으므로 (Ziegler and Hansson, 2003) 우리도 앞으로 수산업에 있어서의 어선어업과 양식어업 등의 온실가스 배출계수 산정기준에 대한 연구를 서둘러야 할 것으로 생각된다.

본 연구에서는 IPCC 2006 가이드라인에 따른 우리나라 수산업부문에서의 어업활동에 의한 유류사용현황과 연료연소에 대한 이산화탄소배출량에 대해서 분석하였다.

### 재료 및 방법

분석을 위한 연근해어업의 어선척수, 어선규모 및 어획량 자료는 농림수산식품부의 통계자료를 사용하였고, 어업용 유류사용량은 수협에서 공급하고 있는 단위수협별 유종 (경유, BB, BA, BC, 윤활유, 휘발유, MF-30)별 공급자료이다.

온실가스 배출량 산정을 위한 기준은 IPCC 2006 가이드라인 (IPCC, 2006)에 따라 에너지부문의 고정연소에서 기타사항에 해당하는 에너지원별 CO<sub>2</sub>기본배출계수를 적용한 Tier 1을 적용하였다. 본 연구와 관련된 몇 가지 연료 에너지원에 대한 IPCC의 CO<sub>2</sub>배출계수를 보면 Table 1과 같다.

Table 1. Default CO<sub>2</sub> emission factors for combustion, GJ: 10<sup>9</sup>J

Fuel type	Default carbon content (kg/GJ)
Crude Oil	20.0
Natural Gas Liquids	17.5
Gasoline	18.9
Jet Kerosene	19.5
Other Kerosene	19.6
Gas/Diesel Oil	20.2
Residual Fuel Oil	21.1

Table 2. Default net calorific values (NCVs) by fuel type, MJ: 10<sup>6</sup>J

Fuel type	Unit	Net calorific values (MJ)	
Crude Oil	kg	42.3	
Natural Gas Liquids	kg	49.2	
Gasoline	L	31.0	
Jet Kerosene	L	34.3	
Other Kerosene	L	34.3	
Gas/Diesel Oil	L	35.4	
Residual Fuel Oil	B-A	L	36.6
	B-B	L	38.1
	B-C	L	39.1

Tier 1의 방법은 각각의 에너지원에서 연료연소량과 배출계수를 이용하여 CO<sub>2</sub>의 배출량을 계산하는 것으로서, IPCC 2006년 가이드라인에 사용된 계산식은 아래와 같다.

$$Emission_{GHG, fuel} = Fuel\ Consumption_{fuel} \cdot Emission\ Factor_{GHG, fuel} \quad (1)$$

여기서,  $Emission_{GHG, fuel}$ 는 연료원에 대한 온실가스 (Green House Gas, GHG)의 배출량 (kg, GHG),  $Fuel\ Consumption_{fuel}$ 은 연료연소량 (TJ), 그리고  $Emission\ Factor_{GHG, fuel}$ 는 연료원에 대한 배출가스의 표준배출계수로서 배출가스가 CO<sub>2</sub>일 경우 1의 값을 가진다.

식 (1)과 연료원에 대한 탄소배출계수를 이용하여 각 연료원의 연소에 대한 CO<sub>2</sub> 배출량을 산출하기 위해서는 우선 용량과 용적의 단위를 통일시켜야 한다. 우리나라의 경우, 원유에 대해서는 kg, 휘발유, 경유, 등유, 중유 (B-A유, B-B유, B-C유) 등에 대해서는 리터 (L)의 단위를 사용하고 있고, CO<sub>2</sub> 배출량을 산정하기 위해 사용하는 IPCC에서 제공하는 순발열량 (Net calorific value, NCV)을 기준으로 한 우리나라의 에너지기본법 시행령규칙 제5조 1항에서 발췌한 에너지열량환산기준표 (순발열량적용)는 Table 2와 같다.

분석에 있어서 어업과 양식부분만을 고려하였으며, 수산가공, 어업기기 등의 분야는 고려하지 않았다.

