

# コンポジットタンクによるCNG輸送に 関する調査研究報告書

2009年3月

財団法人 日本船舶技術研究協会

# コンポジットタンクによるCNG輸送に関する

## 調査研究報告書

### 目次

1. まえがき	1
2. CNG輸送船の開発状況	2
2.1 Coselle方式	2
2.2 Knutsen方式	3
2.3 Votrans方式	3
3. インドネシアの事例	4
3.1 インドネシアの国内事情	4
3.2 インドネシアにおけるCNG海上輸送への取り組み	4
4. CNGタンクの用途	5
4.1 自動車用としての用途	5
4.2 海上輸送用としてのコンポジットCNGタンクの用途の可能性	7
4.3 船舶用燃料としての用途	7
5. コンポジットCNGタンクの試設計	9
5.1 コンポジットCNGタンクの構造と大型化の可能性	9
5.2 海外の動向	10
5.3 試設計	10
6. 経済性評価	10
7. まとめ	12
参考1 コンポジットタンクによるCNG輸送に関する勉強会	13
参考2 ヒアリング先	14
参考3 参考文献一覧	14

## 1. まえがき

コンポジットタンクによるCNG輸送技術の調査研究は、財団法人日本船舶技術研究協会（以下「船技協」という。）が賛助会員に対して行った研究テーマ募集において、賛助会員から「複合材料を用いた輸送用天然ガスタンクの研究開発」として提案があったことを始点としている。船技協では、研究開発のインキュベーションをプロジェクト育成事業と呼び、協会事業の柱としていたことから、プロジェクト育成事業として、調査研究に着手したものである。

我が国の天然ガスの利用は、国内で産出する天然ガスをパイプライン輸送する方法、海外の産ガス国から液化して輸送する方法に大別される。現在、我が国が消費する天然ガスのほとんどは、後者となっている。この方法は、液化技術、輸送技術等を見ると、大規模ガス田＋大規模消費地をベースとして最適化されているものである。我が国は、この方法による天然ガス輸入のみが行われていることから、この方法に適したインフラが整備されている。他方、パイプライン輸送技術については、地震国である我が国の安全規制が厳しいことから、国内のパイプライン網の普及は欧米等に比べれば低いレベルとなっている。このため、パイプライン輸送を補完するために、LNGローリーによる国内二次輸送が一部で行われている。

コンポジットタンクによるCNG輸送技術については、液化技術に比べ、プラントの小型化が可能、輸送技術が容易であることから、中小ガス田のガスの有効利用、小口天然ガス輸送に期待される技術である。

今般、本調査研究事業は、①プロジェクト育成としての調査研究手法の確立、②複合材料を用いる技術の調査、③天然ガス輸送技術の調査、④地球温暖化ガス削減技術の調査といった意味を持つプロジェクトとして実施したものであり、本調査研究の目的は、単にCNG輸送船用のタンクの製造の可能性追求ではなく、炭素繊維等を用いたコンポジット構造の高圧タンクに関係する技術を通じて、船舶関連分野において天然ガス利用拡大の可能性等を探るものであることを述べておきたい。

## 2. CNG輸送船の開発状況

天然ガスの輸送は、パイプラインによるもの、液化して輸送するLNG船によるものが主流である。圧縮して輸送する技術も色々と検討されているが、ここでは、海上輸送に着目して、CNG輸送船の開発状況を概観する。

CNG輸送船については、これまでに幾つかのコンセプトが提案され、開発も行われているが、実際の建造に至っていないのが現状である。以下に、CNG輸送船の開発状況を簡潔に整理する。

天然ガスは、炭素の比率が少ないメタンを主成分としていることから、石油系燃料に対し排気ガスに含まれる有害物質<sup>2</sup>の発生量が少なく、地球環境にとってクリーンなエネルギーであり、また、エネルギーの安定供給確保の観点からも、石油系燃料の代替燃料として期待されている。

現在、日本における天然ガスのほとんどがLNGにより輸入されているが、 $-162^{\circ}\text{C}$ の極低温で液化するためハンドリングが悪く、また、液化・再ガス化を伴う受入、貯蔵設備に莫大な費用を要するという欠点があるとともに、多額の利益（埋蔵量）が必要となる。

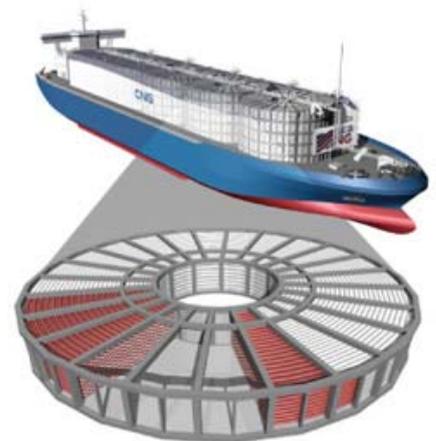
一方、CNGは、約10~25MPaに圧縮した天然ガスを圧力容器に封入し輸送するため、船体重量が増加（＝船価の増加）する。しかしながら、陸上設備の費用が低減されるため、天然ガスの輸送チェーンとして考えた場合、中近距離輸送であれば経済性の成立が見込まれ、また、LNG輸送では適さない埋蔵量が少ない、いわゆる「ストランデッドガス田」の開発に寄与する可能性が高い。

