

特 集 論 文

汎用性と経済性を兼ね備えた 78 000 m³ / 83 000 m³ LPG 船

Flexible and High Efficient 78 000m³/ 83 000m³ LPG Carrier



高木 祐介*¹ 田村 浩*²
Yusuke Takaki Hiroshi Tamura
佐藤 毅*³ 石田 聡成*⁴
Takeshi Satoh Toshinori Ishida

現在、液化石油ガス（以下 LPG）の流通拡大に伴い、世界的に大型 LPG 船の建造ラッシュとなっている。当社は 1962 年の“ブリヂストン丸”以来の豊富な建造実績に基づく高い信頼性、良好な性能、高い汎用性を評価され、78 000 m³ LPG 船（以下 78LPG 船）シリーズは長期のヒット商品となっている。近年大型化に対するニーズに応え 83 000 m³ LPG 船（以下 83LPG 船）を開発、BP Shipping 社向けに引き渡し済みであり、現在は 78/83LPG 船のラインナップで受注活動を展開している。今後も多様な客先ニーズに応えて継続的に受注できるよう、更なる改良を実施していく予定である。

1. はじめに

1960 年台に始まった LPG の商業海上輸送は、年々増加し、2005 年には全世界で約 5 000 万トンに達しており、現在約 110 隻の大型 LPG 船が LPG 輸送に従事している。当社は 1962 年以来、多目的船（LPG 以外にアンモニアなども輸送可能な船）も含め約 60 隻の LPG 船を建造し、世界最多の LPG 船建造実績を誇っている。

特に、78LPG 船は 1989 年の日雄丸以降その基本コンセプトが受け入れられ、現在までに 30 隻以上を建造している。現在はこれに加え 83LPG 船もレパトリーに加え客先ニーズに合わせ受注活動を行っている。

本論では、当社最新 78/83LPG 船の特徴である良好な性能、高い汎用性、高信頼性を実現するための構造

上の工夫、LPG 船としての必要十分な仕様等を総合的に紹介し、LPG 船の将来像についても言及する。

2. 当社 78 000 m³/83 000 m³ LPGC の特徴

当社における LPG 船建造は表 1 に示す通り 1962 年の“ブリヂストン丸”（横浜造船所建造）に始まり、1980 年の長崎造船所への機種移管を経て現在に至っている。その中でも 1989 年の“日雄丸”に始まる 78LPG 船は 2000 年のモデルチェンジを経て現在までに合計 33 隻を世に送り出しており、大型 LPG 船市場における事実上の標準サイズとなった。その結果、本船型が船陸整合の基本となり、一層 78 000 m³ 型というサイズの需要を生み、現在までの連続建造に至っている。また、同型連続建造をすることによる設計・工作面での経験の蓄積に加え、継続してフィードバックを施すことで品質面の向上にも寄与してきた。

表 1 当社における LPG 建造

就航年	船名	貨物容積	備考
1962年 1月	ブリヂストン丸	28837m ³	世界初の低温液化式大型LPG船
1970年 4月	金山丸	70238m ³	
1980年 3月	Gas Libra	77327m ³	横浜造船所最後のLPG船、横浜造船所では計14隻建造
1982年 2月	天龍丸	77290m ³	長崎造船所初のLPG船
1989年 9月	日雄丸	78508m ³	第1世代78LPG船の第1番船 第1世代78LPG船は計22隻建造
2000年 6月	Gas Diana	78888m ³	第2世代78LPG船の第1番船
2006年 3月	British Confidence	83270m ³	83LPG船の第1番船

2007年 6月現在、第2世代78LPG船は11隻建造(受注残5隻)、83LPG船は3隻建造(受注残6隻)

*¹ 長崎造船所造船設計部計画課主席
*² 長崎造船所造船設計部計画課

*³ 長崎造船所造船設計部船殻設計課主席
*⁴ 長崎造船所造船設計部船装設計課主席

2006年以降ラインナップに加わった83LPG船も78LPG船のデザインコンセプトを引き継いだ船となっている。

以下当社78/83LPG船の特徴について述べる。

2.1 基本コンセプト

本船は以下のコンセプトに基づき設計されている。

- ① 多様なトレードパターンに配慮し、高い汎用性を持った基本計画とすること。
- ② 推進性能（燃費）が良く運航採算性に優れること。
- ③ 構造信頼性の高い船とすること。
- ④ 実際の運行に際して使い勝手が良くかつ無駄の無い合理的な仕様とすること。