### 결 과

#### 수산물생산량 및 어선세력의 변화

연근해 어선어업의 생산량은 1960년대 이후 경제개발계획에 힘입어 지속적인 성장을 거듭하면서 1987년 173만 톤으로 최대치를 이룬 후, 자원의 감소로 최근 2007년에는 약 110만

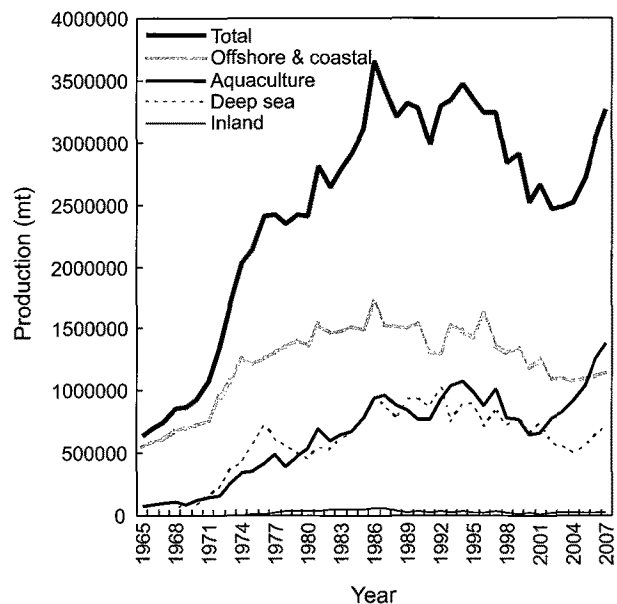


Fig. 1. Production of Korean fishery industry from 1965 to 2007.

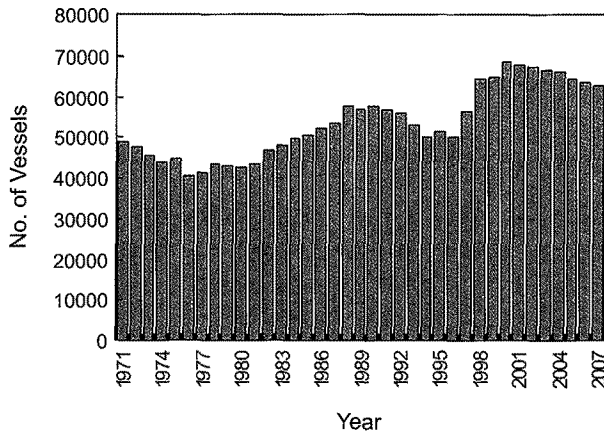


Fig. 2. Number of vessels in the offshore and coastal fishery from 1971 to 2007.

톤에 이르기까지 계속 감소하였다. 원양어업은 1992년 102만 톤으로 최고치를 나타낸 후 최근 2007년 70만 톤 수준으로 줄어들었다. 한편, 양식어업은 어선어업에 비해 다소 기복을 보이면서 1994년 100만 톤 수준에서 2000년 65만 톤 수준으로 급속히 줄었지만 그 후 2000년부터 다시 증가추세를 보이면서 최근 2007년 139만 톤으로 연근해 어선어업의 생산량보다 높다 (Fig. 1).

연근해어업의 어선수는 1979년대 후반부터 증가, 1990년대 중반에 감소, 2000년 약 69천 척으로 최고치를 나타내었지만 그 후 계속 감소하여 최근 2007년에 63천 척을 나타내었다 (Fig. 2). 어선의 감소추세를 나타낸 것은 1990년대 및 2000년대의 연근해어업구조조정사업에 의한 근해어선 및 연안어선의 감척으로 인한 요인이 크다고 할 수 있다 (Shin, 1999; Park and Lee, 2005).

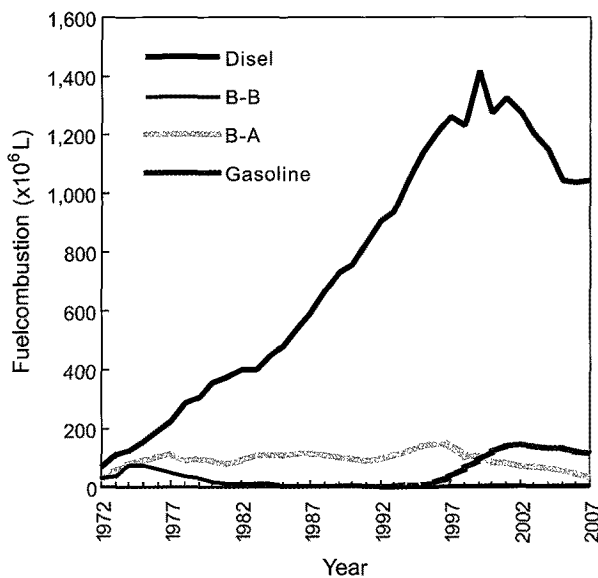


Fig. 3. Fuel consumption by fuel type in Korean fishery industry (fishing and aquaculture, except deep sea fishing) from 1972 to 2007.

