

LNG선 국산화 현황 점검 및 대응방안

KDB미래전략연구소 산업기술리서치센터
박유상 연구위원(yuspark@kdb.co.kr)

- I. 개요
- II. 조선산업 국산화 특성
- III. LNG선 주요시스템 및 국산화 현황
- IV. 결론

중국 등 아시아의 친환경 연료 수요 증가, 미국·카타르의 천연가스 수출 증가 등으로 세계 LNG수출입량은 2017년에서 2040년까지 약 2.23배 성장(BP 전망)이 예상된다. 한국은 2010년 이후 글로벌 LNG선 선박량의 80%를 건조하는 등 높은 경쟁력을 보유하여 LNG선 시장에서 견고한 수주 성장이 예상된다.

이에 한국 조선산업의 중요한 축을 차지하는 LNG선의 주요 기자재(화물창, 엔진, 펌프, 재액화시스템)와 LNG병커링선의 국산화 현황을 점검하였다.

먼저 화물창(보냉재 포함)은 프랑스 GTT사에 라이선스 종속되었으나, 다수의 한국형 화물창이 개발되었고, 트랙레코드 축적시 라이선스 독립이 가능할 것으로 보인다. 이를 위해 분산된 화물창 역량을 모아서 트랙레코드 축적을 집중화할 필요가 있다.

주추진엔진은 유럽 MAN과 WinGD사에 라이선스 종속되었으나, 글로벌 분업 체계가 이미 확립되었고, 라이선스를 독립하여도 선주의 신뢰를 확보하기에 어려운 기자재인 바, 현행 체제하에서 일부 외산 부품의 국산화 추진이 적절할 것으로 보인다.

펌프는 시장이 협소하여 국산화의 실익이 부족하지만 향후 시장 확대가능성에 대비하여, 국내 개발 시제품의 트랙레코드 축적 또는 해외 기업 인수합병을 검토할 필요가 있다. 펌프의 국산화시 재액화시스템의 국산화에도 긍정적 영향을 미칠 것으로 보인다.

LNG병커링선은 외산 대비 가격경쟁력에서 열위이므로, 가격경쟁력 확보와 향후 대형 LNG병커링선에 대비한 제품 선제 개발이 필요하다.

모든 조선 기자재의 국산화는 불필요하며 그 가능성은 낮으므로 기자재 특성에 따라 선택과 집중이 필요하며, 트랙레코드의 축적을 위해 LNG선 한국 국적선의 신조 발주시 국산기자재 채택이 절실하다. 이를 위해 정부의 적극적 지원과 업계의 각고의 노력이 필요하다.

* 본고의 내용은 집필자의 견해로 당행의 공식입장이 아님

I. 개요

1. LNG개요

- 저장·운송 등을 용이하게 하기 위해 천연가스(Natural Gas)를 -162°C 의 액체 상태로 전환(액화)
 - 액화시 부피가 1/600로 감소되어 저장 및 운송이 용이
 - 대기압 下에서 액화온도(비등점)가 -162°C 로 극저온 상태인 바, 고가 기자재(화물창, 극저온펌프, 고압펌프, 극저온배관, 재액화시스템 등) 필요
- 열침투에 따른 BOG¹⁾의 최소화 또는 BOG의 재액화처리 등이 중요
 - BOG 발생시 부피 팽창으로 압력이 상승하여 폭발위험 증가, 화물 손실 등 문제가 발생하므로, BOG를 재액화, 연료로 사용, 또는 연소하여 처리
 - 자연기화율(Boil-off rate)은 과거 일반적으로 0.15%/day에서 현재는 0.07%/day 수준이며, 이를 낮추는 것이 LNG 화물창의 주요 기술

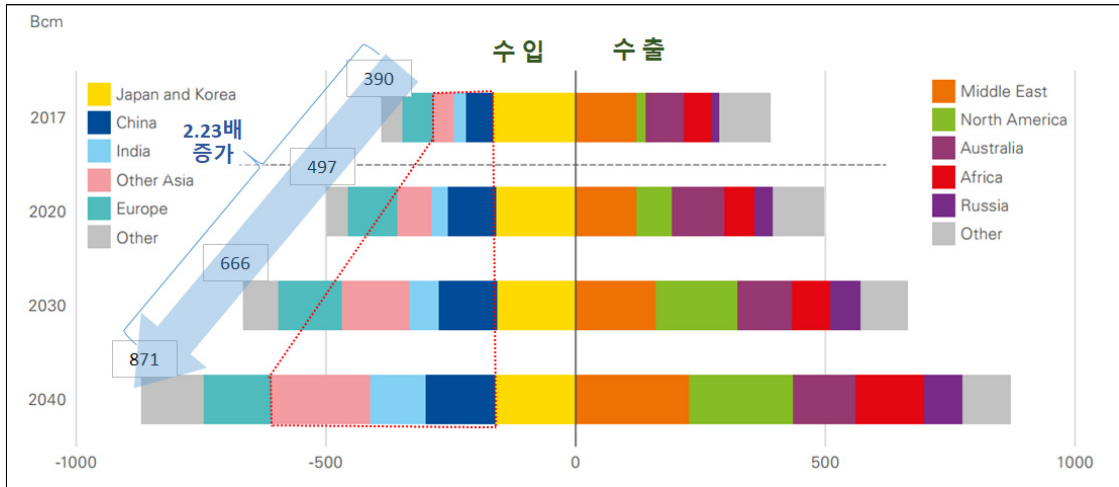
2. LNG 시장 전망 및 현황

- 청정에너지 선호, 셰일가스 등장과 중국, 인도, 동남아시아 등 수요 증가로 천연가스 수요 증가
 - LNG 수출입량 2017년 3,900억 m^3 → 2040년 8,710억 m^3 로 2.23배 증가 (BP energy outlook 2019)
 - 천연가스(NG) 수요는 2017년 3조6700억 m^3 → 2040년 5조3700억 m^3 로 1.46배 증가 전망

