

**ClassNK**

# NKの取り組み - LNG燃料船 -

2014年9月25 - 26日

環境セミナー(天然ガス燃料船特集)

一般財団法人 日本海事協会



- IMOにおけるIGFコードの審議状況
- ClassNKの取り組み
- まとめ

## INTERNATIONAL CODE OF SAFETY FOR SHIPS USING GASES OR OTHER LOW-FLASH POINT FUELS (IGF Code)

ガス燃料及び低引火点燃料を使用する船舶の安全に関する国際規則

### IGFコード発効までのIMO審議スケジュール予測 (2014年にドラフトが最終化した場合)



～2014年 9月	Correspondence Group(CG)にて要件内容の審議
2014年 9月 CCC <sup>1)</sup> 1	要件内容確定 / Drafting Group 設置し、ドラフトの審議が最終化すれば、MSC <sup>2)</sup> 94へ提出
2014年11月 MSC <sup>2)</sup> 94	ドラフト承認
2015年 6月 MSC <sup>2)</sup> 95	IGFコード採択 (SOLASの強制コード)
2017年 1月	IGFコード発効 (MSC採択から1.5年後)

1) CCC: Sub-Committee on Carriage of Cargoes and Containers (貨物輸送及びコンテナ小委員会)

\* 2014年、BLG(ばら積液体及び気体物質小委員会)から貨物輸送及びコンテナを扱う小委員会として独立

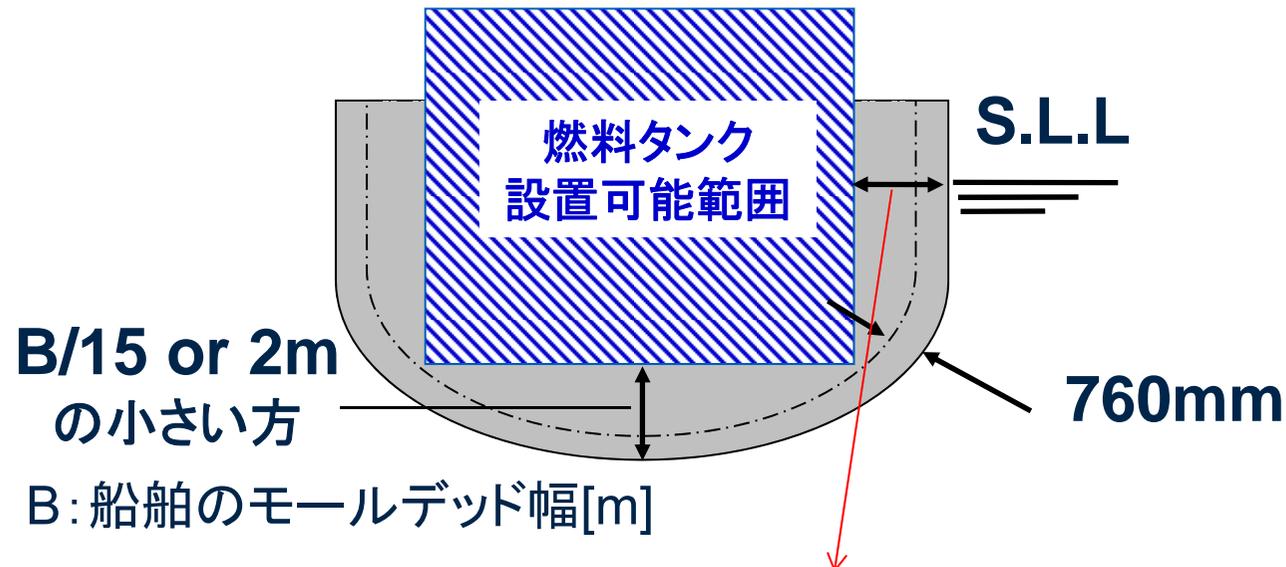
2) MSC: Marine Safety Committee (海上安全委員会)

## IGFコード - 目次

<b>Ch.1</b>	Preamble	<b>Ch.11</b>	Fire safety
<b>Part A</b>		<b>Ch.12</b>	Explosion protection
<b>Ch.2</b>	General	<b>Ch.13</b>	Ventilation
<b>Ch.3</b>	Goal and functional requirements	<b>Ch.14</b>	Electrical installation
<b>Ch.4</b>	General requirements	<b>Ch.15</b>	Control, monitoring and safety systems
<b>Part A-1</b>	Specific requirements for ships using natural gas as fuel	<b>Part A-2</b>	Additional requirements for ships using Ethyl or Methyl Alcohol as fuel
<b>Ch.5</b>	Ship design and arrangement	<b>Part B</b>	
<b>Ch.6</b>	Fuel containment system	<b>Ch.16</b>	Manufacturing, Workmanship and Testing
<b>Ch.7</b>	Material and General pipe design	<b>Part C</b>	
<b>Ch.8</b>	Bunkering	<b>Ch.17</b>	Training and operational requirements
<b>Ch.9</b>	Fuel supply to consumers		
<b>Ch.10</b>	Power generation (including propulsion and other energy converters)		

## 燃料タンクの位置

- 衝突、座礁等による船体損傷を考慮した外板からの最小距離



- ◆ 旅客船:

