

CHARTING THE FUTURE 

ClassNK

アンモニア燃料オペレーションガイドライン (第 1.0 版)

[日本語 / Japanese]





Copyright @ 2025 Nippon Kaiji Kyokai

禁無断転載

序文

海運業界における脱炭素化は、業界の持続可能な発展に向けて直面する重要な課題の一つである。国際海事機関 (IMO) は、海上輸送から排出される温室効果ガス (GHG) の削減を目的として、2018 年 4 月に「GHG 削減戦略」を採択し、明確な GHG 削減数値目標及び具体的な実施計画を提示した。その後、更なる気候変動対策が急務となる中、2023 年にこの戦略が見直され、2040 年までに GHG 排出量を 70～80%削減し、2050 年頃までに GHG 排出量ゼロ（ゼロエミッション）を目指すという、より厳格な GHG 削減目標が設定された。本戦略の最終目標である 2050 年までのゼロエミッション達成のために、業界全体で課題解決に取り組んでいかなければならない。

船舶運航において使用される、化石燃料中心の従来燃料による GHG 排出量は、世界の GHG 排出量の約 3%を占めていると推定されているため、クリーンエネルギーや低・脱炭素等の代替燃料導入は、GHG 排出削減に対する有効な手段の一つと考えられる。代替燃料に関しては、アンモニアや水素等の合成燃料、メタノール、メタン、蓄電池、バイオ燃料等が世界中で検討され、それぞれ一長一短はあるものの、脱炭素化の実現に向けて大きな期待が寄せられている。

船舶燃料としてのアンモニアの実用化は、2026 年以降に可能になると予想されているが、アンモニアの高い毒性、腐食性及び親水性といった特有のリスクが伴うため、取り扱いには慎重を期する必要がある。さらに広範な普及に向けては、安全性、インフラ整備、技術開発、規制など、解決すべき課題が多く存在しているが、業界関係者、研究機関、規制当局などが連携し、技術開発やルール作りを日々進めながら問題解決に取り組んでいる。

代替燃料を使用する船舶のオペレーションを考えると、一般的に「通常運航」、「保守点検及びメンテナンス」、「バンカリング¹」、「非常時」の 4 つのモードに大別できる。

本ガイドラインの目的は、アンモニアを燃料として使用する船舶を運航する船主や管理会社に対し、アンモニアのバンカリングに伴うリスクを最小化し、船員、船舶並びに環境への影響を抑制するための指針を提供することにある。

本ガイドラインでは、アンモニアのバンカリングに焦点を当てたシナリオを設定し、検討すべき項目を抽出してマトリックス化した。このガイドラインが、各社の安全管理システム (SMS) の構築を支援し、代替燃料船の安全な運航に寄与できると確信している。また、環境負荷の軽減や業界全体の持続可能な発展にも貢献し、未来に向けた一歩となることを願っている。

本ガイドラインは、今後の関係機関における議論や研究成果、さらには新たに得られた知見を反映させながら、継続的に見直しを行っていく予定です。これにより、アンモニア燃料船の運航に関する最新の情報や技術に基づいた適切な指針を提供できるよう努めてまいります。

¹：陸上施設または水上施設から船舶の常設タンクへの燃料の移送、またはポータブルタンクを燃料供給システムに接続すること

改訂履歴

No.	日付	区分	改訂内容
1.0	2025. 3.13	新規	新規作成

目次

1 章 通則	1
1.1 本ガイドラインの目的	1
1.2 アンモニアを燃料とする船舶に関する国際的な取り組み	1
1.3 代替燃料関連略語及び用語	2
2 章 一般	5
2.1 目的	5
2.2 一般要件	5
2.3 アンモニアの危険性	6
3 章 アンモニア燃料の取り扱い	9
3.1 目的	9
3.2 アンモニアの貯蔵及び移送	9
3.3 燃料移送モードの概要及び特徴	10
4 章 安全対策	13
4.1 目的	13
4.2 危険区域の分類	13
4.3 制御、監視及び安全装置に関連したアンモニア濃度の設定値	15
4.4 人員保護	15
4.5 代表的な安全装置	17
5 章 バンカリング手順の作成	19
5.1 目的	19
5.2 手順等作成の準備	19
5.3 手順等の作成	21
5.4 アンモニア燃料バンカリングのシナリオ概要	22
APPENDIX-1 ISM コードとの関連性	23
APPENDIX-2 緊急時の手順と安全性	26
APPENDIX-3 アンモニアバンカリング管理計画（ABMP）	28
参考文献	30
謝辞	32

1 章 通則

1.1 本ガイドラインの目的

本ガイドラインの目的は、アンモニアを燃料として使用する船舶を運航する船主や管理会社に対し、アンモニアのバンカリングにおけるリスクを最小化し、バンカリングに係わる人員の安全を確保するための指針を提供することである。

1.1.1 対象

本ガイドラインは、燃料アンモニアを供給される船舶を対象に策定されている。なお、バンカリングされるアンモニアは、大気圧において-33℃以下の冷凍状態で貯蔵されたものを前提としている。

1.2 アンモニアを燃料とする船舶に関する国際的な取り組み

アンモニアを燃料とする船舶に関する国際的な取り組みは、主に環境規制や持続可能なエネルギーの推進に向けて進められており、特に IMO(国際海事機関) の脱炭素化目標に対応するための重要な燃料として、アンモニアは海運業界の将来において非常に大きな可能性を持っている。

一方、アンモニアを燃料として使用するためには、技術的な課題や安全性の確保が重要である。このため、IMO を中心に、IACS(国際船級協会連合)、SGMF(船舶燃料ガス協会)、SIGTTO (国際ガスタンカー・ターミナルオペレータ協会)、OCIMF(石油会社国際海事フォーラム)、EMSA(欧州海上安全庁)、MESD (Maritime Energy & Sustainable Development)などの国際的な機関や企業及び各国が共同で技術に関する研究開発を行い、業界全体での技術標準の確立及びアンモニアを燃料とする船舶特有の規則の策定及び更新に取り組んでいる。

アンモニアは CO₂を排出しないカーボンフリー燃料として、海運業界の脱炭素化に向けた重要な一歩となる可能性を秘めているが、商業化に向けては技術的な課題、安全性の確保、供給インフラの整備など、多くの課題を解決する必要がある。そのため、これらの課題に対応するため、国際的な取り組みが進められている。

IMO におけるアンモニア燃料ガイドライン策定における審議については、表 1 のとおり予定されている。

表 1 アンモニア燃料ガイドライン策定における審議

委員会名	開催時期	目的
第 109 回海上安全委員会(MSC109)	Dec 2024	アンモニア燃料船に関する暫定ガイドライン (MSC.1/Circ.1687)の承認
Correspondence Group (CG) ²	2024-2025	アンモニア及びメタノール燃料使用に関する情報収集
第 12 回貨物運送小委員会(CCC12)	2026	(時間があれば) アンモニア燃料ガイドラインの見直し
第 13 回貨物運送小委員会(CCC13)	2027	アンモニア燃料ガイドラインの見直し

² : 会合が開催されていない期間中に、各国や関係者がメールやその他の通信手段を通じて意見交換を行い、特定の議題に関する詳細な審議を進めるためのグループ

2024 年 10 月に実施された第 10 回貨物運送小委員会(CCC10)において、アンモニア貨物を燃料として使用する船舶に関する IGC コードの改正が採択され、2026 年 7 月 1 日に発効予定である。これにより、アンモニア運搬船においてアンモニアが燃料として使用可能になる。

またアンモニア等、IGF コードで定める低引火点燃料以外の物質を燃料とする船舶の登場を受け、ガス燃料を IGF コードの適用対象に加える SOLAS 条約の改正案が 2024 年 12 月の第 109 回海上安全委員会(MSC109)で審議され、承認された。次回の海上安全委員会(MSC)で採択されると、2027 年 1 月 1 日に発効することが合意されている。

1.3 代替燃料関連略語及び用語

ABMP	Ammonia Bunkering Management Plan	アンモニアバンカリング管理計画
ABS	American Bureau of Shipping	アメリカに本社を置く国際的な船級協会
ABV	Ammonia Bunker Vessel	アンモニアバンカー船
AEGL	Acute Exposure Guideline Level	急性曝露ガイドラインレベル ： NAC/AEGL Committee によって策定されている
AFV	Ammonia-Fueled Vessel	アンモニア燃料船
ARMS	Ammonia Release Management System	アンモニア放出管理システム
BAC	Breakaway Coupling	ホースやパイプに予期しない外力が発生した際、物理的に自動で切り離して安全を確保するカップリング、ホース内の流体が外部に漏れないように設計されている
BDN	Bunker Delivery Note	燃料油供給証明書
BIMCO	The Baltic and International Maritime Council	バルト・国際海事評議会
BMP	Bunker Management Plan	バンカー管理計画
BOG	Boil-off Gas	ボイルオフガス
BSL	Bunkering Safety Link	アンモニア燃料供給側と受領側間の緊急停止 (ESD) システムを接続するリンク、圧縮空気/電気/光ファイバ/無線が使用される
BV	Bureau Veritas S.A.	検査、認証、試験、認証サービスを提供するフランスの企業
CAS NO	CAS Registry Numbers® or CASRNs®	化学物質抄録サービス (CAS: American Chemical Society の区分) によって化学物質に割り当てられた識別番号
CCC	Sub-Committee on Carriage of Cargoes and Containers	貨物運送小委員会 (IMO の小委員会)
CII	Carbon Intensity Indicator (IMO)	炭素強度指標：燃料やエネルギーを消費した際に排出される二酸化炭素の量を指し、主に環境負荷を評価するために使用される指標
CPS	Chemical Protective Suit	化学防護服
Decarbonization		脱炭素化
DD/CC	Dry-Disconnect/ Connect Coupling	ドライ切断/接続カップリング
DF	Dual Fuel	2 種類の燃料を使い分けて動作するシステム
DNV	Det Norske Veritas	ノルウェーに本社を置く、国際的な認証機関およびリスク管理会社
ECA	Emission Control Area	排出制限区域：大気汚染防止のため、船舶からの有害物質(硫黄酸化物や窒素酸化物等)の排出を制限するために設定された特定の海域