1) BOG (Boil-off gas)는 열침투 등으로 자연 기화된 가스를 의미함

- 수입은 중국·인도·기타 아시아국 중심, 수출은 미국(셰일가스)과 카타르 등 중동이 주도 전망

<그림 1> LNG 수입·수출량 전망



자료 : BP energy outlook 2019 참고하여 재구성

□ LNG선 현황 및 전망

- 2019년 10월 기준, 글로벌 LNG선 선복량은 총 582척으로 글로벌 총 선복량²⁾에서 척수기준 약 0.6%, GT 기준 4.4% 차지 (클락슨)
 - 선복량 중 한국 373척(64%), 일본 131척(23%), 중국 38척(7%), 기타국가 40척(7%) 건조
 - 대우조선해양 145척, 삼성중공업 124척, 현대중공업 92척, MHI(일) 57척, 가와사키(일) 35척, 후동중화(중) 20척 등 건조

2) 2019년 10월 기준, 총 선복량 97,653척, 1,386백만GT(Gross tonnage, 총톤수)

〈표 1〉 조선소별 LNG선 건조 현황 (선복량 기준)

조선소명	국 가	척 수	DWT ³⁾ (천)	비 중(DWT)
대우조선해양	한 국	145	13,716	29%
삼성중공업		124	10,894	23%
현대중공업		92	8,095	17%
MHI nagasaki	일 본	57	4,568	10%
가와사키 중공업		35	2,536	5%
후동중화	중 국	20	1,761	4%
Mitsui SB	일 본	16	1,148	2%
STX조선해양	한 국	6	558	1%
한진중공업		6	470	1%
기 타	미국, 프랑스 등	81	3,915	8%
합 계		582	47,661	100%

자료 : 클락슨

- 2천년대부터 한국이 시장 주도, 2010년대 중국 등장 및 일본 쇠락

〈표 2〉 연도별 · 국가별 LNG선 건조 현황 (선복량 기준)

(단위 : 척)

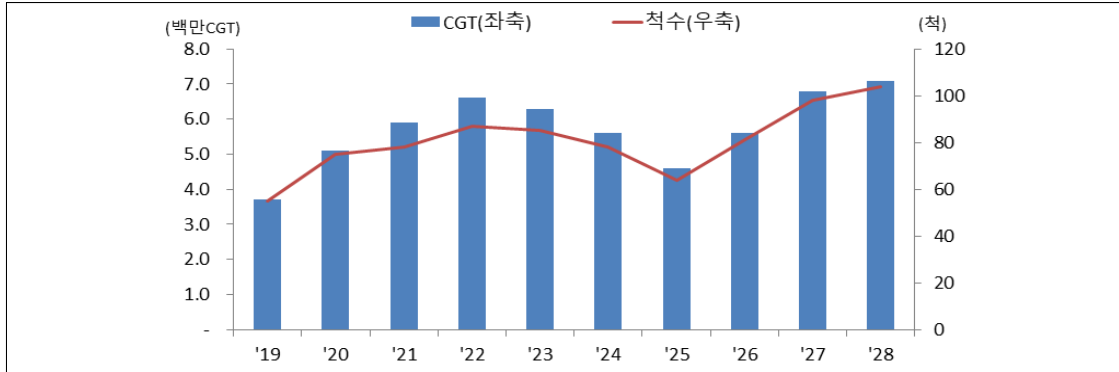
국 가	합 계	비 중	1970년대	1980년대	1990년대	2000년대	2010년대
한 국	373	64%	-	-	7	155	211
일 본	131	23%	-	9	26	58	38
중 국	38	7%	-	-	-	5	33
미 국	10	2%	8	2	-	-	-
프랑스	8	1%	-	3	5	-	-
핀란드	7	1%	-	-	4	3	-
스페인	6	1%	-	-	-	6	-
기 타	9	1%	-	2	2	3	2
합 계	582	100%	8	16	44	230	284

자료 : 클락슨

3) Deadweight, 재화중량톤수

- 클락슨은 2028년까지 연평균 80척, 5.7백만CGT⁴⁾ 발주될 것으로 전망하여, 연간 약 16조원 정도의 시장으로 추산

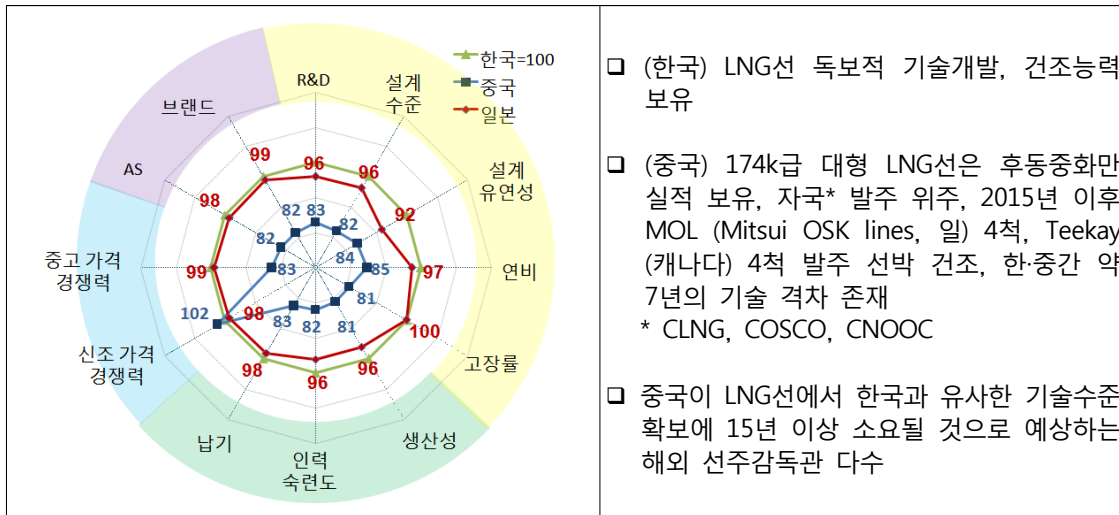
<그림 2> 연도별 LNG선 발주 전망



자료 : 클락슨

- 한국은 LNG선에서 독보적 기술력과 건조경험을 보유
 - 2010년 ~ 2019년 10월까지 인도된 LNG선의 80%(DWT기준)를 한국이 건조
 - 중국·일본 대비, 신조가격을 제외하고 모든 항목에서 한국이 우월

