

선박기인 CO₂ 저감을 위한 에너지효율 운항지표에 관한 연구

최재성[†] · 노범석¹

(원고접수일 : 2011년 10월 8일, 원고수정일 : 2011년 11월 11일, 심사완료일 : 2011년 11월 16일)

A Study on the Energy Efficiency Operational Indicator for CO₂ Reduction from Ships

Jea-Seong Choi[†] · Beom-Seok Rho¹

요 약 : 본 논문에서는 IMO에서 논의 중인 운항선의 에너지효율지표에 대하여 연구를 수행하였다. IMO의 온실가스 저감을 위한 정책방안을 살펴보고 그 중 운항선에 대한 에너지효율지표를 분석하였다. 화물량에 대한 연료소비율 산정방법을 이용하는 에너지효율지표를 실제 운항선에 적용하여 결과를 분석하고 문제점을 제기하였다. 이를 바탕으로 엔진 부하에 대한 연료소비율을 이용하는 개선된 에너지효율지표를 제시하고 운항선에 적용하였다. 결과를 통해 개선된 에너지효율지표가 운항선에 대해 합리적인 이산화탄소 배출률을 정의할 수 있다고 판단하였다.

주제어 : 온실가스, 현조선, 에너지효율지표, 엔진 부하, 연료소비율

Abstract: In this study, many researches have been carried out against Energy Efficiency Operational Indicator(EEOI) of existing ships under discussion by IMO. This research is examined the method for the polices about IMO's greenhouse gas reducing emissions among them, we were analyzed the EEOI for existing ships. we have analyzed the result about applying EEOI using the calculation method of the rate of fuel consumption for cargo quantities to the actual existing ships and raised the problem. Based on this research, we were presented the improved EEOI about the engine load using fuel consumption and applied the existing ships. As a result, we concluded that the improved EEOI can define a resonable rate of CO₂ emissions.

Key words: Greenhouse gas, Operating ships, EEOI, Engine load, Rate of fuel consumption

1. 서 론

국제해사기구(IMO)에서는 날로 심각해지는 대기오염을 방지하기 위해 대기오염방지협약의 논의를 시작하였고 1997년에 선박으로부터 배출되는 대표적인 온실가스인 이산화탄소(이하 CO₂)에 대한 결의안을 채택하였다.

최근 MEPC 60차까지 논의된 IMO의 선박 온실가스 감축대책은 크게 기술적 조치, 운항관련 조치 및 시장기반조치로 구분할 수 있다. 기술적 조치는 신조선에 대한 에너지효율지수(Energy Efficiency

Design Index :EEDI)이며, 운항관련 조치는 운항선에 대한 에너지효율지수(Energy Efficiency Operational Indicator:EEOI) 및 선박에너지 효율관리계획(Ship Energy Management Plan:SEMP)이 있다[1]. 그리고 시장기반조치인 시장제도 도입으로 구성되어 진행되고 있다.

이 중 운항관련 조치의 하나인 운항선에 대한 EEOI의 개념은 단순히 연료소모량에 의해서 CO₂를 계산하던 방법에서 벗어나 운항하고 있는 선박이란 특성을 반영하기 위해 연료소비율을 도입한

[†] 교신저자(한국해양대학교 기관공학부, E-mail:jschoi@hhu.ac.kr, Tel: 051-405-1050)

¹ 한국해양수산연수원

것이다. 하지만 현재 IMO에서 제시된 EEOI의 화물량(M_{cargo})에 대한 연료소비율 산정 방법으로는 화물량을 포함하여 다양한 요인에 의해 영향을 받는 선박의 CO_2 배출관계를 나타내기에 한계가 있다. 이는 운항선박의 데이터를 이용한 산정결과에서도 알 수 있다.

이에 본 논문은 엔진의 부하를 나타내는 kW를 이용하여 개선된 EEOI를 제안하고자 한다. 실제로 다양한 환경에서 운항하고 있는 선박에서 CO_2 발생량을 구하기 위해서는 화물 당 연료소모량을 통한 산정식 대신 기관 부하, 즉 kW당 연료소모량을 활용하는 것이 적합하다. 이에 실제 운항선박 데이터를 이용해 CO_2 발생량을 구하고 이 결과를 고찰하였다.

