大形船用ディーゼル機関における エンジントラブルシューティング* －補助ブロワ損傷と自航不能－

鈴木 清**

Trouble Shooting in Large Sized Marine Diesel Engine
－Auxiliary Blowers Damaged and Dead Hhip－

By Kiyoshi Suzuki

The ship have completed the docking survey at Singapore. After twenty hours in sailing for loading port, the main deisel engine occurred explosion in the scavenging air manifold. And then the main engine stopped by auto.device. But it was not re-start. Both of the aux. blowers damaged at impeller and casing. The ship was staying for a week at emergency anchorage. The aux. blowers changed completely with elect. Motors. It caused that much accumulated oily mist in the scavenging air manifold by the drain pipe be blockade was ignited.

1. はじめに

二十数年前、私自身の実体験では、D/W2万トンの不定期貨物船で、大阪で鋼材を積み、ニュージーランド揚げの航海時に、ブローバイから掃気室に火災が発生し、1等機関士がいかに手慣れた様子で、適当な時機を見計らって、水が入ったバケツを持って掃気室に入り、消火していた情景を聞の当たりにしたときは、たいしたものだと思っていました。しかし、その航海ではその後2～3回同じ様に発火しては停船し消火の繰り返しで、当時の機関士にとってはそれほど珍しい事故ではなかったようです。

その後、陸上勤務で工務並びに海務に20年近く就いてきましたが、その間、当社船における掃気室内或いはランタンスペース内火災は有りませんでした。

今回ここに報告する故障は副題にも記載しましたが、本船が一瞬のうちに自航不能に陥った極めて重大な事故でした。

事故当時、海気象は良好、海峡内でも船舶輻輳地域から外れた場所、投錨できた水深、空船であったこと等の状況が幸いし、2次災害を誘発することなく、結果的には損傷した2台の送風機を新替えた機関事故に留まった。

しかしながら、1つでも悪い状況にあれば、社会的に重大な影響を与えかねない程の重大事故に発展する可能性があった故障ということを主機関を製造する人、運用する人の皆さんに知ってもらいたく、同種のトラブルを2度と起こさぬよう、当事故内容と原因調査をここに報告します。

2. 本船のプロファイル

- 竣工年；1986年、
- 建造；国内造船所
- 主機関；2サイクルロングストローク型、静圧過給機付、7シリンダディーゼル機関
最大出力 23,010 ps x 77 rpm
(ディレート出力)
常用出力 19,560 ps x 72.5rpm
- 操縦場所；船橋に機関並びに荷役制御装置を一元化配置

*原稿受付 平成11年3月1日

第43回特別基金講演会（平成11年1月27日）

**正会員 新和海運株式会社（江東区亀戸1-5-7）

- 船 籍；パナマ
- 乗組員；日本人／フィリピン人の混乗

3. 事故の経緯

1) ドック工事完工直後

- ・ 本船は定期検査のために、シンガポールにある造船所でドック工事を実施しました。ドック工事がすべて終わり、離岸後、海上運転で機関プラントの確認を行ない、夕刻、ペルシャ湾の積み地向け出帆しました。出帆時の喫水はおよそ F：2-20 A：7-00。
- ・ ドック工事で主機関シリンダライナ5本新替えたので、シリンダ注油器のハンドルレバーを Max 位置にセットして、主機関出力を徐々に上昇させながら、なじみ運転を行なっていました。又、バラストを張りながら徐々にトリム調整を行なっていました。
- ・ 本船の発電プラントには蒸気タービン駆動発電装置が搭載されているので、いつものようにドック時水洗し大容量排ガスエコノマイザは、ドック出し直後は軽いスートファイアを起こして局部過熱されるのか、エコノマイザ付き蒸気安全弁の噴出、同プラント系水位、圧力等のアラームが多発、あまりにもアラームが多いのでアラームプリンタの作動を停止させ、機関室有人当直体制を執り、各機器の調整、アラーム処理、プラント状態監視をしながら、航海していきま

