

# 天然ガスハイドレート (NGH) 輸送船の研究開発

## 研究成果概要報告書

2009年3月



財団法人 日本船舶技術研究協会



NGH 輸送船のイメージ



NGH ペレット



NGH ペレットの燃焼の様子

## 目 次

1. 研究開発の目的	1
2. NGH の特性	5
2.1 NGH とは?	5
2.2 NGH ペレット (NGHP)	5
2.3 LNG との比較	6
3. NGHP 貨物の挙動解析	7
3.1 貨物の荷崩れ評価	7
3.1.1 傾斜箱試験	7
3.1.2 注入試験	8
3.1.3 まとめ	9
3.2 船体動揺が分解ガス量に及ぼす影響	9
3.2.1 動揺試験	9
3.2.2 動荷重試験	10
3.2.3 まとめ	11
3.3 貨物倉内温度分布	11
3.3.1 船倉模型試験	11
4. NGH 輸送船の検討	13
4.1 NGH 輸送船の設定条件	13
4.2 荷役システムの開発	13
4.2.1 荷役方式の選定	13
4.2.2 荷役装置模型試験	15
4.2.3 荷役システム	16
4.3 NGH 輸送船概要	20
4.3.1 主要目	20
4.3.2 輸送船概要	20
4.3.3 輸送船概略仕様	21
4.4 HAZID 会議	24
4.5 NGH 輸送船国際安全基準の検討	24
5. NGH 輸送船の実現性と今後の検討課題	33
5.1 今後の検討課題	33
5.2 NGH 輸送船の実現性	34
6. まとめ	35
NGH 輸送船研究開発委員会委員名簿	36

## 1. 研究開発の目的

世界のエネルギー需要は、途上国を中心とした急速な経済成長と人口増を背景に成長が見込まれており、石油・石炭・天然ガスといった化石燃料が1次エネルギー需要の大半を占めている。中でも天然ガスは、石油等の化石燃料と比べて環境負荷が小さいことから、エネルギー政策基本法(平成14年6月制定)に基づく「エネルギー基本計画」(平成15年10月)において利用促進が謳われており、今後の需要量の拡大が期待されている。

わが国では、輸送・貯蔵手段として専ら液化天然ガス(LNG)が利用されているが、LNGは常圧で $-162^{\circ}\text{C}$ 以下という非常に大きな冷凍エネルギーを要する為、LNGプロジェクトの設備投資額は非常に大きく、プロジェクト経済性を確保するために大規模ガス田を中心に開発されてきており、未開発のまま残されている中小ガス田は世界に数多く存在している。

新しい天然ガスの輸送媒体として、ハイドレートの特性を利用したハイドレート化された天然ガス(天然ガスハイドレート:Natural Gas Hydrate(NGH))による輸送・貯蔵システムは、LNGほどの冷凍エネルギーを要せず、設備投資額を低減できる為、従来のLNG輸送システムでは利用されていない中小ガス田の開発を促進する方策として注目されている。NGHを天然ガスの輸送媒体とするシステムは、図1.1-1の通り、ガス田に隣接するNGH製造設備、海上輸送及び再ガス化の為の受入施設の3つよりなる。そのうちNGH製造施設コストの低減効果が、LNGと比較した場合の海上輸送効率の低下を補い、中小ガス田の開発に適した総合的に効率の良いシステムを構築できると期待されている。

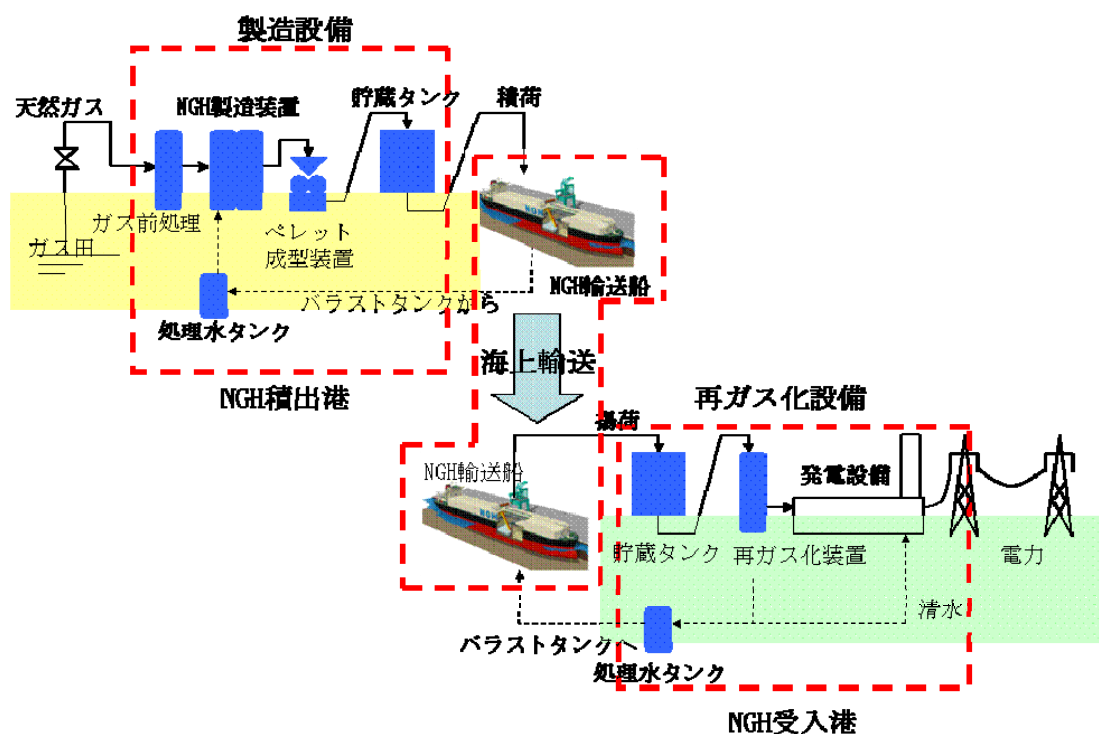


図 1.1-1 NGH 輸送システムチェーン

LNGと比較した場合の海上輸送効率の低下について、輸送効率の観点からLNG以外の天然ガス輸送媒体であるパイプラインや圧縮天然ガス方式も含めた整理が行われている。図1.1-2に、パイプライン、圧縮天然ガス、NGH、LNGプロジェクトの設備コストと輸送距離の関係を示す。図1.1-2によるとNGH輸送システムは1,000km~6,000kmにおいて、他の輸送システムよりも設備コストが安くなることがわかる。

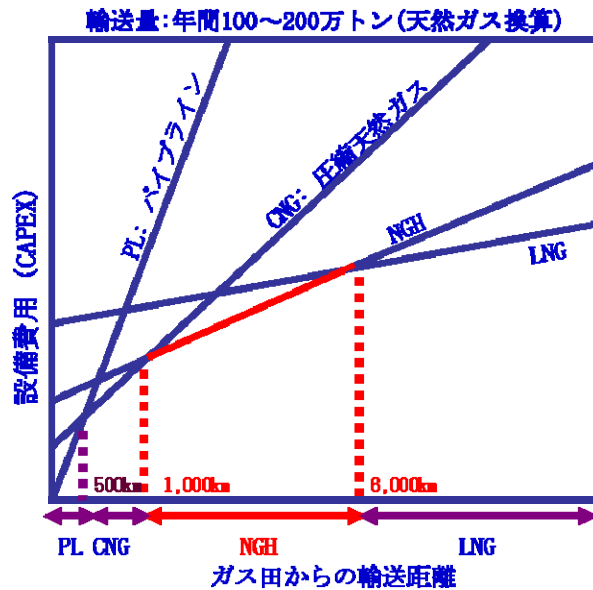


図 1.1-2 天然ガス輸送媒体毎の設備コストと輸送距離の関係

図 1.1-3 に主要なガス田を中心に半径 6,000km の円を描いた世界地図を示す。これによると東南アジアからオーストラリアの北西岸を中心とした半径 6,000km の円は、日本や韓国等の LNG を大量に輸入している国々をその内に含んでおり、NGH 輸送システムが強みを発揮しうる可能性を示している。また東南アジアには未開発の中小ガス田が多数賦存していることが知られており、この観点からも NGH 輸送システムの適用が期待される。

日本から世界に目を向けると、中東を中心とする円ではヨーロッパの地中海沿岸とインドを、ノルウェー北岸を中心とする円ではヨーロッパの大西洋側及び北米の一部を、中南米を中心とする円では米国の東海岸及びメキシコ湾沿岸の国々をその内に含んでおり、ほぼ全ての国々に NGH で天然ガスを輸送することが可能であることを示している。このことから、数として 98%、賦存量として 32%が未開発であると言われていたほぼ全ての中小ガス田に対して NGH 輸送システムの適用が期待される。

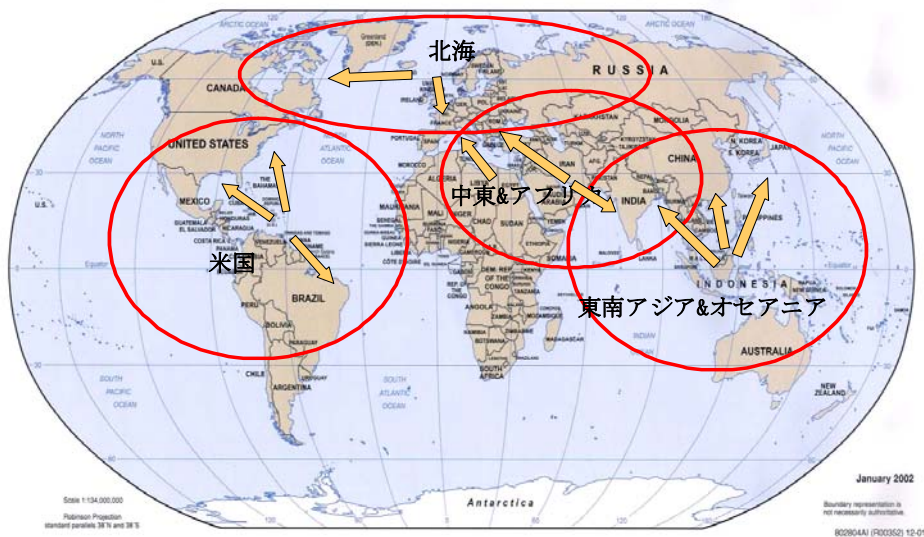


図 1.1-3 主要ガス田から輸送距離 6,000km の範囲

先行して技術開発が行われている製造及び再ガス化プロセスに続き、海上輸送に関して実用化へ向けた技術開発を行い、NGH の製造、海上輸送、再ガス化という 3 つのプロセスを完成させること

により、固有のエネルギー資源に乏しいわが国が世界をリードしてこれらのガス田を開発し有効に利用することは、重要であるとともに使命であるといえる。

そこで、平成 17 年度～平成 20 年度の 4 年間、(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構からの助成を受け、海上輸送技術の確立に向けて、本研究開発を行った。

本研究開発では、海上輸送において考慮が必要となる、NGH の貨物倉での挙動把握、荷役方式の検討等を経て、NGH 輸送船の概念を構築し、HAZID 会議による概念設計の妥当性確認結果及び運航面からの評価結果を織り込んだ NGH 輸送船を取り纏めた。

## 2. NGH の特性

### 2.1 NGH とは?

ガスハイドレートは、水分子と気体分子からなる氷状の固体結晶で、水分子が作る立体網状構造の籠の内部に、ガス分子が取り込まれて形成される包接水和物の総称である。メタン、プロパン、炭酸ガス、窒素、硫化水素等多種のガスを取り込めるが、NGH とは天然ガスの主成分であるメタン等の炭化水素を内部に取り込んだハイドレートの呼称である。図 2. 1-1 に NGH の分子モデルを、図 2. 1-2 に製造直後の NGH を、図 2. 1-3 に水分を除去した NGH を示す。

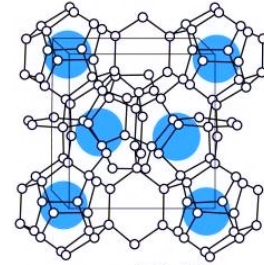


図 2. 1-1 NGH の分子構造イメージ



図 2. 1-2 生成直後の NGH スラリー



図 2. 1-3 脱水後の NGH パウダー

### 2.2 NGH ペレット (NGHP)

ハイドレートの生成は、生成領域となる特定の温度と圧力の関係下において、水とガスを混合することで行われる。生成直後のハイドレートは多量の水分を含んだスラリー状であり、これを脱水したパウダーを固めることによりペレット化される。NGH は生成領域を外れた温度と圧力のまま放置すると分解しガスを放出するが、その分解速度は温度により大きく変化することが知られている。図 2. 2-1 に NGHP の大気圧下に於ける分解速度と貯蔵温度の関係を示したグラフを示す。このグラフからわかるとおり、ペレット化された NGH は、 $-20^{\circ}\text{C}$  近傍で分解速度の極小点を持つという特長を有している。この現象は自己保存効果と呼ばれ、NGH の大気圧での輸送・貯蔵に大きなメリットをもたらす重要な性質である。NGH 輸送船の研究開発においては、自己保存効果により大気圧下において約  $-20^{\circ}\text{C}$  で輸送が可能となる NGHP を貨物とした NGH 輸送船について検討を行った。図 2. 2-2 に NGHP の写真を示す。

