

전기복합 추진어선의 안전기준 개발에 관한 연구

강철언* · 백철호** · 김성훈*** · 이찬재****†

* 한국해양교통안전공단 안전연구실 주임연구원, ** 한국해양교통안전공단 해양환경실장,

*** 한국해양교통안전공단 부산지사 선임검사원, **** 한국해양교통안전공단 안전연구실장

A Study of the Development Safety Criteria for Hybrid Electrical Propulsion Fishing Boats

Cheol eon Kang* · Chul ho Baek** · Sung hun Kim*** · Chan jae Lee****†

* KOrea Maritime transportation Safety Authority Safety research department Junior researcher

** KOMSA Marine environment department General manager

*** KOMSA Busan branch Senior surveyor, **** KOMSA Safety research department General manager

요약 : 국내의 매년 지속적으로 증가하는 대기오염의 상당량이 선박에서 배출되고 있으며, 이러한 선박에서의 배출량을 감축하기 위해 정부는 환경규제를 강화하고 해양대기환경 개선을 위해 「환경친화적 선박의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률」을 제정 및 시행하여 친환경 에너지를 동력원으로 사용하는 환경친화적 선박을 보급하여 해양오염 저감 기술이 개발되도록 하고 있다. 환경친화적 선박의 기술은 최근 순수 전기추진 내지는 전기복합 추진체계까지 진화하고 있으나, 선박의 안전한 운용을 위한 검사 및 설비기준 등 관련제도의 정비에 이를 못 따라가는 실정으로, 특히 국내 연안선박의 다수를 차지하는 어선에 대한 제도는 정비가 시급한 시점이다. 이번 연구를 통해 어선에의 전기복합 추진체계 등의 적용을 위해 핵심기자재인 배터리, 전력변환장치 등을 정의하고 이에 필요한 안전기준을 진단, 마련하여 친환경 어선의 도입과 보급을 위해 관련된 산업을 지원할 수 있도록 최소한의 안전기준안을 마련하고자 한다.

핵심어 : 전기복합 추진어선, 전기추진 선박, 하이브리드 어선, 에너지 절감형 친환경 어선, 축전지

Abstract : Ships emit significant amounts of air pollution. To reduce ship emissions, the government has implemented the Eco-Friendly Ship Act to improve the marine air environment, under which the use of eco-friendly ships that use eco-friendly energy as a power source encouraged and technologies to reduce marine pollution are developed. Therefore, the revision of relevant laws and systems such as inspection and facility standards for the safe operation of eco-friendly ships is urgently needed, especially those for fishing vessels, which account for the majority of domestic coastal vessels. This study defines the core equipment for the application of electric complex propulsion systems to fishing boats and presents a minimum safety standard plan for the adoption and dissemination of eco-friendly fishing boats.

Key Words : Hybrid electrical fishing boats, Electric-powered boats, Hybrid fishing boats, Energy-saving eco fishing boats, Battery

1. 서론

국제해사기구(IMO)는 2018년 선박 운송부문에서의 온실가스 배출량이 2012년 대비 9.6% 증가했음을 시사하였다(IMO, 2020). 이러한 선박 온실가스 배출량 증가 경향은 국내에서도 마찬가지로, 2019년 국가미세먼지정보센터 대기정책지원시스템(CAPSS) 제공 통계(Table 1)를 살펴보면, 국내 전

체 대기오염물질 배출량 중 선박이 차지하는 비중은 일산화탄소 14.8%, 질소산화물 15.0% 등으로 나타나 그 비중이 적지 않음을 알 수 있다. Table 2와 같이 이들 선박의 대기오염물질 배출량 중 어선에 의한 대기오염물질 배출량의 비중을 살펴보면, 일산화탄소의 41.7%, 질소산화물의 37.2%, 총부유먼지(TSP)는 그 배출량의 20.1%가 어선에서 배출되는 것으로 나타났으며, 휘발성유기화합물(VOCs) 33.2%, 블랙카본(BC) 30.6%가 어선에서 배출되는 것으로 확인되는 실정이다.

이렇듯 현재 국내의 대기오염물질 배출량에서 선박 부문과 그중 어선의 대기오염물질 배출량은 무시할 수 없는 수

* First Author : nff001@komsa.or.kr, 044-330-2573

† Corresponding Author : felcj@komsa.or.kr, 044-330-2570

준으로, 해양대기환경 개선을 위해서는 어선의 대기오염물질 배출량 감축이 반드시 필요함을 알 수 있다.

