

# 선박용 연료전지 시스템 도입을 위한 국제 표준화 동향 분석

박상균\* · 윤영민\*\*†

\* 한국해양대학교 해사IT공학부, \*\* 군산대학교 동력기계시스템공학과

## Analysis of International Standardization Trend for the Application of Fuel Cell Systems on Ships

Sang-Kyun Park\* · Young-Min Youn\*\*†

\* Division of Marine Information Technology, Korea Maritime and Ocean University, Busan 606-791, Korea

\*\* Department of Power System Engineering, Kunsan National University, Gunsan, Jeonbuk 573-701, Korea

**요 약 :** 미래 친환경 선박 기술 중의 하나로 주목 받고 있는 연료전지 시스템의 선박 적용을 위해서 기술의 개발과 함께 필요한 것이 제도의 정비이다. 본 연구에서는 선박용 연료전지 개발동향, 연료전지시스템을 선박에 탑재하기위한 관련 국제기준으로 SOLAS와 IACS의 UR 및 UI을 검토하였고, IMO MEPC, IMO BLG 및 주요 선급 규정 등 연료전지 기준의 표준화 동향, 선박용 연료전지 기술기준의 개발시 고려되어야 할 사항 및 관련 제도의 국내도입을 위한 시사점까지 검토하였다. 현재 IMO에서 개발중인 IGF Code에는 연료전지 관련 부분이 포함되어, 본 규정 개발에 정부 및 국내 관련 기업체의 적극적인 참여가 필요하며 향후 IMO에서의 관련 규정개발 동향을 면밀하게 분석하고 적극적으로 대응할 필요가 있다.

**핵심용어 :** 연료전지, 1974년 해상인명안전협약, 국제해사기구 해양환경보호위원회, 국제해사기구 해양안전위원회 산적액체 및 가스전문위원회, 국제선급연합회, 가스연료엔진탑재 선박 안전코드

**Abstract :** For the application of fuel cell systems on ship which is future eco-friendly ship technology, it is need that the modification of relevant laws and regulations with relevant technical development. This paper reviews the trend of fuel cell development, SOLAS and IACS UR/UI as a international regulations, international standardization trend such as IMO MEPC, IMO BLG and major classification rules, the consideration for the standard development of ship fuel cell systems, the implications for application of fuel cell systems on ships in Korea. The IGF Code which is developing in the IMO included fuel cell, and thus Korean government and related company should participate in the codification. The analysis of development of IMO's relevant regulations also needed for the preparations.

**Key Words :** Fuel cell, 1974 SOLAS, IMO MEPC, IMO MSC BLG, IACS, IGF Code

### 1. 서 론

IMO(International Maritime Organization, 국제해사기구)의 MEPC(Marine Environment Protection Committee, 해양환경보호위원회)에서는 선박에서 발생하는 각종 대기오염물질에 대한 구체적인 단계별 시나리오에 따른 규제를 시행하고 있으며, 최근 온실가스의 감축에 대한 구체적인 계획을 제정하는 작업을 수행하고 있다. IMO에서는 이산화탄소 감축을 위

해 IMO에서 요구하는 에너지효율을 갖추지 못한 선박의 건조와 운항을 원천적으로 금지시키는 EEDI(Energy Efficiency Design Index, 에너지효율설계지수) 요건을 도입하였다(IMO, 2013a).

IMO의 EEDI 요건이 적용된 이후부터 건조되는 선박은 선박 에너지효율을 향상시키기 위한 대안이 필요하다. 단기적인 방법으로 기존선박 추진 및 전력생산 시스템의 효율 개선, 에너지효율 향상 설비의 도입, 신재생에너지 기술의 도입이 있으며, 장기적인 방법으로는 연료전지 시스템의 도입, 탄소포집기술의 도입, 신개념 에너지효율 향상 설비의 도입, 선박설계 개념의 변경 등이 있다. 이러한 영향을 고려하여

\* First Author : skpark@kmou.ac.kr, 051-410-4579

† Corresponding Author : youn@kunsan.ac.kr, 063-469-1843

미래 선박용 동력발생 장치의 변화를 전망하면, 기존에는 중유를 사용하여 디젤엔진으로 동력을 발생하는 기계적 추진방식이 독점적이었지만, 최근 가스연료를 사용하는 엔진이 등장하였고, 가까운 미래에는 중유, 경유, 등유, 메탄올, 수소(H<sub>2</sub>) 등의 다양한 연료를 사용하는 디젤엔진 및 가스연료를 사용하는 엔진에 가스터빈(G/T)이나 연료전지(Fuel Cell) 등 새로운 동력발생장치를 적용한 하이브리드 시스템 및 전기추진방식의 도입이 전망된다. 또한 미래에 수소사회가 도래하면 수소를 연료로 하는 동력발생장치 중 연료전지를 사용한 전기추진시스템의 적용도 기대할 수 있다(Kim, 2007).

