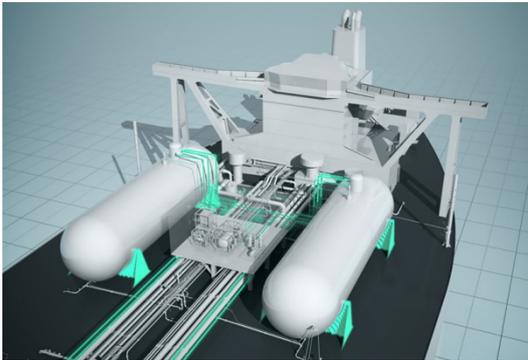


# LNG 燃料からアンモニア燃料へ (カーボンニュートラル実現に向けた船舶燃料転換)

"LNG as fuel" to "Ammonia as fuel"  
(Ship's fuel conversion to achieve carbon neutrality)



上田 伸\*1  
Shin Ueda

津村 健司\*2  
Kenji Tsumura

渡辺 祐輔\*3  
Yusuke Watanabe

田村 浩\*4  
Hiroshi Tamura

山田 大祐\*5  
Daisuke Yamada

LNG (Liquefied Natural Gas: 液化天然ガス) の大規模海上輸送がそうであったように、環境対策としての発電用アンモニアへの期待や社会的な需要圧力が、アンモニアの大規模海上輸送時代の幕を開けようとしている。LNG 輸送船の技術は、LNG 燃料船や LNG 燃料供給装置に適用されたが、アンモニアも輸送船の技術が応用され、アンモニア燃料船やアンモニア燃料供給装置が開発されてゆくものと考えられる。アンモニア燃料の本格普及には規則整備や乗組員育成も必要であり、船や機器は LNG からアンモニアへの連続した技術として捉え LNG とアンモニアに共通する部分を継承したような開発とすることが、船や設備を提供する製造者にとっても、将来のアンモニア燃料船の運航者にとっても望ましい。

## 1. はじめに

初期の LNG 輸送船は、LNG タンクに対する推進機関の振動影響リスクを最小限とするため、推進機関として蒸気タービン推進プラントを採用し、LNG タンクからのボイルオフガス (BOG: Boil Off Gas) を燃料として有効利用してきた。その後、LNG 燃料を利用可能とする効率の良い船用ディーゼルエンジンが開発され、LNG タンクへの振動影響評価・対策も確立し、ディーゼル電気推進プラントを経て、現在の LNG 輸送船のほとんどは LNG 焚きディーゼルエンジンで直接推進するプラントを搭載するようになった。船用 LNG 焚きエンジンの登場は、LNG 輸送船以外にも LNG の燃料利用の道を開いた。環境対策として LNG を燃料とする船 (LNG 燃料船と呼ぶ) が欧州を中心に建造・運用されるようになり、環境意識の高まりとともにその数を伸ばしている。日本でも大型一般商船で LNG 燃料船の竣工や建造契約が増加しており、また、LNG バンカー船のような港湾での LNG 供給インフラの拡充とともに、LNG 燃料船の拡大を実感する時代に入った。

しかし近年、地球環境・気候変動についての危機感の高まりから、GHG (Greenhouse Gas) 削減やカーボンニュートラルについての対応要請が加速しており、早くも LNG 燃料の次を見据えた議論や開発が始まっている。燃焼時に CO<sub>2</sub> 排出を伴う LNG 燃料は既に、次世代のカーボンニュートラルな燃料、あるいは、CO<sub>2</sub> 回収によるエコシステムが成立するまでのブリッジソリューションと認識されるようになった。今や次の船舶のエネルギー供給の在り方について、船主・船会社・造船所・船用機器メーカー・燃料供給者等、多くの海事関係者が関心を寄せている。船舶の種類や運航形態など様々な条件や背景があり、将来の船用燃料の在り方は多様な形態が同時に存在すると