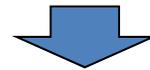
船側外板(夏季満載喫水線)から $B/5$ 又は11.5mの小さい方

- ◆ 旅客船以外の船舶:

船側外板から $B/5$ 以内への配置を認めることがある。(詳細規定なし)

## 燃料タンクの位置 (IGFコード案最終化のための検討事項)

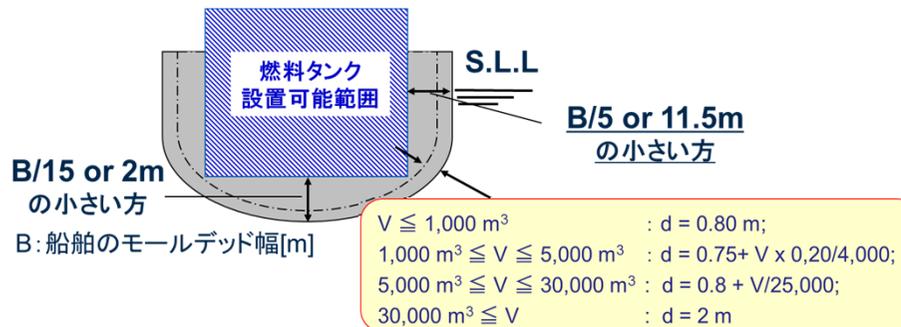
- 現案: 船体外板からの最小距離を規定  
(旅客船: IGCコード 船型1G相当、 旅客船以外: 船側からの距離は低減可能)
- 柔軟なタンク配置が望まれ、SDC(設計・建造小委員会)にアドバイスを要請



SDC1(2014年1月)の審議結果: **決定論又は確率論による設計手法**

### 決定論

- ✓ 船体外板からの最小距離



- ✓ 燃料タンク全長  $\leq$  船の長さの **[9] or [12]% (旅客船), [12] or [18]% (貨物船)**

### 確率論

- ✓ 船舶衝突時の燃料タンク損傷確率:  
 $f_{CN} = f_l \cdot f_t \cdot f_v \leq [0.01] \text{ or } [0.02] \text{ (旅客船)}$   
 $\leq [0.02] \text{ or } [0.04] \text{ (貨物船)}$   
 $f_l$ : 船の長さ方向の損傷確率  
 $f_t$ : 船の幅方向の損傷確率  
 $f_v$ : 船の垂直方向の損傷確率

