



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 ~ ご参照)	96
2.2.1 貨物損害(貨物不足損害) : ボイラ故障.....	24	(2) 基本参考情報	
2.2.2 港湾設備損傷(海底ケーブル損傷) : 主機関起動不能.....	33	過給機.....	96
2.2.3 貨物損傷 : 発電機再起動不能(ブラックアウト).....	40	中間軸受.....	97
2.2.4 環境損害 : ボイラ燃焼不良.....	49	船用燃料の特徴.....	98
2.2.5 まとめ	53	写真集:	
2.2.6 【参考】P & I 保険でてん補対象外となるケース ...	54	-1 過給機の損傷	99
第3章 油関係の事故		-2 シリンダユニット関係の損傷	100
3.1 油濁事故傾向	55	-3 軸系(中間軸受)の損傷	101
3.2 補油時の油濁事故事例	56	参考文献.....	102
3.3 カプチャーパンカー(特殊なショートパンカーケース)	62	添付資料.....	102
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 事例例において ERM は機能していたらどうか? ...	76		
4.5 機関管理とは?(ERM +).....	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。

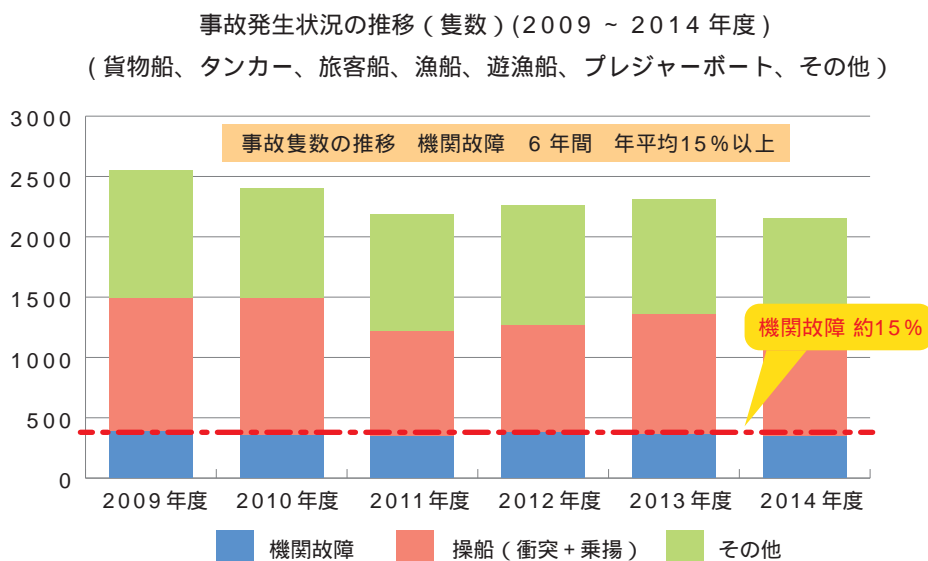


図1 事故発生状況の推移（隻数） 参考文献*1

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。

