



JAPAN P&I CLUB

第38号 2016年9月

P&I ロスプリベンションガイド

編集：日本船主責任相互保険組合 ロスプリベンション推進部



機関事故予防のために

目次

はじめに	2	第5章 離路が発生した場合の対応	
第1章 機関事故の発生状況や事故原因傾向		5.1 法律上の規定	82
1.1 海難統計（海上保安庁）	3	5.2 離路が予想される事態	83
1.2 海難審判統計（海難審判所）	4	5.3 離路に関わる保険のてん補	83
1.3 損傷統計（日本海事協会）	5	5.4 事例紹介	84
1.4 統計まとめ	9	5.5 まとめ	90
1.5 損傷部位の詳細	10	5.6 燃料消費量と速力の関係	92
1.6 損傷部位まとめ	20	5.7 海難報告の参考例	94
第2章 当組合に於ける機関事故に起因する事故傾向		おわりに	95
2.1 当組合傾向	21	参考情報	
2.2 事例紹介	24	(1) 整備計画管理、主機関計測表・点検表・注意喚起等 （添付資料 ⑥～⑩ ご参照）	96
2.2.1 貨物損害（貨物不足損害）		(2) 基本参考情報	
：ボイラ故障	24	① 過給機	96
2.2.2 港湾設備損傷（海底ケーブル損傷）		② 中間軸受	97
：主機関起動不能	33	③ 船用燃料の特徴	98
2.2.3 貨物損傷		④ 写真集：	
：発電機再起動不能（ブラックアウト）	40	④-1 過給機の損傷	99
2.2.4 環境損害		④-2 シリンダユニット関係の損傷	100
：ボイラ燃焼不良	49	④-3 軸系（中間軸受）の損傷	101
2.2.5 まとめ	53	参考文献	102
2.2.6 【参考】P&I保険でてん補対象外となるケース	54	添付資料	102
第3章 油関係の事故			
3.1 油濁事故傾向	55		
3.2 補油時の油濁事故事例	56		
3.3 カプチーノバンカー（特殊なショートバンカーケース）	62		
第4章 機関室リソースマネジメント（ERM）			
4.1 「安全について考える」のおさらい	68		
4.2 ERMとBRMの違い	70		
4.3 ERMとは？	71		
4.4 事故例においてERMは機能していたらどうか？	76		
4.5 機関管理とは？（ERM + a）	78		



はじめに

機関事故というと船舶保険の分野と思われがちですが、時には機関事故に起因した港湾設備損傷、油濁や環境汚染、貨物損害といった P&I 保険に関わる事故も少なくありません。

海難事故の原因のおよそ9割はヒューマンエラーであると言われていますが、機関事故について見ると機器自体のトラブルといったハード面が原因とされることが多いようです。しかし、実際の機関事故について統計資料や当組合にご報告があった事故例などを分析すると、その根本はヒューマンエラーが原因であることが判りました。

ハード面では、特に取り扱い不良が原因であるとされる場合も多いようですが、これには機関の操作ミスだけではなく、点検整備の不履行も多くあるようです。

こうした機関事故を予防するため、ERM (Engine-room Resource Management) も含めてご紹介します。

今回、海上保安庁殿、海難審判所殿および一般財団法人日本海事協会殿から多数の参考文献をご提供いただきました。それら参考文献を巻末に記載しておりますが、以下説明の中における図などには参考・引用させて頂いた参考文献の番号を付しています。

第 1 章 | 機関事故の発生状況や事故原因傾向

最初に統計データによる機関事故の傾向や原因を把握します。

機関事故の場合、取扱不良には機関の操作ミスだけではなく、点検整備の不履行（怠慢）も含まれていることが多くあります。機関室には多くの装置が配置されているので、トラブルの原因は装置（ハード）の欠陥ととらわれがちです。しかし、実際には必ずしもそうではないのです。

海上保安庁や海難審判所の資料だけでなく、一般財団法人日本海事協会の「Class NK」会誌に紹介されている「損傷のまとめ」も参考に、どのような注意が必要かご紹介していきます。

1.1 海難統計（海上保安庁）

1.1.1 海難統計

海上保安庁のホームページで公開されている 2009 年度から 2014 年度の「海難の現況と対策について」を基にグラフにまとめました（図 1）。事故発生件数を縦軸、年度を横軸にとり事故発生件数の推移を示しています。概ね、年間海難件数は 2,000 ～ 2,500 件の間で推移しています。内訳は、操船関係事故（赤）、機関故障（青）、その他事故（緑）で示していますが、操船関係が約半数程度を占めています。今回のテーマである機関事故は全体の約 15% 程度です。ただし、操船関係の事故の中には、機関事故を根本原因とする案件も含まれていると推測されますが、各事故の根本原因は開示されていません。

その他事故は、材質・構造、不可抗力、火気可燃物質取扱不良、および、積載不良などが原因のものです。

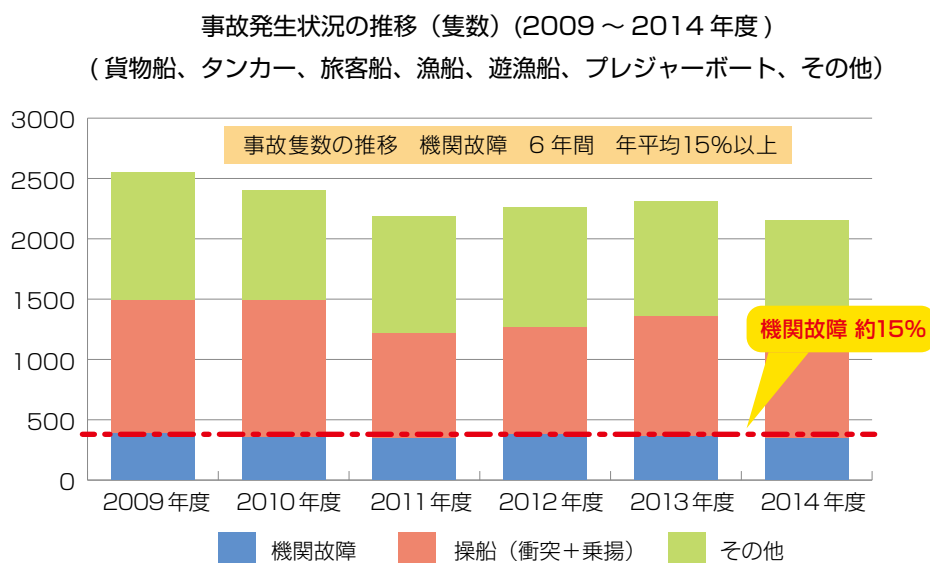


図1 事故発生状況の推移（隻数） 参考文献*1

1.1.2 海上保安庁の機関事故統計

機関事故について詳しく見ると、一定の傾向があることが判ります。機関故障の件数に対する機関取扱不良の割合(%)を図2に示します。機関故障のうち、取扱不良を原因とする割合(%)は概ね70%前後に及んでいます。これは人が関与して発生した事故が多いことを示しています。残念ながら、取扱不良のデータに関し、うっかりミス、整備不良、システムの理解不足、情報共有不足などの内訳は公表されていません。

詳細は不明ながら、操船関係事故と同様にヒューマンエラーによる機関事故が多く発生していると言えます。

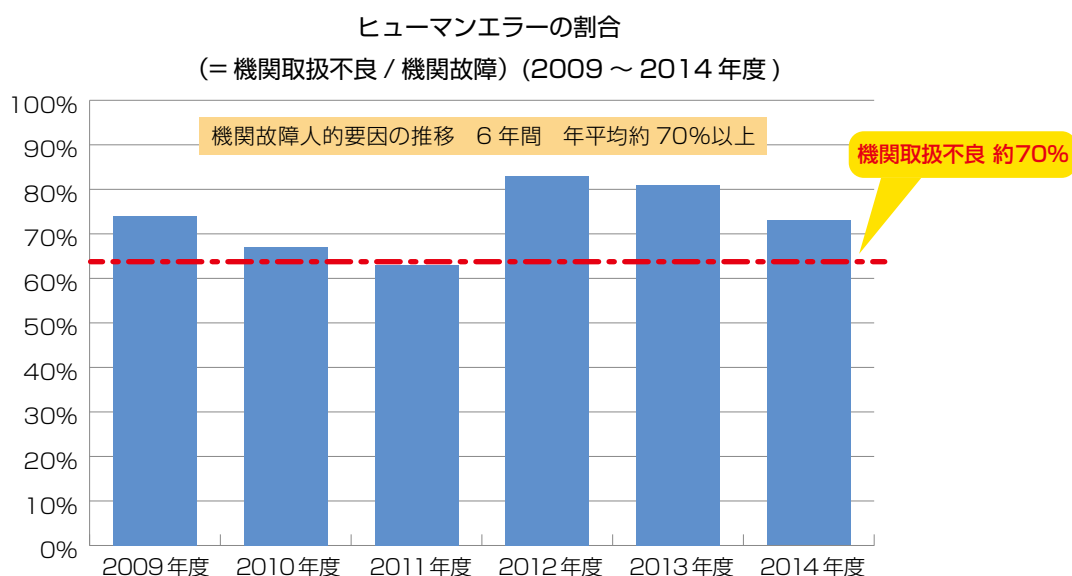


図2 ヒューマンエラーの割合 参考文献*1

1.2 海難審判統計 (海難審判所)

海難審判所によるデータは審判を行う海難事件を対象としているため、海技士などの故意又は過失によって発生したと認めた案件(海難審判法第28条第1項)に限られますが、機関損傷の原因については、右記のように、基本といえる部分ができなかったことが主な原因となっています。(参考文献*2)

- ① 定期的な点検をしていなかった
- ② 定期的な部品の交換をしていなかった
- ③ 潤滑油の適切な管理が行われていなかった

1.2.1 海難審判所の機関事故統計

海難審判所のホームページに掲載されている2009年度から2014年度の「レポート 海難審判」を基に、裁決された海難事件のうち機関損傷のみを抽出し、その原因別の割合を円グラフにまとめました(図3)。赤色で示す主機関の整備・点検・取扱不良を原因とするトラブルが約65%で、過半数以上を占めています。

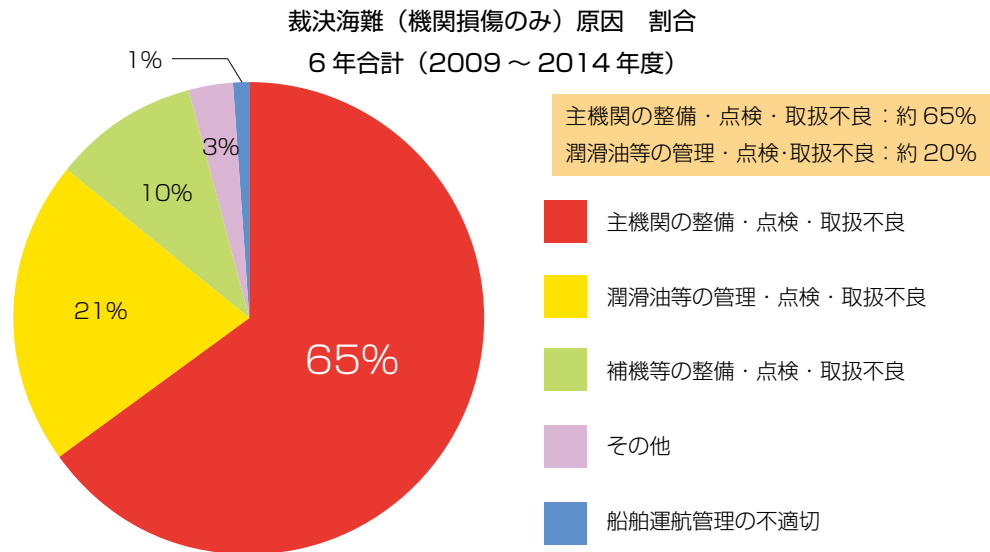


図3 裁判海難（機関損傷のみ）原因 割合 参考文献*3

1.3 損傷統計（日本海事協会）

一般財団法人日本海事協会（以下、Class NK と記す）が発行している会誌で毎年公表されている「損傷のまとめ」を参照し、航行に支障を及ぼした案件などについて、集計・分析し、その傾向をまとめました。Class NK は本統計作成時点（2014年度末）で、9,358 隻の登録隻数を有しています。

1.3.1 航行に支障を及ぼした船舶

「航行に支障を及ぼした船舶」の傾向です。ここでは「航行に支障を及ぼした」は、機関室に配置されている装置の損傷により、自航不能や主機関出力低減（7ノット前後）に至ったケースを意味します。「船舶の航行に支障を及ぼした損傷が発生した船舶の隻数と損傷率の年度別推移（図4）」では、右縦軸の件数で棒グラフによって年度ごとの件数の推移を示しています。また、左縦軸の折れ線グラフは損傷率を示しています。長期的に見れば右肩下がりの減少傾向ですが、ここ数年は増減はあるもののほぼ横ばい状態で推移しています。

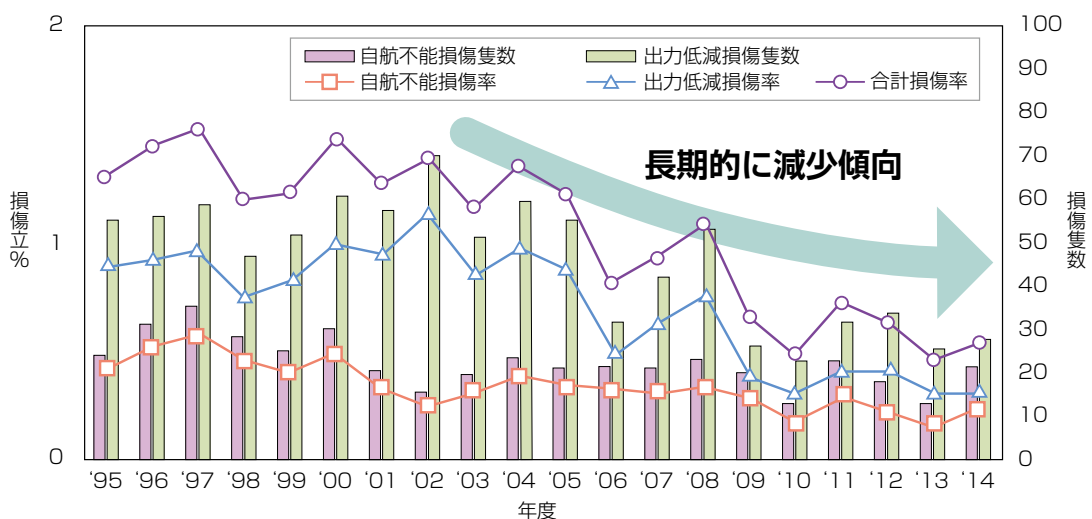


図4 船舶の航行に支障を及ぼした損傷が発生した船舶の隻数と損傷率の年度別推移 参考文献*4

1.3.2 航行に支障を及ぼした損傷の機器別割合

「航行に支障を及ぼした損傷の機器別割合（図5）」では、割合（%）を縦軸に各年度の損傷の機器別割合の推移をまとめました。

ピンク色で示す主機関を原因とするものが約80%を占めています。その中でも、内燃機関トラブルでは燃焼室周り（シリンダカバー、シリンダライナ、ピストン、過給機等）とクランクピン、および、軸受に関するものが多くありました。

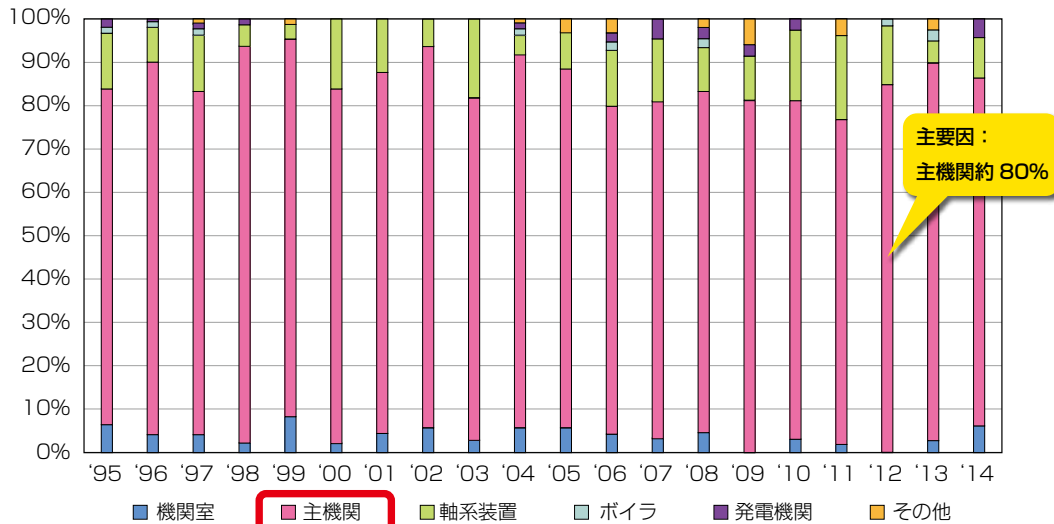


図5 船舶の航行に支障を及ぼした損傷の機器別の割合 参考文献*4

1.3.3 機関室機器配置

「機関室機器配置（図6）」に示すように、機関室には、トラブルが発生した場合に航行に直接支障を及ぼす主機関、発電機、ボイラ、そして軸系などが配置されています。主機関は推進力発生、発電機は電力供給、ボイラは燃料や貨物の加熱源、軸系が推進力伝達を用途としています。

したがって、主推進力の源として中央に位置している主機が航行に支障を及ぼすトラブルの約80%を占めることは容易に理解できます。

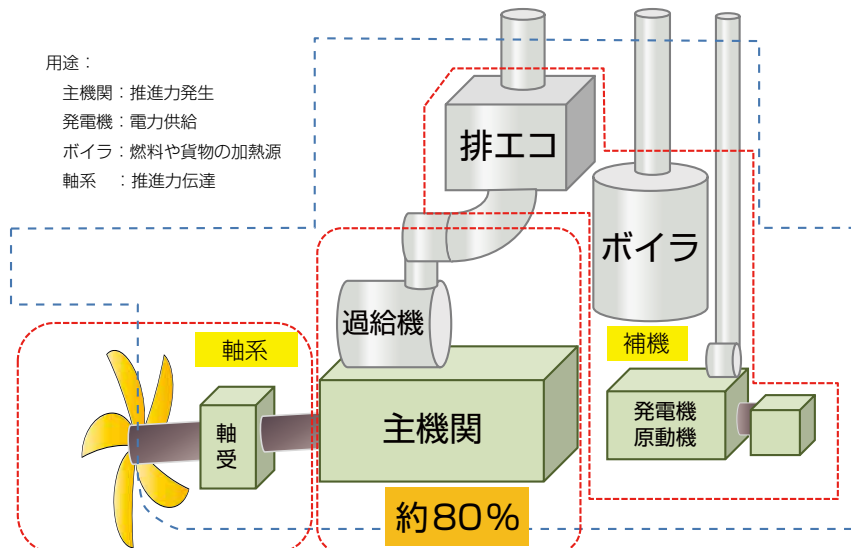


図6 機関室機器配置

1.3.4 航行に支障を及ぼした損傷のうちディーゼル主機関に起因した損傷部位

「航行に支障を及ぼした損傷のうちディーゼル主機関に起因した損傷部位（図7）」では、割合（%）を縦軸にした各年度の損傷部位別推移を示しています。赤色で示す過給機がどの年度でも多く、次いで黄色で示すシリンダユニット関係が続いています。

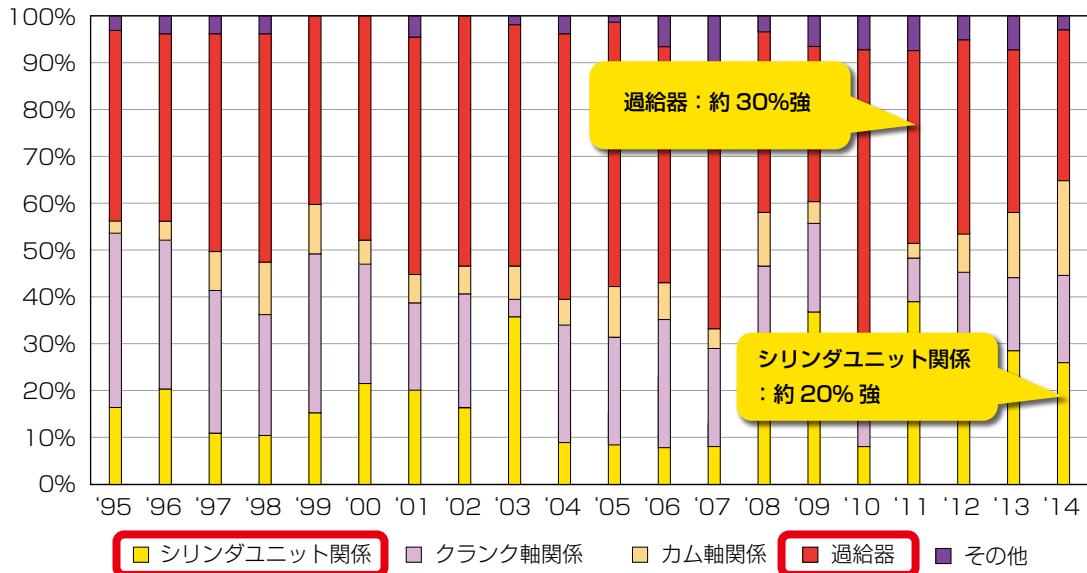


図7 航行に支障を及ぼした損傷のうちディーゼル主機関に起因した損傷部位

1.3.5 航行に支障を及ぼした損傷—機器 & 部位

航行に支障を及ぼした損傷のうち、「機関室機器および主機関の部位別割合」をNK会誌 No 292, 296, 301, 304, 309, 312（2009年度から2014年度）の「損傷のまとめ」を基にまとめた図8では、過給機、シリンダユニット関係、軸系が上位3位を占めており、過給機とシリンダユニットの事故だけで約60%に達しています。

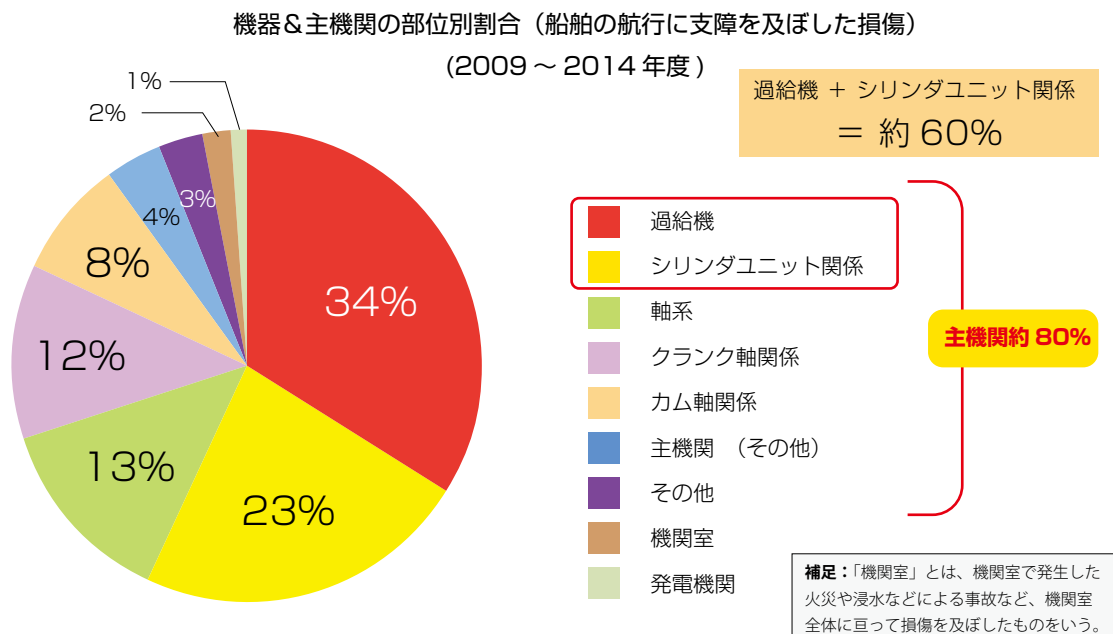


図8 航行に支障を及ぼした損傷のうち、機関室機器および主機関部位損傷の割合 参考文献*6

1.3.6 内航貨物船の機関損傷

内航貨物船について海難審判庁が2000年度から2002年度に裁決した機関損傷事故とその傾向を分析したところ、外航船と同様、過給機、シリンダユニット関係（シリンダ・ピストン関係）のトラブルが約70%を占めます（図9）。これは図8に示したClass NK「損傷のまとめ」と類似した傾向です。

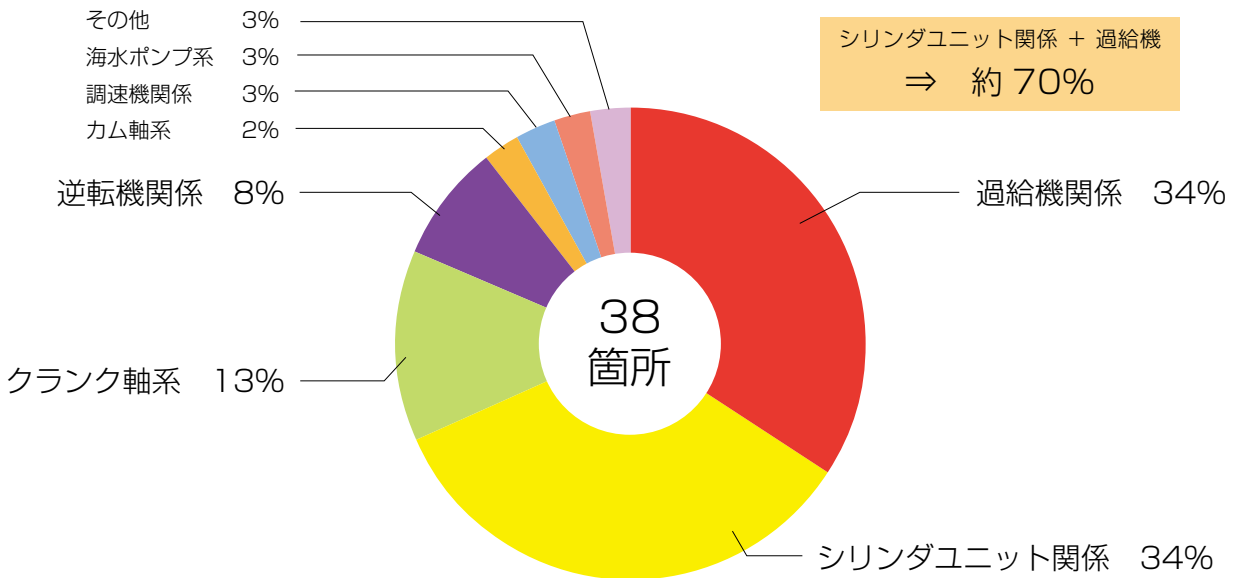


図9 内航貨物船の損傷箇所の状況 参考文献*5

1.3.7 自航不能損傷—機器 & 部位

自航不能になった損傷のうち機関室機器および主機関部位を前述1.3.5のClass NK会誌の「損傷のまとめ」を基にまとめたグラフを図10に示します。シリンダユニット関係、軸系が上位を占め、その合計は約50%となっています。

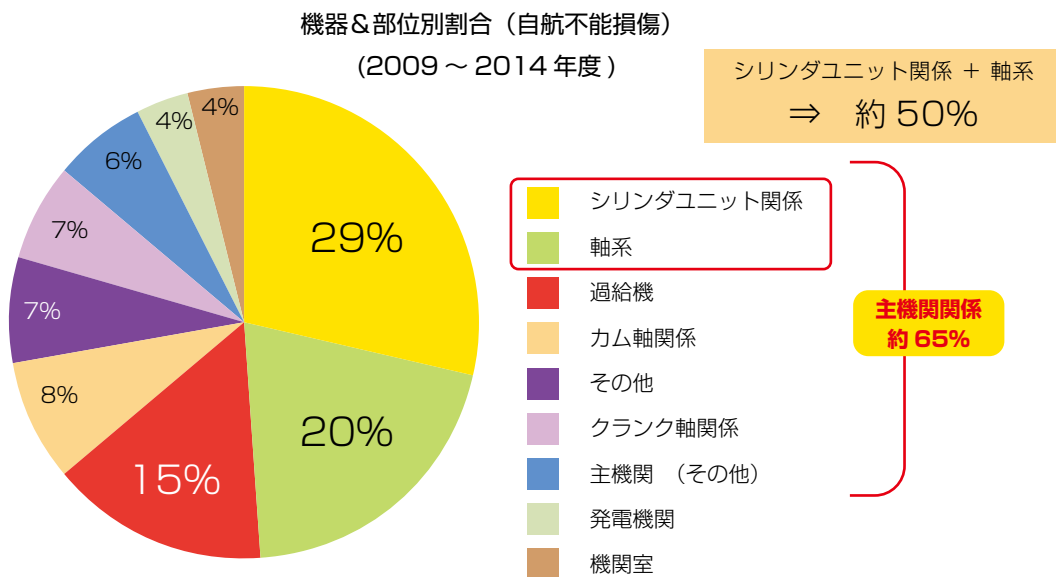


図10 自航不能損傷のうち機関室機器および主機関部位損傷の割合 参考文献*6

1.3.8 出力低減損傷－機器 & 部位

出力低減に至った損傷のうち機関室機器および主機関部位の割合も前述 1.3.5 の Class NK 会誌の「損傷のまとめ」を基にまとめたグラフを図 11 に示します。過給機、シリンダユニット関係が上位で、その合計は約 70% 弱になります。

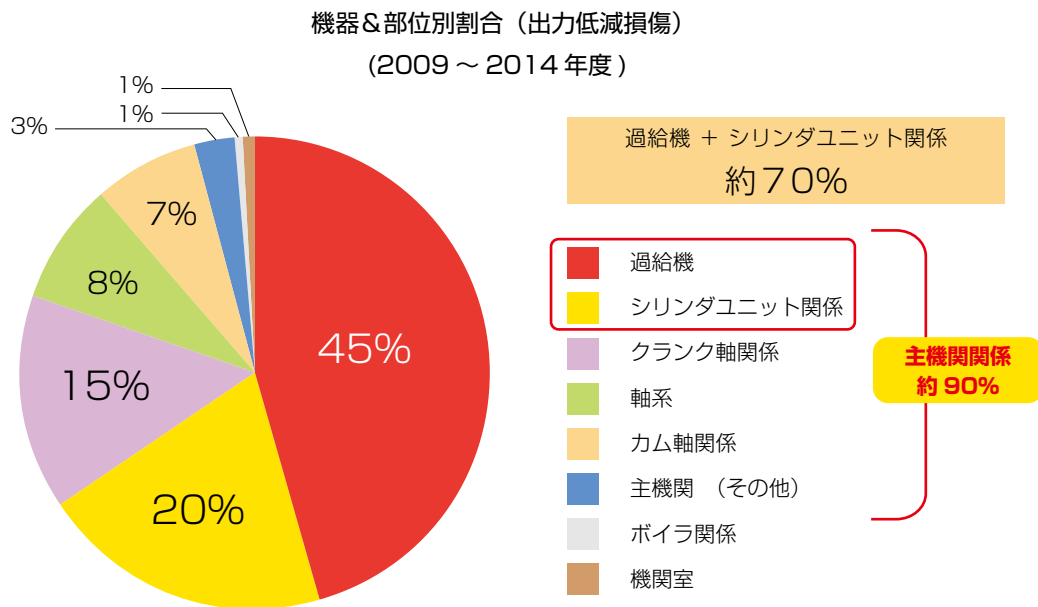


図 11 出力低減損傷のうち機関室機器および主機関部位の割合 参考文献 *6

1.4 統計まとめ

ここまでの統計データをまとめると、次のようなことが判りました。

- (1) 海上保安庁によれば、機関故障の原因のうち、ヒューマンエラーが約 70% を占めています。
- (2) 海難審判所によれば、機関事故は主機の整備・点検・取扱不良が約 70% を占めています。
- (3) Class NK によれば、航行に支障を及ぼした損傷機器は主機関が最も多く、部位として過給機およびシリンダユニット関係（シリンダ・ピストン関係）で約 60% を占めます。
- (4) 約 10 年前の分析情報ですが、海難審判庁が内航貨物船に関し裁決した機関損傷事件も過給機およびシリンダユニット関係（シリンダ・ピストン関係）が約 70% を占めており、上記 Class NK の統計に類似した傾向を示しています。

これらから、機関事故も操船関係事故と同様、ヒューマンエラー（人的要因）によるところが多く、運航に影響の及ぶ損傷の部位では、過給機およびシリンダユニット関係（シリンダ・ピストン関係）に集中していますので、それらに注意が払われなければならないと考えられます。

1.5 損傷部位の詳細 (Class NK)

1.5.1 過給機の損傷 (巻末 基本参考情報 (2)-①過給機ご参照)

(1) 損傷特徴

主機関の損傷のうち過給機の損傷事故の割合が毎年最多を占めています。なかでも損傷が多いのは次の3つです。

- ① 爆発 / オーバーラン
- ② 振動 / 異常音
- ③ 潤滑油不足によるロータ軸 / 軸受けの損傷



図 12 破損したタービン翼
2011年度 出力低減 T/C 爆発 参考文献 *10

右の写真は、爆発によって出力低減損傷に至った例です。過給機駆動側のタービン翼が折損している状態を示しています。

損傷の原因は、低質燃料の使用、燃料弁の噴霧不良、掃気室の汚損等、保守および整備不良に起因する主機関の排気系や燃焼室の汚損、並びに、過給機入口排ガス温度などの影響です。(参考文献 *7, *8)

対策としては、メーカーから発行された取扱説明書や教訓に基づいて整理された最新のサービスニュースの収集、それに従った適切な保守整備の実施により防止可能であると ClassNK は推奨しています。(参考文献 *8, *9) 損傷写真を巻末の写真集④-1に掲載しましたので、ご参照ください。

(2) 過給機の損傷爆発 / オーバーランの件数

過給機の爆発 / オーバーラン事故について、「2009年度から2014年度における過給機の損傷台数 (図13)」で、推移だけに注目すると減少傾向にあるように見えますが、まったくゼロになった年度はないという点が挙げられます。

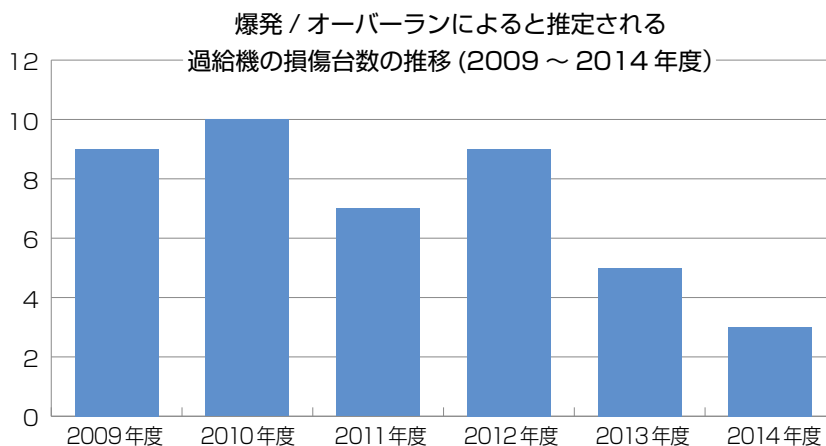


図 13 爆発 / オーバーランによると推定される過給機の損傷台数の推移 参考文献 *7

(3) 過給機の爆発／オーバーランによって損傷した部位

「過給機の爆発／オーバーランによって損傷した部位（図14）」で、爆風が発生した場合、どのような順番で損傷が起こるのかを **a** ～ **c** の順に示します。

- a** タービン翼、ノズルリング、ケーシング等が破損（あるいは、破損したタービン翼などの破片の接触により他部位が破損）
- b** また、ローター軸が異常な高速で回転するため軸／軸受（ジャーナル軸受／スラスト軸受）が異常摩耗を起こして焼付／掻き傷が発生
- c** および、軸受が損傷することによって軸の回転にブレが発生し、コンプレッサ翼とケーシングが接触して共に掻き傷が発生

