

연구적립금과제 2015-05

LNG연료선박의 벙커링 기술 표준화 및 상용화 기반구축 연구

A study on the Standardization and Commercialization of
the Ship to Ship LNG Bunkering Technology

2015. 12.

김우호·이호춘·박한선



한국해양수산개발원
KOREA MARITIME INSTITUTE

보고서 집필 내역

<연구책임자>

김 우 호 : 제1장, 제5장 제2절, 제6장 제2절

<연구진>

이 호 춘 : 제5장 제1절, 제6장 제1절 제2절

박 한 선 : 제4장 제3절

<외부연구진>

이 재 익 (트렌스가스솔루션) : 제2장, 제3장, 제4장
제1절 제2절, 제5장 제2절

신 동 기 (특허법인 동천) : 제3장 제1절

연구감리자

길 광 수 (한국해양수산개발원 연구감리위원)

발간사

2000년에 노르웨이가 세계 최초로 차량/여객 페리선인 Fjord1을 LNG연료추진선으로 개조한 이후 지금까지 약 70여 척의 LNG연료추진선이 실제 운항을 하고 있다. 대부분의 선박들이 북유럽을 지역에서 운항하고 있으며 선박의 종류는 여객선, 사이즈는 중소형 위주이지만 최근 들어 아시아 지역과 북미 지역에도 LNG연료추진선이 투입되고 있으며 신규 발주 물량을 보면 예인선, 가스운반선, 크루즈선, 컨테이너선 등 다양한 선박과 대형 선박에 대한 주문이 늘어나고 있는 추세이다.

선박의 연료로 LNG가 본격적으로 주목을 받기 시작한 것은 2005년 이후 벙커유 가격이 급등한 것이 가장 직접적인 이유이며 추가적으로 국제해사기구(IMO)가 선박배출 대기가스에 대한 규제를 강화시킨 것도 큰 영향을 미쳤다. 선사는 연료 비용 절감과 환경보호라는 두 가지 문제를 한꺼번에 해결할 수 있는 수단으로 LNG연료추진선에 대해 집중적으로 관심을 갖기 시작했다. 특히 EU의 질소산화물(NOx) 규제로 질소산화물 배출이 거의 없는 LNG연료추진선에 대한 관심이 크게 고조되었다. 유럽에서 시작된 LNG연료추진선이 점차 미주 지역으로 확산되고 있고 일본, 중국과 우리나라도 큰 관심을 보이기 시작했다.

기존 선박과 비교하여 LNG연료추진선의 가장 큰 특징은 연료 주입을 위한 시설이 다르다는 점이다. LNG는 액화된 천연가스로서 기존의 선박 연료인 석유와는 전혀 다른 특성을 가지므로 연료주입 즉, 벙커링을 위한 새로운 설비와 시스템이 필요하다. 현재까지는 LNG연료 소모량이 적은 소규모 선박이 많아 육상 운행 차량인 탱크로리를 이용하여 충전하는 방식이 널리 활용되고 있으나, 향후 LNG 연료추진선이 대형화되고 그 수가 늘어나면 선박간(Ship-to-Ship) LNG 벙커링이 필수적으로 요구된다. 따라서 세계적으로 LNG벙커링 산업이 태동하는 단계인 지금 LNG벙커링을 위한 핵심설계 기술과 기자재에 대한 국내 기술을 개발하고 경쟁력을 갖추어 나가는 것이 매우 시급하다.

경쟁력 있는 핵심기술을 확보하기 위해서는 LNG연료추진선 및 LNG병커링 선박을 위한 엔지니어링 기반의 LNG병커링 설계기술과 기자재의 표준화가 필요하며, 개발한 병커링 기술이 시장에서 거래될 수 있도록 서비스나 제품형태로 변환하는 상용화 과정도 요구된다.

본 연구는 LNG병커링에 대한 국내외 현황과 미래 여건을 분석하여 LNG병커링 기술과 기자재에 대한 표준을 정하기 위한 연구개발 과제를 도출하고 이의 표준화와 상용화를 위한 정책 과제를 제시함으로써 우리나라 LNG병커링 기술의 발전과 LNG연료추진선 운항 활성화에 기여하는 것을 목적으로 수행되었다. 이러한 목적을 달성하기 위해서 LNG병커링 기술의 표준을 설정하기 위한 연구개발 과제를 도출하였고, 마지막 부분에 연구개발 기술의 실증, 안전한 활용과 활성화를 위한 법제도 정비, 교육훈련, 국제표준화를 위한 협력 등과 같은 상용화를 위한 기반구축 방안을 제시하였다.

이 보고서의 집필에는 우리 해운해사연구본부 김우호 부연구위원이 연구책임을 맡았고, 박한선 부연구위원, 이 호 춘 전문연구원이 연구에 참여했다. 또한 이재익 트랜스가스솔루션 부사장, 신동기 특허법인동천 변리사가 외부 연구진으로 참석하여 기술개발 계획 수립과 특허 분석에 큰 도움을 주셨다. 마지막으로 감리를 맡아 보고서 체계와 완성도를 높여 주신 우리 원의 길광수 연구감리위원과 이 보고서가 출판되기까지 외부에서 훌륭한 자문을 통해서 도움을 주신 김기평 한국선급 선임연구원과 신라대학교 홍성호 교수님께 이 자리를 빌려 감사를 드린다.

2015년 12월
한국해양수산개발원
원 장 김 성 귀

목 차

제1장 서 론	1
제1절 연구의 배경과 목적	1
1. 연구의 배경	1
2. 연구의 목적	5
제2절 연구의 범위와 방법	6
1. 연구의 범위	6
2. 연구의 내용	6
3. 연구의 방법	9
제3절 선행연구 검토	9
1. 표준화 관련 선행연구 검토	9
2. 상용화 관련 선행연구 검토	10
3. 선행연구의 시사점	12
제2장 LNG병커링 및 LNG연료시스템 기술 현황	14
제1절 LNG병커링 기술 현황	14
1. 국내외 LNG병커링 기술 동향	14
2. LNG병커링 방식과 활용 사례	18
3. LNG병커링 선박 현황	23
제2절 LNG연료추진선과 연료공급시스템	24
1. LNG연료추진선 현황	24
2. LNG연료추진선의 연료공급시스템	28

제3장 LNG병커링 기술의 표준화·상용화 여건	32
제1절 LNG병커링 기술의 표준화 여건 분석	32
1. LNG병커링 기술 관련 규정 검토	32
2. LNG병커링 기술의 특허 현황 분석	40
3. 표준화 추진의 시사점	48
제2절 LNG병커링 기술의 상용화 여건 분석	53
1. 국내 LNG병커링 기술의 상용화 추진 여건	53
2. 외국의 상용화 여건 분석	55
제4장 LNG병커링 기술 개발 계획	69
제1절 해상 LNG병커링 순환과 요구기술	69
1. 해상 LNG병커링 순환 단계	69
2. LNG병커링 단계별 요구 기술	71
제2절 기술개발과제 도출	80
1. 도출 과정	80
2. 설계 표준화 항목	81
3. 기자재 표준화 항목	83
4. 해상 LNG병커링을 위한 핵심설계기술 도출	85
5. 해상 LNG병커링을 위한 핵심 기자재 기술 표준화 항목 도출	88
제3절 기술개발 로드맵 및 소요예산 산정	90
1. 기술개발 로드맵	90
2. 연차별 사업예산	92
제5장 LNG병커링 기술의 표준화·상용화 추진 과제	93
제1절 표준화 및 상용화 기반구축 비전과 전략	93
1. LNG병커링 기술 표준화 및 상용화의 SWOT 분석	93

2. LNG병커링 기술의 미래 전망	95
3. 추진 목표와 전략	99
제2절 표준화 및 상용화를 위한 주요 과제	101
1. 연구개발 기술의 실증 및 시범사업	101
2. LNG연료추진선 운항 및 병커링 관련 운영자 교육	104
3. 국내 표준화를 통한 국제표준화 선도	105
제6장 결론 및 정책제언	109
제1절 요약 및 결론	109
제2절 정책제언	113
참고 문헌	116
부록 1. 핵심 설계기술 및 기자재 표준화 항목 선정표	119

표 목 차

표 2-1	LNG 기자재 기술관련 국내기업의 경쟁력	15
표 2-2	LNG 기자재 기술관련 외국기업의 경쟁력	17
표 2-3	병커링 방식별 병커링 구간 정의	22
표 2-4	LNG병커링 방식에 따른 장 · 단점	22
표 2-5	유럽 내의 LNG병커링 선박	23
표 2-6	세계 LNG연료추진선 건조 및 운항 현황	25
표 2-7	선종별 LNG연료추진선 운항 현황	26
표 2-8	LNG연료추진선 발주 현황	27
표 2-9	선종별 LNG연료추진선 발주 현황	28
표 2-10	2 Stroke Gas 엔진 비교	31
표 3-1	ISO의 LNG병커링 관련 지침	34
표 3-2	SIGTTO의 LNG병커링 관련 지침	35
표 3-3	각국 선급의 LNG연료추진선 관련 지침	35
표 3-4	USCG의 LNG병커링 관련 지침	36
표 3-5	IEC 및 EN의 LNG수송 및 이송 관련 주요 기술 기준	37
표 3-6	OCIMF-ICS 공동의 LNG수송 및 이송 관련 주요 기술 기준 · 38	
표 3-7	한국선급의 LNG연료추진선 관련 지침	39
표 3-8	LNG 병커링 관련 가스기술기준 (KGS Code)	40
표 3-9	특허기술의 분류	41
표 3-10	특허기술의 검색연도, 검색국가 및 DB, 검색식	41
표 3-11	특허 데이터 현황	42
표 3-12	LNG연료추진 선박(A) 관련 특허 상세 내용	45
표 3-13	LNG병커링 선박(B) 관련 특허 상세 내용	46
표 3-14	LNG병커링 터미널(C) 관련 특허 상세 내용	47

표 3-15	LNG병커링 시스템 구성요소의 적용 규격	49
표 3-16	표준특허와 일반특허의 차이점	51
표 3-17	세계의 LNG병커링 터미널 (운영 중)	57
표 3-18	세계의 LNG병커링 터미널 (건설 중)	59
표 3-19	세계의 LNG병커링 터미널 (계획 중)	59
표 3-20	Susu Huo 1260호 연료소모량	62
표 3-21	LNG연료추진선 보조금 지급 기준	63
표 3-22	CEF Transport-MoS 중 LNG병커링 관련 지원 프로젝트	63
표 3-23	NOx Fund에서 지원한 선박	65
표 4-1	기술개발 로드맵(2016~2020)	91
표 4-2	연차별 사업예산(2017~2021)	92
표 5-1	STEEP 관점에서의 미래사회 메가 트렌드	97

그림 목 차

그림 1-1	연구 흐름도	8
그림 1-2	기술 특성별 상용화 추진 방안	13
그림 2-1	LNG병커링 방식별 모식도	18
그림 2-2	Truck to Ship 활용 사례	19
그림 2-3	Pipe to Ship 활용 사례	20
그림 2-4	Ship to Ship 활용 사례	21
그림 2-5	LNG연료추진 선박의 증가 추이	24
그림 2-6	HiVAR FGS System Test Skid	29
그림 2-7	저압 LNG연료공급장치(5barg)	30
그림 2-8	고압 LNG연료공급장치(300barg)	30
그림 3-1	연도별 특허 동향	43
그림 3-2	국적별 특허 동향	44
그림 3-3	출원인별 특허 동향	44
그림 3-4	표준특허 창출 Life Cycle	52
그림 3-5	LNG병커링 터미널 조사를 위한 자료	56
그림 3-6	Susu Huo 1260호	62
그림 3-7	라인강 LNG Masterplan 주요 내용	66
그림 3-8	내륙 운항용으로 개조/신조 계획 중인 LNG연료추진 선박 ..	66
그림 4-1	해상 LNG병커링에 대한 개념도	69
그림 4-2	LNG병커링의 흐름 도식	70
그림 4-3	LNG병커링선의 핵심기자재에 대한 개요도	71
그림 5-1	LNG 병커링 기술분야 SWOT 분석	94

제1장 서론

제1절 연구의 배경과 목적

1. 연구의 배경

1) LNG연료추진선의 확산

LNG연료추진선(LNG Fuelled Ship)은 선박의 용도나 규모와 상관없이 액화천연가스(LNG)를 추진 연료로 사용하는 모든 선박을 통칭하는 것으로, LNG연료추진선(LNG Powered Ship), LNG추진선 등의 용어로도 사용되고 있다. 20세기 초 선박의 추진연료가 석탄에서 석유로 대체된 이후 100여년이 지난 최근에는 LNG가 석유를 대체하려는 움직임이 진행되고 있다.¹⁾

석유 대신 LNG를 추진연료로 사용하는 선박은 2000년 노르웨이에서 시작되어 2015년 7월 현재 전 세계에서 65척이 운항되고 있다. 대부분의 선박이 유럽지역에서 운항되고 있으며 국내에는 LNG추진 항만행정선(에코누리호)이 유일하다. 기존 선박에서 배출되는 다량의 오염물질로 인한 대기오염을 줄여 대기환경을 개선하고자 하는 목적으로 시작된 LNG연료의 사용은 2005년 이전까지는 크게 주목받지 못했다.

그러나 선박용 병커유(Bunker-C)의 가격이 톤당 150달러~200달러 수준에서 500달러~600달러 수준으로 급상승하면서 선박운영 비용이 급등하고, 국제해사기구(IMO)는 2016년 이후 배출가스규제를 강화함에 따라 연료비용 절감 및 환경보호라는 두 가지 문제를 한꺼번에 해결하기 위한 시도로 선박 연료로 LNG를 사용하는 것에 대한 관심이 확산 되었다. 즉, 선주는 비용 절감을 통한

¹⁾ 일본 국토교통성(2012)은 이를 1차 선박연료혁명에 이은 2차 선박연료혁명이라고 하며, 선박 연료의 대전환이 시작되었다고 했다.

경쟁력 제고와 환경규제대응 방안으로서 LNG연료추진선에 대해 집중적으로 관심을 갖기 시작했다.

특히 EU의 질소산화물(NOx) 규제로 질소산화물 배출이 거의 없는 LNG연료추진선에 대한 관심이 크게 고조되었다. 소형 여객선을 중심으로 추진된 LNG연료추진선은 점차 대형 상선으로 확산되어 2015년 4월에는 3,100TEU급 LNG연료추진 컨테이너선이 진수되었다. 또한 최근에는 대형 LNG연료추진 크루즈선이 발주되는 등 선박의 용도도 다양화되어 LNG연료추진선이 모든 선종으로 확산되고 있다.

유럽에서 시작된 LNG연료추진선이 점차 미주 지역으로 확산되고 있고 일본, 중국과 우리나라도 큰 관심을 보이고 있어 아시아 지역 확산도 오래 걸리지 않을 전망이다.

2) LNG병커링 기술의 중요성 대두

국내 해운사의 최고경영자는 LNG연료추진선 활성화의 장애요인으로서 경제성, 병커링 등 인프라와 안전성을 꼽은 바 있으며, 특히 경제성 확보와 인프라 구축은 각각 40%를 넘어 안전성에 비해 훨씬 더 중요한 과제로 지목하였다.²⁾

이러한 점에서 LNG연료추진선 운항의 필수적인 요인으로서 LNG병커링과 같은 인프라 구축이 선행적으로 해결해야 하는 과제임을 알 수 있다.

기존 선박과 비교하여 LNG연료추진선의 가장 큰 특징은 연료 주입을 위한 시설이 다르다는 점이다. LNG는 액화된 천연가스로서 기존의 선박 연료인 석유와는 전혀 다른 특성을 가지므로 연료주입 즉, 병커링을 위한 새로운 설비와 시스템이 필요하다. LNG연료추진선에 LNG를 주입하는 일련의 작업 과정을 LNG병커링이라고 하며 작업을 수행하는 동안 작업자와 설비의 안전 운영이 매우 중요하다. 현재까지는 LNG연료 소모량이 적은 소규모 선박이 많아 육상

2) 또한 이들은 인프라 구축이 가시화되고 있음을 인지하고서는 점차 경제성을 활성화의 중요 요소로 선택했다. 한국천연가스차량협회·LNG병커링 협의회, 「중소형 LNG추진선 보급 확대 방안 연구」, 2015.8, pp. 52-54

운행 차량인 탱크로리를 이용하여 충전하는 방식이 널리 활용되고 있다. 이 경우 LNG연료추진선은 안벽이나 바지선에 접안해야 한다. 그러나 LNG연료추진선이 대형화되고 그 수가 늘어나면 탱크로리를 이용한 충전은 충전시간이 길고 접안시설 부족으로 시간과 비용의 효율성이 떨어져 실제 이용에 한계가 발생한다. 따라서 기존의 급유 방식과 동일하게 선박간(Ship-to-Ship) LNG 충전이 필수적으로 요구된다. 이에 대비하여 관련 업계는 새로운 비즈니스로서 LNG병커링 전용 선박(LNG Bunkering Shuttle Ship) 발주를 늘리고 있다.

LNG병커링에 대한 수요가 증가하면서 병커링 작업 기술의 안전과 효율을 위한 기준이나 절차, 그리고 관련 기자재 개발도 활발히 이루어지고 있다. 이러한 LNG병커링 관련 기술 및 기자재 시장은 유럽 소재 기업들이 세계시장을 주도하고 있다. 티지이(TGE), 바르질라(Wartsila), 지티티(GTT) 등은 LPG/LNG등 액화가스에 대한 경험을 바탕으로 세계 LNG병커링 기술 시장도 과점하고 있다. 반면에 국내에서는 한진중공업, STX조선해양 등의 조선소가 해외 선주로부터 LNG병커링 선박을 수주하였으나, 그 간의 중소형 LNG선박 설계에 대한 엔지니어링 역량이 부족하고 실적이 없어 주요 핵심기술 및 기자재는 모두 티지이(TGE)에서 수입하는 것으로 알려져 있다. 더욱이, 국내 중소조선소와 기자재 생산 기업은 LNG병커링과 관련한 설계 역량 및 기자재 납품 실적이 부족하여, 관련 시장에 진입하지 못하는 경우 성장은 물론 미래 LNG병커링 관련 산업 생태계 형성 조차도 불가능할 것으로 판단된다.

따라서 세계적으로 LNG병커링 산업이 태동하는 단계인 지금 LNG병커링을 위한 핵심설계 기술과 기자재에 대한 국내 기술을 개발하고 경쟁력을 갖추어나가는 것이 매우 시급하다. 자본과 관련 기술이 부족한 국내 기업의 여건을 고려할 때 LNG병커링 기술의 표준화를 통해 수요자와 공급자의 시장 집중도를 높이는 것이 기술 경쟁력 제고에 유리할 것으로 판단한다. 관련 경험과 기술 개발 여력이 없는 개별 기업이 새로운 기술을 개발하고 사업을 확장하는 것은 어렵기 때문이다.

3) LNG병커링 설계 기술과 기자재의 표준화 및 상용화 필요

경쟁력 있는 핵심기술을 확보하기 위해서는 LNG연료추진선 및 LNG병커링 선박을 위한 엔지니어링 기반의 LNG병커링 설계 기술과 기자재의 표준화가 필요하다. 구체적으로는 LNG연료추진선의 연료충전 주기, LNG연료창의 크기, LNG병커링을 위한 유량, LNG병커링 압력 및 온도 조건 등에 대한 설계 기준과 작업 과정에 대한 기준안을 제시하고, 이러한 기준안을 바탕으로 표준화된 기자재 생산체계를 갖추어야 한다.

LNG병커링 기술의 표준화(Standardization)란 LNG병커링 과정에서 일어날 수 있는 여러 가지 상황을 검토하고 소비자와 생산자(운영 및 생산)를 바탕으로 상호 생산적이고 효율적이라 판단되는 상태를 도출하여 공동의 기준으로 삼도록 하기 위한 일련의 활동이라고 할 수 있으며 이러한 활동에 필요한 합리적 기준을 표준(Standards)이라고 할 수 있다³⁾. LNG병커링 기술 표준은 병커링 작업이나 기자재 생산을 위한 규칙, 가이드 또는 특성을 설명하는 문서로 정의될 것이다. 지금까지 국내에서는 선박간의 LNG병커링이 이루어진 적이 없었으므로 관련한 절차와 기자재에 대한 표준이 없는 상황이다. 표준을 위해서는 병커링 절차나 기자재 생산에서 합리적 기준이 필요한 영역을 결정하고 표준 인증기관을 통해 그러한 기준을 승인 받고 문서로 정의하는 등의 다양한 노력이 요구된다.

또한 개발한 병커링 기술이 시장에서 거래될 수 있도록 서비스나 제품형태로 변환하는 상용화가 요구된다. 구체적으로는 시제품의 생산과 실증, 관련 법제도의 정비, 교육 훈련, 초기 수요 확보를 위한 시책, 정부 부처간 협력 및 국가별 관련 기관의 상호협력 등이 필요하다.

이와 같이 LNG병커링은 LNG연료추진 선박의 건조와 운영의 활성화를 위한 선결과제이지만, 아직까지 작업 절차나 시설 장비의 기자재에 대한 합리적 기준이 없다. 따라서 합리적 기준을 설정하기 위한 연구개발(R&D)과 새로운 기

3) 국가기술표준원의 표준화 및 표준에 대한 정의를 이용하여 재정리한 것이다.
(<http://www.kats.go.kr/content.do?cmsid=23>, 2015.11.23. 접속)

술과 기자재의 시장 거래를 촉진하기 위한 실증과 안전 기준 설정, 교육과 홍보, 수요 진작, 국제협력 등이 요구된다.

노르웨이, 덴마크 등 북유럽과 북미 등에서 대기환경에 대한 관심이 증대하고 있고, 중국은 LNG의 활용을 적극적으로 확대하는 시책을 추진하고자 준비하고 있다. 각 국의 추진 속도에 맞추어 국내에서도 LNG연료추진선의 보급을 활성화하기 위해서는 선박운항을 가능하게 하는 인프라로서 LNG병커링 기술의 표준화와 상용화를 위한 기반구축을 서둘러야 한다.

2. 연구의 목적

본 연구는 LNG병커링에 대한 국내외 현황과 미래 여건을 분석하여 LNG병커링 기술과 기자재에 대한 표준을 정하기 위한 기술개발 과제를 도출하고 이의 표준화와 상용화를 위한 정책 과제를 제시함으로써 우리나라 LNG병커링 기술의 발전과 LNG연료추진선 운항 활성화에 기여하는 것을 목적으로 한다.

먼저 LNG병커링 기술에 대한 합리적 기준을 설정하기 위한 국내외 관련 현황과 미래 여건을 분석한다. 이를 통해 LNG병커링의 표준화와 상용화의 필요성을 확인한다.

표준화와 상용화 추진을 위한 기본방향과 단계별 내용을 제시하여 중장기 국가 로드맵에 활용될 수 있도록 한다. 이는 또한 본 연구에서 제안한 LNG병커링 표준 설정에 필요한 연구개발 성과물을 표준화 상용화하는데 필요한 업무가 된다.

LNG병커링 기술의 표준을 설정하기 위한 연구개발 과제를 도출한다. 우선 연구진이 병커링 기술 과제를 도출한 후 이를 전문가 설문과 협의를 통해 반드시 필요하면서도 기술개발의 파급효과가 큰 것 등을 중심으로 압축한다. 또한 이러한 연구개발 과제를 추진하기 위한 기술 로드맵을 제시한다.

마지막으로 이러한 연구개발을 통한 표준화 추진을 전제로 연구개발 기술의 실증, 안전한 활용과 활성화를 위한 법제도 정비, 교육훈련, 국제표준화를 위한 협력 등과 같은 상용화를 위한 기반구축 방안을 제시한다.

제2절 연구의 범위와 방법

1. 연구의 범위

본 연구의 내용적 범위는 주로 선박간(ship-to-ship) LNG병커링 기술을 대상으로 한다. 터미널과 선박간 병커링이나 탱크로리를 활용한 병커링도 기술적으로 모두 포함하고 있기 때문에 연구결과의 활용에는 제약이 없다.

본 연구는 LNG병커링 표준을 위해 필요한 연구개발 과제를 도출하는 것이 핵심적 내용이다. 표준화와 상용화의 대상 기술을 먼저 정의해야 기술의 기준과 수준을 결정할 수 있기 때문이다. 따라서 본 연구는 연구개발 과제를 위한 기획보고서의 성격을 가진다. 연구 결과로 제안된 기획보고서에 따라 연구개발 과제를 추진하여 LNG병커링 기술의 합리적 기준을 설정하는 것은 후속과제에서 다루게 된다.

본 연구는 또한 후속과제에서 제안될 표준을 규칙, 가이드 등으로 표준화하고 상업적 거래에 필요한 정책을 제시함으로써 LNG병커링 기술 발전에 필요한 전반적 정책과정에 대한 내용을 다루고 있다.

본 연구의 기간적 범위는 연구개발 기술 로드맵과 관련된다. 향후 5년 내 LNG병커링에 대한 수요가 본격화 될 것으로 예상되어 병커링 선박과 기자재 생산에 대한 요구는 그 보다 2~3년 앞설 것으로 판단된다. 따라서 LNG병커링 기술의 표준화는 조속히 착수해야 할 것이며 향후 2~3년 내에 결과가 도출되어야 할 것으로 판단된다.

2. 연구의 내용

본 연구는 6개의 장으로 구성되어 있다.

먼저 제1장은 본 연구의 개요로서 연구의 배경과 필요성, 목적, 연구의 범위, 연구와 방법에 대해서 검토한다. 특히 선행연구에 대한 검토는 표준화와 상용화 연구의 방법론과 표준화와 상용화 기반구축의 내용에 관한 연구를 모두 검토하여 반영함으로써 본 연구의 객관성을 확보하고자 한다.

제2장에서는 LNG병커링 기술의 동향을 살펴본다. LNG병커링이 활성화되어 있지 않기 때문에 병커링 기술에 대한 개념을 주로 검토한다. 먼저 국내외 기술 수준을 비교 검토하고, 병커링 방식별로 활용 사례를 검토한다. LNG연료추진선의 연료공급시스템을 구분하여 분석하여 병커링 기술의 주요 내용을 작성한다.

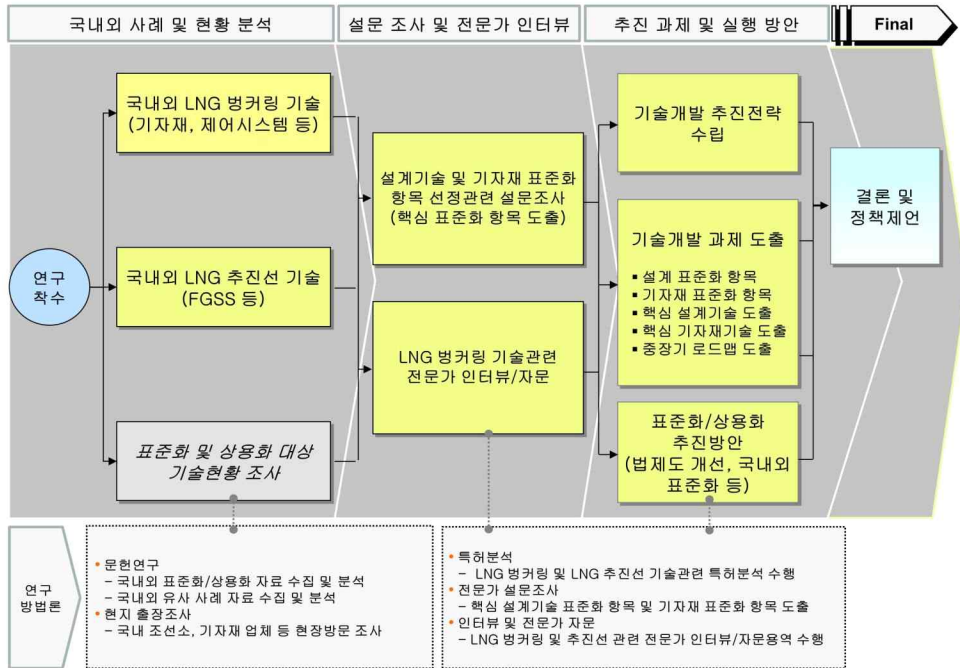
제3장은 표준화와 상용화 추진 여건을 분석한다. 특히 LNG병커링 관련 기술에 대한 국내외 주요 기관이 발행한 규정이나 지침서를 분석한다. LNG병커링 관련 기술의 특허 현황을 검토하여 규정이나 지침서 등과 같이 표준화 추진시 활용할 수 있도록 한다.

제4장에서는 LNG병커링 기술 표준화 및 상용화 대상 기술의 개발 계획을 기술개발 로드맵 중심으로 제시한다. 우선 LNG병커링 기술은 병커링 절차에 따라 필요한 기술을 연구진이 제시하고 이들 기술 가운데 전문가 협의를 통해 시급성과 경제효과 및 파급성 등을 중심으로 우선 개발해야 하는 기술을 선정한다. 그리고 표준 기술 개발을 위한 연구개발 로드맵을 제시하고 필요한 예산을 산정한다. 또한 연구개발 사업의 타당성과 효과 분석 방법을 제시한다.

제5장에서는 LNG병커링 기술의 표준화와 상용화를 위한 추진 과제를 분석한다. LNG병커링 기술 표준화와 상용화 기반구축 과제를 SWOT 분석하고 추진 전략을 제시한다. 그리고 표준화와 상용화 기반 구축을 위한 중점 과제를 제시한다. 연구개발 기술의 실증과 시범사업 추진 계획, LNG병커링 기술의 교육 훈련 방안, 국제 표준화 선도 계획, 법제도의 정비 방안 등을 제시한다.

제6장은 본 연구를 요약하고 결론으로서 LNG병커링 기술의 표준화와 상용화의 타당성과 이를 위한 기반구축 방안과 이의 추진을 위해 필요한 시책을 제안한다.

|그림 1-1| 연구 흐름도



3. 연구의 방법

본 연구는 세계적으로는 특정 지역을 중심으로 활성화되어 있지만 국내에는 없는 LNG병커링 기술에 대한 것이다. LNG연료추진선의 활성화의 선결조건으로서 LNG병커링 기술에 대한 합리적 기준을 설정함으로써 관련 산업의 활성화에도 크게 기여할 것으로 기대된다. 따라서 현행 기술이 없는 상황에서 추진하는 본 연구는 관련 분야 기술 전문가의 역량을 광범위하게 활용하는 것이 중요하다.

먼저 여건분석은 문헌조사 방법을 주로 활용하며 부분적으로 관련 전문가의 의견을 활용한다. 또한 관련 기술의 특허 현황은 특허 분석 방법을 활용하되 관련 전문기업에게 의뢰하여 수행한다.

연구개발 과제의 도출은 관련 전문가의 집단 지성을 활용할 수 있도록 수차례 회의를 통하여 연구진이 제시한 기술을 심층 분석하여 재정리하여 선택한 후 이를 다시 전문가 25명에게 항목에 따라 채점하여 우선 추진할 LNG병커링 기술과 기자재를 선정한다.

제3절 선행연구 검토

1. 표준화 관련 선행연구 검토

표준화와 관련된 선행 연구를 살펴보면 주로 장비나 시설의 표준화 관련 사항이 다수를 차지하고 있으며 일부는 표준특허, 국제 표준화 등과 관련된 내용들도 포함되어 있다. 장비 표준화 관련해서 한국지질자원연구원(2010)⁴⁾은 지진관측 장비의 표준화 기반으로서 시설·장비에 관한 기준설정, 지진관측 장비 성능규격 고시(안) 제안을 주요 내용으로 하고 있다. 김기현·이승민·이준화(2011)⁵⁾는 표준과 특허의 관계 분석을 통해서 표준특허의 정의와 특성을 도출하고 있다. 반도체산업 분

4) 한국지질자원연구원, 「지진관측 장비 표준화(검·교정) 기반 구축 마련」(2010)

5) 한국특허정보원, ‘표준과 특허의 관계 및 표준특허의 정의와 특성’, Patent21, (95), 2011.5. p10-15

야에서는 차세대반도체 기술의 국제 표준을 선점하는 것이 산업 경쟁력 제고와 직결되기 때문에 국제 표준을 선도하기 위한 기반구축이 매우 중요한 부분을 차지한다.⁶⁾ 이처럼 표준화의 경우 그것이 장비든 기술이든 국제 표준으로 선정되는 경우 관련 산업에 큰 파급력을 갖기 때문에 산업의 국제 경쟁력 강화 차원에서도 매우 중요하다.

