

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

2014年 3月

LNG燃料船勉強会

1. 研究の目的
2. 試設計検討プロセス
3. 試設計結果
4. コンセプト図（3Dモデル）
5. まとめ

1. 研究の目的

[背景]

- ◆ 燃料費高騰や環境規制の強化 (NO_x, SO_x, GHG, etc.) による、LNG燃料船への期待の高まり。
- ◆ 大型LNG燃料船の建造に伴うLNGバンカー船のニーズの増加が見込まれる。
- ◆ 内航LNG輸送の拡大の可能性。



[研究の目的]

LNG燃料機関を備え、内航LNG輸送及びLNGバンカーリングを行える船舶の試設計を行うことにより、環境保全とLNGの安定輸送・供給に寄与できる船舶の実用化のための技術向上に資する。

2. 試設計検討プロセス

BASE SHIP

現在内航LNG輸送
に従事している船舶



- LNGを燃料として利用
- 電気推進方式の採用
- LNGバンカー船の要件



[概略仕様]

船 種 : 3,500 m³ LNG運搬船兼バンカー船
想定航路 : 京浜～釧路 (605マイル) (LNG輸送)
航行区域 : 沿海区域 (非国際)
速 力 : 13.0 knots
推進方式 : 電気推進方式
主発電機関 : 二元燃料機関
貨物タンク方式 : 独立型タンクType C

[二元燃料機関のメリット]

- ◆ IMO NO_x 三次規制に適合
 - ・ ECA域内：ガスモードでNO_x 三次規制に適合
(SCR等の後処理装置不要)
 - ・ ECA域外：燃料油でNO_x 二次規制に適合
- ◆ 燃料の冗長性
 - ・ 価格次第で燃料を選択出来る柔軟性
 - ・ ガスモードで運転できない場合でも燃料油で運航可能
- ◆ ガス専焼機関に比べてLNG燃料タンクを1基にできる。



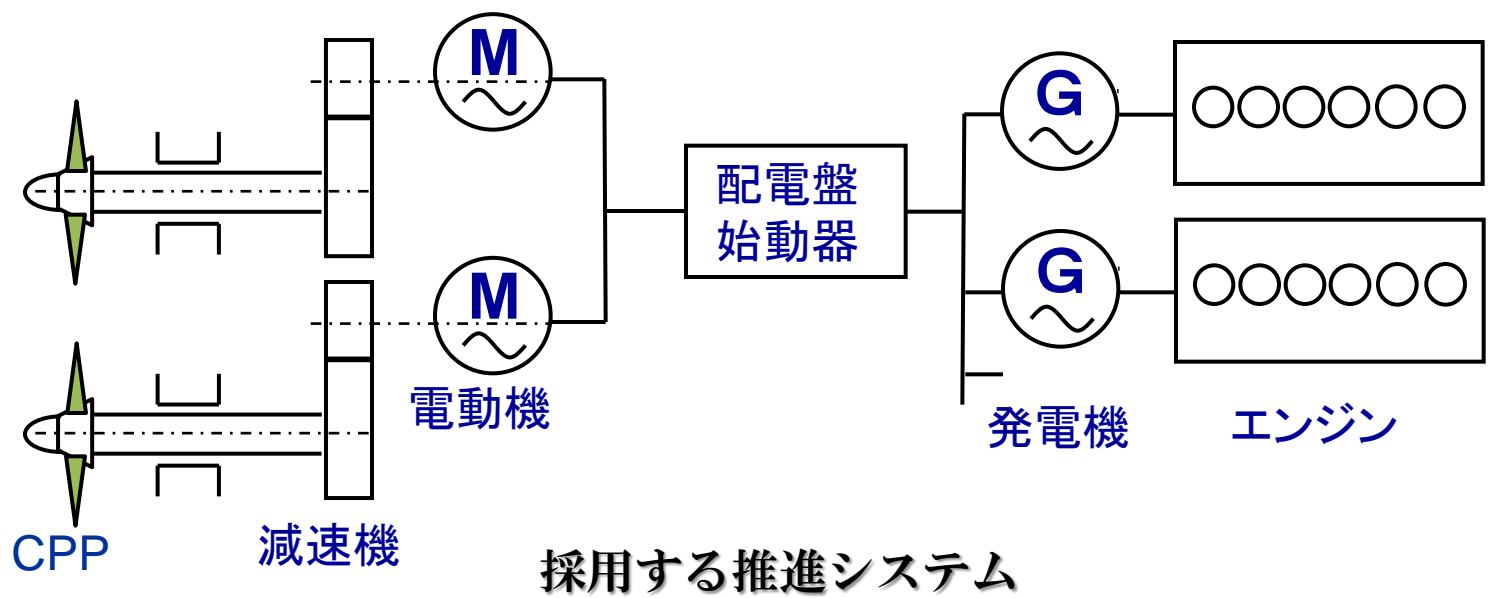
デュアルフューエル機関を採用

2.3 推進システム方式の選択

[推進システム検討]

軸 数 : 1軸 or 2軸
プロペラ : FPP (INV.) or CPP

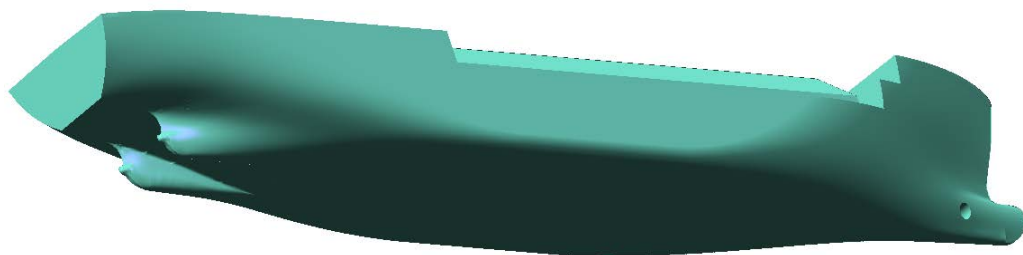
- ・ 低速航行、操船性に優れる 2軸電気推進方式
 - ・ 経済性に優れる CPP方式
- } を選択



[船型の検討]

