

# 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5回 検討委員会資料

製造事業者及び海上防災機関等への  
ヒアリング結果

令和7年1月16日

MOL マリン&エンジニアリング株式会社

## 目 次

1. 個人保護装具の製造事業者へのヒアリング.....	1
1.1 保護装具の選定について.....	1
1.2 保護具の着用方法について.....	8
2. 個人保護装具の海上防災機関へのヒアリング.....	14
2.1 保護装具の分類について.....	14
2.2 保護具の選定について.....	17
2.3 使用にあたっての注意点について.....	18
3. ガス検知器に関する製造事業者へのヒアリング.....	19
3.1 ガス検知器の種類について.....	19
3.2 ガス検知器の選定について.....	23
4. アンモニア濃度の分析・漏洩検知技術開発に関する開発事業者へのヒアリング.....	25
4.1 アンモニアの高感度ガス計測について.....	26
4.2 アンモニアの微量漏洩検知技術について.....	27

## 1. 個人保護装具の製造事業者へのヒアリング

防じん・防毒マスク等の呼吸用保護具を中心に化学防護服等の個人用保護装具を製造・販売をしている株式会社重松製作所に協力を依頼し、各ゾーンに適した個人保護具の選定方法及び着用手順について確認した。

### 1.1 保護装具の選定について

以下に示す保護装具の選定方法について確認した。

- (1) 呼吸の保護装具について
- (2) 眼の保護装具について
- (3) 防護服について
- (4) 防護手袋について
- (5) 濃度に応じた個人保護装具

#### 1.1.1 呼吸の保護具について

適切な呼吸の保護具を選定するにあたり参考とする条件について確認し、下記の回答を得た。

##### 【回答】

要求防護係数を下記式から算出し、その値を上回る指定防護係数を有する有効な呼吸用保護具を選定する。

$$\text{要求防護係数} = \text{測定の結果得られた有毒物質の濃度} / \text{有害物質の曝露限界濃度}$$

ここで、「有害物質の曝露限界濃度」は厚生労働省が公表している安全データシートの許容濃度25ppm（TLV-TWA（Time-Weighted Average、1日8時間、1週40時間の時間加重平均濃度））とする。「測定の結果得られた有毒物質の濃度」については、各濃度の閾値を入力することで、有効な保護装具を選定するための係数が得られる。

各濃度に応じた要求防護係数

区域の整理(アンモニアガス濃度)	要求防護係数
25ppm 未満	1
25ppm 以上 220ppm 未満	8.8
220ppm 以上 2700ppm 未満	108
2700ppm 以上	108以上

ヒアリング後に指定防護係数について調査したところ、日本産業規格（JIS）において呼吸用保護具の面体等の種類ごとに定められていた。指定防護係数を表1.1.1 -1に

示す。

防毒マスクは表内「ろ過式」に該当し、指定防護係数に幅がある。指定防護係数の最大値を取る場合、防毒マスク（動力なし・半面形面体）であれば指定防護係数は10（表内は3～10）となり、25ppm以上220ppm未満のガス濃度では有効な呼吸保護具となる。一方、それ以上の濃度では不十分であるため、それ以上の指定防護係数を持つ呼吸用保護具の具備が必要となる。既存の船上設備であること、108以上の指定防護係数を持つことの2点から指定式防護係数が5,000である自給式呼吸器（開放式・圧縮空気形プレッシャデマンド形・全面形面体）が選定される。

表1.1.1-1 呼吸用保護具の面体等の種類ごとの指定防護係数

呼吸用保護具の種類			面体等の種類	指定防護係数(11)		
給気式	送気マスク	ホースマスク	肺力吸引形	半面形	10	
				全面形	50	
		送風機形		半面形	50	
				全面形	100	
				フード形	25	
				フェイスシールド形	25	
		エアラインマスク	一定流量形		半面形	50
					全面形	100
					フード形	25
					フェイスシールド形	25
			デマンド形		半面形	10
					全面形	50
	プレッシャデマンド形			半面形	50	
				全面形	1 000	
	デマンド形 (緊急時給気切替警報装置付き)			半面形	10	
				全面形	50	
	プレッシャデマンド形 (緊急時給気切替警報装置付き)		半面形	50		
			全面形	1 000		
	複合式	デマンド形	半面形	10		
			全面形	50		
		プレッシャデマンド形	半面形	50		
			全面形	1 000		
	自給式呼吸器	開放式	圧縮空気形	デマンド形	半面形	10
				全面形	50	
プレッシャデマンド形			半面形	50		
			全面形	5 000		
循環式		圧縮酸素形	陰圧形	半面形	10	
			全面形	50		
		陽圧形	半面形	50		
			全面形	5 000		
酸素発生形			半面形	10		
			全面形	50		
ろ過式 (12)		動力なし		半面形	3~10	
				全面形	4~50	
	半面形			4~50		
	全面形			4~100		
	フード形			4~25		
	動力付き		フェイスシールド形	4~25		

