

LNG 貯蔵・輸送・燃料タンク

生まれつきの安全性能で想定外に備える IHI-SPB 方式 LNG タンク

スロッシングが発生しないため、どんな LNG 液位でも安心して、生まれつき衝突・浸水などのトラブルに強い IHI-SPB 方式 LNG タンクが LNG 貯蔵・輸送・燃料タンクに選ばれています。



IHI-SPB LNG タンクと船体構造

近年、クリーンで安全なエネルギーとして液化天然ガス (LNG) の需要が急激に高まり、沿岸部から遠く水深が 2 000 m を超える深海部などの海底ガス田の開発が進められている。この LNG 産出設備として、海上に浮かぶ浮体式 LNG 生産・貯蔵・出荷設備 (Floating LNG, FLNG) が計画されている。さらに、客船や貨物船では、環境負荷低減のため、LNG を燃料とする LNG 燃料船の開発競争が激しくなってきた。これら FLNG や LNG 燃料船で LNG を貯蔵・輸送するタンクとして、IHI-SPB タンクが選ばれている。

-163℃の極めて低い温度で LNG を貯蔵・運搬する IHI-SPB タンクは、株式会社アイ・エイチ・ア

イ マリンユナイテッド (IHIMU) が開発した Self-supporting Prismatic shape IMO type B (自立角型 IMO type-B) タンクのことである。船体構造部材と直接接合せずに、強化合板製ブロックの上に自立しており、船体の形状に合わせた容積効率の良い角型に設計され、国際海事機関 (IMO) の定める非常に安全性の高い証であるタイプ B の承認を得ている。そのため、IHI-SPB タンクは信頼性や経済性に加えて、FLNG に不可欠な生産設備プラントをフラットな船体甲板上に設置できるなど多くの特長が挙げられる。

なかでも最大の特長は高い信頼性で、1993 年に IHI-SPB LNG タンクをもつ 2 隻の LNG 船が就航し、



FLNG

世界でも最も厳しい航路を 18 年間運航し、貨物タンクに全く損傷が発生していない。この航海には、タンク内の LNG を満載にしない、いわゆる中間液位での航行も含まれているため、LNG 輸送船のタンクとしては、驚くべき快挙として、さらに、そのメンテナンス性の高さ、補修費がいらぬライフサイクルコストの優れたタンクとして、高い評価を得ている。

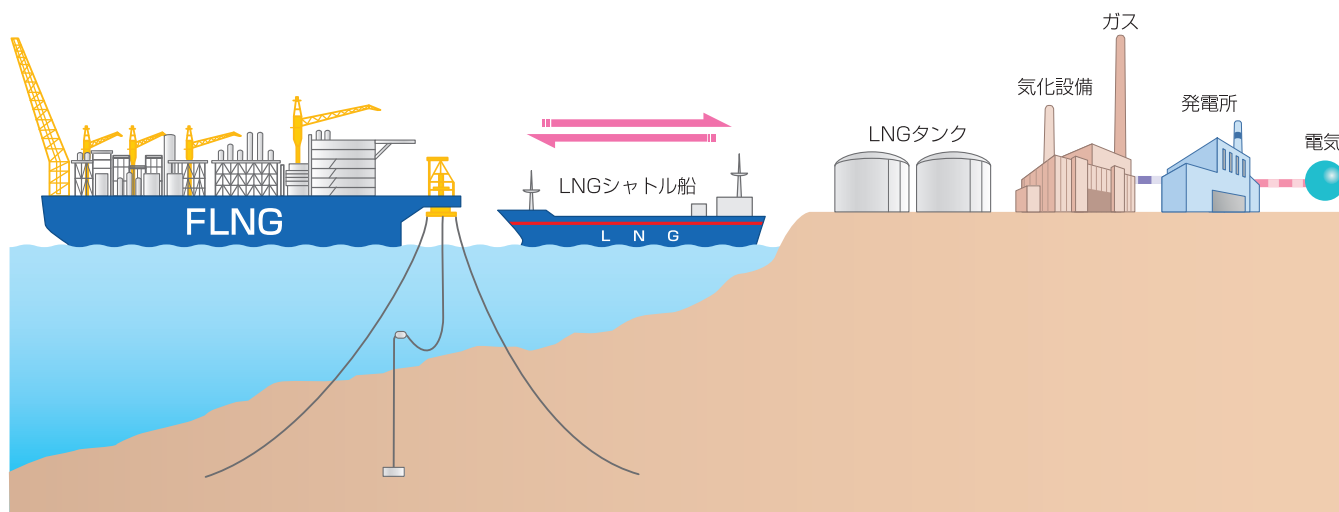
この高い信頼性の源泉は、IHI-SPB の構造様式が長い船舶・海洋構造物の歴史のなかで証明されている板骨構造を採用していることや、支持台反力や構造部材の疲労寿命を高い精度で求め、国際海事機関の定めるタイプ B を満足する高度な解析技術、厳密な工作精度管理・膨大な計測点数に加え、このタンクが生まれ持つ安全性能が大きく貢献している。

