



JAPAN P&I CLUB

第40号 2017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

事故例紹介

衝突事故

機関事故

油濁事故





目次

はじめに	1	§ 3	紀伊水道と東京湾の交通体系	35	
§ 1	安全とは	1	§ 3-1	紀伊水道	35
§ 1-1	安全とは	1	§ 3-2	東京湾	37
§ 1-2	安全と技術者	2	§ 4	機関事故と油濁事故	39
§ 1-3	安全と文化	3	§ 4-1	故障／損傷の特徴	39
§ 1-4	人の行動特性と BTM (Bridge Team Management)、 ETM (Engine-room Team Management) ...	7	§ 4-1-1	船舶の運航に影響を及ぼす損傷	39
§ 1-5	BTM・ETM：墓標型の分析 / 対策から 予防型への分析 / 再発防止対策立案	8	§ 4-1-2	部位別の損傷の特徴	40
§ 1-6	経験が浅く技術レベルが未熟な 航海士・機関士の教育	13	§ 4-2	事故事例	42
§ 2	衝突事故	15	§ 4-2-1	事故事例① ピストン焼付き、ピストンスカート割損事故 ...	42
§ 2-1	事故概要	15	§ 4-2-2	事故事例② クランクピン軸受損傷事故 ...	45
§ 2-2	運輸安全委員会（海事専門部会）の 事故原因解析	20	§ 4-2-3	事故事例③ 油濁事故	46
§ 2-2-1	適用航法	20	§ 4-3	エラー連鎖（エラーチェーン）に 沿った事故分析	52
§ 2-2-2	運輸安全委員会の事故解析	21	§ 4-3-1	事故事例① ピストン焼付き、ピストンスカート割損事故 ...	52
§ 2-2-3	運輸安全委員会の事故原因分析	22	§ 4-3-2	事故事例② クランクピン軸受損傷事故 ...	56
§ 2-2-4	運輸安全委員会の再発防止対策	22	§ 4-3-3	事故事例③ 油濁事故	59
§ 2-3	人の行動特性に併せた分析と再発防止対策 ...	23	§ 4-4	機関管理（ETM）の視点による分析 ...	63
§ 2-3-1	事故原因の分析	23	§ 4-5	再発防止対策	64
§ 2-3-2	A号・B号の三航士に共通した 事故原因の分析	26	§ 4-5-1	事故と原因の関係	64
§ 2-3-3	A号・B号の船長に対する人の行動特性に 沿った分析	31	§ 4-5-2	再発防止対策	69
§ 2-4	再発防止対策	32	§ 4-6	運航スケジュールが厳しい船への提案	70
§ 2-4-1	A号・B号三航士	32	おわりに	71	
§ 2-4-2	A号・B号船長	33	参考文献	71	
§ 2-4-3	陸上部門（船舶管理会社）	34	添付資料	72	

はじめに

海難事故といっても、衝突・乗揚げ・火災・沈没・港湾設備損傷・油濁、及び、機関事故など、様々な種類の事故があります。しかし、こうした海難事故の原因のおよそ9割がヒューマンエラーであるとされています。今回は、実際にあった衝突事故、機関事故、油濁事故をご紹介しますとともに、ヒューマンエラーに視点を置いた再発防止について分析を行ってみました。

§ 1 安全とは

§1-1 安全とは

2015年5月に「安全について考える」を題目としてセミナーを開催し、その内容をロスプリガイド Vol.35 で発行しました。事故例紹介の前に、今一度「安全」について考えてみたいと思います。(詳細はロスプリガイド Vol.35 をご参照ください。)

本船には事故を発生させず、日頃から安全運航の達成が常に求められています。しかし、「安全」という言葉を普段何気なく使っていますが、その意味となると、今ひとつはっきりしないようです。



参考写真1
サンフランシスコ ゴールデンゲートブリッジ

その中で、英国の心理学者 Reason は「安全の定義」として次のような考え方を示しています。

安全 : 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。



即ち、安全とは、この世の中が危険にさらされている存在であることを前提として、それに抗う人間・組織の力として位置づけています。また、ヘレンケラーも分野は異なるものの、次のような説明を行っています。

安全とは思ひこみにすぎない場合が多いのです。現実には安全というものは存在せず、子供たちも、誰一人として安全とは言えません。危険を避けるのも、危険に身をさらすのと同じくらい危険なのです。(ヘレン・ケラー)

こうして見ると、安全とは危険を全て回避した結果に過ぎず、世の中に「安全という言葉はない」と考えることもできるように思います。

S1-2 安全と技術者

船長や機関長のみならず船の乗組員は全員が技術者集団であることから、安全について考えた場合、どうも安全は技術の先端とか技術の延長線上にあるものと考えている人が多いようです。即ち、「船の各種機器の性能」や「乗組員の技量」というものを高めていけば、ひとりでの安全レベルも高まると思っている人が多いようです。

しかし、この考え方は全く違うと考えなくてはなりません。**「安全というものは、技術というものを超えた社会の価値観であり、技術といった次元よりも上の次元にあるものと考えなければならない」と**日本ヒューマンファクター研究所の精神分析医故黒田勲先生は強調されていました。

一方、船も含めて物を動かすといった点から技術について見ると、例えば船を動かす技術、鉄道を時間通りに動かす技術、身近なところでは自動車を運転する技術というように、技術はそれぞれの分野に属しているもので、世の中を豊かにするためのひとつの方法論でしかないと考えることができます。

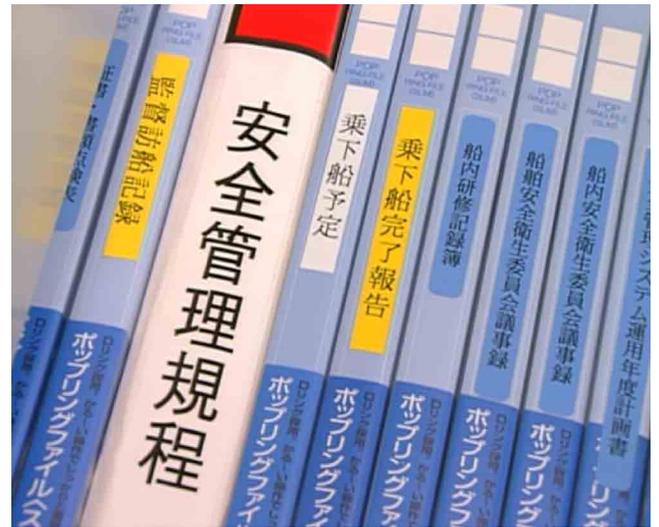
したがって、現場の第一線で安全運航に携わっている船の乗組員は、安全と技術を切り離し、それぞれは違う次元のものであるという発想を持たなければ安全を保つことができないと考える必要があります。

一旦事故が発生すると再発防止対策を構築しようと考えていくのですが、専ら技術的な面から分析を行い、技術面での再発防止対策ばかりを策定する傾向が強いように思えます。

例えば、船の衝突事故で海難審判が開かれると、「事故を発生させた当事者が海上衝突予防法第××条に違反したから事故が発生した。よって、その法律違反した人の責任なので免許停止△△日」といったように「責任は誰か」ということだけを追いかけ、その人を処罰して幕引きをおこなうことが多いようです。(海難審判法が平成20年(2008年)に改正され、海難審判法は海難事故を起こした海技者を懲戒することが目的となり、再発防止などを含む分析は運輸安全委員会が行うことになっています。)

しかし、この方法ですと**「事故が何故起こったのか」**という点に着目した場合、「人間(人)に戻ってこない」のではないのでしょうか。例えば、横切り関係の衝突事故の場合、相手船を右に見る本船に避航義務があることは、航海関係の海技資格免状を持つ人ならば、海上衝突予防法の条文を丸暗記していないかも知

れませんが、誰でも承知しているはずです。承知しているのに、「なぜ避航動作を取らなかったのか（或いは、取れなかったのか）」という部分にまで踏み込んで分析を行い、「**そうならないようにするにはどうしたら良いのか**」ということまで検討しなければ、結果として、せっかく立案した再発防止対策もパッチあてにしかならないことが多く、同様の事故が後を絶たないように思われます。これを、故黒田先生は「**墓標型安全対策：お墓を建てて拜んでおしまい**の安全対策」と呼ばれ、再発防止には繋がらないと説明されています。



参考写真 2 安全管理規程

本当に考えなくてはならないのは、「犠牲者を出さない」、「環境汚染を起こさない」など、社会のために何を成すべきかを考えることが必要で、事故が起きないようにするための予防策といった観点から安全を考えることが必要です。これを、故黒田先生は「**予防型の安全対策**」と呼ばれていました。

船の運航を考えた場合、衝突の危険、貨物事故の危険、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。従って、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。そしてこれらの危険に立ち向かい、回避していく行動をとるのは乗組員や会社を構成している人間です。

即ち、「安全」とは、こうした危険を回避した結果の評価、
或いは、結論であると定義付けることができます。

§1-3 安全と文化

SMS マニュアルや安全管理規定など、本船の安全管理を実施する中で構築したこのようなシステムを動かすには、かなりの人のエネルギーが必要となります。そのエネルギーになるものが安全文化であると考えることが求められます。この文化を考えていく上で、安全を支えている次の3つの事項を分けて考える必要があります。(参考図3ご参照)

1 科学

申すまでもなく自然の大原則で、船の世界では物理学などの理論を理解することが必要です。例えば、鉄で出来ている船がなぜ浮いているのか（アルキメデスの原理）、船の後進機関を掛けて停止する場合、どのくらいの馬力を掛けたら何メートル進出し、どれくらいの時間が必要かなどといった、加速度の理論も知っておく必要があります。また、船体が折れないように荷重分散して貨物を積みつけるといった力学も関係してきます。

2 技術

科学の理論をどう使っていくのかというのが技術です。この技術は使い方によって異なる結果が生まれてきます。技術は、社会のために旨く使っていくための方法論で、科学の原則を社会に持ち込んでいく手段が技術であると考えられます。原子力のように、原理・原則は同じでも、原子爆弾にもなるし、或いは、原子力発電所や原子炉を持った船にも変わっていくなどのように、科学の使い方が技術です。

3 技術者

技術から生み出された方法論に基づき、作られた技術をいかに旨く使っていくのかということを実行する人が技術者です。安全管理システムを動かしていくのも人=技術者と考えることが必要です。

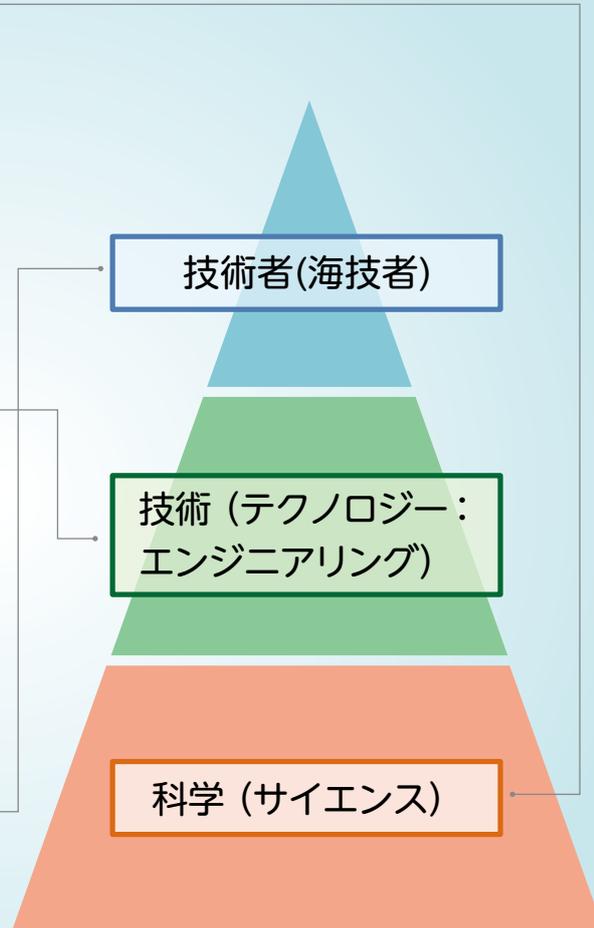


図3 科学・技術・技術者のピラミッド

電子海図情報表示システム（ECDIS）、GPS、AIS、自動衝突予防援助装置（ARPA）や機関室の無人運転（M0運転）などの新しい技術が予想を超えるスピードで導入され、昔に比べれば遥かに多くの情報がビジュアル的に入手できるようになりました。そして、こうした機器には危険を人に知らせるための音響警報装置なども設置されています。



参考写真4 次世代型船橋

しかし、どのタイミングで警告音が鳴るのかといったことを設定するのも技術者であり、これら機器に表示された各種情報の中から、どの情報を採用し、どういった行動を取るのかを判断するのも技術者です。こういった機器が自動で避航操船を行うようになるまでには至っておらず、将来、自動運転の無人化船が出現するまでは、与えられた情報を総合的に判断して操船するのも「船長・航海士といった技術者」です。また、機関室に関してはM0運転の船が多くなり、かなりの部分が自動化運転になっていますが、個々の機関が自動化運転可能となっても、機関室全体をプラントとして見つめ、五感を働かせながらトラブルを未然に防ぐ機関運転を行っているのも「機関長・機関士といった技術者」です。やはり、**安全（危険回避）を行うのは「人」である**ことを認識せざるを得ません。

それ故に、技術者（海技者）は安全に操船や機関運転をするための知識と技能を身に付ける必要があります、それを証明するために海技免状というものがあります。即ち、安全に操船することや機関の運転を行うことはとても複雑で困難な仕事なので、結果としてそれを実行するために「個人の裁量の幅」は自然と広がります。



参考写真5 海技免状

そうした中で、このようなことを実行するための権限を与えているものが海技免状であると考えべきでしょう。ところが、海技免状を取得するために猛勉強をし、試験に合格して海技免状を取得すると、「これで勉強が終了して卒業した」と思っている方も多くいると思います。

しかし、この考え方は間違っていると見るべきです。上述したように、実際には海技免状を取得して乗船すれば、試験問題の範囲以上のものを多く経験し、自分の技術レベルを高めていると思います。即ち、海技免状を取得したら、「卒業した」と考えるのではなく、「やっとスタート台に立つことができた」と考えることが必要です。

そして、海技者は本船の運航という点においてスケジュール通りに運航することに、社会一般から大きな期待を寄せられています。このため、何等かの事故が原因でスケジュール通りに運航が達成できなかった場合、経済的損失だけでなく、社会の信用も失っていくことがあります。

例えば、北米からグレープフルーツを輸送しているコンテナ船が予定通りの期日に到着せず、市場から一時的にグレープフルーツがなくなったとします。そうした中、消費者がグレープフルーツを食べたいと思ってスーパーマーケットに買い物に行ったところ、売り切れとなっている。やむなく、中心部にある高級果物店に行ってみたら、在庫はあるものの1個3千円で売っており、購入することを諦めるといったことがあるかも知れません。

そうすると、その人は、食べたいグレープフルーツが食べられなくて悲しい思いをします。そして、グレープフルーツが市場から消えた理由を新聞等で本船の機関トラブルが原因であることを知ったとすると、運航する船会社の信用不安につながってしまいます。



極端な例かも知れませんが、こうした点から見ただけでも、「安全に操船することや機関の運転を行うこと」は、社会の中においても大きな期待をされていると見ることができます。

このようにして考えると、求められているものと手段が図6及び7に集約されてきます。

技術者の宿命

- 一生、勉強を続けていくことが求められる
- 自己の性格を冷静に見つめる

意識改革

図6 技術者の宿命

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

事故を起こさないための予防・予測を常に意識する

“5W1H+2F” の考え方

図7 予防・予測

予防・予測を常に意識するために、「5W1H+2F」ということを考える必要があります。

「5W1H（図8）」は馴染みがある以下のものです。

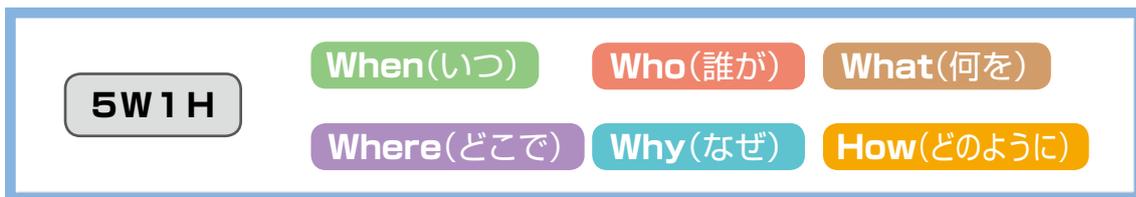


図8 5W1H

近年では、これに加えて次の「2F」を考えることが必要とされています。



図9 +2F

事故が発生した場合、人を処罰して幕引きするのではなく、For Whom（誰のために）は事故当事者のみならず、会社のために、更に広げるならば社会のためにと考えることが求められ、For What（何のために）では、無事故運航を実行するために「5W1H」と結びつけていくことが求められます。

一方で、なぜ海技免状を所持している技術者が同じような事故を繰り返すのでしょうか。それは、安全が

技術の延長線にあると信じている技術者がまだ多いからと考えられます。しかし、前述したように、安全と技術は全く異なるものとして考え、安全とは技術よりはるかに高い次元にあるものと考えべきとしたゆえんです。

すなわち、ここにヒューマンファクター、ヒューマンエラーといった人の行動特性を導入し、不幸にして事故が発生した場合でも同じような事故を再発させないための予防対策を講じるには、「なぜ当事者が事故に至る行動を取ったのか」ということを分析して対策を構築する必要があります。単純に技術面の失敗だけを分析し、人を処罰して幕引きを行ってはいは、同様の事故が再発していくものと考えられます。

再発防止対策を構築するには
「人の行動特性」
 を考え、なぜ事故発生に至る行動を取ったのか分析する。

図 10 人の行動特性

S1-4 人の行動特性と BTM (Bridge Team Management)、ETM (Engine-room Team Management)

ベテランも含めて人は失敗することがあると冷静に見つめ、人の行動特性を考慮して船橋や機関室においてチームを組み、こうした失敗を発生させないようにする手法として考案されたものが BTM・ETM です。まず、BTM・ETM の説明の前に、人の行動特性について見てみましょう。

(人の行動特性)

適切な処理や判断を妨げる“人間の特性”として、次のようなものがあります。(Web. 安全の小窓より)

人間の特性 12 ヶ条

- | | |
|----------------------------------|----------------------------|
| ① 人間だから間違えることがある | ⑦ 人間だから先を急ぐことがある |
| ② 人間だからつい、うっかりすることがある | ⑧ 人間だから感情に走ることがある |
| ③ 人間だから忘れることがある | ⑨ 人間だから思い込みがある |
| ④ 人間だから気が付かないことがある | ⑩ 人間だから横着をすることがある |
| ⑤ 人間だから不注意の瞬間がある | ⑪ 人間だからパニックになることがある |
| ⑥ 人間だから、ひとつのことしか見えない、考えられないことがある | ⑫ 人間だから人が見ていないときに違反することがある |

こうして考えると、人は欠点だらけのようにも見えます。そして、このような欠点だらけの人間の行動はエラーばかり繰り返すようにも思われます。しかし、見方を変えれば、この欠点は次のような「**人間の素晴らしい能力**」にもなり、長所も短所もあわせもつのが「人間の行動特性」といえるでしょう。



- | | | | |
|---|-----------------|---|------------------|
| ① | 注意分散型 | ⇔ | 同時に多くの仕事を効率よくこなす |
| ② | 思い込みによって判断・行動する | ⇔ | 大局的な判断ができる |
| ③ | 限られた情報で判断する | ⇔ | 効率的な判断ができる |
| ④ | 行きあたりばったりの行動をする | ⇔ | 状況に応じて柔軟な対応ができる |

ところで、人は情報の入手という点で様々な入力システムを持っていますが、処理と判断という面ではひとつのシステムを持っていると考えられます。しかも、処理や判断が簡単に中断されてしまう、あるいは、乗り換えられてしまうおそれがあります。

他にも、楽をしたいと考えていたり、本音と建て前を使い分ける、時間帯によっては眠い、年齢的に年をとれば辛いと感じることもあります。これらを情報処理源としての「注意力」や「意識」によってコントロールしようとしていますが、これにも限界があり、エラーを避けることができない原因となっていきます。

例えば、船の衝突事故の時間帯を調査した場合、深夜2時～6時頃と午後2時～4時頃に発生していることが多いのもこうしたことが原因のようです。

§1-5 BTM・ETM：墓標型の分析 / 対策から予防型への分析 / 再発防止対策立案

「ブリッジチームマネジメント」も「エンジンルームチームマネジメント」も基本的な考え方は同じです。この構成要件である M-SHELL モデルをこれに当てはめて考えると以下のようになります。

図 11 で示すように、中心にいる人（L：事故当事者）の周囲には、それぞれリソースとして「H：ハード



図 11 M-SHELL モデル

ウェア]、「S：ソフトウェア」、「E：エンバイロメント（環境）」、「L：当事者以外の人」が存在し、当事者も含めた各リソースは絶えず状況が変化するので、揺らいだ四角形で表示することができます。ここで、当事者（自分自身）の「L」と各リソースとのコミュニケーションや連携が不十分であれば接点が合わず、各リソースが離れてしまい、そこに隙間が発生し、その隙間にヒューマンエラーが入ることで安全が確立されない状況に陥ります。

一人の人間のミスが危険な状況を生み出さず、時期を逸することなく周囲のリソースがミスに気づき、修正できるように結束して職務にあたり、チームとしてコミュニケーションを良くし、お互いをサポートすることが求められます。これがBTM・ETMの基本的な考え方です。

上述したように、各リソースが揺らいでいる状態の中で、各リソースどうしのコミュニケーションが旨く取れ、人間の行動特性を阻害する12ヶ条の原因を取り除く、あるいは、立位置を替えて人の素晴らしい能力であると考えることによって、エラーの発生を抑え、例え中心の人や周囲のリソースがエラーが発生したとしても、チーム全体のコミュニケーションの隙間にエラーを入らせないようにマネジメントすることがBTMあるいはETMになります。

（なぜBTM・ETMが浸透しないのか）

BTMが導入されてから20年近く経過していますが、なぜBTM・ETMが浸透しないのかという点について考えてみると、根本的な原因として次が挙げられます。

浸透しない根本的な原因

- 1) 技術力がしっかりしていれば「安全は確保できる」と思われている。
- 2) マネジメントをひとつの能力として意識せず、甲板部・機関部とも職制縦割りが基本であるとした風土が本船に根強く残っていること。
- 3) 乗組員教育がOJT（On the Job Training）主体で、現場任せ。



こうして考えると、「安全に対する考え方」と「マネジメントとは何か」、「OJTの方法を考え直すこと」などから、予防型対策を構築するには人の意識改革が必要であることが見えてきます。

特に、船長・機関長や会社に求められるものは、「部下（チーム構成員）が遠慮することなく、安全運航に関する意見を発言できるような雰囲気作り」であることがBTM・ETMを有効に運用していく上での基礎となることが判ります。



航空業界では CRM (Crew Resource Management) が海運業界と比較した場合に旨く運用されているようですが、その違いはどこにあるのかを考えると、どうもフロントラインで働く乗組員の技術レベルの差にあるようです。船長と航海士、あるいは、機関長と機関士の技術レベルの差に比べると、航空機では機長と副操縦士の技術レベルの差が大きくかけ離れていないように思えます。

例えば、航空機が高度 3 万フィートで飛行中、機長に万が一のことがあっても副操縦士は目的地まで無事飛行機を到着させることができるはずです。

しかし、船の場合、三等航海士（以下、三航士）に目的地まで安全に本船運航を行うことができるでしょうか。船と航空機では、技術力向上も含めた乗組員教育の方法に大きな相違があるように思えます。従って、技術レベルが未熟な乗組員の教育も BTM・ETM を運用する上で重要な要素であると考えられます。

さらに、ヒューマンエラー発生元になるものとして「スレット：Threat (脅威)」があります。BTM・ETM では、ヒューマンエラーの可能性を増す要素としてのスレットを考えた場合に次のものが挙げられます。

ヒューマンエラーの可能性を増す要素

- 1) 業務量の多さ (業務量に対して人員数が不足した場合)
- 2) 時間的な重圧 (リーダーに余裕がなくなると、チーム員にもそれが伝わり、浮足立った状況になる。)
- 3) 上司のプレッシャー (特に、日頃から大きな声で部下を叱責するようなことを続けていると、チーム員が委縮し、BTM・ETM の運用を阻害する。)
- 4) 疲労やストレス (疲れていると注意散漫となり、外部からのストレスなども能力低下の原因となる。)



即ち、BTM・ETM が旨く運用できないと、エラーが発生するだけでなく、リーダーを含むチーム全員にストレスが溜まり始め、人の行動特性の悪い面が多発するといった悪循環となります。

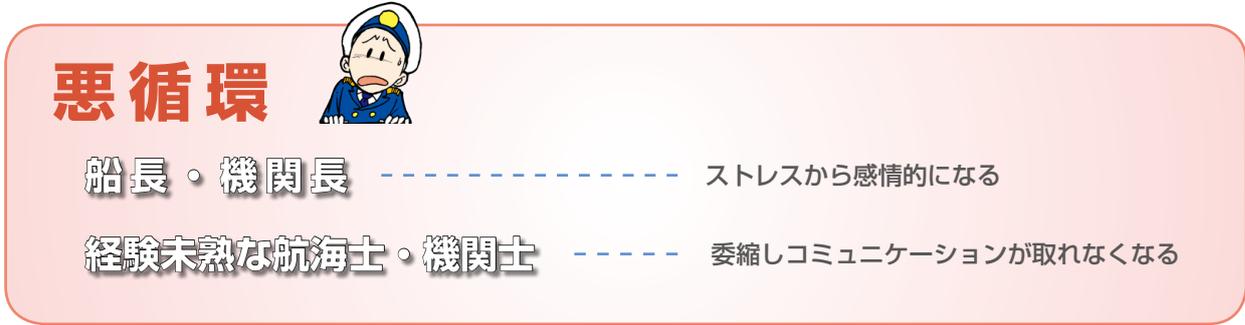


図 12 スレット (threat)