연료전지 시스템은 비상전원, 발전기 및 주기관용으로 선박에 적용이 가능하다. 소형선박에는 수소탱크를 탑재, 고체고분자형 연료전지(Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell, PEMFC)를 적용하여 주추진 및 발전용으로 사용이 가능하며, 중·대형 선박에서는 개질(改質)이 가능한 다양한 연료를 사용하여 용융탄산염형 연료전지(Molten Carbonate Fuel Cell, MCFC), 고체산화물형 연료전지(Solid Oxide Fuel Cell, SOFC) 및 MCFC+PEMFC, SOFC+PEMFC 등의 하이브리드 형태로 적용하여, 우선적으로는 발전용으로, 미래에는 추진용 전원으로서의 사용도 가능할 것이다.

연료전지 시스템을 선박에 적용하기 위해서는 적용기술의 개발과 함께 제도의 정비도 필요하다. IMO 등 관련 국제기구에서 내놓고 있는 각종 규제에 발맞추어 국내 관련 법령의 정비가 필요하다. 이 논문에서는 연료전지 선박의 도입에 대비하여 연료전지를 선박에 탑재하기 위한 연료전지 시스템의 국제기준을 살펴보고, 국내도입을 위한 시사점을 도출하고자한다.

## 2. 선박용 연료전지 기술개발 동향

연료전지는 연료 중의 수소와 공기 중 산소의 전기화학반응을 이용해 전기와 열에너지를 생산하는 발전시스템으로 오염물질 배출 및 소음이 거의 없고, 다양한 연료 사용이 가능하며 매우 높은 전기 효율을 자랑하는 친환경 에너지 기술이다. 특히 연료전지 발전은 기존의 발전 방식 대비 온실가스 배출을 30% 이상 줄일 수 있는 장점이 있다. 이 때문에 미국, 일본, EU 등 선진국에서는 연료전지를 녹색산업 육성을 위한 혁신기술의 하나로 보고 경쟁적으로 개발하고 있으며 분산발전, 차량 동력원, 휴대전원 등 다양한 분야에 적용할 제품개발을 추진 중이다.

유럽, 미국, 일본 등은 선박으로 인한 오염물질 배출 증가, 국제적 환경 규제의 강화 및 기술 발전에 따른 국가 경쟁력 강화 등의 이유로 연료전지 선박에 관한 연구·개발 분야를 육성하고 많은 투자를 하고 있다. 특히 EU 회원국들은

연료전지 선박 개발을 EU 및 국가의 정책적 지원 아래 적극적으로 실시하여, 친환경 선박 기술개발로 세계 1위의 조선강국인 한국을 압박함과 동시에 시장 지배력 강화를 추진 중이다(KR, 2012). 최근 EU는 내륙수로 유람선용 연료전지 선박의 실증을 통한 기술적 배경과 관련 인프라를 이용하여 독일, 노르웨이 등 EU 국가 거의 대부분이 참여하는 대형 연료전지 실증 프로젝트에 착수하였다. e4ships 프로젝트를 통하여 대형 유람선을 포함한 특수선을 대상으로 연료전지 시스템을 탑재하여 다양한 측면에서의 실증을 하려는 목적을 가지고 있다(NOW, 2009). 특히, e4ships 프로젝트를 시작하는 단계에서 IMO에 관련 의제문서를 제출하여 향후 연료전지 선박 관련 Global Standard를 선점하려는 의지를 강력하게 표출하고 있다(IMO, 2009). 이러한 실증사업을 통하여 획득한 원천기술 및 기술력을 바탕으로 국제규정 제정과 관련된 주도권을 확보하여 IMO 조선해운분야 온실가스 저감 규제 강화에 적극적으로 참여 및 주도할 것으로 판단할 수 있다.

