

アンモニア燃料船への安全かつ円滑な バンカリングの実施に向けた検討委員会

第1回 委員会資料

LNG との違いに基づく
アンモニアバンカリングの考え方

令和6年1月29日

MOL マリン&エンジニアリング株式会社

目 次

1. アンモニアと LNG との違いに基づく安全対策の方針について.....	1
1.1 引火性	1
1.2 毒性（健康被害）	2
1.3 腐食性	2
2. アンモニアバンカリングにおける安全対策の基本方針.....	3
2.1 バンカリングステーションにおける安全対策.....	3
2.1.1 漏洩量の最小化.....	3
2.1.2 人および船舶への被害の最小化.....	3
2.1.2.1 人を保護するもの.....	4
2.1.2.2 船体を保護するもの.....	4
2.1.3 漏洩燃料の除去.....	4
2.2 燃料管（バンカリングライン）における安全対策.....	5
2.2.1 燃料管（バンカリングライン）の設計.....	5
2.2.2 バンカリングラインの保護.....	5
2.2.3 二次的な囲壁.....	5

1. アンモニアと LNG との違いに基づく安全対策の方針について

アンモニアバンカリングを安全に実施するためには、アンモニアの特性を考慮した上で安全対策を検討することが必要である。

表1にアンモニアとメタンの物性値比較を示す。バンカリング作業時に考慮すべき LNG と異なる点として、引火性、毒性および腐食性の違いが挙げられる。

表 1 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 ³) (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
応力腐食割れ	あり	なし
水溶性@20°C	531 (g/l)	36.7 (ml/l)

「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」
(一般財団法人 日本海事協会 技術本部 技術部) より作成

1.1 引火性

アンモニアの爆発下限界は15%程度、最小着火エネルギーは8mJ～680mJ であり、既存燃料（メタン）と比較して燃えにくいものとする。しかし、半閉鎖や閉鎖場所などでは可燃性混合気体を生じることも想定され、当該場所においては火災・爆発を生じる可能性がある。ただし、アンモニアが燃焼しても発熱量が既存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。

旧 IGC コードでは“閉囲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、解放甲板上の区域を除き適用しなければならない”と規定されている。これを踏まえ、「代替燃料船ガイドライン（第2.0版）（メタノール/エタノール/LPG/アンモニア）」（一般財団法人 日本海事協会）（以下「NKガイドライン」という）では開放甲板上には引火性の危険場所の規定を設けず、防熱等の要件はメタン燃料の要件と比較して軽減されている。

1.2 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、呼吸器作性などが挙げられる。アンモニア濃度に対して人に与える影響は表2に示す通りである。

表 2 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

「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」
(一般財団法人 日本海事協会 技術本部 技術部)

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、安全対策の基本方針として NK ガイドラインでは新たに毒性危険場所を設定し、アンモニア放出および漏洩時の安全要件が定められている。

1.3 腐食性

銅、銅合金、水銀、亜鉛およびカドミウムに対して腐食性を有し、炭素マンガング鋼およ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。安全対策の基本方針として NK ガイドラインでは、IGC コード17章に定められるアンモニアの特別要件を基に関連の要件が規定されている。

2. アンモニアバンカリングにおける安全対策の基本方針

NK ガイドラインをもとに、バンカリングステーション及び燃料管（バンカリングライン）それぞれに求められる安全対策の基本方針について検討する。

2.1 バンカリングステーションにおける安全対策

毒性および腐食性の観点から、以下の目的のための安全対策が望まれる。

- ・ 漏洩量の最小化
- ・ 人および船舶への被害の最小化
- ・ 漏洩燃料の除去

2.1.1 漏洩量の最小化

バンカリングステーションにアンモニア漏洩検知器等を取り付けることで漏洩の早期発見が期待できる。また、漏洩検知によってESDが作動すれば、遠隔遮断弁が自動的に閉となるため、アンモニア燃料船においては燃料管（バンカリングライン）から、アンモニアバンカー船においてはホースもしくはアームからの漏洩を抑制することができると思定される。バンカリングステーション以外の場所から操作できる遠隔遮断弁の他に手動弁を設けることで、遠隔遮断弁が作動しない場合の代替措置とすることができる。アンモニア燃料船側、アンモニアバンカー船側どちらか一方の止め弁が開のままであると漏洩が継続することが想定されるため、どちらか一方のESDが作動した場合、両方の止め弁が閉となるよう船陸間通信（SSL）または同等の手段の備え付けが望ましいと考えられる。