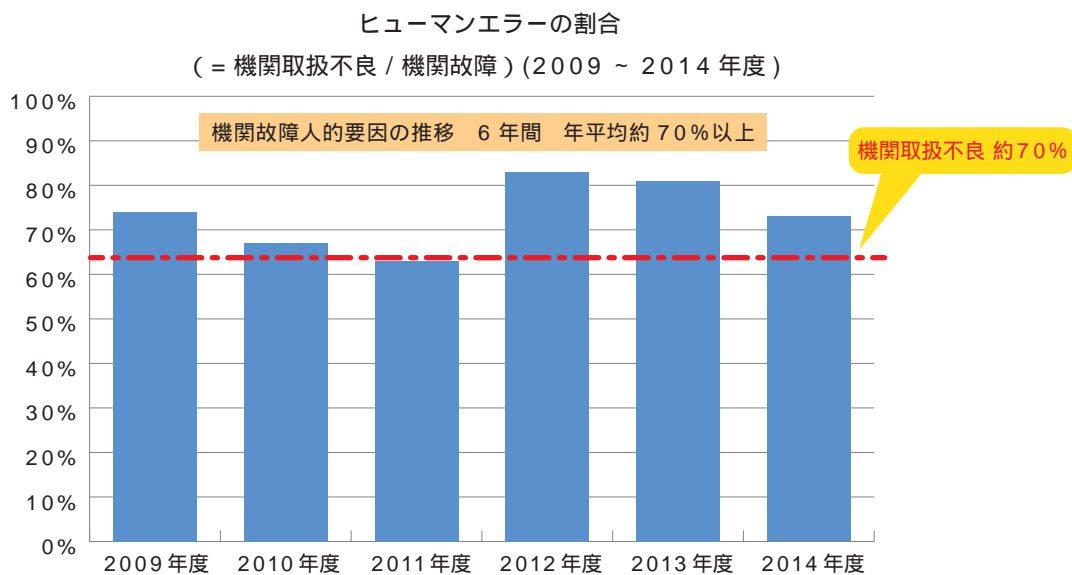


図2 ヒューマンエラーの割合 参考文献*1

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。

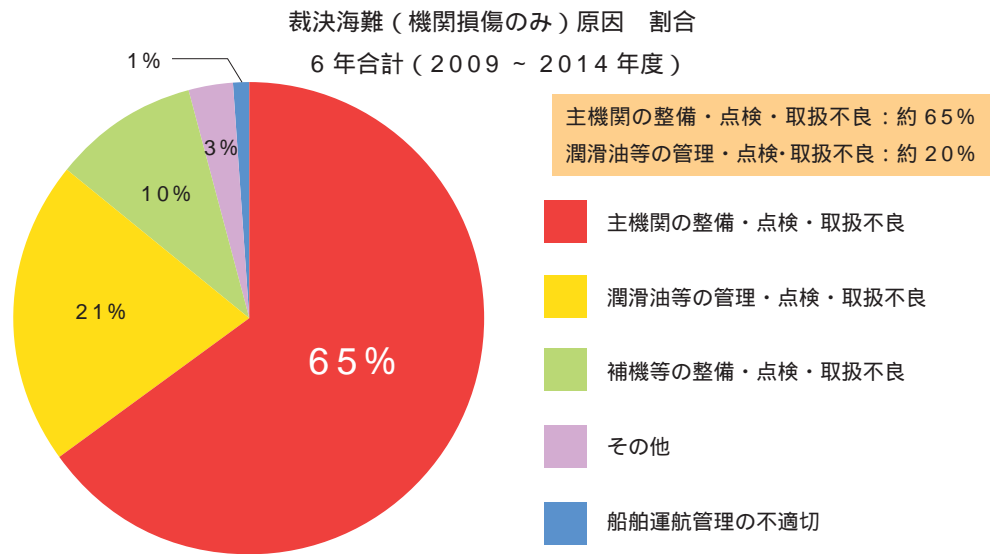


図3 裁判海難（機関損傷のみ）原因 割合 参考文献*3

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。

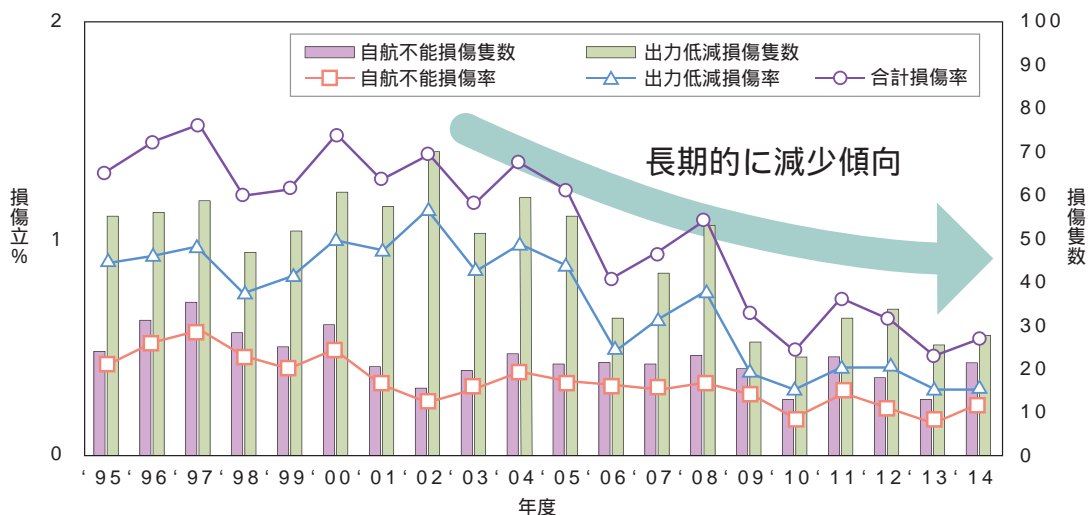


図4 船舶の航行に支障を及ぼした損傷が発生した船舶の隻数と損傷率の年度別推移 参考文献*4

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。