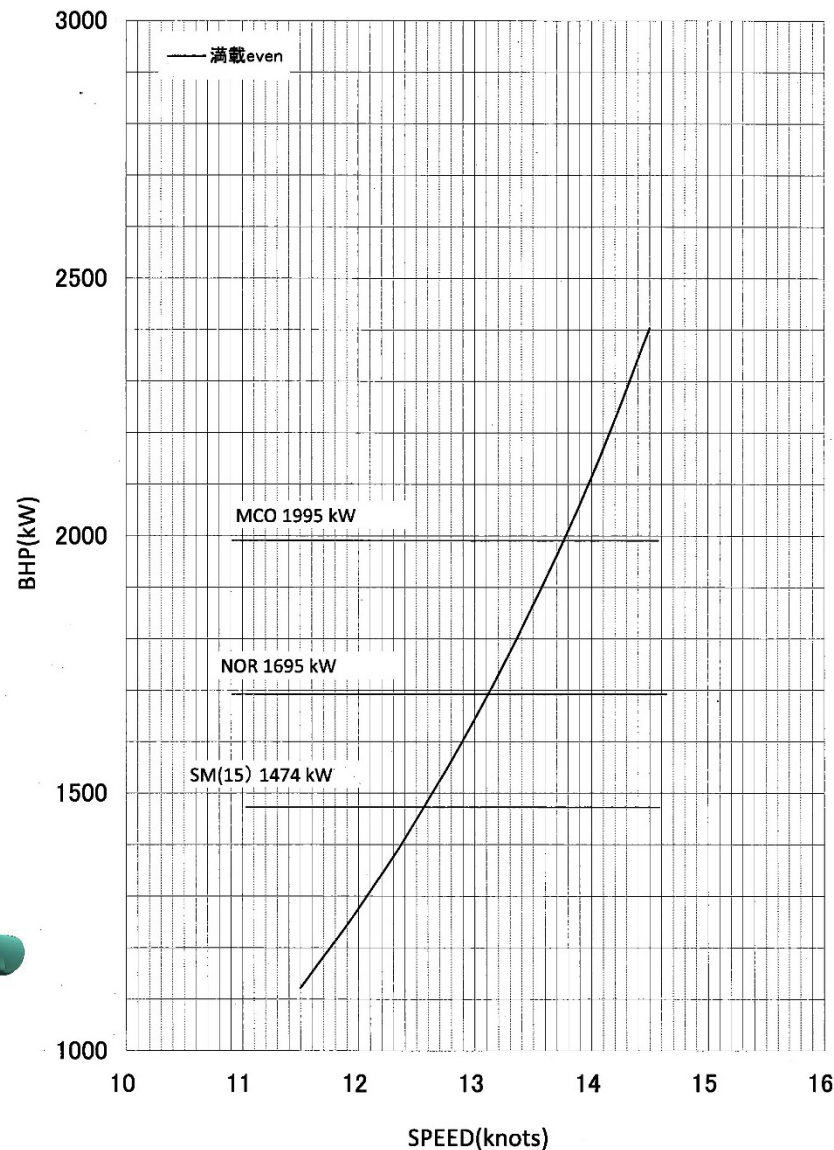
- ◆ ベースシップの船型を2軸双船尾船型に見直し
- ◆ 船型性能解析
- ◆ 船速の確認 (13.0 Knots以上)

NOR時の推進出力 (電気出力ベース)
1,695 KW



使用した船型モデル

船尾双胴船性能推定
BHP/DHP=1/0.893



2.5 必要発電能力の算定

[必要発電能力]

- ◆ 推進性能 : MCRにおける推進出力(電気出力ベース) = 1,995KW
- ◆ 船内所要電力 : 航海中 = 235KW 出入港時 = 735KW
- ◆ 伝達効率 : 89.3% (電気推進効率)
- ◆ 運転条件 : NOR時に負荷率85%にて3台運転
(+1台のスタンバイ機を装備する)



NOR時の必要電力
1,930KW



発電機1台当り
757KW以上

	MCR	NOR	出入港	停泊	積荷	揚荷
推進用出力(KW)	1,781	1,514	534	0	0	0
推進用電力負荷(KW)	1,995	1,695	599	0	0	0
船内所要電力(KW)	235	235	735	160	315	514
合計必要電力(KW)	2,230	1,930	1,334	160	315	514
発電機台数	4	3	3	1	1	1
負荷率	74%	85%	59%	21%	42%	68%

[検討ケース]

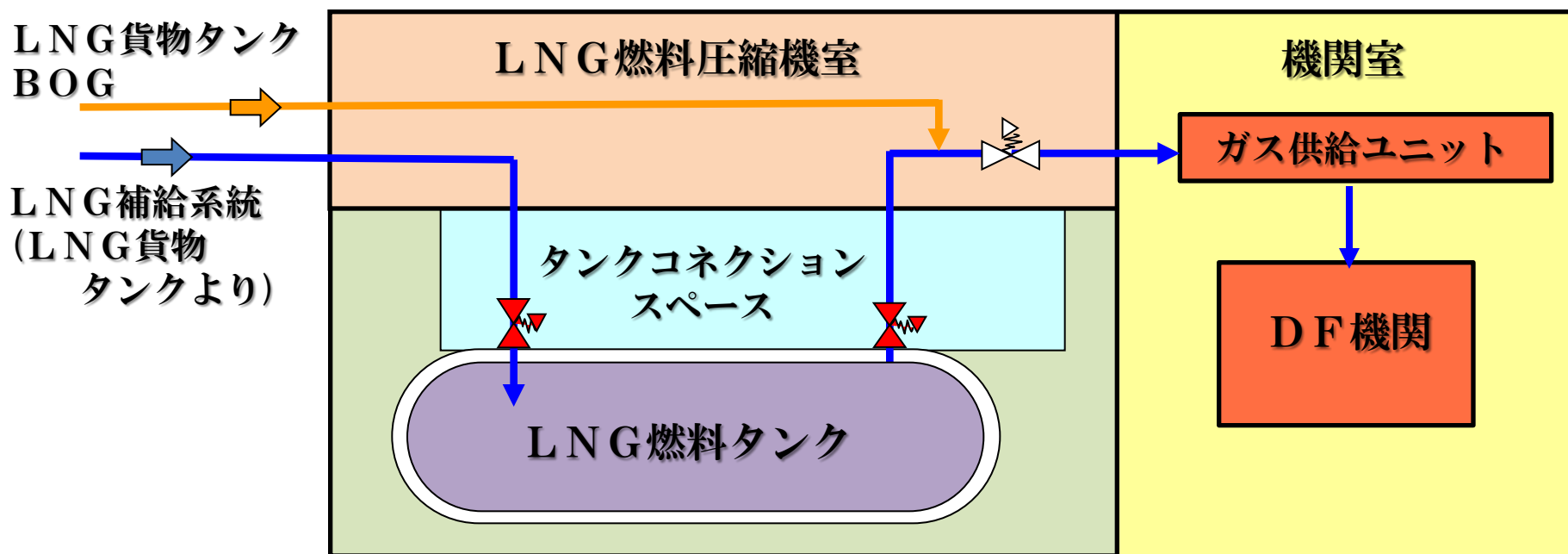
採用

	Case 1	Case 2	Case 3
LNG燃料タンク	無し	有り	有り
再液化装置	無し	無し	有り
ガス圧縮機	有り	有り (小容量)	無し
加圧蒸発器	無し	有り	有り
検討結果	LNG燃料の安定供給が難しい	LNG安定供給可能 設備の最小化	LNGシステムの複雑化 建造コストが高い

[基本方針]

- ◆ 「ガス安全機関区域」を選択 (IGF Code 6章)
- ◆ LNG燃料はLNG貨物タンクからLNG燃料タンクへ適時補給する。
- ◆ 再液化装置は装備しない。
- ◆ LNG燃料タンクは実績のある独立型タンクType Cを採用
- ◆ LNG貨物タンクで発生するBOGも燃料として利用する。

[区画配置]



※ LNG燃料圧縮機室、タンクコネクションスペース

- ◆ 毎時30回以上の排気式通風装置を備える
- ◆ 区画内へのアクセスは暴露甲板上から行う。

[LNG燃料タンク]

