

탄소중립을 위한 친환경선박 인증제도의 개선방향에 관한 연구

안준건[†]
한국해양교통안전공단 기술연구원 해양환경연구소

A Study on Improvement for Greenship Certification Scheme to Achieve Net-Zero

Junkeon Ahn[†]
Marine Environmental Research Department, Korea Maritime Transportation Safety Authority

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.

Total shipping accounts for 2.9 % of the annual average percentage of global anthropogenic GHG emissions. The International Maritime Organization implements EEDI (Energy Efficiency Design Index), Energy Efficiency eXisting-ship Index (EEXI), and Carbon Intensity Indicator (CII) as regulatory frameworks for shipping decarbonization. The Republic of Korea has enforced the Act on Development and Popularization of Greenship from 2020 and publicly announced the 1st national plan which was named 『2030 Greenship-K Promotion Strategy』 for the activation of a greenship market. The Greenship Certification Scheme is going on for the sustainability of Korean shipbuilding and shipping industries, to secure clean maritime environments, as well as to contribute to the national economy. Greenship Certification guarantees the credit of such eco-friendly technologies and products for shipping. The certification is going to be the basis of industrial competitiveness in coastal and international shipping. This study investigates an existing certification process, identifies the limitations, and proposes the process improved with several case studies. The improved certification scheme may have rationality for Net-zero with regard to climate alignment.

Keywords : Atmospheric environment(대기환경), Climate alignment(기후일치도), Energy efficiency index of ship(선박에너지효율지표), Greenship(친환경선박), Operational efficiency index of ship(선박운항효율지표)

1. 서론

국제사회는 기후변화를 위기로 인식하고 이를 해결하기 위한 다양한 국제협약들을 체결해왔다. 1992년 리우환경회의에서 유엔기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change)이 채택되면서, 협약 당사국들간 ‘공통되지만 차별화된 책임(CBDR; Common But Differentiated Responsibility)’이 부여됨에 따라 기후변화에 대한 대응이 본격화되었다. 1995년 제1차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP; Conference of the Parties)가 개최된 이래로 1997년 제3차 당사국총회에서 교토의정서(Kyoto Protocol)가 채택되었고, 2015년 제21차에서 파리기후협약(Paris Agreement)이 채택되었다. 파리기후협약에 따라, 전 세계는 21세기 이내로 산업화 이전 대비 지구평균온도 상승을 2 °C보다 훨씬 아래로 유지함과 동시에 1.5 °C로 억제하는 노력

을 기울여야 한다(The Government of the Republic of Korea, 2020).

기후변화에 관한 정부 간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change)가 채택한 『지구온난화 1.5°C 특별보고서』는 지구평균온도 상승을 1.5 °C 이내로 억제하기 위해서는 전 지구적으로 이산화탄소 배출량을 2030년까지 2010년 수준보다 약 45 % 이상 감축하는 경로를 제시하였으며, 2050년 탄소중립(Net-zero)의 필요성을 과학적으로 설명하고 있다(IPCC, 2018). 우리나라는 2020년 12월, 『2050 탄소중립 추진전략』을 발표하였으며, 온실가스 감축목표를 포함한 ‘국가결정기여(NDC; Nationally Determined Contribution)’를 26.3 %에서 40 %로 대폭 상향 조정하였다(The Government of the Republic of Korea, 2021).

한편, 전세계에서 인위적으로 배출되는 온실가스는 연평균 34.6 Gt이며, 2050년 탄소중립 달성을 위해서는 각 분야별로 배출량을 감축하는 노력이 필수적이다(IEA, 2021). 온실가스 배출량 가운데 전체 해운분야는 연평균 약 2.9 %를 차지하고 있으며,

국제해운에 기인하는 연평균 이산화탄소 배출량은 약 700백 만 톤에 달한다 (IMO, 2020). 국제해사기구(International Maritime Organization)는 해운분야 탈탄소화를 위하여 『IMO 선박 온실가스 감축 초기전략(the Initial IMO strategy on reduction of GHG emissions from ships)』을 수립하였으며, 국제해운의 탄소집약도를 2030년까지 40%, 2050년까지 70% 감축하여 2050년까지 선박기인 온실가스 배출량을 2008년 대비 50% 감축할 것을 목표로 하고 있다 (Joung et al., 2018).

IMO 회원국들은 친환경해운 또는 친환경선박과 관련된 정책들을 발표하고 있다. 영국은 『Clean Maritime Plan: Maritime 2050 Environment Route Map』을 발표하여 ‘배출제로해운(Zero-emission Shipping)’을 향한 경로를 설정하였다 (Department for Transport of the United Kingdom, 2019). 일본은 『Roadmap to Zero Emission from International Shipping』을 발표하고 탈탄소화 해운을 위한 목표 설정과 연구개발 지원방안을 마련하였다 (Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan, 2020). 핀란드는 『Government Resolution on reducing greenhouse gas emissions from maritime and inland waterway transport』를 발표하여, 무탄소 해상수송체계의 방향성을 제시하고 있다 (Ministry of Transport and Communications of Finland, 2021).

우리나라는 2020년 12월, 「환경친화적 선박의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률」(약칭 「친환경선박법」)에 따라 국가기본계획인 『2030 한국형 친환경선박 추진전략』을 수립하였다 (MOTIE and MOF, 2020). 이는 친환경선박을 기반으로 하여 탈탄소화 및 녹색 해상물류망 구축을 지향하는 것이다. 친환경선박은 기후변화 위기에 능동적으로 대응하는 수단으로서 조선 및 해운산업의 신성장동력으로 주목받고 있다. 특히, 「친환경선박법」에 따른 친환경선박 및 기자재 인증은 친환경선박의 기술개발과 보급을 촉진하도록 친환경성(親環境性)을 증명하는 신용(信用)으로 활용되고 있다. 친환경 기술에 대한 품질제고와 사업화가 연계되도록 개선되었으며, 성능 시험 및 해외인증 획득, 민간 부문 대상 금융혜택 지원 등의 근거로 활용되도록 인증의 효용이 확대될 것이다.

본 연구에서는 「친환경선박법」과 함께 친환경선박 인증제도를 살펴보고, 해운분야 탄소중립 달성을 위해 기존 제도의 개선 방향을 탐구한다. 2장은 「친환경선박법」에 따른 친환경선박의 정의 및 국가기본계획에 대하여 소개하고, 3장은 친환경선박의 인증기준을 살펴보고 기존 제도의 문제점을 식별한 후, 개선방향을 도출한다. 4장은 선박사례를 들어 현행 인증기준과 도출된 개선안에 대하여 비교분석하고, 5장은 개선안의 효용에 대하여 제시와 함께 본 연구의 결론을 정리한다.

2. 친환경선박의 정의 및 국가기본계획

2.1 친환경선박의 정의

친환경선박의 의미는 ‘자연환경과 잘 어울리고 싶은 선박’이

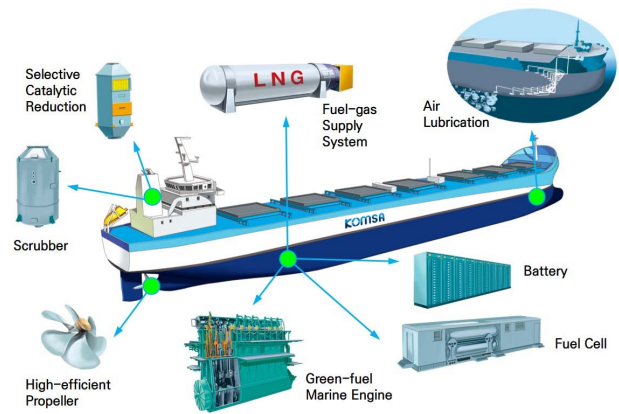


Fig. 1 Greenship technologies

다. 즉, 자연환경을 오염시키지 않고 제 기능을 다할 수 있는 선박을 말한다. 바다를 항주(航行)하는 한 척의 배가 오염배출없이 화물과 여객을 운송하는 모습을 떠올려보면 이상적인 친환경선박이 떠오르게 된다. 하지만, 인류의 기술이 이상을 완전하게 구현하기는 어렵기 때문에 이상과 현실에 일정한 수준의 간극(間隙)을 허용하여 친환경선박을 정의하고 있다.

친환경선박은 크게 세 가지 범주로 구분된다. 첫째, 해양오염을 저감하는 기술을 적용한 선박이다. 해양오염 저감기술은 해양 대기과 수중생태계 오염 저감을 포괄하지만, 대체로 ‘대기오염물질’ 저감기술에 중점을 두고 있다. 질소산화물(NO_x), 황산화물(SO_x), 그리고 입자상물질(미세먼지)을 감축하는 기술들이 대표적이다. 둘째, 선박에너지효율을 높일 수 있는 기술을 적용한 선박이다. 이는 최적 선형, 선체구조 경량화 및 에너지저감장치(Energy Saving Devices)와 같은 기술을 이용하여 선박에너지효율설계지수(EEDI, Energy Efficiency Design Index)를 향상시키는 선박이다. 셋째, 환경친화적 에너지를 동력원으로 사용하는 가스추진선박, 전기추진선박, 하이브리드선박, 그리고 연료전지 추진선박이다. 여기서, 환경친화적 에너지는 액화천연가스(LNG), 압축천연가스(CNG), 액화석유가스(LPG), 메탄올(CH₃OH), 수소(H₂), 암모니아(NH₃) 등을 의미한다. Fig. 1은 친환경선박의 주요 기술을 보여준다.

