

船舶インシデント調査報告書

船種 船名 ロールオン・ロールオフ貨物船 ひまわり 6
船舶番号 136879
総トン数 10,471トン

インシデント種類 運航不能（機関故障）

発生日時 平成30年8月7日 19時29分ごろ

発生場所 福岡県新宮町相島西方沖
筑前相島灯台から真方位275° 3.0海里付近
(概位 北緯33° 46.0′ 東経130° 18.0′)

令和元年10月23日

運輸安全委員会（海事専門部会）議決

委員 佐藤 雄二（部会長）

委員 田村 兼吉

委員 岡本 満喜子

要 旨

<概要>

ロールオン・ロールオフ貨物船ひまわり6は、船長ほか13人が乗り組み、福岡県新宮町相島西方沖を北北東進中、平成30年8月7日19時29分ごろ、主機3番シリンダのシリンダヘッドの左舷側が持ち上がって主機を運転することができなくなり、運航不能となった。

<原因>

本インシデントは、夜間、ひまわり6が、相島西方沖を北北東進中、主機3番シリンダのシリンダヘッド締付用ナットの締付けが不十分で、締付軸力の不足が生じた状態で主機の常用運転が続けられたため、一部のねじが緩んでその周りのねじに大きな引張軸力がかかり、ねじ山の限界応力を超えてそのねじが破断し、左舷側4個のシリンダヘッド締付用ナットが脱落してシリンダヘッドの左舷側が持ち上がり、燃料油、

冷却清水等が吹き出して主機の運転ができなくなったことにより発生した可能性があると考えられる。

主機3番シリンダのシリンダヘッド締付用ナットの締付けが不十分で締付軸力の不足が生じたのは、平成30年4月下旬から5月上旬の入渠^{きよ}時に主機の整備が行われた際、3番シリンダのシリンダヘッド取付作業時、シリンダヘッド締付用ナットの締付油圧の確認が行われなかったことによる可能性があると考えられる。

1 船舶インシデント調査の経過

1.1 船舶インシデントの概要

ロールオン・ロールオフ貨物船ひまわり6は、船長ほか13人が乗り組み、福岡県新宮町相島西方沖を北北東進中、平成30年8月7日19時29分ごろ、主機3番シリンダのシリンダヘッドの左舷側が持ち上がって主機を運転することができなくなり、運航不能となった。

1.2 船舶インシデント調査の概要

1.2.1 調査組織

運輸安全委員会は、平成30年9月10日、本インシデントの調査を担当する主管調査官（門司事務所）ほか1人の地方事故調査官を指名した。

1.2.2 調査の実施時期

平成30年9月11日、14日、10月2日、11月27日、12月7日、14日、18日、25日 口述聴取

平成30年9月20日、10月12日、25日、30日、11月8日、12月4日、20日、平成31年3月15日、4月15日、25日 回答書受領

平成30年10月16日 現場調査及び口述聴取

1.2.3 原因関係者からの意見聴取

原因関係者から意見聴取を行った。

2 事実情報

2.1 インシデントの経過

本インシデントが発生するまでの経過は、ひまわり6（以下「本船」という。）の機関長、機関士2人（以下「機関士A」及び「機関士B」という。）及び本船の船舶所有会社（堀江船舶株式会社、以下「A社」という。）担当者の口述並びに船長、操機長及びA社の回答書によれば、次のとおりであった。

本船は、船長及び機関長ほか12人が乗り組み、福岡県福岡市博多港において、シャーシ131台、コンテナ台車60台、トラック5台、中古車2台、農機2台及び重機1台（合計約3,296t）を積載し、船首約5.93m、船尾約6.95mの喫水で、平成30年8月7日18時30分ごろ岡山県玉野市宇野港に向けて博多港を出

港した。

本船は、博多港を出港した後、スタンバイ配置を解き、操機長が機関室当直に当たり、主機の回転数を増速プログラムにより自動で増速しながら機関室の機器の点検及び各部の温度、圧力等の計測を行った。

本船は、主機が回転数毎分（rpm）約110となり、約20ノットの対地速力で相島西方沖を北北東進中、19時27分ごろ操機長が機関室機器の見回りを終えて機関制御室に戻り、機関日誌を記載していたところ、19時29分ごろ、突然、ドーンという異音が発生するとともに機関制御室のガラス窓に燃料油、冷却清水等が降り掛かった。

機関長は、当直中の操機長から機関室の現状の連絡を受けた直後に機関室の火災警報が鳴るのを自室で聞き、機関室に駆け付けたところ、主機3番シリンダ付近から左舷側に燃料油、冷却清水等が吹き出しているのを認め、機関制御室で主機を停止した。

機関長は、主機の上段に行き、主機3番シリンダの点検を行ったところ、シリンダヘッドの左舷側が持ち上がり、シリンダヘッドを固定する8個のシリンダヘッド締付用ナット（以下「締付ナット」という。）のうち左舷側の4個が脱落しているのを認め、船長に主機の運転ができないことを報告した。

本船は、船長がA社担当者に本船の運航ができないことを報告し、A社担当者の指示により、19時40分ごろ本インシデント発生場所付近で一旦錨泊した後、A社が手配したタグボートにえい航され、8日14時10分ごろ福岡市能古島^{のこの}西方沖に錨泊した。

本船は、主機3番シリンダを使用しない減筒運転を行う応急作業が行われた後、22時20分ごろ宇野港経由京浜港東京区に向けて出発し、11日05時00分ごろ京浜港東京区に入港し、主機3番シリンダの修理作業が行われた。