**燃料タンク全長, 損傷確率の制限値についてIMO委員会にて審議**

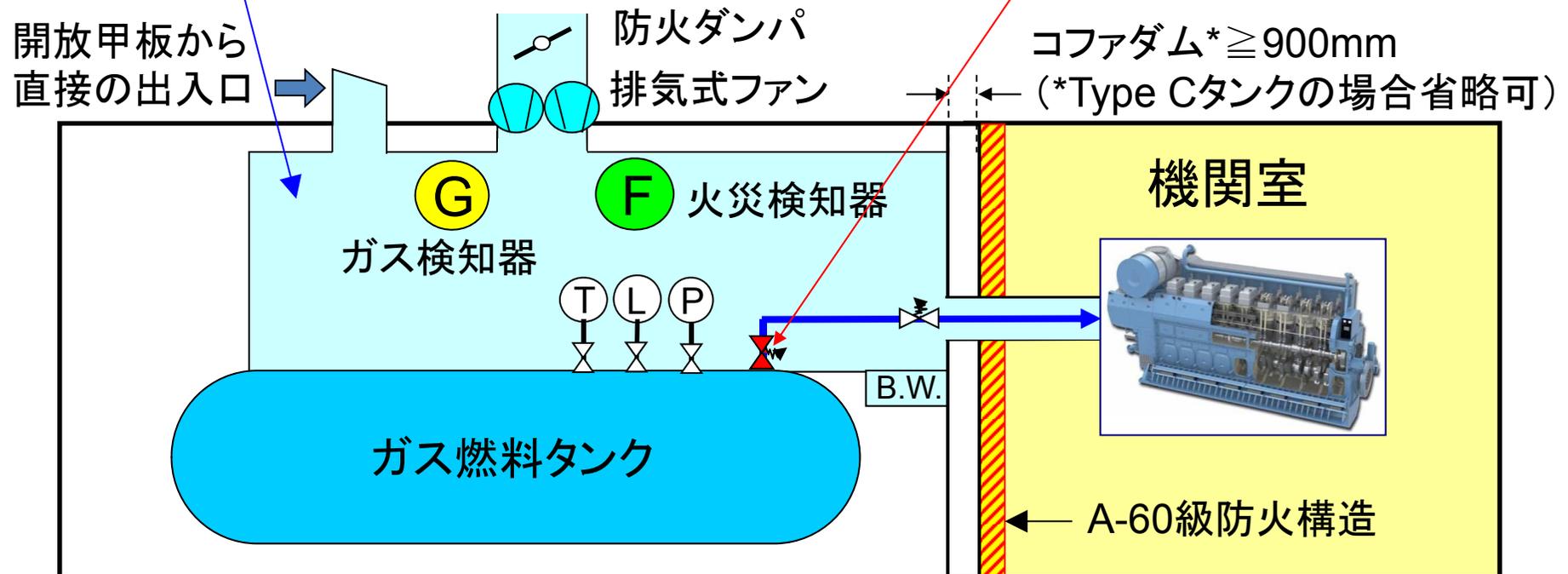
## 開放甲板下(密閉区域)の燃料タンク設置

### ■ タンクコネクションスペース:

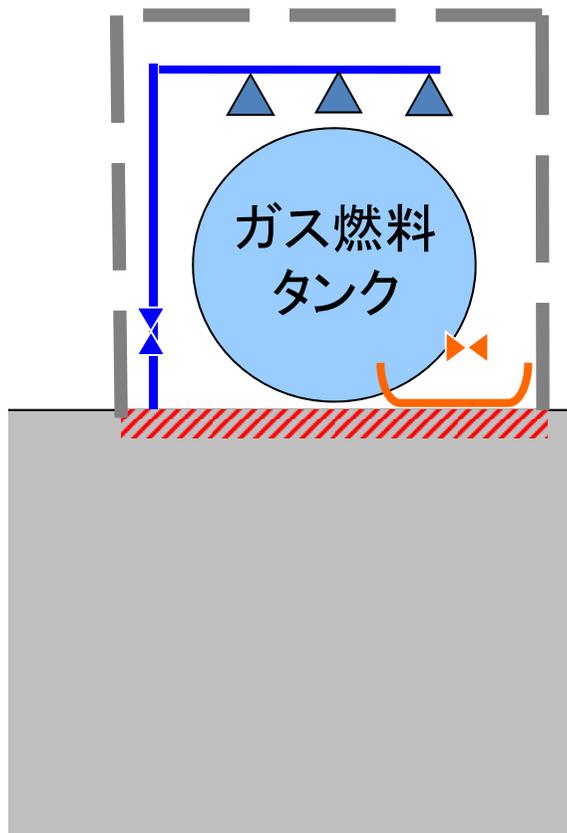
- ✓ タンク付着品(計装機器等)、タンク付弁を囲んだ区画
- ✓ 漏洩LNG / ガスの保持  
(隣接区画に対しガス密, タンクと同じ設計温度)
- ✓ 船体構造から熱的隔離

### ■ 主タンク弁遮断:

- ✓ ガス漏洩(40%LEL)
- ✓ 火災検知
- ✓ 換気機能喪失
- ✓ ビルジウェル温度低下



## 開放甲板上の燃料タンク設置



- **タンクカバー:**  
荷役作業等による外的損傷から保護
- **水噴霧装置:** タンク冷却、防火
- **ドリップトレイ:**  
配管接続部下船体鋼板の低温保護
- **ガス安全区域との境界:** A-60防熱等

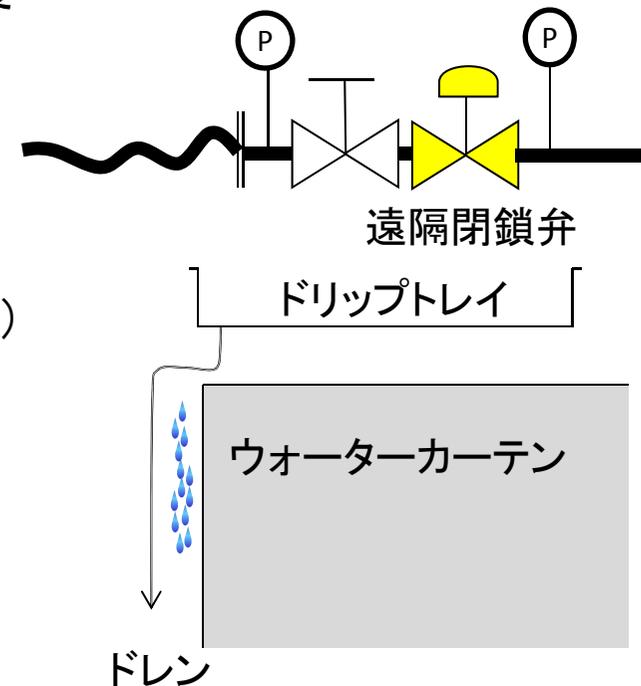
## 燃料の補給

### ■ 燃料補給ステーション

- ✓ 自然通風が十分に行われる場所に配置  
(閉鎖又半閉鎖場所に配置する場合、換気装置、ガス検等を考慮)
- ✓ 漏出液の安全な管理
- ✓ 漏洩時の船体構造の低温損傷に対する保護

