

# 代替燃料船ガイドラインC部「アンモニアを燃料として使用する船舶の安全に関するガイドライン」について

技術本部 技術部

## 1. はじめに

近年、国際海運の分野では、大気汚染防止、地球温暖化防止の規制が強化される中、次世代の船舶燃料として、石油燃料に代わり地球に優しい燃料といわれる代替燃料の利用の検討が活発に行われている。現在、SO<sub>x</sub>及びNO<sub>x</sub>規制への対応のため、LNG、LPG、メタノール/エタノールなどを燃料として使用する船舶の導入が進められている。燃料油を使用する船舶がこれらの燃料を使用することによりCO<sub>2</sub>の排出量を10%から20%削減することが可能であるが、さらにGHG排出ゼロを実現すべく、炭素を含まないアンモニアや水素の燃料としての使用が期待されている。アンモニアを貨物として運送する船舶では、アンモニアを適切な状態で運搬するための貯蔵設備やプロセス設備が装備されている。また、冷凍船ではアンモニアを冷媒として利用している設備の実績もある。このようにアンモニアは燃料として使用されていないものの、船舶の分野では取り扱われている物質といえる。また、アンモニアは水素に比べてエネルギー密度が高いことや液化し易い特性もあり、船舶における脱炭素燃料として注目されている。アンモニアを燃料とする船舶は、各国で開発が行われており、2024年頃から就航することが見込まれている。将来の外航船も含めたアンモニア燃料船の普及のため、シンガポール等の主要な港ではアンモニア燃料供給船の開発計画が進められている。将来の国際航海に従事する船舶へのアンモニア燃料の使用に向けた準備が着々と進められている中で、アンモニアを燃料として使用するための国際的な規則は制定されていない。特にアンモニアは非常に強い毒性を持ち、微量でも人体に触れると重大な危害を及ぼす危険性があるため、十分な安全対策が求められる。本会は、アンモニア燃料船の開発に貢献するため、アンモニアを燃料として使用する船舶の安全性を確保するために求められる要件を「代替燃料船ガイドライン」C部にとりまとめた。

本報告は、同ガイドラインにおけるアンモニア燃料船に求められる安全要件の概要について説明するものである。

## 2. アンモニア燃料船開発の現状

### 2.1 アンモニア燃料船開発の背景

船舶からのCO<sub>2</sub>排出削減のための規制となるMARPOL条約 附属書VIの関連規則は2013年1月1日から施行されており、現在、エネルギー効率設計指標（EEDI）による規制、船舶エネルギー効率管理計画書（SEEMP）の所持及び燃料消費実績報告制度（DCS）が導入されている。

また、2018年4月のIMO MEPC72においてGHG削減戦略が採択され、GHG排出削減のための短期対策として、2030年までに国際海運全体の輸送効率を2008年比で40%改善することが明記されている。この短期目標を達成するため、EEXI規制及び燃費実績（CII, Carbon Intensity Indicator）格付け制度を導入するためのMARPOL条約 附属書VIの改正、及び関連するガイドラインが採択され、現在燃費実績格付け制度を実施するために関連するガイドラインの作成が行われている。また、IMO GHG削減戦略では、中期削減目標として2050年までに輸送効率を2008年比で最低70%改善及びGHG排出量を50%削減すること、長期削減目標として今世紀中にGHGは排出量をゼロとすることが掲げられている。これらの目標を達成するための中・長期対策として、燃料油に対する課金制度や排出量取引制度なども検討されている。

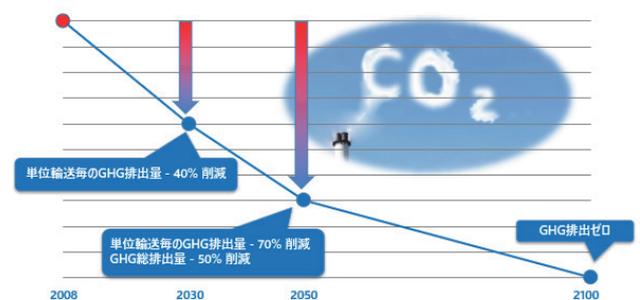


図1 国際海運の輸送量毎の船舶のCO<sub>2</sub>排出量削減量

一方、2015年に採択されたパリ協定では、世界の平均気温上昇を産業革命以前から2℃以内に抑え、1.5℃に抑える努力目標が盛り込まれた。気候変動に関する政府間パネル（IPCC）では、気温上昇を1.5℃に抑えるためには、2050年までにGHG排出量

を実質ゼロに抑える必要があるとされており、IMO GHG削減戦略で規定している国際海運からのGHG排出削減目標を強化するため、IMO GHG削減戦略の見直し作業を行うことが合意されている。

