

MRV 규제 대응을 위한 국제해운 에너지 효율 포탈 시스템 개념 설계

강남선* · 이범석** · 김상용** · 이정진*** · 윤현규****†

* 중소조선연구원 해양시뮬레이션연구팀, ** 현대유엔아이 물류사업팀,

*** 마린전자상사 연구개발팀, **** 창원대학교 산업조선해양공학부

Conceptual Design of a Portal System for International Shipping's Greenhouse Gas Monitoring, Reporting, and Verification

Nam-seon Kang* · Beom-seok Lee** · Sang-yong Kim** · Jung-jin Lee*** · Hyeon-kyu Yoon****†

* Marine Simulation Research Team, Research Institute of Medium & Small Shipbuilding, Busan 46757, Korea

** Logistics Research Team, Hyundai Ubiquitous & Information Technology, Seoul 03127, Korea

*** R&D Center, MECys, Busan 48792, Korea

**** School of Industrial Engineering & Naval Architecture, Changwon National University, Changwon 51140, Korea

요 약 : 본 논문에서는 MRV 규제 대응을 위해 선박 운항효율데이터 수집 및 검증 시스템을 구축하고 이를 활용하여 해운선사 업무 지원과 국가 온실가스 인벤토리 산정이 가능한 국제해운 에너지효율 포탈 시스템을 설계하였다. 시스템 요구조건을 도출하기 위하여 EU MRV 법안과 IMO MRV 논의사항, 해운선사의 선박에너지효율과 온실가스규제 대응 및 국제해운 온실가스 통계 현황에 대하여 분석하고 선박 에너지효율과 온실가스 배출량 데이터 수집을 위하여 선내 장비, 에너지효율 측정 장비, 운항보고서를 활용한 데이터 수집 모듈과 선박에서 수집된 데이터를 육상으로 전송하기 위해 관리가 용이하고 사용량이 최소화된 데이터베이스기반 전송 모듈을 설계하였다. 수집된 데이터의 표준보고양식 변환, 모니터링, 통계 및 분석, 검증, 보고서 자동생성과 국가 온실가스 인벤토리 지원이 가능한 국제해운 에너지 포탈시스템을 설계하였다.

핵심용어 : 실연비데이터보고제도, 온실가스배출규제, 선박연료유사용량, 온실가스 배출량, 선박에너지효율, 국제해운, 포탈 시스템

Abstract : In this paper, a portal system compatible with MRV regulation was designed to monitoring, reporting and verifying CO₂ emission and fuel consumption data from an international ship. A portal system supports monitoring and reporting task of international shipping companies and calculates national greenhouse gas inventory. EU MRV law, MRV discussions of IMO, responses of international shipping companies to ship energy efficiency and greenhouse gas regulation, and greenhouse gas statistics on international shipping were analyzed to drive portal system requirements. For ship energy efficiency and CO₂ emitted monitoring, a data collection module was designed based on on-board equipment, energy efficiency measuring device and navigation report. Data transfer module with easy management and minimized usage to transfer ship data to shore was designed. A portal system was designed to convert the collected data into the standard reporting format, perform monitoring, statical analysis, verification and auto report generation, and support national greenhouse gas inventory.

Key Words : Monitoring/Reoparting/Verification, Greenhouse gas emission, Fuel consumption, CO₂ emitted, Ship energy efficiency, International shipping, Portal system

* First Author : nskang@rims.re.kr, 051-974-5534

† Corresponding Author : hkyoon@changwon.ac.kr, 055-213-3683

1. 서론

국제해사기구(IMO, International Maritime Organization)는 Fig. 1과 같이 국제해운의 온실가스 감축 또는 에너지효율 개선을 위한 환경규제로서 선박에너지효율관리계획서(SEEMP, Ship Energy Efficiency Management Plan)와 에너지효율설계지수(EEDI, Energy Efficiency Design Index)를 포함하는 MARPOL Annex VI를 MEPC 제62차 회의에서 채택하고 2013년 1월 1일부터 시행하고 있다. 하지만 SEEMP와 EEDI로 대표되는 기술적·운항적 조치만으로는 지속적으로 증가되는 국제해운의 배출량을 국제사회의 요구수준으로 감축하기 어렵다고 판단하고 시장기반조치 및 선박의 추가 에너지효율 개선조치와 같은 추가적인 감축제도 도입을 검토하고 있다. 추가 감축제도로 시장원리에 입각한 조치의 시행을 통해 온실가스 배출량을 규제하는 시장기반조치(MBM, Market Based Management)가 가장 먼저 제안되었으나 영향성 평가에 대한 필요성이 제기되면서 도입이 지연되고 있다. MBM은 선박에서 사용하는 연료유에 일정 금액의 세금을 일률적으로 부과하는 제도인 탄소세(Carbon Tax) 제도와 선박 및 선사의 CO₂ 배출 허용량을 정하고 이를 초과한 경우 배출권을 구매하여 초과 배출량을 상쇄하는 배출권 거래제(Cap and Trade)제도 및 탄소세와 배출권 거래제가 조합된 8가지 방법이 있으나 유엔 기후변화협약 및 교토의정서에서 채택한 ‘공통의 그러나 차별화된 책임(CBDR, Common but More Differentiated Responsibility)’ 원칙과 IMO의 ‘유리한 대우 불가의 원칙(NMFT, No More Favourable Treatment)’을 둘러싸고 선진국과 개도국간의 이견이 좁혀지지 않고 있어 MBM에 대한 영향평가 후 최적의 MBM 대안을 제시하여 협약채택을 유도할 계획을 수립하고 있다(Oh, 2013; Boo, 2015; KST, 2012).

이에 따라 기존의 MBM과 더불어 추가에너지효율 개선 규제(Further Measure)와 실연비데이터보고제도(MRV, Monitoring/Reporting/Verification)가 선진국을 중심으로 MEPC 64차 회의부터 논의되고 있다(KST, 2012; KR, 2013).