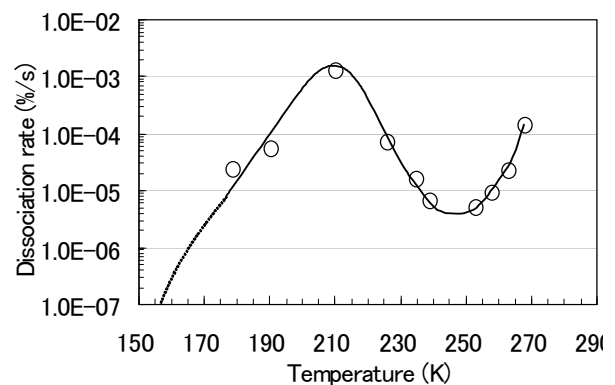


図 2. 2-1 自己保存効果



図 2. 2-2 NGHP

## 2.3 LNG との比較

表 2.3-1 に NGH と LNG の特長を比較する。

表 2.3-1 NGH と LNG の特長比較

	NGH	LNG
輸送形態	固体	液体
輸送温度	約-20℃	約-160℃
成分(1m <sup>3</sup> あたり)	天然ガス : 170Nm <sup>3</sup> 水 : 0.8m <sup>3</sup>	天然ガス : 600Nm <sup>3</sup>
比重	0.85 - 0.95	0.42 - 0.47

NGH は、輸送温度において約-20℃であることから LNG のような深冷を考慮した特殊な貨物格納設備を要しないものの、単位体積あたりの天然ガス輸送量が LNG の約 3 割であることや、ペレット状であることによる充填率の関係から輸送効率が低くなる傾向にある。



### 3. NGHP 貨物の挙動解析

NGHP は 2 章で述べた様な特性を有しているが、NGH 輸送船の開発にあたって、貨物倉内における NGHP のバルクとしての特性、つまり貨物倉に大量に積載された NGHP の貨物の荷崩れ評価、船体動揺が分解ガス量に及ぼす影響、貨物倉内温度分布、荷役作業の効率性等を把握する必要がある。NGHP のバルクとしての特長を表す代表的な試験の概要を表 3. 1-1 に示す。

表 3. 1-1 NGHP 特性試験の概要

試験名称	特性	目的及び用途	備考
傾斜箱試験、注入試験	貨物の荷崩れ評価	貨物倉の形状及び構造設計の基礎データとして NGHP の安息角(図 3. 1-4 参照)を求める。	3. 1 章参照
動揺試験、動荷重試験	船体動揺が分解ガス量に及ぼす影響	貨物倉の安全及び構造設計の基礎データとして NGHP の波浪中船体運動と分解ガス量の関係を把握する。	3. 2 章参照
船倉模型試験	貨物倉内温度分布	船体温度分布計算や防熱システム設計の基礎データとして船倉内温度変化や船倉内温度と分解ガス量の関係を把握する。	3. 3 章参照
荷役装置模型試験	荷役作業の効率性	船型開発、一般配置図、及び、荷役装置の検討に必要な基礎データを取得する。	4. 2 章参照

荷役装置模型試験を除く各試験は低温装置内で実施するとともに、供試ペレットはメタンガスハイドレートペレット (MGHP) を用いた。

#### 3. 1 貨物の荷崩れ評価

航海中の荷崩れ等貨物倉内での NGHP バルクの機械的特性を表す安息角の調査を目的として傾斜箱試験と注入試験を行った。

##### 3. 1. 1 傾斜箱試験

###### (1) 概要

航海中の荷崩れや荷役の効率等を検討するための基礎データとなる安息角の取得を目的としている。本試験は、BC コード (RESOLUTION MSC. 193 (79)、(adopted on 3 December 2004) CODE OF SAFE PRACTICE FOR SOLID BULK CARGOES, 2004) に準じて実施した。

低温装置内において、ペレットをなるべく緩やかに投入して傾斜箱に満たし、直ちに傾斜箱試験装置を作動させて傾斜箱を傾けた。傾斜によりペレットが滑り始めた時点で傾斜を止め、傾斜角度を読み取った。



図 3.1-1 傾斜箱試験装置



図 3.1-2 傾斜箱試験実施状況

## (2) 試験結果

44～48° の範囲で荷崩れが発生した。傾斜箱試験による MGHP バルクの安息角は 45° 程度であり、流動性が少ない貨物であると判断される。

### 3.1.2 注入試験

#### (1) 概要

航海中の荷崩れや荷役の効率等を検討するための基礎データとなる安息角の取得を目的として、BC コード (RESOLUTION MSC. 193 (79)、(adopted on 3 December 2004) CODE OF SAFE PRACTICE FOR SOLID BULK CARGOES, 2004) に準じて、前回の傾斜箱試験の An alternative procedure として位置づけられている本試験を実施した。低温装置内において、排出口を閉めた状態の注入容器にペレットを緩やかに投入し、直ちに排出口を開いて自由落下させて床面にペレットを堆積させ、堆積したペレットの安息角を計測した。



図 3.1-3 注入試験実施状況

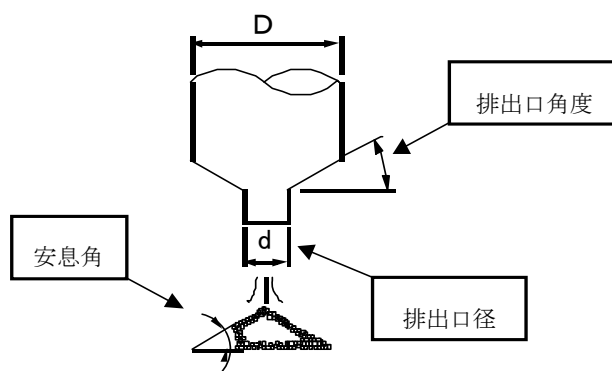


図 3.1-4 試験イメージ

## (2) 試験結果

安息角の計測結果は、平均値=30° 最大値=35° であった。安息角は計測結果の最大値を採用することが妥当と考えられるため、注入試験による MGHP の安息角は 35° である。

### 3.1.3 まとめ

傾斜角（傾斜箱試験で求めた安息角）は容器中に入れたペレットが容器の傾斜に伴って滑動し、安定な面を形成する時の特性である。注入角（注入試験で求めた安息角）は、自由にペレットを堆積させ、その円錐状の堆積がなす角である。図 3.1-5 は傾斜角と注入角の関係を表したものであり、小麦等の粉体では一般に傾斜角の方が大きくなる傾向にある。ばら積み NGHP についても粉体とほぼ同様の関係にあることがわかる。

以上から NGH 輸送船の貨物倉は、一般的なばら積み貨物船と同じようなホッパーを有した形状とすることが可能である。

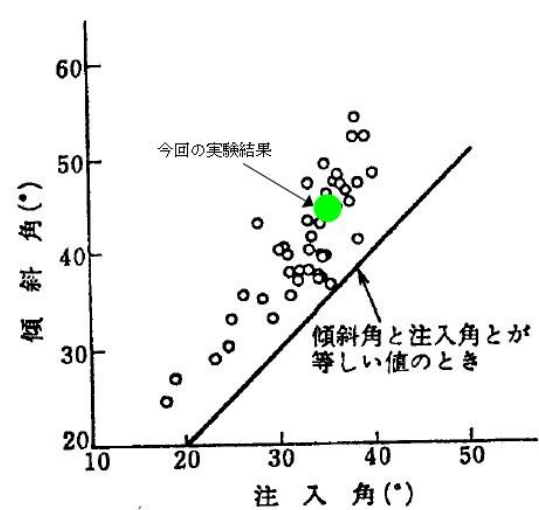


図 3.1-5 傾斜角と注入角の関係

(川北他、第 6 章 粉体のレオロジー、粉体工学  
(基礎編)、槇書店、1992 より)

## 3.2 船体動揺が分解ガス量に及ぼす影響

NGHP 貨物の波浪中船体運動と分解ガス量との関係を把握することを目的として動揺試験と動荷重試験を実施した。

動揺試験では、波浪中船体運動による動揺加速度が、貨物倉上層部の NGHP 貨物の分解速度に及ぼす影響を明らかにした。また、動荷重試験では、貨物船倉中・下層部に相当する NGHP 貨物に相応の自重及び動的荷重を作用させ、外部付加エネルギー、分解ガス量等の計測結果から、波浪中船体運動がガス分解速度に及ぼす影響を定量的に明らかにした。

### 3.2.1 動揺試験

#### (1) 概要

比較的大量のペレットを収納できる中型船倉模型(図 3.2-1、図 3.2-2 を参照。MGHP 使用量: 約 100kg)を用いて、NGHP のガス化速度に及ぼす動揺影響を調査した。断熱に近い条件で計測するために低温装置を大型三次元振動台上に設置し、その低温装置中にガスの放出量計測用の中型船倉模型を設置した。中型船倉模型内からのガス放出量の経時変化、ハイドレートの温度、船倉模型の内壁温度、船倉模型外壁温度の分布及び経時変化の計測を行った。動揺は、航海中に遭遇する最大級の加速度を以下の規則波によって与えた。

- ・ 動揺モード : heave (上下揺れ) と sway (左右揺れ) の合成動揺
- ・ 動揺振幅 : 50mm
- ・ 加速度振幅 : 0.28G (合成値)
- ・ 周期 : 1 秒
- ・ 加振時間 : 15 時間

上記による動揺回数は 54,000 回となり、出会い波周期を 8 秒と仮定すれば、5 日間の航海で遭遇する動揺回数に相当する。

#### (2) 試験結果

主な試験結果は下記の通りである。

- ・ 実機相当の加速度を加えた動揺試験において、MGHP の分解速度に変化は見られない。
- ・ 船倉内に有意な温度分布は見られなかった。
- ・ 動揺によってペレットが移動することはなかった。

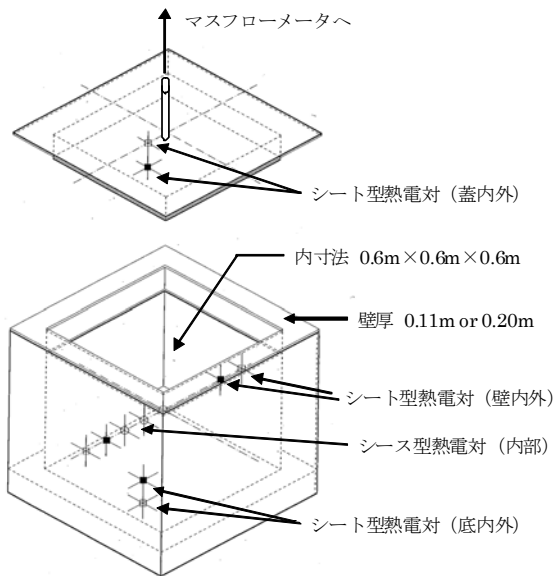


図 3.2-1 中型船倉模型



図 3.2-2 冷凍コンテナ内の中型船倉模型

### 3.2.2 動荷重試験

#### (1) 概要

NGHP 貨物に貨物船倉中・下層部に相応する自重及び動揺による動的荷重を作用させ、動揺による内部エネルギー発生量を定量化し、動揺が NGHP の分解に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

動荷重試験装置の全体図を図 3.2-3 に、圧縮容器の形状を図 3.2-4 に示す。また、図 3.2-5 に製作した試験装置の写真を示す。試験装置は冷凍室内に設置し外部周辺温度を約 $-20^{\circ}\text{C}$ に保持した。

静荷重 (0.5t/1.0t)、変動加速度振幅 (0.3G)、周期 (0.5s/10s) を変更した試験を実施した。使用した MGHP は約 10kg/ケースである。

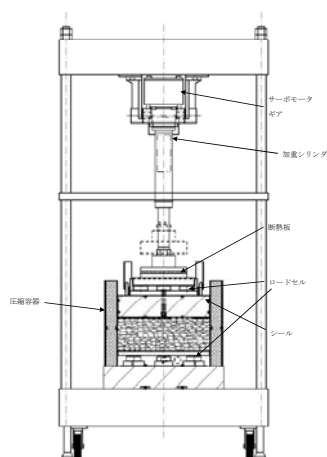


図 3.2-3 全体図

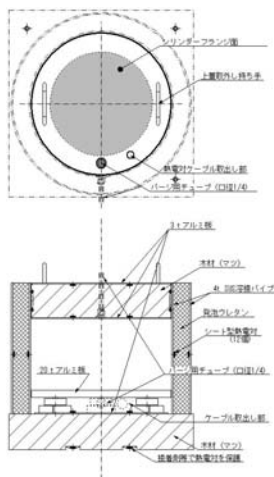


図 3.2-4 圧縮容器



図 3.2-5 試験装置

#### (2) 試験結果

主な試験結果は下記の通りである。

- ・ 荒海を航海する船舶の動揺を模擬してペレット貨物に静荷重+動荷重を作用させたが、ガス分解の促進は見られなかった。

- ・ 試験後のペレットは表面のペレット同士が固着していた。ただし壁面への固着は認められなかった。固着したペレットの様子を図 3. 2-6 に示す。
- ・ 固着したペレット塊を 1m 程度の高さからコンクリート面に落下させると容易に固着が外れてバラバラになることがわかった。



図 3. 2-6 動荷重試験後の固着した MGHP

### 3. 2. 3 まとめ

動揺試験及び動荷重試験により、貨物船倉内の上層部から下層部に至る全域に亘り NGHP 貨物の分解に動揺加速度が有意な影響を及ぼさない事を確認できた。

このことから NGH 輸送船は、動揺による貨物影響を軽減する装置を装備する必要はない。また、MGHP は長時間荷重を受けると圧密され固着する性質を有することがわかった。