Ship to Ship方式の場合、外力によって両船の船間距離が大きくなった場合、ホース破断またはアーム損傷の恐れがある。ドライブレイクアウェイカップリングや自己密封の急速切離し機能を備えた切離しの際に燃料が流出しない形式の設備とすることで、破断や損傷が生じる前にホースやアーム内のパージを行わずに切離しを行うことができ、漏洩を最小化することができる。と考える。

2.1.2 人および船舶への被害の最小化

人および船舶への被害を最小限にするためには、漏洩が発生した場合、その区画の外側にアンモニアを放出させない、もしくはアンモニアの拡散を防止するという対応が考えられる。

1つ目、アンモニアの放出防止については、アンモニア燃料を使用する機器が設置される区域はガス安全機関区域とされ、万一、単一の故障が起きた場合においても当該区域に機器からガスが放出されないような機械的シールドを設ける等の対応が考えられる。

2つ目、アンモニアの拡散防止については、バンカリング時にアンモニアが漏洩した場合、アンモニアを水（海水）に溶かすことが挙げられる。そのための安全対策と

して、マニホールド接続部に水噴霧装置を設置する等の対策が考えられる。

2.1.2.1 人を保護するもの

アンモニアの毒性を考慮した上で、状況に応じて必要とされる人身保護具としては以下が想定される。

- ・ バンカリング作業に従事するための船員の保護のための装具の備え付け
- ・ 船員が負傷した際の処置を行うための応急器具の備え付け
- ・ アンモニアガスが充満した区画に入って作業をおこなうための安全装具の備え付け
- ・ 非常脱出の際に使用するための呼吸具・眼の保護装具の備え付け
- ・ 漏洩してしまった場合に備えての除染シャワー及び洗眼場所の設置

2.1.2.2 船体を保護するもの

アンモニアの腐食性を考慮し、アンモニアが漏洩した際に直接船体に接触しないようにドリップトレイ（もしくはコーミング）を設置する等の対応が挙げられる。

2.1.3 漏洩燃料の除去

バンカリング作業中にガスが漏洩した場合、アンモニアが区画内に滞留するのを防ぐために、バンカリングステーションが開放甲板上に配置されない場合もしくは自然通風が十分に得られない場合は、ガスを確実に外部に除去するための機会通風装置を設置する等の対応が必要となることが想定される。

2.2 燃料管（バンカリングライン）における安全対策

毒性および腐食性の観点から、以下の目的のための安全対策が望まれる。

- ・ 燃料管（バンカリングライン）の設計
- ・ 燃料管（バンカリングライン）の保護
- ・ 二次的な囲壁

2.2.1 燃料管（バンカリングライン）の設計

燃料管（バンカリングライン）の強度や継手などの仕様については、アンモニアバンカリングに耐えうるに十分なものとしてIGCコードやIGFコードと同等のものが求められると想定される。バンカリング時にアンモニアにさらされる可能性のある燃料管（バンカリングライン）に使用される材料は腐食・応力腐食割れ作用に耐えるものであることが求められるため、材料が制限されることが想定される。また、アンモニアによる腐食等の影響をできる限り避けるために、バンカリング作業時以外はガスフリーとすることが望ましいと考えられるため、その場合、パージ装置の設置が求められることが想定される。

2.2.2 バンカリングラインの保護

アンモニア液が満たされた状態で隔離される燃料管（バンカリングライン）については、液封を引き起こし燃料管（バンカリングライン）の損傷を防ぐために逃し弁等を設ける必要があると考えられる。

燃料管（バンカリングライン）は船側から800mm以上離して配置する、居住区域や業務区域、電気設備のある部屋、制御場所を避けて配置する等、機械的損傷から適切に保護されている必要があると考えられる。

2.2.3 二次的な囲壁

開放甲板上以外の燃料管（バンカリングライン）に二重管やダクト等の二次的な囲壁を設けるかどうかは、リスク評価を踏まえて可否を検討する必要があると考える。