일본정부의 선박 분야 초장기 에너지 기술로드맵에 따르면, 일본은 2050년에 내항선 및 연근해 항해 선박을 모두 수소 연료전지 선박으로 대체하는 것을 목표로 하고 있다. 또한, 2009년 일본 NYK는 NYK Super Eco Ship 2030 프로젝트를 대대적으로 발표하여, 2030년까지 현재의 선박보다 69%의 CO<sub>2</sub>배출 저감 효과를 가진 8000TEU급 친환경 연료전지 컨테이너 선박의 개발을 표명하였다(NYK Super Eco Ship 2030, 2009). 외국의 이와 같은 연료전지 선박 및 시스템 개발을 위한 노력은 교토의정서에 따른 친환경성의 기여와 조선·해운 및 기자재 산업의 부활이라는 두 마리 토끼를 노리고 있음을 의미한다. 선박 가격의 60~70%에 이르는 조선 기자재와 관련하여 대부분 수입에 의존하고 있는 것이 국내 현실이다. 향후 연료전지 선박 관련 기자재의 기술 및 특허권을 확보하지 못한다면, 기술 및 특허권이 있는 곳으로 조선 산업의 이동이 이루어질 것이며, 이는 국가 경쟁력의 막대한 손실과 직결되리라 판단된다.

국내의 연료전지 시스템 선박 적용 기술개발은 대형 상선에 적용하기 위하여 “선박 보조전원용 MCFC 시스템 개발”, “신개념 동력원 선박 적용 기반기술 개발”이 2011년도부터 진행되어지고 있으며, 소형 선박에 적용하기 위하여 “운항비 20% 절감을 위한 40kW급 전기추진시스템 탑재 30ft급 레저선박 개발”, “선박(유람선) 추진용 50kW급 하이브리드 PEMFC 시스템 개발”, “50kW급 연료전지 기반 선체 및 제조 기술개발” 사업이 2012년도부터 진행되어지고 있다. 국내에서의 연료전지 시스템 선박적용 기술 개발은 EU에 비해 10여년 이상 뒤쳐진 상태이지만 국내 자동차 및 육상용 연료전지 기술이 상당히 발전되어 있으므로 범국가적인 지원체계 및 개발 계획의 수립이 필요하리라 판단된다.

### 3. 연료전지 시스템의 선박 적용을 위한 표준화 동향

선박에 연료전지 시스템을 도입하기 위해서는 기존의 국제 규정사항을 파악하고 준수해야하며, 그 기준에 맞는 설비를 갖추고 운용하는 것이 중요하다. 선박에 사용되는 기자재는 선박의 독립성, 안전성 및 특수성으로 인하여 강제적인 규정이 적용되게 되며 IMO에서 관련된 요구사항을 국제기준으로 제정한다. 이때 IMO는 선박 전문기술단체인 선급의 기준을 인정한다. 따라서 선박에 장착되는 중요기자재는 국제적으로 인정된 선급의 인증을 필수적으로 받아야 한다. 연료전지 시스템을 적용한 선박이 국제 항해를 위해서는 아래의 규정들을 만족하여야 한다.

- International Maritime Organization (IMO)
  - Conventions, Codes, Resolutions and Circulars
- International Association of Classification Societies (IACS)
  - Unified Requirements
- International Classification Societies
  - Rule for the Classification 및 Guidelines 등
- International Standards
  - ISO, IEC 등

현재의 선박용 전기 공급 설비의 국제 규정은 IMO에서 제정한 SOLAS에 기초를 두고 있으며, IACS 요건도 포함하고 있다.

#### 3.1 SOLAS

1974 SOLAS(International Convention for the Safety Of Life At Sea, 1974년 해상인명안전협약)에서 선박 동력 시스템의 안전기준으로 정하고 있는 것은 3가지 범주로 나뉜다. 첫째 선박의 안전, 둘째 승무원의 안전, 마지막으로 기계의 안전이다. 따라서 선박에 탑재되는 모든 장비와 시스템은 이 세 가지 안전 기준에 부합해야한다. 따라서 선박에 연료전지 시스템을 탑재하기 위해서 SOLAS에서 정하고 있는 기준을 충족시켜야만 한다. LR(Lloyd's Register, 영국선급)에서 SOLAS 규칙 중 연료전지 시스템을 선박에 도입할 경우 기본적으로 고려되어야 할 항목들을 정리하여 보고하고 있다(Rattenbury and Fort, 2006). 연료전지 시스템을 선박에 탑재하기 위해서는 상기의 항목들의 충분한 분석이 필요하며 현실적으로 만족할 수 없는 항목들의 분류 또한 필요하게 될 것이다. 이런 항목들을 도출하여 현재 진행되어지고 있는 연료전지 관련 국제 규정제정에 반영할 필요가 있을 것이다.