上記を背景に、燃焼時にCO<sub>2</sub>を排出しないアンモニアはGHGの排出を大幅に削減できる燃料として注目されている。アンモニアは、陸上では肥料及び工業用に原料として一般に使用されているため、製造、輸送、貯蔵というサプライチェーンの各段階で既存技術を活用することが可能である。また、アンモニアは製造プロセスやCO<sub>2</sub>の抑制制度合いに応じて、グリーンアンモニア（再生可能エネルギーから製造されたアンモニア）、ブルーアンモニア（天然ガスや石炭を原料として、製造段階で生じるCO<sub>2</sub>をカーボンリサイクルやCCSにより回収したアンモニア）、グレーアンモニア（天然ガスや石炭を原料としたアンモニア）などに分類される。現在、主流のアンモニアは、グレーアンモニアであり、安価に入手可能であるが、製造時にCO<sub>2</sub>を排出するため、今後、グリーンアンモニアやブルーアンモニア等の製造も期待される。

このように、船舶からのCO<sub>2</sub>排出量の大幅な低減が可能であることに加え、アンモニアのサプライチェーンが世界中に構築されていることから、代替燃料として有力な選択肢となりえるものとしてアンモニア燃料船の開発が活発に検討されている。

## 2.2 アンモニア燃料船の開発状況

世界におけるアンモニア燃料船の取り組みとして、造船所、エンジンメーカーなどが開発するアンモニアを燃料として使用するバルクキャリアやコンテナ船などに対して、複数の船級から基本設計承認（AiP）が発行されている。

アンモニア燃料船を実現するためには、エンジンの開発が必須であるが、2024年にMAN社から2ストロークエンジンの初号機を出荷する計画が発表されている。また、アンモニア燃料船の実建造のプロジェクトとして、2024年にWartila社の4ストロークエンジンを搭載したアンモニア燃料油タンカーを就航する開発計画が発表されている。

日本国内においても、実建造プロジェクトとして、2024年就航予定の株式会社IHI原動機が開発する4ストロークエンジンを搭載するアンモニア燃料塔グボート、2026年就航予定の株式会社ジャパンエンジンコーポレーションが開発する2ストロークエンジンを搭載するアンモニア燃料塔アンモニア輸送船、及び上述のMAN社の開発する2ストロークエンジンを搭載するアンモニア燃料塔バルクキャリアなどの開発が発表されている。



図2 アンモニア燃料塔アンモニア輸送船

## 2.3 アンモニア燃料供給システム

アンモニア燃料船に採用される燃料供給システムは次の2種類に大別される。

- (1) 高圧の2ストロークエンジンに燃料を供給するシステム（図3参照）：液化アンモニアを所定の温度圧力で循環させながら、機関に必要な量の燃料を供給する。

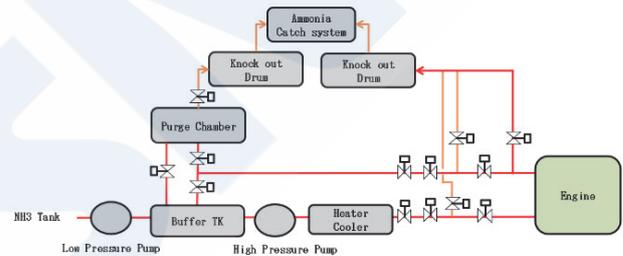


図3 2ストロークエンジンの燃料供給システム

- (2) 低圧の4ストローク機関に燃料を供給するシステム（図4参照）：液化アンモニアをガス化し、所定の温度圧力で機関に供給する。

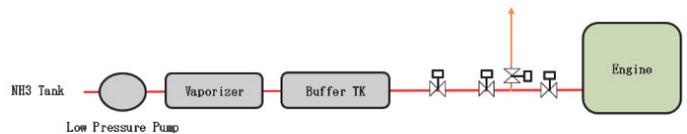


図4 4ストロークエンジンの燃料供給システム

## 2.4 ガス塔き機関の種類と特徴

現在検討されているアンモニア塔き機関としては、以下の2種類がある。

- (1) 低圧式4ストローク二元燃料機関

低圧式4ストローク二元燃料機関では、機関の給気にガス燃料を混合して圧縮した後、パイロット油で希薄混合気を着火する予混合希薄燃焼方式が採用される。給気にガスを予混合するため、供給ガス圧力が比較的低いといった利点があるが、アンモニアスリップと呼ばれる微量の未燃ガスの排出があること、

また異常燃焼であるノッキングが発生する可能性があり、これらの影響を低減させる制御等が求められる。(図5参照)