\*1 三菱造船株式会社 マリンエンジニアリングセンター 船舶技術部 部長

\*2 三菱造船株式会社 事業戦略推進室 室長

\*3 三菱造船株式会社 マリンエンジニアリングセンター 船舶技術部 次長

\*4 三菱造船株式会社 マリンエンジニアリングセンター 長崎設計部 課長

\*5 三菱造船株式会社 マリンエンジニアリングセンター 長崎設計部 主席技師

予想されている状況となっている。表1に示すとおり、各種候補の中で、アンモニアは他の燃料のような CO<sub>2</sub> 排出量はなく、かつ、大量輸送、長期間航海に向く特性を有しており、一つの有力な選択肢として認識されている。

本報では、LNG 燃料からアンモニア燃料へのトランジションに着目し、LNG 輸送船から LNG 燃料船への技術転用の経緯にアンモニア燃料化の将来を重ねて予測すると共に、LNG 燃料からアンモニア燃料への技術的な連続性について考察する。そして、アンモニア燃料船や燃料供給装置の開発方向性について展望する。

表1 各船用燃料の特性

船用燃料 (熱量当たり CO <sub>2</sub> 排出量)	インフラ転用可能な カーボンフリー カーボンニュートラル燃料	燃料液化条件	熱量当たり 燃料体積	大量輸送 長期間航海 適性
重油 (1.0)	バイオディーゼル	大気圧, 常温	ベース	(○)
LNG (0.74)	カーボンリサイクルメタン バイオメタン	大気圧, -162℃	1.7 倍	○
メタノール (0.90)	カーボンリサイクルメタノール バイオメタノール	大気圧, 常温	2.4 倍	○
アンモニア (0)	グリーンアンモニア ブルーアンモニア	大気圧, -33℃ あるいは 1.8MPaA, 常温	2.7 倍	○
水素 (0)	グリーン水素 ブルー水素	大気圧, -253℃	4.5 倍	△

## 2. カーボンニュートラル実現に向けた社会動静と海事産業への影響

### 2.1 カーボンニュートラル実現に向けた LNG 及びアンモニアの役割

主要な国々が 2030 年の GHG 排出量削減目標を掲げ、また、2050 年頃にはカーボンニュートラルを目指す野心的な目標を掲げており、世界がカーボンニュートラルを実現する方向へ動いている。様々な分野で再生可能エネルギーの普及、CO<sub>2</sub> 低減、CO<sub>2</sub> 回収のための課題解決が推進されている。

今まで化石燃料エネルギー主流の時代においても、産油国とエネルギー需要地には、地域差があり輸送需要が存在し、パイプラインや船舶がその輸送需要を満たしてきた。一方、図1に示すように、再生可能エネルギー適地とエネルギー需要地にも地域差は存在する。カーボンニュートラルなエネルギーはサプライチェーンに変化はあれども、依然多くの輸送需要があると考えられる。特に、長距離輸送については、パイプライン・送電網の敷設に比べて船舶による海上輸送が有利であり、化石エネルギーからカーボンニュートラルエネルギーへの変遷期においては、その向け先や輸送量の変化や、新たなバランスに対応することが必要になる。カーボンニュートラル社会の実現を目指すこの変遷期は、このようなエネルギー輸送媒体としての燃料の変化と同時に、エネルギー輸送需要の変化が連続して起きる時期にあると考えられる。そのため、エネルギーの大量輸送・長距離輸送・輸送ルートの柔軟性を兼ね備えた船舶は、この変遷期に重要な役割を果たす。

カーボンニュートラルなエネルギー輸送媒体は、主要なものとして水素・アンモニア・合成メタン・合成メタノールなどが挙げられる。水素を中心としたエネルギー輸送システムの本格普及には、製造から利用までのすべてのインフラや技術を整備する必要があり時間がかかるとされている。段階的な実現の打ち手として、その中でもアンモニアは、炭素を含まず大気中の窒素と水素からの製造も可能であること、またその合成技術が確立されていることなどからエネルギー輸送媒体としての期待が高く注目されている。

その他手段としては、燃焼後の CO<sub>2</sub> 回収と合わせ合成炭化水素を用いる CO<sub>2</sub> 循環型のエネルギー輸送も考えられる。回収された CO<sub>2</sub> を利用した合成メタンや合成メタノールは、カーボンニュートラルなエネルギー輸送の媒体となる。既存インフラの有効活用という面で LNG から合成メタンへの流れも一つの優れた選択肢と考えられる。

