

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

漏洩シミュレーション結果

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. はじめに	1
2. 対象としたシナリオ.....	1
3. シミュレーション条件.....	1
3.1 シミュレーション対象のエリア.....	1
3.2 気象条件	2
3.3 使用したソフト	2
4. 評価で用いた基準.....	2
5. 評価結果	3
5.1 アンモニアガス濃度25ppm 以上が10分以上継続する範囲	3
5.2 各アンモニアガス濃度の拡散範囲.....	4
5.3 各アンモニアガス濃度の最大到達距離.....	5
6. 漏洩シミュレーション結果のまとめ.....	5

1. はじめに

第4回「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」（以下、「検討会」と示す）において、昨年度選定された漏洩シナリオ6ケースに対して、推定漏洩量及び推定頻度の見直しを行った。推定漏洩量及び推定頻度の値から危険度を算出し、漏洩シミュレーションを実施するシナリオの選定を行った。

今回は、第4回検討会にて選定した漏洩シナリオ（ケース7）を対象に、アンモニアの漏洩シミュレーションを実施し、アンモニアガス濃度25ppm 以上が10分以上継続する範囲や漏洩したアンモニアの最大到達距離を用いてシミュレーション結果の評価を行った。

2. 対象としたシナリオ

対象としたシナリオはケース7である。表2.1にケース7の内容を示す。

表2.1 ケース7：漏洩シミュレーションを実施するシナリオ

【ケース7】 No. 207 燃料船－バンカー船間 海面上 少量漏洩 1.0×10^{-3} 回/年
アンモニア移送中、ERC 緊急遮断し、カップリング内のアンモニアが海上へ漏洩する。LNG バンカリングに用いられる ERC の仕様を参照し、液体アンモニアが8L、気体アンモニアが4L 漏洩するものとする。

3. シミュレーション条件

シミュレーション条件として、シミュレーション対象のエリア・気象条件・使用したソフトを示す。なお、この他に、シミュレーションを行う上で設定した条件については、参考資料6に示す。

3.1 シミュレーション対象のエリア

海域上及び陸域上の開放空間とする。海側から陸側に大気の流れがあることを想定し、その流れの方向に2,000m、気流に直交する水平方向に800m、鉛直方向に180m の計算領域を設定した。アンモニア燃料船及びアンモニアバンカー船のモデルを含む計算領域の鳥瞰図を図3.1-1に示す。使用した計算格子については参考資料6を参照のこと。

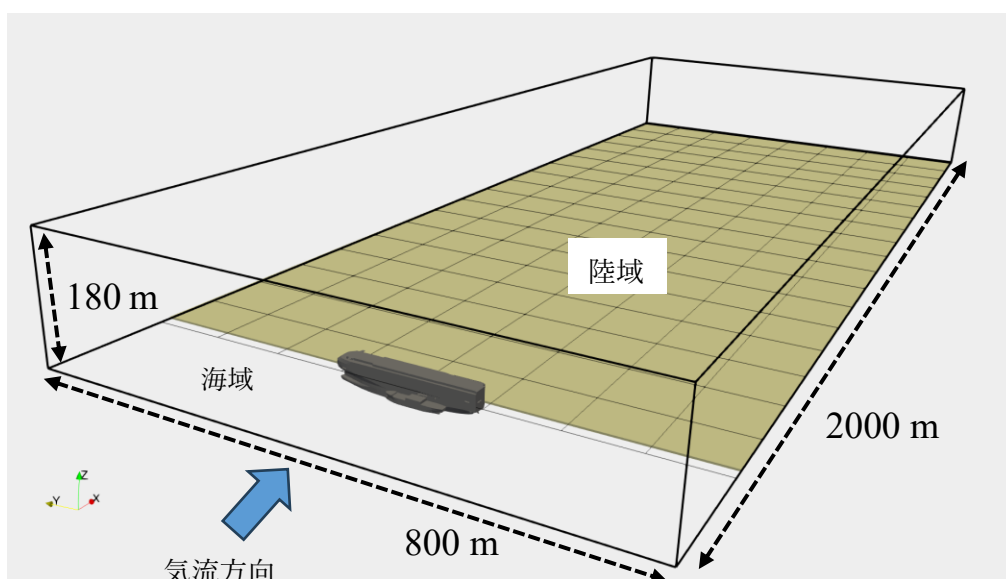


図3.1-1 計算領域

3.2 気象条件

大気温度や水温は20℃、相対湿度70%とする。米国化学工学会（AIChE）のガイドラインならびに荷役時の風速制限を参照し、各風速に対する大気安定度として以下の条件を採用する。