위의 정의들을 고려해보면, 친환경선박 기술을 대기친화적(大氣親和的) 기술이나 기후친화적(氣候親和的) 기술로도 볼 수 있을 것이다. 사전적(辭典的)으로, 대기(大氣)는 ‘지구를 둘러싼 질소, 산소 등의 무색, 무취의 투명한 기체’이며, 기후(氣候)는 ‘기온, 비, 눈, 바람 따위의 대기 상태’를 의미한다. 사전적 의미로 미루어 볼 때, 친환경선박은 대기친화적 선박(atmospheric-friendly ship)으로 널리 표현할 수 있으며 이 가운데 탈탄소화 기술을 적용한 경우 기후친화적 선박(climate-friendly ship)으로 볼 수 있다.

2.2 2030 한국형 친환경선박 추진전략

우리나라는 친환경선박과 관련한 기술개발 및 보급과 관련된 다양한 국가정책들을 추진해왔다. IMO 해양환경규제 강화뿐만 아니라, 온실가스 및 미세먼지가 사회적 현안으로 대두됨에 따라,

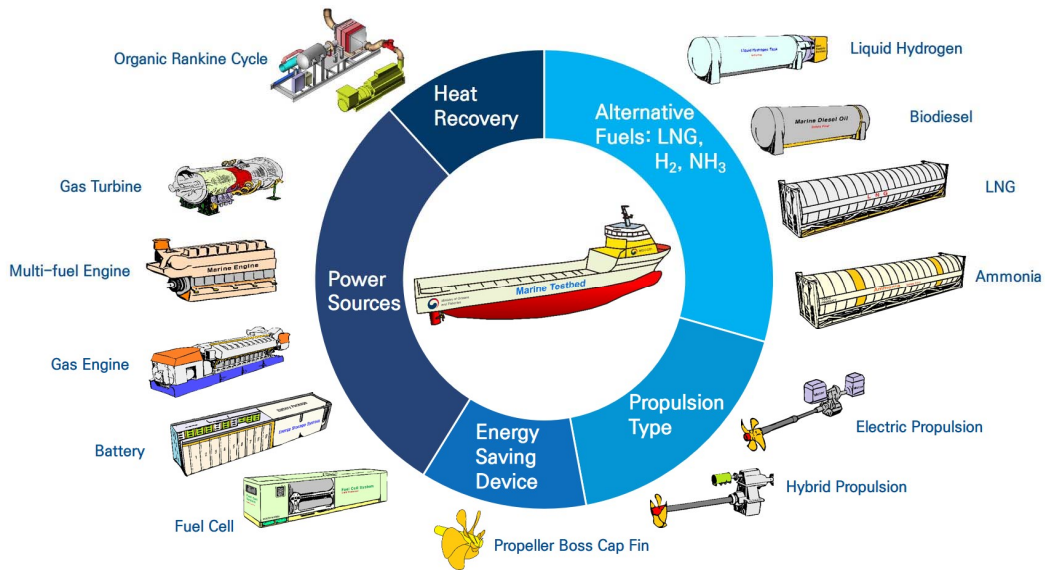


Fig. 2 Greenship-K marine testbed

해운분야 관련 대책 마련이 요구되어 왔으며, 국가적 차원에서의 적극적인 대응을 위하여 「친환경선박법」이 제정되어 2020년 1월 1일부로 시행되고 있다. 이는 친환경선박 패러다임 변화에 대응 하도록 중장기적 관점에서 체계적인 방향성 제시를 위한 것이다. 「친환경선박법」은 조선해운 산업의 지속가능한 발전과 깨끗한 해양환경조성으로 국가경제에 이바지함을 목적으로 하며, 국가기본 계획의 수립, 정책협의회 운영, 기술개발 로드맵, 친환경연료 보급, 민간부문 지원, 공공부문 친환경선박 도입 의무화, 국가인증 제도 등을 주요 내용으로 담고 있다.

제1차 국가기본계획 『2030 한국형 친환경선박 추진전략』은 10년을 계획기간으로 하되 5년 경과 시 수정보완 되도록 수립되었으며, 「친환경선박법」 제정 후 2019년 9월부터 2020년 12월 까지 친환경선박 관련 국내외 기술동향, 시장 전망 등에 대한 광범위한 자료수집과 분석을 토대로 하며, 전문가 그룹의 자문을 거쳐 완성되었다. 국가기본계획은 ‘미래 친환경선박 세계 선도 기술 확보’와 ‘선박 온실가스 감축 및 친환경 신시장 창출’을 목표로 설정하고, 총 6대 중점추진과제를 실행하여 ‘친환경선박 기반 구축으로 2050 탄소중립 산업 생태계 구현’을 제시하고 있다 (MOTIE and MOF, 2020).

기술개발 내용을 살펴보면, 해운분야 탄소중립 실현을 위하여 저탄소 및 무탄소 연료 이용에 관한 기술의 연구개발이 중점적으로 제시되고 있다. 이는 탈탄소화 연료 도입의 시급성이 부각되고 있는 현실에서, 선박적용에 관한 기술 난이도가 상당히 높아 정책 시행에 선택과 집중이 필요하기 때문으로 보인다. 중대형 국제항해선박에는 LNG 및 혼합연료 등을 가교적(架橋的) 대체연료로 적용하는 반면 소형 연안항해선박에는 전기추진 및 하이브리드 기술을 우선 적용하도록 구성되어 있다.

새롭게 개발된 기술들은 선박적용에 앞서 육상시험을 통하여 기술 안정성 및 성능 평가가 필요하다. 또한, 기술의 시험과 평가는 국제표준에 근거해야 한다. 국내 시험평가의 기반 부족은 해외 의존도를 높이고 신기술 제품 출시를 지연시키는 문제가 발생

한다. 육상시험을 통과하더라도 해상에서의 선박에 관한 안전기준 없이는 선박적용이 불가하므로, 개발된 기술의 상용화에 제약 요인으로 작용하고 있다. 따라서, 기술개발 과정에서 신기술에 대한 성능, 안전성 및 품질 검증을 위한 시험기준 마련이 필요하고, 선박적용 및 실증 허용을 위하여 현행 제도를 적극적으로 활용할 필요가 있다. 연구개발 사업을 통해 국내 시험기준을 동시에 개발하여 연구성과의 조기 상용화를 추진하는 한편, 국제표준 가운데 국내에 도입되지 않은 표준을 선별하여 국내기준을 신설 하도록 하고 있으며, 잠정기준을 통해 신속하게 선박적용을 도모 하고 공식기준으로 제도화를 추진한다.

개발된 기술은 실제 환경에서의 해상실증을 통해 타당성을 검증하도록 하고 있다. 노후관공선 개조와 다목적 해상실증선박 건조로 해상실증 프로젝트를 수행하여 기술 고도화, 국내기준 마련 및 국제표준화 연계를 통해 친환경선박의 상용화를 적극 지원하도록 추진한다. 이는 조선 및 기자재분야 민간기업들의 자체적 해상실증 여력의 부족 및 상당한 비용지출을 해소하여 산업 경쟁력을 강화하기 위한 것이다. Fig. 2는 해상실증 테스트베드의 개념도를 나타낸다.

친환경 연료공급은 친환경선박의 운영을 위한 필수 요건이다. LNG 추진선박 증가에 따른 LNG 연료공급능력을 육상과 해상에서 우선적으로 확대하고, 무탄소연료에 대한 구축계획을 수립하여 향후 시장 변화에 대응할 계획이다. 현재, 소형선박을 대상으로 한 트럭-대-선박(Truck-to-ship) 벙커링 방식이 일반적인 LNG 연료공급이지만, 중대형 선박을 위해서는 선박-대-선박(Ship-to-ship) 벙커링 방식 도입이 추진되고 있다. 2030년까지 연간 140만톤의 LNG 벙커링 인프라를 구축할 예정이다. 한편, 육상 전원공급설비(AMP, Alternative Maritime Power)를 활용하여 전기추진선박 또는 하이브리드선박의 배터리에 전기에너지를 공급할 계획이며, 2030년까지 13개 주요 항만으로 설비가 확대 된다.