このため、ハンドリングが容易で、かつ、大規模な受入貯蔵設備も必要としないCNGによる船舶輸送が各国で注目され、米国、カナダ、ノルウェーを中心にCNG輸送船の開発が進められてきており、その代表的なものは、次に示す。

### 2.1 Coselle 方式

1990年代にカナダのCran & Stenning Technology社が開発した技術で、現在はシー・エヌジー社（Sea NG Corporation）が所有している。外径約17cm、板厚約6.35mmのパイプを直径約15m、高さ約4.9mの渦巻き状に巻いたもので、パイプの全長が約16km、重量が約450tonとなり、これを船舶に108~144個積み込まれる。常温で20MPaのCNGが貯蔵される。

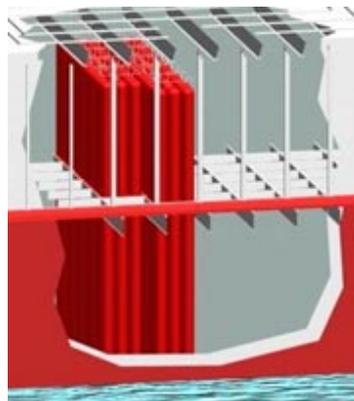
コスト面と安全面の両面で優位性をもつとされている。また、Coselle船自身が貯蔵設備としての役割も果たすことが可能であることから、最小限の地上設備しか必要とせず、結果として環境面、土地使用及び経済面での問題を大幅に軽減されるとされている。Coselle技術は2006年9月、アメリカ船級協会がCNG船建造許可を承認しており、丸紅株式会社は、同社が一部出資済みであるシー・エヌジー社、及び大手海運会社であるティーケイ・ SHIPPING社（Teekay Shipping Corporation）との間で、シー・エヌジー社が保有する「Coselle技術」を利用したCNG海上輸送案件に関し、戦略的提携を行うことで合意している。



（出展：シー・エヌジー社 HP）

## 2.2 Knutsen 方式

ノルウェーの Knutsen OAS 社 が設計したもので、口径 107cm、板厚 20mm、長さ 7m の鋼製シリンダーを垂直に立てて並べ、それを連結することにユニット化するもの。シリンダー 1 本あたりの重量が概算で約 3.6ton。2,672 本のシリンダーの搭載が検討され、システムとしての重量は 9,600ton となる。常温で 25MPa の CNG が貯蔵される。



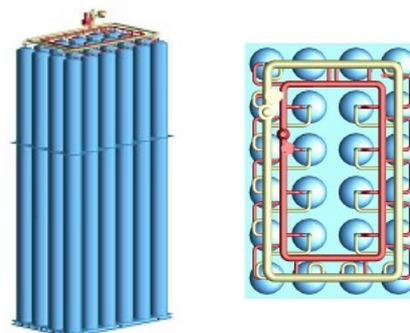
(出展 : DNV Hong Kong HP)

## 2.3 Votrans 方式

米国の Enersea Transport 社が CNG 輸送用容積最適化輸送システム (Volume Optimized Transport System : Votrans) として開発、推進しているもので、超臨界による体積減少を利用した圧縮率向上効果、及び荷役・荷下ろし時にエチレングリコールを用いることによるタンク内の天然ガス残存量低減効果を採用しているのが最大の特徴となっている。

CNG を貯蔵するシリンダーは、口径 42 インチ、長さ 36m で、これを 24 本 × 2 列の構造で 1 タンク、9 タンク集合させたものを 1 ホールド、標準的な CNG 輸送船には 5 ホールド (=2,160 本) が搭載される。CNG は 0 ~ -25°C、140 気圧で貯蔵されることから、冷却保存しなければならないのが欠点となる。

本システム開発においては、韓国の Hyundai 社、日本の川崎汽船株式会社と連携関係を結んでおり、2003 年 4 月には ABS から、基本承認を取得している。



(出展 : 川崎汽船株式会社 HP)

### 3. インドネシアの事例

天然ガスの産出国であるインドネシアでは、既に、CNGの国内供給について検討されている。この現状について、独立行政法人日本貿易振興機構のシンガポールセンターに設置されている、社団法人日本中小型造船工業会の共同事務所が調査を行った結果の概要を紹介する。

#### 3.1 インドネシアの国内事情

インドネシアは、アジア太平洋地域において最大の天然ガス埋蔵量を有するとともに、最大の天然ガス生産国である。しかしながら、LNG事業がガス田開発の中心であり、ガス生産量の約50%が輸出用LNGに向けられ、国内のエネルギー需要は主に石油で賄われてきた。インドネシア国内では、ガス輸送のためのインフラ整備が不十分であることに加え、石油製品については民生用エネルギーとして補助金政策によって安価に維持されてきたため、天然ガスの国内消費量は最近まで低迷していた。