## 3. 3 貨物倉内温度分布

貨物倉に NGHP 貨物が積載された航行中の船倉内温度と分解ガス量の関係を把握することを目的として試験を実施した。

### 3. 3. 1 船倉模型試験

#### (1) 概要

壁面からの距離に対する温度分布を確認するために、大量のペレットを使用する大型船倉模型を用いて試験を行った。試験に用いた MGHP は約 540kg である。

大型船倉模型の概要を図 3. 3-1、図 3. 3-2 に示す。

断熱材厚さを 110mm とし、低温装置内に設置し、周辺温度(-20℃/0℃)の 2 ケースを実施した。

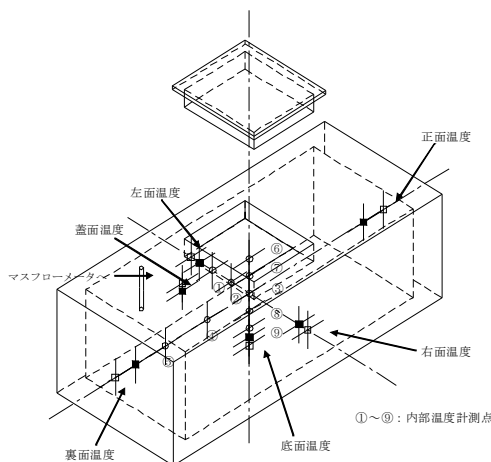


図 3. 3-1 大型船倉模型



図 3. 3-2 冷凍コンテナ内の大型船倉模型

## (2) 試験結果

主な試験結果は下記の通りである。

- ・ 大型船倉模型内のペレットと大型船倉模型外部周辺温度を $-20^{\circ}\text{C}$ の状態です計測を開始すると、中央部のペレット温度は $-25^{\circ}\text{C}$ まで低下した。
- ・ 大型船倉模型外部周辺温度を $-20^{\circ}\text{C}$ から  $0^{\circ}\text{C}$ へ昇温することによる大型船倉模型外部からの入熱によって、ペレットの平均温度は $-25^{\circ}\text{C}$ から $-17^{\circ}\text{C}$ まで上昇した。
- ・ 大型船倉模型外部周辺温度を $-20^{\circ}\text{C}$ から  $0^{\circ}\text{C}$ へ昇温することによる大型船倉模型外部からの入熱によって、中央部と壁面部のペレットの温度差は $7^{\circ}\text{C}$ にも達した。

## (3) まとめ

船体温度分布計算や防熱システムの設計を行う上で有用な貨物倉内のペレット温度変化のデータが得られた。

## 4. NGH 輸送船の検討

NGHP のバルク特性を考慮し、荷役システム及び貨物倉形状の検討結果を踏まえて NGH 輸送船概念の構築を行い、ガス田や航路等を仮定した基本条件を元に NGH 輸送船の概念設計を行った。また、HAZID 会議において抽出された危険因子のうち優先度の高い危険因子に対する対策及び運航システム評価 WG にて運航面から導き出された NGH 輸送船が備えるべき要件を NGH 輸送船の概念へ反映した。これらを踏まえて NGH 輸送船の安全指針草案を国際海事機関(IMO)のばら積み液体物質及びガス小委員会(BLG 小委員会)に提案を行った。

### 4.1 NGH 輸送船の設定条件

NGH 輸送船の概念設計を行うにあたり、基本条件を設定した。

1章で述べた NGH 輸送システムの適用が期待できるオーストラリア北西部の陸上生産設備で生産した NGHP を日本に輸送することとして輸送船に求められる要件を設定した。復航時には揚地でのペレット再ガス化後の分解水から可燃性ガスが除去処理された水（以下「処理水」）を積地まで輸送し、NGHP の製造に再利用するものとした。航海速力については、復航時も処理水を積地へ持ち帰ることを想定していることから往航と同速力とした。

- ・ NGH 生産用ガス : 約 13 億 m<sup>3</sup>/年(約 100 万トン/年)
- ・ NGHP 生産量 : 約 782 万トン/年(年間貨物輸送量)
- ・ 海上輸送距離 : 約 3,200 海里(約 5,900 km)
- ・ ガス包蔵量 : 0.131 トン/ペレット・トン
- ・ 貨物設計温度 : -20°C
- ・ NGHP 比重 : 0.8
- ・ 貨物倉充填率 : 0.78
- ・ 貨物見掛比重 : 0.624 (載荷係数 S.F. = 57.5)
- ・ 航海速力 : 約 15 ノット

上記、輸送船に対する要件から隻数及びサイズを設定した。

- ・ 輸送船隻数 : 6 隻
- ・ 輸送船貨物載荷重量 : 約 87,000 トン/隻
- ・ 輸送船貨物載荷容積 : 約 140,000 m<sup>3</sup>/隻





### 4.2 荷役システムの開発

#### 4.2.1 荷役方式の選定

荷役方式は、輸送船の概念を決定する上で最も重要な要件の 1 つであり、貨物倉の形式や船体構造に大きな影響を与える。機械搬送方式、スラリー搬送、気体圧送等が考えられるが、経済性や実現性を考慮して、コンベヤ等による機械式搬送を荷役方式として選択した。

機械式荷役方式について、特に揚荷役の方法は複数あり、表 4.2-1 の通りそれぞれについて検討を行った結果、全閉カバー型リクレーマー方式を揚荷役方式(アンローディングシステム)として選択した。

表 4.2-1 アンローディングシステムの選定

	確実な貨物払出	港湾設備	緊急離岸	荷役用開口部の 気密	揚荷役作業の 繁雑さ	メンテナンス性
陸上荷役方式 	○ (貨物の流動性 に関係なく荷役 可能。) 	× (各港に荷役装 置が走行する港 湾設備が必要) 	× (荷役装置が貨 物倉に差し込ま れており、抜き 出しには時間を 要す。) 	× (大型の荷役装 置用に設けた貨 物倉の大きな開 口部の気密確保 が厳しい。) 	× (陸上のコンベ ヤとの接続点 が多数となり、 切り替え作業 が頻発する。) 	○ (常に可能。) 
底部払出方式 	× (貨物流動性の 確保が厳しい。) 	○ (陸上との取合 は1箇所。簡略 な港湾設備。) 	○ (陸上との取合 は1箇所。切り 離しは容易。) 	○ (船上に開口部 無し。) 	○ (陸上との取合 が1箇所。煩雑 な作業無し。) 	× (ガス置換後、貨物 倉内の機器をメン テナンス) 
移動ハウス型リクレーマー方式 	○ (貨物の流動性 に関係なく荷役 可能。) 	○ (陸上との取合 は1箇所。簡略 な港湾設備。) 	○ (陸上との取合 は1箇所。切り 離しは容易。) 	○ (荷役中の貨物 倉をハウスで覆 い気密を確保。) 	× (ハウスの移動 の度にガス置 換が必要。) 	○ (ハッチカバーの気 密装置*作動、ハウ ス内のガス置換後 メンテナンス) 
全閉カバー型リクレーマー方式 	○ (貨物の流動性 に関係なく荷役 可能。) 	○ (陸上との取合 は1箇所。簡略 な港湾設備。) 	○ (陸上との取合 は1箇所。切り 離しは容易。) 	○ (全閉カバーで 貨物倉全てを覆 い気密を確保。) 	○ (陸上との取合 が1箇所。煩雑 な作業無し。) 	○ (ハッチカバーの気 密装置*作動、全閉 カバー内のガス置 換後メンテナンス) 



#### 4.2.2 荷役装置模型試験

リクレーマー方式のアンローディングシステムでは、バケットによって貨物を掻き取ることによって揚荷役が行われる。このためリクレーマー方式アンローディングシステムの概念設計に必要な基礎データの取得することを目的として荷役装置の模型試験を行った。

MGHP の供試体は、圧縮荷重 160kN/m<sup>2</sup> (船倉深さ 20m + 動荷重 0.3G 相当)、圧縮時間 10 日 (輸送時間に相当) の条件にて製造した。また、試験装置や試験条件の決定に際しては、荷役装置のメーカーである株式会社三井三池製作所の協力を仰いだ。

##### (1) 荷役装置模型試験

実機のアンローダーによる連続したペレット搬出量の把握、掻き取り速度及び装置駆動力の検証のために、実機の装置構成を模擬した複数の爪付バケットをベルトコンベアに取り付けた荷役装置模型を用いて、爪付バケットによるペレット貨物搬出の実証試験を実施した。

##### (a) 荷役装置模型試験装置

荷役装置模型試験装置の外形図を図 4.2-1 に、写真を図 4.2-2 に示す。

バケットは、幅約 300mm、高さ約 130mm、深さ約 150mm であり、幅 150mm の爪を 20mm の隙間を空けて 2 本並べたものとした。爪付きバケットの写真を図 4.2-3 に示す。

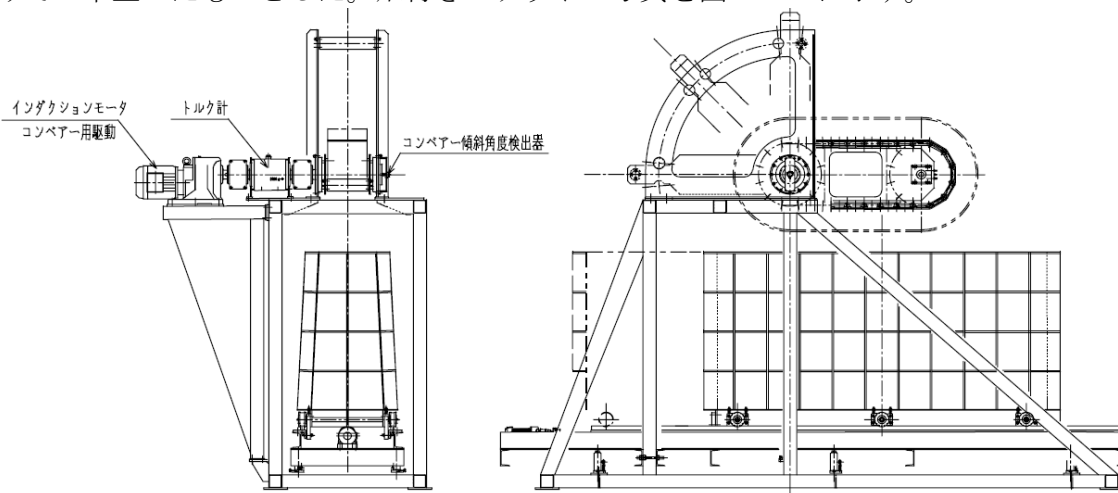


図 4.2-1 荷役装置模型試験装置 外形図



図 4.2-2 荷役装置模型試験装置 (ペレット貨物容器セット状態)



図 4.2-3 爪付バケット

##### (2) 試験結果

図 4.2-4 に、掻き取り深さ 200mm、バケット移動速度 100mm/s、容器移動速度 10mm/s の場合

の掻き取り状態を示す。掻き取り深さがバケットの高さ程度あるとペレット貨物はバケットいっぱいには掻き取れており、ペレット貨物が大きな塊で剥ぎ取れていることが観察された。



図 4.2-4 掻き取り深さ 200mm、バケット速度 100mm/s、容器速度 10mm/s

実機アンローダーのバケットにおいても、バケットの大きさや爪の長さ等から、貫入深さは 100～200mm 程度になると考えられる。今回の試験により、本形式のアンローダーが船倉内の固着ペレットを連続して掻き崩しながら搬出できることが確認された。

#### 4.2.3 荷役システム

アンローディングシステムについては、石炭運搬船で使用されているリクレーマー式アンローダー（以下「リクレーマー」）の実地調査、荷役装置模型試験によって得られた知見、オペレーションも含めた船全体の配置を踏まえて、全閉カバー型リクレーマー方式とし、ローディングシステムを含めて概念設計を行った。陸上との貨物受渡設備の場所や貨物搬送方法についてオペレーション、メンテナンス、安全性を踏まえて検討を行った。さらに、緊急離脱装置の試作機を製造し、その稼働性や気密性等の試験を行い、実用化の可否を検討した。なおリクレーマー装置の計画においては荷役装置の専門メーカーである株式会社三井三池製作所の協力を仰いだ。