本インシデントの発生日時は、平成30年8月7日19時29分ごろであり、発生場所は、筑前相島灯台から真方位275° 3.0海里（M）付近であった。

（付図1 インシデント発生場所概略図 参照）

2.2 人の死傷等に関する情報

A社担当者の口述によれば、死傷者はいなかった。

2.3 船舶の損傷に関する情報

機関長及びA社担当者の口述並びにA社の回答書によれば、船体に損傷はなかったが、主機3番シリンダにおいて、シリンダヘッド締付用植込ボルト（以下「植込ボルト」という。）6本及び締付ナット4個のねじ部に破損、始動空気管、冷却清水出口

管等に破損、燃料高圧管に変形等が生じた。(図1、図2、写真1～3参照)

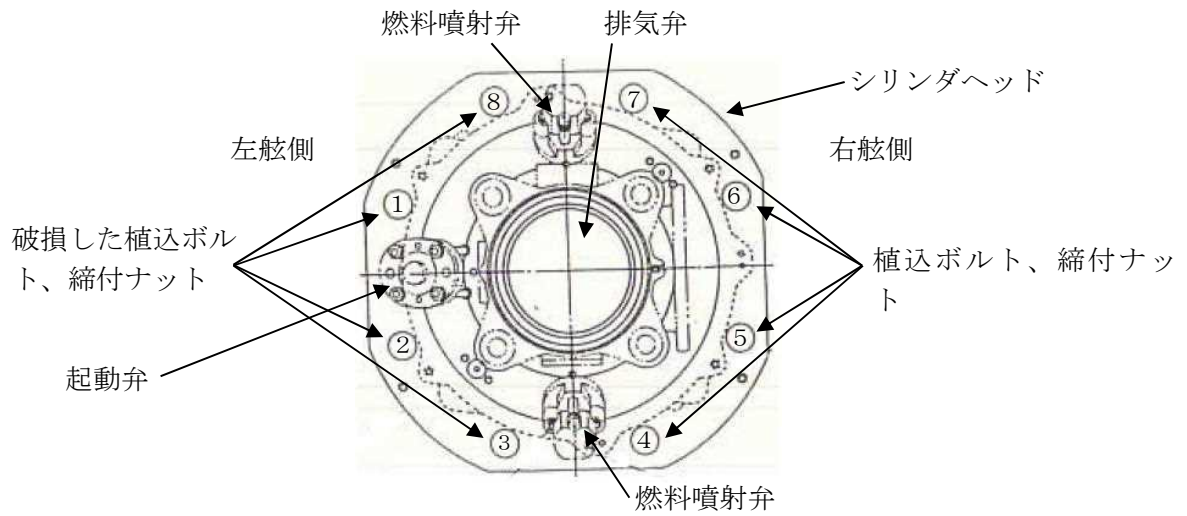


図1 シリンダヘッド（上から見た図）

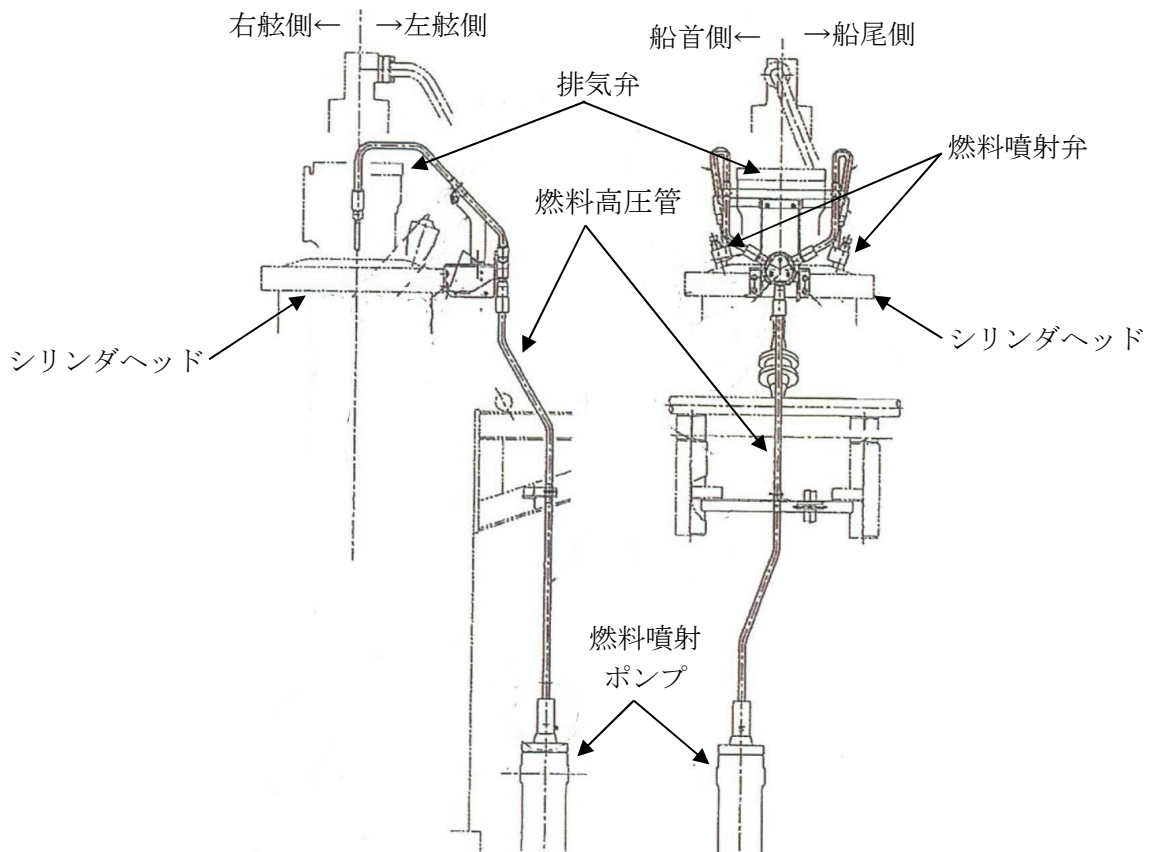


図2 燃料高圧管



写真1 植込ボルト



写真3 締付ナット

ねじ部破損

ねじ部が破損して
抜けたねじ山



写真2 破損した植込ボルトのねじ部

2.4 乗組員に関する情報

(1) 性別、年齢、海技免状

① 船長 男性 55歳

二級海技士（航海）

免許年月日 平成6年12月2日

免状交付年月日 平成26年9月9日

免状有効期間満了日 令和元年12月1日

② 機関長 男性 61歳

三級海技士（機関）

免許年月日 昭和60年8月22日

免状交付年月日 平成27年6月16日

免状有効期間満了日 令和2年6月15日

(2) 主な乗船履歴等

機関長及びA社担当者の口述並びに船長の回答書によれば、次のとおりであった。

① 船長

船長は、学校を卒業して船員となり、平成26年9月にA社に入って航海士として乗船し、同年10月に次席一等航海士として本船に乗船し、平成

27年1月に船長に昇進した。本インシデント当時、健康状態は良好であった。

② 機関長

機関長は、船員養成所を修了して漁船に乗船し、約16年前にA社に入ってから二等機関士として乗船し、その後、本船の就航時から一等機関士として本船に乗船し、約5年前に機関長に昇進した。本インシデント当時、健康状態は良好であった。