しかしながら、1990年代半ばからインドネシアでの石油探査及び石油生産が減少する一方、国内でのエネルギー需要が増大傾向となり、2004年からは同国は石油ガス産出国であるにも関わらず、石油の輸入国に転じた。このような状況から、インドネシア政府は、国内エネルギー源を従来の石油から天然ガス等へ転換する方針を打ち出した。また、インドネシアにとって、天然ガスの輸出は外貨獲得のためには非常に重要であるため、中小ガス田を中心とした未開発ガス田の開発をすすめ、ガス生産量の拡大を図ろうとしているものの、開発に困難な遠隔地であったり深海であったりと、技術力や多額の投資を要するものが多いことから、コストパフォーマンスに優れ実現可能な新たな輸送方法に強い関心を示している。

#### 3.2 インドネシアにおけるCNG海上輸送への取り組み

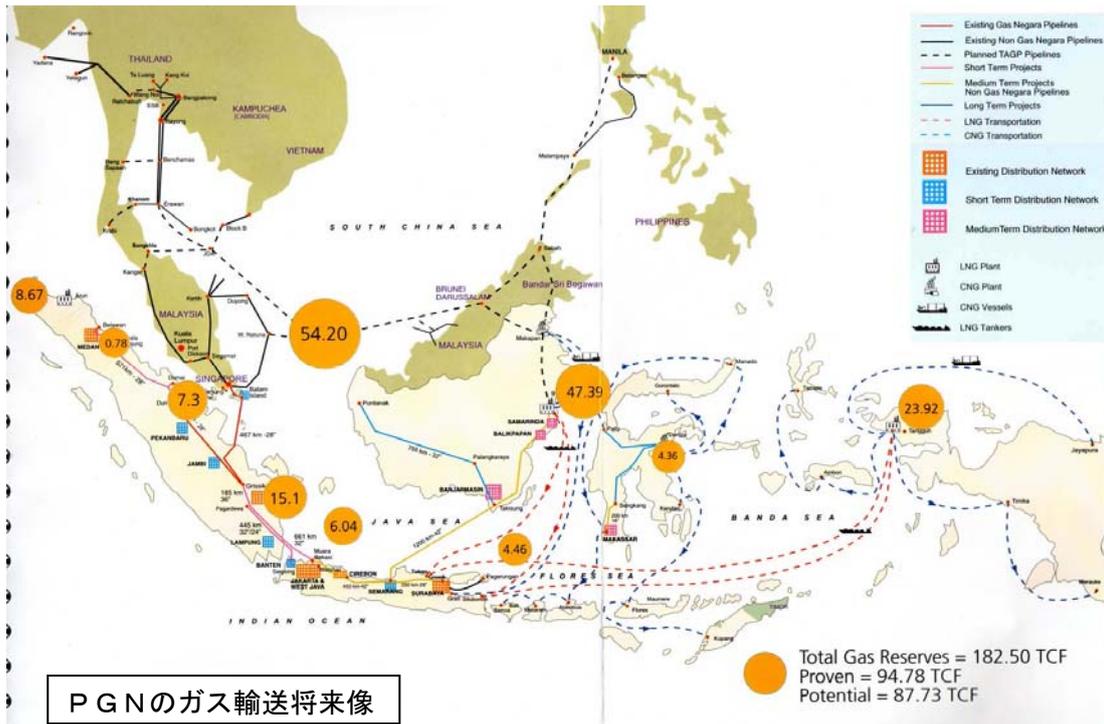
インドネシアにおいては、観光地のバリ島等では環境維持の観点からもパイプラインの敷設は適切でないといわれており、パイプライン以外のガス輸送が必須となっている。

PGN（＝インドネシアの国営ガス会社）は、パイプライン、CNG、LNGで国内の様々な場所までガスを輸送する壮大な目標を立てている。その中でも、ジャワ島東部、スラウェシ島各地、バリ島東部の島々の間、パプア各地の都市及びパプア近郊の島々については、CNG輸送で結ぶ計画としている。

また、メドコ（＝インドネシアの石油ガス大手）もプルタミナ（＝インドネシアの国営石油会社）と共同で、バリ島とスラウェシ島のガス発電所等にCNGでガス輸送を計画するなど、CNG海上輸送への期待が高まっていた。

他方、CNG輸送とLNG輸送あるいはパイプラインとの比較検討を行った結果、CNG輸送船による天然ガス輸送した場合のコストは、CNG輸送船の船価がかなり高額になることが見込まれ不経済という結論に至り、これに加え、CNG輸送船によるCNG海上輸送技術が実証／確立されていないことから、事実上、棚上げの状態となっている。