EEBD	Emergency Escape Breathing Devices	緊急脱出用呼吸具
EEDI	Energy Efficiency Design Index	エネルギー効率設計指数
EEOI	Energy Efficiency Operational Indicator	エネルギー効率運用指数
EEXI	Energy Efficiency Existing Ship Index	エネルギー効率現存船指数
EMSA	European Maritime Safety Agency	欧州海上保安機関
EPA	Environmental Protection Agency (US)	環境保護庁（米国）
ERC	Emergency Release Coupler	緊急離脱カプラ、緊急時に自動的に接続部を切り離す安全装置
ERS	Emergency Release System	緊急離脱システム
ESDS	Emergency ShutDown System	緊急遮断システム
ESD-1	Emergency ShutDown-1	アンモニア移送プロセスを自動でシャットダウンする安全装置（ポンプ停止、バルブ閉鎖）
ESD-2	Emergency ShutDown-2	ERS を作動させる信号であり、ERC を切断する
GCU	Gas Combustion Unit	ガス燃焼装置
GHG	Green House Gas	温室効果ガス
GVU	Gas Valve Unit	ガスバルブユニット
HAZID	HAZard IDentification	危険の特定
HAZOP	HAZard and OPerability study	危険と運用性の調査
HSE	Health, Safety and Environment	健康、安全及び環境
IACS	International Association of Classification Societies	国際船級協会連合
IBC CODE	International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Dangerous Chemicals in Bulk	危険化学物質のばら積み輸送のための船舶の構造及び設備に関する国際規則
IGC CODE	International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk	液化ガスをバルクで輸送する船舶の構造及び設備に関する国際コード
IGF CODE	International Code of Safety for Ships Using Gases or Other Low-flashpoint Fuels	ガス又はその他の低引火点燃料を使用する船舶の安全に関する国際コード
IMDG CODE	International Maritime Dangerous Goods Code	危険物または危険物を船舶で安全に輸送または輸送するための国際コード
INTERTANKO	International Association of Independent Tanker Owners	国際独立タンカー所有者協会
ISGOTT	International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals	国際液体ガス運搬船運航ガイドライン
ISM CODE	International Safety Management Code	国際安全管理コード
LEL/UEL	Lower Explosive Limit/Upper Explosive Limit	爆発下限界濃度/爆発上限界濃度
MARPOL	International Convention for the Prevention of Pollution from Ships	船舶による海洋汚染防止に関する国際条約
MARVS	Maximum Allowable Relief Valve Setting	最大許容リーフバルブ設定
MEPC	IMO's Marine Environment Protection Committee	IMO 海洋環境保護委員会
MESD	Maritime Energy & Sustainable Development	海洋エネルギーと持続可能な開発組織
MOC	Management of Change	変更管理：変更が引き起こすリスクや影響を適切に評価し、管理することを目的とした手法
MSC	IMO's Maritime Safety Committee	IMO 海上安全委員会

NAC/AEGL Committee	National Advisory Committee for Acute Exposure Guideline Levels for Hazardous Substances	有害物質の急性曝露ガイドラインレベルに関する国家諮問委員会（米国連邦政府の委員会）
NOx	Nitrogen Oxides	窒素酸化物
OCIMF	Oil Companies International Maritime Forum	石油会社国際海事フォーラム
PPE	Personal Protective Equipment	個人用保護具
PPM	Parts Per Million	主に濃度を表す単位、1/100 万
PRV	Pressure-Relief Valve	圧力リリーフバルブ
QC/DC	Quick Connect/ Disconnect Coupler	クイック接続/切断カップラ:ホースシステムと船舶のマニホールドを迅速に接続または切断するための装置であり、アンモニアの漏出を最小限に抑えるために設計されている、緊急時に迅速かつ安全に接続解除が可能
RSO	Receiving Ship Operator	受入船舶オペレータ
SCBA	Self-Contained Breathing Apparatus	自給式呼吸器
SECA	Sulphur Emission Control Area	硫黄排出制限区域：船舶燃料に含まれる硫黄酸化物 (SO _x) の排出を制限するために設定された特定の海域
SGMF	The Society for Gas as a Marine Fuel	船舶燃料ガス協会
SIMOPs	Simultaneous Operations	同時運用
SMS	Safety Management System	安全管理システム
SOLAS	International Convention for the Safety of Life at Sea	海上における人命の安全のための国際条約
SOx	Sulphur Oxides	硫黄酸化物
SSL	Ship-to-Shore Link	船舶—陸上間通信：バンキング装置に設置、自動及び手動の ESD 通信をおこなう
STCW	International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers	船員の訓練、資格証明及び当直の基準に関する国際条約
Toxic area		毒性エリア：船内の開放甲板上の区域が対象、健康に影響を及ぼしうる濃度のアンモニアが存在する、又は存在すると想定される場所をいう
Toxic space		毒性区画：船内の閉鎖された区域が対象、健康に影響を及ぼしうる濃度のアンモニアが存在するか、又は存在する可能性のある閉鎖又は半閉鎖空間をいう(ガス安全機関室はみなされない)
Zero Emission		ゼロエミッション：特定の活動やプロセスから排出される温室効果ガス(GHG)が全くない状態
Zero Greenhouse Gas Emission		GHG 排出量ゼロ：温室効果ガス(GHG)の排出量を完全にゼロにすること

2 章 一般

2.1 目的

本章の目的は、アンモニアの特性を理解することである。アンモニアの固有の特性、特にその有毒な物理的及び化学的特性は従来の船舶用燃料とは大きく異なり、船上での取り扱いと使用の際に、船員、船舶及び環境に安全上のリスクを生み出す。アンモニアを安全に取り扱うためには、アンモニアの特性を理解し、適切に管理する必要がある。

2.2 一般要件

2.2.1 アンモニアの特性

国際化学物質安全性カード(ICSCs)にはアンモニア(無水物)として以下の通り登録されている。

CAS 登録番号	7664-41-7
国連番号	1005 (無水物)
ELINCS 番号 (欧州通知化学物質リスト)	231-635-3

アンモニアは様々な産業で広く利用されている化学物質で、その特性は多岐にわたる。主な特性を表 2 に示す。

表 2 アンモニアの主要な特性 (一部)

化学式	NH ₃ (窒素と水素の化合物)
物理的状态	常温常圧で無色透明の気体、特有の強い刺激臭がある
沸点	-33.34℃ (大気圧下)
融点	-77.73℃
臨界温度	133.4℃
臨界圧力	111.3 気圧
自然発火温度	651℃ /メタン 537℃、プロパン 450℃
蒸気圧	100kPa(-33℃、液体)、1kPa(-94.5℃、固体)、1 Pa(-139℃)
相対蒸気密度	0.6kg/m ³ (0℃, 0.1MPa) /Air = 1
液密度	0.7kg/L (-33.34℃) /水=1
蒸気比重	0.597 /Air = 1
爆発範囲	爆発下限界濃度 15vol% / 爆発上限界濃度界 28vol%
溶解度	水に溶けやすい (常温(20℃)の水 100g に対し約 70g のアンモニアが溶解する)
粘度 (センチポイズ)	0.25 (-33℃) /水 0.282 (100℃)
臭気限界 (人間が感知できる最小濃度)	5ppm 以下 * 低濃度(2~3ppm)でも感知可能

2.2.2 物理的性質

- 1. 外観：常温常圧の条件下で無色透明のガスであり、液体の状態でも無色透明である。
- 2. 臭気：非常に刺激的で鋭く強い臭気。これはアンモニアガスの特性で、低濃度(2~3ppm)でも感知可能である。
- 3. 密度：アンモニアガスの密度は空気よりも軽く、比重は 0.6(空気=1)であるため、大気中に放出された場合、上昇する傾向がある。
- 4. 溶解性：水と強く相互作用し、水に非常に溶けやすい。水と反応して水酸化アンモニウム (NH₄OH) を生成する。

2.2.3 化学的性質

- 1. 高いアルカリ性：水に溶けるとアルカリ性を示し、pH が 11~12 程度となる。これにより、アンモニアは多くの酸と中和反応を起こす。
- 2. 還元剤としての性質：還元剤として機能し、さまざまな化学反応において還元反応を起こすことが可能である。
- 3. 酸性物質との反応：酸と反応して塩（例：塩化アンモニウム NH₄Cl）を生成する。

2.2.4 物理的状態と温度特性

- 1. 液化温度：アンモニアは常圧（1 気圧）下、約 -33°C で液化する。液体アンモニアを保存及び運搬するためには冷却装置が必要となる。冷却が難しい場合や温度管理が困難な場合には、圧力を加えることで液化を維持する圧力容器（圧力タンク）が使用される。アンモニアの液化には圧力と温度が密接に関連しており、圧力を高めることで液化温度が上昇する。
- 2. アンモニアの温度と圧力の関係を表す蒸気圧曲線³を以下図 1 に示す。以下の 3 つの状態⁴で輸送/貯蔵される。

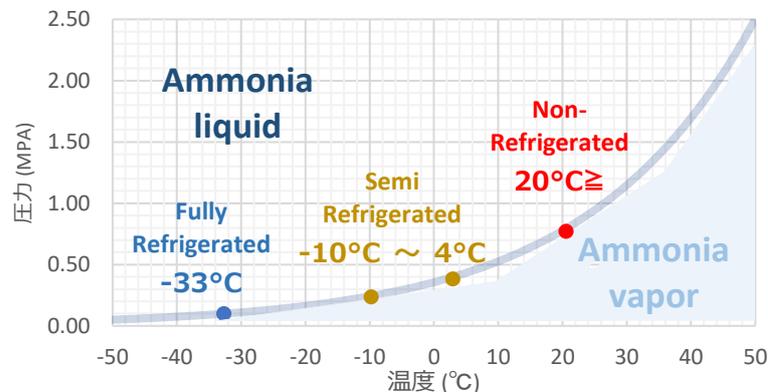


図 1 アンモニア蒸気曲線

2.3 アンモニアの危険性

2.3.1 毒性

アンモニアは、特定の濃度で人及び動物に毒性を示す可能性のある化合物であり、国連危険物輸送勧告に基づき、クラス 2（ガス）⁴および区分 2.3（有毒ガス）⁵に分類されている。アンモニアはその吸入によって健康に害を与える可能性があ

³： 温度に応じた蒸気圧力の変化を表し、特定の温度における液体の蒸気圧を示すグラフ

⁴ ガスに関する国連の危険物輸送分類の一つで、気体として輸送される物質を対象とする。アンモニアは常温・常圧で気体であり、そのためクラス 2（ガス）に分類される。また、さらに細かくガスの種類によって区分され、その化学的性質から、有毒ガスとして扱われる。

⁵ 有毒ガスのカテゴリに属する物質を指す。

り、以下の理由で有毒ガスに分類されている。

- ① アンモニアは高濃度で吸入すると呼吸器系に強い刺激を与え、咳、喉の痛み、呼吸困難を引き起こす。
- ② 高濃度のアンモニアガスは肺に深刻な損傷を与える可能性があり、極端な場合には致命的な結果を招くこともある。