### 수산업분야 유류사용량 및 CO<sub>2</sub> 배출량

우리나라 연근해어업 및 양식어업에 공급되는 면세유의 현황을 보면, 전체 유류사용량은 1980년 47,160만 L, 1990년 87,380만 L, 2000년 152,560만 L 그리고 2007년 125,320만 L로서 2000년대 들어서면서 유류사용량이 급격히 줄었다. 연료원별로 보면, 1970년대까지는 경유의 비중이 그다지 높지 않았지만 그 후 유류사용량이 증가함에 따라 최근 2007년에는 경유가 전체 유류사용량의 83%를 차지한 반면 중유(B-A, B-B, B-C유)의 비중은 상대적으로 감소하였다. 한편, 1990년대 후반에 들어서면서 최근 2007년에는 휘발유의 비중이 10%로 증가하였다 (Fig. 3).

IPCC 가이드라인에서 제시한 연료원별 탄소배출계수와 우리나라의 에너지기본법 시행령규칙 제5조 1항에서 제시하고 있는 순발열량으로 계산한 각 연료원별 단위 L 당 탄소배출량 및 200 L당 탄소 및 CO<sub>2</sub>배출량은 Table 3과 같다. 이 값으로 우리나라 수산업 (원양어업제외)에서의 연료연소에 의한 총 CO<sub>2</sub>배출량을 보면, 1980년 127만 tCO<sub>2</sub>/year, 1990년 231만 tCO<sub>2</sub>/year, 2000년 397만 tCO<sub>2</sub>/year, 그리고 2007년 322만 tCO<sub>2</sub>/year으로서 2000년 이후부터 최근까지 감소하였다. 교토 의정서 기준년도인 1990년을 기준으로 했을 경우 최근 2007년의 CO<sub>2</sub>배출량은 139%에 이르고 있다 (Fig. 4).

Table 3. Calculation of CO<sub>2</sub> emission per 200 L or 200 kg by fuel type

Fuel type	Carbone content (kg/GJ)	NCV (MJ)	NCV (GJ)	Carbone emission (kg/L,kg)	CO <sub>2</sub> emission (kg/L, kg)	Carbone emission (t/200L,kg)	CO <sub>2</sub> emission (t/200L, kg)
Crude Oil	20	42.3	0.0423	0.85	3.10	0.1692	0.6204
Natural Gas Liquids	17.5	49.2	0.0492	0.86	3.16	0.1722	0.6314
Gasoline	18.9	31.0	0.0310	0.59	2.15	0.1172	0.4297
Jet Kerosene	19.5	34.3	0.0343	0.67	2.45	0.1338	0.4905
Other Kerosene	19.6	34.3	0.0343	0.67	2.47	0.1345	0.4930
Gas/Diesel Oil	20.2	35.4	0.0354	0.72	2.62	0.1430	0.5244
Residual Fuel Oil	B-A	21.1	36.6	0.0366	0.77	0.1545	0.5663
	B-B	21.1	38.1	0.0381	0.80	0.1608	0.5895
	B-C	21.1	39.1	0.0391	0.83	0.1650	0.6050

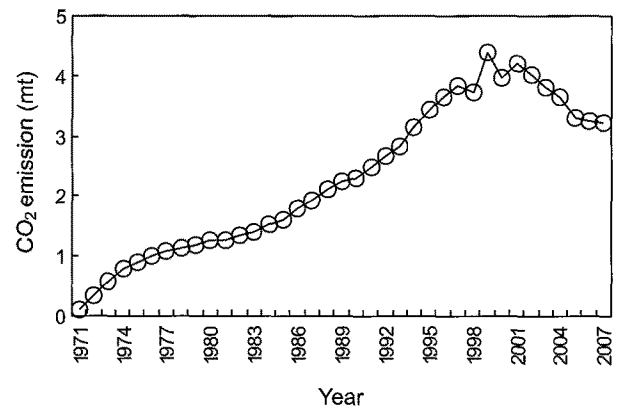


Fig. 4. Yearly change of CO<sub>2</sub> emission of Korean fishery industry (fishing and aquaculture, except deep sea fishing) from 1971 to 2007.