그러한 대기오염물질 배출원으로 지목되는 어선은, 해양수산부 통계자료를 참고하면 2021년을 기준으로 국내에는 어선이 65,531척 등록되어 있으며, 이들 어선 중 총톤수 10톤 미만의 소형 어선은 61,654척으로 절대다수를 차지하고 있음을 알 수 있다. 이들 소형어선은 대부분 우리나라의 연안에서 운용되고, 노후한 디젤·가솔린 엔진을 통해 동력을 얻고 있는 점을 생각해볼 때, 어선의 전동화가 해양대기환경 개선에 큰 영향을 줄 수 있을 것이라 할 수 있다.

Table 1. Ratio of ships to total air pollutant emissions (CAPSS Statistics, 2019)

Item	Total air pollutant emissions(ton)	Fishing boats air pollutant emissions(ton)	Ratio
CO	757,848	111,802	14.8%
NOx	1,086,862	163,404	15.0%
TSP	484,527	9,230	1.9%
VOC	1,020,216	45,564	4.5%
BC	14,211	1,203	8.5%

Table 2. Ratio of fishing boats to normal vessels air pollutant emissions (CAPSS Statistics, 2019)

Item	Normal vessels air pollutant emissions(ton)	Fishing boats air pollutant emissions(Ton)	Ratio
CO	111,802	46,663	41.7%
NOx	163,405	60,803	37.2%
TSP	9,230	1,851	20.1%
VOC	45,564	15,109	33.2%
BC	1,203	367	30.6%

2. 기술 및 기준개발 동향

해양대기환경 개선을 위한 선박의 전동화를 위해서는 우선 기술 및 기준 개발 동향을 살펴볼 필요가 있어, 국내외 사례와 선행 유사연구내용을 통해 기술 및 기준개발 동향을 조사하고 분석하였다.

2.1 선박 전동화 기술개발 동향

가. 해외 전기추진선박 개발사례

전기추진체계를 선박에 적용하기 위한 기술개발과 실증은 현재 북유럽이 주도하고 있으며 대표적으로 핀란드의 하

이브리드 차도선 Elektra, 유럽연합에서 추진하는 프로젝트인 E-ferry 프로젝트 Ellen 등이 있다.

핀란드가 2016년 건조에 착수한 첫 번째 하이브리드 차도선인 Elektra 호는 투르쿠(Turku) 제도에서 1.6 km의 해로를 하루 25번 왕복 운항하고 있다. 매번 차량과 승객의 승·하선 시 충전 유닛도 선박에 배치되며, 1MWh 용량의 배터리를 교류 충전으로 5분 30초 이내로 충전을 완료하면 선박이 다시 15분 가량 항해가 가능하다. 90여대의 차량과 375명의 승객을 태우고 최대 11노트의 속도로 항해하는 이 선박은 설계된 항로를 운항할 때는 순수 전기추진으로만 항해가 가능하며, 핀란드의 가혹한 겨울철의 결빙에 대처하기 위해 3기의 디젤 발전기를 설치하였다. Elektra 호의 운항으로, 화석연료를 사용하는 동급의 선박 대비 60% 정도의 운항비용이 절감되는 것으로 나타나고 있다(Love, 2018).



Photo 1. E-ferry project Ellen (eu.boell.org).

유럽의 운송수단을 전동화하기 위한 노력의 일환으로 덴마크에서 운항 중인 전기추진 차도선 Ellen호(Photo 1)는 2019년에 건조되었으며, 핀란드의 Elektra호와는 달리 비상용 발전기를 탑재하지 않은 선박이다. 개방된 차량 데크와, 흡수선 근처에 위치한 승객용 선실을 통해 승강기 설치를 생략하고, 좁고 긴 선체를 통해 저항을 낮추는 등 에너지 효율을 위한 여러 대책을 강구한 점이 특징이다. E-ferry 프로젝트를 통해, 덴마크 에뢰(Ærø) 섬 에너지 환경 사무소의 Halfdan Abrahamsen는 “덴마크만 해도 노선의 75%를 전기 페리로 운항할 수 있다”고 내다보며 연안선박의 운용을 상당수 전동화할 수 있음을 시사했다(Cerny, 2021).

나. 국내 전기추진선박 개발사례

한편, 이러한 전기추진선박 개발 사례는 국내에서도 찾아볼 수 있다. 그 대표적인 사례가 바로 선박해양플랜트연구소(KRISO)에서 수행 중인 전기추진 차도선이다. 길이 60미터에 총톤수 420톤 규모로, 차량 20대와 승객 120명이 탑승할 수 있는 이 차도선의 가장 큰 특징은 세계 최초로 이동·교체식 전원공급시스템을 적용하여 전력공급의 효율성을

전기복합 추진어선의 안전기준 개발에 관한 연구

극대화함과 동시에 항구에 고전압 충전시설을 갖추지 않아도 된다는 점이다(Mokpo City, 2022).