注(11) 呼吸用保護具が正常に機能している場合に、期待される最低の防護係数。

(12) ろ過式の防護係数は、面体等の漏れ率 [Lm (%) ] 及びフィルタの透過率 [Lf (%) ] から、 $100 / (Lm + Lf)$  に よって算出。

備考1. 給気・ろ過両用式は、その使用状態の機能によって防護係数を割り当てなければならない。

2. 半開放式(避難脱出用)及び半閉鎖循環式は、製造業者のカatalogなどを参考とする。

出典：日本産業規格「JIST8150:2006 呼吸用保護具の選択、使用及び保守管理方法」

### 1.1.2 眼の保護装具について

適切な眼の保護装具を選定するにあたり参考とする条件について確認し、下記の回答を得た。

#### 【回答】

高濃度のアンモニアガスとの接触の可能性があるのであれば、換気口がないものが望ましい。矯正用のメガネをかけている場合は、それに適した保護めがねを選定する必要がある。

防毒マスクが全面体の場合は、眼も保護される。

### 1.1.3 防護服について

適切な防護服を選定するにあたり参考とする条件について確認し、下記の回答を得た。

#### 【回答】

防護服に関する日本産業規格（JIS）は「JIS T8115:2015 化学防護服」が挙げられる。当該規格では、化学防護服は6種類に分類される。

#### ① 気密服（タイプ1）：

手、足及び頭部を含め全身を防護する服で、服内部を気密に保つ構造の全身化学防護服とし、下記に示す3タイプがある。

気密服の種類

化学防護服の種類	名称	分類の基準
タイプ1a	自給式呼吸器内装形気密服	自給式呼吸器を服内に装着する気密服
タイプ1b	自給式呼吸器外装形気密服	自給式呼吸器を服外に装着する気密服
タイプ1c	送気形気密服	服外から呼吸用空気を取り入れる構造の気密服

#### ② 陽圧服（タイプ2）：

手、足及び頭部を含め全身を防護する服で、外部から服内部を陽圧に保つ呼吸用空気を取り入れる構造の非気密形全身化学防護服

#### ③ 液体防護用密閉服（タイプ3）：

液体化学物質から着用者を防護するための構造の全身化学防護服

#### ④ スプレー防護用密閉服（タイプ4）

スプレー状液体化学物質から着用者を防護するための構造の全身化学防護服

⑤ 浮遊固体粉じん防護用密閉服（タイプ5）：  
浮遊固体粉じんから着用者を防護するための構造の全身化学防護服

⑥ ミスト防護用密閉服（タイプ6）  
ミスト状液体化学物質から着用者を防護するための構造の全身化学防護服

タイプ1～4の防護服は耐透過性が求められている。耐透過性は当該規則において下記に示すように6クラスに分類される。8時間以上液体アンモニアとの接触の恐れがある場合はクラス6の防護服が有効となる。

累積透過時間に基づく破過時間による耐透過性の分類

クラス	累積透過質量150 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ に達するまでの平均時間
6	480分を超え
5	240分を超え480分以下
4	120分を超え240以下
3	60分を超え120分以下
2	30分を超え60分以下
1	10分を超え30分以下

### 1.1.4 防護手袋について

適切な防護手袋を選定するにあたり参考とする条件について確認し、下記の回答を得た。

#### 【回答】

作業分類と作業時間を考慮し、選定する必要がある。接触とは液体アンモニアとの接触を想定する。なお、防護服が手の部分を覆うものについては、別途防護手袋を着用する必要はない。

作業分類1	作業分類2	作業分類3
<p><b>接触が大きい作業※1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●手を浸漬するなどで手や腕全体が化学物質に触れる作業やウエスで拭きとる等で手のひら全体が化学物質に触れる作業等、化学物質に触れる面積が大きい作業。</li> <li>●何らかの異常や意図しない事象が起きたときに、手が浸漬するなど、大きな面積が化学物質に触れてしまうおそれが高い作業。</li> </ul> <p>接触面積のみでの判断が難しい場合等、状況によっては作業頻度や使用量、化学物質の濃度が<b>大きい</b>こと等を考慮します。</p>	<p><b>接触が限られている作業※1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●指先に化学物質に触れる作業や飛沫により液滴が手に触れる作業等、手の一部が化学物質に触れる作業。</li> <li>●何らかの異常や意図しない事象が起きたときに、手の一部が化学物質に触れてしまうおそれが高い作業。</li> </ul> <p>接触面積のみでの判断が難しい場合等、状況によっては作業頻度や使用量、化学物質の濃度が<b>小さい</b>こと等を考慮します。</p>	<p><b>接触しないと想定される作業※2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●化学物質を取扱うが、化学物質に触れることは通常想定されない作業。</li> <li>●何らかの異常や意図しない事象が発生した際に、飛沫等がかかるとおそれがある作業。</li> </ul> <p>化学物質に触れた際はその時間を起点に、取扱説明書に記載の使用可能時間以内に速やかに手袋を交換します。</p>