한편, 원양어업의 생산량은 2007년 약 71만 톤으로서 이를 앞에서 추정한 어업생산량 1 톤당 CO<sub>2</sub>배출량 1.26 tCO<sub>2</sub>로 환산하면 원양어업에서의 CO<sub>2</sub>배출량은 89만 tCO<sub>2</sub>으로 추정된다. 따라서 앞서 추정한 것과 합치면 수산업분야에서의 총 CO<sub>2</sub>배출량은 411만 tCO<sub>2</sub>/year으로서 2005년 기준 우리나라 전체 온실가스 배출량 5.9억 tCO<sub>2</sub>/year의 약 0.7%에 해당한다.

우리나라 수산업에서의 생산량 1 톤당 CO<sub>2</sub>배출량은 1990년 0.98 tCO<sub>2</sub>, 2000년 2.13 tCO<sub>2</sub>, 그리고 2007년 1.26 tCO<sub>2</sub>인 것으로 추정되었고, 생산량 1톤에 대한 연료소모량은 1990년 372 L, 2000년 819 L, 그리고 2007년 489 L인 것으로 분석되었다 (Fig. 5).

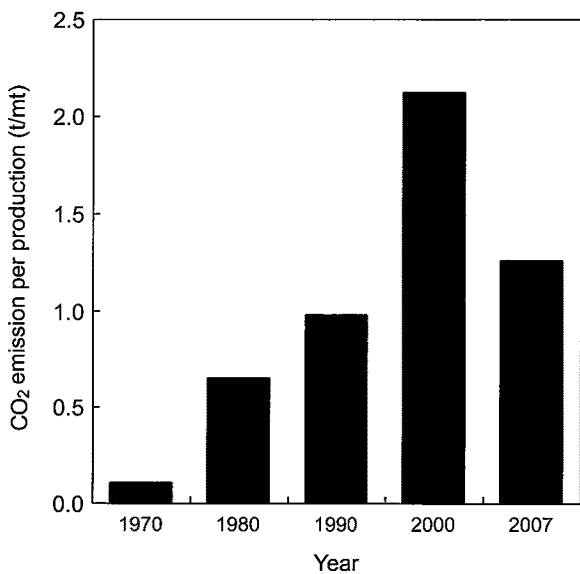


Fig. 5. CO<sub>2</sub> emission per production of Korean fishery industry (fishing and aquaculture, except deep sea fishing).

### 고찰

수산업분야에서의 어업활동에 의한 연료연소의 부분은 IPCC 2006 가이드라인에서 규정하고 있는 카테고리에 의하면 (IPCC, 2006), 에너지→고정연소→기타부문(농업, 어업, 설탕업 등)에 해당한다. 즉, 연소부문을 크게 고정연소와 이동연소로 나누고 있으며, 고정연소에는 발전, 석유정제 등과 같은 에너지산업부문, 철강, 화학, 섬유, 건설 등과 같은 제조업 및 건설부문, 미분류 산업부문, 그리고 상업, 가정, 농업, 임업, 어업 등과 같은 기타부문으로 나누고 있다. 본 연구의 대상인 어업은 고정연소 기타부문에 해당되며, 여기서 어업(이동연소)을 따로 분리하고 있는데, 이는 내륙, 연안, 원양어업을 위해 연소된 연료로부터 발생하는 배출로 규정하고 있고 분류상 고정연소부문에 속한다. 한편 이동연소에는 민간항공, 도로수송, 철도, 수산항해 등과 같은 수송관련 업종이 여기에 속한다.