친환경선박의 국내 도입 촉진을 위해 공공부문에 선제적으로

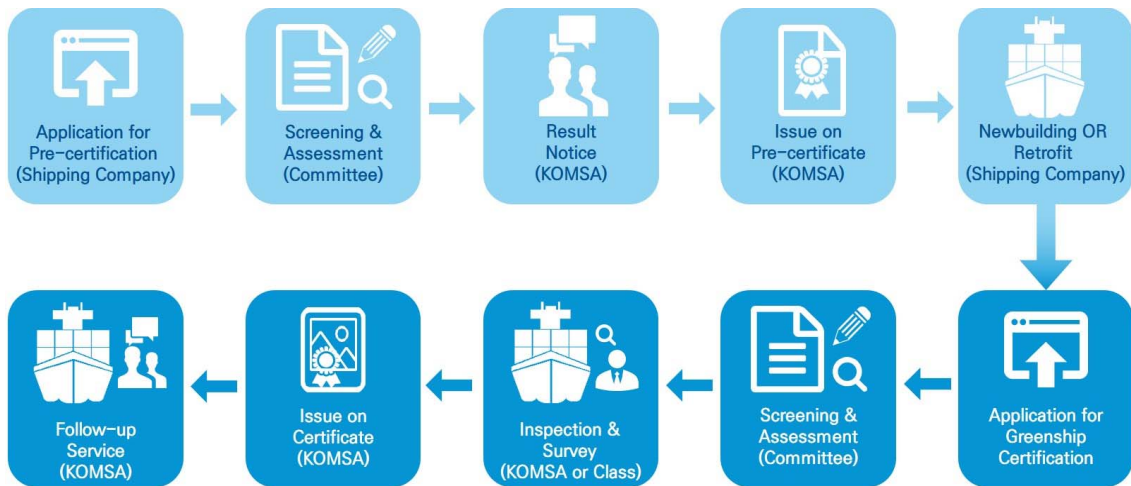


Fig. 3 Administrative process for greenship certification

도입 후 민간부문으로 확산되도록 여건을 조성한다. 공공부문의 친환경 전환 대상선박은 467척이며, ‘공공선박 표준설계 적용 플랫폼’ 구축을 통해 2030년까지 관공선 388척을 친환경선박으로 도입할 예정이다. 민간부문의 친환경 전환대상 선박은 3,075척이며, 금융 지원, 운영 장려책 확대 등을 통해 2030년까지 친환경 선박 140척 도입을 추진한다. 친환경선박 신규 건조를 위한 금융 투자 유치 및 ‘국민참여형 뉴딜펀드’와 연계를 추진하고, 한국해양진흥공사의 민간금융 보증을 통한 금리 인하, 신규 친환경선박 도입을 위한 국고보조금 지원을 통해 친환경선박 수요를 적극적으로 유도할 방침이다.

3. 친환경선박 인증제도 현황 및 개선안

3.1 친환경선박 인증제도 관련 법령

「친환경선박법」 제6조제1항은 “해양수산부장관은 환경친화적 선박 및 기자재에 대하여 인증제를 시행할 수 있다”고 규정하고 있으며, 동법 제6조제2항에 따라 인증 기준 및 절차 등은 해양수산부와 산업통상자원부의 공동부령으로 정하도록 하고 있다. 공동부령인 「환경친화적 선박의 기준 및 인증에 관한 규칙」은 친환경선박의 기준, 환경친화적 에너지, 인증 기준과 그에 따른 세부 절차에 대하여 명문화하고 있다. ‘친환경선박’이라는 용어는 「친환경선박법」 제2조제3호에서 이미 정의하고 있는데, 하위법령인 「환경친화적 선박의 기준 및 인증에 관한 규칙」 제2조에서 별도 기준을 제시하고 있다. 또한, 동 규칙 제5조는 인증 기준을 해양수산부고시로 규정하고 있다. 이와 같이, ①친환경선박의 정의, ②친환경선박의 기준과 ③인증 기준에 대한 조항이 신재되어 있으므로, 일관되지 아니한 개별사항으로 인식될 소지가 있다.

「환경친화적 선박의 기준 및 인증에 관한 규칙」 제5조는 「해양환경관리법」, 「선박안전법」, 「선박평형수 관리법」, 「선박에서의 오염방지에 관한 규칙」, 「해양오염 저감 및 선박에너지효율에 관한 기술기준」, 「환경친화적 선박 및 기자재 인증제도 운영요

령」 등에 따라 친환경선박 및 기자재의 인증을 규정하고 있다. 인증을 신청하려는 자는 「친환경선박법 시행령」 제10조제1항에 의거한 내항화물운송사업자, 외항화물운송사업자, 유선사업자, 도선사업자, 원양어업자, 어획물운반업자, 양식업자, 예선업자, 항만운송사업자, 해양환경관리업자, 그리고 해양폐기물관리업자 가운데 하나 이상의 자격을 보유하여야 하며, 친환경선박을 보유하고 있거나 구매, 건조 또는 개조 등으로 보유하려는 자여야 한다. 보유(保有)는 ‘가지고 있거나 간직하고 있음’을 뜻하므로, 친환경선박의 보유자는 소유자(所有者)를 의미한다. 한편, 친환경선박의 소유자가 인증을 신청하려면, 동력원 및 기자재 등의 설계도면, 성능을 증명할 수 있는 서류 등을 인증기관인 한국해양교통안전공단에 제출해야 한다. 인증기관은 인증 기준에 적합한지를 심사·평가하여 인증 여부 및 등급을 결정하게 된다. 이후, 인증기관은 신청자에게 인증 등급이 기재된 인증서를 발급해준다.

신청자가 「친환경선박법」 제10조제1항 또는 제12조제2항에 따라 국가나 지방자치단체로부터 지원을 받기 위해서는 인증에 앞서 예비인증을 받아야 한다. 예비인증을 신청하려는 자는 인증신청서류에 친환경선박을 매입, 건조, 개조 및 전환 등에 관한 계획서, 동력원 및 기자재 등의 성능계획서, 그리고 인증기관이 필요하다고 정하여 공고하는 서류를 추가하여 인증기관에 제출하고, 예비인증서를 받을 수 있다. 한편, 인증기관은 인증의 내용에 관하여, ①부정한 방법, ②인증기준 미충족, ③인증 대상에 대한 확인 불응 등의 사유가 발생하는 경우 인증을 취소할 수 있다. 인증 취소에 이의가 있는 자는 인증 취소일로부터 90일 이내에 인증기관에 재평가를 요청할 수 있다. Fig. 3은 친환경선박 인증제의 전주기 과정을 보여준다.

현행 친환경선박 인증제도 관련 법령은 다음과 같은 한계점을 지닌다. 첫째, 인증 신청자의 자격 제한이다. 친환경선박 인증제도는 친환경선박 및 기자재의 인증을 제도화하여 「친환경선박법」의 제정 목적을 뒷받침하기 위한 것이다. 하지만, 선박의 소유 또는 소유예정인 상태에 한해서만 인증을 신청할 수 있도록 규정함으로써, 다른 산업분야로부터 조선해운산업으로 진입하려는 잠재적 가능성을 제한하고 있다. 또한, 친환경선박을 이용하여 특정

사업에 면허가 등록된 자들에게만 인증 신청 자격을 부여하고 있다. 즉, 「선박투자회사법」에 따라, 선박을 자산으로 소유하는 선박투자회사, 선박 등의 자산을 운용하는 선박운용회사, 선박을 대신 또는 대신하여 운항하는 선박운항회사 등과 「선박법」 제2조 제2호에 따른 대한민국 국민으로서의 사인(私人)과 제2조제3호에 따른 대한민국의 법률에 따라 설립된 상사법인(商事法人)은 친환경선박의 인증을 신청하지 못하는 한계가 있다. 인증제도의 취지를 고려할 때, 인증 신청자의 자격 범위를 확대할 필요가 있다.

둘째, 인증 신청에 관한 처리기간이 지나치게 짧다. 인증 및 예비인증 신청서인 「환경친화적 선박의 기준 및 인증에 관한 규칙」 별지 제1호서식 및 제3호서식은 처리기간을 14일로 정하고 있다. 이는 「민원 처리에 관한 법률 시행령」에 근거하고 있으나, 고가성(高價性)을 지닌 자산이자 최신 조선해양공학기술의 집약체인 선박을 대상으로 한 행정처리인 것을 고려할 때 소요되는 기간이 지나치게 짧은 것이다. 친환경선박 인증제도와 유사한 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」(「신재생에너지법」)에 따른 신·재생에너지 설비의 인증제도는 처리기간을 최소 30일 이상으로 정하고 있음을 감안하면 인증 신청의 처리기간을 조정할 필요가 있다.

셋째, 인증 신청의 남용(濫用) 가능성이 있다. 인증의 신청에 대하여, 인증기관은 신청자가 제출한 서류를 기반으로 심사평가를 진행하게 된다. 신청자가 동일한 사양으로 다수의 선박을 보유하려는 경우, 신청자의 자격과 신청서류에 특별한 보완사항이 없다면 인증기관은 신청 건만큼 인증서를 발급해야 한다. 예를 들어, 신청자가 실제로는 한 척의 친환경선박을 보유할 계획이지만 동일한 사양으로 1호, 2호, 3호 등으로 인증을 신청한다면, 각호별로 인증서가 발급되므로 불필요하게 인증서가 남발(濫發)될 소지가 있다. 또한, 신청자가 국가나 지방자치단체로부터 친환경선박 도입에 지원을 받고자 예비인증서를 남용할 가능성도 배제할 수 없다. 인증 신청에 소요되는 행정비용의 일부를 신청자에게 수수료로 부과하여, 신청자가 불요불급한 행정 신청을 하지 아니하도록 예방할 필요가 있다.