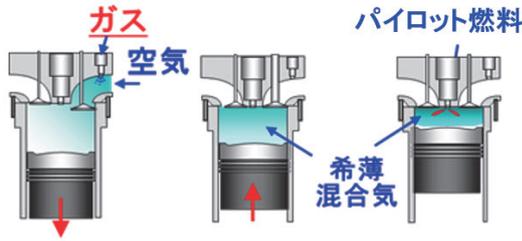


図5 4ストローク二元燃料機関の燃焼方式

(2) 高圧式2ストローク二元燃料機関

高圧式2ストローク二元燃料機関では、掃気工程が終了し、圧縮した空気に直接アンモニア燃料を噴射し、パイロット油で着火させる油焚きディーゼルエンジンと同様の拡散燃焼方式である。アンモニアスリップやノッキングが生じず、比較的安定燃焼が得られるという利点があるが、約8barの液体状態の高圧アンモニアを機関に供給するため、船内での高圧ガスの取扱いについて安全性を考慮する必要がある。(図6参照)

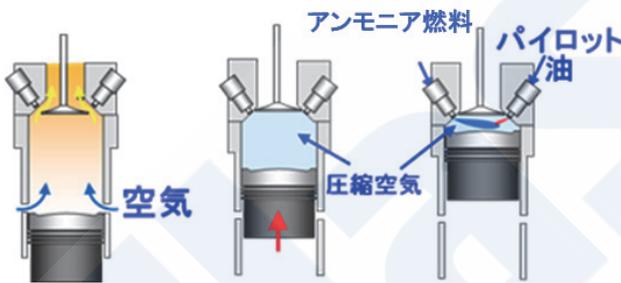


図6 2ストローク二元燃料機関の燃焼方式

2.5 アンモニア燃料タンク

アンモニア運搬船の貨物タンクは、IGC Codeで規定される独立型タンクの実績があり、アンモニア燃料タンクも同様と考えられる。アンモニア燃料タンクの種類と特徴を表1に、アンモニアの液化方式に応じた貨物タンクの特徴を表2に示す。

常温加圧式（アンモニアに圧力をかけて液体状態で運送する方式）及びセミレフ式（アンモニアを冷却しつつも圧力をかけ液化状態で運送する方式）のアンモニア貨物のタンクとして用いられる独立型タンクType Cは、圧力容器の構造をしており、高圧化が可能であること、二次防壁が不要であることから比較的シンプルな構造や設備となる利点があるが、円筒形であるため船内の区画に設置する場合、周り

にデッドスペースが多く生じることになる。特に大型の貨物船で大型のアンモニア燃料タンクを船内の区画に設置する場合、貨物の積載量や船のサイズへの影響を可能な限り抑えるため、フルレフ式（アンモニアを大気圧における飽和温度状態で運送する方式）のアンモニア貨物タンクで用いられる方形型の独立型タンクType A及びType Bの採用も今後検討されるものと考えられる。

表1 アンモニア燃料タンクの種類と特徴

種類	独立型 Type A	独立型 Type B	独立型 Type C
形状			
設計蒸気圧	<0.07MPa	<0.07MPa	~数MPa (高圧化可能)
ガス運搬船実績	中型~大型 LPG船	大型LNG船	小型LPG船 小型LNG船
ガス燃料船実績	なし	なし(検討中)	有り
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>船内スペースの有効な利用(方形タンク)</li> <li>二重構造(完全二次防壁)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>船内スペースの有効な利用(方形タンク)</li> <li>詳細な疲労解析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>シンプルな設計・構造(圧力容器)</li> <li>高い操作性(圧力の自由度)</li> </ul>

表2 一般的なアンモニア貨物タンクの仕様

	常温加圧式	セミレフ式	フルレフ式
タンクタイプ	Type C	Type C	Type A, Type B
設計温度	0°C	約-50°C/LPG運送の為 -33°C@大気圧/NH3の飽和蒸気温度	約-50°C/LPG運送の為 -33°C@大気圧/NH3の飽和蒸気温度
設計圧力	約1.8MPa 45°CにおけるNH3の飽和蒸気圧	0.65MPa~0.85MPa	0.025MPa 0.045MPa(in harbor)
タンク容量	~800m <sup>3</sup>	3,000m <sup>3</sup> ~4,000m <sup>3</sup>	---
材料	KD500	KL37-M	KL33, KL27

3. 代替燃料船ガイドラインC部

3.1 概要

2021年8月、本会は、代替燃料船ガイドラインC部“アンモニアを燃料として使用する船舶の安全に関するガイドライン”を発行した。本ガイドラインC-1部では、液化ガス運搬船以外の船舶でアンモニアを燃料として使用する場合の安全に関する要件を規定し、本ガイドラインC-2部では液化ガス運搬船でアンモニアを燃料として使用する場合の安全に関する要件を規定している。