-1. 人体への影響

アンモニアは低濃度でも体内に入ると呼吸器系や粘膜（目や鼻、口腔、気道、肺等）に刺激を与える可能性がある。また、皮膚に接触すると痛みや炎症が発生し、深刻な刺激症状や熱傷（火傷のような損傷）を引き起こす可能性があり、目に触れると、痛み、過度の涙、充血、結膜の腫れ、虹彩や角膜の損傷、緑内障、白内障を引き起こす可能性がある。

高濃度のアンモニアを直接吸入した場合、呼吸器系へのダメージが深刻となり、直ちに生命を脅かす可能性がある。症状には、呼吸困難、胸痛、肺炎、気管支痙攣、肺水腫等が現れる恐れがある。

曝露した場合は、流水で 15 分以上洗い流すことが推奨される。凍傷の場合は、流水で洗い流した後、衣服は脱がずに医療機関へ搬送することが望ましい。目に入った場合は、流水で数分間洗い流し、直ちに医療機関へ搬送することが必要である。

米国環境保護庁（EPA）によって定義された AEGL（Acute Exposure Guideline Levels：急性曝露ガイドラインレベル）に基づいて、アンモニア曝露の限度を特定することができる。AEGL は、特に緊急時における適切な対応や準備のために開発された。この指針は、特定の期間有害な化学物質に曝露された場合に、健康に与える影響が現れる一般的な閾値曝露限界（それ以下では健康への有害な影響が起こりにくい曝露レベル）を示している。AEGL はアンモニア濃度と曝露期間を考慮し、5 つの曝露期間（10 分、30 分、60 分、4 時間、8 時間）ごとに策定され、毒性影響の重症度によって区別されている。

表 3 AEGL (Acute Exposure Guideline Levels):急性曝露ガイドラインレベル

Classification	10 minutes	30 minutes	60 minutes	4 hours	8 hours
AEGL-1 (nondisabling)	30 ppm	30 ppm	30 ppm	30 ppm	30 ppm
AEGL-2 (disabling)	220 ppm	220 ppm	160 ppm	110 ppm	110 ppm
AEGL-3 (lethal)	2,700 ppm	1,600 ppm	1,100 ppm	550 ppm	390 ppm

- ・ **AEGL-1 未満「感知レベル」**：不快な臭気、味覚及び感覚刺激、又は軽度の無感覚性や無症候性の影響が生じる可能性がある。これらの影響は一過性で非障害的である。
- ・ **AEGL-1「不快レベル」**：顕著な不快感、刺激感、または特定の無症候性の非感覚作用の影響が生じる可能性がある。これらの影響は生活に支障をきたすものではなく、一過性であり、曝露の中止により回復する。
- ・ **AEGL-2「障害レベル」**：不可逆的またはその他の重篤で長期的な健康への悪影響または逃避能力の低下の影響が生じる可能性がある。
- ・ **AEGL-3「致死レベル」**：生命を脅かす健康影響または死亡の増加が生じる可能性がある。

-2. 環境への影響

アンモニアは大気中の酸性物質（硝酸(HNO₃)や硫酸(H₂SO₄))と反応し、硫酸アンモニウム((NH₄)₂SO₄)や硝酸アンモニウム(NH₄NO₃)という微小粒子状物質(PM2.5：直径 2.5 μm以下の微粒子)を生成する。大気中のアンモニア量が増加すると、PM2.5の生成も増加し、これが大気汚染を引き起こす原因となる。

また、PM2.5の生成により、間接的に大気の酸性化が進行し、酸性雨が発生する可能性が高くなる。酸性雨は土壌のpHを低下させ、植物の成長を妨げるだけでなく、水質の悪化を引き起こし、水中の有害物質を溶解させることで、魚類や水生生物に悪影響を及ぼす可能性がある。

2.3.2 可燃性及び爆発性

アンモニアは可燃性ガスだが、他の燃料（天然ガスや水素等）と比較して可燃性範囲は狭い。可燃性濃度範囲は、大気中で 15%から 28% の間にあり、この濃度範囲で空気と混合すると、発火源がある場合に燃焼や爆発を引き起こす可能性がある。一方、大気条件下での自然着火温度は 651°C と高いため、自着火の可能性は低い。

アンモニアの爆発リスクは、以下のような状況で発生する可能性がある。

- ・密閉空間で、高濃度のアンモニアが漏洩した場合
- ・発火源（火花、熱源、電氣的火花等）が存在する場合
- ・酸化剤（塩素、水素等）とアンモニアが混合し、加熱や加圧等の外部刺激を受け、化学反応が加速される場合

液体アンモニアが飽和液体として加圧容器（タンク等）に貯蔵されている場合、加圧容器の故障等が発生し、飽和液体アンモニアが大気圧に放出されると、急激に沸騰して気化し、最大で 710 倍の膨張が起こる可能性がある。この膨張により、沸騰液体膨張蒸気爆発 (BLEVE: Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion)^{6*} が発生する可能性がある。

2.3.3 腐食性

アンモニアは、金属、プラスチック、ゴムなどの様々な材料に腐食や害を及ぼす可能性のある物質である。特にアンモニアが気体や液体の形で接触する場合、その腐食性は顕著に現れる。

水分はアンモニアの腐食作用を促進するため、水分の存在下では金属の腐食を引き起こしやすくなる。特に銅(Cu)、鉄(Fe)、アルミニウム(Al)、亜鉛(Zn)、水銀(Hg)、銅合金等はアンモニアと反応しやすく腐食しやすい。

アンモニアを貯蔵及び船舶輸送する際に液化された場合、液体アンモニアは応力腐食割れ（SCC: Stress Corrosion Cracking）^{7*}を発生させる可能性がある。炭素鋼は高強度化に伴い、液体アンモニア中で SCC が発生しやすくなる。アンモニアのバンカリングの際、ホースやパイプに不活性ガス（N₂ など）の非凝縮性ガスを使用して、水分と酸素を除去するパージ操作を行うことにより、液体アンモニア中の SCC の可能性を低減させることができる。

Note: アンモニアの応力腐食割れ

鋼船規則検査要領 N 編「液化ガスばら積船」17.12 アンモニア(無水)

⁶ 通常、加圧された液体が突然放出されることによって引き起こされる現象である。加圧容器（タンク等）が破裂し、液体が急激に気化すると、その膨張により爆発的なエネルギーが放出される。

⁷ 腐食環境下において、金属材料に引張応力が作用することで、材料に割れが生じる現象。

3 章 アンモニア燃料の取り扱い

3.1 目的

本章の目的は、アンモニアの貯蔵、運搬及び移送に関する基本的知識を理解することである。

3.2 アンモニアの貯蔵及び移送

液体アンモニアは、コスト効率の高い輸送を確保するために、圧縮、冷蔵、またはその両方の組み合わせによって貯蔵及び輸送することができる。以下表 4 に示す状態で、貯蔵及び移送が可能である。

表 4 一般的なアンモニアの貯蔵状態

	完全冷蔵 (FR) Fully Refrigerated	半冷蔵/半加圧 (SR) Semi-Refrigerated/ Semi-Pressurised	非冷蔵/完全加圧 (NR) Non-Refrigerated/ Fully Pressurised
IMO Type ⁸	独立型 Type-A 非加圧型	独立型 Type-C 半加圧型	独立型 Type-C 常温加圧型 (円筒形)
温度	-33℃	-10℃ to 4℃	20℃ to 45℃ (一般温度)
圧力	0 bar (大気圧)	3 bars to 4 bars	7 bars to 17 bars
二次防壁	完全二次防壁	不要	不要

1) 完全冷蔵 (FR)

液体アンモニアは低温で貯蔵される。液化のためにアンモニアを凝固点まで冷却し、大気圧に近い圧力で保持する。タンクから気化したボイルオフガス (BOG : Boil-Off Gas)⁹は、再液化装置を使用して再び液体にして貯蔵タンクに戻す。これにより、BOG によるタンク内圧力上昇に伴うタンク圧力逃し弁からのアンモニア大気放出を防止し、効率的な貯蔵が可能になる。

2) 非冷蔵/完全加圧 (NR)

液体アンモニアは常温で加圧することにより液化され、貯蔵される。周囲温度で液体の状態を保持することができ、またタンク内に BOG を閉じ込めておくことが可能である。高圧用に設計されているため、タンクは厚く重量があり、サイズに制限がある。

3) 半冷蔵/半加圧 (SR)

冷蔵と加圧の組み合わせの状態をいう。冷却と加圧のバランスをとることで様々な用途に柔軟に対応できるため、汎用

⁸ : IMO Type : IGC Code - Chapter4 - Cargo Containment / Part E - Tank Types

⁹ : BOG(Boil-Off Gas) - 液化ガス (通常は液化天然ガス、液化アンモニア等) が貯蔵や輸送中に気化して発生するガスのことをいう。ここでは、低温タンク内で液化しているアンモニアが、温度や圧力の変動、または移送中の操作により気化し、気体状態に変わったガスを指す。BOG は、タンクや配管内の圧力上昇を引き起こし、設備の破損や安全リスクを引き起こす可能性があるため、適切な管理が必要となる。

性が高く、大規模な貯蔵が可能である。

第 10 回貨物運送小委員会(CCC10)において、アンモニア燃料の安全性を考慮した上で、アンモニア燃料船に搭載する燃料タンクは大気圧において冷却した状態（FR）で貯蔵することが決定された。現在内航船で使用されている多くのアンモニア運搬船(Ammonia Carrier)は、液化したアンモニアを運搬するために加圧型タンクを使用している。完全加圧型（NR）または半圧型（SR）タンクを使用するには、冷却貯蔵と同等の安全性であることを立証し、船舶の主管庁から承認を得る必要がある。

アンモニア燃料の移送については、以下の条件下での実施が考えられる。

-1 同様の貯蔵条件での移送

保管温度および圧力条件が同様の場合のアンモニアの移送は、比較的容易である。完全加圧タンク（NR）から完全加圧タンク（NR）への移送の場合は、高圧に耐えられるように設計された貯蔵タンクと移送システムが必要である。

-2 非冷蔵・完全加圧タンク(NR)から完全冷蔵タンク(FR)へ移送する場合

温度及び圧力管理や、ガス化及び液化の状態を維持するための装置が必要である。また、漏洩防止や安全対策、タンクの設計にも十分な注意を払い、適切な移送プロセスを確立することが不可欠である。