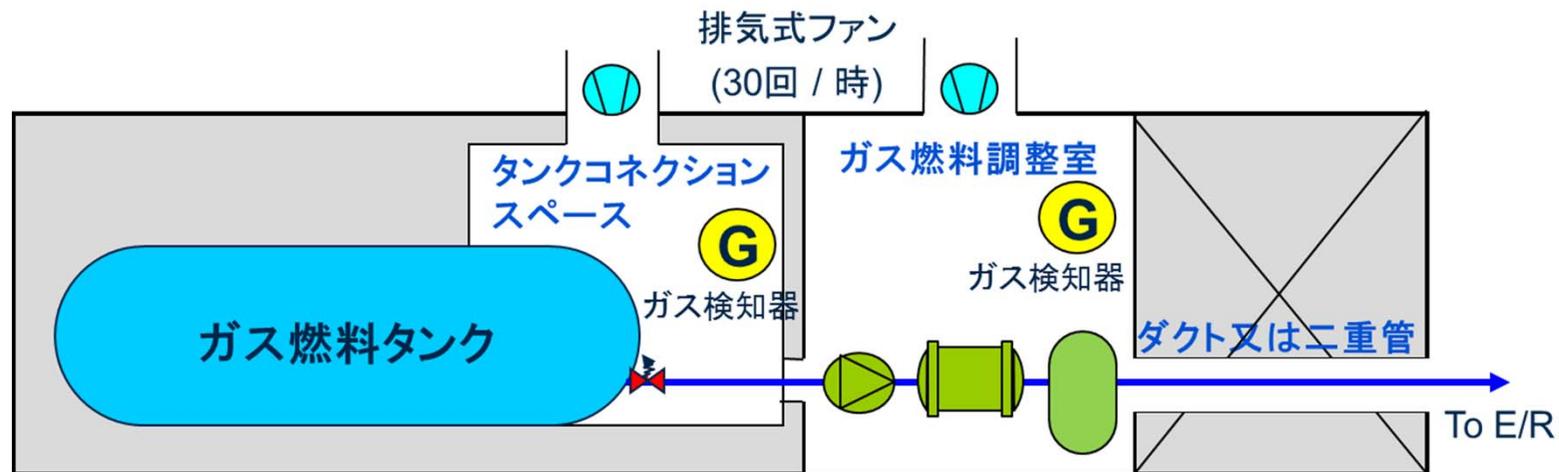
### ■ 燃料補給装置

- ✓ 遠隔閉鎖弁(制御場所からの遠隔閉鎖、燃料タンク高液面/補給配管ガス漏洩時自動閉鎖)
- ✓ 補給配管のパージング(N<sub>2</sub>等)設備
- ✓ 固定式ドライケミカル粉末消火装置, 持ち運び式粉末消火装置(専用)



## ガス燃料管装置

- 配管材料,強度: 液化ガス船の貨物管 (IGCコード)と同様の要件
- 機関区域外の設置:  
居住区、業務区域、制御場所等ガス安全場所内の設置は不可  
→ タンクコネクションスペース, ガス燃料調整室, ダクト内に設置