3.2 ガイドライン策定プロセス

アンモニアを燃料として使用する船舶の安全に関するガイドラインは、以下の3つのステップにより策定した。

Step1 アンモニアの物性を調査し、従来の油燃料及び液化ガス燃料とのGAP解析を実施した。

Step2 代替燃料船ガイドラインC-1部ではIGF

Code, 代替燃料船ガイドラインC-2部ではIGC Code16章で規定されるメタンを燃料とした船舶の規定を基に, Step1の調査結果を考慮して, アンモニアを燃料として使用する船舶が, メタンを燃料として使用する船舶と同等の安全性を確保するために必要と考えられる安全要件を纏めた。

なお, IGF Codeでは液化ガス燃料のメタンを燃料として使用する際の詳細要件が規定されていることから, 同様に液化ガスであるアンモニアを燃料として使用するための要件のベースとした。

更に, アンモニアはメタンに比べ, 可燃性・爆発性のリスクは低いものの, 毒性のリスクが高いなど, アンモニアを燃料として使用する船舶において特別な考慮が必要となる事項を洗い出した。

Step3 次に掲げる既存の規則及びガイドラインを調査し, 必要に応じて安全要件に反映した。

- IGF Code : 液化ガス (メタン) を燃料として使用するための要件
- IGC Code : アンモニアを貨物として輸送するための要件
- IBC Code : アンモニア水を貨物として輸送するための要件
- 冷蔵設備規則 : アンモニアを冷媒として使用するための要件
- 代替燃料船ガイドラインA部「メタノール/エタノール燃料船の安全に関するガイドライン」: 毒性燃料に関する要件
- 代替燃料船ガイドラインB部「LPGを燃料として使用する船舶の安全に関するガイドライン」: 液化ガス燃料の使用に関する要件

### 3.3 代替燃料船ガイドラインC部のコンセプト

#### 3.3.1 液化ガス燃料の安全対策の基本方針

液化ガス燃料の一般的な安全対策の基本方針として, IGF Codeの根底にある考え方を分析し, 燃料の存在の有無を基に4つのエリアに分類した。

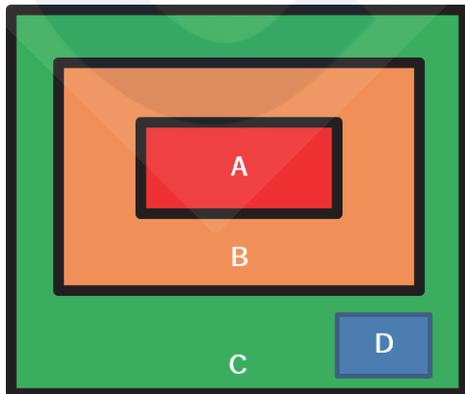


図7 液化ガス燃料の存在の有無を基にした分類

Aのエリアは常に燃料が存在するエリア (例: 燃料タンクや配管装置等) であり, ガス燃料を安全に内部に格納することが求められ, 設備の健全性の確保や外部損傷からの隔離などの対応が必要となる。このエリアは, 人が立ち入れないエリアである。

Bのエリアは通常は燃料が存在しないが, 漏洩した際に燃料が存在するエリア (例: タンクコネクションスペース, 燃料調整室, 二重管及びダクト等) であり, 燃料漏洩の影響の最小化のため, 漏洩ガスの検知, 燃料供給の遮断, 漏洩燃料の保持・除去及び被害の最小化の対応が求められる。このエリアは, 業務上必要な場合に人が立ち入ることができるエリアである。

Cのエリアは燃料を存在させないエリアであり, エリアAからは2つの境界, エリアBからは1つの境界で隔離する必要がある。なお, 物理的な隔離ができない場合は, 距離により隔離する必要がある。

DのエリアはCのエリアの中でも特に燃料を存在させない考慮が必要なエリア (例: 居住区) であり, エリアBと直接接しないようにすることが必要となる。

これらのエリアにおいて, 特にアンモニアの物性で考慮が必要な事項は, Aのエリアは腐食性, Bのエリアは可燃性及び毒性となる。

#### 3.3.2 アンモニアの特性を考慮した安全対策の基本方針

代替燃料船ガイドラインC部の作成プロセスStep1のGAP解析にて得られたメタンとアンモニアの物性の違いを表3に示す。

表3 アンモニアとメタンの物性値比較

	アンモニア	メタン
標準沸点 (°C)	-33.4	-161.5
液体密度 (kg/l) @沸点	0.6819	0.4226
ガス密度 (kg/m <sup>3</sup> ) (0°C, 1atm)	0.7714	0.7175
気化熱 (kJ/kg)	1368.1	510.4
下限可燃範囲 (% vol)	15	5
上限爆轟範囲 (% vol)	28	15
最小着火エネルギー (mJ) 空气中	680	0.3
空气中における層流燃焼速度 (cm/s)	13	40
消炎距離 (cm) (Groveの方法)	22.1	3.53
低位発熱量 (MJ/kg)	18.6	50.01
自己発火温度 (°C)	651	595
毒性	あり	なし
腐食性	あり	なし