2. 상용화 관련 선행연구 검토

상용화와 관련한 선행 연구는 연구방법론과 상용화 방안에 대한 연구로 구분하여 검토한다. 기술의 수준이나 사회적 영향 그리고 상품의 생산동기에 따라 상용화에 필요한 구체적인 조치나 절차가 다르기 때문에 이러한 차이점을 반영하여 LNG벙커링 기술에 적합한 상용화 방안을 검토하기 위해서다.

정현수(2005)는 국내외의 기술 상용화 실태를 조사하여 우리나라 기술 상용화의 효율화 방안을 제시하고 있다. 대기업 보다는 중소기업의 기술 상용화에 애로요인이 많고 연구기관의 기술사업화의 비효율성을 지적하고 이러한 문제점을 해결하기 위해 부처 협력의 ‘기술사업화진흥원’ 설립을 제안하고 있다. 김동아(2016)는 국내외 중저속 자기부상열차의 개발 현황과 운영사례를 비교하여 국내 상용화를 위해 실용화 사업추진단의 운영과 개선방안 제시하고 있다.

조기동·김준우(2014)는 실증분석 결과 중소기업이 자체 개발한 기술이나 대학 또는 연구기관으로부터 이전받은 기술을 활용하여 상용화하는 경우 기업의 재무적 성과에 정(+)의 영향을 미치는 것을 확인했다. 기술 상용화가 기업 성공에 중요한 요인이 된다는 것을 입증한 것이다.

조기동·김준우(2014; 84)는 “기술 상용화(technology commercialization)를 연구 개발된 결과물을 시장의 수요나 요구에 맞게 제품이나 서비스 형태로 변환하는 것”으로 정의하고 있다. 이때 기술은 기업이 자체 개발한 것과 대학 또는 연구소가 개발한 기술을 이전받는 것으로 구분하고 있다.

조기동·김준우(2014; 84)는 기술이 상용화되는 과정을 설명하고 있다. 연구를

6) 기술표준원, 차세대반도체산업의 국제표준화 기반구축사업(2005)

통한 아이디어 도출, 기술 개발, 시제품 공정 및 신공정 개발, 신제품 대량생산, 판매 및 마케팅까지의 모든 과정을 상용화라고 하고 있다.

신승호·홍기용(2011; 59-61)은 파력발전 장치의 상용화를 위한 전제조건으로서 장치 자체의 신뢰성과 경제성을 들고 있다. 특히 해상이라는 급변하는 환경에서도 육상수준의 내구성을 상당기간 유지해야 하는 신뢰성을 우선시 하고 있다. 이형묵 외(2011)는 수상 태양광 발전시스템의 상용화를 위한 요건으로서, 부력재와 같은 핵심 부품소재의 가격경쟁력 확보 방안과 태양광발전구조물을 수상에 안정적으로 설치하는 방안을 제시하고 있다. 즉, 경제성과 기술의 신뢰성을 상용화 요건으로 판단하고 있다.

가스안전연구개발원(2004; 95-110)은 수소·연료전지 상용화를 위해서는 기술적, 경제적 타당성은 물론 생소한 자원을 ‘거리낌 없이’ 받아들일 수 있는 사회문화적 인프라 구축도 반드시 갖춰야할 요소로 강조하고 있다. 구체적으로는 연구개발 성과인 기술을 평가하기 위한 실증(Technical Validation)과 안전계획, 법규 및 표준(Code & Standard) 제정, 교육과 홍보, 정부정책이 필요하고 또한 조기 상용화를 위해서는 국제협력도 추진해야할 과제로 제시하고 있다.

김용석(2015; 3-4)은 자율주행자동차의 상용화를 위한 과제로서 기술력 확보를 최우선으로 꼽으면서도 실제 자율주행차의 운영을 위해서는 법제도와 철학이 이를 수용하는 사회적 공감대 형성의 중요성을 강조하고 있다. 이어 자율주행 기술의 발달단계를 4단계로 구분하고 국내 기술의 현 수준을 평가한 후 상용화의 목표 연도(2020)를 설정하고 있다. 특히 별도의 상용화 추진 시책⁷⁾을 관계부처 합동으로 마련한 점을 강조하고 있다. 이에 따르면 법·제도 정비, 지원인프라 확충, 기술개발 지원 등 3개 분야로 분류하여 세부계획을 추진하고 있다.

배희진 외(2010)는 다목적실용위성이 촬영한 영상의 상업적 거래를 위해서는 상용화 운영절차, 영상의 주문·촬영·자료배송을 위한 상용화지원시스템 구축 그리고 이를 관리하는 지원조직이 위성 영상의 상용화를 위해 필요한 것으로 제시하고 있다.

7) 제3차 규제개혁장관회의에서 관계부처 합동으로 “자율주행차 상용화 지원방안”을 수립하였다. 보도자료, 2015.5.6

이윤준(2008; 16)은 공공연구기관과 민간기업의 협동연구는 기술 개발 보다 상업화에 더 큰 영향을 미치는 것으로 분석하고 있다. 이는 연구개발자가 잠재적인 기술 도입자와 연결되어 있어 산업현장의 요구를 더 많이 파악할 수 있기 때문인 것으로 설명하고 있다.

3. 선행연구의 시사점

앞서 살펴 본 선행연구는 기술의 표준화 및 상용화 활성화를 위한 사회적 인프라, 기술 표준화와 상용화의 중요성, 상용화를 위한 전제 조건, 생산품의 상업용 거래 촉진방안, 사회적 영향이 큰 혁신기술의 상용화 추진 로드맵, 상용화를 목적으로 하는 경우의 효과적인 기술개발 체계 등에 관한 연구로 분류할 수 있다.

이들은 연구 목적에 따라 연구방법론의 차이를 보이고 있다. 먼저 기술 상용화 효과나 체계 개선을 목적으로 하는 경우는 실태조사와 실증분석 방법을 활용한다. 즉, 기술 상용화를 국가 경제적 이슈 차원에서 분석한 연구는 실태조사와 대상 제품의 기술 경쟁력 분석을 통해 상용화 대안을 제시하고 있으며, 상용화의 효과나 효과를 극대화하기 위한 연구는 실증분석을 활용하고 있다. 그리고 특정 시스템이나 상품의 상용화를 위한 연구는 해당 기술을 소개하고 상용화를 위한 구체적인 아이디어를 제시하고 있다. 이 경우 과학적 방법보다는 제안적 성격의 연구가 많다.

본 연구의 상용화 검토 대상은 LNG벙커링의 안전과 효율을 위한 표준화된 절차와 기자재이다. 따라서 실태조사와 실증분석 보다는 현황 분석을 통한 상용화 추진 방안을 제시하는 제안적 연구 방법을 채택한다.

그리고 선행연구에서 검토한 상용화 방안은 기술 수준이나 영향, 그리고 제품의 생산동기에 따라 다양하게 제시되고 있다. 먼저 파력발전장치와 같은 혁신적 기술 수준인 경우에는 기술의 신뢰성과 경제성이 상용화를 위한 전제 요건으로 제시되고 있다. 게다가 수소·연료전지나 자율주행자동차와 사회경제적으로 파급효과가 큰 기술의 상용화를 위해서는 기술력은 물론 사회경제적 영향도 검토하고 단계별 상용화 추진을 위한 국가계획과 로드맵이 필요한 것으로

제시되고 있다.

한편 위성영상과 같은 공공 목적으로 생산한 상품을 상업적인 거래를 위해서는 별도의 상용화 절차와 지원시스템이 필요하다. 기상청이 생성한 기상정보를 상업적으로 활용하는 것도 유사 사례로 볼 수 있다. 이러한 상용화 체계는 혁신적 기술수준은 아니며 기술의 파급효과도 크지 않다.

이러한 내용을 그림에서 요약하여 설명하고 있다. 즉, 혁신적 기술이면서 기술의 파급효과가 클수록 기술력은 물론 기술의 실증, 법·제도정비 등 추진을 위한 국가계획과 추진체계가 요구된다.

본 연구의 대상인 선박간(ship-to-ship) LNG병커링 기술의 경우 국내사례가 없으며 LNG를 선박연료로 사용하는 상선도 없다. 반면에 가스의 특성이 석유와 상당히 다르고 안전기준과 비즈니스 체계도 새로운 것이다. 또한 선박의 국제항해 특성을 반영하여 국제적인 협력도 상용화를 위해서는 매우 중요한 과제이다. 따라서 기술의 혁신성과 파급효과에서 모두 높은 점수가 인정되어 LNG 병커링 기술의 상용화를 위해서는 정책적 차원의 추진 로드맵이 필요하다.

또한 기술 상용화의 효과를 높이기 위해서는 연구개발 단계에서 상용화 기업과의 협력연구가 중요하다는 점을 선행연구를 통해서 확인했다.

본 연구에서 LNG병커링 기술의 표준화 및 상용화 기반구축 방안은 LNG병커링 절차와 관련 기자재 생산에 필요한 합리적 기준을 마련하기 위한 연구개발, 실증, 법제도 정비, 교육훈련, 국제협력 등의 추진계획을 중심으로 제시한다.

[그림 1-2] 기술 특성별 상용화 추진 방안

기술의 혁신성	<p>파력발전장치 수상태양광발전장치</p> <p><기술의 신뢰성·경제성 확보></p>	<p>수소·연료전지 중저속자기부상열차 자율주행자동차</p> <p><연구개발 실증, 법제도정비, 교육·홍보, 국제협력></p>
	<p>위성영상 상용화</p> <p><거래지원시스템 구축></p>	

기술의 파급효과

자료 및 주 : 관련 선행연구의 결과를 활용하여 저자 작성

제2장 LNG벙커링 및 LNG연료시스템 기술 현황

제1절 LNG벙커링 기술 현황

1. 국내외 LNG벙커링 기술 동향

1) 국내 LNG벙커링 기술

기체와 액체가 공존하는 연료인 액화천연가스(LNG)를 취급하기 위해서는 엄격한 기술이 요구된다. 하지만 우리나라는 기존 LNG 선박 건조기술에 있어서 세계적인 수준의 기술을 보유하고 있는 덕분에 LNG벙커링 및 LNG연료추진선 분야에서도 어느 정도 기술적으로 우수한 상태를 유지하고 있다. 하지만 현재 국내 LNG벙커링 및 LNG연료추진선에 관한 설비 및 기자재 관련 기술의 경우 실제 납품 실적이 저조한 관계로 상대적으로 외국 기술에 뒤처져 있는 것으로 인식되고 있다.

대표적인 국내 기업으로는 동화엔텍, NK, 코벨, 효성굿스프링스 등을 중심으로 LNG선에 적용되는 극저온 기자재에 대한 기술개발을 완료했거나 진행 중이다. 밸브, 열교환기, N2 Generator 등은 납품실적을 갖고 있으나 압축기, 펌프 등은 현재까지 납품실적이 거의 없다.

국내 대형 조선소는 LNG 수송선과 LNG FPSO, LNG FSRU 등의 해양플랜트를 건조하고 있으나, 핵심기자재인 펌프, 압축기, 열교환기, Loading Arm 등은 대부분 외국에서 수입하여 사용하고 있다.

|표 2-1| LNG 기자재 기술관련 국내기업의 경쟁력

기자재명	기업명
LNG Fuel Tank	
- B Type	대우조선해양/현대중공업/STX조선해양/NK
- C Type	NK/Cryos/삼성중공업/LATTICE Technology
- Membrane Type	KOGAS
LNG Feed Pump(Submerged)	효성굿스프링스
HP LNG Pump(Reciprocating)	서울가스이엔지/정우이앤이/협성철광
극저온 이중배관	성일엔케어/정우이앤이/한창엔지니어링
극저온 고압밸브	코벨
극저온 저압밸브	코벨/Mt.H Valve/Ace Valve/S&S밸브
극저온 저압열교환기	동화엔텍/광산/LHE
극저온 고압열교환기(PCHE)	이노윌/LHE
극저온 고압열교환기(Shell&Tube)	동화엔텍
극저온 고압열교환기(Spiral Tube)	동화엔텍
소형 가스압축기	-
소형 가스소각기	-
소형 가스재액화기	한국가스기술공사
제어시스템	Honeywell Korea/현대중공업/트랜스가스솔루션/삼성중공업
LNG병커링 스테이션	신한기계
Gas Valve Unit / Gas Valve Train	현대중공업/두산엔진/STX엔진/STX중공업/코벨
중탄소화합물 제거시스템(HCR)	한창엔지니어링/광산/NK
FGSS Skid 제작	선보공업/신한기계
LNG병커링 Arm	-
Azimuth Thruster	-
LNG병커링선박설계엔지니어링(AIP)	STX조선해양/한진중공업/LNG산업기술협동조합

자료 : 트랜스가스솔루션(TransGasSolution) 내부 자료

2) 국외 LNG벙커링 기술

해외에서는 LNG를 선박 연료로 사용하기 위해 2000년 이전부터 기술을 개발하고 발전시켜왔다. 이에 Rolls-Royce, Wärtsilä 및 MAN Diesel & Turbo는 LNG연료추진선에 장착되는 엔진을 생산하고 엔진 특성에 맞는 FGSS 및 선박 디자인까지 제공하고 있다.

LNG 엔지니어링은 GTT, TGE 등을 주요 업체로 볼 수 있는데, GTT는 Membrane type CCS⁸⁾인 Mark III와 NO 96을 자체개발하여 엔지니어링을 주도하고 있으며, TGE의 경우 LPG 시장에서의 노하우를 바탕으로 LNG 저장시스템 및 Gas Processing, LNG Supply & Distribution 등을 주요 사업분야로 선정하여 LNG벙커링 시장에서의 점유율을 가지고 있다.

LNG관련 기자재의 경우, Cryostar, CHART 및 Wärtsilä를 주요 업체로 볼 수 있는데, Wärtsilä는 2012년에 LNG 재액화 설비 및 Cargo Pump System의 기술을 갖춘 Hamworthy를 인수합병하여 LNG 관련 시장의 점유율을 높였으며, Cryostar는 극저온 Pump, 열교환기 등에 대한 기술을 갖고 있고, LNG Transport & Terminal에 사용되는 기자재 및 공정분야에 다양한 경험을 갖추고 있다.

⁸⁾ CCS(Cargo Containment System)는 -163℃의 LNG를 액화상태로 저장하기 위한 방열 시스템

|표 2-2| LNG 기자재 기술관련 외국기업의 경쟁력

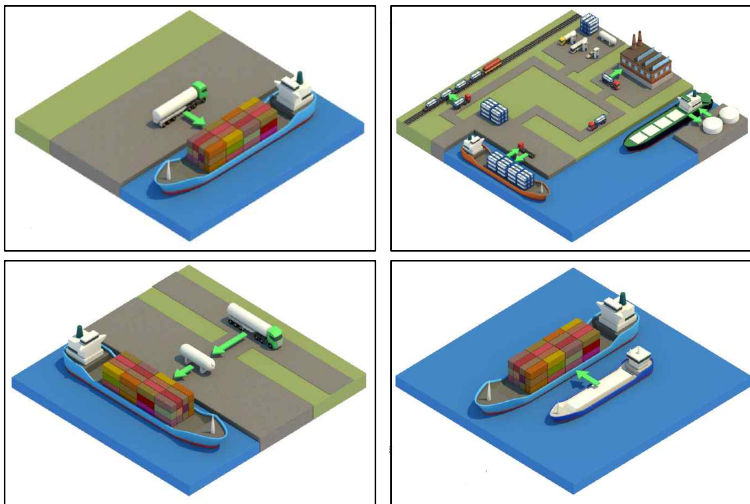
기자재명	기업명
LNG Fuel Tank	
- B Type	IHI(일본)
- C Type	Wartsila(핀란드)/TGE(독일)
- Membrane Type	GTT(프랑스)
LNG Feed Pump(Submerged)	ACD(미국)/Cryostar(프랑스)/Shinko(일본)
HP LNG Pump(Reciprocating)	ACD(미국)/Cryostar(프랑스)/Shinko(일본)
극저온 이중배관	다수
극저온 고압밸브	다수
극저온 저압밸브	다수
극저온 저압열교환기	ACD(미국)/Cryostar(프랑스)/Wartsila(핀란드) 등
극저온 고압열교환기(PCHE)	Heatric(영국) 등
극저온 고압열교환기(Shell&Tube)	Cryostar(프랑스) 등
극저온 고압열교환기(Spiral Tube)	Cryostar(프랑스) 등
소형 가스압축기	GE(미국) 등
소형 가스소각기	SNECMA(프랑스), SAACKE(독일) 등
소형 가스재액화기	D-H Industries(미)/Air Liquid(프)/Kanfa Aragon (노)
제어시스템	Kongsberg(노르웨이)
LNG병커링 스테이션	TGE(독일)/Wartsila(핀란드)
Gas Valve Unit / Gas Valve Train	Wartsila(핀란드)/MAN Diesel&Turbo(덴마크)
중탄소화합물 제거시스템(HCR)	Cryostar(프랑스)
FGSS Skid 제작	다수 업체
LNG병커링 Arm	FMC(미국)/NIKISO(일본) 등
Azimuth Thruster	ABB(프랑스) 등
LNG병커링선박설계엔지니어링(AIP)	NLI Solution/TGE(독일)/Wartsila(핀란드)/GTT(프랑스)

자료 : 트랜스가스솔루션(TransGasSolution, TGS) 작성

2. LNG벙커링 방식과 활용 사례

벙커링은 LNG를 공급하는 시설에 따라 트럭 대 선박(Truck to Ship; TTS), ISO탱크 컨테이너 교체방식(ISO Tank Container), 파이프 대 선박(Shore or Pipeline to Ship; PTS) 그리고 선박간(Ship to Ship: STS) 벙커링으로 구분하고 있다. LNG연료추진선의 연료탱크 크기, 선종 등 벙커링 수요와 벙커링 터미널의 위치조건 등에 따라 적합한 방식을 결정하게 된다.

[그림 2-1] LNG벙커링 방식별 모식도



자료 : DNV · GL(2014), pp. 13-20

주 : 좌상부터 시계방향으로 TTS, ISO Tank Container, STS, PTS

1) 트럭 대 선박(Truck to Ship; TTS)

트럭 대 선박(TTS)의 LNG벙커링은 초창기부터 사용하는 방식으로서 현재까지 가장 널리 이용되고 있다. 이는 육상 안벽에서 LNG 탱크로리(Tank-lorry)를 이용하여 LNG연료추진선에 LNG를 주입하는 것으로 소규모 선박에 적합하며 국내에서는 인천항만공사의 에코누리호가 활용하고 있다.

탱크로리가 운반할 수 있는 LNG의 용적은 각 국가의 도로교통법에 따라 다르

긴 하지만 기본적으로는 선박에 LNG를 공급할 수 있는 양이 제한적이므로 병커링 가능 선박은 소형 선박으로 제한된다. 탱크로리와 선박 간의 거리가 8m 미만이므로 접안 가능한 안벽이 필요하다. 그리고 보다 효율적이고 편리한 병커링을 위해서는 장거리 이송 방법 및 증발가스(Boil off Gas; BOG)를 처리할 수 있는 기술이 요구된다.

<그림 2-2> 왼쪽 그림은 2014년도부터 운영 중인 Tug boat(선주: Bukser & Berging)가 이탈리아 Civitavecchia 항에서 2014년 5월에 처음으로 탱크로리를 이용하여 병커링을 진행하고 있는 것을 보여주고 있다. 또한 오른쪽 그림은 2016년 1월, 미국의 Jacksonville 항에서 세계 최초의 LNG추진 컨테이너 선박인 TOTE ISLA BELLA 선박에 LNG를 공급하고 있는 모습이다.

[그림 2-2] Truck to Ship 활용 사례

<Tug Boat 사례>



<컨테이너선 사례>



자료 : Tug Boat(Marinelink 홈페이지(<http://www.marinelink.com>), 2015.11.20. 검색), 컨테이너선 (TOTE 홈페이지(<http://www.toteinc.com>), 2015.11.20. 검색)

2) ISO탱크 컨테이너 교체방식(ISO Tank Container)

ISO 규격의 휴대용 극저온 연료탱크 컨테이너(Portable Cryogenic Tank Container)를 이용하여 LNG연료추진선에 병커링하는 방식이다. 이 방식은 고가의 탱크로리가 아닌 일반 트럭이나 철도 등으로 LNG를 운송하고 대형 설비나

저장 시설이 필요 없으므로 초기 투자비용이 저렴하다.

또한 컨테이너 탱크로 교체하므로 TTS방식과 같이 차량에서 벙커링할 수도 있고 선박에 적재하여 벙커링할 수도 있어 벙커링 단계를 단순화할 수 있다. 탱크 용량은 일반 컨테이너 규격과 동일한 20ft, 40ft 규격이 있고, 비규격 용량을 사용하기도 한다.

하지만 대형선박의 벙커링에는 탱크용량이 적어 부적합하고, 아직 본 벙커링 방식에 대한 규정 및 지침이 없고, 탱크 교체 시 배관 연결과 관련된 사고 발생 확률이 있어 승무원의 안전교육이 요구된다.

3) 파이프대 선박(Pipeline to Ship, Shore to Ship)

육상 혹은 항만의 LNG터미널에 LNG연료추진선이 접안하여 벙커링을 하는 방식이다. 이는 Loading Arm과 벙커링 스테이션 및 유량 시스템을 이용하여 LNG를 주입하는 방식으로, 기존의 LNG Carrier가 LNG 터미널에 LNG를 전달하는 방식과 유사하여 안전성 및 기술은 검증되어 있으나, 본 방식을 사용하기 위해 접안 시설을 따로 마련해야하는 등의 초기 투자비용이 매우 높다.

<그림 2-3>은 스웨덴의 Risavika 항에서 Stavangerfjord호 및 Bergensfjord호에 LNG 로딩암을 이용하여 LNG를 공급하고 있다.

[그림 2-3] Pipe to Ship 활용 사례



자료 : Cryonorm 홈페이지(2015.11.20 접속)

4) 해상 (Ship to Ship, STS) 벙커링

LNG벙커링 선박 또는 플로팅 바지를 이용하여 LNG연료추진선에 LNG를 공급하는 방식으로, 어떠한 크기의 LNG연료추진선에도 적용 가능하며, LNG연료추진선이 하역을 하고 있는 동안에 LNG 공급이 가능하다는 장점을 가진다.

하지만 선박 간의 벙커링이므로 해상환경에 따른 제약이 여타의 방식들보다 크기 때문에 안전한 벙커링을 위하여 선원들의 안전교육을 강화해야한다.

|그림 2-4| Ship to Ship 활용 사례



자료 : Ports of Stockholm 홈페이지(2015.11.20 접속)

<그림 2-4>는 스웨덴의 Stockholm 항에서 Viking Grace호에 LNG벙커링 선박을 이용하여 Ship to Ship 벙커링을 진행하고 있다. 이는 2013년부터 시행되어 왔으며, 매주 6회 정도 연료공급을 받는다.

지금까지 살펴본 4가지 유형의 LNG벙커링 방식은 기술적으로 벙커링의 시작과 종료 구간이 다르다. 이는 <표 2-3>에 기술되어 있는데, Truck to Ship 및 Pipe to Ship의 경우, Truck 또는 Pipe에서 각 선박에 맞는 벙커호스를 구비하기 어려워 선박의 벙커호스가 각각의 벙커스테이션으로 진입하는 경우를 시작으로 보고, 이를 제거할 경우 종료로 취급하게 된다. Portable Tanks의 경우, 벙커호스가 필요가 없이 이용되는 곳에 Portable Tanks가 고정되고 제거되는 것을 시작과 종료로 구분한다.

Ship to Ship의 경우, 위의 3가지 방식과는 많은 차이를 보이는데 LNG벙커링 선박 또는 벙커링 바지(Barge)선이 LNG연료추진선으로 접근하는 자체를 시작으로 보고 안전구역을 벗어나는 경우를 종료로 구분하고 있다.

[표 2-3] 벙커링 방식별 벙커링 구간 정의

벙커링 방식	시작	종료
Truck to Ship	선박의 벙커호스가 벙커스테이션의 폭발영역으로 진입	선박의 벙커호스를 폭발영역에서 제거
ISO Tank Container	선박의 구조물에 Portable Tank를 고정	선박의 구조물에서 Portable Tank를 제거
Pipeline to Ship	선박의 벙커호스/파이프가 벙커스테이션의 폭발영역으로 진입	선박의 벙커호스/파이프를 폭발영역에서 제거
Ship to Ship	벙커링 선박 또는 벙커바지가 안전거리구역으로 진입	벙커링 선박 또는 벙커바지가 안전구역을 이탈

주 : Portable Tank는 ISO Tank Container를 의미함

자료 : KEIT(2014)

위에서 설명된 바와 같이 벙커링 방식별로 각기 다른 특징들이 있다. 이러한 각각의 특징은 곧 개별 방식에 따른 장·단점이 될 수 있다. 이에 각 벙커링 방식별 장·단점을 <표 2-4>에 제시하였다.

[표 2-4] LNG벙커링 방식에 따른 장·단점

벙커링 방식	장점	단점
Truck to Ship	· 선박의 하역작업 시 벙커링이 가능 · 저렴한 시설 구축비용	· 벙커링 가능 용량이 적음 · 벙커링 시간 소요가 큼
ISO Tank Container	· 컨테이너 이용으로 운송 간편 · 이미 개발된 기술	· 비싼 탱크 비용 · Loading/Unloading시 추가기술 필요
Pipeline to Ship	· 벙커링 가능 용량이 큼 · 벙커링 시간 소요가 적음	· 벙커링 전용 부두가 요구 · 비싼 시설 구축비용
Ship to Ship	· 선박의 하역작업 시 벙커링이 가능 · 벙커링 시간 소요가 적음 · 벙커링 가능 용량이 큼	· 비싼 시설 구축비용

자료 : KEIT(2014)

3. LNG벙커링 선박 현황

STS 방식을 이용하여 LNG벙커링을 하기 위해서는 LNG벙커링 선박이 필요하다. 특히, 배출규제해역(ECA)⁹⁾가 설정되어 있는 유럽에서는 LNG벙커링의 수요가 꾸준히 유지될 수 있으므로 LNG벙커링 선박을 이용하여 운영하고 있거나 발주를 계획하고 있다. .

|표 2-5| 유럽 내의 LNG벙커링 선박

국가	도시	Owner/Operator	운항 연도	비 고
스웨덴	스톡홀름	Viking Line, AGA	2013	
벨기에	지부르게	GDF Suez, NYK, Mitsubishi	2016 예정	· 한진중공업에서 건조중 · 5,000m3급
	앤티워프	Exmar	2015 예정	
네덜란드	로테르담	Shell	2016 예정	· STX조선해양에서 건조 · 6,500m3급
		Argos Bunkering	2016 계획	· LNG 및 가솔린 벙커링 선박 · LNG 1,870m3, 가솔린 1,400m3
프랑스	뮹케르케	Exmar	계획	
독일	함부르크	Harpain Shipping, HarpainGas	2016, 2017 (계획)	· 21,000m3급 4척

자료 : 트랜스가스솔루션(Trans Gas Solution, TGS) 연구진 조사 및 작성

⁹⁾ 선박에서 배출되는 SOx, NOx, PM 등의 대기오염물질을 보다 강력하게 규제하기 위해서 IMO에서 마련한 제도가 배출규제해역(ECA) 이다.

제2절 LNG연료추진선과 연료공급시스템

1. LNG연료추진선 현황

1) 운항 현황

LNG를 선박의 추진연료로 가장 먼저 사용하기 시작한 나라는 노르웨이이다. 노르웨이는 지리적 위치상 지구온난화로 인한 해수면 상승과 빙하 면적의 감소와 같은 기후변화의 파급력이 타 지역에 비해 높은 관계로, 선박 배기가스로 인한 오염을 줄이기 위한 환경친화적인 방안을 일찍이 모색해왔다. 이러한 방안의 일환으로 2000년 세계 최초로 LNG연료추진선인 *Glutra*호를 건조하였다. LNG연료추진선의 도입은 노르웨이 뿐만 아니라 IMO를 통해 세계적으로 LNG연료추진선의 시장이 확대되는 계기가 되었다. 특히 초기에는 노르웨이, 스웨덴을 중심으로 하는 북유럽에서 LNG연료추진선 적용 및 보급이 빠르게 진행되었으나 지금은 점차 전 세계적으로 확산되고 있다.

[그림 2-5] LNG연료추진 선박의 증가 추이



자료 : DNV GL, 「LNG fuelled vessels」 (2015.10.23.)을 활용, 트랜스 가스 솔루션 연구진 재정리

[표 2-6] 세계 LNG연료추진선 건조 및 운항 현황

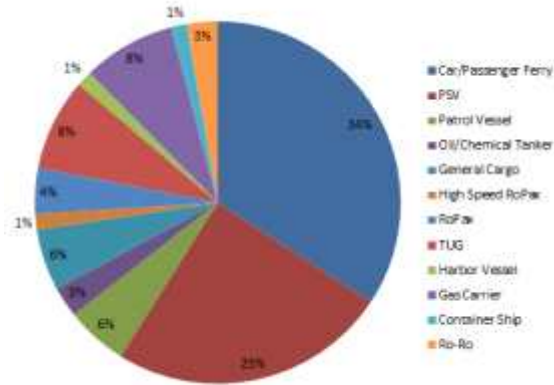
년도	선종	선주	선급	척수
2000	Car/Passenger Ferry(개조)	Fjord1	DNV	1
2003	PSV	Simon Mokster(1척) / Eldesvik(1척)	DNV	2
2006	Car/Passenger Ferry	Fjord1	DNV	1
2007	Car/Passenger Ferry	Fjord1	DNV	4
2008	PSV	Eldesvik Shipping	DNV	1
2009	PSV	Eldesvik Shipping	DNV	1
	Car/Passenger Ferry	TideSjo(3척) / Fjord1(1척)	DNV	4
	Patrol Vessel	Remoy Management	DNV	1
	Patrol Vessel	Remoy Management	DNV	2
2010	Car/Passenger Ferry	Fosen Namsos Sjo(1척) / Fjord1(3척)	DNV	4
	Car/Passenger Ferry	Fjord1	DNV	1
2011	Oil/Chemical Tanker(개조)	Tarbit Shipping	GL	1
	PSV	DOF(1척) / Solstad Rederi(1척)	DNV	2
	Car/Passenger Ferry	Torghamtnen Nord(3척) / Fjord1(1척, 개조)	DNV	4
2012	General Cargo	Nordnorsk Shipping	DNV	1
	PSV	Eldesvik(2척) / Olympic Shipping(1척) / Island Offshore(2척)	DNV	5
	Car/Passenger Ferry	Torghamtnen Nord(1척) / Norled(1척)	DNV	2
2013	General Cargo	Eldsvaag	DNV	1
	High Speed RoPax	Buquebus	DNV	1
	PSV	REM	DNV	1
	RoPax	Viking Line(1척) / Fjordline(1척)	LR, DNV	2
	TUG	CNOOC	CCS	2
	Harbor Vessel	Incheon Port Authoity	KR	1
	Car/Passenger Ferry	Norled	DNV	1
2014	Gas Carrier	Authony Veder	BV	2
	General Cargo	Egil Ulvan Rederi	DNV	2
	Patrol Vessel	Finish Border Guard	GL	1
	PSV	Remoy Shipping(1척) / Siem Offshore(1척)	DNV	2
	RoPax	Fjordline	DNV	1
	TUG	Bukser & Berging	DNV	2
	Car/Passenger Ferry	Samsøe Municipality(1척) / Society of Quebec Ferries(1척) / AG EMS(1척, 개조)	DNV GL LR	3
2015	Container Ship	TOTE Shipholdings	ABS	1
	Gas Carrier	Evergas(3척) / Chemgas Shipping(1척)	BV	4
	Oil/Chemical Tanker(개조)	Bergen Tankers	LR	1
	PSV	Harvey Gulf Int.(2척) / Simon Mokster Shippng(1척) / Siem Offshore(1척)	ABS DNV GL	4
	Ro-Ro	Norlines	DNV GL	2
	TUG	CNOOC(1척) / NYK(1척)	CCS / NK	2
	합계			74

자료 : DNV GL, 「LNG fuelled vessels」 (2015.10.23.)을 활용, 트랜스 가스 솔루션 연구진 재정리

현재 건조 또는 운항 중인 LNG연료추진선 중 가장 많은 선종은 차량/여객수송선박(Car/Passenger Ferry)이 25척으로 전체 73척 중 34%를 차지하고, 다음으로 오프쇼어서비스선박(Platform Service Vessel, PSV)이 18척 운항 중에 있다. 2015년 상반기 기준으로 대부분의 LNG연료추진선이 북유럽 지역에서 운항중이며 선박의 크기도 중소형 선박 규모 선박이다.