Further Measure은 Table 1의 4가지 제안과 같이 EEDI와 유사한 방법으로 선박 에너지효율을 규제하기 위한 사항이며, Further Measure 시행을 위한 에너지효율 기준을 수립을 위해 선박 운항데이터에 대한 MRV가 함께 논의되고 있다. MRV가 시행되면 선박의 에너지와 배출량 모니터링을 위해서 부가적인 시스템을 설치해야 하며 해운산업계 전체에 매년 76.4백만 유로, 해운선사 별 6,700유로의 행정비용이 추가될 것으로 추정되어 극심한 침체기를 겪고 있는 해운산업의 부담이 가중될 것으로 예상되고 있다(Oh, 2013; KR, 2013).

따라서 본 논문에서는 MRV 규제 시행에 대응하여 선박 운항 효율 데이터의 수집 및 보고가 가능한 경제적인 시스

템을 개발하여 국내 해운선사를 지원하고 이를 활용하여 국가 온실가스 인벤토리 산정이 가능한 국제해운 에너지효율 포탈시스템을 제안하고자 하며 구성은 다음과 같다. 2장에서는 MRV 규제, 3장에서는 MRV 지원 시스템의 요구조건을 분석하고, 4장에서는 이를 바탕으로 MRV 시스템과 국가 포탈시스템에 대한 개념설계를 수행하며, 5장에서 결론을 제시한다.

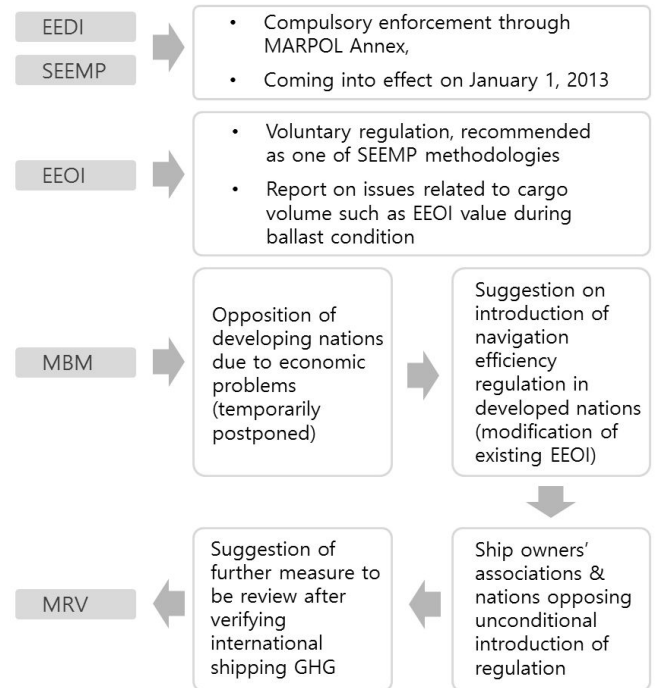


Fig. 1. Current issue and future directions of reduction of GHG in Ships (IMO) (KR, 2013; KR, 2015).

Table 1. A suggestion of further measure (KR, 2013)

	standard for control	units	items
USA	energy consumption (Jule), operational time (hour)	J/h	fuel consumption by fuel type (J), operational time (H)
Japan	EEOI	gCO ₂ /tonne. mile	fuel consumption by fuel type (t), service distance, weight (DWT)
EMSA	EEOI (except cargo weight)	gCO ₂ /mile	fuel consumption by fuel type (t), service distance
Germany	only fuel consumption	t-fuel	fuel consumption by fuel type (t),

2. 선박의 실연비데이터보고(MRV)

MRV란 측정(Monitoring), 보고(Reporting), 검증(Verification)을 지칭하며 Fig. 2와 같이 연료 사용량과 운항데이터를 정량화하고 제3자 검증을 통해 정확성을 제고하여 표준 서식에 따라 보고하는 일련의 절차를 의미한다. Monitoring은 운실가스 배출량의 정확한 비교/분석을 위한 정량화 방안 마련, Reporting은 정량화된 배출량의 보고 방법, 주기, 보고서 작성 등에 대한 방법론 정립, Verification은 제3자 검증을 통해 측정된 배출량의 신뢰성 보장을 목적으로 하며 이에 대한 상세 요구사항은 Table 2와 같다(Boo, 2015; KR, 2013). 현재 MRV는 IMO와 EU에서 진행되고 있으며 특히 EU는 2015년 법안을 공식 발표하고 2018년 시행을 앞두고 있어 규제 대응을 위한 방안 마련이 필요하다.

2.1 유럽연합(EU)

유럽연합(EU, European Union)은 국제해운 운실가스 배출량의 추가적인 규제에 대한 압박을 위해 기국에 관계없이 EU 항만을 입출항하는 선박의 운항데이터에 대한 MRV 시

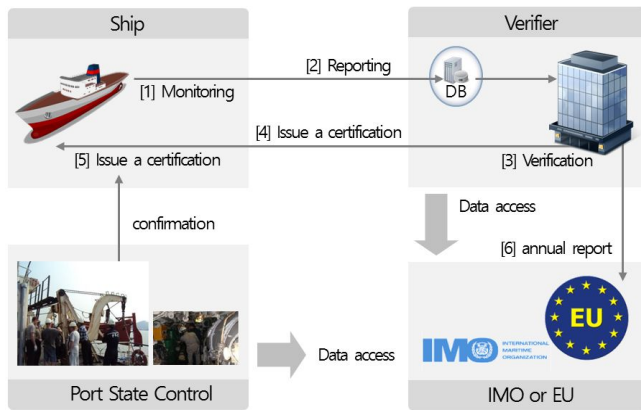


Fig. 2. MRV procedure (KR, 2015).

Table 2. Requirements of MRV regulation (KR, 2013)

item	details
Monitoring	method of monitoring
	comparison level of CO ₂ emission
	variables/calculation method to check emission reduction
Reporting	standardized reporting format
	guideline for monitoring and Reporting
Verification	additional demonstration requirement and data verification methodology
	verification methodology
	verification guideline and capability

행을 위한 법률을 EU 의회(EC, Council of the European Union)에 제출하였으며 2015년 7월 발효되었다. 이에 따라 2018년 1월부터 EU 항만을 입출항하는 총톤수 5,000톤을 초과하는 모든 선박은 Fig. 3과 같이 CO₂ 배출량 및 연료사용량, 운항 관련 자료, 에너지 효율 등 기타 기후관련 정보를 매년 측정하여 제3자 기관의 검증을 받아 EC에 제출하여야 한다.