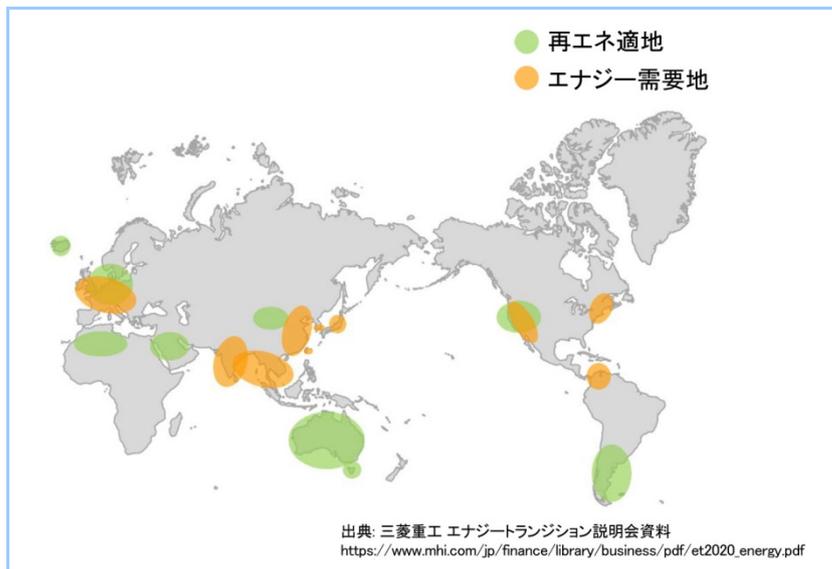


図1 再生可能エネルギー適地とエネルギー需要地

## 2.2 規制動向と船舶運用への影響

国際海事機関(IMO:International Maritime Organization)は2018年4月にGHG削減戦略を採択し、中期目標として2050年に国際海運からのGHG総排出量を2008年比50%削減すること、長期目標として今世紀のなるべく早期にネットゼロとすることを目標に掲げた。2021年6月に行われたIMO海洋環境保護委員会(MEPC:Marine Environment Protection Committee)では、船舶の燃費性能を事前認証するEEXI(Energy Efficiency Existing Ship Index)規制と燃費効率実績を事後チェックする燃料格付け制度(CII rating:Carbon Intensity Indicator rating)が採択され2023年から適用されることとなった。CII ratingにおいては格付けに用いるGHG削減基準値を毎年厳しくする内容となっており、この基準値を2026年までは1~2%/年で削減率を強化していくことが決定している。2027年以後は更に強化される方向であるが、具体的な数値は未だ決まっていない。格付けは個船ごとに行われ、5段階評価(A~E)で4番目のD評価を3年連続、又は、最低のE評価を受けた船舶は、改善計画を策定しなければならず、燃料転換・減速航行などの対策を選択せざるを得ない。この制度は環境性能に劣る船舶に改造を迫る内容、あるいは、輸送能力の低下を迫る内容となるため、その影響は大きい。逆の見方をすれば環境性能を示すこの格付けは、チャンスと捉えることもできる。次世代燃料に対応した船隊の整備を積極的に進め、環境意識の高い荷主企業・消費者へ示すことも可能で、環境性能の指標として利用が進む可能性もある。

LNG燃料は重油に比べて約25%のCO<sub>2</sub>削減が可能、かつ、現在でも利用可能な燃料であり、格付けの早期改善や解決策としては有効である。アンモニア燃料はカーボンフリー燃料として大きな改善が期待でき、更なるGHG削減を目指す上で有効な手段であり、LNG燃料からアンモニア燃料への燃料転換も検討されている。

## 3. LNG 燃料

### 3.1 陸上でのLNG利用と本格的な海上輸送の幕開け

天然ガスは、硫黄などの公害物質が少なく熱量も大きいことから都市ガスの燃料源として注目されていた。パイプライン輸送による天然ガスの大規模な利用は、米国では第二次世界大戦前から、欧州・ロシアでは戦後になってから本格的に始まった。天然ガスを液化したLNGは、その取扱い上の困難さから海上輸送に適さなかったが、1970年代には船舶での輸送が可能になり、長距離輸送が必要となる日本で大規模なLNG利用が始まった。