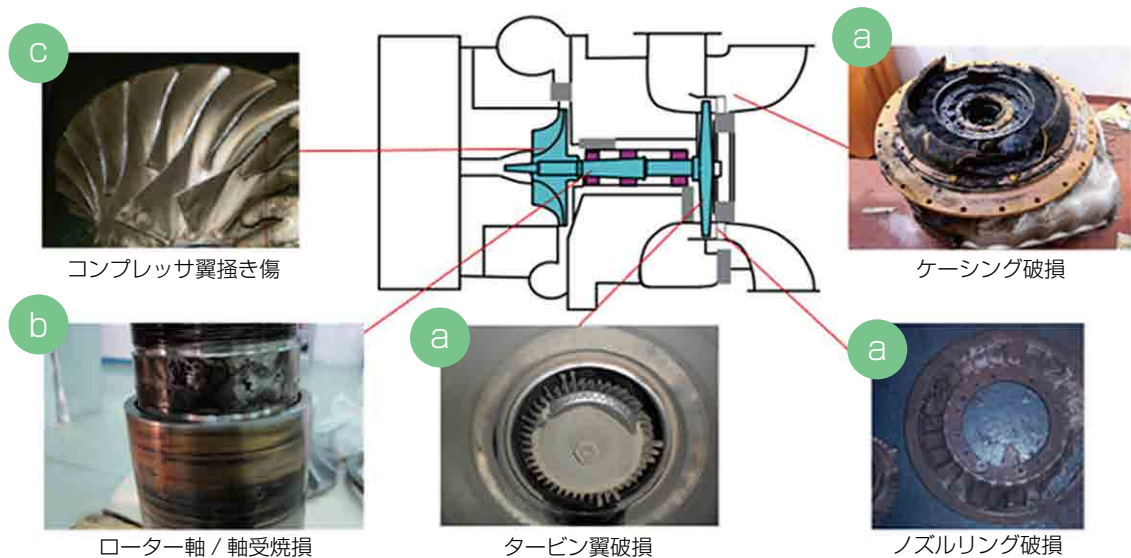


図14 爆発／オーバーランによって損傷した部位 参考文献*7

爆発の度合いが大きいと過給機の損傷のみに留まらず、過給機から出火して機関室火災の大惨事に発展するケースもあります。

(4) 爆発／オーバーランとは？

爆発オーバーランについて、その特徴とメカニズムは以下の通りです。

① 特徴

主機関から過給機へ接続されている排気管／マニホールドや過給機内に未燃焼燃料や潤滑油の油分が堆積していると、それらに着火した際、爆発的な燃焼に至る場合があります。その結果、過給機が過回転する、もしくは、過給機そのものが爆発し、前述したように過給機各部位に損傷を及ぼします。

② メカニズム

図 15 に爆発 / オーバーランのメカニズムを a ~ f の順に示します。

- a ピストン抜き作業を行っても、ピストンおよびピストンリングを適切に整備交換しないまま使用し続けると燃焼ガス（排気ガス）が掃気室に吹き抜けるブローバイが発生します。
- b この時、排気ガスが掃気室内へ流入するので、掃気室内が油堆積物などで汚損された状態にあると（図 16）この堆積物に引火して掃気室火災が発生。この時掃気室から送られてきた空気は、この火災のため二酸化炭素を含んだまま燃焼室に送り込まれます。
- c よって、燃焼室内では酸欠状態での燃焼（不完全燃焼）が行われます。
- d すなわち、未燃焼燃料が多量に排気管 / マニホールド / 過給機（タービン側）へ導かれ、堆積します。
- e そして、ある程度蓄積したところで発火 / 爆発的燃焼が発生します。
- f これによって過給機が過回転（オーバーラン）を起こします。

他にピストンクラウンの破孔や燃料噴射弁の噴霧不良、長期的な減速運転が原因となるケースもあります。

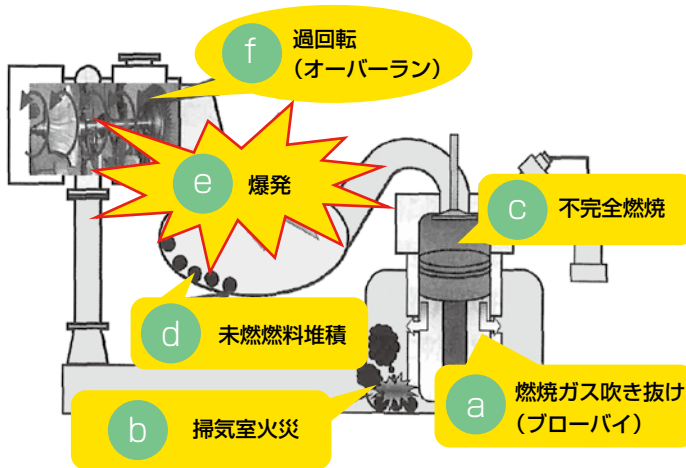


図 15 掃気室火災による過給機の爆発 / オーバーランのメカニズム
参考文献 *7



図 16 油分が堆積した状態の掃気室 参考文献 *7

③ 爆発 / オーバーランの事例

爆発 / オーバーランの具体的な出力低減損傷例を紹介します。航行中、突然主機関排気マニホールドが爆発し、錨地において緊急措置として、過給機を切り離れた上で減速航行して目的港に到着しました。その後、右記の損傷が確認されました。

- タービン翼：破損（図 17）
- ジャーナル軸受：焼損
- ラビリンス：破損
- ノズルリング：曲損（図 18）
- スラスト軸受：ホワイトメタル剥離（図 19）

これは、(4)－②で解説した爆発／オーバーランメカニズムの通り、掃気室内で火災が発生し燃焼室内で燃料が不完全燃焼し、その結果排気マニホールド内に未燃焼燃料が堆積して爆発しました。最終的に過給機のオーバーランに至った例です。



図 17 破損したタービン翼 参考文献*7



図 18 曲損したノズルリング 参考文献*7



図 19 メタルが剥離したスラスト軸受 参考文献*7

「マニホールドや掃気室に油分が滞留」や「ブローバイが発生」というメカニズムを(4)－②で解説していますが、対策は、堆積した未燃焼の燃料や潤滑油の処理、ならびにピストンの整備不良を排除することです。すなわち、日常作業のなかにおいて点検・整備・清掃の基本動作が厳格に実施されることこそが重要です。以下に具体的な作業について列記します。

- 排気マニホールド爆発防止のために、排気管 / マニホールド / 過給機の適切な清掃
- 掃気室火災防止のために、掃気室（含むドレン管）の適切な清掃
- ブローバイ防止のために、ピストンリングやピストンクラウンの定期的な点検整備（衰耗量計測）
- 良好な燃焼のために、燃料噴射弁の定期的な点検・整備

(5) 振動 / 異常音

① 原因と対策

振動 / 異常音について説明します。これは、タービン翼に不完全燃焼物等が付着したことで回転にアンバランスが生じた結果、軸受損傷等に至った例です。

対策としては、これも定期的な清掃が必要です。メーカーが推奨する整備間隔もありますが、これは、使用している燃料の燃焼状況によって大きな影響を受けるため、すなわち、燃料の質、主機関の運転負荷や航行海域などの環境も関係してくるので、運航状態について主機関の運転パラメータ（温度、圧力等）などを厳格に監視し、状態変化を把握して異常の予兆を捉え、適切に整備を行なうことが大事です。

② 事例

振動 / 異常音に関する事例を紹介します。航行中、過給機から異常音 / 振動が発生し、主機関の性能が低下しました。自力航行不能と判断され、本船は曳航されて入港した後に詳細な点検が行われました。その結果、過給機タービン翼およびノズルリングに炭素が大量に付着していることが発見されたため、(図 20 & 21) 汚損された部品の清掃、軸受 / シーリングなどの損傷部品 (図 22 & 23) の新替および主機関の整備 (空気冷却器、ピストンリング交換等) が実施されました。

この原因は、機関の不完全燃焼による汚れの堆積および定期的な清掃の未実施によるものでした。

対策は、上述した通り、「適切な点検・整備を行う」に尽きます。



図 20 タービン翼に付着した炭素 参考文献 *7



図 21 炭素付着で汚損されたノズルリング 参考文献 *7



図 22 掻き傷が発生したローター軸 参考文献 *7



図 23 油穴位置のずれた軸受 参考文献 *7

1.5.2 潤滑油不足によるローター軸／軸受の焼損

(1) 特徴と原因

潤滑油不足によるローター軸／軸受の焼損の特徴と原因をご紹介します。(参考文献*7)

ローター軸／軸受の焼損は、その多くが潤滑油不足によるものと推定されます。具体的には以下の3つが原因として考えられます。

- ① 潤滑油自体の劣化（水分等混入）
- ② 軸受油穴の閉塞
- ③ 潤滑油ポンプ不具合による潤滑油の流量不足

(2) 事例

潤滑油不足によるローター軸／軸受の焼損に関する出力低減損傷例を紹介します。(図24、参考文献*4)

航行中、主機関過給機から異常音および振動が発生しました。過給機を開放点検したところ、軸受焼付、コンプレッサ翼とケーシングの接触傷が確認され、損傷箇所は新替されました。

根本的な原因として船内業務多忙を理由に、潤滑油ポンプの定期点検が延期されており、その結果、軸受の潤滑が適切に行われずに軸受の焼付が発生したものです。そのため、軸のアンバランスによってコンプレッサ翼とケーシングが接触したものと推測されています。



図24 過給機コンプレッサ翼の掻き傷 2014年度出力低減 潤滑油不足 参考文献*4

本件の再発防止策を考えると、計画整備の時間がとれなかったことが原因ですので、対策はメーカー取扱説明書に基づいた保守計画の立案と実行になります。

さらに、ここで注意が必要なのは、本船でスケジュール遵守を念頭において策定された整備計画だけでは、



その範囲にも限界がありますので、陸上側でも船舶管理部門と運航部門で入念な打ち合わせを行い、必要な整備時間確保の調整を行う事も必要です。

1.5.3 シリンダユニット関係の損傷

(1) 損傷の特徴

シリンダユニット関係の損傷は2番目に事故が多い箇所です。(参考文献*4)

その損傷は、燃焼室構成部品の損傷にとどまらず過給機の損傷に至る危険性があります。原因は低質燃料油の使用や保守および整備不良などです。

特に使用燃料が低質であることが判明した時点で、前処理を入念に行なう、主機関の運転負荷を下げる、軽質燃料を混合して低質燃料を希釈・改質する、燃料添加剤を使用するなどの必要な対策を取ることが重要です。

(2) 低質燃料油の例 (図 25、参考文献*10)

低質燃料油使用による自航不能損傷例を紹介します。航行中に多くの異常が発生し、最終的に主機関が起動不能となって自航不能となり、本船は最寄りの港へ曳航されました。

主機関の応急修理として、燃料噴射ポンプおよび燃料噴射弁が必要に応じて新替され、また、新しい燃料油が300トン補油されて航海が再開されました。そして修理地に到着後、No.1, 2および4のピストンクラウンおよびピストンリングに異常な摩耗が認められたため、整備済みのものに交換されました。



図 25 磨耗したプランジャー
2011年 自航不能 低質燃料 参考文献*10

(3) 保守・清掃不良の例 (図 26、参考文献*11)

保守・清掃不良による自航不能損傷例を紹介します。

① 第一のトラブル

航行中、主機関潤滑油が高温になり、主機関が自動停止しました。No.6 ピストンクラウン頂部に破孔が認

められたので、同ピストンは予備品と取り替えられました。

② 第二のトラブル

その後、主機関を常用回転数に増速した際にノッキング音が発生しました。再度、主機関を停止して点検したところ、No.6 クランクピンおよび同軸受に損傷が認められたので、本船は、主機関 No.6 シリンダを切離し、減筒運転することで、修理地まで航行しました。修理地において点検したところ No.6 クランクピンの傷およびアライメントの狂いが認められ、適切なアライメントにすべくクランクピンが約 2mm 削正されました。また、No.6 クランクピン軸受についても再溶着によるサイズ調整も行われました。

更に、No.6 クロスヘッドピンおよび同軸受にも著しい損傷（亀裂）が認められ、クロスヘッドピンは滑らかに削正され、同軸受は新替えされました。その後、この修理中に、No.6 クロスヘッドピンの給油管内および油溜まり内に布きれの混入があったことが確認されました。

主機関の古い潤滑油は、廃油タンクに移送され、サンプタンク、オイルパンおよび全入り口側のフィルター清掃が行なわれ、新しい潤滑油 10,000 リットルがシステムへ補給されました。



図 26 破孔したピストンクラウン 2009 年度
自航不能 整備不良と修理時のミス 参考文献*11

③ 推定原因と対策

本ケースでは、主機関について、計画整備不良と損傷修理復旧時の不具合の 2 つが重なったものです。

第一のトラブルはピストンクラウンの点検時の浸透探傷検査と摩耗点検が十分でなくピストン頂部に亀裂（クラック）が発生したものと考えられます。対策は、ピストンクラウンにメーカー取扱説明書に基づく計画整備の実施と開放整備時の計測点検により同部位が使用基準範囲内であるか否かを判定し、必要なら整備済みの予備品もしくは新品と交換することです。

第二のトラブルは上記第一のトラブルの修理組立作業時に回収し忘れた布切れが運転中に給油管内を閉塞したことが原因で、潤滑油供給量が不足し、軸受け損傷に至ったものと考えられます。対策としては、トラブル復旧作業時は時間に追われて作業手順が雑になりがちですが、組立て時の重要ポイントである下記 ①②③などを部下任せにせず、機関長（以下、C/E と記す）・一等機関士（以下、1/E と記す）といったシニア機関士がダブルチェックするといった配慮も必要となります。



- a 残留物を残さない
- b 組立て接地面の清掃
- c 規定の組立て締付けトルクや締付け方法の遵守等

(4) 過給機の損傷に至る危険性のある損傷 (図 27、参考文献 *10)

過給機の損傷に至る危険性のある出力低減損傷例を紹介します。

航行中、多数のシリンダで掃気室火災警報が発生し、排気ガス、掃気、冷却水の異常高温が認められました。また、掃気トランク内には多数のピストンリングの破片が認められました (=ブローバイ)。

本船は、圧縮低下および冷却水が高温のため、航行に必要な機関回転数が維持できなくなり、低速 (30 ~ 50rpm) に落として航行しました。停泊後に点検したところ以下が発見され、必要な応急修理が施されました。

- 主機関の全シリンダライナの内面上部に亀裂が発生

処置 : No.1 ライナは新替

- No.1 ピストンの上部リング溝の欠損

処置 : No.1 ピストンクラウンは新替



図 27 亀裂の発生したライナー
2011年度 出力低減 掃気室火災 参考文献 *10

No.1 クロスヘッド軸受のホワイトメタルの剥離も発見され、船級検査で本修理するように指定事項が付されたため、後日さらに主機関に関し以下の修理工事が実施されました。

- No.2,4,5,6 ピストンの全ピストンリング新替
- 全シリンダライナ新替
- NO.1 クロスヘッドベアリング新替

本件は 1.5.1 の(4) (過給機) 爆発/オーバーランでご説明したブローバイによる掃気室火災であるため、対策はメーカー取扱説明書に基づいたピストンの計画整備および掃気室の油性堆積物の定期的な除去を励行することになります。

1.5.4 軸系の損傷 : 中間軸受 (巻末 基本参考情報 (2)-②ご参照)

(1) 損傷の特徴

軸系の損傷の中で、折損のケースは予防が難しいですが、中間軸受損傷には対応策があると考えられます。中間軸受損傷の特徴は、軸の亀裂、軸受の摩耗／剥離／焼損などで、以下に紹介します。

(2) 中間軸受の損傷例 (図 28、参考文献 *10)

航行中の定期点検時に、C/E が中間軸受のオーバーヒートを認め、直ぐに、主機関回転数を下げました。状況は次の通りでした。

- ① 中間軸受プランマープロックの潤滑油の液位が低レベル
- ② 潤滑油の温度は 100 °C 以上
- ③ 上部カバーの温度は 132°C

以下の応急処置が施されました。

- ① 10 リットル分の潤滑油を補給
- ② 軸受への冷却海水の供給量が増えるように船尾管潤滑油冷却器の冷却海水入り口管のバイパスバルブが開放されました

入港後に行った開放点検の結果、図 28 に示すメタルの焼損、摩耗、および、はく離が認められました。原因は、冷却海水の不足、および、潤滑油の不足および劣化と考えられます。処置として、損傷した中間軸受メタルは表面メタルが再蒸着されました。

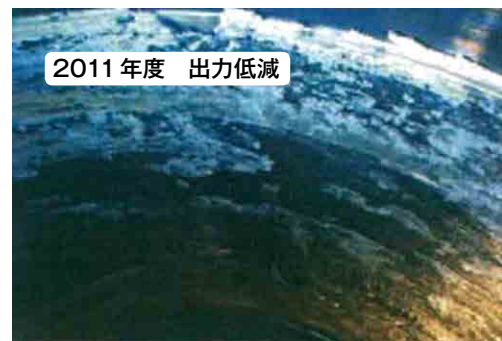


図 28 焼損した中間軸受メタル
2011 年度出力低減 参考文献 *10

(3) 予防対策

予防対策は、軸受けの温度、潤滑油の量、流量、漏れ、冷却システムの運転状態などの軸受け周りの運転パラメータを毎日厳しく監視し、潤滑油の劣化、消耗や、冷却システムの冷却能力低下を早期に察知し、冷却水量の調整や適切な保守整備を行なうことになります。



1.6 損傷部位まとめ

損傷部位についてまとめると以下ようになります。

発生件数が最も多い過給機で、主な損傷は、次の3つです。

- ① 爆発 / オーバーラン
- ② 振動 / 異常音
- ③ 潤滑不足によるロータ軸 / 軸受けの損傷

1

それぞれ異質のものですが、対策に共通する点は保守不良への対応と考えられ、機関メーカーから発行された取扱説明書や最新のサービスニュースの収集と、それに従った適切な保守整備の実施により防止可能と考えられます。

2

次に多いシリンダユニット関係の損傷は、燃焼室構成部品の損傷および過給機の損傷に至る危険性のあるものが主です。原因は低質燃料油の使用や保守、および、整備不良でした。対策は適切な燃料油管理と保守・整備の励行です。

3

そして、三番目に多い軸系の損傷は、特に軸受に関わる事故での潤滑油管理やその冷却システムの保守・整備不足が原因と考えられ、これも適切な運転管理と保守・整備が対策として挙げられます。

統計データを元に航行に支障を及ぼした損傷を総合的に分析すると、機関事故においても、根本的な設計不良が原因というよりは、むしろ現場乗組員の保守・整備管理に因るもの、すなわち人の介在するものが原因となっています。つまり、科学や技術（工学）の原理原則に基づいて装置・システムが適切に作動するように、日頃から、計画的に保守・整備・点検を行い、機関の運転状態を適切に把握できる管理体制を整えておくことが重要です。

他方、本船上で実施できる対策は限定的であると考えられます。船舶管理部門でもいくつかの事例から損傷の特徴を捉え、メーカーから緊密なバックアップを受けるなどして、既存の取扱説明書に加えて最新情報を収集し、これを本船へ伝え、対策として適切に機関運転や日常点検・整備作業を実施させることによって、トラブル抑制に発展させることも重要です。

もちろん、多忙かつ限られた運航時間の中では整備作業時間の確保が難しい場合もありますので、船舶管理部門は運航部門に本船の必要な整備作業について情報展開し、整備のために必要な時間を確保する体制を整えるなど、船・陸で事故防止のための適切で計画的な保守・整備を実施するために、協同して取り組むことが重要です。以上にご紹介した情報は一般に公開されていますが、この中には意外と重要なメッセージが潜んでいます。今後も、今回紹介したような情報に注目していただければと思います。

第 2 章 | 当組合における機関事故に 起因する事故傾向

本章では当組合で取扱った P&I 事故案件の中で、機関事故に起因するものに注目し、どのような注意が必要であるかを具体的に検討していきます。

まず、当組合における 2008 年から 7 年間分の事案から、機関トラブルが原因により発生したクレームを抽出し、その傾向をさぐります。例えば、貨物損害や港湾設備損害では、どの装置のトラブルが影響を及ぼしているのかなどについて検討します。

次に、事故事例を紹介して再発防止について検討します。

最後に、参考情報として P&I 保険でてん補対象外となる海洋汚染防止条約（以下、MARPOL 条約と記す）違反に関する注意点をご説明します。

2.1 当組合における事故の傾向

2.1.1 事故種類別傾向

2008 年保険年度（Policy Year：以下、PY と記す）から 7 年分の機関トラブル起因のクレームを調査したところ、27 件の特徴的な事案が確認されました。発生件数の比較（図 29）によれば、クレーム件数は多い順から、貨物損害、その他、港湾設備損傷の順となっています。その他にはクレーンの作動油や機関室内の潤滑油冷却器から潤滑油が流出したケースが含まれています。

衝突や座礁の件数が少ないですが、もし、事故が船舶交通量の多い輻輳海域や沿岸海域、或いは、港湾区域で発生していれば、そのような事故に発展したと考えられるものもありました。

詳しくは、後述の事故事例紹介で説明します。

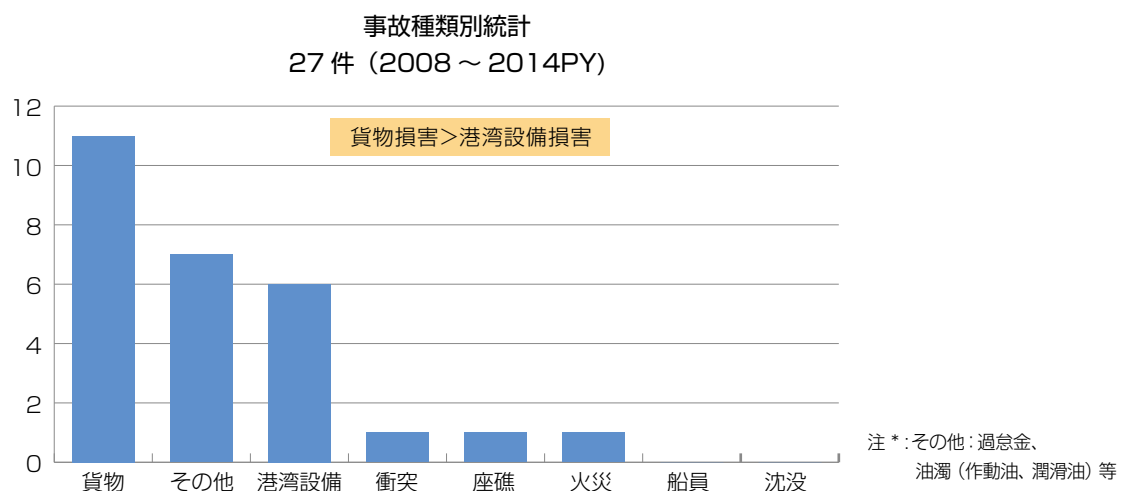


図 29 事故種類別統計



(1) 直接原因の内訳

全ての事故の中で、どの機器が事故原因となったかを示す「直接原因（機器）別割合（図30）」によれば、主機関と発電機が原因の約半数を占めています。

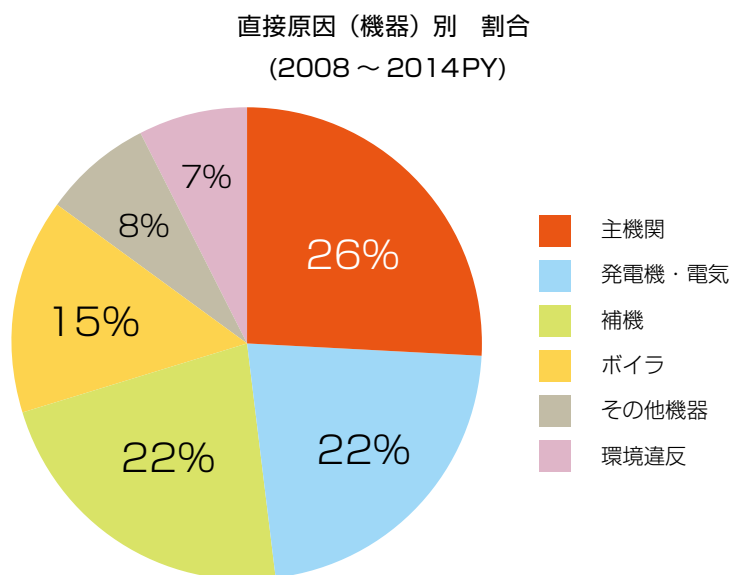


図30 直接原因（機器）別割合

(2) 貨物損害の原因

貨物損害に対し、どの装置が事故原因となったかを示す「直接原因（機器）別割合（貨物損害）（図31）」によれば、冷凍船と冷凍コンテナの損傷が多く、発電機や電気系のトラブルで電源不足に至ったケースが40%弱を占めています。

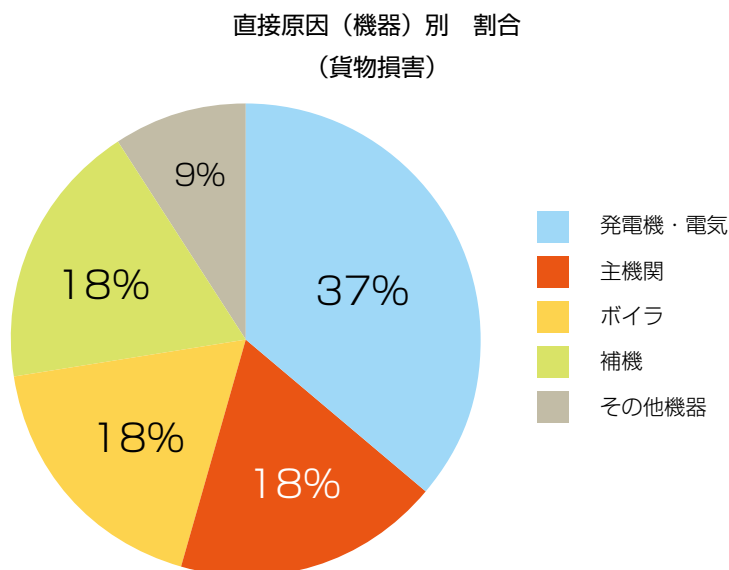


図31 直接原因（機器）別割合（貨物損害）

(3) 湾設備損傷の原因

港湾設備損傷に対し、どの装置が事故原因となったかを示す「直接原因（機器）別割合（港湾設備損傷）（図 32）」によれば、主機関のトラブルによる機関運転不能が根本原因となった事案が最も多く、約 50%を占めています。

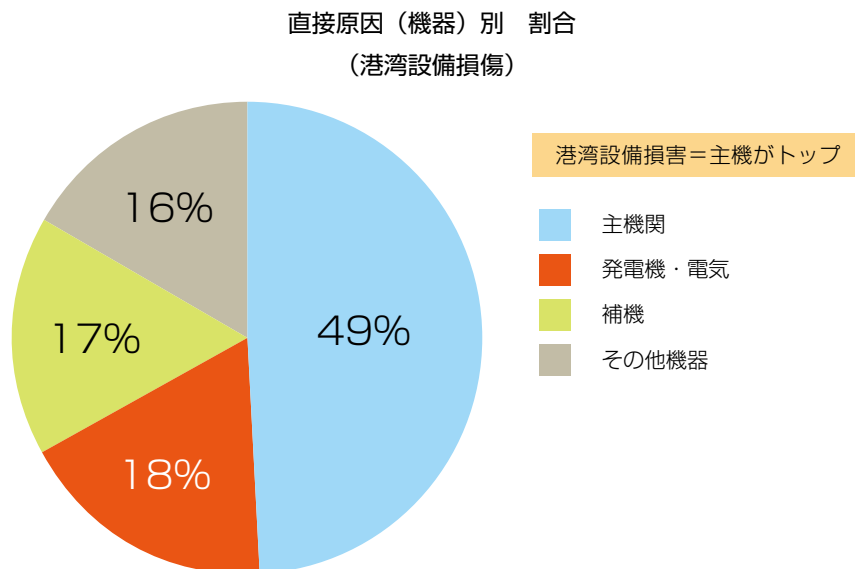


図 32 直接原因（機器）別 割合（港湾設備損傷）

(4) その他の事故原因

その他事故において、どの装置が事故原因となったかを示す「直接原因（機器）（その他）（図 33）」によれば、補機やボイラといった機関室の補助装置が多くを占めています。特に、環境被害に関係する事故ではクレーンの作動油や機関室内の潤滑油冷却器から潤滑油が流出した油濁や、ボイラの燃焼不良による黒煙の発生などが対象となります。

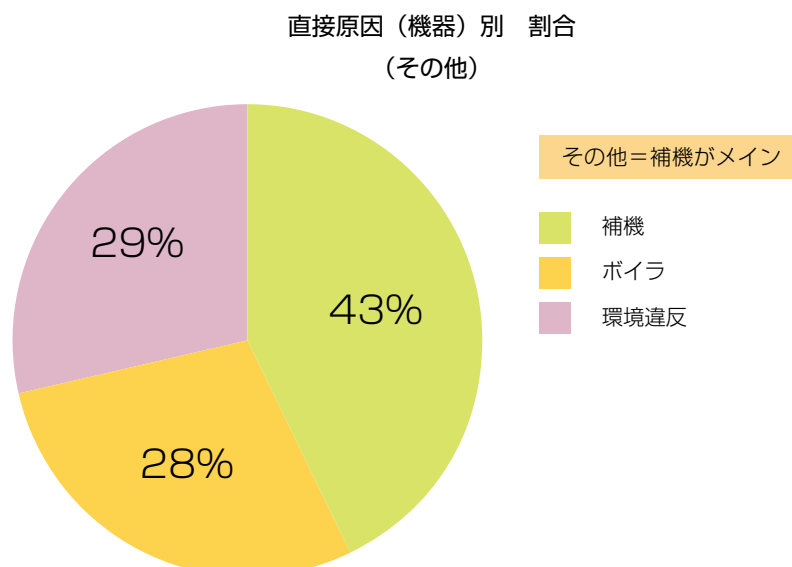


図 33 直接原因（機器）別割合（その他）



2.2 事例紹介

当組合の取扱い事故の中で、機関事故に起因するものから以下4つの事案について、事故概要、保険てん補額、機関室で何が起こったかなどを紹介し、そこにどんな課題が潜んでおり、どのような対策が必要かについて事事故例を紹介しながら検討していきます。

2.2.1	貨物損害（貨物不足損害）	：ボイラ故障
2.2.2	港湾設備損傷（海底ケーブル損傷）	：主機関起動不能
2.2.3	貨物損傷	：発電機再起動不能（ブラックアウト：停電）
2.2.4	環境損害	：ボイラ燃焼不良

2.2.1 貨物不足損害：ボイラ故障

(1) 事故概要

本船はベンゼンを積載して揚地へ向けて航行中、ボイラ水の外部への漏水が認められたため、ボイラの運転を中止しました。結果として、航海中に貨物の加熱ができないまま揚地港に入港し、その時点の貨物タンクの温度は平均 5.25℃でベンゼンの融点（5.5℃）を下回っていました。

揚荷役開始に先立って、ターミナル側から加熱用蒸気の供給を受けて荷役を開始しましたが、十分に加熱ができなかったため、タンク壁等に貨物が残り、全量を揚げ切れず貨物不足損害が発生しました。

荷主側は、貨物クレームとして加熱蒸気の供給費用等を含めた約 US\$20,000 を船主へ請求しましたが、最終的に船主は約 US\$10,000（請求額の 50% 相当）を支払うことで解決しました。

(2) 保険てん補額

貨物クレーム解決金	：約 US\$	10,000（約 1.1 百万円）
サーベイ費用	：約 US\$	2,000（約 0.2 百万円）
コレポン費用	：約 US\$	3,000（約 0.3 百万円）
合計	：約 US\$	15,000（約 1.7 百万円） （US\$1 = 110 円）

(3) 機関室で何が起ったか？

① 機関室でボイラのケーシング下部に漏水が認められたため、ボイラの運転を停止した。

関係写真の図 34 ボイラケーシング下部、図 35 下部ドラム / マンホール、および、図 36 上部ボイラケーシングをご参照ください。



図 34 ポイラケーシング下部
(上部からの漏水痕)



図 35 下部ドラム / マンホール
(上部からの漏水痕)



図 36 上部ポイラケーシング
(ペイント膨出)

ボイラ水管の損傷事故は、以下の二つに分けられます。

- a ボイラ水が接触する水側の損傷
- b 燃焼ガスが接触する火炉側からの損傷

損傷防止のためには、「ボイラ水の適切な管理（水質チェック／化学的処理／ボイラ水の放出（ブローオフ）」と「燃焼室内部からの点検等」が重要になります。

一方、Class NK の「損傷のまとめ」によれば、ボイラ損傷事故として次のような事故も報告されています。

- a 水管や煙管の腐食および焼損
- b ボイラ本体の肌付弁の腐食および摩耗
- c 安全弁の腐食

② 本船搭載のボイラは図 37 ボイラ断面図に示す貫流型ボイラです。損傷箇所や損傷がどの程度であったかなどの詳細情報はありますが、状況から判断すると、漏水の主因としては、ボイラ水側、および、燃焼ガス側の双方からの腐食による水管の破損であり、二次的原因としてドラムの変形なども考えられています。

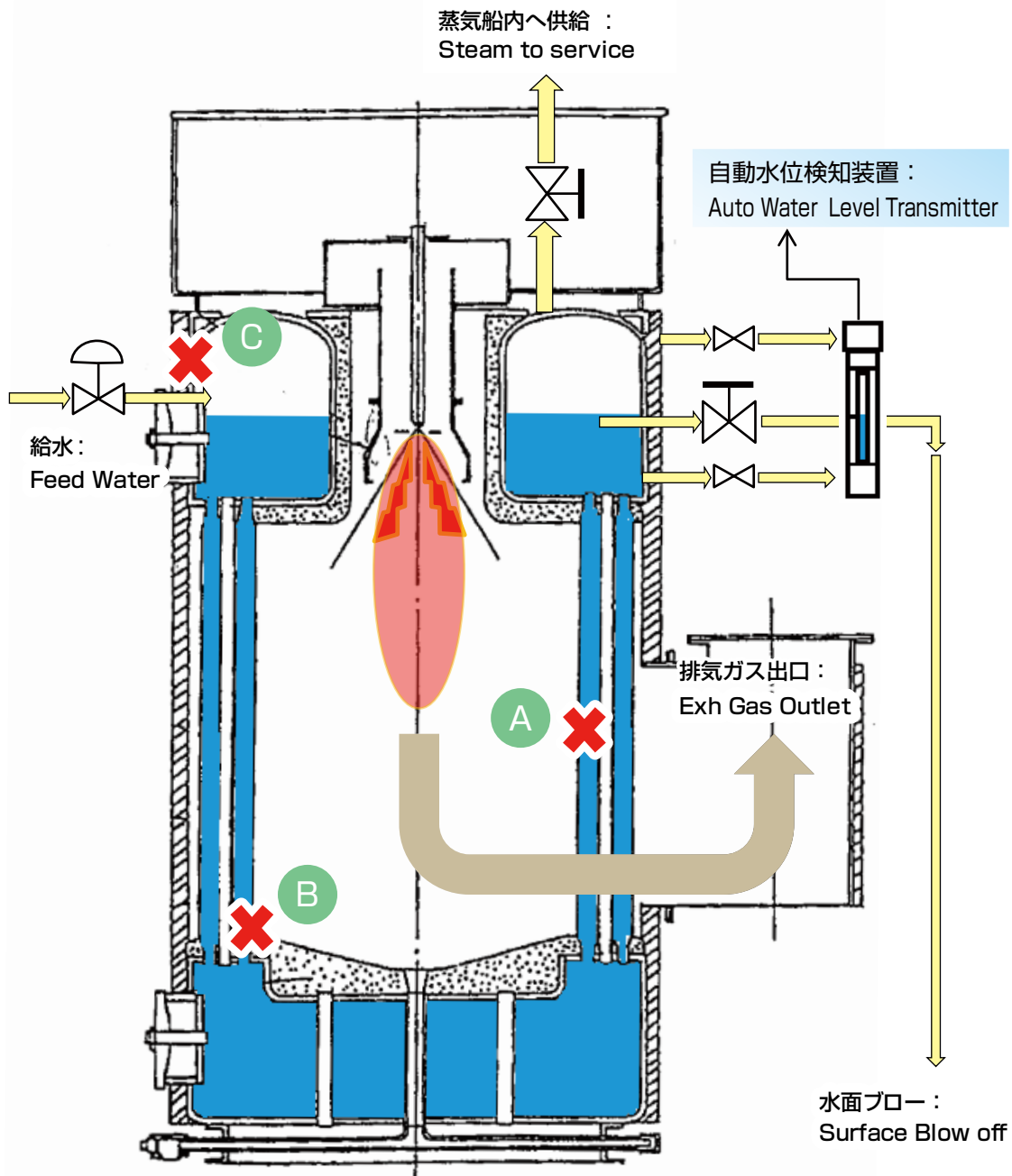


図 37 ポイラ断面図

(4) 原因分析・・・チェックポイント

事故状況から考えられる推定原因について、図 37 に示す損傷箇所を 3 つに分けて、A、B、C の順に注意点をチェックしていきます。

(4)-1 【運用面（運転管理）のチェック】

運用面において、いくつかのポイントが挙げられます。

① 箇所 **A**

ボイラ水の管理が不十分な場合に、管内部へのスケールの堆積により局部的に熱伝導率が低下し、その影響で当該部が過熱され、材料強度が著しく低下したと考えられます。

その結果、水管に破孔が発生したものと考えられます。破孔の状態は、図 38、図 39 をご参照下さい。



図 38 スケールが原因による破孔 参考文献*12



図 39 スケールが原因による破孔 参考文献*12

スケールは、我々が日常的にお湯を沸かす薬缶（ヤカン）や電気ポットの内面に付着している白い汚れをイメージすると理解しやすいでしょう。スケールはその白い粉のような汚れで、汚れの付着によって熱伝導が悪くなり、汚れる前より長く加熱しないと、お湯の温度が必要な温度に達しません。さらに汚れが酷くなると過剰な加熱をしなければならなくなり、金属材料が設計（想定）以上に過熱されて強度不足に至り、金属破孔が発生します。