2.2 基本計画

LNG（液化天然ガス）輸送の場合は、特定のプロジェクトの専用船として設計される事が多いが、LPG船の場合は売り先、積み地が特定されないトレードに投入されることや多港揚げとなることが多く、フレキシビリティが求められる。

当社78LPG船ではこれらのフレキシビリティ及び主なトレードとなる中東～日本を考慮の上、全長を230mに抑え、10.6mという浅い吃水とし、更にエアドラフトを約40m以下とすることで主要な大型LPG船用のターミナルへの入港を可能としている（表2に主要目を示す）。

一方、83LPG船は良好な性能を有する78LPG船の船型をベースに、長さ・幅は同一として深さ及び吃水を深くしている。

また、図1に示すように貨物タンクは方形独立タンク方式の4タンクとし、周囲をポリウレタンフォームで覆う防熱方式としている。タンク形状については容積効率の良い形状とするとともに良好な性能を有する

表2 主要目表

	78LPG船	83LPG船
Loa (m)	230.0	230.0
Lpp (m)	219.0	219.0
B (m)	36.6	36.6
D (m)	20.8	21.65
d (m)	10.6	11.15
載貨重量 (t)	abt. 48500	abt. 51000
貨物容積 (m ³)	78500	83000
主機馬力		
MR (kW)	12360	13700
NR (kW)	11120	12330
船速 (kt)	16.7	17.0
航続距離 (sm)	18000	18000

船型に収まるよう、船体とのクリアランスをミニマムとしながらも工作性を考慮した形状を採用している。なお、タンクドームは構造合理性、タンク内アクセス等を考慮しタンク中央に配置している。

燃料タンクはメンテナンス性を考慮し全て後方に配置している。また、最近の建造船においては環境対策として、燃料タンクの二重船殻化を先取りして織り込んでいる。

2.3 推進性能及び燃費

本船の船型は、以下の点を考慮して決定されている。

- 独立方形タンクの格納
- 船陸整合を考慮し、十分な平行部長さを確保する事
- 満載及びバラスト両コンディションで良好な性能となる事

これらの点を考慮し、蓄積された多くのデータを基に船型計画を行い、CFD及び水槽試験による最適化を実施の上、船型が決定されている。

さらに、高効率スキュードプロペラを採用すると共

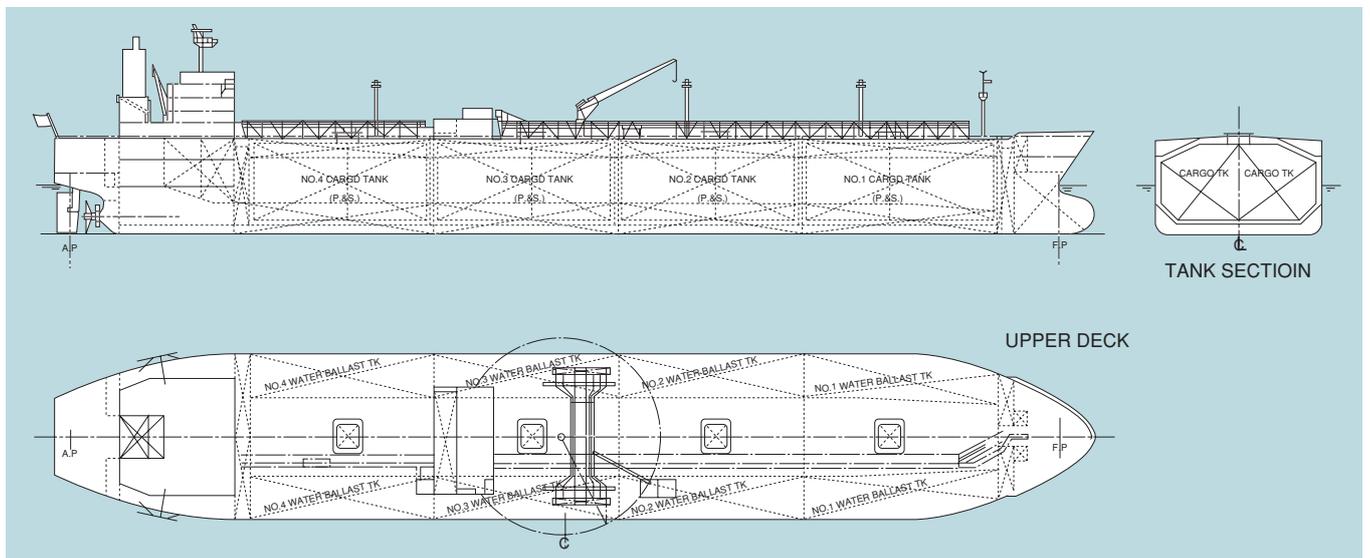


図1 概略配置図

に、省エネデバイスとして三菱リアクションフィンを装備している。

この結果、表1に示す通り、満載時に16.7 kt (83LPG船では17.0 kt) という速力を確保するとともに、バラストコンディションでも良好な性能を確保している。