しかしながら、取扱いが比較的簡単なCNGへの関心は強く、コストパフォーマンスに優れたCNG輸送船への期待は大きい。



#### 4. CNGタンクの用途

本章では、高圧化が進むCNGタンクがどのような箇所で利用され、また、利用の可能性のあるのかについて、紹介する。

##### 4.1 自動車用としての用途

###### 4.1.1 CNG車の現状について

地球環境保護への関心の高まり、及び国が推進しているエネルギー安定供給（石油依存低減）及び環境保全の両面から、天然ガスシフトの加速化が進んでいる。このような状況からも、国内のCNG車は年々増加傾向にあり、また、購入のための補助金の支給や自動車税も減額されることなどから現在約37,000台が普及している。車種としては、従来からトラックとしての需要が最も大きいですが、近年は軽自動車としての需要が伸びてきている傾向にある。ただし、①CNG車はコスト高、②航続距離が短い、③CNGステーションの問題（不足）、④CNGタンクの車内スペースの問題、⑤ディーゼルエンジンの高度な低公害化などの理由で一般企業、ガス事業者及び国や自治体による使用が中心となっており、一般家庭用としての普及率は依然低い状況が続いている。

###### 4.1.2 自動車用CNGタンクの現状について

天然ガスは気体であるため、ガソリンと比べると同じタンク容量では、走行距離が短くなってしまおうという課題がある。この対策として、単純にCNGタンクを大きくすると重量が増加するという問題が生じてしまい、相反する課題となってきた。

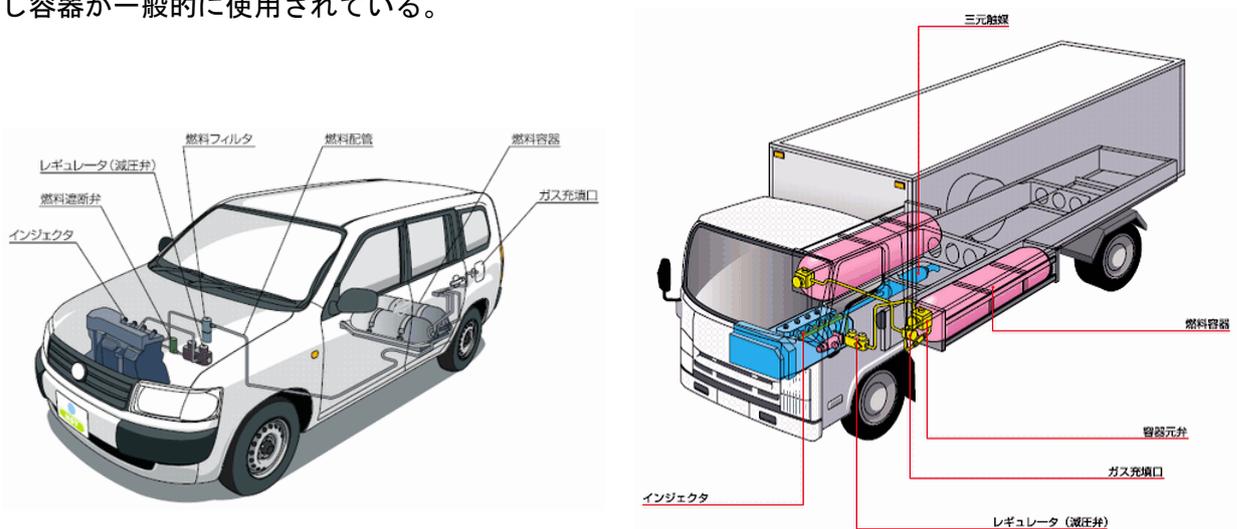
この課題を解決するため、従来、オール金属製タンクであった天然ガス自動車のCNGタンク

から、コンポジット製タンク（金属製ライナーをガラス繊維等の強化繊維で補強したもの）へと移行し、現在は、オールコンポジット（複合素材）製タンクの開発が進められ、実用化されつつある。オールコンポジット製のタンクは、プラスチックライナーをFRP層（カーボン繊維＋エポキシ樹脂）で補強したもので、金属製タンクに比べて大幅に軽量化されていることから、燃費の向上、動力性能の向上、大容量ガス貯蔵の確保（＝一充填あたりの航続距離の増加）などが可能となる。

タンクサイズ及び内容量は、対象車種によっても大きく変わるが、100～200リットルクラスが多く、大型バス用の750リットルクラスが最大サイズとなる。

なお、充填圧力は20MPaが車用燃料としては一般的で、寿命は15年（ただし、腐食性ガス＝サルファーが無いことが前提）。

コストとしては、オール金属製がコンポジット製の約1/2、これを海外（イタリア、アルゼンチンなど）で製造すると1/5まで下がる。小型トラックでは、信頼性・コストの面から、継ぎ目なし容器が一般的に使用されている。



（出展：社団法人日本ガス協会 HP）



（出展：天然ガス自動車フォーラム HP）

## 4.2 海上輸送用としてのコンポジットCNGタンクの用途の可能性

近年、船舶によるCNG海上輸送システムの適用可能性については、国内外で度々論じられてきている。その中でもCNGタンクシステムについては、内圧が高くなることから鋼製のタンクを中心に検討が行われてきたが、内圧が高い状態で、かつ、大口径となること考慮すると、非常に重量がある肉厚の大きな円筒体となり（＝船体重量の増加）、これが大きな課題となっている。