2.5 船舶等に関する情報

2.5.1 船舶の主要目

船舶番号	136879
船籍港	福岡県北九州市
船舶所有者	A社、独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
総トン数	10,471トン
L×B×D	166.90m×27.00m×17.94m
機関	ディーゼル機関1基
出力	15,345kW
推進器	4翼可変ピッチプロペラ1個
進水年月日	平成15年10月10日

(写真4、付図2 一般配置図 参照)



写真4 本船

2.5.2 甲板の配置に関する情報

A社の回答書によれば、本船は、上部から順に、羅針儀甲板、航海船橋甲板、船橋甲板、上甲板、2番甲板、1番甲板、B1甲板、B2甲板及びB3甲板から構成され、2番甲板、1番甲板及びB1甲板がトレーラースペースに、B2甲板及びB3甲板が乗用車スペースになっており、船尾側のB1甲板、B2甲板及びB3甲板

が機関室になっていた。

2.5.3 機関室の機器に関する情報

(1) 機関室の機器の配置

機関室は、船首側中央に主機が据付けられていて主機の上方は吹抜けとなっており、B 1 甲板の左舷船首側に機関制御室が配置され、機関制御室の右舷側壁にガラス窓が取り付けられていて、主機の燃料噴射ポンプ周辺が見えるようになっていた。

(2) 主機

主機は、過給機付 2 サイクル 9 シリンダ機関で、船尾側から順にシリンダ番号が付けられており、シリンダヘッド周辺及び燃料ポンプ台周辺が床状をなしており、それぞれの床面が主機上段及び主機中段となっていた。(図 3 参照)

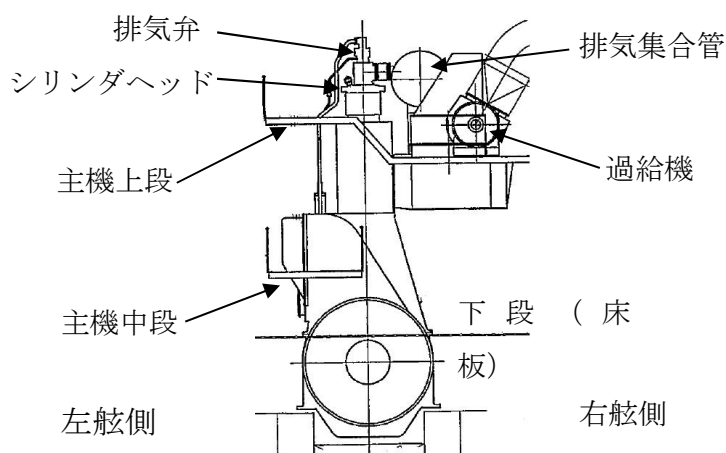


図 3 主機

(3) 主機のシリンダヘッド

主機のシリンダヘッドは、シリンダライナの上部に取り付けられており、中心に排気弁が 1 個、船首側及び船尾側に燃料噴射弁が 1 個ずつ、左舷側に起動弁が 1 個、それぞれ取り付けられており、周囲 8 か所が締付ナットでシリンダジャケットに締め付けられていた。(図 1、図 4、写真 5 参照)