墓標型対策から予防型対策への転換

例えば、前述したように、横切り関係における衝突事故例で見れば、航海関係の海技免状を所持している海技士ならば、海上衝突予防法を全て暗記している人はいないかも知れませんが、第 15 条に規定されている、「他の動力船を右げんに見る動力船は、当該他の動力船の進路を避けなければならない」という航法規定は誰でも知っているはずです。あるいは、第 5 条に規定されている「見張り」が最も重要なことも承知しているはずです。

しかし、こうした規定を知っているにも拘わらず、なぜ、見張りを疎かにし、自船が避航船であるにも拘わらず、避航動作を取らなかったことで衝突事故を起こしたのでしょうか。

人の行動特性に照らし合わせて、なぜそのような危険行為を取ってしまったのかという部分まで踏み込んで分析を行い、「そうならないために、どうしたら良いのか」という予防対策を講じなければ、同種の事故は再発します。

したがって、墓標型対策方式から予防型対策方式に変えなくてはなりません。これを図に表すと図 13（墓標型）と図 14（予防型）のようになります。

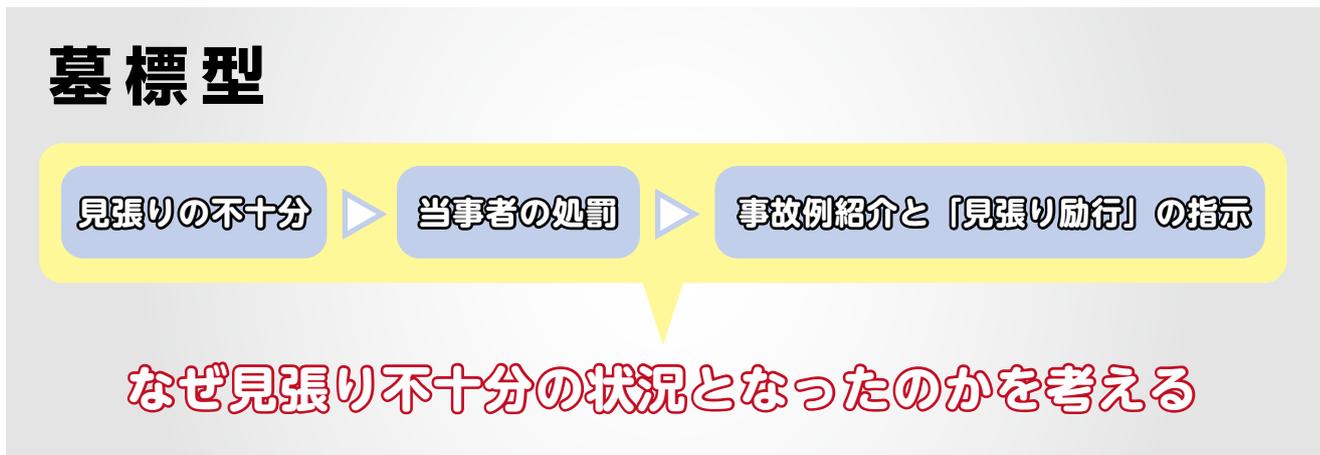


図 13 墓標型



予防型

見張りの不十分の原因

航海当直中の書類作業
居眠り



本当にその書類作業は必要か？
居眠りを誘因するほど作業がきつい？

BTMの崩壊
海上衝突予防法の不遵守



BTMの概念や海上衝突予防法を知って
いて、なぜ行動が取れなかったのか？

根本原因の排除

書類作業が多い



書類作業の見直し



労力の削減

不要・不急の報告書の廃止
安全管理規定やSMSの見直し
航海当直中の書類作業禁止と労働時間管理の見直し（含む居眠り防止対策）
各種書類作業の優先順位付け

BTMの崩壊
法規不遵守



人の行動特性の中で
「忘れる」に該当



思い出させる

再教育
連続した指導（乗船前のブリーフィング）

図 14 予防型

§1-6 経験が浅く技術レベルが未熟な航海士・機関士の教育

ヒューマンエラーの発生を防ぐため、経験が浅く技術レベルが未熟な航海士・機関士は、自分にどのような技術が不足しているのかを客観的に把握し、経験豊富な船長／航海士や機関長／機関士と同等の技術レベルに早く達することが求められます。

こうした航海士・機関士を教育するため、OJT と陸上における研修が手段として考えられます。しかし、本人の意識と努力が重要なことは言うまでもありません。

OJT や研修を行うことでどの程度まで技術力が向上するのかと考えた場合、図 15 に示す Student Oriented（学生教育）という指針があります。

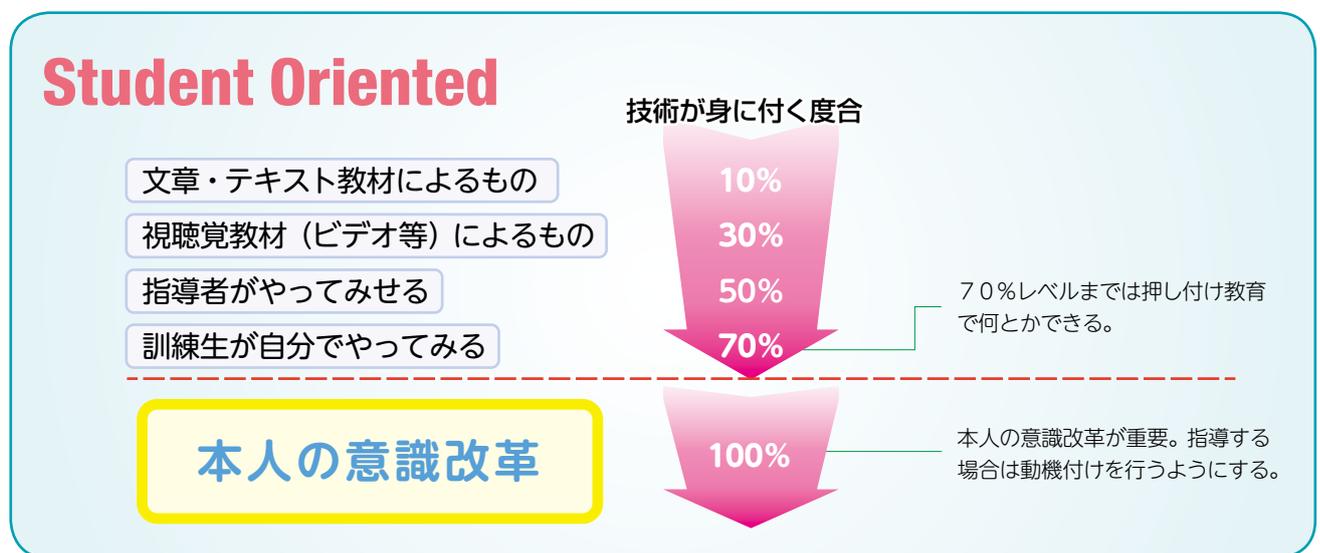


図 15 Student Oriented

学校などにおける授業を考えた場合、「文章・テキスト教材」によるもので約 10%の技術が身に付くと言われていますが、主として理論や知識の基礎となるものと考えられます。

また、ビデオやパソコン・インターネットなどを利用した「視聴覚教材を用いる」ことで、**技術力は 30% レベル**まで向上すると思われます。商船系の学校で考えるならば航海実習に行く直前の状態と見ることができます。

その後、実習や OJT などで「指導者がやって見せる教育」をすることで 50%レベルまで（学校を卒業した時点）、さらに、会社に入ってシミュレーターや、**更なる OJT で実際に訓練生に経験させてみることで 70%レベルまで**技術レベルは向上すると言われています。すなわち、ここまでは押し付け教育で何とか育てることができますが、現場で求められているものは 100%の技術レベルです。

残りの 30%の技術レベルを向上させるための基本になるものは「**本人の意識改革**」にあります。また、この段階の教育は主として OJT が中心となるので、指導する場合は本人のモチベーションを高めるための動機付けも必要となります。



ここでも、5W1H + 2F といった基本的な考え方を十分理解しておくべきです。指導といった場面では特に「2F」が重要なものとなります。前述したように、人の行動特性を十分に意識し、欠点のように見える特性も実は大きな長所であるとも考えることも重要です。

例えば、筆者も乗船中に次のような経験をし、思い出すだけで汗顔の至りです。

ある時、本船船首の係船機器が故障しました。すぐに修理しなければならないので、機関長、一等航海士、甲板長に修理の指示をするとともに、船長である筆者も現場に向かいました。修理をするには、まずカバーを取り付けているナットを外さなければならないのですが、一等航海士はサイズの異なる工具（スパナ）しか用意していませんでした。

その時、筆者は、人の行動特性「⑨人間だから思い込みがある」といった欠点のみに固執し、一等航海士に、どうして複数のサイズの工具を準備してこなかったのか、「⑧人間だから感情に走ることがある」といったことに気が付くこともなく、嚴重注意してしまいました。

その後、一等航海士は暫くの間、かなり落ち込んでしまいました。しかし、もし、一等航海士が持参した工具で作業を開始できていれば、もしかしたら、彼は大局的な判断ができる人であるといった見方が出来たのかもしれませんが。10年以上過ぎた今も、思い出すだけで申し訳ないことをしたと反省しています。

ここまで解説してきました安全に対する考え方や人の行動特性を考慮した再発防止対策の構築方法について、次は3つの事故例を参考に考えてみます。



§ 2

衝突事故

§2-1 事故概要

発生日時

2013年10月某日 21:01 日本時間 (JST) 頃

発生地点

紀伊水道南西部 伊島北北東沖

関係船

コンテナ船 A号 (50,686 G/T, Loa 292m)

- ▶ 神戸港から四国南回りで韓国釜山港向け航海中
- ▶ 乗組員構成 (21名乗組み)

南アフリカ × 5 (含む船長)	インド × 2
ウクライナ × 3	ルーマニア × 1
英国 × 1	フィリピン × 8
ロシア × 1	
- ▶ 衝突時は三航士が当直。他船橋当直要員は AB 1名と訓練生 (Cadet) が1名在橋。船長は自室で書類作業を行っていた。
 船長 (52歳) は 1994年から船長職を執り、海務監督や安全管理者の陸上勤務後、2013年5月から本船乗船。この海域も船長として過去4回の通航経験あり。
 三航士 (当直: 南アフリカ国籍 27歳) は航海士として2隻目。この海域は過去に三航士として5回の通航経験あり。
- ▶ 積荷と喫水: コンテナ 2,500本積載。11.39mの喫水 Even Keel

貨物船 B号 (4,594 G/T, Loa 110m)

- ▶ 韓国から瀬戸内海・鳴門海峡経由三河港向け
- ▶ 乗組員構成 (13名乗組み)

韓国 × 3 (含む船長)	インドネシア × 3
フィリピン × 4	中国 × 1
ミャンマー × 2	



- ▶ 衝突時は三航士と AB 1 名が当直。船長は自室で休息していた。
船長（50 歳）は航海士として 10 年、船長として 5 年の履歴あり。中国 / 韓国⇔日本の航海は数多く経験。
三航士（当直：フィリピン国籍 24 歳）はフィリピンの内航船と外航船で 16 ヶ月 Cadet として乗船。三航士としては初めて乗船。この海域は Cadet として通航経験 10 回。
- ▶ 積荷と喫水：鋼材 5,350 K/T 積載。喫水船首 5.60m 船尾 6.85m

事故概要

本事故は、夜間、A 号が友ヶ島水道通過後に水先人を下船させ針路 <190> で南進中、一方、B 号は鳴門海峡を通過後、紀伊日ノ御崎沖に向けて針路 <140> で南東進中に紀伊水道の伊島北北東海域において発生しました。また、その時の周囲の状況は、視界も良好で両船の航行に支障のある関係船はありませんでした。

**航行に支障のある関係船は AIS 情報や
当事者供述を見る限りいなかった。**

図 16 周囲の状況

両船が互いに進路を横切る態勢で接近した際、A 号の三航士は ARPA の接近警報が鳴ったことで B 号と衝突のおそれがあることに気が付き、VHF による交信において B 号の船尾を航過することを連絡しましたが、右に 6 度変針しただけで針路・速力を保持して航行しました。

また、B 号の三航士は ARPA に表示された CPA（Closest Point of Approach：最接近距離）がゼロとなったことを知った後、右に 5 度変針しましたが、その後は針路・速力を保持して航行しました。

その結果、両船は接近を続けることとなり、衝突直前に操舵による衝突を避ける操船が行われたものの、A 号の右舷船首部と B 号の左舷後部とが衝突しました。

両船に船体損傷は生じましたが、死傷者の発生はありませんでした。衝突の状況と両船の取った行動は図 17、18、19 及び表 20 をご参照ください。

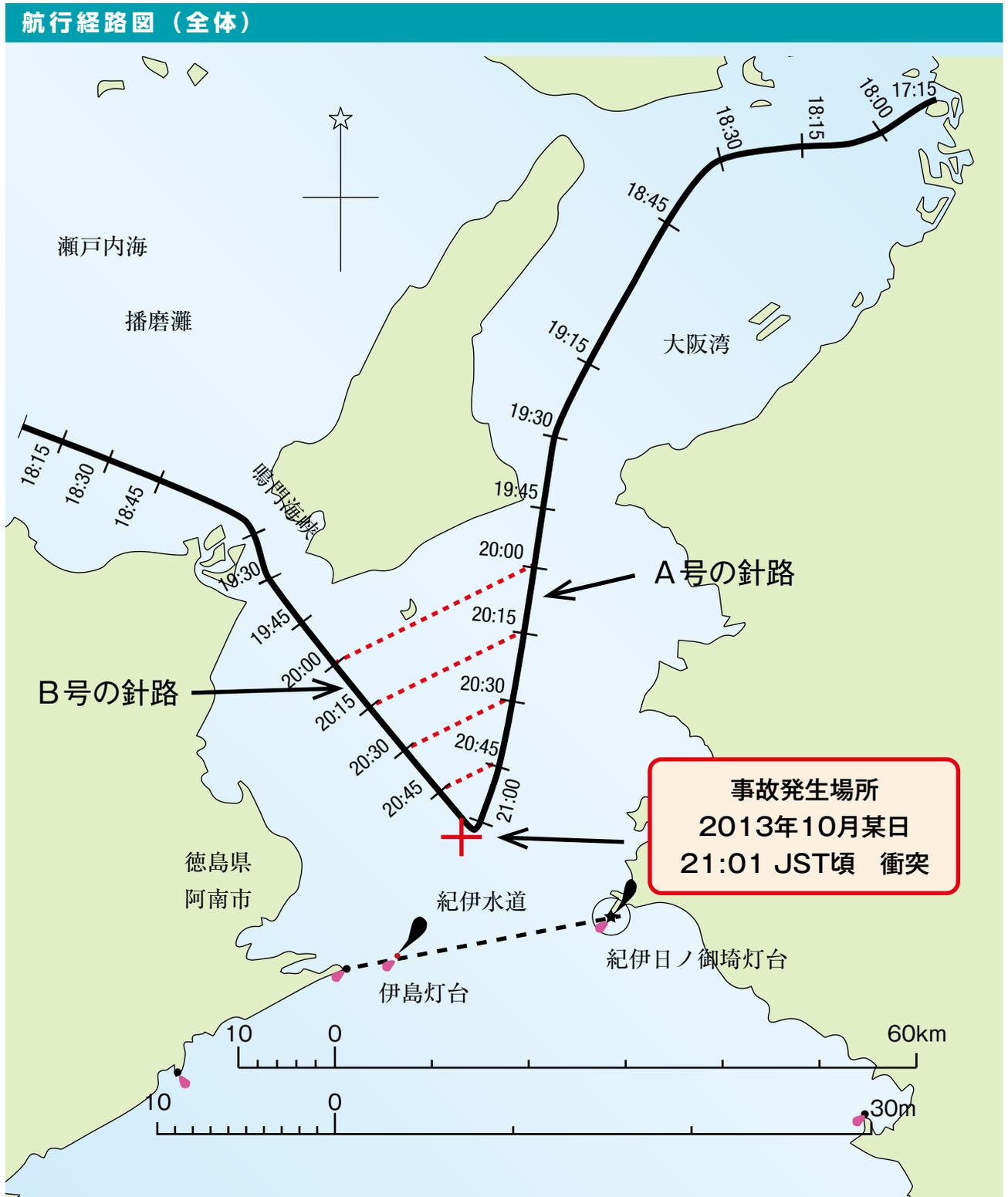


図 17 経路図

航行経路図 (衝突12分前から衝突まで)

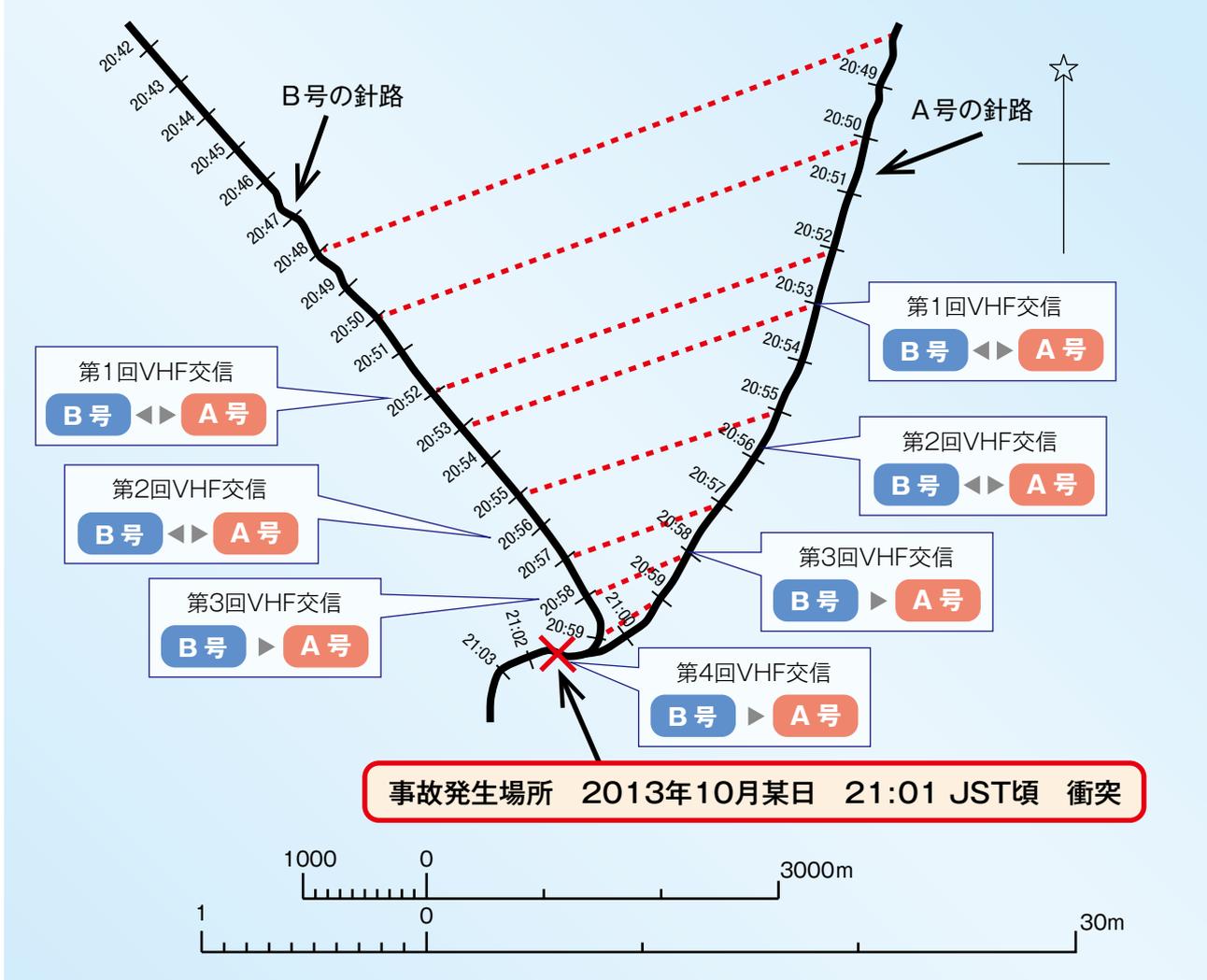


図 18 経路図詳細

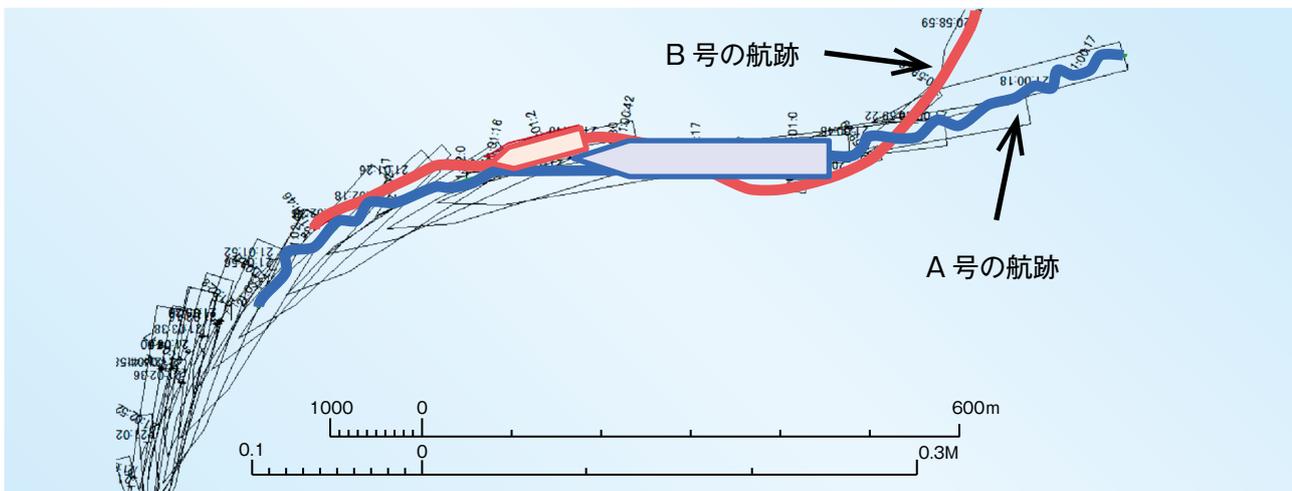


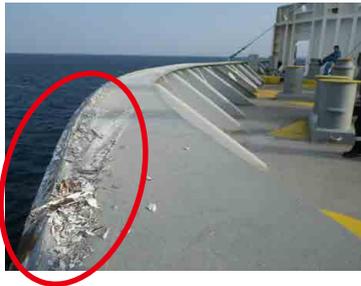
図 19 経路図詳細

気象・海象 天候：晴れ、風向は北西 風力1、視界約10海里

	A号 (コンテナ船)	B号 (貨物船)
衝突時の船橋要員	三航士 (南ア)、Cadet、AB の3名	三航士 (フィリピン)、AB の2名
19:54	船長は一等航海士に操船を引き継ぎ 速力 16 ノット 針路 <190>	19:50 頃に船長は一等航海士に操船引き継ぎ 速力 12.5 ノット 針路 <140>
20:00	三航士他 2 名が当直開始	三航士他 1 名が当直開始 船長は周囲の状況を確認し、船舶交通が輻輳していないと判断して降橋
20:10	レーダー 2 台 (ARPA: オフセンター)、ECDIS 使用中 1 台は 6 海里レンジ、もう 1 台は 12 海里レンジ 船長は航行中の注意を指示して降橋	レーダー 2 台 (ARPA: オフセンター)、ECDIS 使用中 1 台は 6 海里レンジ、もう 1 台は 12 海里レンジ —
20:25 頃	B 号を右舷 51 度方位 <245> 7.5 海里にて ARPA で補足 速力 13 ノット、針路 <135> の表示を確認 同時に B 号の白・白・紅の灯火を目視確認	— —
20:47 頃	距離 3 海里で接近警報 (CPA 警報吹鳴) 設定値は不明	—
20:50 頃	B 号を右舷 52 度方位 <248> 2.3 海里にて ARPA で確認 B 号の VHF 呼出しに返答し、B 号船尾を航過すると連絡 右 6 度変針。新針路 <196>	距離約 3 海里で AIS により (ECDIS に重畳) 左 70 度方向に A 号を補足。CPA 0.2 海里を確認したので目視確認。A 号の白・白・緑を確認 VHF で A 号を呼出し、本船船尾を航過することを確認 A 号が本船船尾に向首すると思った
20:53 頃	B 号を右舷 54 度方位 <250> 1.7 海里にて ARPA で確認 速力 15 ノット 針路 <196>	A 号を右舷 70 度方位 <070> 1.7 海里にて AIS で確認 速力 12 ノット 針路 <140>
20:56 頃	VHF で更に右転要求あり。右転ゆっくり開始 距離 1 海里	AIS データが消え、VHF で A 号にもっと右転するよう要請
20:57 頃	B 号を方位 <252> 0.8 海里にて ARPA で確認 右舵一杯とした	右舵一杯として右転開始
21:01	船首が針路 <266> を向いた時点で速力 14.6 ノットで衝突	船首が針路 <250> を向いた時点で速力 8.6 ノットで衝突

表 20 経過

A 号損傷図



B 号損傷図

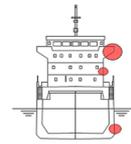
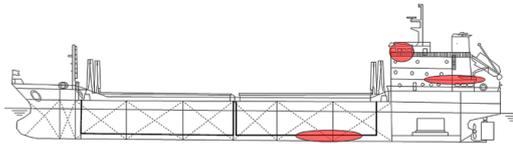


図 21 損傷図

= VHF 交信 =

20：50 頃（衝突の 11 分前頃）の VHF

交信（B 号の VDR 情報）は以下の通りでした。（A 号の情報は VDR からは取れませんでした。）

20 時 51 分 47 秒： B 号が A 号を呼出し、A 号の意図を尋ねた。

“Vessel A, What is your intention?”