- ガスモード時 13 knotsで航続距離 660 milesを賄える容量。
 - ◆ タンク構造 : 真空二重殻構造
 - ◆ 設計圧力 : 10 bar (IGF Code 7章)
 - ◆ 容 量 : 38 m³

[A重油燃料タンク]

- ガスモード時のパイロット燃料として使用。
- ディーゼルモード時 (緊急・回航時) 約900 miles分を賄える容量。
 - ◆ タンク構造 : 重力式 (ダブルハル構造)
 - ◆ 容 量 : 32 m³以上

[基本方針]

- ◆ 蓄圧方式を採用し、再液化装置は装備しない。
- ◆ 内航LNG運送を念頭に設計圧力を設定する。
- ◆ 約3時間で荷役およびバンカー可能な荷役システムを装備する。

[仕様]

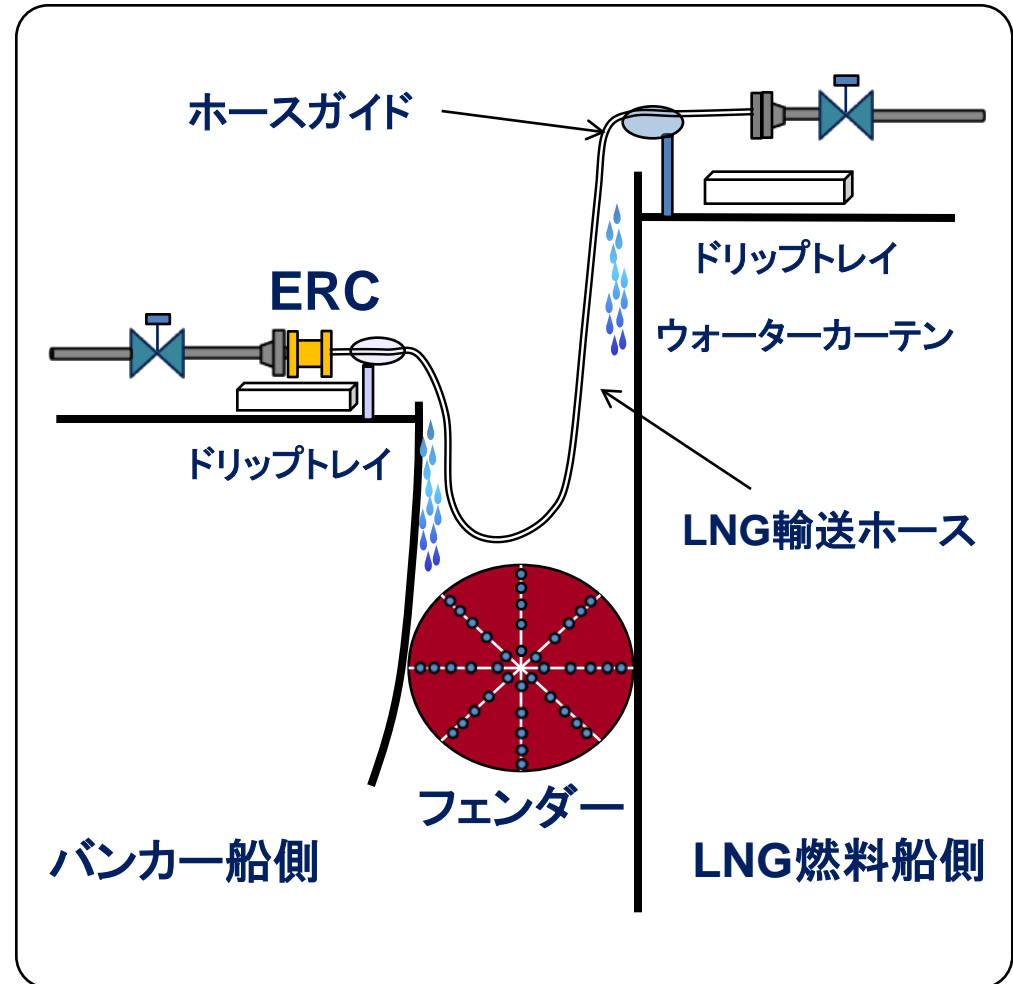
- ◆ LNG貨物タンク容量 : 3,500 m³
- ◆ 貨物タンク型式 : 独立型タンクType C
- ◆ 設計圧力 : 7.0 bar (航続可能日数21日)
- ◆ 荷役(バンカリング)能力 : 1,200 m³/h

[ハード面の課題]

- ◆ 船舶間の乾舷差に対応
(マニホールド高さ、etc.)
- ◆ 相手船のBOGの処理方法
- ◆ 二船間の係留方法

[ソフト面の課題]

- ◆ バンカリング手順の確立
- ◆ 緊急離棧方法の確立
- ◆ リスクアセスメント
- ◆ 船員訓練、資格
- ◆ LNG移送管理体制
- ◆ 海上防災体制



LNGバンカリングのイメージ

IGF Code

1章 序文	10章 船体構造
2章 一般	<u>11章 火災安全</u>
<u>3章 機能要件</u>	<u>12章 防爆</u>
<u>4章 一般要件</u>	13章 通気装置
5章 燃料管装置	14章 電気設備
6章 燃料の使用	<u>15章 制御、監視及び安全装置</u>
7章 燃料の貯蔵	16章 代替設計
8章 燃料の供給	17章 製作、組立及び検査
9章 燃料の補給	