또 다른 사례로는 안산호가 있다. 안산시에서는 안산천 하구부터 시화호 방조제 안쪽까지 이어지는 편도 21킬로미터 항로를 항해하기 위한 전기추진 유람선 안산호를 발주, 건조 중에 있다. 승객 40명을 태울 수 있는 총 40톤 규모의 관광유람선 안산호는 접안시설에 마련된 충전설비를 통해 배터리를 충전하여 순수 전기동력으로 추진한다.

어선의 경우에는 2008년부터 2011년까지 국내 한 대학에서 1톤, 3톤급의 선형을 개량한 선체와 배터리를 탑재한 순수 전기추진어선을 개발하였으나 2배 이상의 건조비용과 안전규정을 배제한 제작이 문제가 되었으며, 아울러 과도한 배터리 무게와 용적 차지로 당시 기술력으로는 실용화하기에는 한계가 있었을 것으로 짐작된다.

한편, 앞서 소개한 사례들과는 달리, 순수한 전기추진 체계가 아닌 전기복합 추진체계를 개발하고 적용하기 위한 시도가 국내에도 있다. 환경부 산하 국립호남권생물자원관에서는 길이 30.3미터, 폭 5.4미터, 높이 2.6미터 등 59톤 규모의 조사선(Photo 2)을 건조하고 있으며, 해당 선박은 내연기관(디젤)과 전기복합 추진 방식을 취하며 오는 4월 말 취항 예정으로 알려졌다.



Photo 2. Hybrid survey vessel in S.Korea (namdonews.com).

이렇듯 국내외에서 다양한 선박에 대한 전동화 체계의 적용을 연구하고 있으나, 이들 대부분이 단거리 항해에 집중된 순수 전기추진 선박들이며, 핀란드의 Elektra호와 같이 내연기관이 탑재되는 경우도 있으나 이는 자동차의 직렬 하이브리드 방식과 유사하게, 필요할 경우 내연기관을 통해 배터리를 충전하여 항속거리를 늘리는 것에 의의를 두는 방식으로, 순수한 추진체계는 전동기에 의존하고 있다고 할 수 있을 것이다. 이러한 순수 전기추진 선박은 오염원을 전혀 배출하지 않아, 해양대기환경 개선을 위해서는 결국 순수 전기추진 선박이 보급되어야 하나, 아직까지는 배터리 성능

의 한계로 인해 연안의 단거리 항해만 가능한 실정이다.

반면 어선은 그 특성상 계속해서 어장을 옮겨다니며 조업하기 때문에 항속거리가 중요하며, 동력어선이 2021년 현재 64,779척이나 존재하는 만큼 순수 전기추진 어선 도입 시 전국의 1,012개소(Kim, 2018)에 달하는 어항에 전기충전 설비도 함께 도입되어야 하는 등의 문제점이 있어, 순수 전기추진 어선의 도입은 현재로서는 어려울 것으로 보인다.

선박과 같이 내연기관 중심 운송수단인 자동차의 경우도 유사하다. 전기충전 설비와 배터리 기술의 한계 등으로 인해, 내연기관과 전동기를 조합한 이른바 하이브리드 엔진이 자동차의 전동화를 위한 중간다리 역할을 하는 것처럼, 선박 내지는 어선 역시 현재로서는 내연기관과 전기추진체계가 복합 설비되는 전기복합 추진어선이 더욱 타당할 것으로 사료된다.

2.2 국내 기준개발 동향

2020년부터 시행된 「환경친화적 선박의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률」(이하 친환경선박법)에 따라 정부에서는 환경친화적 선박을 정의하고, 이를 개발·보급하기 위해 노력하고 있다. 동법 제2조제3호(Table 3)에서는 환경친화적 선박을 다음과 같이 정의하고 있다.

Table 3. Definition of eco-friendly ship in the Eco-friendly Ship Act

제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

3. “환경친화적 선박”이란 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 선박을 말한다.