※1 異常時や事故時において化学物質に触れ、重大な健康影響を及ぼすおそれがある場合には、化学物質の有害性を踏まえて、接触するシナリオに応じた保護手袋、保護衣等を選定の上、着用します。  
 ※2 密閉化や自動化された作業等、化学物質に接触することが全く想定されない作業については、必要に応じて手袋を着用します。

		作業時間を選択		
		60分以下	60分超240分以下	240分超
STEP2 で確認した作業分類	作業分類1 接触が大きい作業		耐透過性能が60分を超える手袋から選択	耐透過性能が240分を超える手袋から選択
	作業分類2 接触が限られている作業		耐透過性能が10分を超える手袋から選択	耐透過性能が60分を超える手袋から選択
	作業分類3 接触しないと想定される作業			

(出典：(株)重松製作所 総合カタログ2025年版)

図 作業分類・作業時間の分類

### 1.1.5 濃度に応じた個人保護具の一例について

第4回検討会で示した各ゾーンに対応する各濃度の想定個人保護具について、選定条件を踏まえて整理したものを表1.1.5-1に示す。

アンモニアガス濃度25ppm以上220ppmに対応する個人保護具の選定では、呼吸の保護具は防毒マスク（動力なし・半面形面体または全面形面体）、眼の保護具は保護めがね、防護手袋は化学防護手袋が想定される。防毒マスクが全面形面体の場合は、保護めがねは不要である。

アンモニアガス濃度220ppm以上2,700ppm未満に対応する個人保護具の選定では、呼吸の保護具は自蔵式呼吸具、眼の保護具は保護めがね、防護服は液体防護用密閉服（タイプ3）、防護手袋は化学防護手袋が想定される。

アンモニアガス濃度2,700ppm以上に対応する個人保護具の選定については、呼吸の保護具は自蔵式呼吸具、眼の保護具・防護服・防護手袋は気密服（タイプ1）が想定される。

表1.1.5-1 個人保護具の一例

区域の整理 (アンモニアガス濃度)	ヒアリング結果から想定される個人保護具の例
25ppm 未満	呼吸の保護具:不要 眼の保護具:保護めがねを装備 (防毒マスクが全面形面体の場合は不要) 防護服:不要(作業服) 防護手袋:作業手袋
25ppm 以上 220ppm 未満	呼吸の保護具:防毒マスク 眼の保護具:保護めがね (防毒マスクが全面形面体の場合は不要) 防護服:耐薬品性保護服 防護手袋:化学防護手袋
220ppm 以上 2700ppm 未満	呼吸・眼の保護具:自蔵式呼吸具 防護服:液体防護用密閉服(タイプ3) 防護手袋:化学防護手袋
2700ppm 以上	呼吸の保護具:自蔵式呼吸具 眼の保護具、防護服、防護手袋:気密服(タイプ1)

## 1.2 保護具の着用方法について

### 1.2.1 25ppm以上220ppm未満にて想定される個人保護具の着用方法

防毒マスク（半面形面体・全面形面体）、保護めがね、化学防護手袋の脱着方法について確認した。なお、防毒マスクが全面形面体の場合、保護めがねは不要である。

#### 【回答】

防毒マスク（半面形面体）、保護めがね、化学防護手袋を着用する手順を以下に示す。  
所用時間は90秒程度であった。

#### ① 防毒マスク

吸収缶を取り付ける。

防毒マスクの頭部ハーネスを頭に当てる。

マスク部分を口に当てて、口横のベルトを締め、次に頭部のベルトを締める。

バックルを掛ける。

漏れ込みがないか確認する。

#### ② 保護めがね

前髪をかみこまないようにめがねを顔に当てる。

ベルトを調整する。

#### ③ 化学防護手袋

手袋の袖口が作業服の上にくるように装着する。



防毒マスク（半面形面体）・保護めがね・化学防護手袋の着用例



防毒マスク（全面形面体）の着用例

防毒マスク（半面形面体）、保護めがね、化学防護手袋を脱装する手順を以下に示す。

- ① 防毒マスク  
外側は汚染している可能性があるため、なるべく触らないようにして外す。
- ② 防毒マスク  
バックルを外し、ベルトを緩める。  
外側は汚染している可能性があるため、なるべく触らないようにして外す。
- ③ 化学防護手袋  
外側は汚染している可能性があるため、皮膚に直接触れないようにする。  
手袋の内側が表になるよう静かに外す。

