

LNG 벙커링 종사자 교육 콘텐츠 설계에 관한 연구

유형수* · 노범석**† · 강석용** · 서성민** · 정동호***

*, ** 한국해양수산연수원 교수, *** 선박해양플랜트연구소 책임연구원

A Study on the Design of Training Contents for LNG Bunkering Workers

Hyoung-Soo Yoo* · Beom-Seok Roh**† · Suk-Yong Kang** · Seong-Min Seo** · Dong-Ho Jung***

*, ** Professor, Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology, 367 Haeyang-ro, Yeongdo-Gu, Busan 49111, Republic of Korea

*** Principal Researcher, Korea Research Institute of Ships & Ocean Engineering, Daejeon 34103, Korea

요 약 : 국제해사기구(IMO)의 대기오염물질 배출 규제에 대응하기 위해 액화천연가스(LNG)를 연료로 사용하는 선박이 증가하고 있다. 이와 함께 선박의 안정적인 연료 공급을 위한 LNG 벙커링 인프라 확대의 필요성이 대두되고 있다. LNG 벙커링은 TTS(Truck to ship), PTS(Pipe to ship), STS(Ship to ship) 3가지 방식으로 진행된다. 외국에서는 3가지 방식 모두 진행하고 있지만, 국내의 경우 인프라 부족으로 TTS 방식으로만 LNG 벙커링이 진행되고 있다. LNG 벙커링은 위험 요소가 많은 작업으로 안전한 벙커링 작업을 위해 작업 종사자의 역량이 아주 중요하며 역량 강화를 위한 전문교육과정이 필요하다. 본 연구는 LNG 벙커링 전문인력 육성과 안전한 체계적인 벙커링 작업 수행을 목적으로 LNG 벙커링 종사자 교육 콘텐츠를 설계하기 위해 진행되었다. 이를 위해 LNG 연료추진선박 및 벙커링 현황을 파악하고 국내의 관련 교육내용을 분석하였다. 더불어 전문가 설문문을 통해 교육내용의 중요성에 대한 의견을 수렴하였다. 연구의 결과로서 다양한 교육 대상에 적합한 교육 콘텐츠 설계를 하고, 이를 총 4일이 소요되는 기초교육과 상급교육 과정으로 구분하여 제안하였다. 설계된 교육 콘텐츠를 바탕으로 우리나라 벙커링 환경을 충분히 반영하여 추가 연구가 진행된다면 LNG 벙커링 종사자 역량 증진을 도모하고 인적 자원 육성에 큰 도움이 될 것으로 사료 된다.

핵심용어 : 액화천연가스, LNG 연료추진선박, LNG 벙커링, 전문 교육과정, 교육 콘텐츠

Abstract : The number of ships using liquefied natural gas (LNG) as fuel is increasing to respond to the International Maritime Organization's (IMO) air pollutant emission regulations. At the same time, the need to expand LNG bunkering infrastructure for stable fuel supply and demand for ships is emerging. LNG bunkering is carried out in three ways: truck to ship (TTS), pipe to ship (PTS), and ship to ship (STS). In foreign countries, all three methods are being carried out, but in Korea, LNG bunkering is carried out only with the TTS method owing to the lack of infrastructure. LNG bunkering is a high-risk operation. For safe bunkering operations, the competence of the workers is extremely important, and a professional training course is required to strengthen the competence. This study was conducted to design training contents for LNG bunkering workers for fostering LNG bunkering experts and performing safe and systematic bunkering work. To this end, the current status of LNG-fueled ships and bunkering was identified, and related domestic and abroad educational contents were analyzed. In addition, opinions on the importance of educational contents were collected through expert questionnaires. Consequently, we designed training contents suitable for various training targets and divided them into basic and advanced training courses, with a duration of 4 days, and proposed. Based on the designed training contents, if additional research is conducted by sufficiently reflecting Korea's bunkering environment, it will be of great help to improve the competence of LNG bunkering workers and to foster human resources.

Key Words : Liquefied natural gas, LNG fueled ship, LNG bunkering, Professional training course, Training contents

* First Author : hsyoo@seaman.or.kr, 051-620-5881† Corresponding Author : bsro@seaman.or.kr, 051-620-5779

1. 서 론

1.1 연구의 배경

2020년 1월 1일부터 시행된 국제해사기구(이하, IMO)의 IMO 2020 규제에 대응하기 위해 선박의 운영자는 저유황유 연료 전환 또는 황산화물 저감장치(Scrubber) 설치 또는 액화 천연가스(이하 LNG)를 비롯한 황산화물 배출 감소가 가능한 대체 연료를 사용하는 선박 건조 중 하나를 선택해야 한다(Li et al., 2020).

이러한 추세에 따라 LNG 연료를 사용하는 선박(이하 LNG 연료추진선박)이 증가하면서 IMO는 2017년 1월 1일 가스 또는 저인화점 연료를 사용하는 선박의 안전을 위해 선박 건조 시 반영해야 하는 내용을 담은 국제 규정(International code of safety for ships using gases or other low-flashpoint fuels, 이하 IGF Code)을 발효하였다(Yoo et al., 2017).

또한 선원의 훈련·자격증명 및 당직근무의 기준에 관한 협약(International Convention on standards of training, certification and watchkeeping for seafarers, 이하 STCW 협약)에 IGF Code 적용 선박에 필요한 훈련사항을 의무조항으로 포함시켰고(IMO, 2017), LNG 연료추진선박에 승선하는 선원의 체계적인 교육·훈련이 수행될 수 있도록 IMO Model course 7.13 및 7.14가 개발되었다(IMO, 2019a; IMO 2019b).