20 時 52 分 28 秒： B 号が A 号の意図を確認後、自船も右転すると連絡。

“Vessel A, Pass my stern ? OK, Thank you. You are going to my stern.”

“Vessel A, I will going to alter course to starboard side also, Thank you.”

A 号の交信記録がないので、どのような会話がなされたのかは不明ですが、A 号は右転して B 号の船尾を航過すると返答していることが伺えますが、それなのに、なぜ B 号が自船も右転すると連絡しているのか疑問が残ります。

§2-2 運輸安全委員会（海事専門部会）の事故原因解析

§ 2-2-1 適用航法

運輸安全委員会は、適用航法として海上衝突予防法第 15 条（横切り船の航法）が適用される航法としました。

海上衝突予防法第 15 条（横切り船の航法）

二隻の動力船が互いに進路を横切る場合において衝突するおそれがあるときは、他の動力船を右げん側に見る動力船は、当該他の動力船の進路を避けなければならない。この場合において、他の動力船の進路を避けなければならない動力船は、やむを得ない場合を除き、当該他の動力船の船首方向を横切ってはならない。

また、A 号には同法第 16 条（避航船）が、また B 号には第 17 条（保持船）が適用されるとしました。

海上衝突予防法第 16 条（避航船）

この法律の規定により他の船舶の進路を避けなければならない船舶（次条において「避航船」という。）は、当該他の船舶から十分に遠ざかるため、できる限り早期に、かつ、大幅に動作をとらなければならない。

海上衝突予防法第 17 条（保持船）

- 1 この法律の規定により二隻の船舶のうち一隻の船舶が他の船舶の進路を避けなければならない場合は、当該他の船舶は、その針路及び速力を保たなければならない。
- 2 前項の規定により針路及び速力を保たなければならない船舶（以下この条において「保持船」という。）は、避航船がこの法律の規定に基づく適切な動作をとっていないことが明らかになった場合は、同項の規定にかかわらず、直ちに避航船との衝突を避けるための動作をとることができる。この場合において、これらの船舶について第十五条第一項の規定の適用があるときは、保持船は、やむを得ない場合を除き、針路を左に転じてはならない。
- 3 保持船は、避航船と間近に接近したため、当該避航船の動作のみでは避航船との衝突を避けることができないと認める場合は、第一項の規定にかかわらず、衝突を避けるための最善の協力動作をとらなければならない。

§ 2-2-2 運輸安全委員会の事故解析

運輸安全委員会の本事故に関する解析は以下です。

(1) A 号

A 号	
①	A 号は、10 月某日 20 時 25 分ごろ、針路< 190 >・速力約 16.0kts で南進中、伊島灯台から方位< 022 > 16.5 海里付近において、三航士がレーダで右舷船首から 55 度付近の方位< 245 >約 8 海里に B 号を探知し、B 号の白灯 2 個（マスト灯）と紅灯 1 個（左舷灯）をそれぞれ視認したものと考えられる。
②	三航士は、20 時 47 分頃、 ARPA の警報が鳴ったこと から、B 号と「衝突のおそれ」があることに気付き、その 3 分後に VHF による B 号からの呼出しに応答し、自船が B 号の船尾を通過する旨連絡し、合意後に交信を終えた。その後、 右に 6 度変針して新針路< 196 > とした。 その後、約 4 分間針路及び速力を保持して航行しており、この間 B 号との方位変化は後方にわずか 2 度の状況で B 号に接近したものと考えられる。三航士は、B 号も右転するとの連絡があったので、B 号も右に変針すると思いつき、自船は針路・速力を保持して航行したものと考えられる。 そして、衝突直前に右舵一杯としたが、時期を失っていた。



(2) B号

B号	
③	B号は、20時50分ごろ、伊島灯台から方位<017> 8.8海里付近において、紀伊水道南口東部（日ノ御崎西方沖）に向け、針路<140>・速力約12.0ktsで航行していたとき、 AISにより、左舷船首70度付近の方位<068> 3海里付近を右方に横切る態勢で南進しているA号を確認 し、これをARPAで捕捉した。三航士は、A号の白灯2個（マスト灯）及び緑灯1個（右舷灯）を認め、ARPA画面でA号のCPAが0.2海里と表示されたので、衝突のおそれがあると判断し、AISで船名を確認した。
④	三航士はA号とVHFで交信を行い、A号の意図を確認したところ、A号から「B号（自船）の船尾を航過する旨」の応答を受けたので、A号との交信内容を復唱してこれに合意し、更に、A号からも了解した旨の応答があったので交信を終えて、自船は針路及び速力を保持して航行した。
⑤	三航士は、その後、ARPAに表示されたCPAがゼロとなったことを確認したので、自動操舵によって右に約5度変針して新針路<145>とした。 その後、針路及び速力を保持して航行したが、20時55分ごろA号との関係が危険な状態になったと思い、A号と再度VHFで交信を行い、右転してほしい旨を連絡したところ、A号から了解した旨の応答があったので、A号の右転を待ったが、衝突の危険が目前に迫ったと判断し、右舵一杯まで取ったものの、衝突を回避できなかったものと思われる。

§ 2-2-3 運輸安全委員会の事故原因分析

運輸安全委員会は以下の5項目が事故原因であると分析しました。

①	A号は、VHFでB号の船尾方向を航過する旨を連絡したものの、 右に6度のみの変針 後、B号が右転すると思い込み、そのまま針路・速力を保持して航行した
②	A号の訓練生Aは、A号及びB号が共に右転する旨のVHFによる交信を聞いた後、ARPAの映像ではB号が右転しているようには見えず、また、三航士が右に約6度変針したことを知り得たが、十分な変針角ではないと思っていた。しかし、三航士に助言・報告は行わなかった（直接の事故原因にはならないが）。
③	A号が針路<196>・速力を保持した理由は、VHF交信により、B号も右転すると連絡があったので、B号の方位変化が小さいにも拘わらずB号の右転を待っていたものと考えられる。
④	B号はARPAのCPA表示がゼロとなったことを知った後、右に5度変針して針路<145>としたが、そのまま針路・速力を保持した。即ち、A号とのVHF交信で自船の船尾方向を航過するとのA号の避航動作を待っていたものと考えられる。
⑤	A号・B号とも汽笛による警告信号や操船信号、信号灯による発光信号の操作も行っていなかった。

§ 2-2-4 運輸安全委員会の再発防止対策

運輸安全委員会は再発防止対策として以下を提言しました。

(1) A号

A号	
①	他船を初認後、互いに進路を横切る態勢で接近する場合、VHFによる交信の有無にかかわらず、他船との衝突のおそれを速やかに判断し、予防法の規定に従い、避航のための動作はできる限り十分に余裕のある時期に、かつ、その動作を他船が容易に認めることができるように大幅に行うこと。
②	衝突のおそれに気付いた場合、予防法の規定に従い、直ちに必要な動作をとり、VHFによる意思の疎通は必要がないことを認識すること。
③	他船の動静に不安を感じた当直者は、直ちに船長あるいは責任を有する当直航海士に報告すること。

(2) B号

B号	
④	見張りを適切に行い、他船を初認した場合、余裕のある時期に他船との態勢を正確に判断すること。
⑤	自船が保持船であり、避航船の意図又は動作を理解することができないなどの場合には、躊躇することなく警告信号を行うとともに、他船の動静に不安を感じた場合には直ちに船長に報告して昇橋を要請すること。
⑥	避航船が予防法に基づく適切な動作をとっていないことが明らかとなった場合、予防法の規定に従い、直ちに衝突を避けるための動作をとり、VHFによる意思の疎通は必要がないことを認識すること。
⑦	避航船の動静を監視し、避航船の動作で衝突を避けることができるかどうかの判断を適切に行い、衝突を避けることができないと認める場合には衝突を避けるための最善の協力動作を取ること。

§2-3 人の行動特性に併せた分析と再発防止対策

§ 2-3-1 事故原因の分析

§ 1-5で説明しているように、「**事故がなぜ起こったのか**」、「**当事者がなぜ不安全な行動を取ったのか**」という点に着目し、事故原因を人の行動特性に照らし合わせて分析した上で「**予防対策を構築**」しないと同様の事故が繰り返し発生すると考えられます。

即ち、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です。ここでは、この衝突事故について予防対策といった視点で再発防止対策を考えてみます。

まず、A号の三航士の取った行動を人の行動特性のそれぞれの項目に照らし合わせてみます。それを纏めたものが表 22 です。当てはまるものには○、当てはまらないものには×を付けています。



A 号三航士			
人間の特性		行動	理由
① 間違えることがある	×	—	B 号を 8 海里でレーダー探知していた。
② つい、うっかりすることがある	×	—	同上
③ 忘れることがある	○	避航変針角度が 6 度	海上衝突予防法第 16 条（避航船）を失念
④ 気が付かないことがある	×	—	相手船の動静には注意を払っていた。
⑤ 不注意の瞬間がある	○	見張りが疎かになっていた	ARPA の情報だけに頼り切っていた。
⑥ ひとつしか見えない、考えられない	○	ARPA の情報だけに頼り切っていた。	目視確認が疎か
⑦ 先を急ぐことがある	×	—	先を急いだという証言はない
⑧ 感情に走るすることがある	×	—	特に感情的になっていない
⑨ 思い込みがある	○	避航動作を取ったので、大丈夫と思い込んだ。B 号も右転すると思った。	訓練生は避航変針角度は不十分と思っていた。(BTM が破壊)
⑩ 横着をすることがある	○	目視確認しなかった	相手船の継続監視や方位変化確認を行っていない。
⑪ パニックになることがある	○	衝突直前になって左転・右転を繰り返した。	自船の操舵性能も忘れてしまった。
⑫ 人が見ていないときに違反する	○	船長指示（見張り励行）を守らなかった。	横切船に注意と指示を受けていたのに、疎かとなった。

表 22 A号三航士 人の行動特性

同様に、B 号三航士にも同様に分析してみます。

B 号三航士			
人間の特性		行動	理由
① 間違えることがある	×	—	相手船の視認が遅いが、確認
② つい、うっかりすることがある	×	—	同上
③ 忘れることがある	○	海上衝突予防法第 17 条（保持船）の協力動作を取っていない。	大型船同士の見合い関係ならば、3 海里接近時点が、協力動作を取るタイミング。
④ 気が付かないことがある	○	A 号が 3 海里に接近するまで気が付かなかった。	見張りが疎か

⑤	不注意の瞬間がある	○	見張りが疎かになっていた	ARPA の情報だけに頼り切っていた。
⑥	ひとつしか見えない、考えられない	○	ARPA の情報だけに頼り切っていた。	目視確認が疎か
⑦	先を急ぐことがある	×	—	該当する供述はない
⑧	感情に走ることがある	×	—	同上
⑨	思い込みがある	○	A 号が針路を右に 20 度～30 度変針して避航すると思った。	VHF 交信で A 号が船尾を航過すると思い込んだ。
⑩	横着をすることがある	○	継続した相手船動静監視を怠った。目視確認していない。	相手船の継続監視や方位変化の確認を行っていない。
⑪	パニックになることがある	○	VHF で一方的に連絡。相手船の返答を確認していない。	VHF 交信で一方的に連絡しただけ。
⑫	人が見ていないときに違反する	○	船長指示に違反（報告しなかった。）	船長指示：危険船を視認したら報告

表 23 B号三航士 人の行動特性

A 号三航士の場合、12 項目の人間の特性のうち 7 項目が該当し、また、B 号三航士は 8 項目が該当しました。これらの項目について、何故そのような行動を取ったのか M-SHELL モデルを使用した分析を行うと図 24 のようになります。

最初に根本原因を「**排除ノード**」として取り上げます。A 号は、相手船 B 号の船尾に向首すると連絡したにも拘わらず、避航動作が不十分で、実際には右 6 度しか変針しませんでした（この場合、右 60 度程度の変針をしなければならない）。

一方、B 号は相手船 A 号の存在に 3 海里まで接近するまで、気が付きませんでした。

そして、それぞれ該当した項目をカード式にまとめ、なぜそのような行動を取ってしまったのかと並べながら辿っていくと事故原因が見えてきます。

A 号の三航士がなぜ事故を発生させてしまったのかを考えると、見張りの重要性の認識不足がまず挙げられます。また、作業の優先順位を付けられなかったことや、海上衝突予防法の理解不足もあり、更に、あせりと注意不足、船長の指示遵守不履行が原因であることが判ります。

一方、B 号の三航士についても同様に分析すると、事故原因として A 号三航士と同じものと判断できます。見張りの重要性の認識不足、作業の優先順位を付けられなかったこと、海上衝突予防法の理解不足、あせりと注意不足、船長の指示遵守不履行が原因であるという事が判りました。

と速力約 13 ノットを確かめた。訓練生にはレーダー監視を、当直操舵手には目視による見張りを行わせ、自らもレーダーと目視による見張りを継続した。20 時 47 分ごろ（衝突のおよそ 14 分前）、ARPA の接近警報が鳴ったことから衝突のおそれがあることに気付いた。

B 号三航士の口述は次の通りです。

〔20 時 50 分ごろ（衝突のおよそ 11 分前）、AIS で A 号を補足し、左舷正横後約 25 度、距離約 3 海里付近に自船を追い越す態勢で南進する A 号の白灯 2 個と緑灯 1 個を認めた。その後、ARPA により最接近距離の表示が 0.2 海里であったので、衝突のおそれがあると思い、AIS で船名を確かめて VHF で交信して A 号が自船の船尾を航過との情報を得た。

AIS データ解析による両船の針路・速力・接近情報は表 25 の通りです。

時刻	両船間の距離	A 号				B 号			
		船首方位	速力	相手船方位	相手船の船首からの相対方位	船首方位	速力	相手船方位	相手船の船首からの相対方位
20:25:00 頃	7.5 海里	<190>	16.0kts	<245>	右 55 度	<139>	12.4kts	<065>	左 74 度
		B 号をレーダー・ARPA で検知							
20:30:00 頃	6.5 海里	<190>	16.0kts	<245>	右 55 度	<139>	12.3kts	<065>	左 74 度
20:34:59 頃	5.5 海里	<190>	15.8kts	<245>	右 55 度	<140>	12.4kts	<065>	左 75 度
20:40:00 頃	4.5 海里	<190>	15.9kts	<246>	右 56 度	<140>	12.2kts	<066>	左 74 度
		ARPA 警報。右転 6 度							
20:45:00 頃	3.4 海里	<196>	16.1kts	<248>	右 52 度	<140>	12.1kts	<068>	左 72 度
		A 号を AIS と ARPA で検知							
20:50:00 頃	2.3 海里	<196>	16.1kts	<248>	右 52 度	<139>	12.0kts	<068>	左 71 度
20:52:00 頃	2.0 海里	<196>	16.2kts	<250>	右 54 度	<140>	12.2kts	<070>	左 70 度
20:53:00 頃	1.7 海里	<196>	16.2kts	<250>	右 54 度	<139>	12.4kts	<070>	左 69 度
		右舵一杯							
20:55:00 頃	1.3 海里	<208>	16.2kts	<251>	右 43 度	<145>	12.5kts	<071>	左 74 度
20:57:00 頃	0.8 海里	<212>	16.0kts	<252>	右 40 度	<151>	11.9kts	<072>	左 79 度
		一度左転し、直ぐに右舵一杯							
20:58:00 頃	0.5 海里	<210>	15.8kts	<250>	右 40 度	<151>	11.8kts	<070>	左 81 度
20:59:00 頃	0.4 海里	<223>	15.9kts	<247>	右 24 度	<206>	10.1kts	<067>	左 139 度
21:00:00 頃	0.3 海里	<248>	15.2kts	<239>	左 9 度	<273>	8.4kts	<059>	左 214 度
21:00:30 頃	0.2 海里	<257>	14.7kts	<245>	左 12 度	<278>	8.1kts	<065>	左 213 度
21:01:00 頃	0.2 海里	<266>	14.6kts	<270>	右 4 度	<250>	8.6kts	<090>	左 160 度
衝突！！									

表 25 AIS 情報

A 号三航士が B 号を認めた 20 時 25 分ごろから ARPA の接近警報が鳴った 20 時 40 分ごろまで方位変化は殆どありません。B 号までの距離が 4.5 海里となった 20 時 40 分過ぎごろに A 号は右転しましたが、新針路は <196> で僅か 6 度のみの右変針でした。また、変針後の方位変化は僅かに後方（右）に変わってい



るだけで、この時点で避航操船の効果がないことが判ります。

このことから A 号三航士の動作には次のエラーがあったと考えることができます。

(1)	ARPA 情報だけに頼り切っていた。	人の行動特性「⑤不注意」。
(2)	避航変針したが、方位変化を確認していない。 (避航動作の有効性を確認していない)	人の行動特性「⑥ひとつしか見えない」。
(3)	船尾を航過するとして VHF で確認したのに、動作は相手船に不安 を与えるような僅かな変針。本来ならば相手船船尾に向けた針路 <248> まで大きく変針することが適切な避航操船。	人の行動特性「③忘れることがある」。

海上衝突予防法第 16 条（避航船）に規定されている「当該他の船舶から十分に遠ざかるため、できる限り早期に、かつ、大幅に動作をとらなければならない」ということに違反しています。（§ 2-2-1 適用航法ご参照）

また、B 号三航士の動作エラーは次です。

(1)	A 号が 3 海里まで接近して初めてその存在に気付いた。	人の行動特性「⑤不注意」。
(2)	ARPA 情報だけに頼り切っていた。	人の行動特性「⑤不注意」。
(3)	相手船の VHF 情報を鵜呑みにしていた。	人の行動特性「⑥ひとつしか見えない」。
(4)	大型船同士で距離 3 海里・TCPA 推定 12～13 分であるならば、 本来ならば、協力動作を開始しても良い時期。	人の行動特性「③忘れることがある」。

海上衝突予防法第 5 条（見張り）と第 17 条（保持船）3 項に規定している「衝突を避けるための最善の協力動作をとらなければならない」ということに違反しています。（第 17 条は § 2-2-1 適用航法ご参照）

（海上衝突予防法第 5 条：見張り）

船舶は、周囲の状況及び他の船舶との衝突のおそれについて十分判断することができるように、視覚、聴覚及びその時の状況に適した他のすべての手段により、常時適切な見張りをしなければならない。

（2）思い込みによる意思疎通の阻害

人の行動特性： ⑨ 思い込み

VHF 交信による意思疎通がうまく成り立たなかったことも、衝突原因のひとつと考えることができます。所謂、BTM の原則のひとつである「外部情報とのコミュニケーション」が壊れたことにより、中心にいるリソース（双方の三航士）と外部情報リソースとの間にギャップが生じ、そこにヒューマンエラー（思

い込み)が入り込んだと考えることができます。即ち、A号とB号の三航士は次の思い込みがあったと判断できます。



A号 三航士

避航動作を取ったので、大丈夫と思い込んだ。
VHF 交信により B 号も右転すると思った。



B号 三航士

VHF で確認したので、A 号が大きく右転して船尾方向
を航過すると思った。

2005年7月4日付けシンガポール海事港湾管理庁の「衝突回避における VHF 使用に関する警告」(抜粋)で、VHF 使用による衝突回避の危険性について次のように指摘されています。

「衝突回避における VHF 使用に関する警告」

①	全世界の事故調査の結果、VHF 通信が海上における衝突の一つの寄与原因であることが判明している。いわゆる「VHF に支援された」衝突の多くに関し、船橋間の VHF 交信は(両船の)航海士間に誤解をもたらし、(両船が)著しく接近する状態となり、衝突を生じさせている。当庁は、(両船が)著しく接近する状態の回避には、不十分、かつ、不明瞭な情報に基づく VHF 通信を用いることよりも、海上衝突予防法を遵守したほうが、衝突回避に、より効果的であると考えている。最近の事故調査によれば、両船は衝突回避行動に合意するため VHF 通信を用い、その結果衝突したものが多い。
②	「VHF に支援された」衝突、接触、ニアミスは海上で珍しい出来事ではない。IMO はこの傾向を深刻にとらえた。
③	<p>当庁の同種事故における調査結果及び経験から、このような事故は回避できると考えている。当庁は、この回章を通じ、シンガポール籍船の全ての船長及び航海士が、これらの教訓を活用することを望む。この機会を捉え、衝突を避ける手段として VHF 通信を使用する際に生じる次の危険性について再度申し上げる。考慮すべき要因は以下。</p> <ul style="list-style-type: none"> a (略) b 言語による障害及び不正確又は曖昧に発せられた伝達内容 (Message) のため、受けた伝達内容が不確実であること。 c 海上衝突予防法に基づいた具体的な行動を取る代わりに、VHF 交信を試みようとする事で貴重な時間を失うこと。 d 回避することを目的とした海上衝突予防法に従わない航法に合意することは危険であること。
④及び⑤	(略)

AIS が導入されて VHF による相手船の呼び出しが容易になりましたが、今回のように両船が 3 海里程度まで接近してから VHF 交信を行うことは、避航動作を取るための貴重な時間を失っています。

VHF 交信を行うのであれば、もっと早期の段階で交信を行い、VHF 情報はあくまでも参考情報として取



り扱うことが必要です。その後は海上衝突予防法に従って、見張りを厳重に行って相手船の動作を十分確認することが必要です。そのための時間も必要となります。

(3) A号・B号とも船長指示に反している。

人の行動特性： ⑫ 人が見ていないときに違反する

A号のSMSマニュアル規定及び両船の船長指示は以下の通りです。A号・B号双方の三航士がこれに従わなかったことも衝突原因の一因と考えることができます。(赤字部分において違反したと考えられます。)

A号のSMSマニュアルと船長指示

=SMSマニュアル=

- **見張りは、視野の内にある全ての他船に対して注意を払うこと。** 何等かの状況が生じることになる操舵を行う際には特に注意すること。
- 他船との適切な距離を常に維持すること。必要とする場合を除き、他船との距離を1海里以内で航過しないこと。

=船長指示=

- 当直航海士は、SMSマニュアルに記載された手順に従うこと。
- **何等かの疑問が生じたときには、船長に昇橋を要請することを躊躇しないこと。** 昇橋の要請が遅すぎるよりも、不要となっても早めに昇橋要請すること。
- 船長に昇橋要請する前に、安全のための変針または機関を停止することをためらわずに行い、船長が状況評価できる時間を持てるよう早期に昇橋を要請すること。

=船長の昇橋要請の具体的な指示=

- **接近する船舶の動静に疑念を生じたとき。**
- 当直航海士として通常以外の状況を認めたとき。
- 当直航海士又は船橋当直チームのいずれかが、いかなる理由でも疑念を持つようになったとき。船長に電話連絡が取れない場合は拡声装置を使用すること。

B号の船長指示

- 当直航海士は、航行中、危険な状況となるおそれがある場合は速やかに衝突を避けるための動作を取ること。音響信号の使用について慎重過ぎないこと。
- **四囲の見張りを適切に行い、危険な行会い船を認めた場合は直ちに報告。**
- 衝突を避けるための動作を取る際、考えすぎないこと。

§ 2-3-3 A号・B号の船長に対する人の行動特性に沿った分析

A号船長は衝突事故発生時に自室でメールの処理作業を行っていました。また、B号船長は自室で休息していました。

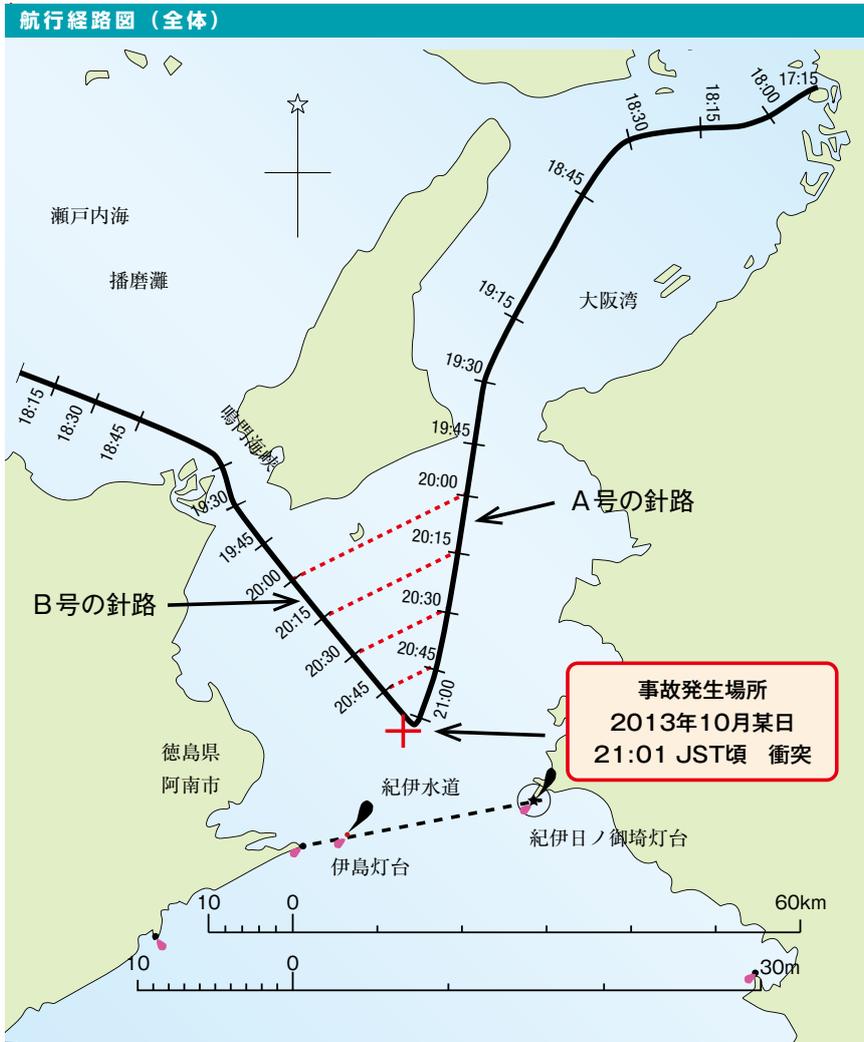


図 26 経路図 (図 17 と同じ)