日本では戦後に石炭、次いで石油をエネルギー源として工業化が進められたが、深刻な大気汚染、水質汚染による公害を伴うことになった。その対策としてクリーンなエネルギー資源である

天然ガスが検討され、東京電力及び東京ガスによるアラスカからの LNG 輸入を起点として、日本での LNG 輸入が開始され、世界における本格的な LNG 海上輸送の幕が開け、オイルショックが LNG の利用を後押しする形で輸送量を大きく伸ばした。

### 3.2 LNG 輸送船

LNG 輸送船は、その後大いに技術革新が進んだ。例えば、その LNG タンク型式はメムレン型や続いてモス型が登場するなど、複数の技術の競争状態が生まれた。どちらも技術面・安全面でも高いレベルでの成功を収めている。その後、船上再液化装置など各種船用 LNG 技術が開花し船型も大型化するなど、製造技術も含めて大いに技術革新が進み現在に至っている。大型化が一段落し船型標準化が進み、技術的にも成熟したと考えられる。

LNG 輸送船は推進機関について独自の技術的な進化を伴ってきた。LNG 輸送船は、極低温の LNG から輸送中に発生するボイルオフガスの対処が不可避であり、LNG 圧力上昇を抑制するためのガス処理が必要である。そのため、ボイルオフガスを経済的に活用する目的で、推進燃料として主に LNG が利用されている。初期の LNG 輸送船では推進プラントは蒸気タービンが利用されてきたが、その後に再熱蒸気タービン、ガス焚中速発電機エンジンによる電気推進、低速ガス焚きディーゼルエンジンなど燃費向上を伴い多くの技術的な変遷をたどってきている。LNG 輸送船は、その LNG タンク形式に特徴的な極低温技術とともに、燃料利用の面でも他船舶と異なる技術を必要とし、船舶建造の面でも運航の面でも、ガス取扱いの技術を持った技術者や乗組員を必要としてきた。

### 3.3 LNG 燃料船

船用の LNG 焚きエンジンが利用可能な環境が整ったため、設計や建造に特殊なタービン推進プラントの技術も不要となり、LNG 輸送船以外の船でも LNG を燃料とする LNG 燃料船の建造が容易になってきた。また、LNG の海上輸送が普及し世界の多くの港湾で LNG 燃料が活用されるような環境も整いつつあるため、LNG 燃料船の適用が広がりを見せている。世界の各港、日本でも LNG を一般船舶に燃料供給する燃料供給船 (LNG バンカー船) が次第に竣工するようになり、船舶への燃料供給の面でも懸念が払拭されつつあり、一般商船での LNG 燃料導入環境が整ってきている。エンジンへの LNG 燃料供給にはエンジンが指定する温度・圧力・流量の LNG を調整する装置が必要で、かつ、その装置は燃料タンクの LNG を適切な状態に維持管理するような機能も有する必要がある。そのような複雑な燃料供給システム (LNG-FGSS: LNG-Fuel Gas Supply System) が LNG 燃料船には必要になるが、これは LNG 輸送船向けなどの技術を元に各メーカーが開発を済ませており、関連装置を一つのパッケージとして供給する体制ができている。船主・造船所が一つ一つの機器を設計・調達する必要はなく、信頼性の高いシステムを享受できる環境が整っている。当社もいち早く LNG-FGSS の開発に着手し製品化を行い、製品としてのラインナップ化を行っている。LNG 燃料船は経済性が成立しやすい大型の一般商船に拡大しつつあるが、次第に中型船へと広がることが期待されている。また、LNG 燃料船の増加に伴い、LNG バンカー船の普及も広がり、燃料供給体制は今後ますます充実化していくと予想される。課題としては、メタンの温暖化係数が CO<sub>2</sub> の 28 倍とされていることが挙げられる。LNG 焚きエンジンからの未燃分放出削減の検討や LNG 燃料製造・輸送・バンカリング過程における大気放出の防止対策は、引き続き重要である。