(중략)

다. 전기 공급원으로부터 충전받은 전기에너지를 동력원(動力源)으로 사용하는 전기추진선박

라. 휘발유·경유·액화석유가스·천연가스 또는 공동부령으로 정하는 연료와 전기에너지(전기 공급원로부터 충전받은 전기에너지를 포함한다)를 조합하여 동력원으로 사용하는 하이브리드선박

마. 수소 등을 사용하여 발생시킨 전기에너지를 동력원으로 사용하는 연료전지추진선박

「친환경선박법」에서 규정하는 환경친화적 선박의 정의에 따라, 선박안전법령에서도 그 하위 고시인 “전기추진 선박기준”에 수소연료 전지를 포함하는 등, 정부에서는 현 기준의 미비한 사항들을 반영하려 하고 있으며, 2021년에는 외부기관에 의뢰하여 수행된 “친환경선박 상용화 기반구축 연구”를 통해 전기추진선박의 “검사기준”과 “통합안전기준”에

대한 연구 결과를 도출하였다. Cheon(2021)의 이 연구는 국제 전기기술위원회의 관련 표준인 ‘IEC 60092-501 선박용 전기 설비 특별사항 - 전기추진 설비(Electric Installation in ships - special features Electric Propulsion Plant)’를 바탕으로 IACS에 소속된 각 선급(KR, ABS, DNV, LR, BV)의 관련규정과 IEEE의 관련 요건을 참고하여 연구, 작성되었다. 동 연구는 전기추진 체계의 안전한 적용을 위해 주요 기자재에 대한 중복성(Redundancy), 즉 고장에 대비한 각 장비의 이중화를 기본으로 하고 있으며, 또한 배터리 공간에 대한 위험성평가를 규정하고 있는 특징을 갖고 있다. 선박의 안전성을 검증하기 위한 이러한 요건들은 대형선박에 대해서는 건조·운용규모 등을 고려해볼 때 적용이 가능할 것으로 사료되나 어선, 특히 소형어선에 같은 요건을 적용하기 위해서는 추가적인 검토와 연구가 필요할 것으로 보인다.

3. 전기복합 추진어선의 안전 기준

3.1 국내외 법령에서의 설비기준 현황

앞서 살펴본 바와 같이, 어선의 전동화를 통한 해양대기 오염 저감을 위해 현실적으로 고려 가능한 전동화 체계는 전기 하이브리드 추진체계를 탑재한 어선, 즉 전기복합 추진어선이라 할 수 있다. 전기복합 추진어선의 개발과 보급을 위해서는 안전한 운용을 위한 설비 및 검사 기준이 필수적으로, 국내외의 전기복합 추진체계에 대한 관련 법령의 동향과 국내의 세부 설비기준을 살펴볼 필요가 있다.

선박에 전기 및 전기복합 추진 체계를 적용함에 있어 외국에서도 각국의 정부나 선급 등 단체에서 관련 규정을 마련하고 있다. 미국의 경우 연방 규정 46 CFR Subchapter J를 통해 전기추진 선박의 안전성과 감항성을 위해 전기시스템 설계와 구성, 유지보수, 인증, 안전관리 등에 대한 요건을 갖추고 있으며, 미국 해안경비대(USCG)에서 해당 규정을 통해 전기선박의 구조, 설계, 전기시스템 등을 평가하고 인증을 수행하고 있다. 한편 DNV에서도 전기추진 선박에 대해 규정하고 있는데, 배터리와 연료전지 등 다양한 전력공급 시스템에 대한 설계와 운용 지침을 제공하고, 전기선박의 안전성 보장에 필요한 요건들을 규정하고 있는 것으로 알려져 있다. 이들 외국 선급 등의 규정은 수소연료전지, 암모니아 등과 함께 배터리를 통한 전력공급에 의존하는 전기추진 선박을 포괄적으로 규정하는 내용들로, 이들 전기시스템과 내연기관의 결합으로 운용되는 전기복합 추진시스템만을 다루는 규정은 아직 미흡한 실정으로 보인다.

우리나라의 경우 어선은 현재 국내 법령상 「어선법」의 적용을 받아 운용되고 있으며, 동법 제3조에 따라 해양수산부에서 2014년 7월, 「축전지 추진 어선의 설비기준」을 제

정, 이후 두 차례에 걸쳐 개정 고시되었다. 총 17개 조항으로 이루어진 이 기준은 그러나 총톤수 10톤 미만의 어선만을 적용대상으로 하고, Table 4와 같이 비교해볼 때, 일반선박의 전기추진에 대해 규정한 「전기추진 선박기준」 대비 다소 완화된 요건으로 구성되어 있음을 알 수 있다.