紀伊水道の交通体系は図 26 のように、「鳴門海峡⇄紀伊日ノ御崎間を航行する船舶」と「友ヶ島⇄伊島・紀伊日ノ御崎を南北に航行する船舶」の見合い角度が小さな横切り関係が発生しやすい海域です。また、船舶交通量も多く、その上、漁船も多数操業しています。

その時の状況にもよりますが、船舶輻輳海域で、しかも狭水道であると考えれば、外航大型船においては**船長が自ら操船すべき海域と**考えます。

なぜ両船の船長は自室にいたのでしょうか？両船の船長についても人の行動特性に沿って分析してみます。

(1) A号の船長：水先人を下船させた後に自室でメール処理

人の行動特性に添って分析すると、次の2つの行動特性が当てはまります。

- ⑥ ひとつしか見えない、考えられない。 ⑦ 先を急ぐことがある。

神戸港出港後の関係先への連絡、着信情報の確認を急いで行わなければならないことについては理解できますが、狭水道航行とメール処理といった業務を比較すれば、安全航行が最優先順位にあることは明白です。



(2) B号の船長：鳴門海峡通過後は自室で休息

⑩ 横着をするといった人の行動特性が当てはまります。

韓国を出港後、関門海峡通航、瀬戸内海通航、鳴門海峡通狭と連続して船橋で操船指揮を執ってきたであろうことは容易に想像でき、かなり疲れていたことも事実です。

しかし、鳴門海峡から日ノ御埼沖までの約 25 海里（12 ノットの速力で約 2 時間）の紀伊水道通過に際して、なぜ船橋で操船指揮を執らなかったのでしょうか。

§2-4 再発防止対策

当事者である A 号・B 号の三航士と船長、及び、会社のそれぞれについて再発防止対策を予防型という観点に立って構築してみました。

§ 2-4-1 A 号・B 号三航士

人の行動特性において、共通する原因が存在しました。これを排除することで再発防止対策が構築できます。纏めると図 27 になります。

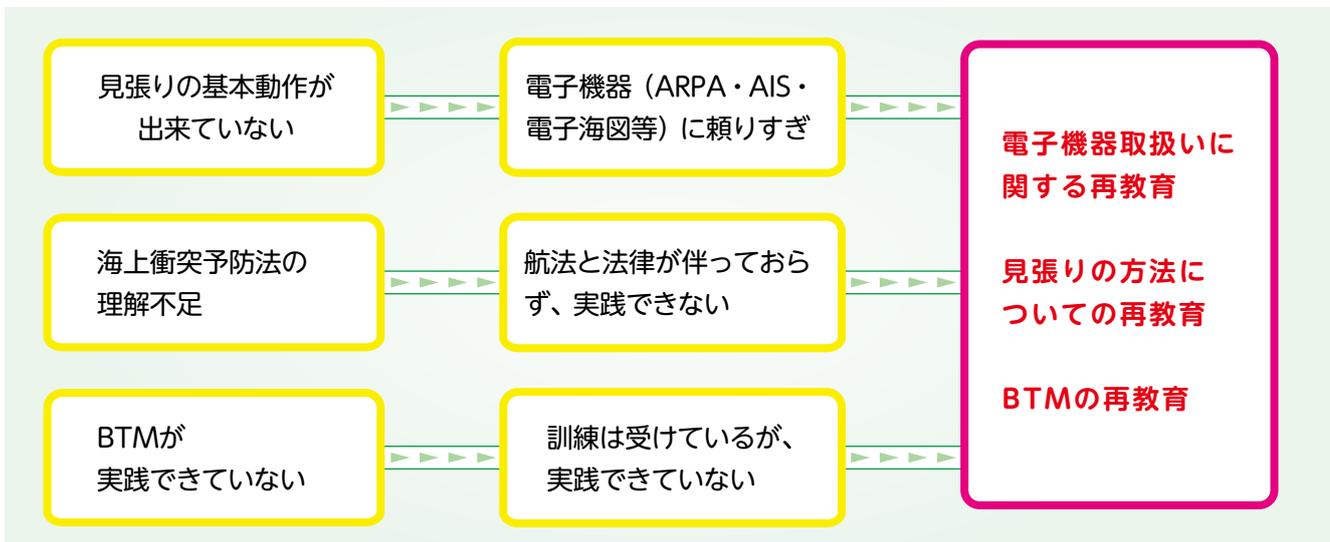


図 27 A・B 号 三航士 再発防止対策

§2-3 で分析してきた通り、次の点に根本原因があることが判ります。

①	見張りの基本動作ができていないこと。
②	ARPA、AIS、電子海図などの電子機器に頼りすぎる傾向があること。
③	海上衝突予防法を知っているが実践できていないこと。
④	操舵手や訓練生が在橋しているのに、BTM が実践できていないこと。

これらを改善するには、それぞれについて再教育することが改善対策として考えられます。当たり前で単純な改善対策ですが、今後同じような事故を再発させないために重要な対策であると考えます。

§ 2-4-2 A号・B号船長

紀伊水道が輻輳海域かつ狭水道にもあるにも拘わらず、離橋したことが根本的な衝突原因のひとつとして考えられます。これも纏めると図 28 になります。

離橋した背後要因として、A号船長はメール・書類作業が気がかりであったこと、狭水道における操船と書類作業について優先順位が付けられなかったことが挙げられます。

また、B号の船長は休息と狭水道通過について、やはり優先順位が付けられなかったことが挙げられます。そして、その根本的な原因として安全運航に関する意識が欠如していたことが挙げられます。

両船長の技術レベルは、この海域を航行することに問題ないものと考えられます。従って、既に両船長とも十分反省はしているかも知れませんが、特に作業の優先順位付けといった点に重点を置いた安全運航に関する再教育が必要です。

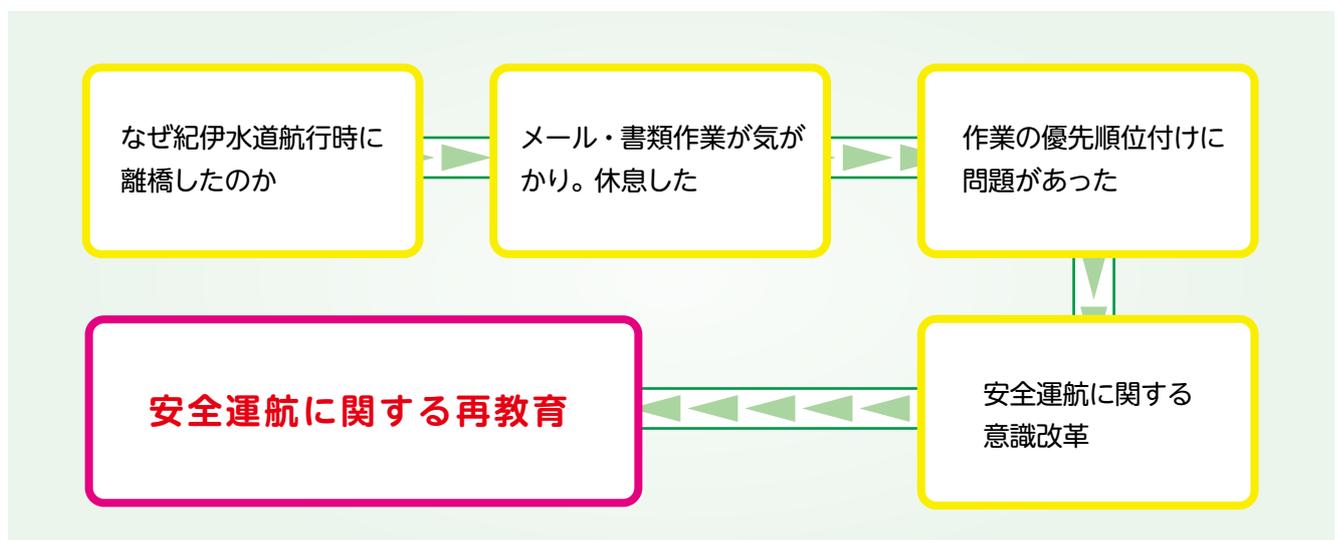


図 28 A・B号 船長 再発防止対策

§ 2-4-3 陸上部門（船舶管理会社）

A号船長がメール・書類作業が気がかりで自室に戻ったことは、筆者も共感できます。しかし、根本的な改善対策を考えると、このような雰囲気にならないようなシステム作りも重要です。

ISMコードやSMS、及び、メールによる通信技術の発達により、船長が行う書類作業は昔と比べると膨大な量になっています。そして、各種レポート提出の締切期日厳守など、会社からのプレッシャーも相当なものであると考えます。

しかし、「今、何が重要なのか」を考えれば、狭水道航行の安全操船が最重要業務であることは明白です。そして、船長のプレッシャーを軽減するため、現場に全て任せるのではなく、会社としても改善対策を取ることが重要です。

また、B号は、船長の長時間にわたる関門海峡から鳴門海峡に至る操船継続による疲労が、かなり蓄積していたと考えられます。これを纏めると図29になります。例えば、内海水先人が利用できる場合は、これを旨く利用して船長の長時間操船を軽減させるような安全対策も必要と考えます。

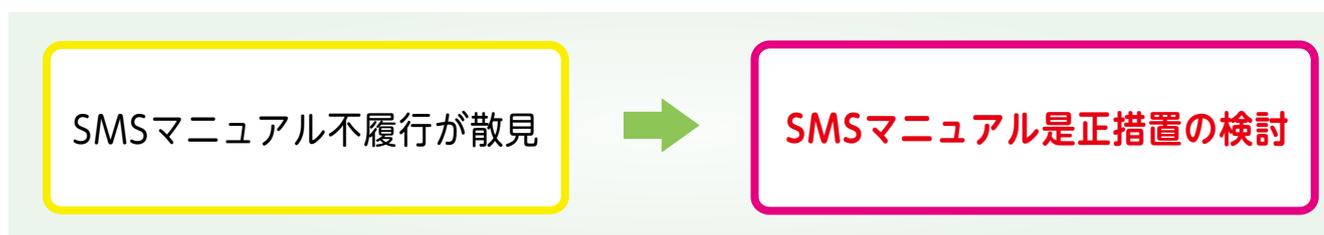


図 29 A・B号 陸上部門（船舶管理会社） 再発防止対策

ISMやSMSが導入されてから、これらを旨く運用することを目的として様々な見直しが行われてきたという実情がありますが、結果として、SMSマニュアルが膨大な量になっています。そして、SMSといった枠組みの中で人が動かされるような状況に陥ってしまい、安全運航の基本動作が置き去りにされているように思えます。

こうした中、逆の発想に戻り、基本動作が取れるようにするため、安全運航を実践するために本当に必要なものは何かを見極め、SMSマニュアルも簡素化するといった是正措置を考えることが必要な時期に来ているものと考えます。

§ 3 紀伊水道と 東京湾の交通体系

§ 2-3-3 で交通体系について触れましたが、参考までに筆者は当該海域を航行する場合、航海士に対して BTM ブリーフィングを実施していました。その時の内容をご紹介します。

§3-1 紀伊水道 (図 30 参照: 拡大図 添付資料① 紀伊水道 交通体系図)

この海域は、大きく分けると下記 2 つの交通体系があります。

- ① 友ヶ島水道経由、大阪湾に出入するルート (図で赤 → と緑 → で示すルート)
- ② 紀伊半島沖～鳴門海峡のルート (→ 5,000 G/T 程度以下の小型船ルート)

瀬戸内海に出入する場合、明石海峡経由 (淡路島迂回航路) と比較すると距離の短縮が図れます。

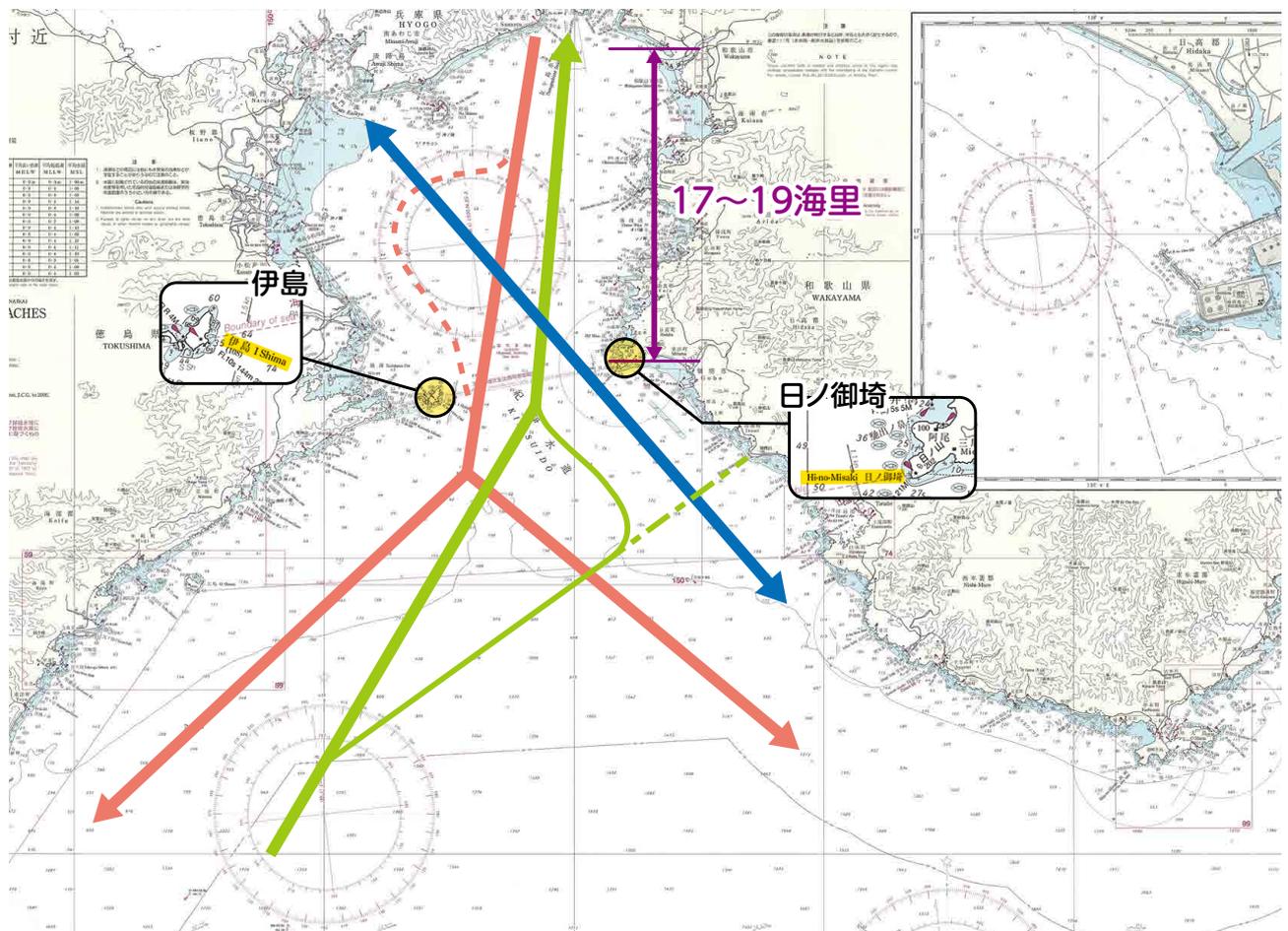


図 30 紀伊水道 交通体系図



この2つの交通体系が紀伊水道で交差するので、気を緩めることができない海域です。適用航法は主に海上衝突予防法第15条（横切り船の航法）が適用されます。

しかし、図からも判るように追い越し関係に近い角度における横切り関係となり、避航船が変針動作のみで相手船を避けようとする、大角度の変針を余儀なくされます。

今回紹介したケースでも、A号がB号の船尾に一旦向首して避航するとしたら、<190>の針路から<248>まで変針しなければなりません。

このような海域で大角度変針の動作を取る場合、今回のA号は変針後の船首方向が徳島方向まで向けることとなります。勿論、一旦、相手船の船尾に向けたとしても、相手船の船尾を追い回すような操船を行って原針路に比較的早く戻せるので、原針路<190>からの「位置のずれ」は、さほど大きくなりません。

しかし、心理的に陸岸に向首することになるので、経験が少なく技術レベルが未熟な航海士は、このような避航動作を取ることをためらいがちになります。

今回の事故例紹介でも、A号三航士が僅か6度の変針だけであったことに対しても、一定の理解ができません。

本船が、潮岬沖から大阪湾に向かう場合は、鳴門海峡に向かう交通体系に沿って航行し、日ノ御崎沖から旨くフェードアウトして友ヶ島に向けることができるので、さほど難しい操船にはなりません。

一方、四国の室戸岬沖から大阪湾に向かう船舶は、紀伊半島に沿って北西方向に航行し、鳴門海峡に向かう船舶（図の青色ラインの北西向航行船舶）を右舷側に見ることになるので、これらの船に対して避航船となります。

特に、潮岬～鳴門海峡間は、多数の内航船が列をなしており、それらの船舶をどのように避航していくのか、悩ましい経験をされた方も多いと思います。

この場合、もし無理をしながら伊島～日ノ御崎間まで突っ込むようにして航行し、横切り関係で鳴門海峡に向かう船と衝突のおそれが日ノ御崎沖で生じた場合に、紀伊水道入口付近で大きく右転しなければなりません。しかし、陸岸が目前に迫っているので、右転する避航動作を取ることができません。

従って、室戸岬沖から大阪湾に向かう場合は、予め広い水域で、まずは、潮岬～鳴門海峡の交通体系のルートに日ノ御崎南方の広い海域において自船を載せてしまい、その後、日ノ御崎の海域で旨くフェードアウトできるようにコース取りを行うのも一案です。

確かに、鳴門海峡に向かう船舶が列をなしていますが、高速道路に進入するのと同じで、どこかに開いている部分があります。

また、この海域は漁船も多数存在するとともに、場合によっては和歌山港や小松島港に出入港する船もあるので船舶輻輳海域と言えます。大阪湾水先人乗船地点が友ヶ島海峡の南約1.5海里程度にありますので、どうしても、そこに併せた減速・機関用意（S/B Eng.）を行うことが多いかも知れませんが、上述したように、船舶輻輳海域で大幅な避変針することは、全体の交通体系を乱すこととなります（自動車でいう、無理な進路変更と同じ）。

従って、大阪湾に入港する場合は、日ノ御崎南方5海里程度の地点から機関がいつでも使用できる状態とし、減速による避航動作を取ることも重要です。

また、大阪湾を出航して南進する場合は、鳴門海峡～潮岬間の交通体系が完全にクリアになるまでは、機関をS/B状態にしておくことも求められます。当然の事ながら、船長自ら操船指揮を執り、場合によっては副直航海士、見張り員の増強を行うことをためらってはなりません。

§3-2 東京湾(図31で参照 拡大図:添付資料② 東京湾 交通体系図)

この海域は大阪湾よりも船舶交通量が多く、また、東京湾入口付近で千葉県に沿って東北に向かう船舶や野島埼沖から太平洋を渡っていく船舶、或いは、伊豆大島北方ルートを航行する船舶や伊豆大島南方ルートを選択する船舶など、複雑な交通体系が複数存在している海域です。そして、これらの船舶が三浦半島南東の剣埼沖に集中します。

東京湾水先人の乗下船地点は浦賀航路No.1ブイの南約1.0～1.5海里の地点なので、船舶交通が集中する中で水先人を乗下船させる外航船舶が大きく速力を落とさざるを得ず、さらに複雑な船舶の動静が発生しています。

また、この船舶が集中する海域の中で、見合い関係が「横切り関係」と「追い越し関係」などが存在し、更に複雑な避航動作を余儀なくされる海域でもあります。

一般的に伊豆大島北方ルートを航行する船舶は内航船が多いようですが、東北地方などから関西・伊勢湾に向かう船舶(或いは、その逆)が、野島埼沖と伊豆大島沖の東京湾出口付近を横切る海域にもなっています。(図の青色のルート)

この海域での安全航行は、交通が集中しているのでいつでも機関を使用できる状態とし、S/B速力で航行することです。

どうしても、水先人を乗下船させる外航大型船は、水先人乗船地点に向けた減速計画、或いは、水先人を下船させるとすぐにR/Up Eng. (S/B部署解除:機関定常運転航行)として増速を開始する船舶が多いのですが、このような船舶交通が輻輳する海域では、無理な大幅変針だけによる避航動作ではなく、自動車と同じで、速力を落とすことに躊躇してはなりません。

筆者も新米船長の頃は、無理をしながら水先人乗下船地点付近で、S/B Eng. (入港)としたり、水先人が下船したらすぐにR/UP Eng.として増速するといった操船を行っていました。しかし、船長経験を積んで慣れてきたら、却ってより慎重となり、洲埼沖でS/B, または R/Up Eng.として安全航海を行うようになりました。

紀伊水道と東京湾について説明してきましたが、まずはこのような交通体系が存在していることを十分に理解する必要もあり、この海域の通航経験の少ない外航船の船長には陸上部門が十分に説明することも必要です。

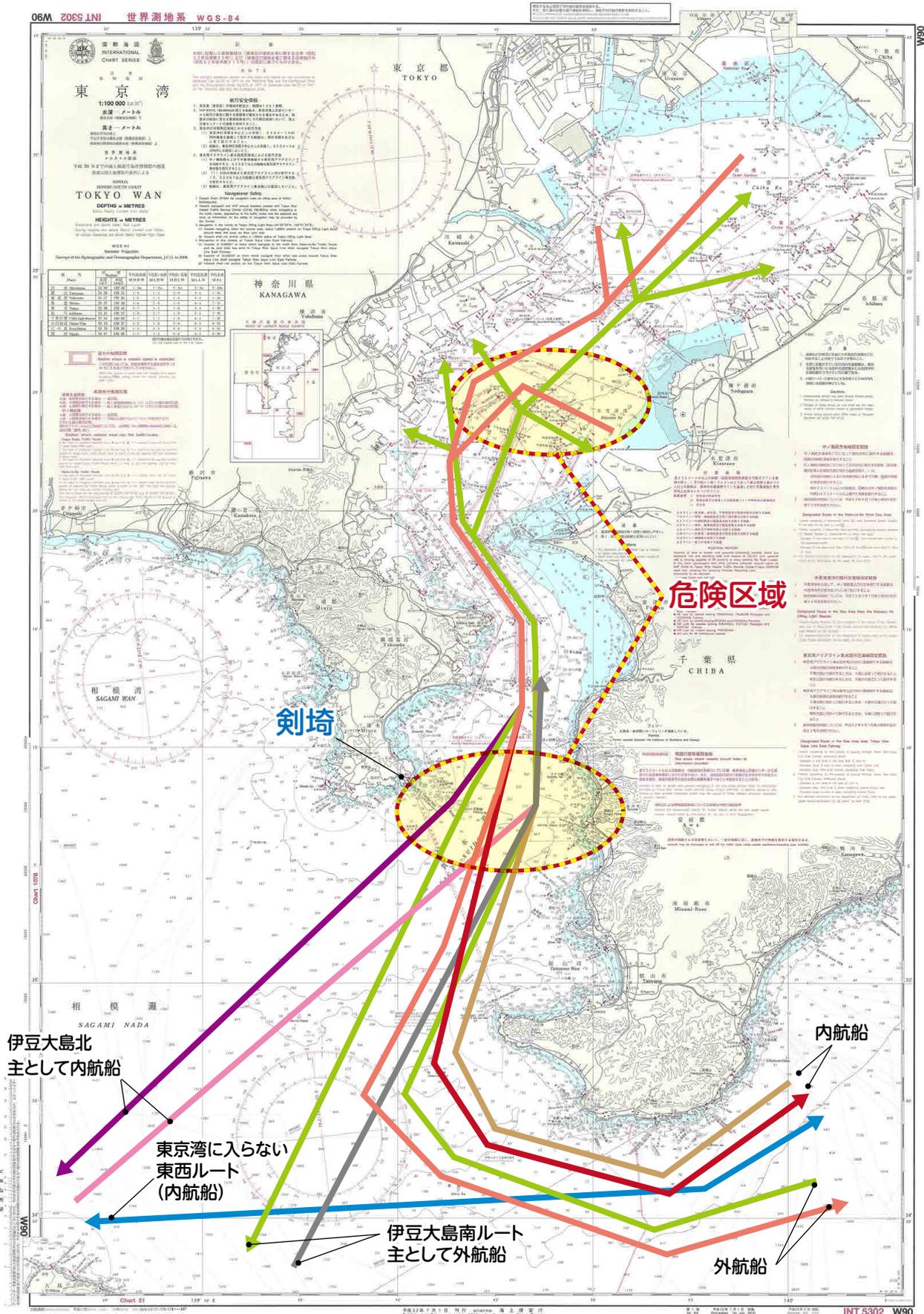


図 31 東京湾 交通体系図

§ 4 機関事故と油濁事故

§4-1 故障／損傷の特徴（添付資料③「船舶の4サイクルディーゼル機関」ご参照）

最初に機関事故全般についてご説明します。併せて、ロスプリベンションガイド38号「機関事故予防のために」もご参照ください。

§4-1-1 船舶の運航に影響を及ぼす損傷

主機関の構成部位のうち以下の主要部位はサイズ・重量とも大きいものです。

- | | |
|-----|--------------------|
| (1) | 動力部の「ピストン／シリンダライナ」 |
| (2) | 駆動機構の「接続棒／クランク軸」 |

