

# 신에너지 가스 하이드레이트 해상운송선박 건조의 요소기술과 관련 국제규정

안숙현\*\*\*, 박재홍\*, 강호근\*, 정기화\*\*, 이상수\*\*, 김범일\*  
(한국선급 기술연구소\*, 기관기술부\*\*, 국토해양부 해사기술과\*\*\*)

## 1. 서론

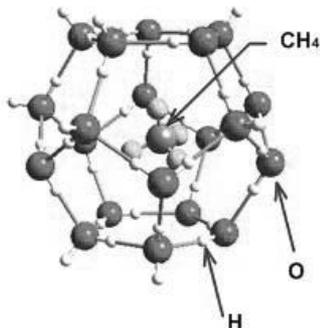
천연가스 하이드레이트(Natural Gas Hydrate, NGH) 또는 메탄 하이드레이트( $\text{CH}_4$  Hydrate)는 화석연료를 대체할 21세기의 새로운 환경 친화적 에너지자원으로서 급부상하고 있다. 영구동토나 심해저의 저온·고압상태에서 물 분자 내부에 메탄가스가 포집되어 형성된 고체 에너지자원으로서 외관이 드라이아이스와 비슷하며 불을 붙이면 타는 성질을 가지고 있어 불타는 얼음(Burning Ice)이라고도 불린다(그림 1).

1970년대 들어오면서 심해저와 영구동토지역에서 천연상태의 메탄 하이드레이트가 발견됨으로써 미국, 소련, 일본, 캐나다 등 선진국들은 국제규모의 해저시추사업인 DSDP/ODP/IODP사업과 육상시추사업인 ICDP 사업 등을 통하여 거대 규모의 세계 메탄 하이드레이트 총 매장량 약 10조 톤을 확보하고, 상업적 생산기술 개발에 박차를 가하고 있다.

우리나라 동해 울릉분지에도 메탄 하이드레이트의 부존 가능성이 간접적으로 확인되어 잠정적 매장량 약6억 톤으로 추정되며, 이는 앞으로 30년간 사용이 가능한 양이다. 지식경제부는 2007년 11월 동해 울릉분지에서 1차 시추작업을 통해 가스 하이드레이트 부존을 확인하였으며, 2010년 4월과 5월 사이에 시작하여, 사전조사를 통해 선정된 10개 지역에서 3개월에 걸쳐 모두 32개 공(hole)을 뚫을 예정이다.

하지만 하이드레이트와 연관된 경제적 및 환경적 문제는 개략적인 자원으로서의 평가와 장차 이용시점에서 발생할 환경문제 등이 아직도 베일 속에 감추어진 상태로, 앞으로 과학적인 연구와 실제 생산 시험을 필요로 하고 있는데, 생산기술 및 운송기술은 아직도 초보단계에 있다.

현재 국내에서도 앞에서 언급한 대로 동해 유망 지역 정밀조사, 시추 및 부존확인, 생산기반 및 핵



[그림 1] 물분자에 포집된 가스 하이드레이트 결정구조 및 연소장면

심 생산기술 연구, 시험생산 및 최적 상업적 생산 기법 도출을 목표로 연구 중이지만 NGH 해상 운송시스템 분야의 연구는 전무한 상태이다. 즉, 해저 하이드레이트 자원의 개발과 운송, NGH 운송시스템의 효율성과 안정성 등, LNG 관련 시설보다 적은 초기 투자비용 등을 고려하면 천연가스 하이드레이트 운송시스템 개발이 필수적으로 요구된다.

## 2. 기술동향

### 2.1 가스 하이드레이트의 물리적 특성 및 분포

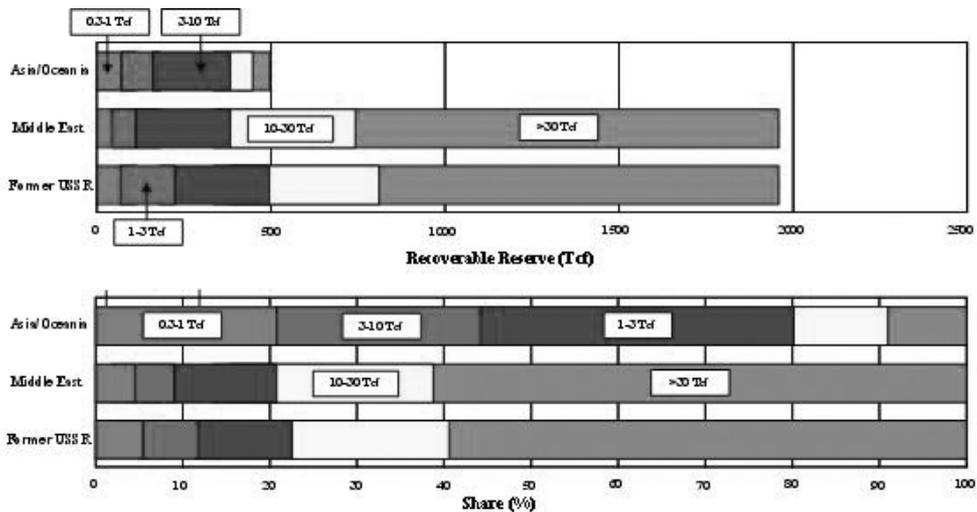
NGH는 화석연료를 대체할 21세기의 새로운 청정 에너지원으로 평가되고 있는 고압·저온에서 천연가스가 물과 결합해 형성된 고체상 결합체로서 -20°C부근의 온도에서 안정성을 가지는 고체물질이다. 전세계 추정매장량이 약 10조톤 (소비량17억톤/년 기준, 5000년 사용가능) 이며, 이는 석유, 천연가스에 포함된 메탄 매장량의 약 25배에 해당하는 크기이다. 시베리아, 알래스카 등 영구동토지역, 수심 300m이상의 심해저와 일본 낭카이 분지와 미국,

Table 1 NGH와 LNG의 물리적 특성 비교

종류	NGH	LNG	CNG
형태	고체	액체	기체
보유온도/압력	-20°C/ 대기압	-162°C/ 대기압	상온/ 300bar
1m <sup>3</sup> 중의 체적	천연가스 165m <sup>3</sup> + 물 0.8m <sup>3</sup>	천연가스 600m <sup>3</sup>	천연가스 300m <sup>3</sup>
비중	0.85~0.95	0.42~0.47	

인도 연안 심해지역, 우리나라 동해 심해지역(수심 1,000m이상)에서 부존이 확인되었다.