### 1. 2. 2 220ppm以上2700ppm未満にて想定される個人保護具の着用方法

自蔵式呼吸具、化学防護手袋、液体防護用密閉服の脱着方法について確認した。  
自蔵式呼吸具が半面形面体の場合、保護めがねが必要となる。

#### 【回答】

自蔵式呼吸具、化学防護手袋、液体防護用密閉服を着用する手順を以下に示す。所用時間は7分程度であった。

#### ① 液体防護用密閉服

両足、両腕を通し、ファスナーを首の下あたりまで閉める。

長靴をはき、防護服で長靴を覆うように調整する。

#### ② 自蔵式呼吸具

矯正用メガネ・ヘルメットを外す。

左肩→右肩の順にボンベを背負い、ショルダーベルト・胸バンド・腰バンドを調整する。

陽圧レバー、バイパス弁の位置を確認し、そく止弁を開ける。

マスクを顎から順番に着けて、前髪をかみこまないようにマスクを顔に当てる。

顔の下側のバンドから順番に締め込み、均一にする。

面体の気密を確認する。

#### ③ 液体防護用密閉服

自給式呼吸器のマスクの淵が防護服に覆われるようにフードを被り、チャックを完全に閉め、皮膚が隠れていることを確認する。

ヘルメットを着用する。

#### ④ 化学防護手袋

装着し、手袋の袖口が防護服に覆われるように調整する。



自蔵式呼吸具、化学防護手袋、液体防護用密閉服の着用例

自蔵式呼吸具、化学防護手袋、液体防護用密閉服を脱装する手順を以下に示す。

① 液体防護用密閉服

フードを外して、首の下あたりまでファスナーを開ける。

② 自蔵式呼吸具

バンドを緩めて、陽圧が設定されている場合は解除し、そく止弁を閉める。

ベルトを緩めてポンペを下す。

③ 液体防護用密閉服

ファスナーを下まで下げて腕を抜き、長靴を一緒に足を防護服から抜く。

外側は汚染している可能性があるため、なるべく触らないようにして外す。

④ 化学防護手袋

外側は汚染している可能性があるため、皮膚に直接触れないようにする。

手袋の内側が表になるよう静かに外す。

### 1. 2. 3 2700ppm以上で想定される個人保護具の着用方法

自蔵式呼吸具、気密服の脱着方法について確認した。

#### 【回答】

自蔵式呼吸具、気密服（タイプ1aの自蔵式呼吸具を服内に装着する気密服）を着用する手順を以下に示す。所用時間は8分程度であった。

#### ① 自蔵式呼吸具

矯正用メガネ・ヘルメットを外す。

左肩→右肩の順にボンベを背負い、ショルダーベルト・胸バンド・腰バンドを調整する。

陽圧レバー、バイパス弁の位置を確認し、そく止弁を開ける。

マスクを顎から順番に着けて、前髪をかみこまないようにマスクを顔に当てる。

顔の下側のバンドから順番に締め込み、均一にし、面体の気密を確認する。

通信機器を着用する。

ヘルメットを着用する。

#### ② 気密服（自蔵式呼吸具を服内に装着する気密服）

両足を防護服に入れ、長靴の先まで足を通す。

防護服の中に左腕から両腕を通し、フードで頭部を覆う。

右腕を通して、ファスナーを完全に閉める。



自蔵式呼吸具・気密服（自蔵式呼吸具を服内に装着する気密服）の着用例



自蔵式呼吸具・気密服（自蔵式呼吸具を服外に装着する気密服）の着用例

自蔵式呼吸具、気密服（自蔵式呼吸具を服内に装着する気密服）を脱装する手順を以下に示す。

① 自蔵式呼吸具

バンドを緩めて、陽圧が設定されている場合は解除し、そく止弁を閉める。  
ベルトを緩めてポンペを下す。

② 気密服（自蔵式呼吸具を服内に装着する気密服）

ファスナーを下ろして、腕、次に足を抜く。  
外側は汚染している可能性があるため、なるべく触らないようにして外す。

## 2. 個人保護装具の海上防災機関へのヒアリング

海上災害の発生及び拡大の防止のための措置を実施する業務を行うとともに、海上防災のための措置に必要な船舶、機械器具及び資材の保有、海上防災のための措置に関する訓練等の業務を行っている一般財団法人海上災害防止センターにアンモニアを想定した個人保護装具について確認した。