2) 事故発生前後

- ・ 出帆した翌朝、浅瀬のあるワンファズム・バンクを通過した後、アラームプリンタを解除させ、監視装置を正常に戻しました。
- ・ マラッカ海峡 Port Klang 沖付近を主機関回転数 66 rpm（約65%出力）で航行中の 14：05頃機関長が機関室内巡検時、主機関掃気マニホールド内でドンドンという異音を聴き、さらに、過給機のサージング音も直後に聞きました。
- ・ しばらくした 14：07主機関ピストン下部掃気ボックスファイアアラームが全シリンダ同時に鳴音を発し、そのために主機関Emergency Slow Downが働きました。
- ・ 一方、船橋においては、ファンネルからの黒煙の発生を見、そして、主機関が減速し、そのま

ま停止したのを認めました。

- ・ そして、主機関操縦装置を機側に切り替え、再起動を試みましたが、起動せず。
- ・ その間、作動したアラームはNo1,2補助ブロウ異常、No2過給機出口排ガス温度高、No1,2エアクーラ出口温度高だけでした。
- ・ 14：26に船長は会社に第1報で主機関の突然の停止を、続いて14：47に第2報で掃気マニホールド内の発火、補助ブロウ異常、主機関使用不可そして本船周囲の状況と海気象の状況と非常投錨用意をしたこと、並びに錨泊時の海賊の出没の心配等が報告されました。
- ・ 本船の行き脚が止まった 16：00に左舷錨投下し、錨がきっちり利いたのを確認して、船体の安全を確保、錨泊が始まりました。水深76m。（出帆して20時間後の事故）
- ・ 一方、機関室では掃気マニホールド内の火災鎮火を待ち、掃気マニホールド内134℃、ピストン下部

(事故発生現場地図)

(掃気系統概略図)

(補助ブロウシステム図)

掃気ボックス内94～96℃に低下した19：00にマニホールドのマンホールを

開放し内部点検を開始しました。

(事故発生して約5時間経過。)

3) 復旧作業

- ・ 掃気マニホールド内のペイントが焼け、ピストン下部掃気ボックス内は煤だらけで補助ブロウについては、No1&2共インペラが爆風によりベッチャンコになぎ倒された状態の損損とケーシングが膨れた状態での損傷が認められました。
- ・ 引き続き、早期復旧を図るため、重要部の被害状況の把握を優先して、状態チェックがおこなわれました。
- ・ 過給機のブロウ・タービン、エアクーラフィン、ピストンスタフィングボックス部、ピストン及びリング並びにライナ、排ガスエコノマイザ等の焼損被害の有無、さらに発火原因調査のための排気カム、燃料弁、排気弁、シリンダ注油器の作動確認を行ない、全て異常なく、使用可能であることが、本船により確認されました。
- ・ 一方、当時シンガポールに残っていた本船の入渠工事担当監督を主機関メーカー技師と共に本船に派遣要請しました。しかしながら、本船へのアクセス方法の手段に手間取ってしまいました。

最も簡単なポートでは海賊からの恐怖によって、現地では拒否され、最終的にはヘリコプターの手配がやっとつき、事故後の翌々日に両名と復旧作業員を本船に乗船、本船への支援と迅速なる復旧を図りました。

- ・ 尚、損傷した2台の補助ブロウ完備品の代替品は、主機関メーカーが新造船向けに製造していたものがあり、有り難くそれを転用させていただき、日本から空輸し、マレーシアのPort Klangから大型タグにて本船に納入しました。事

故後5日目のミッドナイトでした。

- ・ その後、代替品と本船側のブロウサクシヨンパイプの取り付けに調整を要したため、取り付けに2日間かかり、取り付け作業が完了し、試運転を実施して、監督等の支援部隊が下船、本船が原路復帰したのは事故後7日間と13時間後でした。

4) 海賊ワッチ等

錨泊地は海賊出没水域ということで、現地代理店等も心配しており、本船も海賊対策（居住区旋錠・外階段封鎖・感知器セット・TELEX及びVHFの救助要請文用意）を執りました。

最初は漁船が近づくたびに非常に緊張していたが、幸い不審な船が異常接近することは有りませんでした。

またスコールによる強い風雨があったものの、全体としては気象条件には恵まれ、本船が漂流でなく錨泊できたこと、通信・交通が確保されている状況且つ陸上の援助が受けられているということもあって、大事故に続く長時間労働にもかかわらず、乗組員は比較的落ち着いていたと船長から報告がありました。

