

# 船舶における密閉区画からの救助に関する調査研究

○ 澤村 徹\* 樋渡 亮\*\* 山岡 恵一\*\* 木村 昭夫\*\*\*

## 1. はじめに

船舶の密閉区画における事故は、従前より船員にとって重篤な傷病及び死亡原因の1つであり、危険な密閉区画への立入前には、正確な手順を踏むことが極めて重要であるにもかかわらず、同様の事例は後を絶たない。IMOは、「事故調査の結果、船内事故の原因は、指導・指示の不足というよりは、予防措置を講じる必要性についての認識不足または軽視」という見解のもと、船員に対して定期的な演習への参加を義務付けることとし、SOLAS条約（第III章第19規則）を改正した。

これに伴い我が国では、船員法施行規則を改正（2015年1月1日）し、密閉区画（Enclosed Space or Confined Space）の立入及び救助に係る演習を実施することが義務化された。（表-1）。

表-1 密閉区画における救助操練 実施事項

操練における実施事項
・密閉区画における救助操練保護具の点検、使用
・船内通信装置及び手順の点検、使用
・救助器具及び手順の点検、使用
・救急措置の指導

（独）海技教育機構練習船では、2015年1月から「閉鎖区画救助操練」をSMS手順書に定め、所定の間隔（少なくとも2ヶ月に一度）に実施するとともに、実習生指導にも努めている。施行から1年余りが経過し、練習船青雲丸（以下、青雲丸）における密閉区画を検証、分類するとともに、区画からの救助方法について検証、試行することにより、知見を得たので報告する。

## 2. 密閉区画の定義とその分類

船舶における密閉区画は、次の3つの性質の内、いずれかを有する区画を指す。

- ・ 出入り口の開口部が十分でない
- ・ 換気が不十分
- ・ 継続的な使用が意図されていない

\* 助手 青雲丸  
 \*\* 助教 青雲丸  
 \*\*\* 教授 青雲丸

これら区画には、図-1で示す清水及び燃料油タンクやコファダムなど（表-2）が挙げられる。

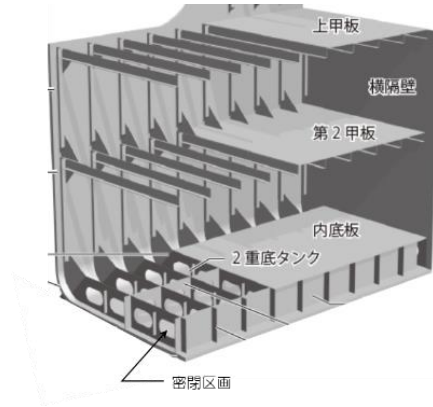


図-1 密閉区画の例 - 2重底タンク

表-2 一般船舶の密閉区画 例

区画名称	
Forepeak Tank	清水タンク
Chain locker	錨鎖庫
Cofferdam	コファダム
Cargo Tank	貨物タンク
Ballast Tank	バラストタンク
Bunker Tank	燃料タンク
Boiler	ボイラ
隣接する関連区画等	

密閉区画に存在する危険要因は主として大気（①）と物理的（②）要因に大別される。

- ① タンクや配管腐食による揮発性油漏洩、硫化水素等の有毒ガス発生及び酸素欠乏等。
- ② 区画の暗さ、不安定な足場、滑り易さ、障害物及び予期せぬ状況等。

また、種別により異なる構造を有する船舶では、船舶毎に「密閉区画の検証」が必要である。

青雲丸の密閉区画を抽出するため、2.に示す性質のみならず、区画固有の性質を明確にするため、表-3のとおり Category を設けて区画を分類し、抽出した。

表-3 密閉区画の分類

Category I	<ul style="list-style-type: none"> <li>・出入り口の開口部が十分でない ex) マンホール、垂直出入口のハッチの広さ</li> <li>・換気が不十分 ex) 通風装置等の設備が無い</li> <li>・作業員による継続的な使用が意図されていない ex) 点検や必要時に立ち入るが、常時出入りしない。</li> </ul>
Category II	<ul style="list-style-type: none"> <li>・出入り口の開口部は十分ある</li> <li>・換気が不十分</li> <li>・作業員による継続的な使用は意図されていない</li> </ul>
Category III	<ul style="list-style-type: none"> <li>・作業員は継続的に使用するが、次の性質を有する区画 ex) 消火用炭酸ガス放出区画、炭酸ガスボンベ格納区画 冷媒漏洩の疑いのある冷凍機室、冷蔵庫、冷凍庫等 その他、酸素欠乏の恐れのある区画</li> </ul>