##### (1) 設定条件

4.1 の NGH 輸送船の設定条件より荷役設備の搬送容量を以下の通り設定した。

- ・ 積荷量 : 3,600t/hr
- ・ 積荷役時間 : 24hr
- ・ 揚荷量 : 1,800t/hr
- ・ 揚荷役時間 : 48hr

##### (2) アンローディングシステム

図 4.2-5 にリクレーマーを含むアンローディングシステムの概略配置を示す。

アンローディングシステムは、大きく分けてリクレーマー、アンローディングコンベヤ、シャトルコンベヤから構成される。

アンローディングシステムを構成する装置は全閉カバー内に設置した（ただしシャトルコンベヤは除く）。

荷役の冗長性の観点から、万一の場合でも貨物を可能な限り荷揚げできるように、リクレーマー及びアンローディングコンベヤは 2 系統とした。

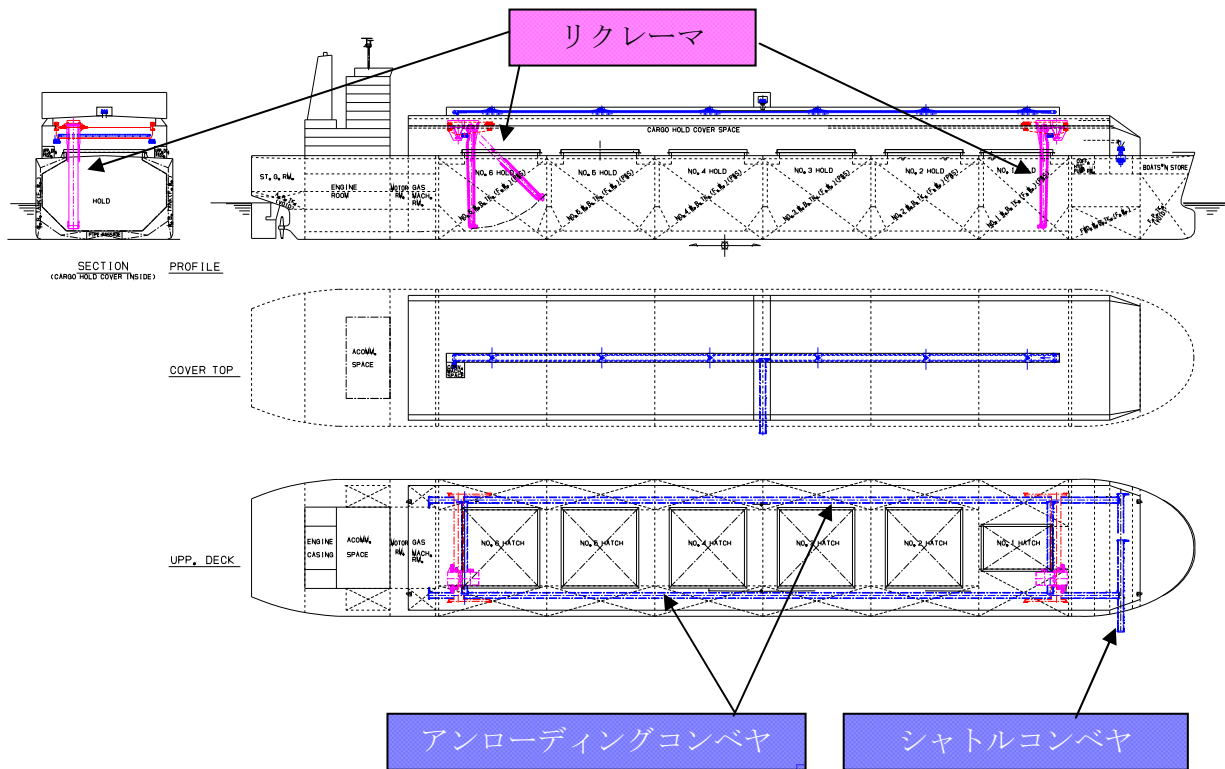


図 4.2-5 アンローディングシステム配置図

(a) リクレーマーの機器構成

以下の装置構成となる。リクレーマーの概念図を図 4.2-6 に示す。

- ・ バケットエレベータ
- ・ ガントリー
- ・ ガントリーコンベヤ

荷役時、バケットエレベータを搭載したガントリーが全閉カバー上部に設置されたレール上を船首尾方向に移動する。貨物倉に移動後、貨物倉内でのバケットエレベータの俯仰、ガントリー上でのバケットエレベータの貨物倉内横方向への走行、ガントリーの貨物倉内船首尾方向への走行により、アンローダーは貨物倉内のペレットを効率よく掻き取り及び搬送を同時に行い、連続して荷揚げを行うことができる。

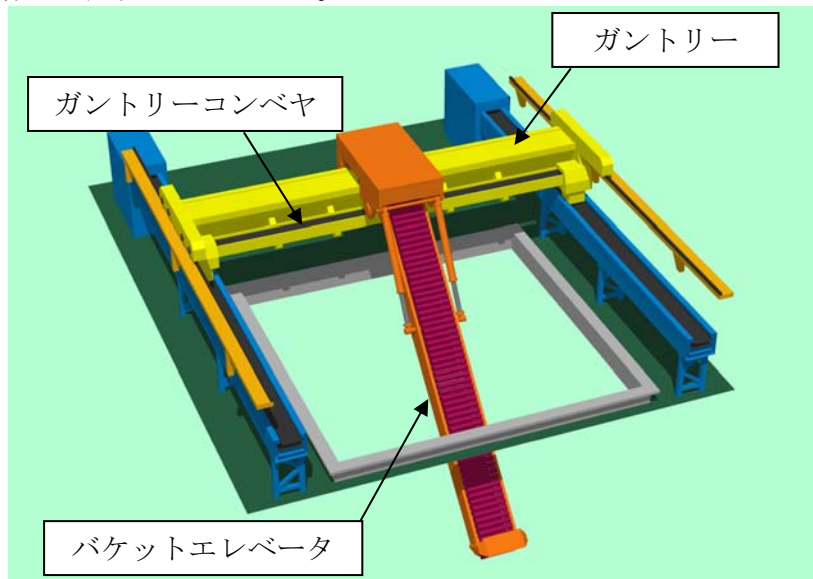


図 4.2-6 リクレーマー概念図

#### (b) アンローディングコンベヤシステム

全閉カバー内の船首尾方向にアンローディングコンベヤが片舷 1 台ずつ設置され、リクレーマーから運ばれた貨物を船首方向へ搬送する。アンローディングコンベヤからの貨物を船体中心線付近に設けられたシャトルコンベヤ接続口へ送るためにアンローディング用送りコンベヤがそれぞれのアンローディングコンベヤに設けられる。

#### (c) シャトルコンベヤシステム

アンローディングコンベヤ、送りコンベヤによって搬送されてきたペレットは船首部に装備されるシャトルコンベヤによって陸上側へ受け渡される。すべて密閉カバーで覆い内部への空気の進入を防止する気密構造としている。

シャトルコンベヤは陸上側受け取り設備への接続のために舷側からせり出すことが可能な構造となっている。非稼働時には船内に格納される。

陸上側設備との受け渡し部には緊急時に離岸できるように緊急離脱装置(ERS)を設ける。

#### (3) ローディングシステム

ローディングシステムの概要を図 4.2-7 に示す。輸送船が係船された後、シャトルコンベヤとローダーの排出部を接続し積荷役を開始する。

ローダーには、出入港時に輸送船との干渉防止のための旋回装置を設ける。さらに、陸上側の機内コンベヤと船側のローディング用シャトルコンベヤの間にシューターを設ける。シューター先端には緊急離脱装置(ERS)を装備する。

可燃性ガスが生じる貨物を搬送するため、コンベヤやその接続部には気密機構を設ける。

#### (a) コンベヤシステム

ペレットは積み出し基地の陸上コンベヤから No.1 機内コンベヤを経て、No.2 機内コンベヤに搬送される。No.2 機内コンベヤの先端部には気密伸縮継ぎ手付きシューター、緊急離脱装置が設置され、ペレットはシューターから輸送船のシャトルコンベヤに搬送される。さらに、全閉カバー上のローディングコンベヤを経由し貨物倉へ投入される。輸送船のローディングコンベヤは全閉カバー上のケーシング内に収められ、各貨物倉頂部にハッチを設け、ペレットを貨物倉へ投入する。

#### (b) ブーム旋回装置

輸送船の入港接岸時にローダーのブーム部分と船体の干渉防止及び輸送船のシャトルコンベヤとローダーの位置合わせのために旋回装置を設ける。旋回部分は、陸上コンベヤシューターと No.1 機内コンベヤの接続部及び No.1 機内コンベヤと No.2 機内コンベヤの接続部となる。

#### (c) シューター

No.2 機内コンベヤから輸送船への最終的な受渡し部となるシューターは、気密を取ったペレットの搬送路を形成するとともに、荷役中の喫水変化を吸収する機能を有する。シューター先端には緊急離脱装置が設けられる。

#### (4) 輸送船との接続

ローダーは船外にせり出した輸送船のシャトルコンベヤと接続される。

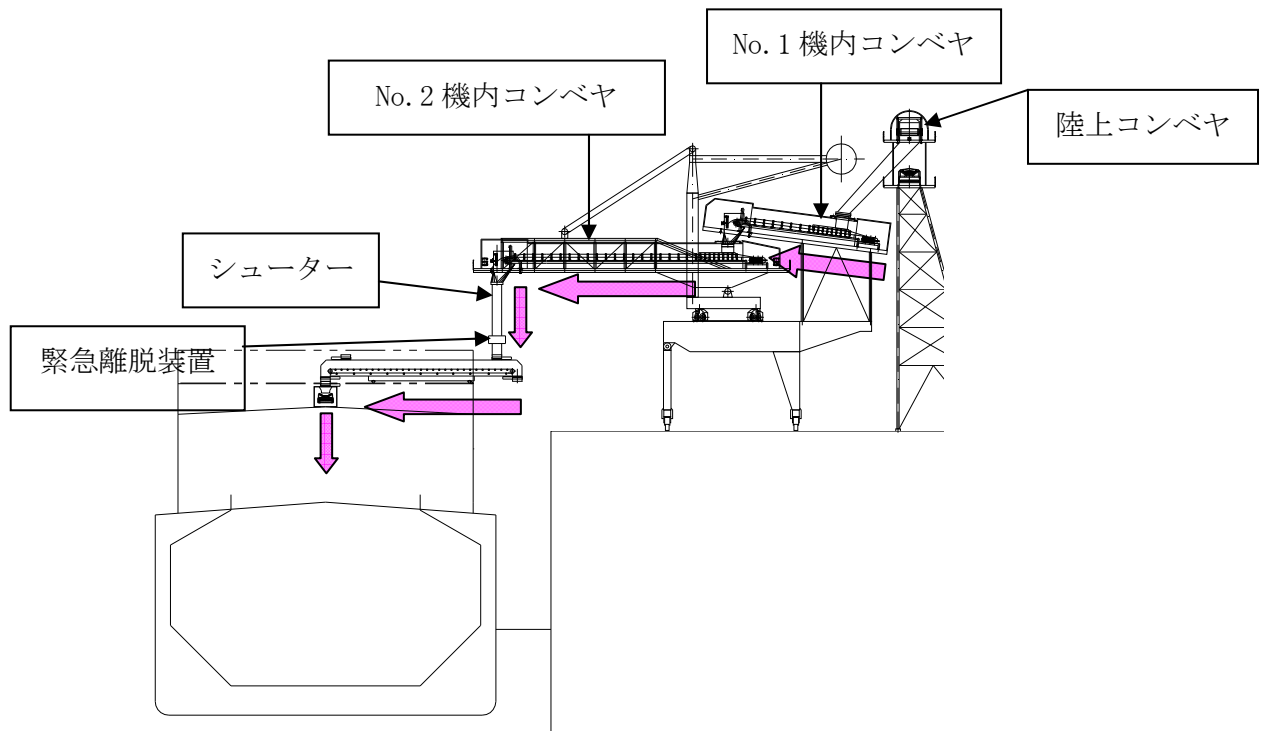


図 4.2-7 ローディングシステム概要

#### (5) 荷役装置の防爆対策

荷役装置の走行装置等では、耐久性の問題等から火花発生を防ぐ非鉄金属等の使用には限界があり、火花発生の可能性を完全には排除し難い。搬送経路内は密閉カバーで覆いガスリッチ状態とし酸素の除去状態を維持する。さらに、異常時にはイナートガスを供給する。装置の密閉カバー貫通部にはシール装置を設ける。

電気製品は規則に適合した防爆機器を採用する。荷役装置は0種危険場所に配置するため、装置の駆動は油圧方式を用いる。機器の制御・監視計測装置は本質安全防爆形機器(Exia)とする。

#### (6) 緊急離脱システム

突風・潮流等による船の急激な移動、地震による津波の襲来、火災等の不測の事態が発生した場合、荷役中の船側・陸上設備接続部よりガスを漏洩することなく、また、装置を破壊することなく、短時間で接続部を切り離すため緊急離脱システム(Emergency Release System: ERS)が必要となる。

緊急離脱システムは緊急離脱装置(ERSユニット)とこれを制御する電気/油圧制御装置から構成される。

LNG LOADING ARM 納入で高い実績を持つ緊急離脱装置メーカー(ニイガタ・ローディングシステムズ(株))と共同開発を行い、試作機を用いた気密試験や作動試験を行い良好な結果を得た。

### 4.3 NGH 輸送船概要

3章で得られた NGHP のバルクとしての特性及び 4.2 で示された荷役方式に基づき、HAZID 会議による安全要件及び運航システム面からの要件を踏まえて、NGH 輸送船の概要を以下の通りまとめた。

#### 4.3.1 主要目

- ・垂線間長 : 300.0 m
- ・型幅 : 45.0 m
- ・型深さ : 26.5 m
- ・型喫水 : 12.0 m
- ・載貨重量 : 約 89,600 トン
- ・貨物積載重量 : 約 86,900 トン
- ・貨物倉容積 : 約 140,000 m<sup>3</sup>
- ・バラスタタンク容積(処理水専用) : 約 62,000 m<sup>3</sup>
- ・総トン数(国際) : 約 148,000
- ・航海速力 : 約 15knots
- ・主機 : 低速ディーゼルエンジン×1 機