4. 各所点検結果と損傷状況

- 1) No1 補助ブロウ；インペラが爆風及びファンケーシングへの衝突により大破していた破片には回転衝突によるマークが確認された。従って、補助ブロウは事故当時運転されていたか、または爆風によりかなり回転数が上昇したものと思われる。

また、電動モーター軸は曲損、ファンケーシングの数箇所にインペラとの衝突による切断、曲損、溶接部の破談が生じていた。スタータの主コンタクタは溶着。

- 2) No1 補助ブロウ；損傷状態はNo1機とほぼ同様であったが、主コンタクタは正常だった。
- 3) 掃気マニホールド；外部のペイントはけて剥離した状態だが、底部付近のペイントは健全、特に船尾側は焼損率が低い。内部でも同様に全体にペイントが焼損しているが船尾側の底部付近は焼けていない。

また、ピストン下部掃気ボックス内の全シリンダとも煤だらけなれど、ペイントは焼けてい

なかった。バルブボックス内部も焼けていたが、エアクーラ出口側のスペースは煤もなく健全、ただし油のたれ跡があった。バルブフラップは全部反り返った状態。補助ブロワサクシオンパイプ内にある逆止弁は少しクラックが発生。

- 4) 過給機；ブロワ並びにタービン側を開放点検したが、ローターも軽く廻り異常なかった。
- 5) エアクーラ；No1は上部，No2については上下の点検用メクラ板を外し確認したが，水漏れ及びフィン等の破損なし。
- 6) 排気弁作動及びタイミング確認；同装置の異常による燃焼不調からの発火元を懸念し，実施したが正常だった。
- 7) 燃料弁噴射テスト；上記と同じ理由で全シリンダチェック。各シリンダ当たり2本の燃料弁が装着されているが，No2は2本とも噴射後たれ，No4&6の各1本ずつに若干の噴射不調があり，さらにNo7の1本も後たれがあった。全体に特に不良はなかったが，念のため，これらの燃料弁は取り替えた。
- 8) ライナ；排気弁を外し，詳細点検したが，摺動面の状態は良好だが，上部の非摺動部には残さ物が多量に付着。掃気ポートも煤が多量に付着。
- 9) ピストン棒；焼損跡まったくなく正常。
- 10) 掃気マニホールド用安全弁；作動した形跡なし。

以上は添付する表「事故発生後の主機各所の点検箇所及び点検結果と処置」にまとめた。

尚，各所損傷状況は添付した「写真集」も併せて参照。

5. 復旧工事

前述の結果，下記を日本から空輸し，復旧しました。

- 1) No1&2 補助ブロワ及び同モータの計2台完備品取り替えた。
- 2) バルブフラップ1 8セット取り替え。
- 3) 逆止弁2セット取り替え。

6. 損失諸費用関係

要した諸費用内容を参考に列記します。

- 1) 不稼動損失費用
 - ・ 滞船日数 7日13時間
 - ・ 同燃料消費量 C油 61トン，A油 12トン
- 2) 復旧工事費用
 - ・ ボート P.Klang/本船2往復
 - ・ ヘリコプタ 同 4往復
 - ・ 本船発のみ通信代
 - ・ 作業員等食事代 122食
 - ・ 部品空輸代
 - ・ 補助ブロワ等部品代
 - ・ クラス検査員派遣費用
 - ・ 支援部隊派遣費用
 - ・ 保険損害調査費用
 - ・ 乗組員オーバータイム費用

概そ合計数千円掛かっています。

7. 事故の検証と類似事故

下記に本事故に関係する各事象を整理し，事故の検証をしました。

- 1) 入渠で実施した事故関係機器の工事内容
 - ・ 補助ブロワ開放検査 (No1&2)
 - ・ シリンダライナ取替 (5本)
 - ・ 同ピストン抜きと下部掃気ボックス掃除
 - ・ 掃気マニホールド内掃除
 - ・ 過給機開放 (No1&2)
 - ・ 掃気ボックスドレンタンク内掃除
- 2) 本事故に関係する事前現象の列記。()内は判明した内容。
 - ・ No2過給機潤滑油出口管に工事ミスによるウエスを詰まらせ，出渠前の油通し時，潤滑油をエアクーラ上に流出させたトラブルがあった。
 - ・ No1補助ブロワのアブノーマルアラームの発生。(Start Fail表示用圧力S/Wの設定値不良と判明)
 - ・ 排ガスエコノマイザ関係アラームの多発。(計装関係の異常と判明)
 - ・ 主機関回転数の追従不調。(脚が軽く掃気圧が上昇しないため，掃気圧リミッタが働いた)
 - ・ 補助ブロワ付ドレンコックからの油検出。(通常航海時は殆ど水分のみしかでていなかった)
 - ・ 事故前まで主機関排ガス温度は異常なく，またガス色は白で通常の普通の色だった。(異常燃焼はなかった。)

