

BANSIGHT

tm .™ Ax PÖ

&OPÀc^aNb d S <

[¿•ßTÁá â ¾ x Ù Ý .©™↔- Þlá^a« Ì þ%H u
€pa^xœ-, Û - ^ P 4 (X d á•ýHW Þ., Ä Ù7n§é Ê Ù . ñ Ì v

[¿•ß á€pa^xœ-, â u3Ðgwh«5ß <e þ Ò ô áDç,Ê Ú µ þ Û.±O‡ Þ u
TÁíá Ú&OPÀc^aNb Þ (F 9 Ì þ,Â À ¿'ä ü ý þ û' Þ u
N• Ò Ý ? J m (X d+‡; Þ ö Ý ý x x µ ý ñ Ì v

Q.™ áB m 9 ; m

8 BW F TP(@u[¿%ÄÌ F (X > \ mTÁá., Ä Þ & mD * K" Ì þ%íá P×N áe»s~xM\$ d
& \ 7 d ! &ø™Ú Ì v DRÑ%.ŽWÞý,, " ÷+‡Q«u 8 m0 K" Ì þ ÆÚ Ú ½<™È ñ M¶KdÉ uTÁ
,Ê áxöQ½é á, 'Ô Ûo-'Ô °Öô Ù . ñ Ì v

µ ü ¾Ë ô'. iÇ È ý Ù . Ò H ^) 9 ö urðl&l3 Ý+tQl%Äö u** %íá A m Ì þ=[Du2 mQ ¿
A×%l&" Ú & Nm9 Ê ñ Ì v §Oaxá <•,Éxí 7 • Ê Ùr%òj à Ù À Òo-3~Òþ<•zi 4ù Þ u
“Ox, Ýl •þ+‡Q÷ 8 m0 Þ•K&@Ä È ý Ò<•i« l3 Ý : A * K" Ì þ ÆÚ Ú u%o-<'Ñxœ
Û ü Ê u0↔- * Qm+ Þ'oZJÈ ñ Ì v

„ §Ou V•§<6-u•r „ l Ahu [¿%3»Ql AhÝ Ü á= `§[<Ä¾ü Ý þ 2 mQ ¿ ua a\$u [¿©™i,, u
F (X > \ mu] mdu&OPÀc^aNbu[¿%Ä m0 á.] ©Xl +‡Q«Ý Ü á+‡ Ü = `§[ns,
K" Ê ñ Ì v [¿©™ÄÚx•%Äô]w•ß1Au F (X > \ m d FZ áBç' l'o&i á È ô Ù Ì
þ." rJ H ^) 9 Þ§, Ê Ù u §g80¾üxÚ%½ Ð È Ù È ü Þ Ð á'] ñ Ü ½<™È ñ & Nm9 Ê ñ Ì v

^ d : du & & d H9 du (d Nm \ u CV m* 9 du ^ 4 7 \ 1 Q Þ %ÄÄ! Uv» Ù ½ý u
%íá %Ä H ^) 9 Þœ†n ¾x,-fí l3 Þ=[DuÈ ñ Ì v

脱炭素化に移行するための新たな燃料として現在最も普及しているのは、**液化天然ガス (LNG)** ですが、メタノールや水素などもゼロエミッション燃料候補として台頭しつつあります。将来的にどの燃料が本命になるかはまだ不透明で、この先の需要増に応えるためにさまざまな代替燃料が必要になる可能性もあります。

代替燃料を選ぶにあたっては、意思決定プロセスの一環として、リスクの確認・評価を入念に行うなどデューデリジェンスを実行する必要があります。また、リスク評価の際は、エンジンメーカーや燃料サプライヤー、船級協会、船体保険者、本船の旗国当局など、幅広い関係者に相談することが求められます。

主な検討事項:

1. エンジンへの適合性と影響

エンジンメーカーに相談し、導入を検討している代替燃料が本船のエンジンに適合できるか、エンジンの改造が必要になるかを確認してください。

2. 燃料の管理

代替燃料の取り扱いにはその他の燃料とは異なる作業上の危険が伴うおそれがあるため、船員に訓練をきちんと受けさせることが不可欠です。

3. 健康・安全・環境(HSE)

代替燃料は環境的には大きなメリットがあるかもしれませんが、代わりに安全上のリスクを高めるおそれがあります。そのため、導入の際にはHSEリスクの入念な評価も併せて実施し、燃料取扱時はこれを船内における安全対策の基盤としてください。

4. 品質

代替燃料について今はまだ国際規格が定まっていないため、適切な燃料を供給してもらえるよう、明確かつ詳細なスペックを船主が定める必要があります。

ブリタニヤのロスプリベンション部門はWaves Groupと合同で、バイオ燃料や液化天然ガス、メタノール、アンモニア、水素などの主な代替燃料の導入に関するアドバイスを提供しています。各代替燃料の導入を検討する際に重視すべき点は、保管、取り扱い、給油、安全性、緊急時対応の適切な方法です。

本ガイダンスでは、無水アンモニア（以下、「アンモニア」）について取り上げます。無水とは、含まれる水分がごくわずか、もしくはゼロということです。アンモニアは、燃焼時に二酸化炭素が発生しない（パイロット燃料使用時を除く）という大きなメリットがあり、より環境に優しい海運へ移行するための有力な選択肢とされています。また、供給量が豊富で、製造インフラも既に整っているため、大規模な導入にも適しています。とはいえ、課題がないわけではありません。アンモニアは毒性が強いため、健康・安全上のリスクが大きいほか、製造過程で多くのエネルギーを要するため、環境に配慮して管理しなければ、せっかくのメリットが帳消しになってしまうおそれもあります。また、腐食性があり、保管に関してさまざまな要件が決められていることから、船舶の設計や基本構造面で課題が生じる可能性もあるでしょう。

燃料としてのアンモニアには、給油、保管、船内取り扱いに関する具体的な方法を記載した「ガスまたは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」(IGFコード)が法律上の要件として適用されます。また、現在、輸送貨物としてのアンモニアを燃料として使用できるようにするため、「液化ガスのばら積み輸送のための船舶の構造および設備に関する国際規則」(IGCコード)の改正が進められています。

保管

アンモニア燃料船に搭載する燃料タンクは、通常、タイプA（非加圧型）またはタイプC（加圧型）のいずれかになります。

タイプAを使用する場合は、ボイルオフガス（BOG）を封入し、液体にして貯蔵タンクに戻すために、再液化装置を船舶に取り付ける必要があります。アンモニアの沸点は、大気圧下で -33°C です。BOGは、主機や補機、ボイラーを使って処理することもできます。船舶が航行していない間もBOGの処理は必要です。そのため、補機やボイラーだけを使用しているときに発生が見込まれるBOGも処理できる設計しておかなければなりません。

タイプCタンクは圧力容器の構造をしており、設計圧力は18barにも上ります。これは、 45°C の状態でのアンモニアの飽和蒸気圧に相当します。

いずれのタイプのタンクも、アンモニア用に -33°C の低温に耐えられる素材であることが求められます。貯蔵タンクの清浄とベントができる体制を整えておく必要もあります。貯蔵タンクは、液体アンモニアを中に送り込む前に不活性化しておかなければなりません。タンクの設置場所は慎重に選ぶ必要があります。タイプCの場合は、開放甲板上に設置できます。また、タイプCのような独立型タンクであれば、タンクコネクションスペース（TCS）に設置し、承認されたフレキシブルホースを介してそこから本船の配管につながることもできます。

アンモニアはエネルギー密度が従来燃料の半分以下のため、従来燃料と同じ航続距離を走るには、より容量の大きな燃料タンクが当然必要になります。

給油

アンモニア燃料船はIGFコードの適用対象です。そのため、アンモニアを給油（バンカリング）する際は厳しい規制を受けることとなります。バンカリング中に発生するBOGの管理には、サプライヤーにBOGを戻すべく、ホース継手（蒸気戻し管）がもうひとつ必要になることがあります。