<그림 3> 한·중·일 LNG선 경쟁력 비교



- (한국) LNG선 독보적 기술개발, 건조능력 보유
- (중국) 174k급 대형 LNG선은 후동중화만 실적 보유, 자국* 발주 위주, 2015년 이후 MOL (Mitsui OSK lines, 일) 4척, Teekay (캐나다) 4척 발주 선박 건조, 한·중간 약 7년의 기술 격차 존재
 - * CLNG, COSCO, CNOOC
- 중국이 LNG선에서 한국과 유사한 기술수준 확보에 15년 이상 소요될 것으로 예상하는 해외 선주감독관 다수

자료 : 산업은행(2018), “한중일 조선산업 경쟁력 비교”

4) Compensated Gross Tonnage : 선종 및 선형의 공정 난이도에 따라 상이한 공사량을 동일지표로 평가하기 위한 환산톤수이며, GT에 선종별 환산계수를 곱하여 산출

Ⅱ. 조선산업 국산화 특성

- 한국이 글로벌 시장을 주도하는 산업이며, 높은 수준의 국산화율 달성
 - 다수 선박 건조 경험을 기반으로, 한국이 글로벌 시장을 리드하는 산업으로, 대형조선3사를 중심으로 기자재 국산화가 장기간 진행되어 왔음
 - 국산화율은 일반상선 약 90%, LNG선 약 80% 이상으로 추정
- 기자재의 트랙레코드가 매우 중요하고, 선주의 영향력이 절대적
 - 고가 제품이며 고장시 대형 사고가 유발되므로, 제품에 대한 매우 높은 수준의 신뢰도가 요구되고, 주요 기자재는 선주가 지정하여 선주의 영향력 절대적
 - 축적된 트랙레코드를 보유한 검증된 제품이 아니면 시장진입은 불가능하며, 특히 LNG선·해양플랜트와 같은 고가 선종은 더욱 불가
- 글로벌 단일 시장, 초거대 운송시스템으로 글로벌 분업 구조가 일반적
 - 글로벌 단일 시장, 초거대 운송시스템으로 모든 기자재를 국산화하는 것은 산업구조상 불가능
 - 고급 기자재·신기술은 주로 유럽이 축적된 라이선스를 보유하여 시장 선도하고, 한국 등에서 기자재 생산하는 글로벌 분업 구조가 확립
- 일본 수출규제 가능성 및 영향이 상대적으로 미미
 - 수출규제 해당 품목이 적고, 선주가 기자재를 직접 구매하여 조선소에 설치 의뢰(선주제공품목) 가능하여, 타 산업대비 규제 영향이 미미
 - 최종 수요처와 사용목적이 명확하여 화이트리스트 배제의 기본취지와 무관한 바, 수출규제 가능성이 낮음

Ⅲ. LNG선 주요시스템 및 국산화 현황

1. 화물창

□ 극저온에 견디기 위해 특수 재질·구조로 제작, 유림사(GTT社, MOSS社) 기술 특히 보유

○ 화물창은 멤브레인 탱크, 독립형 탱크(Type A, B, C)로 구분 가능하며, 대형 LNG선은 대부분 멤브레인 탱크 사용

- 멤브레인 탱크는 선체에 직접 시공하여 안벽 공기가 길고 조선소 시공기술력 중요, 공간효율이 높고 건조비용 경감 가능, 시야확보가 용이한 장점
- 멤브레인 탱크는 프랑스 GTT社의 Mark III와 No.96으로 구분 가능

○ 얇은(0.7~1.2mm) 1차방벽, 누출시 안전성 보장(15일간 LNG격납)을 위한 2차방벽, 보냉시스템, 지지구조 등으로 구성

- (1차방벽) Mark III는 스테인리스강(1.2mm), No.96은 36%니켈강⁵⁾(0.7mm)
- (2차방벽) Mark III는 트리플렉스(Triplex), No.96은 36%니켈강(0.7mm)

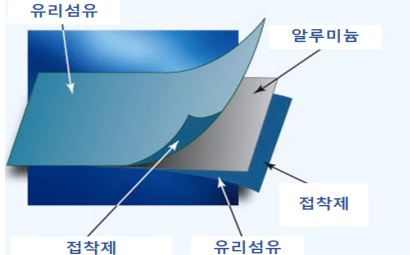
<그림 4> 멤브레인 화물창 구조 및 재질

구 조 (Mark III)	특 징		
	구 분	Mark III	No.96
	1차방벽	스테인리스강 (SUS304L)	36%니켈강(invar steel, 인바강)
	2차방벽	트리플렉스(triplex) (알루미늄+유리섬유)	"
보냉재	강화폴리우레탄폼 (R-PUF)	펠라이트 충전 상자	

자료 : GTT 홈페이지 참고하여 재구성

5) 36%니켈강은 인바강(Invar steel)이라고도 불리며, 니켈 36%와 철 64% 합금으로 열팽창계수가 매우 낮음. Invariable에서 유래되었고, 길이 50m 재료를 -162℃ → 20℃로 변화시, 0.10m가량 팽창되는 것으로 알려짐



<그림 5> Mark Ⅲ의 2차 방벽(트리플렉스) 구조 및 특성

구 조	특 징
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 트리플렉스는 척당 30억원 내외의 고부가 제품 ○ 유리섬유+알루미늄+유리섬유 구조 ○ FSB(Flexible secondary barrier), RSB(Rigid secondary barrier)로 구분 <ul style="list-style-type: none"> - FSB는 유리섬유와 알루미늄 사이에 고무 추가 - RSB는 패널, FSB는 패널 이음매에 사용

자료 : Marinewiki 자료 참고하여 재구성

- 멤브레인 등 화물창 기자재는 국내 생산하나 GTT에 라이선스 종속되어, 조선소는 척당 선가의 5% 수준(약100억원) 기술 로열티 지불
 - 멤브레인형은 프랑스 GTT(Gaztransport & Technigaz)社 ↔ 모스형은 노르웨이 모스 로젠버그(Moss Rosenberg)社 라이선스 보유
 - 1차방벽은 (주)동성화인텍·(주)티엠씨 등 제작, 스테인리스강은 (주)포스코·일본 스미토모 등, 36%니켈강은 프랑스 A社에서 수입
 - 2차방벽은 Mark Ⅲ의 트리플렉스(Triplex)는 (주)한국카본이 독점 생산