#### 3.2 IACS UR 및 UI

UR(Unified Requirements) 및 UI(Unified Interpretations)는

IACS(International Association of Classification Societies, 국제선급연합회)에서 선박의 동력 시스템에 대한 설비기준으로 정해 놓은 것이다. IACS에서 제정한 요건들 중에서 선박에 연료전지 시스템을 탑재하기 위해서 기본적으로 고려해야 할 사항에 대한 항목들이 보고되고 있다(Rattenbury and Fort, 2006).

#### 3.3 IMO MEPC

연료전지 시스템을 선박에 적용하려는 움직임은 선박에서 배출되는 온실가스를 저감하기 위한 국제적인 정책 동향에서 찾을 수 있다. 교토의정서의 온실가스 감축의무에 수송 분야 중 선박 및 항공기 연료로부터 발생하는 온실가스는 포함 되어 있지 않아, UN에서는 IMO에서 관련 문제를 다루고 IMO의 입장을 기후변화협약에 제출할 것을 요청하였다. 이에 따라 1997년 IMO MEPC 40차에서부터 선박의 온실가스에 대한 논의를 시작하였다(KR, 2012). 선박에서 배출되는 온실가스의 규제안은 MARPOL(International Convention for the Prevention of Marine Pollution from Ship, 선박으로부터 오염 방지를 위한 국제협약) 부속서VI의 개정에 따라 단계별 감축량이 결정되었으며 2013년도 1월 1일 이후에 건조되는 신조선부터 적용이 된다. 따라서 선박에서 배출되는 이산화탄소를 저감하기 위하여 다양한 형태의 연구개발이 진행되고 있으며, 연료전지 기술의 선박 적용이 미래기술 중 하나로 주목받고 있다.

#### 3.4 IMO BLG

연료전지 시스템에서 전기를 생산하기 위해 사용되는 최종적인 연료는 수소(H<sub>2</sub>)가스이기 때문에, 연료전지 시스템을 선박에 적용하기 위해서는 가스연료와 관련된 표준이 필요하다.

노르웨이는 기존의 디젤엔진이 아닌 가스연료를 사용하는 엔진이 설치된 선박에 대한 국제기준의 개발을 IMO MSC(Maritime Safety Committee, 해사안전위원회) 78(2004. 05)에서 제안하였다. 이에 따라 BLG(Sub-Committee on Bulk Liquids and Gases, 산적액체 및 가스전문위원회), DE(Sub-Committee on Ship Design and Equipment, 선박설계 및 설비 전문위원회) 및 FP(Sub-Committee on Fire Protection, 방화 전문위원회)에서 가스연료를 사용하는 엔진이 설치된 선박에 대한 국제기준의 개발이 진행되고 있다. BLG 11(2007. 04)의 결과인 잠정치침서 초안을 다른 IMO 전문위원회인 DE, FP 및 STW(Sub-Committee on Standard of Training and Watchkeeping, 선원훈련 및 당직 기준 전문위원회)에서 검토하였고, 그 결과를 BLG 12(2008. 02)에서 설립된 통신작업반에서 반영하였고, 그 후 MSC 86(2009. 06)에서 “가스연료엔진이 탑재된 선박의 안전에 대한 잠정치침서”를 Resolution MSC 285(86)으로 채택하였다.

BLG 14(2010. 02)에서는 Resolution MSC 285(86) “가스연료엔진이 탑재된 선박의 안전에 대한 잠정지침서”를 바탕으로 IGF Code(International Code of safety for ships using gases or other low-flash point fuels)의 초안을 작성하였다. BLG 15(2011. 02)에서는 IGF Code 초안에 연료전지(Fuel Cell)에 대한 정의를 삽입하도록 제안되어져, 노르웨이를 중심으로 이에 대한 개발이 진행 중이다(IMO, 2011).

현재 연료전지 규정제정을 주도하고 있는 곳은 유럽이다. 유럽에서는 2000년 초반부터 선박용 연료전지 기술개발을 진행하여 왔기 때문에 상당한 기술력을 축적하고 있는 상태이다. 이를 기반으로 관련 국제 규정을 제정하게 된다면 후발 주자의 참여가 힘든 정도의 기술력을 기준으로 규정이 정해질 것이다. 이런 상황에서 향후 선박에 연료전지가 본격적으로 탑재될 경우, 국내 산업에 큰 영향을 줄 것으로 예상된다. 따라서 IGF Code의 연료전지 관련 부분의 규정제정에 국내 관련 기업체의 적극적인 참여가 필요할 것으로 판단된다.

Table 1은 IGF Code(안)에서의 연료전지와 관련된 부분 내용의 일부이다(IMO, 2013b).