LNG 연료추진선박에 연료를 보급하는 작업(이하 LNG 병커링 작업)에 대한 인프라 확대의 필요성이 점차 증가하고 있고, 이에 따라 LNG 병커링 작업 중에 발생할 수 있는 위험에 대한 안전조치의 필요성도 증가하고 있다(Park and Park, 2022).

LNG는 그 특성에 따라 화재, 폭발, 선체 손상, 인명피해 등 다양한 위험성이 존재하며, 안전한 병커링 작업을 위해 작업자는 위험성, 작업안전, 작업절차 등에 대하여 정확하게 알고 있어야 한다(Yoo et al., 2022).

LNG 병커링 작업은 LNG 연료추진선박이 LNG 탱크로부터 LNG를 수급받는 Truck to ship(이하 TTS), 항만에 설치된 배관으로부터 LNG를 수급받는 Pipe to ship(이하 PTS) 그리고 LNG 보급선(이하 LNG 병커링 선박)으로부터 수급받는 Ship to ship(이하 STS)으로 구분된다(Yu et al., 2020). 현재 국내에서 운항하는 LNG 연료추진선박의 병커링 방식은 TTS 방식으로 진행되고 있으며, 정부는 STS 병커링 인프라를 확대하기 위해 500 cbm 저장용량을 가진 2022년 LNG 병커링 선박을 개발하여 STS 병커링 실증 작업을 진행할 예정이다(Jung et al., 2022).

Fig. 1은 LNG value chain을 나타내는 그림으로 국내에서는 현재 평택, 통영 가스 기지에서 LNG 탱크로리 출하가 가능하며, 4개 가스 기지에서 LNG 운반선에 항만 배관(pipe line)

설비를 활용하여 LNG 양하 작업이 가능하다. 이와 더불어 당진과 부산에 LNG 병커링 선박에 충전이 가능한 터미널을 구축하여 LNG 병커링 인프라를 확대할 예정이다(KOLB, 2021).

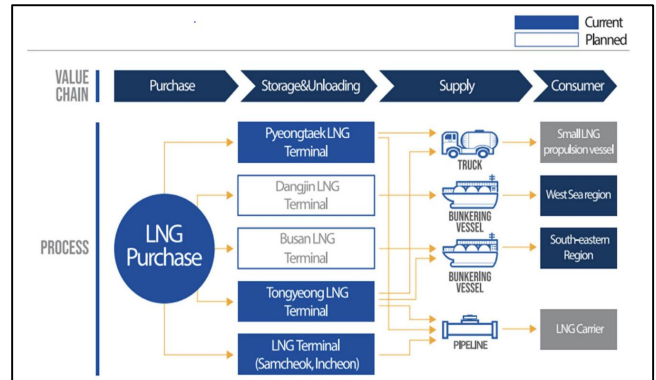


Fig. 1. LNG value chain.

(Source: KOLB, 2021)

1.2 선행연구 분석

최근 LNG 연료추진선박 및 병커링 인프라 확대를 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. Han and Lee(2015)과 Roh et al.(2020)은 IGF Code가 적용된 LNG 연료추진선박에 승선하는 선원들의 자격에 관한 연구를 수행하였고, Han et al.(2016)은 LNG 병커링 안전시스템 기반 교육내용을 식별하는 연구를 진행하였으며, Yoo et al.(2021)은 LNG 병커링 교육과정 개발을 위해 전문가를 대상으로 교육내용에 대한 설문조사 및 분석에 관한 연구를 수행하였다.

또한, Yu et al.(2020)은 중국과 일본의 LNG 병커링 규제 현황을 조사하고, 국내 병커링 산업의 경쟁력 강화를 위한 방법을 제시하였다. Lee et al.(2021)은 조선소 내에서 안전하고 경제적인 LNG 병커링 작업을 위한 최적의 방법을 도출하여 제시하였다.

Jeong et al.(2017)은 LNG 병커링 작업 시 발생 가능한 잠재적 위험을 식별하고, 안전 구역을 결정하는 통계적 방법을 제시하는 연구를 수행하였고, Park and Park(2022)은 TTS 방식의 병커링 작업 시 안전 구역을 설계하는 새로운 방법을 제시하였다.

1.3 연구의 목적

지금까지 살펴본 바와 같이 다양한 LNG 병커링 관련 연구가 진행되었지만, 다양한 병커링 방식(TTS, PTS, STS)의 LNG 병커링 작업 종사자를 위한 교육 개발에 관한 연구는 미비하였으며 현재 개설된 전문교육이 없는 실정이다. IGF Code 적용 선박의 승무원은 승선 전 교육을 이수하나, LNG 트럭 및 항만설비 관련 종사자는 어떠한 교육을 받지 않고

작업에 참여하고 있다. 이 때문에 교육을 받지 않은 LNG 병커링 작업 종사자는 LNG 연료에 대한 기본적인 이해와 작업안전 의식이 결여된 상태로 병커링 작업을 진행하고 있으며, 이는 대형 사고로 이어질 가능성이 상당히 높다. 외국의 경우 다양한 나라에서 LNG 병커링 전문교육이 개설되어 활발하게 진행되고 있으며 LNG 병커링 인프라 확대 및 전문 인력 양성에 큰 역할을 하고 있다.

이에 본 연구는 국내 LNG 연료추진선박 현황 및 각 선박 특성에 따라 진행되는 LNG 병커링 방식 조사, 외국 교육과정 분석 그리고 국내 각 분야 전문가에게 교육내용의 중요성에 대한 설문 조사를 진행하였다. 그 결과를 면밀히 분석하여 국내 실정에 맞는 교육 콘텐츠를 식별하여 체계적인 교육 과정을 제안하고자 진행되었다.