EU MRV 시행 계획은 Fig. 4와 같이 2017년 8월 31일까지 모니터링 계획서를 제출하고 2018년 1월 1일부터 매년 이산화탄소 모니터링을 개시하며, 차년도 4월 30일까지 검증기관의 확인이 완료된 검증보고서를 EC에 제출하고 적합확인서를 선내에 배치하여야 한다. EC는 국제해운선박에서 보고된 검증보고서의 결과를 매년 6월 30일 공개한다(KR, 2013; LR, 2015; ICS, 2013).

2.2 국제해사기구(IMO)

IMO는 해양환경보호위원회(MEPC, Marine Environment Protection Committee) 65차 회의부터 MRV 규제에 대하여 논의를 시작하

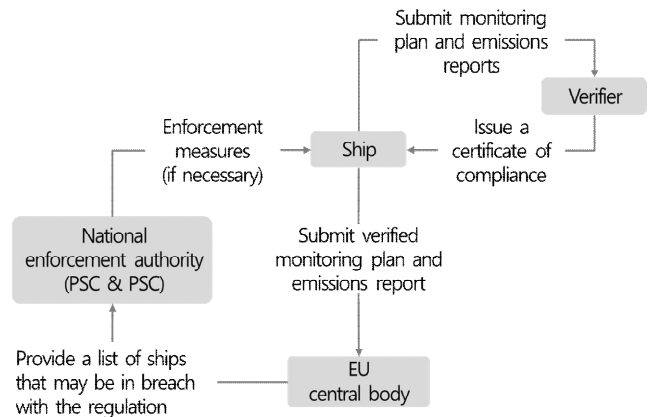


Fig. 3. EU MRV procedure (LR, 2015).

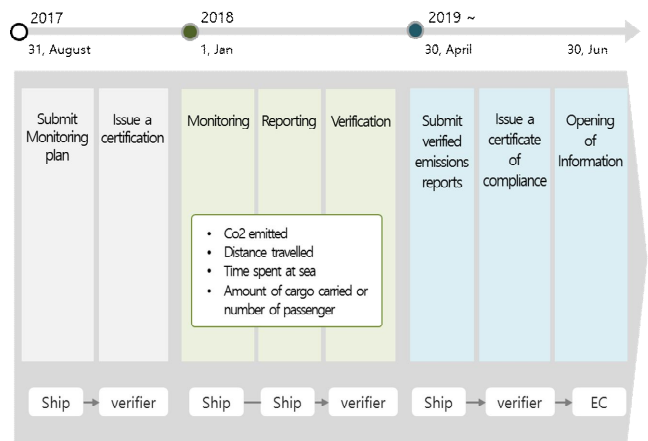


Fig. 4 EU MRV trial plan (LR, 2015; ICS, 2013).

MRV 규제 대응을 위한 국제해운 에너지 효율 포탈 시스템 개념 설계

였으며, 67차까지 논의된 결과는 다음과 같다. 적용 대상은 총톤수 5,000톤 이상(또는 400톤, 향후 결정)의 선박에 대하여 자발적 또는 강제적 시행(향후 결정)을 하며 첫째, IMO 식별번호, 둘째, 선종, 총톤수(GT, Gross Tonnage), 순톤수(NT, Net Tonnage), 중량톤(DWT, Dedweight Tonnage), 주기관 및 보조기관 출력, EEDI, Ice Class 등의 선박 기술적 제원, 셋째, 연료종류별 연간 총 사용량에 대한 데이터 수집 방법론을 SEEMP에 명시하고 MEPC 가이드라인에 따라 해당 데이터를 수집하여야 한다.

IMO MRV 시행 계획안에 따르면 Table 3과 같이 데이터 보고의 주체는 등록선주(Registered Owner)가 되며 데이터는 매년(시행일자로부터 12개월)마다 모든 완료된 항차에 대하여 수집된 데이터를 연간 값으로 합산하여 보고기간 종료일로부터 3개월 이내에 기국(Flag State)에 IMO 표준 서식을 사용하여 전자적인 방법으로 보고하여야 한다.

기국은 국제안전관리규약(ISM Code, International Safety Management Code) 등 정립된 기준에 따라 보고된 데이터 검증을 완료하고 매년 보고기간 종료일로부터 4개월 이내에 IMO의 선박 연료사용량 데이터베이스로 전송하여야 한다. IMO는 연료사용량 데이터베이스를 관리하고 수집된 데이터의 통계와 분석을 수행하며 데이터의 출처를 익명 처리하여 IMO 회원국에만 정보를 공개한다(KR, 2013; KR, 2015).

3. MRV 지원시스템 요구조건 분석

3.1 선박의 에너지 효율 데이터 수집 기술 개선

IMO 및 EU MRV 법령에 따르면 선박의 에너지효율 측정을 위한 방법은 선박연료유공급확인서(BDN, Bunker Delivery Note)와 유류탱크 재고조사, 선박연료유탱크 모니터링, 연소설비의 유량계 설치, 연속 배출량 측정(CEMS, Continuous Emission Monitoring System)의 4가지가 있으며 각 측정방법의 특징과 소요 비용, 데이터 정확도 등은 Table 4와 같다(KST, 2012; KR, 2015).

첫 번째, BDN과 유류탱크 재고조사 방법은 대부분의 선박에 유류탱크 사운드 시스템이 이미 설치되어 별도의 측정장비가 필요하지 않아 해운선사의 선호도가 높지만 수집된 데이터를 담당자가 직접 입력해야 하므로 선원의 행정업무가 가중되고 인적오류(Human Error)가 발생할 가능성이 높으며, 데이터의 신뢰성을 증명할 수 없어 검증을 위한 비용이 증가되는 단점이 있다.