(1) 温度と圧力の管理

最も重要なのは温度と圧力の管理である。完全加圧タンク(NR)では、アンモニアは高圧状態で液化しているが、冷蔵タンク(FR)では低温（-33℃付近）で液化されているため、冷蔵タンク側の温度が上昇しすぎないように管理し、液体アンモニアが気化するのを防止すること、また圧力調整弁やリリーフ弁で圧力差を調整する必要がある。

(2) 気化とガスの取り扱い

移送中に冷蔵タンク(FR)内の温度が上昇すると、液体アンモニアが気化し、タンク内にガス(BOG)が溜まり圧力が高くなるため、圧力監視と圧力制御装置が必要である。また漏洩防止のために密閉性の高い接続部やバルブを使用し、ガス検知器等による漏洩監視も重要である。

(3) 熱交換と温度変化

移送中の温度差を滑らかに調整し、冷蔵タンク内の安定した液化状態を維持するために熱交換システムが必要である。

3.3 燃料移送モードの概要及び特徴

アンモニア燃料移送には、以下の 4 つの可能なモードがある。

- (1) 陸上/ターミナルパイプライン対船 (ShTS : Shore-to Ship)
- (2) 船対船 (STS: Ship-to Ship)
- (3) トラック対船 (TTS: Truck-to-Ship)
- (4) カセット燃料輸送(Cassette Bunkering)

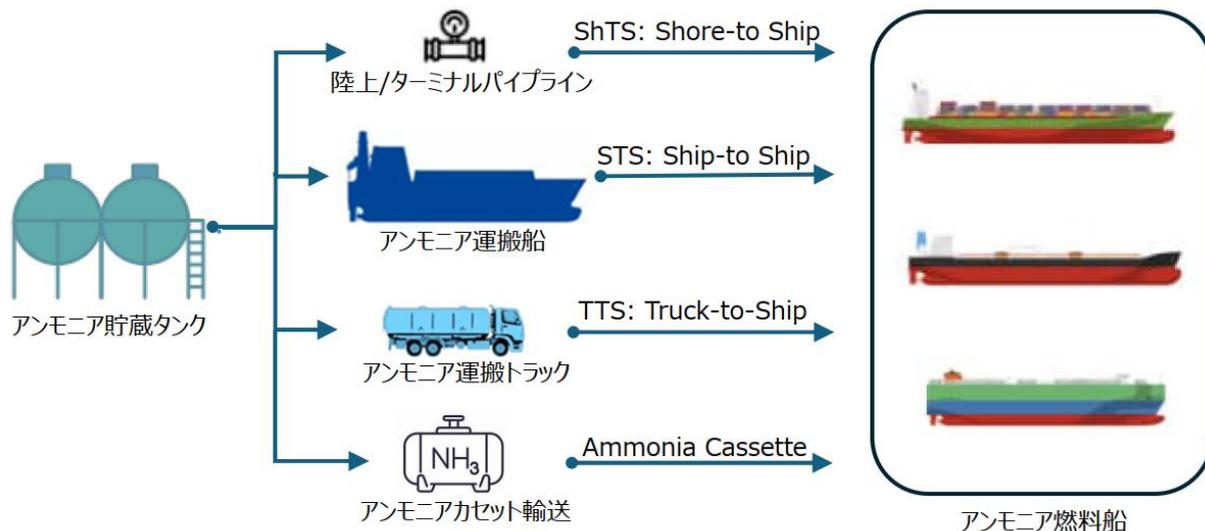


図 1 アンモニアの輸送モード

3.3.1 陸上施設(ターミナル又はパイプライン)対船 (ShTS : Shore to Ship)

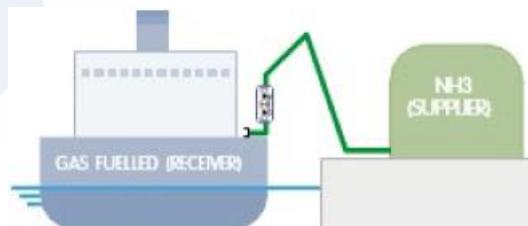
移送は、ホースまたは専用のローディングアームを介して行われる。

-1. 利点:

- ・ 着岸又は着岸後に船舶の安定が保たれ、船舶動揺や移動の危険が少ない
- ・ バンカリング量を柔軟に調整できるため、効率的である
- ・ 専用のターミナルでは適切な安全装置の設置が容易
- ・ 大容量の移送に適している
- ・ 同じ港湾施設を利用する定期航路を有する船舶に適している

-2. 欠点:

- ・ 高額な設備投資及び運用コストが発生
- ・ 専用のターミナル又はパイプラインを有する棧橋又は岸壁に接舷しなければならないので、柔軟性に欠ける



3.3.2 船対船 (STS: Ship-to Ship)

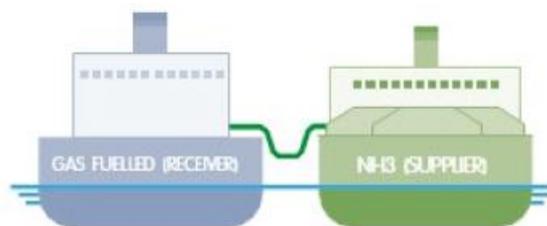
移送はホースまたは専用のローディングアームを介して行われる。

-1. 利点

- ・ バンカリング場所及びバンカリング量を柔軟に調整できる
- ・ 大容量の移送に適している
- ・ 初期投資及び設備投資が少ない

-2. 欠点

- ・ 2 船間の船体保持が重要
- ・ バンカリング場所（水域）の許認可等の規制を受ける場合がある
- ・ バンカリング場所（着岸または着岸場所）の周辺に人々や施設が密集している場合、事故が発生するとその影響が広範囲に及ぶ可能性がある



3.3.3 トラック対船 (TTS: Truck-to-Ship)

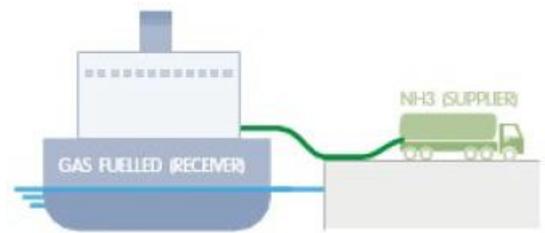
移送はホースを介して行われる。トラックの ISO タンク¹⁰は加圧されている。

-1. 利点

- ・ 現在使用されている最も一般的な方法である
- ・ 船舶の着舷又は着岸場所にトラックが移動して移送を可能にするため、利便性が高い
- ・ 複数のトラックが同時に接続でき、バンカリング量を柔軟に調整できるため、効率的である
- ・ 小型船舶やタグボートに適している

-2. 欠点

- ・ 移送量が小さく、移送ポンプの容量が小さいため、移送時間がかかる
- ・ バンカリング場所（着舷又は着岸場所）の許認可等の規制を受ける場合がある



3.3.4 カセット燃料輸送 (Cassette Bunkering)

特定の港において考案されている移送方法として、参考に付記する。

-1. 利点

- ・ アンモニアをカセット（容器）に詰めることで、比較的小型で船舶への積み込みが容易である
- ・ 液化した状態で輸送されるため、ガスの圧力を制御することが比較的容易となり、過圧や漏洩などのリスクを低減できる
- ・ 区域のゾーニング及び適切な安全装置の設置が容易
- ・ バンカリングに必要な時間を短縮できる

-2. 欠点

- ・ 冷却設備、輸送用カセット、専用の貯蔵設備など、高額な初期投資と運用コストが発生
- ・ 輸送量に限界がある
- ・ カセットの取り扱いや充填時には、慎重に注意を払う必要がある

¹⁰ ISO Tank Container は、国際標準化機構（ISO）によって規定された規格に基づいて製造されており、液体や気体を輸送するための標準化されたタンク

4 章 安全対策

4.1 目的

アンモニアの毒性を考慮すると、アンモニアの漏洩事故が発生することは回避しなければならない最重要事項ではあるが、船員及び作業員の人命を守ることを最優先とし、被害を極小化するために取るべき対策を考える必要がある。

本章の目的は、アンモニア燃料船における安全対策の構築を理解することである。

4.2 危険区域の分類

IGF コードにおける「危険区域」¹¹の分類は、爆発性ガスが発生する可能性のある場所を分析して特定し、そのリスクに基づいて適切な電気機器を選択し、安全対策を講じることを目的として定められている。危険場所（IGF コード 12.4）は以下の 3 種類に分類される。

- (1) 0 種危険区域：爆発性ガス雰囲気常在に存在する場所（例：燃料タンク内部やその配管、バント装置など）
- (2) 1 種危険区域：爆発性ガス雰囲気が存在する可能性が高い場所（例：燃料タンクの排気口や調整室、燃料配管が設置された場所など）
- (3) 2 種危険区域：爆発性ガス雰囲気が偶発的に存在する可能性がある場所（例：1 種危険区域の周辺、特定の暴露甲板上の区域など）

一方、アンモニアの毒性を考慮した区域等を定める規制や基準はまだ策定されていない。

アンモニアの毒性を踏まえると、危険区域は有毒ガスが存在する、または存在する可能性のある場所で、設備の設置や使用に特別な注意が必要であると考えられる。漏洩を防ぐため、広範囲の区域を設定する必要がある。

また、アンモニアバンカリング中には、危険区域の周囲に安全区域を設け、安全教育と必要な訓練を受けた人員の立ち入りのみに制限する等の対策が求められると考えられる。

参考として、各関係機関におけるバンカリングで使用される区域（例：危険区域、有害区域、安全区域、その他の区域）の考え方を表 5 にまとめた。

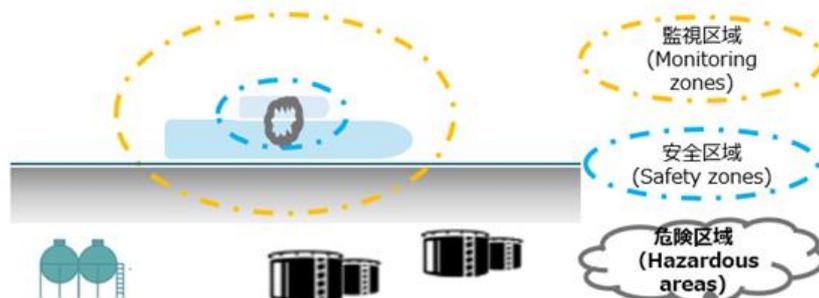


図 2 アンモニアバンカリングの危険区域、安全区域及び監視区域の一例 (STS)

¹¹ IGF コードにおける危険区域の定義：2.2

-2.2.21.「危険場所」とは、電気機器又は他の着火源となりうる機器の構造、設置及び使用に特別な注意を必要とするほどの爆発性雰囲気が存在する又は存在するおそれのある場所をいう。