2. で触れたノルウェーの Knutsen OAS 社 が設計した、口径 107cm、板厚 20mm、長さ 7m の鋼製シリンダーを連結しユニット化したものについては、シリンダー 1 本あたりの重量が概算で約 3.6ton、2,672 本のシリンダーの搭載が検討され、システムとしての重量は 9,600ton となり、天然ガスを輸送しているのか、シリンダーを輸送しているのかといった問題がつかまとう。

一方、前項でも触れたように自動車業界においても天然ガス自動車の開発にあたり、過去、同様の問題を抱えてきたが、炭素繊維及び強化プラスチックによる軽量建造要素を考慮することにより、いわゆるコンポジットタンクを実現し、自動車業会として承認済みの技術として定着しているが、オール金属製タンクに比べコンポジットタンクの製造コストが高いという実状がある。

これを船舶による海上輸送用の極めて大きなタンクとして製造した場合、非常に大きなコスト増加が予測される。

このようなタンク製造に関するコストの問題のほかにも、コンポジットタンクを天然ガス輸送用タンクシステムとしての海運業界への転用には、製造面における適用安全係数、及び安全面に関する安全基準が明示されていないことなど適用するには多くの課題があり、建設的な開発が必要となる。

しかしながら、コンポジットタンクによるCNGタンクシステムをタンクコンテナとして考えた場合、CNGタンクを船舶に恒久的に取り付けたいわゆるCNG輸送専用船とする必要はなく、通常のコンテナ船による海上輸送が可能となる。また、陸揚げにも新たな設備投資が不要となるばかりではなく、陸揚げ地からの陸上輸送（トラック、鉄道）へ直結することによる陸海一貫輸送も可能となる。タンクコンテナによるCNGタンクシステムが実現できれば、従来から考案されているCNG輸送船に比べ船体重量の低減が可能となるとともに、海運業界におけるCNG輸送システムの構築、及び有効利用が将来的に期待できると考えられる。

## 4.3 船舶用燃料としての用途

船舶用燃料としては、重油、軽油が一般的である。LNG輸送船では、輸送中にLNGがガス化することから、そのガスを船舶の燃料の一部として利用してきた。

天然ガスを内燃機関等の燃料として利用することは、重油、軽油に比べ、燃焼ガス中に含まれる二酸化炭素の割合が小さいことから、自動車と同様に地球温暖化ガス削減の観点から期待されるものである。

外航船、内航船用の推進・発電用機関としては、ディーゼル機関が一般的であるが、これらのディーゼル機関において、天然ガスを燃料として利用する技術は既に開発され、実用化されている。低圧ガスを機関の燃焼室に供給し、そのまま燃焼する方法、また、空気が圧縮状態にある燃焼室にガスを高圧噴射する方法等、様々な方法が知られており、技術的な問題は低いと思われる。

船舶用燃料としての課題は、燃料の供給、保管技術である。LNGを用いて、船舶用燃料とし

て利用している事例は欧州にあるが、これらは、近距離航海の事例であり、船内のLNGタンクにローリー等から供給することとなる。LNGを用いる場合には、ボイルオフの問題を解決しなければならず、供給もLNG基地近傍、保管中のボイルオフガス処理が不可欠である。

CNGの場合には、ボイルオフの問題がないことから、供給基地の制約も小さい。難点としては、高圧ガスを船上のタンクに供給する際に圧縮機等を装備すること、動揺する船舶との接続といった問題がある。しかしながら、4.2で述べたCNGタンクを内包するコンテナを用いることにより、これらの諸問題は解決できるものと思われる。



(出展：日本石油輸送株式会社 HP)

## 5. コンポジットCNGタンクの試設計

コンポジットCNGタンクは、既に自動車用では実用化されている。その用途は、主として、自動車のガス燃料タンクである。これらのガス炊き自動車では、走行距離を増大するため、容器の高圧化で対応している。天然ガスで20MPa、水素で35MPaレベルは実用化されている。

船舶での用途は様々あるが、何れにしても、自動車用に比べれば、極めて大きなサイズのものでなければ、非効率と思われる。このことから、コンポジット構造による大容量・高圧容器の可能性について検討を行なった。

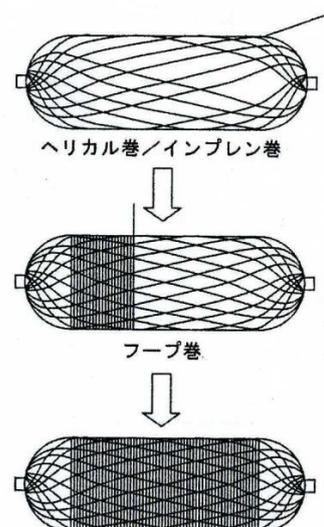
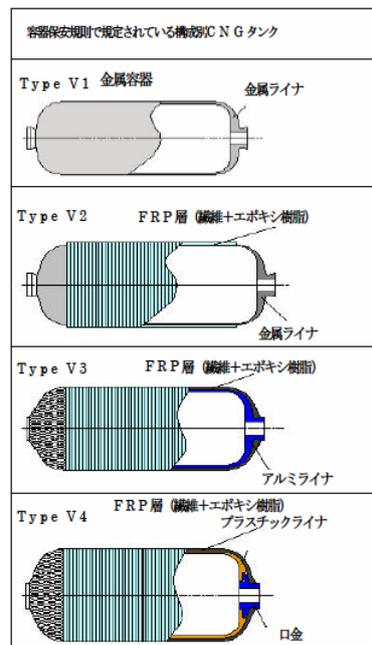
### 5.1 コンポジットCNGタンクの構造と大型化の可能性