넷째, 예비인증서의 유효기간이 사실상 무기한이다. 「환경친화적 선박의 기준 및 인증에 관한 규칙」 제9조제5항은 예비인증서의 유효기간을 본인증(선박검사 완료 후 인증이므로, 예비인증과 구분하기 위한 개념으로 사용)을 받기 전까지로 규정하고 있다. 이는 Fig. 3에서와 같이, 신청자가 선박의 설계 시점에서 예비인증을 획득하고, 선박검사 완료 후 조선소로부터 선박을 인도받을 시점에서 본인증을 획득하는 과정을 반영한 것이다. 하지만, 신청자가 어떠한 이유로 인하여 본인증을 획득하지 아니할 경우, 예비인증서는 유효기간은 무기한이 된다. 친환경선박 인증서의 유효기간이 동 규칙 제8조제2항에 따라 발급일로부터 5년인 것을 감안할 때, 예비인증서의 유효기간도 최장 3년으로 확정될 필요가 있다.

다섯째, 친환경기자재의 인증에 대한 규정이 모호하다. 친환경선박 및 기자재 인증제도는 선박뿐만 아니라 기자재 역시 인증의 대상으로 간주하고 있다. 하지만, 친환경선박과 달리 친환경기자재가 무엇인지 용어의 정의가 불분명하다. 「환경친화적 선박의

기준 및 인증에 관한 규칙」 제5조를 살펴볼 때, 대기오염방지설비와 선박평형수처리설비만이 친환경기자재로 인식될 수 있다. 기자재(機資材)는 ‘기계, 기구, 자재 따위를 통틀어 이르는 말’이므로, 선박기관, 대기오염방지설비, 연료저장용기 및 그 용기를 제작하는데 사용된 재료 등을 포괄하는 매우 광의적(廣義的) 개념이다. 기자재의 용어 정의를 「친환경선박법」 제2조에 명문화하고, 하위법령 등에서 ‘동력의 이용 또는 발생여부’를 감안하여 그 범위를 정리하여 친환경기자재 인증을 정립해야 한다.

여섯째, 친환경선박의 인증과 친환경기자재의 인증 간 연계성이 부족하다. 높은 등급으로 인증된 다수의 친환경기자재가 선박에 설치되더라도 높은 친환경선박 인증 등급으로 이어질지는 불확실하다. 예를 들어, 선박기관, 열교환기, 압축기, 펌프, 밸브 등을 1등급으로 인증된 친환경기자재로 가정하였을 때, 이 기자재들을 설치한 선박이 1등급으로 인증된다고 확신하기 어렵다. 물론, 기자재와 선박의 인증 등급이 연계되도록 인증 기준을 개편할 수도 있겠으나 친환경기자재로 인증되어 신청자가 기대할 수 있는 혜택이 무엇인지도 현재로서는 불분명하다. 따라서, 선박과 기자재를 분리하여 인증제를 운영하거나, 기자재의 인증을 선행하고 선박에 대한 인증이 후행 되도록 조정할 필요가 있다.

3.2 친환경선박 인증 기준 현황

친환경선박 인증 기준은 「환경친화적 선박 및 기자재 인증제도 운영요령」 별표 1에 규정되어 있다. 선박의 설계 관점에서 4가지 요소인 ①친환경연료 사용 비중, ②대기오염물질 저감률, ③선박에너지효율설계지수(EEDI), 그리고 ④국산화율을 반영하고 있다. 친환경연료 사용 비중은 연료유, LNG, LPG, 배터리, 암모니아 및 수소만 반영되어 있어, 환경친화적인 에너지인 메탄올을 비롯하여 석유대체연료인 바이오디젤연료유, 바이오에탄올연료유, 디메틸에테르연료유, 바이오중유 등의 인증 기준이 규정되어 있지 않다. 대기오염물질 저감률은 추진 동력원에 설치되는 대기오염방지설비에 관한 것이다. 질소산화물 배출저감설비와 입자상물질 배출저감장치는 저감률이 높을수록 각 항목에서 높게 배점될 수 있으나, 황산화물 배출저감장치는 설비의 설치여부만으로 배점된다. 선박에너지효율설계지수는 총톤수 400톤 이상의 국제항해에 사용되는 선박을 대상으로 하여 허용값 대비 승인값의 초과 감축률이 10 % 이상인 경우에만 배점된다. 친환경선박 및 기자재의 국산화율은 도입 비용을 토대로 국산품의 비율을 산정하여 배점되며, 국산품의 사용이 전무(全無)하더라도 최소점이 주어진다. Table 1은 운영요령이 제시하고 있는 친환경선박의 인증심사 세부기준을 정리한 것이다.

현행 인증 기준은 「행정기본법」 제9조가 명시하고 있는 평등의 원칙(equality before the law)과 제10조제1호에 의거한 비례의 원칙(principle of proportionality)에 비추어볼 때 다음과 같은 한계점이 존재한다. 첫째, 인증 기준은 동일한 사양을 갖춘 선박에 대하여 그 선박의 운항수역(運航水域)과 관계없이 적용되고 동등한 결과를 도출해야 한다. 친환경연료 사용 비중, 대기오염물질 저감률, 그리고 국산화율은 운항수역과 관계없이 적용되고

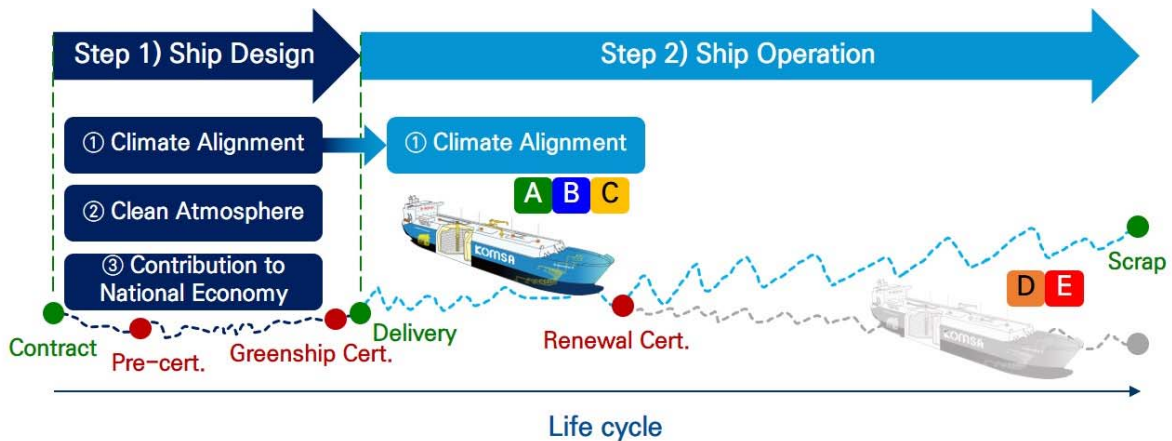


Fig. 4 Concept diagram of improved greenship certification

있으나, 선박에너지효율설계지수는 「해양환경관리법」 제41조의 2에 따라 국제항해에 사용되는 선박에만 적용된다. 국제항해는 우리나라의 영해(領海)를 벗어나 공해(公海)와 다른 나라의 영해를 항해하는 것을 의미한다. 동일한 사양의 선박이 국제항해에 사용되는 경우 인증 기준에 선박에너지효율설계지수에 의한 배점이 반영되지만, 연안항해 또는 내수면에서만 사용된다면 선박에너지효율설계지수가 반영되지 않고 친환경연료 사용 비중이 가중되어 배점이 부여된다. 즉, 운항수역이 달라지면 선박에 대하여 별도의 인증 기준이 적용되어 인증 등급이 달라질 수 있다.

둘째, 인증 기준의 중복 적용 또는 미적용 될 수 있다. 국제항해선박은 친환경연료 사용 비중과 선박에너지효율설계지수가 반영되므로, 친환경연료 사용에 대해서 중복으로 배점을 받게 된다. LNG 연료를 사용하는 선박인 경우 친환경연료 사용 비중 35점과 「선박의 에너지효율검사 등에 관한 기준」 별표 1에 따라 LNG 연료의 무차원 환산계수(C_e) 2.75가 반영된 선박에너지효율설계지수의 계산값이 적용되어 배점된다. 한편, 메탄올 연료를 사용하는 선박인 경우 무차원 환산계수 1.375가 반영된 선박에너지효율설계지수로 배점되지만 친환경연료 사용 비중을 반영할 수 없기 때문에 배점이 불가하다. 또한, 총톤수 400톤 미만의 국제항해에 사용되는 선박이거나 「선박에서의 오염방지에 관한 규칙」 제30조의3 및 별표 20의3에 따라 선박에너지효율설계지수의 허용값 적용대상이 아닌 선박은 허용값 대비 승인값의 초과감축률이 부재하므로 배점이 불가하다.

셋째, 국산품 도입 비용의 불확실성이 존재한다. 도입 비용은

친환경설비별 전체가격 대비 국산품의 사용 비율뿐만 아니라, 해외기업으로부터 면허 생산(license production)에 의한 설비에 대해서는 면허사용료(royalty)까지 비용에 포함하도록 명문화되어 있다. 하지만, 각 친환경설비별로 어떠한 부품 또는 부분품 수준까지 반영될 것인지 모호하다. 또한, 동등한 수준의 친환경설비에 대하여, 제조사별로 각기 다른 설비 가격을 제시할 수도 있다. 이와 같은 한계점으로 인하여, 현행 인증 기준은 행정목적을 달성하는데 유효하고 적절하다고 간주하기 어려운 부분이 있다.