- ・掃気ボックスドレンタンクのプロート式レベル計は最下部位置のままだった。（このレベル計の0点は180リトルの位置になっているので180リトル以下は計測不可の構造になっている）
- ・主機関ピストン抜きしたため、シリンダ油はMax注油量としていた。（当社の摺り合わせ運転基準通り）

3) 事故後の調査により判明した現象

- ・掃気マニホールドの船首尾ドレン管のうち、船尾側が詰まっていた。尚、掃気ボックス用ドレン管は通っていた。（入渠前並びに過去には掃気マニホールドドレン管の詰まりの経験無し）
- ・掃気マニホールド掃除後の工事完了チェックで担当機関士がドレン管もチェックし、可視できる範囲では詰まり物を認めていない。
- ・掃気ボックスドレンタンクを開放結果、油33リトルを認めた。
- ・掃気マニホールドの焼損状態は同底部は焼けておらず、かなりの油が滞留した跡があった。
- ・掃気マニホールド用安全弁は作動した跡がない。
- ・補助ブロワサクシオンパイプ内の逆止弁は流れの方向に力を受けてためか、損傷は軽かった。

4) 補助ブロワ損傷に至った状況推定

前述の現象から下記の経過を辿ったものと推定します。

「出渠後の摺り合わせ運転で通常より多く注油していたシリンダ油のドレンが掃気マニホールドのドレン管の詰まりで、同マニホールド内に大量に滞留し、エアクーラ出口側にオーバーフローした油が過給機エアからの吹き返しでオイルミスト状の物が生じていた。主機関回転数が上昇し、マニホールド内の温度・オイルミストの雰囲気条件が変化し、燃焼室からの火種により引火、バルブボックス内の爆風で補助ブロワを破損し、さらに滞留していたシリンダ油にも転火した。尚、掃気ボックス内は掃除後時間が経っていなくスラッジがなかったため、火が回らず、ピストン棒等への被害が免れたと考えます。」

8. 事故の推定原因と類似事故

一般的には、掃気マニホールドの火災では補助ブロワを損傷させるほどまでに至らないと思っていました。しかしながら、今回は火災事故という

よりも、一瞬のうちに補助ブロワを破損した主機関操縦不能事故の観点から考える必要が有ります。

1) 推定原因

- ①ドレン管を詰まらせた。
- ②油の滞留を掴めなかった。
- ③摺り合わせ運転でシリンダ注油が大量だった。
- ③エアクーラ側へ油がオーバーフローする構造だった。
- ④掃気マニホールド用安全弁が役目を果せなかった。

2) 類似事故

- ①本船の機関メーカーによれば、掃気室火災は過去1度だけ報告があり、そのときも補助ブロワの損傷を伴っていたが、「火災なのか爆風なのかの記録はない」とのこと。事故の発生時期は出帆してまもなくであったとのこと。
- ②機関士協会会誌の故障例に「主機関補助ブロワ付き逆止弁」の題名でS/Bシフト中に掃気マニホールド爆発があり、補助ブロワサクシオンパイプ内逆止弁が流れと逆方向に損傷した事故が報告されている。そこでは・補助ブロワの損傷有無の記載なし・掃気マニホールド用安全弁は作動したと記載されている。尚、タイプの異なる機関で補助ブロワまで損傷した掃気室火災が過去あったのかどうかはわかりません。

9. 教 訓

レバタラ式に考えると

- ①掃気マニホールドの掃除を本船ハンドで行なっていれば、ドレン管に異物落下防止を施した上で掃除したでしょう。
- ②このタイプの機関は掃気マニホールドへの油滞留に対し、冗長性がないので、同ドレン管の詰まり防止には他の機関以上に注意しなければならない。バルブボックスに油が流れ込まない構造であったならば、たとえ発火しても、安全弁の作動でブロワまで損傷することがなかった。
- ③このタイプの機関でブロワ付きのコックからの油検出は主機関停止しても掃気室内部点検は行なうべし。