コンポジットCNGタンクは、右図にその例を示すように、内側にライナーがあり、その周囲を繊維で巻き強化するものである。ライナーとしては、金属（鋼・アルミニウム等）またはプラスチックが用いられ、また、フィラメントとしては、ガラス繊維または炭素繊維が用いられる。

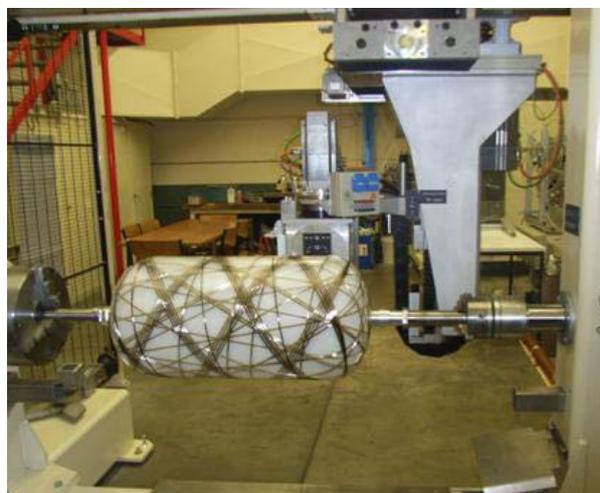
内側のライナーの主たる機能としては、ガスの漏えい防止であるが、現在の高圧ガス取締法では、溶接構造が認められていない。このため、現在実用化されている自動車用のタンクでは、アルミニウムの継ぎ目なしライナーを用い、その両端部を絞り工程を施し、鏡板構造にするものとなっている。ライナーの材質としては、鋼、アルミニウム、プラスチックが考えられるが、圧力による変形を外側のフィラメントで抑えることから、両者の間での変形量に差があると、容器に大きな応力が生じる可能性があり、推奨できない。このため、金属の場合、鋼よりもアルミニウムが材料として適切である。プラスチック容器は一部の自動車会社で用いられているが、金属製の口金部とのマッチングに難がある。

現在我が国にある最大口径のアルミニウムライナーは直径40cmが上限となっている。これを大型化するためには、溶接構造の導入が必要である。（ルール面での制約）

フィラメント巻については、フィラメントを正確に巻く必要があり、専用の装置であるフィラメントワインディング装置が用いられる。現在、我が国にある最大のフィラメントワインディング装置は、下図の装置であり、中国工業(株)



強化プラスチック Vol.51 No.6 2005年6月



中国工業(株)提供

が最近導入したばかりである。なお、航空宇宙分野においても大型のコンポジットタンクが用いられるが、内側と外側の圧力差が、0.1MPa程度であり、その技術は適当では無い。

本装置での製造可能な最大サイズは、直径1m×長さ3mである。

また、装置の大きさをクリアしても、内圧を高めるために、フィラメントを多層に巻いても、フィラメントコストが多大となる可能性もある。逆に、圧力を低めに選定し、ガラス繊維を用いることにより、コストを下げることも考えられる(ガラス繊維の単価は、カーボン繊維の約1/10)。

コンポジットCNGタンクの大型化には、ライナーへの溶接構造の導入、大型のフィラメントワインディング装置の導入が不可欠である。また、ライナーと繊維のバランスも重要な要素である。

本来であれば、超大型サイズのコンポジットCNGタンクを想定して、各種の試設計を行なうところであるが、メーカー側においても未知の分野であることから、今回は、中国工業(株)において、導入した装置を前提として、評価を行なうこととした。

## 5.2 海外の動向

海外では、一般の家庭用LPG容器では、コンポジット構造のものが普及している(スウェーデン、ポルトガル、韓国等)。特に、軽量であることから、専門の業者によらず、一般人がマイカーでLPGを購入するものとして、便利なものとなっている。