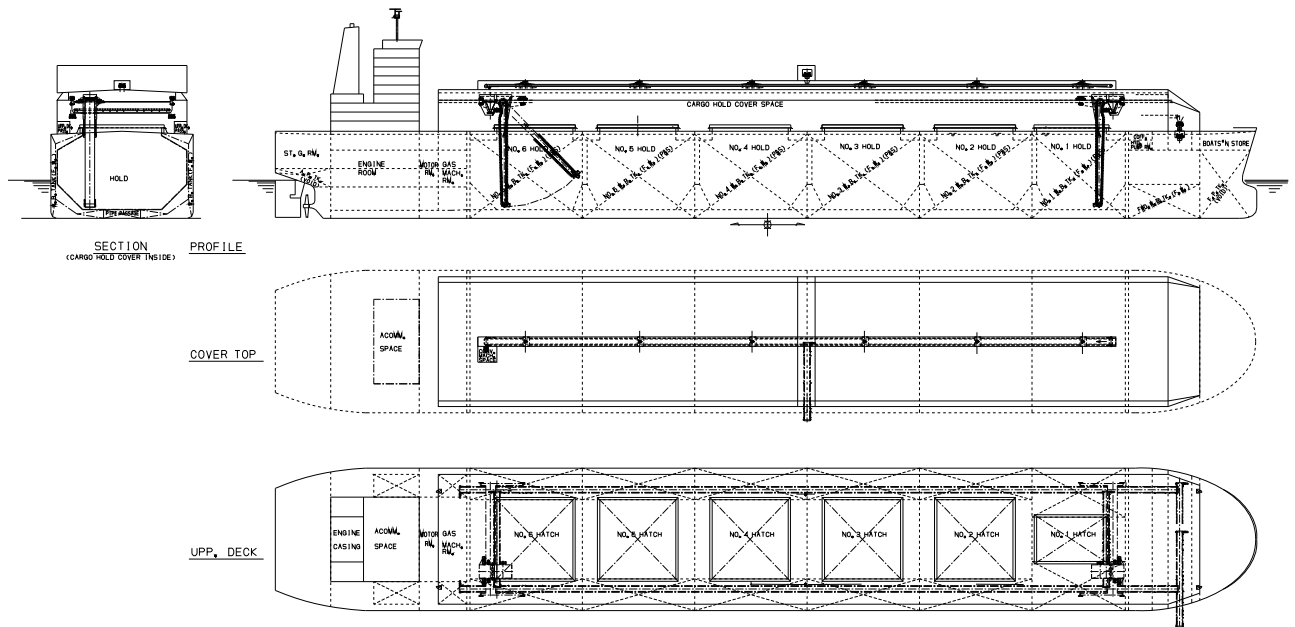


図 4.3-1 NGH 輸送船一般配置図

#### 4.3.2 輸送船概要

- ・船体は、衝突時の損傷を考慮して 2 重船殻構造とし、内殻を貨物倉とした船体一体型貨物倉方式である。更に、積荷の安息角を考慮して貨物倉はトップサイドタンクを有している。2 重船殻構造部はバラスタタンク（処理水専用）もしくはパイプパッセージとして使用される。
- ・爆発雰囲気排除、可燃性ガスの拡散抑制、荷役の効率化を目的として、貨物倉ハッチカバー上方を全閉カバーで覆う「全閉カバー方式」を採用した。荷役装置はこの全閉カバー内に設置される。

- ・ 推進用主機は低速型ディーゼルエンジン、推進器はスクリュープロペラとし、1機1軸推進システムとした。また、航海中にNGHPより発生する分解ガスは船内で処理され、船内のエネルギーとして利用する。
- ・ 貨物設計温度を $-20^{\circ}\text{C}$ とし、NGHPや分解ガスが直接接する可能性のある貨物倉等には低温の雰囲気十分に耐えうる鋼材を使用する。
- ・ 貨物倉配置及び損傷時復原性要件については、天然ガスを含む貨物という点を考慮しIGCコードを参考にした。
- ・ 輸送中のNGHPの分解を抑制するために貨物倉内部に防熱設備を設ける。
- ・ 消費地でのガス化時に生成される「処理水」を、復航海時にバラスト水の代わりに積地製造プラントに持ち帰りペレット生成に再利用することを前提として、輸送船は「処理水」の取扱設備を有している。

#### 4.3.3 輸送船概略仕様

以下にNGH輸送船として特徴的な仕様について説明する。

##### (1) 船体構造

液化ガス運搬船は、低温液体貨物を運ぶために、船体構造と独立したタンクを設ける等の特殊なタンク構造と液体貨物漏洩から船体を守る2次防壁を備えた特殊な貨物格納設備を有している。しかし、NGH輸送船では、貨物が固体であることや温度が $-20^{\circ}\text{C}$ 程度であるため、経済性の観点から、船体は、2重船側構造のばら積み貨物船と類似する、2重船殻構造にして内殻を貨物倉とした船体一体型貨物倉方式とした。

貨物倉内は、貨物の荷役及び防熱材を設置し易くするため骨材等の張り出しを極力無くす構造とし、横隔壁及びクロスデッキ裏も2重構造とした。また、貨物倉上部に設けられる全閉カバーは、貨物倉全長に渡って縦通し、全通暴露甲板の舷側よりも船体中心線側へ配置し、単船側構造となっている。

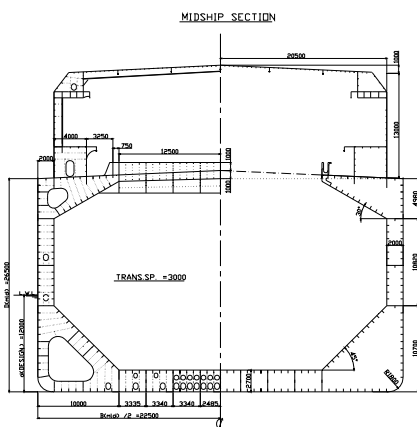


図 4.3-2 中央横断面図

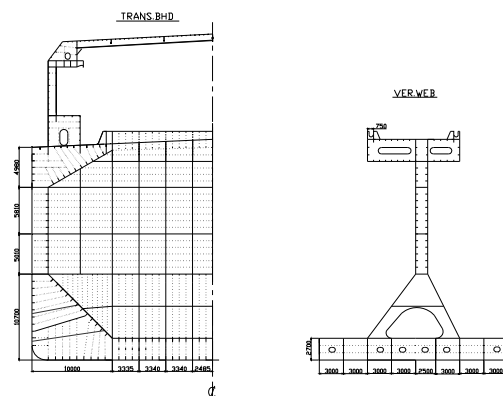


図 4.3-3 横隔壁構造図

##### (2) 貨物倉

貨物倉防熱システム、予冷、保冷システム、ハッチカバーシステム、残留ペレット処理について検討した。

##### (a) 貨物倉防熱システム

輸送船の貨物倉は船体一体型貨物倉方式を採用しており、輸送船の安全性の観点からは防熱システムは必要とされない。外部からの伝熱によるガス化量を減らす観点から防熱を施すことが望ましい。防熱仕様としては、ポリウレタンフォームを主防熱材とし、仕上げ防熱材として耐水合板またはステンレスプレートを張付ける等の方法を用いた。

防熱施工範囲は、貨物倉内面及びハッチカバーの貨物倉側とした。

貨物倉鋼板内面には、エポキシ系塗料を採用し腐食防止を考慮した。

#### (b) 予冷・保冷システム

周囲環境と貨物倉内温度との温度差による急激な貨物の分解が発生しないように予冷システムを装備する。荷役時間効率の向上を考慮し、着岸前に貨物倉内のガスを冷却装置で冷却循環させて温度を下げる方法を採用した。

#### (c) ハッチカバーシステム

貨物倉の上部には荷役用の開口が設けられており、全閉カバー内からの侵入熱を遮るため及び荷役装置のメンテナンス時等に貨物倉と全閉カバー内区画間のガス密を確保するためハッチカバーを設けた。

全閉カバー内で乗組員が作業を行う必要がある場合等には、通常可燃性ガス雰囲気である全閉カバー内をイナータガス置換及び空気置換する。その際にハッチカバーのガス密が必要である。

#### (d) 残留ペレット処理

通常の運航において、残留ペレットを強制的に分解させることはないが、荷役装置の定期検査やドックインする前のウォームアップでは、残留ペレットを強制的に分解し貨物倉及び荷役装置において天然ガスと水に分解する。

残留ペレットが分解した際に生じる分解水は、各貨物倉に設けられたビルジウェルからビルジラインを経由してデッキ&ホールドビルジタンクへ集められる。また荷役装置内にある残留ペレットからの分解水は甲板上のデッキスカッパー等を経てデッキ&ホールドビルジタンクへ導かれる。

### (3) 荷役システム

「4.2 荷役システムの開発」を参照。

### (4) 防爆対策

NGH 輸送船においては、可燃性ガスを包蔵する貨物を運搬すること及びその荷役に機械式荷役装置を用いることから、防爆対策は本船の安全上重要な検討課題の一つである。一般的な防爆対策（火災・爆発対策）は、“爆発雰囲気の排除”と“着火源の排除”である。しかしながら、NGH 輸送船においては大型の機械式荷役装置のメタルタッチによる火花発生をすべて排除することは現実的ではなく、全閉カバー内で機械式荷役装置により火花が発生しても着火・爆発を起こさないように、爆発雰囲気の形成を排除しなければならない。また、他の着火源（異常高温、静電気、電気火花）を確実に排除することも重要である。

#### (a) 爆発雰囲気の排除

全閉カバー内及び貨物倉は航海中や荷役中共に通常のオペレーションにおいては可燃性ガス雰囲気で維持し、可燃性ガスと酸素の混合による爆発雰囲気の形成を防止する。全閉カバー内の圧力を大気圧より高い状態（正圧）に維持し、全閉カバーにクラックや船体の損傷により開口が発生した場合においても、即座に空気が流入しないような制御を行う。万一正圧を維持できない場合には、全閉カバー内の機械式荷役設備を停止させる。また、全閉カバーに大きな損傷が発生し、急激な圧力低下を生じた場合には荷役の危急停止措置を発動させる。

荷役装置の保守・点検時及び荷役装置修理時には全閉カバー内のみ空気に置換し、貨物倉を可燃性ガス雰囲気で大気圧以上となるよう維持する。また、貨物倉の点検時には全閉カバー内及び貨物倉は空気に置換される。これらの貨物倉及び全閉カバー内の圧力の相関関係を図 4.3-4 に示す。

全閉カバー内へ繋がる暴露部ドアはエアロックスペースと 2 重扉を設ける。また、設計時には必要最低限のアクセスドアとするよう計画する。



全閉カバー内区画 = 天然ガス雰囲気(通常オペレーション)

貨物倉内と全閉カバー内区画を接続(通常オペレーション)

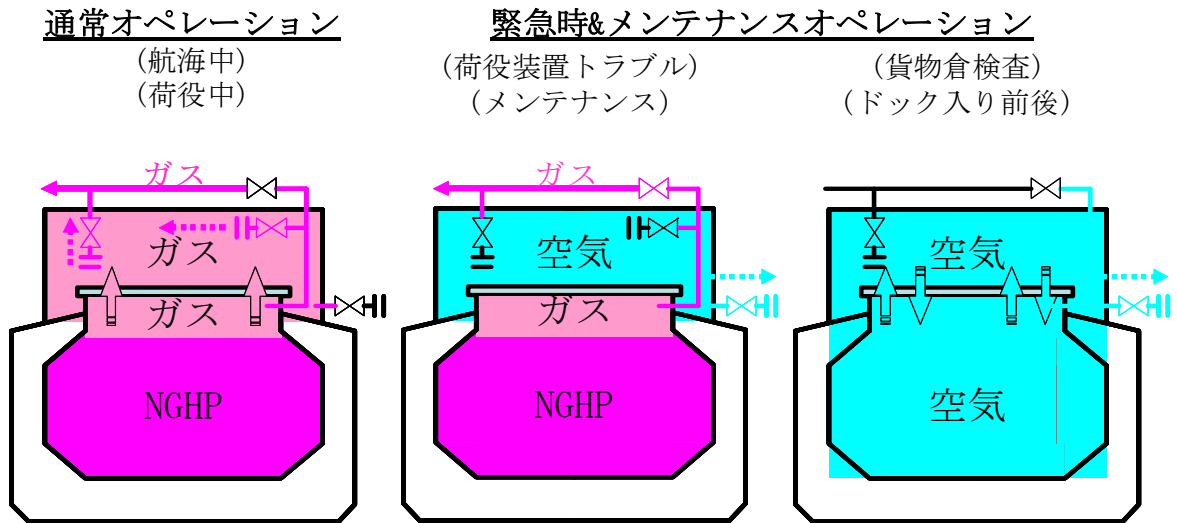


図 4.3-4 圧力相関図

(b) 着火源(異常高温、静電気、電気スパーク)の排除

異常高温の排除については、温度監視を行ない可燃性ガスの自然発火温度に到達する前に荷役装置を停止する。

静電気については確実に船体へ接地を実施することとし、電気スパークについては、機械式荷役装置の動力源は油圧とし、機器の制御・監視用センサは本質安全防爆形機器(Exia)とする。