그 결과를 통해 본 논문에서는 개선된 EEOI가 선박의 운항 특성에 대하여 합리적인 CO_2 배출률을 나타낼 수 있다고 본다.

2. IMO의 온실가스 정책

2.1 IMO 온실가스 저감정책 추진과정

IMO에서는 대기오염방지협약의 논의를 시작한 1997년에 선박으로부터 배출되는 이산화탄소에 대한 결의안을 채택하였다. 이 결의안은 선박에서 배출되는 이산화탄소 감축을 어떻게 이행할 것인가를 검토하기 위해 MEPC가 주도적인 역할을 맡을 것을 논의하였고 그에 따라 2000년 MEPC 45차 회의에서 Greenhouse Gas(GHG) Study 그룹이 결성되었다.

그 후 2004년 IMO 회의에서 GHG 감축에 대한 정책과 실행에 관한 결의서 A.963(23)을 채택하였다. 또한 MEPC가 선박에 대한 GHG 인덱스 그리고 이 인덱스의 적용을 위한 가이드라인을 개발할 것을 결정하였으며 2005년 MEPC 53차 회의 시 Circ./471을 통해 자발적 선박 CO_2 배출 지수 시험을 위한 잠정 지침서를 결의하였다.

2007년 MEPC 56차 회의에서 온실가스 배출 시스템(GISIS)에 대한 회원국 간의 정보 공유를 결의하였고, 2008년 MEPC 57차 회의에서는 선박에서의 CO_2 배출 감축 문제를 주요 의제로 논의하였다 [2]. 최근 2010년의 MEPC 60차 회의에서는 협약초안 관련 문서, 기술 및 운항관련 조치와 시장기반 조치 등이 집중 협의되었다.

2.2 IMO 온실가스 저감을 위한 정책방안

그 동안 IMO에서는 선박으로부터의 온실가스 배출을 감소시키기 위하여 이용될 수 있는 많은 기술적/운항적 측면의 대책들이 확인되었지만, 이러한 방법들의 이행을 뒷받침해줄 수 있는 정책들이 마련되지 않는 한 이들 대책들은 이행되지 못할 것이다. 선박으로부터 배출되는 온실가스를 감소시키기 위한 많은 정책들이 고려되고 있는데, 최근 IMO에서 논의 중인 관련된 문제들을 세부적으로 살펴보면 다음과 같다.

(가) 기술적 조치[3, 4]

- EEDI에 대한 강제적인 제한치

신조선의 EEDI에 대한 강제적인 제한치는 신조선의 설계효율을 향상시키는데 필요한 인센티브를 부여하는 비용-효율적 해결책이 됨을 나타낸다. EEDI의 주요한 제한은 선박의 설계에 대해서만 초점을 맞추고, 운항적인 측면은 고려하지 않았다. 이것은 환경적 효과에 국한된다. 또한, 이 영향은 신조선에 대해서만 적용된다.

(나) 운항관련 조치[3, 4]

- EEOI를 통한 운항선의 CO_2 배출률 확인

EEOI의 강제적인 제한은 운송에 종사하는 모든 선박으로부터 배출되는 배기를 저감 시키는데 강력한 동기를 제공하는 비용-효과적인 해결책이 됨을 나타낸다. 이것은 기술적이고 운항적인 대책 모두를 장려할 것이다. 하지만 이 방법은 운항효율에 관한 기준선의 갱신과 설정 그리고 목표의 설정에 어려움이 있기 때문에 기술적으로 매우 도전받고 있다.