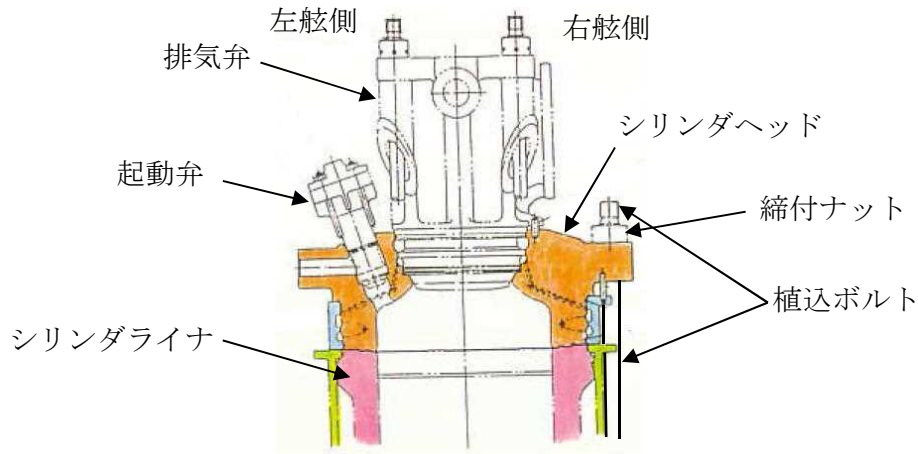


図4 主機のシリンダヘッド

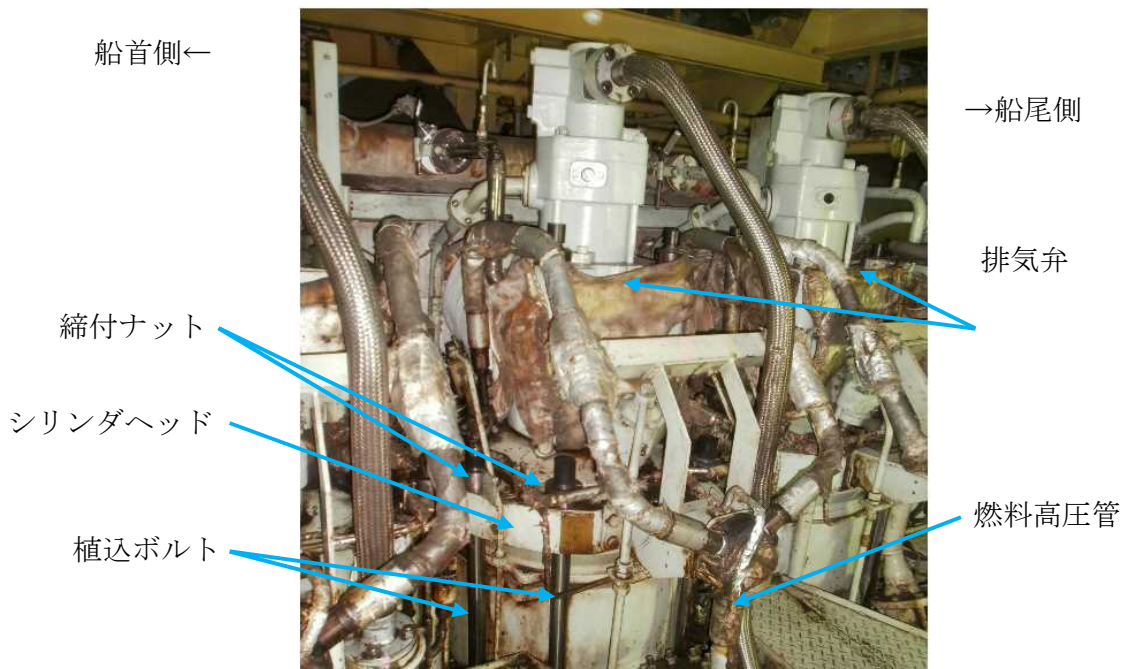


写真5 主機のシリンダヘッド

(4) 主機のシリンダヘッド取付状況

主機のシリンダヘッドは、空気式油圧ポンプ、油圧ジャッキ等を使用し、植込ボルトに約62.8MPaの油圧を掛けて縮付ナットで締め付けることになっており、締め付要領として取扱説明書に次のとおり記載されている。

- ① 植込ボルト、縮付ナットのねじ部及び同ナットとシリンダヘッドとの座面A部を清掃する。
- ② 植込ボルト及び縮付ナットのねじ部に焼付防止潤滑剤を塗布する。
- ③ 縮付ナットをナット締め棒で軽く締め付ける。縮付ナットの座面がシリンダヘッドに密着していることを確認する。円滑に回らない締め付ナットが

あれば、ねじ部を点検して手入れを行う。

- ④ 次の手順で油圧要具を取り付ける。
 - a フットピースを取り付け、その上に油圧ジャッキをセットする。
 - b テンションナットを植込ボルト先端のねじ部にナット締付棒で締め付ける。
- ⑤ 空気式油圧ポンプと油圧ジャッキ2組を高圧ホースで接続する。
- ⑥ 空気式油圧ポンプを作動させ、油圧を規定油圧まで上げて保持し、ナット締付棒で締付ナットを手一杯締め付ける。締め付けは、締付ナットを規定の締付油圧で2個ずつ締め付ける。
- ⑦ 締付ナットを締付順序及び締付油圧に従って規定の油圧で締め付けた後、空気式油圧ポンプを操作して油圧を0に落とす。
- ⑧ 図6に記載されているように、1巡目、2巡目の2回に分けて締め付け、最終的に規定の締付油圧62.8MPaで締め付ける。

(図5、図6 参照)