② 箇所 **B**

ボイラドラムと水管は、水管の端を拡管（expanding）して接続されています（図 40：拡管接続部構造図）。同接続部の緩みの影響によって、漏水が発生する場合があります、燃焼室（火炉）底部に浸水したと考えられます。

さらに、燃焼室側に堆積している燃焼残渣の煤の未燃焼分の中に含まれている硫黄分と漏水の化学反応によって硫酸が生成され、硫酸腐食（低温腐食）に至ります。

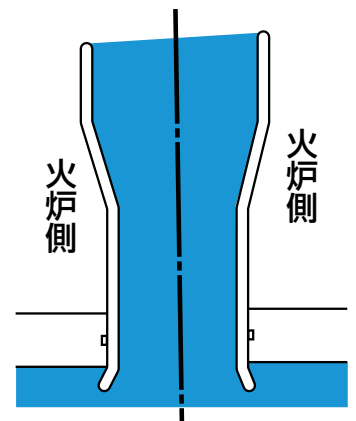


図 40 拡管部構造

(4)-2 【ハード面のチェック】

ハード面では、以下のポイントが挙げられます。

① 箇所 **C**

ボイラ上部ドラムの変形、膨張は、ドラム水位が低下した時に過熱により生じたものと考えられます（空焚き）。本来ならば、ドラム水位の自動検知装置により、水位が低下した場合は警報発生や燃料遮断等の安全保護装置が作動します。しかし、水位検知装置の不具合を放置した場合には、このような事故が発生します。



このように、原因は単体の取扱い不良や整備不良でなく、複数の不具合が重なっており、負の連鎖（エラーチェーン）を断ち切ることができずに事故に至ったものと考えられます。

(5) 再発防止策

ボイラメーカーにより指示されている基本的な取扱い（運転操作、管理や各種の点検・整備事項）を十分理解し、忠実に、点検、管理、整備を実行することがトラブル防止の基本です。したがって、本ケースでは以下の再発防止策が推奨されます。



負の連鎖

(5)-1 【運用面での対策（運転管理）】

スケールは非常に硬く水に溶けにくいいため、いったん固着してしまうと、除去するのは困難です。従って、管内部へのスケールの付着防止には、ボイラ水の水质と給水の管理を徹底しなければなりません。

① ボイラ水、復水、給水の水质管理

- スケール付着防止、腐食防止、キャリーオーバー防止のため、塩素イオン濃度、各種分析数値をボイラメーカーの推奨基準値内に維持することが必要です。
- 缶水分析は最低 7 日に 1 回（高压ボイラでは 2 日に 1 回）実施すること。また、必要に応じて、薬品投入や、ボイラ水が濃縮している場合には、古いボイラ水を沈殿物と共に船外へ放出（ブローオフ）し、新たなボイラ水を補給して調整しなければなりません。

② 補給水から混入する不純物の最少化（補給水管理）

- カスケードタンク内を清掃し、常にボイラへ清浄な水が補給できる環境を整えること。高温に保ち、溶存酸素を制御すること。
- 給水用清水の塩分、および、硬度成分を低いレベルに維持管理すること。
- 造水器製造の蒸留水を給水とする場合には、貯蔵タンク容量の確保、タンク内の清浄度確保、造水器の適正運転、塩素計の精度管理が必要です。

③ 海水混入の防止

- 海水冷却方式のドレンクーラーを備えるボイラシステムの場合、ボイラ水の復水系統に海水が混入する恐れがあります。その場合、定期的にかスケードタンク内の復水の塩分濃度チェックを励行することが必要です。
- ボイラ水のブローオフ（船外への放出）の時、バルブ操作にも注意を要します。
例えば、ブロー開始時には圧力の高いボイラ側のバルブから順に開放し、終了時には圧力の低い船外側のバルブから順に閉鎖することを基本とします。
さらに、ブロー中はボイラ缶肌弁と船外弁は全開として、流量調整は船外弁に近い方の中間弁で行なうなどの注意が重要です。何故なら、中間弁は仮に不具合があったとしても、直に交換可能ですが、缶肌弁や船外弁は、入渠時を除いて、通常運航下のボイラ運転中での交換が困難であるためです。
- 海水混入の把握は、上記①に示した塩素イオンの監視が必要であることから容易に理解できます。

④ 低温腐食防止

低温腐食防止、すなわち、硫酸腐食の防止はその発生のメカニズムを理解し、その原因を排除する対策を実施しなければなりません。

発生メカニズムは、燃焼ガス中に含まれる硫黄分がボイラ水管外部表面に付着し、低温部で水分と化合し硫酸となって腐食に至ります。以下が対策として挙げられます。

- 定期的に炉内を清掃し、燃焼煤除去の実施と、炉内状態の観察、記録を継続する。
- 燃焼において空気を多く送り込む。すなわち空気過剰率が大きいと煤の発生は抑制できます。しかし、燃焼温度が上昇せず、局部的に低温となり硫酸腐食が生じる恐れがあるので、良好な燃焼が得られる範囲で空気過剰率をコントロールすることが大事です。
- 蒸気のスートブロワーを備えるボイラの場合、ドレンの炉内への滴下を防止してください。滴下したドレンが燃焼ガスと反応し、前述の箇所 B（図 40：拡管部構造）と類似メカニズムにより硫酸腐食破孔が発生するためです。

(5)-2 【ハード面での対策】

空焚き防止のために重要なことは、水位監視、および、その維持が基本です。そのために、以下の対策があげられます。

- ① 定期的な安全保護装置の作動点検を実施し、低水位時の警報 / 非常運転停止や失火検知等が実際に制御されるように、安全な状態を維持することが重要です。
- ② 付属の自動水位検知装置（トランスミッター） / 水位制御装置（コントローラー）の点検と機側機器の整合が必要です。例えば、自動水位検知装置（遠隔水位計）と機側の水面計の位置が一致していることを確認し、もし乖離しているのに整合調整しないまま放置すると、緊急時に適切な対応が取れません。また、自動水位検知装置と機側液面計については、取出弁が閉まっていると、実際の水位を反映しないので、毎日の見回り点検において、取出弁が正しい状態にセットされていることを確認することは、基本事項です。
- ③ 図 37 に自動水位検知装置が記載されていますが、上部ドラムと連絡する導管が詰まっていると、いくら自動水位検知装置、および、その関連装置が正常に作動していても、実際の上部ドラムの水位を反映しません。この導管に閉塞がなく自動水位検知装置がいつも正常に作動するよう、掃除を定期的に行います。

以上が技術的な面から見た重要事項ですが、追加として以下を留意しなければなりません。

ボイラの構造のような、非常にシンプルかつ明解なシステムの補機は、若手（ジュニア）機関士が担当するケースが多いようです。

しかし、ボイラのように、そのシンプルな装置でもひとたび事故が発生すると、輸送活動の基本である荷

役作業に大きな影響を及ぼすことがあることを常に認識しておくことが重要です。

若手機関士は、ともすれば運転操作に気を取られて保守整備が疎かになっていたり、目の前の仕事に一生懸命になる余り、重要な案件を後回しとする例が散見されます。本船や機関部全体の中で、自分の関わる仕事がいかに重要であるか、或いは、どういったことを最優先で取り組まなければならないかといったことが、おざなりになる傾向にあると思います。

こうした潜在的な原因に関する対策として、C/E、1/Eなどのシニア機関士が、若手機関士へ自分の担当している機器がいかに重要であるかということの説明することで、若手機関士の成長に大きなきっかけを与えることにもなります。特に、今回の例では、貨物不足損害における保険てん補額がさほど高額ではなかったのですが、ひとたび不具合が発生すれば、荷主や傭船者の信頼を失い、その回復には多大な労力と時間を要します。

このような点を踏まえて若手教育にも粘り強く取り組むことも、シニア機関士の重要な業務のひとつです。

本事故例分析では、技術的な重要事項を抑えることももちろん機関士の基礎として重要ですが、それら点検・保守・整備作業が何のために行わなければならないのかといった「根本的な部分での動機付けも重要」ということも強調したいと思います。

(5)-3 【参考：水管理の図表】

「ボイラ水の主な管理項目とその目的（図41）」、「補助ボイラの水管理（図42）」は、ボイラ水管理はどの項目をどのような目的でチェックしており、その背景となる化学のメカニズムは何かをまとめたものです。管理の参考に活用してください。

主な管理項目	主目的
PH (アルカリ度)	1 腐食の防止
	2 シリカや硬度成分によるスケール付着の防止
	3 油脂類の伝熱面への付着を防止
リン酸イオン濃度	1 硬度成分によるスケール付着の防止
	2 りん酸塩処理の場合は、ボイラ水のPH制御
塩化物イオン濃度 (電気伝導率)	1 ボイラ水の濃縮度の管理（全蒸発残留物の間接管理）
	2 キャリーオーバーの防止
	3 混入海水の発見
	4 腐食の防止
残留ヒドラジン	腐食の防止
シリカ	1 シリカによるスケールの防止
	2 主ボイラではシリカによるキャリーオーバーの防止

図 41 ボイラ水の水管理項目とその目的 参考文献 *13

通常、「缶水管理記録表例（月次）（図43）」のような書式によって、ボイラ水の状態を管理しています。

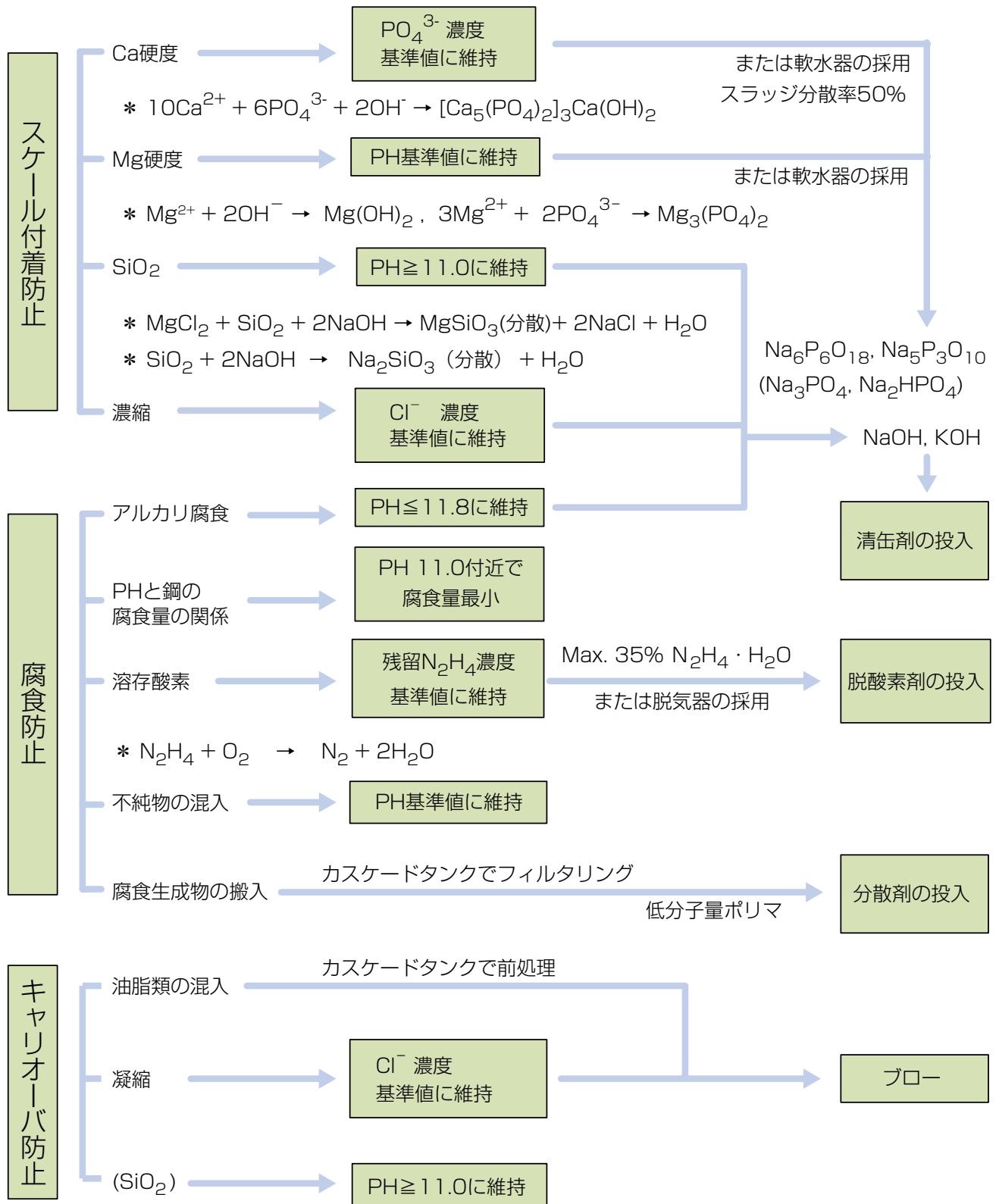


図 42 補助ボイラの水管理 参考文献 *13

SMS や安全管理規定で指示されているからと受動的に記録を残すのではなく、可視化された記録データとして、陸上の船舶管理担当者と C/E の間で状況認識を共有すると共に、船内でも担当機関士と C/E の間で正常・異常の評価を共有し、もしボイラ水の状態が基準外にあれば、なぜそうなっているのかを原因分析するとともに、対策を検討してボイラの状態の適切な維持管理のために有効に活用するためのものです。

Boiler Water and Cooling Water Analysis and Cooling Water Treatment Record															
M.V. _____		VOY. _____			Chief Engineer: _____										
Date	Boiler Water						Cooling Water						Remarks		
	Test Result					Consumed (M.T)	Blow (Tons)	Remarks	Main Engine			Aux Engine			
	PH (PPM)	CL (PPM)	PO4 (PPM)	P-ALK	M-ALK				ppm PH	ppm CL	Supply Quantit m ³	ppm PH		ppm CL	Supply Quantit m ³

図 43 缶水管理記録表例（月次）

(5)-4 【参考情報】 バックファイヤー防止の注意点

今回の水漏れ事故とは直接の関係はありませんが、ボイラを取扱う際の注意点として追加情報をご紹介します。

燃焼不良、失火の繰り返しなどにより炉内に未燃焼燃料が堆積する場合があります。そのような状態になると、下記のような事故が発生する可能性があります。

- ① 炉内点検のためにマンホールを開放時、大量の空気が進入した際に、前述した過給機爆発と同様に、急激な燃焼によりバックファイヤー（バックドラフト）が発生
- ② 再点火の際にボイラ自体が大爆発し、点検作業を始めようとした乗組員やボイラ焚口周囲に配置された乗組員が死傷して緊急搬送しなければならなくなった。

バックファイヤーを防止するには以下に注意しなければなりません。

- 運用面では、失火した際には手動で炉内を十分に強制パージ（ポストハージ）した後に原因調査にあたり、自動での再点火を繰り返さないこと。燃焼装置のカバーを開ける乗組員は、必ずカバー正面を避ける（身をかわす）ポジションで実施すること。
- 整備面では、燃料用電磁弁やバーナーが失火せず正常に運転できるように、点検・整備を励行すること。

2.2.2 港湾設備損傷（海底ケーブル損傷）：主機関起動不能

(1) 事故概要

出港直後に本船主機に不具合が発生し、緊急投錨しました。

主機の不具合の改善後に揚錨したところ、図 44 および図 45 に示すように、錨が海底ケーブル（電力会社の送電線）に絡まっていることが判明しました。トラブル発生時、水先人の指示に従って緊急投錨しましたが、図 46 に示す通りそこは投錨禁止エリアでした。

本船の錨鎖は切断され、図 47 に示す通り、その後、錨はダイバー会社により海底ケーブルから取外されました。

なお、海上安全当局は片錨での出港を認めず、修繕ドックで新錨鎖の取り付けを要求したため、図 48 および図 49 に示す通り、船主は同修繕工事を実施しました。

当該海底ケーブルにも損傷が発生していたためケーブル所有者は船主に対し不稼働損害（電力の一時ストップ）を加えた合計約 US\$140,000 を請求し、最終的に船主が約 US\$91,000（約 10,000 千円）を支払うことで解決しました。

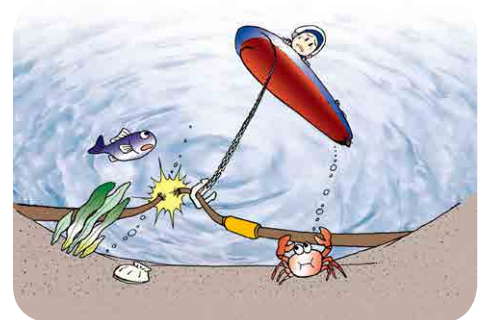


図 44 海底ケーブル損傷イメージ図

(2) 保険てん補額

海底ケーブル損傷に関わる解決金	: 約 US\$ 91,000 (約 10.0 百万円)
錨および錨鎖の搜索および処分費用	: 約 US\$ 72,000 (約 7.9 百万円)
弁護士費用	: 約 US\$ 30,000 (約 3.3 百万円)
サーベイ費用	: 約 US\$ 10,000 (約 1.1 百万円)
その他費用	: 約 US\$ 2,000 (約 0.2 百万円)
合計	: 約 US\$ 205,000 (約 22.5 百万円) (US\$1 = 110 円)

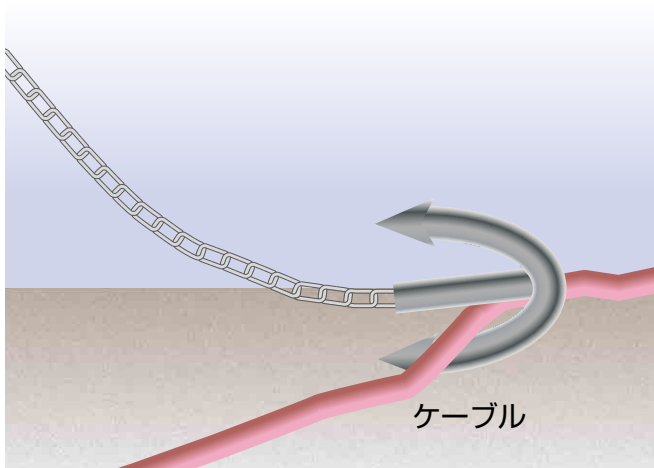


図 45 錨のケーブルへの接触状態



図 46 投錨禁止区域の標識



図 47 錨鎖切断



図 48 錨の接続工事



図 49 錨鎖と錨の動作確認作業

(3) 機関室で何が起きたか？

- ① 機関部は停泊中に主機関の整備を実施したため、主機関燃料系統を A 重油（以下、MDO と記す）に切り替えていました。整備完了後、主機関出港前点検を通常通り実施し、MDO を使用して主機関試運転のために「Ahead（前進）/Astern（後進）」をかけ、作動良好を確認しました。その後、船橋の指令により、主機関をスタンバイ（以下、S/B と記す）状態としました。
- ② その 15 分後、C/E は三等機関士（以下、3/E と記す）に、まず、FO heating controller（燃料加熱調節器）を 90℃ に設定変更するように、指示しました。そして、ターミナル離棧操船中に、使用燃料を C 重油（以下、HFO と記す）へ切替えるように指示しました。機関の状態は、上述のとおり、既に出港のために主機関 S/B 状態としたため、主機操縦権は船橋にありました。
- ③ 更に 15 分後、船橋で Dead Slow Ahead（微速前進）の主機関操縦ハンドルを操作しましたが、主機関起動に失敗しました。その時点で、燃料温度は 100℃ にまで達していました。
- ④ 緊急錨泊後、以下の作業を実施し、機関復旧作業を完了して、航海の継続が可能となりました。

- 燃料供給ポンプ、および、燃料循環ポンプなどを停止し、燃料系統の温度を少し下げた後、燃料系統からいったん燃料油を排出し、改めて燃料油を再度充填しました。
- その後、機関用意のため関係する補機を起動し、主機関起動を再度試みたところ、良好な作動が確認されました。

(4) 原因分析・・・チェックポイント

(4)-1【運用面（運転操作）のチェック】

運用面で以下のチェックポイントが挙げられます。

① 燃料設定温度 90℃ への変更指示について

燃燃料の温度設定変更は、出港時の燃料切替手順に沿って実施したが、その後の燃料の状態監視に基づく調整が行われていませんでした。

本来、燃料系統内の燃料は機関入り口で適正粘度を維持できるように、燃料の使用量、温度、および、粘度変化などの状況に応じて、適宜調整されなければなりません。

② 燃料切替のタイミングについて

燃料の温度設定の変更から主機関の運転を開始をするまでの時間が長過ぎました。

そのため、後述のシステムレビューで解説しますが、燃料供給管内の MDO が揮発ガス化（ベーパーが発生）し、主機関起動後に連続運転するための燃料がパイプライン（配管）から枯渇（ベーパーロック）したと推測されています。

本来、燃料設定温度の変更や燃料の切替えは、本船運航全体のリソースマネジメント（Resource Management（後述））の観点から、出港前に主機の連続使用のタイミングなどをあらかじめ船長と C/E の間で情報共有し、S/B 中には随時船橋と機関制御室の間の連絡や、甲板部間の通信を機関制御室で傍受することによって、連続使用のタイミングをはずさない配慮が要点となります。

③ 上記推定に基づく燃料配管システムレビュー

図 50 主機関燃料供給概念図をご参照下さい。

- これは、左から右へ燃料が供給され、主機関周辺で循環するシステムです。
HFO は FO Service タンク (C 重油常用タンク) (左中) から A/C 重油切替弁を経由して、MDO は DO Service タンク (A 重油常用タンク) (左下) から A/C 重油切替弁を経由して、燃料循環ライン (赤) へ移送されます。
- 移送された燃料は、燃料循環ラインから主機関へ供給されます。
同循環ラインはループしているため、主機関で燃料油の消費がなされなければ、同一燃料が循環し続けます。
消費された量と等量の燃料はサービスタンクから供給されます。その量はフローメータ (流量計) の作動で把握ができます。
- 今回の場合、A/C 重油切替弁を HFO に切り替えても、主機関は 15 分間停止したままでしたので燃料の消費がなく、燃料循環ラインに HFO の供給はされず、MDO のみが循環しつづきました。つまり、温度設定を 90°C に上げて HFO を加熱しようと試みましたが、循環ラインで加熱されていたのは、MDO だけだったということになります。

最終的に循環ライン内の燃料温度は 100°C に達し、ベーパーロックを発生させるに至りました。

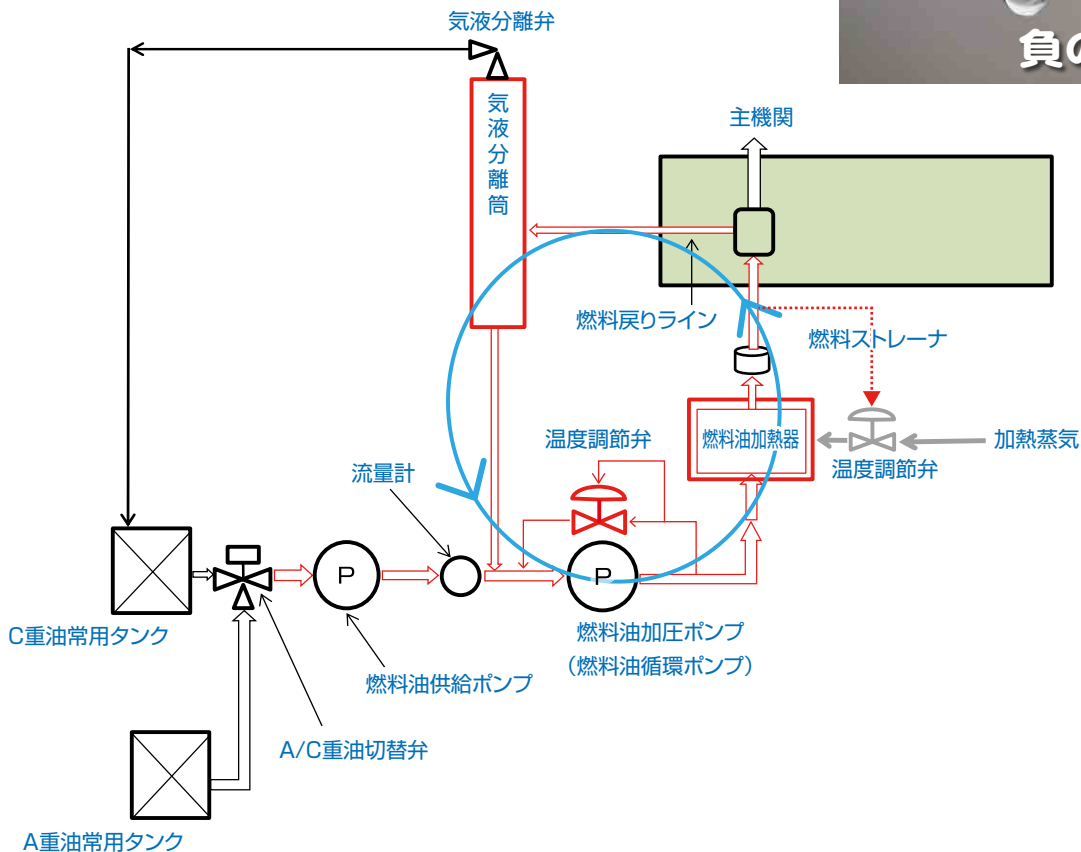


図 50 主機関燃料供給概念図

(5) 再発防止策

主機関運転において、HFO と MDO の切替使用を行う場合には、燃料の基本的な性質・特徴を理解し、その取扱い（配管機器の取扱、圧力・粘度・温度などの把握）を十分理解し、忠実に管理実行することがトラブル防止の基本です。

したがって、本ケースでは以下の再発防止策が推奨されます。

【運用面での対策（運転管理）】

- ① 燃料を MDO から HFO へ切り替える際には、連続運転状態が予測できるタイミングで、HFO に切り替えるとともに、燃料の機関入口推奨動粘度を維持できるように加熱を開始すること。
- ② 燃料の切替時の設定温度には、主機関メーカー取扱説明書の注意事項を参照すること。
例：加熱スピードは、粘度調整器を利用し、安全確保の観点から 2 分毎に 1℃以上上昇しないようにすること。
- ③ MDO から HFO へ切替る際には、以下の状態監視を励行し、異常時には適切な処置を実行すること。
 燃料パイプライン内の燃料温度、および、動粘度、燃料加熱弁の作動状態、供給ポンプの運転状態、圧力変化など。

本船の燃料油の性状情報は補油時に燃料供給者から提供される「燃料供給証明書（Bunker Delivery Note、以下 BDN と記す）」と、補油時に採取したサンプルを分析にかけた分析結果（任意）のみですが、主機燃料系統内の状態はそれとは異なります。そのため、使用燃料の性状把握は難しいものと考えられがちです。しかし、サンプルが 1 リットルもあれば、本船上にて、市販の簡易分析キット、「浮きばかりの密度計（図 51）」、「せん断力計を応用した動粘度計（図 52）」および「化学反応の原理を応用した水分計（図 53）」などで確認可能です。定期的に機関直前の燃料を採取し、系統内の燃料性状を把握することができます。

④



図 51 密度計 参考文献*14



図 52 粘度計 参考文献*14



図 53 水分計 参考文献*14

使用燃料について、技術資料図 54「混合時の動粘度変化：添付資料②」、図 55「動粘度変化と加熱温度の関係：添付資料③」を参照し、系統内の燃料の状態を予測する。

例えば、系統内の混合燃料については、図 50 に示す燃料循環ラインの油量（X リットル）はパイプ径と長さから概ね把握できるので、循環ラインの MDO に HFO が混合してくる場合であれば、フローメータの作動量（Y リットル）を考慮すれば、X：(X-Y) の割合で、系統内の混合燃料の粘度を推定することが可能です。

大雑把に考えるならば、燃料循環ラインとフローメータの作動の量が等量（X=Y）となった以降は、燃料循環ライン内の燃料が置換されたと考えることが可能です。

また、燃料の連続使用下の、系統内の加熱温度も、混合状態に基づく、粘度が推定できれば、それに対応した適切な加熱温度を推定することが可能となります。

5

ベーパーロックのメカニズムを理解する。（巻末 基本参考情報③ 船用燃料の特徴ご参照）

ベーパーロックが発生する原因は燃料油中の低沸点溜分によるものと、水分によるものがあります。本システムのように、加圧循環システムシステムの燃料系統では飽和蒸気温度が上昇するために（高圧時の沸点）ベーパーロックは発生しにくいものの、デアレーションチャンバーのデガス弁（気液分離弁、auto deaeration valve）の作動のチェックは重要です。その理由は、HFO / MDO にも若干の揮発成分や水分が含まれていますので、この弁の作動がもし不良であれば、HFO でも、或いは、MDO でもベーパーロックの恐れがあるので、十分注意しなければなりません。

6

(6) 使用方法：例題

380mm²/s(cSt)@50℃ の HFO の粘度を 60mm²/s(cSt) に減少させるには、希釈剤として 10mm²/s(cSt) @ 40℃ の MDO を何%（質量）混合すればよいか？

(1) 左側の HFO 380mm²/s (cSt) @50℃ の欄を探します。

—— 赤色実線

(2) 上記 (1) の欄の右側の 10mm²/s(cSt)@40℃ のラインを探します。

----- 赤色破線

(3) 最最終ブレンドの粘度 60mm²/s (cSt) @50℃（最上欄）のラインと交わる数字 36.1、必要となる質量%（MDO の混合量）を読み取ることができます。

—— 青線

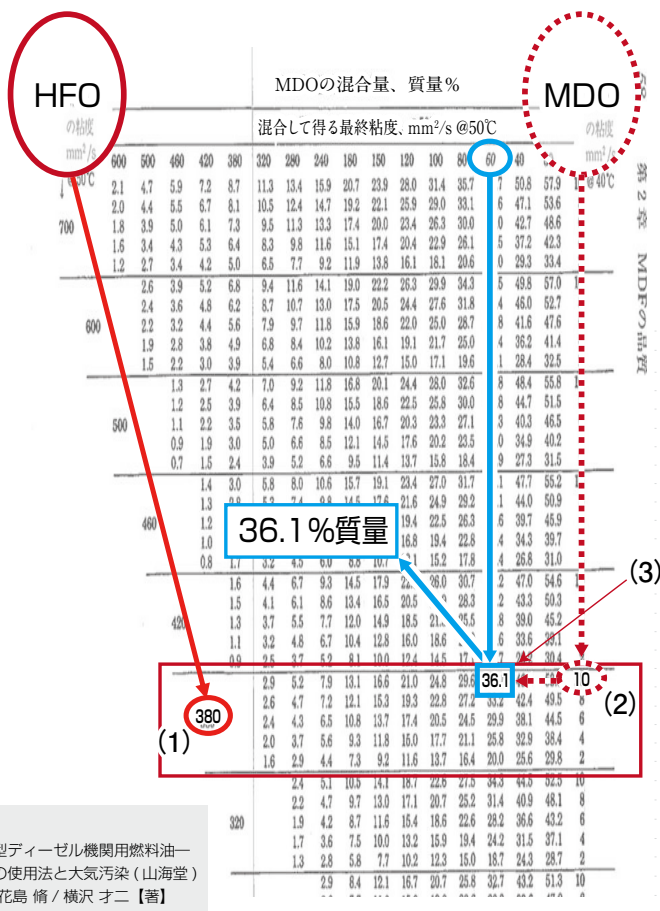


図 54 HFO と MDO を混合したときの推定粘度 参考文献 *15

(4) 逆に、 $380\text{mm}^2/\text{s}$ (cSt)@ 50°C の HFO に $\text{MDO}10\text{mm}^2/\text{s}$ @ 40°C を質量 36.1% を混合すると、 $60\text{mm}^2/\text{s}$ (cSt) @ 50°C の TFO (B 重油相当：Thin Fuel Oil) になります。

図 55 は機関メーカーの取扱説明書にも掲載されている縦軸に粘度、横軸に温度としている燃料油の粘度・温度線図です。

図 54 で得られた $60\text{mm}^2/\text{s}$ (cSt) を例に説明します。 $60\text{mm}^2/\text{s}$ (cSt) は赤色の曲線 4 です。使用機関の入口推奨燃料目標粘度が $15\text{mm}^2/\text{s}$ (cSt) であれば、その時の温度は、 $15\text{mm}^2/\text{s}$ (cSt) から水平に紫線を引き、赤線との交点から紫線を鉛直に下げ、温度線との交点が目標の温度として、 90°C を得られます。

従って、本トラブルケースでは、系統内の粘度がもし $60\text{mm}^2/\text{s}$ (cSt) で、しかも連続的に燃料を使用中であったならば、過剰な設定温度でなかったことが推定できます。