### 2.1 保護装具の分類について

作業内容に応じた保護装具の分類方法について確認し、下記の回答を得た。

【回答】				
<p>米国労働省の一機関である労働安全衛生庁（Occupational Safety and Health Administration、以下「OSHA」という）では、作業内容に応じて全身の個人用保護具を得レベル別に示している。</p>				
	レベル A	レベル B	レベル C	レベル D
保護服	完全気密耐薬品保護服	耐薬品性保護服(密閉・非密閉)	耐薬品性保護服	作業服
呼吸の保護	陽圧型呼吸具	陽圧型呼吸具	防毒マスク(全面体型)	なし
その他	耐薬品性手袋 耐薬品性長靴 無線機	耐薬品性手袋 耐薬品性長靴	手袋 長靴	保護めがね 手袋 安全靴 ヘルメット
備考		皮膚と目の保護はレベル A 以下	皮膚保護はレベル B 相当、呼吸保護はレベル B 以下	
	LEVEL A	LEVEL B	LEVEL C	LEVEL D
				

事故現場など高濃度のガスが発生している区域で作業を行う際は、陽圧式の自蔵式呼吸具を着用し、呼吸保護を図る必要がある。

防毒マスクの種類については、平時においても、飛沫による皮膚腐食等を回避できる「全面体型の直結型防毒マスク」を着用することが望ましい。半面体は、飛沫に耐えられず、また緊急作業時にマスクが外れる可能性があるため、使用を推奨しない。

手袋や長靴は作業時の皮膚防護のために着用が必要である。通常のものではなく、耐薬品性装備の着用が望ましい。

ヒアリング後に OSHA で求められている個人保護具について整理を行った。

レベル A については、気密服（タイプ1a の自蔵式呼吸具を服内に装着する気密服）・自蔵式呼吸具となる。レベル A を想定した個人保護具を図2. 1-1に示す。

レベル B については、気密服（タイプ1b の自蔵式呼吸具を服外に装着する気密服）・自蔵式呼吸具、または液体防護用密閉服・化学防護手袋・化学防護長靴・自蔵式呼吸具となる。レベル B を想定した個人保護具を図2. 1-2及び図2. 1-3に示す。

レベル C については、液体防護用密閉服・手袋・長靴・防毒マスク（全面形面体）となる。レベル C を想定した個人保護装具を図2. 1-4に示す。

レベル D については、作業服・保護めがね・手袋・長靴・ヘルメットとなる。



図2. 1-1 レベル A を想定した個人保護装具



図2.1-2 レベルBを想定した個人保護装具（気密服の場合）



図2.1-3 レベルBを想定した個人保護装具（液体防護用密閉服の場合）



図2.1-4 レベルCを想定した個人保護装具

## 2.2 保護具の選定について

第4回委員会で示した区域やゾーンに応じた具備すべき個人保護具の内容について確認した。

### 【回答】

危険区域内で接続作業や接続解除作業を行う場合は、安全性及び作業性の観点からレベルC相当の個人保護装具が望ましい。レベルCであれば、液体アンモニアの飛沫にも対応している。

漏洩事故発生時に設定するゾーンについては、まずは安全な場所に避難した後の対応となる。ゾーン3及びゾーン4については、化学災害及び生物災害時の消防活動における区域（以下、「CBRN 災害におけるゾーン分け」）として定められているホットゾーンにあたりと考えられ、それは原因物質に直接接触する可能性のある区域と定められている。したがって、液体アンモニアへの接触を想定し、呼吸の保護装具として自蔵式呼吸具が選定されているレベルAまたはレベルCの個人保護装具が望ましい。ゾーン2については、CBRN 災害におけるゾーン分けではウォームゾーンにあたりと考えられ、それは直接的な危険性は少ないが潜在的危険区域であり主たる危険は二次汚染とされる区域として定められている。汚染がない場所に汚染された人があらかじめ来ると予測され、汚染の管理ができていない一帯となり、除染作業を行うゾーンとなる。よって、除染時に発生するアンモニア水への接触が想定されるため、レベルCの個人保護装具を着用することが望ましい。

### 2.3 使用にあたっての注意点について

実際の着用にあたっての注意点や装着方法について確認した。

#### 【回答】

個人保護装具は正しく着用しないと効果が発揮されない。事故対応にあたる者は個人保護装具を着用する訓練を受けている。レベル A を正しく着用した上で作業を行うことを船員には推奨しない。レベル B が上限と考えている。レベル B であっても液体アンモニアの飛沫については対応している。

漏洩事故発生時に着用する保護装具については使い捨てタイプを推奨する。もし汚染されてしまった場合は、ウォームゾーンに戻ったらそのまま脱ぎ捨てて密閉できる袋に入れて産業廃棄物として処理すれば、除染作業が簡易的となる。一方、ガスだけの汚染であれば乾燥空気をを用いた除染方法（Dry-decontamination、通称「Dry-decon」）で十分な場合もある。