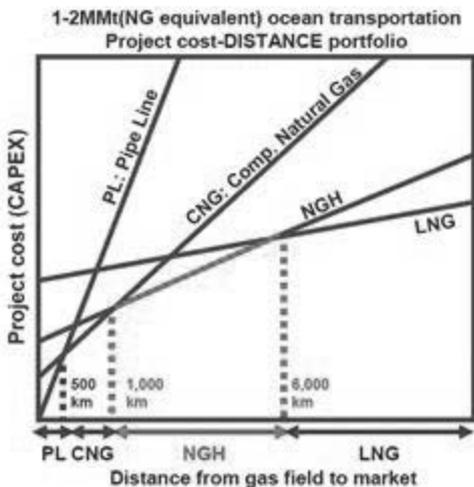
또한 NGH는 새로운 천연 가스의 수송/ 저장매체로 기대가 되고 있는데 -20°C에서 저장 또는 운송할 수 있으며 이는 극저온도인 -162°C의 LNG에 비해 한결 수월한 온도로 핸들링이 가능하며, 제조 및 수송에 극저온 설비가 불필요하며 물이 수반되기 때문에 착화상이 낮고 안전하다(Table 1 참조). 따라서 전 세계에 부존된 천연가스의 약 60%이상 에 해당되는 고립화 가스전으로 규모가 작거나 수



[그림 2] 전세계 지역별 가스전 규모[NICE, 2008]

요지로부터 거리가 멀어서 경제성을 확보하지 못한 가스전에서 활용이 가능하다. 특히 한국이 천연가스 수입의 50% 정도를 의지하고 있는 동남아시아에서는 [그림 2]에서와 같이 소규모 가스전이 많다. 중동과 러시아의 경우 3tcf(trillion cubic feet) 이상 되는 가스전이 상당히 많지만, 아시아/오세아니아의 경우 대부분의 가스전이 3tcf 이하이다. LNG 기술은 천연가스를 600배까지 에너지 밀도를 올릴 수 있지만, 대규모 가스전 개발에 적합하기 때문에 중·소규모 고립화 가스전 개발에는 적용이 어려운 것이 사실이다. 이때 적용 가능한 기술은 NGH(Natural Gas Hydrate)와 CNG (Compressible Natural Gas) 기술이다(그림 3).

또한 환경 친화적인 면에서 온실가스 배출량이 저감되며 화학반응을 수반하지 않기 때문에 해리시에 유해한 물질 등을 배출하지 않고 해리시 발생하는 담수 및 냉열의 이용이 가능하다 경제적 측면에서 제조, 운송, 소비구조의 공급망 전체에서 LNG 보다 20~25% 정도 비용절감이 가능하다는 연구 결과도 있다.



[그림 3] 가스운송방법에 따른 운송거리-비용 산정 [MES]

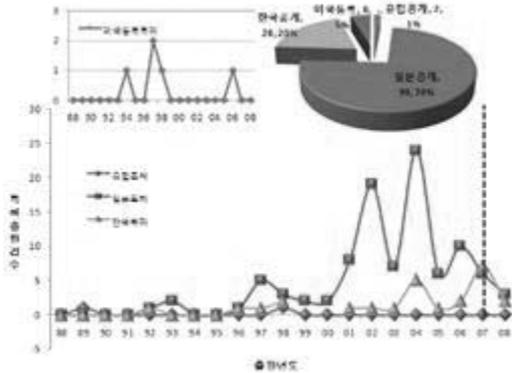
## 2.2 국내외 기술개발 동향

주요 선진국인 미국, 노르웨이, 영국, 캐나다, 일본 등에서는 1980년대부터 가스하이드레이트 생성, 해저 천연가스 하이드레이트의 자원 조사 등과 같은 다양한 분야의 연구가 진행되고 있다.

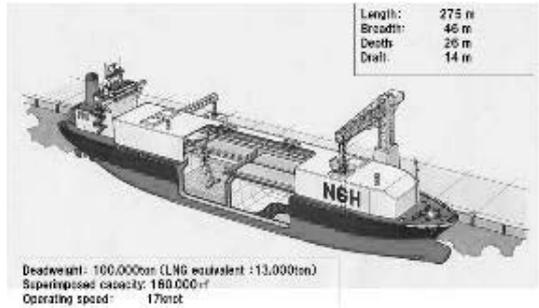
미국의 경우, 1982~1992년에 걸쳐 미국 에너지성(DOE)에서는 가스 하이드레이트 기초연구에 800만불을 투자하였으며, 1998년에는 미 상원에서 “가스 하이드레이트 연구개발법(Methane Hydrate R&D Act)” 계획을 승인하였으며, 2015년 상업 생산을 목표로 2000년부터 5년간 4,750만불을 가스 하이드레이트 연구에 투자하였다.

세계적인 천연가스 수입국인 일본의 경우도 1980년부터 가스 하이드레이트에 관한 연구를 지속적으로 수행하고 있으며 최근에는 자국내 천연가스 하이드레이트 탐사를 통한 매장량 평가 결과에 기초하여 일본 정부에서는 2016년까지 천연가스 하이드레이트 개발을 목표로 하고 있으며, IMO에 IGC 코드를 바탕으로 한 예비지침서를 제출한 상태이다. 특히 2002년부터 JOGMEC의 지원에 의해 미쓰이 조선(三井造船), JFE 엔지니어링, 미쓰비시 중공업(三菱重工業) 등이 NGH의 운송/저장 시스템의 상용화를 위한 연구를 진행중에 있으며, 이를 통해 다양한 특허를 보유하고 있는 것으로 파악되고 있다. 그림 4 및 5는 1990년대 이후의 NGH 해상운송 개념도 및 기술개발분야의 전세계 특허 출원 건수를 나타내고 있다. 일본특허의 경우 '90년대 후반 이후 전반적으로 특허가 증가하는 추세를 보이고 있으며, '01년 이후에는 급격한 증가 추세를 보이고 있는 것을 알 수가 있다.

현재 국내에서도 지식경제부와 한국석유공사 및 한국지질자원연구원을 주축으로 조직된 “가스 하이드레이트 개발 사업단”이 구성되어 동해 유망지역 정밀조사, 시추 및 부존확인, 생산기반 및 핵심 생산 기술 연구, 시험생산 및 최적 상업적 생산기법도출