また、作業を行う際の安全対策及び作業手順を示す（表-4）。

表-4 密閉区画作業の手順例

通常の作業時	● 十分な換気	換気準備 運転
	周到な作業準備	危険性・資機材 作業前ミーティング
	正しい測定	酸素濃度測定 ガス測定・検知
	正しい保護具の使用	立入許可・看視 終了ミーティング
異常時	作業安全の確保	自蔵式呼吸具 防毒マスク
	冷静な救助活動	初動と準備 訓練と救助活動

安全な船内作業のためのガイドライン 抜粋 一財 海技振興センター

本研究の目的

### 3. 酸素欠乏事故の防止

船員労働安全衛生規則により、船舶では密閉区画立入作業を含めて、保護具の備付け、安全教育、作業前準備（チェックリストによる安全確認）、人員点検、救出用具の備付け、及び看視員配置等が定められている。

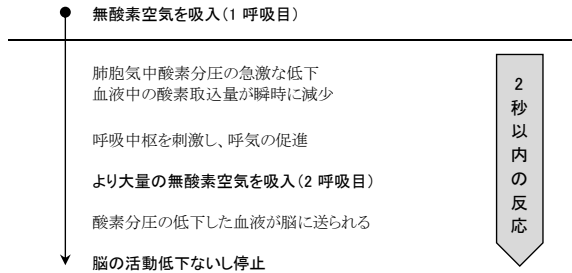
当機構練習船では、海技教育機構 SMS マニュアルに定められた手順書に則り、「SMS 閉鎖区画立入チェックリスト」による事前確認を実施し、作業の安全を確認している。

酸素欠乏環境下での人体の影響を表-5 に示す。

表-5 酸素欠乏による人体への影響

状況	酸素濃度(%)	影響等
正常	20.9	-
注意	18.0 以上	安全限界、機械換気必要
危険	16	頭痛、吐き気
	12	めまい、筋力低下
	8	失神・昏倒、7分以内の死
	6	瞬時に昏倒・呼吸停止、6分以内の死

\* 強度の酸素欠乏では血中酸素が空气中に奪われるため、「息こらえ」で徐々に苦しくなるのではなく、柔道の絞め技のように、瞬時に「落ちる」状態となる。



酸素欠乏に限らず、密閉区画における換気作業は災害発生防止の観点から極めて重要であり、一般的に最も効果のある方法は通風換気とされ、これには大別して「自然換気」と「機械換気」の2種類があり、船舶に見られる「入り組んで閉塞した空間（区画）」においては、効率的な換気を継続的に実施できない自然換気よりは、簡便かつ計画的に機械換気を実施することが望ましい。

機械換気とは送風機等の動力を用いて換気を行う方法で、主に送気式、排気式、送排気式の3種類の方法がある。検証結果を表-6 に示す。

表-6 検証結果（換気方法別）

	経過時間		
	5 min.	10 min.	20 min.
送排気式			
送気式			
排気式			

### 3.4 計測要領

密閉区画において大気成分（酸素濃度、可燃性ガス等）を計測する際は気体の比重や計測方法に注意が必要である（表-7、図-2）。

表-7 主な気体の密度と比重

名称	化学式	密度 (kg/m <sup>3</sup> )	比重	備考
塩素	CL	3.220	2.490	フロンガスに含有
二酸化炭素	CO2	1.977	1.529	CO2消火器
硫化水素	H2S	1.539	1.190	汚水処理装置室、便所
酸素	O2	1.429	1.105	酸素ボンベ
空気 (AIR)	-	1.293	1.000	
一酸化炭素	CO	1.250	0.967	
水素	H2	0.0899	0.0695	

密度(kg/m<sup>3</sup>) : 0°C 1atm  
 比重 : 対空気比

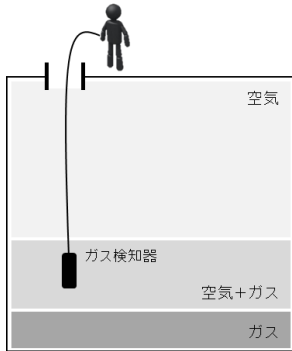


図-2 ガス検知のイメージ (比重と滞留)