2. LNG 연료추진선박 및 병커링 현황

2.1 LNG 연료추진선박 현황

2000년에 노르웨이에서 세계 최초로 LNG 연료추진선박이 출현한 이후 LNG를 사용하는 선박은 유럽을 중심으로 계속 증가하고 있다. 국내의 경우 2013년 인천항만공사 ‘에코누리’호가 아시아 최초 LNG 연료추진선박으로 건조되어 운항하고 있고, 2018년 국내 최초로 LNG 연료추진 상선인 ‘ILSHIN GREEN IRIS호’가 취항을 했다. 이 선박은 고품간강을 재료로 사용한 LNG 저장탱크를 적용한 최초의 선박이다. 현재까지 관공선, 외항 상선, 항만예인선 등 다양한 선종에 LNG 연료가 적용되고 있으며 국내에서 건조된 대표적인 LNG 연료추진선박의 현황은 Table 1과 같다.

Fig. 2는 2020년 12월 국내 선사에서 건조되어 국제항해에 최초로 투입된 ‘HL ECO’호이다. 이 선박은 LNG를 연료로 사용하며 기존 연료유에 대비하여 황산화물 배출량 99%, 질소산화물 배출량 85%, 이산화탄소 배출량을 약 20% 감소할 수 있다. 이 선박에는 LNG 연료탱크는 2기가 탑재되어 있으며 각 탱크의 용량은 1600 m³으로 현재 벌크선에 적용되는 가장 큰 LNG 저장탱크이다(DNV, 2021).



Fig. 2. LNG fueled ship (HL ECO).

(Source: DNV, 2021)

2.2 관련 규정

국내의 경우 친환경적인 선박의 개발과 보급 확대를 위해 ‘환경친화적 선박의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률(이하 친환경선박법)’을 제정하고, 2020년 1월 1일부터 시행하였다. 이에 따라 관공선, 공공기관의 선박 건조 시 친환경선박법 제2조(정의)제3항에 따라 환경친화적 선박에 해당하는 선박을 건조해야 한다.

한편, 선박의 항해 구역에 따라 적용되는 규정이 다르다. 국제항해를 하는 선박의 경우 선박 건조 시 IGF Code 적용을 받으며, 선박 승무원도 STCW 협약 V/3에 따라 자격을 갖추어야 정부로부터 승무자격증(Certificate of Proficiency, 이하 COP)을 발급받고, IGF Code 적용 선박에 승선할 수 있다. STCW 협약에서 요구하는 내용이 선원법 시행규칙 제42조의 2에 명시하고 있으며, 해양수산청에서는 이를 근거로 선박 승무원의 교육 이수 여부를 비롯한 COP 발급을 위한 조건을 확인한다. 국제항해를 하지 않는 선박의 경우 IGF Code 대신 해양수산부 고시 제2020-94호인 ‘저인화점연료추진선박기준’에 따라 선박이 건조된다. 또한 동 기준 제152조(선원의 자격)에 따라 선사는 가스연료를 사용하는 선박에 탑승하는 선원들이 능력을 갖추기 위한 훈련을 완료했는지 확인하여야 하고, STCW 협약에 명시된 규정에 적합한지 확인해야 한다.

Table 1. Status of LNG fueled ship in Korea

| Ship's name | Date of built | Overall Length(m) | Gross Tonnages | Flag | Ocean going | Mandatory Regulation for Crew |
|-------------------|---------------|-------------------|----------------|-----------------|--------------|-------------------------------|
| ECONURI | 2013.04.16 | 38 | 260 | Korea | N/A | None |
| ILSHIN GREEN IRIS | 2018.02.12 | 190.63 | 31005 | Korea | N/A | None |
| NO.2 CHEONGHWA | 2019.07.29 | 37.7 | 273 | Korea | N/A | None |
| HL ECO, GREEN | 2020.12.15 | 291.9 | 97545 | Panama | O (IGF Code) | STCW Regulation V/3 |
| PACIFIC SAPPHIRE | 2021.07.09 | 249.89 | 63555 | Marshall Island | O (IGF Code) | STCW Regulation V/3 |
| SONGDO | 2021.08.25 | 37.3 | 310 | Korea | N/A | None |

Source: Korean Register of Shipping (Register of Ships) / summarized by author

2.3 LNG 벙커링 현황

Fig. 3은 선박에 연료를 공급하는 벙커링 작업을 보여주는 그림으로 진술한 바와 같이 STS, TTS, PTS 3가지 방법으로 구분되며 벙커링 인프라와 선박의 LNG 연료저장탱크 용량에 따라 벙커링 방식을 결정하게 된다.

Table 2는 국내 주요 LNG 연료추진선박의 벙커링 관련 장비에 대한 요약이다. 국내에서는 LNG 연료추진선박의 벙커링 작업은 TTS 방식으로만 진행된다. 한국가스공사의 통영,

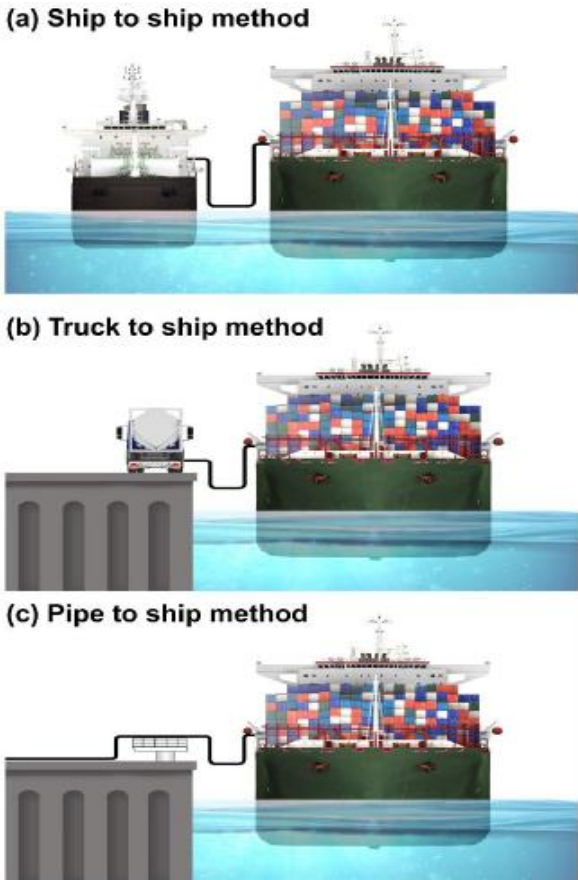


Fig. 3. LNG Bunkering methods: (a) ship to ship method, (b) truck to ship method and (c) pipe to ship method. (Source: Lee et al., 2021)