(5) オペレーション

通常航海時、建造時、検査時において想定される操作・作業、及び関連設備を纏めたオペレーションサイクルを構築し、輸送船に対する要件を明確化した。

NGH 輸送船のオペレーションサイクルを図 4.3-5 に示す。

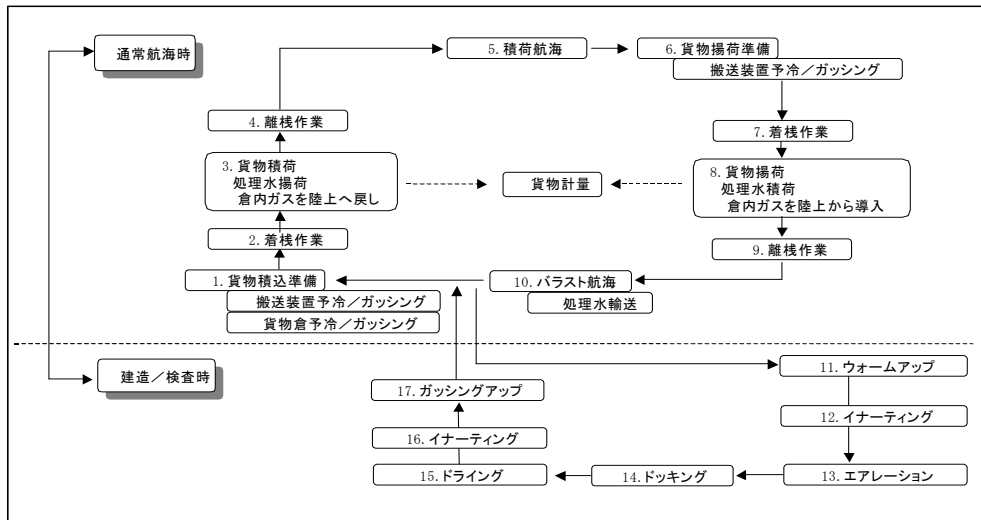


図 4.3-5 NGH 輸送船オペレーションサイクル

(6) 概略諸管系統

(5) オペレーションにて述べた、一連のオペレーションに沿った必要最小限と思われる輸送船貨物区画の各系統について、その目的及び概要を以下に述べる。

(a) ベーパーサクションライン

分解ガス吸引用、全閉カバー及び各貨物倉からガスマシナリールームに装備されたガスコ

ンプレッサーまで、導設される。

コンプレッサーで処理しきれないガスが発生し、貨物倉内・全閉カバー内圧が異常上昇した場合に備え、主管前端にベントライザーを設け、ガスの緊急大気放出を可能とする。

(b) 貨物倉ビルジライン

2 重底内に導設し、貨物倉内ビルジウェルに溜まった分解水をビルジポンプで吸引、移送し、デッキ&ホールドビルジタンクで一時貯蔵可能とする。

(c) バラストライン

2 重底内に導設し、バラストポンプを使用し、処理水をバラストタンクに漲排水する。バラストポンプ吐出ラインは処理水陸揚げ接続部に繋がる移送ラインに連結し、揚地でバラスト水として積み込んだ処理水を積地において陸上へ返送する。緊急時には海水をバラストタンクに取り込めるようなラインを設ける。

(d) 不活性ガスライン

輸送船に装備された不活性ガス発生装置から、各貨物倉・全閉カバー内へ不活性ガスを送り込むことに用いる。その他、ベーパーサクションライン、バラストラインにも接続可能とし、バラストタンクの不活性化、ラインの不活性化にも使用する。

#### 4.4 HAZID 会議

NGH 輸送船の概念設計に潜在的に含まれる恐れのある危険源（ハザード）を特定するために各種専門家の参加による HAZID（Hazard Identification）会議を実施し、重大な安全上の問題点を含むハザードについては対策を立案し、NGH 輸送船の概念設計へ反映させた。

今後の NGH 輸送船の設計の各段階において、設計の詳細度に応じたリスク評価、つまり、ハザードの同定及び対策立案等を行うことにより、安全性の高い NGH 輸送船の開発（NGH 輸送船の feasibility）が可能となる。

#### 4.5 NGH 輸送船国際安全基準の検討

NGH 輸送船安全基準案について安全基準草案を含む提案文書案を作成し、国際海事機関(IMO) ばら積み液体物質及びガス小委員会(BLG 小委員会)（2009 年 3 月）に提出した。



IMO

E

SUB-COMMITTEE ON BULK LIQUIDS  
AND GASES  
13th session  
Agenda item 12

BLG 13/12  
28 November 2008  
Original: ENGLISH

#### SAFETY REQUIREMENTS FOR NATURAL GAS HYDRATE PELLET CARRIERS

##### Development of guidelines for the construction and equipment of ships carrying natural gas hydrate pellets in bulk

Submitted by Japan

#### SUMMARY

<i>Executive summary:</i>	This document provides preliminary draft guidelines for the construction and equipment of ships carrying natural gas hydrate pellets in bulk for further consideration by the Sub-Committee and proposes to establish a correspondence group
<i>Strategic direction:</i>	5.2
<i>High-level action:</i>	5.2.1
<i>Planned output:</i>	5.2.1.2
<i>Action to be taken:</i>	Paragraph 9
<i>Related documents:</i>	MSC 82/23/3; BLG 11/14/2; MSC 83/25/10; MSC 83/28, paragraph 25.6; BLG 13/INF.2; BLG 13/12/1; and MSC 84/24, annex 21

#### Background

1 Following the discussion on documents MSC 82/23/3 and BLG 11/14/2, at the eighty-third session of the Maritime Safety Committee, in document MSC 83/25/10, Japan proposed to include a new item in the work programme of the Sub-Committee with a view to developing draft guidelines for the construction and equipment of ships carrying natural gas hydrate pellets in bulk, taking the IGC Code into consideration. The Committee considered the document and agreed to include a high priority item on "Safety requirements for natural gas hydrate pellet carriers", in the Sub-Committee's work programme, with three sessions to complete the item and instructed the Sub-Committee to include the item in the provisional agenda for BLG 13.

For reasons of economy, this document is printed in a limited number. Delegates are kindly asked to bring their copies to meetings and not to request additional copies.



I:\BLG\13\12.doc

#### Preliminary draft guidelines

2 Japan prepared preliminary draft guidelines for the construction and equipment of ships carrying natural gas hydrate pellets (NGHPs) in bulk, as set out in the annex to this document for further consideration by the Sub-Committee. The underlying ideas for the development of the guidelines are explained in the following paragraphs.

#### Underlying ideas for development of guidelines

3 The following issues should be noted for the development of the draft guidelines for the construction and equipment of ships carrying NGHPs in bulk:

- .1 NGHPs are formed solid and handled as a solid bulk cargo, in principle, while they may be classified as class 2.1 "Flammable gas" as a rule;
- .2 NGHPs are carried on ships solely intended for the carriage of this cargo; and
- .3 NGHPs are carried in gas-tight cargo holds filled with natural gas.

4 The special features of NGHP carriers are cargo holds and cargo handling/transfer systems. The cargo holds are filled with natural gas when NGHPs are loaded to keep the natural gas concentration above the upper explosive limit. In this context, prevention of explosion is the essential safety measures for NGHP carriers.

5 NGHPs are handled mechanically, in principle. In this context, the requirements for "elimination of sources of ignition" may be different from those for liquefied gas carriers, in which cargos are handled by pumps. Simultaneously, elimination of oxygen in cargo spaces is the paramount safety measures against explosion, except in case of gas-free condition.

#### Conceptual design of an NGHP carrier and hazard identification meeting

6 For the purpose of preparing the preliminary draft guidelines, conceptual design of an NGHP carrier was developed and hazard identification (HAZID) meeting was held to eliminate problems of the conceptual design. The outline of the HAZID meeting is presented in document BLG 13/INF.2. After the HAZID meeting, the conceptual design has been reviewed and the up-to-date conceptual design is presented in document BLG 13/12/1. It should be noted that the design of NGHP carriers will be revised based on the guidelines which will be developed by IMO.

#### Procedure for development of guidelines in relation to review of the IGC Code

7 The IGC Code has been reviewed and new requirements for liquefied gas carriers will be developed. Some of new requirements for liquefied gas carriers may be applicable for NGHP carriers. Japan, as the first step, proposes to develop draft guidelines based on the IGC Code as amended by resolution MSC.220(82) (2006 edition) and review the draft guidelines, as necessary, after the finalization of the work for the revision of the IGC Code taking into account that the target completion dates of "Revision of the IGC Code" and "Safety requirements for natural gas hydrate pellet carriers" are 2010 and 2011, respectively (annex 21 to MSC 84/24).

I:\BLG\13\12.doc

**Establishment of the correspondence group**

8 Japan considers that the establishment of the correspondence group may be helpful for the preparation of the draft guidelines. Possible terms of references are as follows:

- .1 consider the information on the design of NHGP carriers;
- .2 identify the hazards involved in carriage of NGHPs;
- .3 clarify the necessary safety requirements for NGHP carriers;
- .4 develop draft guidelines for the construction and equipment of ships carrying natural gas hydrate pellets in bulk; and
- .5 submit a report to the next session.

Japan would like to undertake the coordinator of the correspondence group, if established.

**Action requested of the Sub-Committee**

- 9 The Sub-Committee is invited to consider:
- .1 the preliminary draft guidelines set out in the annex to this document;
  - .2 the establishment of the correspondence group (paragraph 8); and
  - .3 the establishment of the working group for this agenda at appropriate sessions.

\*\*\*

**ANNEX**

**PRELIMINARY DRAFT GUIDELINES FOR THE CONSTRUCTION AND EQUIPMENT OF SHIPS CARRYING NATURAL GAS HYDRATE PELLETS IN BULK**

**1 Scope**

These guidelines provide the information on appropriate safety measures for ships solely intended for the carriage of natural gas hydrate pellets (NGHPs) in bulk (NGHP carriers). For this purpose, these guidelines provide information on the appropriate application of the requirements in the IGC Code to NGHP carriers. Persons in charge of design, construction and operation of NGHP carriers are invited to consult with these guidelines.

**2 Definition**

For the purpose of these guidelines, unless expressly provided otherwise, the following definitions should apply:

- 2.1 "Natural gas hydrate pellets (NGHPs)" means artificially formed pellets of "natural gas hydrate". Natural gas hydrate is a crystalline solid which consists of molecules of natural gas (mainly methane) each surrounded by a cage of water molecules.
- 2.2 "International Gas Carrier Code (IGC Code)" means the International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk as adopted by the Maritime Safety Committee of the Organization by resolution MSC.5(48), as may be amended by the Organization, provided that such amendments are adopted, brought into force and take effect in accordance with the provisions of article VIII of the present Convention concerning the amendment procedures applicable to the annex other than chapter I.
- 2.3 "Cargo hold" is a space intended for the stowage of NGHPs.
- 2.4 "Cargo hold cover space" is a space above cargo holds which may be filled with natural gas.
- 2.5 "Cargo hold cover" is a structure constituting cargo hold cover space for maintaining gas-tightness.
- 2.6 "Gas machinery room" is a space containing equipment for natural gas handling.
- 2.7 "Hatchway cover" is a cover for opening of a cargo hold, which provides gas-tightness between a cargo hold and a cargo hold cover space, as necessary.
- 2.8 Area classification (Zones 0, 1 and 2) is based on the IEC 60079.

### 3 General requirements

#### 3.1 Evaluation of properties of NGHPs

Prior to shipment, properties of NGHPs should be evaluated through established procedures. In the evaluation, average dissociation rate during the voyage should be estimated based on data obtained through a test. The composition of gases contained in the NGHPs should be clarified. The possible lowest cargo temperature should be estimated taking into account the planned cargo temperature range at the time of loading and the temperature drop due to dissociation during voyage.

#### 3.2 Risk assessment

The design and operation of the NGHP carrier should be evaluated by risk analysis early in the design process. Hazard Identification should be carried out based on the design. At a minimum, due consideration should be given to the risks owing to fire and explosion related to cargo holds, cargo handling systems, other systems related to cargo and special features of the NGHP carrier.

#### 3.3 Survey and certificate of integrity of cargo containment systems

Prior to construction of an NGHP carrier, programme for survey of cargo-related systems should be established by the Administration. The programme should determine the detailed procedure for survey including tests during construction and at the time of completion. The structural integrity of an NGHP carrier, in particular of cargo-related systems, should be certified by the Administration based on the results of the survey.

#### 3.4 Ship survival capability and location of cargo holds

An NGHP carrier should be categorized as "A type 2G/2PG ship" for the purpose of application of the requirements in chapter 2 of the IGC Code, i.e. ship survival capability and location of cargo tanks.

The requirements in chapter 2 of the IGC Code need not apply to cargo hold cover spaces. In other words, a cargo hold cover may be a single skin construction<sup>1</sup>. Cargo hold cover spaces should be located at least 760 mm inboard from the outer most moulded lines of the weather deck.

#### 3.5 Cargo containment system

NGHPs may be carried in cargo holds of "integral tank" type as defined in 4.2.1 of the IGC Code provided that the structures of cargo holds are evaluated through analyses taking into account thermal stresses neglecting insulation inside the cargo holds.

Secondary barrier is not required for cargo containment system for NGHPs.

Note: The requirements for cargo containment system of types other than "integral type" may be considered later, as necessary.

<sup>1</sup> Double skin construction of a cargo hold cover may cause fire/explosion in intermediate space in the structure and makes it difficult to survey the structure for maintaining integrity.

### 3.6 Design loads and supporting structures

Design loads should be determined based on the methods accepted by the Administration, taking into account the representative loading conditions and reasonably worst ship motion. The provisions in paragraph 4.3 of the IGC Code need not apply to an NGHP carrier.

Supporting structures for cargo containment systems should be designed based on the methods accepted by the Administration taking into account the various loads acting on the structures. The provisions in paragraph 4.6 of the IGC Code need not apply to an NGHP carrier.

#### 3.7 Materials for cargo holds and ship's structure

The materials for cargo holds and ship's structure may be determined based on the recognized standards for ships carrying cargoes with low temperature. The provisions in paragraph 4.9 of the IGC Code need not apply to an NGHP carrier.