<표 3> Mark Ⅲ와 No.96 비교

구 분	Mark Ⅲ 화물창	No.96 화물창
화물창 내부		
멤브레인 모양	<p>팽창률이 큰 재질을 사용, 멤브레인 시트 사이는 주름을 잡아 온도차에 의한 급격한 수축과 팽창을 흡수</p>	<p>팽창률이 낮은 36%니켈강(인바강)을 사용하므로, 멤브레인 시트를 주름없이 제작 → 용접이 용이</p>
장단점	<p>(장점) 단열효율, 용적효율 우수, 생산설비 투자비 낮음 (단점) 인장강도 낮음, 충격에 약함</p>	<p>(장점) 충격에 강함 (단점) 단열효율, 용적효율이 낮음, 초기투자비와 재료비 높음</p>
기 타	<p>유사 구조로 구성, GTT 라이선스라는 공통점 GTT는 Mark Ⅲ와 No.96을 결합한 CS1을 출시하였으나, 실적은 미미</p>	

자료 : GTT 자료 참고하여 재구성

- 케이씨엘엔지테크(주)가 한국형 화물창 KC-1을 개발하여, 국적선 4척에 시공하였으나 1·2호선은 결빙 발생으로 운항 중단 후 수리 중
- 한국가스공사와 대형조선3사가 출자한 케이씨엘엔지테크(주)가 KC-1을 개발하여, 4척 시공실적 보유(4호선은 인도 예정)하였으나 1·2호선에서 외벽 결빙(cold spot) 발생

<표 4> GTT Mark III와 KC-1 화물창 비교

구 분	Mark III 화물창	KC-1 화물창	
구 조			
주 요 차 이	구 분	Mark III	KC-1
	구 조	1차, 2차방벽 사이에 보냉재	1차, 2차 방벽이 근접배치 2차 방벽의 열충격 감소
	1차방벽	1.2mm 스테인리스 재질	1.5mm 스테인리스 재질
	2차방벽	트리플렉스(triplex)	1.5mm 스테인리스 재질 1차방벽과 동일한 주름
	보냉재	2겹	1겹 → 시공효율 높음

자료 : 케이씨엘엔지테크, "Introduction to KC-1 CCS" 참고하여 재구성

- 대형조선3사는 KC-1 개발에 공동 참여했음에도 불구하고, 독자 화물창을 별도로 개발⁶⁾하는 과잉경쟁 양상
 - 대형조선3사 제품간 선의의 경쟁으로 인한 이익보다, 개발 노력 중복·트랙레코드 축적 어려움·실패 위험 등 비용이 더 클 것으로 판단
 - 다수의 제품이 경합되어 트랙레코드가 분산되므로, 신뢰도 축적에 장기간 소요되어 일부 제품은 도태될 수 밖에 없음

6) 현대중공업의 하이맥스·대우조선해양의 솔리더스·삼성중공업의 KCS

- 화물창은 상당부분 국산화가 진행되었고, LNG추진선의 LNG연료탱크와 연관이 있어서 시장확장 측면에서 매우 중요하여, 라이선스 독립이 필요
 - 화물창 기술은 대형조선3사간의 과잉 경쟁관계가 라이선스 독립의 방해요소, 대형조선3사 모두 LNG선이 주력제품이므로 협업이 힘든 현실적 어려움 존재
 - GTT도 한국 대형조선3사의 시공정보, 오류 수정사례 등을 토대로 제품이 업그레이드 되므로 한국의 도움이 필요한 공생 관계

<참고 1> 케이씨엘엔지테크(주)의 KC-1 설치 사례



- 육상 LNG탱크 기술 기반, 한국가스공사와 대형조선3사가 공동 개발, GTT Mark III와 구조 유사
 - 단열층을 하나로 구성하여 구조가 단순, 멤브레인 평면에서 용접하여 시공 용이, 1차와 2차방벽이 근접한 구조로 2차 방벽의 열충격 적음
 - 멤브레인은 티엠씨, 보냉재는 강림인슈가 제작
- 삼성중공업이 2018년 2월, 3월 인도한 SK세레니티, SK스피카호에 시공, 선박 외벽에 결빙 발생 → 운항 중단 후 수리 중 → 기술 완성도 입증에 장벽
 - 수리된 후에도 화물창 정기 드라이 도킹 검사시, 지속적으로 완전성 입증 필요
- 2019년 9월 인도한 통영~제주간 운항하는 7.4K급 1척(SM JEJU LNG 1호, 삼성중공업 건조)의 완전성 입증 중요
- KC-2 출시시 KC-1의 결함을 해결한 고품질 제품 출시 필요

자료 : 언론 보도자료 등 참고하여 재구성

2. 보냉재

- 외부열 침투를 차단하기 위해, 고성능 보냉재(Mark III는 폴리우레탄 폼, No.96은 펄라이트)를 사용

<표 5> 폴리우레탄 폼과 펄라이트 비교

구 분	폴리우레탄 폼	펄라이트
용 도	Mark III 보냉재	No.96 보냉재
원 료	주원료 : MDI(61.6%)*, 폴리올(38.6%) 등 첨가제 : 발포제, 촉매제, 정포제 등 * Methylene diphenyl diisocyanate	펄라이트 : 화산 지역의 진주암 원석을 잘게 부수고, 고온에서 구워 팽창시킨 불연재
주요회사	원재료 : 한국바스프, 금호미쓰이화학, SKC, KPX케미칼 등 폴리우레탄 폼 : 동성화인텍, 한국카본, 강림인슈	펄라이트 : 경동원 보냉상자 원목 : 핀란드 자작나무 보냉상자 조립 : 대우조선해양
제 품		 plywood로 격자형 박스형태를 만들고, 내부에 펄라이트를 충전

자료 : 경동원 홈페이지, 대신증권(2014.7), “폴리우레탄산업 훈풍이 불어온다” 참고하여 재구성

- Mark III의 단열효율이 No.96보다 우수하고, No.96보다 두께가 얇아(Mark III = 270mm, No.96 = 530mm) 용적효율이 상대적 우위
 - Mark III는 단열효율이 뛰어난 MDI, 폴리올과 유리섬유가 함유된 고밀도 강화 폴리우레탄폼(R-PUF) 사용
- Mark III는 선체와 보온재를 접착방식, No.96은 나사체결방식으로 체결강도는 No.96이 더 우수, No.96의 초기투자비와 재료비가 더 높음