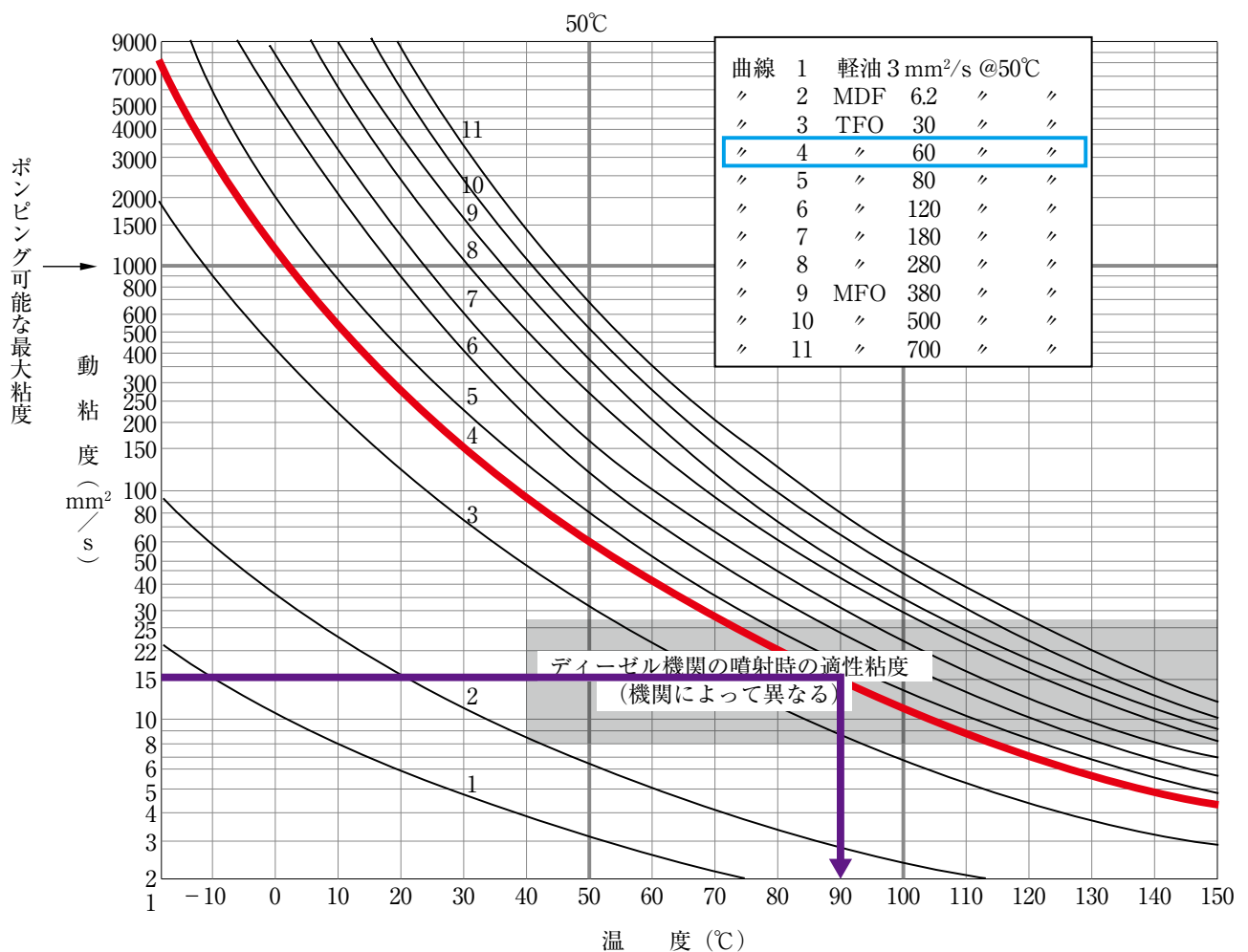


図 55 船用燃料油の粘度・温度線図 参考文献 *15



2.2.3 貨物損傷：発電機再起動不能（ブラックアウト、停電）

(1) 事故概要

本船は極東地域でコンテナ約 2,100 本（内、冷凍コンテナ 23 本）を積載し、パナマへ向けて航行中、ロサンゼルス西方約 900 マイルの地点で停電（以下、ブラックアウトと記す）状態に陥りました。

発電機の再起動を試みましたが失敗し、救助業者によりロサンゼルスまで曳航されることになりました。この間、悪天候が続いたこともあり、曳航作業が 21 日間にもおよび、この間、食料品等を積載していた冷凍コンテナに電力供給ができなかったことから貨物損害が生じました。

冷凍コンテナの多くが全損となり、荷主はコンテナ 16 本分の貨物クレーム合計約 US\$1,600,000 を船主へ請求し、最終的に船主が US\$645,000（クレーム額の約 40% 相当／約 7,100 千円）を支払うことで解決しました。

(2) 保険てん補額

貨物クレーム解決金	: 約 US\$ 645,000 (約 71 百万円)
弁護士費用	: 約 US\$ 200,000 (約 22 百万円)
サーベイ費用	: 約 US\$ 35,000 (約 4 百万円)
合計	: 約 US\$ 880,000 (約 97 百万円) (US\$1=110 円)

(3) 機関室で何が起こったか？

発電機の運転状況

1

本船は発電機を 4 台装備しており、航海中に 3 号発電機と 4 号発電機は HFO を燃料として並列運転していました。

待機（以下、S/B と記す）発電機は HFO 循環状態で、1 号発電機が第 1 S/B で、2 号発電機は第 2 S/B とされていました。

2

4 号発電機が危急停止

S/B 中の 1 号発電機と 2 号発電機が自動起動するはずでしたが、起動することができませんでした。

3

1 号発電機の気中遮断器の投入失敗

直ちに、1 号発電機を手動で起動しました。しかし、気中遮断器（以下、ACB と記す）を投入できませんでした。

4

3 号発電機の危急停止

次いで、3 号発電機も危急停止。更に、1 号発電機も 1 分後に危急停止。

5

ストレーナ点検

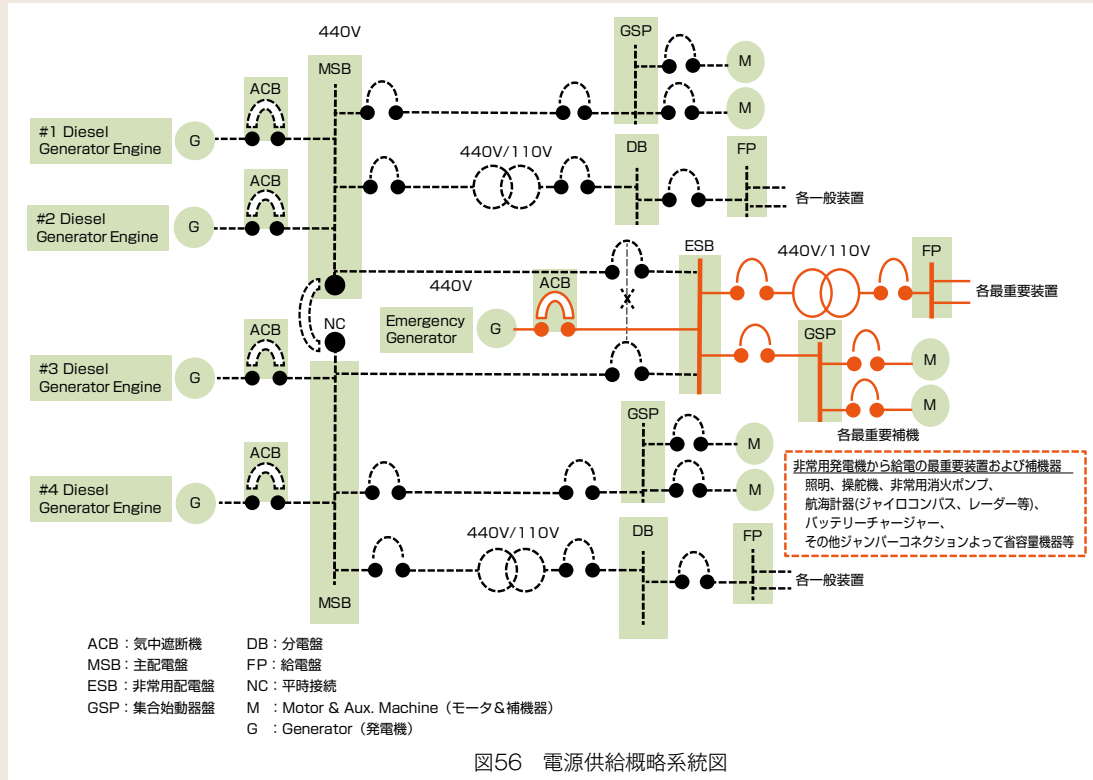
原因究明のため、燃料供給パイプラインの油こし器（ストレーナ）をチェックしましたが異常なし。

4号発電機停止後には非常用発電機が自動起動。

「電源供給概略系統図（図56）」に示すとおり、黒色点線の母線に接続された発電機からは電源供給できず、非常用発電機から赤色実線の系統に接続された以下の機器にのみ給電がなされました。

照明、操舵機、航海計器（ジャイロコンパス、レーダーなど）、非常用消火ポンプ、バッテリーチャージャー、その他ジャンパーコネクション経由で小容量機器等

6



7

燃料循環ポンプとボイラの停止

発電機停止によるブラックアウトの結果、発電機用燃料循環ポンプ（GE FO Circ. Pump）が運転できなくなっただけでなく、ボイラも停止したため、高粘度のHFO加熱用蒸気の供給もできない状態になりました。そのため発電機の燃料をHFOからMDOへ切替えました。

8

始動用圧縮空気の欠乏

1号発電機の再起動作業を何回も繰り返した結果、空気槽が10bar（気圧）以下にまで低下し、空気圧不足のため発電機の起動作業ができなくなりました。

9

手動空気圧縮機による非常用空気タンクの蓄圧

手動空気圧縮機を人力で操作し、発電機用の非常用空気タンクを蓄圧しましたが、依然として発電機を起動できませんでした。

10

曳航開始

8日後、オーシャンタグが到着し、曳航を開始。

11

パワーパックの手配

発電機起動不能の長期化が予想されたためパワーパック（輸送可能な大型発電機）を手配。

- 12 11 日後にパワーバックを搭載したタグが到着
手配中のパワーバック到着。
- 13 プラントアップ
同日プラント復旧完了し、仕向地への航海を再開。(約 21 日間ブラックアウト)
- 14 仕向地到着
その 2.5 日後、仕向地へ到着し、揚荷を完了。
- 15 安全通達
数日後、船舶管理会社は本事故の対策として安全通達を横展開しました。

(4) 原因分析・・・チェックポイント

運用面と安全面で以下のチェックポイントが挙げられます。

(4)-1 【運用面（運転操作）のチェックポイント】

① なぜ、1号2号発電機を起動できなかったのか？

- 起動空気入口弁を閉鎖したままだったため、起動空気を供給できず、自動起動できませんでした。(「発電機 燃料・起動空気系統概略図 (図 57)」をご参照下さい。)
- 担当機関士 (3/E) が作業手順書に従わず、他船で指導を受けた際の記憶に従い、起動空気入口弁を閉鎖したまま作業を行っていました。【手順書不履行】
(もちろん、機関の整備時には、安全確保のために、閉鎖するのは当然のことですが、S/B 時には開放しておかなければ、自動起動はできません。)

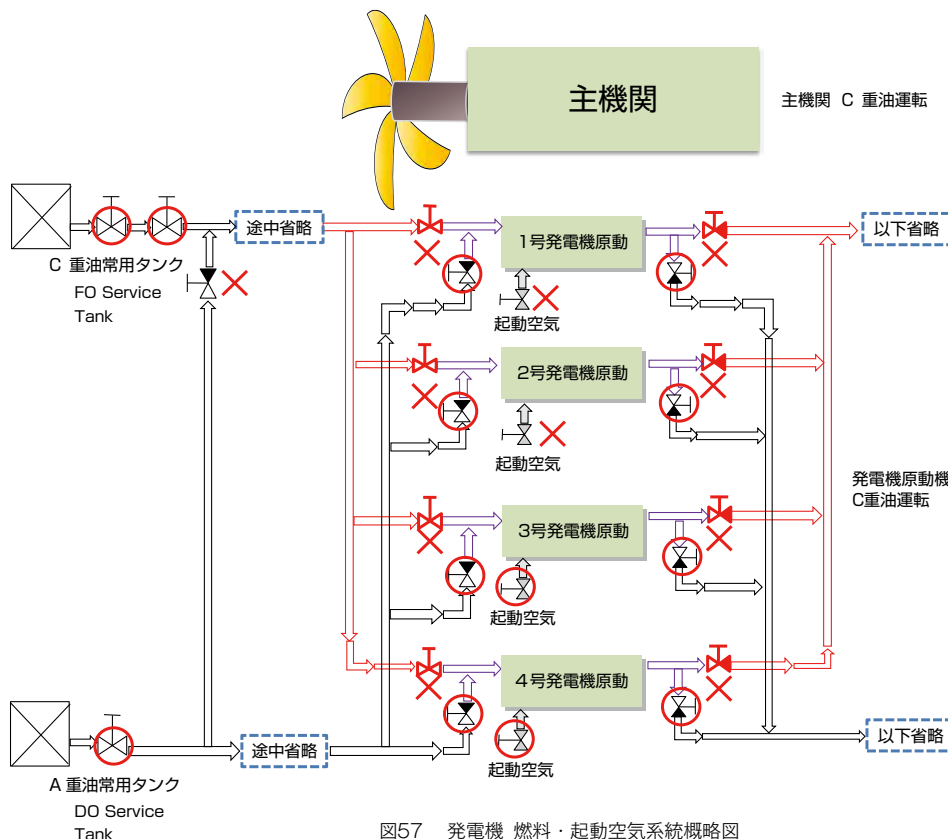


図57 発電機 燃料・起動空気系統概略図

② なぜ、再三発電機の再起動に失敗したのか？

- 発電機の起動失敗の原因を特定・是正できないまま、再起動を繰り返しました。
- ブラックアウト後、ボイラから HFO 加熱用蒸気を供給できなくなり、発電機燃料供給用のパイプライン内の HFO 燃料の流動性が低下し、燃料供給パイプラインが閉塞した状態になりました。
- すなわち、発電機の燃料を HFO から MDO へ切替える手順が不適切でした。

③ なぜ、空気タンクが空になったのか？

- 手順書では通常航海中は、2つある空気タンクのうち片方の出口弁のみ開とし、もう一方は閉とすることによって予備とすることとしていましたが、事故当時2つの空気タンクの出口弁は両方とも開いたままでした。[手順書不履行]
- 2つの空気タンクの出口弁が両方とも開いたまま、再起動作業を繰り返したため、2つの空気タンク圧力が同時に低下しました。

(4)-2 【安全教育・安全通達のチェックポイント】

① なぜ、1号2号発電機を起動できなかったのか？

- 担当機関士 (3/E) が、手順書に反して、停止中の発電機の起動空気入口弁を閉鎖したままでした。[手順書不履行]

② なぜ、再三発電機の再起動に失敗したのか？

- 機関システム休止冷態状態からの発電機の始動およびシステム復旧手順に習熟していませんでした。(ブラックアウト復旧訓練が実施されていない)

③ 後日船舶管理会社から発行された安全通達は適切であったか？

- 安全通達は「停止発電機の起動空気入口弁の閉鎖によるトラブル」に対する注意喚起の内容にとどまっていて、根本原因分析に基づく再発防止策の指示・通達はありませんでした。

次にハード面で以下のチェックポイントが挙げられます。

(4)-2 【ハード面のチェックポイント】

(4)-2-1 保守整備管理

① 発電機の整備状態？

- 発電機の運転記録を調査した結果、陸上試運転データでは定格出力である 1,470kW 時の負荷指示計 (Load Indicator) 8.6 に対し、事故発生前の直近1年間の出力計測記録では 500kW (約3割) 程度の運転出力において負荷指示計が 10 まで達するほど、性能が劣化していました。
- さらに、事故調査の過程で、1号発電機の燃料噴射ポンプを開放したところ、プランジャ (燃料加圧用部品) の衰耗が発見されました。



② なぜ、ACB を投入できなかったのか？

- 一般的に、ACB の投入条件は、一定時間内に所定回転数以上、電圧確立、周波数確立などの条件が整えば、ACB 接続信号が発信されます。
- しかし、前述したように、発電機の整備不良で、起動後に安定した運転に移行できなかったため、ACB 制御システムは発電機の起動失敗と判定し、ACB の接続信号を発信しなかったと考えられます。

③ 発電機非常用起動空気タンクの蓄圧に長時間を要したのはなぜか？

- 0.6m³の発電機非常用空気タンクに手動空気圧縮機で 18 時間を費やして蓄圧できましたが、再び発電機の起動に失敗しました。
- 非常用起動空気タンクの充填用として、付属していた手動空気圧縮機の性能が低下したため、蓄圧に時間を要しました。これは、非常用機器の使用を前提にした整備や作動テストが行われていなかったことや、船上予備品の欠品によるものです。
- その蓄圧の間に、発電機の温度が低下（冷態化）し、起動が更に困難になったとも考えられます。

(4)-2-2 設計面

① 設計上の問題点は無かったか？

海上人命安全条約（以下、SOLAS 条約と記す）第Ⅱ－1 章第 41 規則 1.4 には「冷態（デッドシップ状態から）始動できるシステム」が要件とされています。

燃料については「発電機 燃料系統概略図（図 58）」の黄色線で示すとおり、A 重油常用タンクに接続されている弁を操作するだけで、重力で発電機原動機に直結の燃料供給ポンプ直前まで供給できます。そのため、起動空気の投入によって、発電機原動機が回転すれば、燃料供給ポンプが駆動されるため、燃料噴射ポンプへ燃料が導かれ、カム駆動によってシリンダ内へ燃料を噴射します。

また、起動空気については、手動空気圧縮機によって、非常用空気タンクへ充填されます。

したがって、本システムは冷態から発電機原動機を起動できるシステムとなっており、SOLAS 条約の要件を満たすものとなっています。

では、なぜ要件を満たしているのに再起動できなかったのか、②以下の課題が挙げられます。

② 発電機の非常用起動空気タンクの蓄圧に長時間を要したのはなぜか？

- 非常用装置を使用するための船上予備品が十分でなかったと言えます。

③ なぜ、パワーバックを手配したのか？

- 非常用発電機から空気圧縮機に給電できる電気配線となっていなかったため、同圧縮機の運転には外部電源に頼らざるを得ませんでした。同様に、発電機原動機の燃料供給ポンプや発電機原動機の燃料循環ポンプにも非常用発電機から給電できない配線でした。すなわち、一つの原因が長期間のブラックアウト事故を招いたのではなく、いくつかの複合した原因がエラーチェーンを構成した事故と考えられます。



負の連鎖

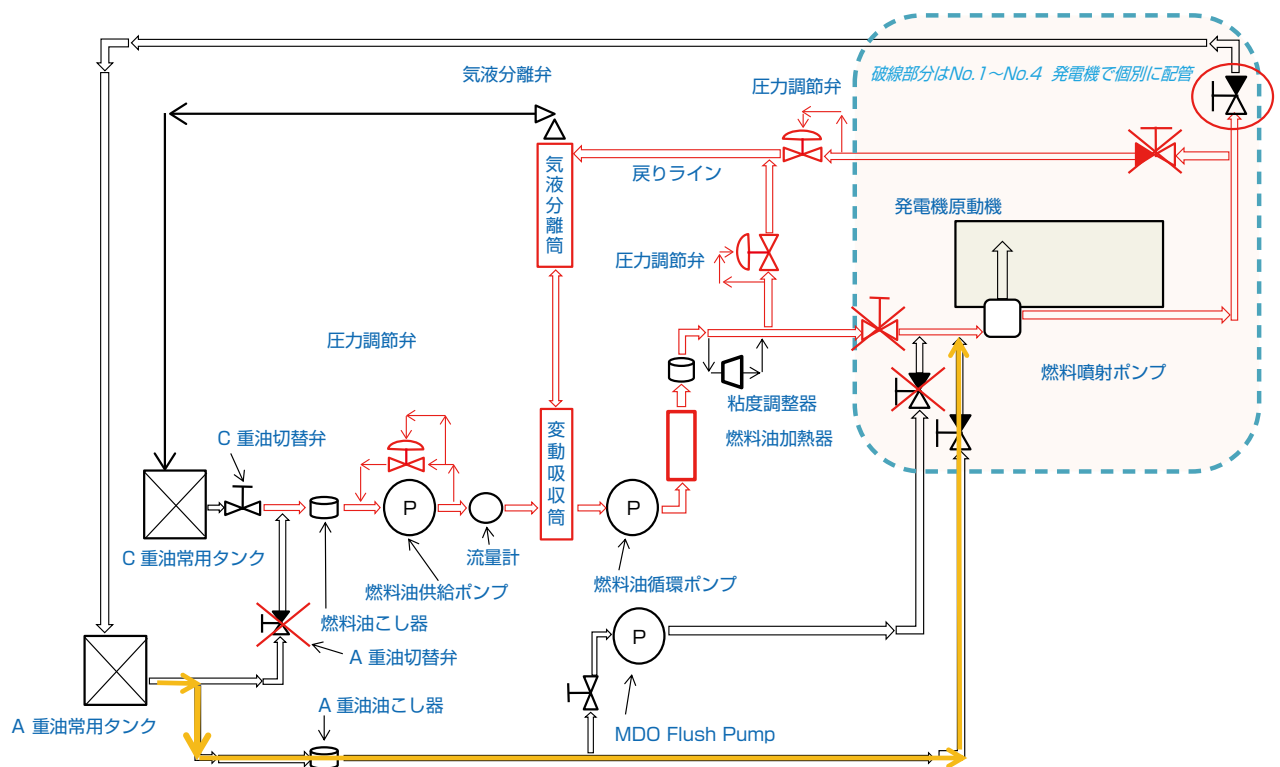


図 58 発電機 燃料系統概略図

(5) 再発防止策

本ブラックアウトトラブルに関して事実確認を進めたところ、運用面（運転操作）、安全教育・安全通達、ハード面などについて、注意すべき点が複数認められました。これらを踏まえて以下の再発防止策のアプローチが考えられます。

(5)-1 【運用面での対策（運転操作）】

① 発電機の停止前には供給する燃料を MDO へ切り替える

ブラックアウトは予期せぬ原因で発生しますので、それ自体は避けられないものとしても、発電機をいかなる環境下でも、再起動・復旧できる体制をとることが緊急対応として不可欠と言えます。そこで S/B とする発電機は、仮に燃料の加熱が不可能となっても再起動可能なように、停止前には必ず、HFO から MDO へ燃料切り替えを行って、停止することが望ましいと考えます。

すなわち、停止中の発電機の燃料系を MDO に切り替えることで、SOLAS 条約第 II - 1 第 41 規則「冷態始動できる発電システム」であることを確実にし、安全レベルを格段に向上できます。

(a) 停止中燃料の MDO への切り替え励行

発電機の停止時は、発電機の負荷が十分ある間に HFO から MDO へ切替えること。

発電機の起動時は、安定負荷運転となってから MDO から HFO へ切り替えること。

(b) 備船者との合意

- 燃料コストは備船者の負担であるため、安全確保の環境整備のために、MDO 使用の必要性について、備船者にコスト負担を理解してもらうことも重要です。



- 一例を挙げると、次の条件下では1ヶ月に燃料消費量 $Q = 0.6\text{Mt}$ 程度の MDO の消費増加となりますので、仮に MDO が1トン10万円だとしても、6万円程度で安全レベルを大幅、かつ、確実に向上できることとなります。

発電機の発停の回数が月20回（停止10回、起動10回）、停止負荷分担前15分間、起動後並列運転後15分間（仮に負荷500kW）とし、平均的な発電機の燃料消費率220g/kWhとした場合の MDO 消費量は以下となります。

月間燃料消費量 (Q Mt/月)

$$= 220\text{g/kWh} \times \text{負荷 } 500\text{kW} \times (15\text{分/回} \times 20\text{回/月})$$

$$= 220\text{g/kWh} \times \text{負荷 } 500\text{kW} \times 5\text{Hr/月}$$

$$= 0.6\text{Mt/月}$$

正確な試算のためには、本船の搭載機器の運用方法や性能を再度確認して下さい。

② 確実に実施可能な燃料切替手順の確立

- 2.2.2 港湾設備損傷の事故事例でもご説明しましたが、油種毎の基本的な性質を理解した上で、切替手順を確立することが重要です。

例えば、切替の途中で、燃料供給パイプラインで激しい圧力変動が生じた場合には、ライン内でベーパーの発生が懸念されますので、ストレーナのアイベントやヒーターのアイベントなど、ラインのできるだけ高い箇所からガス抜きを行うなどの処置が必要になります。

③ 燃料の性状把握と適切な管理

- 本船の燃料油の性状は、燃料油供給者が発行するBDNに示されますが、複数の港・業者から購入した異なる性状の燃料油を保有する場合もあり、ライン内や本船貯蔵タンク内では異なる状態となり、必ずしも、均一でないことを理解しておくことが必要です。
- したがって、本船が使用中の燃料について、自ら認識し、その取り扱いで注意すべき点を現場で検討するために、市販の簡易分析キット（P.37 図 51～53 参照）によって、性状を把握することが重要になってきます。

④ 運航状況に適した機関運転管理の徹底

- 航海中、停泊中、出入港 S/B のそれぞれの状態で、機関システムの状態は異なるため、それぞれの状態の下で最適な運転管理を行う必要があります。
- 出港 S/B 中は、下記のような装置が運転されているため、航海中に比べ電力消費および変動が多く、複数発電機運転としていますが、電力消費が安定する航海中には所要電力に応じた、最低限必要な発電機台数を決定・運転すべきです。

機関部：主機で使用する補助プロア

甲板部：舵効き応答性向上のため操舵装置駆動機器の複数運転、係船装置（含む揚錨機）、パウスラスター

- 例えば、今回ご紹介した例の発電機は30%以上の負荷運転ができなかったため、2台の発電機運

転を行っていますが、本来は発電機が十分整備されていれば、1台の発電機の60%負荷運転で十分賄うことができます。必要以上に運転台数を多くすると、整備の頻度も上がるので、注意が必要です。

⑤ S/B 発電機の日常チェック（デイリーチェック）の励行および不具合是正

- C/E や I/E も、定常的に機関室の見回りを行い、S/B 発電機の状態把握を励行し、不測の事態発生時に S/B 発電機が自動起動できる状態であることを、定例業務として点検することが必要と考えます。その場合には、異常があれば即是正して、機関部全員で情報共有することが重要です。
- 他方、下記のような切替操作が頻繁に行なわれる重要な弁には、その状態（開、閉）が一目でわかる銘盤を設置し、容易に異常を発見できる工夫も必要です。
起動空気入口弁、空気タンク出口弁、燃料供給パイプラインの切替弁、油こし器（ストレーナ）のエアベントなど

(5)-2 【安全教育・安全通達での対策】

① 手順書の無視の排除（安全教育の要素を含む）

- 現場では整備や運転の手順書を参照して機関運転操作を行いますが、次のことを強調したうえで理解していなければ、効果は得られにくいと考えます。

手順書内で構成されている各手順の意味
それに関するパイプラインや装置の作動の関係性

- 各手順の船内教育や勉強会で、手順書の行間を埋める取組が重要です。
例：HFO から MDO への切替によって、パイプライン内へどんな不具合が予想されるかなど。
- 仮に手順書が実態に即していないのであれば、合理的検証を得た上で手順書を改定する手続きを検討すること。（手順書の端折り（ショートカット）はご法度！）

② ブラックアウト復旧訓練の定期的な実施

- 冷態からの電源立ち上げは、2.5～3年に1度のドック出渠の際に経験する程度です。また、ドックでは復旧作業を少々失敗しても、火災・爆発を除き、時間を要すれば復旧できないことはありません。
- そのため、ドック出渠時の作業を経験していない乗組員は電源システム復旧手順の理解が不十分な場合があります。
- 従って、教育訓練と装置の作動確認を兼ねて、通常運航（ランニング）中に定期的なブラックアウト復旧訓練の実施も一案です。
- 訓練も発電機を実際に危急停止させてブラックアウト復旧する方法と、実際に手順書通りに実際に人員を配置し手順を指差し確認する方法が挙げられます。ただし、実際にブラックアウトさせる場合には、復旧に手間取ると、本船スケジュールに影響を及ぼす恐れがあるため、念のため、事前に備船者の了承を得ることをお勧めします。



③ 再発防止のために根本原因の分析に基づく教訓を安全通達へ

- 教訓に基づく安全通達の重要性は、事実の掘り起こしを徹底し、原因を明白にし、表面的な直接原因のみの抽出にとどまらず、類似トラブルの再発を抑制するという目的があります。管理会社・船主側でもこのようなことを明確にして共有し、根本原因に至る背景も考慮し、メーカーの協力も得ながら効果的な内容の安全通達を迅速に発行（展開）することをお勧めします。
- 事実の掘り起こしが、時には犯人探しと勘違いされる恐れがありますが、根本原因の究明と再発防止策の確立という目的を明確にし、乗組員の最大限の協力を得て可能なかぎり真実を収集することが重要です。

(5)-3 【ハード面での対策】

① 発電機（含む非常用関連機器）の厳格な定期整備・保守整備

- メーカー取扱説明書に従い、適切な頻度で、機関の点検・整備を実施することが基本です。さらにメーカーでは経験に基づきサービスニュースなどで機器整備・取扱いについて最新の安全指針を提供しています。そこで、船舶管理会社もメーカーから情報収集に努め、船陸一体となった体制を構築することが不可欠です。
- さらに、今回は非常用手動空気圧縮機の性能劣化が早期復旧を妨げました。非常用関連機器についても、万が一の際に備えて適切に使用できるよう、上記復旧訓練を実施するだけでなく、定格性能を発揮できるように点検・整備を行うことが求められます。同時に、劣化の恐れのある部品の予備品を適切に管理し、予備部品が入手困難であれば代替予備品を調達しておくことも肝要です。

(5)-4 【推奨】非常用発電機から給電可能な装置への設計上の配慮

- 1 発電装置は SOLAS 条約第二 - 1 章第 41 規則 1.4 に「冷態始動できるシステム」が要件とされているため、手動空気圧縮機によって起動空気タンクを充填し、重力にて MDO を供給できればその要件を満たすことができます。
- 2 しかし、今回の事故では、燃料パイプラインは全て MDO に置換されたにもかかわらず、電力の復旧には陸上からタグで輸送したパワーバックから電力供給された空気圧縮機による主空気タンクの充填を待たねばなりませんでした。
- 3 すなわち、手動空気圧縮機は、最低減必要なルール要件は満たしますが、今回の結果が示すように、整備が適切でなければ、非常時に脆弱であることを証明した結果となりました。
- 4 他方、その間、船内の非常用電源系統への給電については非常用発電機の正常運転によって賄われていました。
- 5 つまり、非常用起動空気タンクに、小型ディーゼルエンジンが直接駆動する空気圧縮機、もしくは非常用発電機から給電といった主電源以外の動力源で駆動する空気圧縮機の設置も一案です。
- 6 さらに、常用空気タンクにも同様に、小型ディーゼルエンジン駆動もしくは非常用発電機から給電 / 駆動できるタイプの空気圧縮機を設置することも一策です。

2.2.4 環境損害：ボイラ燃焼不良

(1) 事故概要

本船がターミナルに着岸し、揚荷中に、ボイラの故障が原因で20～30分の間、煙突から煤混じりの黒煙（図59）を排出しました（このボイラは発電機の燃料であるHFOを加熱するために使用中でした）。その結果、煤が広く拡散（図60）し、付近の海上、ターミナル、および、ターミナルに隣接しているいくつかの工場に堆積（図61, 62, 63）しました。



図59 黒煙

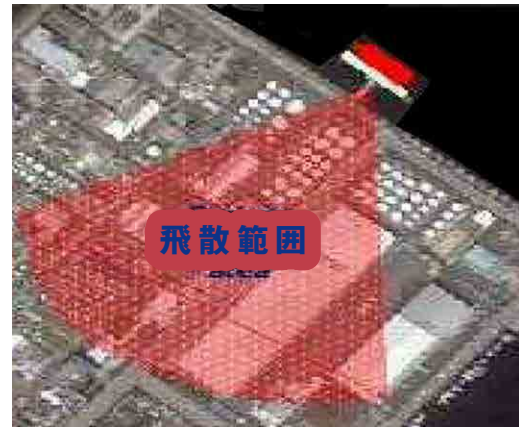


図60 煤の飛散範囲(550m)



図61 掃除回収された煤(バケツ内)



図62 工場作業通路の煤



図63 工場屋内通路の煤

船主は迅速に清掃作業を実施しましたが、その作業には3日間を要しました。

ターミナルは、自ら行った清掃費用や清掃中の不稼動損失（工場生産ライン停止）などの損害として、合計約US\$252,000を船主へ請求し、船主が約US\$170,000（約18,700千円）を支払うことで解決しました。

(2) 保険てん補額

ターミナル清掃費用など解決金	：約US\$ 170,000（約18.7百万円）
清掃費用	：約US\$ 30,000（約3.3百万円）
弁護士費用	：約US\$ 30,000（約3.3百万円）
サーベイ費用	：約US\$ 9,600（約1.1百万円）
合計	：約US\$ 239,600（約26.4百万円） (US\$1=110円)



(3) 機関室で何が起きたか？

黒煙は、空気と燃料のバランスが崩れた場合に発生します。これは空気供給量の低下もしくは、燃料噴射が不安定になった場合のどちらかで発生します。

もし、黒煙の出どころが発電機で使用する HFO を加熱するためのボイラからで、運転中にその原因把握が困難だとすれば、発電機の燃料を加熱不要の MDO に切り替えて、原因究明のためにボイラを停止することをお勧めします。

その際のチェックポイントは以下の通りです。

- ① 燃焼空気の供給は適切だったか？
- ② 燃料温度は適切だったか？
- ③ 燃焼ノズルに未燃焼の燃料や煤が付着していなかったか？
- ④ 燃料噴射ノズルのタイプやサイズは正しかったか？

他方、上記のポイントが適切でも以下を原因とするトラブルも散見されますので、注意が必要です。

- ⑤ バーナーノズルの孔径が標準値より大きく、燃料噴射後の霧化が不十分な場合に燃焼不良状態を招きます。
- ⑥ 燃焼用空気供給制御装置の制御位置が正確に調整されず、燃焼用空気供給不足（燃料供給過多）の状態を招く場合があります。

(4) 原因分析・・・チェックポイント

ハード面と運用・安全教育面において、以下のチェックポイントが挙げられます。

(4)-1 【ハード面のチェックポイント】

① 燃料の流れを把握するために図 64 ボイラ燃料系統図をご参照下さい。

バーナー燃焼中は、燃料は左上 C 重油澄ましタンクから、気液分離筒、左下の燃料油供給ポンプ、燃料油加熱器、燃料流量調整弁、燃料塞止弁を経て、バーナーへと導かれます。

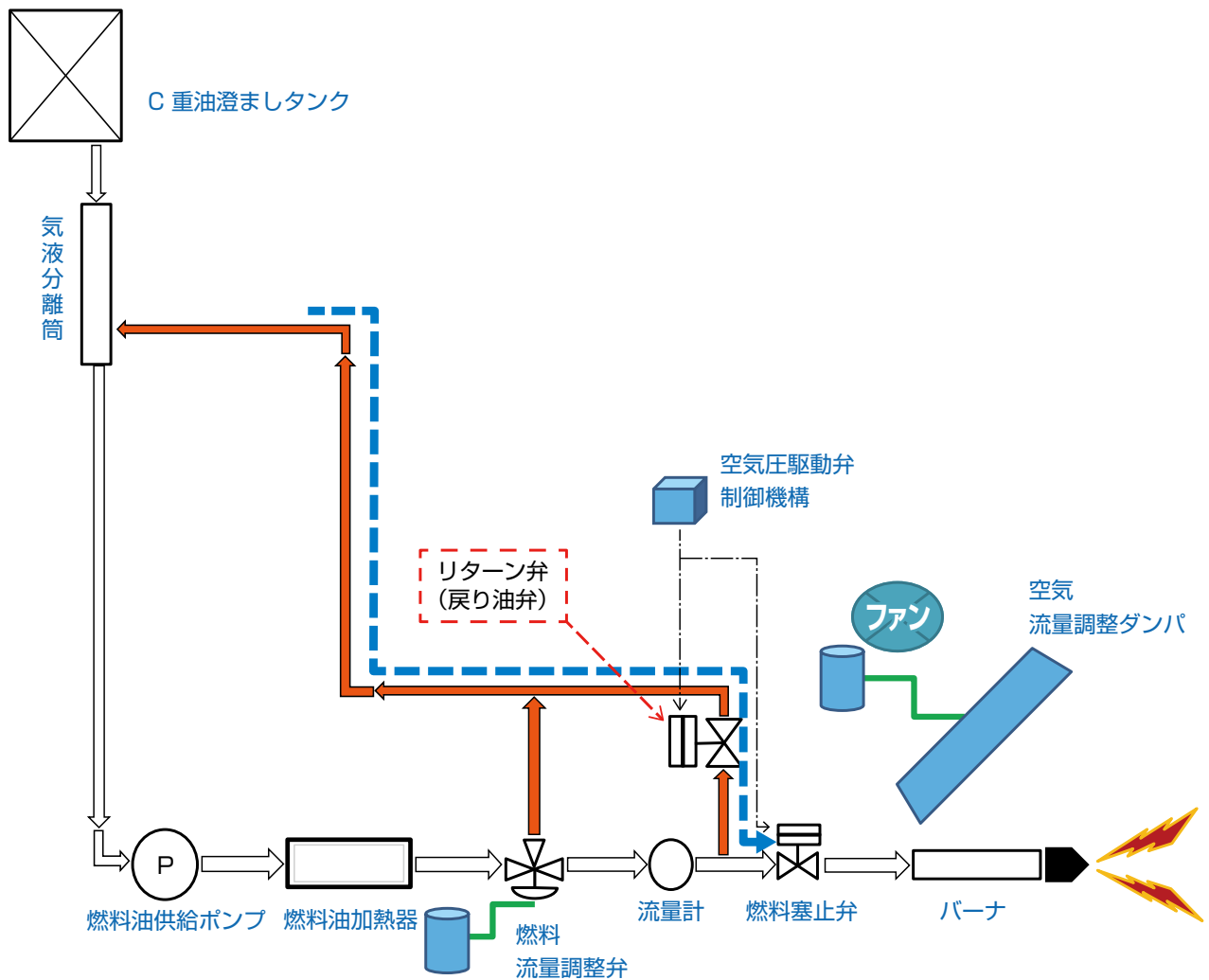


図 64 ボイラ燃料系統図

② 燃料塞止弁の手前に空気シリンダ駆動のリターン弁があり、同弁は燃焼中には閉鎖されていなければなりません。

しかしながら、その空気シリンダに装着されている「Oリング」が周囲環境による影響で、硬化・劣化していました。

その結果、当該弁は正常作動なくなり、開放状態のままとなりました。リターン弁が設置されている燃料油の戻りパイプライン（リターンライン）の背圧水頭は 10 m あり、それが燃焼ラインに逆流し、バーナーへの燃料供給が計画値よりも過剰となったと推定されています。そして空気と燃料のバランスが崩れて黒煙が発生しました。