10. その他資料

3) 掃気ボックスドレン系統図

1) バルブボックス内部図

2) 掃気マニホールド油滞留イメージ図

添付表：「事故発生後の主機関各所の点検結果と処置」

点検箇所	結 果	処 置	備 考
掃気マニホールド	ペイント焼損、煤	掃除	
同上安全弁	ブロー損跡無い	Oーリング無し	Oーリング支給後整備
掃気マニホールド	油分無し、煤	掃除	
ランタンスベース	焼損無し、煤	掃除	
No.1、2過給機	異常無し		
排気カムタイミング	異常無し		
同上開閉動作	異常無し		
排気弁当たり面	カーボン	パワーブラシで 掃除	
エアクーラー	エレメント異常無し 掃気流路油分あり	内部に入って 掃除	
No.1、2補助ブロー	インペラー、シャフト 損傷	完備品にて 新替え	
フラップバルブ	曲損、クラック	完備品にて 新替え	
補助ブロー圧力 スイッチ	ABNRM設定異常	再設定	その他の設定は異常無し
ドレンパイプ	本管30～40%閉塞	全て掃除後 エアブロー	
ドレンパイプ通水テスト	異常無し		タンクへ流入確認
ドレンTKベントパイプ	閉塞無し		オリフィスバイパス弁1/8 開で使用
同上ベントヘッド	異常無し		試運転中掃気のブロー確認
燃料弁	化、開弁圧不良 あり	5本取り替え	
シリンダーライナー	異常無し		排気弁取り外し点検
ピストン	開動面、リング溝に カーボン	シリンダ油多量 注油で15分間 D/Sで運転	掃気マニホールドより点検 洗浄された
ピストン冷却油漏洩	異常無し		LOポンプ運転し点検
リモコン (NABCO関係)	異常無し		プログラム増速45分から30 分に変更
クランク点検	異常無し		
スタックフッキングボック スドレンパイプ	閉塞無し		クランクケース側へのガス 吹き出しなし
カム軸駆動チェーン	異常無し		
カム、ローラー	異常無し

掃気マニホールド（AFT側）外観
上方黒色部は焼け跡，下部白い部分は塗装健全

掃気マニホールド（FORE側）外観
黒色部は焼け跡，白い部分は塗装焼け落ちた跡

掃気マニホールド内部
フランジはブロウ取り付け用，
黒色は焼け跡，白色は健全部分

掃気マニホールド用安全弁
内部からの取り付け状態写真

掃気マニホールド内部
バルブボックスのフラップ弁がめくれている

バルブボックス内部
左側は Air Cooler 出口吹き出し部と堰き，正面に
角形ドレン孔，内部は煤だれけ。

写真 左
Air Cooker 出口側
下部 Air 溜り
黒白まだら部は油が上部
から垂れてきた跡

写真 右
補助ブロワ・インペラ損傷
サクシオン側からの圧力による
圧損で倒れている

写真 上
補助ブロワ・ケーシング損傷
一部内側からの圧力で膨れてめくり上がっ
ている

写真 上
復旧後の試運転終了後
約3時間実施、シリンダ油できれいに除去
された

質 疑 応 答

質問者 石川島播磨重工業株式会社 幅田 望

〔質 問〕

掃気マニホールドドレン配管の閉塞箇所及び閉塞原因は特定されていますか。

〔回 答〕

1. 事故後に本船で閉塞箇所チェックするため、掃気ボックスドレンラインの掃除用4K蒸気を使って、ピストン下部掃気ボックスドレン管と掃気マニホールドドレン管と別々にブローしたところ、掃気マニホールド船尾側ドレン管からはマニホールドに蒸気が吹き出されなかった。他ラインは蒸気が吹き出した。
2. 竣工以来、掃気ボックスドレンラインの航海時の定期的蒸気ブローで全く詰まったことなし。また、掃気マニホールドドレン管も同様に詰まったことなし。

今回、殆どのライナ新替工事が生じ、併せ、掃気マニホールド内掃除を実施したので、その際に異物がドレンパイプ（32A）に誤って入ったと考えている。

写真 上
事故直後のピストン・ライナ
全体が煤だらけ、人海で拭き取
りトライしたが効果なし