Table 4. Comparison of standards related to electric propulsion in the Fishing Vessel Act and the Ship Safety Act

어선법령 「축전지 추진 어선의 설비기준」		선박안전법령 「전기추진 선박기준」	
제1조	목적	제1조	목적
제2조	정의	제2조	정의
제3조	적용범위 등	제3조	적용 등
제4조	다른 규정과의 관계	제4조	다른 규정과의 관계
제5조	축전지 설비	제5조	전기추진설비
제6조	축전지실	제6조	배터리실
제7조	배선공사	-	-
제8조	축전지의 배치 및 요건 등	제7조	배터리의 배치 및 요건 등
제9조	동력전달장치 및 추진축계	-	-
-	-	제8조	시스템의 제어 및 감시 등
-	-	제9조	전력변환장치
제10조	축전지 관리 장치의 제어 및 감시 등	제10조	전기추진설비의 제어 및 감시 등
제11조	비상차단장치	제11조	비상차단장치
제12조	추진용 전동기의 과열 방지	제12조	추진용 전동기의 과열방지
제13조	축전지 설비의 경보	제13조	전기추진설비의 경보
제14조	축전지 설비의 보호 및 시험	제14조	전기추진설비의 요건
제15조	축전지실의 소방설비	제15조	배터리실의 소화 및 방화
-	-	제16조	냉각
-	-	제17조	환기
제16조	충전설비	제18조	충전설비
-	-	제19조	선박검사
제17조	재검토의 기한	제20조	재검토기한

전기복합 추진어선의 안전기준 개발에 관한 연구

어선과 달리, 일반선박의 전동화에 대해서는 「선박안전법」에서 다루고 있으며, 안전한 전동화 어선의 보급과 운용을 위해서는 일반선박에 대한 요건 또한 함께 검토해볼 필요가 있을 것이다. 「선박안전법」에서는 상기한 바와 같이 「전기추진 선박기준」을 제정, 고시하고 있으며, 전력변환장치, 리튬이차전지, 안전설계(Fail safe) 등 보다 자세한 용어정의와 함께 배터리의 배치 요건, 위험성평가, 전력변환장치의 요건 등 어선에 대한 「축전지 추진 어선의 설비기준」보다 자세하고 강한 요건을 담고 있다고 할 수 있다.

또한 선박안전법령에서는 전기추진설비로서 배터리셀, 배터리모듈, 배터리시스템, 전력변환장치, 추진용전동기를 선박용물건으로 형식승인을 받을 수 있도록 기준이 마련되어 있다. 선박용물건은 「어선법」 제24조 제4항 등에 의거하여 어선에도 사용이 가능하여, 현재의 법령으로도 일단은 어선에 전기추진 설비를 탑재할 수 있다.

선박에 관련된 법령 및 기준 현황에 더하여, 타 산업사례에서의 전기추진체계에 대한 법령과 요건 또한 살펴보았다. 타 산업사례의 경우 대표적으로 자동차를 검토해볼 수 있을 것이다. 자동차 분야의 하이브리드 자동차는 「자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙」에서 전자파 적합성과 고전원전기장치의 절연·충돌 등에 대한 안전성을 확인하는 요건이 있음을 확인하였으나 적용, 시험방법 등을 고려함에 있어 자동차와 어선의 환경이 달라 어선에 적용하기에는 무리가 있을 것으로 사료되어 참고만 하였다.

3.2 전기복합 추진어선 기준안 개발 및 마련 방향

국내에서 개발된 전기추진선박 관련 기준과 현행 국내법령상 선박의 전동화와 관련된 기준을 살펴보았을 때, 어선의 추진체계를 전동화하는데 있어 가장 합리적인 법령 정비 방안은 현행 기준인 「축전지 추진 어선의 설비기준」의 명칭을 적절하게 변경하고 2020년 제정된 「전기추진 선박기준」을 최대한 활용하여 참고, 준용하여 개정하는 방법으로 사료된다. 이와 관련하여 전기복합 추진어선에 대한 부분만 별도로 규정, 고시할 것을 제안하는 방법도 있었으나, 이미 「어선법」 제3조에 따라 전기추진 어선에 대한 구조 및 설비를 규정한 기준이 있는 바 동 기준을 보완, 개정하는 편이 입법에 있어 경제적인 것으로 사료되어 기존의 관련규정을 보완하여 정비하는 방향으로 추진하였다.

3.3 전기추진어선의 설비기준(안) 마련

가. 전기추진 설비의 어선용품으로의 형식승인

우선, 어선의 전기추진을 위해서는 전기추진설비에 대한 법령 정비도 필요한 바, 앞서 언급한 바와 같이 선박안전법령에 속하는 「선박용물건의 형식승인 시험 및 검정에 관한

기준」에 포함되어 있는 전기추진설비의 항목 중 배터리셀, 배터리모듈, 배터리시스템 및 전력변환장치를 「어선용품의 형식승인 시험 및 검정 등에 관한 기준」에 일부 수용하여 반영하는 방안을 제안하고자 한다.