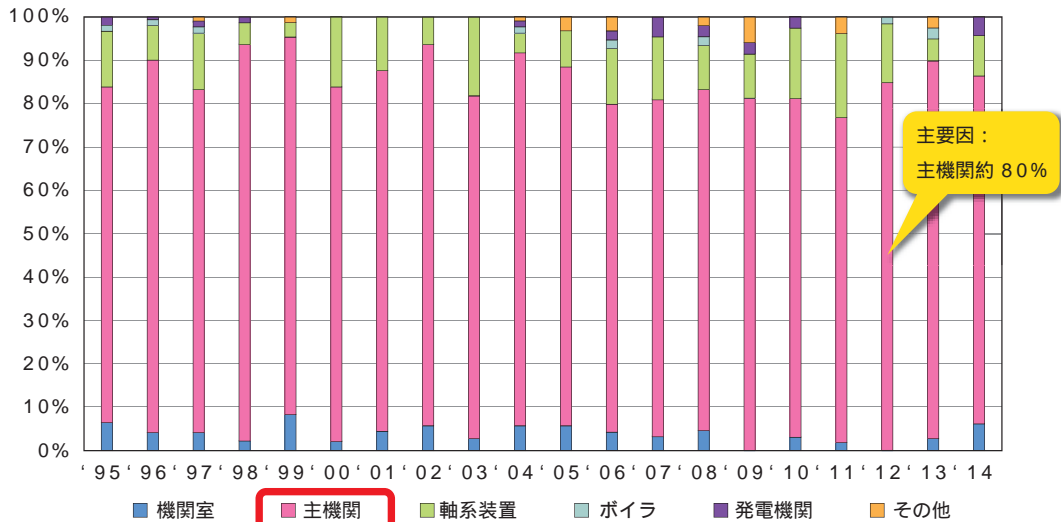


図5 船舶の航行に支障を及ぼした損傷の機器別の割合 参考文献*4

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。

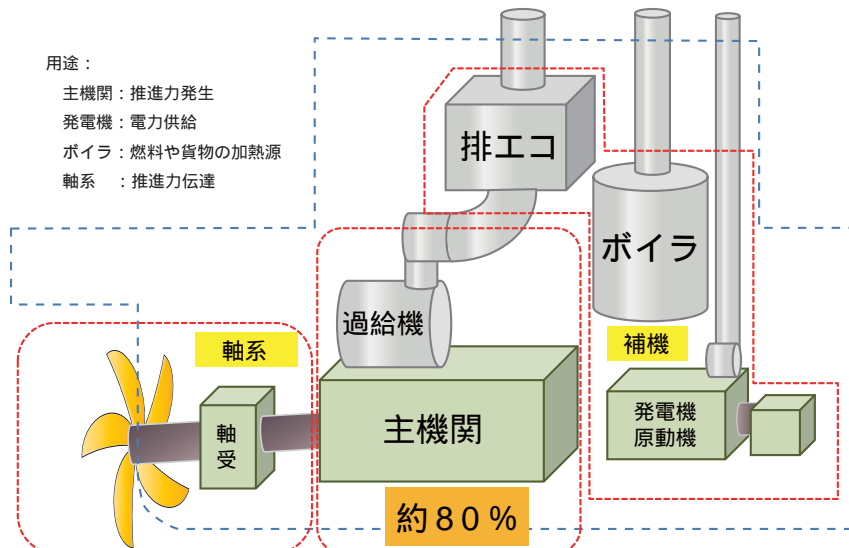


図6 機関室機器配置

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。

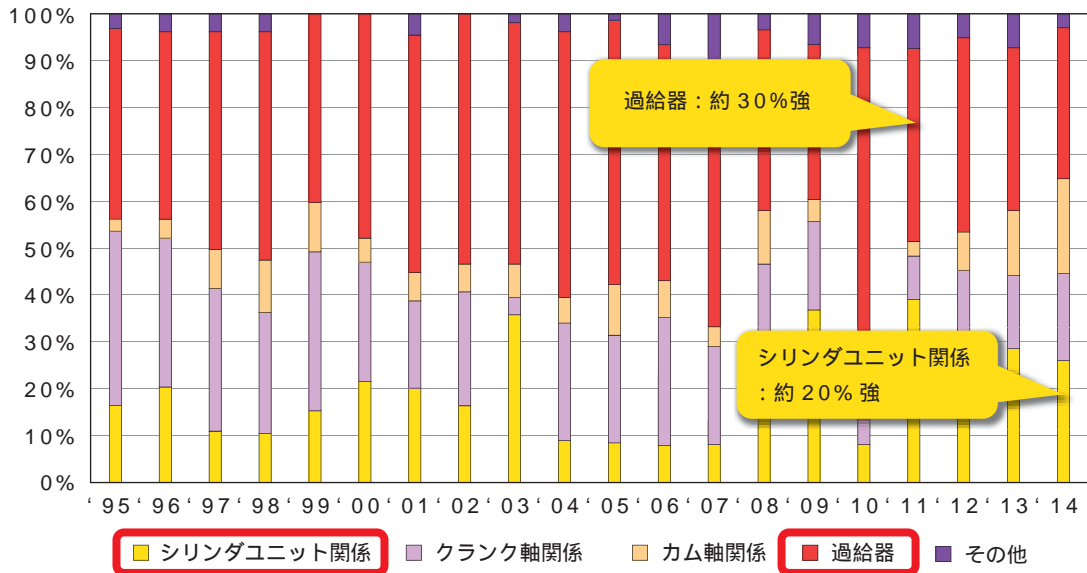


図7 航行に支障を及ぼした損傷のうちディーゼル主機関に起因した損傷部位

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。

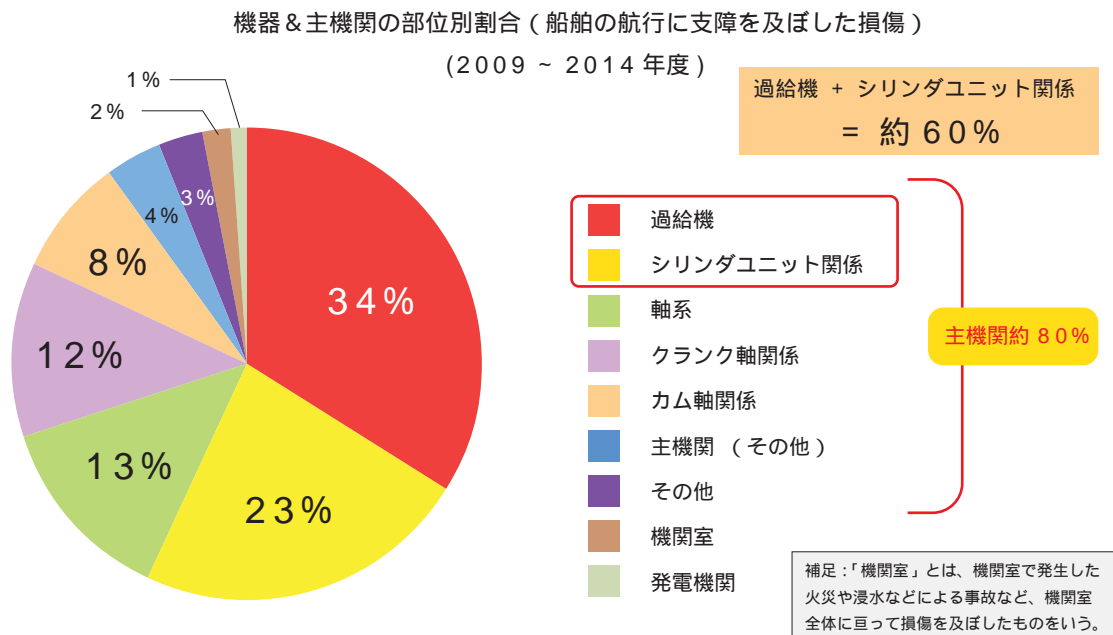