(4)-2【運用面（運転操作）・安全教育面のチェックポイント】

停泊中であつたため煙突からの煙の監視を怠っていました。その結果、黒煙の発見が遅れました。

また荷役作業が完了し、出港のために日出を待っていた深夜に事故が発生したため、黒煙放出への警戒が



不十分でした。さらに、機関部による黒煙発生時の即時対応が不十分であったことも黒煙放出が長引いた要因の一つとなりました。

2.2.3 のブラックアウト事故同様、一つの原因が事故を発生させたのではなく、いくつかの原因がエラーチェーンとなって発生した事故と考えることができます。



(5) 再発防止策

黒煙発生に関し、ハード面と運用面（運転操作）などについて、上述のような要注意点が確認できました。これらを踏まえ、以下の再発防止策のアプローチが考えられます。

(5)-1 【ハード面での対策】

- 1 計画的メンテナンスの実施と予備品の購入体制の確立が必要です。
- 2 入港前に、バーナーの焚き口や、燃焼関係装置を点検し、必要なら整備します。
- 3 メーカー取扱説明書に従い、定期的にバーナーを開放、整備、点検（計測）して下さい。もし、使用限度を超えていれば、新品に交換が必要です。
- 4 バーナー点検整備後には、点火燃焼トライアルの実施が必要です。
点火燃焼トライアル時の運転パラメータ（温度、圧力など）は現在の状態と海上試運転時の状態を比較して、もし乖離があれば制御システムを調整します。

(5)-2 【運用面（運転操作）および安全教育の対策】

- 1 停泊中は機関制御室 (ECR) と船橋の当直者は煙突からの排煙の状態を定期的に注意深く監視し、お互いに情報共有することが必要です。
参考：ターミナルや港湾規則の厳しいところでは、ECR から煙の状態を監視できるように CCTV（監視カメラ）を搭載した船もあります。
- 2 このような状況下ではどのように即時対応すべきか（例えば、発電機の燃料を加熱不要な MDO へ切り替えてボイラを停止するなど）といった訓練の実施が必要です。
勿論、加熱を要する貨物の積載のために、長時間ボイラを停止できないこともあるので、長期的な計画に基づく保守整備の実施に加え、陸上においては、必要な整備時間を確保するように船舶管理部門から運航部門へ働きかけることもポイントになります。

2.2.5 まとめ

本章にてご紹介した4つの事件事例を改めて以下のように整理しました。

貨物損害（貨物不足損害）	
直接的な原因	根本原因
1 ボイラ故障	保守・整備・点検等の管理不十分
水管理、火炉清掃、安全保護装置などへの注意不足	

港湾設備損傷（海底ケーブル損傷）	
直接的な原因	根本原因
2 主機関起動不能	主機関燃料切替え手順が不適切
システムの理解、温度設定、切替タイミング、混合燃料の粘度の推定などが不十分	

貨物損傷	
直接的な原因	根本原因
3 発電機再起動不能（ブラックアウト：停電）	運転操作、船上教育、保守整備が不十分
原因除去、手順書履行、ブラックアウト復旧訓練、定期整備（含非常用装置）などの不徹底	

環境損害	
直接的な原因	根本原因
4 ボイラ燃焼不良	保守整備（Oリング劣化）、 船上教育、当直体制が不十分
燃焼装置の管理、非常時対応、他部との連携や環境監視などの未実施	

以上のように、ハード面では④の環境損害でボイラの燃料系統装置の「Oリング」の不具合がありました。それ以外はシステムの理解不足、保守整備の怠慢、緊急対応不十分、運転操作ミス、手順書不履行などとソフト面の、いわゆる、ヒトの知恵や行動への配慮・認識不足により、機関システムを十分に取扱えず、トラブルに至っていることが判りました。



2.2.6 【参考】P & I 保険でてん補対象外となるケース

次に P & I 保険でてん補対象外となる、意図的な環境汚染に関する違法行為についてご紹介します。



図 65 通称：マジックパイプ 参考文献 *16

- (1) 驚くべきことに、米国法務省ホームページに掲載されるようなビルジ排出に関する法令違反は頻繁に発生し、一向に後を絶ちません。
- (2) 当組合でも、2015 年度の P&I NewsNo.735、および、No.754 にて一部ご案内しております。その主な罪状は以下の通りです。

- 1 大量の油水混合ビルジの海洋への違法排出
- 2 油記録簿への虚偽記載
- 3 機関士が共謀し、図 65 のようにビルジ船外排出ラインに特別な本船自作のパイプラインをビルジポンプと船外バルブの間に（すなわちビルジセパレーターをバイパスして）違法に設置し、船外排出。
- 4 米国沿岸警備隊（United States Coast Guard）検査時にはその違法パイプラインを臨時に撤去隠蔽し、検査を妨害。

- (3) 2016 年 3 月には、2015 年 3 月に油水分離器をバイパスしてビルジを海洋排出した件で、船主・船員に対し、**US\$150 万の罰金や今後 5 年間の米国での営業を禁止する**などの判決が下されました。
- (4) 米国では意図的な油排出に対して**高額な過怠金が課される**ので、関連規則の遵守は当然ですが、さらなる徹底が必要です

なお、当組合保険契約規定第 31 条 2(5) の通り、本件のように意図的な排出（油水分離機不使用や不正使用による MARPOL 条約違反）による過怠金は保険でてん補の対象となりませんのでご注意ください。

環境損害を与えてしまうと、その回復には莫大な費用と時間を要すことはご存知のとおりです。決してこのような環境汚染行為を起こさないように、本船・陸上とも環境保護の大切さを再認識し、環境保護の精神を厳格に堅持することが求められます。

第 3 章 | 油関係の事故

ここでは、当組合で扱った油関係の事案をご紹介します。最初に、衝突や座礁以外の原因で海上へ油が流出した事案の現状を認識し、次に油濁事故事例を検証し、最後にお問い合わせがいくつかありました特殊なショートバンカー（カプチーノバンカー）についてご説明します。

3.1 油濁事故傾向

衝突や座礁以外の原因で海上に油が流出した事案について、外航船と内航船別に過去7年間に発生した事故件数をグラフ化しました。

(1) 外航船の傾向

まず、外航船について、図 66 で発生件数と保険金額の推移を見ますと、発生件数は年平均 40 件（7 年間累計 281 件）、保険金の年平均支払い額は約 US\$1,700 千ドル（7 年間累計約 US\$ 11,833 千ドル）となっています。

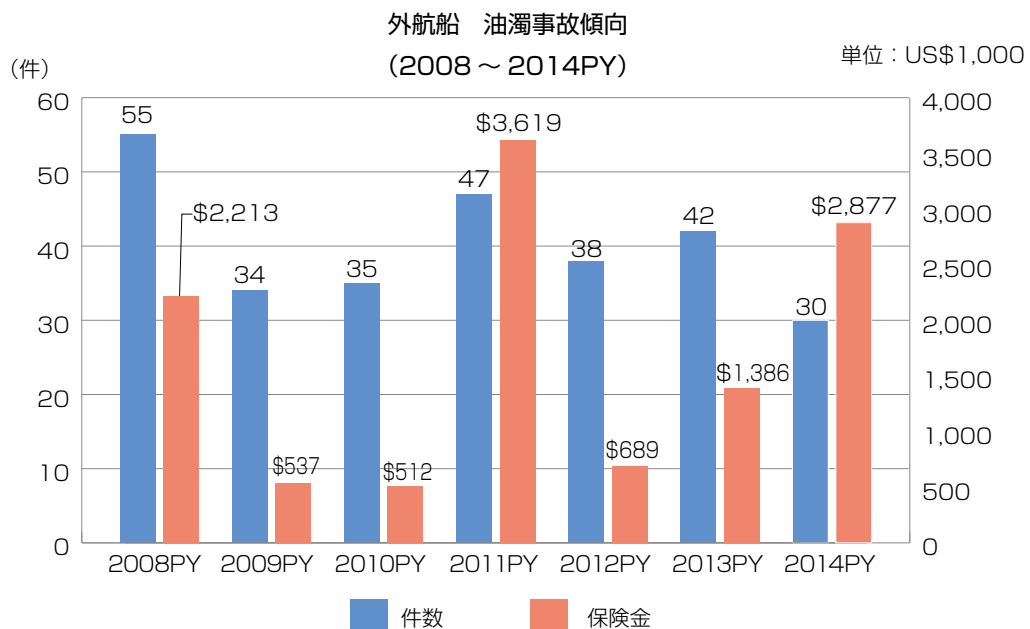


図 66 外航船 油濁事故傾向

(2) 内航船の傾向

次に、内航船について図 67 に外航船と同様に発生件数と支払い保険金額の推移を見ますと、発生件数は年平均 13 件（7 年間累計 90 件）、保険金の年平均支払い額は約 68,793 千円（7 年間累計 約 481,550 千円）となっています。

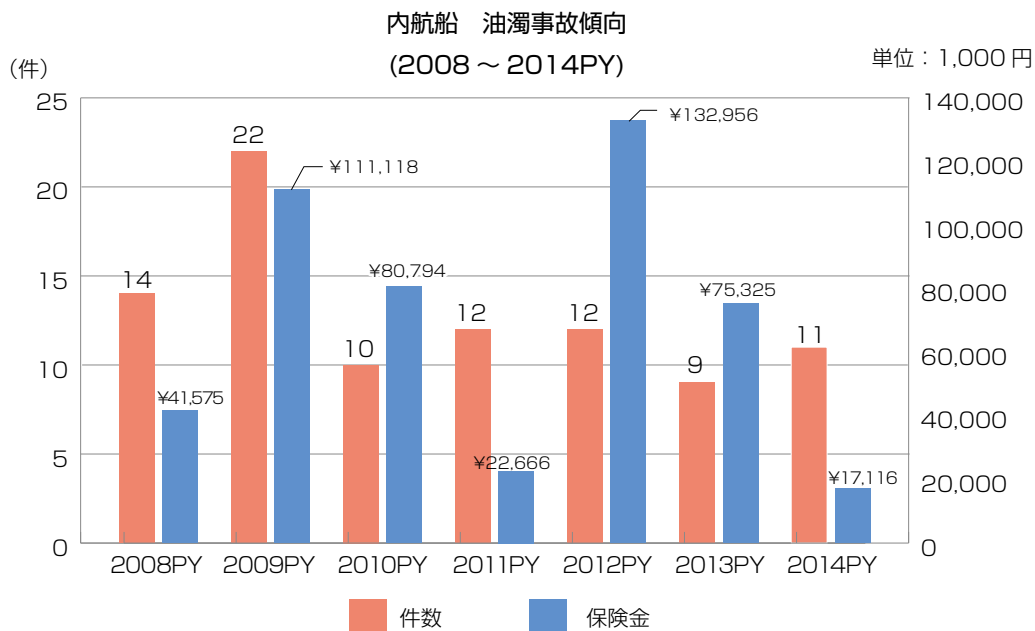


図 67 外航船 油濁事故傾向

(3) 油濁事故の傾向のまとめ

2008年から2014年の7年間において、油濁事故は、外航船では年平均40件、また、内航船では年平均13件あり、環境汚染発生の観点から見れば、決して内外航ともに発生件数が低いレベルにあるとは言い難い状況です。そして、これらの事故で共通しているのは貨物油の漏洩事故ではなく、補油時に発生している事です。

3.2 補油時の油濁事故例

補油時の油濁事故について、検証していきます。

(1) 事故概要

本船は、補油作業中に、図68の通り、HFO（C重油）が本船右舷燃料タンクのエアパイプから甲板上に噴出し、一部（約0.6KL）が海上に流出しました。流出油の一部は、事故後、図69の通り、本船周囲に展張されたオイルフェンスを越え、周辺に拡散しました。また、港湾設備への付着だけでなく、港内に係留していたプレジャーボートにも付着しました。その結果、流出油の清掃作業は約1ヶ月に及びました。

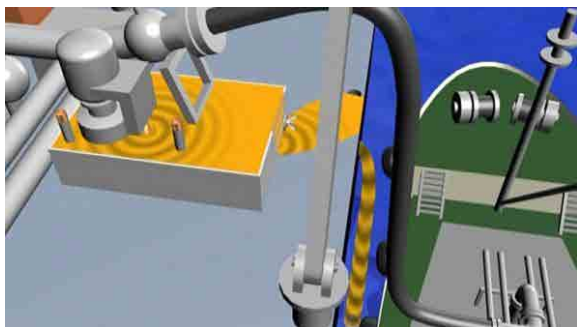


図 68 流出イメージ 参考文献*17



図 69 本船周辺

(2) 保険金てん補額

流出油清掃費用	: 約 US\$ 818,000 (約 90 百万円)
港湾設備・プレジャーボート等に与えた損害	: 約 US\$ 91,000 (約 10 百万円)
過剰金	: 約 US\$ 4,500 (約 0.5 百万円)
弁護士・サーベイヤー費用	: 約 US\$ 182,000 (約 20 百万円)
合計	: 約 US \$ 1,095,500 (約 120.5 百万円)

(US\$1=110円)

(3) 何が起こったか？

(3)-1 【本船補油計画】

補油計画では、左右両舷の船体付き燃料タンクへ 50KL ずつ HFO を積込む予定でした。

(3)-2 【事故発生状況】

事故の発生状況は以下の通りです。

- ① 片舷（右舷）タンクの弁を全開にして補油を開始しました。C/E の指示により、あらかじめ補油計画で定めた機関員 A を補油諸作業に従事させました。
- ② 補油計画では、右舷タンクに 50KL 積み込んだ時点で、図 70 に示す左舷タンク弁を開けて、右舷タンク弁を閉鎖しなければなりません。
- ③ しかし、当該機関員 A は誤って左舷タンク弁を閉鎖すると同時に、右舷タンク弁を全開のままとしました。
- ④ その結果、補油燃料の HFO は右舷タンクの最大容量を超えてエアVENTパイプから甲板上に噴出し、さらに海上に流出しました。

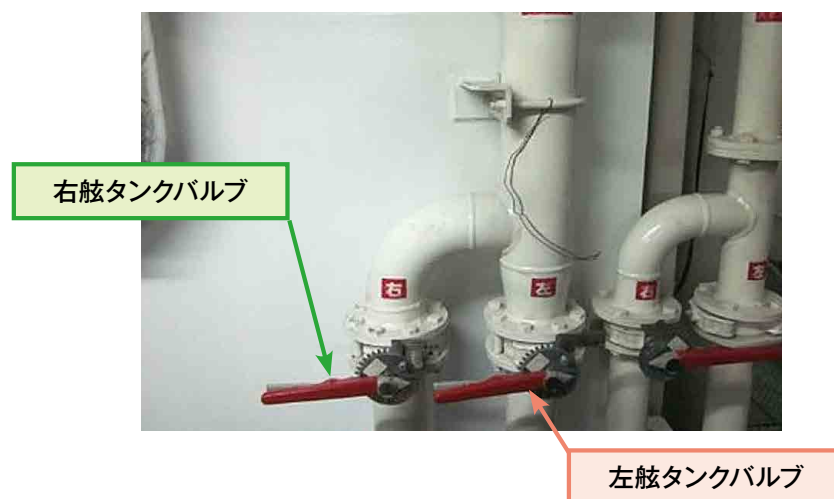


図 70 船体付きタンク補油入口バルブ配置 (左側に右舷タンクのバルブ!)



(4) 原因分析・・・チェックポイント

本トラブルは弁操作ミスですので、運用面と安全面で以下のチェックポイントが注意点として挙げられます。

プラン (Plan)



(4)-1 【本船補油計画】

- 1 C/E や 1/E など管理者の安全・環境意識は十分であったか？
- 2 補油計画および補油手順があらかじめ適切に策定されていたか？
(例：補油ライン、人員配置、積切りタンクの余積スペースを 10%以上確保など)
- 3 作業に関わる全ての者が補油計画を効果的に理解できるよう、ミーティングで説明するための事前準備は十分できていたか？
- 4 両舷受け入れタンクなのに、なぜ片舷のみのバルブ開で補油作業を開始したのか？
関係弁の開閉手順にミスを誘発する要素はなかったか？

【注意】

補油開始時はバルブの状態確認の意味を含めて複数のタンク弁を「開」状態にする手順が安全です。バルブの切替えの基本は、まず補油ラインの弁を全て一旦全閉を確認し、その後受け入れタンクの弁を含めてラインアップします。補油開始後は、各タンクレベルの上昇経過とともに、弁開度とバンカーパーズからの送油流量を適宜調整させ、タンクレベル（液位）に達したタンクの弁を順次閉鎖し、積み切る手順が合理的です。

しかし、各船の設計によっては、パイプライン、弁の配置が弁操作に特別な影響を及ぼす場合もありますので、それぞれの船に適合した安全第一の弁操作手順の確立が必要です。

ミーティング (Do)



(4)-2 【作業前ミーティング】

作業に関わる全ての者が補油の作業手順や補油ラインの状態を理解していたか？

- 1 作業に関わる弁操作を行う全ての乗組員が片側タンクが **50KL** に達した際に、そのタンクの弁を閉鎖することを認知していたか？
- 2 誰が、いつ、どの弁切替に従事するか、予め決められていたか？
- 3 配員された機関員 A は補油計画・手順についての説明をあらかじめ受けていたか？
- 4 停泊中は各種積み込みや訪船者対応など他作業と重なるが、適切な要員配置となっていたか？

切替作業 (Do & Check)



(4)-3 【切替作業】

1 機関員 A の弁切替作業を他の作業者がダブルチェックしたか？

作業者を疑うわけではありませんが、作業の確認のために、作業者の報告の後に、第三者である関係者および上位職者は報告内容が確実に実施されていることを確認することが必要です。

2 切替弁に名札を付けていたか？

大事な弁操作については、今の状態、次の状態を含めた、弁の状態を可視化することによって、操作した者以外でも、現時点の状態が正常であるか否かを比較、評価、確認できる工夫も重要です。もし、名札で示された状態と実際の弁の状況が異なっていれば、予定通りに進んでいないか、或いは、間違っていることに容易に気づくことができます。

3 左右の確認をしたか？

今回のケースにも当てはまりますが、タンクの弁の左右の配置と自分に対する左右が逆となる場合もしばしばあるので、指さし呼称などの一呼吸おいた行動を取ることで、勘違いを抑制するという工夫も重要です。その場合には、前述と同様に第三者による再確認が一層重要になります。

状態監視 (Do & Check)



(4)-4 【状態監視】

1 弁切替後に閉鎖した右舷タンクのレベル（液位）チェックを継続し、変化をモニターしていたか？

連続的にタンクレベル（液位）を確認していたら、右側のタンクの上昇から、バルブ操作ミスに気づき、弁操作の是正作業およびバージへのポンプストップ指示などの緊急対応を行い、海上への流出を防止できたか、もしくは流出量を抑制できた可能性があります。

2 遠隔液面計だけでなく、巻尺で定期的にタンクレベル（液位）チェックをしていたか？

液位監視については様々な方法があります。簡易的には遠隔液面計で確認しますが、正確な状態把握という点では、巻尺以上のものではありません。したがって、遠隔液面計と実際の液位の誤差チェックの意味も含め、巻尺での液位チェックが望まれます。参考までですが、図 71 の通り、液位上昇の確認は、アレージ（Ullage: サウンディングパイプ上端と液面までの距離）を確認することによって、効率的に実施できます。

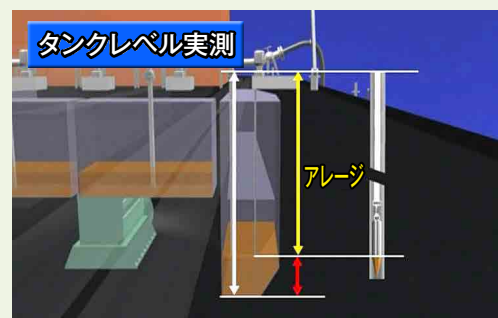


図 71 タンクレベル実測 参考文献* 17

油送流量 (m³/h) は適切であったか？

3

弁切替の際には、一時的にパイプライン内が不安定な状態になります。そのため、安全を第一に、バージに油送流量を一時的に下げ要請をする、もしくは、不慣れな要員が多いようであれば、一旦、バージにポンプ停止を要請をする配慮も必要です。
補油作業途中の弁の開閉操作には、パイプライン内に危険が潜んでいますので、パイプラインの圧力変化をマニホールドの圧力計や、バンカーホースの振れ具合で、チェックするなどの細心の注意を払うことが安全確保のための一助になります。

本事故も、原因はひとつではなく、複数の原因が存在してエラーチェーンを断ち切ることができなかった結果といえます。



(5) 再発防止策

これらのチェックポイントに危険（リスク）が潜んでいるという心構えで、それを避ける補油準備を進めることが必要です。

今回のケースでは、「**弁操作ミス撲滅が最重要**」ですが、それを取り巻く運用面と安全面からの対応も前述のチェックポイントから判りましたので、改めて再発防止策として以下を提案します。

(5)-1 平時の動機付け（環境保全の意識付け）

- 1 普段の作業手順書勉強会によって機関部構成員の教育の徹底が必要です。
- 2 すなわち、補油中の些細なミスでも、油流出が起これば海洋環境へ多大な悪影響が及ぶことを認識し、ひとつひとつの補油作業手順や各自の役割を確実に細心の注意の下に、実施されていくという基本が抑えられなければならないのです。

最重要
弁操作ミス
撲滅!

(5)-2 適切な補油計画の策定

この点は、前述のチェックポイントの通りです。

- 1 余裕ある受け入れタンクの計画、適切な送油流量 (m³/h)
- 2 作業配置の明確化（ライン切り替、作業内容、および、配置）など

(5)-3 事前ミーティング

事前ミーティング（図 72）も、前述のチェックポイントの通りです。

- ① 受け入れタンクの目標液位の確認
- ② 関係パイプライン・バルブ等の操作確認
- ③ 作業分担の確認（作業者だけでなく、管理者自身の作業内容も）など

(5)-4 定期的な巻尺によるタンクレベルチェック

遠隔液面計を過信することなく、図 73 に示すように、巻尺で実測することも重要です。



図 72 事前ミーティング 参考文献*18



図 73 タンクレベル実測 参考文献*17

(5)-5 イレギュラー時の適切な対応

- ① 作業者が急遽変更となる場合には、管理者は本人のみならず、他のすべての者へ作業内容を確実に再度指示する必要があります。
- ② たとえば、前述のとおり、停泊中は各種積み込みや訪船者対応など他作業と重なりますが、他作業への対応のために作業要員をAさんからBさんに変更するなどといった場合には、作業者が交代したことによる影響も予想されるため、交代した当事者だけでなく、他要員へも、改めて作業員変更に伴う注意指示を行うことも必要です。

なお、油濁事故発生時は、**官憲当局および当組合へ速やかに正確にご一報ください。**

(6) 【参考】補油計画

参考として、SMS や安全管理規定に規定されているような、具体的な補油計画の項目を列記します。

図 74 に示す補油受入計画表などで、どのタンクにどれくらいの量を受け入れた場合に 10%以上の余裕を加味した予想最終液位になるのかを正確に計算しておくことが重要です。

また、本船・バージ間の緊急連絡体制は、万が一のために、本船側の通信装置とバージ側のものの双方



(2系統) で通信手段を確保することも必要です。

もちろん、本船側の通信装置も、バージ側のものも、手交前に入念に機能や作動のチェックを怠らないことが必要です。

- 役割分担表
- 船内連絡体制 **・バージとの緊急連絡体制**
- 油移送管系図
- 補油受入計画 (例：図 74)
- 作業手順
(どのタンクからどのバルブ操作で作業するか)
- 補油前後のチェックリスト
- 受入中タンク実量計測簿
- 非常時(漏油時・火災時等)の対応手順
- 消火器
- 流出油防除資材
- トランシーバー (通信器具)
- 工具、温度&圧力計、レデューサー、バンカーサンプラーなど、サンプルキット(容器と採取専用のフランジ)
- 参考情報として下記のようなものがあります。
 - ① 完成図書
 - ② シンガポール補油業務標準規定 SS 600
 - ③ 25.4 The Bunkering Safety Check-List (ISGOTT)

Bunker PLAN (Sample) (LOCATION) () Date: _____

NAME OF OIL: QUANTITY: TIME OF START: DRAFT: TRIM: Rate of loading at start of transfer
E: A: Maximum Rate of loading: _____

NAME OF OIL: QUANTITY: TIME OF STOP: FILLING TEMPERATURE: Rate of loading when Topping off
Max allowed manifold pressure: _____

TRANSFER SEQUENCE	TANK		FULL CAPACITY (100%)		90% OF FULL CAPACITY		QUANTITY OF SCHEDULE			BEFORE TRANSFER (ACTUAL)		AFTER TRANSFER (ACTUAL)		QUANTITY OF TRANSFER (G.)	
	NO.	PCS	SOUNDING (CM)	QUANTITY (M ³)	SOUNDING (CM)	QUANTITY (M ³)	SOUNDING (CM)	QUANTITY (M ³)	QUANTITY (M ³)	SOUNDING (CM)	QUANTITY (M ³)	SOUNDING (CM)	QUANTITY (M ³)	Q1TEMP	Q1SC

MASTER: _____ CHIEF ENGINEER: _____ FIRST ENGINEER: _____

図 74 補油受入計画表

3.3 カプチーノバンカー (特殊なショートバンカーの例)

「カプチーノバンカー」は海事関係情報としてでも多く報じられているものの、バンカーバージ側は本船側がこれを見破ることが難しいことを知っており、この様な不正行為が依然として実際に行われています。

日本での補油ではこのような不正行為はないと考えられますが、シンガポールなどでは減少傾向にはあるものの、少なからず発生していると認識をしています。ついては、本船乗組員がこのような問題発生リスクを認識し、問題発生時の対処方法などの参考となるよう、各段階における注意事項を紹介します。

【関連情報】

当組合 P&I ロス・プリベンションガイド 第 30 号
「燃料油 - 品質と補油数量について」

(1) カプチーノバンカーとは

カプチーノバンカーとは、補油時にバージ側（燃料送液側）が本船への送液過程で、なんらかの化学的・物理的手法によって、燃料油中に空気のを混入させて、見かけの容積を増す不正な手法です。



図 75～図 77 にカプチーノバンカーの事象を時系列的に図示します。

黄土色部分が正常な燃料油で、クリーム色部分が空気混じりの燃料油を示します。

図 75 に示すとおり、途中からわずかに空気混じりの燃料油が燃料油タンクへ移送され始めます。積切りの補油最終段階では、図 76 に示すとおり、上層には大量の空気混じりの燃料油が存在します。そして、数日後には図 77 に示すとおり、泡が消失し、本来の油面が現れ、泡の分だけ目減りが発生するものです。

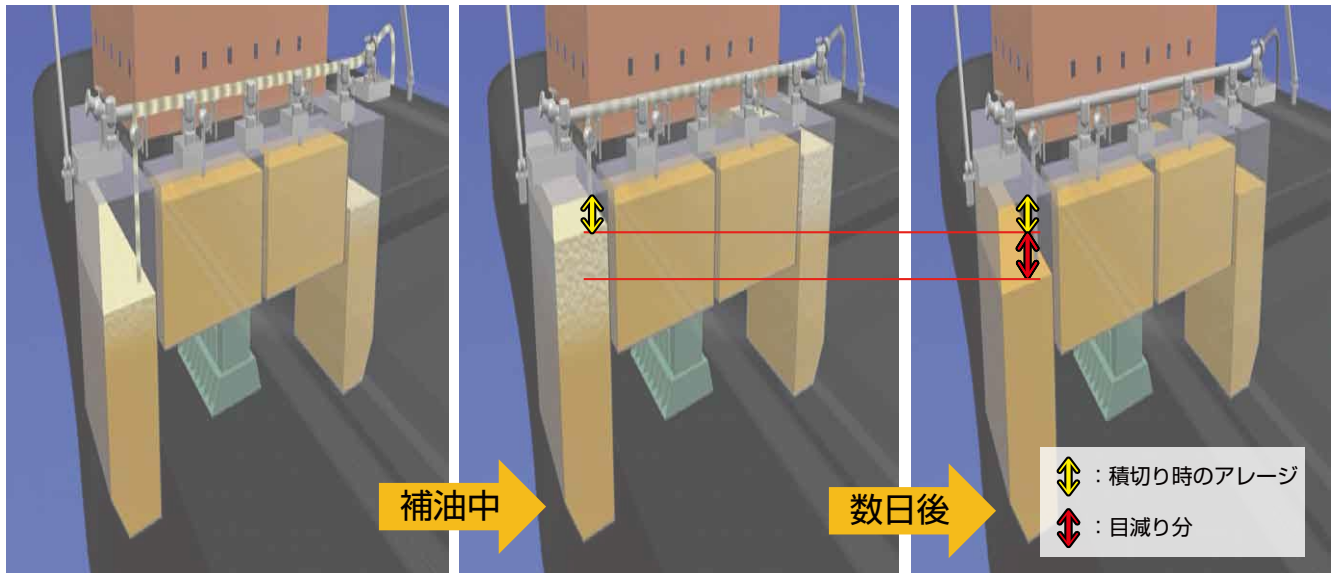


図75 参考文献*17

補油後半からわずかに泡混入

図76 参考文献*17

積切り時点では、
上部はほとんど泡状態

図77 参考文献*17

数日後泡が消失し、実質目減り
(ショートバンカー) が発覚

カプチーノバンカーは、営業的な経済損失になります。また、航海安全の観点からは、最悪、燃料の欠乏による運航阻害への発展が懸念されます。よって、船舶の運航管理上、補油といえども細心の注意を払わなければなりません。



しかし、注意が必要といいつつ、カプチーノとはどのような状態であるかを理解していないと、状態良否の判断が付きません。図 78～図 83 にカプチーノ状態と正常状態の写真を紹介します。

まず、タンク内での表面状態を比較してみます。図 78 に示す、表面があばた（荒い）状態が空気を抱き込んでいるカプチーノ状態です。図 79 に示す表面が光沢（滑らかな）状態は空気がない正常な状態です。

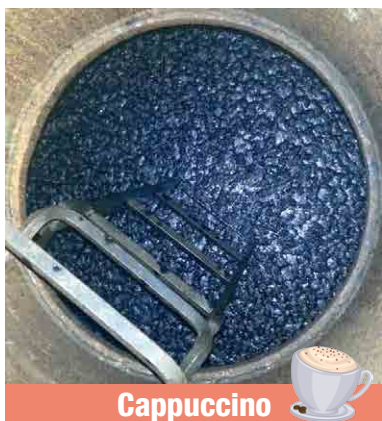


図 78 【カプチーノ状態】
補油 2 後時間：激しい泡々状態
参考文献 *19



図 79 【正常状態】
補油 6 時間後：気泡がない状態
参考文献 *19

次に、サウンディングテープの表面状態を比較します。図 80 に示すテープに激しい泡の付着（つや無し）状態が気泡を抱き込んでいるカプチーノ状態です。図 81 に示すテープに泡なし（きれいな光沢反射）状態は気泡がない正常な状態です。



図 80 【カプチーノ状態】
テープに激しい泡付着（つや無し）
参考文献 *19



図 81 【正常状態】
テープに泡なし（きれいな光沢反射）
参考文献 *19

最後に、サウンディングテープのおもり部分の表面状態を比較します。図 82 に示すテープ先端のおもり (Dip weight) に激しい泡の付着 (つや無し) 状態が気泡を抱き込んでいるカプチーノ状態です。図 83 に示すテープ先端のおもりに泡の付着無し (きれいな光沢反射) が正常状態です。



図 82 【カプチーノ状態】
テープ先のおもりに激しい泡付着 (つや無し)
参考文献 *19



図 83 【正常な状態】
テープ先のおもりに泡付着無し
(きれいな光沢反射)
参考文献 *19

(2) 予防策

カプチーノの特徴を考慮し、予防策として各ステージの注意点を説明します。

(2)-1 バンカーバージ接舷時の注意点

バンカーバージ接舷時 (バージ数量チェック時) の注意点は以下の通りです。

- ① 補油開始前のバージ数量のチェックを行いません。
- ② アレージハッチ (測深用ハッチ) やタンクハッチを開け、燃料の表面の泡立ちを確認します。また、測深テープでも泡立ちの確認が可能です。泡立ちが無ければ、テープに泡が付くことなく、タンクレベルが明確に示されます。
- ③ 空気の混入が疑われる場合は、ボトルをタンク内に降ろし、サンプルを採取します。サンプルは清潔なガラス瓶に移し替え、泡立ちや気泡の状態を注意深く観察します。



空気の混入が考えられる場合、機関長は補油を許可せず、直ちに本社へ連絡するべきです。その際、以下の手続も同時に行ないます。

4

- 備船者が燃料を手配している場合は、備船者にも問題通知する。
船主および備船者は、Bunker Surveyor を手配し、調査を開始する。
- バージ船長へプロテストレター（添付資料⑤-1,2 参照）を出状し、コピーを本船代理店に送付する。
- バージ船長がバージごと逃走した場合、代理店は直ちに港湾当局へ連絡をとり、移動先を確認する。
- 関連する時刻や事実を全て航海日誌に記録する。

(2)-2 補油作業開始前の注意点

1

機関長は、バージ側送油元タンクの数量が、予定数量、BDN などの記載数量と合致していることを確認する。

バージでの初回確認の結果、空気混入が認められない場合でも、バージから本船への移送中にバージタンク内や送油管内で空気が混入されるケースも想定されるので注意が必要です。

2

“The Singapore Bunkering Procedure SS600” によれば、下記の通り、ポンプによる補油作業中、或いは、ストリップング中、ラインクリーニング中に、空気ボトルや空気圧縮機による圧縮空気を使用することが禁止されています。

“No air compressors or air bottles shall be used by the bunker tanker for the line cleaning process.” (SS600 2014 : Paragraph 5.2.2.9)]

バージのタンク切替毎にストリップングが行われる場合や、最後のホース内の残油の押し出しのために、エア押しをする場合には、若干の空気の混入がありますが、大きな影響はありません。

3

機関長は、補油作業開始前に本船側の全燃料タンクを計測、記録する。
サーベイヤーを起用している場合は、その記録を検証するよう、サーベイヤーに依頼します。

(2)-3 補油作業中の注意点

補油作業中、本船の乗組員は以下に注意を払うことが重要です。

1

- ホースが異常な動きをしていないか？
- バンカーマニホールドに耳をつけ（聴音棒などを利用）、異音が聞こえないか？
- マニホールドの圧力計が圧力変動を示していないか？
- バンカーバージから異音が聞こえないか？
- 本船タンクの燃料の計測を行う際、測深テープに過度の気泡の付着はないか？

2

観察の結果、燃料への空気混入が考えられる場合、機関長はバージの船長にポンプを止めるよう求めます。

この場合には、本船側受入れ燃料タンクのマンホールを開放し、バージの船長も含めて現認することが要点となることを十分理解する必要があります。

- ③ 空気の混入が疑われる場合は、ボトルをタンク内に降ろし、サンプルを採取します。サンプルは清潔なガラス瓶に移し替え、泡立ちや気泡の状態を注意深く観察します。機関長はバージに再び乗船し、全タンクの計測を行い、その記録をとり、バージの船長の署名もとります。船主 / 備船者への報告、プロテストレター、航海日誌への記録等は上記(2) -1-④に同じです。
- ④ BDN への署名を拒否し、引渡し補油数量に関しバージの船長の申告に安易に同意することは避けるべきです。これらの事実認定のためにも、サーベイヤーの確認・検証を受ける必要があります。この時も、バージがどこかへ逃走した場合はその時刻を記録し、代理店へ連絡しなければなりません。