두 번째, 선박연료유탱크 모니터링 방법은 2-4개 엔진이 설치된 파나막스급 벌크선을 기준으로 유류탱크 당 1,000~1,300달러(전자모니터링 시스템 기준)의 설치 비용이 필요하고, 세 번째, 연소설비의 유량계 설치의 미터기 개당 280(Oval Gear Meter) ~ 6,000(Coriolis Meter)달러로 총합 약 15,000

Table 3. IMO procedure for MRV (draft) (KR, 2015)

	responsibility	requirements
16.1.1 ~ 16.12.31	ship	monitoring plans prepared & submitted to verifiers
17.1.1 ~ 17.12.31	ship	commence per-voyage and annual monitoring
~ 18.3.31	ship to flag state	submit a verified emission report
~ 18.4.30	flag state to IMO	submit a annual data to the IMO database
18.1.1 ~ 18.12.31	ship	keep latest a certificate of compliance and commence per-voyage and annual monitoring

Table 4. Costs and accuracy of monitoring methods (KR, 2013; CE Delft, 2014)

	equipment costs	monitoring & verification coast	accuracy
BDN & stock-tankings	no equipment cost	high (if use of paper records)	±5%
Tank sounding	\$1,000/tank (standard on most ships)	modest (if automatically monitored)	±5%
Fuel flow meters	\$15,000~60,000 (standard on many newer ships)	modest (if automatically monitored)	±0,2/±3% (depend on type)
CEMS	\$100,000 (not yet implemented on ships)	modest (if automatically monitored)	±2%

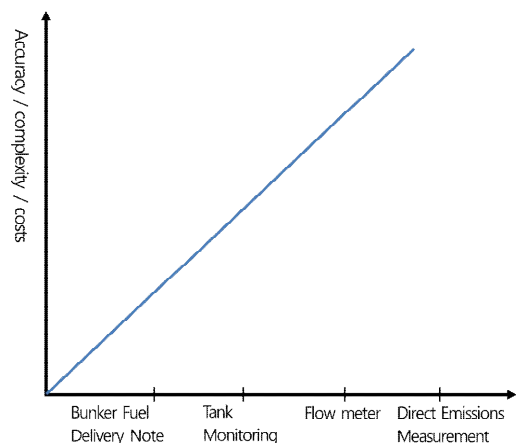


Fig. 5. Accuracy of data according to measurement method and price of equipment (CE Delft, 2014).

~ 60,500달러의 비용이 필요하지만 자동화 시스템과 연동할 경우 선원의 행정업무 증가와 인적오류를 줄일 수 있는 장점이 있다.

네 번째, CEMS는 장비비용 100,000달러와 추가 설치비용 25,000달러(싱글 주관시스템 기준)의 높은 비용이 필요할 뿐 아니라 선박의 설치사례가 전무하여 시스템 설치 및 운영을 위한 기준 정립이 선행되어야 하며 다른 시스템에 비하여 넓은 설치 공간과 기술이 요구되어 해상 적용을 위한 기술적 검증이 필요하다(KR, 2013; LR, 2015; CE Delft, 2014).

선박 에너지 효율 데이터 Monitoring은 Table 4와 Fig. 5의 해양공학연구소(IMarEST) 선행연구결과와 같이 장비가격과 측정 정확도가 정비례한 것으로 보고되었으며 BDN과 유류탱크 재고조사 방법을 제외하고는 자동보고시스템을 구축할 수 있어 측정 및 보고를 위한 행정업무를 줄일 수 있으며 수작업으로 인해 발생하는 인적오류를 최소화 하여 데이터 검증을 위한 추가비용을 줄일 수 있는 장점이 있다(CE Delft, 2014). 하지만 극심한 경영난을 겪고 있는 해운선사에서는 대부분 네 가지 방법 중 별도의 시스템을 설치하지 않고 운영할 수 있는 BDN과 유류탱크 재고조사 방법을 선택할 것으로 예상되고 있어 해당 방법이 가지는 낮은 데이터 신뢰성을 보완할 수 있는 방법 마련이 필요하다.

3.2 표준 보고서식에 따른 자동 보고 기술 필요

최근 선박의 연비와 에너지 효율성, 안전운항 등에 대한 관심이 높아지면서 일부 대형 해운선사에서는 자발적으로 자동보고와 에너지 효율성 모니터링 등을 위한 선박과 육상간 업무 시스템을 구축하여 운영하고 있다. 그러나, 중소형 해운선사의 경우 선박과 육상 간 업무 시스템이 구축된 사례는 극히 드물며 시스템 개발을 위한 비용과 기술 확보가 어려운 실정이다.

EU MRV는 항차기준, 연간기준에 따라 선박 운항효율 및 온실가스 배출량 등을 보고하며 단순한 연료소모량과 온실가스 배출량 뿐 아니라 화물량, 선박의 위치, 시간 등이 포함된 운항데이터를 보고하여야 한다(Oh, 2013; Boo, 2015; LR, 2015). IMO MRV는 등록선주가 IMO 식별 번호, 선박 기술적 제원, 연료종류별 연간 총 연료사용량의 데이터를 전자적인 방법으로 기국에 보고하며, 운항거리, 운항시간, 화물량 등 운항데이터의 추가에 대하여 논의되고 있다. MRV의 보고 데이터는 현재 IMO에서 운영 중인 SEEMP, EEOI와 비교하여 해운선사 정보, 평균 에너지효율 등 관련된 수많은 데이터가 수집되어야 하며 수집된 데이터는 독립적으로 사용되기도 하지만 다양한 형태로 조합되거나 활용되기 때문에 동기화된 데이터의 실시간 계측이 가능하도록 자동화 시스템 구축이 필요하다(KR, 2013).

따라서 MRV지원 시스템은 각 해운선사에서 개별 시스템을 구축하지 않아도 관련된 데이터를 측정하고 전자적인 방법으로 보고할 수 있는 기능과 현재 운영 중인 시스템이 있는 경우, 기존의 해운선사 보고양식을 IMO MRV 표준서식으로 자동변환이 가능한 기술개발이 필요하다.