평택기지에 설치된 출하 설비로 LNG 탱크로리에 LNG를 충전하여 각 지역으로 이동한다. LNG 벙커링 작업에 사용되는 탱크로리의 최대적재중량은 15,100 kg, 최대적재용량은 37,000 Liter이다. 소형 LNG 연료추진선박의 경우 LNG 연료탱크 저장용량이 15~25 m³이며, LNG 탱크로리 1대로 벙커링이 가능하다.

LNG 연료탱크 저장용량이 500 m³인 'ILSHIN GREEN IRIS 호'의 경우, 2주 간격으로 동해항에서 벙커링을 진행한다. 이때 수급받는 양은 약 60,000 kg으로 LNG 탱크로리 4대가 투입된다.

Fig 4는 TTS 방식으로 벙커링을 진행하는 장면이며 2대 이상 공급이 가능한 집합 설비가 없어 호스를 분리하여 다른 탱크로리에 다시 연결해야 한다. 따라서 벙커링 작업에 많은 시간이 소요되며, 호스 연결작업에 많은 주의가 요구된다. 안전한 작업을 위해 반드시 착용해야 하는 정전기 방지 작업복, 극저온 장갑, 안면보호구 등 개인안전장구(Personnel protective equipment, 이하 PPE)가 없이 작업이 진행되어 전문교육을 통한 작업자들의 벙커링 작업 안전의식 확보가 절실하다.



Fig. 4. Truck to ship LNG Bunkering. (Source: photo taken by the author)

대형 LNG 연료추진선박인 HL ECO의 경우 LNG 저장탱크 용량이 3,200 m³이다. 이는 용량이 37 m³인 LNG 탱크로리로 벙커링 작업 시 산술적으로 86대 이상이 작업에 투입되어야 한다. 통상 현재 하루에 10대가 작업이 가능한 상황에서 9일

Table 2. Summary of equipment related to bunkering of LNG fueled ships

| Ship's name | Bunkering type | Size(ton) | Location of Tank | Tank type / capacity | Location |
|-------------------|-----------------|--------------|------------------|-----------------------------|----------|
| ECONURI | TTS | 260 | Inside | Type-C / 20m ³ | Inchon |
| ILSHIN GREEN IRIS | TTS | 31,005 | Outside Ondeck | Type-C / 500m ³ | Donghae |
| NO.2 CHEONGHWA | TTS | 273 | Inside | Type-C / 15m ³ | Ulsan |
| HL ECO, GREEN | TTS(yard) / STS | 180,000(dwt) | Outside Ondeck | Type-C / 3200m ³ | Oversea |
| PACIFIC SAPPHIRE | TTS(yard) / STS | 113,400 | Outside Ondeck | Type-C / 3400m ³ | Oversea |
| SONGDO | TTS | 324 | Inside | Type-C / 25m ³ | Inchon |

이 소요되는 것이다. 이는 막대한 항만사용료(접안료 및 정박료)가 발생하게 되며 경제적으로 손실이 발생할 수밖에 없다. 따라서 대형 LNG 연료추진선박은 Fig. 5와 같이 STS 방식으로 LNG 병커링 작업을 진행하는 것이 경제적이다.

HL ECO호의 경우 싱가포르나 말레이시아에서 STS 방식으로 LNG 병커링을 진행하며 12시간 이내로 작업이 종료된다. 이는 TTS 방식에 비해 병커링 소요 시간을 획기적으로 줄일 수 있으며 경제적인 이점도 발생한다.



Fig. 5. Ship to ship LNG Bunkering (HL ECO).
(Source: DNV, 2021)

Table 3은 TTS, PTS, STS 방식의 LNG 병커링 방식의 장단점을 분석해놓은 자료이다. TTS 방식은 별도의 이송 펌프가 없이 LNG를 기화시켜 탱크 내의 압력을 높여 LNG를 이송하는 PBU(Pressure build-up unit) 방식으로 진행하기에 시간당 이송량이 적고, 보통 LNG 탱크로리 1대 당(37 m³) 1시간이 소요된다. 반면에 STS 방식은 LNG 병커링 선박에 펌프가 설치되어 있어 LNG 탱크로리보다 시간당 이송량이 많아 작업 시간 단축이 가능하다.

현재 국내에는 PTS 방식의 병커링 작업은 진행되고 있지 않지만 Fig. 6과 같이 외국에는 PTS 방식으로 LNG 병커링 작업이 진행되고 있다. PTS 방식은 육상 LNG 저장탱크에서 부터 항만까지 배관으로 연결하여 항만에 접안한 LNG 연료

추진선박에 LNG를 공급해주는 방식이다(Trelleborg, 2018).

선박이 항만에 접안하여 하역작업과 동시에 진행할 수 있으며 육상 LNG 저장탱크에 설치된 별도의 펌프를 이용하기에 빠른 병커링 작업이 가능하다. 하지만 설치할 수 있는 항만이 제한되며, 지진과 같은 자연재해에 취약하다는 단점도 있다.