(2)-4 出後港の注意点

- ① 燃料積み込みから約 12 時間後に、本船の全燃料タンク計測を行い、減少がないかを再チェックします。その際、機関長が BDN に署名していると、以後の数量問題の解決は非常に困難になります。
- ② 全てのチェックリスト、測深記録、あらゆる事柄や打合せ内容の記録、受領書などの関係記録は、後日参照可能なように保管しておかなければなりません。

(3) 【まとめ】

基本的なことですが、適切な本船タンク計測の実行は、バンカーショーテージを避けるため、カプチーノバンカーの如何にかかわらず、あらゆる港における補油作業において重要なことです。ことカプチーノバンカー予防のためには、補油前&補油中に、特に上記(2) -1-②、③および(2) 3-①について、鋭い観察眼を働かせ、早期発見に努めることが最重要です。

第 4 章

機関室リソースマネジメント (ERM)

ブリッジリソースマネジメント (Bridge Resource Management : 以下 BRM と記す) のようにシステムチックな理解がまだ浸透していないエンジンルームリソースマネジメント (Engine-room Resource Management : 以下 ERM と記す) について、事故予防という観点から考えてみます。

4.1 「安全について考える」のおさらい

2015 年 7 月に当組合が発行したロスプリガイド No.35 「安全について考える」の内容について再確認します。(参考文献 *20)

(1) 安全とは

様々な安全学が研究されていますが、本質的なところとして、事故やトラブルを起こさないためには、社会のために何をなすべきかという点に立ち、事故が起こさないようにするための予防策を考えるといった観点で安全を考えることが必要になります。

英国の心理学者 Reason は「安全とは、組織が日常的に曝されている危険に対して抵抗力を持っていること」と定義しています。

船の運航を考えた場合、衝突の危険、貨物損害の危険、港湾設備損傷の危険、機関事故の危険など、存在するものは危険ばかりです。

すなわち、安全は価値観や概念に過ぎず、これらの「危険をいかにして回避していくのか」ということが、安全に繋がると考えられます。

これを図式化すると図 84 のような、危険予防の結果が安全な状態なので、あらかじめその危険を予知し、避けていくというメカニズムをシンプルに整理できます。

本当に考えなくてはならないのは、社会のためにも事故が起きないような「予防型」という観点から安全を考えることが必要。

「危険をいかにして回避していくのか」ということが安全に繋がる。

技術の枠組みを作ったら、それを生かすため、それを動かすために何が一番大切なのかを考える。
危険を察知・予測し
事故を起こさないための
予防・回避を常に意識する。

図 84 安全=危険予防のロジック

言い換えると、危険のパズルが存在する場合には、危険を避ける全てのピースを埋めていくといった取り組みが必要になります。つまり、ピースが埋まらない場合（抜けがある場合）に、落とし穴に落ちるので、トラブルに発展する可能性が高くなります。したがって、的確に危険を予知し、それを避けるという取り組み姿勢を地道に進めていくことが不可欠になってきます。

(2) 科学と技術と技術者の関係

エンジントラブルの事例を前述しましたが、その中のチェックポイントにおいて燃料油の性質、燃料を混ぜた場合の特徴や、過熱した場合にはベーパーロックに発展することをご紹介しました。

機関室に配置されている機器やシステムは、自然の原理というベースとなる科学が応用されて開発された技術を、技術者である乗組員が、何のためにどのように合理的に運転操作し、ならびに日常管理すべきかという点を理解して対応することが非常に重要です。

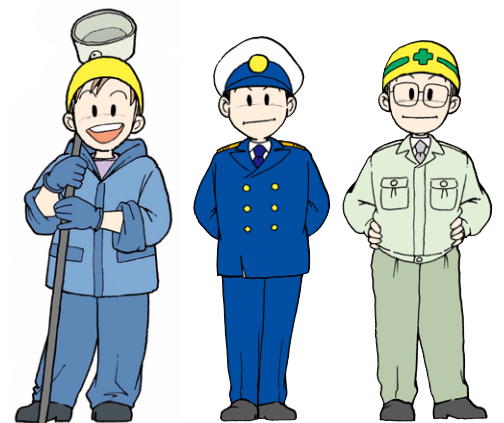
それは図 85 の 科学 ⇒ 技術 ⇒ 技術者のピラミッドを漏れなく構築することがポイントとなります。例えば、基礎となる科学では、自然の原理によれば、燃料を加圧、加熱するとどのように状態変化するのかを知り、次に技術においては、その燃料の特徴を生かして粘度をどのように自動制御していくのかを構築し、更に、適正な粘度にするためのパイプライン（配管）システムなどをどのような目的のために、粘度や温度をどのように設定にするかといったことについて技術者である海技者が決断して行きます。

重要なことは、機器の取扱いにあたり魂を入れるのは人であることを決して忘れないことです。

現場でよく使われている言葉に「一を聞いて、十を知れ！」があります。これは、一つの作業指示や決断には必ず裏付け（判断要素）としてその 10 倍や 100 倍の科学や技術の原理があるということです。すなわち、シニア機関士から若手機関士への指示であるならば、若手機関士はその背景を正確に理解すること、或いは、自分の決断で対応するならば、その判断過程がロジカルであることが大事です。そうでなければ、一つ一つの動作が力（意味）を持たないだけでなく、担当者にも力が付きません。

仮に、若手機関士が科学の原理原則を学校の試験の目的のためだけに勉強していて、卒業以降はその知識の維持向上を行わないような場合、機関長を含むシニア機関士と運転管理に関する正確な意思疎通が図れなくなり、機関部の業務自体が成立たなくなる恐れがあります。

また、これは手順書の運用の場合も同様です。船内では一定の安全レベルを維持し、かつ、効率的に作業を達成するために手順書が作成・運用されていますが、それぞれの作業がなぜその順番なのかという点では、原理の裏付けがあります。



ブラックアウトの事故例の中で手順書不履行を紹介しましたが、手順書の実施には裏づけとなる原理の理解が必要です。もし、途中で不具合が発生しても、その手順の裏づけとなる原理を理解していれば、後戻りしてその要因を排除し、やり直すこともできます。

以上から、機械に魂を入れるには、裏づけとなる基礎の科学知識をしっかりと押さえることが重要であることがわかります。

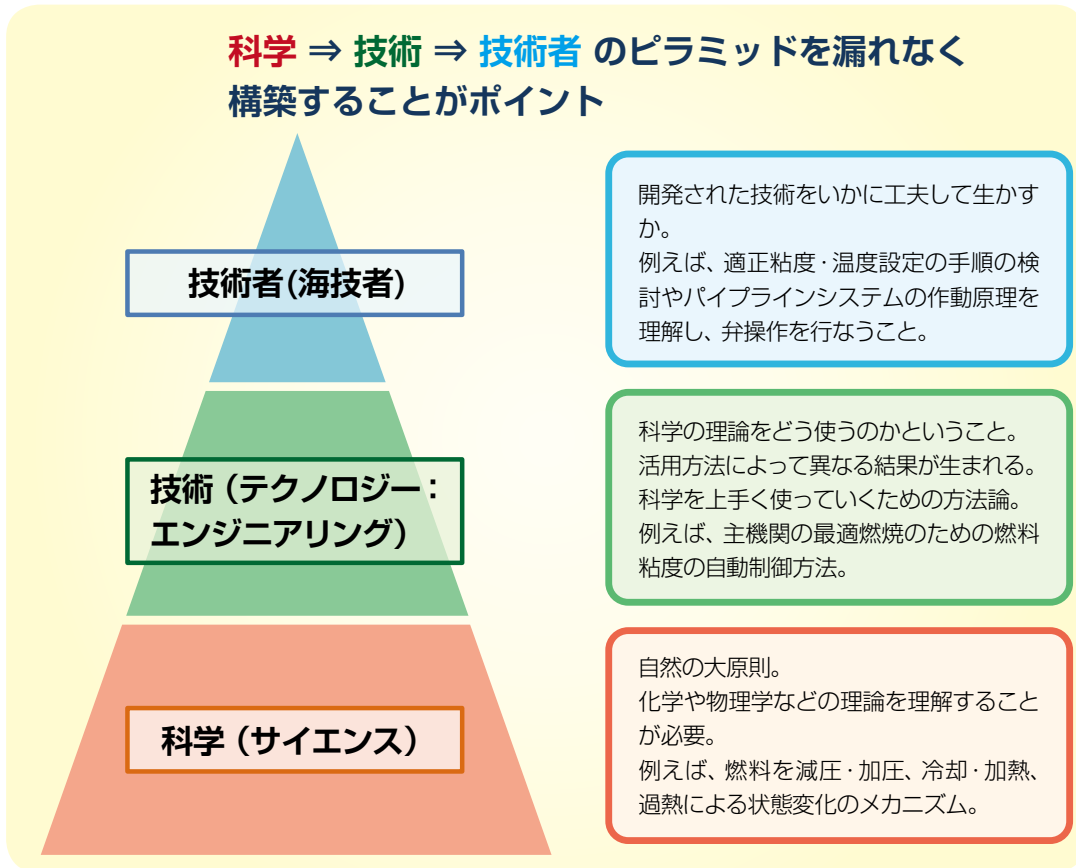


図 85 科学・技術・技術者のピラミッド

4.2 ERM と BRM の違い

ERM のコンセプトは基本的には BRM と類似しています。しかし、ERM が BRM と決定的に異なるのは、ERM では「見えない敵と戦わなければならない」という点です。

例えば、BRM では船橋においてパイロットも含めた船長以下の操船者の目前で繰り広げられている出来事を直視可能な状況下、および、シーマンシップという大航海時代から綿綿と引き継がれた揺ぎ無い共通認識の下で各リソースを活用し、いかに適切な判断によって危機的な状況を回避する行動をとれるかというものです。

一方、ERM では、機関制御室にいても、あるいは、機関室の現場にいても浸水や火災など可視的な現象を除けば、仮に不具合が発生した場合でも機器・装置やパイプラインの中で起こっている現象は直視できないので、技術上の客観的な情報に基づき、科学や技術の原理に基づいた推定・仮説を根拠として対処していかなければなりません。

また、機関システムの基本概念は同じであるものの、各個船によって装置もパイプラインも弁の位置も全て異なる配置になっていることを念頭に置き、現場の報告に基づいて、ある意味目隠しをした状態で状況を判断してその対処方法を決定しなければなりません。

勿論、機関制御室に配置された者も、機関室内の装置の配置・パイプライン等を熟知し、自ら操作できるレベルに達していなければならないことは言うまでもありません。

そのため、**[+α]**として、原理原則に基づいたシステム・装置が正常作動するように、日頃から計画的な点検・整備を行い、運転状態を適切に把握すると共に、異常の予兆を的確に察知できる管理体制も構築することが求められます。また、教育・訓練体制を整えておけば、緊急事態への適切な対応だけでなく、事故予防にも結びつくものと考えられます。すなわち、**ERM + α**が、よりよい機関管理に繋がると考えられます。

4.3 ERM とは？ 参考文献 *18

＝一般財団法人 海技振興センター：「エンジンルームリソースマネジメント」より＝

4.3.1 能力要件表とリソース（資源）

これもロスプリベンションガイド No.35「安全について考える」のおさらいになりますが、国際海事機関（以下 IMO と記す）では、ERM とは機関区域においてリソース（資源：機器・設備、乗組員、情報）を適切に管理し、有効に活用しながら船舶の安全運航を実現する一つの手法としています。改正された能力要件表には、ERM の実践にあたり重要な要件として図 86 に示す事項が規定されています。



IMO の ERM の能力要件表

- リソースの配置
- 効果的なコミュニケーション
- 任務および優先順位決定
- 明確な意思表示とリーダーシップ
- 状況認識力
- チーム構成員の経験の活用および ERM 原則の理解

図 86 IMO の ERM の能力要件表

また、リソース（資源）の管理をまとめると図 87 のようになります。

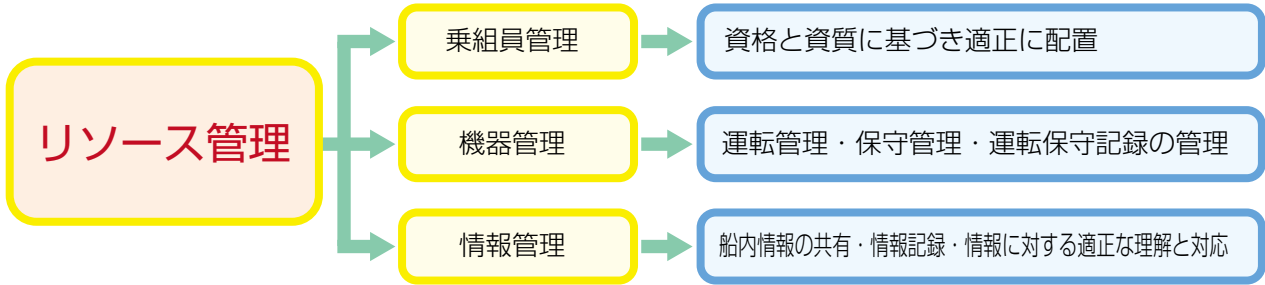


図 87 リソース（資源）の管理

図 88 に、ERM 要件の相関関係を示します。

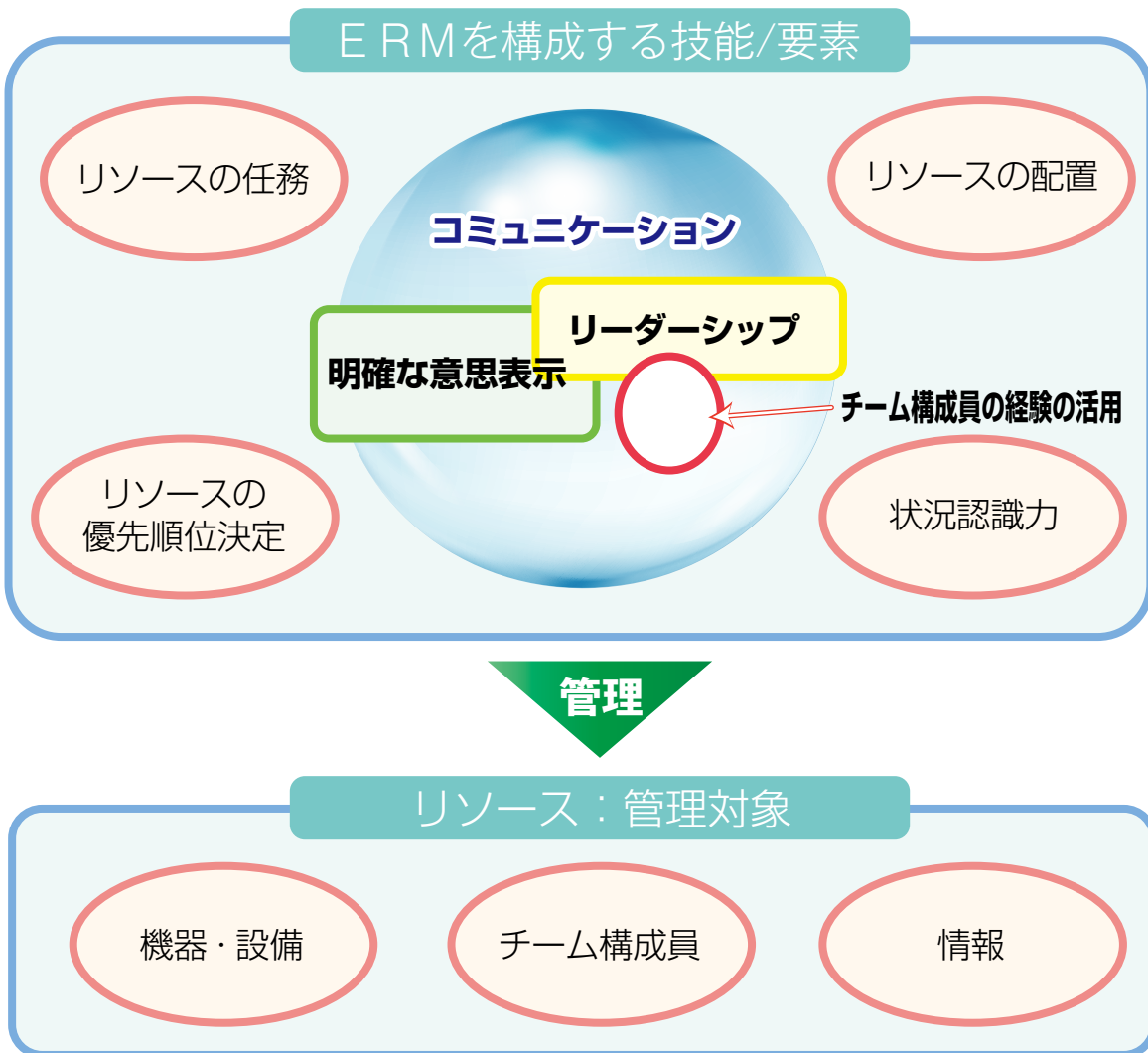


図 88 ERM 要件の相関関係

図 88 では「コミュニケーションが ERM における最も重要な要素」であることを示しています。すなわち、コミュニケーションによって、能力要件表に規定されている各リソースと状況認識力を引き寄せて連携させることができます。

ここでリーダーシップと明確な意思表示はコミュニケーションを土台とした能力であることを示しています。チーム構成員の経験の活用もコミュニケーションを土台とした能力であり、リーダーシップと共通する部分もあります。

リソースに関する3つの要件（任務・配置・優先順位決定）と状況認識力は、コミュニケーションと共通性はなく、それぞれ独立した要件と言えます。これらを四角で囲むとERMの原則となり、これはERMに含まれる共通的な要素であり、安全運航を維持するために必要な要員の配置のあり方、要員に必要な能力や行動規範に関する原則といえます。

4.3.2 ERMの効果

ERMの範囲は、機関の取り扱いに関わる全ての場合に適用されると考えるべきです。すなわち、出入港や緊急対応ばかりではなく、整備作業の場面でも適用されます。以下、海技振興センターの教材にある「作業前ミーティング」の事例を紹介します。

(1) 【作業前ミーティング】

近年、作業前ミーティングは、当たり前のように行われるようになりました。このミーティングが行われるようになった背景には、機関部の人員構成が多国籍・多文化へと変化し、その結果コミュニケーション不足の恐れが浮上したことが挙げられています。

その対策としてミーティングを通じて意思疎通やコミュニケーションを図り、安全かつ確実な作業を目指そうとするものです。

以前は、機関部全員が集合した作業前ミーティングを行う習慣はありませんでしたが、安全に対する法的な規制の強化や安全意識の高まりによって、ツールボックスミーティングと呼ばれる作業前ミーティングが重要視されるようになってきました。

それには、前述の通り船内の多国籍化・多文化化した労働環境の変化という特徴も影響していると考えられます。

しかしながら、ミーティングでは作業内容と時間割や配置人数の確認に焦点が当てられがちになっていますが、それだけでよいのでしょうか？



図 89 作業前ミーティング(1)



図 90 作業前ミーティング(2)



図 91 関係部署との連絡



図 92 機関室内整備作業

図 89～92 は下記 HP で公開されている動画から抜粋。

海技振興センター HP

動画 : http://www.maritime-forum.jp/et/movie/Engine_room_japanese/index.html

教本 : http://www.maritime-forum.jp/et/pdf/h23_EngineRoomResourceManagement_japanese.pdf

(2) 【情報の共有】

それぞれの作業による機関運転への影響だけでなく、他の作業との連携も認識しなければ、事故に発展する恐れがあります。

「手順書だけに頼って、いわゆる**五感**が働かなかったことによって海水ストレーナの掃除というシンプルな作業においてカバーが飛ぶといった事故に至る」例の紹介とその対策について、上記動画の中で、操機長から 3/E に注意喚起がありました。(図 93, 94)

直接的な原因はエアイベントパイプが閉塞していたのでストレーナカバー内の残圧を抜くことができなかったことであり、結果としてカバーナットを緩めたときにカバーが勢い良くふき飛ばされた事例です。その背後にある原因は、手順書の通りに進めたものの残圧排除の段階で確認作業を怠ったためです。

すなわち、エアイベントパイプが詰まっていながら次のような現象に対して五感を働かせ、異変に気付くことができなかったために発生したトラブルとも言えます。

- 1 勢い良く海水が出てくる前に聞こえる、シューシューという空気音
- 2 エアイベントのパイプに触れていれば感じられた、パイプ内が空気から海水に代わることによる温度変化

手順書だけを追いかけて、原始的ですが、その状態変化を五感で感じ判断することが必要です。



図 93 操機長から 3/E ヘアドバイス

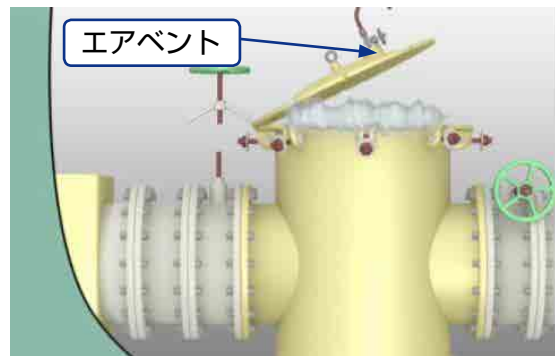


図 94 海水ストレーナ

次に、機関長から過去に他船で発生した、通常と異なる状態や、調整後の情報共有欠落により生じた事故例「①燃料系安全弁からの漏えい②ダイヤフラム板破損」を紹介し、改めて情報共有の大切さについて注意喚起しました。(図 95, 96, 97, 98)

ここで、ERM の原則にある情報の共有が「運航」の場面ばかりでなく「保守・整備」の場面でも重要であることを全員に示しました。



図 95 機関長から全機関部員への安全上の注意



図 96 燃料油加熱器の安全弁



図 97 ダイヤフラム板破損



図 98 情報共有



これらは作業前ミーティングの効果ですが、情報共有は効果的なコミュニケーションがあってこそ成り立つという認識が必要です。

4.4 事故例において ERM は機能していただろうか？

第3・4章で5つの事例をご紹介してきました。驚かされる例や、本当にこんなに落とし穴（負の連鎖）が連続することがあるのかと疑いたくなるケースもありました。

その中で、様々なチェックポイントを検証しましたが、他方で、前述の ERM の能力要件に対してこれらの事例からどのようなことが考えられるか、どんなアプローチがあてはまるのかをサンプル的に作成した表が図 99 です。

	ERM 能力要件	チェックポイント
ボイラ水漏れ	リソースの配置	ボイラを設計されたとおりに維持させる十分な管理能力がボイラ担当機関士に備わっていたか？
	効果的なコミュニケーション	機関長や上長は的確な助言をしていたか？
	任務および優先順位決定	ボイラ担当機関士は缶水管理の重要性を理解していたか？
	明確な意思表示とリーダーシップ	機関長や上長は整備の重要性を担当機関士へ説明していたか？
	状況認識力	知識は十分だったか？
	チーム構成員の経験の活用および ERM 原則の理解	ボイラの取り扱い経験のある他の機関士は疑問に感じなかったのか？ 助言はなかったのか？

	ERM 能力要件	チェックポイント
主機関起動不能	リソースの配置	主機関の回りに、異常状態を防止するために、状況に応じ燃料温度・粘度変化を細やかに管理するための人員配置ができなかったのか？
	効果的なコミュニケーション	機関室－機関制御室－船橋の相互の連絡はとれていたか？
	任務および優先順位決定	機関長からの燃料温度設定変更のタイミングに問題はなかったか？
	明確な意思表示とリーダーシップ	機関長の指示は適切だったか？
	状況認識力	燃料消費がない場合の配管内燃料の状態の変化を理解できていたか？
	チーム構成員の経験の活用および ERM 原則の理解	他の機関士は機関長のオーダーや配管内の状況に疑問を持たなかったのか？

	ERM 能力要件	チェックポイント
ブラックアウト	リソースの配置	発電機の緊急停止後の再起動のために、適切な人員配置はできていたか？
	効果的なコミュニケーション	起動空気入り口弁の状態（閉鎖）を上長は認識していたか？（見回りしていなかったのか？）
	任務および優先順位決定	復旧作業時の点検項目の作業指示は明確だったか？
	明確な意思表示とリーダーシップ	機関長・一等機関士は適切な指示を出していたか？
	状況認識力	復旧のための適切な状況認識ができていたか？
	チーム構成員の経験の活用およびERM原則の理解	なぜ、ブラックアウト復旧訓練の重要性が理解されていなかったのか？ ブラックアウト復旧作業の経験者はいなかったのか？

	ERM 能力要件	チェックポイント
ボイラ黒煙	リソースの配置	ボイラを設計どおりに機能させる十分な管理能力がボイラ担当機関士に備わっていたか？
	効果的なコミュニケーション	なぜ、黒煙に関して機関部当直者と船橋当直者との情報共有がなされなかったのか？
	任務および優先順位決定	バーナー整備の優先順位付けはどうなっていたか？
	明確な意思表示とリーダーシップ	機関長から整備の重要性について説明はあったのか？
	状況認識力	なぜ、黒煙発生時に、黒煙の抑制・防止などの適切な対応をとれなかったのか？ 機関部当直者による黒煙の監視はなかったのか？
	チーム構成員の経験の活用およびERM原則の理解	ボイラの取り扱い経験のある他の機関士は疑問に感じなかったか？助言はなかったのか？

	ERM 能力要件	チェックポイント
補油時漏油	リソースの配置	人員は配置されていたが、ダブルチェックを行う者はいなかったのか？
	効果的なコミュニケーション	切替作業の指示内容の説明が事前に行なわれていたか？
	任務および優先順位決定	補油計画は作成されていたか？
	明確な意思表示とリーダーシップ	補油計画は事前に関係者へ伝達され、環境汚染の可能性について注意喚起されていたか？ 熟練者は未熟者へ教育しているか？
	状況認識力	定期的（例えば 15 分毎）にタンクの液位を確認していたか？
	チーム構成員の経験の活用およびERM原則の理解	経験のある作業者は適切に助言したか？経験者は何人いたか？

図 99 ERM の能力要件に対する事故例のレビュー



4.5 機関管理とは？(ERM + α)

一般財団法人 海技振興センター「Engine-room Resource Management (ERM)」の教材（動画、教本）の通り、ERM とはリソースの管理といたつとも、直接的に機関部のメンバーが相互に連携をとって有機的に機能できる体制を指しています。

他方、事故予防を見据えた最適な機関管理を実務面から考えた場合、さらにそのベースとなる間接的に影響する [+ α]、状態監視・整備・教育体制を整えることが必要になります。

(1) 直接とは (ERM)

ERM の直接的な現場といえば、前述した整備作業も含め下記の運航場面が一般的と考えられます。

- ① 出入港スタンバイ操船（機関運転）への即応体制の確立
- ② ブラックアウト、主機関停止、漏油、火災、浸水等の緊急時への即応体制の確立
- ③ 燃料や潤滑油の補油、スラッジ揚げ等の油濁事故の恐れのある作業
- ④ 航海当直（船橋操船との連携、機関運転）
- ⑤ 停泊当直（荷役作業との連携、整備作業）
- ⑥ 保守整備作業（重要注意事項の共有、作業の相互の連携・連絡・協力・状況把握の確立、通常操作・運転しない弁や装置の特殊な状態の部内共有、他部署との連携等）

連携という意味では機関部の内々だけではなく、第2章 2.2.2 で主機関が起動不能となって海底ケーブル損傷に至った事例でも紹介した通り、出港時の燃料の切替タイミングについてはあらかじめ甲板部と機関部の意思疎通が重要ということも指摘しました。

類似の例としては、貨物ホール下方に燃料タンクが配置されている場合で、加熱に弱い貨物を積載する場合には、貨物担当部から機関部へ燃料タンクの加熱温度に注意要請があるべきで、機関部は木目の細かい温度調整対応が求められます。このように本船全体の最適性を念頭に入れたリソースマネジメントに注意を払うことも必要です。

しかし、コミュニケーションが重要といたつつつ、騒音の大きい機関室では乗組員同士の聞き取りが難しいため、情報伝達の際の言葉、すなわち明確な意思表示ための手段については、誤解を招かず、明瞭・簡潔なシンプルな決まり言葉を使用するなど、連絡・連携への気遣いも不可欠です。

例えば、閉める動作一つにしてもクローズなのかシャットなのかどちらかに決めて、情報伝達に迷いを生じさせない準備と心構えも併せて必要です。

(2) 間接とは[+ α]

事故予防を見据えた場合、直接的な運航の土台となる下記の[+ α]の状態監視・整備・教育体制を整えることが必要になります。

- 1 継続的な主機関・補機器の運転情報（温度・圧力・消費・それらの変化）の状態監視・診断（異常予兆の早期発見：本船運航環境下での特徴の把握、試運転、シリーズ船比較など）

個船ごとに運航海域や負荷が異なるので、状態管理に関し、日頃から海上試運転データや正常運転状態との比較に注意が必要です。

それぞれの機器やシステムの特徴を把握することで異変に気づき、タイムリーに適切な処置・対応をとることが可能となります。

- 2 適切な計画保守整備 (Planned Maintenance System)：機器が設計性能を発揮する状態の維持（完成図書の取扱説明書、メーカーサービスインフォメーション、教訓に基づく自社整備基準など）

事件事例から保守点検整備の重要性について改めて認識を新たにしました。これは、本船と管理会社そして運航部門とが三位一体となって共通の認識の下に、整備に取り組むことが必要です。特に、運航部門が整備時間確保の重要性を理解することも必要になります。

また、整備については、メーカーから整備推奨時間が提示されているものの、運航負荷、運航パターン、海域、使用燃料、および、潤滑油等の運転環境によって、機器にかかる負担が異なるので、各社で整備の際の計測等によって標準より劣化が早い・遅いなどの評価を行うことや、運転状態評価や自社のトラブル経験に基づく教訓（経験知）を総合的に勘案して、各社・各船で定めた最適なタイミングで整備作業を実施することが重要と考えます。

すなわち、メンテナンスのノウハウです。しかし、これはトラブルを回避するためのベスト管理でなくてはなりませんので、決して無理をしたぎりぎりの状態での綱渡りのノウハウであってはなりません。

- 3 船内教育：機関システムに関する共通認識の確立

チェックリストの消し込みに追われる業務に流されず、原理・原則のサイエンスの部分を机上の論理だけに留めず、エンジニアリングの観点から実効的な機関管理へ結び付けるレベルアップ活動への誘導といった船内教育も重要です。そのための手法を考察しました。

・ 定期的にそれぞれの機関操作・手順の意味やシステム運転管理の勉強会の開催

前章の4.1 (2) 科学と技術と技術者の関係の繰返しになりますが、船内では、一定の安全レベルを維持し、かつ、効率的に業務を達成するために、手順書が作成・運用されていますが、それぞれの作業がな



ぜその順番なのか？という点は、原理原則に基づいています。もし、作業の途中で不具合が発生した場合でも、その手順の裏づけを理解できていれば、後戻りしてその要因を排除し、やり直しができます。つまり、定期的に基本に戻ることが要点になります。

・トラブル事例や経験の情報共有

情報共有に関しては、前項で作業前ミーティングを事例として紹介しましたが、現場業務において、心に刻まれるトラブルを経験する機会は頻繁にはありません。そこで、ベテラン乗組員の他船における経験や、会社で蓄積している過去の事例を提供することは重要です。

・整備作業手順やそのリスクアセスメントを踏まえた勉強会

トラブル経験に基づく教訓（経験知）を活用し危険を予知して、安全レベルの向上のための取組みは重要です。例えば、若手は経験が浅いため、ベテラン乗組員の他船での経験や、会社で蓄積している過去の事例を話し合うことによって、危険を予測できる力も培われます。

・ブラックアウト復旧訓練などの緊急対応訓練の実施

頻繁に起こるわけではありませんが、重要機器にトラブルが発生した際に迅速に対応できるように、定期的な訓練実施が必要なことは言うまでもありません。

ブラックアウトの場合には、自動復旧できるところと、手動でなければ復旧できない手順がありますが、それらの手順の識別定着が重要です。同時に、訓練を通じて、日頃運転されていない非常用発電機が給電する機器の理解もできますし、発展的には、非常用発電機で給電できない機器について、平時でも取扱にどのような注意が必要であるかを派生的に考えるきっかけにもなります。

・勉強会を通じて、発展的にチェックリスト、手順書、SMS の合理化を検討・提案する

手順の組立てには、その裏付けがあることを前述しました。

理論と現場実務が合理的に合致した場合には、確立された手順が長期に活用されます。しかし、経験知を元に初期の手順書が組み立てられた場合、すなわち昔から現場で実施していることを手順として文字にした場合には、作業の合理性が優先される場合や、逆に安全率を高くとりすぎた例が存在するので、対象者の世代交代や技術革新によって、改訂が必要になる場合があります。また、手順書があっても事故が起これば、その対策を講じなければなりません。

例えば、海技者（技術者）の技術レベルによって、記載される内容や、木目の細かさは異なってきます。すなわち、知識レベルが高く経験や知識のある者に対しては、手順は骨格のみでよく、行間や肉付けを個々人が柔軟に補うことができるからです。しかし、逆に技術レベルが未熟な場合には、一定の作業レ

ベルを維持するために行間が詳細に明示された手順書が求められます。したがって、手順書は未来永劫絶対的なものではなく、目的、対象者、導入技術等によって、都度、創意・工夫して見直し、最新・最適化していくことも必要です。

・五感を生かす「カンジニアリング」の醸成

遠隔監視システムや計器ばかりに頼らず、臭い、温度、圧力、振動、音、形や色など、人の持っているセンサーを総動員して、異変や状態変化を察知することも、現場では大切にしなければなりません。前述の作業ミーディングの【情報共有】の事例において、「五感を働かせる大切さ」を操機長から3/Eへ注意喚起していた点から容易に理解できます。

・かしまった勉強会にとどまらず、お茶の時間や出入港 S/B 中の会話（コミュニケーション）も大切に！

ここまでで、いろいろな検討会や勉強会をお奨めしてきました。

多忙な船上では勉強会という直接業務に結びつかないことに時間を割くことは難しいこともあります。しかし、隙間時間を有効に活用すれば、実現可能な場面もあります。休憩時間や出入港 S/B の時間です。

例えば、お茶の時間には機関部は一同に会するので、短い時間を活用し SMS やパイプライン、プラントシステムの勉強会やトラブル事例の情報共有が可能ですし、出入港 S/B 時にベテランと若手が機関制御室や機関室に配員されるので、ベテランから若手へのプラントの状態と機関操作の関連性の質疑応答や、過去のトラブル事例の教訓などの知識共有の機会もそんな一工夫で実現可能と思われます。





第 5 章

離路が発生した場合の対応

本章では、機関損傷などが理由で目的港に向かうことができず、当初の予定針路から逸脱した「離路」が発生した場合の対応について説明します。

5.1 法律上の規定

まず、離路が発生した場合に適用される日本国内法について確認します。適用される法律として下記船員法があります。また、日本以外でも同様な対応が求められることが殆どです。

(1) 船員法第9条（航海の成就）

船長は、航海の準備が終つたときは、遅滞なく発航し、且つ、必要がある場合を除いて、予定の航路を変更しないで到達港まで航行しなければならない。

すなわち、本船船長には目的港向けに直航しなければなりません。

また、航行に関する報告義務として以下が定められています。

(2) 船員法第19条（航行に関する報告）

船長は、左の各号の一に該当する場合には、国土交通省令の定めるところにより、国土交通大臣にその旨を報告しなければならない。

- 一 船舶の衝突、乗揚、沈没、滅失、火災、機関の損傷その他の海難が発生したとき。
- 二 人命又は船舶の救助に従事したとき。
- 三 無線電信によって知つたときを除いて、航行中他の船舶の遭難を知つたとき。
- 四 船内にある者が死亡し、又は行方不明となつたとき。
- 五 予定の航路を変更したとき。
- 六 船舶が抑留され、又は捕獲されたときその他船舶に関し著しい事故があつたとき。

上記第五号により、予定航路を変更した場合に報告義務が生じます。

また、私企業においては、予定航路を変更することは理由はともあれ、余分な費用や時間がかかることになるので、傭船者と船主間でその精算業務が発生します。

5.2 離路が予想される事態

図 100 「離路マップ例」に示します離路が発生する原因として、主として次のような事態が考えられます。

- ① 乗組員・旅客の死亡、傷病、疾病などによる緊急入港、および、乗組員の場合は代人派遣
 - ② 乗組員・旅客の海中転落などによる行方不明に対する捜索
 - ③ 人命・他船救助
 - ④ 機関故障による海難
 - ⑤ 密航者陸揚げ
- など