### 3. ガス検知器に関する製造事業者へのヒアリング

国内のガス検知警報機メーカーである理研計器株式会社にアンモニアガス濃度の検知方法、検知レンジ・制度、検知結果の示し方について確認し、適切なガス検知器の選択方法について意見を伺った。

#### 3.1 ガス検知器の種類について

##### 3.1.1 アンモニアガスの検知センサ方式

アンモニアガスの検知センサ方式について確認し、下記の回答を得た。

#### 【回答】

アンモニアバンカリングへの使用が想定されるガスの検知センサ方式については下記3種類が挙げられる。

##### ① 定電位電解式

一定の電位に保たれた電極上で検知対象ガスを電気分解し、その時に発生する電流をガス濃度として検知する方式。

##### ② 半導体式

金属酸化物半導体が検知対象ガスと接触したときに生じる抵抗値の変化を、ガス濃度として検知する。毒性ガスから可燃性ガスまであらゆるガスを検知する方式。

##### ③ 光イオン化式

紫外線光で測定ガスの分子を分解してイオン化した際に発生する電流値を捉える原理。数10ppmの低濃度領域から、10,000ppmの高濃度領域まで測定できる。

各方式における測定範囲の想定を以下に示す。

検出原理	方式	アンモニア測定範囲						
		0	10ppm	100ppm	1000ppm	1vol%	10vol%	100vol%
接触燃焼式	化学反応							
半導体式	化学反応							
熱伝導式	化学反応							
非分散型赤外線式	物理反応							
光波干渉式 (大型・高額)	物理反応							
定電位電解式	化学反応							
光イオン化式	化学反応							
レーザー式 (大型・高額)	物理反応							

出典：理研計器 企業セミナー資料

### 3.1.2 ガス検知方式

アンモニアガスのガス検知方式について確認し、下記の回答を得た。

#### 【回答】

アンモニアバンカリングへの使用が想定されるガス検知方式については下記3種類が挙げられる。

#### ① 拡散式

漏洩したガスがセンサ部に接触することで検知する。測定したい空間に検知機器が必要となる。

#### ② 吸引式

測定したい空間にホースを通し、その雰囲気を本体部のポンプで吸引してセンサ部と接触することで検知する。検知したい空間から検知機器が離れていてもホースが届けば問題ない。アンモニアガスの特性上、吸引配管内にガスが吸着し、センサに到達しないことがある。測定雰囲気の水分・湿度、吸引配管材質と配管長を十分考慮すること。

#### ③ ダクト挿入式

対象部位にセンサ部を挿入することで、配管内部やダクト内部のガスを直接検知する。

### 3.1.3 検知器の種類

アンモニアガスの検知器の種類について確認し、下記の回答を得た。

#### 【回答】

検知器は3種類に分類される。

#### ① ポータブル式（個人装着式）

検知方式は、拡散式となる。常時作業者が携帯することで作業者の周囲で発生したガスを検知し、危険を知らせることで、安全な場所に移動することができる。個人がバンドやクリップなどを用いて身に着ける。アンモニアガスが設定値を超えると可視可聴警報によって作業者に危険を知らせる。測定レンジは0～75ppm。25ppmを検知後すぐに避難することを想定しているため、上限が狭い設定としている。



**GX-3RPro**

出典：理研計器 HP

#### ② ポータブル式（持運び式）

検知方式は吸引式となる。酸欠や有毒ガスの発生のおそれのある場所で作業する際に、ガス検知器に接続したホースを作業空間内に入れ、ガス検知することで、事前点検を行うことができる。携帯方法としては、ベルトを利用して片掛けで携帯する、現場に置いておく等が考えられる。アンモニアガスが設定値を超えると可視可聴警報によって作業者に危険を知らせる。測定レンジは0～75ppm。今後、遠隔監視を目的とし、より高濃度の検知を可能にすべく、技術開発を行っている。



**GX-9000**

出典：理研計器 HP

③ 定置式（固定式）

ガスを検知して濃度の指示と警報を出す船体附属の固定の機器となる。一般的にガス検知部+指示警報部を組合せて使用するため、遠隔での確認が可能である。検知方式については、拡散式・吸引式・ダクト挿入式の3種類が存在する。拡散式の場合は、測定したい現場にガス検知部があり、指示警報部は別の場所に設置する。甲板上の曝露部であっても、海水がかかっても問題ないような仕様になっている。吸引式の場合は、測定したい現場にガスの吸引口を設置し、ガス検知部までホースを導き、そこで検知する。ガス検知部・指示警報部は測定したい現場ではなく別の場所に設置することが可能である。アンモニアガスが設定値を超えると可視可聴警報によって作業者に危険を知らせる。測定レンジは0～75ppm 及び0～400ppm。今後、遠隔監視を目的とし、より高濃度の検知を可能にすべく、技術開発を行っている。