Fig. 6. Pipe to ship LNG Bunkering.
(Source: Trelleborg, 2018)

3. LNG 연료추진선박 및 병커링 교육 현황

3.1 LNG 연료추진선박 교육 현황

2017년 1월 1일 IGF Code와 함께 STCW 협약이 발효되어 IGF Code 적용 선박에 승선하기 위해서는 자격요건을 만족해야 한다. 우리나라의 경우 STCW 협약 V/3의 내용이 선원법 시행규칙 제42조의2에 반영되었고, 2020년 10월 국내 교육기관(한국해양수산연수원)에서 ‘가스연료추진선박 기초 및 직무교육’을 개설하여 시행하고 있으며 교육내용은 Table 4와 같다.

주요 교육내용은 STCW 협약 A-V/3에 따른 IMO Model course 7.13, 7.14를 바탕으로 구성되어 있으며, 기초 2일 직무 3일로 구성되어 있다. 이 교육을 이수하면 교육이수증이 발급되며 이 이수증은 COP(승무자격증)을 발급받기 위한 증빙자료로 면허발급기관(지방해양수산청)에 제출해야 한다.

Table 3. Characteristics of general liquefied natural gas (LNG) bunkering methods

| Method | Characteristics | |
|--------------------------|--|--|
| | Advantage | Weakness |
| Truck-to-Ship | i. Low cost of construction and operation ii. Appropriate for small-scale bunkering | i. Slow LNG bunkering speed ii. Limited LNG bunkering for large ships |
| Pipe or Terminal-to-Ship | i. Quick LNG bunkering speed ii. Appropriate for large-scale bunkering | i. Vulnerable to natural disasters ii. Limits only available for dedicated port |
| Ship-to-Ship | i. Large-capacity and quick LNG bunkering | i. High initial investment cost for LNG bunkering ship construction |

Source: Yu et al.(2020)

Table 4. Basic and Advanced training course for Gas fuelled ship

| | | Contents | |
|-----------------------|--------------------------------------|---|--|
| B a s i c | Day 1 | <ul style="list-style-type: none"> Gas and low-flashpoint fuel characteristics Understanding the IGF Code Fuel containment system Safety equipment and emergency response | |
| | | Day 2 | <ul style="list-style-type: none"> Gas fire and firefighting Fuel supply system Course review Evaluation |
| | A d v a n c e d | | Day 1 |
| | | Day 2 | |
| d | Day 3 | | <ul style="list-style-type: none"> Bunkering procedure and operation Evaluation |

Source: KIMFT(2022)

외국의 경우 Antwerp, Belgium에 있는 교육기관인 BIM (Bureau international maritime)이 대표적이며 2018년 저자를 포함해서 한국해양수산연수원 교원 2명이 교육을 이수했다. BIM은 STCW 협약 A-V/3-1, 3-2에 따라 Basic과 Advanced 과정으로 구분하여 IGF Code 적용선박 교육을 진행하고 있으며, 세부 내용은 Table 5와 같다.

Table 5. Basic and Advanced training course for ships subject to the IGF Code

| | | Contents | |
|-----------------------|--------------------------------------|--|--|
| B a s i c | Day 1 | <ul style="list-style-type: none"> Design and operational characteristics of ships subject to the IGF Code Basic knowledge of the associated hazards | |
| | | Day 2 | <ul style="list-style-type: none"> Awareness of function of gas-measuring instruments and similar equipment Basic knowledge of emergency procedures including emergency shutdown |
| | A d v a n c e d | | Day 1 |
| | | Day 2 | |
| d | Day 3 | | <ul style="list-style-type: none"> Environment and emergency Hazards, risk assessment, rules & regulations and safe working practices Evaluation |

Source: BIM(2022)

국내 과정과 비교하여 교육내용에 다소 차이가 있지만 STCW 협약 A-V/3에서 요구하는 능력 요소가 워낙 방대하여 각 교육기관에서 중요한 내용을 선별하여 교육내용을 구성

하고 있다. STCW 협약 A-V/3의 주요 내용은 안전한 연료의 관리와 비상 상황에 대한 대응능력이다. 연료를 다루는 작업 중 가장 위험 요소가 많은 작업이 병커링 작업이다. 따라서 LNG 연료추진선박의 승무원뿐만 아니라 LNG 병커링 종사자에 대한 교육이 절실하다.

3.2 LNG 병커링 교육 현황

외국에서는 LNG 병커링 작업의 중요성을 인지하고, 전문 교육 과정을 만들어 진행하고 있다. 프랑스의 GTT사에서는 Table 6과 같이 LNG 병커링 작업을 위한 교육과정을 진행하고 있고, 과정의 1일 차는 LNG 및 해양 연료로서의 사용에 대한 소개를 제공하고 2일 차는 병커링 작업, 가스연료 엔진, 사용 중 LNG 병커 탱크 관리 및 비상 대응 조치의 안전 및 단계에 중점을 두고 있다(GTT, 2022).

Table 6. LNG as a Marine Fuel and Bunkering Operations

| | | Contents | |
|----------|--|---|---|
| Day 1 | | <ul style="list-style-type: none"> Introduction to LNG The drivers for using LNG as a fuel Properties of LNG Hazards of LNG Regulations applicable to the use of LNG as a fuel Types of tank used for the storing of LNG LNG Bunker delivery methods | |
| | | Day 2 | <ul style="list-style-type: none"> Safe Bunkering The Bunkering Operation Gas Fuelled Engines Management of LNG Fuel Tanks Gas Measuring Instruments Emergency Response |

Source: GTT(<https://www.gtt-training.co.uk/lngmarinefuel3>)

GTT외에도 The Nautical Institute(United Kingdom), Institute of Marine(United Kingdom), Petro EDGE(Singapore & Malaysia), SP(Singapore), USMRC(USA)등 다양한 국가의 교육기관에서 LNG 병커링 전문 교육과정을 운영 중이다. 국내에도 LNG 연료추진선박 건조가 증가하고 있고 병커링 작업도 증가할 수밖에 없기에 조속한 전문교육 과정 개설이 시급하다.