我が国では、自動車等のガス燃料タンクという特別な用途しか見られないが、他国では、その軽量さに着目して、一般の用途に用いられている。



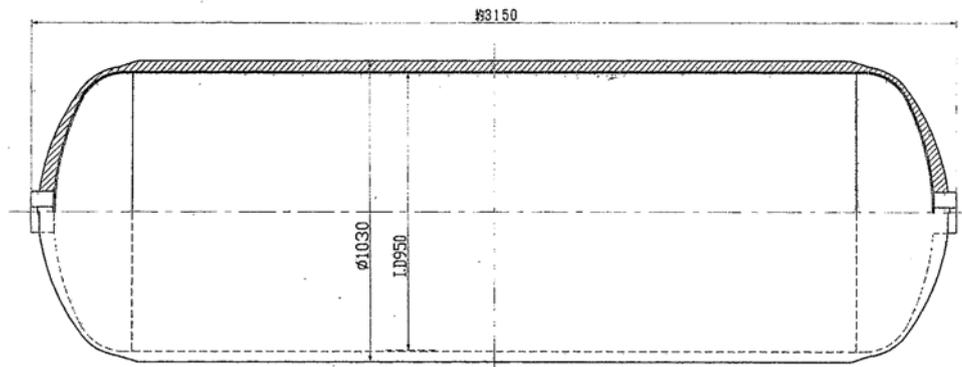
## 5.3 試設計

我が国で最大のフィラメントワインディング装置を有する中国工業(株)殿のご協力をいただき、コンポジットCNGタンクの試設計を行った。同社の経験を踏まえ、同社が有するフィラメントワインディング装置による最大サイズのものとした。

設計条件は以下のとおり

最高充填圧力	2.5 MPa
計算内容積	約2,000ℓ (充填ガス量 約490m <sup>3</sup> , 約360kg)
計算重量	約590kg
充填ガス	天然ガス
ライナー	アルミニウム合金製 5mm
ヘリカル層	炭素繊維 16mm
フープ層	炭素繊維 19mm

設計されたタンク断面図を以下に示す。



本コンポジットCNGタンクのマテリアル費及び加工費としては、約900万円程度である。

実際に市場に出すために、高圧ガス取締法をクリアするものとするが、そのための試験には、17本のタンクを製造し、試験に供さなければならない。この費用として、約3億円程度が見込まれる。なお、溶接構造のタンクは、現行の高圧ガス取締法で認められていないことから、通常のタンクに必要な試験を実施する場合の個数を流用した。

## 6. 経済性評価

コンポジットCNGタンクの調査研究が、次のステップに進むために、経済性評価を行なった。ここでの経済性評価に際して、以下の事項を基に、検討を進めた。

- ・タンク価格が高価なことから、多数のタンクを搭載する大型CNG輸送船は成立しないものと考えた。
- ・開発費用が大きいことから、船舶（燃料）用途のみでの開発費用の償却が難しい。
- ・相当数のマーケットが期待できるガス会社の二次輸送を想定し、コンテナに複数のタンクを収納する。
- ・比較対象はLNGタンクローリーの輸送とした。

検討条件は、以下のとおり。

- CNG 容器仕様 : 2m<sup>3</sup>/個、25MPa
- 充填可能ガス容積 : 500m<sup>3</sup> (@0.1MPa)
- 容器費用 : 約9百万円/個
- 容器開発費 : 約300百万円（破壊試験他150百万円含む）
- 輸送形態 : 容器10本/コンテナ
- 車両1台の輸送可能ガス容積 : 5,000m<sup>3</sup> (500m<sup>3</sup> × 10個) (LNG4t相当)

LNG ローリー1台 : 12tLNG

供給先 : 中規模レベルガス会社への輸送を想定 (10百万m<sup>3</sup>/年 (≒0.8万t/年))

この結果、単位輸送量当たりの輸送コストは、僅かであるが、「LNG < CNG」となり、CNG輸送のメリットは見つけられなかった。なお、輸送にかかるオペレーションコストの他に、CNGを導入する際の初期投資費用（圧縮機等）が別途必要である。

なお、実現にあたって、CNGは取扱圧力が極めて高く、これまでに経験がないことから、技術面での確立、受入設備のオペレーション・維持管理技術の確立、減圧時加温設備・熱調設備・付臭設備等が必要である。しかしながら、LNGに比べ、取扱は容易と思われる。実際に、東京ガス㈱の場合、LNGローリー輸送は、首都圏で200km範囲に限っている。これは、LNGの気化によるタンク内圧力上昇を避けるための制限であり、CNGでは、これらの制限が不要となる。



また、上記の経済評価は、既にLNGインフラが整っている中での検討であり、CNGは新たなインフラが必要としている。また、輸送に際して、既に供給基地にあるLNGをそのまま輸送する一方、CNGはガス化したものを昇圧する工程が付加されている。このため、インフラが整っていない箇所での比較であれば、イニシャル条件に大きな違いが生じる可能性がある。

CNGタンクについては、現在の装置で製造可能なものを想定した。より大口径のタンクを製造した場合には、天然ガス量あたりのタンク製造費用が低下する可能性を有している。

## 7. まとめ

コンポジットCNGタンクに関する調査研究を実施した。

本調査研究の目的である炭素繊維等を用いたコンポジット構造の高圧タンクに係る技術を通じて、船舶関連分野において天然ガス利用拡大の可能性等を探ることについては、コンポジットCNGタンクの可能性が明確になったものの、簡便な経済性比較には、LNGに比べて劣位にあることが明確になった。このため、最終的には、プロジェクト育成の段階で終わり、次のプロジェクト化へ進むことが難しかった。この点については、我が国の天然ガスのインフラがLNGをベースに構築されていることが大きいと思われる。世界各国でLNGに天然ガスインフラを依存している国は少数派であり、他国での評価において、LNGのインフラ構築と、CNGのインフラ構築を比較対象に加えれば、逆転する可能性も考えられるものである。また、より大口径のCNGタンクを用い、炭素繊維価格が低下すれば、評価の要素も大きく変化するものと思われる。