3.3 지속적인 데이터 축적/운영을 위한 국가 차원의 에너지 효율 포털 시스템 필요

세계적으로 온실가스 감축에 대한 관심이 높아지면서 배출량의 투명한 관리와 효율적인 검토를 위해서 EU를 중심으로 전 산업분야의 온실가스 종합관리 시스템을 구축·운영하고 있으며 온실가스 배출량의 정확도를 확보하기 위하여 모니터링계획의 사전승인, 제3자 검증의 상시운영 등 배출량 검토 절차를 강화하고 있다(KST, 2012; KR, 2013). EU는 해운분야에서도 6,000여개의 EU 항만에 기항하는 4만 6천 여척의 상선에 대한 정보를 활용하여 온실가스 및 대기오염 물질 배출량을 유럽전역에 대한 격자를 설정하고 Fig. 6과 같이 배출량 인벤토리를 구축하였으며 이를 활용하여 유럽연합 27개국과 인접국인 터키, 크로아티아에 대해서 선박에 의한 대기오염물질의 배출 상한인 국가 배출상한 명령(NECD; National Emission Ceiling Directive) 도입을 검토하는 등 구축된 데이터를 적극적으로 활용하고 있다(KR, 2013).

국내에서도 저탄소 녹색성장 기본법 시행령 제38조에 따라 2010년 온실가스 종합정보센터(GIR, Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea)를 설치하고 관련 규정 및 계획제정, 배출량 산정을 위해 국가 온실가스 통계 산정/보고/검증(MRV) 지침을 마련하였으나 항공, 도로, 철도, 해운을 포함하는 수송부분 특히 국제해운의 배출량 데이터 수집에 어려움을 겪고 있다(GIR, 2014; Park et al., 2011).

한국선주협회에서는 국내 해운업계 전체의 온실가스 배출량과 에너지효율수준을 파악하여 국제 온실가스 규제에 대응하고 선박 에너지효율을 극대화 할 수 있는 국가정책을 개발하기 위해서 2013년 회원사의 전 선박을 대상으로 온실가스 모니터링 시스템을 구축하였다. 국적선박, 소유권이전 부나용선(BBCHP, Bareboat Charter with Hire Purchase), 장기용선 선박(5년 이상)을 대상으로 IMO의 EEOI 가이드라인에 따른 산정방법을 활용하며 이를 토대로 선박의 탄소배출량 및 EEOI로 계산되는 에너지효율 수준을 선박별 또는 국내해운 전체로 비교·분석할 수 있으며 특히, 회원사 자체적으로 시스템을 구축할 필요 없이 사용이 가능한 Web 기반의 온실가스 모니터링시스템을 Fig. 7과 같이 개발하였다(KSA, 2013). 하지만 기존의 보고 체계와 동일한 데이터를 반복하여 입력하여야 하고, 데이터 신뢰도에 대한 검증이 어려우며 특히, 회원사의 활용이 낮아 시스템이 정상적으로 운용되지 않고 있다. 또한 국제해운의 온실가스 관리를 위한 사례로는 Table 5와 같이 일부 해운선사에서 운영하고 있는 온실가스 관리 시스템과 온실가스 종합정보센터의 국가 온실가스 관리 시스템이 있다. Table 5와 같이 국제해운의 온실가스 배출량 관리를 위해 일부 해운선사의 온실가스 배출량 관리 시스템의 배출량 산정방법은 BSR(Business for Working Group)에서 제시하는 화물의 출발지와 목적지 및 화물의 무게를 기준으

MRV 규제 대응을 위한 국제해운 에너지 효율 포탈 시스템 개념 설계

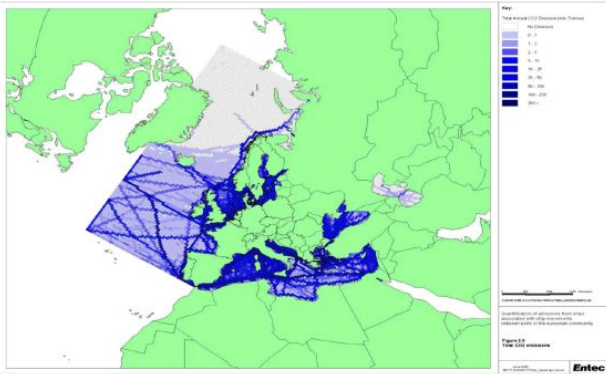


Fig. 6. Status of greenhouse gas inventory of EU(ICS, 2013).

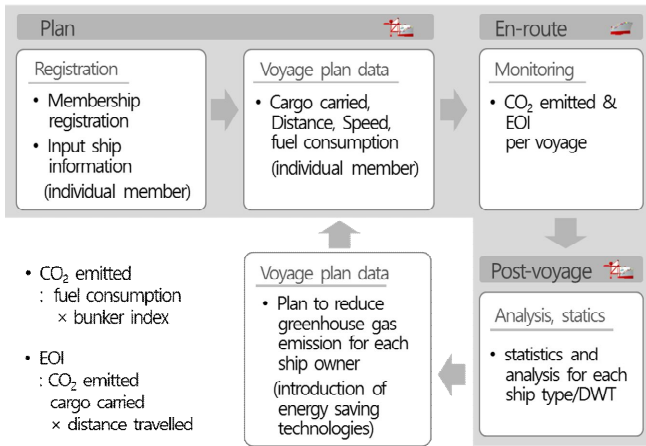


Fig. 7. Greenhouse gas monitoring system diagram of Korea ship owners' association (KSA, 2013).

Table 5. Examples of studies on international shipping emission control and statistics (KR, 2013; CE Delft, 2015)

	standard	data	problem
Korea ship-owners' association	IMO EEOI	ship specification, gross tonnage/Dead weight tonnage, Log-book, BDN	poor cooperation of member companies and overlapping of work for data input
Shipping industry	CCWG GEMIS	departure/arrival port of cargo, weight of cargo carried	differences in data and detailed calculation method
GIR	coast-line	total time spent at sae and operating data (annual)	limited data on international shipping, and data monitoring methodology
	International	standard for supply and demand statistics on petroleum, calculation of basic emission	different from international standard

로 선박 운송에 따른 배출량을 계산하고 내륙운송에 따른 배출량은 GEMIS(Global Emission Model for Integrated System) 과 같은 국제적 기준을 적용하여 선박 운송에 따른 배출량 뿐 아니라 내륙운송으로 인한 배출량도 함께 계산되어, IMO 에서 논의 되고 있는 운항 관련 데이터 및 세부 계산 방법 등과 차이가 있어 MRV 보고 자료로 활용이 어렵다(KR, 2013; KSA, 2013).