-2.2.33.「非危険場所」とは、機器の構造、設置及び使用に特別な注意を必要とするほどの爆発性雰囲気が存在するおそれのない場所をいう。

表 5 バンカリングで使用される区域に関する考え方

	ABS	BV	DNV	SGMF
管理区域 Controlled Zones	ガス拡散分析、リスク評価、関連する国際要件の結果に基づいて定義され、管轄する当局等によって決定される。		管理区域は以下の 4 区域を含み、関連する国際要件例 ISPS に基づいて提案され、管轄する当局等によって決定される。	バンカリング中の 5 つの管理区域、エリアを定義する。
危険区域 Hazardous areas	バンカリング作業中に危険区域へ立ち入ることができる人員は、作業等のために必要な人に限定する。通常、閉鎖区域および半閉鎖区域に限定される。	爆発性ガスが十分な量で存在するか、または存在する可能性があるため、設備の設置や使用に際して特別な予防措置が必要な区域をいう。	爆発性ガスが十分な量で存在するか、または存在する可能性があり、設備の建設や設置、使用において特別な注意が必要な区域をいう。アンモニア漏洩が発生した場合に、漏洩したアンモニアが人員のいる安全な場所に達しないよう、広めに設定しておく必要がある。	可燃性、爆発性、または有毒な雰囲気が発生する可能性がある空間であり、点火源の管理や人員の立ち入り制限など、特別な予防措置が必要な区域をいう。アンモニアガス濃度範囲は AEGL-3(2,700ppm)以上と定義することを推奨する。
安全区域 Safety zones	点火源が適切に管理され、許可された人員のみが立ち入り可能な区域をいう。バンカリングの形式、漏洩の可能性、気象状況特に風の状況、周囲の状況等を考慮して決定される。		危険区域を越えて広がる区域であり、バンカリング作業中のアンモニア漏洩の危険性に対応するため、特別な予防措置が必要である。この区域内では、点火源が適切に管理され、偶発的なアンモニア放出に対応可能な人員のみが立ち入り可能な区域をいう。	アンモニア漏洩等が発生した場合に生命や設備に危害が及ぶ可能性がある距離にある区域をいう。この区域は危険区域より広範囲をカバーし、人命と機器の損傷を最小限に抑えることを目的とする。区域内への立ち入りは厳格に管理される。アンモニアガス濃度範囲は AEGL-2 (220ppm～2,700ppm)と定義することを推奨する。
有害区域 Toxic zone	バンカリング作業中に、人員に害を及ぼす可能性がある区域をいう。船級要件によって決定される。	人体への健康に影響を与える恐れがある毒性ガスが、特別な予防措置が必要な量で存在する、または存在する可能性がある区域をいう。	バンカリング作業中に、人員に害を及ぼす可能性がある区域をいう。管轄する当局の要件に従って設定される。	
規制区域 Security zones	アンモニアバンカリング作業区域の周囲に設定される区域をいう。			
監視区域 Monitoring zone			アンモニアバンカリング作業区域の周囲に設定される区域をいい、安全区域が侵害されないよう監視する。	
監視・規制区域 Monitoring & security area				バンカリング作業中に、安全区域を監視するためのエリアをいい、安全区域より広範囲をカバーする。
海洋区域 Marine zone				港湾規則により決定され、バンカリング船周囲を航行する船舶からの影響から安全を確保する区域をいう。
評価区域 Assessment zone				海洋区域より広範囲をカバーする区域をいう。バンカリング場所の周辺に人々や施設が密集している場合、直面する可能性のあるリスクのレベルにより決定される。

4.3 制御、監視及び安全装置に関連したアンモニア濃度の設定値

船員及び作業員の健康に対する影響を考慮し、アンモニア漏洩検知器の濃度の閾値¹²は、以下のとおり設定する。

- 1. Local alarm を発する濃度：25 ppm
- 2. 常時人がいる場所¹³における可視可聴警報：110 ppm
- 3. 安全システムの起動：220 ppm（液漏洩を検知した場合は濃度によらず作動）
- 4. 毒性区画入り口における可視警報：警報設定値は区画内部のアンモニア濃度 25ppm
- 5. 自動遮断弁の起動：遮断弁起動のタイミングは、① 2つのガス検知器で 220ppm 検出 又は ②液体漏洩を検知

Note: ガス検知

代替燃料船ガイドライン C-1 部アンモニア燃料船の安全に関する要件(第 3.0.2 版) - 15.8 ガス検知

4.4 人員保護

アンモニア燃料システムに関連する作業に従事する人員の安全を確保するためには、日常業務と緊急事態の両方、及びアンモニア暴露の短期的または長期的な影響を考慮し、適切な保護具を提供することが重要である。また、作業内容や作業環境に応じた適切な安全対策を講じることが求められる。これには、リスク評価を基にした保護具の選定や、緊急事態への対応準備が含まれる。具体的な要件を以下に示す。

- 1. 人員保護 (Personal Equipment)
 - ・ アンモニア燃料システムに関連する通常作業に従事する人員は、目の保護具を含む適切な保護具が提供されなければならない。
 - ・ 人員保護具および安全装具は、容易にアクセスできる場所で明確にマークされたロッカーで保管する。
- 2. 緊急装備 (Emergency Equipment)
 - ・ 除染シャワー及び洗眼器は、あらゆる環境下で作動可能であることが求められる。凍結条件にさらされる場合は、温度調節システムが必要である。また、給水能力は同時に 2 か所の設備に供給が可能なものとする。
 - ・ 除染シャワー及び洗顔器の設置場所は、①タンク接続部(TCS: Tank Connection Space)、②燃料準備室(FPR: Fuel Preparation Room)及び③バンキングステーションの各出口付近、④アンモニア燃料機関室内、⑤救命艇の乗艇場の付近。
 - ・ ストレッチャー、アンモニアに関する医療応急処置ガイド (MFAG: Medical First Aid Guide) に基づく船上の医療救急装置を備えなければならない。
 - ・ 緊急脱出用呼吸具及び目の保護具は船上のすべての人員に提供されなければならない。
 - ・ 脱出用呼吸具は、15 分以上使用可能な自蔵式呼吸具とする（フィルタ式の呼吸具は認められない）。
- 3. 安全装具 (Safety Equipment)
 - ・ SOLAS regulation II-2/10.10 で要求される消防装具とは別に、ガス環境下での作業に対応できるアンモニアの特性を考慮した 3 組以上の安全装具を備える。

¹² : 第 109 回海上安全委員会(MSC109)において決定された

¹³ : 船橋、中央制御場所、漏洩区画の内部及び外部

- ・ アンモニアガスが充満した区画で作業可能な装備として、マイク付きイヤホンとプッシュ・ツー・トーク・ユニットを備えた双方向携帯無線電話装置。
- ・ 自給陽圧式空気呼吸器付きフルフェイスマスク、ガス密防護服、ブーツ、手袋、ベルト付きスチール製芯付き救助ライン及び防爆ランプを備える。
- ・ 予備ボトル及び圧縮空気供給設備を備える。

4. 個人用保護具 (PPE: Personal Protective Equipment)

アンモニアバンカリング作業従事者に適用される、個人用保護具の概要について、以下表 6 に示す。

表 6 個人用保護具の概要

保護具	概要	
通常保護具	作業着、ヘルメット、安全靴、手袋	
保護メガネ	化学薬品に強いレンズやコーティングを施したもの	
防毒マスク	面体及び吸収缶	
保護手袋/ケミカルグローブ	化学物質の透過及び/又は浸透を防止する化学防護手袋	
自蔵式空気呼吸具 (SCBA: Self-Contained Breathing Apparatus)	<ul style="list-style-type: none"> - 外部の空気に依存せず、呼吸に必要な空気を供給できる装置 - 圧縮空気ボンベ、レギュレータ、呼吸用マスク（フルフェイスマスク）で構成される 	
自給陽圧型空気呼吸具	呼吸具内の陽圧により気道に空気を押し込み肺へ圧縮空気を供給する呼吸具、1,200 リットル以上の自由空気容量を有し、フルフェイスマスク付きの自給式正圧呼吸具	
化学保護衣 (CPS: Chemical Protective Suit)	防毒マスク、保護手袋、ブーツなどの装備を組み合わせ、外部の有害化学物質から完全に保護するために気密されたフル装備の防護服	
完全気密耐薬品保護服	<p>化学物質や有害な薬品、ガス、蒸気、液体から身体を完全に保護するために設計された特殊な防護服であり、人体への有害物質の侵入を防ぐため、非常に高い密閉性と耐薬品性を備える、これらの防護服は、以下の装備で構成される</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ マイク付きイヤホン、Push-to-Talk ユニットで構成される双方向携帯無線電話装置 ・ ガス気密性のある防護服（防毒服など） ・ ブーツ及び手袋 ・ ベルト付き鋼芯の救助索 ・ 防爆型ランプ 	

4.5 代表的な安全装置

4.5.1 緊急遮断システム (ESDS: Emergency Shut Down System)

緊急時や異常事態発生時に、アンモニア(及び該当する場合はペーパー)の移送を緊急停止できるよう、アンモニアバンカー供給側とアンモニア燃料船の双方に設置され、相互にリンクされたシステムである。手動及び自動で起動され、以下の2つをいう。

(1) ESD-1:バンカリング緊急遮断の第一段階

アンモニア移送中に安全確保のために移送を停止させる信号であり、緊急遮断バルブ (ESDバルブ: Emergency Shutdown Valve)を閉鎖し、移送ポンプを停止させる。移送開始前に、作動テストが必要である。

(2) ESD-2:バンカリング緊急遮断の第二段階

アンモニア移送中にアンモニアバンカー供給側とアンモニア燃料船が離れた場合や、火災や津波などの緊急事態発生により緊急離棧/離岸が必要となる場合、移送設備の破損を防ぐためにアンモニア燃料船をアンモニアバンカー供給側から自動的に切り離す信号を送る緊急離脱システム (ERS: Emergency Release System)¹⁴を作動させる。この際、アンモニアが放出されないようにシールされ、緊急離脱カブラ (ERC: Emergency Release Coupler)が切断される。

4.5.2 アンモニア除害装置 (ARMS: Ammonia Release Mitigation System)

アンモニア除害装置 (ARMS)とは、熱酸化・分解、触媒酸化・分解、水溶液化または空気希釈などによってアンモニアを消費、回収または分散させる装置をいう。

通常の運航状態において、大気への直接のアンモニア放出は認められない。放出しなければならない状況が発生した場合は、アンモニア除害装置 (ARMS)により、110ppm まで低減しなければならない。