[표 2-7] 선종별 LNG연료추진선 운항 현황

선종	척수
Car/Passenger Ferry	25
PSV	18
Patrol Vessel	4
Oil/Chemical Tanker	2
General Cargo	4
High Speed RoPax	1
RoPax	3
TUG	6
Harbor Vessel	1
Gas Carrier	6
Container Ship	1
Ro-Ro	2
합계	73



자료 : DNV GL, 「LNG fuelled vessels」 (2015.10.23.)을 활용, 트렌스 가스 솔루션 연구진 재정리

2) 발주 현황

2015년 10월을 기준으로 LNG연료추진선은 전 세계적으로 80척이 발주되어 있다. 특히 LNG 공급가격이 상대적으로 낮은 미국에서 상업적 목적의 대형선 발주가 크게 증가한 것을 볼 수 있다.¹⁰⁾

10) 한국천연가스차량협회·LNG벅커링 협의체, 「중소형 LNG추진선 보급 확대방안 연구」, 2015.8, pp. 14

|표 2-8| LNG연료추진선 발주 현황

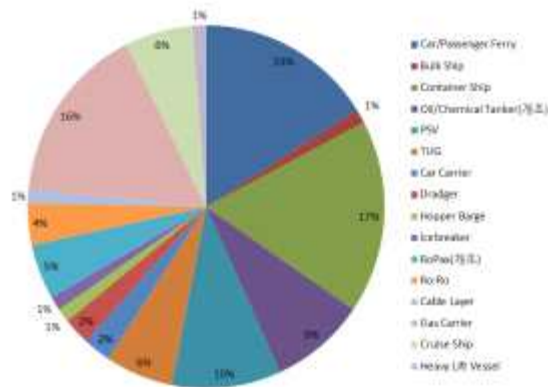
년도	선종	선주	선급	척수
2015	Car/Passenger Ferry	Society of Quebec Ferries(2척) / AG EMS(1척)	LR / GL	3
	Bulk Ship	Erik Thun	LR	1
	Container Ship	Brodosplit	DNV GL	2
	Oil/Chemical Tanker(개조)	Furetank Rederi	BV	1
	PSV	Harvey Gulf Int.(3척) / Siem Offshore(2척)	ABS / DNV GL	5
	TUG	CNOOC(1척) / Drydocks World(1척)	CCS	2
2016	Car Carrier	UECC	LR	2
	Car/Passenger Ferry	Boreal(2척) / BC Ferries(2척) / Seaspans Ferries Corp.(2척)	DNV GL / LR / BV	6
	Container Ship	TOTE Shipholdings(1척) / GNS Shipping(2척) / Brodosplit(2척) / Wessels Reederei(1척, 개조)	ABS / ABS / DNV GL / BV	6
	Dradger	DEME	BV	2
	Gas Carrier	Evergas(3척) / Chemgas Shipping(1척) / Ocean Yield(3척) / Navigator Gas(4척)	BV / DNV GL / ABS	11
	Hopper Barge	Bremenports	DNV GL	1
	Icebreaker	Finish Transport Agency	LR	1
	Oil/Chemical Tanker	Termtank	BV	3
	PSV	Harvey Gulf Int.(1척) / Siem Offshore(2척)	ABS / DNV GL	3
	RoPax(개조)	Balearia	BV	1
	Ro-Ro	Searoad Holdings(1척) / TOTE Shipholdings(1척, 개조)	DNV GL / ABS	2
2017	Cable Layer	DEME Tideway	DNV GL	1
	Car/Passenger Ferry	Caronte & Tourlist(1척) / BC Ferries(1척)	RINA / LR	2
	Container Ship	GNS Shipping(2척) / Crowley Maritime Corp.(2척)	ABS / DNV GL	4
	Gas Carrier	Evergas	BV	2
	Oil/Chemical Tanker	Groupe Desgagnes(2척) / Termtank(1척)	BV	3
	RoPax	Rederi AB Gotland(1척) / Tallink(1척)	DNV GL / BV	2
	TUG	Ostensjo Rederi		3
2018	Car/Passenger Ferry	CHFS	LR	2
	Container Ship	Containerships	ABS	2
	Cruise Ship	Carnival Corporation	RINA	1
	Heavy Lift Vessel	Heerema Offshore	LR	1
	RoPax	Rederi AB Gotland	BV	1
	Ro-Ro(개조)	TOTE Shipholdings	ABS	1
2019	Cruise Ship	Carnival Corporation	RINA	1
2020	Cruise Ship	Carnival Corporation	RINA	1
2022	Cruise Ship	Carnival Corporation(1척)	RINA	1
합계				80

자료 : DNV GL, 「LNG fuelled vessels」, 2015.10.23.을 활용, Trans Gas Soution 재정리

선종별로는 컨테이너선 14척, 차량/여객수송선 및 가스운반선 13척, 오프쇼어 서비스선 8척, 석유/화학제품탱커 7척 등이 발주되어 있다. 주목할만한 점은 준설선(Dredger), 쇄빙선(Icebreaker) 및 해저케이블매설선(Cable Layer) 등의 특수선들도 LNG연료추진선으로 건조가 추진되고 있어 LNG연료추진선이 더욱 다양한 선종으로 확장되는 것을 알 수 있다.

[표 2-9] 선종별 LNG연료추진선 발주 현황

선종	척수
Car/Passenger Ferry	13
Bulk Ship	1
Container Ship	14
Oil/Chemical Tanker	7
PSV	8
TUG	5
Car Carrier	2
Dredger	2
Hopper Barge	1
Icebreaker	1
RoPax	4
Ro-Ro	3
Cable Layer	1
Gas Carrier	13
Cruise Ship	5
Heavy Lift Vessel	1
합계	80



자료 : DNV GL, 「LNG fuelled vessels」, 2015.10.23.을 활용, Trans Gas Solution 재정리

2. LNG연료추진선의 연료공급시스템

극저온의 LNG를 LNG연료추진선의 연료로 사용하기 위해서는 선박 엔진에 맞는 온도와 압력으로 기화시켜 엔진으로 공급해야 한다. 이러한 역할을 하는 장치를 Fuel Gas Supply System(FGSS: 연료가스공급장치)이라고 한다. FGSS는 그림 2-4와 같이 다수의 밸브, 펌프, 배관 및 기자재를 하나의 Skid 형태로 제작하여 선박에 설치하여 사용한다.

|그림 2-6| HiVAR FGS System Test Skid



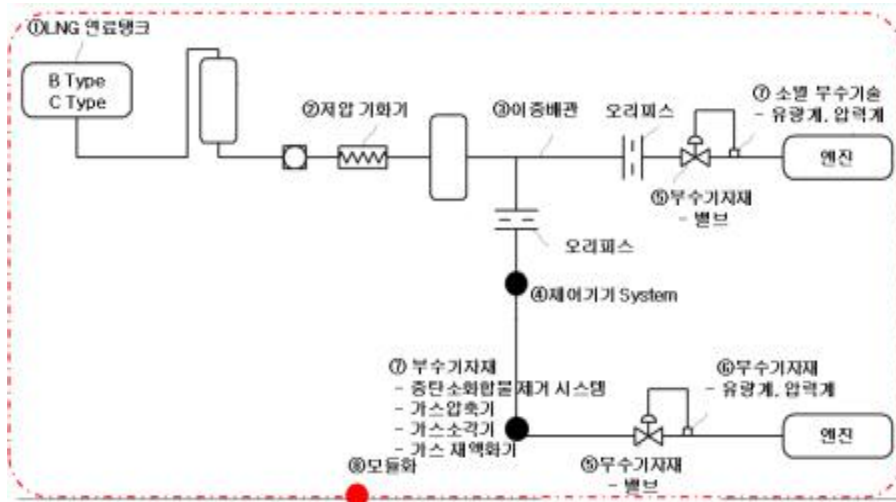
자료 : 김경민 외(2013)

엔진 구동을 위하여 요구되는 가스의 분사 압력에 따라 연료를 공급하는 시스템의 구성이 달라지는데, 엔진의 가스 분사 압력이 저압(약 5bar)인 경우 LNG를 저장하는 탱크의 내부 압력을 높게 설정(5bar 이상)할 수 있는 IMO Type C Tank를 적용함으로써 고압 (또는 저압)펌프 또는 가스 압축기(compressor)를 사용하지 않는 간단한 연료공급시스템을 구성할 수 있다.(<그림 2-7> 참조)

엔진에 요구되는 가스 분사압력이 고압인 경우는 연료공급시스템에서 승압 펌프나 가스압축기가 필수적으로 요구되므로 탱크는 저압에서 운용되는 멤브레인 type 또는 IMO Type B Tank를 적용하는 것이 전체 제작비를 줄이는 효과를 가질 수 있다.(<그림 2-8> 참조)

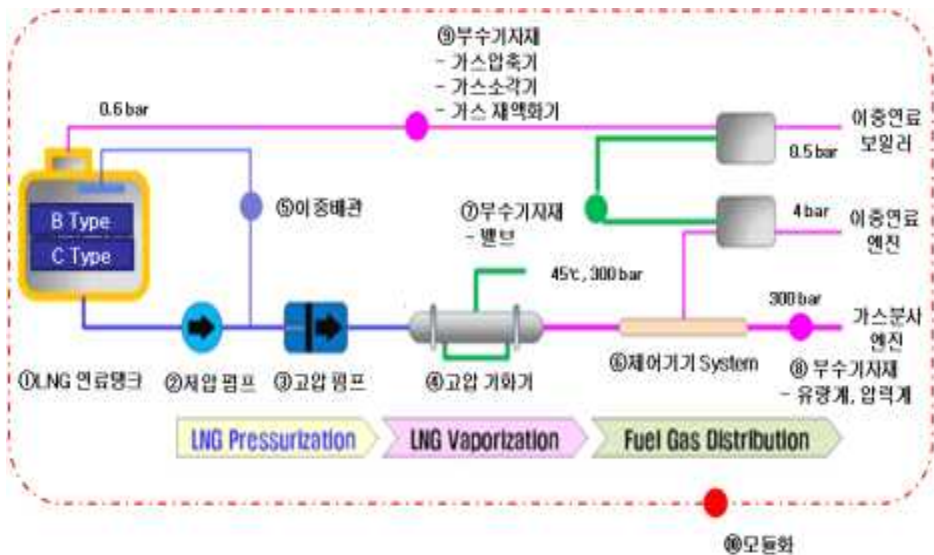
이처럼 적용되는 엔진에 따라 연료공급장치의 구성이 달라지는데, 이 중 2 Stroke Gas 엔진 중 대표적인 엔진의 특징들은 <표 2-10>에 나타나 있다.

[그림 2-7] 저압 LNG연료공급장치(5barg)



자료 : 삼성중공업 제공

[그림 2-8] 고압 LNG연료공급장치(300barg)



자료 : 삼성중공업 제공

|표 2-10| 2 Stroke Gas 엔진 비교

제조사	MAN Diesel (독일)	Wartsila (핀란드)
제품명	ME-GI	X-DF
모델명	7S50ME-C8-GI	7RT-Flex50DF
이미지		
출력	연속최대 16,660kW, 105rpm	연속최대 12,215kW, 105rpm
핵심기술	고압가스분사장치 (고압펌프 및 고압 기화설비)	저압가스분사장치 (저압펌프 및 저압 기화설비)
연료	HFO / LNG	HFO / LNG
연료효율	X-DF엔진대비 약 15% 높음	ME-GI엔진대비 약 85% 효율
요구 가스압력	250~350barg	16barg
장점	엔진효율높음 PRS ¹¹⁾ 와 연계가능 BOG 효과적 이용	초기투자비용 낮음 상대적 위험성 낮음 별도 저감장치 불필요
단점	NOx 저감장치 필수 초기투자비용 높음	낮은 엔진효율 BOG, PRS 활용 낮음
적용선박	LNG운송선박과 같이 CHS ¹²⁾ 가 필요한 선박에 유리	일반상선에 유리 (탱커, 컨테이너선)

자료 : 삼성중공업 제공

¹¹⁾ PRS(Partial Re-liquefaction System) : 부분 재액화 시스템.

¹²⁾ CHS(Cargo Handling System) : LNG운반선의 경우, LNG 상·하역 시스템을 이르는 말로, LNG연료추진선의 경우 연료공급시스템도 포함한다.

제3장 LNG벙커링 기술의 표준화 · 상용화 여건

제1절 LNG벙커링 기술의 표준화 여건 분석

LNG벙커링 기술의 표준화 작업은 본 과제에서 추진하는 표준과 기존 표준들과의 중첩을 회피하기 위한 목적에서 기술 표준을 구현하기 위해 제정 또는 작성된 관련 법과 협약, 규정, 규칙, 지침과 같은 문서화된 규격을 검토하는 것에서 시작한다. 이와 함께 LNG벙커링 기술의 표준화와 상반되는 개념인 관련 특허 현황을 살펴본다. 혁신 기술의 범용화를 목표로 하는 표준화는 추진 과정에서 관련 기술 개발자의 지적재산권 즉 특허를 침해할 가능성이 있다. 따라서 사전적인 분석을 통해 이러한 충돌이나 갈등을 최소화하는 것이 중요하다. 끝으로 관련 문서와 특허를 분석한 결과, LNG벙커링 기술개발을 위한 연구개발 과제의 발굴과 표준화 추진 과정에서 고려해야 할 사항을 검토한다.

1. LNG벙커링 기술 관련 규정 검토

1) 외국의 LNG벙커링 기술 관련 규정

가. 국제 표준화 기구

국제 표준화 기구(International Organization for Standardization; ISO)는 전기, 전자, 통신 분야를 제외한 모든 분야의 규격을 제정하는 기구이다.¹³⁾ LNG연료

¹³⁾ ISO 외에 대표적인 국제표준기구로서 전기 및 전자산업에 관한 국제표준을 추진하기 위해 1906년에 정식 발족한 국제전기전자표준위원회(International Electrotechnical Commission; IEC), 국제 정보통신 표준화를 위해 1865년의 만국통신연합에서 시작되어 발전해 온 국제 전기통신연합(International Telecommunication Union; ITU), 전기통신 분야 유럽표준 제정을 위해 1988년 설립된 유럽통신표준협회(European Telecommunications Standards Institute; ETSI), 미국

추진선 및 LNG병커링에 대한 ISO의 지침 다음과 같다.

먼저, ISO/TS(Technical Specification) 16901:2015는 ‘선박/연안 인터페이스를 포함한 연안 LNG시설 설계에 대한 위험성 평가 지침’으로 육상 LNG 설비의 계획, 설계 및 운용에 있어서 주요 위험의 평가에 대한 일반적인 방법과 지침을 제공한다.

ISO/TS 18683:2015는 ‘선박 LNG 공급을 위한 운영 및 시설에 대한 기준’으로 병커링 시설, 선박과 병커링 시설과의 인터페이스, 접안 및 이안에 대한 절차, 긴급 Shutdown 인터페이스, LNG병커링의 공정 관리에 대한 지침을 제공한다.

ISO/TR 17177:2015는 ‘석유와 천연가스 산업 - 하이브리드 LNG 터미널의 해양 인터페이스에 대한 기준’으로 선박과 터미널, 선박간 병커링의 인터페이스에 대한 설치, 장비 및 운영에 관한 지침으로서 이는 하이브리드 부유식 및 고정식 LNG터미널에 적용되는 내용이다. 그리고 ISO 28460:2010의 내용 중 ‘Conventional LNG Terminal’에 대한 설명을 준수하지 않을 수도 있음을 명시하고 있다.

ISO 28460:2010은 ‘석유와 천연가스 산업 - 액화 천연가스 시설 및 장비 - 선박/육상 인터페이스 및 항만 운영’에 대한 규정으로서 운송, 정박, 계류 및 이안, 화물 이송, 선박과 육지 사이의 통신 등과 같은 LNG 운반선의 안전하고 효율적인 운송을 위한 지침이다.

|표 3-1| ISO의 LNG벙커링 관련 지침

지침 번호	지침과 규정
ISO/TS 16901:2015	Guidance on Performing Risk Assessment in the Design of Onshore LNG Installations Including the Ship/Shore Interface
ISO/TS 18683:2015	Guideline for Systems and Installation for Supply of LNG as Fuel to Ships
ISO/TR 17177:2015	Petroleum and Natural Gas Industries - Guidelines for the Marine Interfaces of Hybrid LNG Terminal
ISO/AWI 20519:2015	Ships and Marine Technology - Vessel - LNG Bunkering Standard
ISO 28460:2010	Petroleum and Natural Gas Industries - Installation and Equipment for Liquefied Natural Gas - Ship-to-shore Interface and Port Operation

자료 : ISO 홈페이지 (<https://www.iso.org/>, 2015.9.29 접속)

나. 국제 가스탱커·터미널 운영자 협회

국제 가스탱커·터미널 운영자 협회((Society of International Gas Tanker and Terminal Operators; SIGTTO는 1978년 미국에서 설립되었으며 액화가스의 운송과 터미널에서의 저장 및 취급에 있어서의 안전성과 환경성 확보를 목표로 하는 국제 비영리 단체이다. SIGTTO는 회원사 간의 액화 가스에 대한 기술적 정보 공유 및 액화 가스의 안전성을 모든 사람들에게 알리는 것을 목적으로 한다.

SIGTTO는 2000년에 선박과 터미널에서의 액화가스 처리 원칙을 제정한 바 있다. 그 외에는 LNG벙커링과 관련하여 직접적인 지침이나 규정은 아니지만, LNG수송과 가스관련하여 많은 지침과 규정을 제정하여 배포하고 있다. 2004년에는 액화가스의 화재위험 관리에 관한 규정을 제작했다. 2008년에는 LNG수송 선박의 가스운송 시험에 관한 지침을 발표했다. 2009년에는 LNG수송선박의 부두와 선박 연결에 관한 규정을 제작했다. 2013년에는 석유, 화학제품, 액화가스의 선박간 이송에 관한 지침을 발표했다. 2014년에는 LNG수송선박의 파나마운하 통과 지침을 발표했다.

|표 3-2| SIGTTO의 LNG벙커링 관련 지침

지침과 규정
Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminals 3 rd edition (2000)
Liquefied Gas Fire Hazard Management - First Edition (2004)
Guide for Planning Gas Trials for LNG Vessels (2008)
ESD Arrangements & Linked Ship/Shore Systems for Liquefied Gas Carriers (2009)
Ship to Ship Transfer Guide for Petroleum, Chemicals and Liquefied Gases (2013)
Guidance for LNG Carriers Transiting the Panama Canal (2014)

자료 : SIGTTO 홈페이지 (<http://www.sigtto.org/>, 2015.9.29. 접속)

다. 주요국 선급(Classification Society)

선급은 선박의 구조 및 설비 등을 검사하고 그 결과를 등록하는 비영리기관이다. 이에 각국의 선급은 LNG연료추진선에 대한 승인 및 검사를 위해 자체적으로 LNG연료추진선에 대한 지침을 제정하고 있다.

|표 3-3| 각국 선급의 LNG연료추진선 관련 지침

선급명	발효일	제목
ABS	2014.7	Guide for Building and Classing Gravity-based Offshore LNG Terminals
	2014.12	Guide for LNG Fuel Ready Vessels
	2015.5	Guide for Propulsion and Auxiliary System for Gas-fuelled Ships
BV	2011.5	Safety Rules for Gas-fuelled Engine Installation in Ships
DNV -GL	2010.5	Guidelines for the Use of Gas as a Fuel for Ships
	2010.10	Gas-fuelled Engine Installation
LR	2012.7	Rules & Regulations for the Classification of Natural Gas-fuelled Ships
NK	2012.2	Guidance for the Insurance of Ship Fuel Gas
RINA	2011.6	Rules for the Classification of Ships, Amendments of Part C, Chapter 1: New Appendix 7 - Gas Fuelled Ships
CCS	2015.6	Guidelines for Natural Gas Fuel Ready Ships
	2014.1	Rules for Natural Gas Fuelled Ships

자료 : 트랜스가스솔루션(TGS) 연구진 조사 및 정리

라. 미국 해안경비대

미국 해안경비대(United States Coast Guard; USCG)는 미국 국토안보부에 소속된 해안경비 및 구난을 목적으로 하는 군사조직으로 안전한 해상교통로 확보를 위해서 항로표지의 설치 및 유지업무를 담당하며, 선박의 항행 안전능력 확보를 위해 선박의 검사와 해기사 면허의 발급 및 관리업무를 하고 있다. 그리고 해상교통로의 효율적인 관리를 위해 국제해상충돌 예방규칙의 시행과 지역 항법규정 및 항만보안 관리규정 등의 집행을 관장하고 있으며, 해상교통관제시스템(VTS :Vessel Traffic Service System)을 운영하고 있다.

USCG는 2015년에 LNG벙커링과 관련하여 2개의 지침(guideline)을 제정하여 발표했다. 하나는 항만의 육상(부두)시설에서 선박에 LNG를 충전하는 것과 관련된 지침이고 또 다른 하나는 LNG연료추진선에서 LNG를 처리와 선원의 교육훈련에 관한 지침이다. 2012년에는 LNG연료추진선의 엔진에서 연료공급장치에 관한 설계기준을 제정했다. 이러한 지침이나 기준은 LNG벙커링 기술 개발시 중요하게 참고해야할 사안이다.

[표 3-4] USCG의 LNG벙커링 관련 지침

구분	지침
부두의 LNG 벙커링 시설	Guidance Related to Vessels and Waterfront Facilities Conducting Liquefied Natural Gas(LNG) Marine Fuel Transfer(Bunkering) Operations (2015)
LNG연료추진선의 LNG처리 및 훈련	Guidance for Liquefied Natural Gas Fuel Transfer Operations and Training of Personnel on Vessels Using Natural Gas as Fuel (2015)
LNG연료 공급장치 설계 기준	Equivalency Determination - Design Criteria for Natural Gas Fuel System (2012)

자료 : USCG 홈페이지 (<https://www.uscg.mil/>, 2015.9.29 접속)

마. 국제전기전자표준위원회 및 유럽규격

ISO, ITU와 함께 세계 3대 표준기관의 하나인 국제전기전자표준위원회(IEC)의 기준은 LNG 수송 관련 전기부품에 대한 기술기준을 명시하였으며, 유럽규

격(Europäische Norm; EN)은 육상용 LNG터미널 및 극저온 LNG 수송 시스템 설비에 대한 기술규격을 명시하고 있다.

[표 3-5] IEC 및 EN의 LNG수송 및 이송 관련 주요 기술 기준

기관명	제목	주제
IEC	IEC 6009-502	Electrical Installation in Ship[Tanker-Special Feature` Including Hazadous Area Classification
	IEC 60079	Electrical Apparatus for Explosive Gas Atmosphere
	IEC 61508	Funtional Safety of Electrical/Electronic/ Programmable Electronic Safety-Related Systems
EN	EN 1160	Installations and Equipment for Liquified Natural Gas. General Characteristics of Liquified Natural Gas and Cryogenic Materials
	EN 1473	Installation and Equipment for Liquefied Natural Gas - Design of Onshore Installations
	EN 1474-1	Installation and Equipment for Liquefied Natural Gas - Part1: Design and Testing of Transfer Arms
	EN 1474-2	Installation and Equipment for Liquefied Natural Gas - Part2: Design and Testing of Transfer Hoses
	EN 1474-3	Installation and Equipment for Liquefied Natural Gas - Part3: Offshore Transfer Systems
	EN 13645	Installation and Equipment for Liquefied Natural Gas - Design of Onshore Installations with a Storage Capacity Between 5t and 200t
	EN 14620	Design and Manufacture of Site Built, Vertical, Cylindrical, Flat-Bottomed Steel Tanks for the Storage of Refrigerated, Liquified Gases with Operating Temperatures Between 0℃ and -165℃

자료 : 김종현 외(2014), p.37.

바. 그 외 해외 주요 기관

메이저 석유회사 포럼(Oil Companies International Marine Forum; OCIMF)과 국제해운회의소(International Chamber of Shipping; ICS)는 공동으로 극저온의 LNG 수송에 대한 지침을 개발하여 소속 선사에게 배포하고, 관련 선박의 검사 지침 프로그램을 개발하여 자체적으로 적용하고 있다.

[표 3-6] OCIMF-ICS 공동의 LNG수송 및 이송 관련 주요 기술 기준

기관명	주제
OCIMF/ ICS	International Safety Guide for Oil Tanker & Terminal
	Ship to Ship Transfer Guide
	Ship Inspection Report Programme

자료 : 김종현 외(2014), p.38.

2) 국내의 LNG벙커링 기술 관련 규정

가. 법령

국토해양부는 LNG연료추진선 운항시 안전을 확보하기 위해 2013년 1월, ‘가스연료 추진선박기준’을 제정, 고시하였다. 주요 내용으로는 연료가스공급장치((Fuel Gas Supply System; FGSS)의 배치 및 시스템 설계, 화재 안전, 전기 설비, 제어·감시 및 안전장치, 압축기 및 가스기관, 제조 및 시험으로 구성되어 LNG연료추진선의 안전설비 요건을 마련토록 하는 규정이다.

가스연료 추진선박기준의 LNG벙커링 주요 내용

제1조(목적) 이 기준은 「선박안전법」 제26조에 따라 가스를 연료로 사용하는 기관을 설치한 선박의 구조 및 설비에 관하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

제2조(정의) 이 기준에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

제3조(적용범위 등) ① 이 기준은 액화가스물질(천연가스로 한정한다)을 운송하는 선박 이외의 선박으로서 천연가스를 연료로 사용하는 기관을 설치하는 선박(이하 ‘가스연료선박’이라 한다)에 적용한다.

② 이 기준에 규정되어 있지 아니한 특수한 설비로서 국토해양부장관이 이 기준에 적합한 것 이상의 효력이 있다고 인정하는 것에 대해서는 이 기준에 적합한 것으로 본다.

자료 : 국토해양부 고시(2013.1.23.).

그 이전 2011년에 당시 지식경제부는 탱크로리(Tank-lorry)를 이용한 안전한 벙커링을 위해 ‘액화도시가스 선박 충전사업’을 신설, ‘도시가스사업법 시행규칙’에 포함하여 개정하였다. 이로 인해 최초로 LNG연료추진선에 벙커링을 시

행할 수 있는 시설에 대한 기준이 마련되었다.

도시가스사업법 시행규칙의 LNG벙커링 관련 내용	
제2조(정의)	
③ 법 제2조제4호의2에서 “산업통상자원부령으로 정하는 사업”이란 다음 각 호의 사업을 말한다.	
5. 액화도시가스 선박 충전사업 : 저장탱크 또는 자동차에 고정된 탱크를 통하여 공급받은 액화도시가스를 제2항제4조에 따른 선박에 충전하는 사업	
[별표6의2] ‘도시가스충전사업의 가스충전시설의 시설·기술·검사의 기준’	
5. 액화도시가스 선박 충전	
이 기준은 차량에 고정된 탱크를 이용하여 액화도시가스를 선박 연료탱크 또는 선박 연료용기에 충전하는 경우에 적용한다.	
가. 시설기준 나. 기술수준 다. 검사기준	
액화도시가스 선박 충전과 관련하여 이 기준에서 규정하지 아니한 사항은 「고압가스 안전관리법」을 적용한다.	

자료 : 지식경제부령(2011.11.4)

나. 한국 선급(Korean Register of Shipping)의 지침

해외 선급과 함께 한국선급도 LNG연료추진선에 대한 승인 및 검사를 위해 지침을 제정했으며, 향후 LNG를 연료로 사용할 수 있도록 하는 ‘액화천연가스 연료 준비선박 지침’을 제정하였다.

[표 3-7] 한국선급의 LNG연료추진선 관련 지침

제정 일시	지침
2013.7	Guidance for Gas-fuelled Ships
2015.9	Guidance for LNG Fuel Ready Ships

자료 : 한국선급(KR) 홈페이지 (<http://www.krs.co.kr/>, 2015.9.29. 접속)

다. 한국가스안전공사의 가스기술 기준

한국가스안전공사는 국내 LNG 공급의 안전을 위해 기술적인 사항을 중심으로 가스기술기준을 제정하여 공개하고 있다. 또한 기술발전에 따라 신속히 대

응할 수 있도록 가스관계 법령에서 정한 시설, 기술, 검사 등에 대한 상세기준을 정하고 이를 코드화 관리하고 공개하고 있다.¹⁴⁾ 이 가운데 LNG 벙커링과 관련된 Code는 고압가스 용기 및 차량에 고정된 탱크 충전의 시설, 기술, 검사, 안전성 평가 기준 등 6건이 있다.

[표 3-8] LNG 벙커링 관련 가스기술기준 (KGS Code)

Code	주제
FP211	고압가스 용기 및 차량에 고정된 탱크 충전의 시설·기술·검사·안전성 평가 기준
FS111	용기에 의한 고압가스 판매의 시설·기술·검사 기준
FS112	배관에 의한 고압가스 판매의 시설·기술·검사 기준
FU111	고압가스 저장의 시설·기술·검사·안전성평가 기준
GC206	고압가스 운반 등의 기준
GC207	고압가스 운반차량의 시설·기술 기준

자료 : 가스기술기준정보시스템(KGS code) 홈페이지 (<http://www.kgscode.or.kr/>, 2015.9.29. 접속)

2. LNG벙커링 기술의 특허 현황 분석

1) 대상 및 범위

가. 기술분류

LNG벙커링 관련 특허 기술은 LNG연료추진 선박, LNG벙커링 선박, LNG벙커링 터미널로 항목을 구분하였다. 본 연구에서는 이를 각각 A, B, C코드로 분류하였다. 코드 A는 LNG연료추진선에 구비된 벙커링 장치/시스템에 초점을 맞춘 기술과 관련되어 있고, 코드 B는 LNG연료추진선과 LNG벙커링선박 간의 상호작용 또는 LNG벙커링선박에 구비된 벙커링 장치/시스템에 초점을 맞춘 기술, 그리고 코드 C는 LNG연료추진선과 LNG벙커링터미널 간의 상호작용 또는 LNG벙커링터미널에 구비된 벙커링 장치/시스템에 초점을 맞춘 기술과 관련된 특허 기술이다.

¹⁴⁾ KGS Code (<http://www.kgs.or.kr/newcyber/kgscode/information/introduce.jsp>)

|표 3-9| 특허기술의 분류

항목	관련 기술	분류코드
LNG연료추진선박	LNG연료추진선에 구비된 병커링 장치/시스템에 초점을 맞춘 기술	A
LNG병커링선박	LNG연료추진선과 LNG병커링선박 간의 상호작용 또는 LNG병커링선박에 구비된 병커링 장치/시스템에 초점을 맞춘 기술	B
LNG병커링터미널	LNG연료추진선과 LNG병커링터미널 간의 상호작용 또는 LNG병커링터미널에 구비된 병커링 장치/시스템에 초점을 맞춘 기술	C

나. 검색식

특허기술의 검색연도는 2015년 12월 까지 공개되어 등록된 특허를, 검색국가는 한국, 미국, 일본, 유럽을 대상으로 하였다. 검색은 LNG, 엘엔지, 엘엔지, 병커링 등의 주요 키워드를 or 조건으로 검색하였다. 검색은 WIPS ON¹⁵⁾ 서비스를 이용하였다.

|표 3-10| 특허기술의 검색연도, 검색국가 및 DB, 검색식

검색연도	2015.12. 현재까지 공개/등록된 특허
검색국가	한국(KR), 미국(US), 일본(JP), 유럽(EP)
검색식	(LNG or 엘엔지 or 엘엔지 or 천연가스 or 연료가스) and 선박 and (병커링 or 주유 or 급유) (LNG or (natural adj gas)) and (ship or vessel) and (bunker* or refuel*)

15) WIPS ON은 ㈜웍스가 국내 최초로 전세계 특허정보를 온라인으로 검색할 수 있는 서비스 플랫폼이다.
(www.wipson.com)

2) LNG벙커링 기술 관련 특허 동향

가. 기술별 국가별 특허 동향

특허는 총 38건이 검색되었다. 이 가운데 LNG벙커링 선박에 대한 특허가 20건, 52%로 가장 많고, LNG연료추진 선박과 LNG벙커링 터미널에 대한 특허는 각각 9건, 24%를 차지하고 있다. LNG연료추진 선박의 벙커링 관련 특허 기술은 LNG벙커링 선박, 즉 LNG연료추진 선박과 LNG벙커링 선박 간의 상호작용 또는 LNG벙커링 선박에 구비된 벙커링 장치/시스템에 초점을 맞춘 기술에 집중되고 있음을 알 수 있다.