4. LNG 병커링 교육 콘텐츠 개발

4.1 교육콘텐츠 설계

LNG 병커링 현황 분석, 선진 국가의 교육내용을 참고하여 다음과 같은 기준에 중점을 두고 LNG 병커링 종사자 교육 콘텐츠를 설계하였다.

LNG 벙커링 종사자 교육 콘텐츠 설계에 관한 연구

(1) LNG 벙커링 작업은 LNG 연료추진선박 승무원을 비롯하여 TTS, PTS, STS 종사자 모두 교육 대상이다.

(2) 선진 국가의 교육내용은 LNG 벙커링 작업의 안전한 수행을 위한 종사자 역량 향상에 초점을 맞추고 있으며, 세부 교육내용 및 기간은 현지 실정에 맞게 구성되어 있다.

(3) 국내 LNG 벙커링 종사자의 경우 작업 연관성에 따른 수준별 과정으로 구분하여 구성하였다.

교육내용 구성을 위해 외부 전문가그룹을 대상으로 설문 조사를 수행하였으며, 전문가그룹은 Table 7과 같이 대학, 해운회사, 연구기관, 선급, 기자재 업체 등 총 25개 기관을 대상으로 선정했고 총 50명의 전문가가 설문 참여했다.

Table 7. Survey participating organizations

| Participating organizations | No. of Participants |
|-------------------------------------|---------------------|
| Korea Maritime and Ocean University | 2 |
| Pukyung National University | 1 |
| Mokpo National Maritime University | 4 |
| University of Strasclyde | 1 |
| TGS(Trans gas solution) | 2 |
| Seoul line | 1 |
| POSCO international | 1 |
| HMM ocean service | 1 |
| Wartsila Gas Solution | 1 |
| KOGAS | 1 |
| KR(Korea register) | 3 |
| Keppel Offshore & Marine(Singapore) | 1 |
| DSME | 1 |
| H-line shipping | 4 |
| KOGAS marine | 2 |
| Ilshin shipping(Green Iris) | 4 |
| KLCSM | 1 |
| KOMSA | 1 |
| Donghwa Entec | 4 |
| Kongsberg | 1 |
| KOMERI | 5 |
| KOEM | 4 |
| Ministry of ocean and fishreies | 1 |
| KRISO | 2 |
| STR(Safetech research) | 1 |
| Total | 50 |

설문 진행 시 교육내용의 중요성 이외에도 교육의 필요성, 교육 개설시 참여 여부에 대하여 조사를 진행한 결과, 응답자 대부분이 LNG 벙커링 교육과정은 꼭 필요하고 교육 개설이 되면 교육을 이수할 의향이 있다고 답변하였다. 또

한 기타의견에 관련법에 교육과정을 반영하여 교육 대상을 정하고 교육 이수를 강제화해야 한다는 의견도 있었다. LNG 벙커링 교육이 개설되면 LNG 벙커링 작업과 관련된 모든 종사자는 교육을 이수해야 하도록 관련법에 의무교육으로 반영하기 위한 연구도 타 기관에서 진행하고 있다.

앞서 조사한 외국의 교육내용과 국내 LNG 연료추진선박 및 벙커링 설비 현황을 바탕으로 Table 8과 같이 기초 지식, 주요 설비, 작업 안전, 벙커링 실무 총 4개 분야로 나누어 분야별 5가지의 세부 교육내용을 식별하고 총 20개 과목을 대상으로 설문을 진행하여 각 과목에 따른 중요도를 파악하였다.

Table 8. Survey contents

| | | Contents |
|--------|----------------------|--|
| Part 1 | Basic knowledge | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Properties of LNG ▪ Related regulations ▪ Overview LNG bunkering ▪ Low-flash point fuel ▪ Trend of LNG industry |
| | | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Characteristics of LNG fueled ship and bunkering vessel |
| Part 2 | Bunkering facilities | <ul style="list-style-type: none"> ▪ LNG containment system ▪ Fuel gas supply system ▪ Bunkering facilities ▪ Aux. machinery |
| | | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Risk of LNG ▪ Emergency response(HAZID, HAZOP) ▪ Gas fire and firefighting(theory) ▪ Gas fire and firefighting(practice) ▪ Gas detector and fixed detection system |
| Part 3 | Work safety | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bunker station ▪ STS operation ▪ PTS operation ▪ TTS operation ▪ Bunkering simulation |
| | | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bunkering simulation |

Table 9는 각 교육내용에 대한 중요도 설문 결과이며, 20개의 교육내용에 대한 전문가의 의견을 확인하였다. 이를 바탕으로 다시 LNG 벙커링 종사자의 작업 연관성과 참여도에 따라 기초와 상급과정에 필요한 내용을 구분하였고 상급 교육을 받기 위해서는 기초교육이 선행되어야 한다고 판단되어 교육과정이 개설되면 적용할 예정이다. 설문 결과에 따라 중요도가 높은 교육내용은 최대한 반영하기 위해 교육 시간, 방법 등을 검토하였고, 중요도가 낮게 나온 PTS 벙커링 운영, LNG 산업 동향 등의 내용은 간단하게 다뤄지도록 교육과정을 구성하였다.