## 4. アンモニア燃料への期待

アンモニアは主に再生エネルギーによる水電解で作られる水素 (グリーン水素)、あるいは、炭化水素の分解で作られる水素 (ブルー水素) と、空気中に存在する窒素から高温高圧下の触媒反応 (ハーバーボッシュ法) で合成することができる。そのため、製造に当たって燃料用の材料で特別なものはなく、エネルギー供給地での製造は実施しやすい。世界のアンモニア製造能力は期待されるエネルギー需要に対して現時点十分な能力を有していないが、原材料のサプライチェ

ーンとしては大きな問題はないと考えられている。

アンモニアは分解によって水素を取り出すことができるほか、直接燃焼することも可能である。しかも、燃焼してもCO<sub>2</sub>を排出しないゼロエミッション燃料という優れた点を有している。そのため、火力発電や工業炉、船舶等からのCO<sub>2</sub>排出削減に対して有効であり、日本ではLNGなどと同様にエネルギー資源と捉えた開発が進められている。火力発電においてはアンモニア専焼の火力発電によるCO<sub>2</sub>排出削減に大きな効果が期待されており、石炭との混焼に向くことから早期の混焼実現により段階的にCO<sub>2</sub>削減を図ることができるとされている。

アンモニアはLNGに比べると液化温度が比較的高い。常温加圧で液化するなどLNGよりもむしろLPG (Liquefied Petroleum Gas)に近い特性を持つ。しかし、腐食性や刺激性の観点からLPGよりも扱いにくい燃料であり、高濃度アンモニアの刺激性を考慮するとLNGやLPGのような都市ガス用途は考えにくい。しかし、カーボンフリーである点の優位性は大きく、発電用途としてのアンモニア燃料は十分なポテンシャルを有しており期待が高い。

今般、地球環境意識は全世界に行動を求めており、市場にショックを与えている。アンモニアは環境意識の高まりに後押しされ、発電用燃料としての利用が拡大し、かつてのLNGのように各港でのインフラ拡充とともに発達していくことが予想される。LNGと同様に、本格的な海上輸送の幕開けを告げる可能性がある。例えば、日本の大手電力会社JERAは“JERA ゼロエミッション2050日本版ロードマップ”で2030年までにアンモニア混焼の本格運用開始、2030年代前半に保有石炭火力全体におけるアンモニア混焼率20%を達成、その後発電所リプレースに合わせて順次混焼率を拡大し2040年代にはアンモニア専焼化を開始するとしている。また石炭火力以外、例えばガスコンバインドサイクル発電では、アンモニアから水素を取り出して天然ガスと混焼する案も検討されている。(アンモニアのほか、液体水素やメチルシクロヘキサンも水素輸送媒体として並行検討されている)

経済産業省における燃料アンモニア導入官民協議会においては、石炭火力へのアンモニア混焼の普及・安定的なアンモニア供給とするため、2030年には年間約300万トン(35000m<sup>3</sup>積みMGC (Multi Gas Carrier)クラスの輸送船なら約126航海分)、2050年には年間約3000万トン(87000m<sup>3</sup>積みVLGC (Very Large Gas Carrier)クラスの輸送船なら約510航海分)の日本への輸送が取組み目標とされている。

船舶用燃料としてのアンモニアはLNGと同様に特殊性の高いガス系の燃料であり、導入される船舶の建造や運航については、高い技術と安全性が求められる。課題としては、燃焼時に発生するNO<sub>x</sub>やN<sub>2</sub>Oがあげられており、中でもN<sub>2</sub>Oは温暖化係数がCO<sub>2</sub>の265倍とされ非常に高い。そのため、エンジンの燃焼制御や分解触媒による排出低減対策などの開発が進められている。さらに、炭化水素を用いて製造されるアンモニアの場合は製造時にCO<sub>2</sub>が排出されるため、CO<sub>2</sub>回収と貯留といった適切な処理を実施することが必要になる。