[표 3-11] 특허 데이터 현황

항목	코드	한국	미국	일본	유럽	합계
LNG연료추진 선박	A	4	2	1	2	9
LNG벙커링 선박	B	20	0	0	0	20
LNG벙커링 터미널	C	5	2	0	2	9
합 계		29	4	1	4	38

전체 출원 38건 중 한국의 비중이 29건, 76%로 가장 많다. 일본은 1건, 미국과 유럽¹⁶⁾은 각각 4건, 11%를 차지하고 있다.

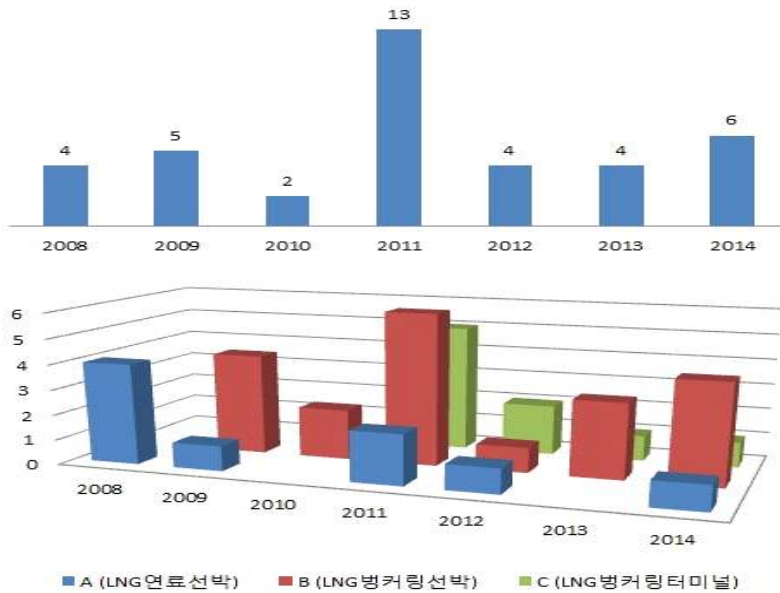
나. 연도별 특허 동향

특허출원이 비교적 최근인 2008년부터 시작되었다. 2011년에 출원건수가 급격히 증가한 점을 제외하고는 출원건수의 특별한 증가세나 감소세가 보이지 않는다. 2011년에 출원건수가 급격히 증가한 것은 LNG벙커링 선박(B), LNG벙커링 터미널(C)의 출원건수가 급격히 증가했기 때문이다. LNG벙커링 선박(B)은

¹⁶⁾ 유럽의 경우는 유럽 특허청에 출원된 특허에 대해서만 조사를 한 것이며, 영국, 독일, 프랑스, 핀란드 등 유럽의 각 국가별 특허청에 대하여 개별적으로 출원된 특허에 대해서까지 모두 조사한 것이 아니라 다소 적게 검색된 것으로 판단된다.

시간이 갈수록 출원건수가 증가하지만 LNG벙커링 터미널(C)은 시간이 갈수록 출원건수가 감소하는 추세이다.

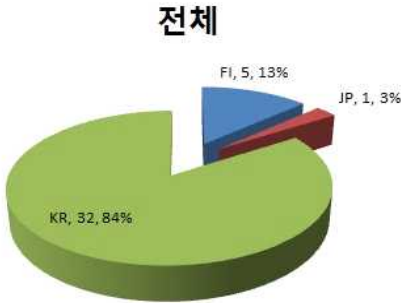
|그림 3-1| 연도별 특허 동향



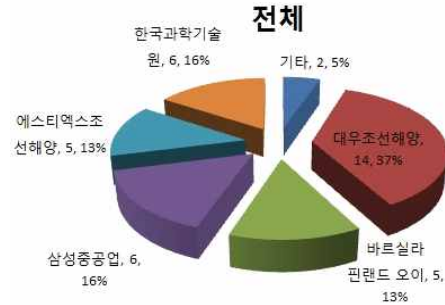
다. 출원인별 특허 동향

출원인의 국적에 따른 특허는 한국인이 32건, 84%로 대부분을 차지하고 있다. 한국 국적의 출원인으로는 출원건수 순으로 대우조선해양, 삼성중공업, 한국과학기술원, 에스티엑스조선해양, 주식회사래티스테크놀로지 등이 있다. 외국 국적의 출원인으로는 바르실라 핀란드 오이(핀란드), IHI MARINE UNITED INC(일본) 등이 있다. 출원인별로는 대우조선해양이 14건, 37%로 가장 많고, 그 다음 삼성중공업, 한국과학기술원이 각각 6건, 16%씩을 차지하고 있다. 이를 통해 LNG연료추진 선박의 벙커링 관련 기술의 연구개발 및 사업화는 한국의 대형 조선사와 연구소가 주도하고 있음을 알 수 있다.

|그림 3-2| 국적별 특허 동향



|그림 3-3| 출원인별 특허 동향



3) LNG벙커링 기술 관련 특허 상세 내용

가. LNG연료추진 선박 관련 특허

검색된 9건의 LNG연료추진 선박 관련 특허 가운데 본 연구에서 추진하는 LNG벙커링 기술 표준화와 관련된 특허는 Ship-to-Terminal간 호환성에 대한 기준 설계 외 14건 (LNG벙커링압과 LNG벙커링터미널의 LNG하역배관과의 호환에 대한 기준 설계, LNG하역시 LNG벙커링선박의 화물창 압력 및 온도에 대한 기준 및 절차서, Ship-to-Ship간 호환성에 대한 기준 설계, LNG벙커링압과 LNG연료추진선박의 LNG벙커링 스테이션(Station)과의 호환에 대한 기준 설계, LNG벙커링 시 LNG연료추진선박의 화물창 압력 및 온도에 대한 기준 및 절차서, LNG벙커링선박의 화물창 시스템, LNG연료추진선박의 연료창 시스템, LNG벙커링선박의 LNG벙커링압, LNG벙커링선박의 유류 벙커링압, LNG벙커링 펌프, LNG벙커링 배관의 Inering/Purging 설비, Fuel Gas Supply System, 반송가스 액화설비, 증발가스 반송용 가스압축기) 이다. 이러한 특허는 표준화 과정에서 부득이 특허권이 침해될 가능성이 있다.

|표 3-12| LNG연료추진 선박(A) 관련 특허 상세 내용

No	출원		출원번호	출원인	발명의 명칭
	국가	연도			
1	KR	2008	2010-7010354	바르실라 핀랜드 오이	L N G 연료 해양선박의 작업 방법
2	KR	2009	2009-0104033	대우조선해양	연료주입 도어를 갖는 액화연료가스추진 선박
3	KR	2012	2012-0050929	대우조선해양	L F S 의 병커링 시스템
4	KR	2014	2014-0077577	대우조선해양	L F S 의 증발가스 처리 시스템
5	US	2008	2008-740077	바르실라 핀랜드 오이	METHOD FOR OPERATING A LNG FUELLED MARINE VESSEL
6	US	2011	2011-378254	바르실라 핀랜드 오이	Method for operating an LNG fuelled marine vessel and a corresponding marine vessel
7	JP	2008	2008-190333	IHI MARINE UNITED INC	LIQUEFIED GAS FUEL SHIP AND BUNKERING METHOD THEREOF
8	EP	2008	2008-849624	바르실라 핀랜드 오이	METHOD AND OPERATING SYSTEM FOR OPERATING A LNG FUELLED MARINE VESSEL
9	EP	2011	2011-715714	바르실라 핀랜드 오이	METHOD FOR OPERATING AN LNG FUELLED MARINE VESSEL AND A CORRESPONDING MARINE VESSEL

나. LNG병커링 선박 관련 특허

검색된 20건의 LNG병커링 선박 관련 특허 가운데 본 연구에서 추진하는 LNG병커링 기술 표준화와 관련된 특허는 LNG병커링선박의 화물창 시스템 외 10건 (LNG연료추진선박의 연료창 시스템, LNG병커링선박의 LNG병커링 압, LNG병커링선박의 유류 병커링압, LNG연료추진선박의 LNG병커링스테이션, LNG병커링 배관의 Inerting/Purging설비, 반송가스 액화설비, Fuel Gas Supply System, 증발가스 반송용 가스압축기, 가스소각기, LNG Sprayer) 이다. 이러한 특허는 표준화 과정에서 부득이 특허권이 침해될 가능성이 있다.

[표 3-13] LNG벙커링 선박(B) 관련 특허 상세 내용

No	출원		출원번호	출원인	발명의 명칭
	국가	연도			
1	KR	2009	2009-0098987	대우조선해양	액화연료가스 추진 선박에 대해 해상에서 연료를 급유하기 위한 방법
2	KR	2009	2009-0098986	대우조선해양	액화연료가스 급유선
3	KR	2009	2009-0104403	대우조선해양	액화연료가스 급유선
4	KR	2009	2009-0107137	대우조선해양	액화연료가스 급유선
5	KR	2010	2010-0137863	삼성중공업	액화연료가스공급을 증발가스 재액화에 이용한 액화연료가스 급유선
6	KR	2010	2010-0013610	대우조선해양	LNG 벙커링선의 다층 구조 매니폴드
7	KR	2011	2011-0018156	한국과학기술원	LNG 주유를 위한 증발가스 임시저장 장치 및 재액화 방법
8	KR	2011	2011-0038675	한국과학기술원	선박의 액화 천연가스 주유 시 발생하는 증발가스 처리 장치 및 처리 방법
9	KR	2011	2011-0057290	대우조선해양	선박 및 그 운용 방법
10	KR	2011	2011-0058769	한국과학기술원	선박의 액화 천연가스 주유장치
11	KR	2011	2011-0080012	에스티엑스 조선해양	워터제트를 이용한 엘엔지 벙커링 바지선 시스템
12	KR	2011	2011-0083589	에스티엑스 조선해양	전기 추진식 엘엔지 연료급유선
13	KR	2012	2012-0020330	삼성중공업	액화연료가스 급유장치
14	KR	2013	2013-0050640	(주)래티스 테크놀로지	증발가스 임시저장 장치
15	KR	2013	2013-0071682	대우조선해양	LNG 벙커링 선박 및 LNG 벙커링 방법
16	KR	2013	2013-0153828	에스티엑스 조선해양	연료공급장치가 설치되는 LNG 벙커링선
17	KR	2014	2014-0036692	대우조선해양	선박 및 그 운용 방법
18	KR	2014	2014-0036575	삼성중공업	액화연료가스 급유선
19	KR	2014	2014-0046722	대우조선해양	LNG 벙커링 선박, 그 LNG 벙커링 선박의 무게중심 균형 유지구조 및 유지방법
20	KR	2014	2014-0046723	대우조선해양	LNG 벙커링 선박 및 그 LNG 벙커링 선박의 벙커링 방법

다. LNG병커링 터미널 관련 특허

검색된 9건의 LNG병커링 터미널 관련 특허 가운데 본 연구에서 추진하는 LNG병커링 기술 표준화와 관련된 특허는 LNG연료추진선박의 LNG병커링 스테이션 외 4건 (LNG병커링 펌프, LNG병커링 배관의 Inerting /Purging 설비, 반송가스 액화설비, 증발가스 반송용 가스압축기) 이다. 이러한 특허는 표준화 과정에서 부득이 특허권이 침해될 가능성이 있다.

[표 3-14] LNG병커링 터미널(C) 관련 특허 상세 내용

No	출원		출원번호	출원인	발명의 명칭
	국가	연도			
1	KR	2011	2011-0033289	한국과학기술원	L N G 주유터미널
2	KR	2011	2011-0070597	에스티엑스 조선해양	가스 및 전기 생산설비가 구비된 부유식 엘엔지 급유시설
3	KR	2011	2011-0123723	삼성중공업	액화연료가스 급유용 해양플랫폼
4	KR	2013	2013-0035291	에스티엑스 조선해양	부유식 급유설비 장치
5	KR	2014	2014-0003129	대우조선해양	해상 L N G 병커링 터미널
6	US	2011	2011-580897	삼성중공업	FLOATING TYPE LNG STATION
7	US	2012	2012-001742	한국과학기술원	LNG REFUELING SYSTEM AND BOIL-OFF GAS TREATMENT METHOD
8	EP	2011	2011-747602	삼성중공업	FLOATING TYPE LNG STATION
9	EP	2012	2012-752580	한국과학기술원	LNG REFUELING SYSTEM AND BOIL-OFF GAS TREATMENT METHOD

상기에서 LNG연료추진선박, LNG병커링선박 및 LNG병커링 터미널과 관련된 특허들을 조사하여 본 연구에서 추진하는 LNG병커링 기술표준화와 비교하여 분석한 결과, 설계 표준화 항목에서는 현재 조사된 특허를 침해하는 사항이 거의 없었으며, 기자재 표준화 항목은 기 개발된 제품이므로 조사된 특허를 침해할 가능성이 있어 이를 회피하기 위한 방안이 모색되어야 할 것이다.

3. 표준화 추진의 시사점

1) LNG병커링 기술의 표준화 관련 국내 규정 미비

현재까지 LNG병커링 기술에 대해 국내의 규정이 미비하다. 앞서서도 알아본 바와 같이 법령으로는 Truck to Ship만이 유일한 국내 LNG병커링 방법이며, KOGAS 이외에는 판매할 수 없는 상황으로 LNG병커링을 위해서는 국내 법령의 개정이 필히 요구된다.

국외에서는 이미 Ship to Ship 방식에 대한 절차서도 제작되어 활용되고 있으며, 기자재에 대한 기준도 대부분 마련된 상황이다.

가. LNG병커링 절차 관련

LNG병커링 절차와 관련하여 국외의 규정으로는 GIIGNL의 “LNG Custody Transfer Handbook”은 1987년에 초본이 발간되었으며, 현재까지는 4번째 개정판이 2015년에 출간되었다. 내용은 LNG의 유량측정과 가스분석 및 ship to ship transfer에 대해 상세하게 다루고는 있지 않으나 대략적인 병커링 과정에 대해 설명하고 있다.

그리고 SMTF(Swedish Marine Technology Forum)에서는 “LNG ship to ship bunkering procedure”을 2011년에 Linde Cryo AB, FKAB Marine Design, DNV, LNG GOT, White Smoke AB 등이 협업하여 작성하였다. 내용은 Bunkering 준비과정 및 Bunkering 이후 과정도 있으며, Gas Handling에 대한 Training까지 다루고 있다.

나. LNG병커링을 위한 기자재 관련

ISO 18683 “Guidelines for Systems and Installations for Supply of LNG as Fuel to Ships”에서는 모든 LNG병커링 시스템 및 구성요소는 공인된 표준 및 해당 국가의 규정 또는 인증된 품질 경영 시스템에 따라 설계, 제작 및 시험이 진행되어야 하고, 아래 표와 같이 순차적으로 진행되는 병커링에 대한 LNG병커링 전송 시스템의 구성요소에 적용되는 기준을 제시하였다.

|표 3-15| LNG병커링 시스템 구성요소의 적용 규격

Component	Funtion	Design	Qualification test	Tests
Coupling	Connection to ship's manifold	EN 1474-1, 6.9		
Hoses	Transfer of LNG and natural gas	EN 1474-2	For hoses intended to be used in multiple LNG transfer configurations, due to the variety of the receiving ships for example, the criteria applied for their according EN 1474-2 shall be determined on the base of an agreed envelope to be defined between the manufacturer, the owner and the qualification body. These criteria shall be defined prior to the official qualification testing campaign is started and the qualification will be valid for the configurations covered by the agreed envelope only.	
		EN 12434		
		BS 4089		
Swivel joints	Product line articulation	EN 1474-3, 6.8	New design qualification	EN 1474-1, 8.4.1
Bearing	Articulation of support structure	EN 1474-3, 6.8	ISO 28460 - EN 1474-1	EN 1474-1, 8.4.2
ERS ¹⁷⁾	Emergency disconnect	EN 1474-3, 6.9 and 7.5	ISO 28460 - EN 1474-1, 8.2.2	EN 1474-1, 8.4.3
Breakaway coupling	Emergency disconnect	EN 1474-3, 6.9	EN 1474-1, 8.2.2	EN 1474-1, 8.4.3
Loading arms	Loading system	EN 1474-3, Clause6 and Clause8	EN 1474-3, Clause5	ISO 28460 - EN 1474-1, 8.4.7
Transfer system	LNG bunkering loading solution	EN 1474-3, Clause6 and Clause8	EN 1474-3, Clause5	ISO 28460 - EN 1474-1
		ISO 28460		
		EN 1160		
		EN 1474-1		
		OCIMF ¹⁸⁾ Mooring Equipment Guidelines		
		IEC ¹⁹⁾ 60079		
		IEC 60092-502		
		IGC/IGF Code		
		NFPA ²⁰⁾ 70		
		NFPA 58		
		NFPA 59A		
		EN 13465		
		API 2003		
		ISO/TS 16901		

자료 : ISO, ISO 18683 “Guidelines for Systems and Installations for Supply of LNG as Fuel to Ships”(2013)

17) ERS(Emergency Release System) : LNG병커링 중 비상시에 LNG연료추진선과 LNG 공급 시설과 연결되어 있는 bunker hose와 같은 설비를 빠르게 분리하게 해주는 시스템

18) OCIMF(Oil Companies International Marine Forum) : 원유 및 석유제품의 운송 및 연료공급에 관련된 회사들의 자발적 협회

19) IEC(International Electrotechnical Commission) : 1906년에 설립되어, 모든 전기, 전자 및 관련 기술에 대한 국제 표준의 개발 및 발행을 위한 세계 최고기관으로 필요한 국제 표준을 논의하고 개발 회의에 참석하기 위한 기업, 산업과 정부에 플랫폼을 제공하고 있다.

대부분 각 기자재의 설계와 테스트 관련 규격을 나타내고 있으며, 현재 유럽에서 대부분의 벙커링이 이루어지고 있어 EN 규정을 많이 따르고 있는 것으로 보인다.

2) 표준화 추진시 특허 침해 문제 해소 필요

표준과 특허가 갖는 상호 모순적 특성을 고려하여 표준화 추진 과정에서 예상되는 소위 ‘표준특허’의 내용을 진단하고 해결방안을 모색해야 한다.

표준은 기술의 공유와 첨단기술의 사회적 확산 그리고 기술의 상용화를 통한 시장보급 및 활용에 초점을 두고 있는 반면 특허는 기술의 사유화와 첨단기술의 보호를 목적으로 최초의 창조적 발명과 기술개발 노력에 대한 보상을 중요하게 생각한다.²¹⁾

이처럼 표준과 특허가 상호 대립되는 성격을 갖고 있기 때문에 기술 표준화 사업을 추진할 경우 대상으로 하고 있는 기술 분야에서 이미 등록된 특허들에 대한 분석을 철저히 수행하여 기등록 특허에 대한 표준화를 추구하는 실수를 발생시키지 않도록 유념하여야 한다.

3) 표준특허의 관리

표준특허는 표준문서의 규격을 기술적으로 구현하는 과정에서 필수적으로 이용하여야 하는 특허로서 과거에는 단순히 필수특허(Essential Patents)로 불리기도 하였다. 이를 보다 명확히 하면 특허 청구범위의 청구항들 중 하나 이상의 청구항이 표준문서에 기술된 특허를 표준특허라 할 수 있다. 이는 표준특허 여부를 판별하는 기준일 뿐 특허 자체의 유효성을 따질 때는 법원의 판단을 받아야 한다.²²⁾

표준특허와 일반특허의 공통점으로는, 표준특허도 기술내용이 공개되기 전에 신속하게 특허출원, 청구범위가 넓게 작성된 청구항들로 특허를 받아야 하

20) NFPA(National Fire Protection Association) : 1896년에 설립되어, 방화, 안전설비, 및 산업안전 방지장치 등에 대해 규격을 제정하는 협회이다.

21) 한국특허정보원, ‘표준과 특허의 관계 및 표준특허의 정의와 특성’, Patent21, (95), 2011.5. p12.

22) 국가지식재산위원회, 「국내 표준특허 창출기반 확대 지원방안 연구」, 2012.12. p17

며, 다양한 실시 예들이 명세서에 포함되어야 한다.

표준특허 확보를 위해서는 연구개발 단계에서 개발된 신기술에 대한 전략적인 특허출원과 국제표준화가 필수이며 이를 위해 연구개발, 국제표준안 개발, 표준 제정 이후 관리의 각 단계별 표준특허 확보를 위한 전략적인 접근이 필요하다.²³⁾

[표 3-16] 표준특허와 일반특허의 차이점

구분	일반특허	표준특허
전제	<ul style="list-style-type: none"> - 침해주장에 많은 시간과 비용 필요 - 침해범위가 좁음 - 회피 가능성이 높음 	<ul style="list-style-type: none"> - 침해주장이 매우 용이 - 침해범위가 상당히 넓은 - 회피 가능성이 낮음 <p>※ 개별 라이선싱의 형태일 때에는 일반특허의 특성도 포함</p>
명세서	<ul style="list-style-type: none"> - 일반적인 명세서 작성의 예를 따름 	<ul style="list-style-type: none"> - 표준문서에 명시적으로 기재된 내용 이외의 단계는 가급적 제거(문언적인 침해발생 유도) - 특정 표준에만 적용되는 한정적인 용어 사용 지양, 중간사건(OA)시 추가 가능한 구성요소 고려
출원전략	<ul style="list-style-type: none"> - 특허출원 Vs. 노하우로 보유, 국외출원 여부 및 시점, 관리비용을 감안한 통합출원 등 고려 	<ul style="list-style-type: none"> - 표준화 프로세스를 감안한 단계별 대응, 가출원의 적극 활용 - 특허풀 로열티 분배가 특허건수에 좌우되는 점을 감안한 적극적인 분할출원 및 해외출원 고려
특허맵	<ul style="list-style-type: none"> - 선행기술조사 및 특허맵 작성 시, 기술과 시장동향이 일부 포함될 뿐 대부분 특허정보에 의존하여 분석 	<ul style="list-style-type: none"> - 특허조사 시, 일반적인 기술 분류가 아닌 표준 범위에 따라 검색 키워드가 달라짐 - 표준스펙 및 표준화 히스토리를 반영한 표준화 동향과 표준화 전략 등도 감안
특허평가	<ul style="list-style-type: none"> - 기술성, 시장성, 사업성, 권리성을 평가하여 기술거래나 특허 담보대출 등에 활용 	<ul style="list-style-type: none"> - 표준스펙과 특허의 청구항을 비교분석하여 라이선싱 및 특허풀 가입 등에 활용 - 응용특허는 배제되며 표준기술 구현에 필수적인 표준특허만이 가치 있음
전문인력	<ul style="list-style-type: none"> - 우수한 지식재산인력은 기술, 경영, 특허에 대해 두루 전문성을 갖춘 인력 	<ul style="list-style-type: none"> - 표준에 대한 이해 필수

자료 : 국가지식재산위원회, 「국내 표준특허 창출기반 확대 지원방안 연구」, 2012.12. p.19.

23) 국가지식재산위원회, 「국내 표준특허 창출기반 확대 지원방안 연구」, 2012.12. p25

|그림 3-4| 표준특허 창출 Life Cycle



자료 : 국가지식재산위원회, 「국내 표준특허 창출기반 확대 지원방안 연구」, 2012.12. p.25.

4) 시사점 요약

국내 및 국외에서는 LNG병커링 산업의 잠재력을 긍정적으로 평가하며 LNG 병커링 산업의 활성화 방안을 마련하는데 노력을 기울이고 있다. 하지만 병커링 산업은 특정 국가 내에서만 행해지는 산업이 아니라 일국에서 만들어진 LNG연료추진선이 주로 다른 국가의 항만에서 연료를 공급받게 되는 산업이므로 기술 표준화가 매우 중요하다.

그리고 표준화를 추진할 때 표준특허의 획득이 중요하다. 더불어 표준과 특허의 상호 모순적 성격을 고려하여 기 등록된 특허를 철저히 분석하여 표준화 추진으로 인한 특허 침해의 발생 가능성을 원천적으로 차단해야 할 것이다.

제2절 LNG병커링 기술의 상용화 여건 분석

LNG병커링 기술의 상용화를 위해서는 작업 절차나 기자재에 대한 합리적 기준을 정하는 표준화외에도 관련 법·제도 정비를 통한 거래의 신뢰성 확보, 새로운 기술개발에 대한 지원²⁴⁾, 기술의 안정적·효율적 거래를 위한 인프라의 확충, 그리고 새로운 기술을 적극적으로 수용할 수 있는 사회적 공감대가 필요하다. 본 연구에서는 이와 같이 상용화를 위한 주요 요건을 중심으로 국내 및 해외의 LNG병커링 기술의 상용화 여건을 분석한다.

1. 국내 LNG병커링 기술의 상용화 추진 여건

1) 국내 관련 법·제도 여건

도시가스사업법, 해양환경관리법, 대기환경보전법, 항만법, 항만운송사업법, 개항질서법, 선박안전법, 해사안전법 등에서 LNG연료추진선 및 LNG병커링 관련 사항에 대한 법률 내용 검토 및 수정이 필요하다.

LNG 병커링 관련 현행 법률 내용을 살펴보면, 선박연료를 기름이나 유류로 한정된 표현이 대부분을 차지하고 있다. 따라서 선박연료의 범위를 유류 외에도 LNG, LPG 등 가스를 포함할 수 있도록 수정해야 하며, 선박급유법의 사업에 대한 정의와 범위도 가스를 포함하도록 개정이 필요하다.

이 외에도 해양환경관리법과 대기환경보전법에서 정하고 있는 디젤기관을 LNG 연료를 사용하는 선박까지 포함할 수 있도록 내연기관 등과 같은 표현으로 수정이 필요하다.

2) 기술개발 지원 현황

LNG연료추진선과 LNG병커링은 IMO의 선박배기가스 규제에 대응할 수 있

²⁴⁾ 기술의 혁신정도에 따라 지원이 필요하지 않을 수도 있다.

는 대안이자 차세대 신성장 산업으로 성장해 갈 수 있는 대표적인 업종이다. 현재 국내 대형 조선소들의 경우 LNG연료추진선 시장을 선점하기 위해서 LNG연료 공급시스템에 대한 개발을 추진하고 있으나 대부분 외산 제품에 의존하고 있는 관계로 국내 관련 기자재 기술 개발이 매우 시급한 실정이다.

또한 한국가스공사와 국내 대형 조선소들을 중심으로 LNG벙커링 설비의 개발과 표준에 관한 협력 사업이 일부 진행되고 있지만 체계적이며 지속적인 설계 및 기자재 기술의 개발과 표준화 구축을 위해서는 정부 주도의 연구개발 계획 수립과 예산 지원이 매우 필요한 시점이다.

3) 인프라 현황

LNG연료추진선과 LNG벙커링 터미널은 상호 보완적인 관계에 있다. 하지만 LNG연료추진선 건조에 소요되는 시간이 길어야 2년인 반면 LNG벙커링 터미널은 최소 5년 이상의 장기적인 시간이 소요되기 때문에 항만기본계획의 반영에서부터 실제 건설에 이르기까지 체계적인 계획과 전략이 필요한 사항이다.

현재 우리나라는 LNG벙커링 시설관련 인프라가 전무한 상태이며 LNG벙커링 인프라 건설을 위한 타당성 검토도 미비한 상황이다. LNG벙커링 인프라 건설에 소요되는 시간을 고려할 때 향후 2020년부터 확대될 것으로 예상되는 LNG벙커링 시장 선점을 위해서는 지금부터라도 LNG벙커링 인프라 기반 구축에 민·관이 적극적으로 나서야 할 시점이다.

4) 사회적인 수용 여건

LNG벙커링 기술의 상용화를 위해서는 LNG연료추진선과 LNG벙커링 시장의 활성화 조치가 함께 병행되어야 한다. 하지만 현재 국내 상황을 살펴보면 선사들은 LNG연료추진선 발주에 소극적이며 에너지 공사는 경제성을 가질 수 있는 LNG 공급가격을 제공하지 못하고 있다.

따라서 LNG벙커링 및 LNG연료추진선 관련주체들인 선사, 조선소, 에너지 공사 등은 정부를 중심으로 사회적인 합의를 기반으로 상호 협력할 수 있는 분야를 발굴해 LNG벙커링 시장의 조기 활성화에 적극적으로 나서야 할 시점이다.

2. 외국의 상용화 여건 분석

1) LNG병커링 터미널의 글로벌 현황

개별 항만에서 LNG병커링을 수행하는 방식은 항만의 주변 환경조건과 운항하는 선박의 종류 및 규모, 항만의 안전기술에 따라 정해지지만 현재 대부분의 항만들은 LNG병커링의 기술과 경제성을 검토하는 단계라고 볼 수 있다.

LNG병커링은 노르웨이를 시작으로, 현재 네덜란드, 스웨덴, 벨기에, 독일 등 일부 유럽지역에서 전 세계 대부분의 LNG병커링 수행하고 있다. 대부분 Truck to Ship(TTS)와 전통적인 방식인 Pipe to Ship(PTS) 병커링 방식으로 진행하고 있으나, LNG연료추진선의 대형화와 선사들의 요구로 인해 하역과 적하 시에도 LNG병커링이 가능한 Ship to Ship(STS) 병커링 방식이 확대되는 상황이다.

LNG병커링 터미널의 현황을 조사하기 위해, WPCI²⁵⁾의 홈페이지(<http://www.lngbenkering.org>)에서 LNG Bunkering Map, Observatory of European Inland Navigation의 홈페이지(<http://www.inland-navigation.org>)에서 LNG Map, GIE²⁶⁾의 홈페이지(<http://www.gie.eu>)에서 LNG Map 등을 분석하였다. 세 종류의 LNG Map을 조사하여 LNG병커링이 가능한 터미널 현황(operational), 현재 건설 중(under construction), 계획 중(planned)인 LNG병커링 가능 항만을 조사하였다.

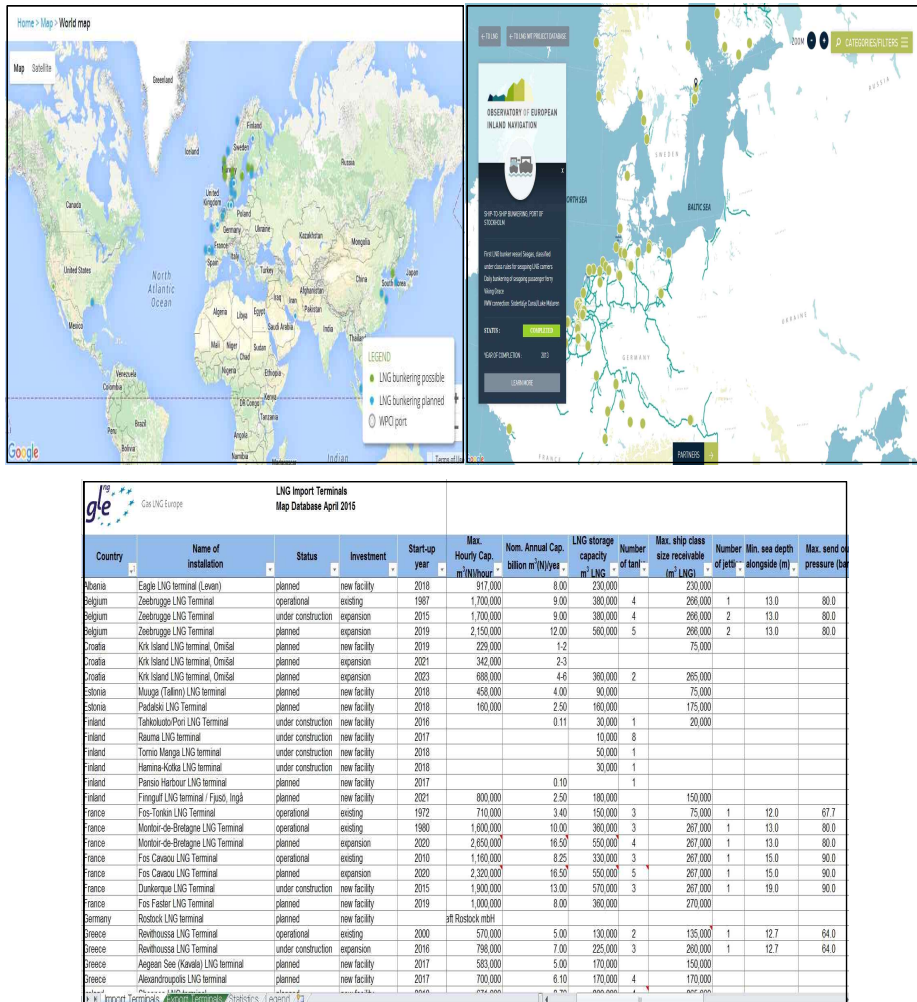
현재 LNG병커링이 가능한 항만은 한국과 미국을 제외한 대부분은 유럽에 집중되어 있다. 유럽 중 발트해와 북해 주변 국가들에 집중되어 있는데, 이는 발트해와 북해가 ECA²⁷⁾가 설정되어 있고 본 해역에서 운항하는 LNG연료추진 여객선 및 오프쇼어 서비스 선박 등이 많이 운항하고 있어 LNG 수요가 많기 때문인 것으로 예상된다. ECA의 확장 및 외해를 운항하는 LNG연료추진선의 수가 증가될수록 LNG병커링이 가능한 항만의 수는 더욱 증가할 것으로 예상된다.