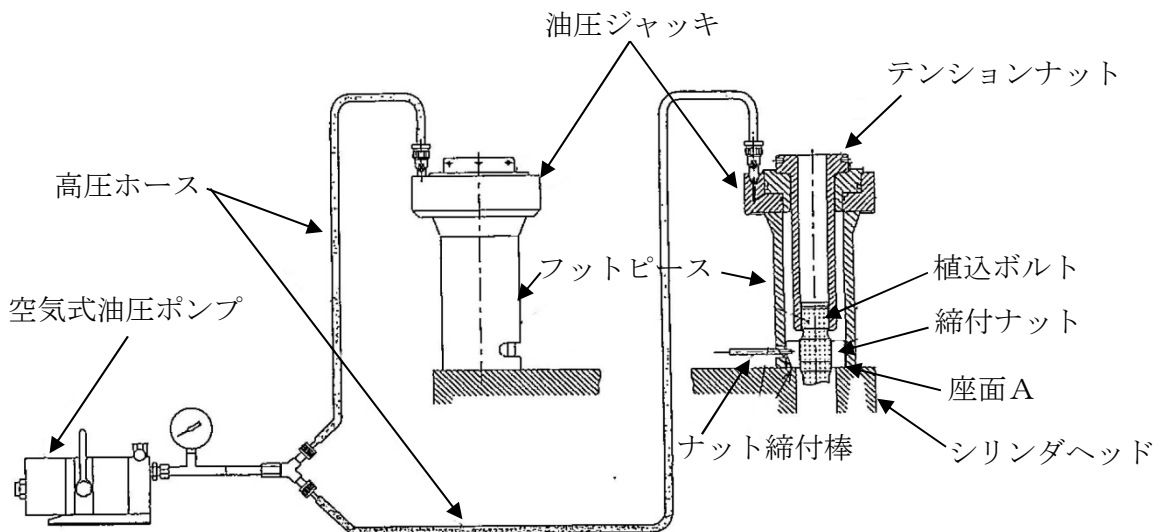


図5 締付図要領

	締付順序	ボルト締付	締付油圧
1巡目	1	No. 1 ↔ No. 5	34.3MPa (350kg/cm ²)
	2	No. 3 ↔ No. 7	
	3	No. 2 ↔ No. 6	
	4	No. 4 ↔ No. 8	
2巡目	1	No. 1 ↔ No. 5	62.8MPa (640kg/cm ²)
	2	No. 3 ↔ No. 7	
	3	No. 2 ↔ No. 6	
	4	No. 4 ↔ No. 8	

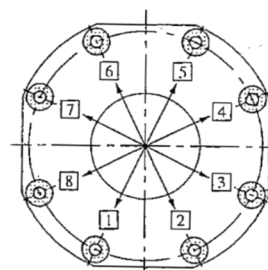


図6 締付順序及び締付油圧

- (5) 本船の主機のシリンダヘッド取付用油圧要具
機関長及びA社の回答書によれば、本船の主機のシリンダヘッド取付用油

圧要具は、空気式油圧ポンプ及び4組の油圧ジャッキ等で構成され、4個の締付ナットを同時に締め付けることができるようになっている。(写真6～8参照)



写真6 油圧ジャッキ等 (4組)



写真7 空気式油圧ポンプ



写真8 油圧ジャッキ等

(6) 主機の植込ボルト及び締付ナット

① 植込ボルト

植込ボルトは、材質としてクロムモリブデン鋼を使用し、胴部の直径約50mm、全長約1,129mmであり、ねじ部がシリンダヘッド側及びシリンダジャケット側ともに、M52、ピッチ3mmであり、M52の標準ピッチ5mmに比べて細目ねじとなっている。

② 締付ナット

締付ナットは、材質として機械構造用炭素鋼を使用し、外径約96mm、高さ約42mmであり、ねじ部がM52、ピッチ3mmである。

2.6 本インシデント前の主機の整備に関する情報

2.6.1 入渠^{きよ}工事

機関長、A社担当者及び‘平成30年4月下旬から5月上旬にかけて入渠工事をを行った造船所’(以下「B社」という。)担当者の口述並びにA社の回答書によれば、

次のとおりであった。

本船は、平成30年4月下旬から5月上旬にかけてB社で行われた入渠工事において、主機の主な整備として、次の作業が行われた。

- (1) 3番、5番、6番、7番及び9番シリンダのシリンダヘッド取外し、掃除、受検
- (2) 3番、5番、6番、7番及び9番シリンダのピストン抜出し、掃除、計測、受検
- (3) 3番、5番及び7番シリンダの排気弁抜出し、開放、掃除、摺り合わせ、5番及び7番シリンダの起動弁を予備と取替え、3番、5番及び7番シリンダの燃料噴射弁を予備と取替え

2.6.2 入渠工事時のシリンダヘッドの締付けに関する情報

B社担当者の口述によれば、本船は、就航以降、入渠工事がB社で行われており、平成30年4月下旬から5月上旬にかけて行われた入渠工事では、B社担当者の監督の下で協力会社が本船のシリンダヘッド取付用油圧要具を用いて主機の整備作業を行い、シリンダヘッドを締め付けた際、締付ナットには合いマーク^{*1}を施したと協力会社担当者から聞いた。

機関長の口述によれば、主機の整備作業復旧時、本船乗組員は、別の船内作業を行っていて主機の復旧作業に立ち会っていなかったが、シリンダヘッド取付用油圧要具の使い方等が記載された取扱説明書を機関制御室に置き、いつでも見ることができる状態にしていた。

2.6.3 平成30年4月下旬から5月上旬の入渠工事以降に行われた整備状況

機関長の回答書によれば、次のとおりであった。

本船は、平成30年に行われた入渠工事以降、主機のシリンダヘッドに付属する諸弁について、次の整備作業が行われた。

- (1) 排気弁（通常整備時間：3,500～3,800時間）

6月11日	4番シリンダ（使用時間3,724時間、定期整備）
6月25日	8番シリンダ（使用時間3,429時間、定期整備）
7月9日	2番シリンダ（使用時間3,527時間、定期整備）
8月6日	3番シリンダ（使用時間1,274時間、排気温度が高いので取替え）

