

PS-13 アンモニア燃料船の危険性の同定

環境・動力系 *新田 好古、仁木 洋一
 海洋リスク評価系 工藤 潤一、木村 新太
 国際連携センター 太田 進

1. はじめに

国際海運のゼロエミッション実現に向け、アンモニア燃料船の実現への期待が高まっている。一方で、アンモニア燃料船は、通常の船舶とは異なり、アンモニアの毒性に由来する危険が懸念されることから、アンモニア燃料船のハザードを特定し、安全対策を講じる必要がある。本報では、国際海運のゼロエミッション実現に向けたロードマップにおいて掲げられたアンモニア燃料船のモデル船に対して、SWIFT手法 (Structured What-IF Technique) を用いて定性的なリスク分析手法の一つである HAZID (HAZard IDentification) を行い、アンモニア燃料船の危険性を同定した結果を報告する。

2. 解析の対象及び方法

ここでは、本調査で解析対象とする船舶及びシステム、解析方法を示す。ハザードの特定は、(一財)日本船舶技術研究協会代替燃料WGの協力を得て、会議形式のHAZIDにより実施した。

2.1 解析対象船舶

国際海運のゼロエミッション実現に向けたロードマップにおいて、ゼロエミッション船のコンセプトとして掲げられたアンモニア燃料船を解析対象船舶とした。当該船舶は81000 DWTクラスのバルクキャリアーであり、日本～豪州航路が想定されている。当該船舶には、居住区船尾側にアンモニア燃料タンクが、開放甲板上にタンクコネクションスペースが配置されている。燃料タンクは、アンモニアの単位質量あたりの発熱量が重油 (HFO) の約44%と低いこと、独立型で防熱構造が必要になることから、既存のHFOタンクに比べて約2-3倍の容積が必要となることを考慮して、円筒横型の独立型タンクタイプCが設定されている。

の独立型タンクタイプCが設定されている。

当該船舶の機関の主要な設計は、ガス状燃料の使用を考慮し、国際ガス燃料船安全コードの要件に準拠したものが想定された。アンモニアは従来の船用燃料と比べ燃焼性が低いため、着火を安定させるためのパイロット燃料噴射が必要である。このため、主機関は、メタノールや液化石油ガスの液体燃料の噴射において実績のある機構を有するデュアルフューエル機関が想定され、その連続最大出力及び回転速度は9660 kW, 89.0 min⁻¹が想定された。また、当該主機の設計として、アンモニアの供給圧力は7MPaとされ、窒素酸化物排出の3次規制への対応及び燃料油単独でも機関出力を維持可能な機関が想定された。

本報では、対象フェーズに、航行中におけるデュアルフューエルモードを想定した。また、バンカリングや燃料タンク等のバージ/ガスフリーについては、現状オペレーションに関する情報が不足しているため、解析対象外とした。

2.2 対象システム

図-1は、解析対象のアンモニア燃料船の系統図及び構成するシステム並びに機器を示している。これらは、同ロードマップのアンモニア燃料船の燃料系統図を基に、燃料タンクと関連機器及び機関の排気系統を追加したものである。なお、HAZIDを行うにあたり、冗長性を確保するため複数配置される機器等は、一部集約または削除し解析を簡単化した。また、各機器を接続する配管及び一部の機器に設置されたベント管については、各システムごとに集約して検討を行った。なお、従来の燃料油を使用する貨物船と同様とされるシステムやフェーズには、既存の対策がなされるものと考え、解析対象外とした。