- SEMP의 강제적/자발적 사용

SEMP는 배기 배출물을 저감시키는 비용-효과적인 대책들을 인식시키기 위하여 실현 가능한 접근 방법임을 나타낸다. 그러나 이 방법이 배기배출 저감에 필요하지 않게 되면서부터 이 방법의 효과는 비용-효과적인 대책으로서의 유용성에 좌우 되게 될 것이다. (예를 들면, 연료비의 절약이 자본금이 나 운용비를 초과하는 경우의 대책 등) 마찬가지로, 이 방법은 정상적인 상업적 상황을 뛰어넘어 혁신과 R&D를 장려하지는 않을 것이다.

(다) 시장기반 조치[3, 4]

- 국제온실가스펀드, 차입인센티브제도, 선박효율시스템, 배출권거래제도 등이 검토 중에 있다.

3. EEOI의 고찰 및 운항선 적용분석

3.1 EEOI의 고찰

3.1.1 EEOI 산정식의 의미

IMO의 운항선에 대한 가이드라인은 해운산업을 통해서 배출되는 온실가스의 제한 또는 감축을 달성하기 위한 메커니즘을 설정하는 과정에 도움을 주는 목적으로 개발되었고 이 가이드라인은 선박을 운항하는데 있어 에너지 효율에 대한 인디케이터 개념을 도입하였다.

이를 통해 선박이 운용되는 효율성을 모니터링한다. 이러한 의미는 지침을 위한 목적과 성능에 기초를 둔 모니터링 작업에 대한 서류작성을 의도하고 있다. IMO에서 사실상 추천되고 있는 이 가이드라인은 EEOI의 적용 가능성을 표시하고 있다. 선주사에게는 자사 환경관리 시스템에서 이러한 가이드라인을 이행할 것이 권장되며 성능을 모니터링 하는 방침으로 채택할 것을 고려해야 한다.

$$Index = \frac{\left(\sum_i FC \times C_{carbon} \right)_{Fuel Type 1} + \left(\sum_i FC \times C_{carbon} \right)_{Fuel Type 2} + \left(\sum_i FC \times C_{carbon} \right)_{Fuel Type 3} + \dots}{\sum_i M_{cargo} \times D_i}$$

Figure 1: Energy Efficiency Operational Indicator

Figure 1은 현재 IMO에서 제시하고 있는 현존선의 CO₂ 배출률을 나타내는 산정식으로 운송되는 화물 당 배출되는 이산화탄소로 표시하는 형식으로 나타낸다. 산정식의 각 지수들을 살펴보면 분자의 연료소모량(FC)은 주기, 보기, 보일러, 소각기를 포함하는 항해 또는 정박 시 소모된 모든 연료로 정의되며, 분모의 항해거리(D)는 항차 또는 일정기간 동안 실제 항해한 해상마일(로그 북 데이터)을 의미하다. 선박운용의 효율성을 나타내는 중요한 요소인 화물을 나타내는 m은 선종, 화물단위 및 화물종류 등에 의해 다양하게 정의된다[5].

3.1.2 EEOI 데이터 기록 및 계산

Table 1과 Table 2는 IMO에서 제시하고 있는 기록 및 계산 방법이다.

연속된 항차 혹은 기간 동안의 연료소모량/운송된 화물량, 각각의 항해를 위한 거리의 데이터, 또한 정박 중의 데이터를 포함한 자료를 Table 1에 보인 예제와 같이 작성할 수 있다.

Table 1: Report example for EEOI preparation

Voyage or day(i)	Name and type ship				Voyage or time period data	
	Fuel consumption(FC) at sea and in port in tonnes				Cargo(m) (tonnes units)	Distance(D) (NM)
	Fuel type (HFO)	Fuel type (MDO)	Fuel type ()	...		
1	20	5			25,000	300
2	20	5			0	300
3	50	10			25,000	750
4	10	3			15,000	150
..						

위와 같이 Table 1을 통해 항해 당 연료사용량, 톤 단위의 화물, 항해마일(해리 1,852m)로 조사가 완료되면 수식은 아래 Table 2와 같다.