- Mark III의 보냉재는 핀란드 자작나무 외에 대부분 국산화 완료, No.96은 핀란드 자작나무, 프랑스산 36%니켈강을 사용
 - (라이선스 비용) 보냉재업체는 GTT에 제품당 인증비용을 최초 인증시 1회 지불하는 것 외에 라이선스 비용 지출은 없음
 - (Mark III) 한국카본·동성화인텍·강림인슈 등이 국산화 완료, 보냉재 판넬 (plywood)은 핀란드 자작나무 사용, 폴리우레탄 원재료는 한국바스프·금호미쓰이화학사 등에서 조달
 - (No.96) 해외에서 핀란드 자작나무, 프랑스 36%니켈강 수입 후 국내 대형조선사 자체공장에서 조립 생산
- 보냉재 관련 제조기술은 국내 회사가 글로벌 우위를 점하고 있으나, 해외 경쟁업체 등장
 - 보냉재는 글로벌시장의 한국 점유율이 100%를 육박하고, 극저온 배관용 보냉재 시장에서도 두각
 - 폴리우레탄 폼과 자작나무, 선체 등을 접착하기 위한 접착제도 과거 헨켈 등 외산 제품을 사용하였으나, 국내 유니테크, KCC社의 마스틱⁷⁾, 동성화학(동성화인텍 계열)의 에폭시 접착제 등 개발 완료
 - 중국은 장수요케테크놀로지(Jiangsu Yoke Technology)社가 GTT인증을 취득, 후동중화 조선소에 보냉재 공급하는 등 글로벌 경쟁업체 등장
 - 자국 건조 LNG선에 Yoke社 생산 보냉재를 사용할 것으로 예상

7) 마스틱(mastic)은 선체와 화물창 사이를 고정하는 극저온형 접착제로 화물의 중량을 견디고, 수축과 팽창에 강해야 함

3. 엔진

- (주기관) 추진용 2행정 엔진은 MAN·WinGD·미쯔비시社 등이 원천기술 보유, 현대중공업·HSD엔진·STX엔진 등 엔진 제조사가 기술 제휴로 생산

<참고 2>

LNG선 엔진 발전 경로

- LNG선은 BOG 활용을 위하여 일반상선과 다른 엔진 발전 경로
- (발전경로) 스팀터빈엔진 ⇒ 이중연료발전기 엔진(DFDE, Dual Fuel Diesel Electric)
⇒ ME-GI*엔진 · X-DF엔진
* MAN Electronic Gas-Injection Engine
- (스팀터빈) BOG를 태워 스팀터빈 가동, 효율(30%) 낮아 BOG를 연료로 모두 사용, BOG 재액화 불필요
- (DFDE) BOG로 발전기를 돌려 모터 가동, 효율(40%) 향상되어 BOG 재액화 필요성 대두
- (ME-GI · X-DF) 효율(50%) 향상되어 BOG 완전 사용 불가하여, 재액화 필요
 - ME-GI엔진 : MAN社, 가스 직분사, 연료 고압(300bar)으로 주입
 - X-DF엔진 : WinGD社, 연소공기 mix 분사, 연료 저압(16bar)으로 주입

자료 : 한국조선해양, 삼성중공업 자료 참고하여 재구성

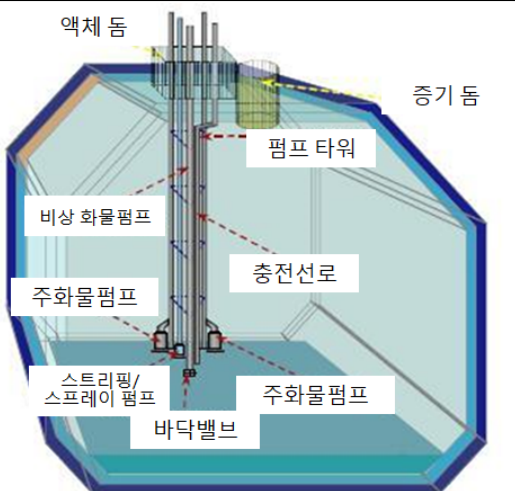
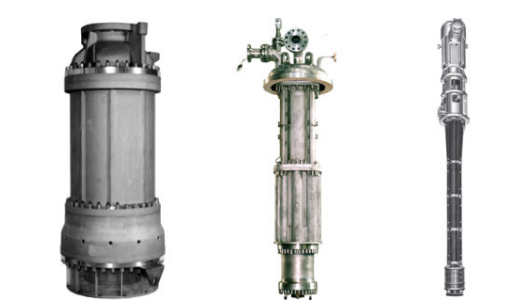
- 주추진엔진은 선박에서 가장 중요한 기자재로 선주 지정 품목이며, 유럽계 기술사가 기술 독점 상태
 - 보수적인 선주의 특성, 선박 안전의 중요성, 선박에서 차지하는 성능·금액 비중 등 감안시, 엔진의 중요성 매우 높음
- 원천기술 보유한 유럽 기술사는 생산을 하지 않고, 제조사인 엔진 메이커간 경쟁 체제
 - 추진용 2행정 기관은 덴마크 MAN E&S(Energy & Solution), 스위스 WinGD (Winterthur Gas & Diesel), 일본 미쯔비시社 등이 원천기술 보유
 - 중국은 국영조선사인 2016년 CSSC 70%, 바르질라 30% 합작으로 바르질라의 2행정 엔진사업을 인수하여 WinGD를 설립하여 간접적으로 라이선스 확보