^{*1} 「合いマーク」とは、目視により、ボルト及びナットの締付状態を確認する目的で、開放前のボルト、ナット、本体等に施す一連のマークをいう。

(2) 燃料噴射弁（通常整備時間：2,500時間）

6月14日 1番シリンダ（使用時間2,247時間、定期整備）

7月16日 2番及び8番シリンダ（使用時間2,349時間、定期整備）

7月25日 3番シリンダ（使用時間1,107時間、排気温度が高いの
で取替え）

4番シリンダ（使用時間2,322時間、定期整備）

2.6.4 入渠工事以降の主機の運転状況に関する情報

機関長及びA社担当者の口述並びにA社の回答書によれば、次のとおりであった。

本船は、入渠工事が終了して通常の航海に戻ったが、3番及び5番シリンダの排気温度が入渠工事の前に比べて上昇した。

機関長は、排気温度を下げようと思い、3番及び5番シリンダの燃料噴射ポンプのラックを調節して燃料噴射量を減らしたところ、5番シリンダの排気温度が低下したものの3番シリンダの排気温度が低下しなかったため、入渠工事で整備された排気弁に異常があると思い、本インシデント前日、博多港において、3番シリンダの排気弁を予備品と取り替えた。

本船は、入渠工事終了後から本インシデント発生までの主機の運転時間が、約1,274.9時間であった。

2.7 本インシデント発生時の主機等に関する情報

2.7.1 主機の状況

機関長、機関士A、機関士B及びA社担当者の口述並びに船長、操機長及びA社の回答書によれば、次のとおりであった。

操機長は、機関室機器の点検及び各部の温度、圧力等の計測を終え、シリンダヘッド周囲からの燃焼ガス漏れ等の異常がないことを確認して機関制御室に戻り、機関日誌を記載中、機関室からの異音を聞き、機関長に連絡した。

本船は、操機長が船橋に主機の減速を依頼した後、船長が、火災警報音を聞いて昇橋し、主機を約80rpmまで減速し、投錨準備を発令した。

機関長は、自室で操機長から連絡を受けた直後に機関室の火災警報音、主機減速要求（Main Engine Slowdown Request）等の警報音を聞き、機関室に駆け付けたところ、主機3番シリンダ付近から左舷側に燃料油、冷却清水等が吹き出しているのを認め、機関制御室で主機の操縦場所を船橋から機関制御室に移して主機を停止した。

機関長は、主機の上段に行き、主機3番シリンダのシリンダヘッドの左舷側が持ち上がって燃料油、冷却清水等が吹き出し、また、締付ナット8個のうち左舷側の

4個が脱落しているのを認めた。

機関士Aは、自室にいたところ、火災警報音を聞いて機関室で火災が発生したと思い、機関室に駆け付けたところ、主機3番シリンダの冷却清水出口管から冷却清水が吹き出しているのを認め、冷却清水出口弁を閉弁して冷却清水の吹出しを止めた。

機関士Bは、食堂にいたところ、火災警報音を聞いて機関室で火災が発生したと思い、機関室に駆け付けたところ、機関室上部に蒸気を認め、機関士Aが冷却清水出口弁を閉弁しているのを見て冷却清水膨張タンクに行き、冷却清水が同タンクの液面計で見えなくなるまで減少しているのを認めて清水を補給した。

2.7.2 警報の記録に関する状況

機関長の口述によれば、機関室の警報を記録する用紙 (Alarm Printer) には、19時29分機関室火災警報、19時29分主機3番シリンダ排気温度高温、19時29分主機減速要求と記録されていた。

2.8 本インシデント後の主機の修理に関する情報

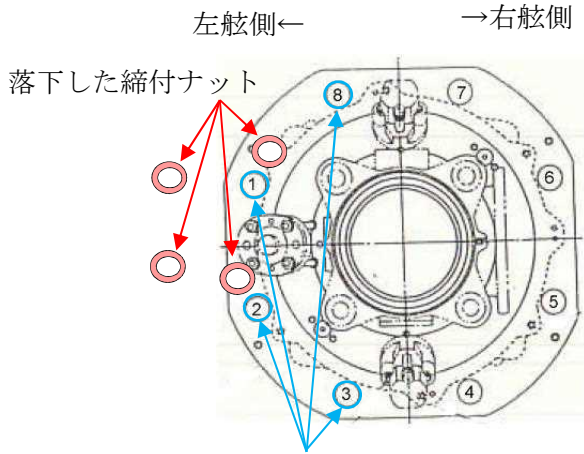
機関長及びA社担当者の口述並びにA社の回答書によれば、次のとおりであった。

2.8.1 本インシデント発生場所付近で行われた点検

本船は、インシデント発生場所付近で錨泊した後、A社担当者の指示で主機3番シリンダを点検したところ、次の状況であった。

- (1) 1番、2番、3番及び8番の締付ナットが植込ボルトから外れ、付近に落下していた。
- (2) シリンダヘッドが、左舷側で約45mm、船首側及び船尾側でそれぞれ約10mm、持ち上がっていた。
- (3) シリンダヘッドを取り外してシリンダヘッド触火面、ピストン頂部及びシリンダライナの点検を行ったところ、異常がなかった。

(図7～10、写真9、写真10参照)