これらの部位が損傷した場合、一般的に修理工事は大規模なものとなりますが、同時に、これらの部位に損傷が生じると船舶の運航にも影響を及ぼします。更に、修理工事そのものも難易度が高いため、修理工事には高い技術と経験が必要です。その結果、以下のいずれかの理由で本船が復旧に至るまでは時間も要します。したがって、こうした事故を予防する体制を整えることが求められます。

- (1) 本船の乗組員では対応できない場合に、メーカーもしくは、修理業者の手配を要すること。
- (2) 本船の乗組員が修理工事を行うにしても慣れない作業であること。

今回、事故事例を検討するために、国土交通省の運輸安全委員会のホームページから船舶の機関故障、及び、機関損傷に関する「事故調査報告書」を参照しました。報告書によれば、2008年1月から2016年6月までの8年半の間に138件の機関故障と損傷があり、これらの故障や損傷は主機関の以下の部位に多く発生している結果となっています。（除く、プレジャーボートと漁船）

ピストン／シリンダライナ／シリンダヘッド

クランク軸軸受／クランクピン軸受

過給機

逆転減速機

吸排気弁

この報告書は内航船が中心のものでした。内航船は外航船と比較して機関室の大きさや機関出力も小さく、また、主機関の型式も外航船に多い大型2サイクルディーゼル機関ではなく、4サイクルディーゼル機関



が主たるものです。しかし、報告書は、故障や損傷について内航船・外航船を問わず、船主や船舶管理者へ多くの課題を問いかけています。

§ 4-1-2 部位別の損傷の特徴

損傷の多い部位の順に、その特徴は次の通りです。

(1) **ピストン、シリンダライナ、及び、シリンダヘッド** (吸排気弁との連鎖事故を除く)

ピストン／シリンダライナ／シリンダヘッドの損傷のうち、約半数が焼損でした。ピストンの構造のほとんどは潤滑油による冷却システムになっていますが、焼損事故は冷却用潤滑油の供給不足が原因です。この供給不足は、潤滑油圧力の不足や潤滑油供給ルートの閉塞によって発生しています。

また、ピストンクラウンと同スカートの固定ボルトの緩みによって排気弁がピストンクラウンにたたかれ、その結果プッシュロッドが曲損した例もあります。これらの対策として以下が挙げられます。

- 本船の乗組員が損傷のリスクを理解し、分解・組立てを行なうこと
- 分解・整備作業時に、潤滑油の経路や締付け部等の重要箇所の組立てミスを防ぐために、乗組員は組立て前に当該箇所を注意深く再確認・再点検すること

(2) **クランク軸軸受／クランクピン軸受**

クランク軸軸受の損傷の原因は、そのほとんどが潤滑油不足です。整備・点検不良によって、潤滑油中のスラッジがストレーナや給油管を閉塞するためです。また、クランクピン軸受け（接続棒大端部）の損傷の原因は、接続棒ボルト（以下、クランクピンボルト）の締過ぎ、締付け不足、若しくは、片締めによるものがほとんどです。これらの対策として以下が挙げられます。

- メーカー取扱説明書に基づいた締付け方法・締付け力を遵守し、実行すること
- 整備毎の重要点は、クラックの有無（探傷試験）、ボルトの長さ（寸法計測）、構成部品の使用時間（使用制限時間との比較）を確認し、必要ならば部品の交換をすること

(3) **過給機** (吸排気弁の連鎖事故を除く)

過給機の損傷は、軸関係の損傷（ロータ軸軸受けの焼損、ロータ軸の曲損、折損等）とケーシングの破孔です。ケーシングが破孔する主原因は、経年使用による肉厚の減耗や腐食の進行です。これらの対策として以下が挙げられます。

- 肉厚の減耗対策
定期的に肉厚計測を実施すること、及び、メーカーの基準に基づきケーシングを換装すること。
- 腐食進行予防
冷却水の水質管理（性状分析、薬剤処理等）、及び、適切な温度管理を行うこと。

(4) 主機逆転減速機

- 主機逆転減速機の損傷は油圧系統の問題を原因とする事例が多く見られます。その防止対策は、油圧ポンプ等の確実な整備・点検です。

(5) 吸排気弁

以下が吸排気弁の主な損傷です。

- 弁傘部が欠損する。
- 弁が弁棒ごと脱落してシリンダ内へ落下。その結果、シリンダヘッド、ピストン、シリンダライナが損傷する。
- 更に損傷部の破片が過給機へ侵入し、過給機を損傷する。

吸排気弁の損傷のうち、約半数が過給機の損傷といった影響を与えています。整備が定期的に行われていたとしても損傷を発生させることがあります。予防対策は、分解・整備時に、本船の乗組員がメーカー取扱説明書に記載されている以下の状態を確実に確認し、点検を励行することです。

- 弁棒や弁座のクラックの有無や寸法計測をすること（各構成部品自体の衰耗・劣化状態の確認のため）
- 構成部品の使用時間を確認すること（使用制限時間との比較）

(6) まとめ

上記の各対策をまとめると、重要なことは分解・整備時に、メーカー取扱説明書に基づき、状態の確認や点検を確実に実施することに集約されます。すなわち、以下が挙げられます。

- 基準に基づいて構成部品を評価・交換すること。（劣化、クラック、寸法計測、衰耗、使用制限時間等）
- 組立て工程において、重要箇所の組立てミスを防止するために、同箇所を再確認・再点検すること。

§4-2 事故事例

損傷時に運航に大きな影響を及ぼす事故例として、①「ピストン」と「クランクピンボルト」の損傷事故、②クランクピン軸受損傷事故、及び、環境被害の大きい③油濁事故を紹介します。

§4-2-1 事故事例① ピストン焼付き、ピストンスカート割損事故

(1) 概要

<本船要目>

タンカー 主機出力 2,942kW、2001 年建造

<事故概要>

2013 年 3 月、航行中に本船の主機 No.4 シリンダのクランク室ドアに破孔が生じ、潤滑油が噴出する事態が発生し、当直機関士は直に主機を停止しました。その後、機関長と機関士が点検した結果、以下の損傷が判明しました。

- ① ピストンスカートが割損
- ② 同割損部が脱落

船長と機関長が打ち合わせた結果、船長は自航不能と判断し、本船は最寄りの港まで曳航されました。

事故原因分析の前に、ピストンの構造と潤滑油の流れを説明します。(図 32、図 33-1、図 33-2、及び、巻末 基本参考情報「船舶の 4 サイクルディーゼル機関」ご参照)

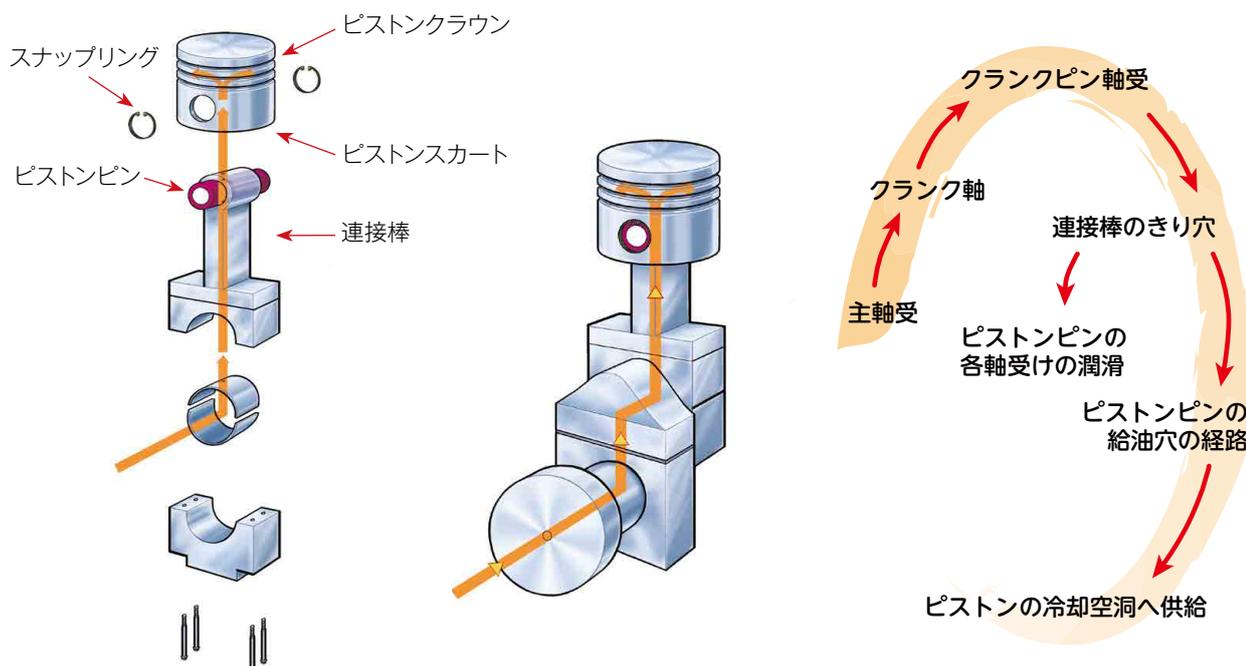


図 32 ピストン構造図 及び 冷却油供給ルート

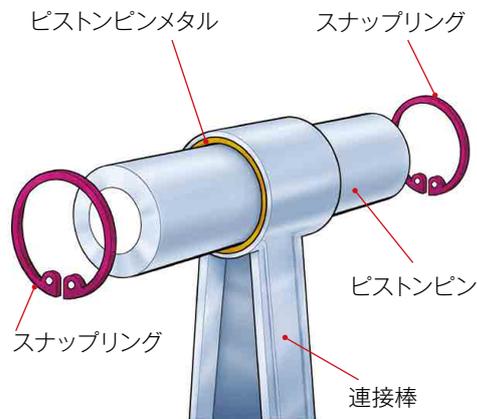


図 33-1 ピストンピン構造図

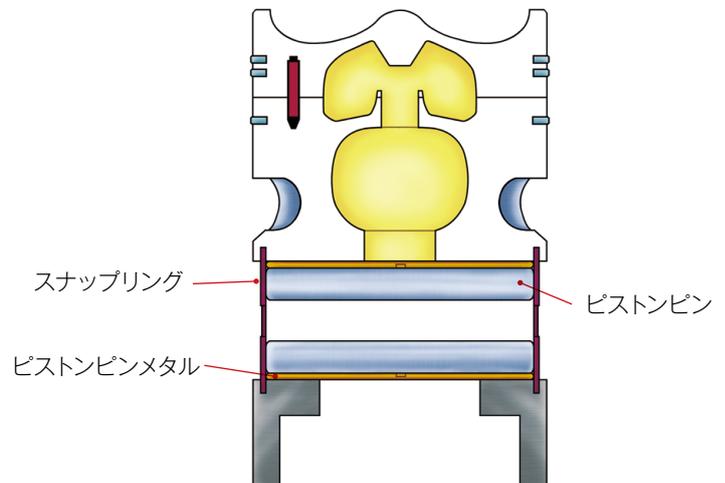


図 33-2 ピストンピン構造図

ピストンの構造は上下2分割になっており、上部の特殊合金製ピストンクラウンと下部の鋳鉄製ピストンスカートが組立て型で構成されています。そして、上部と下部は、ボルトを締付けることによって接続されています。主軸受から供給された潤滑油、及び、冷却用の潤滑油のルートを図 32 に黄線で示します。ピストンピンは中空円筒形の金属製部品です。ピストンスカートに開けられたボス（孔）と、接続棒の小端部軸受にピストンピンを貫通させることによって、ピストンと接続棒を連結します。また、ピストンピン（全浮動式）は接続棒の小端部軸受とピストンボスの間にクリアランスを持っており、同ボス部両端部に溝が加工されています。

そして、図 32、図 33-1 及び図 33-2 に示すようにこの溝部分に金属製の C 字型のピストンピン止め輪（以下、スナップリング）を取付けることによって、ピストンピンが軸方向へ移動することを防止しています。また、ピストンピンには潤滑油（冷却油）の給油穴が空いており、接続棒のきり穴から供給される冷却油をピストンへ供給しています。

(2) 発生事象

発生事象を以下にまとめました。

- ① 以前にも No.4 シリンダのピストンスカートに割損事故が発生していました。2010 年 10 月に、エンジンメーカー主導による改良部品への取替えを含む修理工事を実施していました。
- ② 2012 年 6 月頃より主機潤滑油消費量が増加しました。この時点で異常が発生した可能性があります。事故直前には、同消費量は正常時の約 3 倍にまで増加していました。
- ③ そのため、本船の機関長と機関士はクランク室内の点検を実施しましたが、異常を発見できませんでした。
- ④ 機関長と機関士は事故が発生するまで潤滑油消費量の増加の原因がピストンリングの異常摩耗であると推定しており、2013 年 6 月（事故発生の 3 ヶ月後）に予定されていた入渠工事で、全シリンダの分解整備が検討されていました。



⑤	2013年3月の事故発生時、No.4 シリンダは、下記の状況でした。	
(a) ピストンスカート	●	左舷側ピストンスカートのオイルリング下部が激しく焼き付き割損
	●	割損部は脱落
(b) ピストンピンボス	●	ピストンピンボス下部が割損
	●	船首側ピストンピンボスのスナップリング挿入用溝の更に外側にピストンピンとの接触痕あり
(c) スナップリング	●	船首側ピストンピンのスナップリングが中央部で折損し脱落
	●	スナップリング挿入用溝に正常に挿入されていれば生じるはずの接触痕がなし
(d) シリンダライナ	●	シリンダライナ船首側に深さ約 5mm の縦傷 (2 本)
⑥	航行中、当該 No.4 シリンダのクランク室ドアに破孔を生じ、潤滑油が噴出し、当直機関士は主機を緊急停止しました。	

(3) 運輸安全委員会の分析

運輸安全委員会は以下のとおり、原因を分析して再発防止策を推奨しました。

① 原因分析 (構造に関し、図 32、図 33-1、図 33-2 及び 55 ページ 図 43 参照)

- a 2010年10月にメーカーが修理工事を行なったが、組立て工程において、ピストンピンボスのスナップリング挿入用溝に、スナップリングが確実に挿入されていなかった。そのため、運転中に同リングが折損して脱落した。
- b これによりピストンピンが軸方向に移動したので潤滑油供給ルートが塞がれ、潤滑油を供給できなくなった。その結果、ピストンが冷却不足となり、ピストンは焼付きを起こし、併せて、ピストンスカートも割損した。
- c 他方、スナップリングが脱落した時期は、潤滑油消費量が増加し始めた 2012年6月頃と推定された。その推論根拠は以下のとおり。
 - スナップリング脱落のため、ピストンピンが軸方向に移動した。
 - その結果、次のような事象が発生し、潤滑油の消費が増加した。
 - 同ピンがシリンダライナに接触し、縦傷を生じた。その縦傷から、冷却油が燃焼室に混入して燃焼した。
 - 潤滑油供給通路が塞がれ、ピストンが冷却不足になったので、過熱されたピストンが周囲の潤滑油を気化させた。

② 運輸安全委員会 再発防止策

上記分析に基づき、今後の同種事故の再発防止策として、以下を推奨しました。

a 組立時の監督強化

機関の重要部品の組立てを行う際は、当該作業に詳しい責任者が立会い、作業者は確実に組み立てること。

b 異変をメーカーに問い合わせ、異常の早期発見と原因究明

潤滑油消費量に異常な増加が見られる場合に、本船の乗組員はメーカーに相談して以下を徹底すること。

- 潤滑油消費の増加程度が許容の範囲内にあるかどうかを見極めること。
- さらに必要な場合は、各部分解などを行って早期に原因を究明すること。

c 乗組員による点検方法の見直し

- クランク室内の点検を行う際に、本船の乗組員は以下を徹底すること。
 - ・ 本船の乗組員は各シリンダライナの状態を丁寧に観察すること。
 - ・ その際は、観察を容易にするために、ターニングによりピストンの位置を変える工夫をすること。

§ 4-2-2 事故事例② クランクピン軸受損傷事故

(1) 概要

< 本船要目 >

貨物船 主機出力 1,080kW 2004 年建造

< 事故概要 >

2011 年 10 月、航行中に本船の主機は大音響を発生して自動停止したため、事故発生場所近くの航路端に緊急投錨しました。同錨地で確認したところ、No.7 シリンダの接続棒大端部がクランク室ドアを突き破っており、いわゆる「足出し」の状態になっていることが判明し、No.7 ピストンを抽出した後、No.7 シリンダカット運転により、錨地にシフトしました。その後、本修理地まで曳航されました。

運輸安全委員会の調査の結果、以下の損傷が判明しました。

①	No.7 シリンダの接続棒大端部のクランクピンボルト 4 本はそれぞれ次の状態であった。(参考写真 34 ご参照)
(a)	2 本が大端部の植込みねじ部で切断状態
(b)	他の 2 本が中央部で曲損状態
②	ピストン及びシリンダライナが割損 (参考写真 35 及び 36 ご参照)
③	クランクピン軸受けメタルが焼損



参考写真 34 曲損した接続棒



参考写真 35 割損したシリンダライナ



参考写真 36 割損したピストン



(2) 発生事象

発生事象を以下にまとめました。

①	2010年10月4日（事故発生の約1年前）に、定期検査のため乗組員はNo.7シリンダのピストン抽出整備作業を実施しました。その際、クランクピンボルトの締付けには、トルクレンチを使用しました。
②	事故発生時に、当該シリンダは以下の状態でした。 (a) 接続棒大端部のボルトが切断（2本）、曲損（2本） (b) 接続棒自体の曲損
③	「足出し」状態が発生し、主機は大音響を発生して自動停止しました。そして、以下の部位が損傷しました。 (a) ピストンとシリンダライナは割損 (b) クランクピン軸受メタルは焼損

(3) 運輸安全委員会分析

運輸安全委員会は次のように原因を分析して、再発防止策を推奨しました。

① 原因分析

原因は、主機 No. 7 シリンダのクランクピンボルトが切断し、接続棒の大端部がクランク軸から外れて自由な状態になったことです。

② 再発防止対策

上記分析に基づき、今後の同種事故の再発防止策として、以下のことを推奨しました。

- ピストン抽出作業を行う際には、整備作業指針、及び、基準（取扱説明書）に基づき、クランクピンボルトの整備（新替え、探傷、清掃、締付け力など）を適切に行うこと

§ 4-2-3 事件事例③ 油濁事故

当組合で扱った油濁事故を検証すると、衝突や座礁以外の原因で海上へ油が流出した事故で共通している点は、その殆どが貨物油の漏洩事故ではなく、燃料油の補油時に発生していることです。

(1) 一般的な補油作業手順

まず一般的な補油作業手順を説明します。安全管理システムや安全管理規定（以下 SMS 等）において、環境保護の観点から燃料油補油手順書が整備されています。同手順書は、一般的に補油計画の作成、補油作業計画、補油準備、送油前作業、送油受入れ作業、受入終了後作業などで構成されています。そのポイントは以下のとおりで、補油計画の作成から送油前作業までの手順例を表 37 に示します。

① 【補油前】			
運航状況	手順	備考	
A 前港く航行中く入港	補油計画の作成		
	I 必要補油量の確認 ・各タンク実測、予想消費量の計算、補油予定量を決定		
	II 受入量の確認 ・各タンクの容量の90%を超えないように計画する		
	III どのタンクに、どれだけ補油するか？		
	IV 補油する順番 ・MDO (A重油)、HFO (C重油) の順とし、又、遠くのタンクから補給する手順で計画		
	V バルブ操作の順番 ・事前にバルブ開閉テスト実施		
	VI 補油作業分担 ・作業分担、人員配置		
	補油作業計画		
	I 補油作業計画に関し機関部全員で事前打合せ ・どこで、どれだけ、どのタンクに燃料油を補給するか、役割分担 (人員配置) ・緊急時の対応		
	II 打合せ後には、出席者全員が署名		
	III 全乗組員にも補油作業計画の重要点を周知徹底		
	補油準備 (入港前後に、下記作業実施)		
	I 全燃料油タンクの実レベル・残量を最終確認 ・タンクの実残量と実際の燃料性状に基づき、現場作業責任者が計画を再計算 ・燃料油セトリングタンクに必要な量の燃料を移送 ・油移送ポンプを自動始動しないようにロック		
	II 用具類を用意 ・サウンディングテーブル、比重容積換算表、電卓、時計、筆記具、トランシーバ等 ・各配管系統図、消火器、油防除資材、巻尺 (サウンディングテープ)、温度計、圧力計、工具等		
	III ラインアップ ・不要な弁を確実に閉鎖		
	IV スカッパープラグ設置 (シール)		
	V 遠隔液面計の精度チェック、弁遠隔操作盤上の各警報・表示灯等の作動チェック		
	VI 必要に応じて、入渠中や補油前航海中に、バンカーラインのプレッシャーテスト		
	B 入港後	a. 入港後 B 旗掲揚 (夜間なら全周紅灯)	
	C バンカーバージ接舷	送油前作業	
		I バージの保有量のチェック ・サウンディングテーブルで確認	
		II 送油流量 ・バージの送油能力及び本船の受入可能流量	
		III 連絡手段 (トランシーバ等)	
		IV 緊急時の対応方法	
V 最終確認後、本船とバージ側で署名			
VI ホースコネクション			
VII 燃料供給証明書 (Bunker Delivery Note) の内容確認 ・燃料油の油種 / 油量 / 燃料油仕様			
VIII 燃料油のサンプリング採取準備			

表 37 一般的な補油作業手順の例



① 補油計画の作成

補油計画では SMS 等で定めた補油計画表に必要事項を記入し、作成します。この時点で、同計画表には、補油温度、海水温度や、燃料性状等について過去の実績に基づいた数値を使用した仮定計算の結果が記入されています。

② 補油作業計画

現場作業責任者（一般に一等機関士：以下、一機士）は、補油計画に従って補油作業計画を策定し、機関長に承認された後、各作業員へ説明を行います。それは、各作業員の配置、担当作業、作業要領、作業方法、緊急時の対応等の補油作業に関する要点を説明することです。

③ 補油準備

補油準備では、補油直前に実際のタンクの燃料残量と実際の燃料性状に基づき、現場作業責任者が補油計画を再計算します。すなわち、補油作業計画の PDCA 実践が基礎となります。

④ 送油前作業

三等機関士（以下、三機士）は、バンカーバージ側のタンク計測、又は、流量計カウンタの読み合せに立会い、結果を現場作業責任者に報告して記録します。現場作業責任者は必要事項を再計算して最終補油計画表を完成させます。バンカーバージが発注された仕様通りの燃料を必要量保有していることを確認することが要点です。そして、機関長がその計算結果を承認して送油開始になります。

⑤ 送油受入れ作業

送油受入れ作業中に、機関部の乗組員は以下の 2 点に注意を払わなければなりません。

1) 漏油、タンク液位の監視

- 漏洩等の異常の有無を確認すること。
- 定期的にタンク計測を実施すること。（当然ですが、油量確認時にはヒール・トリム補正は必須）
- 現場作業責任者は送油流量を計算し、タンク切替え時期を把握すること。

2) 漏油発生時の適切な対応

- 漏油を発見した時点で直ちに送油を停止、船外へ油流出した場合、直ちに機関部の乗組員は機関長及び当直航海士に報告すること。
- 本船の全乗組員は流出油防除部署及び油濁防止緊急措置手引書に従って対処すること。

⑥ 受入終了後作業

受入れ作業が終了したら、機関部は補油タンク状態の記録を甲板部へ提出するとともに、燃料移送ラインや燃料供給ラインを速やかに通常状態に復旧します。送油受入れ作業と受入終了後作業の手順書例を表 38 に示します。

② 【補油作業中】			
運航状況	手順	備考	
D 補油開始	送油受入れ作業		
	I 送油開始し、漏油有無を確認後、送油流量を計画値まで徐々に増量		
	II 受入タンク液位を一定間隔で確認（サウンディングスケール実測） ・非受入れタンク：開始後のある期間に「流入なき（液位変化なし）」なら、継続監視不要		
	III ワッチ体制、最低3名 ・マニフォールド1名、サウンディング1名、機関長（総指揮）1名		
	IV 複数タンクへ受入時、タンク切替時にマニホールド圧力注意 （必要に応じて、送油流量調整）		
	V サンプリング採取		
	a. VI 送油終了後、エアブロー実施		
	VII 予定受取量完了の確認（本船及びバージの双方） ・泡立ちが治まった後にタンク計測を実施 ・受入れ量が注油量と差異がない（OK）時、燃料供給証明書に、本船受取量を記載し、機関長が署名 ・不足時、本船は抗議文（Letter of Protest）を発行		
	VIII 異常が発生した場合、現場作業責任者は直ちに送油を停止 ・異常発生の原因を確認し、対策を実施の上、再度送油を開始 機関長からの再度送油開始の許可必要 ・船外へ油流出の場合、直ちに機関長及び当直航海士に報告する 流出油防除部署及び油濁防止緊急措置手引書に従って対処する		
	E 補油手仕舞い	受入終了後作業	
		I 本船保管用のサンプル油を受領	
		II ホースの取外し	
		III 各用具類及びB旗（紅灯）を手仕舞い	
		IV 適当な時期に、本船側補油ライン及び燃料ラインを通常状態に復旧	
V 最終補油量、タンクコンディション等の記録を甲板部へ提出			
VI シールしたスカッパープラグを手仕舞い			