Table 1. IGF Code

|  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10.6 Requirements for fuel cells</li> </ul> <p>...</p> <p>PART X</p> <p>ADDITIONAL GUIDANCE ON DOCUMENTATION</p> <p>x.1 Documentation for fuel cell installations</p> <p>...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- fuel cell principles</li> <li>- functional description</li> <li>- arrangement drawings of the fuel cell including dimensions, materials, operating temperatures, pressures, weights</li> <li>- strength calculations of pressure containing components, or test reports</li> </ul> <p>...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- The power deterioration rate for the fuel cell shall be documented through analysis or test results, and shall consider different power levels and different modes of operation.</li> <li>- Test programme</li> </ul> <p>...</p> |
|--|

### 3.5 주요 선급 규정

연료전지를 선박에 적용하기 위한 기술 기준은 이미 GL(독일 선급) 및 DNV(노르웨이 선급)에서 2000년 초중반에 그 초안을 개발한 바 있다. 그러나 기 개발된 연료전지 선박의 기술기준은 안전 및 환기의 안전 규정이 대부분으로 연료전지 시스템의 자체에 대한 설계요구 조건이나 설치되는 설비에 관해서는 크게 다루지 못하였다. 이것은 EU에서 진행되

어은 연료전지 선박의 프로젝트에 대한 실증을 위해 개발된 것으로, GL과 DNV는 연료전지시스템의 개발과 관련해서는 크게 관여하지 못하였고, 단순히 선박에 설치될 때의 배치 및 안전 조건을 위주로 개발한 것이기 때문에 판단된다. 하지만 유럽의 선급들은 상기 자체 개발한 규정을 바탕으로 IGF Code에서의 연료전지 부분의 규정제정을 주도하고 있는 상황이다. 현재 국내 선급 단체인 (사)한국선급에서는 2014년 4월 ‘선박용 연료전지 시스템 지침’을 발간하였다. Table 2는 현재 선박에 연료전지를 탑재하기 위해 선급에서 개발한 기술기준을 보여주고 있다.

Table 2. Technical standard of ship fuel cell systems

| Ship's classification | Technical standard   |
|-----------------------|--|
| GL                    | Fuel Cell Installations (2008)   |
| DNV                   | Guidelines for the Use of Fuel Cell Systems on Board of Ships and Boats (2003) |
| BV                    | Guidelines for the safe application of fuel cell system on ships (2009)        |
| KR                    | Guidance for Fuel Cell System on Board of Ships(2014)                          |

### 3.6 수소 및 육상용 연료전지 관련 규정

Table 3은 현재 육상의 수소와 연료전지 관련 규정 중 선박에 연료전지 시스템을 탑재하기 위하여 충분히 고려되어야 할 항목들을 정리한 것이다.

Table 3. Considerations for the application of fuel cell systems on ship

|  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• ISO 23273-1:2006: Fuel cell road vehicles - safety specifications; Part 1: Vehicle functional safety</li> <li>• ISO 23273-2:2006: Fuel cell road vehicles - safety specifications; Part 2: Protection against hydrogen hazards for vehicles fuelled with compressed hydrogen</li> <li>• ISO/TR 15916:2004: Basic considerations for the safety of hydrogen systems</li> <li>• ISO 11114-4: Transportable gas cylinders - Compatibility of cylinders and valve materials with gas contents; Part 4: Test methods for hydrogen compatibility with metals</li> <li>• EN ISO 14726-1:2001: Ships and marine technology. Identification colours for the content of piping systems; Part 1: Main colours and media</li> <li>• IEC 60092-502: Electrical Installations in Ships - Tankers - Special Features</li> <li>• IEC 60079-10: Electrical apparatus for explosive gas atmospheres; Part 10: Classification of hazardous areas</li> <li>• IEC 60079-17: Explosive atmospheres; Part 17: Electrical installations inspection and maintenance</li> </ul> |
|--|

- IEC 62282-3-1: Fuel cell technologies; Part 3.1: Stationary fuel cell power systems - Safety
- IEC 62282-3-2: Fuel cell technologies; Part 3.2: Stationary fuel cell power systems - Performance test methods
- SAE J2578 (December 2002): Recommended practice for general fuel cell vehicle safety
- SAE J2579 (January 2008): Technical Information Report for fuel systems in fuel cell and other hydrogen vehicles
- Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on type approval of hydrogen powered motor vehicles and amending Directive 2007/46/EC, COM(2007)593 2007/0214(COD)
- ISO TC11: boilers and pressure vessels
- ISO TC22: road vehicles
- ISO TC58/SC3: gas cylinder/cylinder design
- ISO TC220: cryogenic vessels
- SO TC31: electrical equipment for explosive atmospheres
- ISO/TC 197: Hydrogen technologies
- IEC/TC105: Fuel cells