スロッシングの発生しないタンク

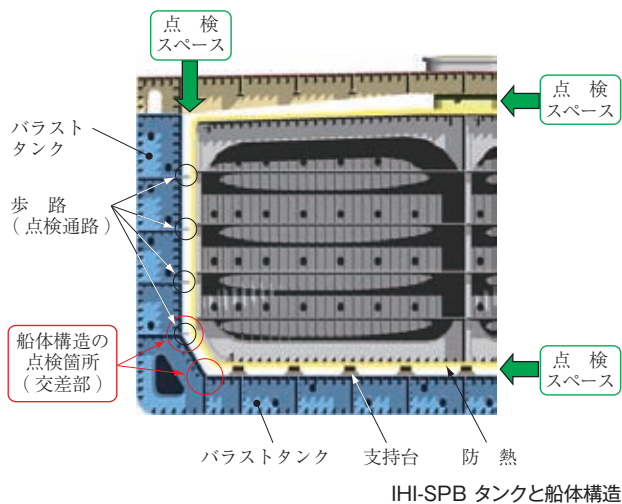
スロッシングとは、タンク内の LNG の運動と船体の運動が同調し、LNG がタンク壁面をバシバシと激しく打ち叩き、タンク壁に過大な衝撃荷重を与える現象である。そのため、このスロッシングが発生してしまうと、衝撃荷重によってタンク壁が損傷し、LNG のリークに至る危険が高まることが知られており、現実にも数多くのトラブル事例が報告されている。

タンク内の LNG は -163°C の極めて低い温度であり、LNG 自体も引火しやすいため、LNG を貯蔵・運搬する FLNG や LNG 燃料船にとって、タンク壁の損傷やリークといったトラブルは、かなり危険な状態であることが容易に想像できる。そのため、スロッシングの原因である同調現象を防ぐことが大切である。

同調現象を防ぐ方法として、まず初めに考えられるのが、LNG 液位を満載か空に制限して、液体表面の動きを無くしてしまうことである。しかし、FLNG はガス田から 24 時間休むことなく生ガスを受け取り、LNG の連続生産・貯蔵、シャトルタンカーへの出荷を行うため、タンク内の LNG 液位が常に変化する。また、LNG 燃料船は、燃料として LNG を使いながら航行するため、時間とともに LNG 液位が減ってしまう。つまり、タンク内の LNG を満載か空に限定できない FLNG や LNG 燃料船には、この方法は使えない。



浮体式 LNG 生産・貯蔵・出荷設備 (FLNG) イメージ



スロッシングの原因となる LNG と船体の同調を防ぐ根本的な方法として、液体の運動周期がその入れ物の大きさで決まることを利用した方法がある。IHI-SPB タンクは、タンク内に隔壁を設けることでタンクを複数の入れ物に分割することができるため、タンク内 LNG の運動周期を自由に調整でき、LNG の液位によらず、船体運動との同調を防ぐことができる。そのため、中間液位で運転する FLNG や LNG 燃料船では IHI-SPB タンクが選ばれている。