締付ナットが外れていた植込ボルト

図7 破損した締付ナット

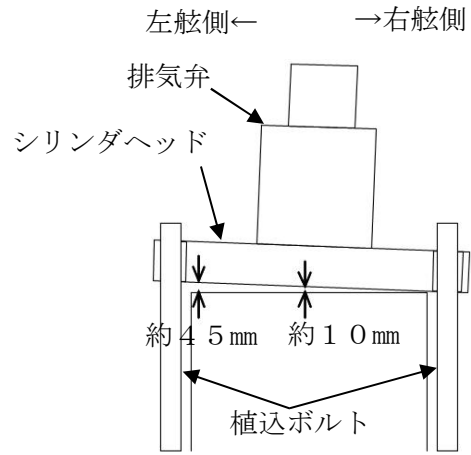


図8 持ち上がったシリンダヘッド

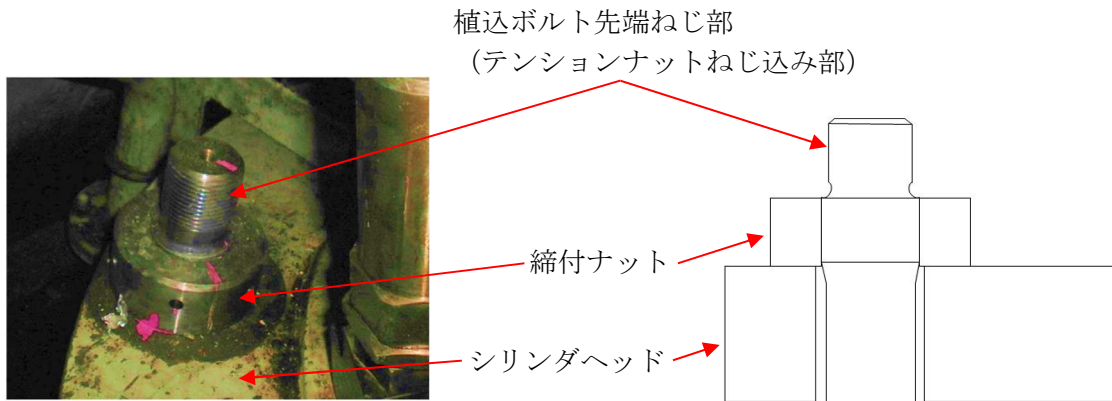


写真9 締付ナット及び植込ボルト (正常な状態)

図9 締付ナット及び植込ボルト (正常な状態)

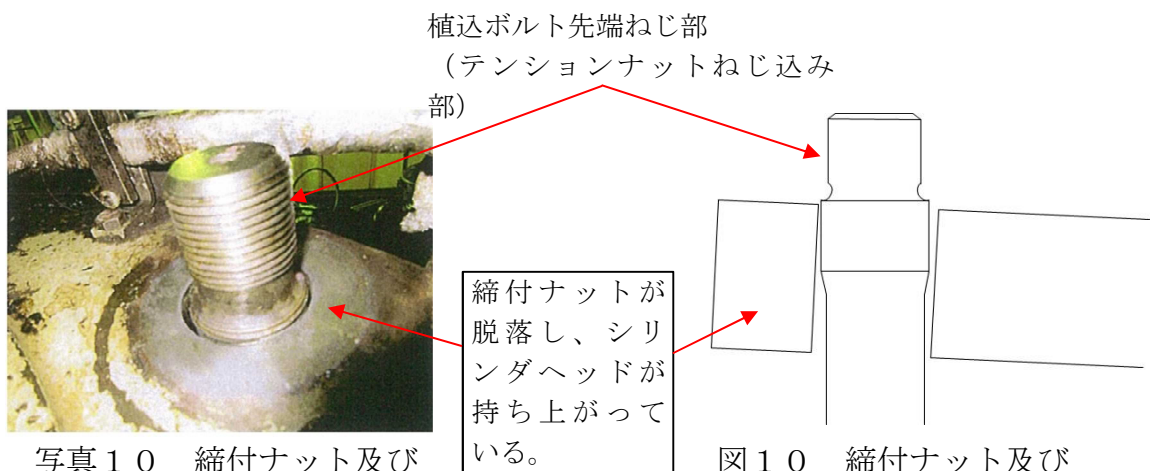


写真10 締付ナット及び植込ボルト (本インシデント時)

図10 締付ナット及び植込ボルト (本インシデント時)

2.8.2 能古島西方沖で錨泊中に行われた応急修理

本船は、えい航されて能古島西方沖で錨泊した後、主機製造会社担当者が乗船し、主機の減筒運転の準備として、3番シリンダに取り付けられていた全ての植込ボルトを取り外し、新たに4組の植込ボルト及び締付ナットでシリンダヘッドを取り付けた。

2.8.3 京浜港東京区で行われた修理、シリンダヘッド締付用油圧要具の圧力計点検及び締付ナットの合いマークの点検

本船は、平成30年8月11日主機の減筒運転を行って京浜港東京区に入港した後、次の点検及び修理作業が行われた。

- (1) 本船は、平成30年4月下旬から5月上旬の入渠時に整備が行われた主機3番シリンダを除く5番、6番、7番及び9番シリンダの締付ナットについて締付状況の点検が行われ、結果は次のとおりであった。(図11、表1参照)

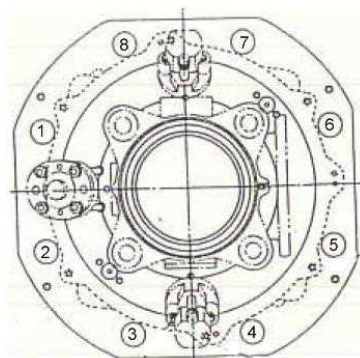


図11 締付ナットの番号

表1 締付ナットの締付状況 (単位:MPa)