Table 9. Result of survey (Importance of contents)

| Rank | Contents | Importance(%) |
|------|---|---------------|
| 1 | ▪ Fuel gas supply system | 98.0 % |
| 2 | ▪ Overview LNG bunkering | 96.0 % |
| | ▪ STS operation | 96.0 % |
| 4 | ▪ Risk of LNG | 94.0 % |
| | ▪ Bunkering simulation | 94.0 % |
| | ▪ Characteristics of LNG fueled ship and bunkering vessel | 94.0 % |
| | ▪ Emergency response(HAZID, HAZOP) | 94.0 % |
| 8 | ▪ TTS operation | 92.0 % |
| 9 | ▪ Properties of LNG | 90.0 % |
| 10 | ▪ Related regulations | 88.0 % |
| | ▪ Bunkering facilities | 88.0 % |
| 12 | ▪ LNG containment system | 86.0 % |
| 13 | ▪ Propulsion system | 84.0 % |
| | ▪ Gas fire and firefighting(theory) | 84.0 % |
| 15 | ▪ Aux. machinery | 80.0 % |
| | ▪ Gas detector and fixed detection system | 80.0 % |
| | ▪ PTS operation | 80.0 % |
| 18 | ▪ Gas fire and firefighting(practice) | 78.0 % |
| 19 | ▪ Trend of LNG industry | 62.0 % |
| 20 | ▪ Low-flash point fuel | 58.0 % |

Table 10은 설계된 2일 과정의 기초교육으로 교육 대상자는 LNG 병커링 작업과 관련된 다양한 분야의 관련자를 대상으로 하며 LNG 특성을 비롯하여 관련규정, 가스 화재, 비상 대응, 병커링 절차 및 설비 개요를 소개하여 기초교육을 이수하면 LNG 병커링 작업의 기본적인 개념을 이해하고 비상 상황 발생 시 대응을 할 수 있고 더불어 안전의식도 고취할 수 있도록 구성하였다.

Table 10. Basic training course for LNG bunkering workers

| | Contents | Hour |
|-----------------------|---|------|
| B a s I c | Day 1 | |
| | ▪ Properties of LNG | 2 |
| | ▪ Related regulations | 1 |
| | ▪ Gas fire and firefighting | 2 |
| | ▪ Emergency response (HAZID, HAZOP) | 2 |
| | Day 2 | |
| | ▪ Characteristics of LNG fueled ship and bunkering vessel | 3 |
| | - Fuel gas supply system | |
| | ▪ Overview LNG bunkering | 2 |
| | - TTS, STS operation | |
| | ▪ Evaluation & survey | 1 |

Table 11은 설계된 2일 과정의 상급교육으로 TTS, STS 방식의 병커링 절차와 관련 설비들에 대하여 구체적으로 다루며, 병커링 작업의 위험성 분석을 수행하여 작업자들이 병커링 작업 전에 다양한 위험 요소를 인지하고 대비할 수 있도록 구성하였다. 또한 CBT 기반 병커링 시뮬레이터를 활용하여 모의 병커링 작업을 수행할 수 있는 실습 교육도 구성하였다. 상급교육은 실제 병커링 작업을 수행하는 작업자를 위한 과정이며 실무 중심의 내용으로 구성하였다. 또한 기초교육을 이수해야만 이해가 가능한 내용들이 많기에 기초교육 이수자뿐만 상급교육 신청이 가능하게 진행할 예정이다. 각 과정마다 지필평가를 시행하여 교육생들의 성취도를 파악하고 교육과정 개선을 위한 설문조사를 시행하여 교육에 대한 의견을 수렴하여 지속적으로 교육내용을 발전시킬 예정이다.

Table 11. Advanced training course for LNG bunkering workers

| | Contents | Hour |
|--------------------------------------|---------------------------------------|------|
| A d v a n c e d | Day 1 | |
| | ▪ Bunkering procedure | 3 |
| | - Truck to ship | |
| | - Ship to ship | |
| | Day 2 | |
| | ▪ Bunkering facilities | 3 |
| | - LNG containment system | |
| | ▪ Work safety | 1 |
| | ▪ Risk of LNG / Risk assessment | 2 |
| | ▪ Bunkering simulation exercise (CBT) | 3 |
| | - bunkering simulator | |
| | ▪ Evaluation & survey | 1 |

4.2 교육 콘텐츠 활용

설계된 교육 콘텐츠는 LNG 병커링 종사자 역량 강화를 위해 다음과 같이 활용할 수 있다.

(1) LNG 연료추진선박에서 LNG 병커링 작업에 참여하는 승무원은 필요 시 교육을 이수할 수 있다. LNG 연료추진선박의 승무원은 IGF Code에 따른 가스연료추진선박 교육을 이수하지만, 가스연료추진선박 교육에는 병커링 작업에 대한 세부적인 사항은 다루고 있지 않으므로 개발된 교육을 통해 LNG 병커링에 대한 전문성을 함양할 수 있다고 사료된다.

(2) LNG 탱크로리 관계자의 경우 현장에서 확인한 결과 작업 안전에 대한 의식이 부족하다 판단되며 안전한 병커링 작업을 위해 반드시 의무적으로 본 교육과정을 이수하도록 해야 한다.

(3) 교육방식은 연속된 대면 방식의 교육이 가장 효율적이거나 코로나-19와 같은 불가피한 상황을 대비하여 기초교육의

경우 온라인 교육이 가능하게 온라인 전용 콘텐츠를 개발하는 것도 고려할 필요가 있다.

5. 결론

LNG는 저인화점, 극저온 물질이며 안전한 취급이 요구되는 물질이다. 또한 LNG 병커링 작업 시 누설에 따른 화재 및 폭발, 작업자 부상 그리고 선체 손상 등 많은 위험성이 존재한다. 따라서 안전하고 체계적인 LNG 병커링 작업을 위해서 종사자의 역량이 매우 중요하다.

국대를 비롯하여 세계적으로 LNG 연료추진선박의 수가 계속 증가하는 추세이며 이에 따라 LNG 병커링 인프라 확대가 필수적이다. LNG 병커링 종사자를 위해 전문기법이나 지식 보강을 위한 전문 교육과정이 개설되어 인적 인프라 확충도 필요하다.