3.3 친환경선박 인증 기준 개선안

현행 친환경선박 인증 기준의 한계점을 극복하기 위한 개선안을 제시하고자 한다. Table 1에 제시된 4가지 배점 구분을 3가지로 조정하고, 설계사항 뿐만 아니라 운항사항을 추가로 반영하여 친환경선박을 인증하는 개선안이다. 설계사항에 대한 3가지 구분은 ①기후일치도(climate alignment), ②대기환경개선도(clean atmosphere), 그리고 ③국가경제기여도(contribution to national economy)이다. Fig. 4는 인증 기준 개선의 개념을 도식화한 것이다.

기후일치도(climate alignment)는 선박 온실가스 배출량을 1.5 °C 온도 목표에 맞춘 탈탄소화 정도를 나타내는 개념이다 (Poseidon Principles, 2020). 이는 현행 인증 기준에서 친환경연료 사용 비중과 선박에너지효율설계지수를 통합한 것으로써, 선박 설계사항에서는 선박에너지효율설계지수, 현존선에너지효율지수(EEXI, Energy Efficiency eXisting-ship Index), 그리고 선박에너지효율지표(EAIS, Energy Efficiency Index of Ship)가, 운항사항에서는 선박탄소집약도지수(CII, Carbon Intensity Indicator)와 선박운항효율지표(OEIS, Operational Efficiency Index of Ship)가 기후일치도에 반영되도록 한다. 인증 신청자가 선박 운항조건을 고려하여 선택할 수 있도록 해야 한다.

현존선에너지효율지수(EEXI)는 IMO 해양환경보호위원회(MEPC, Maritime Environment Protection Committee) 78차 회의에서 결의됨에 따라, 선박에너지효율설계지수와 유사하게 총톤수 400톤 이상의 국제항해에 사용되는 현존선에 대하여 2022년 11월 1일

Table 1 Greenship certification standards

Score parameter	Application of EEDI	Non-application of EEDI
① Green-fuel use	50	70
② Air pollutants reduction	20	20
③ Excess of EEDI	20	-
④ Domestic product use	10	10
Total score	100	100

Table 2 Parameters for EEIS calculation

Symbol	Description	Unit
$C_{F,ME}$	Conversion factor for main engine	t-CO ₂ /t-fuel
SFC_{ME}	Fuel consumption for main engine	g/kWh
P_{ME}	75 % MCR of main engine	kW
$C_{F,AE}$	Conversion factor for auxiliary engine	t-CO ₂ /t-fuel
SFC_{AE}	Fuel consumption for auxiliary engine	g/kWh
P_{AE}	50 % MCR of auxiliary engine	kW
GT	Gross tonnage	ton
V_{Ship}	Ship speed	knot

부로 적용된다 (IMO, 2022). 한편, 선박에너지효율지표(EEIS)는 선박에너지효율설계지수(EEDI)의 틀을 확장하여 본 연구에서 새롭게 제시하는 개념으로, Table 2에 정리된 변수들을 반영한 계산값은 식 (1)과 같다.

$$EEIS = \frac{\sum(C_{F,ME} \times SFC_{ME} \times P_{ME})}{GT \times V_{Ship}} [g-CO_2/tonne-mile] \quad (1)$$

$$+ \frac{\sum(C_{F,AE} \times SFC_{AE} \times P_{AE})}{GT \times V_{Ship}}$$

선박기관 연료의 무차원 환산계수(C_F)는 Table 3를 적용하여 계산한다; 연료에 대한 특성값은 「선박의 에너지효율검사 등에 관한 기준」 별표 1의 원문인 IMO 가이드라인을 참고한다 (IMO, 2018). 한편, 수소 연료에 대해서는 생산, 저장, 공급 등의 유통 구조를 반영할 경우 어떠한 경로에 의존한 것인지에 따라 무차원 환산계수가 달라진다. 무차원 환산계수는 LNG 개질(SMR, Steam Methane Reforming)의 경우 9.8~11.39이지만, 탄소포집 및 분리가 추가될 경우 1.2로 줄어든다 (McKinsey Incorporated, 2018; Han et al., 2019). 본 연구에서는 LNG 개질에 한하여 수소의 특성값을 반영한다 (Ahn et al., 2017).

한편, 식 (1)은 배터리를 추진동력원으로 사용하는 전기추진선박에는 선박에너지효율지표(EEIS)로 적용할 수 없다. 배터리에 충전된 전기에너지의 탄소발자국(carbon footprint)을 정확하게 식별하기 어렵기 때문이다. 외부로부터 공급되는 전기에너지에 대해서는 환경부 산하 온실가스종합정보센터(Greenhouse Gas Inventory and Research Center)가 제공하는 『국가 온실가스 배출·흡수계수 공고』로부터 간접배출계수로 배출량을 산정할 수 있다. 소비단에서 배출되는 이산화탄소의 배출계수는 0.4747 [t-CO₂/MWh]이므로, 식 (1)에서 선박기관의 운전으로 발생하는 이산화탄소의 배출량을 대체할 수 있다 (GIR, 2021). 따라서, 전기에너지가 충전된 배터리를 사용하는 전기추진선박의 선박에너지효율지표는 식 (2)와 같이 계산된다. 여기서, $C_{Battery}$ 는 가용한 배터리 충전량의 80 %, β_{C-rate} 는 충·방전률(C-rate)을 각각 의미한다.

Table 3 Parameters for marine fuels

Fuel type	Lower heating value, kJ/kg	C_F , t-CO ₂ /t-fuel
MDO/MGO	42,700	3.206
LFO	41,200	3.151
HFO	40,200	3.114
LPG	46,300	3.000
	45,700	3.030
LNG	48,000	2.750
Methanol	19,900	1.375
Ethanol	26,800	1.913
Hydrogen	120,000	1.2+

$$EEIS_{Electrified} = \frac{\sum(475 \times C_{Battery} \times \beta_{C-rate})}{GT \times V_{Ship}} [g-CO_2/tonne-mile] \quad (2)$$

식 (1) 및 (2)에 의한 계산값은 허용값보다 작거나 동등하여야 한다. 허용값은 Table 4와 같이 선박의 종류별로 매개변수 a 와 c 를 반영한 식 (3)에 따른 값이다. Table 4의 매개변수는 2022년 8월 기준하여 Clarksons World Fleet Register 자료를 (Clarksons Research, 2022) 기반으로 작성된 것으로서, 선박의 소유자 (Owner Nationality) 기준으로 우리나라의 등록된 선박 총 3,106척에 대하여 선박에너지효율지표들을 그래프로 도식화한 후 다항 회귀 분석을 통해 개발된 것이다. R은 감축계수를 의미하며, 20을 일괄적으로 적용한다.

$$EEIS_{Reference} = (a \times GT^c) \times \left(1 - \frac{R}{100}\right) [g-CO_2/tonne-mile] \quad (3)$$

선박에너지효율설계지수(EEDI) 및 현존선에너지효율지수(EEI)와 달리 선박에너지효율지표(EEIS)는 선박의 재화중량(DWT) 대신 총톤수(gross tonnage)를 반영한다. 이는 선박의 크기를 일관된 잣대로 반영하여 기후일치도를 평가하기 위한 것이다. 우리나라에서 선박에 관하여 행정사항을 규율하는 주요 법률인 「선박법」 및 「선박안전법」과 해당 법률의 하위법령 등은 각종 신고 및 허가에 관하여 총톤수 기재를 필수적으로 요구한다. 특히, 「선박법」 제3조가 규정하고 있는 선박톤수를 살펴보면, 재화중량(DWT)은 항행의 안전을 확보할 수 있는 한도에서 선박의 여객 및 화물 등의 최대적재량을 나타내기 위한 지표이고, 총톤수(gross tonnage)는 우리나라의 해사에 관한 법령을 적용할 때 선박의 크기를 나타내기 위한 지표이다. 따라서, 친환경선박 인증기준이 일관성을 확보하려면 선박의 총톤수를 반영하여 기후일치도를 평가하는 것이 타당하다. 현행 인증 기준에서는 친환경연료 사용 비중이 Table 1에서와 같이 선박에너지효율설계지수의 적용과 미적용에 따라 50점과 70점으로 배점되고 있다. 기존 선박

Table 4 Parameters for EEIS reference

Ship type	a	c
Bulk carrier	658.26	0.399
Tanker with oil and chemical	1192.2	0.452
Containership	432.45	0.322
Gas carrier	1183.9	0.451
LNG carrier	40.308	0.185
Passenger ship	5142	0.616
Tug boat	17615	0.656

에너지효율설계지수의 배점은 20점이다. 이들 배점을 기후일치도로 통합 및 일원화하여 60점으로 조정한다.