	アンモニア	メタン
応力腐食割れ	あり	なし
水溶性@20°C	531 (g/l)	36.7 (ml/l)

これらのGap解析から得られたアンモニアの危険性として考慮すべき事項を以下に示す。

● 毒性（健康被害）

アンモニアが人に与える代表的な影響として、急性毒性、皮膚腐食性、目に対する重篤な損傷性、呼吸器感作性などがある。アンモニアの濃度に対して、人に与える影響は、表4に示す通りである。

表4 アンモニア濃度と人に与える影響

アンモニア濃度 (ppm)	人体に与える影響
5～10	臭気を感じる
50	不快感を覚える
100	刺激を感じる
200～300	目やのどを刺激する
300～500	短時間(20分～60分) 耐え得る限界
2,500～5,000	短時間(30分くらい)で生命危険
5,000～10,000	呼吸停止, 短時間で死亡

● 腐食性

銅、銅合金、水銀、亜鉛及びカドミウムに対して腐食性がある。

● 応力腐食割れ

炭素マンガン鋼、ニッケル鋼では応力腐食割れを引き起こす性質がある。

● 微燃性

爆発下限界は15%程度で、既存燃料の爆発下限界（1～6%）と比較して高く、最小着火エネルギーは8mJ～680mJで、メタン（0.274mJ）と比較して高いため、メタンなどの既存燃料と比較して燃えにくいものと考えられる。しかし、半閉鎖及び閉鎖場所などでは可燃性混合気を生じる可能性があり、当該場所においては火災・爆発を生じる可能性がある。

● 火災の際の危険性

アンモニアは、燃焼の継続性に疑義がある。また、アンモニアが燃焼しても発熱量が既存の燃料と比較して小さいことから、アンモニア火災による設備への影響は低いものと考えられる。

上記のアンモニアの特性として考慮すべき事項として、A) 毒性、B) 可燃性、C) 腐食性に分類し、それらに関わる安全対策の基本方針を以下に示す。

A) 毒性

アンモニアは少量であっても人に重大な影響を及ぼすことから、新たに毒性危険場所を設定し、アンモニア放出及び漏洩時の安全要件を以下の通り規定した。

A-1) アンモニアの隔離

アンモニアが存在する場所（エリアA及びB）とアンモニアを存在させてはいけない場所（エリアC及びD）の間に、物理的な囲壁などによる隔離要件や、物理的な囲壁を設けられない開放甲板上などについては、距離の規定を設けた。

A-2) 漏洩アンモニアの制御

エリアBにおいて、アンモニアが漏洩した場合、アンモニアを迅速に検知し、漏洩した箇所へのアンモニア燃料供給を遮断し、漏洩したアンモニアを区画から除去する要件を規定した。なお、船内への漏洩や燃料タンクの圧力逃し弁からのベント排出等の緊急時における液化ガス放出については、IGF Code及びIGC Codeと同様に特に規制を設けていない。

A-3) 人へのアンモニア曝露の対応

人とアンモニアの接触を防止するため、異常時にアンモニアが存在する可能性がある場所（エリアB）では、アンモニアが検知されていないことを確認すること、仮にアンモニアが検知された場合も、適切な保護具を装着することによりアクセスを可能とした。また、人とアンモニアが接触した場合において、その影響を軽減するための処置を設けることを規定した。

A-4) 安全なオペレーションの確保

緊急時にアンモニアが大気に放出された場合においても、船舶の安全のための最低限の運航が疎外されないよう、船舶の操船、推進のために必要な場所、並びに、消火活動及び避難行動などの非常時のオペレーションを行う場所は、安全な場所に配置することを規定した。

B) 可燃性

アンモニアは、爆発下限界や最少着火エネルギーが高いことから、他の燃料と比較して着火しにくいという。また、旧IGC Codeでは“閉鎖された区画内でのアンモニアの濃度が高くなると引火性となりえるため、引火性貨物に関する10章の規定は、開放甲板上の区域を除き適用しなければならない”と規定されていた。これらを踏まえ、開放甲板上には引火性の危険場所の規定を設けず、防熱等の要件をメタン燃料の要件と比較して軽減した。