メンテナンスが容易で ライフサイクルコストの安いタンク

極低温で引火点の低い LNG を貯蔵する設備では、その健全性を確認するために定期的な検査が欠かせない。IHI-SPB タンクはタンク内を自由に歩いて回れる通路として利用できる大きな構造部材が配置されている。そのため、定期点検のたびに大掛かりな足場を設置する必要はない。LNG タンクは高さが 10 m や 20 m を超えるため、点検用に足場を設置する場合には、タンク内の高所に至るまでの設置・撤去の危険性や時間、費用が大きなものとなるが、IHI-SPB タンクにはこのような足場の設置が不要である。さらに、IHI-SPB タンクの点検は簡単かつ短時間で行うことができる。定期点検要領に記された相対的に応力が高い箇所などを点検・記録すればよく、1 タンクの点検は半日から 1 日程度と短時間で終わることができる。

タンクと船体構造間にスペースがあるため、断熱材の点検に加えて、船体構造の点検保守が容易である。たとえば、船体構造に疲労き裂などのトラブルが発生

し、バラスト水が点検スペースでもある船倉内にリーク（漏えい）した場合でも、早期発見と船体の早期補修が可能である。

IHI-SPB タンクは長期間の運航で損傷が発生していない実績が示すように、損傷や LNG のリークといったトラブルの心配がないため、FLNG の 25～30 年間連続稼働が可能である。そのため、補修費など想定外の費用が発生しない。

衝突・浸水時の安全性が高いタンク

FLNG は操業海域に固定されることに加えて、LNG を受け取る大型 LNG 船が毎週のように、さらには物資を運搬するサプライ船からも頻繁に接近・接続されるため、接触や衝突といった事故に備えることが求められている。FLNG の船体構造は外板とその内側の鋼板で 2 重船殻と呼ばれる 2 重の構造になっており、衝突・座礁などの事故によって、一つ目の殻である外板が破れた場合でも LNG タンクのある貨物区画まで浸水しない構造になっている。さらに、国際海事機関はその規則で、二つ目の殻まで破れた場合を想定し、貨物区画に浸水した状態で十分なタンク強度を有することが定められている。

そのため、IHI-SPB タンクでは、貨物区画内に浸水した海水によって浮き上がる LNG タンクを支える専用の支持構造を有するとともに、浸水状態での強度評価を行っている。IHI-SPB タンクは他のタンク形式と異なり、荷重をタンク自身が支える自立式であること、内圧だけでなく外圧にも強い板骨構造様式であるため、このような浸水といった状況下でも、LNG を他のタンクに移すことや、大気に放出することができる。

構造部材の加熱が不要なタンク

船体構造は鋼板によって作られており、鋼板は温度が低下すると材料のじん性が低下する、いわゆるもろくなる性質をもっている。鋼板が使用温度より低い温度にさらされてしまうと、ぜい性き裂が発生し、大きく伝播することで、船体の折損といった重大な事態を引き起こすことが心配される。そのため、規則に鋼板のグレードと使用できる温度が厳密に定められており、一般的な船体用鋼板の低温側の使用温度は 0℃～

-30℃までであり、これより低い -55℃までは低温用鋼といわれる特殊な鋼板を用いている。

一方で LNG タンクは -163℃と鋼板の使用温度よりはるかに低い温度で LNG を貯蔵するため、極低温でも強度が低下しない、十分な粘り強さをもつアルミニウム合金やステンレス鋼などが用いられている。つまり、極低温となるアルミニウム合金製 LNG タンクが LNG 温度で使用できない鋼板製の船体内に設置されている。そのため、LNG タンクから伝わる熱（冷氣）によって、タンク周囲の鋼板で作られた船体が過度に冷却されないよう、LNG タンクと船体をしっかりと分離・防熱する、もしくは、LNG によって冷却される周囲の船体を鋼板の安全な使用温度域まで加熱することが必要である。