- 일본은 미쯔비시중공업이 UE type 독자 모델을 보유하고 있으나 비중 미미
- 국내 현대중공업·HSD엔진·STX엔진, 일본 미쯔이·가와사키·미쯔비시 등, 중국 후동중기계·CSSC마린파워·대련마린디젤 등, 유럽은 폴란드 Cegielski 등에서 생산
- 국내 제조사는 엔진가격의 5~8% 수준 라이선스 비용을 지불, 글로벌 생산점유율은 50% 수준이며, 글로벌 품질경쟁력 우위
- (보조기관) 보조기관은 중소선박 추진용, 발전용으로 사용되며, 현대중공업, 유럽 MAN·WinGD, 일본 야마·가와사키, 미국 캐터필러社 등이 라이선스 보유, 라이선서가 직접 생산하는 점에서 주기관 시장과 차이
- 현대중공업이 개발한 보조기관(힘센엔진)이 라이선스 독립의 거의 유일한 사례일 정도로 라이선스 독립은 어려움
- 엔진은 선박에서 가장 중요한 기자재로 선주 지정 품목이며, 주추진기관은 MAN과 WinGD가 기술 독점 상태로 신규업체 진입이 매우 어려움
- 선주 입장에서는 검증된 글로벌 기술사인 MAN과 WinGD 외에 다른 제품을 선택할 유인이 없으므로, 라이선스 독립은 현실적으로 거의 불가
- 기술우위의 기술사와 제조사가 이원화된 글로벌 분업체제가 이미 구축되어 안정적 운영 중
 - MAN 등 라이선스 보유 회사는 자체 엔진 생산 불가하여 현대중공업 같은 엔진 제조업체가 필요

4. 펌프

- (극저온펌프) LNG 이송을 위한 극저온 주화물펌프·비상화물펌프·스트리핑/스프레이펌프 등이 있으며, 극저온에서 작동하여 고기술 필요
- 극저온인 LNG에 잠긴 상태로 작동하여 고기술 필요, 국내 조선사는 일본 신코社 제품을 사용
 - LNG를 탱크 바닥부에서 흡입하여 펌프 출구로 이송까지 극저온액체에 의해 펌프(모터와 베어링 등)가 냉각되므로 수축 및 취성과의 위험 노출
 - 유럽 바르질라·크리오스타(Cryostar)社·일본 에바라(Ebara) 등에서도 생산하나, 한국 LNG선과 사양 차이로 일본 신코 제품을 대체하기 어려움 존재
 - 현대중공업은 미국 카터(Carter), 프랑스 스네크마(SNECMA)社와 공동개발(2007년), 효성굿스프링스(주)가 한국기계연구원과 개발(2016년)하였으나, 사용 실적은 전무

〈그림 6〉 극저온 펌프 종류

화물창 내부구조	펌프 종류
	 <p style="text-align: center;">(주화물펌프) (스트리핑/스프레이펌프) (비상화물펌프)</p>

- (주화물펌프) LNG화물창 바닥에 설치되어 LNG화물을 이송, 화물창에 2기씩 설치
- (스트리핑/스프레이펌프) LNG화물창 바닥에 설치되어, LNG화물창 냉각, 잔여 LNG 이송
- (비상화물펌프) 주화물펌프 고장시, 비상화물펌프 라인을 통해 LNG화물창에 투입하여 화물 이송

자료 : Liquefiedgascarrier 홈페이지, 신코社 홈페이지 등 참고하여 재구성

- 극저온펌프는 개발에 소요되는 노력에 비해, 시장 규모가 협소하여 얻을 수 있는 이익이 작아 국산화 노력 미흡
 - 글로벌 1위인 일본 신코사의 매출액도 연 3천5백억원 수준에 불과하여, 글로벌 시장 공략 없이는 국산화 실익이 적을 것으로 판단
 - LNG선 1척에 주화물펌프 8기 · 비상화물펌프 4기 · 스트리핑/스프레이펌프 4기 설치시 약 20억원 소요
 - 펌프업체 입장에서는 기술력 부족보다, 판매 물량에 대한 확신 부족으로 개발에 난색인 것으로 알려짐

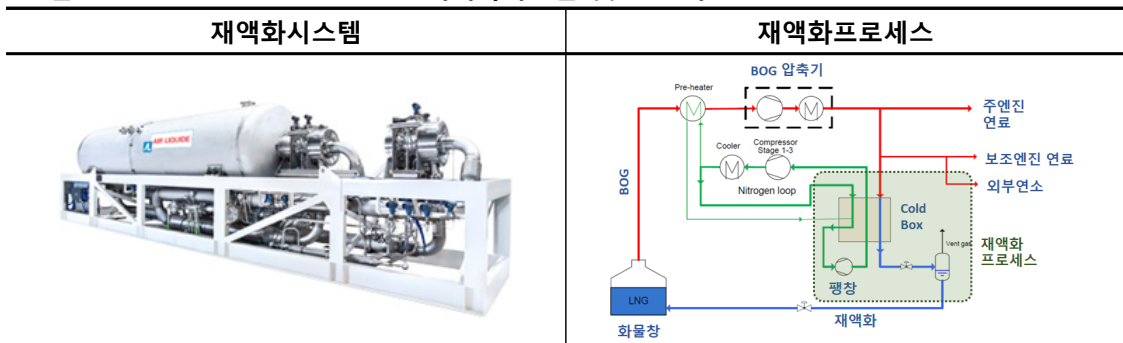
- (고압펌프) ME-GI 엔진 연료공급, 재액화시스템, FSRU(Floating Storage Regasification Unit), 화물탱크 내 가스 순환 등 사용범위가 넓음
 - 해상용 고압펌프는 중요 기자재 중 하나이나, 극저온펌프와 마찬가지로 시장규모가 작고 단가가 낮아 경제성이 부족하여, 국산화에 어려움 존재

 - 프랑스 크리오스타(Cryostar), 일본 ACD, 이와키(IWAKI), 코벨코(Kobelco), 스위스 버크하트(Burckhardt)社 등 제품을 주로 사용
 - 국내는 H사 · J사 등에서 개발하여 선급인증을 받았으며, H사 제품은 국내 대형조선사에서 테스트 중이나 트랙레코드 부족으로 미상용화 상태
 - 고압펌프는 윤활유의 누유 등 문제 발생하여도 수리가 어려운 문제가 있으며, 국내 제품의 실링 기술이 다소 부족하다고 평가