Table 2: Calculated EEOI value based on Table 1

$$EEOI = \frac{100 \times 3,114,400 + 23 \times 3,206,000}{(25,000 \times 300) + (0 \times 300) + (25,000 \times 750) + (15,000 \times 150)}$$

$$= 13.5(g CO_2/t \cdot mile)$$

계산 시 $M_{cargo}=0$ 을 갖는 공선 항해 시에도 항해하는 동안 사용된 연료를 포함해야 하는데 이해를 쉽게 하기 위해 Table 2에 밸러스트상태의 항해(화물이 없는 항해)를 포함하여 제시하였다.

3.2 EEOI의 운항선 적용 결과 및 분석

3.2.1 운항선 적용 결과

현재 운항중인 실선의 데이터를 가지고 EEOI를 적용하여 Table 3을 작성하였다. 데이터는 항차별로 계산하지 않고 한 항차 동안의 구간을 다음과 같이 구분하여 CO₂ 배출률을 산정하였다.

BL - BA : 밸러스트 항차 출발부터 도착

LP : 적하 항구

LL - LA : 적하 항차 출발부터 도착

DP : 양하 항구

ML - MA : 적하 중간항구 사이 출발부터 도착

MP : 적하 중간항구, WP : 웨이팅 항구

EEOI(1) : IMO 권고대로 화물이 없는 구간의 연료소모량을 포함한 인디케이터

EEOI(2) : 화물이 없는 구간의 연료소모량을 제외한 인디케이터

Table 3: Calculated EEOI value based on Table 2

선명 : M/V ADONIS

선종 : General cargo ship(Bulk carrier), DWT : 171,743.00 DWT

Voyage: 28항차	Fuel consumption(FC) at sea and in port in tonnes				Voyage or time period data	
	Fuel type (HFO)	Fuel type (MDO)	Fuel type ()	...	Cargo(m) (tonnes units)	Distance(D) (NM)
BL - BA	481.4				0	3,446
LP	42.2				153,571	0
LL - LA	602.6				153,571	3,806
DP	53.9				153,571	0
$EEOI(1) = \frac{1180.1 \times 3,114,400}{(0 \times 3,446) + (153,571 \times 0) + (153,571 \times 3,806) + (153,571 \times 0)}$ $= 6.29 (g CO_2/t \cdot mile)$						
$EEOI(2) = \frac{698.7 \times 3,114,400}{(0 \times 3,446) + (153,571 \times 0) + (153,571 \times 3,806) + (153,571 \times 0)}$ $= 3.72 (g CO_2/t \cdot mile)$						

Voyage: 29항차	Fuel consumption(FC) at sea and in port in tonnes				Voyage or time period data	
	Fuel type (HFO)	Fuel type (MDO)	Fuel type ()	...	Cargo(m) (tonnes units)	Distance(D) (NM)
BL - BA	560.9				0	3,804
LP	44.3				153,534	0
LL - LA	580.9				153,534	3,777
DP	58.6				153,534	0
$EEOI(1) = \frac{1244.7 \times 3,114,400}{(0 \times 3,804) + (153,534 \times 0) + (153,534 \times 3,777) + (153,534 \times 0)}$ $= 6.58 (g CO_2/t \cdot mile)$						
$EEOI(2) = \frac{683.8 \times 3,114,400}{(0 \times 3,804) + (153,534 \times 0) + (153,534 \times 3,777) + (153,534 \times 0)}$ $= 3.67 (g CO_2/t \cdot mile)$						

선명 : M/V GLOBAL DISCOVERY

선종 : General cargo ship(Bulk carrier), DWT : 28,404.00 DWT

Voyage: 95항차	Fuel consumption(FC) at sea and in port in tonnes				Voyage or time period data	
	Fuel type (HFO)	Fuel type (MDO)	Fuel type ()	...	Cargo(m) (tonnes units)	Distance(D) (NM)
BL - BA	543.7	2.4				7,682
LP	24.0	0.1			26,000	0
ML - MA	430.7	1.9			26,000	5,904
MP	19.2				26,000	0
LL - LA	29.8				26,000	512
DP	20.0				26,000	0
$EEOI(1) = \frac{1067.4 \times 3,114,400}{(0 \times 7,682) + (26,000 \times 0) + (26,000 \times 5,904) + (26,000 \times 0) + (26,000 \times 0) + (26,000 \times 0) + (26,000 \times 0)}$ $= 20.01 (g CO_2/t \cdot mile)$						
$EEOI(2) = \frac{1223.7 \times 3,114,400}{(26,000 \times 0) + (26,000 \times 0) + (26,000 \times 5,904) + (26,000 \times 0) + (26,000 \times 0) + (26,000 \times 0) + (26,000 \times 0)}$ $= 9.82 (g CO_2/t \cdot mile)$						