### 3.7 기술기준 개발시 고려사항

향후 기술기준을 개발할 때에는 상기 기술된 선박용 연료전지의 기술기준의 내용이 모두 포함되고, 실제로 설치되는 연료전지시스템의 설계 요구 조건을 중점적으로 고려한 기술기준의 개발이 필요하다. 선박용 연료전지의 기술기준은 육상 환경과 다른 해상환경에 대한 고려가 필요하다. 즉 파고에 의한 진동 및 선체의 경사도에 의한 해상환경의 적용이 필요한 것이다. 다음은 선박용 연료전지 기술기준의 개발시 고려되어야 할 안전요건, 설계요건, 시험요건에 관한 사항이다.

#### 1) 안전요건(Safety Requirements)

- 설치 및 위치 규정
  - 연료유 및 연료가스의 저장시설과 시스템의 분리
  - 연료전지시스템의 설치 장소의 분리
- 환기 규정
  - 가연성 가스로 인한 화재 및 폭발 발생 예방
  - 환기구 및 배출구의 위치 요건
  - 환기 구역에 대한 요건
- 배관 규정
  - 이중 배관 및 이중 덕트에 관한 요건
- 시스템의 안전
  - 보호 설비의 요건
  - 보호 설비의 배치 및 설치 요건
- 제어 및 감시
  - 안정된 선박의 운항을 위한 시스템의 제어 및 감시
  - 자동제어 및 원격제어 요건
- 방화 및 소화
  - 방화, 화재탐지 및 소화 요건

#### 2) 설계 요건(Design Requirements)

- 설치 규정
  - 시스템의 사용 재료 및 설치, 연결에 대한 요건
  - 연료전지시스템의 동작을 위한 redundancy 요건
- 연료전지시스템 규정
  - 스택의 설치요건, 제어 및 모니터링 요건
  - 주요 구성기기 설치 요건
  - 계측 및 인스트루먼트 설치 요건
- 재료 및 용접
  - 가연성 물질과 관련 재료 선택 및 용접에 대한 요건
- 연료공급 규정
  - 사용 연료에 대한 선정, 감시 요건
  - 연료 이송에 대한 요건
  - 급유 및 개질, 연료의 저장에 대한 요건
- 기타 보조기기 규정
  - 안정적인 운전을 위한 보조기기에 대한 요건
  - 용량, 설치, 위치에 대한 요건
- 배관 규정
  - 설치 위치에 따른 배관 요건
  - 플랜지 등 연결부에 대한 요건
  - 연료 및 온도에 따른 배관 요건

#### 3) 시험 요건(Inspection & testing Requirements)

- 시험 범위 규정
  - 설치와 관련된 시험 및 승인 항목
  - 제출 문서 및 도면 승인 항목
  - 제조법 승인, 형식 승인, 공장 승인, 시운전 항목
- 형식 시험
  - 형식 승인 항목
  - 승인 항목에 대한 절차
  - 시험 방법
- 전력 계통 시험
  - 계통 연결 시 필요한 시험 항목
- 시운전
  - 시운전 항목
  - 시운전 절차

## 4. 연료전지 시스템의 선박 적용을 위한 시사점

### 4.1 선박용 연료전지 시스템 연구개발 방안

정부에서는 육상용 연료전지 개발에 상당히 많은 연구개발비를 지원하였지만 개별 기업체에서의 연구·개발은 기업간 경쟁관계의 특수성 때문에 기술력의 공유가 전혀 불가능한 문제점이 있다. 따라서 연구·개발시 동일한 문제점을 해

결하기 위해 각각의 기업체에서 막대한 비용 및 시간이 중복적으로 투자되고 있지만 비용과 효율적인 측면에서 결과는 미비하다.

선박용 연료전지 시스템은 미래 친환경기술로 단기적인 수요와 공급차원에서 각 분야별 독자 개발 계획보다는 국제적 규정에 따르는 선박의 특수성을 고려하여 범국가적 차원에서 지원 체계 및 개발 계획의 수립이 필요하며, 국가 연구개발로 개발된 기술의 경우는 지속적으로 관리 및 개선할 수 있는 중립적인 조직이 필요하다. 현재의 육상용 연료전지 기술과 조선강국인 우리나라의 조선 및 조선기자재 기술을 효과적으로 융합한다면 충분히 선진국의 기술을 만회할 기회가 있다. 다음에 선박용 연료전지 시스템 기술 개발 방안을 제시하였다. 현재 육상용 연료전지 시스템에서 개발된 기술을 최대한 활용한 실증운항을 통해 다양한 문제점을 도출하고 보완이 필요하며, 이에 따른 기술력 축적이 향후 기업체들의 사업화를 위한 가장 중요한 항목으로 판단된다.