5. 재액화시스템

- BOG 발생시 화물탱크 압력 증가로 인한 위험, 상업적 손실을 방지하기 위해, 연료로 사용 후 남은 BOG 회수를 위해 재액화시스템 사용
 - BOG 컴프레서, LNG 펌프, 질소 컴팬더(컴프레서+익스팬더), 가스 히터, 콜드박스 등으로 구성⁸⁾
 - 현대중공업은 BOG를 100% 재액화하는 혼합냉매 완전재액화 장치를 LGE社와 공동 개발 및 LNG선에 탑재, 대우조선해양 2018년 완전재액화시스템 적용한 LNG선 세계 최초 인도
 - 유럽 바르질라, (주)동화엔텍, 대형조선3사 등에서 개발, 한화파워시스템(주) 등에서 재액화시스템 기자재 납품
- 재액화시스템은 대형조선3사가 모두 자체 제품을 개발·생산하고 있으며, 주요 기자재는 국산화 완료하였으나, 핵심기자재인 고압펌프는 외국산 제품 사용
 - 펌프가 국산화되면 재액화시스템도 국산화 가능하므로, 펌프 기술 국산화 선행 필요

〈그림 7〉 재액화시스템 및 프로세스



자료 : 한국조선해양 자료 참고하여 재구성

8) 질소컴팬더(compander, compressor + expander)는 냉매인 질소를 압축 후 급속 팽창시켜 극저온의 냉매를 생성, 콜드박스는 BOG를 극저온 냉매인 질소와 열교환하여 재액화, 재액화된 LNG는 BOG 컴프레서로 화물창으로 회수

6. LNG빙커링선

□ LNG추진선에 LNG연료 주입을 위한 LNG빙커링선은 LNG선과 유사하나, 소형 LNG빙커링선은 중국업체가 시장 장악

- (소형) 독립형 탱크인 Type C를 주로 사용, 유럽 바르질라, TGE, LGE社가 설계 및 엔지니어링까지 일괄 수행, 주로 중국업체들이 탱크 및 선체 제작
 - 국내는 세진중공업 · 크리오스 · NK社 등이 LNG 탱크 제작
 - 소형 빙커링선은 기제작된 LNG탱크를 선체에 탑재하는 방식으로 선박건조에 높은 기술이 필요치 않아 중국 대비 가격 경쟁력 열위로 알려짐
 - 중국은 유럽 기술로 빙커링 시스템을 설계하고, 선체 위주 건조
- (대형) 멤브레인형 LNG탱크 사용이 예상되며, LNG선과 매우 유사한 기술이 필요한 바, 한국이 경쟁력 갖을 것으로 예상되나, GTT에 라이선스 종속
- LNG탱크는 LNG연료추진선의 연료탱크, LNG선의 독립형 화물창 등으로 응용 가능하므로, 향후 수요 증가 예상되는 분야인 바 가격경쟁력 확보 필요

〈그림 8〉 LNG 빙커링선 건조 사례



- TGE社의 Type C 탱크 탑재
- TGE社에서 LNG탱크의 건조, LNG 연료공급 시스템 등 수행
- 조선소는 선체만 건조하여, 기술력이 크게 필요치 않음 → 중국이 다수 건조

- 선종 : 5.1k LNG 빙커링 선
- 선명 : Engie Zeebrugge
- 조선소 : 한진중공업
- 건조 : 2017
- 화물창 : 9% 니켈강

자료 : TGE社 홈페이지 참고하여 재구성

IV. 결론

- 높은 수준의 신뢰도와 축적된 트랙레코드를 요구하는 LNG선의 특성상, 기자재의 국산화를 위해서는 LNG선 국적선에 국산기자재 채택을 통한 트랙레코드 축적이 필수적
 - 제품을 국산화하여도 선주가 채택 안 하면 무용지물이며, 특히 고가의 LNG선은 미검증, 신뢰성 낮은 제품 사용 불가
 - 국산화에 성공하여도, 선주의 채택을 위해 신뢰성 있는 트랙레코드 축적이 필수적으로 선행되어야 함
 - 국산 기자재의 트랙레코드 축적을 위해서는 LNG선 국적선에 탑재되어 실증 검증하는 것이 거의 유일한 방안
 - LNG선 기자재 국산화를 위해 LNG선의 국적선 교체 발주시 국산 기자재 채택 하도록 정부의 적극적 지원이 필요
 - 관련 기자재업체(화물창, 극저온펌프, 고압펌프)는 선급인증, 실증테스트 완료를 통한 품질 제고를 선제적 완료 필요

- 선주의 선호도가 중요하고, 제품화에 장기간 소요, 글로벌 분업화된 산업 특성상 모든 기자재의 국산화는 불가하며, 그럴 필요성도 낮으므로 선택과 집중 필요
 - 화물창·재액화시스템·LNG병커링 시스템은 국산화 필요성과 가능성 높고, 펌프·엔진은 보통 또는 낮은 수준으로 판단

<표 6> 기자재별 국산화 가능성, 필요성

구 분	국산화 필요성	국산화 가능성	
① 화물창	(높음) 유럽업체에 라이선스 종속	(높음) KC-1상용화, 대형조선3사 독자 화물창 기술 보유	
② 보냉재	(높음) 국산화 완료	(높음) 국산화 완료	
③ 주추진엔진	(낮음) 유럽업체에 라이선스 종속, 설계·생산 이원화가 글로벌 추세, 한국 세계 점유율 1위(생산)	(낮음) 보수적인 선주 특성상 기존업체 선호, 글로벌 양강체제 견고, 특히 회피 어려움	
④	극저온 펌프	(높음) 일본 제품 사용, 응용범위 넓어, 국산화 필요	(보통) 선주 채택 여부 불확실, 시장규모 작아 기업체 투자 미진
	고압 펌프	(높음) 고압펌프의 활용도가 높고, LPG, 수소선박 등에 활용 가능	(보통) H사에서 개발, 테스트 중이나 선주 채택 여부는 불확실
⑤ 재액화 시스템	(높음) LNG선 효율향상에 필수적	(높음) 펌프 국산화시, 재액화시스템도 국산화 가능	
⑥ LNG 병커링 시스템	(높음) Type C는 국산화 완료, 멤브레인형은 GTT라이선스 종속	(높음) 대형 멤브레인 LNG병커링선은 화물창 라이선스 독립에 따라 연계, 중소형은 패키지 공급능력 배양 필요	