25) WPCI(World Ports Climate Initiative) : 세계 항만 기후 계획

26) GIE(Gas Infrastructure Europe)

27) ECA(Emission Control Area)는 배출가스 통제구역으로, 미국을 포함한 북미, 발트해 인근 유럽국가들이 IMO의 선박배출 온실가스 기준을 충족하지 못하는 선박에 대해 연안 접안을 금지하는 구역이다.

[그림 3-5] LNG벙커링 터미널 조사를 위한 자료



자료 : WPCI 홈페이지 (2015.10.19.)[좌상], Observatory of European Inland Navigation 홈페이지 (2015.10.19.)[우상], GIE LNG Map(2015)[하].

| 표 3-17 | 세계의 LNG병커링 터미널 (운영 중)

국가	도시	Owner /Operator	방식	운영 연도	비고
벨기에	Zeebrugge	Fluxys LNG, LNG Europe	TTS	2014	· 1987년부터 LNG 터미널을 운영 · 2014년 2월 Tug boat에 첫 병커링 시행
	Antwerp	Port of Antwerp	TTS	2012	· 2012년 12월 첫 병커링 시행 · 2013년 8월 바지선을 위한 LNG병커링 스테이션 건설 승인 · 2015년까지 STS 방식으로 병커링을 진행하고자 Exmar를 건설 파트너로 선정
핀란드	Helsinki				
	Turku				
독일	Brunsbüttel	Gasnor	TTS	2011	· PTS 설비 건설 중 (2015) · 외해 선박만 이용 가능
	Elbehafen		TTS	2011	· 2011년 11월 첫 병커링 시행
	Mannheim	Hafen Mannheim	TTS	2013	· LNG Master Plan의 Framework에 포함
네덜란드	Rotterdam	Gasunie, Vopak	TTS	2011	· 2011년 11월 첫 병커링 시행 · 2013년 7월 LNG 병커링 법률을 제정하고 운영 중인 유럽 최초의 항만 · STS방식도 계획 중
	Amsterdam	Port of Amsterdam	TTS	2013	· 내항 선박 위주의 병커링을 시행하나 small-scale의 외해선박에도 병커링 가능
	Moerdijk	GDF Suez	TTS	2014	· 2014년 12월 첫 병커링 시행
노르웨이	Bergen		PTS		
	Floro				
	Fredrikstad	SkanGas	TTS	2011	
	Karmøy				
	Kristiansund		TTS		
	Monstad				
	Mosjoen	Gasnor		2007	
	Oslo				
	Risavika	Skin/gas	PTS		· 북유럽 최초로 Loading Arm을 이용한 LNG병커링 충전시설
	Stavanger		PTS		
한국	Incheon	Incheon Port Authority	TTS	2013	
스웨덴	Lysekil	SkanGas	PTS	2014	· Storage Capacity : 30,000m3
	Stockholm	AGA, Viking Line	STS	2013	· 2013년 1월 세계 최초로 페리선을 위한 병커링을 기획하고 TTS방식으로 병커링 수행 · 2013년 3월 STS방식으로 병커링 수행
	Nynasham	AGA	PTS	2011	· Storage Capacity : 20,000m3
미국	LA				

자료 : 트랜스가스솔루션(Trans Gas Solution, TGS) 연구진 조사 및 정리

2) 글로벌 LNG병커링 터미널 개발 전망

2014년 하반기부터 원유가격이 크게 하락한 후 여전히 저유가 상황이 지속되고 있으며 이러한 저유가는 당분간 더 지속될 가능성이 있다. 이로 인해 LNG연료추진 선박에 대한 관심이 확산되지 않고 있다. 그럼에도 불구하고 세계 각 항만들은 LNG병커링 서비스를 위한 준비를 지속하고 있다. 인프라 건설에 상당한 기간이 소요되는 점을 고려하여 준비를 늦추지 않는 것으로 판단된다.

Shell, Gazprom, GDF SUEZ 등 세계적인 에너지기업과 싱가포르 항만청 및 중국의 CNOOC(China National Offshore Oil Corporation) 등은 LNG병커링 관련 프로젝트를 진행 중에 있다. Shell은 핀란드 Wärtsilä와 미국 연근해지역을 대상으로 LNG연료추진선과 LNG병커링 터미널 사업을 공동으로 진행 중에 있으며, 노르웨이의 Gasnor를 인수하여 노르웨이 시장을 100% 점유하고 있다. Gazprom은 네덜란드 Gasunie와 Rotterdam항에 선박용 및 트럭용 LNG병커링 터미널을 공동으로 개발하는 협약을 체결하였고, 러시아 Summa 그룹에서 보유한 선박과 항만 인프라를 대상으로 북해 및 발틱해에서의 LNG병커링에 대한 공동 개발을 추진하기로 했다. GDF SUEZ는 네덜란드 Cofely Netherlands N.V.와 LNG Solution이라는 합작회사를 설립해 선박 및 트럭 연료용 LNG병커링을 추진하고 있다. 세계 최대 병커링 항만인 싱가포르에서는 발전용 LNG 터미널 건설과 함께 LNG병커링 프로젝트를 추진하고 있다.

또한 불가리아의 Ruse에 1,000m³ 규모의 LNG 터미널을 건설 중에 있으며, 터미널은 천연가스 차량 충전 설비 및 폰툰(Pontoon)을 이용하여 내륙의 LNG연료추진선에도 병커링이 가능하도록 준비 중에 있다. 게다가 Antwerp, Mannheim, Switzerland, Linz, 및 Komarno에도 내륙 LNG병커링 인프라를 건설하여 LNG병커링 네트워크를 구축할 계획을 마련하고 있다.

|표 3-18| 세계의 LNG병커링 터미널 (건설 중)

국가	도시	Owner /Operator	방식	운영 연도	비고
핀란드	Hamina-Kotka	Haminan Energia		2018	
	Raum	AGA		2017	
	Pori	SkanGas	PTS, STS	2016	· Storage Capacity : 30,000m3
	Tornio	Manga LNG		2018	
폴란드	Swinoujscie	Polskie LNG S.A.	PTS		· 2020년까지 설비 확장 계획 중
영국	Isle of Grain	Grain LNG	PTS	2017	
리투아니아	Klaipeda	Klaipedos Nafta	PTS	2015	· FSRU Independence
독일	Hamburg	Bomin Linde LNG	TTS, PTS	2015	
	Bremen	HGM Energy GmbH	PTS	2015	· Planned initial capacity : 400m3

자료 : 트랜스가스솔루션(Trans Gas Solution, TGS) 연구진 조사 및 정리

|표 3-19| 세계의 LNG병커링 터미널 (계획 중)

국가	도시	Owner /Operator	방식	운영 연도	비고
아르헨티나	Buenos Aires		TTS		
벨기에	Ghent				
불가리아	Ruse	Bulmarket DM Ltd.	PTS	2015	· 내항선을 위한 병커링 스테이션 · LNG Master Plan에 포함
중국	Nanjing				
	Zhoushan				
덴마크	Aarhus				
	Copenhagen				
	Hirtshals				
에스토니아	Talinn	Vopak	PTS	2018	
	Muuga				· LNG터미널 2017년부터 예정 · LNG연료추진 Ferry 2대 구입
핀란드	Oulu				
	Pansio	SkanGas		2017	
프랑스	Le Havre				
	Roscoff				

국가	도시	Owner /Operator	방식	운영 연도	비고
독일	Bremerhaven				
	Brunsbüttel				
	Lubeck	Lubeck Port Authority	PTS		
	Rostock	Gazprom	PTS		· 양해각서 체결
	Wilhelmshaven				
이태리	Livorno	OLT Offshore LNG Toscana			
	Fezzano di Portovenere	GNL Italia			
네덜란드	Zwijndrecht				
노르웨이	Bodo				
	Kristiansund				
싱가포르	Singapore				· 2015.9월 LNG벙커링 면허 심사 중 · LNG벙커링 초기 시장 확보를 위해 LNG연료추진선 건조비용 지원 공고 · 부산항 기본계획에 반영
한국	Busan				
스페인	Ferrel				
	Gijon	Enagas	PTS	2021	
	Santander				
스웨덴	Gotenborg	Swedegas, Vopak		2015	· Capacity in Phase I(2015) : 9,600m ³ · Phase II(2017) : 25,000m ³
	Helsingborg			2016	· 페리선의 입출항이 잦은 항만
UAE	Fujairah				
미국	Fourchon				
	Long Beach				

자료 : 트랜스가스솔루션(Trans Gas Solution, TGS) 연구진 조사 및 정리

3) 중국

중국은 2010년 국제해운연회에서 ‘광저우 선언’을 발표하면서 스마트 항만 및 친환경 항만 건설 및 저탄소 배출 물류 발전의 발전목표를 제시하였다. 이와 더불어 디젤 엔진을 사용하고 있는 선박을 LNG연료추진선으로 개조하는 것에 대한 실험을 완료하였다. 이를 바탕으로 중국선급협회(CCS :China Classification Society)에서 천연가스 혹은 액화천연가스를 선박 연료로 사용하기 위해 검사 기준을 제정하였다.

LNG 燃料动力试点船舶关键设备技术要求 (LNG연료 동력 시범 선박 핵심설비 기술요구)

1. 기체 연료 엔진 기술 요구
2. 선박용 LNG 저장 탱크의 계획 승인
3. 엔진제어유닛(ECU :Engine Control Unit) 기술 사양
4. 열교환기 기술 요구

LNG 燃料动力试点船舶技术要求(LNG연료 전기 pilot 선박 기술요구)

- 제1장 일반 규정
- 제2장 선박 배치
- 제3장 가스 연료 배관
- 제4장 기계 환기
- 제5장 화재
- 제6장 전기 시스템
- 제7장 제어, 감시 및 안전 시스템
- 부록 LNG 구동 선박의 주요 제품 인증 목록

자료 : 중국 교통운수부 해사국(2012. 5.)

2012년 중국 해사국에서 ‘LNG燃料动力试点船舶技术要求’ 및 ‘LNG燃料动力试点船舶关键设备技术要求’를 발표하면서, LNG연료추진선 제작에 대한 전문적인 기술 개발이 진행되었음을 공표하였다.

그리고 LNG연료추진선의 확충을 위해, 기존 디젤 연료공급장치는 남겨두고 LNG연료공급장치 및 ECU(Electronic Control Unit)만을 추가하여 LNG연료추진선으로 사용할 수 있도록 하는 테스트를 진행하였다. 이러한 Hybrid 시스템을 최초로 실제 적용한 선박이 DWT 2,700톤 급 ‘Susu Huo 1260호’이다. 개조 후, Susu Huo 1260호는 1항차(round voyage) 당 드는 운항비가 약 3,000위안이 감소했다. 그 이후, 추가적으로 100여 척의 선박을 Diesel-LNG Hybrid 시스템으로 개조하였으며, 같은 해에 충칭과 마오밍을 오가는 ‘Changxun 3’호를 상선으로서는 최초로 LNG연료추진선으로의 개조를 승인하였고, Changxun 3호는 개조 후, 선박 운용비용 중 디젤 대비 연료비용이 22% 정도 감소하였다.

|표 3-20| Susu Huo 1260호 연료소모량

	개조 전	개조 후
Diesel	32.98 kg/h	10.51 kg/h
LNG	0.00 kg/h	28.51 kg/h

자료 : Wensheng LIN(2015).

|그림 3-6| Susu Huo 1260호



자료 : Wensheng LIN(2015).

그리고 2013년 교통운수부(交通運輸)에서 청정에너지 사용 촉진의 방안으로 LNG의 사용 및 LNG 운송 산업의 촉진을 목적으로 한 ‘水运行业应用液化天然气试点示范工作实施方案’(액화천연가스 운송 산업 응용 프로그램의 촉진에 관한 지침) 을 발표하였고, 2014년 교통운수부 및 재정부(財政部)가 공동으로 내륙 운송로 활성화를 위해 ‘内河船型标准化补贴资金管理办法’(내륙 선박 보조금 표준화 관리 방법)을 발표하여, 노후선박 해체 및 LNG연료추진선의 신조에 대해 보조금 지급 기준을 정리하였다.

|표 3-21| LNG연료추진선 보조금 지급 기준

메인엔진출력(kW)	기간	
	15년 3월 이전	15년 4월 ~ 17년 12월
300 이하	CNY 0.85M	CNY 0.63M
300~600	CNY 1.05M	CNY 0.78M
600~1,000	CNY 1.20M	CNY 0.90M
1,000 이상	CNY 1.40M	CNY 1.00M

자료 : Wensheng LIN(2015)

주 : 2014.4월 이후 신조선박 대상

4) 유럽

가. CEF(Connecting European Facility) 프로그램

CEF는 2030년까지 EU(European Union) 핵심 교통네트워크 구축을 위해 2014년부터 2020년까지 € 260억의 기금을 마련하여 9개의 교통회량을 건설하고 EU내 국경 간 교통을 최적화하여 EU 단일시장의 ‘주동맥’을 형성하고자 마련되었다. CEF 프로그램은 CET Transport, CEF Energy, CEF Telecom으로 나누어져 있다. 2014년 기준, € 304억이 모금되었으며, Transport € 240억, Energy € 54억, Telecom € 10억으로 각각의 분야에 나누어져 프로그램이 진행되고 있다.

LNG병커링과 관련 있는 프로그램은 대부분 병커링 설비 및 건설에 관한 내용과 LNG연료추진선의 신조 및 개조에 대한 연구 등으로 연구용역(Studies) 같은 경우 지원한도를 50%까지, 실행 사업(Works)은 최대 30%까지 CEF에서 융자해주고 있다.

|표 3-22| CEF Transport-MoS 중 LNG병커링 관련 지원 프로젝트

Project	Year	Type	Total cost
Costa II East - Poseidon Med	2013	Studies (delay)	€ 5,126,250
Pilot Implementation of a LNG-Propulsion System on a MoS Test Track in the Environmental Model Region ‘Wedden Sea’	2013	Studies (completed)	€ 6,140,000

Project	Year	Type	Total cost
LNG in Baltic Sea Ports II	2013	Studies (delay)	€ 1,664,646
Channel LNG	2013	Mixed (ongoing)	€ 26,646,180
Sustainable Trelleborg-Swinousjcie MoS Services Based on Upgrading Port Infrastructure, Developing Intermodal Transport and Integrating Hinterland Corridors	2013	Mixed (ongoing)	€ 10,933,090
Into the Future - Baltic So2lution	2013	Studies (completed)	€ 7,259,080
LNG Rotterdam Gothenburg	2012	Works (delay)	€ 171,360,000
SEAGAS	2012	Studies (ongoing)	€ 2,082,000
LNG Bunkering Infrastructure Solution and Pilot Actions for Ships Operating on the Motorway of the Baltic Sea	2012	Mixed (ongoing)	€ 74,557,500
COSTA	2011	Studies (completed)	€ 3,042,582
LNG in Baltic Sea Ports	2011	Studies (completed)	€ 3,394,040
LNG Infrastructure of Filling Stations and Deployment in Ships	2010	Studies (completed)	€ 26,789,000

자료 : European Commission 홈페이지(2015.09.22.)

나. NOx Fund

NOx Fund는 2007년 1월 1일부터 엔진이 750kW를 초과하는 선박을 기준으로 NOx 배출량 1kg 당 € 1.9의 환경세를 부과하는 것으로 시작하였다. 이후, 2008년 이후로 Oil과 Gas 생산업체는 NOx 1kg 당 € 1.4를 부과, 어선, 오프쇼 어서비스선박, 여객선, 화물선 등의 선박에는 € 0.5/kg을 부과하는 것으로 변경되고, 같은 해 5월에 14개의 업체와 노르웨이 환경부가 질소산화물에 대한 환경협정에 합의하고, 2010년 12월에는 협정의 기간을 2017년까지 연장하는 것에 합의하였다. 2013년까지 Fund는 € 70M 가 모금되었고, 671개의 업체가 질소산화물 배출 저감에 참여하고 있다.

그리고 NOx Fund에 참여하고 있는 LNG연료추진선은 저감되는 질소산화물

1kg 당 € 44 또는 LNG연료추진선으로의 전환으로 발생하는 투자비용의 80% 중 적은 금액을 지원받을 수 있다. 2011년 말까지 NOx Fund의 혜택을 받은 선박은 41척이고, 이는 신조 및 개조를 포함하며, 선박의 종류도 여객선, 화물선, 오프쇼어서비스선박, Ro-pax 등으로 다양하다.

|표 3-23| NOx Fund에서 지원한 선박

Vessel Name	Type	Engine	NOx Fund Support
Sea-Cargo	Cargo	Rolls-Royce	€ 9.5M
Bit Viking	Tanker	Wartsila	€ 6.1M
Høydal	Cargo	Rolls-Royce	€ 2.8M
Normand Arctic	OSV	Wartsila	€ 5.3M
Boknafjord	Ferry	Rolls-Royce	€ 3.7M
Viking Prince	OSV	Wartsila	€ 4.6M
Fjordline Ferries (×2)	Ferry	Rolls-Royce	€ 11M (×2)

자료 : Geir Høiby(2012).

다. 라인강 LNG Masterplan

LNG Masterplan은 유럽 내부에서 컨소시엄을 구성하여, 유럽 내륙의 화물수송 연료로서 사용하기 위해 새로운 규정에 대한 도입 및 개발을 목표로 진행되고 있는 프로젝트이다. 본 프로젝트에 따른 시범 사업으로 실행된 사항은 그림 3-7과 같다.

LNG Masterplan은 내륙 운항용 선박에 대해 LNG연료추진선으로 개조 및 신조를 계획하고 있다. 그림 3-8의 좌측상단은 개조 계획 중인 LNG연료추진 컨테이너 선박인 ‘Eiger’, 우측상단은 LNG연료추진 가스운반선인 ‘Sirocco’, 좌측 하단은 LNG연료추진 화학제품 운반선인 ‘Ecoliner’, 우측하단은 Argos Bunkering이 개발 중인 LNG/MGO 운반선이다.

[그림 3-7] 라인강 LNG Masterplan 주요 내용



자료 : Manfred Seitz(2015)

[그림 3-8] 내륙 운항용으로 개조/신조 계획 중인 LNG연료추진 선박



자료 : Manfred Seitz(2015)

5) 일본

일본은 선박안전법, 고압가스보안법, 항칙법(港則法), 해상교통안전법 등에서 LNG병커링과 LNG병커링 선박의 운항과 관련하여 규정하고 있다.

법령은 Truck to Ship, Portable Tanks, Pipe to Ship, Ship to Ship 등 모든 방식에 대해 규정하고 있다. ISO LNG Tank Container와 같은 이동형 소형 탱크를 사용하는 LNG병커링은 TTS(Truck to Ship) 관련 법령을 준용한다.

가. 선박안전법

선박안전법(1933년 법률 제11호)은 천연가스연료선의 선박 소유자는 위험물 선박 운송 및 저장 규칙(1957년 운수성령 제30호) 제5조 8에 근거한 위험물 취급 규정을 본 Guideline에 의거하여 작성, 선장에 제공하고, 선장은 이를 승무원 등에게 공지하여 준수하도록 할 필요가 있다고 규정하고 있다.

LNG병커링선박의 경우 위험물 선박 운송 및 저장 규칙 제140조의 동등 효력 규정에 의거한 지방운수 국장의 지시에 입각하여, 본 Guideline에 의거한 대응을 함께 실시해야한다.

또한 IGF Code 등 국제 규정에 대한 IMO 검토 결과는 일본 선박안전법 체계에 도입될 것이다.

나. 고압가스보안법

고압가스보안법은 LNG lorry를 이용하여 LNG 연료의 보급을 실시하고자 하는 자는 제5조 제1항 제1호에 의거하여, 사업소별로 도도부현(都道府県) 지사의 허가를 얻어야한다고 규정하고 있다. 해당 허가의 취득에 있어서는, 동법(同法) 제8조에 의거하여, 일반 고압가스보안규칙(1966년 통상 산업성령 제53호) 제8조에서 규정한 기준을 만족해야 한다.

또한 동법 제26조에 의거하여, 동령(同令) 제63조 제2항의 내용을 기재한 위해 예방규정을 확립하여, 도도부현(都道府県) 지사에 신고해야한다.

육상 시설을 이용하여 LNG연료의 공급을 실시하고자 하는 자는 고압가스보

안법 제5조 제1항 제1호에 의거하여, 사업소별로 도도부현 지사의 허가를 얻어야함. 해당 허가의 취득에 있어서는, 동법(同法) 제8조에 의거하여, 일반 고압가스 보안규칙(1966년 통상 산업성령 제53호. 이하 「일반칙(一般則)」이라 함) 제6조(해당 사업소가 콤비나트(kombinat) 등 보안 규칙(1986년 통상 산업성령 제88호. 이하 「콤비나트칙(則)」이라 함)의 적용을 받는 사업소인 경우에는 콤비나트칙(則) 제5조)에 규정된 기준을 충족해야한다.

또한 동법 제26조에 의거하여, 일반칙(則) 제63조 제2항(콤비나트칙(則)이 적용되는 사업소의 경우 콤비나트칙 제22조 제2항의 내용을 기재한 위해(危害) 예방 규정을 확립하여, 도도부현(都道府県) 지사에 신고할 필요가 있다.

다. 항칙법(港則法)

LNG 벙커링선은 항칙법(1948년 법률 제174호)의 위험물을 적재한 선박에 해당하므로, 동법 제21조부터 제23조까지의 규정에 근거하여 특정 항만 입항에 있어서의 항장(港長)의 지휘, 특정 항으로의 묘박(錨泊) 또는 정박 장소 등의 항장의 지정 및 특정항의 위험물 하역에 관한 항장의 허가를 받을 필요가 있다.

이와 관련된 지휘·지정·허가를 받기 위해서는 LNG 연료 이송에 관한 절차·안전대책·기기 등에 대한 본 가이드라인에 근거한 조치와 함께 필요에 따라 다음의 사항에 대한 별도의 운영 Location(항만)에 따라 검토할 필요가 있다.

- 지역 고유의 특유한 외력(外力)(장주기파 및 강조류 등)
- 항내(港内) 이용 상황

라. 해상교통안전법

총톤수 1,000톤 이상의 LNG벙커링선박은 LNG 운반선과 마찬가지로 위험물 적재선으로서 해상교통안전법(1974년 법률 제 115호) 제22조의 적용을 받게 되고, 항로를 항행하는 경우에는 동조(同条)에 근거 통보할 필요가 있다. 또한 총톤수 25,000톤 이상의 LNG 벙커링선의 경우 동법 제23조에 의한 지시에 따라 소방 선박 등의 배치가 필요한 경우가 있다.

제4장 LNG병커링 기술 개발 계획

제1절 해상 LNG병커링 순환과 요구기술

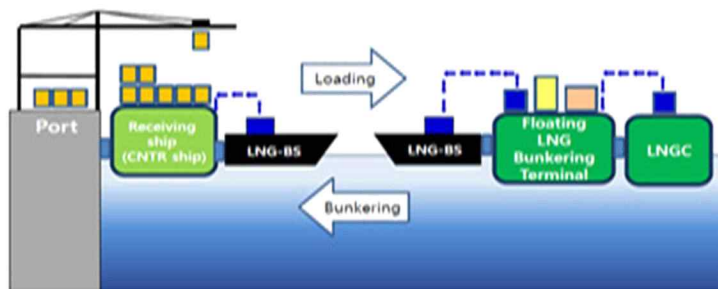
1. 해상 LNG병커링 순환 단계

해상 LNG병커링을 수행하기 위해서는 LNG병커링을 목적으로 하는 선박(이하, LNG병커링선(액화천연가스연료공급선))이 ① LNG를 저장하고 있는 탱크가 설치된 육상 혹은 해상에 설치된 설비(이하 LNG병커링 터미널)로 이동하여 접안한 뒤 LNG를 받아, ② 하역 및 운반도중 발생하는 화물창 내부의 증발가스(Boil-Off Gas, 이하 BOG)를 안전하게 처리하며, ③ LNG연료추진선에 안전하게 접선하여 양 선박간의 상태를 사전에 확인하고 ④ LNG를 급유한다. 이때 작업 중 발생하는 BOG를 처리하기 위한 안전조치를 수행하여야 한다.

LNG병커링 작업을 수행한 뒤 LNG연료추진선에서 이선 → 이동 → LNG병커링 터미널로 복귀하는 일련의 과정을 해상 LNG병커링의 순환으로 정의할 수 있다.

이에 대한 이해를 돕기 위하여 다음과 같이 LNG병커링 공급사슬에 대한 개념도를 제시하였다.

[그림 4-1] 해상 LNG병커링에 대한 개념도



자료 : 인터넷 기사 참조(<http://m.e2news.com/news/articleView.html?idxno=82507>, 2015.10.20. 검색)

해상 LNG벙커링의 순환은 그림 3-1에서 도식된 바와 같이 LNG벙커링선이 해상부유식 LNG벙커링 터미널로부터 LNG를 하역받아, 항만에서 작업 중인 LNG연료추진선에 LNG를 이송하여 벙커링하여 주는 일련의 행위를 의미한다.

본 항목과 관련하여 싱가포르 항만청은 LNG벙커링 표준과 절차를 논의하기 위하여 2014년 10월 SIBCON 2014에서 벨기에 Antwerp항만청, 네덜란드 Rotterdam항과 벨기에 Zeebrugge항 관계자들과 함께 LNG벙커링 관련 기술적 표준과 절차를 통일하기 위한 협의를 진행하였다.

LNG벙커링에 대한 흐름을 보다 명확히 나타내기 위하여 LNG벙커링의 흐름을 아래와 같이 도식하여 나타내었다

[그림 4-2] LNG벙커링의 흐름 도식



주 : 본 도식에서는 해상부유식 LNG벙커링 터미널을 활용한 LNG벙커링 방식 흐름을 나타냈다.

자료 : 트랜스가스솔루션(Trans Gas Solution, TGS) 연구진 작성

LNG벙커링선에 있어서 핵심으로 고려되는 설비에 대한 개요도를 아래와 같이 나타내었다.

LNG벙커링과 관련한 Engineering 및 기자재 기술을 분류하기 위하여 해상 LNG벙커링의 순환을 각 단계별로 하여 총 8단계의 순서로 분류하여 각 범주에서 고려하여야 하는 사항들을 나열하고자 하였다.

[그림 4-3] LNG병커링선의 핵심기자재에 대한 개요도



자료 : 트랜스가스솔루션(Trans Gas Solution, TGS) 연구진 작성

2. LNG병커링 단계별 요구 기술

1) 1단계 : LNG병커링선이 터미널로 이동

통상적인 경우에는 LNG병커링선이 LNG병커링 터미널로 이동할 경우 화물창(LNG Cargo Tank) 내부에 소량의 LNG를 보유하고 있는 것으로 가정하며, 소량의 LNG는 LNG병커링 터미널에 도착하기 전에 화물창 내부의 평균온도를 -150°C 이하로 유지하는데 사용하거나, LNG병커링선의 추진연료로 사용한다.

설계 시 LNG병커링선이 LNG병커링을 수행한 후 LNG병커링 터미널로 복귀하는 기간을 고려하여 LNG화물창 내부의 온도가 얼마나 상승하는지를 계산하고, 이를 반영하여 LNG화물창 냉각을 위한 LNG 분사량 및 분사설비의 용량을 산정하여야 한다.

2) 2단계 : LNG벙커링선이 터미널에 접안

LNG벙커링선이 LNG벙커링 터미널에 접안하기 위해 고려되어야 하는 항목은 일반 LNG운반선이 LNG터미널에 접안하기 위해 수행되어야 하는 항목과 유사하다.

통상 Ship-shore Compatibility(호환성)를 확인해야 하며, Ship-shore Compatibility에 대한 항목은 다음과 같다.

LNG벙커링선이 LNG벙커링 터미널에서 지원선(Tug 등)의 도움없이 자력으로 접안할 수 있도록 시스템이 구성되어야 할 것으로 판단하며, 이를 위해서는 LNG벙커링선에 자동접안시스템이 구성되어야 하며, 자동접안 시스템이 구성되기 위해서는 Azimuth Thruster와 Bow Thruster가 함께 작동할 수 있도록 하며, 선박의 운동성에 대한 해석을 통한 충분한 용량의 Thruster가 선택되어야 한다. 이를 위해 LNG벙커링선의 선형이 설계된 이후 모형성능실험을 통하여 요구되는 동력을 선정하는 기준 마련이 필요하다.

LNG벙커링선이 LNG벙커링 터미널에 접안하면 터미널 내의 안전을 위하여 소방선 등의 지원이 필요하므로 이에 대한 준비가 필요하며, 벙커링선의 접안 수를 기준으로 준비되어야 하는 소방선의 척수를 선정하는 기준 개발이 필요하다.

LNG벙커링선의 접안을 위해서는 LNG벙커링 터미널의 접안 설비와 일치하여야 하며, 이를 위해서는 LNG벙커링 터미널뿐만 아니라 LNG연료추진선이 함께 고려되어야 한다. 특히 Fender의 종류와 개수는 서로 일치하여야 하며, Fender의 개수는 선박의 평형선을 기준으로 설치되어야 하는 기준이 설정되어야 한다.

LNG연료추진선이 Fender를 갖추고 있지 않으므로 LNG벙커링선이 Fender를 준비하여야 하며, Fender의 개수는 LNG벙커링선의 평형선을 기준으로 설치되는 기준이 마련되어야 한다.

LNG벙커링선에 Fender가 설치되므로 LNG벙커링 터미널에는 설치할 필요가 없을 것으로 판단하며, 이에 따른 LNG벙커링 터미널의 안전을 위해 보조 Fender의 설치 등이 필요할 것으로 판단하였다.

LNG터미널과 LNG벙커링선 간 상호 통신 및 정보교류를 위해서는 통신설비가 준비되어야 하며, 이를 통일할 필요가 있다. 특히, LNG연료추진선과

LNG병커링선 간에 통신이 이루어져야 하므로 이를 고려하여 LNG병커링 터미널에도 준비가 되어야 한다. 송수신 설비의 연결방법, 통신방법, 통신내용 등이 준비되고 설비의 경제성과 운영성을 고려한 기준 마련이 필요하다.

LNG병커링선이 LNG병커링 터미널과 연결되어 LNG를 받기 위해서는 LNG 병커링 암(Arm)의 연결이 필요하며, LNG병커링 암(Arm)은 LNG연료추진선에도 연결되기 때문에 LNG병커링을 수행하기 위한 유량산정과 유속의 기준이 마련되어야 한다. 싱가포르에서 유류 병커링의 경우 선박의 재화중량에 따라 유량산정 기준이 변경되므로 이를 따르는 것도 하나의 방침이나, LNG의 특성을 고려하여 유량 및 유속의 기준을 설정할 필요가 있다.

LNG병커링 Arm은 LNG병커링 터미널과 LNG연료추진선에 설치하는 것 보다는 LNG병커링선에 설치하는 것이 유리할 것으로 판단됨에 따라 이에 대한 기준 설정이 필요하다.

LNG병커링 Arm은 LNG병커링 터미널에서 LNG를 하역 시 발생하는 BOG의 반송여부에 따라 LNG 배관 연결뿐만 아니라 Vapor 배관 연결여부를 판단하여야 하며, 특히 LNG연결배관과 Vapor 연결배관 사이의 이격에 대한 기준을 마련하여야 하며, LNG연결배관을 중심으로 Vapor 연결배관을 좌측 혹은 우측에 연결할지 등에 대한 기준을 마련하여야 할 것이다.