表 38 一般的な補油作業手順の例

(2) 概要

本船（約 8,000GT）は、揚荷役のために着岸中に燃料油の補油作業を実施しましたが、その際、最終積切りである No.3 燃料油タンクにおいて以下の事故が発生しました。

- ① 燃料油がエアイベントからオーバーフロー（参考写真 39 ご参照）
- ② 乗組員はその燃料を甲板上で食い止められず、約 100 リットルが海上へ流出（参考写真 40 及び 41 ご参照）



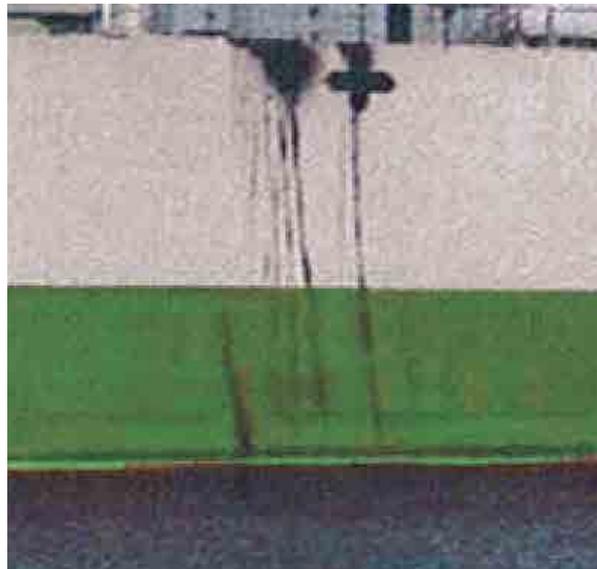
流出後、海上保安部、本船、及び、船主は作業船計7隻と専門清掃業者等を手配し、清掃作業を実施し、同作業は1日で完了しました。その結果、流出した燃料油の清掃費用及び調査費用の合計約2千7百万円を保険金として支払いました。



参考写真 39 No.3 燃料油タンク エアーベント
(オーバーフロー後)



参考写真 40 アッパーデッキ左舷側



参考写真 41 舷外流出模様

(3) 発生事象

事故後に手配したサーベイヤーの報告書から、燃料油流出に至るまでに下記の発生事象を確認しました。

- ① 前港の作業において、二等機関士（以下、二機士と記す）は、今回の補油で最終積切り予定とする No.3 燃料油タンクの残油量の計測（サウンディング）を通常作業として実施する予定でしたが、それを実施していませんでした。
- ② ①で実測しなかったことを確認しないまま、現場作業責任者の一機士は同タンクを「残油量無し」として補油計画を立案しました。その計画は、受入れを 4 つの燃料タンクとし、No.4（左舷／右舷）、No.5（中央）、No.3（中央）の順で積切る手順でした。
- ③ また、補油計画時の計算の詳細が明らかにされていませんでした。当組合が事故調査のために手配したサーベイヤーは、自身による本船の聞き取り調査の結果、積切り No.3 燃料油タンク容量の 66% 相当に当たる約 62KL が補油計画上の受入量（積切り量）であったと推定しました。
- ④ 送油開始前に、三機士及び 2 名の操機手は、積切り No.3 燃料油タンクの計測を実施しましたが、彼らは同タンクの残油量に気が付きませんでした。
- ⑤ 送油受入れ作業中も、三機士及び操機手はタンク液位の実測を継続していましたが、受入量が上記③に示した補油計画量を超えたにも拘わらず、彼らは送油を止めるよう要請しませんでした。その結果、受入量がタンク容量を超えたので、エアーVENTより燃料油がオーバーフローしました。
- ⑥ オーバーフロー発生時は、積切りとした No.3 燃料油タンク内は、同タンク容量の 96% 相当の約 91KL まで燃料油が積込まれていました。但し、バージ側からの送油量は本船の指示どおりでした。
- ⑦ そのためバージの浚え（ストリッピング）を中止しましたが、バージと本船との連絡係でもある補油作業の現場作業責任者の一機士は、オーバーフローした際の緊急停止措置が遅れました。





§4-3 エラー連鎖（エラーチェーン）に沿った事故分析

海難事故に限らず、ひとつのエラーが原因で事故を誘発することは殆どありません。エラーの連鎖によって、最終的に事故が発生します。§4-2でご紹介した3つの事故事例について事象ごとにエラー連鎖の視点で分析して見ます。

§4-3-1 事故事例① ピストン焼付き・ピストンスカート割損事故

事故例①「ピストン焼損・ピストンスカート割損事故」のエラー連鎖を事象ごとに分析しました。

事象① メーカーを過信

事象①	2010年10月に、主機関 No.4 シリンダのピストンスカートが割損し、エンジンメーカー主導による修復工事実施	
	エラー	関係する問題点
1	なぜ、改良部品へ取り替えたのかを乗組員や船主・船舶管理会社が把握していなかった	船舶管理の不備
2	改良品の取り替えなので、メーカー任せ（過信）	思い込み
	対策	手法
	<<指針を策定し、本船に遵守徹底させる>>	指示徹底
	本船が異常状態を発見した場合に、速やかにメーカーの助言を仰ぎ、応急措置を施す。	船舶管理・監督の徹底

エンジンメーカーによる修理工事に関し、改良品に交換しているのに、工事内容を把握していなかったことが挙げられます。

事象② 潤滑油消費が増加しているのに原因の追究が甘かった

事故のサインが潤滑油消費量の増加という現象に現れており、乗組員は異常状態を認識していましたが、適切な対処を乗組員・船舶管理会社とも怠っていました。

事象②	トランクピストンタイプの潤滑油は、主にシリンダと軸受の潤滑・ピストン冷却で消費するが、2012年6月頃から、主機の潤滑油過剰消費が事故直前には正常時の約3倍に増加	
	エラー	関係する問題点
1	本船は消費量の異常増加に気が付いていたが、メーカーへ原因の情報提供依頼をしなかった	日常管理業務の不備
2	潤滑油管理の指針がなかった	船舶管理の不備
	対策	手法
	<<指針を策定し、本船に遵守徹底させる>>	指示徹底
	メーカー工事前に「工事の重要手順、本船立ち会いのタイミング、本船アシストの要否等」の確認と指示	船舶管理・監督の徹底

事象③ クランク室点検で異常を発見できなかった

事象③ クランク室内の点検実施で、異常を発見できなかった。		
エラー		関係する問題点
1	なぜ、クランク室内の点検時に、「ピストンやシリンダライナ等、構成する部品の状態の観察」を実施しなかったのか	日常管理業務の不備
2	シリンダライナを点検する場合は、「ピストン位置を調整して、観察する工夫」が必要	乗組員の技量不足
3	観察指針がなかった	船舶管理の不備
対策		手法
<<指針を策定し、本船に遵守徹底させる>>		指示徹底
クランク室内の点検時に、「クランク室内の底部の異物（軸受の金属片や燃焼残さ物等）のみならず、ピストンスカート内部および接続棒外観、シリンダライナの状態等の観察」も必要。また、シリンダライナの点検の際は「ピストン位置を変えて観察する工夫」も必要。		船舶管理・監督の徹底

クランク室は、参考図 42 の通り、クランク軸が納められる箱状の部屋ですが、ドアが付いているので、内部点検が可能です。しかし、このドアは小さいので手鏡を利用したり、クランク軸の位置を調整しなければ、内部構造物の状態を十分観察できません（図 42 ご参照）。なぜクランク室内の点検時に異常を発見できなかったかを分析すると 3 つのエラーが連鎖しています。

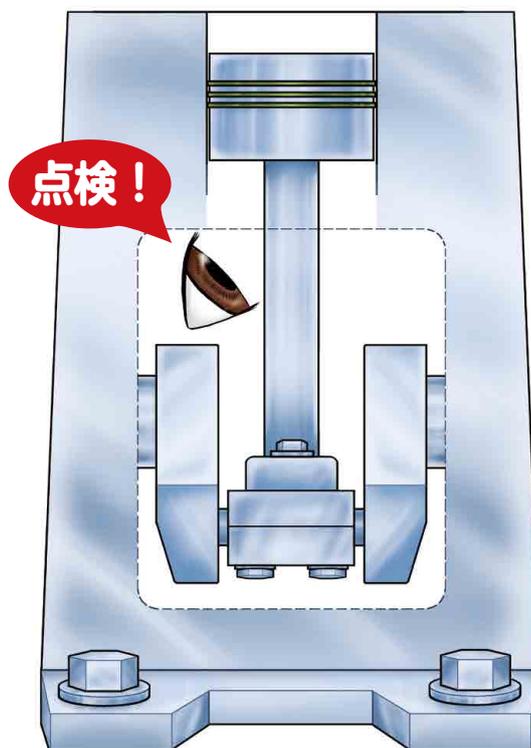


図 42 クランク室外観



事象④ ピストンリングの異常摩耗について対処不足

乗組員は事象②の潤滑油異常消費の原因がピストンリングの異常摩耗と推定していましたが、船舶管理者やメーカーに報告・相談することを行っていませんでした。

事象④	事故発生まで、原因はピストンリングの異常摩耗と推測（2013年6月予定の入渠工事で、全シリンダ開放整備を検討）	
	エラー	関係する問題点
1	ピストンリングの磨耗と予想されたが、なぜ、ピストンのオーバーホールが早急に実施されなかったのか？	船舶管理の不備
2	指針がなかった	船舶管理の不備
	対 策	手 法
	<<指針を策定し、本船に遵守徹底させる>>	指示徹底
	異常予知によるオーバーホールが必要な場合には、本船から管理者へ速やかに申請する。	船舶管理・監督の徹底

事象⑤ エンジン内部の異常に気が付かなかった

焼損の原因は潤滑油不足が主因ですが、スナップリングの脱落が発端です。スナップリングが脱落すると潤滑油が流れにくくなるメカニズムは下記のとおりです。（図43ご参照）

事象⑤	2013年3月28日の主機 No.4 シリンダの状態は以下のとおり。	
	(1) ピストンスカート : オイルリング下部に、激しい焼付きと割損 (2) ピストンピンボス : 下部、全周に割損。船首側にピストンピンとの接触痕 (3) スナップリング : 中央部で折損、脱落。挿入溝に接触痕なし (4) シリンダライナ : 深さ約5mmの縦傷(2本)	
	原因は以下が推定される。	
	(1) 焼きつきの原因は、ピストン冷却用の潤滑油不足 (2) ピストンスカート過熱による、強度低下 (3) 船首側のスナップリングが、正確にセットされず (4) 同スナップリングが脱落したため、同方向へピストンピンが移動 (5) ピストンピンの左右が船首側のライナに接触し、ライナに縦傷	
	結果として以下が発生	
	スナップリングが脱落した結果、ピストンピン冷却用潤滑油が不足し、ピストンが冷却不足となった結果、過熱し、強度低下し、ライナ割損	
	エラー	関係する問題点
1	担当機関士のピストン組立て重要点の認識不足	船舶管理の不備
2	「スナップリングが正しく装着されていなければ機関故障に発展する」の危険予知欠落	乗組員の技量不足

3	なぜ、事故に発展する部品の装着については、メーカーへ組立作業注意もしくは現場立会いしなかったのか	船舶管理の不備
4	教育の機会及び立会い指針がなかった	船舶管理の不備
対 策		手 法
<<船員教育を徹底する>>		船員教育
事故の本質である「ピストンの基本構造を理解させ、整備不良の場合には、どのような事故が予想されるか」		
<<指針を作成し、本船に徹底>>		船舶管理・監督の徹底
整備点検／組立の不備によって、事故に発展する恐れのある部品に関し、「メーカーへの作業注意指示もしくは本船の現場立会い」		

- (a) 前述のとおり、ピストンピン（全浮動式）はピストンピンボスに挿入されており、同ボス両端部の溝にスナップリングが挿入されています。
- (b) 同リングが外れれば、同ピンが軸方向に移動します。そのため、接続棒のきり穴とピストンピンの給油穴の位置がずれて潤滑油通路が塞がった状態となります。
- (c) その結果、ピストンピンボスの上方、及び、ピストン冷却空洞への給油が停止された状態になります。

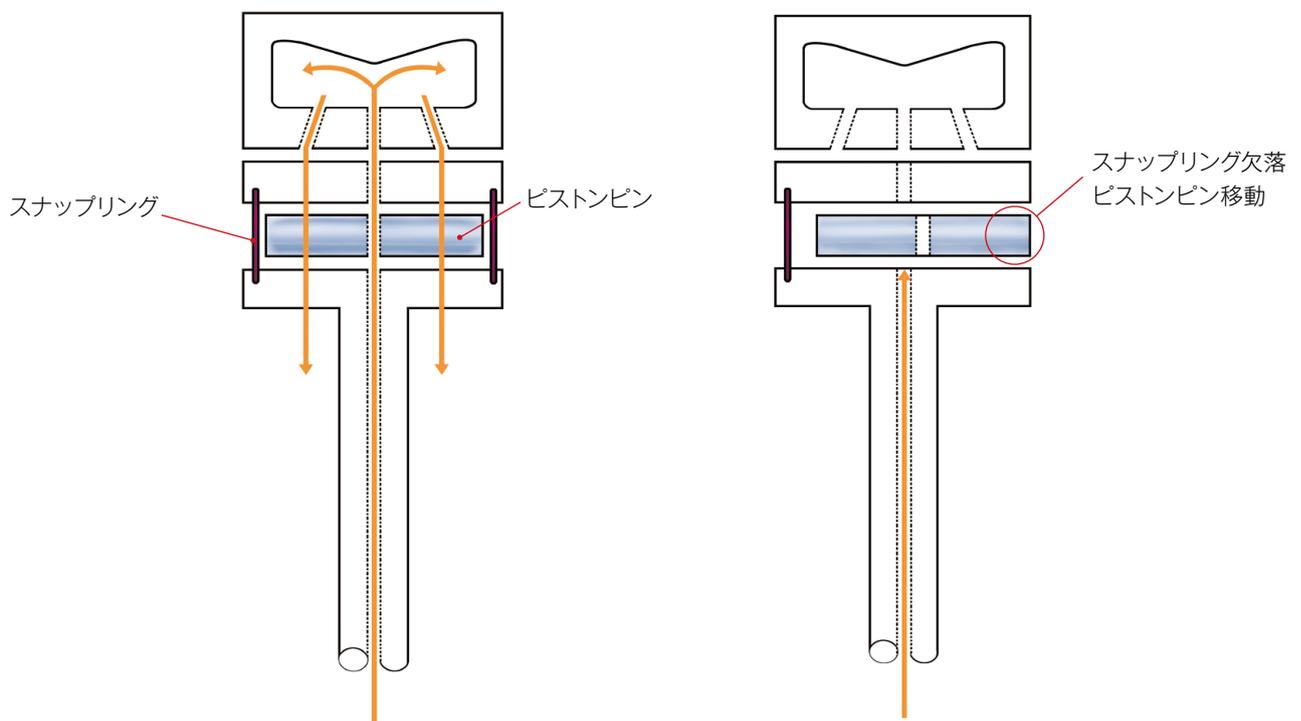


図 43 ピストンピンの移動で潤滑油の流れを阻害



§ 4-3-2 事故事例② クランクピン軸受損傷事故

事故例②「クランクピン軸受損傷事故」のエラー連鎖を事象ごとに分析しました。

事象① ピストン組立ての重要点について乗組員の認識不足

事象①	2010年10月4日、主機関 No.7 シリンダ 本船の乗組員がピストン抽出整備	
	エラー	関係する問題点
1	担当機関士にピストン組立ての重要点の認識不足	乗組員の技量不足
2	「接続棒を正しく締付けなければ、機関故障に発展する」危険予知欠落	乗組員の知識不足
3	なぜ、社内教育の機会がなかったのか？	船員教育の不備
	対 策	手 法
	<<船員教育の強化>>	船員教育
	事故の本質である「接続棒の基本構造を理解させ、整備不良の場合には、どのような事故が予想されるか」を教育	船舶管理・監督の徹底

いずれも、乗組員が重要なメンテナンス作業をする上での技量・知識の不足がエラー連鎖となっています。

事象② ボルトの締め付け方法に関する知識不足

事象②	2011年10月28日の事故発生時、主機関 No.7 シリンダの状態は以下。 <ul style="list-style-type: none"> ● 接続棒ボルト 2 本が大端部の植込みねじ部で切断 ● 他の 2 本のボルトは中央部で曲損 	
	エラー	関係する問題点
1	乗組員は締め付け方法と点検方法を熟知せず <ul style="list-style-type: none"> ● メーカー取扱説明書に基づく締め付け方法（トルク、角度、油圧） ● トルクレンチの取扱い（精度、設定、較正） ● 締め付け前の正確な部品の組立てやボルト & ナットの当り面の点検 クランクピンボルトの探傷（非破壊検査）等 	乗組員の技量不足
2	整備指針がなかった	船舶管理の不備
3	なぜ、上級機関士が組立ての重要点の確認作業を怠ったのか？	手順書等の不備
	対 策	手 法
	<<指針を作成し、本船に徹底>>	指示徹底
	<ul style="list-style-type: none"> ● 接続棒の組み立てに関し、「締め付け方法、トルクレンチ取扱い、部品組立てやナット当たり面の清掃、締め付けボルトの探傷等」 	船舶管理・監督の徹底
	<ul style="list-style-type: none"> ● 本船整備工事の際に、「上級機関士が確認すべき事項」 	

本船の乗組員が「メーカー取扱説明書に記載されているクランクピンボルト締付け方法及び点検方法」を熟知していなければなりません。彼らはそれができていませんでした。

機関の運転中に、遠心力や振動が原因で同ボルトが緩まないように、本船の乗組員は各部品を組立てなければなりません。そのため、同ボルトの締付け方法及び点検方法に関し、以下を理解することが大切です。

(a) メーカーの取扱説明書に基づく締付け方法（トルク、角度、油圧ジャッキ）

メーカーの取扱説明書には締付け方法と締付け力が規定されています。本船の乗組員は、同規定に基づいて同ボルトを均等に締付けなければなりません。その際、各単位にも注意することが必要です。

<同ボルトの締付け方法の注意点>

- 複数あるボルトの締め付け方法を間違えないこと。
- トルク法 (N・m または kgf・m)、角度法 (°)、トルク+角度法 (2段階締付け)、油圧ジャッキ法 (MPa または kg/cm²) など。

<接続棒の分解整備を行ったり、クランクピンボルトを新替した後の注意点>

- 組立て時に合いマーク (Set Mark) の再刻印を実施。
- 組立ての一定運転時間後に、同ボルト締付けナットの緩みがないかを点検。
(例、合いマークの位置に点検や規定トルクでの締めなおしを実施。)

(b) トルクレンチの取扱い（精度、設定、校正）

トルク法では、ボルトの締付けはトルクレンチが使用されます。同レンチは以下の特徴を有します。よって、乗組員はそれを理解し、適切に同レンチを取扱わなければなりません。

- 同レンチを正確に規定値に設定すること。
単位に注意 ([N・m] 値 = [kgf・m] 値 × 9.8 倍、[kgf・m] 値 = [N・m] 値 × 0.102 倍、例 49N・m=5kgf・m)
- 同レンチの精度が保たれるように、乗組員は精密工具として大切に扱うこと。

また、保管時に以下に注意することが求められます。

- 同レンチは一般工具と分別保管すること。
- 設定値を最下限値とすること。
- 同レンチは定期的に校正されること、もしくは、新品が支給されること。

(c) 締付け前に正確な部品の組立てやボルト及びナットの当り面の掃除・点検

締付け前に、部品の組立てを正確に行うとともに、ボルト及びナットの当たり面を確実に掃除・点検しなければなりません。

例えば、乗組員は、同ボルト頭部及びナットと大端部との締付け座面を点検・清掃後に締付けなければなりません。乗組員が同部位の掃除を怠れば、ごみが残留します。同部位に挟まっているごみは、機関の運転中にクランク軸の回転運動による遠心力や振動によって、脱落してボルト及びナットの締付け力を低下させるため、「緩んだことと同じ状態」を生じます。

その結果、大端部がクランク軸から外れて、自由になる危険性を持っています。また、座面の荒れや傷は、座面の接地面積を減少させます。それは、不均一な締め付け状態であるので、同様の問題が生じます。よって、座面の点検も大切です。

**(d) 同ボルトの探傷（非破壊検査）等**

同ボルトは機関の運転中に繰返し応力を受けるため、経年で強度が低下します。そのため、同ボルトの分解整備時に、乗組員は簡易な浸透探傷検査（Dye Penetration Inspection）によって、金属表面の損傷の有無を点検しなければなりません。同ボルトに損傷が発見されれば、それは折損する危険性を持っています。

（注） 浸透探傷検査は通称カラーチェックとも呼ばれる。赤色や蛍光色の浸透性の良い検査液を用いて、材料表面に開口した傷（クラック）を検出する非破壊検査方法で、これは毛細管現象の原理を利用している。

(e) 同ボルトの取扱い上の注意

本事例では同ボルト自体も折損しています。よって、締付け方法に加え、その耐久性の管理も注意が必要です。要点は探傷（非破壊検査、上記（d））、寸法計測（ボルト伸びの評価）、使用時間制限（ボルトの寿命管理）等です。探傷試験が必要な理由は前述のとおりです。

さらに、同ボルトの長さを計測・記録して伸びの有無を把握しなければなりません。その場合には、予備の新品との比較を行ないます。

また、メーカーの取扱説明書には同ボルトの使用制限時間が明記されています。それに基づき交換しなければなりません。例えば、制限時間が2万時間の場合に、年間稼働率が8割程度（約7千時間）ならば、3年前後で同制限時間に到達します。よって、同ボルトは必須交換部品として、保守整備計画に含める必要があります。

<<参考情報>>**日本海事協会（以下、ClassNK）「損傷のまとめ」発電機原動機「足出し事故」**

前述の「足出し事故」は、4サイクルディーゼル主機関において発生しました。Class NK の会誌は毎年「損傷のまとめ」を掲載しています。Class NK はその中で、同型式（4サイクルディーゼル機関）の発電機で発生した「足出し事故」に関し、詳細な注意喚起を発信しています（2009～2014年度は、会誌 No.292、296、301、304、309、312 に掲載）。「足出し事故」の要点を、これらの Class NK の参考文献を基にして以下にまとめてみました。

「足出し事故」の原因のうち、明らかにクランクピンボルトの折損（弛緩、及び、脱落を含む）によると考えられた事故が年平均60%以上ありました。

クランクピンボルトの折損は、多くがピストン抽出整備における組立て工程において、乗組員が同ボルトを正確に締付けないことが原因で発生します。そのメカニズムは次のとおりです。

機関が運転されれば、ピストンの慣性力が接続棒大端部に作用します。そのとき、同ボルトが不十分な締付け状態であれば、同ボルトの締付けが緩み、その結果、ボルトは折損したりナットが脱落します。ボルトの締付け不良の原因は、主に次のとおりです。

①	不足したトルクで締付けていた。
	規定トルクで締付けを実施したが、次の事由で、締付けが不十分だった。
②	(a) 座面の表面が荒れていることを見逃した。しかし、そのまま締付けた。
	(b) 接続棒大端部セレーション部の亀裂の発生に気付かなかった。しかし、そのまま締付けた。

対策についてエンジンメーカーは、「トルク締め」ではなく、「角度締め」を指示しています。その理由は、より高い精度で締付けることができるからです。

さらに、クランクピンボルトの折損には、もう一つ大きな要因があります。それは、同ボルト自体の強度低下です。その発生理由は、エンジンメーカーが規定するボルトの使用制限時間を超えて、継続使用したためです。対策は、取扱説明書及び最新のサービスニュースに基づいた保守整備の実行です。

§ 4-3-3 事故事例③ 油濁事故

事故例③「油濁事故」のエラー連鎖を事象ごとに分析しました。いずれも手順書に沿った作業の不履行と乗組員の技量・知識不足がエラー連鎖を引き起こしています。

事象① 積切タンク残量実測作業を実施せず

事象①	前港で、二機士は積切りタンク（No.3 燃料油タンク）残油量実測作業に配員されたが、実施せず	エラー	関係する問題点
1	一機士は二機士へ始業前ミーティング時に作業予定の時間割・配員・手順・重要性を正確に説明したか？二機士はそれを理解できていたのか？		日常業務管理
2	一機士は二機士へ終業ミーティング時に作業完了を確認しなかったのか？ 一機士と二機士のコミュニケーションは悪くなかったのか？		日常業務管理
3	当該日に二機士は他に優先する重要作業を抱えていなかったのか？ もしそうなら、二機士は一機士へ配置換えを相談しなかったのか？ 一機士は二機士の作業を把握していなかったのか？ 一機士は二機士の作業を他の要員に変更できなかったのか？		日常業務管理
4	手順書には残油計測ミス時の危険性に関する注意事項を記載していなかったのか？ 二機士はそれを理解できていたのか？		手順書関連
5	二機士は残油量計測の不実施が事故につながるの危険予知をできなかったのか？		危険の認識
対 策			手 法
<< 船員教育の強化 >>			船員教育
日常業務管理（計画、配員、実行の報告・連絡・相談や確認、優先すべき重要作業への不適切な対応）			船員教育
手順書関連（残油計測ミス時の危険性に関する注意事項の欠落）			船員教育
危険の認識（タンク残油計測の不実施が原因となる事故に対する危険予知が不十分）			