#### 4.1 アンモニア輸送船

アンモニア輸送船はアンモニアと物理特性の類似しているLPG輸送船の系譜の中で建造されてきた。当社は1960年代から2020年にかけて88隻のVLGC及びMGCを建造しているが、このうち6隻がアンモニアを搭載できるMGC(20000~40000m<sup>3</sup>積み)である(図2)。1995~2005年に建造されており、当時のエンジンの推進用燃料は重油であるが、貨物としてアンモニア輸送が可能となるように設計されている。アンモニア搭載準備のオペレーション(タンクのイナージェーティング、ガッシングアップ、クールダウン)、アンモニアの積込み・払出し、ドライドック準備のオペレーション(アンモニアタンクのウォームアップ、イナージェーティング、エアレーション)、及び、アンモニアに関する各種監視装置、安全装備を備え、アンモニアの特性に配慮した船となっている。

一方、近年は将来的なアンモニア輸送需要を捉えるべく、大型のVLGC(当社の場合87000m<sup>3</sup>クラス)においてもアンモニア輸送可能な仕様が求められている。株式会社名村造船所が建造し、株式会社商船三井グループ向けに同造船所で建造を進めている案件(図3)では、当社が設

計を供与しており、一部機器の調達や工作支援も行う予定になっている。この案件では当社の VLGC 及び MGC の知見を活かし、積載貨物タンクを大型化して経済性を向上させるとともに、船型改良による燃費改善も実現。また、これまでに培ったガスハンドリング技術を活用し、運搬貨物としての LPG を船舶の推進燃料としても使用可能なシステムを採用、燃料としての LPG は貨物タンク内に確保し LPG 基地における荷役時の柔軟性も確保した。そして、アンモニア積載可能な船型としては現時点で最大規模の仕様としている。更に、当社は別案件においても、株式会社商船三井、株式会社名村造船所と協働しアンモニアを燃料とする大型アンモニア輸送船の開発に着手して(図4)おり、最適カーゴタンクの検討及び試設計、デッキタンクの開発、機関構成の検討、燃料供給装置の搭載設計、特殊艙装・荷役装置の設計、安全装置の搭載設計を担当している。

このように、アンモニアの海上輸送については技術的な準備は整いつつあり、今後は需要の高まりに応じて船型大型化などの全体最適が図られていく時代に進むと予想される。かつて LNG 輸送船がそうであったように、アンモニア輸送船から船用燃料としてのアンモニア利用が本格的に始まっていくと考えられる。アンモニア輸送船は貨物としてのアンモニアを維持・保全する設備・安全装備が元々備わっている上、バンカリング船などの燃料供給インフラを特別に確保する必要がない。また、乗組員の技量が確保されている点でも、アンモニア輸送船からの船用アンモニア燃料利用が図られていくと予想している。



図2 20000~40000m<sup>3</sup>積み MGC アンモニア運搬船



図3 87000m<sup>3</sup>型 LPG 焚 大型 LPG・アンモニア運搬船



図4 大型アンモニア輸送船のイメージ図

## 4.2 アンモニア燃料船

アンモニアの海上輸送の計画が進む一方、既に複数のエンジンメーカーでアンモニア焚き船用エンジンの開発が開始されており、初号機の登場は2024年あたりと見られている。LNG燃料のエンジンの技術をベースに、アンモニア焚きエンジンを開発するケースもあり、LNG燃料のときよりも開発が早い。このため、一般貨物船への導入は比較的早く進んでいくものと考えられる。エンジンへのアンモニア燃料供給は、アンモニアの温度・圧力・流量を調整しながら、燃料タンクを維持管理するようなアンモニア燃料供給システムが必要になり、さらに、一般貨物船においてはアンモニア輸送船が備えているようなアンモニアを維持・保全する設備・安全装備を持つ必要がある。つまり、アンモニア輸送船と同様に、アンモニア搭載準備のオペレーション、アンモニアの搭載・燃料の払出し、ドライドック準備のオペレーションが必要になる。これらは、アンモニア輸送船の技術と燃料供給機器の技術を用いて開発され、LNG燃料船の場合と同様に信頼性のあるパッケージとして提供されるのが良い。当社は、そのようなパッケージがアンモニア燃料供給装置として造船所や船主に提供されることが望ましいと考えている(表2)。アンモニア燃料の本格普及には規則整備や乗組員育成も必要であり、船や機器はLNGからアンモニアへの連続した技術として捉えLNGとアンモニアに共通する部分を継承したような開発とすることが、船や設備を提供する製造者にとっても、将来のアンモニア燃料船の運航者にとっても望ましいからである。