- ・穏やかな条件

風速：2m/s

大気安定度：F（安定）

- ・強風時

風速：10m/s

大気安定度：A（不安定）

3.3 使用したソフト

株式会社計算流体力学研究所が開発した汎用流体解析ソフトウェア「Nagare」を用いた。これは、数値流体力学（Computational Fluid Dynamics; CFD）技術に基づく計算コードであり、流体力学の基礎方程式を数値的に解くため、船舶が存在することによる気流場への影響を考慮することができる。本ソフトウェアで採用している数値計算手法については参考資料6を参照のこと。

4. 評価で用いた基準

以下2点を評価に用いた。

- (1) アンモニアガス濃度25ppm 以上が10分以上継続する範囲

資料5-2で示した管理区域は事故の発生有無を問わずに設定する区域となるため、事前に設定する必要がある。管理区域の設定方針は、アンモニア漏洩事故発生時アンモニアガス濃度25ppm 以上が10分以上存在し得る区域とした。今回は、管理区域を設定するためにアンモニアガス濃度25ppm 以上が継続する期間を解析し、管理区域の設定方針に沿ってシミュレーション結果の評価を行った。

(2) 各アンモニアガス濃度の拡散範囲及び最大到達距離

ケース7はアンモニア漏洩事故のシナリオである。資料5-2では、事故発生時のアンモニアガス濃度帯に応じた行動指針を示している。今回は、アンモニアガス濃度帯の閾値である25ppm・220ppm・2,700ppm それぞれのガス拡散範囲及び最大到達距離を用いてシミュレーション結果の評価を行った。

5. 評価結果

4. で示した基準を用いて、シミュレーション結果の評価を行った。

5.1 アンモニアガス濃度25ppm 以上が10分以上継続する範囲

表5.1-1に、アンモニアガス濃度25ppm 以上が継続する時間を示す。アンモニアガス濃度25ppm 以上が継続する期間は穏やかな条件(風速2m/s・大気安定度F)のとき6分37秒、強風時(風速10m/s・大気安定度A)のとき1分56秒であった。穏やかな条件及び強風時いずれも、アンモニアガス濃度25ppm 以上が10分以上継続する範囲は存在しないことを確認した。よって、管理区域の設定方針に沿った範囲にアンモニアガスは存在しないことを確認した。

表5.1-1 アンモニアガス濃度25ppm以上が継続する時間

25ppm		220ppm		2,700ppm	
穏やかな条件	強風時	穏やかな条件	強風時	穏やかな条件	強風時
6分37秒	1分56秒	2分17秒	1分12秒	1分30秒	50秒

5.2 各アンモニアガス濃度の拡散範囲

地上0.5mの水平断面上における各濃度の最大拡散範囲について、穏やかな条件（風速2m/s・大気安定度F）の結果を図5.2-1に、強風時（風速10m/s・大気安定度A）の結果を図5.2-2に示す。穏やかな条件及び強風時いずれも、アンモニアガス雲は漏洩開始から徐々に拡大した後、風下方向に移動し始め拡散していた。