Table 5와 같이, 전기추진 설비들을 어선용품으로 취급할 수 있도록 하여야 향후 일반선박에의 적용과는 별도로 어선에서의 전기추진설비 설치, 운용 등에 대한 안전사항 등을 관리할 수 있을 것으로 사료된다.

Table 5. Type approval test and verification acceptance plan for electric propulsion equipment under the Fishing Vessel Act and the Ship Safety Act

품목	관련 기준	
	선박용물건의 형식승인 시험 및 검정에 관한 기준	어선용품의 형식승인 시험 및 검정 등에 관한 기준
배터리셀	별표1. 166	일부 수용
배터리모듈	별표1. 166	일부 수용
배터리시스템	별표1. 166	일부 수용
전력변환장치	별표1. 166	일부 수용
추진용전동기 (100kw 이상)	별표1. 166	품목에서 제외

배터리셀, 배터리모듈, 배터리시스템의 수용에 있어서는 중복되거나 불필요한 문구의 삭제, 누락 오류에 따른 정정 등을 통해 시험항목과 방법, 판정 기준을 간소화하거나 명확하게 할 필요가 있고, 전력변환장치는 현재 모든 변환 특성(AC→DC, DC→DC, DC→AC변환)에 적용할 수 있는 규격이 없어 특정 규격의 시험방법이 아닌 일반적인 시험방법을 적용하였으며, 주파수 변동시험에는 양방향과 단방향을 구분하였다. 또한 환경시험 요건 중 ‘진동 시험 시 최악의 시나리오 조건을 고려하여 시험’하는 항목은 어선에의 적용을 용이하게 하기 위해서 삭제할 필요가 있을 것으로 사료된다.

한편, 선박용물건의 전기추진설비 중 추진용 전동기는 다른 전기추진설비들처럼 세세한 시험 항목과 판정 기준 없이 IACS UR E13(Test requirements for Rotating Machines)의 기준에 적합할 것만을 명시하고 있어 다소 효용성이 낮다. 또한 어선용품으로 수용하지 않을 경우 어선소유자가 추진용 전동기를 어선에 설치하기 위해서는 예비검사를 받거나 선박안전법령에 따라 형식승인을 득한 전동기를 사용하여야 하므로, 어선용품으로의 수용은 제외하는 것이 어선에 설치하여 운용하는 장비로서의 신뢰성 확보 등을 위해 타당하다고 판단하였다.

나. 개정(안) 명칭변경 및 용어 정의

전기추진 설비의 어선용품으로의 수용과 더불어, 어선에 전기추진 체계가 원활히 적용되기 위해서는 개정하고자 하는 기준의 명칭에 대한 검토와 전기추진 설비 등에 대한 명확한 용어 정의가 필요하다.

개정 기준(안)이 축전지에만 국한되지 않고 전기복합 추진체계 또한 다루고 있음을 명확히 할 필요가 있는 바, Table 6와 같이 「축전지 추진 어선의 설비기준」을 (가칭) 「전기추진어선의 설비기준」으로 기준명을 변경하고, 전기추진 어선의 정의를 순수 전기추진어선 뿐만 아니라 전기복합(하이브리드) 추진어선을 포함하는 포괄적인 의미로 확대할 것을 제안하고자 한다.

Table 6. Definition of electric propulsion fishing vessel

(가칭) 「전기추진어선의 설비기준」	
제2조(정의) 이 기준에서 사용하는 용어의 뜻은 다음 각 호와 같다.	
0.	“전기추진어선”이란 1개 이상의 추진전원을 어선 내에 탑재하고, 추진전원으로부터 공급되는 전력을 이용하여 추진용 전동기 등을 구동하여 추진하는 어선을 말한다.
0.	“추진전원”이란 어선의 추진 또는 추진의 일부로 사용되는 전원을 말한다.

또한 전기추진 설비 중 전력변환장치의 경우, 「전기추진 선박기준」에서는 교류와 직류의 전자적 변환 기능과 배터리의 충·방전 기능이 모두 가능한 장치로 정의하였으나, 이 경우 배터리 전력시스템에 사용되는 것이 아닌 인버터, 컨버터 등은 전력변환장치의 범위에 포함되지 않게 된다. 이러한 문제의 해결을 위해, 적용범위를 명확히 하기 위해서는 전력변환 기능 ‘또는’ 배터리 충·방전의 기능이 있는 장치로 정의할 필요가 있다.