이에 본 연구에서는 LNG 연료추진선박 및 병커링 현황을 파악하고 관련 국내의 교육과정을 분석하여 이를 바탕으로 전문가를 대상으로 설문조사를 시행하였고 우리나라 실정과 교육생 수준을 고려하여 LNG 병커링 종사자 교육 콘텐츠를 기초교육과 상급교육으로 나누어 제시하였다.

개발된 교육은 국내 LNG 병커링 종사자들의 역량 강화와 국내에 기항하는 다양한 LNG 연료추진선박의 안전한 병커링 작업을 위한 기초자료로서의 활용 가치가 높다고 판단된다.

다만 본 연구에서는 선박의 규모에 따른 선박 설비, 병커링 방법 및 절차의 차이를 충분히 고려하지 못한 한계를 가지고 있다. 추가 연구를 통해 교육 대상자별로 세분화된 맞춤형 교육과정을 개발하여 TTS, STS 종사자를 구분하여 교육을 진행할 수 있도록 후속 연구를 진행할 예정이고, 국내 조선소에 선박을 인수하기 위해 방문하는 외국인 교육수요도 파악하여 영어 교재 개발과 영어로 진행되는 교육과정도 개발할 예정이다.

후 기

본 연구는 해양수산부 국가개발사업인 “LNG 병커링 운영 체계 및 위험도 평가기반 운영 기술개발(PMS5290)”의 결과물임을 밝힙니다.

References

- [1] BIM(2022), Bureau international maritime, Basic and advanced training course for ships subject to the IGF code, Maritime course, <https://www.bimv.com/en/maritime-courses/basic-training-ships-subject-igf-code/>.
- [2] DNV(2021), <https://www.dnv.com/expert-story/maritime-impact/H-Line-and-DNV-open-doors-to-Korean-LNG-fuel-market.html>.
- [3] GTT(2022), <https://www.gtt-training.co.uk/Ingmarinefuel3>.
- [4] Han, S. H. and Y. C. Lee(2015), A study on the developments of STCW training of seafarers on ships applying in the IGF Code, The Journal of the Korean Society of Marine Engineering, Vol. 39, No. 10, pp. 1054-1061.
- [5] Han, S. H., Y. S. Yoon, J. S. Kim, and Y. C. Lee(2016), A Study on the Development of Educational Programs for LNG Bunkering in Consideration of the Safety System, The Journal of Korean Society on Marine Environment & Safety, Vol. 22, No. 3, pp. 268-277.
- [6] IMO(2017), STCW Convention & Codes, Manila Amendments 2017 / STCW Convention / Regulation V/3
- [7] IMO(2019a), Model Course 7.13 Basic Training for Masters, Officers, Ratings and Other Personnel on Ship Subject to the IGF Code.
- [8] IMO(2019b), Model Course 7.14 Advanced Training for Masters, Officers, Ratings and Other Personnel on Ship Subject to the IGF Code.
- [9] Jung, D. H., S. H. Oh, H. S. Cho, S. Y. Baek, J. I. Lee, D. W. Seo, S. H. Kim, and K. S. Lee(2022), Development of the 1st LNG Bunkering Ship in Korea, Presented at 2022 Conference on The Korean Association of Ocean Science and Technology Societies, p. 501.
- [10] KIMFT(2020), Korea institute and maritime and fisheries technology, Syllabus (Safety and job training), pp. 566-573.
- [11] KOLB(2021), LNG bunkering business structure, International conference on LNG fueled ship & bunkering 2021, pp. 5-13.
- [12] Lee, Y. G., J. K. Kim, and C. H. Lee(2021), Analytic Hierarchy Process Analysis for Industrial Application of LNG Bunkering: A Comparison of Japan and South Korea, The Journal of Multidisciplinary Digital Publishing Institute, Energies, Vol. 14, Issue. 10, 10.3390/en14102965.
- [13] Li, K., M. Wu, X. GU, K. F. Yuen, and Y. Xiao(2020), Determinants of ship operators' options for compliance with IMO 2020, Transportation Research Part D: 86, 102459.
- [14] Park, S. I. and J. K. Park(2022), A hybrid method for the safety zone design in truck-to-ship LNG bunkering, Ocean Engineering 243, 110200.
- [15] Roh, B. S., S. Y. Kang, W. Ryu, J. W. Bae, and H. S. Yoo(2020), An Analysis on STCW Model Course for Training of Seafarers on Ships Subject to the IGF Code, Presented at 2020 Autumn Conference of KOSOMES, p. 145.

- [16] Trelleborg(2018), Trelleborg marine and infrastructure, LNG bunkering today and tomorrow, A harvey gulf/Q-LNG case study.
- [17] Yoo, H. S., B. S. Roh, S. Y. Kang, S. M. Seo, and D. H. Jung(2022), Comparison of Training Contents for LNG Bunkering Workers of TTS and STS Methods Presented at 2022 Conference on The Korean Association of Ocean Science and Technology Societies, p. 602.
- [18] Yoo, H. S., S. Y. Kang, J. W. Bae, S. M. Seo, D. H. Jung, and B. S. Rho(2021), A Survey for Development of LNG Bunkering Training Course, Presented at 2021 International Symposium on Marine Engineering and Technology, p. 127.
- [19] Yu, Y. U., S. H. Park, D. H. Jung, and C. H. Lee(2020), Improving Liquefied Natural Gas Bunkering in Korea through the Chinese and Japanese Experiences, The Journal of Multidisciplinary Digital Publishing Institute, Sustainability, Vol. 12, Issue. 22, 10.3390/su12229585.

Received : 2022. 07. 07.

Revised : 2022. 08. 08.

Accepted : 2022. 08. 29.