アンモニアは毒性が高いことから、バンカリングホースの付け外しを行う作業者は、個人用防護具（PPE）を正しく着用する必要があります。他にも、以下の点について考慮しなければなりません。

1. バンカリング作業ごとに個別に計画を立て、バンカーサプライヤーと密に連携する。計画には以下を含める。
 - a. 合同リスク評価の実施
 - b. 適合性評価の実施
 - c. 作業の合同計画の策定
 - d. 同時作業（SIMOPs）に関する個別の計画立案とリスク評価
 - e. 連絡方法の確認
2. 本船に緊急停止装置（ESD）を設置し、バンカリング作業中は供給元のESDと接続する。
3. バンカリングホースを接続したら、アンモニアを流す前にESDをテストする。
4. 異物が混入しないよう、供給元にフィルター/ストレーナーを取り付ける。
5. バンカリングを始める前にバンカーホースと燃料管を窒素で清浄し、アンモニアの濃度が爆発下限界（LEL）を下回るようにする。
6. アンモニアを流す前に窒素を使ってマニホールドの接続部の圧力テストを行い、漏洩がないか確認する。
7. 最大移送速度をサプライヤーと取り決めておく。
8. タンクの圧力逃がし弁の容量を踏まえ、燃料タンクの液位と圧力を常時監視する。
9. バンカリングが終了したら、バンカーホースを外す前にホースと燃料管の中身を排出して清浄する。
10. 連結部が切り離されないよう、バンカリング作業中は本船の係船索の状態を常に監視する。
11. 本船と供給元が動いて連結部が切り離された場合に備えて、アンモニアの移送を停止してバンカーホースを安全に切り離せるよう、ドライブレイクアウェイカップリングまたは自己密封機構を有する急速切り離し機能を備えたカップリングを使用する。
12. 毒性のあるアンモニアが流れ込んでこないよう、居住区では陽圧を常に保つ。



また、バンカリングステーションには以下のものを設置する必要があります。

- a. バンカリング接続部の一時的な自動遮断など、マニホールド弁で漏洩が起こりうる箇所すべてを自動的に遮断する適切な装置。
- b. 供給弁を自動で遮断する漏洩検知装置。
- c. 水噴霧装置。バンカリングステーション内の有毒蒸気を減らすため、マニホールド弁の上方に取り付ける。
- d. バンカリングステーションが閉鎖空間である場合は、適切な通風・ガス検知装置。
- e. 漏洩したアンモニア水が船外に流れ出ないように回収するためのドリフトレイ。バンカリング接続部の下に設置する。

取り扱い

作業者が立ち入る場所に有毒蒸気が流れ込んで暴露しないよう、アンモニア燃料配管は二重管にする必要があります。ただし、タンクコネクションスペースや燃料調整室などの区域には適切な通風装置やガス検知装置が設置されているため、二重管は必要ないでしょう。二重管の間隙には、船外の安全な場所に自動で排出できる装置（一般的にはベントマスト）を取り付けてください。機関室の配管は二重管にする必要があります。燃料配管や内管の素材を選ぶ際は、腐食や低温に確実に耐えられるものを選ばなければなりません。燃焼装置からアンモニアが無駄に放出されないよう、装置は最低運転圧力を18barとして設計する必要があります。これは、45°Cの状態でのアンモニアの飽和蒸気圧に相当します。45°Cというのは、燃焼装置内にあるすべての機械の使用温度範囲の上限として国際船級協会連合が定めた温度で、どの機械もこの温度で使用できるように設計されていなければなりません。

アンモニア装置が設置されている空間に作業者が滞在する時間をできる限り短くするべく、あらゆる取り組みが求められ、このような空間への立入は厳しく管理する必要があります。