バンカリング前に行うパージ作業では、アンモニア漏洩防止のために ARMS は有効な手段である。

4.5.3 アンモニア漏洩検知システム

アンモニア漏洩検知システムは、複数のガス検知装置を使用して、アンモニアの毒性レベルや可燃性に基づいて警報や安全装置を作動させるシステムである。漏洩が発生した場合、一定数以上の検知器が漏洩を確認した際に安全装置が作動され、誤動作を防止する。

漏洩検知は、IGF コードで規定されるガス検知器の設置場所に加えて、次に掲げる場所にガス検知器を設置する。

- バンカリングステーション
- タンク接続部(TCS: Tank Connection Space) へのアクセススペース
- 避難所の空気取り入れ口
- タンクベント排出口
- 燃料管のアニュラススペース¹⁵には、液体漏洩検知を設置
- タンク接続部(TCS)、燃料準備室(FRP)及びバンカリングステーションには液体検知器を設置し、高液面警報を発するほか、低温検知により安全システムを起動させる必要がある

¹⁴ : 緊急時に移送ホースなどの移送設備をバンカーステーションから迅速に切り離す安全システムであり、移送ホース内のアンモニアが外部に漏れ出すことなく分離されるシステム

¹⁵ : 配管や設備の外側にある、円筒形の隙間や空間のこと

4.5.4 電気絶縁

静電気の蓄積や機器間の電位差による接続および切断時のアーク放電¹⁶を防止するための安全対策が必要である。電気絶縁には、以下の方法がある。

- 適切な絶縁フランジやボンディングケーブルを使用する
- 導電性のある表面間が接触しないようにする

バンキング作業を始める前に、アンモニアバンカー供給側とアンモニア燃料船間にある接続（係留ライン、舷梯、タラップ、クレーン、その他の物理的接続など）が適切に絶縁されていることを確認する必要がある。

以下は、各燃料移送モードに関する注意事項である。

(1) 陸上/ターミナルパイプライン対船 (ShTS : Shore-to Ship)

ローディングアームは金属製で電流を通しやすいため、接続や切断の際に電気アーク放電が起こる可能性がある。このリスクは、機器を適切に接地し、電気絶縁システムを使用することで軽減される。

(2) 船対船 (STS: Ship-to Ship)

連続した電気経路を遮断してアークを防止するために、絶縁フランジの使用が推奨される。また、短い絶縁ホースを使用し、残りのホースは電氣的に接続された状態にする方法もある。

(3) トラック対船 (TTS: Truck-to-Ship)

トラックは電氣的に接地されている必要がある。また、予期しない移動を防止するために車輪を固定する必要がある。

¹⁶ : 高温・高エネルギーの電氣的放電現象、火花、光、熱を発生させる

5 章 バンカリング手順の作成

5.1 目的

本章の目的は、アンモニア燃料船におけるバンカリング手順の作成について理解することである。

5.2 手順等作成の準備

5.2.1 検討事項

- 1. 船主及び管理会社がアンモニアを安全に扱うために事前に検討すべき事項を以下に示す。
- 2. アンモニアの安全なオペレーションを達成するために、次に掲げるものを標準とするが、これに限らない。

5.2.2 操作手順 (Procedure)

-1. バンカリング前

- (1) 緊急事態発生時の措置について、関係者全員との取り決め及び合意
- (2) アンモニア移送条件の合意
 - ① 移送時間、移送されたアンモニアの温度と圧力、タンク内圧力、移送ライン及びベーパーリターンラインの測定
 - ② Initial Rate, Rate-Up, Rate-Down 量の確認
 - ③ アンモニアバンカー供給側のタンク液体レベル、温度及び圧力
- (3) イナーティングシステムの健全性及び窒素圧力の確認
- (4) ベーパーリターンシステム及びベーパー管理方法（該当する場合）
- (5) バンカーラインの接続
- (6) ESDS の接続及び試験
- (7) ESD システムの健全性及び作動確認
- (8) バンカリングラインのイナーティング及びパージ
- (9) バンカリングラインのリークテスト
- (10) 絶縁ケーブルまたはボンディングケーブルの設置
- (11) バンカリングラインの冷却
- (12) ドリップトレイの設置（雨水や結露水に注意）
- (13) バンカリング契約書とチェックリストの署名

-2. 移送中

- (1) 制限事項、同時作業(SIMOPS)を考慮
- (2) タンクレベルと移送レートを随時確認し、必要に応じて移送レートの減少
- (3) 移送中の監視（流量計測、圧力監視、温度監視、漏洩確認）
- (4) 船体保持、特に本船とアンモニア供給設備との相対位置に注視
- (5) BOG 管理
- (6) 警報対応
- (7) ESD がトリガーされた場合の対応

-3. バンカリング後

- (1) 規定移送量に到達後、移送ポン停止指令を出す
- (2) バンカーラインの窒素による液押し
- (3) ベーパーリターンホース及びバンカーラインの不活性化（オンボード ARMS の使用を含む）
- (4) バンカリング装置内の残留アンモニアの確認（Bunker ホース/Manifold 圧力の降圧具合、等）
- (5) バンカーラインの切断
- (6) バンカーシステムの回収と保管
- (7) バンカー量の確認
- (8) 文書化

5.2.3 実施体制 (Execution Framework)

- (1) 人員配置及び各配置における役割
- (2) モニタリング時の注意事項
- (3) 全作業者の資格要件(本船船員、バンカー側(バンカー船・ターミナル・ローリー等の運搬者等)の作業者)
- (4) 緊急時の対応

5.2.4 人的および環境安全対策(Human and environmental safety measures)

5.2.4-1 人的

- (1) 安全管理体制の構築
- (2) 管理責任者の選任と所在
- (3) 船員及び全作業者への教育・訓練
- (4) 保護具(PPE)
- (5) 緊急時の警報及び対処方法
- (6) 緊急時のアンモニア大気放出に関する事項
- (7) 消防・放水体制
- (8) 監視システム(CCTV)

5.2.4-2 環境

- (1) 除染シャワーおよび洗眼器の設置
- (2) 酸素蘇生装置を含む医療応急処置装置
- (3) 検知器（危険区域の設定）
- (4) 静電気の蓄積回避のための予防措置（電氣的接地、電気絶縁）
- (5) 安全区域及び管理区域のマーキング
- (6) バンカリングシステム（燃料移送装置及び資機材）の適用要件・管理・保管
- (7) 危険区域（隔離距離）とゾーンの設定
- (8) 安全対策機器（ARMS, ESDS, ERS, ERC, QCDC 等）
- (9) Safety Haven の設定
- (10) 換気
- (11) 照明
- (12) 消防システム

5.2.5 通信・連絡手段(Communication & Contact methods)

- (1) 船陸間通信(SSL(Ship Shore Link))
- (2) 言語
- (3) 社内及び社外の連絡体制
- (4) 通常時及び非常時の連絡体制

5.3 手順等の作成

アンモニアバンカリングを実施する際の具体的な作業手順は、船舶特有の機器や技術、貯蔵や移送方法、貿易トレード等を考慮して、その船舶に適したものを作成する必要がある。手順は 4 段階に分けて整理し、各段階で考慮すべき事項を挙げるが、これに限らない。

-1. 計画段階 Planning Stage

- (1) バンカリングのリスク評価
- (2) 適合性評価の確認
- (3) 関係各所・規制当局等の手続き及び承認
- (4) 着岸・着積を含む全体スケジュール及びバンカリング場所の確認
- (5) 同時作業 (SIMOPS)に関する個別の計画立案とリスク評価
- (6) 連絡方法の確認

-2. アンモニア燃料移送前 Pre-transfer Stage

- (1) 安全上の注意事項
- (2) アンモニアタンクシステム、係留設備、およびバンカーホースを含む主要なバンカーシステムのチェック
- (3) 係留
- (4) ギャングウェイの設置
- (5) Pre-transfer meeting(移送前のミーティング)および文書化
- (6) ケーブル及びワイヤ接続
- (7) 燃料移送システムの接続
- (8) 窒素パージおよびリークテスト
- (9) アンモニア移送データの収集
- (10) ESDS テスト (Hot)
- (11) ラインクールダウン (該当する場合)

-3. 移送段階 Transfer Stage

- (1) 定期的なチェック
- (2) BOG 管理
- (3) アンモニア流量の制御
- (4) バラストイングおよびデ・バラストイング

-4. アンモニア燃料移送後 Post-transfer Stage

- (1) 移送ライン及びベーパーリターンシステムの排水とパージ
- (2) 燃料移送システムの切断

- (3) すべてのケーブル及びワイヤ切断
- (4) Post-transfer meeting（移送後のミーティング）
- (5) ギャングウェイの撤去
- (6) 離岸・離舷/出航

5.4 アンモニア燃料バンカリングのシナリオ概要

一般的なアンモニア燃料バンカリングのシナリオ概要を下記に示す。

アンモニア燃料船とアンモニアバンカー供給側のバンカリングモードやタンク間の違いは考慮していない。

オペレーションシナリオ Operation Scenario	操作手順 Procedure	実施体制 Execution Framework	人的・環境安全対策 Human and environmental safety measures	通信・連絡手段 Communication & Contact methods
ISM Code-該当 SECTION	SEC7, 8, 10	SEC6, 7, 8, 10	SEC6, 7, 8, 10	SEC7,8
1 バンカリング計画	●	●	●	●
2 燃料移送前準備（初期予冷）	●	●	●	●
3 バンカーライン接続	●		●	
4 通信・ESDS 信号ケーブル 接続、通信 System テスト	●		●	●
5 Inerting（不活性化）N ₂ パージ	●		●	
6 リークテスト	●		●	
7 前尺(Pre MTG)	●	●	●	●
8 初期移送(NH ₃ ガス)	●		●	
9 ESDS テスト(Hot)	●	●	●	●
10 移送開始	●	●	●	●
11 定常移送	●	●	●	●
12 移送終了	●	●	●	●
13 Stripping(液押し)	●		●	
14 Inerting（最終不活性化） N ₂ パージ	●		●	
15 後尺(Post MTG)	●	●	●	
16 バンカーライン切断	●		●	
17 ESDS Off	●	●	●	●
18 通信・ESDS 信号ケーブル切断	●		●	●
19 バンカリング手仕舞い	●	●	●	●
20 必要書類完成	●	●		
* BOG 管理	●		●	
** 緊急時対応	●	●	●	●