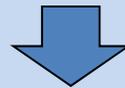


- 機関区域内の設置: 「ガス安全機関区域」, 「ESD保護機関区域」に分け、それぞれ求められる安全要件を規定

## 機関区域のコンセプト

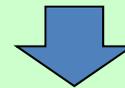
- 「ガス安全機関区域」、「ESD保護機関区域」の2通りを設定

◆ ガス安全機関区域：  
機関室内のガス燃料供給管をガス密の二重管またはダクトで囲う



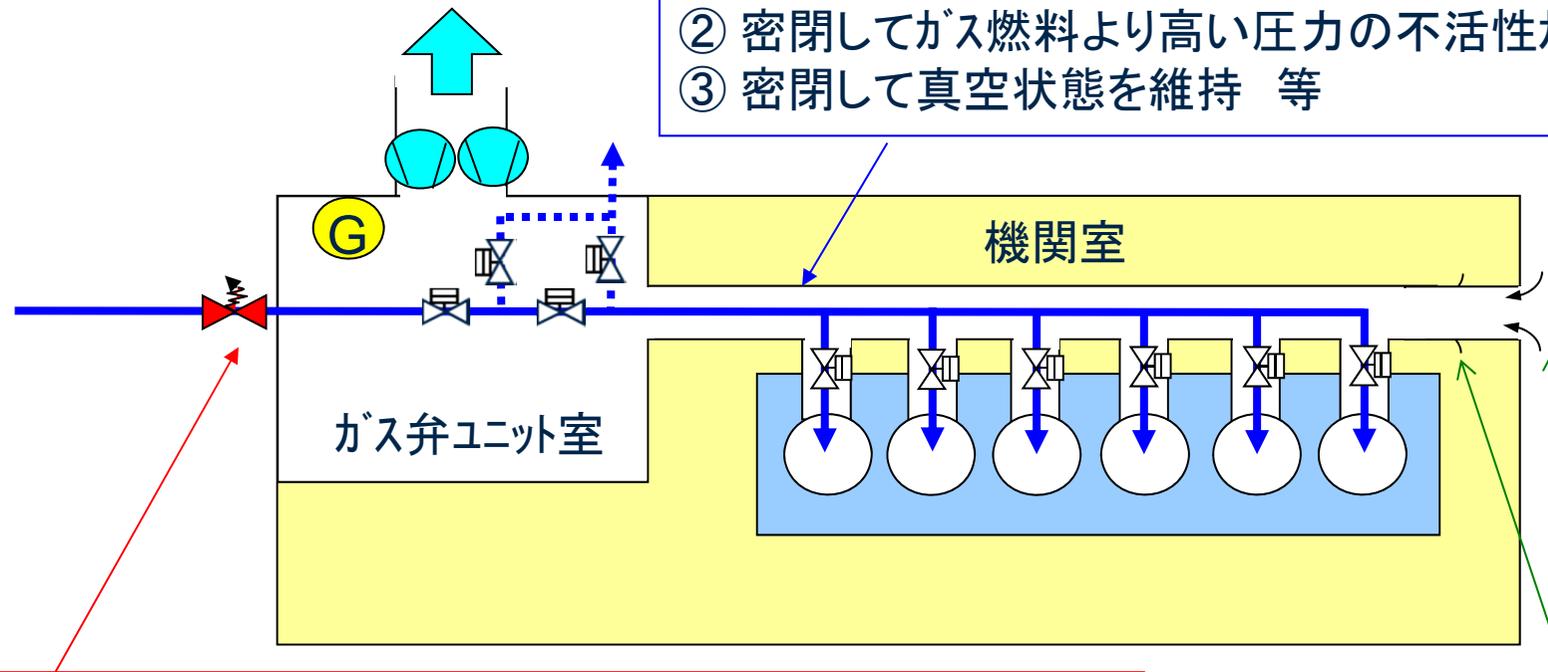
ガスシステムの単一故障で機関室内にガスを漏洩させない

◆ ESD保護機関区域：  
機関室内のガス燃料供給管は単管で構成（二重管、ダクト無し）



ガスが漏洩した場合、ガス供給及び電気機器（着火源）を遮断

## ガス安全機関区域



### ■ 二重管またはダクトスペース:

- ① 排気ファン(30回/時)で常時換気 or
- ② 密閉してガス燃料より高い圧力の不活性ガス充填 or
- ③ 密閉して真空状態を維持 等

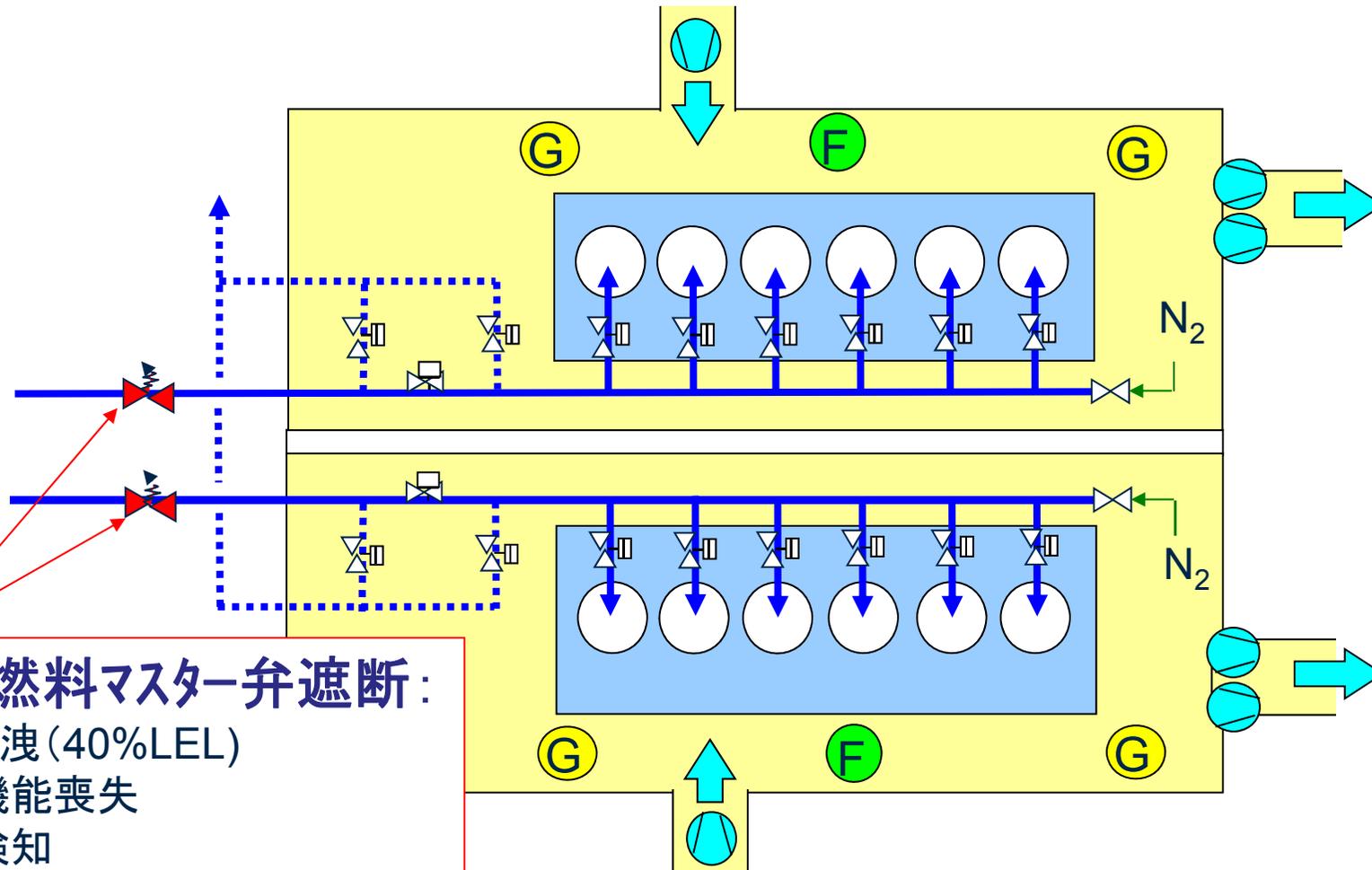
### ■ ガス燃料マスター弁遮断:

- ✓ ガス漏洩(40%LEL)
- ✓ ①換気機能喪失 or ②不活性ガス圧低下 or ③真空喪失
- ✓ 機関室内火災検知
- ✓ ガス燃料圧力低下
- ✓ エンジン非常停止(手動)

### ■ 空気取り入れ口:

- ✓ 低圧ガスシステム( $\leq 10\text{bar}$ ): 機関室内開口で可
- ✓ 高圧ガスシステム( $> 10\text{bar}$ ): 大気中に開口

## ESD保護機関区域



### ■ ガス燃料マスター弁遮断:

- ✓ ガス漏洩 (40%LEL)
- ✓ 換気機能喪失
- ✓ 火災検知
- ✓ ガス燃料圧力異常
- ✓ エンジン非常停止 (手動)

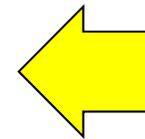
+ 機関区域内の非防爆電気機器を遮断

- IMOにおけるIGFコードの審議状況
- ClassNKの取り組み
- まとめ

## 国内検討委員会等への対応

### ■ 天然ガス燃料船の普及促進に向けた総合対策検討委員会(国交省)

- ◆ 燃料移送等検討委員会
- ◆ 航行安全検討委員会
- ◆ 海上防災検討委員会



**ClassNK**

技術協力

・船級としての知見

成果物(国土交通省HPにて公表)

- ① LNG燃料移送ガイドライン・オペレーションマニュアル
- ② 高圧ガスサプライシステムの安全要件
- ③ 天然ガス燃料船の入渠に係る要件
- ④ 燃料供給を受けない天然ガス燃料船の航行・入出港時の安全要件



実証実験に用いた模擬プラント



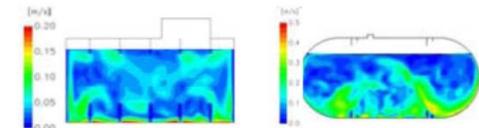
高圧配管(二重管)



二重区画内サクシオンファン



ガス検知器



(容量8,000m<sup>3</sup>矩形タンク) (容量2,000m<sup>3</sup>円筒形タンク)

LNG供給後の流速分布(例)

【高圧ガスサプライシステム パイロットプラント】

【LNG燃料タンク ロールオーバー】15

## 共同研究開発

### ■ 共同研究開発等で技術的課題解決へ貢献

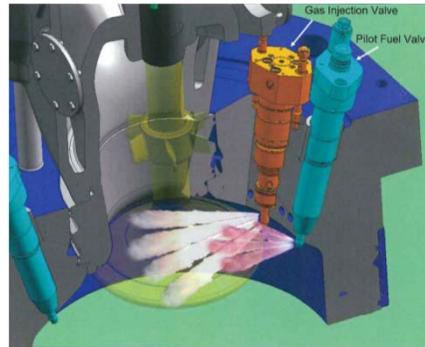
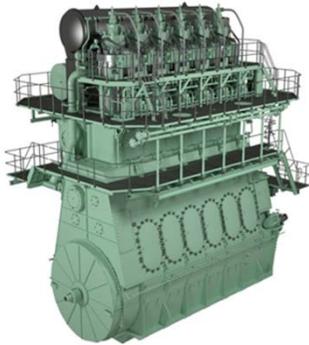
■ LNG燃料船の燃料タンク等に関する研究	船技協, IHI MU, 今治, KHI, 名村, MES, MHI, ユニバーサル, K-Line, MOL, NYK, MTI
■ LNG燃料外航船の実用化に向けた調査研究	JMS
■ タグボート燃料のLNG化に関する調査研究	JMS, TLT
■ LNG燃料タグボートに関する研究開発	NYK, 京浜ドック, 新潟原動機
■ ガス噴射式低速機関へのガス燃料供給システムの安全性の立証と向上の研究	MES, MOL
■ Type-B燃料タンクの甲板上設置に関する実用化研究	MHI
■ LNG燃料タンクのタンクタイプ及びタンク材質の選定に関するF/S	MHI
■ 外航LNG燃料船及びLNGバンカー船の試設計に関連する研究開発	MHI, NYK, JMS
■ 船用デュアルフューエルエンジンの開発	ダイハツ
■ 天然ガス燃料機関を備えた内航LNG運搬船兼バンカー船に関する試設計	神戸船舶、檜垣、三和ドック、泉鋼業、ダイハツ

## ■ LNG燃料タグボートに関する研究開発

- ◆ 基本設計(推進システム、燃料システムの配置等)を構築
- ◆ 安全要件(IGFコード(案)、NKガイドライン)の適合性を確認
- ◆ 今後の課題: ベントマストの配置, タグボートの操船性を満足するDFエンジンの開発, 船価、オペレーションコストの試算 等