[그림 4] NGH 해상운송 기술개발 분야의 전세계 출원 (등록) 건수 추이



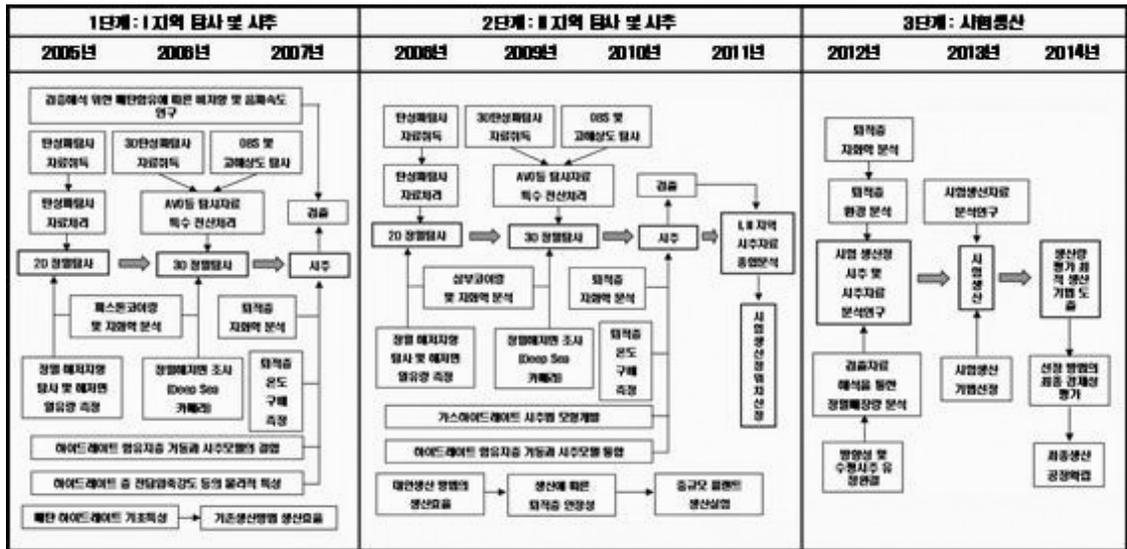
[그림 5] 운반선 조감도

을 목표로 연구 중이지만 NGH 운반시스템 분야의 연구는 제외되어 있는 실정이다. 그림 6은 우리나라의 가스 하이드레이트 개발 10개년 기본계획에 따른 제1단계(05-07), 제2단계(08-11), 제3단계(12-14) 사업추진 계획을 나타낸 것으로서 2015년 상업생산을 목표로 하고 있다.

### 3. NGH 해상운송선 (NGH Carrier)의 핵심 요소기술

앞에서 언급한 바와 같이 NGH 수송·저장 관련 기술 개발이 활발히 진행되어지고 있으며, 머지않아 개발 및 운송에 대한 사회적 수요가 급속히 증대될 것으로 예상되고 있다.

NGH 해상 운송시스템 개발은(그림 7의 점선부분) 현재 선진국에서도 상용화를 목표로 개발 초기



[그림 6] 가스 하이드레이트 개발사업단의 1-3단계 사업 추진 로드맵

단계에 있는 최첨단 기술로서, 우리나라의 세계 1위의 선박/해양구조물 관련 산업과 기술력, LNG 운반선 건조 실적 등을 활용하여 체계적인 연구개발을 수행한다면 단기간에 선진국과 동등한 수준의 기술 보유가 가능할 수 있을 것으로 사료된다. 나아가 해저의 NGH 채굴시스템 개발, 지구 온난화 가스인 CO<sub>2</sub> 가스의 심해저장법을 통한 대량의 CO<sub>2</sub> 해양격리시스템 개발, 이동식 NGH FPSO 개발에 적용 가능하여 고부가가치 해양 구조물과 지구환경 보존의 핵심 기술확보에 기여할 수 있다.

NGH 해상운송시스템의 핵심 요소 기술로서는 다음과 같은 기술들을 고려해 볼 필요가 있다.

- 화물격납설비
- 선적/하역 시스템
- 운항모니터링시스템

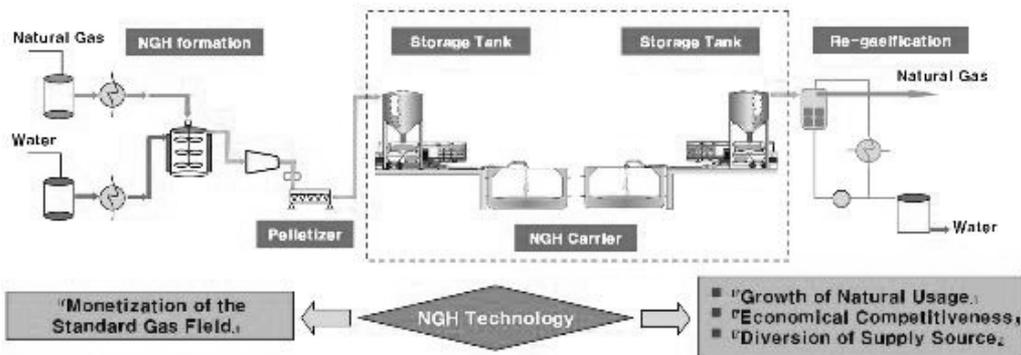
### 3.1 화물격납설비

NGH를 산적 운송하는 선박의 구조 및 설비에 대한 기본적인 고려 사항은 다음과 같다.

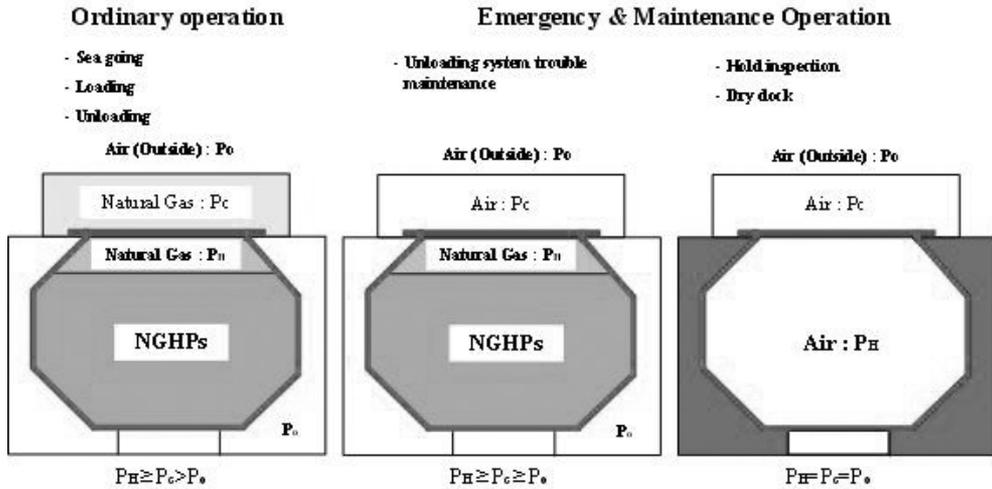
- (1) NGH는 고형물이나, “인화성가스”로 분류하며, 원칙적으로 고형물로 취급한다.
- (2) NGH는 전용의 운반선을 이용하여 운송한다.
- (3) NGH는 천연가스로 충전된 기밀의 화물창으로 운송한다.

IMO Interim Guidelines “Guidelines for the construction and equipment of ships carrying natural gas hydrate pellets in bulk”에 의하면 화물창과 관련하여 다음과 같은 사항을 요구하고 있다.

- (1) NGHP Carrier는 IGC Code의 무독성 및 가연성 기체를 운반하는 Type 2G/2PG 선박으로 분류하며, 이에 따라 요구되는 생존 성능이나 화물창의 위치 조건을 만족해야 한다.
- (2) 화물창의 종류에는 제한이 없다. IGC Code에 의하면, -10°C 이하의 화물에 대해서 2차 방벽이 설치되어야 하며, -55°C 이하가 아닌 경우 선체 구조 부재를 2차 방벽으로 간주할 수 있다.
- (3) 천연가스와 고체상태의 NGH에 대한 1차와 2차 방벽에 대해 별도로 검토한다. 천연가스의 냉각능력은 고체상태의 NGH의 냉각능력과 비교하여 중요하지 않기 때문에 천연가스에 대해서는 2차 방벽이 필요하지 않다.
- (4) NGH에 대한 1차 방벽을 화물 탱크 내부의 방열재로 취급하면, 2차 방벽은 강판이 된다. 이 때 강판은 화물탱크 내부의 천연가스에 대한 1차 방벽이 되며 저온용 강재를 사용하게 된다.