#### 3.8 Minimum requirements (IGC Code chapter 19)

The requirements for "Methane (LNG)" specified in chapter 19 of the IGC Code should apply to an NGHP carrier except that an NGHP carrier may be of "A type 2PG ship".

#### 3.9 Requirements for cargo handling

Chapter 5 of the IGC Code should be modified comprehensively for the application to an NGHP carrier. The draft modification will be submitted in a separate document to this session or to forthcoming sessions.

### 4 General modification of the requirements in the IGC Code

Unless expressly provided in these guidelines, the requirements for "cargo tanks" in the IGC Code should apply to "cargo holds" on an NGHP carrier.

Unless expressly provided in these guidelines, the requirements for "cargo pump rooms and cargo compressor rooms" in the IGC Code should apply to "gas machinery room".

"Boil-off vapours" and "cargo vapour" should be read as "dissociated gases".

"Boiling point of the cargo" should be read as "the envisaged lowest cargo temperature".

### 5 Requirements in the IGC Code not applicable to NGHP carriers

The requirements in the IGC Code listed in table 1 need not apply to an NGHP carrier. Table 1 does not refer to the requirements not relevant to an NGHP carrier including the following:

- .1 requirements for type 1G ships and for type 3G ships; and
- .2 requirements for cargo holds of types other than "integral tank".

**6 Modification/clarification of the requirements in the IGC Code**

The requirements in the IGC Code listed in table 2 should apply to an NGHP carrier with modification/clarification specified in table 2. Table 2 does not refer to the modification of "PREAMBLE".

**7 Additional requirements for NGHP carriers**

In addition to the relevant requirements in the IGC Code other than specified in paragraph 3 in these guidelines and as modified in accordance with paragraph 5 in these guidelines, the requirements listed in table 3 should apply.

**8 Special design feature and requirements**

As mentioned in paragraph 2 in the annex to document BLG 13/12/1, installation of a special enclosed room for electro-hydraulic units, which should be filled with inert gas, near "reclaimer unit" (on "trolley") has been considered in order to avoid using flexible high pressure oil piping system of extraordinary length, while placement of high voltage electric power cables in the natural gas atmosphere (Zone 0) is indispensable in that case. In the case that special enclosed room for electro-hydraulic units is installed, special requirements for high voltage electric power cables in the natural gas atmosphere (Zone 0) may have to be developed.

Furthermore, as mentioned in paragraph 5 in the annex to document BLG 13/12/1, the use of ballast tanks of NGHP carriers for dissociated water after dissociation of NGHPs has been considered. Such water probably contains natural gas and the dissolved gas may be emitted from the water by temperature rise during voyage. In this context, special requirements for prevention of explosion should be developed to permit such use of ballast tanks.

**Table 1: List of requirements which need not apply to an NGHP carrier**

Paragraph number	Note
1.1.2 to 1.1.4.1	These application provisions are not applicable for an NGHP carrier.
1.1.6 to 1.1.8	These application provisions are not applicable for an NGHP carrier.
1.5.4 to 1.5.6	The provisions for certificate is not necessary at this stage for the reason that an NGHP carrier will be realized based on the agreement of relevant authorities, at first.
3.1.5.3 and 3.1.5.4	Cargo handling systems for NGHP carriers will be designed based on the completely different concept from one for liquid cargoes.
3.5.3.1.1	Provision for "direct access" from the open deck to cargo holds is not applicable to an NGHP carrier.
3.7.2.1	This requirement is applicable only to liquid cargoes.
3.7.4	This provision allows the connection of ballast piping to pumps in the machinery spaces. Ballast pumps should be located outside the machinery spaces, similar to on oil tankers, for the reason that ballast tanks are situated adjacent to cargo holds of "integral tank" type on an NGHP carrier. (c.f. table 3)
4.10.16	Inspection for cold spots is not effective for an NGHP carrier.
6.2	The requirements for materials in the IGC Code are not suitable for an NGHP carrier. (c.f. table 3)
8.2.18	A.829(19), i.e. the guidelines for "Type C tank vent system", is not applicable to an NGHP carrier.
8.3	"Liquid level control" is not necessary because NGHPs are in solid form.
13.2 and 13.3	The requirements for "level indicators for cargo tanks" and "overflow control" are not applicable to an NGHP carrier.
15	The requirements for "filling limits for cargo tanks" are not applicable to an NGHP carrier.

Table 2: Modification/clarification of requirements for the application to an NGHP carrier

Paragraph number	Modification/Clarification
1.1.1	The purpose of this Code is to provide an international standard for the safe carriage by sea in bulk of <del>liquefied gases and certain other substances listed in chapter 19 of the Code</del> <u>NGHPs</u> , . . .
1.3.6	“Cargo area” is that part of the ship which contains the cargo containment system and cargo pump and compressor rooms ( <u>gas machinery room</u> ), <u>cargo handling system</u> , <u>cargo hold cover space</u> and includes deck areas . . .
1.3.9	“Cargoes” are <u>NGHPs and</u> products listed in chapter 19 carried in bulk by ships subject to the Code.
1.3.11	“Cargo tank ( <u>hold</u> )” is the <del>liquid</del> <u>gas</u> -tight shell designed to be the primary container of the cargo and includes all such containers whether or not associated with insulation or secondary barriers or both.
2.6.1.2	<i>“Shell plating” means outer hull other than bulkhead deck. Therefore, a cargo hold cover may be single skin construction and the cargo holds may constitute the weather deck.</i>
2.7.2	<i>Permeability of cargo space should be determined by a competent authority. It may be 0.3 to 0.6.</i>
3.1.2	Where cargo is carried in a cargo containment system not requiring a secondary barrier, segregation of hold spaces from spaces referred to in 3.1.1 or spaces either below or outboard of the hold spaces, <u>other than cargo hold cover space</u> , may be effected by cofferdams, fuel oil tanks or a single gastight bulkhead of all-welded construction forming an A-60 class division. A gastight A-0 class division is satisfactory if there is no source of ignition or fire hazard in the adjoining spaces. (c.f. table 3)
3.1.5.1	Any piping system <u>and cargo handling system</u> which may contain cargo or cargo vapour should be segregated from other piping systems, except where inter-connections are required for cargo-related operations such as purging, gas-freeing or inerting. <u>Notwithstanding of this requirement, fire line and other piping system essential for safety need not be segregated from such cargo handling system.</u> In such cases, precautions should be taken to ensure that cargo or cargo vapour cannot enter such other piping systems through the inter-connections. (c.f. table 3)
3.1.5.2	Any piping system which may contain cargo or cargo vapour should, except as provided in chapter 16, not pass through any accommodation space, service space or control station or through a machinery space other than a cargo pump room or cargo compressor space <u>or gas machinery room.</u>

Paragraph number	Modification/Clarification
3.7.4	Replace the existing 3.7.4 by the following text: “Any piping in a space adjacent to a cargo hold should not be connected to pumps in a machinery space.”
4.3	<i>Refer to paragraph 3.6 of these guidelines.</i>
4.6	<i>Refer to paragraph 3.6 of these guidelines.</i>
4.9	<i>Refer to paragraph 3.7 of these guidelines.</i>
5	<i>Refer to paragraph 3.9 of these guidelines.</i>
8.5	<i>The requirements of this paragraph are replaced by the following:</i> “Capacity of pressure relief valve for each cargo hold should be determined, to the satisfaction of the Administration, based on the anticipated dissociation rate of NGHPs taking the following conditions into consideration: (1) dissociation heat of NGHPs; (2) ambient temperature; (3) insulation of the cargo hold.”
9.1.2	A sufficient number of gas <u>sampling-points monitoring instruments</u> should be provided for each cargo <u>tank hold</u> in order to adequately monitor the progress of purging and gas-freeing. <del>Gas sampling connections should be valved and capped above the main deck.</del>
11.1.2	All sources of ignition should be excluded from spaces where flammable vapour may be present except as otherwise provided in chapters 10 and 16 <u>and in spaces not containing air/oxygen maintaining positive pressure.</u>
11.2 to 11.4	<i>Comprehensive review may be necessary on fire safety systems for cargo areas on an NGHP carrier based on the properties of NGHPs and envisaged accident scenarios.</i>
11.5.1	<del>The cargo compressor and pump rooms</del> <u>gas machinery room</u> of any ship should be provided with <u>a fixed fire extinguishing systems at the discretion of the Administration</u> <del>carbon dioxide system as specified in regulation II-2/5.1 and 2 of the 1974 SOLAS Convention, as amended.</del> A notice should be exhibited at the controls stating that the system is only to be used for fire-extinguishing and not for inerting purposes, due to the electrostatic ignition hazard. The alarms referred to in regulation II-2/5.1.6 of the 1983 SOLAS amendments should be safe for use in a flammable cargo vapour-air mixture. For the purpose of this requirement, an extinguishing system should be provided which would be suitable for machinery spaces. However, <u>in the case that a carbon dioxide system is used</u> , the amount of carbon dioxide gas carried should be sufficient to provide a quantity of free gas equal to 45% of the gross volume of the <del>cargo compressor and pump rooms</del> <u>gas machinery room</u> in all cases.

Paragraph number	Modification/Clarification
12.1.2	Mechanical ventilation inlets and outlets should be arranged to ensure sufficient air movement through the space to avoid the accumulation of flammable or toxic vapours and to ensure a safe working environment, but in no case should the ventilation systems have a <b>total</b> capacity of less than 30 changes of air per hour based upon the total volume of the space. As an exception, gas-safe cargo control rooms may have eight changes of air per hour.
13.1.1	Each cargo <del>tank</del> <b>hold</b> should be provided with means for indicating level, pressure and temperature . . .
13.5.1	Each cargo <del>tank</del> <b>hold</b> should be provided with at least two devices for indicating cargo temperatures, <del>one placed at the bottom of the cargo tank and the second near the top of the tank, below the highest allowable liquid level.</del> The temperature indicating devices should be marked to show the lowest temperature for which the cargo <del>tank</del> <b>hold</b> has been approved by the Administration.
13.6.11	In the case of flammable products, where cargo containment systems other than independent tanks are used, hold spaces, <del>cargo hold cover space</del> and interbarrier spaces should be provided with a permanently installed gas detection system . . .
16.1.1	Methane ( <del>LNG</del> <b>NGHP</b> ) is the <del>only</del> cargo whose vapour or boil-off <del>dissociated</del> gas may be utilized in machinery spaces of category A and in such spaces may be utilized only in boilers, inert gas generators, combustion engines and gas turbines.
18.2.1	The master should ascertain that the quantity and characteristics of each product to be loaded are within the limits indicated <del>in the International Certificate of Fitness for the Carriage of Liquefied Gases in Bulk provided for in 1.5 and in the Loading and Stability Information booklet provided for in 2.2.5 and that products are listed in the International Certificate of Fitness for the Carriage of Liquefied Gases in Bulk as required under section 3 of the Certificate.</del>

**Table 3: Additional requirements for an NGHP carrier**

Paragraph number	Additional Requirement
3.1.2	Cargo hold cover space and cargo holds should be separated by A-0 class deck and hatchway covers which are resistant to fire and liquids and provide gas-tightness between these spaces, to the satisfaction of the Administration.
3.1.5.1	Any piping system which does not contain cargo or cargo vapour, such as fire main piping system, should be protected from ingress of natural gas into the piping system to the satisfaction of the Administration.
4.2.7	Refer to paragraph 3.1 of these guidelines.
4.10	Welded joints of the longitudinal inner side plating and inner bottoms of cargo holds should be of the butt weld, full penetration type. For connections among longitudinal inner side plating and transverse bulkheads near engine room and fore construction, longitudinal inner side plating and upper deck should be the tee welds of the full penetration type.
4.10.6	Gas-tightness of the cargo hold cover and at the hatchway covers should be tested to the satisfaction of the Administration.
6.2	(Replacement of the requirements. See table 1) All materials of construction should be approved by the Administration.
6.3.6.1	For all cargo holds, production weld tests should generally be performed for approximately each 50 m of butt weld joints and should be representative of each welding position. Tests, other than those specified in 6.3.6.4, may be required for cargo holds at the discretion of the Administration.
6.3.7.1	Full penetration butt welds of the inner plating of cargo holds should be subjected to radiographic inspection at the discretion of the Administration.
8.2	A cargo hold cover space should be provided with pressure relief devices complying with recognized standards.
9.2.1	A shipboard inert gas generation system or shipboard inert gas storage which should be sufficient for normal consumption for at least 30 days should be installed to inert cargo holds and cargo hold cover space.
12.1.2	A gas machinery room situated below the weather deck should be provided with at least two sets of ventilation systems having separated power source.
13.5.3	If a cargo hold is provided with cooling system, the cargo hold boundaries should be fitted with a sufficient number of temperature indicating devices to establish that an unsatisfactory temperature gradient does not occur.