C) 腐食性

アンモニアは特定の材料に腐食性を有し、炭素マンガン鋼及びニッケル鋼では応力腐食割れが発生する危険性を有することから、IGC Code17章のアンモニアの特別要件を基に関連の要件を規定した。

### 3.3.3 アンモニアの放出に関する基本方針

アンモニアの放出が想定されるシナリオとして緊急時と通常時に分けて、それぞれの取り扱いを以下に示す。

#### (1) 緊急時

以下に掲げる事象は緊急時として扱い、アンモニアの大気や海洋への放出が可能としている。

① アンモニア燃料を保持することで、最悪の事象が生じる恐れのある場合

(例) アンモニア燃料タンク周囲の火災により、タンク内の圧力上昇が生じ、圧力逃がし弁が作動する場合

② アンモニア燃料を保持することが不可能な事象

(例1) 閉鎖及び半閉鎖場所内において、配管装置などが損傷し、漏洩した区画からアンモニアを除去する場合

(例2) バンカリングステーションなどにおいて、漏洩アンモニアを水噴霧装置により水に吸着させ海洋に放出する場合

#### (2) 通常時

通常の実運用では、アンモニアが存在する場所（エリアA：タンク、配管装置など）からの高濃度のアンモニアを船外へ放出することはできない。

(例1) アンモニア燃料供給装置、バンカリングラインのパージ及びガスフリー

(例2) 入渠時や出渠時のタンク及び配管のガスフリー

## 3.4 代替燃料船ガイドラインC部の主な要件

### 3.4.1 機能要件 (C-1部 3章)

代替燃料船ガイドラインC-1部では、IGF Codeと同様に基本概念としてGoal based approachを用いて、目的（Goal）と機能要件（Functional requirement）を規定することにより、設計、建造及びオペレーションの指針を与える構成となっている。代替燃料船ガイドラインC-1部3章では、本ガイドライン全体の目的と機能要件を規定しており、目的を「アンモニア燃料を使用する推進機関、補機発電機関及び／又は他の目的に使用する機関を搭載する船舶に対し、安全で環境に配慮したシステムの設計、構造及び運用を提供すること」としている。また機能要件として19項目が挙げられている。主な機能要件を以下に挙げる。

- ・ 従来船（油焚機関）と同等の安全性及び信頼性を確保すること
- ・ アンモニア燃料の使用に関わる危険を最小化すること
- ・ 燃料装置の単一故障に対し十分な安全性を確保

すること

- ・ 危険場所を最小化すること
- ・ 燃料の予期せぬ蓄積を回避すること
- ・ 安全上必要な場合以外は燃料放出しないこと
- ・ 燃料の毒性による人への健康被害を最小化すること

### 3.4.2 リスク評価 (C-1部 4章)

アンモニア燃料船の設計においては、乗客乗員、環境又は船体への有害な影響を排除又は低減するためにリスク評価を実施することが要求される。リスク評価の実施範囲は、IGF Codeの天然ガス燃料を使用する船舶のように限定されておらず、アンモニア燃料の使用に関係する箇所すべてを対象としている。

### 3.4.3 ガス安全機関区域の配置 (C-1部 5, 9, 10章)

IGF Codeでは、ガス安全機関区域に加え、ESD保護機関区域の概念が導入されているが、アンモニアは少量でも人に甚大な影響を及ぼすため、単一の故障が機関区域内へのガス燃料の放出の原因となりえるESD保護機関区域は認められないものとした。

なお、ガス安全機関区域は、正常状態のみならず異常状態においてもガス安全とみなされる機関区域と規定され、単一の故障が機関区域内へのガス燃料の漏洩を引き起こすことがないように、機関区域内のアンモニア燃料配管は二重管として配置する必要がある。

### 3.4.4 材料の配置 (C-1部 7章)

アンモニアの腐食性を考慮して、通常の使用状態において燃料にさらされる可能性のある材料には、水銀、銅及び銅合金、亜鉛の使用を禁止した。今後、カドミウムも追加する予定である。

また、アンモニアには、炭素マンガ鋼又はニッケル鋼のタンク及び配管装置に応力腐食割れを引き起こす可能性があるため、IGC Code 17.12のアンモニアの特別要件を基に、対策を追加した。主な要件としては以下の通りである。