[그림 7] NGH 생산/수송/저장/공급 개념



[그림 8] 정상 운항시와 비상 운항시의 NGH 화물탱크의 기밀유지 방법

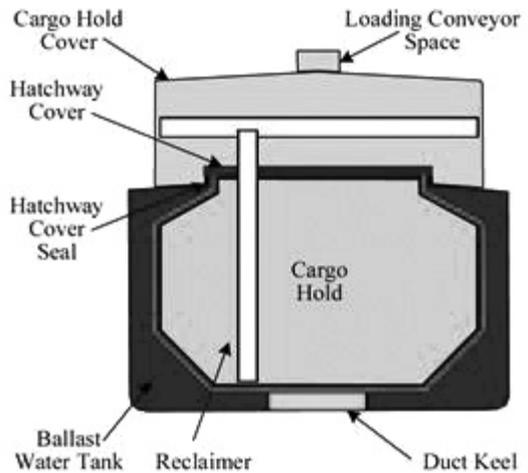
○ 화물창 기능적 요구조건

화물창의 기능적 요구조건은 그 동안 발표 된 NGH 운반선 관련 논문, 출원특허 등의 내용을 종합하여 기술한다.

기능과 관련해서 NGH 운반선의 화물창에서 고려되어야 특이 사항은 NGH 화물의 특성에 기인한다. 기존의 액화가스화물과 같이 저온에서 온도가 유지되어야 하면서 동시에 Pellet 형상을 갖고 있는 bulk 상의 화물이다. 따라서, bulk carrier 등에서 사용되는 이하역장비를 갖추면서 동시에 저온 상태를 유지해서 Pellet이 해리되지 않도록 해야 한다. Pellet은 -20도 정도의 상태로 운송될 것으로 기대되며 저온을 유지하고 수분을 포함한 외부의 공기로부터 차단되어야 한다[그림 8]. 더욱이 Pellet에서 해리되는 가스의 주성분인 메탄은 인화성 가스이기 때문에 화물창 상부의 이하역장치를 포함한 영역은 NG(Natural Gas)로 충전시켜서 압력을 유지하고 인화성 가스 공기와 닿지 않도록 하여야 한다[그림 9].

NGH Pellet은 고품화물로서 펌프 등을 이용해서 이하역을 시킬 수 없다. 따라서, 컨베이어벨트 등의

전용 이하역 장치가 개발되어야 하며, 화물창은 이러한 이하역장치의 특성을 고려해서 설계 되어야 한다. 즉, bulk성 화물이 고르게 분포 가능한 탱크 구조를 갖추고, 하역시 투입부로 화물이 모아질 수 있는 구조형상을 갖추어야 하며 항해 중의 선박의



[그림 9] 단열 및 기밀을 요하는 NGH 화물창 단면 개 념도

운동에 의한 NGH의 이동시는 물론이고 선적/하역 시의 NGH 파손을 방지할 수 있는 탱크 구조를 갖추어야 한다. 또한, NGH가 해리 될 경우 열침입을 직접 받는 벽면 등에서 해리 된 기체가 화물창 중심부의 온도가 더 낮은 부분에서 기존의 Pellet에 고착되어 Pellet끼리 고착화 될 수가 있다. 이러한 현상이 심해지면 하역시에 Pellet들이 덩어리가 저서 원활한 하역이 안될 수도 있다. 따라서, Pellet간의 결합을 떨어뜨릴 수 있는 화물창 구조 혹은 추가 장치의 개발이 필요하다.

### 3.2 선적/하역 시스템

NGH 선박을 바탕으로 적하역 하는 장치로서, Conveyor로 화물을 하역하는 장치, 기계반송(pellet 유동성, 반송로 밀폐, 온도관리, 방폭시스템), 분배 장치가 있다[그림 10, 11].

#### 3.2.1 NGH 형태에 따른 하역 장치

##### ○ 슬러리/분체 형태의 화물인 경우

첫째는 Conveyor에 의한 이송방법으로서, Belt Conveyor, Pipe Conveyor 등을 대표적인 형태로 들 수 있다. Belt 방식은 이송과정에서의 외부노출 및 Lay-out의 제한 등의 문제점이 있을 수 있으며, Pipe Conveyor 방식은 상대적으로 높은 초기 투자비 및 Pipe 전후단의 최소 설치 공간 (각 5m) 등의 제약이 충족되어야 한다.

둘째는 Pump에 의한 이송방법으로서, 모노펌프, 피스톤 펌프 등을 대표적인 형태로 들 수 있다. 모노펌프 방식은 외부노출 문제 등을 쉽게 해결할 수 있는 방법이지만 함수율/양정/곡관부 등을 충분히 고려하여 선정할 필요가 있으며, 피스톤 펌프 방식은 모노펌프의 약점을 모두 보완할 수 있으나 초기 투자 비용이 상대적으로 다소 높은 것이 단점이다.

NGH의 특성상 온도 제어(Control)가 가능한 밀폐구조로 이송해야 하는데 이송 공간 전체를 밀폐

하지 않는 방법으로 링크형 파이프 Conveyor가 가장 적절한 설비로 판단된다. 다른 Conveyor Type들의 경우, 설치여건에 따라 여러 대수를 설치하여야 되지만 링크형 파이프 Conveyor는 100M 이하의 선상용 이송조건에는 적합하다고 조사된다.

##### ○ Pellet/고체 형태의 화물인 경우

소형 고체 형태를 이송할 수 있는 대표적인 방법으로서 Conveyor에 의한 이송방법이 있으며, 스크류 Conveyor와 벨트 Conveyor를 생각할 수 있다.

하지만, NGH의 물질적 특성으로 인해 필히 고려되어야 할 대표적인 사항으로 상온으로의 노출위험과 상대적 저온상태를 유지해야 하는 것이다. 이를 위해 스크류의 재질과 벨트의 재질 또는 형상 그리고 밀폐 방법 등에 대해 유의를 하여야 하며, 앞서 언급된 펌프나 압송방식도 부분적으로 가능하겠으나 효율성은 떨어질 것으로 예상된다.

#### 3.2.2 고체 화물 이송/하역 시스템 특성

##### ○ BELT CONVEYOR

Belt 방식은 이송과정에서 외부노출 및 Lay-out 제한 등의 약점이 있을 수 있으나, 최근 낙광량 최소화, 방진·방수 등을 특화한 제품이 출시되기도 한다.

주요 특징으로서는 다음과 같다.

- LAY-OUT 구성 단순
- 장거리 수송 가능
- 보수 점검 용이
- 정숙한 운전

##### ○ SCREW CONVEYOR

분립체 수송물을 수평 또는 경사로 수송하는 데 적합한 대표적인 Conveyor로서 방진, 방수, 내열, 내마모 효과가 뛰어나다.

주요 특징은 다음과 같다.