2.4 構造設計

78LPG船の構造上の特徴としては、図2に示す様に独立方形タンクをバルクキャリアに似た形状をしたCargo Holdに格納し、ベアリングシートと呼ばれる支持構造で支えるとともに、タンク底面及び上面に装備されたアンカーによってピッチングやローリングに対してタンク自身が移動しないような構造となっている。また、汎用性を保つため液位の制限無く貨物を積載出来るよう十分な強度を保持している。

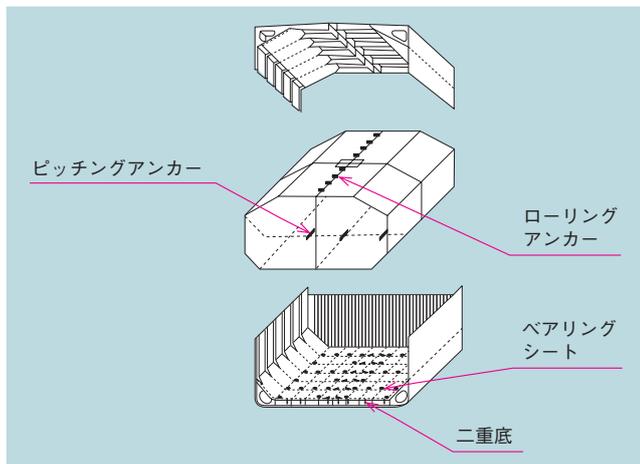


図2 タンク構造

現在の78LPG船(第2世代)の構造は、第1世代の豊富な就航実績のフィードバックを織り込みロバストな構造とするべく次のような工夫が織り込まれている。

- カーゴタンクサイド部の荷重を受け持つホッパー部の支持構造の寸法及び形状をFEM解析により決定。
- ベアリングシート配置:FEM計算による反力計算結果に従いシート構造及び配置を決定。
- 航行中のカーゴタンク動揺を考慮してピッチングアンカーの配置を決定。

さらに、最近の建造船ではLR ShipRightによるFEM強度解析を実施し、構造ノーテーションであるSDA, FDAを取得している。また、疲労強度に関してはスペクトル解析法による波浪中の応力応答シミュレーション(DILAM: Direct Loading Analysis Method)を実施し(図3)、高精度の疲労強度評価を