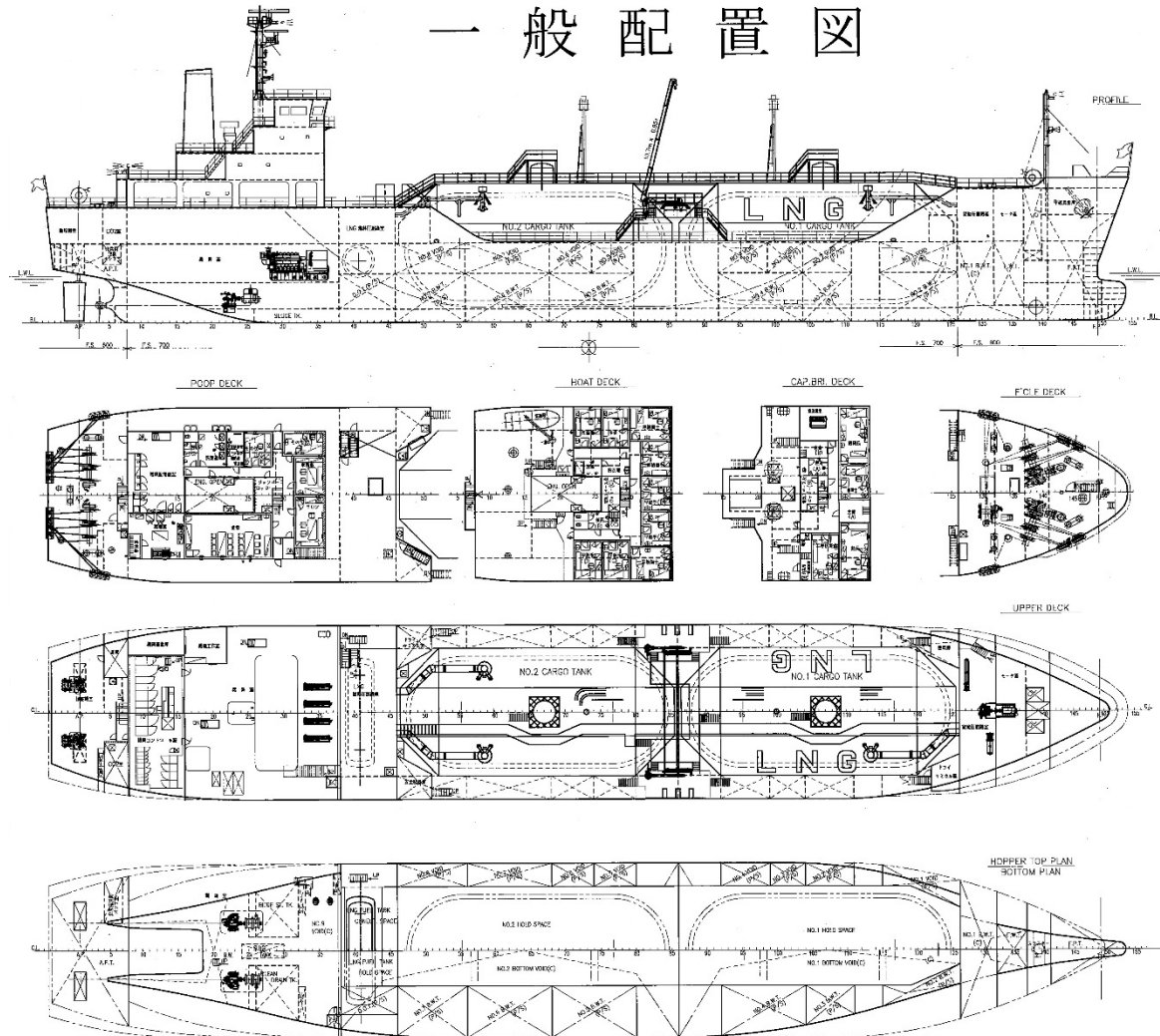
※ 実際の建造時には、特に上記の朱書きの章について追加検討を行う必要がある。

3. 試設計結果

3. 1 船体部要目

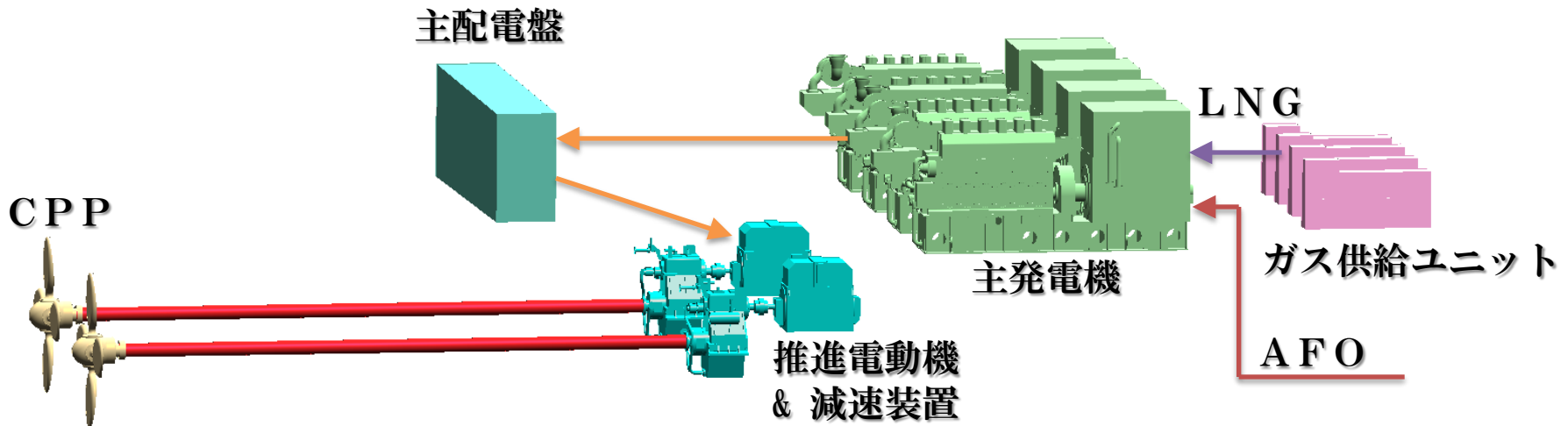
船体部主要目	
船種	LNG燃料焚き LNG運搬船 兼 バンカー船
総トン数	約 5,200トン
Loa	107.80 m
Lpp	101.40 m
B	17.20 m
D	7.80 m
d	約 4.60 m
DW	約 2,650トン
速力	13.0 knots (85%NOR)
貨物容量	3,500 m ³

一般配置図