자료 : 산업은행

- ① (화물창) 기술 국산화는 상당 수준 진행, 시공 실적을 보유한 KC-1을 중심으로 분산된 역량을 통합 필요
- 케이씨엘엔지테크는 대형조선3사와 가스공사가 출자사⁹⁾인 바, 구심점 역할 수행에 좀 더 유리할 것으로 보이며,
 - 유일하게 트랙레코드를 보유한 KC-1을 중심으로, 기술 교류 및 역량을 통합하여 트랙레코드 축적을 집중하는 것이 효율적일 것으로 판단됨
 - LNG선 국적선대에서 국산 화물창을 지속 채택하도록 정부 지원 필요, 조선소 및 기자재업체는 품질 및 AS 보증 필요
- ② (보냉재) 경쟁우위 지속 유지를 위해, 보냉재·화물창 일괄공급 시스템 구축 및 원가경쟁력 우위 유지 필요

9) 케이씨엘엔지테크 지분율 : 한국가스공사 50%, 현대중공업·대우조선해양·삼성중공업 각 16.6%

- 한국이 품질 우수, 글로벌 점유율 100% 육박하는 수준이나, 중국 Yoke 등장 등 경쟁이 심화될 가능성이 있으므로, 경쟁력 유지를 위해 보냉제와 화물창 일괄 공급 등을 통해 원가경쟁력 확보 필요
 - 보냉제의 라이선스 독립은 화물창 라이선스 독립시 자연스럽게 해결 예상
- ③ (주추진엔진) 설계·생산의 글로벌 분업화가 일반적, 라이선스 독립보다 부품 위주의 국산화 필요, 라이선스 보유 기술사 인수합병 고려 가능
- 라이선스 회사는 기술개발 및 설계, 제조사가 엔진 생산하는 방식으로 글로벌 분업체계가 정착되었고, 보수적인 선주는 검증된 제품 선호하여 신제품의 선주 채택 가능성은 매우 낮은 바, 라이선스 독립 필요성 낮음
 - 해외 조달하는 부품(터보차저, 제어 부품 등) 위주로 국산화하는 것이 바람직
 - 원천기술 개발보다 중국과 같이 라이선스 보유 기술사(WinGD) 지분을 취득하는 것을 고려 가능하나, 현실적으로는 어려움 존재
- ④ (펌프) 극저온 펌프, 고압펌프 등은 시장이 협소하여 국산화의 실익이 적으나, 향후 시장확대 가능성에 대비하여 국산화 필요
- 수소선박, LNG연료추진선, 재액화시스템 등 시장 확장 가능성을 감안시, 펌프 국산화 필요
 - 국내 시제품 개발되었으나, 물량 및 트랙레코드 확보에 어려움 직면할 것으로 예상되므로, 외국 펌프업체를 인수하는 방안이 더 바람직할 수 있음
- ⑤ (재액화시스템) 고압펌프 국산화시, 재액화시스템도 국산화 가능할 것으로 판단
- ⑥ (LNG병커링 시스템) LNG추진선 발주 증가에 대비해 기술 확보 필요, 패키지로 제공할 수 있는 엔지니어링 기술 및 원가 경쟁력 확보 필요
- LNG연료추진선에 응용 가능하므로 시장 확대 가능하며, 국내업체의 제품 품질이 우수하므로, 엔지니어링 기술 및 원가 경쟁력 확보 필요
 - LNG추진선 증가에 따라, 현재 소형 위주의 Type A,B,C 탱크에서 대형 멤브레인 LNG 연료탱크 선제 개발 및 GTT 라이선스 독립 필요

참고문헌

[국문자료]

- KC LNG TECH(2016), "Introduction to KC-1 Cargo Containment System"
 가스신문(2016.5.10), "한국기계연구원 극한기계연구본부를 찾아"
 금융감독원 전자공시시스템, <http://dart.fss.or.kr> (검색일 : 2019.9.23.)
 김홍균(2018), "한국카본, 탐방노트 : 더 보여줄 것 많다!", DB금융투자
 동성화인텍, www.dsfinetec.co.kr (검색일: 2019.9.23.)
 매일경제(2017.12.14), "유니테크, 차·LNG 선박용 접착제 석권"
 머니투데이(2018.6.26), "SK해운, 삼성중에 LNG선 화물창 품질 문제 제기"
 신소재경제(2010.2.4), "LNGC 펌프, 밸브 산업현황과 성장분석③"
 연합뉴스(2019.9.24), "마침내 제주도 LNG시대, LNG수송선 애월항 첫 입항"
 윤재성(2014), "폴리우레탄 산업:훈풍이 불어온다", 대신증권
 이학무(2019), "조선, 제4상승기 준비", 미래에셋대우
 조홍근, 황어연(2018), "그 많은 LNG는 어디에 담을까?", 신한금융투자
 중앙일보(2019.9.22), "프랑스에 주던 로열티 1조, 이젠 안내나, 조선업 기술인증"
 투데이에너지(2014.11.14), "한국형 LNG선 화물창 KC-1상용화"
 파이낸셜뉴스(2018.10.3), "국산 화물창 탑재 LNG선 6개월 분쟁 끝에 수리절차"
 한국에너지(2017.5.29), "채도약 기회 맞은 천연가스 산업 발전 방안은"
 한국카본, www.hcarbon.com (검색일 : 2019.9.23.)
 현대중공업, "HYUNDAI-JC CARTER-SNECMA, LNG MARINE PUMPS"

[영문자료]

- BP, "BP Energy Outlook 2019 Edition"
 Clarksons(2019), "World Fleet Monitor", Vol.10, No.10
 Clarksons Shipping Intelligence Network, <https://sin.clarksons.net> (검색일: 2019.10.31)
 GTT, www.gtt.fr (검색일: 2019.9.24)
 DieselNet(2016.6.20), "Wartsila transfers its share in WinGD to China's CSSC"
 Liquefiedgascarrier, www.liquefiedgascarrier.com (검색일 : 2019.9.24)
 Marinewiki, www.marinewiki.org (검색일 : 2019.9.24)

Shinko, www.shinkohir.co.jp (검색일 : 2019.9.24)

TGE, www.tge-marine.com (검색일 : 2019.9.23)

Urethanes Technology International(2018.4.12), “LNG carriers to get PU insulation from China’s Yoke”

WARTSILA, “WARTSILA Gas systems, LNG systems”

www.pttlgn.com (검색일 : 2019.9.27)

Yicai global(2016.12.22), “Jiangsu Yoke Technology’s Marine insulation sheet receives technical certification from Europe”