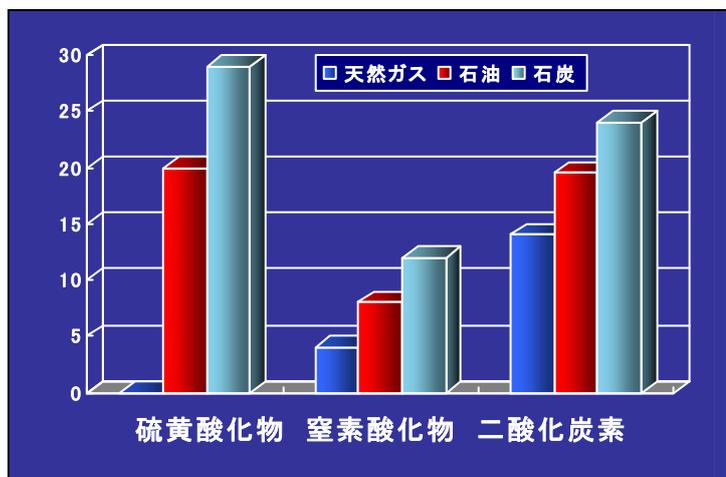
プロジェクト育成としての調査研究手法の確立の観点では、船舶技術として評価が無いものを、他分野の取り組みを参考に、文献調査、ヒアリング調査を経て、具体的な案件として、評価段階まで進められたものである。その評価方法等については、様々な意見があると思われるが、この

ような事例を積み上げることが、プロジェクト育成としての経験となり、今後の新たな分野への拡大が期待されるものである。

複合材料を用いる技術の調査については、船舶技術分野において、取組むことの少なかったものである。造船業が他分野と異なって、コスト競争から、既存技術に大きく傾斜している現状では、複合材料は高コストなものとして除外される傾向にある。経済情勢が大きく変化する中で、自動車産業におけるハイブリッド化技術が、産業を支える技術として脚光を浴びる姿を見ると、このような取組みを常に考えておくべき事項と思われる。

天然ガス輸送技術の調査については、LNGに依存しすぎている我が国の現状を考えると、天然ガスハイドレートによる輸送に加えて、CNG技術も選択肢の一つとして確保すべき技術と思われる。その点では、可能性が明確になったことは評価されるものと思われる。

地球温暖化ガス削減技術の調査については、ポスト京都議定書の一つの選択肢として考えられるものである。この場合、基本的には、内航海運等において、天然ガス焚き船舶において、不可欠な燃料供給技術としての位置付けとなる。LNGの取扱いには熟練が要るものの、CNGについては、技術的には平易なものであり、特段の問題は無いと思料される。その効果も、右図に示すように、二酸化炭素排出量は、重油よりも下がるのが期待される。



今回の調査研究において、天然ガスの船舶分野での応用の幅が広がるのが期待できることが明確になった。

最後に、本調査研究に参加いただいた研究会メンバー各位、特に、中国工業(株)及び東京ガス(株)にお世話になったことに謝意を表すものである。

## 参考1 コンポジットタンクによるCNG輸送に関する勉強会

### [1] 構成メンバー

大学1名、造船所2名、機器メーカー2名、海運会社3名、ガス会社1名、船級協会2名、研究機関1名、船技協事務局3名

### [2] 開催経過

第1回：2008年10月10日（水）（於・日本船舶技術研究協会）

第2回：2008年 1月31日（木）（於・日本船舶技術研究協会）

第3回：2008年 5月15日（木）（於・東京ガス(株)根岸工場）

第4回：2009年 2月 5日（木）（於・中国工業(株)）

## 参考2 ヒアリング先

ガス会社1社、商社1社、自動車メーカー1社、海運会社1社、造船所1社、素材メーカー2社  
タンク製造メーカー2社、大学1

（ヒアリング調査期間：2006年7月 ～ 2008年6月）

## 参考3 参考文献

- [1] 「天然ガスの新たな輸送方式に関する調査」（2004年2月）：財団法人シップ・アンド・オーシャン財団／社団法人日本中小型造船工業会
- [2] OPTIMIZATION OF A COMPOSITE CNG TANK SYSTEM (IGSOT 2006 : Design, Construction & Operation of Natural Gas Carriers & Offshore Systems, Korea) : T Plonski, G Ggalal, G Wursig and J Holland, Germanischer Lloyd, Germany
- [3] GAS CARRIER DEVELOPMENT FOR AN EXPANDING MARKET (IGSOT 2006 : Design, Construction & Operation of Natural Gas Carriers & Offshore Systems, Korea) : S. Valsgard, T.K. Ostvold, O Rognebakke, E Byklum, and H O Sele, Det Norske Veritas, Norway
- [4] 「東南アジアにおける中小ガス田からの通常船舶による天然ガス海上輸送に関する調査」（2008年3月）：社団法人日本中小型造船工業会