3. 2 機関部要目

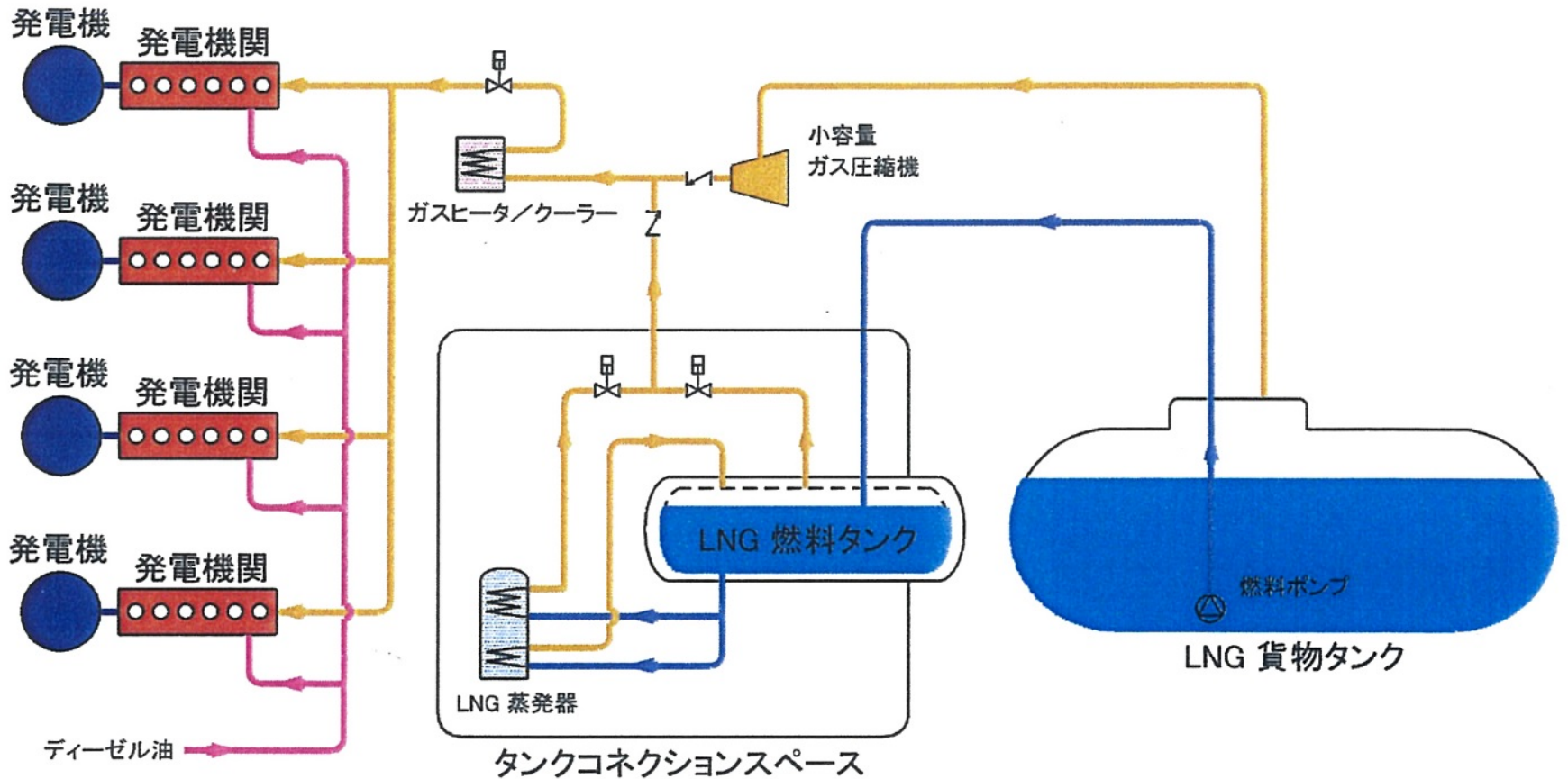
機関部主要目 (推進装置)	
推進方式	電気推進方式
主発電機関	デュアルフューエル機関 出力：796 kw x 900min ⁻¹ x 4基
発電機	三相交流450V ブラシレス発電機 [IP44] 出力：757kw x 8P x 900min ⁻¹ 60Hz x 4基
推進電動機	三相交流450V 誘導電動機 [IP44] 出力：950kw x 6P x 1200min ⁻¹ 60Hz x 2基
減速装置	縦異芯型 スラスト軸受内蔵 x 2基
推進装置	可変ピッチプロペラ装置 x 2基