上記以外が原因で離路が発生することもあります。

図 100 離路マップ 例

5.3 離路に関わる保険のてん補

当然、余分な燃料も必要となりますし、当初の目的港到着予定時刻から遅れることになり、その遅れた時間はオフハイヤー（以下、Off Hire と記す）となりますし、備船者が手配した燃料油を使用することになるので、その費用精算も発生します。

船主の立場から見ると、予定していた備船料が支払われないばかりか、さらに余分に使用した燃料費まで請求されることとなります。こうしたトラブル発生時に費用面で保険会社がお手伝いします。

下記に、5.2 で列挙した原因に対して、それぞれの費用がこういった保険で費用でてん補できるのかを図 101 に纏めました。但し、P&I 保険でてん補される費用の内、表中 **P△** で示す「人命・他船救助」および「密航者」に関する費用については、まずはその費用について費用を相手先から回収すべく対応が必要です。然しながら、遭難した大型船を救助する場合などは別として、ヨットや小型漁船の救助、或いは、密航者などから費用回収することは事実上難しいのが実情で、未回収となれば P&I 保険のてん補対象となります。また、図 101 は、保険の契約内容で、異なる場合がありますので、1 つの参考情報としてご理解いただき、保険のてん補対象に関する詳細は各保険会社、当組合にご確認されることをお勧めいたします。



		乗組員傷病等	行方不明者捜索	人命・他船救助	機関故障	密航者下船	備考
Off Hire		O	O	O△	O	O	
港費（含む代理店費用等）		P	—	P	H	P	
修理費用		—	—	—	H	—	
乗組員交代に関わる費用		P	—	—	—	—	
密航者乗船中の費用（食事料金等）		—	—	—	—	P△	
燃料	HFO(M/T)	P	P	P△	H	P△	
	DO(M/T)	P	P	P△	H	P△	
清水	FW(M/T)	P	P	P△	H	P△	
	DW(M/T)	P	P	P△	H	P△	
潤滑油	M/E Cyl Oil(Ltr)	P	P	P△	H	P△	
	M/E LO(Ltr)	P	P	P△	H	P△	
	G/E LO(Ltr)	P	P	P△	H	P△	

* O：Off Hire 保険 H：船舶保険 P：P&I 保険

* △：「人命・他船救助」および「密航者」に関する追加費用は、先ずその費用を先方から回収をかけるべくトライする必要があります。未回収となれば、P&I 保険のてん補対象となる。

図 101 離路に関わる保険てん補

5.4 事例紹介

東京港を出港し、香港に向かって航海を開始したコンテナ船で、潮岬沖で急病人が発生した例を検証していきます。

緊急を要すると判断されたので陸上の病院に搬送するため、潮岬沖で離路開始し、神戸港に臨時寄港して対応した後、都井岬沖で原針路に復帰した例を参照にしながら、本船、陸上支援チームでどういった対応を取る必要があるのかを説明します。

5.4.1 基本情報

前述のとおり、離路している期間の傭船料と余分に消費した燃料や潤滑油、また、急病人を下船させるための代理店費用や港費が P&I 保険の保険てん補対象となりますので、それら費用が計算できるような情報を当組合にご提出いただきます。

すなわち、以下の地点における時間、位置、手持ち燃料・潤滑油・清水等の量、余分に航走した距離などの情報が必要です。

①	東京港出港後、R/Up Eng. (Ring Up Engine の略：機関巡航状態) とし、予定回転数に到達した SOP (Start of sea Passage (以下、SOP と記す))
②	離路開始地点
③	神戸港到着時
④	神戸港出港時
⑤	原針路復帰地点 (都井岬沖)
⑥	到達港 (香港) 港外到着で減速開始時 EOP(End of sea Passage)

これらを簡単な図 102 と図 103 に離路費用の計算に必要な情報としてまとめました。

これらの情報は、様々な費用を計算する上での基本情報です。すなわち、このような実際の時間や燃料などの手持ち量と、もし、離路しないで通常航海を継続した場合の都井岬沖通過時間や燃料等の手持ち量を比較して、遅延時間や余分に消費した燃料の量などを計算します。

しかし、本船では急遽神戸港に向かうことになり、そのための航海計画、急病人の症状の確認、関係部署への連絡や諸手配の依頼などで多忙を極めています。

従って、陸上支援チームで図 102 や図 103 に示すデータをblankフォームとして準備して、本船へ送付し、本船では必要情報を各コラムに従って入力していただくといった分業体制で臨むことが必要です。

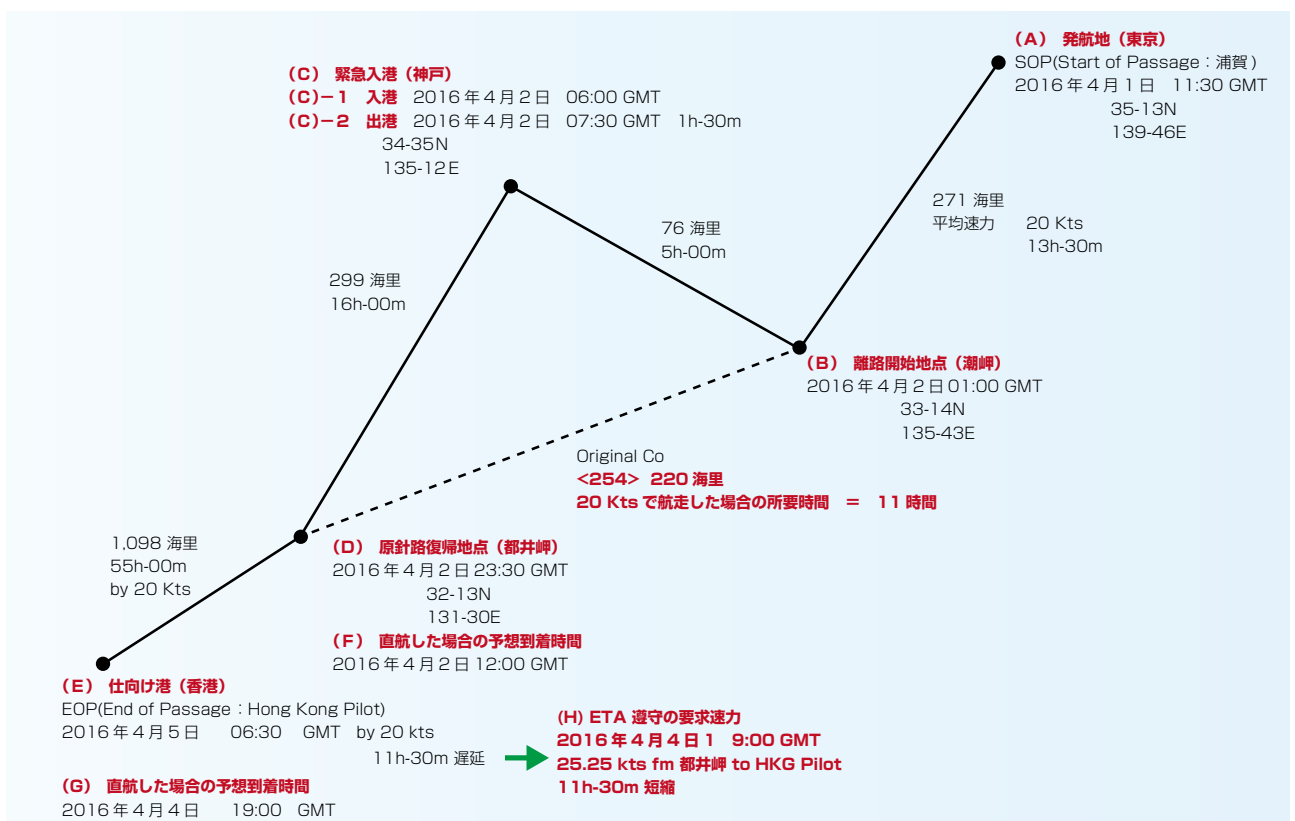


図 102 離路費用計算に必要な情報



		(A) 発航港 (東京)	(B) 離路開始	(C) - 1 神戸着	(C) - 2 神戸発	(D) 原針路復帰	(E) 到達港 (香港)
地点		SOP 35 - 13N 139 - 46E	潮岬沖 33 - 14N 135 - 43E	神戸沖 34 - 35N 135 - 12E	神戸沖 34 - 35N 135 - 12E	都井岬沖 32 - 13N 131 - 30E	EOP 22 - 23 N 113 - 54 E
日時		2016年4月1日 11:30 GMT	2016年4月2日 01:00 GMT	2016年4月2日 06:00 GMT	2016年4月2日 07:30 GMT	2016年4月2日 23:30 GMT	2016年4月5日 06:30 GMT
距離	To 香港	1,589 海里	1,318 海里	1,397 海里	1,397 海里	1,098 海里	-
	To 潮岬	271 海里	-	-	-	-	-
	To 神戸	-	76 海里	-	-	-	-
	To 都井岬	1,318 海里	220 海里	299 海里	299 海里	-	-
ROB	HFO(M/T)	1,678 M/T	1,650 M/T	1,640 M/T	1,639 M/T	1,606.0 M/T	1,492.3 M/T
	DO(M/T)	83 M/T	80 M/T	79 M/T	78 M/T	75.0 M/T	62.8 M/T
	FW(M/T)	130 M/T	125 M/T	120 M/T	119 M/T	113.0 M/T	92.7 M/T
	DW(M/T)	101 M/T	100 M/T	100 M/T	99 M/T	98.0 M/T	93.9 M/T
	M/E LO(Ltr)	50,000 Ltr	50,000 Ltr	50,000 Ltr	50,000 Ltr	50,000 Ltr	50,000 Ltr
	M/E Cyl Oil(Ltr)	28,000 Ltr	27,864 Ltr	27,820 Ltr	27,820 Ltr	27,660 Ltr	27,108 Ltr
	G/E LO(Ltr)	4,000 Ltr	3,985 Ltr	3,983 Ltr	3,982 Ltr	3,966 Ltr	3,909 Ltr
航走・停泊時間		SOP～離路開始 13h - 30m	潮岬～神戸 05h - 00m	神戸停泊時間 01h - 30m	神戸～都井岬 16h - 00m	都井岬～香港 55h - 00m	

図 103 離路費用計算に必要な情報

当組合では、こうした情報を頂いてクレーム処理を開始します。従って、事実関係といった交渉時の材料となる情報がないと、対等な立場で交渉が纏まらなくなる可能性があります。

ワンポイントアドバイス

燃料等の ROB (Remain on Board : 燃料や清水・飲料水の手持ち量) 計算に必要な情報の要点は、図 104 に示しますとおりです。

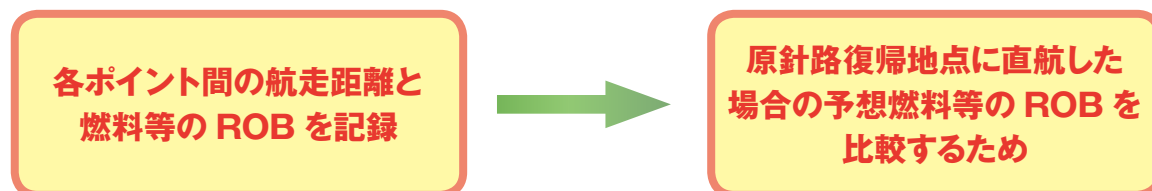


図 104 燃料等の ROB 計算に必要な情報

5.4.2 遅延時間と離路による追加燃料消費量の計算

(1) 遅延時間 (Off Hire 時間) の計算

離路開始地点から原針路復帰地点を直航した場合の到着予定時刻の推定と遅延時間の計算（都井岬まで直航した場合の到着予想時刻の推定）についてご説明します。

急病人の発生もなく、予定通り香港に向かって航走した場合の都井岬沖（原針路復帰地点）の予想到着時刻を計算し、実際の通過時間（原針路復帰時間）と比較して遅延時間と Off Hire 時間を計算します。

手順としては、東京港出港後の SOP ポイントから潮岬通過（離路開始地点）までの平均速力を計算し、その実績値に基づいて都井岬まで直航したと仮定した予想到着時間を推定します。これを纏めると以下のようになります。

尚、傭船者は離路開始時間から原針路復帰までの時間を Off Hire 対象とする旨を通告してることがありますが、今回のケーススタディのような図 102 に示す三角形のような航海があった場合は、離路開始から原針路復帰までの時間から、直航した場合に要した時間を差し引いた最終的な遅延時間を Off Hire の対象とします。

- ① 離路開始までの速力実績について確認し、それを図 105 に示します。SOP から潮岬沖離路開始地点までの平均速力は 20 Kts であったことが判ります。

(A) 発航港 SOP (浦賀 NO.1 B'y)	2016 年 4 月 1 日 11:30 GMT
離路開始地点	2016 年 4 月 2 日
(潮岬沖)	01:00 GMT
航海時間	13h-30m
航走距離	271 海里
平均速力	20 Kts

図 105 離路開始までの速力実績確認

- ② 上記速力実績で都井岬まで①で計算した 20 Kts で航走した場合の所要時間と予想到着時刻を仮定計算します。それを図 106 に示します。到着予想時刻は 2016 年 4 月 2 日 12:00GMT と計算されました。

(B) 離路開始地点 (潮岬沖)	2016 年 4 月 2 日 01:00 GMT
To 都井岬	220 海里
予想速力	20 Kts
所要時間	11h-00m
都井岬沖	2016 年 4 月 2 日
仮定到着予想時刻	12:00 GMT

図 106 直航した場合の予想到着時間の推定



- ③ 原針路復帰時刻と②で計算した予想到着時刻を比較して遅延時間を計算すると、遅延時間は、離路開始時刻 (2016年4月2日 01:00GMT) から原針路復帰時刻 (2016年4月2日 23:30GMT) までの22時間30分ではなく、直航した場合に要したであろう11時間を引いた Net 11時間30分であると計算できます。この時間が Off Hire の対象となり、それを図107に示します。

直航時の ETA (都井岬)	2016年4月2日 12:00 GMT
(D) 原針路復帰地点 (都井岬)	2016年4月2日 23:30 GMT
遅延時間	11h-30m

**Off Hire 時間
11時間30分**

図107 遅延時間を推定計算

(2) 離路に関わる燃料等の消費量計算

- ① 前述した遅延時間の計算同様、まずは SOP から離路開始までの燃料消費実績値を計算します。図108に示すとおり、この間の実績値から都井岬直航した場合の燃料消費量を推定します。

	(A) 発航港 SOP (浦賀 NO.1 B'y)	(B) 離路開始地点 (潮岬沖)	消費量	1時間 当たりの 消費量	1日 (24h) 当たりの 消費量	直航時の予想 消費量 (B) to (F)
	2016年4月1日 11:30 GMT	2016年4月2日 01:00 GMT	(A) - (B)			
HFO(M/T)	1,678.0 M/T	1,650.0 M/T	28.0 M/T	2.074074 M/T	50.0 M/T	22.8 M/T
DO(M/T)	83.0 M/T	80.0 M/T	3.0 M/T	0.222222 M/T	5.3 M/T	2.4 M/T
FW(M/T)	130.0 M/T	125.0 M/T	5.0 M/T	0.370370 M/T	8.9 M/T	4.1 M/T
DW(M/T)	101.0 M/T	100.0 M/T	1.0 M/T	0.074074 M/T	1.8 M/T	0.8 M/T
M/E LO(Ltr)	50,000 Ltr	50,000 Ltr	0 Ltr	0.00 Ltr	0 Ltr	0 Ltr
M/E Cyl Oil(Ltr)	28,000 Ltr	27,864 Ltr	136 Ltr	10.07 Ltr	242 Ltr	111 Ltr
G/E LO(Ltr)	4,000 Ltr	3,986 Ltr	14 Ltr	1.04 Ltr	25 Ltr	11 Ltr
航走時間	From SOP To 潮岬 : 13h-30m				From 潮岬 To 都井岬直航	: 11h-00m

図108 SOP から離路開始までの燃料消費実績と都井岬に直航した場合の予想消費量推定

- ② この予想消費量から、直航した場合の都井岬沖到着時の予想手持ち量を推定し、図109に示すとおり、実際の手持ち量と比較して余分に使用した燃料等の追加消費量を計算します。

	(F) 直行時の予想 ROB (都井岬)	(D) 原針路復帰 (都井岬)	離路による 追加消費量
	2016年4月2日 12:00 GMT	2016年4月2日 23:30 GMT	(F) - (D)
	(B) - 予想消費量	実際のROB	
HFO(M/T)	1,627.2 M/T	1,606.0 M/T	21.2 M/T
DO(M/T)	77.6 M/T	75.0 M/T	2.6 M/T
FW(M/T)	120.9 M/T	113.0 M/T	7.9 M/T
DW(M/T)	99.2 M/T	98.0 M/T	1.2 M/T
M/E LO(Ltr)	50,000 Ltr	50,000 Ltr	0 Ltr
M/E Cyl Oil(Ltr)	27,753 Ltr	27,660 Ltr	93 Ltr
G/E LO(Ltr)	3,975 Ltr	3,966 Ltr	9 Ltr
遅延時間			11h - 30m 遅延

図 109 余分に使用した燃料等の追加消費量計算

燃料が高騰し、減速航海を実施していた場合はこのような SOP から離路開始までの実績値（速力・燃料消費量等）を使用し計算することが多く見られましたが、一方で、傭船契約書（Charter Party：以下 C/P と記す）に記載されている速力と単位時間（日）の燃料消費量の数値を使用することもあります。これは傭船者との交渉時で双方合意の上でどちらの数値を適用するか、事案によって異なります。

5.4.3 本船スケジュール確保のため増速した場合

コンテナ船等のように、スケジュール確保が重要な船種では、減速航海をしていた時に離路が発生し、問題解決後に当初の仕向け港到着予定時刻を確保するため、増速する場合があります。

増速した場合、当然のことながら燃料消費量は増加します。そして、この増速に要した追加燃料の消費量を傭船者が請求してくる場合があります。

従って、傭船者から増速要求があった場合には増速に要した追加燃料消費量も計算しておくことが必要です。

下記ケーススタディでは、都井岬沖で原針路復帰時点から増速して香港の ETA（Estimated Time of Arrival）を確保した場合についてご説明します。

すなわち、後日、争議とならないように予め増速による追加燃料消費量がどの程度になるのかも計算しておき、逆に傭船者に情報提供して双方合意の元に対応することが必要です。

計算方法を図 110 に示します。下図では、HFO の消費量を計算していますが、実際には、飲料水や清水、潤滑油などの消費量も速力や航海時間によって変わってくるので、これらについても計算しておくことが必要です。



	都井岬 (D) ~ 香港 (E)	都井岬 (D) ~ 香港 (H)		(A) - (B) 都井岬~香港 増速による追加 燃料等消費量
	減速 (20 Kts) 航海 消費量	増速 (25.25 Kts) 航海 消費量	E T A 遵守の 香港 EOP 時点での ROB	
	1,098 海里	1,098 海里	22 - 23 N	
	by 20.0 kts	by 25.25 kts	113 - 54 E	
	(A)	(B)	2016 年 4 月 4 日	
	2d-07h-00m	1d-19h-30m	19:00 GMT	
	(55h-00m)	(43h-30m)	11h - 30m 短縮	
HFO(M/T)	113.7 M/T	181.2 M/T	1,424.8 M/T	67.5 M/T
DO(M/T)	12.2 M/T	12.2 M/T	62.8 M/T	0.0 M/T
FW(M/T)	20.3 M/T	20.3 M/T	92.7 M/T	0.0 M/T
DW(M/T)	4.1 M/T	4.1 M/T	93.9 M/T	0.0 M/T
M/E LO(Ltr)	0 Ltr	0 Ltr	50,000 Ltr	0 Ltr
M/E Cyl Oil(Ltr)	552 Ltr	552 Ltr	27,108 Ltr	0 Ltr
G/E LO(Ltr)	57 Ltr	57 Ltr	3,909 Ltr	0 Ltr

図110 増速で余分に使用した燃料等の追加消費量計算

5.5 まとめ

(1) 理論計算する場合の燃料消費量

C/Pに記載されている速力と一日当たりの燃料消費量の数値で原針路復帰地点の推定到着予定時間・ROBを計算することが一般的とも言われています。但し、減速航海や出港⇒R/UP Eng.、またはSOP (Start of Passage) とEOP (End of Passage)、またはS/B Engine⇒入港までの消費量がC/P記載の数値より少ない燃料消費となることがあり、これを除外する方法もあります。いずれも交渉事なので、結論として纏めると以下のとおりです。

結論

- 備船者と船主で討議して判断するので、本船は必要なポイントのROBを報告する。
- 情報の取り漏れがないように、陸上支援チームが船長をサポートする。
- 備船契約書コピーとともに、保険会社や弁護士に依頼する。

(2) Off Hire 時間の計算

事例紹介で説明したように、離路開始から原針路復帰までが Off Hire となるのではなく、離路せず直航した場合の原針路復帰通過予定時間と、実際の原針路復帰時間の差を Off Hire とする考え方が一般的です。CP NYPE46 フォームに、「time thereby lost」について Off Hire とする旨の規定もあります（正味喪失時間）。

但し、「急病人を下船させる」といった目的が、Off Hire 事由に該当するかについて検討する必要も生じてきます。過去の判例で、“deficiency of men”といった表記に乗組員の病気を含むかどうか、疑義が呈されている例もあります。

もっとも、“any other cause preventing the full working the vessel”という言葉も NYPE46 に入っているため、Time Charter 7th Edi. では、“probably”として Off Hire になるだろうといった文脈で書かれていますので、この点には注意が必要です。

したがって、本筋ではない部分の疑義を避けるためには、事例紹介における離路の原因を、例えば「船体、機器若しくは備品の故障」など、典型的な Off Hire 事由に変更するというのも一案です。

結論

- 理論計算する場合の燃料消費量と同じく、保険会社や弁護士に依頼することで船主の負担も軽くなり、時間が節約できます。

(3) 増速した場合の注意点

減速航海中、急病人を下船させるために増速したり、原針路復帰後、ETA を守るために増速した場合の燃料消費量などが問題となることがあります。

基本的に、船主と傭船者の交渉によりますが、離路起因となる船員の急病や緊急を要する場合には船主判断にて増速する事もあるので、傭船者に報告すると共にその取扱いなどについて交渉を開始します。

他方、基本的に船主独自の考えで増速運転自体を行わず、離路時に緊急であれば傭船者と相談することも必要ですが、今回の事例紹介の中で、潮岬～神戸間の増速消費量などは船主負担となる場合もあります。

従って、原針路復帰に際しては、新 ETA（例えば、そのまま減速航海を継続した場合と、最大速力で航海した場合など2つの ETA など）を傭船者に連絡して判断を得るべきです。

つまり、増速するか否かは傭船者判断とし、船主が不利になる可能性があるため、船主・本船の独断による増速はしないことも重要です。勿論、緊密な連絡が実務上は重要になります。



結論

- 情備船者との関係で話しにくい場合もあると思いますので、保険会社・弁護士に依頼することも一案。
- 増速する場合、誰が増速の必要性を判断したのかが重要となるので、実務上は、船主と傭船者で打ち合わせ、その上で本船に指示すること。

(4) Off Hire 保険について

従来の船舶不稼働損失保険では、衝突等の船舶事故による不稼働が保険でてん補されます。ここに特約で、機関故障を追加することができます。

他方、その他の乗組員の死傷や人命救助等は、ある損害保険会社の商品でいえば「新オフハイヤー総合補償保険」でてん補されるものもあります。これらも含めて Off Hire 保険と呼ばれる場合もありますが、いずれも契約内容によっててん補される範囲が異なりますので、てん補内容を確認することが重要です。

結論

- オフハイヤー保険といっても、様々な契約・特約があります。保険会社担当者に相談し、解説を受けること。

5.6 燃料消費量と速力の関係

燃料消費量と速力は次のような関係がありますので、増速した場合の燃料消費量を計算する場合は注意が必要です。

(1) 単位時間あたりの速力と燃料消費量の関係

- 船体抵抗 (R) は船速 (V) の2乗および排水量 (D) の2/3乗に比例する。

$$R \propto V^2 \qquad R \propto D^{\frac{2}{3}}$$

- 推進出力 (W) は「R」を1秒間に Vm 移動させたものなので、単位時間当たりの燃料

$W \propto RV \propto V^3$ 消費量 (B : ton/hour) に比例する。すなわち、B : ton/hour は、概ね所要出力の3乗に比例する

船速 V_a の時の単位時間当たりの燃料消費量が B_a (ton/hour) ならば、船速 V_b 時の単位時間当たりの燃料消費量 B_b (ton/hour) は次式で計算できる。すなわち、**単位時間当たりの燃料消費量は速力の比の3乗になる**。(速力2倍：10ノット⇒20ノットならば、燃料消費量は10ノットの時の8倍)

$$\left. \begin{array}{l} B_a = K \times V_a^3 \quad B_b = K \times V_b^3 \\ \downarrow \qquad \qquad \downarrow \\ K = \frac{B_a}{V_a^3} \quad K = \frac{B_b}{V_b^3} \end{array} \right\} \rightarrow \frac{B_a}{V_a^3} = \frac{B_b}{V_b^3} \rightarrow B_b = \frac{B_a}{V_a^3} \times V_b^3$$

K : 定数

$$B_b = B_a \times \left(\frac{V_b}{V_a} \right)^3$$

(2) 一定の距離を一定の排水量で航走した場合の速力と燃料消費量の関係

増速した場合で同一距離を航走した場合、増速前の速力で航走したときと比べれば、航海時間は短縮されるので、以下が成り立ちます。

- 一定の距離 (Dist) を一定の排水量で航行する場合に要する全燃料消費量 (F) は、単位時間当たりの燃料消費量と所要時間との積で表されるが、所要時間は速力に逆比例するため、**速力の2乗に比例する**。

$$\begin{array}{l}
 V_a \text{ による所要時間} = \frac{\text{Dist}}{V_a} \text{ 時間} \qquad V_b \text{ による所要時間} = \frac{\text{Dist}}{V_b} \text{ 時間} \\
 \downarrow \\
 V_a \text{ による燃料消費量 } F_a = \frac{\text{Dist}}{V_a} \times B_a = \frac{\text{Dist}}{V_a} \times K \cdot V_a^3 = K \cdot \text{Dist} \cdot V_a^2 \\
 V_b \text{ による燃料消費量 } F_b = \frac{\text{Dist}}{V_b} \times B_b = \frac{\text{Dist}}{V_b} \times K \cdot V_b^3 = K \cdot \text{Dist} \cdot V_b^2 \\
 \downarrow \\
 K \cdot \text{Dist} = \frac{F_a}{V_a^2} = \frac{F_b}{V_b^2}
 \end{array}$$

$$F_b = F_a \times \left(\frac{V_b}{V_a} \right)^2$$



5.7 海難報告の参考例

説明してきた紹介したケーススタディに対する海難報告の参考例を以下紹介します。

頻繁に発生する事故でもないのに、海難報告書の作成なども保険会社に相談することで作業の軽減が図れます。

= 参考例 =

本船第 18 次航往航の航海において、コンテナ 750 本、10,225 キロトン
を積載し、喫水船首 8.85 メートル、船尾 10.18 メートルにて 2016 年 4
月 1 日 20:30 時（日本時間）に東京港を出港して香港に向かう途中、北緯
33 度 25 分、東経 136 度 35 分付近の海域において乗組員一名が右下腹部
の痛みを訴え、その緊急措置として 4 月 2 日 10:00 時（日本時間）、潮岬
沖（北緯 33 度 14 分、東経 135 度 43 分）に於いて緊急下船のため、予
定の航路を変更して神戸港に向かい、4 月 2 日 15:00 時より 16:30 時（い
ずれも日本時間）の間、当港外にて下船せしめた。

その後、4 月 3 日 08:30（日本時間）、都井岬沖（北緯 32 度 13 分、東経
131 度 30 分）において所定の航路に復帰し、香港に向かった。

上記次第にて、本船は予定航路を変更したので、ご報告申し上げます。

（欧州コンテナ船）

おわりに

第1章～4章で統計・事例・危険予知・リソースマネージメントについて説明してきました。事件事例などから判るように、事故の原因は、それに至るまで複合的な要素が重なっていました。

すなわち、システム不理解によるうっかりミスや、整備する理由・目的の不理解による計画保守整備の怠慢という「負」の管理状態が連続したケースで、事故が発生していました。

そのため、対策についても、これを一つだけ是正すれば完全というものはなく、結果的に特効薬的なものは見つかりませんでした。従って、エラーの連続：エラーチェーン（負の連鎖）を許さずに、守備固めそのものを行うことが事故予防にとって重要です。

そのために目指すべきは、ERMの能力要件に加え $[+\alpha]$ の状態監視・整備・教育体制の構築に地道に取り組むことと言えます。

一言でまとめると、特効薬は無く、「小さなことからコツコツ」と、地道な取り組みの積み重ねを行うことが欠かせません。

また、第5章では離路発生時の処理方法について説明しましたが、トラブル発生時に本船では多忙を極めています。状況把握は本船の報告に頼らざるを得ませんが、可能な限り陸上支援チームが本船作業を軽減させ、アシストする体制を構築することが求められます。



地道な取り組みの積み重ね!!



参考情報

(1) 整備計画管理、主機関計測表・点検表・注意喚起等 (添付資料⑥～⑩ご参照)

計画保守整備については各社 SMS で厳格に規定し、添付資料⑥～⑩のような書式で管理されています。機器メーカーマニュアルには、当該機器を安全に効率的に運転できるように部品ごとに保守整備間隔の推奨時間が提示されています。しかし、運転負荷、運航パターン、運航海域、使用燃料、および、潤滑油等の運転環境によって機器にかかる負担が異なります。

よって、現場で運転時間を計算するとともに、開放点検時に各部位の計測記録に基づき、メーカー取扱説明書と比較しながら状態評価を行うこととなります。また、保守整備については、第1章の統計情報の中でも、取扱説明書のみならず、メーカーが経験知 / 教訓や規制などをまとめた最新のサービスニュース (安全・取扱情報が盛り込まれた文書) を参照することも推奨されています。

さらにその状態評価、各社の経験・本船の技術レベルなども総合的に科学・技術 (工学) の原理原則に基づいて分析し、推奨時間より早く、或いは、長くといったように、各社の個別評価で設定されているものと考えます。

すなわちメンテナンスのノウハウです。しかし、繰り返しになりますが、これはトラブルを回避するための最適な管理手法であり、決してぎりぎりの綱渡りのノウハウであってはなりません。

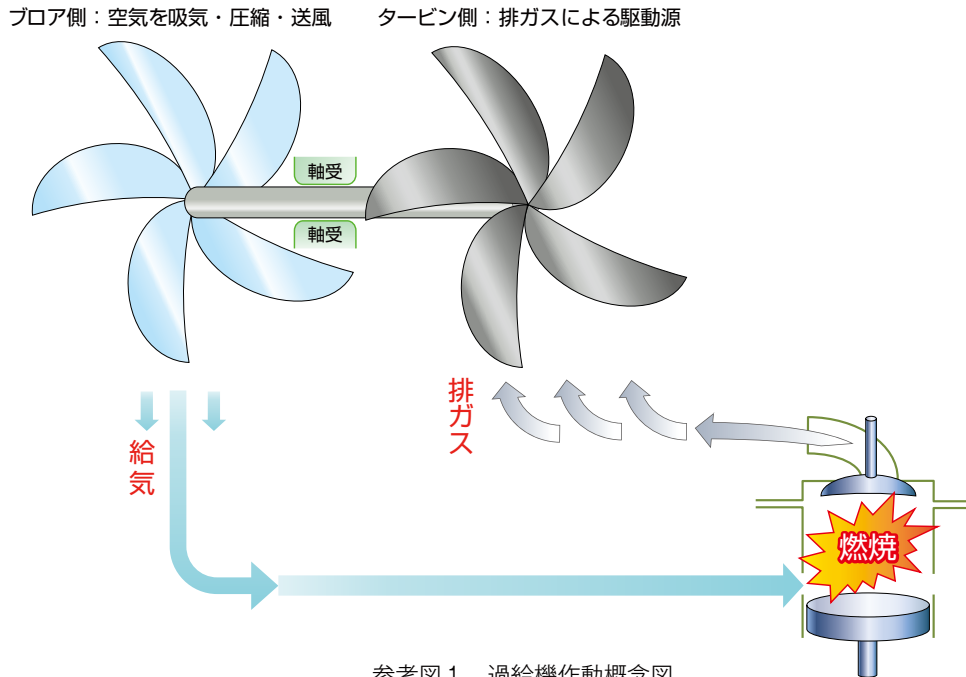
(2) 基本参考情報

本文中の説明の中で、あまり馴染みが無い用語に関し以下に基本参考情報を説明します。

① 過給機

自動車のエンジンにも利用されている排気ガスの運動エネルギーを利用して機関に燃焼用空気を大量に供給するための超高速回転機 (タービン、10,000rpm 以上)。

仕組みは軸の両端に風車を持ちその軸を軸受で支えるものです。エンジンでの燃焼後の排気ガスの勢い (運動エネルギー) を有効利用するためにその片側の風車 (タービン) へ送りこまれ、風車とともに回転した軸が反対側の風車 (プロア) で空気を吸い込み圧縮してエンジンに送り込むシンプルな構造ですが、高速回転することと排気ガスを利用することがトラブルの原因となります。

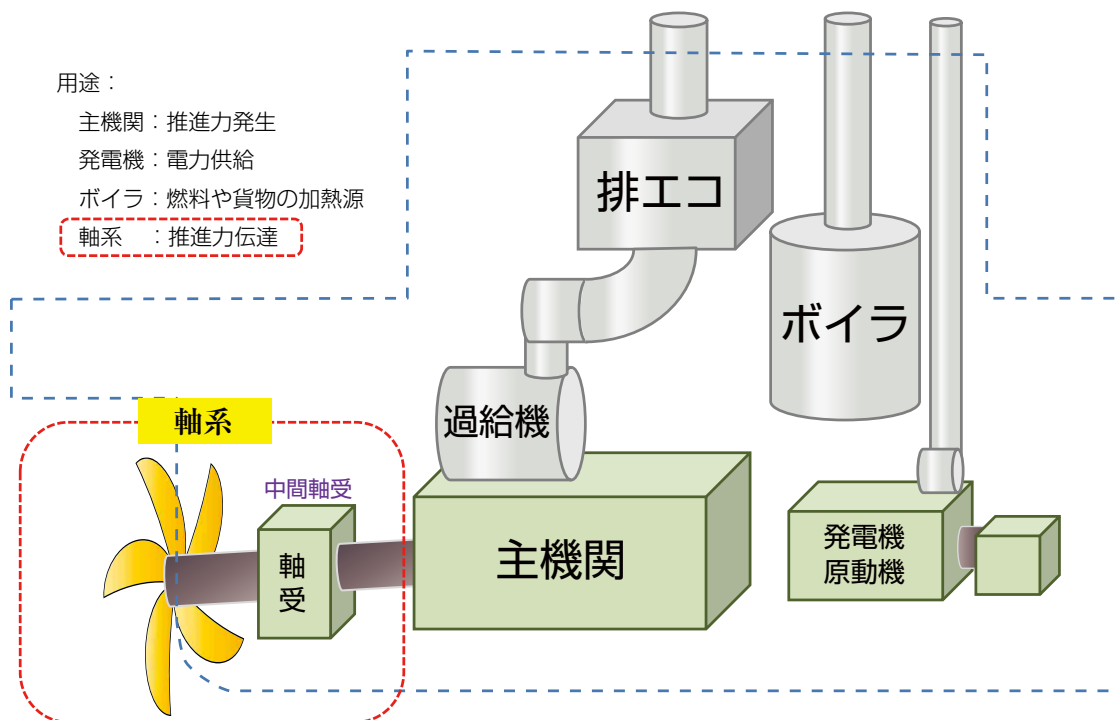


参考図1 過給機作動概念図

② 中間軸受

中間軸は主機関で発生させた動力をプロペラに伝達します。(参考図2の赤線破線部)

中間軸受は、その中間軸が自重によるたわみと遠心力によって縄跳びの縄のように触れ回るのを抑制し、主機関で発生させた軸回転力を正確にロスなくプロペラに伝達するために軸心を保持し、軸自重を支える軸受です。