- ・ 燃料タンク、その他圧力容器及び配管装置などに、炭素マンガ鋼を用いる場合、規格最小降伏点  $\leq 355 \text{ N/mm}^2$  及び実際の降伏値  $\leq 440 \text{ N/mm}^2$  とした上で、以下の①から④のいずれかの要件を満たす必要がある。
  - ① 規格最小引張強さ  $< 410 \text{ N/mm}^2$
  - ② 熱処理による溶接残留応力除去
  - ③ 運送温度  $-33^\circ\text{C}$ （いかなる場合も  $-20^\circ\text{C}$  未満）
  - ④ 水分を0.1%以上含むアンモニアのみを積載する
- ・ 上記の降伏点を超える高降伏点の材料を使用す

る場合、熱処理による溶接残留応力除去が要求される。

- ・ プロセス用圧力容器及び管などに用いる炭素マンガング鋼、ニッケル鋼は、溶接残留応力除去のための熱処理が要求される。
- ・ 5%を超えるニッケルを含有するニッケル鋼の仕様は禁止されている。なお、5%ニッケル鋼のニッケル含有量は、鋼船規則K編上、4.75%～6.00%とされており、本ガイドラインで使用可能な範囲は、4.75%～5.00%までとなる

### 3.4.5 燃料の補給 (C部 8章)

アンモニアの毒性は少量でも人に甚大な影響を与えるため、開放甲板上のアンモニア燃料の供給配管装置は二次的な囲壁で囲うこととしている。ただし、アンモニア燃料のバンカリング配管については、バンカリング時以外はガスフリーされ、アンモニアが配管内に存在する頻度が少ないため、二次的な囲壁で覆うことは要求されない。(単管での配置が可能となる。)

また、バンカリングステーションの接続部は、過大な荷重によるバンカリングホースの破断などを防止するため、BAC (Break Away Coupling) やERC (Emergency Release Coupling) により安全に切り離しが可能なものとする必要がある。本切り離し装置の起動時、各カップリングに残留する少量の燃料が飛散し、人と接触するリスクを低減するため、バンカリングステーションには水噴霧装置の設置が要求される。

### 3.4.6 危険場所 (C-1部 12章)

アンモニアはLELや最少着火エネルギーが大きいことから、開放甲板上では火災及び爆発性の雰囲気を生じる危険性は低いとされている。そのため、開放甲板上に引火性危険場所を設定していない。ただし、閉鎖及び半閉鎖場所に対しては、可燃性の雰囲気を生じる危険性があることから、従来のIGC Code及びIGF Codeと同様に危険場所を設定した。現ガイドラインC部 (Ver1.1) では、危険場所を引火性の危険場所と毒性の危険場所に分けているが、今後、IGC Codeと同様に、引火性危険場所の中に毒性危険場所が含まれるように変更する予定である。

### 3.4.7 火災安全 (C部 11章)

#### (1) 開放甲板上

アンモニア燃料タンクは、外部火災による入熱に対して冷却及び防火により保護するため、開放甲板上に設置された燃料タンクの暴露部を水噴霧装置で覆わなければならない。

また、上述の通り開放甲板上では、アンモニア由来の火災や爆発の雰囲気は生じないものとして整理

した。そのため、IGF Codeで要求される、燃料タンクの火災から保護すべき箇所 (居住区域等) への水噴霧装置の設置は要求されない。

#### (2) 開放甲板下

閉鎖及び半閉鎖場所については、アンモニアの火災及び爆発の危険性があるため、アンモニア燃料格納設備は、A類機関区域及び火災の危険性が高い区画から、以下の方法により保護する必要がある。

- ・ A-60級防熱の施工
- ・ 900mm以上の長さをもつコファダムにより隔離 (独立型タンクTypeCの場合、A類機関区域や火災の危険性が高い区画の直上に配置されなければ、燃料貯蔵ホールドスペースをコファダムとみなしてよい)

### 3.4.8 毒性への対策 (C部 6, 12, 13, 14章)

毒性危険場所も引火性危険場所と同様に、閉鎖及び半閉鎖場所に設定し、開放甲板上には設定していない。一方、開放甲板上における毒性に対する安全対策として、アンモニアが放出する可能性がある場所と人が通常いる場所、非危険場所の開口、非危険場所の通風装置の出入り口などの保護すべき箇所との隔離すべき距離の要件を以下の通り明確化した。

#### ① ベントポスト

ベント出口の高さ:

- ・ 暴露甲板上からB'/3又は6mの大きい方以上
- ・ 作業区域及び歩廊上から6m以上

ベント出口の隔離距離

- ・ 非危険場所の空気取入口/出口及び開口からB又は25mのうちいずれか小さい方以上

#### ② 通風装置の排気口:

閉塞された危険場所の通風装置の排気口の高さ

- ・ 暴露甲板、作業区域及び歩廊から4m以上

閉塞された危険場所の通風装置の排気口の隔離距離

- ・ 非危険場所の空気取入口/出口及び開口の場所から10m以上

#### ③ 保護すべき場所:

以下の(A)から(C)に掲げる保護すべき場所は、(a)から(d)に掲げるアンモニアが放出する可能性がある場所ごとに規定される隔離距離をとって離す必要がある。

保護すべき箇所:

(A) 非危険場所の吸排気口及び開口

(B) 居住区、制御場所、電気機器室などの常時人がいる区画の脱出経路

(C) 救命艇

アンモニアが放出する可能性がある場所と隔離距離:

(a) 燃料タンク排気口、ガス又は蒸気の排気口、バ

ンカーマニホールド弁, その他の燃料弁, 燃料管フランジ, 燃料調整室の通風排気口及び温度変化により生じる, 燃料タンク内圧力を調整するために少量のガス又は蒸気を放出する燃料タンク排気開口から球形4.5m (3m+1.5m) の距離

- (b) 燃料調整室の入口, 燃料調整室の吸気口及び燃料が漏洩する可能性のある場所のその他の開口から球形3.0m (1.5m+1.5m) の距離
- (c) 燃料バンカーマニホールド弁に設けられた燃料漏れ保護用コーミングの周囲4.5m (3m+1.5m), 高さ3.9m (2.4m+1.5m) の距離
- (d) TypeCタンクを除き, 燃料格納設備の外表面が暴露している場合, その外表面から3.9m (2.4m+1.5m) の距離

### 3.4.9 通風装置 (C部 13章)

ガスが滞留する可能性のある以下の区画には通風装置の設置が要求される。

- ・ タンクコネクションスペース
- ・ 燃料調整室
- ・ 二重管及びダクト

これら区画の通風装置は, 火花を発しない構造の排気式機械通風装置とする必要があり, 毎時30回以上の換気能力が要求される。なお, アンモニア関連装置の設置区画であって, 運航中に人が立ち入る区画には, 漏洩アンモニアを迅速に除去できるように以下を満たす追加の通風装置が要求される。

- ・ 少なくとも毎時45回以上の換気ができる容量を持つこと (通常時の毎時30回の換気容量を含めてよい)
- ・ 設置区画のアンモニアガス濃度が3,000ppmを超えて検知された場合に, 自動始動すること

バンカリングステーションは, 自然通風が十分に行われる開放甲板上に配置されない場合, リスク評価を実施し, その安全性を評価しなければならない。その際, 特に燃料補給作業中にガスが漏洩するリスクを考慮し, 適切な機械式通風装置の設置要否についても検討しなければならない。

また, アンモニアが漏洩する可能性がある区画の通風装置は, 他の区域用の通風装置から独立したものとし, 常に人がいる場所の空気取入口及び排気口には閉鎖装置を設ける必要がある。

### 3.4.10 アンモニア燃料供給の自動遮断 (C部 15章)

アンモニア燃料漏洩や通風装置停止などの異常な状態が発生した場合の安全装置として, 機関区域内への燃料供給を停止するための自動遮断弁 (マスタ弁) を設けること, 及びガス燃料を使用する各機関

の異常が発生した場合, その機関へのガス燃料供給を停止するためのダブルブロック・ブリード弁を機関毎に設ける必要がある。区画内で漏洩したアンモニアを検知したときの濃度設定値は, 人体への影響を考慮して, 25ppmで警報, 300ppmでマスタ弁及びダブルブロックブリード弁を遮断させることとした。

### 3.5 今後の審議・開発

アンモニアを燃料として使用する船舶の要件の策定に向けた国際的な審議として, IMOでは, 2021年9月, EU27加盟国及びECにより, 貨物運送小委員会 (CCC) 7にアンモニアの安全要件策定を提案する文書 (CCC7/3/9) が提出された。また, 2021年10月, 日本政府より, 海上安全委員会 (MSC) 104に, アンモニアを燃料として使用する船舶に対するガイドラインの策定作業が提案された。両委員会では 時間の制約上, 提案に関する審議は行われず, 次回のMSC 105 (2022年4月) で審議, 承認されれば, CCC 8小委員会 (2022年9月) から具体的なアンモニア燃料船の安全要件の検討が開始される見込みである。

本会としては, 昨今のアンモニア燃料船開発の要望に寄与するため, 安全要件をまとめたガイドラインを発行した。今後, 本ガイドラインの策定に伴い得られた調査検討結果等を活かして国際規則策定の議論に貢献すると共に, IMOにおける最新の審議状況及び新技術の急速な発展を考慮して定期的に見直し, 開発者に有用なガイドラインの策定に取り組む所存である。