#### 4. 密閉区画からの救助

密閉区画からの救助作業は、意識を失い脱力した者を、密閉区画毎に異なる高低差又は横方向へ移動させることを想定しなければならない。

船舶で定めている総員配置における救助体制 (対応フロー) を図-3 に示す。

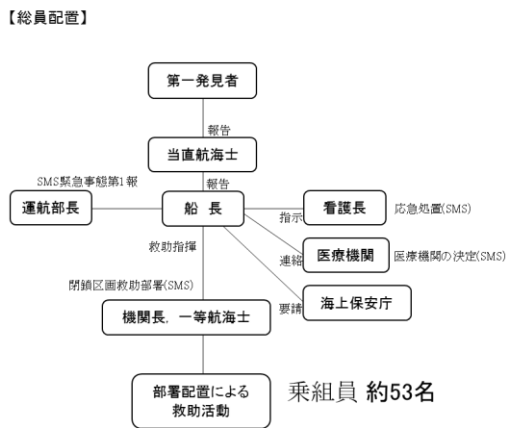


図-3 救助体制 (総員対応フロー)

一般区画からの搬送には、通常担架等が用いられるが、狭隘な出入り口や区画内構造を考慮して必要とされる救助用具を検討した。

救助区画のイメージ図を図-4 に示す。

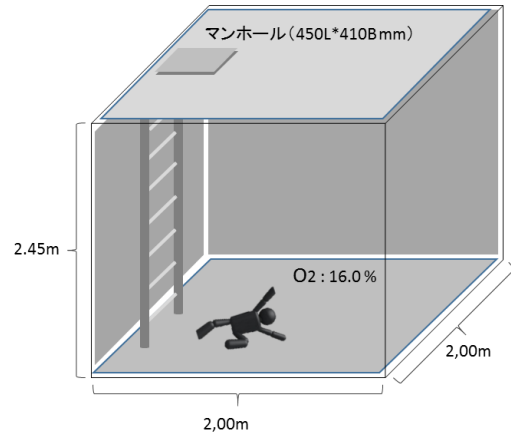


図-4 救助区画のイメージ

- ・ マンホール直下構造の密閉区画
- ・ 開口部 400-400mm、高低差 2.5m
- ・ 要救助者 (意識喪失) 1 名、原因 : 酸素欠乏

#### 5. 救助活動の検証

図-5 に示すイメージにより区画からの救助に係る検証を実施した。

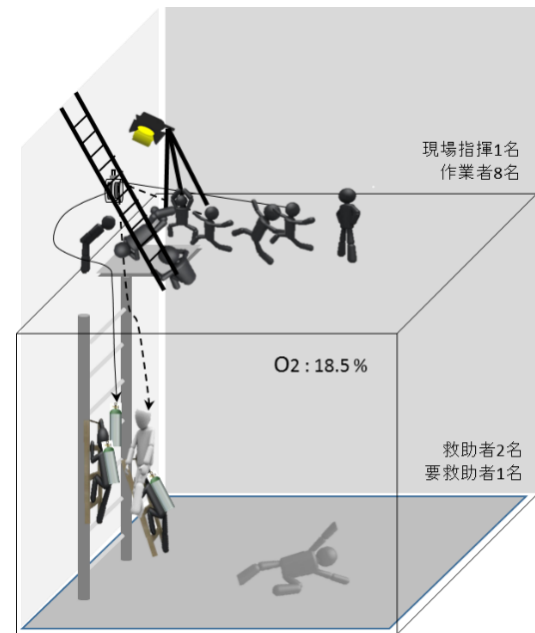


図-5 救助活動の配置、役割イメージ

作業内容及び経過時間は表-8 のとおり。

検証前に経過予測 (表中①) し、4 回の検証 (同②) 及び教育・訓練を実施した後、4 回の再検証 (同③) を実施した。

#### 6. 考察

密閉区画からの救助活動の検証を踏まえ、項目別に考察した。

表-8 救助に係る検証結果

作業内容		〔酸素濃度 想定18.5%〕 所要時間 (min.)		
		① 予測	② 検証	③ 訓練後の検証
1. 用具設置	吊上げ用具、照明 吊上げ場所の直上に滑車を固定できない場合、梯子を使用	20	27.3	15.2
2. 用具降下	要救助者用酸素ポンペを吊索にて降下 → 塞止弁は予め開放 救助者用酸素ポンペを吊索にて降下準備、呼吸具面体装着 (開口部が狭隘なため、背負って進入できない場合を想定)	3	2.1	1.8
3. 進入	救助者への命綱装着、通信手段(トランシーバー、命綱)確認	3	1.8	1.3
4. 容態確認	要救助者の意識、酸素吸入	2	0.3	0.5
5. 状況報告	救助者から現場指揮者へ	2	0.3	0.3
6. 吊上準備	ハーネス(ダブルボウライン)及び補助索にて要救助者を固定 要救助者への酸素吸入継続	3	7.1	2.5
7. 吊上げ	救助者による補助 (頭部打撃、後遺症への配慮、かかえ救助)	10	9.0	6.7
8. 脱出	進入の逆の方法により、ポンペ等を搬出	2	2.0	2.1
所用時間 計 (min.)		45	49.9	30.4

(1) 救助体制

(停泊中など) 限られた在船員による救助体制(対応フロー)を図-6に示す。