燃焼装置を設計する際は、作業者が中に入ってメンテナンスできるよう、すべての部品を清浄し、確認し、切り離せる機能を考慮しなければなりません。

内燃機関でアンモニアを燃やすと、温室効果が非常に高い亜酸化窒素（ N_2O ）など、 NO_x が生成される可能性があります。 NO_x の問題は、選択触媒還元技術によって対処可能です。しかし、アンモニアを実用可能なゼロエミッション燃料にするためには、エンジンメーカーが N_2O に関する解決策を見つける必要があります。

安全性

アンモニアの安全性で最も問題となるのは毒性がある点です。アンモニアは毒物であるため、人間の暴露量は法律で厳しく規定されています。労働安全衛生庁は暴露量を25～50ppmと定めています。この濃度は臭いですぐに分かるレベルで、300ppmを超えると命の危険もあります。また、アンモニアは吸湿性があるため、人体をはじめ最も近くにある水分源から水分を吸収しようとします。目や肺や肌はもともと水分を含んでいるため、特に危険です。さらに、アンモニアは体の組織に溶け込むと激しいやけどを引き起こします。液状では沸点が低いことも注意すべき点です。肌に触れるとやけどをしてしまいます。

作業者が暴露した場合に備えて、緊急用シャワーと洗眼器を用意しておく必要があります。

安全上の観点から、緊急時はアンモニアを船上に保持しておくよりも、大気や海洋へ放出することが望ましいです。しかし、アンモニアは水生生物にとっても有毒物質と分類されているため、海洋への放出は環境に悪影響を与えることとなります。そのため、アンモニア水をためておくためのドリフトレイや別の貯蔵タンクが必要になると思われます。

アンモニアの空気中での燃焼範囲は15～28%のため、大気中では燃えにくく、基本的には火元が他にないと燃焼は継続しません。アンモニアは閉鎖空間では爆発リスクがあるとされており、油が混ざると蒸気の可燃性が高まるため注意が必要です。開放甲板上是危険場所に指定する必要はありませんが、閉鎖空間にある電気機器については、ゾーン1での使用認証を受けたものを使用する必要があります。



緊急時対応

アンモニアガスは不燃性ですが、空気と混ざったときに一定の濃度で発火すると、爆発するおそれがあります。アンモニアガスの発火には強力なエネルギー源が必要です。

アンモニア火災の消火にはさまざまな方法があります。液体アンモニアは温度が低いため、プールに水を直接噴射すると蒸発速度が速まり、より危険な状態になるおそれがあります。小規模の火災であれば、粉末消火剤や二酸化炭素の使用を推奨します。大規模火災の場合は、水の噴射や噴霧、もしくは適切な泡消火剤の使用が適しています。

緊急時対応の計画を立てる際は、以下のシナリオを考慮する必要があります。

火災

閉鎖空間での燃料漏洩

大量漏洩による人体への暴露リスク
(蒸気が発生した場合は発火源を換気・隔離する)

救急 (燃料の毒性を吸入摂取、経口摂取、経皮摂取したことによる偶発的な暴露)

また、特に一刻を争うような緊急時においては、このような漏洩事故の処理に関する知識・経験が豊富な専門人材を知っておくことが極めて重要です。

詳細

代替燃料のリスクに関するその他の検討事項については、**脱炭素化ガイドンス** (英文のみ) をご覧ください。

ご不明な点がございましたら、**ロスプリベンション部門**までお気軽にお問い合わせください。

免責事項

本レポートは、THE BRITANNIA STEAM SHIP INSURANCE ASSOCIATION EUROPE (クラブ) が発行したものです。執筆時点での情報の正確性には万全を期していますが、これらの情報の完全性または正確性についてはいかなる責任も負いません。本レポートの内容は法的助言ではないため、個別の問題に関して具体的な助言が必要な場合は、必ずクラブにご連絡ください。

(翻訳) ブリタニヤ・ヨーロッパ日本支店
こちらは英文の日本語訳です。日本語訳と英文の間に齟齬がある場合は英文の内容を優先くださるようお願い申し上げます。