기후일치도의 배점은 기준값 대비 초과감축률로 차등을 둔다. Table 5와 같이, 기후일치도의 기준값 대비 초과감축률에 따라 배점이 달라진다. 예를 들어, 2023년에 신조되는 재화중량(DWT) 2.5만 톤의 국제항해 산적화물선 대상으로는 기후일치도로 선박 에너지효율설계지수(EEDI)가 적용된다. 이 선박이 2025년에 인도될 경우, 선박에너지효율설계지수의 허용값은 「선박에서의 오염방지에 관한 규칙」 별표20의 3에 따라 기준값에 감축계수 20을 적용하게 된다. 이 허용값보다 계산값이 30% 이상에 해당된다면 40점으로 평가된다. 다른 예로, 2015년 건조되어 재화중량(DWT) 5천톤의 국제항해 산적화물선 대상으로는 선박에너지효율설계지수를 대체하여 선박에너지효율지표(EEIS)가 적용된다. 선박에너지효율지표의 허용값은 Table 4의 매개변수를 활용한 식 (3)으로 계산된다. 이 허용값보다 계산값의 초과감축률(Excessive Reduction Rate)이 30% 이상에 해당된다면 40점으로 평가된다.

대기환경개선도(clean atmosphere)는 기존의 체계를 유지하되 배점을 조정한다. 3가지 대기오염물질 배점을 각각 10점으로 조정하여 소계 30점으로 한다. 질소산화물(NO_x)과 입자상물질 저감에 대한 배점은 현행과 같고 황산화물(SO_x) 저감설비에 대한 배점을 5점에서 10점으로 상향 조정한다. 대기오염물질 배출은 선박기관이 연소과정을 겪을 때 필수적이므로, 오염물질 저감에 대하여 배점을 동등하게 할 필요가 있다. 예를 들어, LNG 연료를 사용하는 선박이라면 연료에 황 함유량이 없기 때문에 대기오염

Table 5 Score distribution for climate alignment

Score	Excessive reduction rate
0	Above 0 %
20	Above 10 %
30	Above 20 %
40	Above 30 %
50	Above 40 %
60	Above 50 %

물질 배출에 대하여 질소산화물과 입자상물질에 대한 고려만 필요할 것이다. 반면에 바이오연료를 사용하는 선박이라면 연료에 황 함유량 제한을 적용 받아 3가지 대기오염물질에 대한 고려가 필요하다. 따라서, 대기환경개선도의 균형을 위해서는 동등한 수준으로 배점이 고려되어야 한다.

국가경제기여도(contribution to national economy)는 기존과 달리 선박에 설치되는 친환경 동력원 및 기자재의 구성에 있어서 국산품의 비중을 평가해야 한다. 여기서, '친환경 동력원 및 기자재의 구성'은 선체 내부에서 추진계통을 구성하는 요소로서, 연료 저장설비부터 동력원(선박기관)에 이르는 주요 설비를 말한다. LNG를 연료로 사용하는 선박의 경우 연료저장용기부터 이중연료기관(dual fuel diesel engine)까지 해당되고, 전기추진선박은 에너지저장장치(energy storage system)로서의 배터리부터 추진전동기(propulsion motor)까지가 해당된다. 이 구성에서 각 구성품의 비용으로 국산화율을 평가하는 것이 아니라, 국내 제조사가 공급한 원재품의 비중을 평가하는 것이다. 예를 들어, 친환경 동력원 및 기자재가 총 5개 설비로 구성되고 2개 설비가 국산품이라면, 국가경제기여도는 40%가 되고 10점 가운데 6점이 배점된다.

위에 서술된 바와 같이, Table 6에 의한 ①기후일치도(climate alignment), ②대기환경개선도(Clean Atmosphere), 그리고 ③국가경제기여도(contribution to national economy)에 대하여 설계 사항을 평가한다. 친환경선박의 예비인증과 본인증은 전술된 개선안으로 진행하고, 본인증된 선박에 대하여 인도 이후부터 2년 간의 운항사항을 평가하여 환경친화적으로 운항되는지 사후관리가 필요하다. 본인증은 신규 건조되는 선박의 경우 선박검사 완료 이후에 이뤄지므로, 본인증의 시점이 해당 친환경선박이 운항 가능한 상태로 소유자에게 인도되는 시점과 간극이 크지 않을 것이다. 따라서, 친환경선박의 본인증을 획득한 날로부터 2년 간 운항적 관점에서의 기후일치도로 평가한다.

선박의 운항적 기후일치도는 선박탄소집약도지수(CII, Carbon Intensity Indicator)와 선박운항효율지표(OEIS, Operational Efficiency Index of Ship)를 반영한다. 선박탄소집약도지수(CII)는 현존선에너지효율지수(EEXI)와 마찬가지로 IMO 해양환경보호위원회(MEPC) 78차 회의에서 결의되었다 (IMO, 2022). 총톤수 5,000톤 이상의 국제항해에 사용되는 선박에 대하여 2022년 11월 1일부로 적용되며, 해운사는 2023년 1월 1일부터 12월 31일까지 1년간의 선박탄소집약도지수를 계산하여 그 결과를 2024년 3월까지 주관청에 보고해야 한다. 선박탄소집약도지수의 계산값은 A부터 E까지 등급으로 평가되고, 허용값(Required CII)은 각 선박에 대하여 C등급의 중점과 동일하고, A와 B등급은 C등급보다 우수한 상태를 의미한다. 3년 연속 D등급 또는 1년간 E등급으로 평가된 선박은 선박에너지효율관리계획(SEEMP, Ship Energy Efficiency Management Plan)에 개선조치를 포함해야 한다. 선박탄소집약도지수와 관련한 사항은 IMO 해양환경보호위원회(MEPC) 78차 회의 결과보고서에 따른다 (IMO, 2022).

선박운항효율지표(OEIS)는 선박에너지효율지표(EEIS)와 마찬가지로 본 연구에서 새롭게 제시하는 개념으로서, 선박탄소집약도지수(CII)의 틀을 확장한 것이다. 따라서, 적용 선박에 대한 실

Table 6 Certification standards for greenship design

Score parameter	Ship above GT 400 for international shipping	Otherwise	Score
① Climate alignment	EEDI or EEXI	EEIS	60
② Clean atmosphere	SO _x , NO _x , particulate matter		30
③ Contribution to national economy	The number of system components for greenship		10
Total score	-		100

제 운항데이터에 기반해야 한다. 선박운항효율지표는 선박탄소집약도지수의 적용 대상이 아닌 선박을 포함하여 모든 운항 선박에 적용하며, 식 (4)와 같이 총톤수에 기반하여 계산된다.

$$OEIS = \frac{C_{Fj} \times FC_j}{GT \times D_{Travel}} [g-CO_2/tonne-mile] \quad (4)$$

선박운항효율지표의 계산값은 선박탄소집약도지수와 동일한 등급 기준이 적용된다. 단, A, B 그리고 C등급까지만 허용되고 D와 E등급으로 평가되는 경우 친환경선박 인증의 취소를 고려해야 한다. 선박이 매년 허용 등급을 유지하여 환경친화적으로 운항될 경우 본인증에 따른 친환경선박 인증서의 유효기간을 연장하는 근거로 활용하도록 규정이 필요하다. 또한, 선박탄소집약도지수의 허용값(required CII)이 기준값 대비 계속해서 강화될 것이므로, 허용 등급의 설정은 추가적인 검토가 필요할 것이다.

4. 선박사례 비교 및 분석

친환경선박 인증 기준 개선안으로 4가지 선박의 사례에 대하여 모의 심사 평가를 수행한다. 또한, 현행 기준에 대해서도 적용하여 개선안의 결과와 비교 분석한다. LNG 추진 컨테이너선과 메탄을 추진 산적화물선은 국제항해선박으로 간주하고, 배터리 전기추진 차도선과 수소연료전지 차도선은 연안선박으로 간주한다. 국제항해선박의 건조계약일은 2021년 7월 1일, 선박 인도에 정일은 2023년 10월 31일로 가정하여, 선박에너지효율설계지수를 적용한다.

4.1 LNG 추진 컨테이너선

컨테이너해운은 에너지집약적 수송분야로서, LNG 추진방식이 상당수 진행되고 있다. 2022년 8월 기준, 전 세계적으로 운항 중인 LNG 추진선박은 828척이며, 이 가운데 컨테이너선은 40척이다. CMA-CGM社는 24척의 LNG 추진 컨테이너선을 운용하고 있으며, 2025년까지 총 40척의 LNG 추진 컨테이너선을 추가로 도

입할 예정이다. CMA-CGM社를 비롯하여 선도적 컨테이너해운사들은 LNG 추진방식을 선호하고 있다. Hapag-Lloyd社는 2024년까지 12척을, MSC社는 2026년까지 53척의 LNG 추진 컨테이너선을 도입할 예정이다 (Clarksons Research, 2022).

본 절에서는 Table 7과 같이 23,000 TEU급 LNG 추진 컨테이너선을 고려한다. 주요 가정은 다음과 같다. 첫째, 기후일치도는 선박에너지효율설계지수를 적용한다. 둘째, 주기관은 질소산화물(NO_x) 배출기준 Tier III를 만족하고, 황산화물과 입자상물질 배출저감장치는 별도로 설치되지 않는다. 셋째, 국가경제기여도는 30% 이하이다.