Voyage: 96항차	Fuel consumption(FC) at sea and in port in tonnes				Voyage or time period data	
	Fuel type (HFO)	Fuel type (MDO)	Fuel type ()	...	Cargo(m) (tonnes units)	Distance(D) (NM)
BL - BA	74.4					1,268
LP	8.4				27,221	0
ML - MA	212.1	0.4			27,221	3,004
MP	11.2	0.5			27,221	0
LL - LA	777.5	3.9			27,221	9,956
DP	45.5	8.1			27,221	0
$EEOI(1) = \frac{1129.1 \times 3,114,400}{(0 \times 1,268) + (27,221 \times 0) + (27,221 \times 3,004) + (27,221 \times 0) + (27,221 \times 0) + (27,221 \times 0) + (27,221 \times 0)}$ $= 10.08 (g CO_2/t \cdot mile)$						
$EEOI(2) = \frac{1292.9 \times 3,114,400}{(27,221 \times 0) + (27,221 \times 3,004) + (27,221 \times 0) + (27,221 \times 0) + (27,221 \times 0) + (27,221 \times 0) + (27,221 \times 0)}$ $= 8.78 (g CO_2/t \cdot mile)$						

3.2.2 적용 결과 분석

EEOI를 운항선에 적용하여 나타난 CO₂ 배출률 결과를 분석해 보면 다음과 같다.

(가) 기존 EEOI는 화물이 없는 구간의 연료소모량도 포함되므로 실제 화물을 운송할 때 발생하는 CO₂ 발생률보다 당연히 더 많은 발생률을 보여주므로 결과가 왜곡될 수 있고 이는 EEOI 값에 대한 신뢰성을 떨어뜨린다.

(나) 같은 선박이 유사한 화물 중량과 거리를 운항하더라도 CO₂ 발생률이 차이가 나는 부분이 발생하는데 이것은 CO₂ 발생률이 화물의 영향뿐만 아니라 다른 다양한 요인에 영향을 받음을 알 수 있다.

4. New EEOI 제안 및 운항선 적용

4.1 New EEOI 모델의 제안

4.1.1 New EEOI 개념

다양한 내/외부 환경에서 다양한 화물을 싣고 운항하고 있는 선박에서 CO₂ 발생량을 구하기 위해서는 화물당 연료소모량을 통한 산정식 보다는 기관 부하, 즉 kW당 연료소모량을 통해 CO₂ 배출률을 구하는 것을 제안한다.

$$Indicator = \left(\frac{\sum_i FC \times C_{carbon}}{\sum_i kW \times HR} \right)_{Fuel\,Type} + \left(\frac{\sum_i FC \times C_{carbon}}{\sum_i kW \times HR} \right)_{Fuel\,Type}$$

- kW : 한 항차 동안의 평균 kW
- HR : 한 항차 동안 각 기관이 운전한 시간
- FC : 한 항차 동안의 연료소모량
- C_{carbon} : 각각의 연료가 소모하면서 발생하는 CO₂ 발생량 (ISO/IPCC 기준)

Figure 2: New EEOI

Figure 2는 본 논문에서 새롭게 제시하는 New EEOI 산정식이다. 본문의 화물량을 나타내는 M_{cargo} 대신에 kW를 제안하는 것은 실제로 여러 종류의 화물을 싣고 다양한 환경 속에서 운항하고 있는 선박에서의 CO₂ 발생량을 구하기 위해서는 화물 당 연료소모량을 통한 산정식 보다는 기관 부하, 즉 kW당 연료소모량을 통한 CO₂ 발생률 산정식이 좀 더 운항하고 있는 선박의 특성을 잘 반영할 수 있기 때문이다.