事象② 手順書の不履行

確認すべき事項を実施せず、手順書の不履行が問題として挙げられます。

事象② 残油計測が実施されなかったが、積切りタンクを残油量なしと仮定して計画立案		関係する問題点
エラー		関係する問題点
1	一機士は二機士へ始業前ミーティング時に作業予定の時間割・配員・手順・重要性を正確に説明したか？ 二機士はそれを理解できていたか？	日常業務管理
2	二機士は残油計測を不実施だった。 しかし、一機士は残油なしと仮定し補油計画書を作成した。その理由は何か？	表 37 手順書 A-a の情報不足
3	一機士は役割分担表で定められている業務能力を有していなかったのか？	表 37 手順書 A-a の情報不足
対策		手法
＜＜指針を作成し、本船に徹底＞＞		指示徹底
● 日常業務管理（確認）		船舶管理・監督の徹底
● 手順書関連（補油計画表、補油作業分担・配置表の作成）		

事象③ 計画立案の手順不履行

計画を立案する際に、手順書に沿って作成されていませんでした。

事象③ 積切りタンクは66%相当（約62KL）をターゲットレベルとして、計画立案（後掲事象⑤とも関係）		関係する問題点
エラー		関係する問題点
1	積切りタンクの遠隔液面計の信頼性は？（一機士は補油前に正常作動・表示をチェックし、液位把握に利用できることを確認していたのか？）	表 37 手順書 A-c
2	乗組員が補油中にタンクを定期的の実測し、積切りタンクの状態を把握する方法を習得できていたのか？ 各種計算方法（流入流量（m ³ /h）、終了予想時間等）を理解していたのか？	表 38 手順書 D-a
3	一機士は受入れ完了済みタンクの液位を計測後、積切りタンクの最終液位を予測変更する計算方法を習得できていたのか？	表 38 手順書 D-a
4	一機士は全てのタンクの液位計測のダブルチェック体制を立案していたか？ （適正人員配置）	表 38 手順書 D-a
対策		手法
＜＜指針を作成し、本船に徹底＞＞		指示徹底
● 手順書関連（補油進捗の把握、定期的なタンクレベル計測：遠隔液面計、実測（サウンディングスケール）		船舶管理・監督の徹底
● 手順書関連（適切な補油作業分担・配置表）		

事象④ 残油量の実測が不正確

事象④ 補油作業直前に、三機士及び操機手2名はタンク残油量を実測をしたが、残量に気付かず		
エラー		関係する問題点
1	三機士は、なぜ、補油開始前に残油量に気付かなかったのか？	表 38 手順書 D-a
2	残油量計算の担当者は誰か？ 機関長か一機士か？ 残油量計算の担当者は計算方法を理解していたのか？	表 37 手順書 A-a, b, c
3	残油量計算に必要な環境情報（温度、トリム等）やデータ（比重、容積換算等）を正確に入手したのか？	表 37,38 手順書 A-c, C-a, D-a
4	機関長は一機士の作成した補油直前の計画再計算書をチェックしたのか？ 補油開始直前の最終ミーティングは行われたのか？	表 37 手順書 A-a, b
対策		備考
＜＜指針を作成し、本船に徹底＞＞		指示徹底
● 手順書関連（全タンク計測、役割分担、残油計算、管理者による監督）		船舶管理・監督の徹底

事象⑤ オーバーフローしたのに、送油を止めなかった。

事象⑤ 三機士及び操機手2名（継続して液位計測）が、補油中、計画の積切り液位を超えても、送油を止めず、エアイベントよりオーバーフロー		
エラー		関係する問題点
1	なぜ、一機士は計画の積切り液位を超えてもストップしなかったのか？ ● 三機士及び操機手2名は、補油中にタンクを定期的の実測し、一機士に報告していたか？ ● 一機士は、補油中にタンクを定期的に遠隔液面計を確認することによって、積切り液位との差をチェックしていたのか？ ● 機関長は積切り直前の最終状況を把握していたのか？	表 37 手順書 C-a, D-a
2	一機士は全受入タンクの積切り液位を予め正確に計算したのか？ ● 計画作成時に、各タンクの積切り液位を確定しないと、安全な作業・行動をとれない。 ● 受入れ完了済みタンクの液位が計画と異なれば、最終積切りタンクの液位を変更しなければならない。一機士はその修正計算をしたのか？（PDCA） ● 先に積切ったタンクの液位が計画より少なければ、最終積切りタンクの液位が高くなり、危険とは考えなかったのか？	表 37 手順書 A-a
3	全作業者が最終積切り液位レベルを理解していたか？ ● だれかが異常に気付き、進言できたはず。	表 38 手順書 D-a
対策		備考
＜＜指針を作成し、本船に徹底＞＞		指示徹底
● 手順書関連（補油計画、受入タンク液位予測と周知と現状監視）		船舶管理・監督の徹底



事象⑥ 機関長と一機士が最終積切タンクの油量を正確に把握していなかった

事象⑥	オーバーフロー：事故発生時、積切りタンク内に、96%相当（約91KL）が流入 なお、バージ側に補油作業上（事前打合せ事項、送油流量、送油総量等）の問題無し	
	エラー	関係する問題点
1	機関長と一機士は、オーバーフローした時点で、積切りタンクに96%積込まれた認識はあったか？ 機関長と一機士は、そのとき、積切りタンク液位を何%と認識していたか？	表 38 手順書 D-a
2	機関長と一機士は、積切りタンク液位が何%のときに、送油流量の減量調整を予定していたか？	表 37,38 手順書 A-a, b, D-a
	対策	備考
	<<指針を作成し、本船に徹底>>	指示徹底
	● 手順書関連（積切り前の積込量及びタンク液位の把握、積切り前の送油流量調整）	船舶管理・監督の徹底

事象⑦ 緊急停止の遅れ

事象⑦	一機士（補油作業の責任者 & バージとの連絡係）は、オーバーフロー後に、緊急停止措置が遅れた	
	エラー	関係する問題点
1	本船における緊急対应手順書の存在は？取扱は？認識は？ ● SMS や安全管理規定に従って整備すべき基本中の基本	表 37,38 手順書 A-b, C-a, D-a
2	全作業者は「緊急対応を怠った場合の事故の影響」を認識していたのか？	危険の認識
3	全作業者は事前に緊急対应手順書の勉強会をうけたのか？	安全教育
4	全作業者は漏油時の緊急対応訓練を実施したのか？	安全管理規定と 緊急対応訓練
	対策	手法
	<<指針を作成し、本船に徹底>>	指示徹底
	● 手順書関連（緊急対应手順書）	船舶管理・監督の徹底
	<<船員の教育強化>>	
	● 危険の認識（緊急対応が不適切な場合に拡大が予想される事故）	船員教育
	● 安全教育（緊急対应手順書への習熟）	
	● 安全管理規定（緊急対応訓練計画の作成と実施）	

§4-4 機関管理 (ETM) の視点による分析

BTM (ブリッジチームマネジメント) 同様、ETM (エンジンルームチームマネジメント) は、機関長、機関士及び機関部員が人対人のコミュニケーションだけではなく、ソフトウェア (SMS マニュアルや安全管理規程など)、ハードウェア (機器)、環境 (外部情報) とともにコミュニケーションを取り、相互の連携を旨くとして有機的に機能させる体制作りです。

§4-3 エラー連鎖 (エラーチェーン) に沿った事故分析の各表中に示すように、問題点は「なぜ機関室に配置された機器の日々の状態監視からトラブルに至る異常状態 (前兆) を発見できなかったのか？」或いは、「なぜ前兆を発見するために人間の鋭い感覚『五感』を有効に機能させることができなかったのか？」といった点に集約されます。

原因は機関当直の基本の欠落です。「衝突事故」事例で紹介したように、航海当直における操船の基本は「見張り」であり、発見した危険に対し早期に大胆に行動を執ることが大事であることを強調しましたが、機関当直もそれと同様です。

すなわち、機関当直の基本は遠隔監視センサーでは察知しきれない情報を、乗組員が「見回り時に人が持つ優れたセンサーを有効に活用する」ことによって、収集し、分析することです。その上で彼らが必要な行動を執ることが求められます。

機関管理 (ETM) 分析

遵守事項		問題点
ピストン焼付、ピストンスカート割損		
継続的な主機関・補機の運転情報 (温度・圧力・消費・それらの変化) の状態監視・診断	①	主機は、2012年6月ごろから、潤滑油の消費量が増加し、本インシデント直前には正常時の約3倍まで増加していたが、メーカーへ潤滑油の異常消費に関する問い合わせなく、特別なアクションを起こさなかった。
	②	故障が発生する前日までに異常の兆候に気付かなかったか？潤滑油の温度や圧力変化？異常音？ケーシングの過熱等？
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維持	①	ピストンは計画整備されていたのか？
	②	改良品の取替えなので、分解整備組立てをメーカー任せにしており、本船側で組み立て確認ができていなかった。
船内教育：機関システムに関する共通認識の確立		
①	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	潤滑油の消費量が正常時の約3倍に増加したので、クランク室内の点検が行われたものの、異常の発見には至らず、ピストンリングの摩耗によるものと予測された。
②	トラブル事例や経験の情報共有	ピストンの基本構造に関係する整備不良の場合には、どのような事故が予想されるかについて、危険予知の認識がなかった。



③	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	①	メーカー工事の際に工事前に「組立て工事の重要手順、本船立会いタイミング、本船ヘルプの要否等」確認事項の指針がなかった。
		②	本船が異常状態を発見した場合に、「速やかに、メーカーから助言をあおぎ、応急措置を施す」指針がなかった。
		③	スナップリングのように、破損すると事故に発展する部品もあるため、点検整備／組立に関し「メーカーへの作業注意指示もしくは本船の現場立会い」の指針及びチェックリストの不備
		④	「異常予知によるオーバーホールが必要な場合には、本船から管理者へ速やかに申請する」指針がなかった
		⑤	身近な機会（休憩時間等）に情報共有ができていたのか？
クランクピン軸受損傷事故			
	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	①	故障が発生する前日までに異常の兆候に気付かなかったか？異常音？ケーシングの過熱等？
	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維持	①	計画整備に基づき、開放点検の実施。
		②	取扱説明書に締付け方法記載あるはず。
船内教育：機関システムに関する共通認識の確立			
①	トラブル事例や経験の情報共有	①	「接続棒を正しく締め付けないと機関故障に発展する」認識がなかった。
②	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	①	「締付け方法、トルクレンチの取扱い、部品組みつけやナット当たり面の清掃、締付けボルトの探傷など」の整備指針がない。
		②	本船整備工事の際に、「シニア機関士が確認すべき事項」の安全指針がない。
③	五感を生かす	①	見回り時に異変を察知するための五感の活用が理解されていたか？
		②	身近な機会（休憩時間等）に情報共有ができていたのか？
油濁事故			
	船内教育：補油に関する共通認識の確立	①	手順書の不履行
		②	コミュニケーションの欠如
		③	危険予知不足

表 44 ETM 分析

§4-5 再発防止対策

§ 4-5-1 事故と原因の関係

前述してきた原因分析の中で、それぞれの「機関管理（ETM）」において共通する原因が見えてきました。最初に、基本に戻って事故と原因の関係を確認します。

図 45 に、①事故による結果から遡って原因追跡フローを示しました。事故が発生する原因には、大きく分けて事故に直結する③直接原因と、その背後にある④間接原因に分けることができます。そして、背後にある原因は、⑤人の行動による間接原因と、⑥組織管理の欠如による根本原因に、分けることができます。フロー図の⑤と⑥に示すヒューマンエラーに関係する間接原因と、その奥にある⑥根本原因を排除しなければ、同種の事故再発を防ぐことは難しいものと考えます。

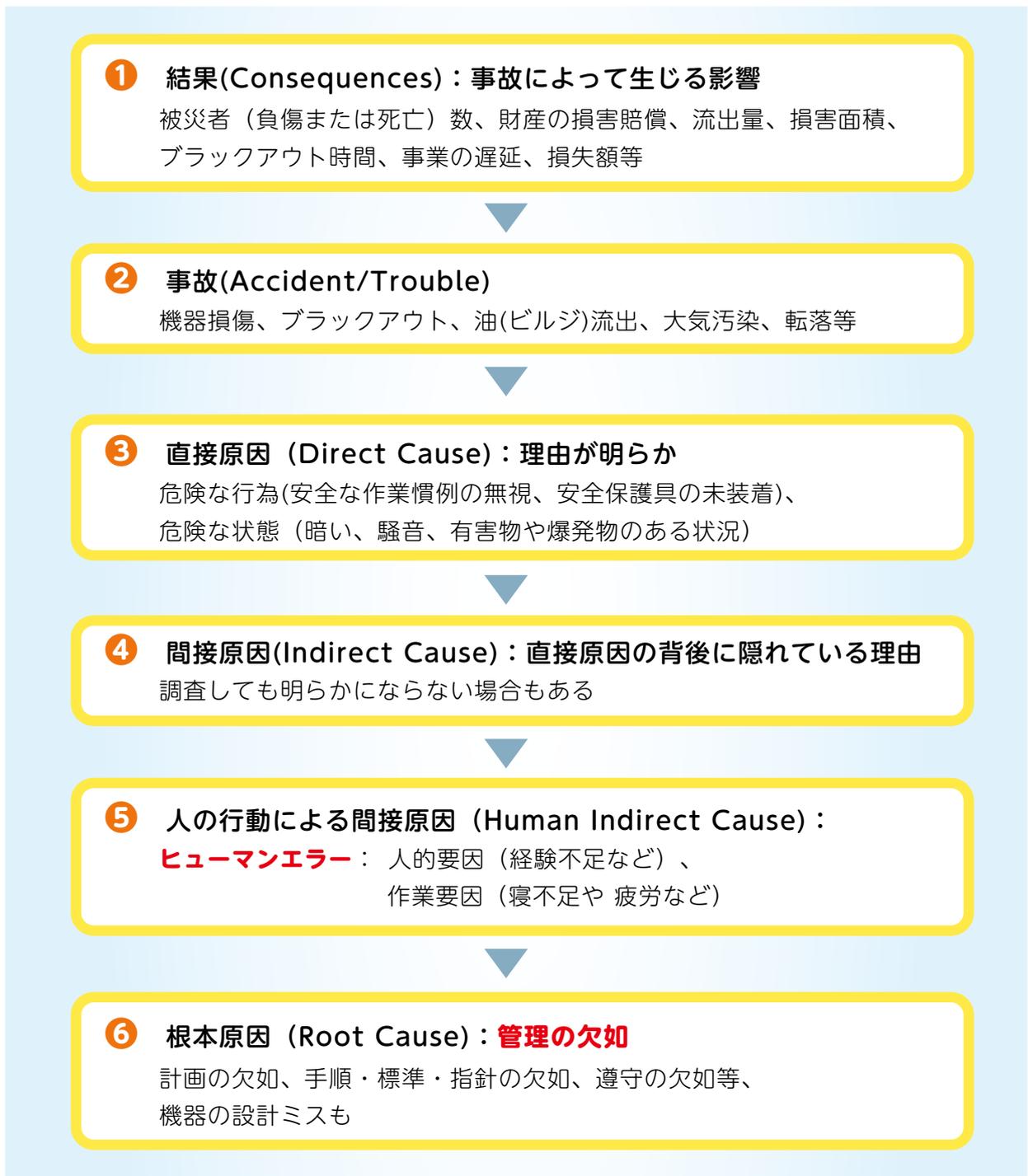


図 45 「事故と原因の関係、及び、原因追跡フロー」

このフロー図にそれぞれの事故例に当てはめたものを表 46、47、48 に示します。



事故例① ピストン焼損・ピストンスカート割損事故

項目	内容
③ 直接原因	潤滑油の供給通路が塞がれてピストンが冷却不足となり、ピストンがシリンダライナに焼き付いてピストンスカートが割損し、シリンダライナ、クランク室ドア等が損傷した。
⑤ 間接原因	① 「スナップリングが正しく装着されていなければ機関故障に発展する」危険予知の認識がなかった。
	② クランク室内の点検時に、「クランク室内の底部の異物（軸受の金属片や燃焼残さ物等）のみならず、ピストンやライナの部品の状態も」観察すべきだった。
	③ 見回りにより、事故の兆候を把握できなかったか？
⑥ 根本原因	以下の指針が確立されていなかった。
	① メーカー工事の際に工事前に「組立て工事の重要手順、本船立会いタイミング、本船ヘルプの要否等」確認事項の指針
	② 本船が異常状態を発見した場合に、「速やかに、メーカーから助言をおおぎ、応急措置を施す」という指針 同指針にはライナを点検の際に、ピストン位置調整の工夫が必要であることを付け加える。
	③ スナップリングのように、破損すると事故に発展する部品もあるため、点検整備／組立に関し「メーカーへの作業注意指示もしくは本船の現場立会い」の指針およびチェックリスト

表 46 原因分析（ピストン焼付き、ピストンスカート割損 事例）

事故例② クランクピン軸受損傷事故

項目	内容
③ 直接原因	接続棒ボルトが切断したことから、接続棒の大端部が自由となって接続棒がクランク室ドアを突き破り、主機の運転ができなくなった。
⑤ 間接原因	① 「接続棒を正しく締め付けしないと機関故障に発展する」危険予知の認識がなかった。
	② 見回りにより、事故の兆候を把握できなかったか？
⑥ 根本原因	以下の指針が確立されていなかった。
	① 接続棒の組み立てに関し、「締め付け方法、トルクレンチの取扱い、部品組みつけやナット当たり面の清掃、締め付けボルトの探傷など」の整備指針
	② 本船整備工事の際に、「機関長・一機士が確認すべき事項」の安全指針

表 47 原因分析（クランクピン軸受け 事例）

事故例③ 油濁事故

項目	内容
③ 直接原因	一機士（補油作業の責任者及びバージとの連絡係）による、オーバーフロー後の緊急停止措置の遅れ
⑤ 間接原因	① 技術知識の不足 <ul style="list-style-type: none"> ● タンク液位計測の方法 ● タンク残油（補油量）計算方法（タンクテーブルによるトリム・ヒールコレクションの実施）
	② 安全・環境意識の不足 <ul style="list-style-type: none"> ● 管理者の安全・環境に対する意識 ● 一機士，二機士，三機士の危険に対する認識（危険予知） ● タンク計測が不十分な場合に発生が予想される事故 ● 緊急対応が不適切な場合に拡大が予想される事故 ● 安全教育関連：緊急対応手順書への習熟 ● 安全管理規定関連：緊急対応訓練計画の作成と実施
⑥ 根本原因	① 補油手順書に関し、以下を不履行 <ul style="list-style-type: none"> ● 補油計画前の注意：残油計測 ● 補油計画策定時の注意： <ul style="list-style-type: none"> (a) 受入計画（積切りタンクスペースを 10%以上確保 = 90%を超えないように計画） (b) 役割分担（人員配置）、受入れタンクレベルの予測 (c) 管理者による監督、ダブルチェック ● 補油作業前の注意： <ul style="list-style-type: none"> (a) 補油受入計画周知のためのミーティング (b) 緊急対応時の対応の再確認 ● 受入前の注意点：全タンク計測、役割分担、残油計算、管理者による監督 ● 補油中の注意点：定期的なタンクレベル計測（遠隔液面計、実測〈サウンディングスケール〉） ● 積切り時の注意点：積切り前の積込量及びタンクレベルの把握 ● 緊急対応手順書（オーバーフローした際に、一機士が即座に対応すれば、船外流出を抑えられた可能性が高い）
	② 日常業務管理に関し、以下が不十分 <ul style="list-style-type: none"> ● 計画、配員、実行の報告と確認と計画の変更等の情報共有が存在しない、不適切、もしくは、不履行

表 48 原因分析（補油時の油濁 事例）



発生事象の分析を PDCA サイクル（Plan（計画）－ Do（実行）－ Check（評価）－ Action（改善））の観点から捉えてみると、第2章で説明したように「安全とは、危険を回避した結果」が要点になります。

機関関係事故の場合、Plan（計画）はメーカーの取扱説明書、作業分析、経験則、過去の教訓、自然科学の原理原則、各種技術情報等に基づいて策定された手順書・指針です。

それらは単純に技術を作業手順にまとめることだけを意味していません。各作業の中で想定されるおおもとのリスクを事前に抽出し、そのリスクレベルを低減させるための分析によって、対処可能な対策を導きます。

また、人がリスク管理のおおもとにある手順書・指針を正確に理解し（人的要因）、それを確実に実行できれば、リスクの程度を低減できます。しかし、人の経験不足や疲労があれば、その立派な手順書・指針を正確に実行（Do）できず、リスクの低減はできません。最悪の結果として危険を避けられなくなります。人の行動の部分はおおもとの計画と結果を結び付ける中間に位置します。よって、原因の分類で考えた時、人が実行できなかったことは間接原因にあたります。

船上業務を芝居（ドラマ）に例えてみました。手順書や指針を台本（Plan）に、乗組員の行動を役者の演技に置き換えます。台本が貧弱でも、優れた役者がその弱点を名演技（Do）によって克服すれば大作に発展します。しかし、本船で、船主や船舶管理者がスーパースター（名乗組員）を常に出演させることは難しいため、役者を一定以上のレベルで演技させるために、彼らを支えるための素晴らしい（魅力的な）台本を準備することが重要です。

一方、事故分析は Check（評価）であり、再発防止策は Action（改善）です。さらに、再発防止策が有効に機能していることの効果検証として更なる Plan の改善に取組められれば理想的です。

しかし、事故発生後、当事者は一般的に顕在化させやすい目の直接原因に焦点を当てがちです。そのため、対処療法的な対策を講じることが多いようです。ロスプリガイド Vol.35「安全について考える」の中で説明した墓標型対策方式がこれにあたり、こうした対処療法では、同様の事故が再発します。

繰り返しになりますが、更に根本原因までを掘り下げて再発防止策を導くことです（予防型対策方式）。したがって、まずは、事故に至るまでの「発生事象」を特定し、次に個々の事象がなぜ発生したのかを分析して原因を抽出します。そして、最後にその原因を排除する方法を検討することによって、再発防止策を導きだします。

なお、国際安全管理コード（ISM Code）2010年改正において、セクション1.2.2「その船舶、人員、及び、環境について識別されたすべてのリスク（危険）の評価を行い適切な予防措置を確立すること」とセクション9.2「会社は、再発防止策を含めた是正措置実施のための手順を確立しなければならない」が明記されました。よって、リスク評価と再発防止策のスキームは各社 SMS マニュアルの中で確立されていると思います。ご確認ください。

§ 4-5-2 再発防止対策

事故例①～③の根本原因をまとめると、以下の項目が十分でなかったことで事故発生に至ったものと考えられます。いずれも指針や手順書が整備され、船員教育を徹底し、作成した指針や手順を厳守することが求められます。

- ① メーカーの取扱説明書に基づく整備・点検の履行
- ② 基準に従った部品交換
- ③ 整備・修理組立て工程での重要箇所の確認
- ④ 五感を生かした見回り
- ⑤ 機器の基本構造とトラブルの関係の理解
- ⑥ 手順書や指針の整備
- ⑦ 船員教育の徹底

特に油濁事故を含む機関関係事故予防は、次の項目が重要です。

整備

船上のシステムや装置は、原理原則に基づいて、設計とおりに、正常に作動しなければなりません。そのため、本船の乗組員は、日ごろからそれらを計画的に整備・点検しなければなりません。よって、対策は、船舶管理者が Plan（計画）となる「指針策定とその徹底指導の体制」を確立することです。例えば、その指針には、計画保守整備（PMS）や手順書／整備指針／作業チェックリストが必要です。

状態監視

船上のシステムや装置は、いつも異なる環境条件の下で運転されています。よって、本船の乗組員は、日ごろからそれらの運転状態を正確に把握しなければなりません。もし、彼らが異常を早期認識すれば、タイムリーに的確な処置・対応を取ることができます。よって、対策は本船の乗組員がそれを Do（実行）できるように、船舶管理者が「機関当直の基本」を確立することです。例えば、毎日の点検の励行、及びそのための安全教育です。

教育体制

本船乗組員は、それらの基本構造に関するトラブルを理解していなければなりません。よって、本船の乗組員がそれを Do（実行）できるように、「知識レベルの維持、及び向上体制＝教育体制」を船舶管理者が確立することが重要です。例えば、船上のシステムや装置について、基本事項・構造を再教育すること、及び事故事例の勉強会を開催することです。表 49 に、これらをまとめました。



No	不十分な事項	対策	「ETM」の要点
①	メーカー取扱説明書に基づく整備・点検の履行	計画保守整備 (PMS) / 手順書 / 整備指針 / 作業チェックリスト	整備
②	基準に従った部品交換		
③	整備・復旧組立て工程での重要箇所の確認		
④	五感を生かした見回り	毎日の点検&安全教育	状態監視
⑤	機器の基本構造とトラブルの理解	基本事項・構造を再教育	教育体制

表 49 まとめ

§4-6 運航スケジュールが厳しい船への提案

内航船や外航コンテナ船、PCCのように、運航スケジュールが厳しい船では本船が整備の質を確保するために工夫も必要です。すなわち、このような船では、運航時間の影響で運転管理が主となるからです。

そうした中で本船乗組員は、短い停泊時間に小規模の保守整備作業のみ実施できます。例えば、機関の燃料噴射弁の交換などです。しかし、それを超えるような中規模の保守整備は、短時間で実施することは、不可能です。

そのため、中規模の保守整備は停泊中に機関メーカーや船舶修理業者によって実施されるケースが必然的に多くなります。さらに、大規模な保守整備はドック時に上記の業者によって実施されることになります。その結果、乗組員は保守整備の機会や経験が少ないため、実務経験を積む機会も少なくなってきましたので、乗組員によるこうした中・大規模整備作業の技術レベルを向上させることに期待ができなくなってきたのが実情です。