LNG병커링선이 LNG병커링 터미널에 접안하여 계류하기 위해서는 계류설비가 서로 일치하여야 하는 점을 고려하여야 하며, 계류설비 역시 LNG연료추진선과의 연계성을 함께 고려하여야 한다.

계류설비의 경우, 응급한 상황이 발생할 경우 빠른 시간 내에 분리가 될 수 있어야 함에 따라 계류선을 장착하는 경우 빠르게 분리할 수 있는 Quick Release Hook(QRH)의 설치가 요구되는 데 이 설비는 통상 LNG병커링 터미널에 설치되는 것으로 생각되지만, 이 경우 LNG병커링선에서 Winch를 이용하여 계류선을 LNG병커링 터미널의 QRH에 연결한다고 할 때, LNG연료추진선에 QRH를 연결해야 하므로 LNG연료추진선에 부가적인 설비를 설치하게 되므로 어려움이 있을 것으로 판단된다.

따라서, QRH는 LNG병커링선에 설치하는 것으로 하고, LNG병커링 터미널에

Winch설비를 하여 응급 시 QRH를 통해 계류선을 빠르게 분리할 수 있도록 하는 것이 필요할 것으로 판단하며, 이에 대한 기준안을 만들 필요가 있다.

3) 3단계 : LNG하역

LNG벙커링선이 LNG벙커링 터미널로부터 LNG를 하역받기 위해서 LNG벙커링선의 화물창 내 온도와 압력이 LNG를 하역받을 때 기화되는 Gas의 양을 적게하기 위하여 사전에 설정되어야 한다. 또한 화물창 내 초기 온도와 압력에 따라 LNG 하역 시 발생하는 BOG의 양이 변동될 수도 있다.

LNG 하역 시 LNG벙커링선에서 발생하는 BOG의 양을 사전에 계산하고, 이 BOG가 LNG벙커링 터미널로 반송될 경우 반송되는 양에 대한 LNG벙커링 터미널의 처리용량이 정의되어야 하며, 반송되는 가스를 LNG벙커링 터미널에서 안전하게 처리하지 못할 경우 LNG벙커링선에서 처리할 수 있는지에 대한 내용이 고려되어야 한다.

LNG 하역 시 LNG벙커링선에서 발생하는 BOG를 자체적으로 처리하는 액화설비를 설치하는 것은 LNG연료추진선에 LNG를 벙커링 할 경우 발생하는 BOG를 처리하는 것과 관련하여 함께 고려할 필요가 있으며, BOG 액화설비의 설치에 대하여 용량산정 등에 대한 기준이 필요할 것으로 판단된다.

LNG 하역 시 Loading Arm 배관 내의 초기 Inerting/Cooldown 및 LNG 하역이 끝난 이후 배관 Purging 등에 대하여 절차와 수행시간에 대하여 기준을 마련할 필요가 있다.

또한, Inerting과 Purging을 수행하는 주체에 대하여 LNG연료추진선과의 관계를 고려하여 LNG벙커링선이 주체가 될 것인가에 대한 기준 마련이 필요할 것으로 판단된다.

LNG를 하역하는 동안 LNG의 하역량을 계측하기 위하여 어떠한 설비를 사용할 것이며, LNG 하역량의 계측오차를 어느 범위에서 상호간 동의할 것인가에 대한 기준을 마련하여야 할 것으로 판단된다.

LNG 하역 시 응급상황이 발생할 경우 LNG벙커링용 응급차단밸브

(Emergency Shutdown Valve)는 30초 이내에 닫혀야 하며, 긴급 분리상황이 발생할 경우 ERS(Emergency Release System)를 이용하여 LNG병커링 암(Arm)을 분리하도록 하며, 이에 대한 안전하고 정확한 운전절차를 수립이 필요하다.

4) 4단계 : LNG병커링선의 터미널 이안

LNG 하역이 끝나고 배관 Purging이 끝난 이후, LNG병커링선을 이안하기 전에 LNG 거래량에 대한 정산을 수행해야 한다. LNG 거래량에 대한 정산이 끝나면 이안을 수행하며, 이 경우 LNG병커링선이 자체적으로 이안할 수 있도록 해야 한다. 따라서 LNG병커링선의 이안절차가 확립되어야 한다.

LNG 하역 시 응급상황이 발생할 경우 LNG병커링선은 LNG병커링 암(Arm)을 빠르게 해제하고²⁸⁾, QRH를 이용하여 계류선을 분리한 뒤 정해진 시간 내에 이안을 수행하여야 한다. 이런 이유로 위와 같은 응급상황에 대한 이안 절차 및 소요시간의 기준이 마련되어야 한다.

5) 5단계 : LNG병커링선 항해 시 고려사항

LNG병커링선이 LNG병커링 터미널로부터 LNG를 하역 받아, LNG연료추진선이 정박 혹은 화물작업을 수행하고 있는 항만 내로 이동하는 도중에 화물창 내에서 발생하는 BOG를 연료가스로 사용하도록 할 것인지에 대한 허용여부와 함께, 화물창 내 LNG를 강제 기화하여 연료가스로 사용하는 것에 대한 허용여부 및 그와 관련한 기준안을 제시할 필요가 있다.

또한, LNG를 운송하는 LNG병커링선의 안전한 운영 등을 위하여 최소 승선 인원에 대한 구성, 역할 및 자격에 대한 논의가 있어야 할 것이며, 기준안 마련이 필요할 것으로 판단된다.

LNG 운송 시 발생하는 BOG를 선박엔진의 연료가스로 사용할 경우, LNG화물창의 압력과 온도를 유지하여야 하는 기준을 제시할 필요가 있으며, 이 기준

28) ERS를 사용하여 분리함

은 LNG연료추진선에 LNG를 벙커링하기 위한 사전 준비작업의 기준이 될 것으로 판단된다.

또한, 항만 내에서의 LNG벙커링선의 항해 속도에 대한 기준 제시가 필요할 것으로 판단하며, 항만 내에서의 조종성능에 대한 기준을 새롭게 제시하여 안전 운항이 이루어질 수 있도록 하여야 하며, 항만과의 통신이 원활히 이루어질 수 있도록 준비하여야 한다.

항만 내 운항 시 추진시스템의 고장으로 인하여 타 선박과의 충돌 등을 예상할 수 있으며, 이 경우 위험화물인 LNG를 이송하기에 추진시스템의 이중화 구성이 요구된다고 할 수 있으며, 추진시스템의 이중화 구성을 위한 기준안이 제시될 필요가 있다.

LNG벙커링선이 항만 내 운항 시 화물창 내부에서 발생하는 BOG를 처리함에 있어 처리시스템의 고장 등으로 인하여 BOG의 처리가 불가능할 경우에 대한 LNG벙커링선의 대비책과 항만 내에서의 대응에 대한 안전 절차를 설정할 필요가 있다.

6) 6단계 : 선박 대 선박 접선 시 고려사항

LNG벙커링선이 LNG연료추진선에 접안하기 위해 고려되어야 하는 항목은 일반 LNG운반선이 LNG터미널에 접안하기 위해 수행되어야 하는 항목과 유사하다.

LNG벙커링선이 LNG연료추진선에 접안하고, LNG를 벙커링하기 위해서는 최소한의 환경이 보장되어야 하며, 이 경우 기상상태와 해상상태에 대한 허용 기준안이 마련되어야 한다.

통상 Ship-shore Compatibility(호환성)와 유사하게 Ship-Ship Compatibility를 확인하여야 한다(Ship-ship Compatibility에 대한 확인항목, Check List,에 대한 제시가 필요함).

LNG벙커링선이 LNG연료추진선에 접안할 경우, LNG벙커링 Arm이 LNG연료추진선의 LNG벙커링 스테이션과 연결될 수 있는 위치에 접안하여야 하며, LNG벙커링선 내 LNG화물창 및 배관의 위험구역이 LNG연료추진선의 안전작업 구역을 침해하지 않도록 유의하여야 하고, 이를 위해서 상호간섭이 이루어

지지 않도록 기준안을 만들어 제시할 필요가 있다.

LNG병커링 시 발생할 수 있는 LNG누수, 확산 등에 대한 위험요소를 고려하고, 이에 대하여 수치해석 등을 통하여 LNG병커링의 양에 따른 안전 이격 등의 기준을 제시할 필요가 있다.

LNG연료추진선의 LNG병커링 스테이션 배치에 대하여 LNG병커링선의 병커링 Arm에 대한 배치와 함께 고려하여야 하며, 선박의 접안이 좌현 혹은 우현에 따라 Liquid 연결부위와 Vapor 연결부위가 바뀌므로 이에 대한 기준 제시가 필요하다.

LNG병커링선이 지원선(Tug 등)의 도움 없이 자력으로 접안할 수 있도록 시스템이 구성되어야 할 것으로 판단하며, 이를 위해서는 LNG병커링선에 자동접안시스템이 구성되어야 하며, 자동접안 시스템이 구성되기 위해서는 Azimuth Thruster와 Bow Thruster가 함께 작동할 수 있도록 하며, 선박의 운동성에 대한 해석을 통한 충분한 용량의 Thruster가 선택되어야 한다(이를 위해 LNG병커링선의 선형이 설계된 이후 모형성능실험을 통하여 요구되는 동력을 선정하는 기준 마련이 필요할 것으로 판단).

LNG병커링선이 LNG연료추진선에 접안하면 LNG연료추진선 및 항만 내의 안전을 위하여 소방선 등의 지원이 필요하므로 이에 대한 준비가 필요하며, 병커링선의 접안 수를 기준으로 준비되어야 하는 소방선의 척수를 선정하는 기준 개발이 필요하다.

LNG병커링선의 접안을 위해서는 LNG연료추진선의 접안 설비와 일치하여야 하며, 이를 위해서는 LNG병커링 터미널뿐만 아니라 LNG연료추진선이 함께 고려되어야 한다. 특히 Fender의 종류와 개수는 서로 일치하여야 하며, 선박의 평형선을 기준으로 Fender가 설치되어야 하는 기준이 설정되어야 한다.

LNG연료추진선이 Fender를 갖추고 있지 않으므로 LNG병커링선이 Fender를 준비하여야 하며, Fender의 개수는 LNG병커링선의 평형선을 기준으로 설치되는 기준이 마련되어야 한다.

LNG병커링선에 Fender가 설치되므로 LNG병커링 터미널에는 설치할 필요가 없을 것으로 판단하며, 이에 따른 LNG병커링 터미널의 안전을 위해 보조 Fender

의 설치 등이 필요할 것으로 판단된다.

LNG연료추진선과 LNG벙커링선 간 상호 통신 및 정보교류를 위해서는 통신 설비가 준비되어야 하며, 이를 통일할 필요가 있음. 특히, LNG연료추진선과 LNG벙커링선 간/LNG연료추진선과 LNG벙커링 터미널 간 통신이 이루어져야 하므로 이를 고려하여 공통된 통신설비가 준비가 되어야 한다.

상호정보 교환을 통하여 응급상황이 발생하거나 위급상황 이전에 경고행위를 수행 할 수 있도록 조치를 취함으로써 안전 작업을 가능하게 할 수 있는 절차를 마련할 필요가 있다.

LNG벙커링선이 LNG연료추진선과 연결되어 LNG를 받기 위해서는 LNG벙커링 Arm의 연결이 필요하며, LNG벙커링을 수행하기 위한 유량산정과 유속의 기준이 마련되어야 한다.

LNG벙커링 Arm은 LNG연료추진선에 LNG를 하역 시 발생하는 BOG의 반송여부에 따라 LNG 배관 연결뿐만 아니라 Vapor 배관 연결여부를 판단하여야 하며, 특히 LNG연결배관과 Vapor 연결배관 사이의 이격에 대한 기준을 마련하여야 하며, LNG연결배관을 중심으로 Vapor 연결배관을 좌측 혹은 우측에 연결할지 등에 대하여 기준을 마련하여야 할 것으로 판단된다.

LNG벙커링선이 LNG연료추진선에 접안하여 계류하기 위해서는 계류설비가 서로 일치하여야 하는 점을 고려하여야 하며, 계류설비 역시 LNG벙커링 터미널과의 연계성을 함께 고려하여야 한다.

계류설비의 경우 응급한 상황이 발생할 경우 빠른 시간 내에 분리가 될 수 있도록 하여야 함에 따라 계류선을 장착하는 경우 빠르게 분리할 수 있는 QRH의 설치가 요구되는 데, LNG연료추진선은 기존의 Winch를 이용하여 계류선이 LNG벙커링선의 QRH에 연결되도록 하여, LNG연료추진선에 부가적인 설비를 설치하지 않도록 하여야 한다.

따라서, QRH는 LNG벙커링선에 설치하는 것으로 하고, LNG벙커링 터미널에 Winch 설비를 하여 응급 시 QRH를 통해 계류선을 빠르게 분리할 수 있도록 하는 것이 필요할 것으로 판단하며, 이에 대한 기준안을 만들 필요가 있다.

7) 7단계 : 선박 대 선박 LNG 연료 공급 시 고려사항

LNG벙커링선이 LNG연료추진선으로 LNG를 벙커링 할 경우 LNG연료추진선의 화물창 내 온도와 압력이 LNG를 하역받을 때 기화되는 Gas의 양을 적게 하기 위해 사전에 설정되어야 한다

LNG연료추진선의 화물창 형식과 BOG 처리 및 연료공급시스템의 계통에 따른 LNG벙커링 방법이 다양하게 준비될 수 있기 때문에 이에 따른 LNG벙커링 압력과 온도를 달리 정할 수 있으므로 공동기준안 마련이 필요하다.

LNG하역 시 LNG연료추진선에서 발생하는 BOG의 양을 사전에 계산하고, 이 BOG가 LNG벙커링선으로 반송될 경우 반송되는 양에 대한 LNG벙커링선의 처리용량이 정의되어야 하며, 반송되는 가스를 LNG벙커링선에서 안전하게 처리하지 못할 경우에 대한 대비책 등에 대한 기준제시가 필요하다.

LNG 하역 시 LNG벙커링선에서 발생하는 BOG를 자체적으로 처리하는 액화설비를 설치하는 것은 LNG연료추진선에 LNG를 벙커링할 경우 발생하는 BOG를 처리하는 것과 관련하여 함께 고려할 필요가 있으며, BOG 액화설비의 설치에 대하여 용량산정 등에 대한 기준이 필요할 것으로 판단하였다.

LNG 하역 시 Loading Arm 배관 내의 초기 Inerting/Cooldown 및 LNG 하역이 끝난 이후 배관 Purging 등에 대하여 절차와 수행시간에 대하여 기준을 마련할 필요가 있다.

또한, Inerting과 Purging을 수행하는 주체에 대하여 LNG연료추진선과의 관계를 고려하여 LNG벙커링선이 주체가 될 것인가에 대한 기준 마련이 필요할 것으로 판단하였다.

LNG를 하역하는 동안 LNG의 하역량을 계측하기 위하여 어떠한 설비를 사용할 것이며, LNG 하역량의 계측오차를 어느 범위에서 상호 간 동의할 것인가에 대한 기준을 마련하여야 할 것으로 판단하였다.

LNG 하역 시 응급상황이 발생할 경우 LNG벙커링용 응급차단밸브는 30초 이내에 닫혀야 하며, 긴급 분리상황이 발생할 경우 ERS를 이용하여 LNG벙커링 Arm을 분리하도록 하며, 이에 대한 안전하고 정확한 운전절차를 수립이 필요하다.

LNG벙커링 이후 부분 적재 시 발생하는 화물창 내 액체운동에 따른 문제에 대한 해결 방안 고려해야한다.

LNG벙커링 시 MDO 혹은 HFO 등 이중연료엔진에서 Pilot Fuel 혹은 초기 엔진기동용 액체연료에 대한 벙커링을 동시에 진행할 것인지에 대한 기준안 제시가 필요하다.

8) 8단계 - 선박 대 선박 이선 시 고려사항

LNG 하역이 끝나고 배관 Purging이 끝난 이후, LNG벙커링선이 이안하기 전에 LNG 거래량에 대한 정산을 수행해야 한다. LNG 거래량에 대한 정산이 끝난 후 이안을 수행하면, 이 경우 LNG벙커링선이 자체적으로 이안할 수 있도록 해야 한다. 따라서 LNG벙커링선의 이안절차가 확립되어야 한다.

LNG 하역 시 응급상황이 발생할 경우 LNG벙커링선은 LNG벙커링 암(Arm)을 빠르게 해제하고, QRH를 이용하여 계류선을 분리한 뒤, 정해진 시간 내에 이안을 수행하여야 한다. 위와 같은 응급상황에 대한 이안 절차 및 소요시간의 기준이 마련되어야 한다.

제2절 기술개발과제 도출

1. 도출 과정

해상 LNG벙커링 순환에 대한 검토를 바탕으로 LNG벙커링선의 표준화 과제 대상을 도출하기 위해 내부 연구원 자체 회의 및 국내 주요 선사 및 대학 교수 등의 외부 전문가 회의를 거쳐 설계 표준화 항목 33개, 기자재 표준화 항목 30개를 포함하여 총 63개의 개발 대상을 선정하였다.

이 중 우선 개발 항목을 도출하기 위해 국내 주요 조선소, 한국 선급 및 한국 해양과학기술원 내의 연구원의 설문조사를 통하여 핵심세부과제를 도출하였다.

각각의 과제에 대해 5가지 항목을 기준으로 설문조사를 실시하였으며 항목

은 아래와 같다.

- ① 기술경쟁우위 : 국내 기술경쟁력이 선진국 대비 어느정도 수준인지에 대한 지표로 기술경쟁우위에 있는 기술일수록 개발 필요
- ② 시장임팩트 : 기술개발 후 시장에 대한 선점 및 파급효과가 크다고 판단될수록 개발 필요.
- ③ 사업화 가능성 : 기술개발 후 제품화가 가능하고 시장진입이 용이하다고 판단되는 것일수록 개발 필요.
- ④ 정책타당성 : 국가의 전반적인 정책에 부합되는 정도를 나타내는 것으로 부합정도가 클수록 개발 필요.
- ⑤ 선행특허장벽 : 선행 특허에 대한 보호 장벽이 높을수록 기술개발을 통한 특허 회피 기술 개발 필요.

각 항목별로 가중치(기술경쟁우위 : 25%, 시장임팩트 : 25%, 사업화 가능성 : 20%, 정책타당성 : 20%, 선행특허장벽 : 10%)를 적용하여 중점추진과제를 도출하였다.

2. 설계 표준화 항목

LNG병커링 중 Ship-to-Terminal 또는 Ship-to-Ship 방식에서 접안, 통신, 이송, 안전 등과 관련한 절차 및 기준이 명확하게 규정되어 있지 않다. 다음 표에서 각 병커링 방식에서 요구되는 기준 또는 절차를 나열하였다. 본 항목들에 대한 설계 표준화가 이루어질 경우, 국내 LNG병커링 기술이 시간, 비용 및 안전 등에 있어서 국제 경쟁력을 확보할 수 있을 것이다.

1) LNG 하역 단계의 설계 표준(LNG벙커링터미널 - LNG벙커링선)

LNG 하역단계의 설계 표준은 LNG벙커링터미널과 LNG벙커링선박 사이의 하역 작업에서 주요하게 고려해야 할 핵심 설계기술의 후보기술들을 정리한 내용이다.

No.	핵심설계(Target 역량) 후보기술
1	LNG벙커링선의 접안을 위한 평형선 길이에 대한 기준 설계
2	접안을 위한 Fender설치 기준 설계
3	Mooring Rope연결을 위한 Winch, Bollard, QRH 등의 배치에 대한 기준 설계
4	선육 간 통신에 대한 기준 설계
5	Ship-to-Terminal간 호환성에 대한 기준 설계
6	LNG벙커링 Arm과 LNG벙커링 터미널의 LNG하역배관과의 호환에 대한 기준 설계
7	비상차단 및 응급상황 대처에 대한 절차서
8	LNG 하역량 계산에 대한 기준 및 절차서
9	LNG 하역시 LNG벙커링선의 화물창 압력 및 온도에 대한 기준 및 절차서
10	LNG 하역량에 대한 유량 및 유속에 대한 기준
11	LNG 하역량에 따른 반송가스량 계산 기술
12	LNG벙커링선의 LNG적재 제한 기준
13	LNG벙커링선의 접안 및 하역작업 환경에 대한 제한 기준
14	위해도 평가(Risk Assessment) 및 정량적위해도분석(Qualitative Risk Analysis, QRA)에 따른 이격거리에 대한 설계 기준

자료 : 트랜스가스솔루션(Trans Gas Solution, TGS) 연구진 작성(이하 동일)

2) LNG벙커링 단계의 설계 표준(LNG벙커링선 - LNG연료추진선)

LNG벙커링 단계의 설계 표준은 LNG연료추진선과 LNG벙커링선박 사이의 벙커링 작업에서 주요하게 고려해야 할 핵심 설계기술의 후보기술들을 정리한 내용이다.

No.	핵심설계(Target 역량) 후보기술
1	LNG연료추진선과 병커링선의 접안을 위한 평형선 길이에 대한 기준 설계
2	접안을 위한 Fender설치 기준 설계
3	Mooring Rope연결을 위한 Winch, Bollard, QRH 등의 배치에 대한 기준 설계
4	선박 간 통신에 대한 기준 설계
5	Ship-to-Ship간 호환성에 대한 기준 설계
6	LNG병커링 Arm과 LNG연료추진선의 LNG병커링 스테이션과의 호환에 대한 기준 설계
7	비상차단 및 응급상황 대처에 대한 절차서
8	LNG병커링량 계산에 대한 기준 및 절차서
9	LNG병커링 시 LNG연료추진선의 화물창 압력 및 온도에 대한 기준 및 절차서
10	LNG병커링량에 대한 유량 및 유속에 대한 기준
11	LNG병커링량에 따른 반송가스량 계산 기술
12	LNG연료추진선의 LNG적재 제한 기준
13	LNG연료추진선으로의 접안 및 하역작업 환경에 대한 제한 기준
14	위해도 평가(Risk Assessment) 및 정량적위해도분석(Qualitative Risk Analysis, QRA)에 따른 이격거리에 대한 계산 기준
15	LNG병커링 스테이션의 안전한 위치 평가 기술
16	LNG병커링 시 LNG연료추진선의 보호를 위한 Water Curtain적용에 대한 기준 설계
17	LNG병커링선의 항내 조종성능에 대한 기준 설계
18	LNG병커링선 추진시스템 이중화에 대한 기준 설계
19	LNG병커링 시 Line Inerting / Cooldown / Purging에 대한 기준 설계

3. 기자재 표준화 항목

LNG병커링에 사용되는 기자재는 기존 유류 병커링에 사용되는 기자재와 유사하지만, 극저온인 LNG를 병커링하기 위해서 특수한 기술이 적용된 기자재가 요구된다.

이미 주요 기자재에 대한 개발은 국내 기자재 업체에서도 완료되었으나, LNG연료추진선에 사용될 가스엔진 사양 및 LNG병커링 유량에 맞게 각 기자재에 대한 표준화가 요구된다.

이에 하기와 같이 4가지(이·접안, LNG병커링, BOG 처리, 안전) 사항에 요구되는 기자재를 분류하여 나열하였으며, 본 기자재에 대한 표준화를 확보할 경우 국내 기자재 업체의 경쟁력 강화 및 시장 점유율을 높일 수 있을 것이다.

1) 이·접안 단계에서 요구되는 기자재 항목

No.	핵심기자재(Target 제품) 후보제품
1	안전 이·접안 보조설비 (Azimuth Thruster / Bow Thruster / 거리계측계 / 속도계측계 / 접안방향 벡터합성계 / 자동제어설비 / 경보시스템)
2	충격흡수 및 Sliding기능을 지닌 Fender
3	계류선(Mooring Rope)의 장력(Tension)을 보정하는 Active Mooring Winch
4	계류선의 장력 감시시스템
5	Quick Release Hook (QRH)
6	Ship-to-Ship / Terminal 통신시스템 (Optical or Electrical Method, Hot Line / ESD Signal / 장력 정보 등)
7	Electric Propulsion Motor & System
8	통합자동화 시스템

자료 : 트랜스가스솔루션(Trans Gas Solution, TGS) 연구진 작성(이하 동일)

2) LNG벙커링 단계에서 요구되는 기자재 항목

No.	핵심기자재(Target 제품) 후보제품
1	LNG벙커링선의 화물창 시스템 (화물창, 단열재, 지지대, 화물창 내부 Pump System, 온도 계측시스템, 수위 계측시스템, 압력 계측 시스템, Pump Tower 등)
2	LNG연료추진선의 연료창 시스템 (연료창, 단열재, 지지대, 연료창 내부 Pump System, 온도 계측시스템, 수위 계측시스템, 압력 계측 시스템, Pump Tower 등)
3	LNG벙커링선의 LNG벙커링 Arm (QCDC, ERC, ESD Valve, 등)
4	LNG벙커링선의 유류 벙커링 Arm
5	LNG연료추진선의 LNG벙커링 스테이션
6	LNG벙커링 Pump
7	LNG벙커링 배관의 Inerting/ Purging설비
8	LNG벙커링량 (LNG하역량) 계측설비 (Gas Analyzer, In-line Type 유량계측기, 열량보정기 등)

3) BOG 처리 단계에서 요구되는 기자재 항목

No.	핵심기자재(Target 제품) 후보제품
1	반송가스 액화설비 (N2 Compander, Coldbox, Flash Drum Unit, BOG Compressor, etc.)
2	Fuel Gas Supply System (Fuel Gas Compressor, Fuel Gas Feed Pump, Fuel Gas Vaporizer, HC Removal, etc.)
3	BOG 반송용 가스압축기
4	가스소각기 (Ignitor, Gas Burner, Combustion Fan, etc.)
5	LNG Sprayer (in LNG Tank)
6	이중연료발전기엔진 (Dual Fuel Generator Engine)
7	가스엔진 (Gas Only Engine)

4) 안전 관련 요구되는 기자재 항목

No.	핵심기자재(Target 제품) 후보제품
1	Gas Detector
2	Fire Detector & (Portable) Fire Fighting Facility
3	Emergency Shutdown System (ESDS)
4	QRH
5	ERC
6	Electrical Bonding Cable
7	운전자 훈련 시스템 (LNG병커링선 운영, LNG연료공급시스템 운영 및 LNG병커링 작업에 대한 운전자 교육 시스템)

4. 해상 LNG병커링을 위한 핵심설계기술 도출

상기의 63개 기술을 바탕으로 기 개발된 기술이나 제품 이외에 시장 성장성·사업화 성공가능성이 크고 글로벌 시장선점을 위해 기자재 업체의 연합을 통해 개발할 수 있으며, 정부의 R&D 지원이 요구되는 핵심설계기술 및 기자재(Target 제품)를 선별하고자 하였다.

이는 기술경쟁우위, 시장임팩트, 사업화 가능성, 정책타당성, 선행특허장벽의 다섯 가지 항목을 고려하여 아래와 같이 필요한 핵심설계 기술 11개를 도출하였으며, 아래의 기준에 맞추어 다시 설계기술을 분류하였다.

또한, LNG병커링선을 중심으로 함께 고려되어야 하는 항목에 대하여 통합하여 정리하였다.

1) 이·접안

가. Ship-to-Terminal/Ship 간 연결부위 호환성에 대한 기준 설계

LNG병커링선-LNG병커링 터미널, LNG병커링선-LNG연료추진선 간의 LNG 병커링 시 병커링 압과 병커링 스테이션 간의 호환성(Compatibility)에 대한 기준 설계 마련

나. 접안을 위한 Fender, Winch(윈치), Bollard, QRH 등의 설치 및 배치에 대한 기준 설계

해상(Ship-to-Ship) 벙커링 시, 각 선박의 크기 및 이격거리에 따른 Fender, Winch, Bollard, QRH의 타입 선정과 그에 따른 설치 및 배치에 대한 기준 설계 마련

다. 선육 간 통신에 대한 기준 설계

안전한 이·접안을 위해 LNG벙커링 터미널에서 보유하고 있는 고유의 통신 채널을 이용하는 등의 통신시스템을 구축하고 그에 대한 기준 설계 마련

2) LNG 운송

가. LNG벙커링선의 항내 조종성능에 대한 기준 설계

LNG벙커링선이 LNG벙커링 터미널에서 LNG를 이송받아 항내에 정박해 있는 LNG연료추진선으로 이동하는 과정에서 입·출항이 잦은 항내에서 사고 위험성을 낮출 수 있도록 조종성능을 갖도록 하는 기준 설계 마련

나. LNG벙커링선 추진시스템 이중화에 대한 기준 설계

LNG벙커링선이 운항 중 추진시스템에 문제가 생겨 선박의 추진력을 상실할 경우, 선박의 운항에 무리가 없도록 하는 Back-up 시스템 기준 설계 마련

3) LNG 하역 및 벙커링

가. LNG벙커링선 및 LNG연료추진선의 화물창 압력 및 온도에 대한 기준 및 절차서

LNG벙커링선 및 LNG연료추진선이 화물창에 LNG를 채우기 전, 화물창 내부의 압력 및 온도에 따른 BOG 발생량을 산출하여 가장 효율적으로 LNG를 산적할 수 있는 환경에 대한 기준 및 절차를 마련

나. LNG병커링량에 대한 유량 및 유속에 대한 기준

LNG병커링의 유량 및 유속에 따른 LNG병커링 소요시간 및 BOG 발생량을 산정하여 LNG병커링 양에 대한 최적의 유량 및 유속 조건 기준을 마련

다. LNG병커링 시 Line Inerting/Cooldown/Purging에 대한 기준

Inerting/Cooldown/Purging을 효과적으로 하기 위한 LNG연료탱크 혹은 LNG화물창의 온도 및 불활성 기체의 유량 산정

4) 안전

가. LNG병커링선과 LNG연료추진선 간의 위해도 평가 및 정량적 위해도 분석에 따른 이격에 대한 설계 기준

LNG병커링선과 LNG연료추진선의 이·접안 시 시나리오 분석을 통한 위해도 평가 및 위험요소 분석을 통한 정량적 위해도 분석을 따라 두 선박 사이의 안전한 거리, 즉 이격에 대한 기준 마련

나. LNG병커링 스테이션의 안전한 위치 평가 기술

LNG병커링선의 LNG병커링 Arm과 연결되어 안전하게 병커링 될 수 있고, 연료탱크 혹은 화물창까지 저장되는데 있어서 손실이 적은 최적의 LNG병커링 스테이션 위치에 대한 평가 기술 개발

다. 비상차단 및 응급상황 대처에 대한 절차서

병커링 과정 중 발생하는 응급상황에 대해 인원 및 장비의 손실을 최소화 하도록 하는 절차를 마련하여 LNG병커링 과정의 안전성을 높이는 응급 대응 매뉴얼 개발

5. 해상 LNG벙커링을 위한 핵심 기자재 기술 표준화 항목 도출

상기의 표를 바탕으로 필요한 핵심 기자재 표준화 항목 9개를 도출하였다.