마지막으로, 온실가스 종합정보센터에서는 해운분야의 온실가스 배출량 통계구축을 위하여 연안해운과 국제해운으로 나누어 관리하고 있다. 연안해운은 연안 여객선의 한국해운조합의 면세유 지급자료, 연안화물선의 한국석유공사 석유류수급통계 중 연안 여객선의 유류량을 제외한 양을 기준으로 선종별, 경로별, 항만별 배출량을 산정하고 있지만 국제해운은 외국적 선박의 국내해운과 국제해운의 구분과 정확한 연료 사용량 산정이 어려워 석유공사의 석유수급통계를 이용한 기본적인 배출량을 추정하는 정도에 그치고 있어 국제해운의 온실가스 배출량 산정에 어려움을 겪고 있다(GIR, 2014; KSA, 2013; Boo, 2015; Kim, 2015).

따라서 국제해운에 대한 배출량 관리와 MRV 규제 대응을 위하여 국가 차원의 에너지 효율관리 포탈을 구축하고 관련 데이터를 추적·운영하여 기국의 국제해운 온실가스 배출량의 IMO 데이터베이스 보고 의무와 더불어 국가 온실가스 종합정보관리에도 정보를 공유하여 국가 전체 온실가스 배출량 관리 및 검토에 기여할 수 있는 기술 및 시스템 개발이 필요하다.

4. 시스템 개념 설계

4.1 ECO Ship-Collector

선박 및 해운선사에서는 온실가스 저감을 위한 운항적 조치 방안으로 IMO 문서 MEPC.1/Circ.684 권고사항에 따라 온실가스 배출량 및 식(1), (2)에 따라 선박 에너지효율을 보고하고 있으며 이를 위해 운송화물량, 이동거리, 연료소모량, 연료 종류별 환산계수 데이터를 수집하고 있다. MRV 규제에 따르면 IMO는 선박 주요제원과 연료종류별 연간 총 사용량, 운항거리, 운항시간, 화물량 등의 데이터를 수집할 예정이며 EU는 항차 및 연간을 기준으로 Table 6의 세부 항목에 대하여 보고하도록 규정하고 있어 현재 EEOI보다 많은 데이터의 수집과 조건에 따른 데이터 정리가 필요하다(KR, 2013; LR, 2015).

대형 해운선사는 자체적으로 자재구매, 안전심사관리, 절차서, 인증서 등과 운항과 관련된 각종 리포트를 지원하는 선박관리시스템을 운영하고 있으며 일부 해운선사에서는 운항관련 기능을 특화하여 에너지효율모니터링 시스템을 독립적으로 운영하고 있지만 대부분의 중소형 해운선사는

Table 6. EU MRV monitoring requirements (LR, 2015)

category	details	current operation method	
		major company	small & medium company
per-voyage monitoring	Port of departure and port of arrival including the date and hour of departure and arrival	PMS or EMS (Planned management system of ship energy efficiency monitoring system)	lack of automated system (file management)
	Distance travelled		
	Time spent at sea		
	Amount and emission factor for each type of fuel consumed in total CO ₂ emitted		
	Vessel identification		
	Details of the method used for emissions monitoring		
	Total CO ₂ emitted		
	Total distance travelled		
	Total time spent at sea and at berth		
	Total annual fuel consumption		
Annual re-reporting	Amount and emission factor for each type of fuel consumed in total	PMS or EMS	extraction of necessary data from data collected on land (some data are not collected)
	Technical efficiency of the ship (EEDI of EIV as applicable)		
	Annual average efficiency (e.g. EEOI, Fuel consumption per distance and cargo carried)	+	
	Aggregated annual CO ₂ emissions from all voyage between, from and to ports under a member state's jurisdiction during the reporting period	need for development of additional compatibility technologies	
	CO ₂ emission which occurred within ports under a member state's jurisdiction whilst at berth		
	Total annual amount/weight of cargo carried		
	Verification information		

비용과 기술적 한계로 자동화 보고체계 대신 보고서, 엑셀과 같은 서식파일로 데이터를 관리하고 있다.

따라서 ECO Ship-Collector는 자체 시스템을 구축하지 못한 중소형 해운선사에서 Table 6의 데이터 보고를 할 수 있도록 Table 7의 입출항 항만과, 시간, 운항거리, 운항시간, 현재 위치, 연료소비량, CO₂ 배출량, 화물량, 평균에너지효율 데이터를 수집하기 위해서 항해기록장치(VDR, Voyage Data Recorder), 전자해도표시정보시스템(ECDIS, Electronic Chart Display & Information System), 선박자동식별장치(AIS, Auto Identification System), 알람모니터링시스템(AMS, Alarm Monitoring System), 유량계(Flow Meter) 등과 연동하여 장비기반 시스템을 구성하거나 장비의 연동이 어려운 경우 운항보고서 기반의 선박 에너지효율 데이터 Monitoring 모듈을 Fig. 8과 같이 개발한다. 장비기반 데이터 수집방법은 AIS, GPS로 현재 위치, 운항거리, 운항시간을 확인하고 선박 에너지효율 측정을 위해 연료설비에 유량계를 설치한 경우 유량계, 직접 배출량 측정 시스템을 설치한 경우 측정시스템과 연동하며 BDN과 유류탱크 재고조사, 선박연료유탱크 모니터링 방법을 이용하는 경우 정보보고(Noon Report, Noon Report in Port)의 데이터를 활용한다. 화물량, 입출항 시간데이터는 입출항 보고서(Departure Report, Arrival Report) 또는 항차리포트(ab-log)의 데이터를 활용하며 평균에너지효율은 식(1), (2)에 따라 계산하거나 ab-log의 데이터를 활용한다. 선박에 설치된 장비와 연동하지 못하는 경우는 선박에서 작성되는 운항보고서를 활용한다. 운항보고서는 Fig. 9와 같이 출항시 Departure Report