3. 3 LNG燃料供給設備要目

LNG燃料タンク	
型式	半楕円体形鏡付横置円筒型 IMO独立タンクType C
防熱方式	パーライト真空断熱
総容積	3 8 m ³
基数	1 基
設計圧力	1 0 bar
設計最低温度	- 1 6 3 °C
使用材料	内槽 SUS304, 外槽 SUS304
LNG燃料ガス供給システム	
計画ガス供給量	約 5 0 0 Nm ³ /h (MCR時)
計画ガス供給圧力	5.5 ~ 6.5 bar
計画ガス供給温度	5 ~ 4 0 °C
加圧蒸発器	5 0 kg/h
LNG蒸発器	5 0 0 kg/h

3. 4 LNG燃料システム系統図

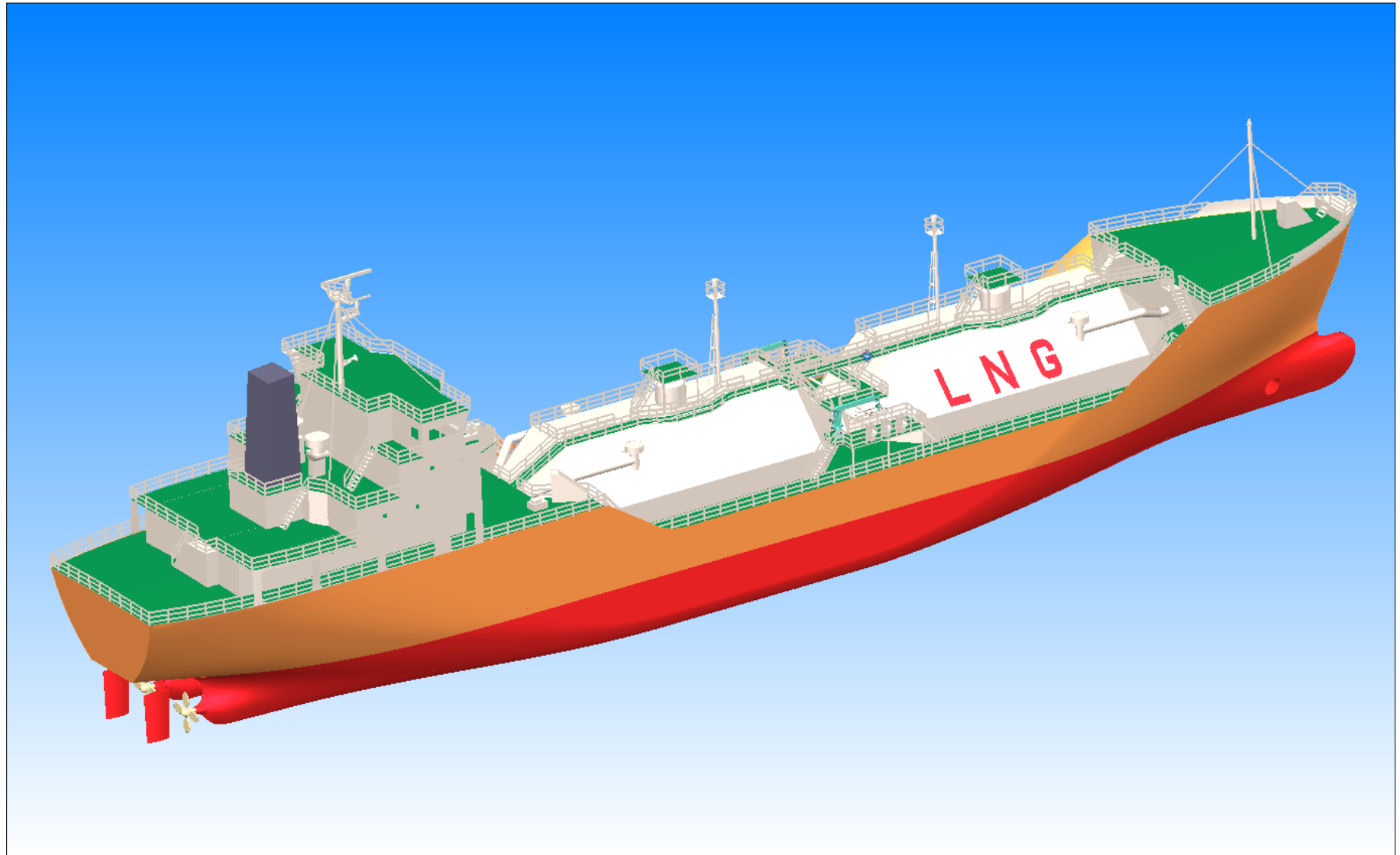


3.5 LNG荷役設備要目

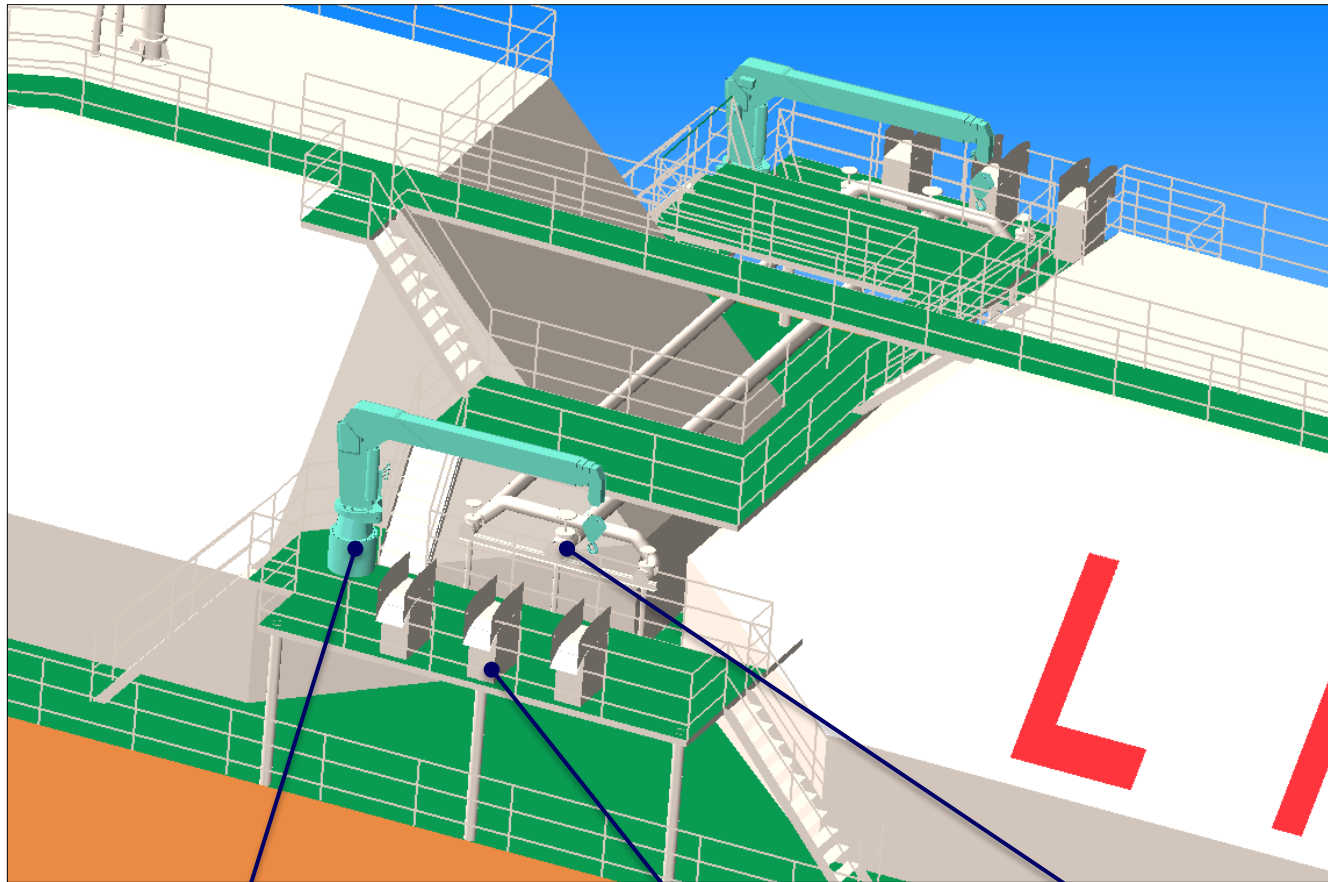
LNG貨物タンク	
型式	半球形鏡板付横置円筒型 IMO独立タンクType C
防熱方式	タンク外面防熱 硬質ポリウレタンフォーム
総容積	約 3,500 m ³
基数	2基 (1,750m ³ x 2)
設計蒸気圧	7.0 bar
設計最低温度	-163℃
使用材料	ニッケル鋼
LNG貨物荷役設備	
計画積荷時間	約 3時間 (1,200m ³ /h)
計画揚荷時間	約 3時間 (1,200m ³ /h)
カーゴポンプ	電動サブマージ型 300m ³ /h x 120mLC x 4基
その他設備	カーゴコンプレッサー、カーゴヒーター、LNG蒸発器 etc.

4. コンセプト図(3Dモデル)