アンモニア燃料は低温又は高圧で貯蔵されるためLNG燃料のようなガス燃料の取扱い技術が必要なことに加え、腐食性や刺激性を有している点に注意が必要であり、LNG-FGSSの技術に加えてアンモニアの除害技術が必要になる。例えば、エンジンの停止・燃料の切替えなどのタイミングで排出される少量のアンモニアの処理、あるいは、入渠前に実施するガスフリー時に排出されるアンモニアの処理についても考慮が必要で、安全なオペレーションを可能にする設備や装置もアンモニア燃料供給装置に求められる機能である。

表2 アンモニア燃料供給装置パッケージ

アンモニア燃料供給装置の例	LNG燃料供給装置の例
アンモニア燃料タンク	LNG燃料タンク
アンモニアボイルオフガス処理装置・再液化装置	LNGボイルオフガス用コンプレッサー
アンモニア燃料タンク用計装機器	LNG燃料タンク用計装機器
アンモニア燃料タンク・バンカリング用緊急遮断装置	LNG燃料タンク・バンカリング用緊急遮断装置
アンモニア燃料供給機器	LNG燃料供給機器
アンモニア燃料ポンプ	LNG燃料ポンプ
アンモニア燃料供給用計装機器	LNG燃料供給用計装機器
アンモニア除害装置	-

アンモニア除害装置に求められる要件の例
アンモニアタンクからのボイルオフガスの処理
燃料配管内パージガスの処理
漏洩アンモニアガスの処理
定期検査時アンモニア燃料タンク内ガス処理

## 5. LNG燃料船からアンモニア燃料船へのトランジション

LNGは既に発達した海上輸送網があり、LNGバンカー船が竣工するに従い利便性を増していくだろう。他の燃料は供給体制・海上輸送体制の構築に時間を要するため、LNG燃料の相対的な優位性は続くものと思われる。LNGは、燃料として、合成燃料の材料として、あるいは水素キャリアとして有力なエネルギー媒体の選択肢となり、世界を支えていくものと考えられる。LNG輸送に係る船舶には、引き続きLNG燃料利用が続くと考えられる。

一方で地球環境のためにGHG削減の追求も続けていく必要がある。個船ごとに前述のCII rating格付けとの関連から、いずれかの時期に化石燃料たるLNG利用を上回る排出削減を行う

時期がくる。今後の CII rating の削減目標次第では、船齢を全うする前に合成メタン利用・カーボンオフセット課金・アンモニア焚きへの改造といった手段を計画に織り込む必要が生じる。このときにアンモニア燃料船を選択できるかどうかは、アンモニア燃料供給能力や造船建造能力も含めたインフラ整備能力が鍵を握る。しかしアンモニア燃料船は、燃料の普及時期により実際の効果を享受するまでには時間がかかるとも見られている。船用アンモニア燃料化を推し進める一つの要素は、陸上の発電用アンモニア燃料普及であり、アンモニア輸送船から本格的に燃料利用が進むと考えられる。この点、LNG が船用燃料として普及した事例に似ている。

今や、カーボンニュートラルな燃料の本格的な普及時期は、最大の関心事の一つであるが、燃料供給能力や価格、入手性、エンジン製造、その他機器の供給、造船所、船員教育、等様々な要素があり見通しづらい。そのため、船舶運用上のフレキシビリティ確保のために、アンモニアレディ LNG 燃料船が新たな選択肢として浮上している。アンモニアレディ LNG 燃料船とは、船舶運用期間中に LNG 燃料からアンモニア燃料に主燃料を切り替えることを狙い、新造時からアンモニア燃料利用の設計や設備を一部に織り込んだ LNG 燃料船のことである。いざアンモニア燃料への転換を行うときには改造工事を伴うが、予め計画されているため改造費用が少なく済む。また、改造時期を建造後に判断できるため、LNG 燃料とアンモニア燃料の情勢を見比べながらの決断が可能となる。アンモニアレディ LNG 燃料船を計画するときのポイントは表3の通りである。