- 소형으로 경제적
- 광범위한 적용범위
- 방진, 방수 구조
- 설치, 보수가 용이

○ PIPE CONVEYOR

최근 향상된 고객의 눈높이와 친환경 Conveyor 사양에 대처하기 위해 Pipe Belt Conveyor도 개발되었다.

주요 특징은 다음과 같다.

- 밀폐수송 가능
- Return Belt 측도 밀폐형으로 낙광이 없음.
- 급경사, 커브 수송에 가능
- 일반 보통 Belt의 내열·난열, 내유 Belt도 가능

○ BUCKET ELEVATOR

Bucket Elevator는 곡물·사료 부(副)원료·사료 제품전용, Belt 식 원심배출형 Bucket Elevator로서, 분진·저소음, 분진폭발의 예방 조치가 반드시 필요하다.

주요 특징은 다음과 같다.

- 소용량부터 대용량까지 다양한 시리즈화
- 적은 단면적으로 대량 수송
- BELT 신율이 작고, 보수, 점검이 용이

○ EBS CONVEYOR

환경친화적인 Closed Conveyor로서, 운전 중의 낙진 발생량이 전혀 없고 자유로운 LAY-OUT 구성이 가능하여 유지보수도 용이하다.

주요 특징은 다음과 같다.

- 환경친화적 Conveyor
- 자유로운 LAY-OUT 구성
- 운전시 낙진 발생이 없음
- DUST 유출이 없음
- 유지보수 용이

○ BULK CARRIER SYSTEM

대용량에 적합한 새로운 형태의 운송시스템이다. 주요 특징은 다음과 같다.

- 대용량 적하·양하 가능
- 정속한 운전 및 항해 가능
- 방진 방수 구조

3.3 안전운항 모니터링시스템

안전 모니터링 시스템은 가스모니터링 장치, 압력 및 온도 지시장치 및 산소 감시장치로 구성되며, 기본적인 시스템은 LNG선에서 운용되는 방식과 거의 동일하다. 각 장치에서 센서 시스템은 물리적 또는 화학적 현상을 전기적 신호로 변환하는데, 이는 증폭, 귀환(feedback), 여파(filtering), 미분(differential), 저장 등 신호처리가 간단하고, 물리적으로 멀리 떨어진 장소까지 정보의 전송이 가능하기 때문이다.

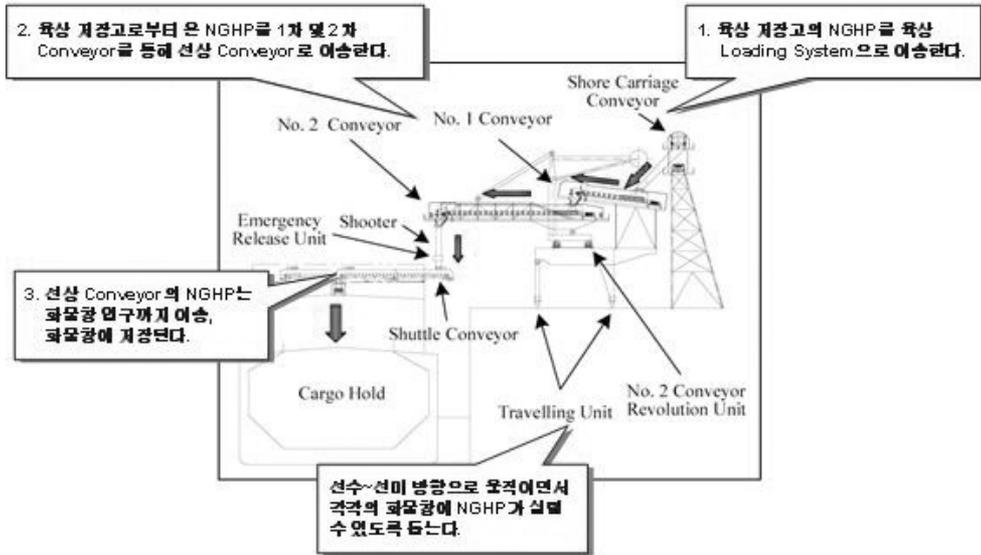
또한 NGH 운송선에서 안전 모니터링 시스템은 선박의 제어 및 감시 시스템에 통합되어 운용될 수도 있다. 이러한 통합 제어 및 경보 시스템은 경보, 감시 및 제어 기능이 하나로 통합된 시스템으로 기관실 및 Cargo/Ballast 관련 시스템까지 제어 및 감시가 가능한 다기능의 분산 제어 방식이다.

기관실내의 주기 및 보기들의 중요한 측정 Parameter들 즉, 온도, 압력, 수위, 회전속도 및 기타 ON-OFF 접점들에 대한 측정 및 감시를 행하며 측정값이 설정치를 벗어난 경우 경보를 발하도록 프로그램 되어 있다. 기관실 무인화 시에도 원격 경보반(Extension Alarm Panel)을 통하여 오퍼레이터에게 이상 상태를 신속하게 알려 비상조치를 취하기 용이하게 함으로써 선박이 안전 운항을 하는데 많은 기여를 하는 시스템이다.

3.3.1 가스, 온도, 압력 감시 시스템

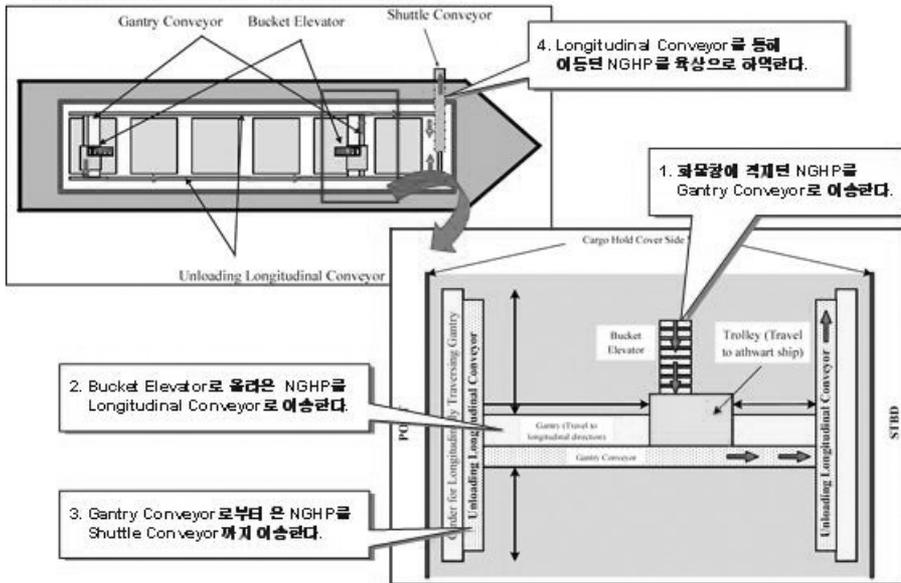
가스 탐지장치는 국내 LNG선에 턴키 방식으로 공급한 국내 공급업체는 전무하며, 국외 공급업체

### Loading System of NGH Carrier



[그림 10] NGH Loading 시스템의 개념도

### Unloading System of NGH Carrier



[그림 11] NGH Unloading 시스템의 개념도

로는 대표적으로 COSILIUM, RIKEN KEIKI와 KOMYO가 있다. 특히, CONSILIUM과 RIKEN KEIKI는 한국지사에서 직접 엔지니어링 서비스도 함께 제공하고 있다.