〔少員数配置(停泊中)のイメージ〕

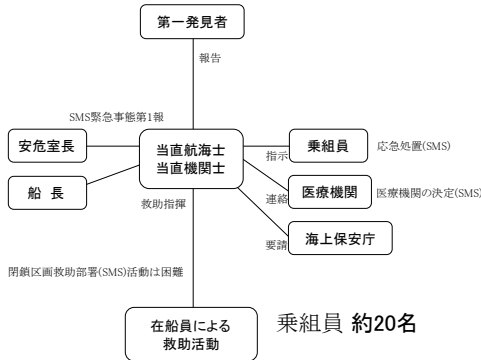


図-6 救助体制 (最少人員の対応フロー)

(2) 救助作業

〈船内指揮者 -船長若しくは当直航海士〉

- ・ SMS 緊急対応手順書による対応。
- ・ 船内救助活動と併行して、陸上関係機関への通報、連絡により、速やかに救援を要請。  
〈現場指揮者〉
- ・ 大気成分確認 (酸素、可燃性ガス有無)、救助チーム編成と救助用具準備及び通報体制
- ・ リスクアセスメントの実施
- ・ 救助活動を行う場合は、再度環境把握 (換気、測定)、救助方法、配置及び役割、用具確認。

・ 可燃性ガスを有する場合は、換気が困難であること、照明及び酸素ポンペの使用ができないこと、多重遭難の可能性が高いことを考慮。

・ 船体動揺を考慮 (航海中)。  
・ 救助に係る環境が整わない場合には、救助活動を開始しない (救助可否の決定)。

〈2次災害の防止〉

・ 換気継続、継続看視。現場を覗き込まない。

〈救助者への配慮〉

・ 命綱の利用。状況検索。

・ 救助交代要員待機 (活動時間短縮)

〈要救助者への配慮〉

・ 新鮮な空気を要救助者に向ける工夫。

・ 人の支えによる後遺症等への配慮。

・ 心肺蘇生の人員、用具の準備。

〈救助用具〉

・ 垂直方向には滑車やチェーンブロックを活用、水平方向には毛布、段ボールを用い摩擦軽減。

・ 酸素ポンペを別吊りで搬入 (狭隘な出入口)

・ 呼吸具ホースねじれや面体のずれに注意。

(3) 教育・訓練

教育、訓練及び万一の事態を想定した事前ミーティングの実施。

6. おわりに

密閉区画からの救助操練が船員に義務付けされたものの経過日数は浅く、固有の区画を有する船舶の特殊性から、確たる救助方法を一律に定めることは難しい。対象となる区画の理解、現実的救助方法の想定、作業員 (監督者) が適正な知識を有し、換気や酸素等測定を実施できる技術を有すること、呼吸用保護具の適正な使用、2次災害防止の観点を養うことなどは1つとして疎かにできない。検証を通じて得た知見を教育・訓練に活かしたい。

末筆に、東京消防庁第一消防方面本部上山様には、資料提供及び検証作業にご助言を頂いた。感謝を申し上げます。

(参考文献)

- 1) 消防救助技術必携, 名古屋市消防局編著 (東京消防庁資料)
- 2) 安全な船内作業のためのガイドライン-閉鎖区域内作業の酸欠・中毒事故防止-, 一般財団法人 海技振興センター, 2015年3月
- 3) A Masters Guide to Enclosed Space Entry, The Standard Club 他