1) 선박용 연료전지 시스템 기술 개발

- 선박 용도에 따른 연료전지 시스템의 설계, 제작 및 운전 기술
  - 선박 용도에 따른 연료전지 시스템 기술 개발
  - 육상용 연료전지기술을 최대한 활용하여 선박 적용 기술의 개발
- 가스연료별 최적화 개질기 설계 및 운전 기술
  - 가스연료별 최적 개질시스템 개발
  - 육상용 연료전지기술의 최대한 활용하여 선박 적용 기술의 개발
- 선박 용도에 따른 연료전지 생산전원의 최적 관리 분배 기술
  - 연료전지 시스템 최적배치 및 운용기술 개발
  - 선박 실증을 통한 문제점 도출 및 보완

2) 가스연료 육상공급 및 선내저장 기술 개발

- 선박용 가스연료의 육상공급 시스템의 안전설계 및 운전 기술
  - 가스연료의 육상공급 시스템의 안전설계, 제작 및 운전 기술 개발
  - 가스연료의 육상공급 시스템의 안전 및 승인 기준 개발
- 선내 가스연료 저장소 안전설비 설계, 제작 및 운전 기술
  - 가스연료 선내 저장장소의 안전설계, 제작 및 운전기술 개발
  - 가스연료 선내 저장장소의 안전기준 및 승인기준 개발
- 선내 수소연료 저장 및 관리 기술
  - 수소 가스연료의 선내 저장을 위한 안전설계, 제작 및

운전기술 개발

- 수소연료 선내 저장을 위한 안전기준 및 승인기준 개발

3) 연료전지 시스템의 선박탑재를 위한 안전기준 및 승인기준 개발

- 연료전지 및 중요 구성기기에 대한 안전 기준 및 승인 기준
  - PEMFC, MCFC, SOFC 시스템을 선박에 탑재하기 위한 연료전지 및 중요기기에 대한 안전 및 승인 기준 개발을 통한 국제표준화
- 개질기의 안전성/안정성 기준 및 승인기준
  - 수소를 포함한 가스연료의 개질을 위한 개질기의 안전 및 승인 기준 개발
- 연료전지 탑재 선박의 실증
  - 연료전지 탑재 선박의 실증을 통한 신뢰성 확보 및 국제표준 선점

4.2 연료전지 시스템 적용 선박의 실증 운항

선박에 적용되는 새로운 기술은 안전에 관하여 극히 보수적인 선박관련 시장의 특수성으로 인하여 기술을 선점하지 못하고 후발주자로 참여하게 되면 경쟁력을 갖추기가 어려운 구조로 되어있다. 따라서 개발된 연료전지 시스템을 선박에 탑재하여 충분한 실증을 통한 안전성 확보만이 새로운 시장에서의 경쟁력 확보가 가능하다.

제2장에서 기술한 바와 같이 국내에서도 연료전지 시스템을 탑재한 선박에 관한 연구개발 사업이 진행되고 있지만 개발된 선박을 시험운항하기 위한 관련 국내 규정이 없는 상황이다. 대한민국 국민 또는 대한민국 정부가 소유하는 선박의 경우, 선박안전법 제3조 제1항에 따라 관련 법률의 적용을 받으며, 레저용 선박의 경우에는 수상레저안전법의 적용을 받는다. 연료전지 시스템을 탑재한 선박의 운항을 위해서는 선박안전법 제3조(적용범위)에서 대통령이 정한 선박의 경우로 연료전지 선박이 포함되어야 하는데, 이를 포함하기 위해서는 우선적으로 연료전지를 탑재한 선박이 선박안전법 제3조 제3항 제3호의 경우와 같이“새로운 특징 또는 형태의 선박을 개발할 목적으로 건조한 선박을 임시로 항해에 사용하고자 하는 경우의 해당선박”임이 정부기관에 의하여 승인되어야 한다. 또한, 개발된 선박에 대한 정부의 대행 검사기관(선박안전기술공단, 선급법인, 한국수상레저안전연합회)에서 개발된 기술에 대한 검사가 이루어질 수 있도록 준비 작업이 되어져 있어야 한다. 연료전지 시스템의 선박 탑재를 위해서는 장비의 개발뿐만 아니라 제도적인 준비도 철저하게 이루어져야 세계시장에서의 경쟁력 확보가 가능하리라 판단된다.