LNG タンクと断熱材、船体が独立していない場合は、接合部分を介して熱を受け渡すために、船体が冷却された熱量を与える加熱設備や、万一 LNG がリークした場合に船体が急速に冷却されることを防ぐ大型の緊急加熱設備が必要となる。加熱設備は船内の電気や蒸気によって稼働するため、加熱設備のトラブルやその電源・蒸気供給源を失った時に危険性が高まるため、これらの安全対策が重要となっている。この危険性のため、国際海事機関が定める国際規則（IGC コード）では加熱設備を前提として船体重要部材の

設計温度を緩和することを制限している。

船体構造と接合せずに自立する IHI-SPB タンクは、船体構造と断熱材に包まれた LNG タンクの間スペースがあり、稼働中は乾燥空気もしくは、窒素ガスで満たされているため、船体構造がタンク内の LNG によって冷やされることはない。万一タンクから LNG がリークした場合でも、IHI-SPB タンクはタンク下部に設置しているドリフトレイと呼ばれる受けにリークした LNG を集める仕組みになっており、船体構造を冷やすことはない。

点検が容易でライフサイクルコストを低減させる IHI-SPB タンクが、そのスロッシングの発生しない、万一のトラブルにも強い特長から LNG の貯蔵・輸送・燃料タンクとして選ばれている。

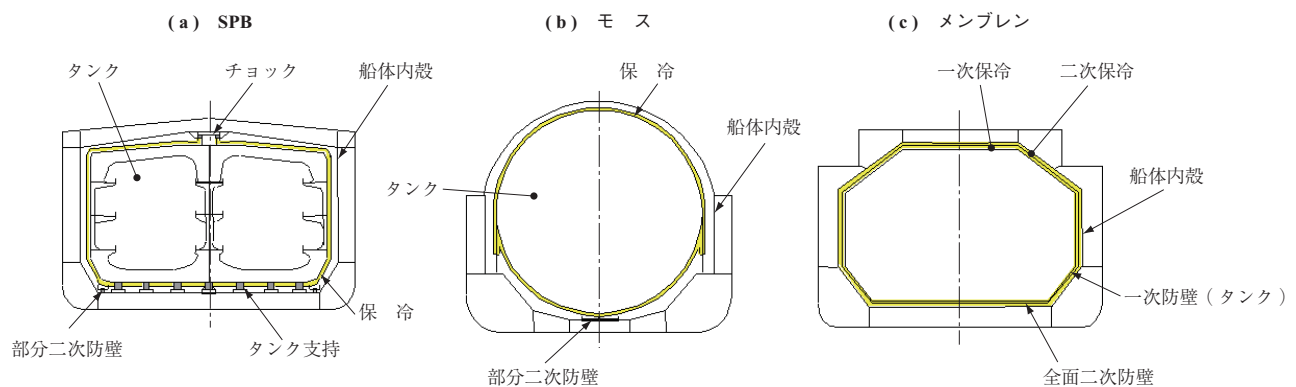
IHI-SPB LNG タンクの提供によって、LNG のある便利な生活、そして FLNG の稼働海域や LNG 燃料船の航路・寄港地に近い近隣諸国とその住民の安全・安心な生活の実現に貢献していきたい。

詳細は、36 ページからの下記の技術論文・解説を参照。

- ・ LNG 燃料船用 IHI-SPB タンク
- ・ IHI-SPB LNG タンクのスロッシングに対する構造安全性
- ・ IHI-SPB LNG 運搬・貯蔵・燃料タンクの安全性

ミニ解説

LNG タンク方式



LNG を貯蔵・運搬する方式には、自立角型アルミタンクの IHI-SPB 方式のほかに、球形のアルミタンクをスカートと呼ばれる筒を介して船体に接合するモス方式、船体内側に 2 重の薄い膜板と防熱材を交互に張り合わせたメンブレン方式がある。

問い合わせ先

株式会社アイ・エイチ・アイ マリンユナイテッド
基本設計部

電話 (03) 3454 - 7154

URL : www.ihimaru.co.jp/ihimu/