1) 이 · 접안 관련 기자재

가. 안전 이 · 접안 보조설비(Azimuth Thruster/Bow Thruster/거리계측계/속도 계측계/접안방향벡터합성계/자동제어설비/경보시스템/Quick Release Hook (QRH))

안전한 이 · 접안을 위해 거리 및 접안속도 계측을 할 수 있는 장비에 대한 기술개발

나. Ship-to-Ship/Terminal 통신시스템(Optical or Electrical Method, Hot Line/ESD Signal/장력 정보 등)

안전한 이 · 접안을 위해 LNG벙커링 터미널 혹은 LNG벙커링선에서 가지고 있는 고유의 통신 채널을 이용하는 등의 통신시스템을 구축하는데 필요한 장비 기술 개발

2) LNG벙커링 관련 기자재

가. LNG벙커링선의 LNG벙커링 Arm(QC/DC, ERC, ESD Valve, 등)

LNG를 하역하기 위한 LNG벙커링 Arm에 대한 QC/DC(Quick Connect/Disconnect Couplers), ERC(Emergency Release Couplers) 및 ESD Valve 와 같은 LNG벙커링 Arm의 기술 개발

나. LNG연료추진선의 LNG벙커링 스테이션(Station) (주입구 및 주변설비)

LNG연료추진선의 연료탱크 크기에 따른 최적의 Capacity를 적용한 LNG벙커링 스테이션의 기술 개발

- 다. LNG병커링량(LNG하역량) 계측설비 (Gas Analyzer, In-line Type유량계측기, 열량보정기 등)
LNG병커링 양에 대해 신뢰성 있게 측정할 수 있는 계측설비 기술 개발

3) BOG 처리 관련 기자재

- 가. 반송가스 액화설비(N2 Compander, Coldbox, Flash Drum Unit, BOG Compressor, etc.)
LNG병커링 시 발생하는 BOG(Boil-off Gas)를 LNG병커링선으로 반송하게 되는데, 반송된 가스를 재액화 시키기 위한 시스템 구성 기술 개발
- 나. 가스소각기 (Ignitor, Gas Burner, Combustion Fan, etc.)
LNG병커링 시 또는 운송 중 화물창에서 발생하는 BOG를 연료로 사용하고 재액화할 수 있는 용량을 벗어나는 경우, 탱크의 안전성을 위해 이를 소각해야 하는데, 이를 안전하게 소각하기 위한 설비 기술 개발

4) 안전 관련 기자재

- 가. Emergency Shutdown System(ESDS)
비상상황 발생 시 LNG병커링을 신속히 중단하고, LNG병커링선과 신속하게 이안할 수 있도록 하는 장비 및 시스템 기술 개발
- 나. 운전자 훈련시스템(LNG병커링선 운영, LNG연료공급시스템 운영 및 LNG 병커링 작업에 대한 운전자 교육 시스템)
LNG병커링과 관련한 작업들에 대해 공정 시뮬레이션 해석을 수행하고 각 작업에 대해 승선 인원이 시뮬레이션 훈련을 수행할 수 있는 운전자 훈련 시스템 개발

제3절 기술개발 로드맵 및 소요예산 산정

1. 기술개발 로드맵

LNG연료추진선의 벙커링을 위한 기술로드맵은 LNG의 저장, 이송, 운용으로 크게 분류할 수 있으며, LNG연료추진선 및 LNG벙커링 시장의 활성화를 위해서 우선적으로 개발되어야 하는 항목을 기준으로 작성하였다.

LNG연료추진선의 벙커링을 위한 기술로드맵의 대분류는 저장, 이송, 운용으로 분류할 수 있다. LNG연료를 저장하고 LNG연료를 필요로 하는 선박에 이송하는 LNG벙커링의 특성을 고려하여 세부기술이 나열되어야 하며 운용에는 관련된 국제 규정이나 표준을 따르는 방법, 안전 및 제어에 관한 내용을 담는다.

LNG연료추진선의 벙커링을 위한 기술로드맵의 중분류는 대분류인 저장, 이송 및 운용에 대한 중간 단계 내용으로써 세부적인 항목의 나열이 필요하다. 따라서 저장은 설계 및 제작, 소개 개발 등으로 구분되고²⁹⁾, 이송은 선/하역 시스템, 선박간 연결 및 분리, 긴급대응시스템, BOG 처리시스템, Mass Measurement, 센서 및 모니터링 등으로 나뉘지며³⁰⁾, 운용은 QRA, 선원교육, 안전 및 제어, 가스 누출/화재/폭발 대응 등의 중분류로 구분된다.³¹⁾

LNG벙커링의 설계기술 및 기자재 기술의 향후 5년간 기술개발 로드맵은 아래 <표 4-1>에 제시되어 있다.

29) 세부적인 저장기술에는 LNG용 극저온 소재, 극저온 단열재, LNG용 연료탱크 설계 및 제작, LNG용 극저온 배관 설계 및 제작, 연료탱크 Purging, BOG 처리, LNG용 센서 및 모니터링, LNG 슬로싱 대응, LNG 공정해석 등이 있다.

30) 세부적인 이송기술에는 Loading/Unloading Arms & Hoses, Mass Measurement, Couplings, Connectors, ERS(Emergency Release System), 벙커호스 연결 및 분리, 센서 및 모니터링 기술, Ship to ship link, 선박 간 계류 및 접안 등이 있다.

31) 세부적인 운용기술에는 QRA(정량적 위험도 평가), 선원 교육, 운전매뉴얼 및 절차, 국제표준, 국제법규 및 규정, 가스 누출/화재/폭발 대응 등이 있다.

|표 4-1| 기술개발 로드맵(2016~2020)

비 고	2016	2017	2018	2019	2020
이 · 접안	접안을 위한 Fender, Winch, Bollad, QRH 등의 설치 및 배치에 대한 기준 설계				
	Ship-to-Terminal/Ship 간 연결부위 호환성에 대한 기준 설계				
		안전 이 · 접안 보조설비에 관한 기술 개발			
			Ship-to-Terminal/Ship간 통신에 대한 기준 설계		
			Ship-to-Terminal/Ship 간 통신시스템 관련 기술 개발		
LNG 운송		LNG병커링선의 항내 조종성능에 대한 기준 설계			
	LNG병커링선 추진시스템 이중화에 대한 기준 설계				
LNG 하역 및 병커링	LNG병커링선의 병커링 Arm 기술 개발				
	LNG병커링선 및 LNG연료추진선의 화물창 압력 및 온도에 대한 기준 및 절차서				
		LNG병커링 양 계측설비 기술 개발			
		LNG병커링 양에 따른 유량 및 유속에 대한 기준			
		LNG연료추진선의 LNG병커링 스테이션 기술 개발			
			LNG병커링 시 Line Inerting/Cooldown/Purging에 대한 기준		
BOG 처리		가스 소각기 기술 개발			
		반송가스 액화설비 기술 개발			
안 전	LNG병커링 스테이션의 안전한 위치 평가 기술				
	운전자 훈련시스템				
		LNG병커링선과 LNG연료추진선 간의 위해도 분석에 따른 이격에 대한 설계 기준			
		Emergency Shutdown System 기술 개발			
		비상차단 및 응급상황 대처에 대한 절차서			

주 : 본 연구에서는 IMO 황산화물 규제가 강화되는 2020년부터 LNG병커링 시장이 활성화될 것으로 전망하면서 기술개발 완료 시점을 2020년, 총 사업기간은 5년(2016~2020)으로 설정함

2. 연차별 사업예산

LNG벙커링의 설계기술 및 기자재기술의 향후 5년간 기술개발에 소요될 총 예산은 약 1천억 원에 이를 것으로 예상된다.

기술개발에 소요되는 예산은 사업의 효율성을 고려하여 정부 재정과 함께 기업 등이 참여하는 매칭 방식으로 조달하는 것이 필요하다. 이와 함께 이러한 기술개발 사업을 보다 효율적으로 추진하기 위해서는 사업단을 구성하여 진행할 필요가 있다.

표 4-2 연차별 사업예산(2017~2021)

단위 : 억원

구분	2017 (1차)	2018 (2차)	2019 (3차)	2020 (4차)	2021 (5차)	합 계
사업 예산	127.5	287.5	297.5	195	92.5	1,000

주 : 기업참여필수, 매칭(matching) 비율은 해양수산 연구개발사업 운영규정에 따름

제5장 LNG병커링 기술의 표준화 · 상용화 추진 과제

제1절 표준화 및 상용화 기반구축 비전과 전략

1. LNG병커링 기술 표준화 및 상용화의 SWOT 분석

1) 강점

국내 조선 산업은 세계 1위의 국제 경쟁력을 보유하고 있으며, 철강 및 해운 등 후방산업도 상대적으로 잘 발달되어 있다. 또한 우리나라는 선박 설계 및 건조와 정보기술(IT) 분야에 있어서 매우 우수한 인력을 보유하고 있으며 인프라 수준 및 첨단 기술력에서도 높은 강점을 가지고 있다.

이와 함께 정부, 민간에서 관련 기술개발을 위한 연구개발(R&D) 투자에 적극적으로 나서고 있으며 신기술 개발 및 경쟁력 확보에 주력하고 있다.

2) 약점

우리나라는 대기업 위주의 산업경쟁력 확보로 중소기업체의 기술개발력이 취약하고, 고부가가치 핵심기술이 부족하여 핵심 원천기술의 해외 의존도가 높은 상황이며, 창조형 · 융합형 기술개발 인프라 역시 부족한 상황이다.

3) 기회

IMO를 중심으로 선박에서 배출되는 대기오염물질에 대한 규제를 강화함에 따라 친환경 선박 연료유인 LNG 등에 대한 관심과 요구가 증가하고 있다. 이와 더불어 친환경 선박의 설계, 건조 그리고 운항을 위한 기술의 중요성이 증가하고 있어 신기술에 대한 수요가 향후에도 지속적으로 증가할 것으로 전망된다.

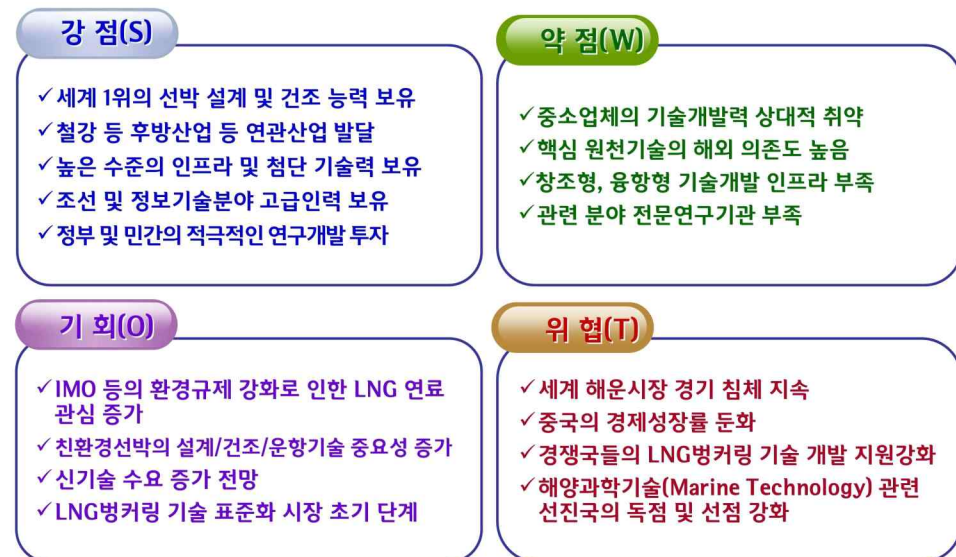
특히 LNG벙커링 기술은 시장에서 표준이 아직 확정되지 않은 단계이기 때문에 이를 대상으로 기술 표준화를 추진하는 것은 관련 시장의 선점에 매우 중요한 전환점이 될 수 있다.

4) 위협

중국의 경제 성장이 둔화되는 등 물동량 증가 속도가 완만한 반면 선박공급은 과잉 상황이 지속되고 있어 신조선 발주 수요가 많지 않다. 이는 비록 선박 배출가스에 대한 IMO나 항만당국의 환경규제가 강화되어도 LNG연료추진선 등 친환경선박 교체 속도가 기대만큼 빠르지 않을 수도 있다는 점을 시사한다.

또한 세계 경쟁국가들은 LNG벙커링 기술의 중요성을 인식하고 연구개발 및 정책적 산업육성을 위한 지원을 대폭적으로 강화하고 있으며, 특히 전통적인 해양강국인 북유럽 국가들의 해양과학기술(MT, Marine Technology) 관련 기술의 독점 및 선점도 강화되고 있는 추세이다.

그림 5-1 | LNG 벙커링 기술분야 SWOT 분석



자료 : 저자 작성

2. LNG병커링 기술의 미래 전망

1) 미래기술 및 사회 전망³²⁾

미래사회를 새롭게 전망하는 일은 사·공간적 불확실성이 높고 고려해야 할 변수가 많은 관계로 매우 복잡하고 시간이 많이 소요되는 일이 될 수 있다. 본 연구에서는 기존 연구 결과를 이용하여 미래사회에 대한 개략적인 모습을 그려 내고 그것이 LNG병커링 기술과 어떻게 연결되는지를 고찰해 보는 것으로 대체하고자 한다.

미래사회 전망에 보편적으로 활용되는 거시환경 분석방법인 STEEP³³⁾ 관점을 이용하여 예측한 2030년 미래사회의 모습은 보다 밀집된 사회와 고도화된 기술이 보편화된 그림이다.

사회·인구 영역에서 인구 증가, 노령화, 도시화, 인구의 이동성 증가 현상이 심화되고, 기술 영역에서는 정보통신망 확대와 빅데이터 시대 진입, 생명공학 및 의료기술 발달로 기대수명 연장, 제조 자동화 및 유연화 기술 발달, 자원 확보 기술에 대한 전략적 투자 증가 현상이 펼쳐질 것으로 예상된다.

또한 경제 영역에서는 글로벌화 지속, 개발도상국 성장, 중산층 성장, 지식기반경제 심화 등의 현상이 나타나고, 환경 영역에서는 기후 변화, 물 부족, 식량 위기, 에너지 수급 불균형 등이 전개되며, 정치 영역에서는 세계 권력 다극화, 비국가 단위로의 권력 이동, 새로운 안보위협 등장 등의 현상이 전망되고 있다.

가. 기후변화 현상 가속

주요 에너지의 잔존량은 석유(40년, 1,360억톤), 천연가스(60년, 1,120억톤), 우라늄(60년, 220억톤)으로 추정하고 있으며, 신흥경제국의 급속한 산업화에 따른 에너지 및 자원부족 심화되고 있다.³⁴⁾ 더불어 온실가스 증가로 인한 지구온

³²⁾ 본 절의 내용은 ETRI(2013), “창조경제 실현을 위한 미래사회 트렌드 및 ICT 미래기술 분석”에서 인용 및 요약 재정리하였다.

³³⁾ Sociodemographic, Technology, Economy, Environment, Politics의 머리글자를 따서 만든 약어로 경우에 따라서 Sociocultural, Technology, Economy, Ecological, Politics & legal을 의미하기도 함

난화 및 기후변화 현상이 가속화되고 있다.³⁵⁾

나. 지식기반사회 진전과 글로벌화

세계 경제의 상호의존도 증가와 다극화 현상이 발생하고 있다. 글로벌 자본 이동액이 1.1조 달러('90)에서 11.2조 달러('07)로 변화하고 있고, 세계 GDP 중 신흥국의 비중은 2007년 48%에서 2050년 63%으로 증가할 것으로 전망된다. 지식과 정보의 가치 증대 및 산업의 지식서비스화 가속화로 인해 ICT 인프라를 기반으로 하는 지식서비스 산업구조로의 전환 요구가 증대되고 있다.

다. 인구구조의 변화

세계 선진국들의 고령화 및 개발도상국의 청년화로 인해, 글로벌 노동시장의 수급 불균형 현상이 발생하고 있다. 특히 고급인력의 공급부족 현상 심화 및 고급인력의 해외 유출심화로 인한 국가 경쟁력 약화현상을 초래할 전망이다. 우리나라의 경우 두뇌유출지수(Brain Drain Index)³⁶⁾는 ('09)3.44→('12)3.40으로 고급인력 유출현상이 증가하고 있다.³⁷⁾ 또한 낮은 출산율과 초고령화 사회진입(2026년 예상)으로 인한 경제활동 인구의 감소 및 국가성장 잠재력 저하가 우려된다.³⁸⁾

라. 과학기술 융합가속화

IT는 전통산업과 융합하여 신산업을 창출하고 있으며, 국가 산업구조를 변화시키고 있다. 또한 나노 기술 등의 발전으로 인하 소재 및 로봇 등의 신시장이 창출되고 있는 상황이다.

³⁴⁾ 우리나라의 경우 세계 10위의 에너지 소비국이다.

³⁵⁾ 지난 100년 동안 지구 기온 0.74도 상승, 우리나라의 경우 1.5도 상승했다.

³⁶⁾ BDI 지수의 범위는 0에서 10까지로 나타내며, 10은 우수인력이 자국 내 지속적으로 체류하는 것을 의미

³⁷⁾ BDI 기준으로 미국(12년 7.11), 일본('12년 4.90), 인도(12년 5.89), 중국(12년 3.52))

³⁸⁾ 우리나라는 2010년 출산율 1.23으로 OECD 회원국 중 최하위를 기록했다.

|표 5-1| STEEP 관점에서의 미래사회 메가 트렌드

영역	메가트렌드
사회·인구 (Sociodemographic)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (인구증가) '30년 세계 인구 83억명('10년 현재 71억명)으로 증가하고 인구증가율은 점차 감소 ▪ (노령화) '30년 세계 중위연령은 34세로 '10년 대비 5.1년 증가하면서 중위연령 25세 미만의 젊은 국가 감소 ▪ (도시화) '30년 도시거주인은 49억명으로 세계 인구의 59% 수준으로 현재 대비 9% 포인트 증가 ▪ (인구의 이동성 증가) '30년까지 선진국 그룹에서는 국제이주민을 통해 출생율을 높이고 인구구조를 재형성할 것으로 예측
기술 (Technology)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (정보통신망 확대와 빅데이터 시대 진입) '20년인터넷연결기기는500억대, 데이터량은35제타바이트초과 ▪ (생명공학 및 의료기술 발달로 기대수명 연장) 질병진단및치료를위한의료융합기술의발달로인류수명연장 ▪ (제조 자동화 및 유연화 기술 발달) 3D 프린팅, 자동화 로봇 기술의 발달로 제조업 생산성 향상 ▪ (자원 확보 기술에 대한 전략적 투자 증가) 에너지, 식량, 물 등 필수자원 확보용 전략적 기술개발 증가
경제 (Economy)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (글로벌화 지속) 수출량, FDI는 GDP보다 빠르게 증가, 경제 글로벌화는 지속되어 세계 경제의 상호연결성 강화 ▪ (개발도상국 성장) 개발도상국성장으로인해선진국그룹의세계GDP 비중은'10년현재66%에서'30년44%감소 ▪ (중산층 성장) 세계 중산층 규모는 '10년 현재 약 10억명에서 '30년 약 20억명 규모로 증가 ▪ (지식기반경제 심화) 지식기반자본 확보를 통해 성장한계를 돌파하려는 국가별 노력 강화
환경 (Environment)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (기후 변화) '30년 세계 평균온도 1-1.5도 상승, 사막화·기상이변 증가 ▪ (물부족) '30년 2.5조 입방미터의 세계적 물부족 발생 ▪ (식량위기) 기후변화와 기상이변으로 농업 생산량의 안정성은 악화되며 국제곡물가격 변동폭 증가 ▪ (에너지 수급 양상 변화) 세계 에너지 수요량은 '30년까지 '10년 현재 대비 26% 상승하고 미국은 에너지 독립국으로 변모하며 화석연료의 상대적 중요도는 유지
정치 (Politics)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (세계 권력 다극화) 중국, 인도를 중심으로 한 개발도상국의 영향력 증가하며 단일 패권 국가 없어질 전망 ▪ (비국가 단위로의 권력 이동) 다양한 비국가적 주체(Non-state actor)들이 세계에 미치는 영향력이 증가 ▪ (새로운 안보위협 등장) 복잡해진 이해관계로 국제적 갈등 양상이 복잡해지고 정밀타격무기, 사이버테러, 바이오 무기 등 새로운 위협 수단 가용성 증가

자료 : ETRI, “창조경제 실현을 위한 미래사회 트렌드 및 ICT 미래기술 분석”, 2013. 06, p7

2) LNG벙커링 분야 미래기술 전망

가. IMO 규제 대응 원천기술 개발

해사안전 및 해양환경 보호 등을 위해 신규로 제정·발효되는 IMO의 제도 변화에 대응하여 선제적으로 기술시장을 선점하는 것이 중요하다.

이를 위해서 극지운항기술, 신개념 운송선박 건조·설비기술 등 첨단 해상운송 기술뿐만 아니라 CO₂배출 감축, 해양생태계 보호, 수중소음 저감 등 친환경 선박기술도 매우 중요한 위치를 차지할 것으로 전망된다.

나. 친환경 선박기술 개발

친환경, 고효율 선박 기술은 그 자체로 선박의 운항 효율성을 극대화시켜 줄 뿐만 아니라 친환경 선박기술과 연계된 전후방 연관산업 효과로 인해 더욱더 파급효과가 크게 나타난다.

따라서 향후에는 국제사회의 수요와 미래 환경변화에 대응한 친환경 선박기술 개발이 해운·해사 산업에서 핵심 분야를 만들어 나갈 전망이다.

다. 융복합 기반의 첨단 기술 개발

조선, ICT 등 우리의 앞선 기술을 적용한 해사안전 융복합 기술 개발을 통해 미래 성장동력을 창출할 수 있다. 이러한 융복합 기반의 첨단 기술들은 최소한의 의무화 기준을 뛰어넘는 기술 개발로 세계 시장을 장악할 수 있는 유리한 입지를 제공해 줄 것으로 전망된다.

3. 추진 목표와 전략

1) 목표

LNG병커링 기술의 표준화 및 상용화 기반구축의 목표는 연구개발을 통한 기술 개발과 체계적인 상용화 및 국제협력을 통해 ‘글로벌 LNG병커링 기술을 선도’하는 것이다.

국내적으로는 2020년까지 LNG병커링 기술을 표준화하고 상용화 기반을 구축한다. 세계적으로는 2025년까지 LNG병커링 기술의 국제 표준화를 선도하는 것을 목표로 설정한다.

2) 추진 전략

LNG병커링 기술의 표준화는 표준을 개발하고 발간하며 이행하는 프로세스를 말하며, 표준의 보급과 이해 관계자들에게 관련된 정보를 제공하는 것 등을 포함한다.³⁹⁾ 본 연구는 주로 표준의 개발과 이행 프로세스에 초점을 두고 표준화 전략을 수립한다.

상용화는 민간영역에서 기술이 제품화되어 상업적으로 유통되는 단계를 의미하며 표준화된 LNG병커링 기술과 기자재의 거래를 촉진하기 위해 낯선 기술의 상업적 적용을 위한 전략과 관련 제도를 마련하는 전략에 집중한다.

첫째, LNG병커링 기술의 연구개발과 연구개발 기술의 사업화를 동시에 추진하는 연구개발 기술의 사업화(R&BD; Research and Business Development) 전략이 필요하다. 이를 위해서는 기술 개발 과정에 공공부문과 기술을 사용하게 될 민간기업이 협업해야 한다. 이를 통해 LNG병커링 기술의 자립도를 100% 달성하도록 한다.

둘째, 연구개발 기술의 실증과 시범사업을 통해 신기술과 기자재의 거래를 활성화하는 내수시장 전략을 추진한다. 구체적으로는 실증사업을 위한 LNG병

39) 국가기술표준원, 「2014 국가기술표준백서」, 2015. 07, p.3.

커링 기술 클러스터를 조성하고 지역단위 및 선형별 시범사업을 추진한다. 기존 종사자가 신기술을 활용하기 위한 교육훈련이 활성화되면서 인적 자원의 기술력 향상과 함께 점차 고부가가치 일자리가 만들어 진다.

셋째, LNG벙커링 기술의 국제 표준화를 선도하기 위한 국제표준화 전략이 필요하다. LNG벙커링 기술 기준 관련 국제회의를 주도하고 IMO 아젠다를 선도한다.

마지막으로는 LNG벙커링 기술의 활용을 위한 안전 규정과 법제도를 체계화하는 한편 사업 활성화를 위한 지원을 제도화하는 법률을 마련한다.

제2절 표준화 및 상용화를 위한 주요 과제

1. 연구개발 기술의 실증 및 시범사업

1) 실증 및 시범사업 필요성

북유럽, 북미, 싱가포르, 중국, 일본 등 동북아시아를 중심으로 LNG연료추진선박에 대한 기술개발 및 상용화가 추진되고 있으며, LNG병커링에 대한 기술개발과 상용화가 적극적으로 추진되고 있는 현 시점에서 국내에서도 LNG연료추진선박과 LNG병커링 산업을 동시에 활성화하기 위한 움직임이 진행되고 있다.

에너지 공급사인 한국가스공사(KOGAS)는 2019년부터 수행되는 통영-제주 애월간 LNG운송에 2척의 LNG운반선을 투입하기로 결정하였으며, 그 중 한 척은 LNG병커링 기능을 수행할 수 있도록 한다는 방침이다.

또한 극저온 기자재 업체를 중심으로 형성된 LNG산업기술협동조합은 NK, 트랜스가스솔루션, 광산, 코벨 등과 함께 LNG연료추진선박에 사용될 LNG연료공급시스템(CRYOPac®)을 개발하여 2015년 9월 시연하였으며, 한국선급(KR), H-Line해운 등과 연안에서 운영될 수 있는 소형 LNG병커링선박 개발을 완료하는 등 엔지니어링 기반의 기자재 국산화를 통한 국내 LNG병커링 산업의 경쟁력 강화를 위해 노력하고 있다.

이처럼 정부, 에너지사, 산업계가 각자의 위치에서 LNG연료추진선박 및 LNG 병커링 관련 산업의 활성화를 위해 많은 노력을 기울이고 있으나 실질적인 납품실적이 부족하여 해외에서 진행되는 프로젝트에는 적용하지 못하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 기술개발과 동시에 검증을 할 수 있는 실증사업이 요구된다.

2) 관공선 및 국내 여객선 개조 또는 신조 사업

우리나라는 아시아 최초 LNG연료추진선박 건조와 병커링으로 중국, 일본,

싱가포르보다 앞서 시작하였으나, 선주사 등 시장 수요자의 관심이 부족했고, 특히 투자의 경제성 확보를 위한 LNG 공급 가격의 인하 조정 등 시장 조성을 위한 정부의 LNG연료추진선박과 LNG병커링 정책 수립도 소극적이다.

이에 반해 중국은 소규모 LNG 운송 및 병커링에 대해 베이징, 항저우, 시지양, 양쯔강 등에서 Pontoon 또는 LNG병커링선박을 통해 LNG병커링을 운영 중이며, CCS(China Classification Society) 및 SINOCEM그룹이 LNG ISO 탱크 컨테이너에 대한 타당성연구를 수행하는 등 실증 및 시범사업을 통해 대기업, 중소기업 간의 기술 개발 목표를 달성하면서 프로젝트에 납품실적도 달성하고, 자국민 뿐만 아니라 다른 여러 나라들의 인식 개선에도 도움을 주고 있다.

우리나라에서 수행할 수 있는 실증 및 시범사업의 예로는 인천항만공사의 에코누리호와 같은 공적인 용도의 선박인 관공선을 LNG연료추진으로 개조 또는 신조하는 것이다.

특히 시장조성자인 정부, 조선소, 기자재 업체가 공동으로 진행하는 것이 효과가 크다. 예를 들어 에너지 공급사와 기자재 업체에서 해당 선박의 LNG연료 충전기술에 대해 함께 방안을 제시함으로써 LNG연료추진선박의 건조, 운항 및 병커링을 하나의 실증사업으로 추진할 수 있을 것으로 판단한다. 그리고 이것을 관공선에 한정하는 것이 아니라 국내 여객선에도 적용하여 실증 및 시범사업을 지속적으로 확대할 필요가 있다.

3) 권역별로 일괄형 LNG병커링 실증 및 시범사업 추진

LNG연료추진선박 및 LNG병커링 산업의 활성화를 위해 실증 및 시범사업이 요구된다. 동해권역, 동남권역, 서남권역, 서해권역으로 나누고, ‘권역별 LNG병커링 산업의 실증화 모델’을 찾고 시범사업을 진행하는 것이 필요하다.

권역별 실증화 사업의 예로 동해권역의 경우 삼척과 울산을 중심으로 LNG 병커링 기반구축 사업을 진행하는 방안이 있다. 이는 삼척에 있는 기존의 LNG 인수기지 및 울산에서의 유류 병커링에 대한 풍부한 경험을 바탕으로 초기 LNG병커링 서비스 기반을 구축할 필요가 있다.

동남권의 경우 부산, 창원, 거제를 중심으로 기자재 시험인증센터, LNG연료 추진선박 및 LNG병커링 선박 건조, 그리고 건조된 선박의 가스 시운전 지원을 위한 설비 구축 등에 관한 사업을 진행할 수 있을 것이다.

서남권은 중소형 조선소를 중심으로 LNG연료추진과 관련된 선박의 수리에 필요한 모든 설비를 갖추어 수리조선의 중심지가 될 수 있도록 함과 동시에 많은 섬을 운항하는 여객선에 대해 LNG연료추진선박으로 개조 및 신조 사업을 추진하는 것이 적합하다. 특히 육지와 섬을 운항하는 원거리 여객선은 물론 육지에 가까운 섬을 연결하는 서비스 또는 섬과 섬을 연결하는 단거리 노선의 경우 선박운항 빈도가 잦고 거주구역과 가깝기 때문에 친환경 선박으로의 전환수요가 있고, 대기환경 개선효과도 크다. 따라서 서남권을 우선적으로 시행하는 것도 정책의 실효성을 확보하고 필요성을 설득하는 차원에서도 유리하다.

서해권은 인천, 평택에서 중국 10여개의 항만(잉커우, 친황다오, 옌타이, 다롄, 스다오 등)을 운항하는 국적선사의 카페리선을 중심으로 LNG연료추진선박으로 전환을 촉진할 필요가 있다. 특히 LNG연료추진선으로의 개조 및 신조에 소요되는 비용의 일부 지원, 세금 감면 혜택 등을 마련하고 LNG병커링을 위한 인프라 등 시설 확보 등의 방안을 추진할 필요가 있다.

권역별 추진시 공통적으로 고려할 점은 LNG추진연료선박과 LNG병커링을 함께 추진하는 일괄형 시범사업 추진이 필요하다는 점이다. LNG병커링이 불가능한 현재 상황에서는 선주사의 LNG연료추진선박 투자는 사실상 어렵다. 따라서 선주사와 LNG연료 공급자가 함께 시범사업에 참여하는 것이 사업의 성공가능성을 높이게 된다. 따라서 정부가 시범사업을 추진하는 경우 가능한 한 일괄형 시범사업을 계획하고 선정하는 것이 필요하다.

4) 공공-민간 협력을 통한 시범사업 추진

환경개선 투자 등 불확실성이 크고 외부효과가 예상되는 사업의 경우 초기 시장형성 단계에서 공공부문이 수요를 조성하거나 직접 투자에 나설 필요가 있다. 이는 시장 형성으로 인한 실질적 수익자는 정책 당국 즉 공공부문이 되기

때문이다. 이 경우 공공기관과 민간기업이 공동으로 사업을 추진하는 방안도 고려해 볼 수 있다. 이를 통해 LNG벙커링 사업의 불투명성에 대한 리스크를 완화하는 동시에 참여기업의 책임성을 강화함으로써 사업의 성공가능성을 최대화할 수 있다.

참여 가능한 공공부문은 LNG판매의 수익자가 될 수 있는 에너지사, 또는 선박을 소유한 지자체나 해양환경관리공단 등 공공기관이 될 수 있다. 민간기업은 기존 해운사가 될 것이며, 해운사는 이로 인해 선박 소유에 따른 재무부담을 최소화하면서 새로운 영업을 개척할 수 있다.

특히 공기업이 선주로 참여하는 경우 선박 건조에 따른 금융비용을 최소화할 수 있으며 선박 운영/관리 경험이 풍부한 해운사의 참여로 효율적인 배선, 선박 관리가 가능하게 된다.

한국가스공사가 주도하는 경우는 국내 LNG 인수기지와 도서지역 소규모 LNG 인수기지를 활용할 수 있다.

2. LNG연료추진선 운항 및 벙커링 관련 운영자 교육

1) 필요성

LNG연료추진선박은 기존의 유류연료 선박과는 달리 LNG를 취급할 수 있는 자격을 가진 승선인력이 최소 4명 정도 소요된다. 즉, LNG벙커링 작업을 위한 인력과 LNG연료공급시스템 관리자 업무가 필요하다.

하지만 대부분의 선사는 승선인원을 타이트하게 고용하며 여유인력이 거의 없다. 따라서 실제로 기존 선박을 LNG연료추진선으로 교체할 경우 기존 승선인력의 재교육을 실시해야 한다. 적절한 교육 프로그램과 교육 일정이 없을 경우 선박 운항에 차질을 빚게 될 것이다.

또한 LNG벙커링을 위한 터미널에도 LNG 처리 자격을 가진 인력이 요구된다. 대략 6명 내외의 전문인력이 필요하며, 현재 LNG터미널이 운영되는 곳이 인수기지외에 극히 제한적이므로 신규로 인력 양성이 필요하다.