アンモニア燃料船を運航するには、有能な乗組員の確保も重要である。アンモニア燃料船では前述したように、アンモニア搭載準備のオペレーション、アンモニアの搭載・燃料の払出し、ドライドック準備のオペレーションが必要であり、ガス燃料の取扱いに習熟した乗組員を予め確保していると対応が早い。この点でも LNG 燃料からアンモニア燃料へのトランジションを視野に入れたプランニングは重要であると考えられる。造船所の立場からは、LNG 供給装置とアンモニア燃料供給装置について連続性をもった設計、すなわち、LNG 燃料供給装置から共通する部分を継承したような装置設計・本船設計になるような配慮が必要と考えている。そのような配慮によって船主・オペレーターの乗組員確保にも貢献できることを目指したい。

表3 アンモニアレディ LNG 燃料船を計画する時のポイント

アンモニアレディ LNG 燃料船を計画する時のポイント	
燃料タンク	LNG 燃料およびアンモニア燃料の両者に適性のある材料の仕様
主機関、補機関	材料適性、燃焼性・熱量の違い、部分改造可否、排気ガス後処理
燃料供給装置	LNG 燃料・アンモニア燃料による相違点、ガス系燃料ハンドリングのノウハウ
区画・配置	タンク・機関・燃料供給装置の配置、防火構造、引火性・毒性危険場所の考慮
腐食性	アンモニアの腐食性や応力腐食割れ対策を考慮した材料選定
除害装置	アンモニアの除害装置の設置に関する計画

## 6. まとめ

環境問題による発電用、都市ガス用の需要が LNG の大規模海上輸送時代をもたらしたのと同様に、環境対策としての発電用需要の高まりがアンモニアの大規模海上輸送時代の幕を開ける可能性がある。かつて LNG 輸送船の LNG 燃料利用から一般船舶での LNG 燃料利用が広がったのと同様に、アンモニアも輸送船、一般船舶の順に本格的なアンモニア燃料利用が拡大することが予想される。LNG 燃料船には LNG 輸送船の技術が応用され LNG 燃料供給装置としてパッケージ化されたのと同様に、アンモニア燃料船にはアンモニア輸送船の技術が応用され、燃料供給装置とのパッケージとされることが望ましい。次第に高まりつつある環境性能目標に対応していくため、運用上のフレキシビリティに有利なアンモニアレディ LNG 燃料船も計画されるような流れがある。アンモニア燃料が普及するには、設備だけでなく、対応可能な優れた乗組員が必要であり、人員の育成も踏まえ LNG 燃料からアンモニア燃料へのトランジションの準備を進めることが重要である。

そのため、当社はLNG燃料船とLNG燃料供給装置、アンモニア燃料船とアンモニア燃料供給装置は連続した技術として捉えており、使い勝手において連続性に配慮した開発が望ましいと考えている。そして当社は現在、三菱重工マリンマシナリ株式会社との共同プロジェクト(Project MaTIS: Marine Technology, Integration & Solutions)にて、両社知見を集め検討を進めている。

## 参考文献

- (1) 森島宏, 天然ガスのすべて-21世紀の主役エネルギーの最新知識-, 石油・天然ガスレビュー 2004年1月号 p.114~169
- (2) 経済産業省資源エネルギー庁, 第4回 燃料アンモニア導入官民協議会資料, (2021)  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/nenryo\\_anmonia/pdf/004\\_04\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/nenryo_anmonia/pdf/004_04_00.pdf)
- (3) 株式会社 JERA, “JERA ゼロエミッション 2050 日本版ロードマップ”と“JERA 環境コミット 2030”  
[https://www.jera.co.jp/information/20201013\\_539](https://www.jera.co.jp/information/20201013_539)
- (4) 一般財団法人 日本海事協会, 代替燃料船ガイドライン(第 1.1 版) 2021 年9月