図8 航行に支障を及ぼした損傷のうち、機関室機器および主機関部位損傷の割合 参考文献*6

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。

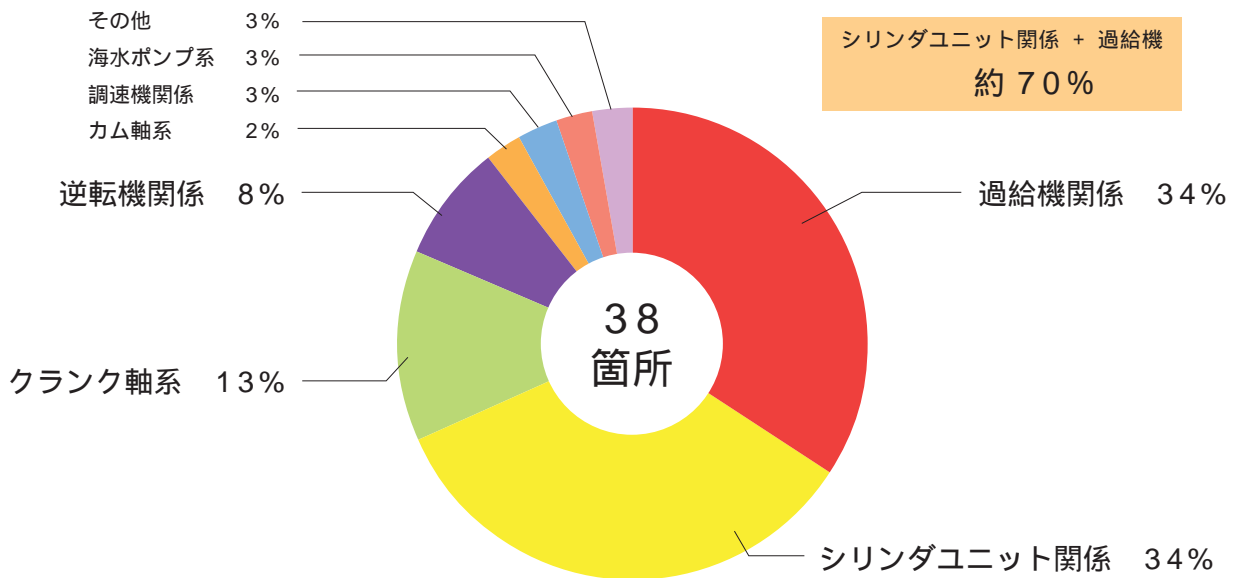


図9 内航貨物船の損傷箇所の状況 参考文献*5

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。

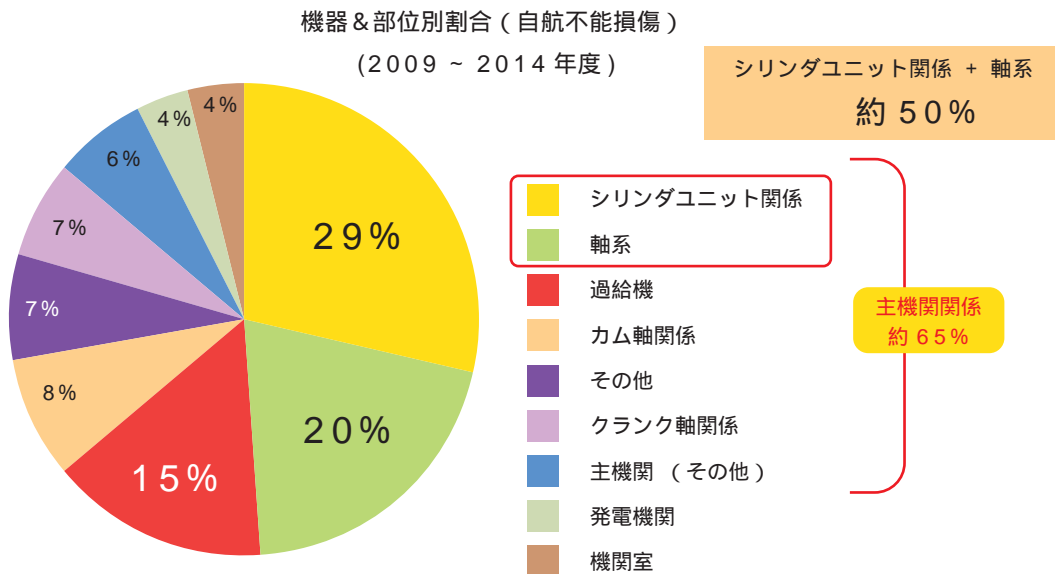


図10 自航不能損傷のうち機関室機器および主機関部位損傷の割合 参考文献*6

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。

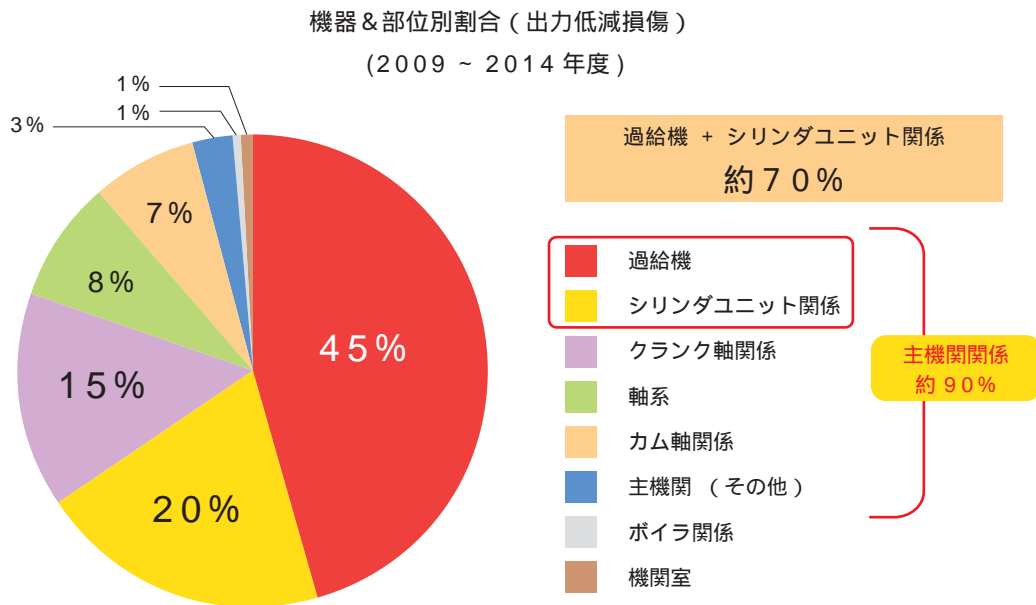


図 11 出力低減損傷のうち機関室機器および主機関部位の割合 参考文献 *6

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)- 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

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。



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

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 - 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。