4.1.2 kW 산정 방법

(가) RPM을 이용하는 것으로 현재 가장 손쉽고 합리적인 방법이다. 본 논문에서는 kW를 구하는 방식으로 이 방법을 채택하였다.

(나) 최근 센싱과 전자기술의 발전으로 실시간 엔진 부하 측정이 가능해지고 있으며 많은 선박에서 Engine Performance Monitoring System이라는 명칭으로 채택하고 있다. 다음에는 이 기술을 적용하여 kW 산정하고 EEOI를 계산하는 연구가 필요하다고 판단된다.

(다) 주기관 제작 업체의 추정 출력 계산법을 이용하는 방법으로 각 메이커에서는 엔진의 각 수치를 이용한 공식을 통해 엔진 부하를 구하는 방법을 제시하고 있다.

4.2 New EEOI의 운항선 적용결과 및 분석

Table 4는 4.1.1에서 새롭게 제시한 EEOI를 이용하여 계산한 데이터이다. kW 항목은 4.1.2의 (가)방식을 이용하여 계산한 뒤 이를 통해 3.2.1에서 예제로 이용했던 샘플 선박의 CO₂ 발생률을 구해 보았다.

새롭게 제시한 EEOI를 적용하여 나타난 CO₂ 발생률 결과를 분석해 보면 다음과 같다.

(가) M/V BLUEBELL 선박은 두 항차가 서로 운항한 거리가 다름에도 불구하고 거의 같은 CO₂ 배출률을 보이고 있으며 이점을 통해 운항에 미치는 내·외부 환경이 유사하였음을 알 수 있다.

(나) M/V ADONIS 선박은 두 항차가 거리가 똑같아 정기선 개념으로 볼 수 있으나 CO₂ 배출률에서는 차이가 많이 난다. 이점을 통해 운항에 미치는 내·외부 환경이 상이하였음을 알 수 있다.

Table 4: Calculated New EEOI

선명 : M/V BLUEBELL

선종 : General Cargo Ship(Bulk Carrier)

DWT : 148,668.80 DWT

M/E 기본 사양 :

B&W 5870MC-C / 17,193BHP × 88.0RPM(NCR) / 15,700BHP × 85.0RPM(NCR)

Voyage: 109항차	연료소모량(Ton)		Loading 화물량	항해중 주기 Data		
	Fuel type (HFO)	Fuel type (MDO)		운전시간 (Hour)	Ave. RPM	Ave. Load (kW)
BL - BA	46.7		124,525	24.5	78.73	71.69
LL - LA	49.4		Tonnes	27.3	78.40	70.73
$\text{New EEOI} = \frac{96.1 \times 3,114,400}{(9,195 \times 24.5) + (9,702 \times 27.3)}$ $= 610.63 (\text{g CO}_2/\text{kWh})$						

Voyage: 110항차	연료소모량(Ton)		Loading 화물량	항해중 주기 Data		
	Fuel type (HFO)	Fuel type (MDO)		운전시간 (Hour)	Ave. RPM	Ave. Load (kW)
BL - BA	618.0		124,510	353.3	76.46	65.62
LL - LA	643.3		Tonnes	360.0	78.93	72.17
$\text{New EEOI} = \frac{1,261.3 \times 3,114,400}{(8,416 \times 353.3) + (9,267 \times 360.0)}$ $= 600.72 (\text{g CO}_2/\text{kWh})$						

선명 : M/V ADONIS

선종 : General Cargo Ship(Bulk Carrier)

DWT : 171,743.00 DWT

M/E 기본 사양 :

B&W 6870MC-C / 25,320PS × 91.0RPM(NCR) / 22,790PS × 87.9RPM(NCR)