Table 7. EU MRV monitoring requirements (LR, 2015)

Item	use Report		Iterface with Equipment
	Daily	per voyage	Daily/per voyage
ETA, ETD	Derarture report	ab-log	Report
Departure/Arrival Port	Derarture report	ab-log	ECDIS, AIS or report
Amount and emission factor for each type of fuel consumed in total	Derarture/ Noon/Noon in port report	ab-log	Flow meter or CEMS or AMS or VDR, ect.
CO ₂ emitted		ab-log	
Distance travelled	Noon/Noon in port report	ab-log	
Time spent at sea		ab-log	GPS, AIS, ECDIS, etc.
Location		-	
Amount/weight of cargo carried	Derarture report	ab-log	Report or Loading-com.
Average efficiency	calculate	ab-log	calculate or ab-log

고 이를 활용하여 선박에서 육상 시스템에 Web으로 접속하여 시스템을 이용하는 방법에 대한 검토가 이루어지고 있다 (Inmarsat, 2015; KCA, 2014). 하지만 Web 접속방식의 경우 통신대역폭, 속도, 비용, 통신 안전성 등에 대한 우려가 있으며 장애 발생 시 데이터 전송이 불가능한 단점이 있다. 따라서 ECO Ship-Deliver는 Fig. 10과 데이터베이스를 기반으로 ECO Ship-Collector에서 수집된 데이터를 Fig. 11의 운용 프로그램을 통하여 육상으로 전송한다. 선박에서는 보고 주기에 따라 수집된 데이터를 암호화 및 압축하여 데이터를 전송하며 육상에서는 수신된 데이터를 복호화 한 후 ECO Ship-Manager의 데이터베이스에 저장한다. 데이터 관리의 효율성을 높이고 통신 사용량을 최소화하기 위하여 데이터 중복을 최소화하고 데이터 간에 불일치가 발생하지 않도록 일관성을 유지하고 유효성 검사를 실시하여 데이터의 무결성을 유지하도록 한다.

4.3 ECO Ship-Manager

국제해운 에너지효율 포탈 시스템 ECO Ship-Manager는 IMO 선박운항효율 및 MRV 규제 대응을 위해 국가 및 해운선사에서 사용되는 시스템으로 Fig. 12와 같이 MRV 표준 보고양식으로 변환을 위한 데이터 변환 모듈과 수집된 데이터의 모니터링, 분석, 통계 및 항차별, 연간 보고서 자동생성을 위한 운영 프로그램, 제3자 인증 지원을 위한 데이터 검증 모듈, IMO 연간 보고, 국가 온실가스 인벤토리 구축 등을 위한 공공 서비스 모듈로 구성된다. ECO Ship-Manager는 계정에 따라 사용에 대한 권한을 차등부여하며 일반 해운선사는 운영 프로그램을 통한 데이터 모니터링, 검증자는 데이터베이스의 열람, 국가는 데이터 모니터링 및 검증된 데이터의 전송권한을 부여한다. 데이터의 무결성을 유지하기 위해서 해운선사 자체 시스템과 ECO Ship-Deliver를 사용하는 경우 모두 데이터의 수정을 할 수 없도록 자동보고시스템을 구성하며 수정이 필요한 경우 관리자 승인을 받아 데이터를 수정하고 수정 사항에 대한 이력관리가 가능하도록 한다.

데이터 변환모듈은 Fig. 12와 같이 선박에서 수집된 데이터를 MRV 표준 보고서식으로 자동 변환하기 위한 것으로 ECO Ship-Collector를 통해 표준 양식에 맞추어 수집된 데이터가 아닌 해운선사에 기구축된 시스템을 이용하는 경우 각 해운선사의 특성에 맞추어 보고되는 상이한 데이터를 MRV 표준 보고서식으로 자동 변환한다. 기존의 해운선사 시스템을 이용하는 경우 선박에서 포탈 시스템으로 데이터를 직접 전송하면 동일한 데이터를 반복적으로 전송하여야 하고 이에 따른 추가 통신비용이 발생되기 때문에 선박에서 육상으로 보고된 데이터를 육상의 해운선사에서 포탈 시스템으로 전송하도록 한다.

운영 프로그램은 Fig. 13과 같이 에너지 효율, CO₂ 배출량, EEOI 등 수집된 데이터를 모니터링 하고 Table 6의 항차별 연간 보고를 위한 보고서 자동 생성을 지원한다. 데이터 모니터링은 사용자 개정에 따라 개별 해운선사는 당사의 데이터를 실시간으로 모니터링 할 수 있으며 기국은 각 해운선사 및 국가 총량을 모니터링 할 수 있다. 검증자는 검증을 요청한 해운선사에 대한 데이터를 열람할 수 있으며 당해연도가 지나 제3자 검증이 완료된 국가 총량 데이터는 개정에 상관없이 확인할 수 있도록 한다.

데이터 검증모듈은 수집된 데이터의 3자 검증지원을 위한 기능으로 데이터 수집 방법, 내용, 관리 이력 등을 검토하여 적합 여부 및 적합증서를 발행 할 수 있도록 관련기관과의 인터페이스 모듈과 해당 기능을 구현한다. 공공서비스 모듈은 MRV 규제에 따라 제3자 검증이 완료된 연간 데이터를 IMO 데이터베이스에 전송하고 국제 해운의 연간 온실가스 총량을 온실가스 종합정보센터에 공유하기 위한 인터페이스 모듈을 개발하며 단순한 온실가스 배출량 모니터링 뿐

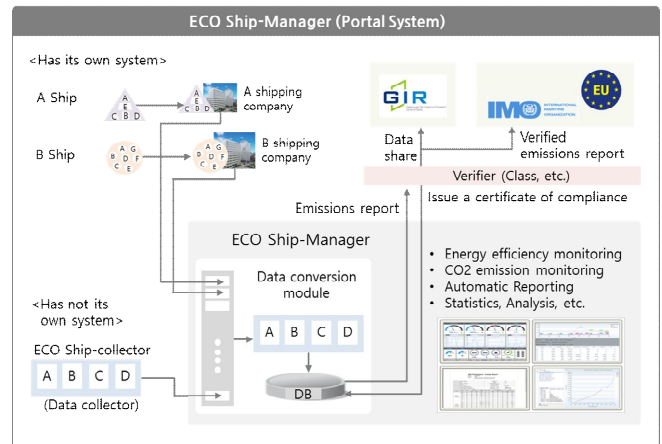


Fig. 12. ECO Ship-Manager diagram.