수산업분야에 있어서도 사용연료별 소비량, 고유의 배출계수, 탄소산화계수, 연료품질, 배기가스 저감장치기술, 배출장

치 등을 고려한 국가 고유의 배출계수를 산정하여 IPCC에서 제시하는 Tier 2기준에 따라서 보다 정확한 이산화탄소 배출량을 산정하여야 할 것이다. 이런 점에서 우리나라에서도 여러 부문에서 국가 고유의 배출계수를 산정하기 위한 연구 (Lee and Lim, 2007; Park et al., 2006; Jin et al., 2008)를 수행 중에 있지만 수산업부문에서는 아직 연구가 미진한 상태라고 할 수 있다. 그러나 이러한 연구가 추진되기 위해서는 국가적인 차원에서 다른 분야도 마찬가지로 수산업분야에 있어서도 에너지 사용량에 대한 기본적인 통계가 있어야 하지만 아직 이에 대한 공식통계는 없다. 특히 양식어업이나 원양어업에서의 연소연료라든가 수산가공분야에서의 제품생산의 공정과정 중에서 정확한 에너지수지에 대한 자료는 전무하다고 할 수 있다. 그러므로 수산분야에서도 에너지사용에 대한 공식적인 통계수집이 지금부터라도 그 체계를 갖추어 가야 할 것이다.

우리나라의 에너지 부문에 대한 탄소배출량에 대한 기초자료 수집과 산정은 에너지경제연구소에서 담당하고 있지만 에너지부문은 그 관련 범위가 다양하고 광범위하기 때문에 어느 한 부서에서 담당하기는 무리가 따른다. 에너지경제연구원보고서 (KEEI, 2008)의 결과에서도 구체적으로 에너지부문에서 농업과 어업을 명확히 구분지어 놓지 못하고 있다. 그러므로 이러한 부문에 대해서는 관련 전문부서에서 자료를 수집, 검토하고 보완하여야 할 것이다.

Tyedmers et al. (2005)은 2000년 기준으로 세계의 어류, 무척추동물 생산량 약 8천만 톤을 생산하는 데 연료가 약 500억 리터로서 어획량 1톤을 생산하는데 평균 620 L의 연료가 소모된 것으로 추정하였다. 그리고 수산업에서 유류사용량은 전체 유류소모량의 약 1.2 %로 추정하였고 이로 인한 대기 중의 CO<sub>2</sub> 배출량은 1.3억 톤으로서 어획량 1 톤당 1.62 tCO<sub>2</sub>인 것으로 추정하였다. 또한 스웨덴 대구트롤의 경우 1톤의 어획생산에 최대 1,400 L의 연료가 소모되는 것으로 추정하였고, 1999년 스웨덴 주변해역에서 어획된 총어획량 약 20,936톤에 전체 연료소모량은 약 2,930만 L로서 1톤 어획량당 140 L의 연료를 소모한 것으로 추정하고 있다 (Ziegler and Hansson, 2003). 본 연구에서 추정된 결과와 비교해 볼 때 생산량 1톤당 유류소모량이 2000년 819 L, 2007년 489 L이고, CO<sub>2</sub> 배출량은 2000년 2.13 tCO<sub>2</sub>, 2007년 1.26 tCO<sub>2</sub>인 것과 비교해 보면 다소의 차이를 보이고 있다.

Tyedmers (2001)에 의한 국가별 어획량 1톤당 평균연료소모량 추정치를 보면, 노르웨이 453 L, 아이슬란드 505 L, 캐나다 600 L, 그리고 독일이 750 L로서, 본 연구에서 추정한 1999년 기준의 우리나라의 추정치 790 L는 독일과 비슷한 값을 보였다.

Hasegawa (2008)에 따르면, 2005년의 일본 어선어업의 연간 연료 소비량은 322,200만 L로서 이에 대한 CO<sub>2</sub>배출량은 873만 톤인 것으로 추정하였다. 한편, 앞의 보고와 추정의 차이를 보이고 있지만 일본수산청의 보고서에 따르면, 어선어업에서의 연료소비에 대한 2005년도 연간 CO<sub>2</sub>배출량은 678만 톤으로 추정하였고, 이에 대해 2010년까지 47천 톤의 CO<sub>2</sub>배출감축

을 목표로 어선대체에 따른 에너지효율성을 높이는 계획을 마련해 놓고 있다.