参考図2 中間軸受概念図

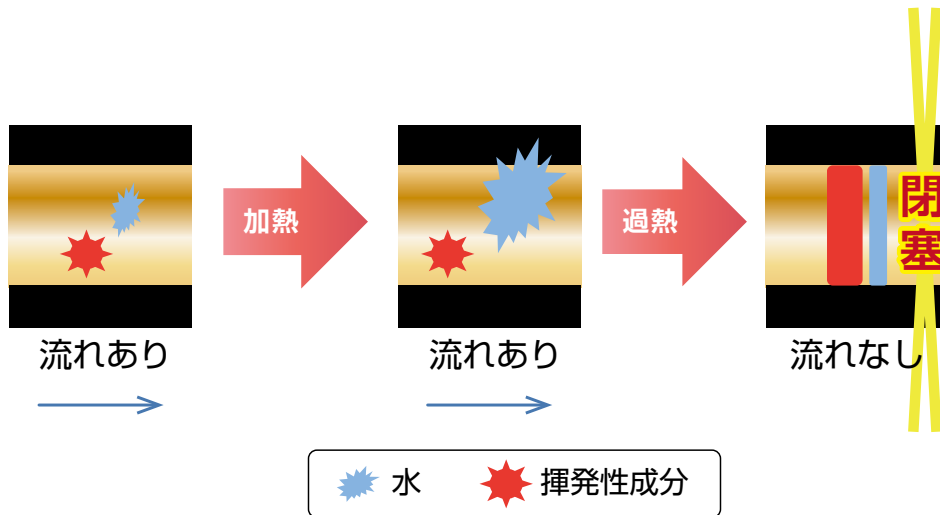
③ 船用燃料の特徴

③ -1 C 重油 = HFO・・・なぜ加熱するのか？

- 低温や常温で固体の油・・・料理の時に過熱して溶かすラードやバターイメージです。
- HFO は原油を分留したガソリンや灯油を取った残り物のアスファルトのようなものに、軽油を混ぜて適切な粘度に薄めた製品です。常温では固体の状態流れません。
- 依って、120～130℃に加熱しないと、良好な燃焼を得られる状態・粘度にできません。



参考図 3-1 バター加熱



参考図 3-2 ペーパーロックのメカニズム

③ -2 A 重油 = MDO・・・過加熱するとペーパーロック？

- MDO：十分粘度は低いので、加熱せず常温で使用します。揮発成分や水分や空気を含みます。MDO に揮発成分、水分含有されています。
- 100℃近くに加熱すると揮発成分はガス化し、水分は水蒸気化して、膨張します。
- パイプの中で、このガスや水蒸気の膨張が発生すると、MDO の流れをブロック（遮断、閉塞）します。

③ -3 B 重油 = TFO（中間重油）

- 燃料は粘度の高いものに低いものを加えると薄まり粘度が下がって、混合した2つの油の中間的性状となります。
- 濃縮されているカルピスや液体洗剤などにさらさらの水を混ぜてできた溶液のイメージです。

④【写真集】

以下は Class NK 会誌 「損傷のまとめ」 に掲載された写真の抜粋です。

④ - 1 過給機の損傷 参考資料 *4, *8
過給機


a) 破損したノズルリング
2014 年度 自航不能



b) 破損したタービン翼
2014 年度 出力低減



c) 破損したノズルリング
2014 年度 出力低減



d) 過給機ロータ軸の掻き傷
2014 年度 出力低減



e) インペラのケーシング接触による磨耗
2013 年度 出力低減



f) 破損したタービン翼
2013 年度 出力低減

④-2 シリンダユニット関係の損傷 参考資料 *4, *8, *9

燃焼室



a) 破損したピストンリング
2014年度 自航不能



b) 磨耗したシリンダライナ
2014年度 自航不能



c) 破損したピストン
2013年度 自航不能 ブローバイ



d) 破損したピストンリング
2013年度 自航不能



e) 破損したピストンリング
2012年度 出力低減



f) 磨耗したプランジャー
2012年度 出力低減 低質燃料

④ -3 軸系 (中間軸受) の損傷 参考資料 *8,*9,*10

軸系



a) 焼損した中間軸
2013 年度 自航不能



b) 破断した中間軸受
2012 年度 自航不能



c) 焼損した中間軸受メタル
2012 年度 出力低減



d) 焼損した軸受メタル
2011 年度 出力低減



e) 焼損した中間軸受メタル
2011 年度 出力低減



f) 曲損したガイドロッド
2011 年度 出力低減



参考文献

- *1) 海上保安庁 「海難の現況と対策について」 2009 年度～ 2014 年度
- *2) 日本船舶機関士協会 会誌 No.831 巻頭言「機関故障とヒューマンファクター」 野村優
- *3) 海難審判所 「レポート 海難審判」 2009 年度～ 2014 年度
- *4) Class NK 会誌 2014 年度損傷のまとめ No.312
- *5) 海難審判庁 「内航貨物船海難の分析 ～ vol.2 乗揚・機関損傷編～ 2005 年」
- *6) Class NK 会誌 No292,296,301,304,309,312 2009 年度～ 2014 年度の 「損傷のまとめ」 を基に当組合が作成
- *7) 日本マリンエンジニアリング学会 「過給機の損傷事故と原因」 川合正記著 第 51 巻 第 2 号 (2016) P76 ～ P82
- *8) Class NK 会誌 2013 年度損傷のまとめ No309
- *9) Class NK 会誌 2012 年度損傷のまとめ No304
- *10) Class NK 会誌 2011 年度損傷のまとめ No301
- *11) Class NK 会誌 2009 年度損傷のまとめ No292
- *12) 「Marine Boiler Water/ Cooling Water Management and Distilling plants」 DVD : JSU、IMMAJ、JMEA 製作
- *13) 海文堂出版「船用ボイラの基礎と実際」 伊丹良治, 西川榮一, 梅田雅義 共著
- *14) 「Management of Marine Fuels and Lubricating Oils」 JSU,IMMAJ,JMEA 製作
- *15) 「陸船中・大型ディーゼル機関用 - 燃料油 - 低質燃料油の使用法と大気汚染, (山海堂)」 淡井信幸, 花島脩, 横沢才二著
- *16) 日本海運集会所 「The Mariner's Digest 2007 "Domestic Laws are Much STRICTER than MARPOL"」
- *17) 「BUNKERING」 DVD JSU,IMMAJ,MOL Engineering 製作
- *18) 「Engine Room Resource Management (ERM)」 一般財団法人 海技振興センター
- *19) Courtesy of Capt. S. Q Naqvi - Petro Inspect (Bunker Detective)
- *20) Japan P&I ロスプリベンションガイド 「第 35 号 安全について考える =ブリッジリソースマネジメントと機関室リソースマネジメント=」

添付資料

資料 No.	資料名	図番号
添付資料①	缶水管理記録表例 (Boiler Water and Cooling Water Analysis and Cooling Water Treatment Record)	図 43
添付資料②	HFO と MDO を混合した時の推定粘度	図 54
添付資料③	船用燃料油の粘度・温度線図	図 55
添付資料④	補油受入計画表 (サンプル) Bunker Plan(Sample)	図 74
添付資料⑤ -1,2	プロテストレター (サンプル : 英語 ⑤ -1) プロテストレター (サンプル : 日本語 ⑤ -2)	第3章 3.3
添付資料⑥ -1,2	保守用運転管理記録 (サンプル (⑥ -1,2)) MAIN ENGINE AND DIESEL GENERATOR WORKING HOURS RECORD(Sample : ⑥ -1, 2)	—
添付資料⑦	ピストン整備時の計測記録表 (サンプル) PISTON GROOVES & RINGS READINGS (Sample)	—
添付資料⑧	ピストン点検記録表 (サンプル) PISTON INSPECTION RECORD(Sample)	—
添付資料⑨	ピストン点検項目 (サンプル) Piston Check Item(Sample)	—
添付資料⑩	メーカーサービスインフォメーション (サンプル) Maker Service Information(Sample)	—

Boiler Water and Cooling Water Analysis and Cooling Water Treatment Record

M.V. _____	VOY. _____	Chief Engineer: _____																							
Date	Boiler Water					Cooling Water					Remarks														
	PH (PPM)	CL (PPM)	PO4 (PPM)	P-ALK	M-ALK	Consumed (M.T)	Blow (Tons)	Remarks	ppm PH	ppm CL		Supply Quantit m3	ppm PH	ppm CL	Supply Quantit m3										

図43 缶水管理記録表例 (月次)

添付資料② (図 54)

HFO の粘度 mm ² /s @50℃	MDOの混合量、質量%																MDO の粘度 mm ² /s @40℃
	600	500	460	420	380	320	280	240	180	150	120	100	80	60	40	30	
700	2.1	4.7	5.9	7.2	8.7	11.3	13.4	15.9	20.7	23.9	28.0	31.4	35.7	40	50.8	57.9	10
	2.0	4.4	5.5	6.7	8.1	10.5	12.4	14.7	19.2	22.1	25.9	29.0	33.1	6	47.1	53.6	8
	1.8	3.9	5.0	6.1	7.3	9.5	11.3	13.3	17.4	20.0	23.4	26.3	30.0	0	42.7	48.6	6
	1.6	3.4	4.3	5.3	6.4	8.3	9.8	11.6	15.1	17.4	20.4	22.9	26.1	5	37.2	42.3	4
	1.2	2.7	3.4	4.2	5.0	6.5	7.7	9.2	11.9	13.8	16.1	18.1	20.6	0	29.3	33.4	2
	2.6	3.9	5.2	6.8	9.4	11.6	14.1	19.0	22.2	26.3	29.9	34.3	5	49.8	55.0	10	
	2.4	3.6	4.8	6.2	8.7	10.7	13.0	17.5	20.5	24.4	27.6	31.8	4	46.0	52.7	8	
600	2.2	3.2	4.4	5.6	7.9	9.7	11.8	15.9	18.6	22.0	25.0	28.7	8	41.6	47.6	6	
	1.9	2.8	3.8	4.9	6.8	8.4	10.2	13.8	16.1	19.1	21.7	25.0	4	36.2	41.4	4	
	1.5	2.2	3.0	3.9	5.4	6.6	8.0	10.8	12.7	15.0	17.1	19.6	1	28.4	32.5	2	
	1.3	2.7	4.2	7.0	9.2	11.8	16.8	20.1	24.4	28.0	32.6	8	48.4	55.8	10		
	1.2	2.5	3.9	6.4	8.5	10.8	15.5	18.6	22.5	25.8	30.0	8	44.7	51.5	8		
500	1.1	2.2	3.5	5.8	7.6	9.8	14.0	16.7	20.3	23.3	27.1	3	40.3	46.5	6		
	0.9	1.9	3.0	5.0	6.8	8.8	12.3	15.1	18.6	22.2	25.5	0	34.9	40.2	4		
	0.7	1.5	2.4	3.9	5.4	7.3	10.1	12.7	15.8	18.4	21.7	9	27.3	31.5	2		
	1.4	3.0	5.8	7.4	9.8	12.5	17.6	21.6	24.9	29.2	34.9	1	47.7	55.2	10		
460	1.3	2.8	4.8	6.6	8.8	11.3	15.9	19.4	23.5	27.5	32.6	1	44.0	50.9	8		
	1.2	2.5	4.2	5.7	7.6	10.1	13.7	16.8	20.2	22.8	26.3	6	39.7	45.9	6		
	1.0	2.2	4.2	5.7	7.6	10.1	13.7	16.8	20.2	22.8	26.3	4	34.3	39.7	4		
	0.8	1.7	3.2	4.5	6.0	8.8	10.7	13.1	15.8	17.8	20.7	4	26.8	31.0	2		
	1.6	4.4	6.7	9.3	14.5	17.9	22.3	26.0	27.7	31.7	37.7	2	47.0	54.6	10		
420	1.5	4.1	6.1	8.6	13.4	16.5	20.5	23.9	27.2	30.2	34.2	2	43.3	50.3	8		
	1.3	3.7	5.5	7.7	12.0	14.9	18.5	21.5	25.0	28.0	32.0	8	39.0	45.2	6		
	1.1	3.2	4.8	6.7	10.4	12.8	16.0	18.6	22.0	25.6	29.6	6	32.6	39.1	4		
	0.9	2.5	3.7	5.2	8.1	10.0	12.4	14.5	17.1	19.7	22.7	7	26.2	30.4	2		
	2.9	5.2	7.9	13.1	16.6	21.0	24.8	29.6	33.2	37.7	42.4	49.5	10				
	2.6	4.7	7.2	12.1	15.3	19.3	22.8	27.2	30.2	34.2	38.2	42.4	49.5	10			
	2.4	4.3	6.5	10.8	13.7	17.4	20.5	24.5	29.9	38.1	44.5	6					
	2.0	3.7	5.6	9.3	11.8	15.0	17.7	21.1	25.8	32.9	38.4	4					
	1.6	2.9	4.4	7.3	9.2	11.6	13.7	16.4	20.0	25.6	29.8	2					
	2.4	5.1	10.5	14.1	18.7	22.6	27.5	34.3	44.5	52.5	10						
	2.2	4.7	9.7	13.0	17.1	20.7	25.2	31.4	40.9	48.1	8						
	1.9	4.2	8.7	11.6	15.4	18.6	22.6	28.2	36.6	43.2	6						
	1.7	3.6	7.5	10.0	13.2	15.9	19.4	24.2	31.5	37.1	4						
	1.3	2.8	5.8	7.7	10.2	12.3	15.0	18.7	24.3	28.7	2						
	2.9	8.4	12.1	16.7	20.7	25.8	32.7	43.2	51.3	10							
	2.6	7.7	11.0	15.3	19.0	23.6	29.9	39.6	47.0	8							
	2.3	6.9	9.9	13.7	16.9	21.1	26.8	35.4	42.0	6							
	2.0	5.9	8.5	11.7	14.5	18.1	22.9	30.3	36.0	4							
	1.5	4.5	6.5	9.0	11.2	13.9	17.7	23.4	27.8	2							
	5.7	9.5	14.3	18.4	23.6	30.7	41.5	49.9	10								
	5.2	8.7	13.0	16.8	21.5	28.0	37.9	45.6	8								
	4.6	7.7	11.6	15.0	19.2	25.0	33.8	40.6	6								
	4.0	6.6	9.9	12.8	16.4	21.3	28.9	34.7	4								
	3.0	5.1	7.6	9.8	12.6	16.4	22.2	26.6	2								
	4.0	9.1	13.4	19.0	26.5	38.0	46.9	10									
	3.6	8.3	12.2	17.2	24.1	34.5	42.6	8									
	3.2	7.3	10.8	15.3	21.3	30.6	37.8	6									
	2.7	6.2	9.2	13.0	18.1	26.0	32.0	4									
	2.1	4.7	7.0	9.8	13.8	19.7	24.3	2									
	5.3	9.8	15.6	23.4	35.4	44.7	10										
	4.8	8.9	14.1	21.2	32.1	40.4	8										
	4.2	7.8	12.5	18.7	28.3	35.7	6										
	3.6	6.6	10.5	15.8	23.9	30.1	4										
	2.7	5.0	7.9	11.9	18.0	22.7	2										
	4.8	10.9	19.1	31.8	41.6	10											
	4.3	9.8	17.2	28.6	37.4	8											
	3.8	8.6	15.1	25.1	32.8	6											
	3.2	7.2	12.7	21.0	27.5	4											
	2.4	5.4	9.5	15.7	20.6	2											
	6.4	15.1	28.4	38.6	10												
	5.7	13.5	25.4	34.6	8												
	5.0	11.8	22.2	30.2	6												
	4.2	9.8	18.5	25.1	4												
	3.1	7.3	13.7	18.7	2												
	9.3	23.5	34.4	10													
	8.3	20.9	30.6	8													
	7.2	18.1	26.5	6													
	5.9	14.9	21.9	4													
	4.3	11.0	16.1	2													
	15.6	27.7	10														
	13.8	24.4	8														
	11.8	20.9	6														
	9.6	17.0	4														
	6.9	12.3	2														
	14.3	10															
	12.3	8															
	10.3	6															
	8.2	4															
	5.7	2															

HFO

MDO

36.1%質量

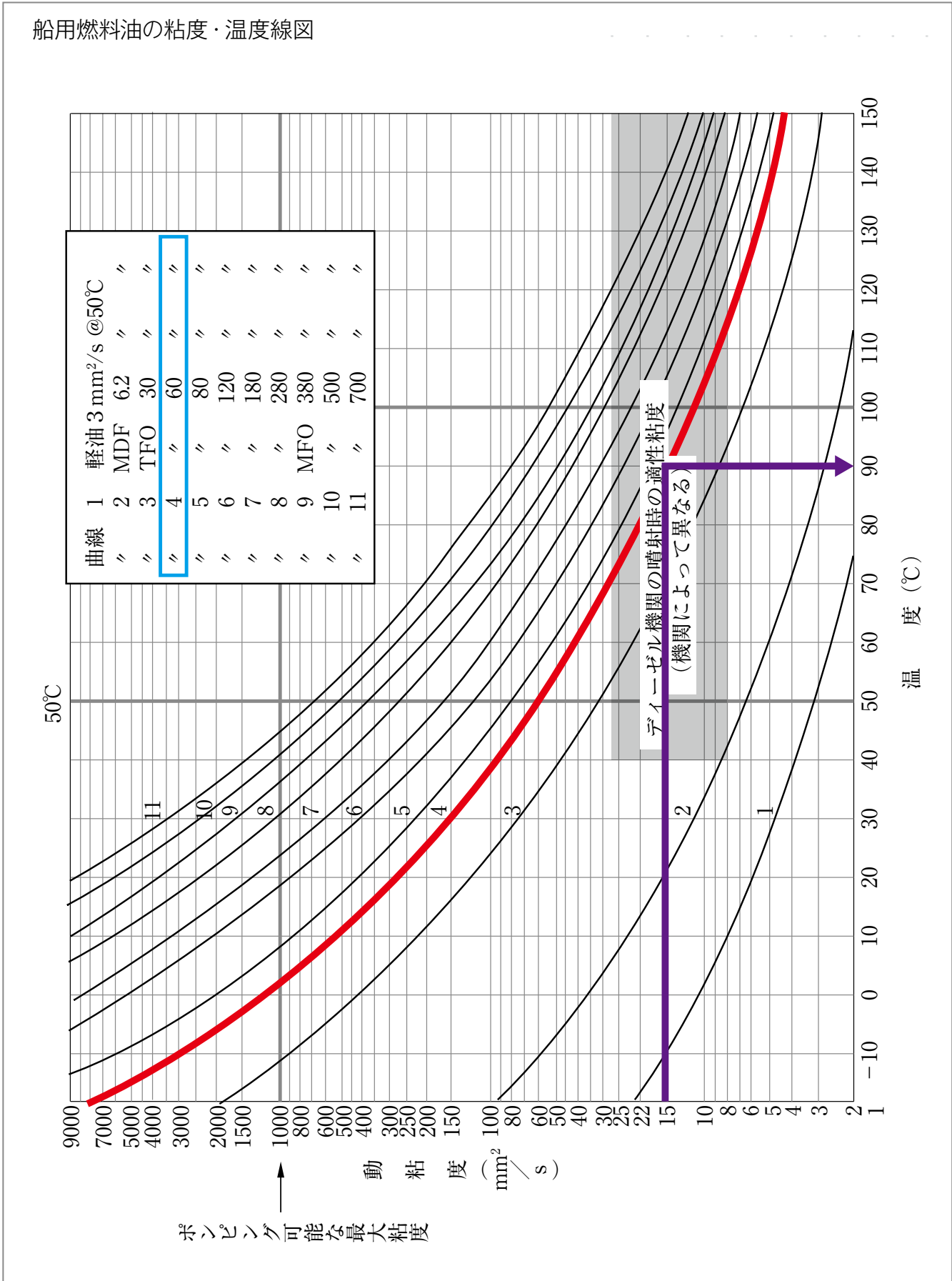
(1) 380

(3)

(2) 10

出典
陸船中・大型ディーゼル機関用燃料油—
低質燃料油の使用法と大気汚染 (山海堂)
淡井 信幸 / 花島 脩 / 横沢 才二 【著】

船用燃料油の粘度・温度線図





添付資料④ (図 74)

Bunker PLAN (Sample)
(LOCATION)

Date: _____

NAME OF OIL: _____ QUANTITY: _____ TIME OF START DRAFT: _____ TRIM: _____ Rate of loading at start of transfer-
F A: _____ Maximum Rate of loading : _____
TIME OF STOP: _____ Rate of loading when Topping off: _____

NAME OF OIL: _____ QUANTITY: _____ FILLING TEMPERATURE: _____ Max allowed manifold pressure

TRANSFER SEQUE	TANK NO.	FULL -100%		90% OF FULL		QUANTITY OF SCHEDULE		BEFORE TRANSFER		AFTER TRANSFER		QUANTITY OF (KL)	
		SOUNDING (CM)	QUANTITY (kl)	SOUNDING (CM)	QUANTITY (kl)	SOUNDING (CM)	QUANTITY (kl)	SOUNDING (CM)	QUANTITY (kl)	SOUNDING (CM)	QUANTITY (kl)	OIL TEMP	Q15°C

MASTER: _____ CHIEF ENGINEER: _____ FIRST ENGINEER: _____

Date: insert “issue date”
Vessel NAME : input MV “()”
VOY Number:
PORT : input “ PORT NAME ”
TO: input “ BARGE NAME ”
insert MASTER BARGE NAME”

LETTER OF PROTEST

BUNKER SHORT SUPPLY

Dear Sirs,

This is informed you that on completion of bunkering FUEL OIL (380 cSt) at the port of “input PORT NAME” on DD/MM/YYYY, bunker short supply were found against ship’s requested quantity of bunker oil.

Ships ordered figure (A)	: 000 metric tons
Barge figure (B)	: 000 metric tons
Difference (Discrepancy between both figure) (C=A-B)	: 000 metric tons

Therefore, in behalf of the Owners and Charterers, I, Chief Engineer of MV “()”, wish to lodge this protest on the difference of the above figures, and reserve the right to take all such further action as may be considered necessary to protect the interests of both parties.

Please kindly acknowledge by signing this letter.

Yours Faithfully,

MASTER OF “input BARGE NAME”

CHIEF ENGINEER OF MV()



日付:

本船名:

本船航海番号:

港名:

宛: 「〇〇〇 (バージ船名)」の船長「Mr. 〇〇 (名前)」

抗議文

補油供給不足

拝啓、

〇〇〇〇年〇〇月〇〇日の「〇〇〇 (港名)」港における燃料油 (380cSt) の補油終了時に、当方の注文した補油要求数量に対し、貴バンカーバージから補油供給不足が発見された事実をここに貴殿にご報告いたします。

当方の注文した補油要求数量 (A)	:	〇〇〇	metric tons
バンカーバージの数量 (B)	:	〇〇〇	metric tons
差異 (不一致数量) (C=A-B)	:	〇〇〇	metric tons

したがって、船主および用船者を代行し、私、「MV 〇〇〇 (船名)」の機関長「Mr. 〇〇 (名前)」は、上記の数量の差に異議を申し立てるとともに、両当事者の利益保護に必要とされる全ての行動に関する権利を留保いたします。

本抗議文書に関し、署名によって、この事実をお認めください。

敬具

「〇〇〇 (バージ船名)」の船長「Mr. 〇〇 (名前)」

「MV 〇〇 (本船船名)」の機関長「Mr. 〇〇 (名前)」

MAIN ENGINE AND DIESEL GENERATOR WORKING HOURS RECORD
Automatically calculated values (Based on entry from Sheet 2)

M.V.

MONTH:

UPPER COLUMN: Run Hours at the end of this month
LOWER COLUMN: Recommended Running HR until next O.H

MAIN ENGINE - Working Hour since last overhaul

Cyl No. Parts	Maintenance Interval	Cyl 1	Cyl 2	Cyl 3	Cyl 4	Cyl 5	Cyl 6	Cyl 7	Cyl 8	Cyl 9	Cyl 10	Cyl 11	Cyl 12	Remarks
		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12	
Liner		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	TOTAL WORK. HRS 0.0
Piston		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
FO Pump		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
In-take-V		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Exh V		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
F.O.V.		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Starting • V		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Safety • V		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Indicator V		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
T/C		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12	

DIESEL GENERATOR - Working Hour since last overhaul

D/G No Parts	Maintenance Interval	D/G 1	D/G 2	D/G 3	D/G 4
		No.1	No.2	No.3	No.4
Piston		0.0	0.0	0.0	0.0
Cyl cover		0.0	0.0	0.0	0.0
Intake V		0.0	0.0	0.0	0.0
Exh V		0.0	0.0	0.0	0.0
FO pump		0.0	0.0	0.0	0.0
F.O V		0.0	0.0	0.0	0.0
T/C		0.0	0.0	0.0	0.0
Crank Bearing Bolt		0.0	0.0	0.0	0.0
Main Bearing		0.0	0.0	0.0	0.0
Crank pin Bearing		0.0	0.0	0.0	0.0
Total W/H		0.0	0.0	0.0	0.0

Remarks

Chief Engineer: _____



Data Entry Sheet for Running Hours

Main Engine - Accumulated Working Hours at the end of last month

Cyl. No. Parts	Maintenance Interval	Cyl 1	Cyl 2	Cyl 3	Cyl 4	Cyl 5	Cyl 6	Cyl 7	Cyl 8	Cyl 9	Cyl 10	Cyl 11	Cyl 12
		No.1				No.2						No.3	
Liner													
Piston													
FO pump													
In-take-V													
Exh-V													
F.O.V.													
Starting・V													
Safety・V													
Indicator V													
T/C													

Diesel Generator - Accumulated Working Hours at the end of last month

D/G No. Parts	Maintenance Interval	D/G 1	D/G 2	D/G 3	D/G 4
Piston					
Cyl cover					
Intake V					
Exh V					
FO pump					
F.O V					
T/C					
Crank Bearing					
Bolt					
Main Bearing					
Crank pin Bearing					
D.G. Running Hour Details					
End of last month	TTL W/H				
Current month	W/H				

M.E. Running Hour Details	
End of last month	TTL W/H
Current month	W/H

Chief Engineer: _____

PISTON GROOVES & RINGS READINGS

MAIN ENGINE

NO.

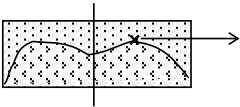
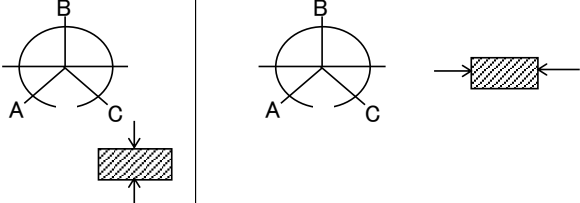
NO. DIESEL GENERATOR ENGINE

 CYL.OR ENG NO. NO. CYL
 TYPE OF ENG.

M.V. _____

DATE

PORT

		PISTON GROOVE				PISTON RING WIDTH			PISTON RING THICKNESS					
		F	A	P	S	ORIGINAL	A	B	C	A	B	C	ORIGINAL	USING RING (NEW, OLD)
1	a b													
2	a b													
3	a b													
4	a b													
5	a b													
PISTON X														
						ORIGINAL TOP RING OTHER								
LIMIT ORIGINAL TOP 2ND 3RD 4TH 5TH						LIMIT mm								

UNIT in mm

PISTON RING WEAR

TOTAL RUNNING HRS SINCE LAST EXAMINATION	
MAX. WEAR DOWN SINCE LAST EXAMINATION	
MAX. WEAR PER 1000 HRS SINCE LAST EXAMINATION	
LASTED CYL. OIL FEED RATE (g/ps/hr)	
REMARKS:	

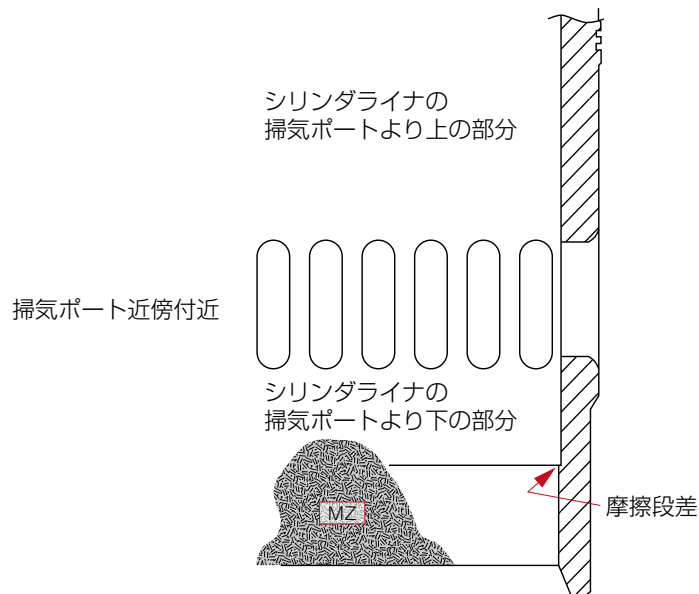
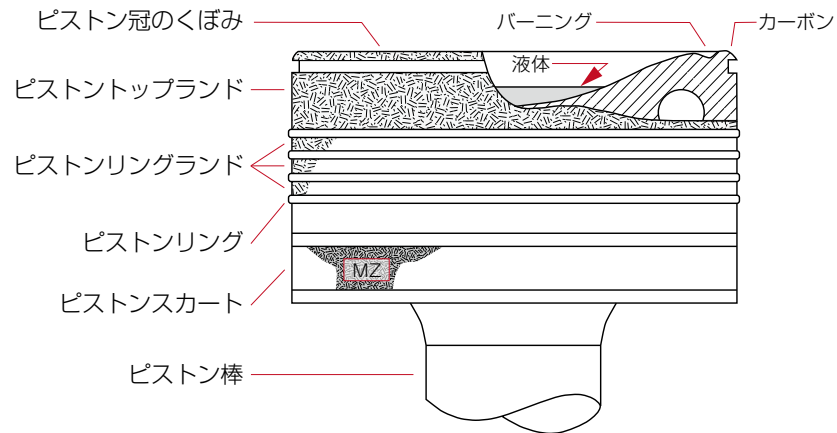


PISTON INSPECTION RECORD(Sample)														
Vessel: M.V.			no.:			Builder / no.:								
Number of cylinders:		Eng. type:		Eng. hrs.:		Checked by: I/E		Port:		Date: DD MM YYYY				
Weeks pr. port calls:			Normal service load (% of MCR): xx %					Lubricator type :						
Cyl. oil consump. (l/24 hrs):			at load %		xx%		Cyl. oil type:		Position:		Exhaust		Manoeuvre	
Condition and Symbol	Engine Part	CYLINDER NO.												
		1	2	3	4	5	6	7						
Intact - * Burning - BU Leaking oil - LO Leaking water - LW	Piston crown	*	*	*	*	*	*	*						
	Topland	LC	LC	LC	LC	LC	LC	*						
	Ringland 1	*	*	LC	*	LC	LC	*						
	Ringland 2	*	*	*	*	*	LC	*						
No deposit - * Light deposit - LC Medium deposit - MC Excessive deposit - EC Polished deposit - PC	Ringland 3	*	*	*	*	*	*	*						
	Ring 1	*	*	*	*	*	BN	*						
	Ring 2	*	*	*	*	*	*	*						
	Ring 3	*	*	*	*	*	*	*						
Intact - * Collapsed - C Broken opposite ring gap - BO Broken near gap - BN Several pieces - SP Entirely missing - M	Ring 4	*	*	*	*	*	*	*						
	Ring 1	*	*	*	*	*	SE	*						
	Ring 2	*	*	SE	*	*	SE	*						
	Ring 3	*	*	SE	*	*	SE	*						
Loose - * Sluggish - SL Sticking - ST Sharp Edge - SE	Ring 4	*	*	SE	*	*	SE	*						
	Ring 1	*	*	*	*	*	*	*						
	Ring 2	*	*	*	*	*	*	*						
	Ring 3	*	*	*	*	*	*	*						
Clean, smooth - * Running surface, Black, overall - B Running surface, Black, partly - (B) Black ring ends > 100 mm - BR Scratches (vertical) - S Micro-seizures (local) - mz Micro-seizures (all over) - MZ Micro-seizures, still active - MAZ Old MZ - OZ Machining marks still visible - ** Wear-ridges near scav. ports - WR Scuffing - SC	Piston skirt	*	*	*	*	*	*	*						
	Piston rod	*	*	*	*	*	*	*						
	Cylinder liner abv. scav. ports	(B)	(B)	B	(B)	(B)	(B)	*						
	Cylinder liner near scav. ports	*	*	*	(B)	(B)	(B)	*						
	Ring 1	*	*	*	*	*	*	*						
	Ring 2	*	*	*	*	*	*	*						
	Ring 3	*	*	*	*	*	*	*						
Optimal - * Too much oil - O Slightly dry - D Very dry - DO Black oil - BO	Ring 4	*	*	*	*	*	*	*						
	Piston skirt	*	*	*	*	*	*	*						
	Piston rod	*	*	*	*	*	*	*						
	Cylinder liner	*	*	*	*	*	*	*						
No Sludge - * Sludge - S Much sludge - MS	Scavenge box	*	*	*	*	*	*	*						
	Scav. receiver	*	*	*	*	*	*	*						
Intact - *	Flaps and nonreturn valves	Normal condition												
	Piston Ring No.1													
	Piston Ring No.2													
	Piston Ring No.3													
Piston Ring No.4														
Running hrs since liner installed (hrs)														
Liner wear per 1000hrs (mm)														
Max Liner Wear (mm)														
Stuff. Box leakage quantity / day (ltr)														
Cyl. Oil consumption /day (ltr)														
Cyl. lubricator stroke for each unit														
Total stroke :														
Date last unit was overhauled		DD MM YYYY	DD MM YYYY	DD MM YYYY	DD MM YYYY	DD MM YYYY	DD MM YYYY	DD MM YYYY	DD MM YYYY	DD MM YYYY	DD MM YYYY	DD MM YYYY	DD MM YYYY	
Running hours since last overhaul														

Remarks :

Noted by : _____

**ピストン点検項目
(サンプル)**



メーカーサービスインフォメーション
(取説の要点、随時改訂、緊急情報等)

ピストンロッド締め付け時の注意事項について

ピストンロッドをクロスヘッドに締め付ける際にナットの座金を上下逆さまに取り付けた為に油圧ジャッキのスペーサーリングが割れた事故が報告されました。

座金にはテーパ面があり、座金はこのテーパ部を下側にして、取り付けなければ、ピストンロッドのテーパ部と干渉して完全に締まりません。又、この状態でナット

を取り付けて油圧ジャッキで締め付けるとスペーサーリングが割れる可能性があります。

従いまして、貴社所有船におかれましても、標記機関のピストンロッド締め付けの際には、座金はテーパ側を必ず下側にして、完全に締め付けた後、ナットを油圧ジャッキで締め付けるようご注意ください。



JAPAN P&I CLUB

P&I ロスプリベンションガイド

日本船主責任相互保険組合
ロスプリベンション推進部
機関長 桑田 敬司

(監修)
ロスプリベンション推進部長
船長 岡田 卓三



JAPAN P&I CLUB

P&I ロスプリベンションガイド



JAPAN P&I CLUB

日本船主責任相互保険組合

ホームページ

<http://www.piclub.or.jp>

- 東京本部 〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2丁目15番14号 …… Tel : 03-3662-7229 Fax : 03-3662-7107
- 神戸支部 〒650-0024 兵庫県神戸市中央区海岸通5番地 商船三井ビル6階 …… Tel : 078-321-6886 Fax : 078-332-6519
- 福岡支部 〒812-0027 福岡県福岡市博多区下川端町1番1号 明治通りビジネスセンター6階 …… Tel : 092-272-1215 Fax : 092-281-3317
- 今治支部 〒794-0028 愛媛県今治市北宝来町2丁目2番地1 …… Tel : 0898-33-1117 Fax : 0898-33-1251
- シンガポール支部 80 Robinson Road #14-01B SINGAPORE 068898 …… Tel : 65-6224-6451 Fax : 65-6224-1476
Singapore Branch
- JPI 英国サービス株式会社 38 Lombard Street, London EC3V 9BS U.K. …… Tel : 44-20-7929-3633 Fax : 44-20-7929-7557
Japan P&I Club (UK) Services Ltd