## 5. 결론

미래 친환경 선박 기술 중 하나로 주목 받고 있는 연료전지 시스템의 선박 적용을 위해서 기술의 개발과 함께 필요한 것이 제도의 정비이다. 본 논문에서는 연료전지 선박의 도입에 대비하여 연료전지를 선박에 탑재하기 위한 연료전지시스템의 국제기준을 살펴보고, 국내도입을 위한 시사점을 도출하여 보았다.

연료전지는 이미 전기를 동력원으로 하는 차세대 자동차용 동력장치로 개발이 진행되어 상업화의 진입단계에 있는 장치이다. 연료전지시스템을 사용한 선박용 동력장치의 개발은 전통적으로 해양산업의 강국인 유럽을 중심으로 진행되고 있으며 해상 시운전 단계를 밟고 있다. 또한 이런 장치와 기체연료를 선박에서 채용할 수 있도록 IMO의 국제적 규정도 개정 되고 있다. 유럽은 연료전지 선박에 대한 기술적 선점을 위하여 차근차근 계획을 진행해 가고 있다. 최근 연료전지기술 강국 중 하나인 일본에서도 연료전지 선박 개발에 대한 중장기적인 계획을 발표하고 있다.

이와 같은 시기에 우리나라는 관련 산업을 지키기 위해서 연료전지 선박과 같은 새로운 움직임에 적극적으로 대응해 나가야 할 것이다. 개발되어 가는 추세를 보는 것도 중요하지만 선박기술의 특성상 선점하지 못하면 모두 잃는다는 점에 유의하여 패러다임의 변화에 대처해야 할 것이다. 예를 들어 선박장치 산업의 대표격인 엔진은 현재 전 세계 물량의 절반가량을 우리나라가 공급하고 있는데 대부분 라이선스 생산으로 많은 로열티를 기술 보유국에 지급하고 있다. 하지만 우리나라가 선박용 엔진의 설계 및 제작 기술이 없는 것은 아니다. 현재 개발된 엔진도 있고 기술력도 충분하지만, 유럽의 선점 기술과 확보된 제품 신뢰성을 극복하지 못하고 있다. 그 만큼 선박의 장치산업은 보수적이며 안전성을 추구하는 것이다. 따라서 엔진을 포함한 선박용 장치산업에서 이런 상황의 재발을 막고 우리나라가 조선 제1강국이라는 위치를 지키기 위해서는 변화의 시기에 적극적으로 대응할 필요가 있다.

따라서 IGF Code 연료전지 관련 부분의 규정 개발에 정부 및 국내 관련 기업체가 적극적으로 참여하고, 향후 IMO의 관련 규정개발 동향을 면밀하게 분석하여 적극적으로 대응하여야 한다.

## References

[1] IMO(2009), International Maritime Organization, Sub-committee on bulk liquids and gases 14th session agenda item 6, Development of provisions for gas-fuelled ships.

[2] IMO(2011), International Maritime Organization, Sub-committee on bulk liquids and gases 15th session, Development of international code safety for ships using gases or other low flashpoint fuels, Report of the correspondence group, 2011.

[3] IMO(2013a), International Maritime Organization, Report of the marine environment protection committee on its 65th session.

[4] IMO(2013b), International Maritime Organization, Sub-committee on bulk liquids and gases, Draft International Code of Safety for Ships Using Gases or Other Low-Flashpoint Fuels (IGF CODE) 2013, p. 118.

[5] Kim, M. H.(2007), "Analysis on the Technology R&D of the Fuel Cell Systems for Power Generation in Ships", Journal of the Korean Society of Marine Engineering, Vol. 31, No. 8, pp. 924-931.

[6] KR(2012), Korean Register of Shipping, "KR Technical Report 2012", Green & Industrial Technology Center, pp. 25-43.

[7] NOW(2009), National Organisation Hydrogen and Fuel Cell Technology, e4ship - fuel cells in marine applications, <http://www.e4ships.de/>.

[8] NYK Super Eco Ship 2030(2009), <http://www.nyk.com/english/csr/envi/ecoship/>.

[9] Rattenbury, N. and E. Fort(2006), "Lloyd's Register Technical Papers, Development of requirements for fuel cells in the marine environment - Performance and prescription".

원고접수일 : 2014년 07월 24일

원고수정일 : 2014년 10월 07일

게재확정일 : 2014년 10월 28일