出典：理研計器「SD-3シリーズ」カタログ

### 3.1.4 ガス検知器の種類に応じた警報設定値

警報設定値について確認し、下記の回答を得た。

#### 【回答】

二段階の警報値を設定することが可能である。持ち運び式（個人式）であれば25ppmを設定することが考えられる。定置式（固定式）であれば、日本海事協会（Class NK）の代替燃料船ガイドライン「15.8.5 警報及び安全装置の設定点」で求められている25ppmと300ppmを設定することが考えられる。

### 3.1.5 ガス検知器の種類に応じた使用上の注意点について

使用上の注意点について確認し、下記の回答を得た。

#### 【回答】

定置式（固定式）は使用しないとき（バンカリングをしていないときなど）でも常時電源は入れたままの方がよい。電源を切ってしまうことによって、必要な時に電源を入れ忘れる、電源オン・オフによって指示値がずれる可能性がある。常時電源を入れておいてもセンサの摩耗等の心配はなく、年次検査を受けていれば問題ない。

吸引式を採用している検知器は、検知のために取り込んだガスは排気部からそのまま排出する。モーターの負荷を考えると排気部を何かで覆うまたは接続するような運用は避けてほしい。

## 3.2 ガス検知器の選定について

### 3.2.1 遠隔監視に用いるもの

移送時に遠隔監視を行う上で、安全な場所からガス濃度の監視を行うための検知器の選定について確認し、下記の回答を得た。

#### 【回答】

適切な位置・数の定置式（固定式）ガス検知器を設置し、遠隔で安全な場所から監視しておくことが良いのではないかと。アラームの閾値としてNKガイドラインのアラームの閾値は25ppm・300ppmであり、その範囲をカバーするためには0～400ppm程度のレンジが必要となる。検知可能なレンジとしては漏洩事故発生後の対応を想定して、ある程度高濃度までの検知が必要であると考えられる。

### 3.2.2 ゾーン設定のためのもの

第4回検討委員会で提案した事故発生後にゾーンを設定し、ゾーンに適切な個人保護具及び対応方針をとるためにガス濃度を測定する必要がある。そのための検知器の選定について確認し、下記の回答を得た。

#### 【回答】

まずは、漏洩が発生したことを定置式（固定式）で検知し、濃度を監視する。緊急対応及び救助活動時はポータブル式（持運び式）を携帯し、適宜濃度を測定することが考えられる。ポータブル式（個人装着式）は避難するためのものであり、上限が75ppmであるため、緊急対応及び救助活動時の対応には適していないと考えられる。漏洩事故発生後の対応を想定して、ある程度高濃度までの検知が必要であると考え。したがって、0～10,000ppm程度のレンジが望ましい。

#### 4. アンモニア濃度の分析・漏洩検知技術開発に関する開発事業者へのヒアリング

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）による「次世代船舶の開発」プロジェクトとして「アンモニアの漏洩対策のための機器の開発」をテーマとした事業が伊藤忠商事・富士電機において実施されており、本プロジェクトの中にア

ンモニア濃度の分析・漏洩検知技術開発が挙げられている。当該技術開発の中で、①アンモニアの高感度ガス計測、②微量漏洩検知、③アンモニア回収・再利用をテーマとした技術開発が進められている。バンカリングに係るものとして、高感度ガス計測及び微量漏洩検知技術の開発状況について富士電機株式会社に確認を行った。