현대중공업 및 대우조선해양에서 건조되는 LNG 선박의 가스탐지장치는 Consilium에서 주로 공급하고 있으며, 삼성중공업 및 한진 중공업에서 건조되는 LNG선박의 가스탐지장치는 KOMYO(일본)에서 주로 공급하고 있다.

세계 시장 점유율은 Saab Rosemount Marine (Emerson 사업부로 편입)가 20% 이며, 한라HMS가 5% 수준이며, 기타 노르웨이의 Kongsburg, 독일의 Vega와 EH, 일본의 Musasino, 국내의 파나시아에서 제품을 생산하고 있다. Saab Rosemount Marine은 국내에서 건조되는 대부분의 LNG 선박에 사용되는 온도, 압력, 레벨 계측장치를 공급하는 업체이다.

가스누출감시 시스템은 가스펌프, 분석장치와 경보장치 등 몇 가지 기자재의 조합만으로 구성되어 있으므로 산소 및 탄화수소 검출용 가스 센서는 -

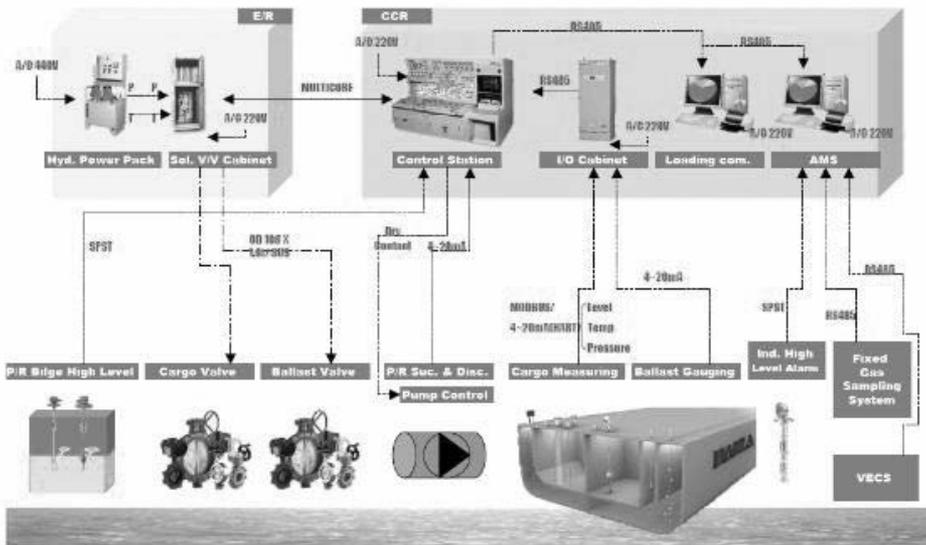
20°C, 압력 센서는 -25°C, 온도 센서는 -50°C에서도 작동할 수 있는 형식이 국내에서도 개발되어 LNG 선을 제외한 일반 선박에 적용하고 있다[그림12].

NGH 운송선의 화물창 온도(-20도)가 LNG선 (-163도)에 비해 훨씬 양호하기 때문에 현재 개발된 장비를 이용하여 NGH 운송선에 적용하는 데는 큰 어려움이 없을 것으로 사료된다.

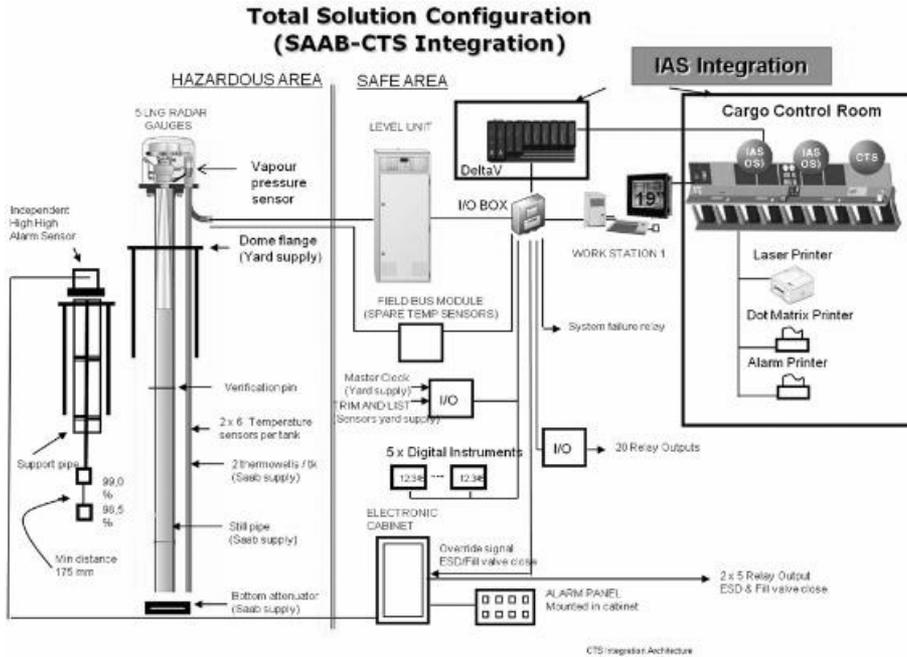
### 3.3.2 통합 감시/제어 시스템

국내 초기 LNG선에는 일본의 YAMATAKE HONEYWELL, MITSUBISHI가 독점을 하였으나 현재는 KONGSBERG, KOREA HONEYWELL, CONVERTEAM이 대부분을 공급하고 있다.

통합 안전모니터링은 LNG선에서는 IAS (Integrated Automation System)이라 칭하며, 선박의 모든 장비들과 연계되어 중앙집중 모니터링을 제공하고 있다. 이를 위해서는 단순한 PLC (Programmable Logic Controller)로는 어렵고 DCS (Distributed Control System)를 사용하고 있다. 현재 국내에서는 통합 시스템으



[그림 12] 화물용 제어 및 감시 시스템 [출처 : Hanla]



[그림 13] 통합 모니터링 시스템

로 SSAS-PRO(삼성), ACONIS(현대) 등이 개발되어 일반선에 적용하고 있다.

일반적인 GAS 선박의 통합 제어 시스템은 VAPOR HANDLING SYSTEM과 CARGO HANDLING SYSTEM으로 나눌 수 있다[그림13]. NGH 선박은 기존 LNG선박과는 달리 적은 양의 BOG가 발생될 것으로 예상됨으로 LNG 선박 수준의 VAPOR HANDLING SYSTEM은 요구되지 않을 것으로 예상된다.

따라서 NGH 선박에 있어서 화물 처리 시스템에 대한 개념이 명확하게 정립된다면, 기존에 개발된 제품을 이용하여 CARGO HANDLING SYSTEM을 구성하는 데는 큰 어려움이 없을 것으로 판단된다.