우리나라의 경우, 어선어업에서는 어선수가 줄어들 것으로 예상되는 반면, 양식어업에서는 앞으로 늘어날 것으로 생각된다. 특히, 어선 어업에서의 어선감소에 따라 연료연소에 의한 CO<sub>2</sub>배출량은 줄어들 것으로 예상되지만 에너지집약적인 어법이므로 보다 에너지효율적인 어법, 어구 등에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각되고, 양식어업에서는 생산에 따른 에너지의 투입과 온실가스 배출량을 전체공정으로 살펴보는 전과정평가 (Life Cycle Assessment, LCA)를 도입할 필요가 있다 (Patatryphon et al., 2004).

수산업의 경우 농업이나 축산업에서와 같은 경작이나 사육에 의한 온실가스의 배출이 미미하여 IPCC 가이드라인에서도 별도로 대별하지 않고 에너지부분에서 연료연소의 기타로 구분지어 놓고 있다. 수산업에서 어선어업에서 온실가스배출은 거의 대부분이 연료연소에서 비롯된다고 볼 수 있고, 양식어업의 경우 난방유로 사용된다고 볼 수 있다. 특히 수산분야에서는 IPCC에서 제시하고 있는 배출계수산정 가이드라인 Tier 1 이외의 Tier 2 즉 국가별 배출계수의 기준을 마련하지 못하고 있다. 이런 점에서 수산분야에 있어서도 선진 각국에서 자국에 유리한 배출계수 기준을 마련하기 위한 연구에 박차를 가할 것이므로 우리도 앞으로 수산업에 있어서의 어선어업과 양식어업의 온실가스 배출계수 산정기준에 대한 연구를 서둘러야 할 것으로 생각된다.

### 참 고 문 헌

- Hasegawa K. 2008. Annual fuel oil consumption of Japanese fishing vessels. Tech Rept Nat Res Int Fish Eng 30, 9-15.
- IPCC. 2001. Climate Change 2001: Synthesis Report. A contribution of working groups I, II and III to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change [Watson RT and the Core Writing Team (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, U.S.A., 398.
- IPCC. 2006. 2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories, prepared by the national greenhouse gas inventories programme, Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.
- Jin CS, Kim JH, Shon JY, Yang WH, Lee CG and Yang WH. 2008. Importance of national crop productivity in view of CO<sub>2</sub> balance. Kor J Agricultural and Forest Meteorology 10, 65-68.
- KEEI. 2008. Analyzing applications of 2006 GLs for the national GHG under the UNFCCC. 1, p. 367.
- Lee SJ and Lim JK. 2007. Calculation of CO<sub>2</sub> emission w.r.t. instantaneous generator output using input-output coefficients of thermal power plant. J KIIEE 21, 120-125.
- OECD/IEA. 2004. Energy statistics manual 2005. IEA France, 1-19.
- Park BS and Lee MK. 2005. The analysis of fishery buy-back programs of offshore fisheries concerning fishery production. Jour Fish Mar Sci Edu 17, 115-131.
- Park K, Jung J, Lee M and Kim DH. 2006. Study on Gangwon wind park CDM project. New Renewable Energy 2, 66-71.
- Patatryphon E, Petit P, Kaushik SJ and Werf HMG. 2004. Environmental Impact Assessment of Salmonid Feeds Using Life Cycle Assessment (LCA). Ambio 33, 316-323.
- Shin YT. 1999. The definition, problems and policy direction of structure reform in Korean coastal and offshore fisheries. The Journal of Fisheries Business Administration, Korea 30, 39-54.
- Tyedmers P, Watson R and Pauly D. 2005. Fueling global fishing fleets. Ambio 34, 635-638.
- Tyedmers P. 2001. Energy consumed by North Atlantic fisheries. In: Fisheries' Impacts on North Atlantic Ecosystems: Catch, Effort and National/Regional Datasets. Zeller D, Watson R and Pauly D. (eds.). Fisheries Centre, University of British Columbia, Vancouver, Canada, 12-34.
- Ziegler F and Hansson PA. 2003. Emissions from fuel combustion in Swedish cod fishery. J Cleaner Production 11, 303-314.

2009년 12월 29일 접수

2010년 2월 1일 수정

2010년 2월 18일 수리