## ■ ガス噴射式低速機関へのガス燃料供給システムの安全性の立証と向上の研究



### MITSUI – MAN B&W ME-GI Engines

Two Stroke Low-speed Gas Injection type Dual Fuel Engine

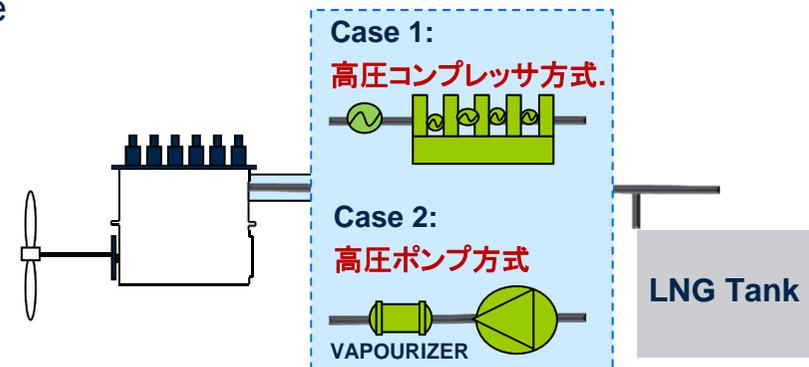
### 高圧ガス燃料供給システム(abt. 300bar)

#### 課題:

- ✓ 高圧燃料ガスの漏洩防止
- ✓ 各種実運転モード時の安定確認
- ✓ 制御故障時のシステム挙動予測

#### 優位性:

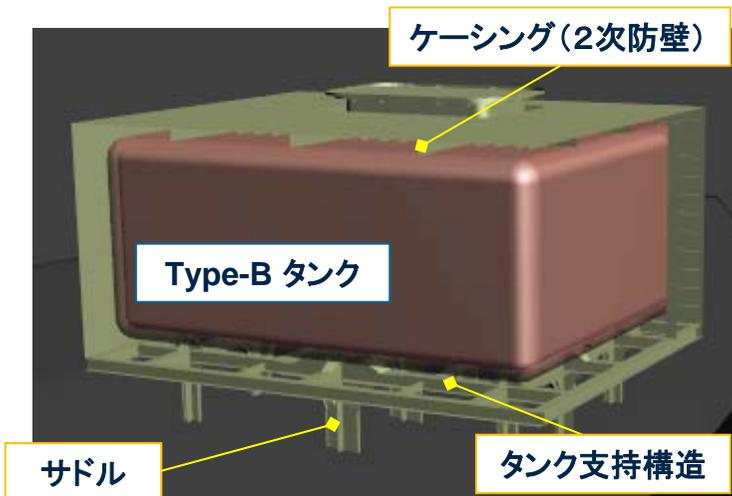
- ✓ 高い熱効率
- ✓ SOx, NOx, CO<sub>2</sub>排出低減
- ✓ 燃焼安定性(ノッキング無し)
- ✓ メタンスリップほぼゼロ



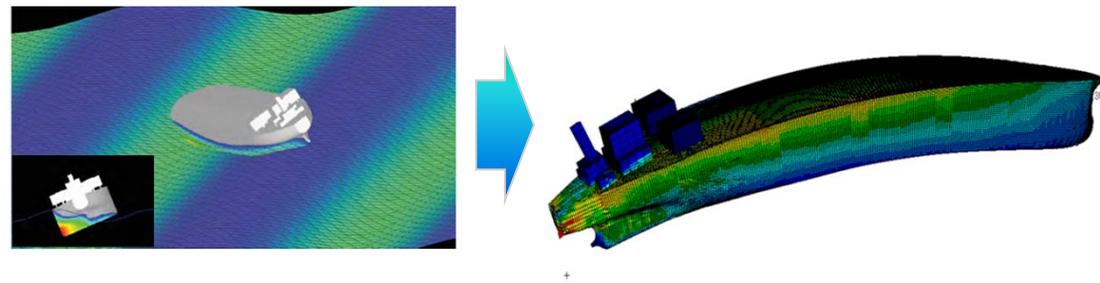
- ◆ リスク評価(HAZID, HAZOP)を実施し、以下を確認
  - ✓ 特定されたハザードに対する対策により安全性の向上
  - ✓ ガス燃料供給システム異常時、燃料油運転への切替により安全航行の確保

## ■ Type-B燃料タンクの甲板上設置に関する実用化研究

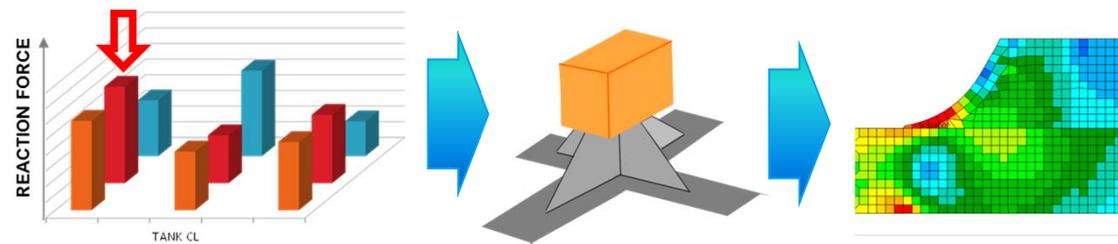
- ◆ 開放甲板上に2000m<sup>3</sup> Type B方形LNG燃料タンクを2基搭載した試設計
- ◆ LNG燃料タンク、ケーシング、タンク支持構造が実用可能であることを確認