한편, 전기복합 추진체계에는 배터리의 탑재가 필수적으로, 안전한 배터리의 운용을 위해 배터리의 비정상적 상황에서 발생할 수 있는 오프가스(Off-gas)의 정의를 추가하였으며, 이러한 오프가스와 배터리를 비롯하여 전기복합 추진체계 전반의 잠재적인 위험원인과 영향을 분석하고 보완하기 위해 위험성평가의 정의 또한 추가하여 선박안전법령의 요건에 준하는 수준의 안전을 갖출 필요가 있다.

다. 어선에 맞는 적용범위, 설비 등 반영

어선의 전동화를 위한 기준(안) 마련이라는 본 연구의 목표를 고려할 때, 적용범위 및 설비 등에 대한 기준 정비도 필요하다. 기존의 「축전지 추진 어선의 설비기준」의 적용

범위는 총톤수 10톤 미만의 어선으로 한정되어 있었으나, 어선의 규모에 관계없이 적용될 수 있도록 확대할 필요가 있다. 한편, 총톤수 10톤 미만의 소형어선에의 기존 적용이 곤란한 경우 등을 위한 재량 규정을 마련하여, 전체적으로 중~대형 어선 대비 규정 적용이 쉽지 않은 소형어선의 현실에 대응할 수 있도록 하였다(Table 7).

Table 7. Examples of amendments compared to existing regulations related to electric propulsion fishing vessel

구분	기존	변경
강화	-	배터리실의 요건 추가
	-	위험성평가 의무화 추가
	총톤수 10톤 미만에만 적용	10톤 미만 삭제 모든 어선에 적용
완화	-	오프가스 감지수단 추가
	추진용 축전지 및 전동기 보호등급 IP55 요구	선내 설치시 IP44까지 허용
	-	10톤 미만 어선 완화규정 추가

또한 공급전압, 항온항습, 위험장소 등을 포함하는 배터리실의 요건, 위험성평가의 의무화, 제어감시 대상과 방법, 보호등급의 완화, 소방설비의 개선, 냉각, 환기, 안전조치 등을 신설하는 등 기존의 「축전지 추진 어선의 설비기준」 대비 규정의 강화, 완화 및 선택을 통해, 소유자의 기호에 따라 다양하게 설계되는 어선의 특성을 반영한 안전성을 확보하도록 하였다. 또한 참고한 타 규정 중 어선에 적용이 불가능할 것으로 사료되는 일부 내용은 수정하여 반영하였는데, 예를 들어 IEC 60092-501에서 요구하는 시스템 이중화는 어선에 적용하기가 매우 어려울 것으로 보여, 이를 대신하여 통신의 이중화를 요건으로 마련하여 전기추진 설비의 안정화를 취하였다.

라. 전기추진어선의 설비기준 마련

상기한 바와 같이, 어선의 전동화를 위해 필요할 것으로 사료되는 변경사항 등을 적용하여, 기존의 「축전지 추진 어선의 설비기준」의 17개 조항에서 22개 조항으로 변경하고 별표도 5개를 신설하여 Table 8과 같이 (가칭) 「전기추진 어선의 설비기준」을 개발, 마련하였다.

본 개정(안)을 마련하여 전기추진 설비와 그에 필요한 안전사항을 명확히 하였으며 이를 통해 배터리와 추진용 전동기 등이 설비될 전기복합 추진어선이 안전성을 갖출 수 있도록 하였다. 또한 배터리시스템과 전력변환장치 및 위험성

평가 등, 전기추진 어선의 건조·운용에 있어 중요성이 높을 것으로 판단되는 요소에 대해 별표를 신설하여 다루게 하였다.

Table 8. A summary table of amendments to Regulations for the Equipments of Battery-powered Fishing Vessels

품목	(어선법)(가칭)전기추진어선의 설비기준	
	관련 규정	주요 개선사항
용어정의	제2조	전기추진 정의, 전력변환장치 오프가스, 위험성평가 등
적용범위	제3조	대상확대, 10톤미만 기준 적용에 있어 고려대상
사용전압	제4조의2 (신설)	직류고전압(선급 지침 반영)
배터리실 (축전지실)	제6조	항온항습(신설), 일반선 기준 수용, 위험장소 결정방법
배터리시스템 배치 및 요건	제7조	(기존 7조는 배선공사 내용) 기존 8조의 내용 보강
시스템 제어감시	제8조	(기존 8조는 축전기의 배치 요건) 절연상태 및 오프가스 감지 수단 배터리 열폭주 사전차단 등
전력변환장치	제9조	(기존 8조는 동력전달장치 및 추진축계)
제어 및 감시	제10조	분산된 감시내용 정리 및 항온항습 감시 의무화
전기추진설비의 요건	제14조	보호등급 조정 등 (선내 IP44, 선외 IP55)
배터리실 소화 및 방화	제15조	화재탐지장치 및 수동 스프링클러장치 의무화
냉각	제16조 (신설)	기관제어실이 없는 선박에 대한 용어정리
환기	제17조 (신설)	환기시스템 용어정리 환기장치 의무화 등
어선검사	제19조 (신설)	어선검사 사항 신설
위험성평가	제20조 (신설)	위험성평가 의무화
안전조치등	제21조 (신설)	작업자 안전조치와 사용설명서
별표1(신설) 별표2(신설) 별표3(신설) 별표4(신설) 별표5(신설)	배터리시스템 배치 및 요건 전력변환장치의 설계 및 설치 요건 위험성평가 어선검사의 준비사항 위험구역 등에 대한 안전조치	