4. 1 外観全体モデル



4. 2 中央部マニホールド付近

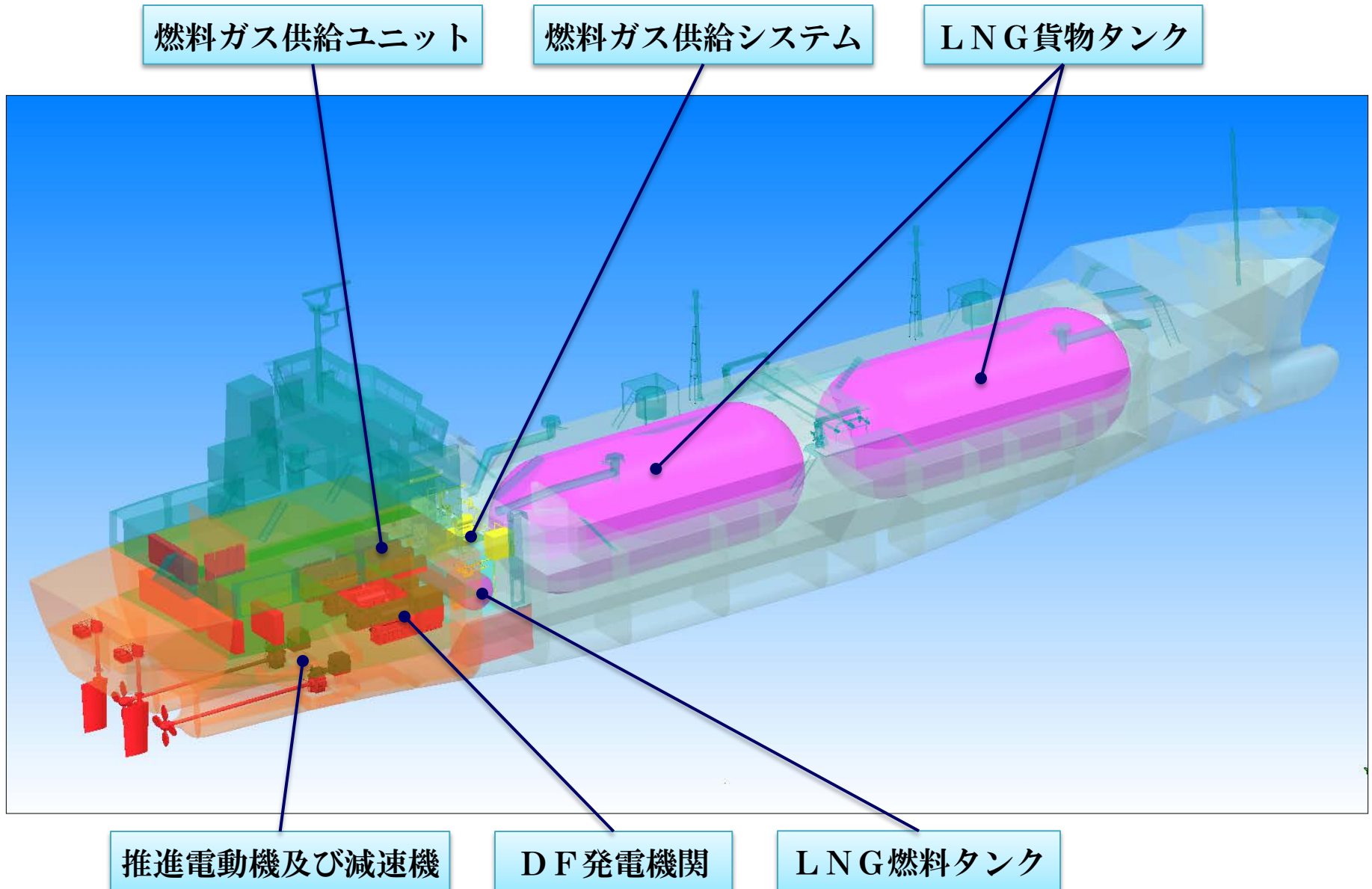


ホースハンドリング
クレーン

ホースガイド

荷役マニホールド

4. 3 全体透過モデル



4. 4 LNG燃料供給区画配置

タンクコネクション
スペースへ

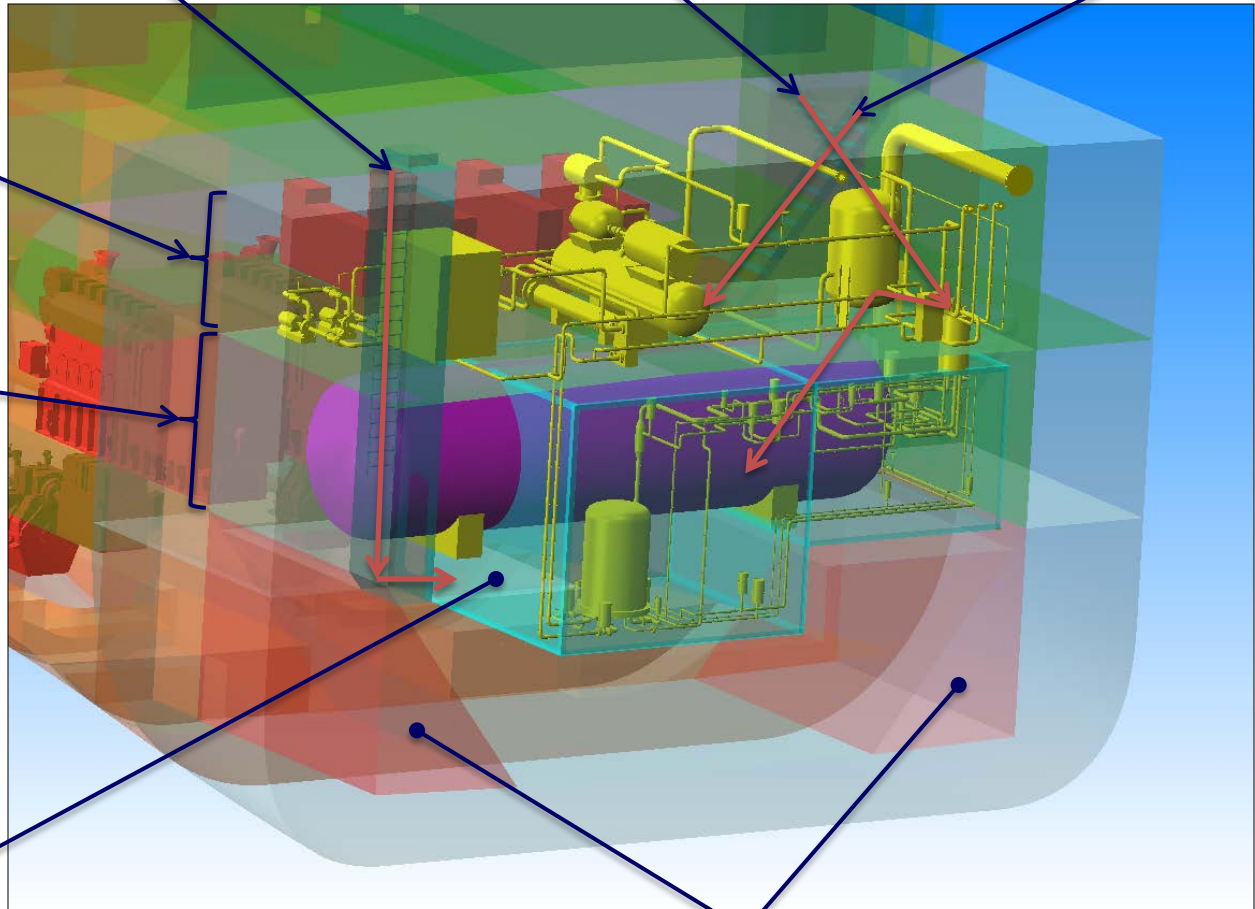
LNG燃料タンク
ホールドスペースへ

LNG燃料圧縮機室へ

LNG燃料圧縮機室

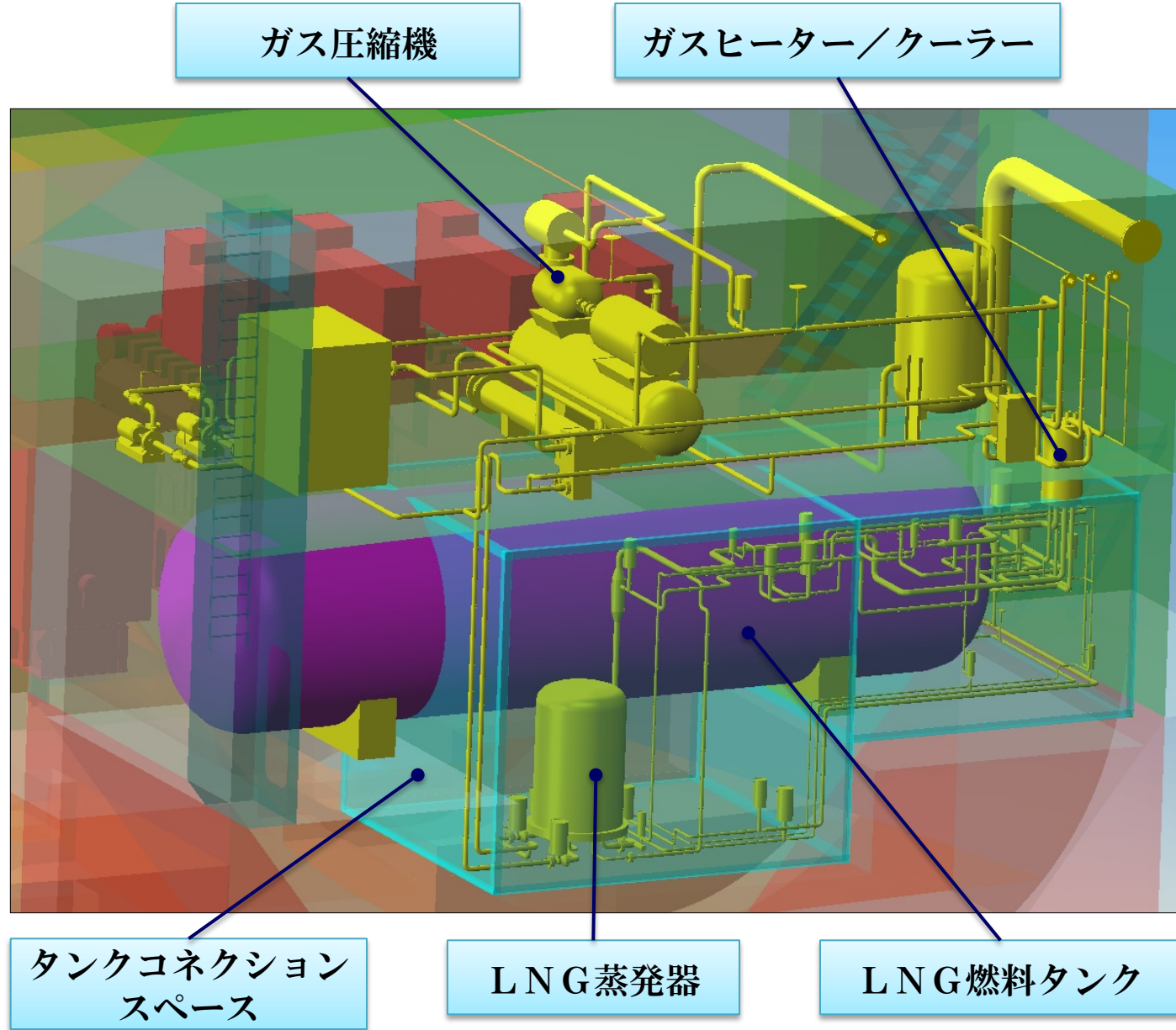
LNG燃料タンク
ホールドスペース

タンクコネクション
スペース

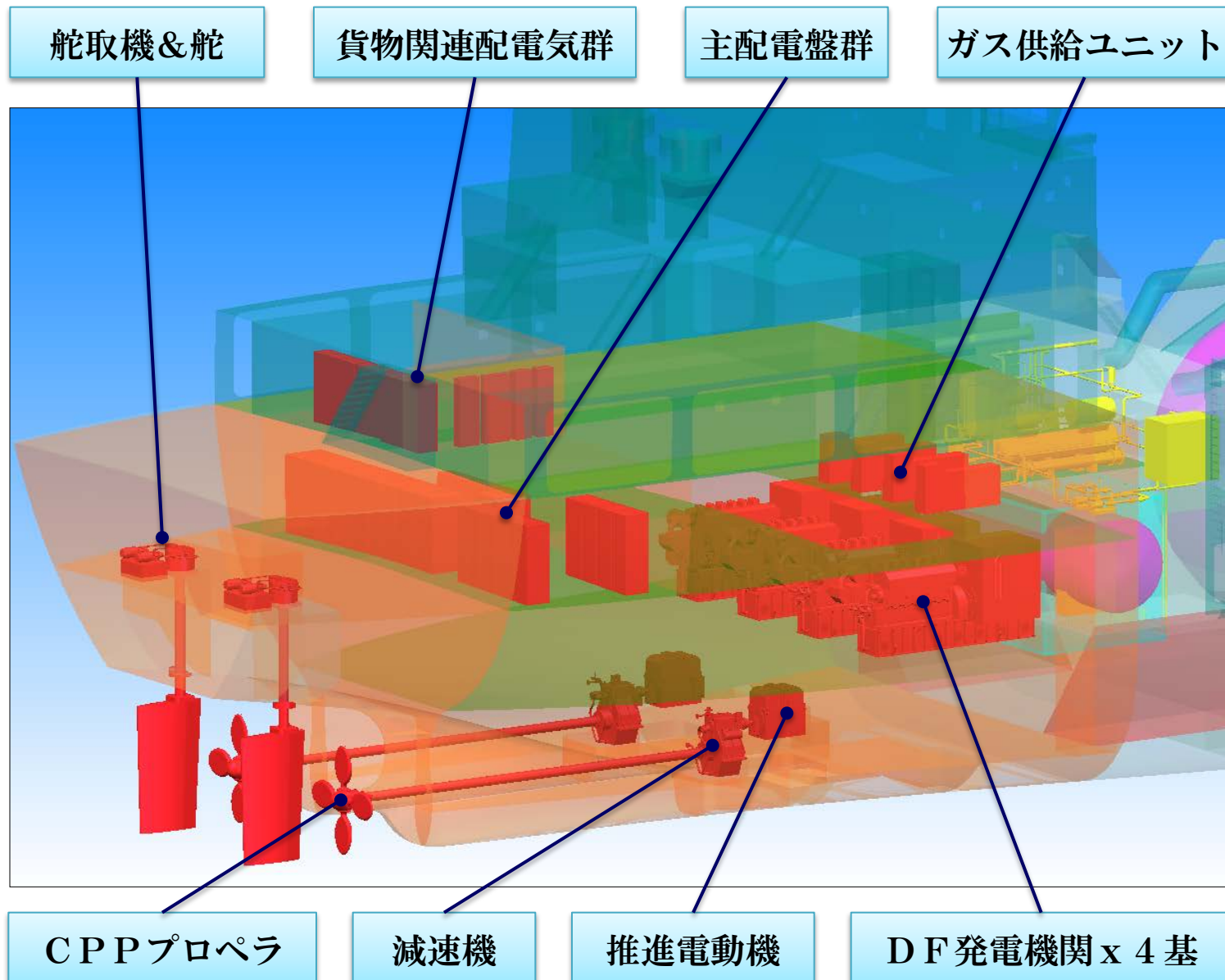


DOT (P/S)

4. 5 LNG燃料供給システム



4. 6 船尾部透過モデル



5. まとめ

1. 「天然ガス燃料機関を備えた内航LNG運搬船兼バンカー船」について具体的な仕様検討・試設計を行い、将来の実船建造時に役立つ、有用な試設計結果が得られた。
 - ◆ 2軸双船尾船型と、始動電力を抑えた2軸CPP方式の採用により、経済性に優れた船舶を計画。
 - ◆ 非常推進装置を持たずとも通常航行に支障をきたさない安全性の高いシステムの確立。
 - ◆ デュアルフューエル機関にマッチした推進システムの構築。
 - ◆ 独立したLNG燃料タンクを設置することにより、安定したガス燃料供給を実現。
 - ◆ 耐圧の高いLNG貨物タンクを装備することで、BOGによる昇圧に対して十分な余裕を確保。
2. LNG燃料船という新しい技術を具体化するために、船主・船級協会の監修のもと、造船所・エンジンメーカー・荷役装置メーカーが協業したことにより、よりニーズに合致した船舶の計画を効率的に行うことができた。

本調査研究は、日本海事協会の「業界要望による共同研究」のスキームにより研究支援を受けて実施しました。

<共同研究参加社>

- 神戸船舶株式会社
- 檜垣造船株式会社
- ダイハツディーゼル株式会社
- 泉鋼業株式会社
- 株式会社三和ドック
- 一般財団法人日本海事協会
- 一般社団法人日本中小型造船工業会