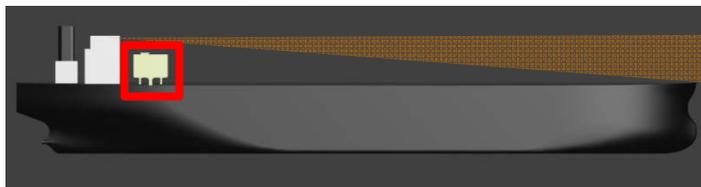
直接強度計算による降伏座屈解析



直接強度計算による疲労強度解析



視界性



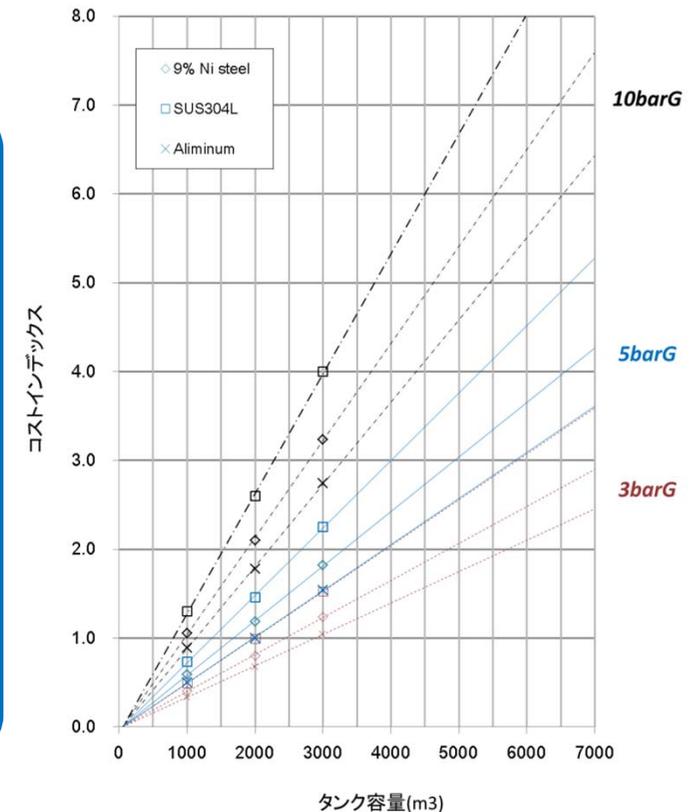
## ■ LNG燃料タンクのタンクタイプ及びタンク材質の選定に関するF/S

- ◆ 経済性に優れたLNG燃料船の建造を促進するため、設計パラメーター(材質/タンク容量/設計圧力/タンクタイプ)の組み合わせに対しコスト分析\*を実施

\* ①素材、②工費、③検査費をコスト分析の対象とした

### コストインデックス

- 材質 (2000m<sup>3</sup>, 5bar, Cylindrical Type C Tank):  
Aluminum: SUS304L: 9%Ni St. = **1: 1.5 : 1.2**
- タンク容量 (5bar, Aluminum, 円筒形Type Cタンク):  
比例関係で、100m<sup>3</sup> 当り **5% コスト増減**
- 設計圧力 (2000m<sup>3</sup>, Aluminum, 円筒形Type Cタンク):  
比例関係で、1barの変化に対し **16% コスト増減**
- タンクタイプ (2000m<sup>3</sup>, 5bar, Aluminum製タンク):  
方形Type Bタンクが円筒形タイプCに比べて **50%のコスト増**



## ■ 「ガス燃料船ガイドラインVer.2」発行 (2013年12月)

- ◆ IGFコード発効前のガス燃料船設計のための指針
- ◆ 天然ガス燃料のみ適用
- ◆ 構成: IGFコード案(2013年BLG17案) + NKの解釈
- ◆ IGFコード審議状況、新技術の発展を考慮し定期的に見直し
- ◆ ClassNK Home Page (<https://www.classnk.or.jp>) に掲載  
(ホーム > 業務サービス > 船級関連 > 規則・要領 > ガイドライン)



## ■ 関連設備、技術に対する概念承認(AIP)



- IMOにおけるIGFコードの審議状況
- ClassNKの取り組み
- まとめ

- LNG燃料船の基本技術は開発されており、技術的には十分対応可能
- 世界的な普及(特に外航船)には、包括的な対応(燃料供給インフラ整備、政府支援等)が必要
- ClassNKは、以下の活動を通じてLNG燃料船の実用化に貢献
  - ◆ 規則整備(IGFコード策定に向けた議論、最新の「ガス燃料船ガイドライン」発行)
  - ◆ 業界との共同研究開発
  - ◆ 関連設備、技術に対する概念承認(AIP)
  - ◆ 船舶の安全性の面から技術的アドバイス

**THANK YOU**

**for your kind attention**