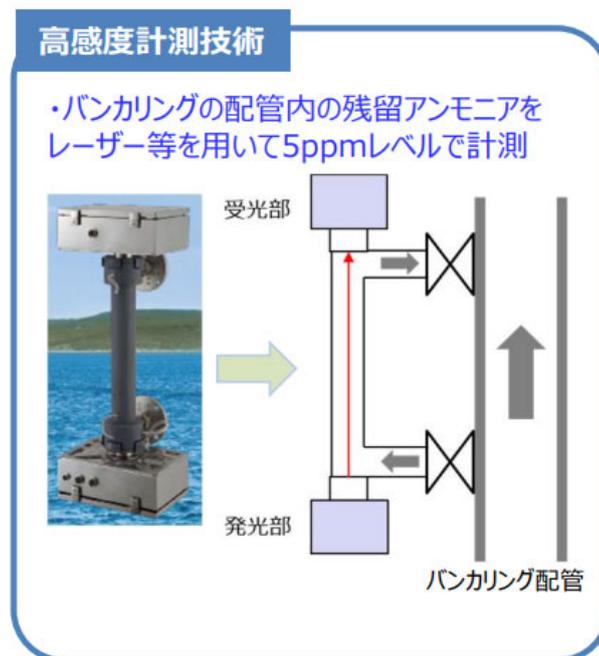
#### 4.1 アンモニアの高感度ガス計測について

アンモニアガスの高感度ガス計測に関する開発状況について確認し、下記の回答を得た。

##### 【回答】

配管内の残留アンモニアガスの濃度をレーザ式で計測する技術である。アンモニアガスは特定の波長のレーザ光を吸収する性質があるため、アンモニア以外のガス（例えば雑用空気）が配管内に存在していても、それらのガスの影響を受けることなく、アンモニアガスの濃度を測定することが可能である。レーザ式を適用した製品には、例えば、工場からの排ガスに含まれるガス（塩化水素、アンモニア）や船舶用スクラバの排ガス（二酸化硫黄、二酸化炭素）の濃度を監視するものがある。

当社では、当該技術を基に、バンカリング時の配管内のアンモニアガスの残留を安全に検知ができるよう技術開発を行っている。レーザ式は、配管内のガスを直接測定するため、アンモニアを大気中に放出することがなく測定可能である。また、応答時間は数秒程度であり、迅速に分析結果を得ることができる。独自の光学設計、信号処理の適用により、5ppm未満の低濃度ガスも測定することが可能である。



出典：国土交通省プレスリリース（令和6年3月7日付）

#### 4.2 アンモニアの微量漏洩検知技術について

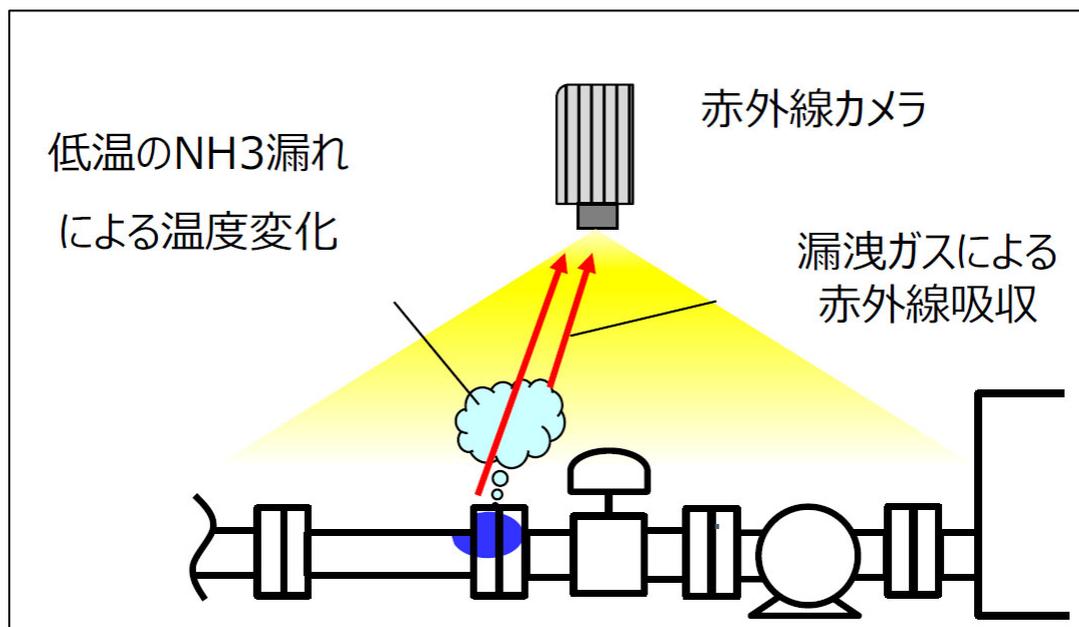
アンモニアガスの微量漏洩検知技術に関する開発状況について確認し、下記の回答を得た。

##### 【回答】

赤外線カメラを用いて、アンモニアガスの漏洩を検知する技術となる。アンモニアガスが赤外線を吸収する性質を利用している。どの程度の濃度のガスがどこから漏洩しているか視覚的に検知することができる。濃度帯による色分けも可能である。従来は検知に60秒程かかっていたところを、ほぼリアルタイム（遅延は4秒ほど）での監視が可能である。

警報発生の際の閾値は変更可能であり、25ppm や110ppm など設定可能である。使用用途及び目的に合わせて、ズームや対象範囲の設定も可能である。

使用例として、バンカリングアームなどに設置すればマニホールド周辺部分を25ppm 程度の検知精度で監視可能である。より広範囲を監視対象とするのであれば、110ppm 程度の検知精度となる。事故発生時の対応にも利用できるのではないかと考えている。



出典：富士電機提供（令和7年1月）