#### 4. NGH 수송선의 국제규정

##### 4.1 의제도입 배경 및 논의경과

NGH 수송선의 건조 및 운항 안전에 관한 논의는 2006년 8월에 일본이 NGHP(Natural Gas Hydrate Pellet) 운반선박의 안전요건을 개발할 것을 IMO MSC 82 차 회의에서 제의하면서 시작되었다 (MSC 82/23/3).

위의 제안을 기초로 일본은 2007년 1월에 개최된 11차 BLG회의 (Sub-Committee on Bulk Liquids and Gases)에서 NGHP 운반선박의 안전요건을 개발할 것을 제안하였고 동 회의에 새로운 운송수단으로서 NGHP 운반선의 안전요건 등에 관한 정보를 보고하였다. 이에 따라 2007년 7월에 개최된 83차 MSC회의에서 해당 작업과제를 BLG의 새로운 의제로 추가하는 데 동의하였다.

이에 따라 일본은 NGHP를 산적으로 운반하는 선박의 구조와 장치에 관하여 IGC Code를 바탕으로 한 예비 지침서 초안을 개발하여 2009년 3월에

개최된 BLG 13차 회의에서 NGHP 운반선박에 대한 예비 지침서 초안(BLG 13/12)을 제출하고, 통신작업반의 구성을 제안하였다.

일본, 미국, 영국과 한국은 이에 호응하여 통신작업반 활동을 진행하고 BLG 14 (2010년 2월)에 의제문서 (BLG 14/11)을 제출하였다. 그림 14는 2006년 이후 IMO MSC/BLG에서 논의된 사항들을 개략적으로 나타내고 있다.

#### 4.2 각 의제 문서 주요내용

##### ○ 82차 MSC 제출문서 (MSC 82/23/3)

가. 문서제목

NGHP 운송선박에 관한 자료(일본 제출)

나. 의제내용

일본은 상기 문서로 NGHP의 일반적 특징, 생산 방법 및 NGHP 선박의 개념 및 특징에 대하여 설

명하였다.

##### ○ 11차 BLG 제출문서 (BLG 11/14/2)

가. 문서제목 및 의제내용

일본이 제출한 BLG 11/14/2('07.1) 문서는 MSC 82/23/3('06.8) 문서와 동일한 문서이다.

##### ○ 13차 BLG 제출문서 (BLG 13/12)

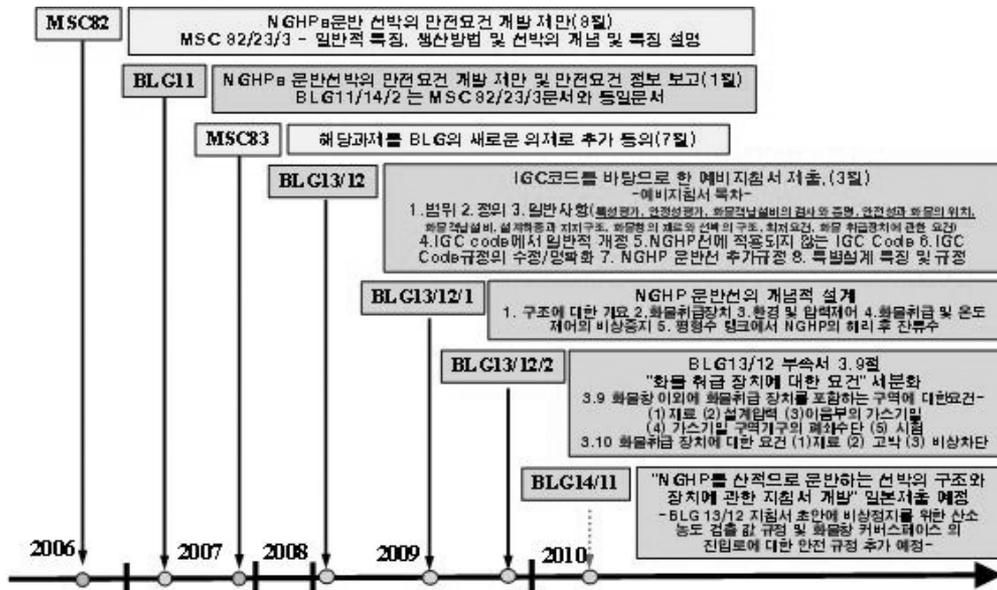
가. 문서제목

NGHP를 산적으로 운반하는 선박의 구조와 장치에 관한 지침서 개발 (일본제출)

나. 의제내용

일본은 IGC Code를 바탕으로 NGHP를 산적으로 운반하는 선박의 구조와 장치에 관하여 예비지침서 초안을 작성하였다.

본 예비지침서의 개발을 위한 기본 개념은 아래와 같다.



[그림 14] IMO MSC/BLG에서 논의된 연도별 NGH 운송선박 관련 규정

- (1) NGHP에 대하여 다음과 같이 규정하였다.
  - NGHP는 고체로 형성되어져 있고 원칙적으로 고체산적화물로 취급하며 규정상 Class 2.1 “인화성 가스”로 분류
  - NGHP는 이 화물만 단독으로 운반하기 위한 전용선으로 운송
  - NGHP는 천연가스로 채워진 가스기밀 (Gas-Tight)구조의 화물창
- (2) NGHP 운반선의 주요 특징은 화물창과 화물 취급 및 이송 장치이며, NGHP를 화물창에 적재할 때 폭발방지를 위한 폭발상한치 이상의 농도를 유지하도록 해야 한다.
- (3) NGHP는 원칙적으로 산적화물형태로 적하 및 양하되므로 발화원의 제거를 위한 요구사항은 화물을 펌프로 취급하는 LNG 선박의 발화원 제거와 다를 수 있다.
- (4) 동시에, 가스프리 상태를 제외하고, 화물구역에서의 공기/산소의 제거는 폭발에 대한 가장 중요한 안전 조치이다.

또한 잠정 지침서 초안을 준비하기 위하여 NGHP 운반선의 개념설계가 이루어졌고, 개념설계 단계에서 잠재적인 위험성을 없애기 위하여 일본선급(NK) 내부적으로 위험성식별(HAZID) 회의를 한 후 그 결과를 제출하였다.

본 예비지침서를 위하여 일본은 우선 Res.MSC.220 (82) ('06.12)로 개정된 IGC Code(2006)를 바탕으로 지침서 초안을 개발하였고, 2010년 완료목표인 새로운 IGC Code를 지침서 초안에 반영하여 2011년에 완성하는 것을 제안하였다.

○ 13차 BLG 제출문서 (BLG 13/12/1)

가. 문서제목

NGHP 운반선의 개념적 설계 (일본 제출)

나. 의제내용

일본은 “NGHP 운반선의 개념적 설계”에 관한 아래의 자료를 문서로 제공하였다.