APPENDIX-1 ISM コードとの関連性

1.1 ISM コードにおけるアンモニア燃料使用時の考慮事項

ISM コード（国際安全管理コード）は、船舶の運航と管理に関する安全基準を定め、船舶運航の安全性を向上させることを目的に策定された規則である。アンモニアを燃料として取り扱うことに伴う影響について、ISM コードの各セクションにおいて以下表 8 のような事項が考えられる。

表 8 ISM コードの各セクションにおける、アンモニアを燃料として取り扱うことの影響の概要

Section	Title	Notes
1	一般	アンモニア燃料船に関する規則やガイドラインを十分に理解し、遵守すること。 また、アンモニア燃料の使用は新しい技術的挑戦を含み、これに伴うリスクに対して、明確な安全管理方針を策定する必要がある。
2	安全及び環境保護の方針	新たに引き起こされる可能性のある危険性を十分に考慮した方針が求められる。
3	会社の責任及び権限	アンモニアを燃料として使用する範囲を十分にカバーされるべきである。
4	管理責任者	（従来の内容から大きな変更はない。）
5	船長の責任及び権限	（従来の内容から大きな変更はない、船舶運航における責任は引き続き船長にある。）
6	経営資源及び要員配置	アンモニア燃料を取り扱うためには、従来の燃料に比べて特有のリスク（毒性、爆発性など）が増加するため、従来とは異なる知識や技術を持つ人員が必要になる可能性があり、新しい手順や関連する訓練が必要になる。そのため、旗国の要求に基づく資格や教育・訓練に関する規定が必要であり、船員は十分に教育・訓練させる必要がある。
7	船内業務計画の策定	アンモニア燃料に関する新たな手順、計画、指示の策定が必要である（チェックリストを含む）。
8	緊急事態への準備	緊急事態への対応は、アンモニアに関連する新たな危険とその対応策が追加されることで変更が生じる。アンモニア燃料に起因する緊急事態を識別し、対応するための手順を訓練や演習に組み込むことが必要である。
9	不適合、事故及び危険の発生の報告及び解析	（従来の内容から大きな変更はない、ただしアンモニアに関連する事象については、新しい要件や修正が必要になる可能性がある）。
10	船舶及び設備の保守	アンモニア燃料に関連する設備には、予防、是正及び緊急対応のためのメンテナンス体制が必要である。既存の体制に加え、新しい機器やシステムをメンテナンスプログラムに組み込む必要がある。アンモニアの特性を考慮すると、メンテナンスには新たなスキルが求められ、安全運航を確保するために重要である。また、アンモニアとの互換性を考慮した金属や材料、特殊なツールや技術に使用も必要である。
11	文書管理	（従来の内容から大きな変更はない。）
12	会社による検証、見直し及び評価	新しい操作、装置、システムなどは、全体の運用計画の一部として定期的にレビューされるべきである。その上で、定期的なレビューの要件は引き続き維持される。

1.2 代替燃料を使用する場合の考慮事項

代替燃料の導入にあたり、以下の事項を考慮し、安全かつ効率的な船舶の運航を実現するための体制を構築することが重要である。

1.2.1 SMS（安全管理システム）

代替燃料を使用する場合、その燃料の特性に基づき、安全管理システム（SMS）を見直し、更新する必要がある。

船舶運航者は適切な安全管理システムを確立し、実施することが求められる。代替燃料使用に伴う新しいリスクや安全要求に対応するため、以下の項目を考慮する必要がある。

- (1) 代替燃料の取扱い手順
- (2) 設備・システムの適合性確認
- (3) 緊急時対応手順の見直し
- (4) 法令・規制の遵守
- (5) 安全監視システムの強化
- (6) 事故・インシデントの記録と分析
- (7) 保守・点検体制の強化
- (8) 新しいリスクの評価と対応策
- (9) 訓練及び教育プログラムの更新
- (10) 燃料供給チェーン（燃料の供給、輸送、貯蔵）の安全確保

1.2.2 リスク評価と管理

代替燃料は、従来の石油系燃料とは異なる特性を持っているため、それに伴い新たなリスクが発生する。そのため、ISM コードに基づき、代替燃料に関連するリスクを評価し、適切な安全措置を講じることが必要である。具体的には、以下のよう
なリスクが考えられる。

- (1) 火災や爆発のリスク
- (2) 漏洩や環境汚染のリスク
- (3) 健康への影響（例えば、アンモニアの吸引による健康リスク）

1.2.3 船員の訓練と資格

ISM コードでは船員の訓練と認証が重要な要素であり、代替燃料を使用する場合、船員はその特性に応じた新たな訓練や資格が必要である。代替燃料に関する特別な知識やスキルに基づき、以下のような項目を考慮する必要がある。

また、会社は使用する燃料や搭載機器に応じた訓練プログラムを確立し、提供しなければならない。

- (1) 代替燃料の特性や危険性についての教育
- (2) 事故やインシデントを防ぐための予防措置に関する訓練
- (3) 新しい燃料システムの操作や保守に関する技術的な訓練

1.2.4 緊急対応計画

代替燃料に関連する特有の緊急事態に対応するため、ISM コードに基づいた緊急対応計画を策定することが必要であり、以下のような項目を考慮する必要がある。

- (1) 代替燃料に関連する緊急事態の予測と対策
- (2) 緊急時の連絡体制と対応手順
- (3) 新しいリスクに対応するための避難計画や応急処置手順
- (4) 船員が緊急時に迅速かつ適切に対応できるよう、定期的な演習や訓練の実施

1.2.5 メンテナンスと検査

ISM コードは、船舶の設備やシステムの定期的な点検とメンテナンスを求めている。代替燃料を使用する場合、特殊な取り扱いが必要なため、それに対応する新しい手順や技術的な知識を持ち、設備やシステムに対するメンテナンス体制の確立が必要である。

1.2.6 法規制の遵守

ISM コードは、法的要求事項を遵守することを強調しており、代替燃料の使用に関する国際的および国内的の法制、規制、ガイドライン等に適合することが必要である。

APPENDIX-2 緊急時の手順と安全性

アンモニアバンカリング作業中の緊急時の手順を策定することは、事故や災害のリスクを軽減し、要員や環境の安全を確保するために非常に重要である。バンカリング作業における緊急時の対応手順について、具体的に以下を提示する。

1.1. リスク評価に基づく緊急時手順の策定

バンカリング作業におけるリスクは多岐にわたり、事前のリスク評価が重要である。リスク評価には、潜在的なハザードの特定、リスク評価技術を用いた評価、またリスク軽減策の策定が含まれる。これにより、事故や災害を予防し、緊急事態に備えることができる。

1.1.1 潜在的なハザードの特定

漏洩、機器の故障、火災、衝突などバンカリング作業中に発生する可能性があるリスクや事故を洗い出す。

1.1.2 リスク評価技術の利用

リスクが発生した場合の影響を評価し、優先順位意をつけて対応策を検討する。例えば、アンモニア漏れやホース不良が発生した場合の影響、火災が発生した場合の拡大リスク、船舶衝突の可能性など。

1.1.3 リスク軽減策の策定

具体対な対応策（緊急停止手順や消防設備、避難計画、通信手段の確保など）を策定し、実施準備を整える。

1.2. 緊急時手順の主要項目

緊急時手順は、発生し得るリスクに対して具体的な行動指針を提供する。特に重要なのは、迅速な対応が求められる状況における手順である。以下は緊急時手順がカバーすべき主要な項目の一例である。

1.2.1 アンモニア漏洩

速やかに漏洩源を特定し、適切な封じ込め措置を講じる。緊急時には作業の中止や避難指示が必要な場合もある。

1.2.2 ホース及び接続部不良

バンカリングホース及び接続部に破損や不具合等が発生した場合、速やかに供給停止、修理手配、代替ホースの使用等の対応が必要である。

1.2.3 ERS の故障

ERS の故障により、燃料漏洩や圧力異常が発生する可能性がある。代替方法を準備し、迅速な対応手順を策定する。

1.2.4 係留索障害

係留索の破断、絡まり、緩みなどが発生し、本船が予期しない動きをした場合、速やかに本船の位置を確認し、タグボートによる援助や別の係留方法を考案する。

1.2.5 通信障害

通信手段が遮断された場合のバックアッププラン（無線通信の確保や手旗信号など）を事前に用意する。

1.2.6 人的被害

事故や災害発生時には、負傷者の救助と応急処置を最優先する。

1.2.7 火災

迅速な消火活動と避難の手順を確立する。消火設備の配置場所や消火栓の位置をあらかじめ確認しておく。アンモニア漏洩時に消火活動を行う場合、漏洩を止める前に消火活動を始めると爆発や火災のリスクが高まるため、まず漏洩を

止めることが重要である。

1.2.8 ブラックアウト（電力喪失）

バンカリング作業中に電力が失われた場合の対応として、非常用発電機や手動操作によるバックアップ手順を整備する。

1.2.9 フェンダー（防舷物）破裂

フェンダーの破裂による本船への衝撃や漏洩が発生した場合の代替措置を考案する。

1.3. 緊急時対応における関係者の協力

緊急時の対応は、関係者が迅速に連携することが求められる。事前に役割分担を明確にし、緊急時の連絡体制や各自の責任を明確にしておくことが重要である。

1.4. 訓練と演習

緊急時手順が効果的に機能するためには、定期的な訓練や演習が不可欠である。訓練や演習を通して、関係者全員が素早くかつ的確に行動できるようになることが、事故や災害を最小限に抑える鍵となる。

APPENDIX-3 アンモニアバンカリング管理計画(ABMP¹⁷)

アンモニアを燃料として使用する際に、安全かつ効率的に取り扱うためのアンモニアバンカリング管理計画の要点について、以下に示す。

この計画は、手順書に基づいて作業を実施するための枠組みを提供し、バンカリング作業が適切に管理されるように設計されることが望ましい。また、関連当局の規制や業界慣行を遵守し、必要な安全対策を講じることを目的とする。

この計画は文書化され、定期的に見直し、規制や作業手順の変更に応じて適切に更新されるべきである。

(1) 目的

アンモニアバンカリングプロセスを安全、効率的に実施するための明確な目的と目標を定義する。アンモニアの適切な取扱い、安全管理、環境保護のための基本方針が含まれる。

(2) 安全ポリシー

事故や危険を防ぐための具体的な安全ポリシーを明確にし、関係者が遵守すべき規範を設定する。

(3) 設備・システムの互換性評価

アンモニアバンカリングシステムについて、アンモニア供給設備側とアンモニア燃料船側の設備が互換性を持つことを確保するために、使用する機器や技術が適切であるかを評価する。