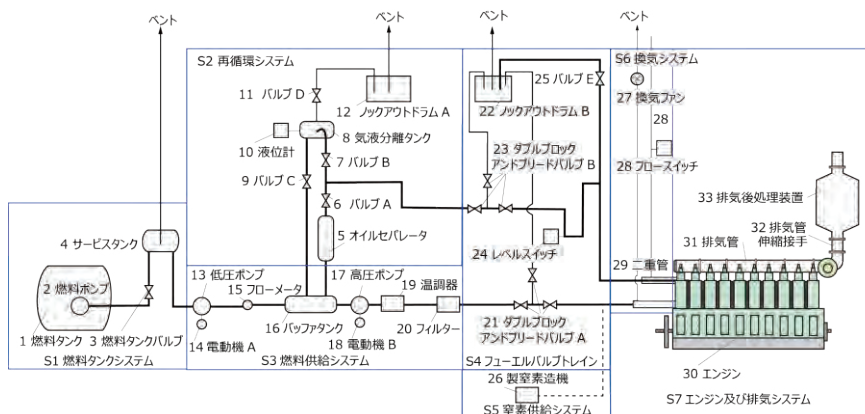


図-1 アンモニア燃料船の燃料の系統図及び構成するシステム並びに機器

2.3 解析方法

本解析では、概念設計段階においても適用可能なハザード同定手法のひとつである SWIFT 手法を用いた。抽出されたハザードは、頻度と深刻度に基づくリスク指標を用いて重要度を評価した。表 1、表 2 及び表 3 に解析で使用した深刻度の指標 (SI)、頻度指標 (FI) 及びリスク指標 (RI) をそれぞれ示す。これらは、海事、石油及びガス産業の事故データ統計を用いて行った水素運搬船の HAZID³⁾で使用された指標を参考に設定した。

表 1 深刻度指標

SI	深刻度	定義		死者数換算
		人への影響	船への影響	
3	深刻な	単一の死亡者または複数の重傷者	重大な損傷でドックでの修繕を要する (1 週間以内)	1
2	大きい	単一の重傷者または複数の負傷者	軽微な損傷で港内での修繕を要する (1 日)	0.1
1	小さい	単一の負傷者または複数の軽傷者	局所的な損傷で船上での修繕可能	0.01

表 2 頻度指標

FI	頻度	定義	1 隻年あたり
3	しばしば	1 隻において、年 1 回以上発生	1
2	時々	10 隻において、年 1 回以上発生	10 ⁻¹
1	滅多にない	100 隻において、年 1 回以上発生	10 ⁻²

表 3 リスク指標

リスク指標 (RI=SI+FI)		深刻度指標 (SI)			
		1 小さい	2 大きい	3 深刻	
頻度指標 (FI)	3	しばしば	4	5	6
	2	時々	3	4	5
	1	滅多にない	2	3	4

本解析では、アンモニアの毒性及び臭気に関する影響は、人への影響として、負傷及び死亡者数を SI の検討に考慮した。一方で、環境に与える影響及び腐食性に関しては詳細な指標及び情報がないため、現時点では解析対象外とした。

3. 解析結果

本報では、主な HAZID 結果として、RI が最も高い 5 として抽出されたハザードを表 4 にまとめる。詳細は既報²⁾を参照されたい。

表 4 リスクの高いハザード及び機器

システム	ハザード	機器
S1: 燃料タンクシステム	アンモニア漏洩	3 燃料タンクバルブ, 4 サービスタンク, 配管
S2: 再循環システム	アンモニア漏洩	5 オイルセパレータ, 6 バルブ A, 7 バルブ B, 8 気液分離タンク, 9 バルブ C, 10 バルブ D, 12 ノックアウトドラム A, 配管
S3: 燃料供給システム	アンモニア漏洩	13 低圧ポンプ, 15 フローメータ, 16 バッファタンク, 17 高圧ポンプ, 配管
	機能喪失	20 フィルター
S4: フェューエルバルブトレインシステム	アンモニア漏洩	21 ダブルブロックアンドブリードバルブ A, 23 ダブルブロックアンドブリードバルブ B, 25 バルブ E, 配管

7. まとめ

アンモニアを燃料として使用した船舶のリスクについて、HAZID 解析を実施し、ハザードを特定した。その結果、S1: 燃料タンクシステム、S2: 再循環システム、S3: 燃料供給システム、S4: フェューエルバルブトレイン内の「アンモニア漏洩」及び S3: 燃料供給システム内のフィルターの「機能喪失」におけるハザードの RI が最も高かった。したがって、これらのシステムを格納した部屋または区画における詳細なオペレーションを構築する際には、本報で抽出されたハザードへの安全対策を講じる必要がある。

謝辞

本研究は、日本財団の助成を受けた一般財団法人日本船舶技術研究協会のガス燃料船・新液化ガス運搬船基準の策定に関する調査研究 (ガス燃料船・新液化ガス運搬船基準プロジェクト) アンモニア燃料船の安全要件策定に向けた簡易 HAZID に関する請負研究により実施しました。

参考文献

- 1) 般財団法人 日本船舶研究協会, 2020, “国際海運のゼロエミッション実現に向けたロードマップ”
- 2) IMO document MSC 104/15/10, 2021, "Work Programme - Hazard Identification of ships using ammonia as fuel" submitted by Japan.
- 3) CCC 3/INF.20, 2016, "Risk assessment of liquefied hydrogen carriers", submitted by Japan.