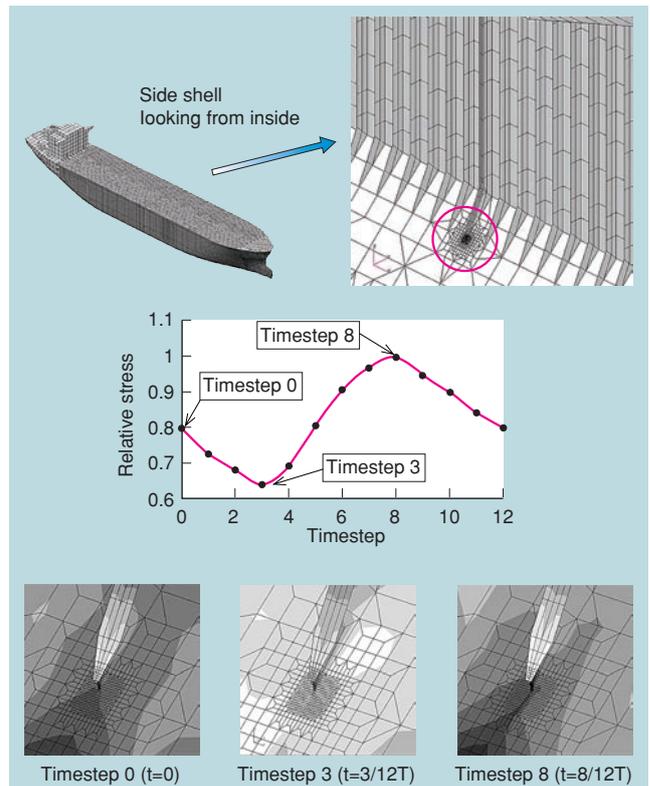


図3 高度解析法DILAMによる局部応力の波浪中応答シミュレーション

行い、その成果が織り込まれている。

振動に対しては、当社で長年の実績を持つ数値プロペラ計算法UQCM(Unsteady Quasi-Continuous Method)を用いた理論設計により、高効率かつキャビテーション性能に優れたプロペラを開発し起振力を低減しているとともに、全船FEM解析に基づく共振回避設計を実施し、低振動の実現を図っている。なお、当社空洞水槽にてキャビテーション試験を実施し、キャビテーションパタン及び変動圧力の確認を行いその性能を確認している(図4にキャビテーション試験の様子を示す)。さらに、主機についても振動特性上有利な7気筒主機を採用している。



図4 キャビテーションテスト

これらの対策の結果、十分に低い振動レベルとなることが実証されている。

2.5 貨物部仕様

表3に当社78/83LPG船の貨物部の概略仕様を示す。また、貨物部仕様の特徴を以下に示す。

●シンプルかつメンテナンス性の良い機器構成

LPG船の中にはLPG以外にアンモニア等の貨物を積載出来るいわゆる多目的LPG船も多いが、当社78/83LPG船は積載貨物をプロパンとブタンに限定し、そのハンドリングにおいて最適化することによりシンプルかつメンテナンス性の良い機器構成としている。例えばカーゴポンプには、プロパンとブタンにおける銅系材料の使用に関する制限が無いため、コンパクトで安全性の高いサブマージ型を採用している。

●陸側ターミナルとのコンパティビリティ

マニフォールドの配置や荷役設備の要目設定にあたっては、既存ターミナルとの整合を考慮して決定し、汎用性に配慮した設計としている。

●積み分け自由度の確保

プロパン、ブタンをいかなるタンクの組み合わせでも積載可能となるよう配管計画を行っている。また、発生ガス量に応じて再液化装置の運転台数を容易に増減出来るような配管にしておき、貨物オペレーションの自由度確保に配慮している。

表3 貨物部要目表

貨物種類	プロパン, ブタン
カーゴタンク 種類 個数	独立方形タンク Type A 4
Cargo Pump	電動サブマージポンプ 8 sets
再液化プラント	4 sets
防熱	ポリウレタンフォーム
Booster Pump	1 set
LPG Heater	1 set
Inert Gas Generator	1 set

3. LPG船の将来動向

LPG船の将来動向につき、船のサイズと環境対策について述べる。

3.1 船のサイズ

単位輸送コスト低減の観点より、LNG船では既に大型化が進んでおり、従来の135,000 m³クラスに対して2007年には200,000 m³を超えるものも出てきている。

一方LPG船では、特定のプロジェクトの専用船と

して大型船が出てくることは考えられるものの、一般的には現在同様World wideのトレードに使用することを前提として汎用性に優れた船の需要が続くものと考えられる。

3.2 環境対策

各国の環境に対する規制が厳しくなっている状況下、汎用性が求められるLPG船においては、環境対策に対するニーズは高まっていくものと考えられる。

(1) 主機排ガス対策

NO_xの排出については、国際規則により既に規制されているが、SO_xについてもバルト海や北海など、地域ごとに規制が強化されつつある。今後、更に規制が厳しくなるため、燃料油の硫黄分規制への対応、それに伴う、燃料油タンクの小分けなどが要求され、対応している。

またCO₂排出量の低減のため、燃費低減の要請が更に強まると思われる。

(2) バラスト水処理

バラスト水処理については2012年以降、処理装置の搭載が義務付けられることが予定されている。それに先立ち、2008年3月竣工予定の78LPG船にて試験機の搭載を計画している。

4. ま と め

当社は1962年以降継続してLPG船の建造を行ってきた。特に78/83LPG船においては長年の経験の蓄積と技術の進化に伴う改良を織り込み、長期間にわたりLPG船市場で標準的なものの一つとして受け入れられてきた。

今後更にLPGの需要が高まるという予測の中、これまでの建造経験を活かし高品質のLPG船を供給し続けると共に、更なる経済性の追及や環境対策にも積極的に取り組み、顧客ニーズに応えるようにしていきたい。



高木 祐介



田村 浩



佐藤 毅



石田 聡成