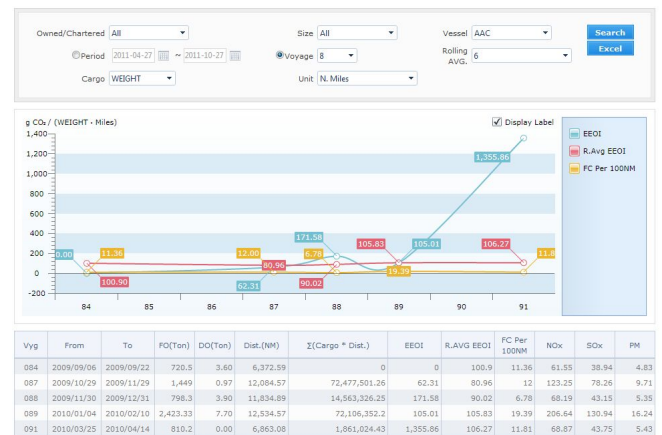


Fig. 13. ECO Ship-Manager operating program (EEOI monitoring).

아니라 선박별, 항로별 특성에 따라 누적된 데이터를 분석하여 선박의 에너지 절감에 필요한 요소를 산출하며 해운선사의 업무지원과 온실가스 관리 및 국제 규제 대응이 가능하도록 해운선사 레거시(Legacy) 및 인증기관 등과의 데이터 인터페이스 표준을 정립한다.

5. 결론

본 연구에서는 국제해운의 MRV 현황을 분석하고 이를 만족하는 MRV 지원 시스템 개발을 위한 개념설계를 수행하였다. 이상을 정리하면 다음과 같다.

첫째, MRV 데이터 수집 요구사항과 선박 에너지 효율 측정방법에 따라 선내 장비, 네트워크 구성 및 운항보고서 구성을 분석하여 선박에너지효율 데이터 수집 모듈을 설계하였다. 둘째, 수집된 데이터 전송을 위하여 위성 데이터 통신망과 서비스를 조사하고 해사위성환경에 맞추어 데이터 관리 효율성을 높이고 통신 사용량을 최소화할 수 있는 실시간 데이터 전송을 위한 플랫폼 및 데이터베이스 기반의 전송장치를 설계하였다. 셋째, 해운선사의 녹색경영 및 온실가스 감축규제 대응현황을 분석하고 수집된 선박에너지효율 데이터의 MRV 표준 보고양식 변환, 모니터링, 통계 및 분석, 검증, 보고를 지원하는 MRV 대응, 국제해운 통계 구축 및 해운정책개발의 기반으로 활용이 가능한 국제해운 에너지효율 포탈 시스템을 설계하였다.

앞으로 수행될 연구에서는 설계된 선박용 데이터 수집/전송시스템, 온실가스 관리 포털과 선박 온실가스 및 에너지 효율 검증 기술기준을 개발하여 MRV 규제 대응을 위한 선박 운항 데이터의 수집 기술 개선 및 온실가스 배출량 검증 체계 구축을 위한 시스템을 완료하고자 한다.

후 기

본 연구는 해양수산부 해양안전 및 해양교통기반시설기술개발사업(No.20150173)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

- [1] Boo, W. C.(2015), A Study on Korean Countermeasures for Controls on Greenhouse Gas Emissions from Ship, International Trade & Regional Studies Graduate School of Business Administration Inha University.
- [2] CE Delft(2014), Options for monitoring fuel and emissions, Jasper Faber and Dagmar Nelissen, Brussels 9 January 2014, pp. 2-13.
- [3] GIR(2014), National Greenhouse Gas Inventory Report, pp. 1-29, 130-131.
- [4] ICS(2013), International Chamber of Shipping, Preliminary ICS Comments on Draft EU Regulation on MRV, October 2013, pp. 1-15.
- [5] Inmarsat(2015), MVASt-Global Xpress(GX), Maritime Satellite Communication Overview, pp. 1-23.
- [6] Kim, W. T.(2015), A Study on the application of NAMA mechanism in Korea, Graduate School of Kwangwoon University.
- [7] Korea Communication Agency(2014), Trend and future of Digital Maritime Communication Technology, pp. 5-12.
- [8] Korea Ship Owners' Association(2013), User Manual on Greenhouse Gas Monitoring System, Ver. 0.1, pp.1-28.
- [9] KR(2013), Korean Register, Plan and Research Report on Greenhouse Gas Monitoring and Reduction Technologies for shipping companies using EEOI and MRV systems, pp. 4-28.
- [10] KR(2015), Korean Register, Technical information, No.2015-ETC-02, April 2015, pp. 1-4.
- [11] KST(2012), Korea Ship Safety Technology Authority, Technical information, No. 12-11, March 2012, pp. 1-4.
- [12] LR(2015), Lloyd's Register Marine, European Union Regulation on Monitoring, Reporting and Verification of Carbon Dioxide from Ships - A Lloyd's Register Summary EU MRV, May 2015, pp. 1-8.
- [13] Oh, G. G.(2013), A Study on the legal system regarding technical, operational and market based measures to reduce emission of GHGs from ships, Graduate School of Korea Maritime and Ocean University.
- [14] Park, S. J., C. G. Bong, W. G. Kim and E. C. Juon(2011), Development of statistics system on greenhouse gas emission from ocean going from ship, Korean society for atmospheric environment conference, April 2011, p. 397.

Received : 2016. 02. 05.

Revised : 2016. 02. 23.

Accepted : 2016. 02. 25.