(4) リスク評価と管理

アンモニアバンカリングの操作に関連するすべてのリスクを特定し、評価する。リスクを排除または軽減するための措置（例えば、緊急時の手順の策定等）を講じ、定期的なリスクレビューを実施する。

(5) 役割と責任の定義

バンカリングに際し、各段階における役割と責任を明確に定義する。これには、船長他船員、アンモニア供給設備関係者、操業チーム等、関係者全員が含まれる。

(6) コミュニケーション（通信手段と手順）

関係者間の明確なコミュニケーションを確保するために、2 つ以上の独立した通信チャネルの確保と、バンカリング中の情報共有方法を規定する。緊急時に迅速に対応できるよう、予備の通信手段も確保する。

(7) 変更の管理(MOC: Management of Change)

設備や手順、操作方法の変更時にどのように管理するかを定義する。変更が発生した際には、リスク評価を見直し、新しい状況に対応できるように計画を更新する。

(8) 緊急事態の対応

アンモニア漏洩、ホースや機器故障、通信障害、火災、停電など、予想される緊急事態に対する対応手順を規定する。

(9) 安全教育

アンモニアバンカリングに関わる全関係者は安全教育を受けた者とし、また船員はアンモニアバンカリングに関する教育訓練を受け、適切な資格を保持することが要求される。

¹⁷ Ammonia Bunkering Management Plan

(10) 操作、手順、およびチェックリスト（SIMOPS を含む場合）の文書化

バンカリングに際し、各段階における操作や手順の詳細を文書化し、チェックリストを作成する。SIMOPS（同時操業）が行われる場合には、互いに干渉しないようにするための特別な手順を設ける。

SIMOPS の一例)

- ・ 船用品の積み込み、取り扱い
- ・ 関係者と船員の乗下船
- ・ 危険物の積み下ろしおよびその他の物品(貯蔵品、食料品、廃棄物など)の管理
- ・ 化学製品およびその他の低引火点製品の取り扱い
- ・ アンモニアおよび潤滑油以外の燃料のバンカリング
- ・ 船舶設備やシステムの点検、メンテナンス、修理、検査等
- ・ 港湾設備及びターミナルでの荷役作業
- ・ 故障などの不測の事態発生時の対応

(11) 機器管理と保守

バンカリング設備、機器、配管などの取り扱いやメンテナンス方法を定め、機器の点検・整備が定期的に行われることを確認する。これには、アンモニア移送設備の検査、ボイルオフガス（BOG）管理システムの維持などが含まれる。

(12) 区域の特定

バンカリング活動においては、危険区域、管理区域、毒性区域などを適切に特定し、管理する必要がある。

(13) 予防措置（監視と制御）

バンカリング作業中の監視システムや制御システムを導入し、安全を確保するための警報システムを構築する。

(14) 緩和措置（以下）

- ・ 個人用保護具（PPE）：アンモニア曝露から身を守るために適切な PPE（防毒マスク、耐寒服など）の使用
- ・ 漏洩検知システム：アンモニア漏洩を早期に発見し、迅速に対応できるようにするための漏洩検知システムの導入
- ・ 水噴霧や緊急停止（ESD）システム、電氣的接地、アクセス制限も含まれ、安全な作業環境を提供するために不可欠な要素

参考文献

- 1) 海事局安全政策課（2024年12月9日）：国際海事機関(IMO)第109回海上安全委員会(MSC 109)の開催結果概要 ～アンモニア燃料船の安全基準が策定されました～
- 2) 海事局安全政策課・検査測度課（2024年9月26日）：国際海事機関(IMO)第10回貨物運送小委員会(CCC 10)の開催結果概要
- 3) MOL マリン&エンジニアリング株式会社（2024年10月21日）：「アンモニア燃料船への安全かつ円滑なバンキングの実施に向けた検討委員会」資料
- 4) CCC 10/WP.6 (September 2024)：アンモニア燃料船ガイドライン対訳表（仮訳）
- 5) 独立行政法人海事教育機構海技大学校 多田昇平准教授（2024年11月28日）：2024年度 第1回水素・アンモニア燃料船に乗り組む船員の能力の検討に関する専門委員会・受託研究途中報告
- 6) 独立行政法人海事教育機構海技大学校 多田昇平准教授：IGFコードの適用を受ける船舶向け基本訓練 テキスト
- 7) 萩原貴浩，一般財団法人海上災害センター常務理事：新エネルギー時代に向けた海上防災体制の構築について～正しく知って、正しく恐れて、相応な備えを整える～
- 8) 一般財団法人日本海洋科学（2024年3月）：アンモニア燃料船オペレーションガイドライン 調査報告書
- 9) 清野 龍，三菱造船(株)マリンエンジニアリングセンター環境技術部 FGSS グループ，日本船舶海洋工学会誌第114号（令和6年5月）：アンモニア燃料ハンドリングシステムの概要
- 10) ABS (June 2024)：AMMONIA BUNKERING – TECHNICAL AND OPERATIONAL ADVISORY
- 11) BV (September 2024)：NR671 AMMONIA-FUELLED SHIPS TENTATIVE RULES
- 12) CCC 10/WP.6 (September 2024)：AMENDMENTS TO THE IGF CODE AND DEVELOPMENT OF GUIDELINES FOR ALTERNATIVE FUELS AND RELATED TECHNOLOGIES - Report of the Working Group on Development of Technical Provisions for Safety of Ships using Alternative Fuels
- 13) DNV (December 2024)：DNV-RP-0699 Competence related to the use of ammonia as fuel
- 14) EMSA (24/06/2024)：SAFETY OF AMMONIA FOR USE IN SHIPS, Part1 - AMMONIA: PROPERTIES REGULATIONS AND ACCIDENTS REVIEW Rev.1.1
- 15) EMSA (26/09/2023)：POTENTIAL OF AMMONIA AS FUEL IN SHIPPING
- 16) EMSA (November 2024)：SYNTHETIC FUELS FOR SHIPPING
- 17) GCMD (August 2024)：Competency Framework for Safe Ammonia Bunkering Operations
- 18) GCMD (August 2024)：Recommendations for a Competency Framework Ensuring Safe Ammonia Bunkering Operations
- 19) GCMD (September 2023)：Safety and Operational Guidelines for Piloting Ammonia Bunkering in Singapore
- 20) IMO (2021)：Fourth IMO GHG Study 2020 – Executive Summary
- 21) LIGHTHOUSE /Swedish Maritime Competence Center (May 2024)：Safety of ammonia on board
- 22) LR (November 2024)：Considerations of training aspects for seafarers on ships powered by ammonia, methanol and hydrogen
- 23) LR, MMHCZCS (June 23, 2023)：Recommendations for Design and Operation of Ammonia-Fueled Vessels Based on Multi-disciplinary Risk Analysis report
- 24) LR, MMHCZCS (August 2023)：Human Factors Considerations: Ammonia Fuel End-of-Stage Report

- 25) MESD (October 2022): AMMONIA AS A MATINE FUEL – Bunkering, Safety and Release Simulations
- 26) MMMCZCS (Nov 19, 2024): Emerging Ship Design Principles for Ammonia-Fueled Vessels
- 27) MMMCZCS (Oct 22, 2024): Investigating maritime community perceptions of ammonia as a marine fuel
- 28) MTF (2022): PRELIMINARY DISCUSSION REPORT ON THE USE OF AMMONIA AS FUEL FOR SHIPS
- 29) MTF (April 2023): OPERATIONAL MANAGEMENT TO ACCELERATE SAFE MARITIME DECARBONISATION
- 30) Nautical Institute (November 2024): Training Standard for Handling Alternative Fuels in the Maritime Sector – Ammonia, methanol, and hydrogen Ver.1
- 31) RIGHTSHIP (May 2024): RightShip Inspection Ship Questionnaire (RISQ)
- 32) SGMF (September 2024): FP23-01-Ver1.0 AMMONIA AS A MARINE FUEL – SAFETY AND OPERATIONAL GUIDELINES - BUNKERING
- 33) SGMF (September 2024): FP25-01-Ver1.0 AMMONIA AS A MARINE FUEL - ACCIDENTAL RELEASE PREPAREDNESS AND RESPONSE
- 34) SIGTTO (2021): ESD Systems - Recommendations for Emergency Shutdown and Related Safety Systems (Second Edition 2021)

IMO MSC Circulars

- 35) MSC.1/Circ.1212/Rev.1 (26 June 2019): Revised Guidelines on Alternative Design and Arrangements for SOLAS Chapters II-1 and III
- 36) MSC.1/Circ.1394/Rev.2 (8 July 2019): Generic guidelines for developing IMO goal-based standards
- 37) MSC.1/Circ.1455 (24 June 2013): Guidelines for the Approval of Alternatives and Equivalentents as Provided for in Various IMO Instruments
- 38) MSC.1/Circ.1599/Rev.3 (1 July 2024): Draft Revised guidelines on the application of high manganese austenitic steel for cryogenic service
- 39) MSC.1/Circ.1622/Rev.1 (2 December 2020): Guidelines for the acceptance of alternative metallic materials for cryogenic service in ships carrying liquefied gases in bulk and ships using gases or other low-flashpoint fuels
- 40) MSC circular (Dec 2024): Draft Interim guidelines for the safety of ships using ammonia as fuel

NK 規則及び出版物

- 41) 一般財団法人日本海事協会（2024年8月）：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（第 3.0.2 版）
- 42) 一般財団法人日本海事協会（2024年6月）：鋼船規則検査要領 N 編 - 液化ガスばら積船
- 43) 一般財団法人日本海事協会（2024年6月）：鋼船規則 GF 編 - 低引火点燃料船
- 44) 一般財団法人日本海事協会技術部（30 Sep 2024）：CCC10 アンモニア燃料ガイドライン審議結果
- 45) 一般財団法人日本海事協会国際部（9 Dec 2024）：IMO MSC 109 審議速報
- 46) 一般財団法人日本海事協会技術研究所（December 2024）：ClassNK 技報 No.10 2024 年 (II) 特集記事：GHG 関連の最新動向と NK の取組み
- 47) 一般財団法人日本海事協会/株式会社 ClassNK コンサルティングサービス（2024年3月）：海事分野におけるカーボンニュートラル支援事業のための調査研究

謝辞

本紙の作成に当たり、多大なるご指導と貴重なご助言を賜りました多田先生をはじめ、関係各位に心より感謝申し上げます。

多田 昇平氏 海技大学校 准教授 / 独立行政法人海技教育機構



一般財団法人 日本海事協会
認証本部 認証・海技部

〒102-0094 東京都千代田区紀尾井町 4 番 7 号
Tel : 03-5226-2177
E-mail : met@classnk.or.jp

www.classnk.or.jp