4. 결 론

이번 연구를 통해 기준(안)을 마련하여 어선의 전동화와 관련된 용어를 정의하고 필요한 안전 조항들을 마련함으로써 적용기준을 보다 명확히 하였다. 이를 통해, 관련 기준의 부재로 인해 현장에서 신기술 개발이 저해되지 않도록 규정을 개선한 면이 있다. 마련된 기준(안)은 그러나 실제로 고시화할 경우 일부 요건이 아직 국내 어업과 수산업의 현실과 다소 부합하지 않을 수도 있는 바, 예를 들어 기준(안) 제3조제3항을 통해 총톤수 10톤 미만의 소형어선에 있어서는 일부 요건을 완화할 수 있도록 하였으나, 그러한 소형어선에 있어서는 여전히 현장에서 일부 혼선이 불가피할 것으로 사료된다. 향후에는 이러한 부족한 부분에 대하여 이 기준의 이해관계자인 조선소 관계자, 어선소유자, 검사원, 어선설비업체의 관계자 등이 참여하여 작성되는 위험성평가 보고서와 현장에서 축적될 다양한 경험과 의견을 반영하여 총톤수 10톤 미만의 소형어선에 합리적으로 적용될 수 있는 기준을 개발할 필요가 있다.

또한 전기추진 어선임에도 불구하고 소형어선은 현재 「어선법 시행규칙」 상 건조검사 시 제출하여야 하는 도면이 한정적인 탓에 전기와 관련된 검사도면이 누락될 수 있어, 이러한 부분도 추후 어선법령 등 관계된 법령을 검토하고 보완해야 할 부분이다.

후 기

본 연구는 한국해양수산과학기술진흥원의 에너지 절감형 친환경 어선 개발 연구사업(세부사업명 : 전기복합 추진어선의 검증 및 실용화를 위한 기술개발과 체계구축)으로 수행된 결과의 일부로, 한국해양교통안전공단에서 연구과제에 참여 중임을 밝힙니다.

References

- [1] Cerny, P.(2021), "All aboard!" E-Ferry Ellen and the future of electric shipping, European Mobility Atlas 2021, 21. 7. 7.
- [2] Cheon, K. W.(2021), A study on the establishment of foundation for commercialization of eco-friendly ships / 천강우 외(2021), 친환경선박 상용화 기반 구축 연구

1) 총톤수 10톤 이상 어선의 경우, 현행 법령상 「어선법 시행규칙」 [별표 6]에 따라 전기계통도를, 배의 길이 24미터 이상인 경우 전력조사표, 전기기기 배치도 등을 제출하게 되어 있으나, 총톤수 10톤 미만의 소형어선의 경우 전기설비와 관련된 도면을 제출할 필요가 없음.

- [3] IMO(2020), Fourth IMO GHG Study 2020 Executive-Summary 2020.
- [4] Kim, H. B.(2018), National fishing port status (as of the end of 2017), Ministry of Oceans and Fisheries, 18. 6. 18. / 김희범(2018), 전국 어항현황(2017년말 기준), 해양수산부, 18. 6. 18.
- [5] KS V IEC 60092-501 Electrical installations in ships - part 501 : Special features - Electric propulsion plant
- [6] Love, A.(2018), The elektra : Finland's first hybrid- electric ferry, SHIP TECHNOLOGY, 18. 3. 21.
- [7] Mokpo City publicity press release(2022), “Mokpo City launched Korea’s first electric propulsion passenger and cars carrier”, Mokpo City, 22. 3. 4. / 목포시 공보과 보도자료 (2022), “목포시, 국내 최초 전기추진 차도선 진수”, 목포시, 22. 3. 4.

Received : 2022. 11. 15.

Revised : 2023. 01. 18. (1st)

: 2023. 02. 28. (2nd)

Accepted : 2023. 04. 27.