Paragraph number	Additional Requirement
13.5.5	In the case that a cargo hold cover space is filled with natural gas, temperature of all moving parts in the space should be monitored. If the monitored temperature of any part exceeds the threshold, which is determined based on the ignition temperature of natural gas, the operation of the relevant machinery should be suspended to prevent high temperature which could be a source of ignition.
13.6.7	A permanently installed system of gas detection and audible and visual alarms should be provided for the cargo hold cover space.
13.6.15	Notwithstanding of the requirements in this section (13.6), a fixed gas monitoring system of other type, e.g., a system based on remote sensing technology, may be installed in lieu of the fixed gas monitoring equipment required by this section, at the discretion of the Administration, provided that the reliability and effectiveness of the system is not inferior to those of the equipment required by this section.
13.7	<p><b>Detection of oxygen</b></p> <p>13.7.1 Where mechanical cargo handling system is installed in a cargo hold cover space, oxygen detection equipment acceptable to the Administration should be provided for continuous monitoring of oxygen level.</p> <p>13.7.2 Audible and visual alarms from the oxygen detection equipment, if required by this section, should be located on the navigating bridge, in the control position required by 13.1.3, and at the gas detector readout location.</p> <p>13.7.3 Oxygen detection equipment may be located in the control position required by 13.1.3, on the navigating bridge or at other suitable locations.</p> <p>13.7.4 Oxygen detection equipment should be so designed that it may readily be tested. Testing and calibration should be carried out at regular intervals. Suitable equipment and span gas for this purpose should be carried on board. Where practicable, permanent connections for such equipment should be fitted.</p> <p>13.7.5 A permanently installed system of oxygen detection should be provided for cargo holds and vicinity of doors on cargo hold cover.</p> <p>13.7.6 For the spaces listed in 13.7.5, audible and visual alarms should be activated in the control positions at the threshold concentration determined by the Administration.</p>
18.4.3.1	Where insulation is provided inside a cargo hold, special fire precautions should be taken in the event of hot work carried out in the vicinity of the cargo hold. For this purpose, gas absorbing and de-absorbing characteristics of the insulation material should be taken into account.

## 5. NGH 輸送船の実現性と今後の検討課題

### 5.1 今後の検討課題

本研究開発では、NGH の海上輸送技術の確立に向けて、各種の実験、検討等を進め、NGH 輸送船の実現に向けて様々な問題が解決された。

荷役という輸送船において最も基幹となる機能に関して、大量の MGHP を使用した種々の実験によるバルク特性の把握、確実に揚荷が行えるシステムの概念の確立、実機に機構がほぼ等しい模型による検証等を進め、NGH 輸送船の基本コンセプトを明確化できたと考えられる。

今後は実現に向けて各機器や装置の具体的な設計に対し、より詳細にその仕様や配置についての検討が必要となる。今後、基本設計や詳細設計段階で検討すべき重要事項を以下に述べる。

#### (1) 荷役装置

##### (a) リクレーマー

本研究開発により、バケット、爪等の構成要素、運転条件についての知見が得られ、リクレーマー方式が実現可能なものであることが判明した。今後、動力低減、装置の小型化のために、バケット、爪等の構成要素の最適組合せを模型もしくは実機の試験により検証し、経済的に実用的なシステムにすることが必要である。

装置の信頼性に関しては、アンローディングシステムを2系統とすることで冗長性を持たせたが、リクレーマー単体の信頼性について、実機レベルでの耐久試験によるバケットエレベータのスプロケットの摩耗やチェーンの耐久性等の検証により明確化することが求められる。

##### (b) ローディングシステム

気密装置、緊急離脱装置等について、信頼性を保ちつつ重量を考慮したより詳細な検討が必要である。

##### (c) 防爆対策

全閉カバー内で爆発雰囲気形成を排除することが特に重要である。より安全性を高めるために、他の着火源（異常高温、静電気、電気火花）を確実に排除する為の詳細な検討が求められる。

#### (2) 貨物倉への海水の浸水時の挙動把握

2重船殻構造により座礁や衝突による輸送船の安全性を確保している。しかし、万一海水が貨物倉まで浸水した場合を想定し、浸水した海水による NGHP の挙動や船体への影響を確認することは更なる安全性確保につながると考えられる。

#### (3) 緊急時船内ガス化

荷役中等にリクレーマーが故障し、ハッチカバーを閉鎖できない場合、貨物倉の NGHP をガス化処理することとなる。貨物倉内でガス化する方法及びその際の NGHP 貨物の挙動について検討が必要である。

#### (4) 消火

NGHP は、天然ガスやその他の液体燃料に比べて容易に着火せず、しかも緩やかに燃焼するという特長を有している。しかし万一大量の NGHP が燃焼した場合、その燃焼の特性や有効な消火方法については検討が必要である。

大量の NGHP を使用し、NGHP の燃焼特性を把握し、有効な消火方法に関する検討を行い、有効な消火手順や適切な消火装置の選定を行う必要がある。

#### (5) 分解水の処理方法

本研究開発では、揚地でのペレット再ガス化後の分解水を製造設備のある積地まで持ち帰ることとした。積み込まれる水は、揚地で、溶存する可燃性ガスが除去処理された処理水となっているものとしているが、処理基準や処理方法の検討が必要である。

#### (6) NGHP と MGHP の物性比較

本研究開発では MGHP を使用して試験を行った。実用化にあたっては、実際のガス田から得られる天然ガスの組成で生成された NGHP による物性試験を行い、分解速度等 MGHP との物性比較により NGH 輸送船の設計に反映する必要がある。

#### (7) NGH 輸送システムチェーン全体での経済性評価

NGH 輸送船単体における建造費用の妥当性については、製造設備・貯蔵タンク・再ガス化設備を含めた NGH 輸送システムチェーン全体での経済性によって評価される必要があり、NGH 輸送システムの適用条件によっては、本研究開発で検討した船の大きさや隻数が最適とは限らない。NGH 輸送船だけでなく NGH 実用プラントを含めた NGH 輸送システムチェーン全体で経済性を評価し、全体での最適化を図る必要がある。

### 5.2 NGH 輸送船の実現性

NGH の海上輸送技術の確立を目的に本研究開発を実施した。実施にあたって、NGH の特性に対応した検討を行ったが、経済性を考慮し、既存の技術を利用できるものは活用して開発を行った。NGHP のハンドリングという未知な技術であり、また、NGH 輸送システムの核となる荷役装置においても、石炭運搬船で採用実績のあるシステムを参考としたシステム構成とした。このことから NGH 輸送システム全体チェーンの経済性を考慮し、実用的なシステムの構築を達成したと言える。

5.1 で述べた検討課題はあるものの、このような実用的なシステムにより、具体性のある NGH 輸送船を提案できたことで技術的には実現性が高まったと考えられる。

本研究開発開始当初から製造設備や再ガス化設備の技術開発が進展している。また、経済社会環境も大きく変化し、温室効果ガス削減への世界的取組が進められている。最終的な NGH 輸送船の建造費用の妥当性評価は、同じ条件下に於ける NGH 輸送システムチェーン全体による経済性評価を待たなければならないが、本研究開発により実現へむけて大きく前進したと考えられる。

## 6. まとめ

新しい天然ガスの輸送媒体として期待される NGH の海上輸送技術の確立に向けて、NGH をペレット化した NGHP を全閉カバー式リクレーマー方式により輸送する NGH 輸送船を取り纏めた。本取り纏めでは、具体的に以下の作業を行った。

- NGHP のバルクとしての機械的特性や船体動揺による影響の有無、貨物倉内の温度分布等を実験により確認し、荷役装置開発への反映、船型開発への反映を行った。
- 実際に石炭運搬船で稼働している装置をモデルとした荷役装置により貨物払出が可能であることを荷役装置模型試験により示した。
- 荷役装置模型試験により確認された貨物払出に必要な情報を元に概念設計を行い、荷役装置を搭載した輸送船の一般配置検討を行った。
- NGH 輸送船の安全性を HAZID 会議により評価し、重大な安全上の問題点を含むハザードに基づき、その対策を NGH 輸送船の設計へ反映した。
- 運航者の意見を取り入れ、運航面での重大な問題点に対する対策を NGH 輸送船の設計へ反映した。
- NGH 輸送船安全基準案について安全基準草案を含む提案文書案を策定し、国際海事機関（IMO）ばら積み液体物質及びガス小委員会（BLG 小委員会）（2009 年 3 月）に提出した。

4 年間に亘るこれらの研究開発により、NGH 輸送船は実用化へ向けて進歩したと考えられ、本研究開発は当初の目的を達成した。わが国が世界をリードして開発を進めている NGH 輸送船更には NGH による天然ガス輸送システムの技術が、わが国の経済の発展や国民生活の向上、更には造船業の国際競争力強化に寄与することを期待する。

最後に本研究の実施にあたってご支援頂いた(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構殿、またご指導頂いた国土交通省殿に厚く御礼申し上げます。

「天然ガスハイドレート(NGH)輸送船の研究開発」

本研究開発は、平成17年～20年度の4カ年に亘り「独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構」の助成対象事業として、日本船舶技術研究協会がNGH輸送船研究開発委員会を設置して実施したものである。

そのNGH輸送船研究開発委員会委員、WG委員並びに研究にご協力いただいた方々は以下のとおりである。

(1) NGH輸送船研究開発委員会委員名簿 (敬称略、順不同)

委員 長	鈴木 英之	東京大学
委 員	石川 明	中部電力株式会社
	池田 和人	株式会社 MTI
	内田 格	株式会社 商船三井
	太田 進	独立行政法人 海上技術安全研究所
	志水 巨宣	独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構
	桑内 祐介	三井石油開発株式会社
	原田 晋	財団法人 日本海事協会
	平井 一司	三井造船株式会社
	増田 正孝	大阪ガス株式会社
	山本 佳孝	独立行政法人 産業技術総合研究所
前 委 員	小川 悦郎	大阪ガス株式会社
	小野 直人	株式会社 商船三井
討議参加者	萱島 孝一	三井造船株式会社
	川崎 達治	独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構
	島田 潔	株式会社 三井造船昭島研究所
	城田 英之	独立行政法人 海上技術安全研究所
	高沖 達也	三井造船株式会社
	寺本 祐成	三井造船株式会社
	徳山 公彦	株式会社 商船三井
	中田 崇	三井造船株式会社
	宮島 省吾	株式会社 三井造船昭島研究所
	村上 健太	三井造船株式会社
	望月 幸司	三井造船株式会社
	湯浅 伸哉	三井造船株式会社
	吉野 亥三郎	三井造船株式会社
オブザーバー	内藤 晴嗣	国土交通省海事局船舶産業課
	植村 忠之	国土交通省海事局安全基準課

浅野 富夫	独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構
辻村 一郎	独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構
日坂 仁	独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構

(2) NGH輸送船安全基準策定戦略WG委員名簿 (敬称略、順不同)

委員	太田 進	独立行政法人 海上技術安全研究所
	原田 晋	財団法人 日本海事協会
	平井 一司	三井造船株式会社
討議参加者	池田 和人	株式会社 MTI
	川崎 達治	独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構
	高沖 達也	三井造船株式会社
	剣持 良章	財団法人 日本海事協会
	城田 英之	独立行政法人 海上技術安全研究所
	菅 勇人	財団法人 日本海事協会
	中田 崇	三井造船株式会社
	本庄 三郎	社団法人 日本海事検定協会
	吉野 亥三郎	三井造船株式会社
	三宅 庸雅	社団法人 日本海事検定協会
オブザーバー	植村 忠之	国土交通省海事局安全基準課
	大西 忠聡	国土交通省海事局検査測度課
	内藤 晴嗣	国土交通省海事局船舶産業課
	浅野 富夫	独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構
	日坂 仁	独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構

(3) NGH輸送船運航システム評価WG委員名簿 (敬称略、順不同)

委員	太田 進	独立行政法人 海上技術安全研究所
	原田 晋	財団法人 日本海事協会
	平井 一司	三井造船株式会社
	池田 和人	株式会社 MTI
	内田 格	株式会社 商船三井
討議参加者	高沖 達也	三井造船株式会社
	中田 崇	三井造船株式会社
	萱嶋 孝一	三井造船株式会社
	寺本 祐成	三井造船株式会社
	福田 安芸	株式会社 MTI
	藤原 崇	株式会社 MTI
	湯浅 伸哉	三井造船株式会社
	望月 幸司	三井造船株式会社

	吉野 亥三郎	三井造船株式会社
	村上 健太	三井造船株式会社
オブザーバー	内藤 晴嗣	国土交通省海事局船舶産業課
	浅野 富夫	独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構
	日坂 仁	独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構

(4) NGH輸送船HAZID-WG委員名簿 (敬称略、順不同)

主査	有馬 俊朗	財団法人 日本海事協会
委員	太田 進	独立行政法人 海上技術安全研究所
	平井 一司	三井造船株式会社
	池田 和人	株式会社 MTI
	内田 格	株式会社 商船三井
討議参加者	剣持 良章	財団法人 日本海事協会
	城田 英之	独立行政法人 海上技術安全研究所
	高沖 達也	三井造船株式会社
	徳山 公彦	株式会社 商船三井
	中田 崇	三井造船株式会社
	萱嶋 孝一	三井造船株式会社
	寺本 祐成	三井造船株式会社
	湯浅 伸哉	三井造船株式会社
	望月 幸司	三井造船株式会社
	村上 健太	三井造船株式会社
	芳賀 寿	三井造船株式会社
	吉野 亥三郎	三井造船株式会社
オブザーバー	内藤 晴嗣	国土交通省海事局船舶産業課
	浅野 富夫	独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構
	日坂 仁	独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構

(5) 日本船舶技術研究協会 事務局

田中 圭、 岩本 泉、 中島武之、 仁平一幸、 村上好男

---

発 行	2009年3月
発行所	財団法人 日本船舶技術研究協会
住 所	〒105-0003 東京都港区西新橋一丁目7番2号 虎の門高木ビル5階
電 話	03-3502-2132
FAX	03-3504-2350
URL	<a href="http://www.jstra.jp">http://www.jstra.jp</a>
E-mail	<a href="mailto:info@jstra.jp">info@jstra.jp</a>

---