2) 교육 과목

LNG연료추진선 및 병커링 관련 운영자 교육 과목은 첫째, LNG병커링선박과 LNG연료추진선박 내의 LNG연료공급시스템에 대한 기본교육, 둘째, LNG 및 Gas 관련 안전 교육 특히, Gas Detection, Gas 누설 시 조치사항, 응급상황 발생 시 이안절차 등에 대한 교육, 셋째, LNG 및 연료가스의 공급흐름을 확인할 수 있는 공정시뮬레이션 교육, 넷째, LNG병커링 및 LNG연료공급에 대한 Pilot 설비를 이용한 실시간 훈련 등의 과목이 요구된다. 이러한 기본 교과목 외에도 LNG연료추진선박 및 LNG병커링 운용을 위해 필요한 교육을 추가해야 할 것이다.

3) 교육인증 및 파급효과

LNG처리의 경우 교과목의 난이도가 높고 전문성이 요구되는 분야로서 LNG연료추진선박 및 병커링 관련 전문 교육 등을 통해 고부가가치 신규 일자리 및 수익 창출이 가능하다.

따라서 전문교육연수기관은 교육 이수자에게 인증서를 발급해야 할 것이며, 이는 해당 교육에 대한 신뢰성 및 이수자의 동기부여에도 도움이 된다.

충분한 인적자원은 LNG연료추진선 및 LNG병커링 기술의 상용화에 필수적으로 요구된다. 나아가 재직자에 대한 교육은 물론 대학에서 LNG 관련 기초 교육을 통해 국내 전문 인력 양성을 위한 초석을 다질 수 있는 교육도 필요할 것으로 판단된다.

3. 국내 표준화를 통한 국제표준화 선도

국제표준화기구(ISO)는 LNG병커링 표준화에 대하여 노르웨이 등의 앞선 LNG병커링 국가의 제안에 따라 ISO TC 67 WG 10을 구성하여 표준화 작업을 진행하기로 했다.⁴⁰⁾

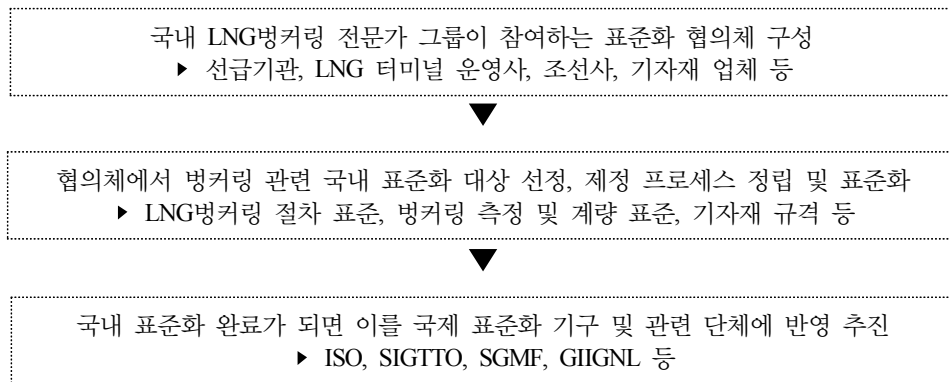
본 작업반은 Ship to Shore Interface와 항만 내 운영에 관련된 내용을 다루고 있다.

안전, 구성요소, 시스템, 교육훈련을 포함하고 있다. 특히, 본 워킹그룹에는 최근 BG 그룹을 인수하여 LNG벙커링 기술개발과 인프라 투자를 확대하고 있는 메이저 에너지사인 Shell사가 주도적으로 참여하고 있으며, Connector 등 관련 기자재 업계의 참여가 진행 중에 있다.

그러나 현재 국제표준이 없기 때문에 여러 제품의 호환성이 문제가 될 수 있으며, 국내 제품의 표준화를 통하여 호환성을 높이고 품질보증이 가능한 체계를 구축하여 이를 바탕으로 세계 시장을 선점해야한다.

1) 국내제품 표준화 → 호환성 확대, 품질보증 체계 도입 → 기술선도 및 시장선점

현재 LNG벙커링과 관련하여 국제적으로 첫 번째 표준화 추진 중에 있는 ISO TC 67 WG 10 활동에 국내 관련 기관들이 참여하여 정보수집, 동향분석 및 국내 LNG벙커링 업계의 의견이 국제표준에 반영될 수 있도록 적극적인 노력이 필요하며 아래와 같이 국내 관련업계의 협력과 체계적인 대응이 요구된다.



2) LNG 기자재 시험설비 정비 및 표준화를 통한 국제표준화 제언

국내 조선사들은 현재 LNG Carrier 및 LNG연료추진선 건조 시장을 선도하

40) 표준화 초안 : Guidelines for System and Installation for Supply of LNG as Fuel to Ships, WG10 : installation and Equipment for Liquefied Natural Gas

고 있으나 국내 LNG기자재 산업은 미미하다. 그 이유는 선주사에서 선박을 발주할 때, 제품 성적서와 판매 · 운용 실적이 있는 유럽의 LNG기자재를 주문하기 때문이며 이로 인해 국내 중소기업의 LNG기자재가 사용되는 실적은 찾기 어렵다.

따라서 국내 LNG기자재 산업의 활성화를 위하여 제품의 성능을 테스트하고 이를 선주사에 홍보할 수 있는 신뢰성 높은 LNG기자재 시험센터가 필요하며, 여기서 얻어진 데이터를 이용하여 국내 표준을 만들고 이를 국제표준화에 제안하여 세계 표준을 선점할 수 있다.

3) LNG연료추진선 및 벙커링 관련 핵심기자재 기술 및 성능평가 표준화

국제표준체계 내에서 진행 중인 LNG벙커링에 관한 표준화 작업(ISO TC67 WG10)은 다른 여러 기준이나 규정에 인용되어 그 위상이 강화될 것으로 예상된다.

또한 LNG연료추진선과 LNG벙커링과 관련된 3개의 국제 민간단체도 표준이나 가이드라인을 제시하고 있다.⁴¹⁾

첫째, LNG터미널, LNG탱커선 협의체인 SIGTTO는 ▶LNG Ship to Ship Transfer Guideline, ▶Liquefied Gas Fire Hazard Management, ▶ESD Arrangement & Linked Ship/Shore System for Liquefied Gas Carriers, ▶Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminals, ▶LNG Operation in Port Areas 등이 있다.

둘째, 영국의 선박용가스연료조합(SGMF; society for gas as a marine fuel)은 2015년 3월, LNG Bunkering-Safety Guidelines을 발간했다. 그리고 셋째로 국제 LNG수입자 그룹(GIIGNL; the International Group of LNG Importers)은 2011년, LNG CUSTODY TRANSFER HANDBOOK (3rd EDITION)을 발간했다.

현재까지 국제 표준화는 LNG벙커링 이송시스템, 절차 및 안전 등을 중심으로 표준화가 진행되어 왔다.

41) 각 단체 홈페이지 참조 (<http://www.sigtto.org>, <https://sgmf.info>, <http://www.giignl.org>)

향후에는 해상 연료로서의 LNG 품질 기준, 황 성분 측정, 이송되는 양의 측정 및 계산(계량), 계량 시스템의 입증시험 기술기준 등의 연료유로서의 명확한 품질 기준 확립 및 공정한 상거래 대금 지불 산정을 위한 계량의 신뢰성 관련 표준화 개발이 이어질 것으로 예상된다. 우리나라로서는 이러한 분야에 역량을 집중할 필요가 있다.

제6장 결론 및 정책제언

제1절 요약 및 결론

우리나라 해상 LNG병커링 기술의 표준화 및 상용화, 시급한 추진 필요

본 연구는 선박연료로서 해상에서 LNG를 충전 즉, 해상에서 선박대 선박 방식(ship-to-ship)의 LNG병커링 기술과 기자재에 대한 표준을 정하는데 필요한 기술개발 과제를 도출하고 이를 추진하기 위해 표준화와 상용화 정책 과제를 제시하였다.

현재 세계적으로 LNG병커링을 위한 기술과 운영에 관한 설계 및 기자재 기준은 아직 개발이 진행되는 단계이며, 선박의 규모와 선박의 종류에 따라 설계 및 기자재 제작 기준이 필요한 것으로 조사되었다. 특히 우리나라는 LNG병커링 기술과 관련하여 선박설계 및 건조 기술력은 확보하였으나 국산 기자재의 공급 및 활용 실적은 저조한 것으로 나타났다. 새로운 기술 및 기자재로서 아직 납품 실적이 부족한 것이 주요한 원인으로 설명되고 있다.

따라서 본 연구에서는 아직 태동 단계에 있는 우리나라의 LNG병커링 기술을 개발하기 위해 LNG병커링 기술과 표준화된 기자재를 개발하는 것이 시급하고 중요한 과제라는 점을 확인했다. 또한 이러한 기술개발을 촉진하고 활성화를 위해서는 표준화와 상용화가 요구되며, 이를 위한 과제도 제시하였다.

해상 LNG병커링 기술개발 과제로 20개의 설계 및 기자재 기술을 제안

해상 LNG병커링을 위한 작업을 LNG병커링 선박의 운항에 따라서 8단계의 순환과정으로 구분하고, 각 작업 단계에서 필요한 기술을 63개 기술로 분류했다. 이 가운데 이미 개발된 기술과 기자재는 제외하고, 시장 성장성과 사업화

가능성이 크고 국가 R&D가 필요한 수준의 중요하고 핵심기술을 선별하였다. 선별과정은 기술경쟁우위, 시장영향도, 사업화 가능성, 정책적 타당성, 선행특허 장벽 등 5개의 기준에 따라 전문가 설문문을 통해 11개의 LNG벙커링 설계기술과 9개의 기자재 기술을 도출했다.

그리고 LNG벙커링 수요 등 기술의 필요시기를 고려하여 향후 5년내 20개의 설계 및 기자재 기술 개발이 필요한 것으로 판단하고 5년간의 기술개발 로드맵을 제시했다. 또한 이러한 기술을 LNG벙커링 작업 특성에 따라 분류하고 각 작업 특성별로 우선 필요한 기술을 조기에 개발하는 것으로 제안했다.

작업 특성은 LNG벙커링선박의 이접안, LNG벙커링선박의 연료운송, LNG하역(선적) 및 벙커링, 증발가스(BOG)처리, 안전관리 등으로 분류했다.

이러한 20개의 기술개발에는 약 1,000억 원이 소요될 것으로 예상하고 정부와 민간부문의 매칭방식으로 재원을 조달하고 사업단을 통해 추진하는 것이 적절한 것으로 제안했다.

기술의 표준화와 상용화를 통해 해상 LNG벙커링 기술 시장 선점 필요

기술의 표준화와 상용화를 위해서는 먼저 실증 및 시범사업이 필요하다. 특히 우리나라와 같이 기술력을 보유하고도 시장 진입이 늦어 실적을 확보하지 못한 경우에는 실증을 통해 관련 설계 및 기자재 기술을 인증하는 것이 중요하다. 이를 통해 국내 설계 기술과 기자재의 판로가 개척될 수 있다.

또한 관공선 등 국내 항만간 운항이 많은 선박을 우선적으로 LNG연료추진선으로 개조 또는 신조하는 정책적 지원이 필요하다. 국내 항만에서 운항이 많은 선박은 친환경 연료선박으로 교체하는 경우 상대적으로 대기환경 개선 효과가 크기 때문에 정책결정의 설득력이 확보된다.

그리고 권역별로 LNG벙커링 실증화 또는 시범사업이 필요하다. 우리나라 동, 남, 서해안권의 특성을 반영하여 실증 또는 시범사업을 추진하는 방안을 제안했다. 특히 시범사업은 LNG연료추진선과 LNG벙커링 공급시설을 묶어 일괄형 시범사업을 추진하는 적절하다는 점을 강조했다.

조기에 LNG병커링 시장을 조성하고 사업을 활성화하기 위해서는 공공부문과 민간부문이 합작하는 형태의 사업추진이 필요하다.

그리고 LNG연료추진선 운항과 병커링을 위한 운영자 교육이 기술의 상용화를 위해 반드시 필요하다. 특히 국내 LNG연료추진선과 병커링 설비가 없는 상황에서 기술 인력을 조기에 양성하기 위해서는 교육 프로그램을 시급히 마련하고 추진해야 한다. 선주가 기존 선박의 교체를 촉진하기 위해서는 현재 승선중인 재직자 교육이 선행되어야 한다. 관련 교육 및 연수기관의 대비가 필요하다.

마지막으로는 국내 표준화를 통해 국제 표준화를 선도하는 전략개발이 요구된다. 국내 제품을 표준화하고 호환성을 확대하며 또한 품질보증 체계를 도입함으로써 기술을 선도할 수 있다. 또한 LNG 기자재 시험 설비를 정비하고 표준화함으로써 국제표준화를 제안할 수 있다.

LNG병커링 사업의 조기 활성화를 위한 정책 제언

마지막으로 LNG병커링 기술 표준화·상용화의 성공적 달성을 위해 필요한 정책 방향과 과제를 제안한다. LNG병커링 설계 및 기자재 기술의 체계적인 연구개발(R&D) 지원, LNG연료를 사용하는 친환경선박의 보급 확대, LNG병커링 활성화를 위한 법제도 및 인프라 기반 강화 등의 정책 추진이 필요하다.

LNG병커링은 새로운 비즈니스로 우리나라가 아시아시장 선점을 기대

선박을 대상으로 한 LNG병커링 시장은 북해와 발틱해 주변 유럽 국가들과 미국의 항만을 중심으로 점차 시장이 확대되어가고 있다. 아직까지 우리나라를 포함해서 아시아에서는 LNG연료추진 선박의 운항이 거의 없어 LNG병커링 역시 본격적인 시장 형성 전단계이다.

우리나라가 LNG병커링의 표준적인 설계 기술을 개발하고 기자재를 표준화함으로써 향후 기대되는 아시아 LNG병커링 시장을 선점할 기회를 갖게 된다.

또한 LNG연료추진선⁴²⁾의 보급 확대는 기존 병커유를 사용하던 선박들에서

배출되는 유해배기가스 물질의 배출량을 획기적으로 줄여줄 것으로 기대된다. 따라서 LNG벙커링 시장의 활성화와 LNG연료추진선 보급의 확대는 궁극적으로 선박의 입출항 빈도가 높은 연안 및 항만지역의 대기오염물질을 저감시킬 수 있으며 주변 지역 거주자의 보건 환경 개선에도 기여하게 된다.

42) LNG연료추진선의 경우 기존 벙커유 선박에 비해 황산화물 90%, 질소산화물 80%, 이산화탄소 20% 이상 감소시켜 주는 것으로 보고되고 있다.

제2절 정책제언

LNG병커링 설계 및 기자재 기술의 체계적 연구개발(R&D) 추진

LNG연료추진선의 병커링 기술을 표준화하기 위해서는 LNG병커링 터미널과 LNG병커링 선박간과 LNG병커링 선박과 LNG연료추진선간의 설계기술 그리고 이·접안, 병커링 등의 LNG병커링 작업에 필요한 기자재기술에 대한 핵심 기술의 개발이 선행되어야 한다. 또한 보다 체계적인 핵심 기술의 개발을 위해서는 LNG병커링 작업에 대한 공정 분류와 공정별 소요 장비 등에 대한 세밀한 분석이 선행되어야 한다.

이처럼 LNG연료추진선의 병커링 기술을 표준화한다는 것은 LNG터미널, LNG병커링 선박, LNG연료 선박 등 다양한 대상들을 상대로 이·접안, LNG병커링, 증발가스 처리 등 다양한 업무를 안전하게 처리할 수 있는 기준을 만드는 작업이라고 할 수 있다. 따라서 이러한 작업은 복잡한 구조를 갖게 되며 어느 한 부분이라도 소홀히 다루어질 경우 자칫 LNG병커링 업무 전반에 대한 불안감을 초래할 수 있다.

따라서 LNG병커링 기술의 표준화는 대상별, 공정별, 기술별로 구조적인 체계를 갖추어 접근하는 방식이 가장 효과적일 것으로 판단된다. 본 연구에서는 이러한 판단 아래 대상을 병커링터미널, 병커링 선박, LNG연료 선박으로 구분하였으며, LNG병커링 공정 역시 이동, 접안, 하역 등 총 8단계로 구분하였고 핵심 기술을 총 11개 도출하였다. 그리고 이러한 구조적인 틀 속에서 기술개발 로드맵과 연차별 소요예산 또한 상대적으로 용이하게 산정이 가능하였다.

따라서 앞으로 LNG연료추진선의 병커링 기술 표준화관련 기술개발의 진행도 동일한 방식으로 체계적인 접근을 통해서 진행되어야 할 필요가 있다. 조만간 우리나라에 LNG연료추진선박이 시장에 나오게 될 경우 가장 보편적으로 사용될 LNG병커링 방식이 무엇인가를 식별하고 이에 대한 연구를 먼저 진행하여 시장에 혼선을 주는 일을 사전에 방지해야 할 것이다. 또한 국내 표준의 조기 달성과 함께 글로벌 표준으로의 격상 또한 최대한 단기간에 달성될 수 있

도록 추진 전략을 미리 만들어 둘 필요성이 있다.

LNG연료를 사용하는 친환경선박의 보급 확대

친환경선박이란 좁은 의미에서는 IMO의 해양오염방지협약(MARPOL73/78) 부속서 6의 제4장(에너지효율관리)에 따른 선박에너지효율설계지수(EEDI)를 만족시키는 선박을 말하지만 넓은 의미에서는 에너지효율이 높으면서 환경관련 규제에 대해 진보된 성과를 낼 수 있는 선박 전체를 의미한다. 친환경선박은 선박의 설계 단계부터 친환경 기술을 적극 도입하고 건조 후 운항 단계에서도 계속해서 새로운 친환경 기술의 도입에 적극적인 모습을 보여야 친환경선박의 자리를 유지할 수 있다.

친환경선박의 보급이 활성화될 경우 고효율 에너지 사용으로 인해 연료 소모량이 감소하게 되고 이러한 총 사용연료의 감소는 선박에서 배출되는 대기오염물질의 배출량을 극적으로 감소시킬 수 있으며 이것은 결국 국민건강의 개선으로 연결된다. 따라서 정부가 친환경선박의 보급 촉진을 위한 정책 수단 마련에 나서야 할 분명한 이유가 여기에 존재하는 것이다.

선박의 에너지 효율을 높이는 것만으로도 상당한 양의 연료 소모량을 줄일 수 있고 이로 인해 선박에서 배출되는 대기오염물질의 배출량을 큰 폭으로 감소시킬 수 있다. 하지만 이보다 더 근본적인 해결 방안은 대기오염물질의 배출량이 상대적으로 적거나 없는 연료를 선박에서 사용하는 방식이 될 것이다.

LNG 연료의 경우 선박에서 연료유로 사용할 경우 미세먼지는 거의 발생시키지 않으며 기존 연료유(벙커유) 대비 황산화물 90%, 질소산화물 80%, 이산화탄소 25% 수준까지 감소시켜 주는 효과를 발생시킨다. 따라서 우리는 에너지 효율이 높은 LNG연료 선박의 보급을 확대할 충분한 이유를 갖게 되는 것이다.

친환경선박, 특히 LNG연료 선박에 대한 민간 선사의 적극적인 투자를 이끌어 내기 위한 정부의 보조금 지원 정책이 마련될 경우 친환경선박의 보급은 지금보다 훨씬 더 광범위하고 빠르게 진행될 수 있을 것으로 기대된다.

LNG병커링 활성화를 위한 인프라 및 법제도 기반 강화

현재 우리나라는 상업적인 목적으로 운항중인 LNG연료추진선박은 없으며 항만 터미널 등에 LNG병커링 시설이나 LNG병커링 선박도 없다.⁴³⁾ 따라서 본격적인 LNG연료추진 선박의 보급을 위해서는 LNG병커링 시설의 확충이 무엇보다도 중요한 과제라고 할 수 있다. LNG병커링 시설의 경우 대규모 항만을 배경으로 한 대형 LNG병커링 시설의 건설도 필요하지만 중소 규모의 지역항만에 필요한 소규모 LNG병커링 시설의 보급 또한 중요하다.

LNG병커링은 새로운 고부가가치 비즈니스로서 고급 일자리 창출 가능성이 높은 분야이다. 따라서 정부는 민간부문이 비즈니스 기회를 만들어 나갈 수 있도록 기반을 마련해 주는 일을 사전에 준비해 나가야 할 것이다. 비즈니스 활성화를 위해 필요한 조치를 사전에 발굴하고 필요한 제도를 마련해야 할 것이다.

최근 해양수산부 주도로 친환경 선박, 특히 LNG연료 선박의 보급을 촉진하는 내용을 담고 있는 ‘환경친화적 선박의 개발 및 촉진에 관한 법률’ 제정 움직임이 본격화되고 있는 것은 다소 늦긴 했지만 매우 다행스러운 일이다. 왜냐하면 이러한 법률의 제정이야말로 선박에서 배출되는 대기오염물질의 체계적 관리를 위한 첫 단추가 될 수 있기 때문에 매우 의미 있는 작업이 될 수 있기 때문이다.

⁴³⁾ 인천항만공사는 2013년부터 아시아에서 최초로 LNG연료 선박인 에코루리호(항만안내선)를 건조·운영 중에 있다.

참 고 문 헌

[국내 문헌]

- 가스안전연구개발원, 「수소·연료전지 상용화 대비 안전기술 확보방안」, 2004.
- 국가지식재산위원회, 「국내 표준특허 창출기반 확대 지원방안 연구」, 2012. 12.
- 국가기술표준원, 차세대반도체산업의 국제표준화 기반구축사업, 2005.
- 국가기술표준원, 「2014 국가기술표준백서」, 2015. 07.
- 김경민 외, “LNG Fuel Gas Supply System (FGSS)”, 『대한조선학회지』, 제50권, 제4호, pp.40-43.
- 김용석, “자율주행자동차 상용화를 위한 지원과 이슈”, 『월간교통』, 2015.11, pp. 2-4.
- 김종현 외, “LNG 연료 추진선과 벙커링 기술 동향”, KEIT 조선 PD실, 2014.
- 배희진·전갑호·전정남·김민아·채태병, “위성영상 상용화 지원시스템 구축 및 개발”, 『항공 우주산업기술동향』 8권1호, 2010. pp. 25~32.
- 신승호·홍기용, “파력발전의 기술동향과 상용화의 길”, 『대한토목학회지』59(5), 2011.5. pp. 55-62.
- 신승호, 홍기용(2011). 파력발전의 기술동향과 상용화의 길. 대한토목학회지, 59(5), 55-62. <APA 스타일>.
- 이상우 외, “LNG추진선(ME-GI엔진탑재)과 LNG BUNKERING, 꿈이 아닌 현실로”, 하나금융그룹, 2013.
- 이윤준, “공공연구기관의 기술이전 활성화 전략”, 과학기술정책연구원, Working Paper, 2008. 7.
- 이은명(2014), “세계 주요 항만별 벙커링용 LNG 가격추정 및 시사점”, 『에너지 포커스 2014 가을호』, 제11권, 제3호 통권 53호.
- 이재익(2012), “LNG연료추진선박 및 LNG연료공급시스템에 대한 연구”, 『대한기계학회 2012년도 플랜트부문 춘계강연회 자료집』.
- 이형묵·한호연·이세현·임동현, “수상태양광발전 상용화 방안 연구”, 『대한전기학회 하계 학술대회 논문집』 2011. 7. 20-22. pp. 1398-1399.

- 제3차 규제개혁장관회의 보도자료(관계부처 합동) “자율주행차 상용화 지원방안”을 수립 하였다. 보도자료, 2015.5.6.
- 조기동·김준우, “기술상용화 요인이 중소기업 성과에 미치는 영향”, *Journal of Digital Convergence* 2014 Sep. 12(9), pp. 83-92.
- 최승삼, “특허와 표준의 관계”, 구글검색 자료.
- 한국지질자원연구원, 「지진관측 장비 표준화(검 · 교정) 기반 구축 마련」(2010).
- 한국천연가스차량협회·LNG병커링 협의체, 「중소형 LNG추진선 보급 확대방안 연구」, 2015.8.
- 한국특허정보원, ‘표준과 특허의 관계 및 표준특허의 정의와 특성’, Patent21, (95), 2011.5. p10-15.

[국외 문헌]

- 일본 국토교통성, ‘천연가스연료선의 조기실용화, 도입의 배경 등’, 천연가스연료선의 보급 촉진을 위한 종합대책검토위원회 참고자료, 보도자료, 2012.9.4.
- DNV GL(2014), “Liquefied Natural Gas(LNG) Bunkering Study”.
- DNV GL(2015), “LNG fuelled vessels, Ship list - Vessels in operation and vessels on order”.
- Geir Hoiby, “The Norwegian NOx Fund - How Does It Work and Result so far”, The business sector’s NOx Fund, 2012.
- ISO, ISO 18683 “Guidelines for Systems and Installations for Supply of LNG as Fuel to Ships”, 2013.
- Manfred Seitz(2013), “LNG Masterplan for Rhine-Main-Danube”, General Secretary.
- Manfred Seitz(2015), “Paper 41 - LNG Masterplan for Rhine-Main-Danube corridor - Lessons learned from a highly innovative and complex transport innovation project to facilitate LNG as fuel and as a cargo on Europe’s main inland waterway artery”, Pro Danube Management Gmeb.
- Wengsheng LIN, “LNG experience from China toward Mediterranean area”, 3rd ConferenzaGNL, 2015.

[인터넷 자료]

World Ports Climate Initiative, <http://www.lnqbunkering.org>

Observatory of European Inland Navigation, <http://www.inland-navigation.org>

Gas Infrastructure Europe, <http://www.gie.eu>

국가기술표준원, <http://www.kats.go.kr>

가스기술기준정보시스템(KGS Code), <http://www.kgscode.or.kr/>

WIPS ON, <http://www.wipson.com>

부록 1. 핵심 설계기술 및 기자재 표준화 항목 선정 설문내용

핵심기술 분류표를 바탕으로 기 개발된 기술이나 제품이외에 시장 성장성 · 사업화 성공가능성이 크고 글로벌 시장선점을 위해 기자재업체의 연합을 통해 개발할 수 있으며, 정부의 R&D 지원이 요구되는 핵심설계기술 및 기자재 (Target 제품)를 선별하였다.

평가기준은 기술경쟁 우위, 시장 임팩트, 사업화 가능성, 정책 타당성, 선행특허장벽 등 5가지를 적용하였으며, ○(1, 매우낮음), ◐(2, 낮음), ◑(3, 보통), ◒(4, 높음), ●(5, 매우높음) 총 5단계로 구분하여 점수를 매겼다. 각각의 평가기준에 대한 설명은 아래와 같다.

- 1) 기술경쟁우위 : 국내 기술경쟁력이 선진국 대비 어느정도 수준인지에 대한 지표로 기술경쟁우위에 있는 기술일수록 개발 필요
- 2) 시장임팩트 : 기술개발 후 시장에 대한 선점 및 파급효과가 크다고 판단될수록 개발 필요
- 3) 사업화 가능성 : 기술개발 후 제품화가 가능하고 시장진입이 용이하다고 판단되는 것일수록 개발 필요
- 4) 정책타당성 : 국가의 전반적인 정책에 부합되는 정도를 나타내는 것으로 부합정도가 클수록 개발 필요
- 5) 선행특허장벽 : 선행 특허에 대한 보호 장벽이 높을수록 기술개발을 통한 특허 회피 기술 개발 필요

(1) 설계 표준화 항목

핵심주력 제품군	핵심설계(Target 역량) 후보기술
LNG 벙커링 터미널 - LNG 벙커링 선박	LNG벙커링선박의 접안을 위한 평형선 길이에 대한 기준 설계
	접안을 위한 Fender설치 기준 설계
	Mooring Rope연결을 위한 Winch, Bollard, QRH 등의 배치에 대한 기준 설계
	선육간 통신에 대한 기준 설계
	Ship-to-Terminal간 호환성에 대한 기준 설계
	LNG벙커링암과 LNG벙커링터미널의 LNG하역배관과의 호환에 대한 기준 설계
	비상차단 및 응급상황 대처에 대한 절차서
	LNG하역량 계산에 대한 기준 및 절차서
	LNG하역시 LNG벙커링선박의 화물창 압력 및 온도에 대한 기준 및 절차서
	LNG하역량에 대한 유량 및 유속에 대한 기준
	LNG하역량에 따른 반송가스량 설계 기술
	LNG벙커링선박의 LNG적재 제한 기준
	LNG벙커링선박의 접안 및 하역작업 환경에 대한 제한 기준
	위험성 평가에 따른 이격거리에 대한 설계 기준
LNG 벙커링 선박 - LNG 연료 추진 선박	LNG연료추진선박과 벙커링선박의 접안을 위한 평형선 길이에 대한 기준 설계
	접안을 위한 Fender설치 기준 설계
	Mooring Rope연결을 위한 Winch, Bollard, QRH 등의 배치에 대한 기준 설계
	선박간 통신에 대한 기준 설계
	Ship-to-Ship간 호환성에 대한 기준 설계
	LNG벙커링암과 LNG연료추진선박의 LNG벙커링 스테이션(Station)과의 호환에 대한 기준 설계
	비상차단 및 응급상황 대처에 대한 절차서
	LNG벙커링량 계산에 대한 기준 및 절차서
	LNG벙커링시 LNG연료추진선박의 화물창 압력 및 온도에 대한 기준 및 절차서
	LNG벙커링량에 대한 유량 및 유속에 대한 기준
	LNG벙커링량에 따른 반송가스량 설계 기술
	LNG연료추진선박의 LNG적재 제한 기준
	LNG연료추진선박으로의 접안 및 하역작업 환경에 대한 제한 기준
	위험성 평가에 따른 이격거리에 대한 설계 기준
	LNG벙커링시 LNG연료추진선박의 보호를 위한 Water Curtain적용에 대한 기준 설계
	LNG벙커링선박의 항내 조종성능에 대한 기준 설계
	LNG벙커링선박 추진시스템 이중화에 대한 기준 설계
	LNG벙커링시 Line Inerting / Cooldown / Purging에 대한 기준 설계

(2) 기자재 표준화 항목

핵심주력 제품군	핵심기자재(Target 제품)후보제품
이·접안 관련	안전 이·접안 보조설비 (Azimuth Thruster / Bow Thruster / 거리계측계 / 속도계 측계 / 접안방향 벡터합성계 / 자동제어설비 / 경보시스템)
	충격흡수 및 Sliding기능을 지닌 Fender
	계류선(Mooring Rope)의 장력(Tension)을 보정하는 Active Mooring Winch
	계류선의 장력 감시시스템
	Quick Release Hook (QRH)
	Ship-to-Ship / Terminal 통신시스템 (Optical or Electrical Method, Hot Line / ESD Signal / 장력 정보 등)
	Electric Propulsion Motor & System
	통합자동화 시스템
LNG 병커링 관련	LNG병커링선박의 화물창 시스템 (화물창, 단열재, 지지대, 화물창 내부 Pump System, 온도 계측시스템, 수위 계측시스템, 압력 계측 시스템, Pump Tower 등)
	LNG연료추진선박의 연료창 시스템 (연료창, 단열재, 지지대, 연료창 내부 Pump System, 온도 계측시스템, 수위 계측시스템, 압력 계측 시스템, Pump Tower 등)
	LNG병커링선박의 LNG병커링암 (QCDC, ERC, ESD Valve, 등)
	LNG병커링선박의 유류 병커링암
	LNG연료추진선박의 LNG병커링 스테이션(Station)
	LNG병커링 펌프
	LNG병커링 배관의 Inerting / Purging설비
	LNG병커링량 (LNG하역량) 계측설비 (Gas Analyzer, In-line Type유량계측기, 열량보정기 등)
증발가스 처리 관련	반송가스 액화설비 (N2 Compander, Coldbox, Flash Drum Unit, BOG Compressor, etc.)
	Fuel Gas Supply System (Fuel Gas Compressor, Fuel Gas Feed Pump, Fuel Gas Vaporizer, HC Removal, etc.)
	증발가스 반송용 가스압축기
	가스소각기 (Ignitor, Gas Burner, Combustion Fan, etc.)
	LNG Sprayer (in LNG Tank)
	이중연료발전기엔진 (Dual Fuel Generator Engine)
	가스엔진 (Gas Only Engine)
안전관련	Gas Detector
	Fire Detector & (Portable) Fire Fighting Facility
	Emergency Shutdown System (ESDS)
	QRH
	ERC
	Electrical Bonding Cable
	운전자 훈련 시스템 (LNG병커링선박 운영, LNG연료공급시스템 운영 및 LNG 병커링작업에 대한 운전자 교육 시스템)