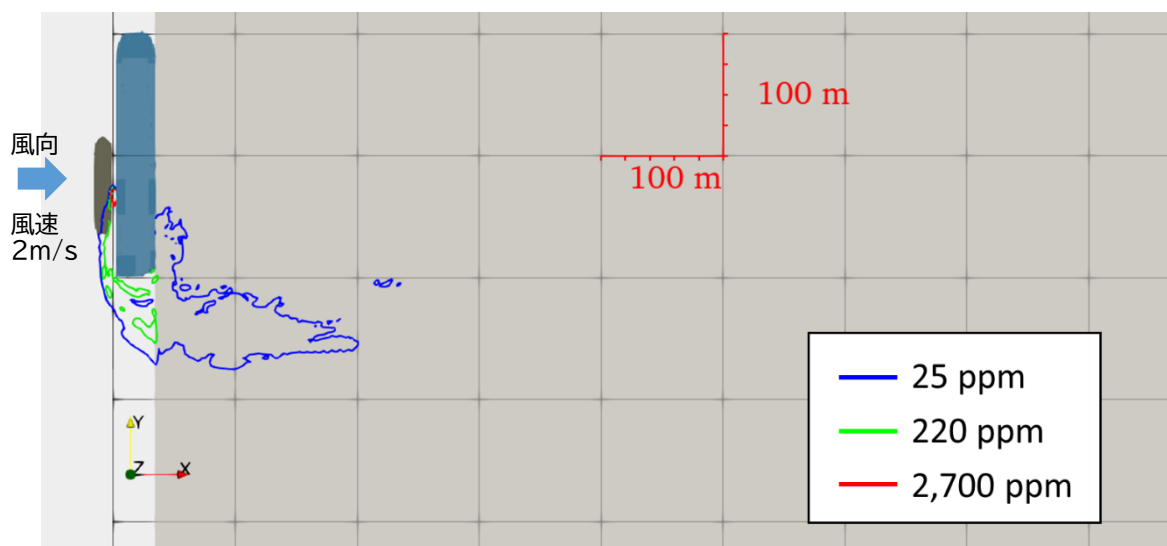


図5.2-1 穏やかな条件（風速2m/s・大気安定度F）における濃度の拡散範囲

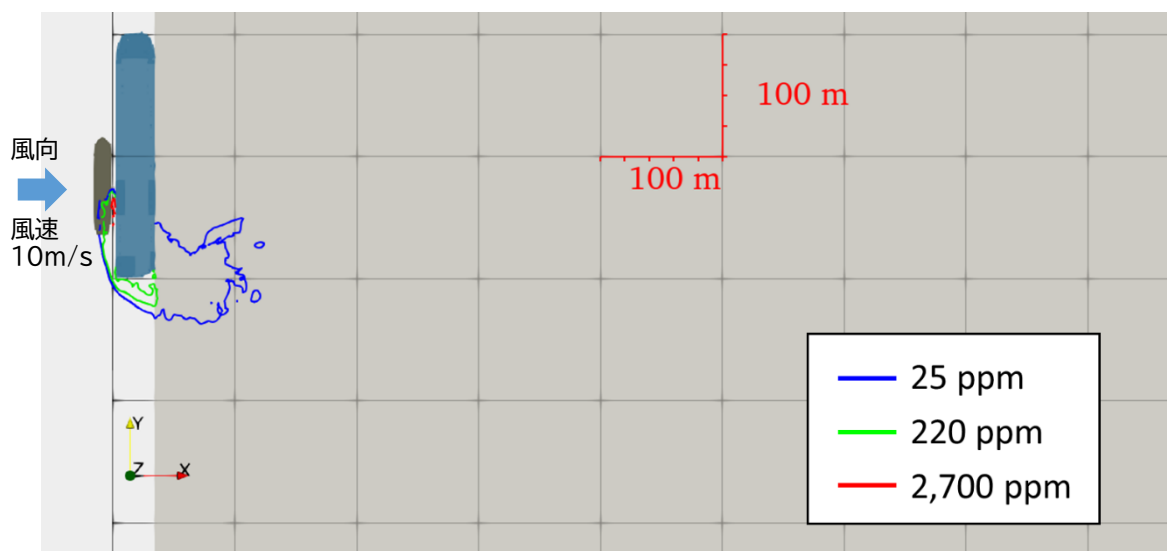


図5.2-2 強風時（風速10m/s・大気安定度A）における濃度の拡散範囲

5.3 各アンモニアガス濃度の最大到達距離

地上0.5mの水平断面上における、穏やかな条件（風速2m/s・大気安定度F）及び強風時（風速10m/s・大気安定度A）の最大到達距離を表5.3-1に示す。これらの最大到達距離を踏まえて、ケース7を対象としたアンモニアガス濃度帯が及ぶ範囲としては、25ppmで約249m、220ppmで約132m、2,700ppmで約30mとなることが想定される。

表5.3-1 各アンモニアガス濃度における最大到達距離

25ppm		220ppm		2,700ppm	
穏やかな条件	強風時	穏やかな条件	強風時	穏やかな条件	強風時
249m	151m	132m	103m	16m	30m

6. 漏洩シミュレーション結果のまとめ

ケース7を対象にアンモニア漏洩シミュレーションを実施し、管理区域の設定方針や各アンモニアガス濃度の最大到達距離を用いて、シミュレーション結果の評価を行った。その結果、管理区域の設定方針に沿った範囲にアンモニアガスは存在しないことが明らかとなった。また、各アンモニアガス濃度（25ppm・220ppm・2,700ppm）の最大到達距離より、事故防止対策で検討対象となるアンモニアガス濃度帯が及ぶ最大到達距離としては、25ppmで約249m、220ppmで約132m、2,700ppmで約30mという計算結果であった。