Voyage: 28항차	연료소모량(Ton)		Loading 화물량	항해중 주기 Data		
	Fuel type (HFO)	Fuel type (MDO)		운전시간 (Hour)	Ave. RPM	Ave. Load (kW)
BL - BA	446.9		153,571	260.5	76.62	58.85
LL - LA	565.4		Tonnes	285.0	77.74	62.28
$\text{New EEOI} = \frac{1,012.3 \times 3,114,400}{(10,967 \times 260.5) + (11,606 \times 285.0)}$ $= 439.41 (\text{g CO}_2/\text{kWh})$						

Voyage: 29항차	연료소모량(Ton)		Loading 화물량	항해중 주기 Data		
	Fuel type (HFO)	Fuel type (MDO)		운전시간 (Hour)	Ave. RPM	Ave. Load (kW)
BL - BA	522.2		153,534	258.0	78.01	62.94
LL - LA	544.7		Tonnes	281.0	78.32	63.83
$\text{New EEOI} = \frac{1,066.9 \times 3,114,400}{(11,729 \times 258.0) + (11,895 \times 281.0)}$ $= 521.74 (\text{g CO}_2/\text{kWh})$						

(다) 이처럼 화물량 대신 kW로 하면 다양한 선박의 운항 특성에 대하여 합리적인 CO₂ 배출률을 정의할 수 있다고 판단된다.

5. 결론 및 제언

선박 기관의 온실가스 저감을 위한 활동의 일환

인 Energy Efficiency Operational Indicator(EEOI)를 검토해 보았고 그에 대해 새로운 개념의 EEOI제시하여 운항선에서 데이터 값을 비교 분석하였다. 이 과정에서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

(가) 운항선의 연료소모량은 화물에 의한 영향뿐만 아니라 많은 내·외부 환경으로부터 계속적인 영향을 받는데 이렇게 다양한 요소를 반영하기 위해서는 선박 기관의 부하를 분모로 하는 CO₂발생량/kWh 형태가 유효하다.

(나) 실선 데이터 분석을 통해 CO₂발생량/kWh 식이 선박의 에너지 효율을 적절히 나타낼 수 있음을 확인하였다.

(다) EEOI를 통한 선박간의 발생률 비교보다는 다양한 방법으로 선박 자체의 에너지 효율을 극대화하여 CO₂ 발생률을 저감시키는 방향으로 New EEOI를 활용하는 것이 적합하다.

(라) 기술적인 조치와 운항적인 조치의 연구와 더불어 환경적인 측면과 경제적인 측면에서 서로 간에 실효성 있는 시장기반 조치에 대한 연구필요성을 확인하였다.

(마) 이번 연구에서는 선박의 부하에 따라 영향이 제일 큰 주기관을 중심으로 실시하였지만 차후 연구에서는 발전기 및 보일러, 소각기 등도 포함하는 연구가 필요함을 밝힌다.

참고문헌

- [1] 船級, 한국선급, 제44호, 2010년.
- [2] 박명섭, 홍란주, 한능호, “선박기인 대기 오염규제를 위한 국제규범에 관한 연구”, 한국해사법학회지, 제21권, 제2호, 2009.
- [3] MEPC 주요 회의결과 알림, KR Technical Information, 한국선급, 2011.
- [4] 류경부, Greenhouse Gas Issues in IMO, 한국선급, 2009.
- [5] 선박오염 관련 국제협약 대응기술 개발 연구 (2), 국토해양부 한국해양연구원, 2006.

저 자 소 개



최재성(崔在星)

1974. 2. 한국해양대학교 기관시스템공학부 졸업(공학사), 1976. 2. 한국대학교 대학원(공학석사), 1986. 3. 일본 Kyoto Univ. 대학원(공학박사), 2011. 11. 현재 한국해양대학교 기관시스템공학부 교수.



노범석(盧範碩)

1996년 한국해양대학교 기관시스템공학부 졸업(공학사), 2010년 한국해양대학교 대학원(공학석사), 1996년 - 2002년 (주)한진해운(1기사), 2003 - 2007년 (주)SK해운(과장) 2011년 11월 - 현재 한국해양연수원 조교수.