현행 인증 기준과 개선안 결과는 Table 8과 같다. 선박에너지효율설계지수의 계산값(승인값)은 7.844 [g-CO₂/tonne-mile]이고 2단계에 따른 감축계수 20을 적용한 허용값은 12.568 [g-CO₂/tonne-mile]이므로, 초과감축률은 38%가 된다. 현행 기준과 개선안의 결과를 비교할 때, 총점은 대동소이하고 인증등급은 동일하게 도출된다.

Table 7 Main specification of LNG-fueled containership

Item	Unit	Value
Length OA	m	394
Breadth	m	54
Depth	m	30
draught	m	14
Ship speed	knot	24
Gross tonnage	ton	149,500
DWT	ton	158,000
Container capacity	TEU	15,000
LNG fuel tank	m ³	7,000
HFO fuel tank	m ³	14,500
MDO fuel tank	m ³	500
MCR, main engine (MAN B&W 11G90ME-C10.5 x 1 EA)	kW	68,640
SFC _{ME,HFO}	g/kWh	165
SFC _{ME,LNG}	g/kWh	138
NO _x emission	-	IMO Tier III
MCR, auxiliary engine (HiMSEN 9H35DF x 4 EA)	kW	17,200
SFC _{AE,MDO}	g/kWh	183

Table 8 Comparative results of LNG-fueled containership

Certification standards	Score parameter	Description	Score
Existing	① Green-fuel use	LNG	23
	② Air pollutants reduction	NO _x Tier III	10
	③ Excess of EEDI	Above 38 %	20
	④ Domestic product use	Below 30 %	4
	Total score	-	57
	Certified ranking	-	2
Improved	① Climate alignment	LNG, above 38 %	40
	② Clean atmosphere	NO _x Tier III	10
	③ Contribution to national economy	Below 30 %	4
	Total score	-	54
	Certified ranking	-	2

4.2 메탄올 추진 산적화물선

전 세계적으로 운항 중인 메탄올 추진선박은 20척이며, 대부분 화학제품인 메탄올을 수송하는 전용선박이다. 메탄올은 Table 3에서와 같이, 전환계수(C_F)가 연료 가운데 가장 낮으며, 동시에 발열량도 낮다. 메탄올은 LNG와 달리 극저온의 연료저장 및 공급설비가 요구되지 않아, 탈탄소화 해운에 적합한 대체연료로 대두되고 있다.

본 절에서는 컨테이너선 다음으로 이산화탄소 배출량이 높은 산적화물선을 고려한다 (Sharafin et al., 2019). Table 9에 정리된 바와 같이, 메탄올 추진 산적화물선에 대한 주요 가정은 다음과 같다. 첫째, 기후일치도는 선박에너지효율설계지수를 적용한다. 둘째, 주기관은 질소산화물(NO_x) 배출기준 Tier III를 만족하고, 황산화물과 입자상물질 배출저감장치는 별도로 설치되지 않는다. 셋째, 국가경제기여도는 30 % 이하이다.

현행 인증 기준과 개선안 결과는 Table 10과 같다. 현행 기준에서는 메탄올에 대하여 친환경 연료사용 비중을 어떻게 배점할 것인지가 모호하다. 메탄올을 ‘LNG, LPG 등’으로 취급하는 경우 35점이 배점될 수 있겠으나, 이는 환경친화적 선박 인증위원회의 구성과 운영을 통하여 확정될 필요가 있다. 선박에너지효율설계지수의 계산값은 2.769 [g-CO₂/tonne-mile]이고 2단계에 따른 감축계수 20을 적용한 허용값은 3.317 [g-CO₂/tonne-mile]이므로, 초과감축률은 17 %가 된다. 현행 기준과 개선안의 결과를 비교할 때, 현행 기준은 24+ 점수가 부여되는 반면 개선안은 분명한 점수 계산으로 인증등급 결과를 보여준다.

Table 9 Main specification of methanol-fueled bulk carrier

Item	Unit	Value
Length OA	m	230
Breadth	m	38
draught	m	14
Ship speed	knot	15
Gross tonnage	ton	50,800
DWT	ton	91,000
Methanol fuel tank	m ³	3,200
HFO fuel tank	m ³	7,000
MDO fuel tank	m ³	500
MCR, main engine (MAN B&W 11G90ME-C10.5 x 1 EA)	kW	10,320
SFC _{ME,HFO}	g/kWh	167
SFC _{ME,Methanol}	g/kWh	337
NO _x emission	-	IMO Tier III
MCR, auxiliary engine (HiMSEN 9H35DF x 4 EA)	kW	2,400
SFC _{AE,MDO}	g/kWh	182

Table 10 Comparative results of methanol-fueled bulk carrier

Certification standards	Score parameter	Description	Score
Existing	① Green-fuel use	Methanol	-
	② Air pollutants reduction	NO _x Tier III	10
	③ Excess of EEDI	Above 17 %	10
	④ Domestic product use	Below 30 %	4
	Total score	-	24+
	Certified ranking	-	Above 5
Improved	① Climate alignment	Methanol, above 17 %	20
	② Clean atmosphere	NO _x Tier III	10
	③ Contribution to national economy	Below 30 %	4
	Total score	-	34
	Certified ranking	-	4

4.3 배터리 전기추진 차도선

연안해운 및 내수면에서는 배터리를 동력원으로 사용하는 전기추진선박의 도입이 검토되고 있다. 전기추진선박은 추진동력을 발생시키는데 있어 배출이 없으므로, 배출제로선박으로 볼 수 있다. 하지만, 식 (2)에서와 같이, 선박이 사용하는 전기에너지는 외부로부터 공급받아 배터리에 충전된 것이므로, 전기에너지는 필연적으로 이산화탄소의 배출을 내포하고 있다. 이를 고려한 친환경선박 인증 기준의 적용이 필요하다.

본 절에서는 Table 11과 같이 배터리 전기추진 차도선을 고려한다 (Hong et al., 2021). 배터리 전기추진 차도선은 국내 최초로 개발된 완전한 전기추진선박으로서, 이 선박에 대한 주요 가정은 다음과 같다. 첫째, 기후일치도는 선박에너지효율지표(EEIS)를 적용한다. 둘째, 대기환경개선도는 고려하지 않는다. 셋째, 국가경제기여도는 30 % 이하이다.

Table 11 Main specification of electric car ferry

Item	Unit	Value
Length OA	m	58.6
Breadth	m	13
Depth	m	2.5
draught	m	1.65
Ship speed	knot	15.7
Gross tonnage	ton	420
Passenger capacity	Persons	120
Vehicle capacity	EA	20
Battery capacity (800 kWh x 2 sets)	kWh	1,600
C-rate, battery	1/h	0.6
Output, propulsion motor (500 kW x 2 Sets)	kW	1,000

현행 인증 기준과 개선안 결과는 Table 12와 같다. 선박에너지효율지표의 계산값은 55.672 [g-CO₂/tonne-mile] 이고 허용값은 99.609 [g-CO₂/tonne-mile]이므로, 초과감축률은 44 %가 된다. 현행 기준과 개선안의 결과를 비교할 때, 총점 산출에서 차이가 있으나 인증등급은 동일하게 도출된다.

4.4 수소연료전지 차도선

본 절에서는 Table 11과 같은 사양의 차도선에 대하여, 추진동력원으로 배터리를 대체하여 고분자전해질연료전지(PEMFC, Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell)가 탑재되는 경우를 고려한다. 고분자전해질연료전지의 주요 사양은 Table 13과 같으며, 별도의 LNG 개질기를 갖추지 않고 순수한 수소를 소비한다.

Table 12 Comparative results of electric car ferry

Certification standards	Score parameter	Description	Score
Existing	① Green-fuel use	Battery	40
	② Air pollutants reduction	-	-
	③ Excess of EEDI	-	-
	④ Domestic product use	Below 30 %	4
	Total score	-	60
	Certified ranking	-	2
Improved	① Climate alignment	EEIS above 44 %	50
	② Clean atmosphere	-	-
	③ Contribution to national economy	Below 30 %	4
	Total score	-	54
	Certified ranking	-	2

이 선박에 대한 주요 가정은 첫째, 기후일치도는 선박에너지효율지표(EEIS)를 적용하며, 수소의 무차원 전환계수는 1.2, 9.8, 그리고 11.39를 각각 적용한다. 둘째, 대기환경개선도는 고려하지 않는다. 셋째, 국가경제기여도는 30 % 이하이다.