- (1) NGHP 운반선의 구조에 대한 개요
- (2) 화물 취급 장치
- (3) 환경 및 압력 제어
- (4) 화물 취급 및 온도 제어의 비상중지
- (5) 평형수 탱크에서 NGHP의 해리 후 잔류수의 운반

○ 13차 BLG 제출문서 (BLG 13/12/2)

가. 문서제목

NGHP를 산적으로 운반하는 선박의 구조와 장치에 관한 지침서 개발 (일본 제출)

나. 의제내용

상기 제출 문서는 일본에 의하여 제출된 BLG 13/12 의제문서 중 일부 내용에 대하여 개정을 제안하는 문서이다. 의제내용은 BLG 13/12의 부속서 3.9절 “화물 취급 장치에 관한 요건”에 대하여 3.9절 “화물창 이외 화물 취급 장치를 포함하는 구역에 대한 요건”과 3.10절 “화물취급 장치에 대한 요건”으로 아래와 같이 세분화하는 것을 제안하였다.

○ 14차 BLG 제출문서 (BLG 14/11)

3.9 화물창 이외에 화물취급 장치를 포함하는 구역에 대한 요건

- 3.9.1 재료
- 3.9.2 설계압력
- 3.9.3 이음부의 가스기밀
- 3.9.4 가스기밀 구역 개구의 폐쇄수단
- 3.9.5 시험

3.10 화물취급 장치에 대한 요건

- 3.10.1 재료
- 3.10.2 고박
- 3.10.3 비상차단

가. 문서제목

NGHP를 산적으로 운반하는 선박의 구조와 장치에 관한 지침서 개발 (일본 제출)

나. 의제내용

일본은 상기 문서로 BLG 13/12 ('09.3)로 제출한 지침서 초안에 추가하여 아래의 사항에 대한 규정을 추가하였다.

- (1) 화물 적·양하장치에 공기가 인입되는 경우, 비상정지를 위한 산소 농도 검출에 대한 설정값을 규정
- (2) 화물창 커버 스페이스(Cargo Hold Cover Space)의 진입로(Access Way)에 대한 안전규정을 추가

○ 14차 BLG 제출 예정문서 (BLG 14/INF.3)

가. 문서제목

NGHP(Natural Gas Hydrate Pellet)의 특성 평가 (일본 제출)

나. 의제내용

상기 문서의 주요 의제내용은 NGHP 관련하여 일본이 지금까지 연구한 결과를 소개하는 문서이고, 주요 내용은 아래와 같다.

- (1) NGHP는 자체의 현열에 의해 해리되며 온도 강하를 초래하기 때문에 그 가능성을 고려하여 항해 중 최저화물온도는 NGHP 선박의 구조 설계온도 범위 내로 유지되어야 한다.
- (2) 최저화물온도를 평가 과정에는 항해 중 평균 해리율 및 NGHP 내 포함된 가스의 구성을 추정되어야 한다.
- (3) 결국 NGHP 특성평가는 우선적으로 계획된 항해 중 NGHP의 예상최저온도의 추정이 선행되어야 한다.
- (4) 따라서 일본은 NGHP의 관련 특성과 예상최

저온도를 평가하기 위한 샘플 실험절차 및 실험사례를 제공하고자 한다.

4. 결론

우리나라가 LNG 운반선 수주량이 세계 1위를 차지하며 건조 척수도 증대되고 있으나 LNG운송시스템의 주요 핵심기술은 EU의 여러 국가들이 특허를 가지고 있어 국내 조선소에서는 많은 라이선스 비용을 지불하고 LNG 운반선을 건조하고 있다는 사실을 상기할 필요가 있다.

앞에서 언급해 왔던 바와 같이 NGH 수송·저장 관련기술 개발이 활발히 진행 되어지고 있으며, 머지않아 개발 및 운송에 대한 사회적 수요가 급속히 증대될 것으로 예상되고 있다.

우리나라의 경우 기존의 LNG 운반선의 건조 경험과 기술력을 십분 활용한다면, NGH 운송시스템 핵심기술의 확보가 빠른 시일 내에 가능할 것으로 예상된다.

미래형 신에너지 운송수단인 NGH 운반선을 국내에서 독자적으로 개발함으로써 차세대 고부가가치 선박인 NGH 운반선의 건조와 관련된 핵심기술과 관련한 특허를 확보하는 것이 필요하다.

참고문헌

- [1] 산업자원부, '산업기술혁신 5개년 계획' 산업별보고서 (2003년)
- [2] KMI 해양수선 현안분석, '일본 해양기본계획은 우리에게 무엇인가?' (2008년)
- [3] 서유택 외 3명, '가스 하이드레이트 : 차세대 에너지 자원의 가치, 현황, 그리고 전망', NICE, 제26권 제3호 (2008년)
- [4] Nogami, T. et al, 'Development of natural gas ocean transportation chain by means of natural gas hydrate (NGH)', Proceedings of the 6th International Conference on Gas Hydrates (ICGH 2008)', Vancouver, British Columbia, CANADA, 2008
- [5] Kanda, H., 'Economic study on natural gas transportation with natural gas hydrate(NGH) pellets', 23rd World Gas Conference, Amsterdam 2006

[6] Gudmundsson, J.S., 'Natural gas hydrate problem solver and resource for production and transport', GAS HYDRATE, TEKNA, Bergen, October, 2008

[7] KISTI, '가스 하이드레이트 기술동향' 보고서 (2005)

[8] NGH Japan 주식회사, 'NGHによる天然ガスのサプライチェーン' 보고서 (2008년) ⚓

**안 속 현** | 국토해양부 해사기술과



- 1968년생
- 2002년 일본 Kobe Univ.(공학박사)
- 현 재 : 사무관
- 관심분야 : 선박 온실가스 및 에너지 절약, 신재생에너지, 위험물
- 연락처 : 02-2110-8590
- E-mail : shan6804@korea.kr

**박 재 흥** | 한국선급 기술연구소



- 1962. 10. 20
- 2007년 영국 Univ. of Southampton (공학박사)
- 현 재 : 수석연구원
- 관심분야 : 위험도/신뢰성 해석, 선체 유탄성 해석
- 연락처 : 042-869-9210
- E-mail : jaehpark@krs.co.kr

**강 호 근** | 한국선급 기술연구소



- 1969년생
- 2001년 일본 Kobe Univ.(공학박사),
- 현 재 : 책임연구원
- 관심분야 : CFD, 해양에너지, 온실가스저감, 위험도 해석
- 연락처 : 042-869-9215
- E-mail : hkkang@krs.co.kr

**정 기 화** | 한국선급 기관기술팀



- 1972년생
- 1998년 고려대학교(학사)
- 현 재 : 책임검사원
- 관심분야 : Marine Engineering
- 연락처 : 042-869-9480
- E-mail : jkihwa@krs.co.kr

**이 상 수** | 한국선급 기관기술팀



- 1973년생
- 2007년 영국 Univ. College London(석사)
- 현 재 : 선임검사원
- 관심분야 : Marine Engineering
- 연락처 : 042-869-9451
- E-mail : leess@krs.co.kr

**김 범 일** | 한국선급 기술연구소



- 1980년생
- 2008년 인하대학교(석사)
- 현 재 : 연구원
- 관심분야 : 선체구조, 위험도/신뢰성 해석
- 연락처 : 042-869-9223
- E-mail : bikim@krs.co.kr