したがって、船舶管理者は上記の整備事情や乗組員の技術レベルに注意を払わなければならない、それを補うために整備部位別の整備・点検及び組立の注意点がまとめられたチェックリストは役に立ってきます。このようなチェックリストを作成し、本船に指示徹底することが重要です。

また、チェックリストは可能であれば本船の乗組員によって作成されることがもっとも有効ですが、もちろん、機関メーカーや技術コンサルタントへ外部委託することも一案です。

おわりに

安全とは危険を全て回避した結果に過ぎず、世の中に「安全というものは存在しない」と考える方が自然です。危険を避ける計画の精度が高ければ安全に近づきます。そのため、PDCA の手法を見逃すことはできません。

よって、SMS マニュアルや安全管理規定などの手法は非常に合理的です。しかし、本船の安全管理を実施する中で構築したこのようなシステムを動かすには、かなりの人のエネルギーが必要となります。そのエネルギーになるものが安全文化であると考えることが求められます。この文化を考えていく上で、安全を支えている3つの事項「科学」・「技術」・「技術者」のピラミッドを考える必要があります。

それらを踏まえ、今回の事件事例の分析では、人の行動特性に照らし合わせて「なぜそのような危険行為を取ってしまったのか」という部分まで踏み込んで分析を行い、「そうならないために、どうしたら良いのか」という予防対策を講じなければ、同種の事故は再発すると考えました。

重要なことは、事故に至るまでのそれぞれの発生事象を正確に分析して、その背後に隠れている原因や管理の欠如を抽出／検討し、それらを排除するための有効な再発防止策を導くことです。予防型対策方式の大切さを改めて認識いただけたでしょうか。

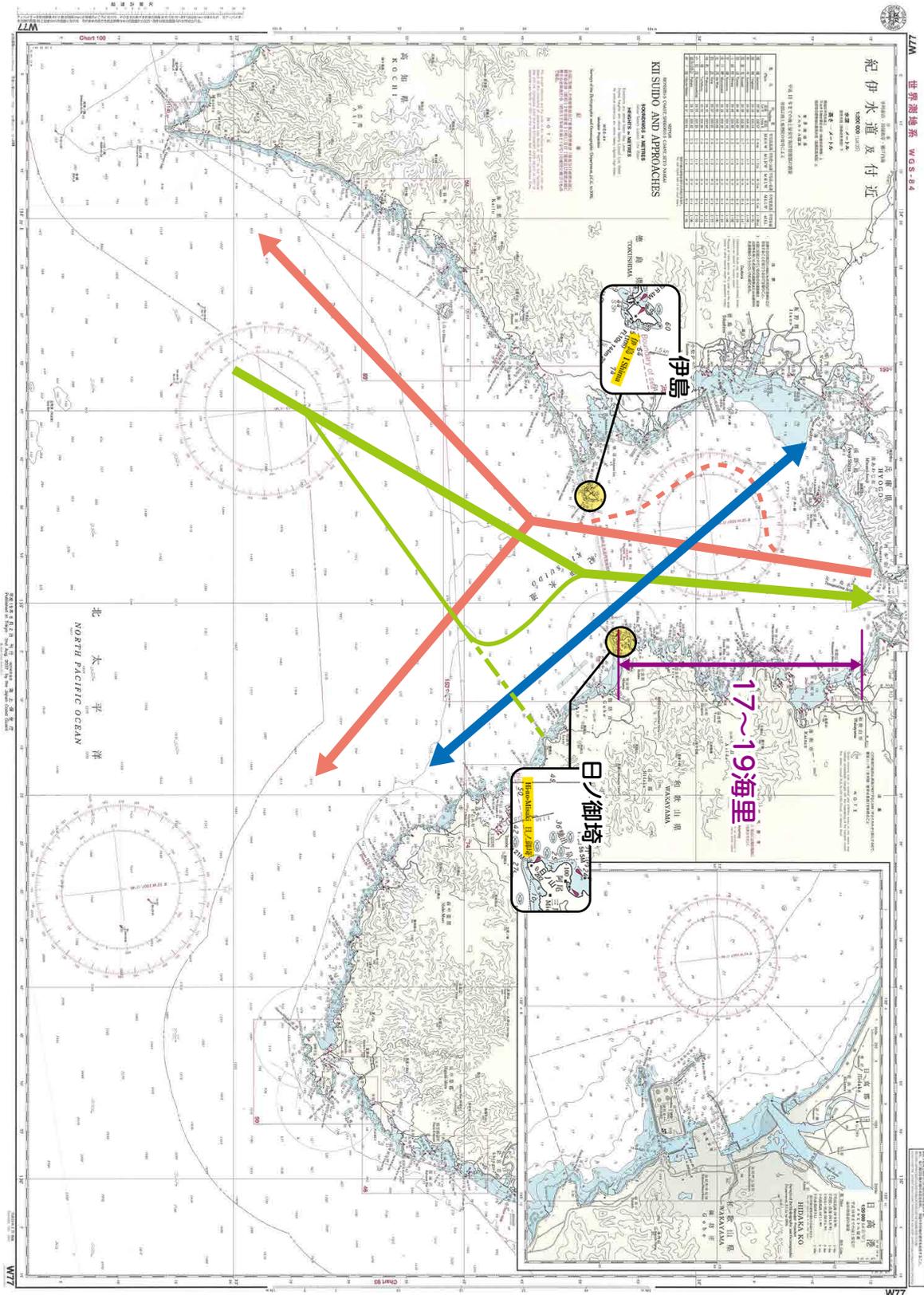
最後に、航海の安全においては、当直の基本である「見張り」や「見回り」という状態監視の大切さを決して忘れてはならないことを申し添えます。

参考文献

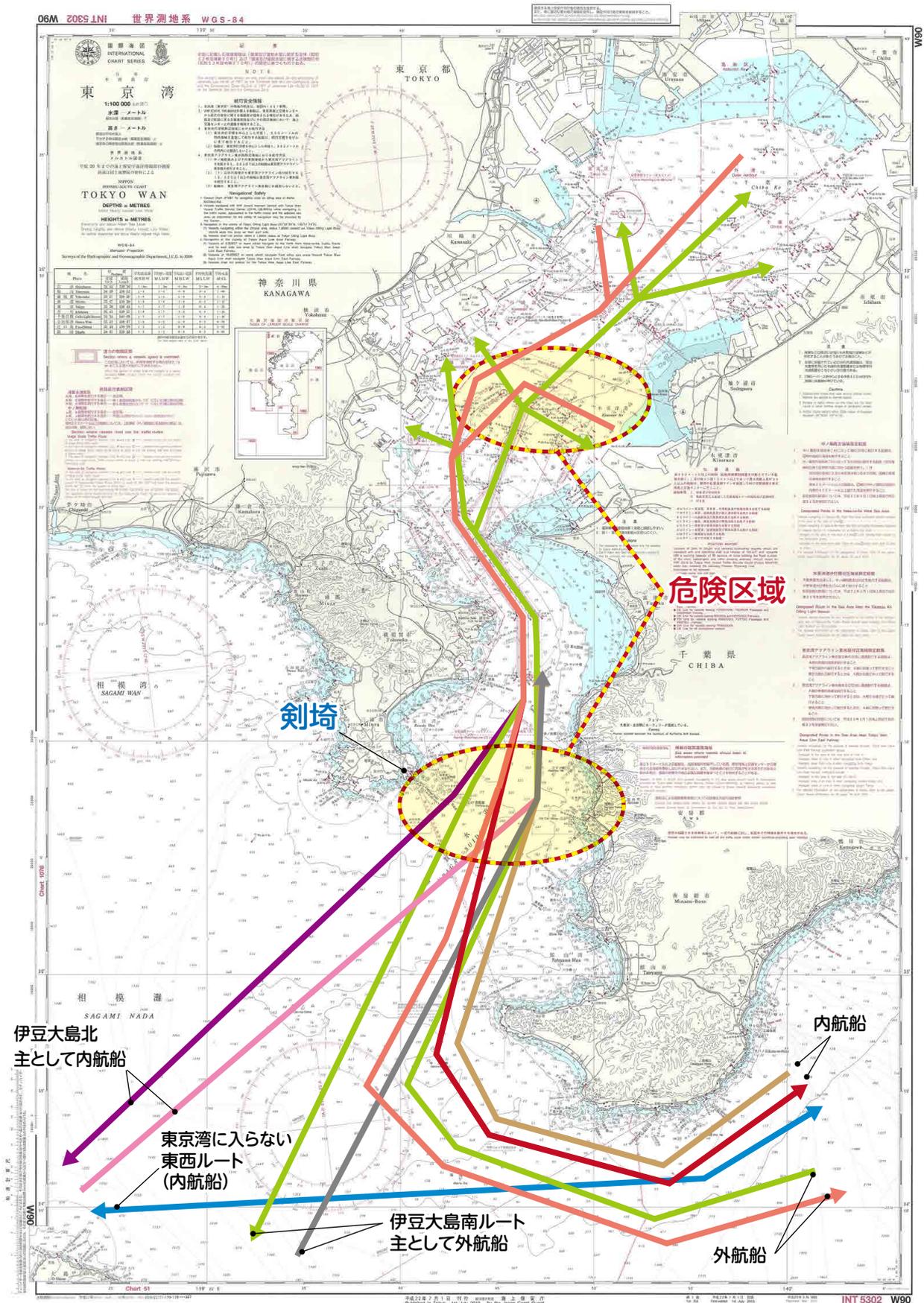
- (1) 国土交通省 運輸安全委員会「事故」及び「インシデント」の調査報告書
報告書検索サイト：<http://jtsb.mlit.go.jp/jtsb/ship/index.php>
- (2) 日本海事協会 (Class NK)
 - ・ Class NK 会誌 2009～2014 年度「損傷のまとめ」
 - ・ No. 292, 296, 301, 304, 309, 312
- (3) 海上保安庁発行水路回誌
 - ・ 図 30 紀伊水道
 - ・ 図 31 東京湾

添付資料

添付資料① : 紀伊水道 交通体系図 (図 30 の拡大図)



添付資料② : 東京湾 交通体系図 (図 31 の拡大図)



添付資料③ : 船舶の4サイクルディーゼル機関

船舶の4サイクルディーゼル機関の基本構成は、自動車のエンジンとほぼ同じです。図50のとおり、上部の動力部と下部の駆動機構で構成されています。

動力部は、シリンダライナとピストンで構成されています。ここは供給された燃料が爆発する部分です。ピストンはシリンダ内に挿入されていて、燃焼室を構成します。燃焼室へ燃料が供給され、そこで燃料が爆発することによって動力が発生します。

駆動機構は、接続棒とクランク軸で構成されています。ここは機関が推進力を発生させる部分です。ピストンが燃焼室で得た「動力」は接続棒を介して、クランク軸へ伝達されます。ピストンの往復運動はクランク軸によって回転運動に変換されます。それが駆動力である本船推進力となります。

動力部もしくは駆動機構に損傷が発生すれば、推進力が得られません。したがって、それは船舶の運航に影響を及ぼします。

クランク室の特徴を説明します。クランク室は、クランク軸が納められている箱状の部屋です。同室にはドアが付いているので、内部の点検が可能です。しかし、同ドアは小さいので、手鏡を利用したり、クランク軸の位置を調整すれば、乗組員は内部構造物の状態を十分に監視できます。

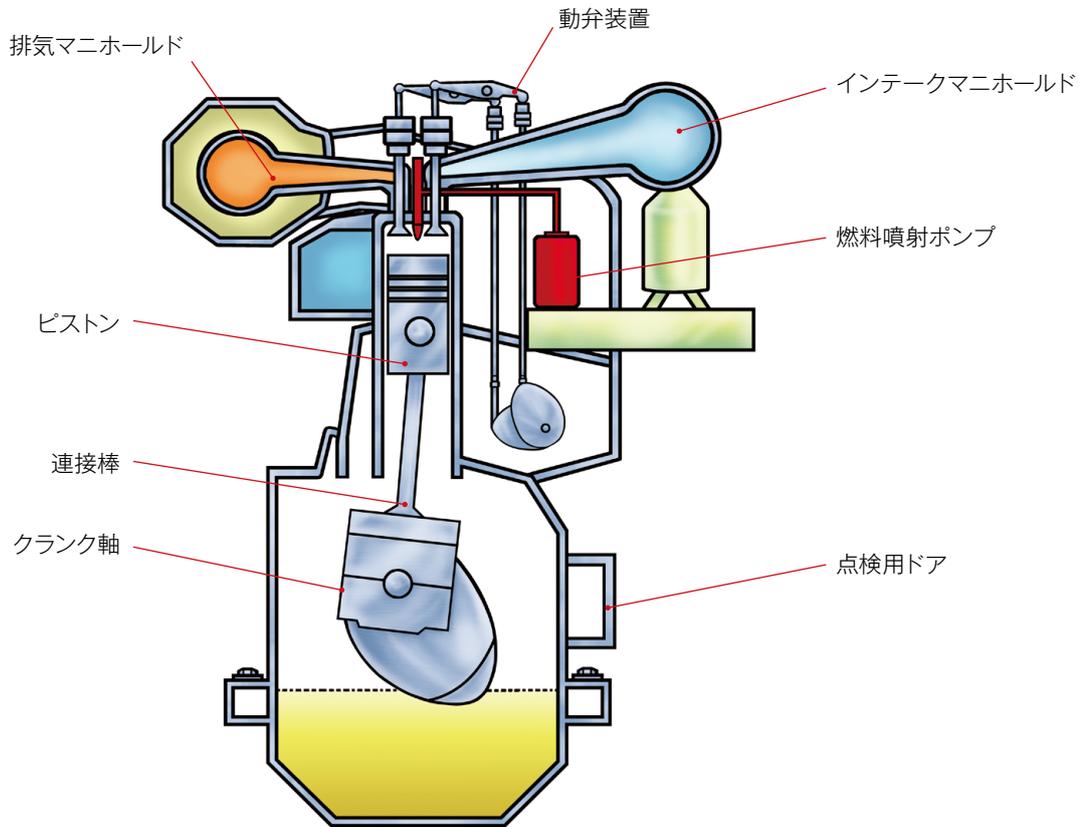


図50 4サイクルディーゼル機関断面図

添付資料④ : 追加機関事故例 (3件)

【参考情報】

運輸安全委員会の事故調査報告書より、機関事故が原因で運航不能となった事例を3つ、当組合の事故分析とあわせてご紹介致します。

【事故例④ 概要】

錨泊後の入港準備作業で主機始動操作を行ったところ、異音が発生しました。

本船の乗組員による各部点検の結果、No.6 シリンダー指圧器弁から水の噴出を認めました。

過給機ケーシングに破孔が生じ、漏れた冷却水がシリンダー内へ入ったため、主機の始動操作を行った際に接続棒の曲損に至ったものです。

運輸安全委員会分析		当組合分析		
項目	内容	項目	内容	備考
原因分析	<p><船体・機関等の関与>あり</p> <p><判明した事項の解析></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 本船は、錨泊中、主機関の過給機ケーシングに破孔を生じ、漏れた冷却水がシリンダー内に入ったことから、抜錨し、入港準備作業で主機の始動操作を行った際、接続棒が曲損し、主機の運転ができなくなって運航不能になったものと考えられる。 ● 本インシデントの約2か月前に行われた過給機ケーシングの板厚計測において、一部薄い箇所があることが確認された際、使用限界値と過去の履歴を確認し、同ケーシングを交換していれば、本インシデントの発生を防止できた可能性があると考えられる。 ● 主機始動前に指圧器弁を開けて空気運転を行っていれば、本事故の発生を防止できた可能性があると考えられる。 	直接原因	<p>主機の過給機ケーシングに破孔を生じ、漏れた冷却水がシリンダー内に入ったため、主機の始動操作を行った際、接続棒が曲損し、主機の運転ができなくなった。</p>	(報告書)
		間接原因	<p>以下の指示書が存在したが、厳格に運用されていなかった。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 過給機の整備指示書 ● 主機関の運転指示書 <p>以下の認識がなかった。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 「ケーシングの板厚使用限度を超えて使用すると機関故障に発展する」の認識 ● 「なぜケーシングの板厚の衰耗が進行するのか」の認識 ● 「主機をいきなり始動した場合に、液体圧縮による接続棒の曲損事故等に発展するか」の認識 ● 見回りにより、事故の兆候を把握できなかったか？ 	<p>(報告書)</p> <p>(報告書)</p> <p>(推定)</p> <p>(推定)</p> <p>(推定)</p>
		根本原因	<p>以下の指針がなかった。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 「過給機の板厚の減肉にも影響のある冷却水の水質管理指針」 	(推定)



運輸安全委員会分析		当組合分析		
項目	内容	項目	内容	備考
再発防止策	<p>今後と同種事故等の再発防止に役立つ事項として、次のことが考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 過給機ケーシングの板厚計測を行い、使用限界より薄い箇所が発見された場合は、早期に交換すること ● 主機始動前及び停止後には指圧器弁を開けて空気運転を行い、シリンダ内への異物混入の有無を確認すること ● 防錆剤の投入により、冷却水の水質管理を適切に行うこと 	再発防止策	<p>(1) 船舶管理者は、以下の安全通達を作成し、整備および機関運転に関する手順書の遵守を注意喚起する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 「過給機のメーカー取扱説明書の整備基準に沿って策定された本船の整備指示書を厳格に運用するように」 ● 「主機関のメーカー取扱説明書に沿って策定された本船の運転指示書に基づき厳格に運転操作するように」 <p>(2) 船舶管理者は、以下の注意を喚起する。安全ポスターも一策。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 「五感を生かした見回りの重要性」 <p>(3) 船舶管理者は、以下の指針を作成し、腐食抑制の体制を確立する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 「過給機の板厚の減肉にも影響のある冷却水の水質管理指針」 <p>(4) 船舶管理者は、以下について船員教育を徹底する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 「過給機の構造を理解させ、ケーシングの板厚使用限度を超えて使用した場合には、どのような事故が予想されるか」 ● 「なぜケーシングの板厚の衰耗が進行するのか？それを抑制するにはどのような注意、管理が必要か」 ● 「主機関の構造を理解させ、液体がシリンダ内に侵入した場合に、主機をいきなり始動したら、どのような事故が予想されるか」 ● 「五感を生かした見回り」 	<p>機関管理</p> <p>機関管理</p> <p>状態監視</p> <p>機関管理</p> <p>教育</p> <p>教育</p> <p>教育</p> <p>教育</p>

表 51 機関事故例④

《原因ポイント》 整備基準無視、運転手順書無視、教育訓練不足、見回り不十分等

【事故例⑤ 概要】

航行中、主機、逆転減速機の潤滑油圧力低下警報装置が作動しました。

バックアップ用の電動潤滑油ポンプが自動始動したものの機付の油圧計の指示は 0kg/cm^2 を示していました。同ポンプを一旦停止、再始動しましたが、一旦は圧力が上昇するも、すぐに低下しました。本船の乗組員による逆転減速機用潤滑油ストレーナーの解放点検の結果、金属粉の混入を認めたため主機の運転を断念しました。

機関メーカーによって行われた逆転減速機の点検の結果、直結潤滑油ポンプ駆動歯車軸のニードル軸受け及びインナーレースの損傷、前後進クラッチ軸のブッシュ及び軸受けメタルの損傷が発見されました。

運輸安全委員会分析		当組合分析		
項目	内容	項目	内容	備考
原因分析	<乗組員等の関与> :あり <船体・機関等の関与> :あり <判明した事項の解析> <ul style="list-style-type: none"> ● 本船は、航行中、逆転減速機の潤滑油ポンプのニードル軸受けが損傷して油圧が低下し、潤滑油供給量が不足したことから、主機の運転ができなくなり、運航不能となったものと考えられる。 ● 主機は、潤滑油ポンプのニードル軸受けが就航当時から使用されており、経年により同軸受けが損傷に至った可能性があると考えられる。 	直接原因	逆転減速機の潤滑油ポンプのニードル軸受けが損傷して油圧が低下し、潤滑油供給量が不足したことから、主機の運転ができなくなった。	(報告書)
		間接原因	(1) 主機関の逆転減速機の駆動軸に直結の機付き潤滑油ポンプ整備指示書が存在したが、厳格に運用されていないかった。 (2) 以下の認識がなかった。 <ul style="list-style-type: none"> ● 「潤滑油ポンプのニードル軸受けを交換推奨使用時間を越えて使用すると機関故障に発展するか」の認識 (推定) ● 見回りにより、事故の兆候を把握できなかった? (推定) 	(報告書)
		根本原因	以下の整備指示書が確立されていないかった。 <ul style="list-style-type: none"> ● 「潤滑油システム中の逆止弁のような細部の作動確認」 (推定) 	(推定)



運輸安全委員会分析		当組合分析		
項目	内容	項目	内容	備考
再発防止策	<p>今後の同種事故等の再発防止に役立つ事項として、次のことが考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 定期的に逆転減速機の潤滑油ポンプを開放してニードル軸受を点検し、取扱説明書に記載された時間内で同軸受の交換を行うこと 	再発防止策	<p>(1) 船舶管理者は、以下の整備指針を作成し、本船に徹底させる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 「逆止弁のような細部の作動確認に関し、具体的に何をどのようにするか？」 <p>(2) 船舶管理者は、以下の安全通達を発行する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 「潤滑油ポンプのメーカー取扱説明書の整備基準に沿って策定された本船の整備指示書を厳格に運用するように」 <p>(3) 船舶管理者は、以下の注意を喚起する。安全ポスターも一策。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 「五感を生かした見回りの重要性」 <p>(4) 船舶管理者は、以下について船員教育を徹底する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 「潤滑油ポンプの構造を理解させ、ニードル軸受を交換推奨時間を超えて使用した場合には、どのような事故が予想されるか」 ● 「五感を生かした見回り」 	<p>構造の理解</p> <p>機関管理</p> <p>状態監視</p> <p>教育</p> <p>教育</p>

表 52 機関事故例⑤

《原因ポイント》 整備基準無視、潤滑油システム中の逆止弁（逆流防止）管理不足、教育訓練不足、見回り不十分

【事故例⑥ 概要】

航行中、機関室より異音が発生し、主機関 No.3 シリンダ付近で潤滑油の漏出を本船乗組員は発見しました。本船の乗組員は主機メーカーの指示を受けながら No.3 シリンダのシリンダーヘッド用のカバーを開放したところ、吸気弁 2 本の内、1 本が失われている状態を発見しました。

主機メーカーによるシリンダヘッドの開放作業が行われた結果、吸気弁のコッタ（吸気弁／排気弁の弁棒部の加工溝部にはめ込み、弁が脱落しないように固定する 2 つ割の金具）の爪部の衰耗によりコッタが装着部から外れており、吸気弁 1 本がシリンダ内へ脱落しピストン頂部を貫通していることが判明しました。なお、さらなる詳細点検により過給機のタービンノズルリング及びローターも破損に至っていることも判明しました。

運輸安全委員会分析		当組合分析		
項目	内容	項目	内容	備考
原因分析	<船体・機関等の関与> あり <判明した事項の解析> ● 本船は、航行中、主機関 No.3 シリンダの吸気弁に使用されていたコッタの爪部が、経年使用によって衰耗して外れ、吸気弁がシリンダ内に脱落したことから、シリンダヘッドとピストン頂部とに挟撃されてピストン等が損傷し、主機の運転ができなくなり、運航不能となったものと考えられる。	直接原因	● 主機関 No.3 シリンダの吸気弁に使用されていたコッタの爪部が、経年使用によって衰耗して外れ、吸気弁がシリンダ内に脱落した。	(報告書)
		間接原因	● 「コッタ及び吸排気弁のコッタ当たり面が磨耗すれば機関故障に発展する」認識がなかった。 ● 見回りにより、事故の兆候を把握できなかった？	(推定) (推定)
		根本原因	以下の指針が確立されていなかった。 ● 「船舶購入後、重要機器から優先的に、時期を見て、分解整備し、各部計測・記録をスタートする」旨の整備指針 ● 「付属品や関連部品の細部の整備に関し、具体的にどの部品に何をするか？」の整備指針 ● 「開放整備時に、コッタ部の衰耗状況を把握するために、計測点検」の整備指針	(推定) (報告書) (推定)



運輸安全委員会分析		当組合分析		
項目	内容	項目	内容	備考
再発防止策	<p>今後の同種事故等の再発防止に役立つ事項として、次のことが考えられる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 主機のシリンダヘッドの開放整備時には、コッタ及び吸排気弁のコッタ当たり面の点検を入念に行うこと 	再発防止策	<p>(1) 船舶管理者は、以下の指針を作成し、細部まで点検整備行なう体制を確立する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 「船舶就航後、重要機器から優先的に、時期を見て、分解整備し、各部計測・記録をスタートする」旨の整備指針 ● 「付属品や関連部品の細部の整備に関し、具体的にどの部品に何をするか？」の整備指針 ● 「開放整備時に、コッタ部の衰耗状況を把握するために、計測点検」の整備指針 <p>(2) 船舶管理者は、以下の注意を喚起する。安全ポスターも一策。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 「五感を生かした見回りの重要性」 <p>(3) 船舶管理者は、以下について船員教育を徹底する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 「シリンダカバー回りの構造を理解させ、整備不良の場合には、どのような事故が予想されるか」 ● 「五感を生かした見回り」 	<p>機関管理</p> <p>機関管理</p> <p>構造の理解</p> <p>状態監視</p> <p>教育</p> <p>教育</p>

表 53 機関事故例⑥

《原因のポイント》 重要機器の分解整備をせず、保守整備時間管理不十分
重要機器の付属装置に関する部品の管理不足、教育訓練不足、見回り不十分



JAPAN P&I CLUB
P&I ロスプリベンションガイド



著者近影

日本船主責任相互保険組合
ロスプリベンション推進部長
船長 岡田卓三



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

イラスト制作: 桐生真琴