현행 인증 기준과 개선안 결과는 Table 14와 같다. 선박에너지효율지표의 계산값은 수소 연료의 무차원 전환계수에 따라 각각 10.737, 87.689, 그리고 101.912 [g-CO₂/tonne-mile]으로 계산된다. 본선에 대한 선박에너지효율지표의 허용값은 99.609 [g-CO₂/tonne-mile]이므로, 초과감축률은 89 %, 12 %, 그리고 -2 %가 된다. 현행 인증 기준은 유통구조에 대한 고려없이 수소 연료를 가장 완전한 친환경연료로 평가하고 있으나, 개선안에서는 수소 연료의 유통구조가 환경친화적인 경우에만 친환경연료로 평가되는 것이다. 현행대로 수소의 전환계수를 '0'으로 적용한다

Table 13 Specification of PEMFC

Item	Unit	Value
Operating temperature	°C	70
Operating pressure	bar	1
Current density	mA/cm ²	960
Power output	kW	1,000
Hydrogen consumption	g/kWh	59
Electrical efficiency	%	42.438

Table 14 Comparative results of PEMFC-powered car ferry

Certification standards	Score parameter	Description	Score
Existing	① Green-fuel use	Hydrogen	50
	② Air pollutants reduction	-	-
	③ Excess of EEDI	-	-
	④ Domestic product use	Below 30 %	4
	Total score	-	74
	Certified ranking	-	1
Improved	① Climate alignment	Above 89 %, 12 %, -2 %	60 ^A , 20 ^B , - ^C
	② Clean atmosphere	-	-
	③ Contribution to national economy	Below 30 %	4
	Total score	-	74 ^A , 24 ^B , 4 ^C
	Certified ranking	-	1 ^A , 5 ^B , - ^C

※ Note) The conversion factors, C_F of 1.2, 9.8, and 11.39 are applied to A, B, and C.

면, 선박에너지효율지표의 초과감축률은 100 %가 되고 1등급으로 평가될 수 있다. 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」 제32조 제3항에 따르면, 해상에서의 녹색교통 수단을 전기추진선박과 연료전지추진선박으로 한정하고 있어, 무차원 전환계수를 1.2로 채택하는 것이 타당할 것이다.

5. 결론

본 연구는 「친환경선박법」에 따른 국가기본계획과 관련 법령에 근거한 친환경선박 인증제도의 현황과 현행 인증 기준을 조사하였다. 또한, 인증제를 체계적으로 정립하기 위하여 현행 법령과 인증 기준의 한계점을 식별한 후, 개선안을 마련하였다. 개선안은 온실가스 배출량을 1.5 °C 온도 목표에 맞추도록 정립된 기후일치도(climate alignment)에 기반하였다. 선박의 설계사항에 관한 기후일치도는 선박에너지효율설계지수, 현존선에너지효율지수, 그리고 선박에너지효율지표가 고려되었으며, 운항사항에 관한 기후일치도는 선박탄소집약도지수와 선박운항효율지표가 고려되었다. 선박에너지효율지표와 선박운항효율지표는 본 연구에서 새롭게 제시하는 개념이었다.

친환경선박은 대기친화적 선박(atmospheric-friendly ship)으로 재정의할 수 있었다. 이 가운데 최적 선형, 선체구조 경량화,

에너지저장장치, 환경친화적 에너지의 사용 등과 같이 에너지효율 향상을 비롯한 탈탄소화 기술이 적용되는 선박은 탄소중립을 달성할 경우 기후친화적 선박(Climate-friendly Ship)으로 볼 수 있었다.

친환경선박 인증에 관한 현행 기준과 개선안은 47지 대표 선박의 사례를 들어 평가되었다. 국제항해선박으로는 LNG 추진 컨테이너선과 메탄을 추진 산적화물운반선이, 연안선박으로는 배터리 전기추진 차도선과 수소연료전지 차도선이 고려되었다. LNG 추진 컨테이너선은 현행 인증 기준과 개선안 모두 동일하게 2등급을 도출한 반면, 메탄을 추진 산적화물운반선은 현행 인증 기준으로는 평가되기 어려웠으나 개선안은 2등급으로 도출할 수 있었다. 현행 인증 기준에서는 환경친화적 에너지인 메탄올의 배점이 모호하기 때문이었다. 한편, 배터리 전기추진 차도선은 현행 인증 기준과 개선안 모두 동일하게 2등급을 도출하였고, 수소연료전지 차도선은 각각 1등급이 도출되었다. 하지만, 인증 기준 개선안은 수소 연료의 무차원 전환계수의 값에 따라 기후일치도가 조정될 여지가 있었다.

결론적으로, 친환경선박 인증 기준 개선안은 선박의 설계와 운항사항에 대한 기후일치도 평가를 도입하고 있어, 현행 기준보다 인증제도의 일관성(一貫性), 정합성(整合性), 형평성(衡平性), 그리고 규율성(規律性)을 확보할 수 있었다. 운항사항에 대해서는 아직까지 충분한 운항데이터를 확보하기 어렵기 때문에, 본 연구에서는 검토될 수 없었다. 하지만, 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」의 목적을 고려할 때, 해운분야 탄소중립 달성을 위해서는 설계사항부터 운항사항까지 친환경선박의 생애주기 관점에서 유지관리가 되도록 인증제도도 확립되어야 할 것이다.

한편, 친환경기자재에 대한 개념 정리와 인증 기준 마련이 친환경선박과 별도로 필요하였다. 기자재라는 단어의 의미가 광범위하므로, 동력의 이용 또는 발생 여부에 따라서 친환경성(親環境性)을 부여할 대상을 선정해야 할 것이다. 또한, 이 친환경성은 기후일치도 및 대기환경개선도와 부합하도록 인증 기준이 정립되어야 할 것이며, 친환경선박 인증제도와 연계유무도 논의가 필요하다.

친환경선박 인증서는 해당 선박에 국가가 친환경성(親環境性)을 인정하고 그 성능을 증명하는 증서이다. 즉, 해운업의 필수조건인 선박에 친환경성이 인증되는 것은 단순한 인증이 아니라, 친환경이라는 신용(信用)이 부여되는 것이다. 친환경선박 인증은 최근 강조되고 있는 해운기업의 비재무적 요소인 환경·사회·지배구조(ESG, Environment, Social, and Governance) 전략 강화 측면에서도 유리한 결과를 가져다줄 것이다.

후 기

본 연구에 서술된 내용은 저자의 개인적 견해에 기반한 것으로서, 저자의 소속기관인 한국해양교통안전공단의 견해를 대표하지 않습니다.

References

- Ahn, J., You, H., Ryu, J. and Chang, D., 2017. Strategy for selecting an optimal propulsion system of a liquefied hydrogen tanker. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(5), pp.5366–5380.
- Clarksons Research, 2022. *World Fleet Register* [Online] Available at: <http://www.clarksons.net/n/#/portal/> [Accessed 17 August 2022].
- Department for Transport of the United Kingdom, 2019. *Clean Maritime Plan*, London: Department for Transport of the United Kingdom.
- Greenhouse Gas Inventory and Research Center (GIR), 2021. *Nationally approved GHG emission and absorption coefficient in 2021*, Cheongju: GIR.
- Han, J.R., Park, J., Kim, Y., Lee, Y.C. and Kim, H.S., 2019. Analysis of CO₂ emission depending on hydrogen production methods in Korea. *Journal of the Korean Institute of Gas*, 23(2), pp.1–8.
- Hong, J.P., Kim, Y.S., Shim, H.W., Kang, H.J., Kim, Y.H., Kim, G.B. and Cho, S., 2021. Study on a fully electrified car ferry design powered by removable battery systems considering domestic coastal environment. *Journal of Ocean Engineering and Technology*, 35(1), pp.1–12.
- International Energy Agency (IEA), 2021. *Net Zero by 2050 – A Roadmap for the Global Energy Sector*, Paris: IEA.
- International Maritime Organization (IMO), 2018. MEPC.308(73) *2018 Guidelines on the Method of Calculation of the Attained Energy Efficiency Design Index (EEDI) for New Ships*, London: IMO.
- International Maritime Organization (IMO), 2020. *Fourth IMO GHG Study – Final Report*, Delft: IMO.
- International Maritime Organization (IMO), 2022. *MEPC 78/17 Report of the Marine Environment Protection Committee on Its Seventy-Eight Session*, London: IMO.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2018. *Global Warming of 1.5 C*, Geneva: IPCC.
- Joung, T.H., Kang, S.G., Lee, J.K. and Ahn, J., 2018. IMO GHG Emission Regulation Trends and Responses. *Journal of the Society on Naval Architects of Korea*, 55(4), pp.48–54.
- McKinsey Incorporated, 2018. *Hydrogen Roadmap Korea, A vision, roadmap and recommendation to develop Korea's hydrogen economy*, Seoul: McKinsey Incorporated.
- Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan, 2020. *Roadmap to Zero Emission from International Shipping*, Tokyo: Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan.
- Ministry of Transport and Communications of Finland, 2021. *Government Resolution on reducing greenhouse gas emissions from maritime and inland waterway transport*, Helsinki: Ministry of Transport and Communications of Finland.
- Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE), Ministry of Oceans and Fisheries (MOF), 2020. *2030 GreenShip-K Promotion Strategy*, Sejong: MOTIE, MOF.
- Poseidon Principles, 2020. *Poseidon Principles – A global framework for responsible ship finance*, Copenhagen: Poseidon Principles.
- Sharafin, A., Blomerus P. and Mérida, W., 2019. Natural gas as a ship fuel: Assessment of greenhouse gas and air pollutant reduction potential. *Energy Policy*, 131, pp.332–346.
- The Government of the Republic of Korea, 2020. *2050 Carbon Neutral Strategy of the Republic of Korea*, Seoul: The Government of the Republic of Korea.
- The Government of the Republic of Korea, 2021. *Submission under the Paris Agreement, The Republic of Korea's Enhanced Update of its First Nationally Determined Contribution*, Seoul: The Government of the Republic of Korea.



안준건