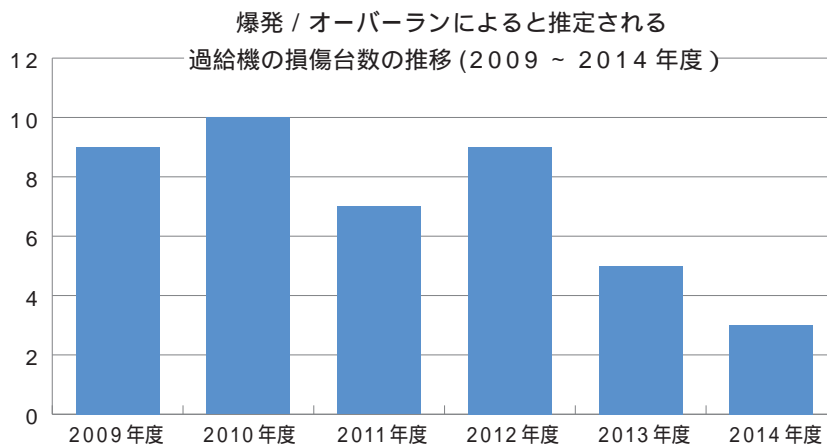


図 13 爆発 / オーバーランによると推定される過給機の損傷台数の推移 参考文献 *7

(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

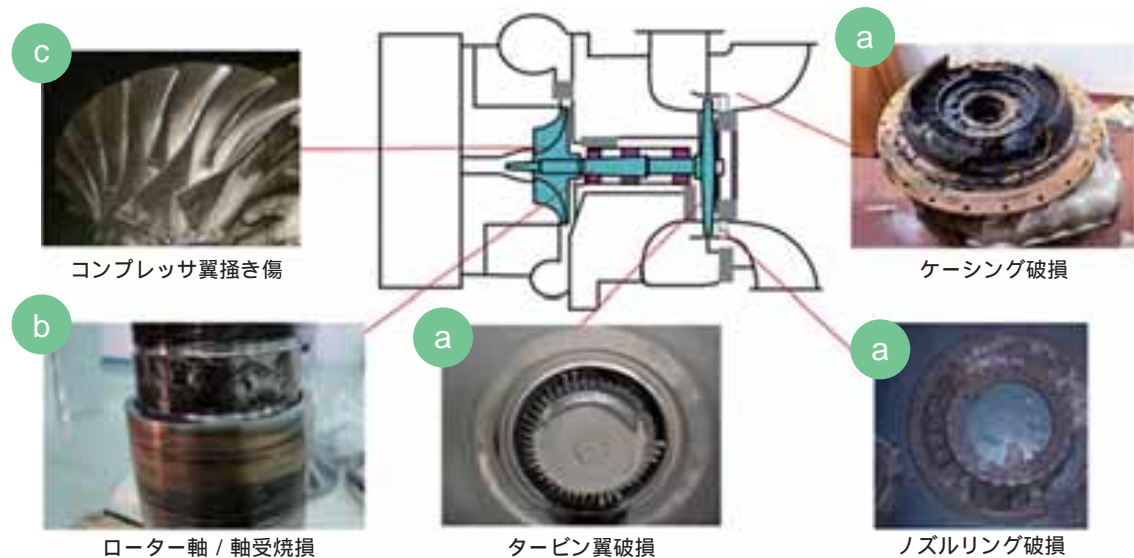


図 14 爆発 / オーバーランによって損傷した部位 参考文献 *7

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。

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。

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。

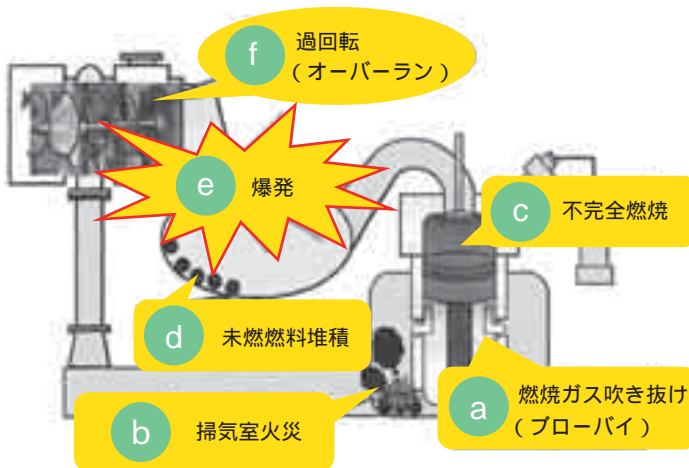


図 15 掃気室火災による過給機の爆発 / オーバーランのメカニズム
参考文献 *7



図 16 油分が堆積した状態の掃気室 参考文献 *7

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)- 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)- 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

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。

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 揺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と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。

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。

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

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

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)- 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 以上
- 3 上部カバーの温度は 132

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
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
- 2

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。

爆発 / オーバーラン

振動 / 異常音

1

潤滑不足によるロータ軸 / 軸受けの損傷

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。