締付ナット番号	5番シリンダ	6番シリンダ	7番シリンダ	9番シリンダ
1	62.8	62.8	62.8	62.8
2	62.8	62.8	62.8	58.9
3	62.8	62.8	62.8	58.9
4	62.8	56.9	62.8	62.8
5	62.8	62.8	62.8	62.8
6	62.8	56.9	58.9	58.9
7	62.8	62.8	58.9	58.9
8	62.8	62.8	62.8	62.8

- (2) 本船は、主機3番シリンダにおいて、次の修理作業が行われた。
- ① 新品の植込ボルト及び締付ナットでシリンダヘッド取付け
 - ② 冷却清水出口管取付け及び同出口弁新替え
- (3) 本船は、シリンダヘッド締付用油圧要具に取り付けられている圧力計の点検が行われ、異常がないことが確認された。
- (4) 本船は、平成30年4月下旬から5月上旬の入渠時に整備が行われた主機3番、5番、6番、7番及び9番シリンダの各締付ナットについて、7番及び9番シリンダの締付ナットに合いマークがはっきりと認められたが、3番、5番、6番シリンダの同マークが薄くなっているのが確認された。(写真11参照)



合いマークが見えるが薄くなっている。

写真11 3番シリンダの締付ナットの合いマークの状況

2.8.4 平成30年12月1日の博多港で行われた修理

本船は、破損した始動空気管が、平成30年12月1日博多港において新替えされた。

2.9 主機製造会社による植込ボルト及び締付ナットの破損要因の見解

主機製造会社担当者の口述及びA社の回答書によれば、主機製造会社は、主機3番シリンダの植込ボルト及び締付ナットの破損に関し、その要因について、次の見解を示した。

2.9.1 点検結果

- (1) 3番シリンダの燃焼室及び掃気室の目視による点検を行った結果、異常燃焼の痕跡並びに燃焼室内への油及び水の漏れがなく、ピストンクラウンに異常がないことを確認した。
- (2) 3番シリンダの安全弁に作動した痕跡がないことを確認した。
- (3) 本インシデント発生前、3番シリンダの排気温度に異常がないことをデータロガーでの計測値で確認した。

また、他のシリンダと比較した排気温度の偏差が基準値を外れた際に発する警報が発生していないことを乗組員から聞いた。

- (4) 3番シリンダの植込ボルトの破損個所は、シリンダヘッド側の8本中6本でねじ部に破損が生じており、シリンダジャケット側のねじ部に破損等がなく、同側の植込部に緩み等の異常がないことを確認した。

上記(1)～(3)の点検結果より、異常燃焼は発生しておらず、水又は油による水撃現象も発生していないと考える。

上記(4)の点検結果より、さび又は傷による植込ボルトの折損は発生しておらず、また、シリンダジャケット側のねじ部に破損がなく、植込ボルトは正常に植え込まれていたと考える。

以上のことから、シリンダヘッドの締付ナットが外れて本インシデントが発生したと考える。

2.9.2 締付ナット及び植込ボルト

- (1) 締付ナット及び植込ボルトのねじ部は、締付け及び運転時の爆発から生じる荷重（燃焼ガス圧力）によってねじ部が降伏^{*2}して過度に変形することがなく、また、ねじ部以外の胴部においても降伏に対して余裕があり、過度に変形することがない。
- (2) 規定の締付油圧62.8MPaは、運転時の燃焼ガス圧力（安全弁噴気圧力14.7MPa）に対して余裕のある数値であり、締付ナットが適切に締め付けられていれば、シリンダヘッドが持ち上がることはない。
- (3) 京浜港東京区で行われた締付状況の点検において、規定の締付油圧62.8MPaに対して58.9MPa又は56.9MPaの低い数値が計測されており、締付ナットとシリンダヘッドとの座面に微細なゴミを噛み込んだ状態で締付ナットが取り付けられた可能性があるが、規定の締付油圧の10%程度のばらつきであれば、本インシデントのような事象は発生しない。

2.9.3 要因の推定

点検結果等により、締付ナット及び植込ボルトの破損は、何らかの要因で締付ナットが十分に締め付けられておらず、最終的に植込ボルトのねじ部が荷重に耐えきれずに破損して左舷側4個の締付ナットが脱落し、シリンダヘッドが持ち上がったものと推定する。

^{*2} 「降伏」とは、物体に加える外力を次第に大きくした際、物体の変形が急激に増加し、もとに戻らなくなる現象をいう。

2.10 気象及び海象に関する情報

2.10.1 気象観測値

本インシデント発生場所の南南東方約21.6kmに位置する福岡管区気象台における観測値は、次のとおりであった。

19時00分 風向 北北西、風速 3.8m/s、気温 29.4℃

20時00分 風向 北北西、風速 3.5m/s、気温 28.7℃

2.10.2 乗組員の観測

機関長の口述によれば、本インシデント当時、天気は晴れ、風力2の北の風が吹き、視界が良好であり、海上は平穏であった。

3 分析

3.1 インシデント発生の状況

3.1.1 インシデント発生に至る経過

2.1、2.6及び2.7から、次のとおりであった。

- (1) 本船は、平成30年4月下旬から5月上旬にかけてB社で入渠工事が行われた際、B社作業として主機3番、5番、6番、7番及び9番シリンダのシリンダヘッドが取り外され、ピストン抜き整備等の開放整備が行われたものと推定される。
- (2) 本船は、平成30年8月7日18時30分ごろ、シャーシ131台、コンテナ台車60台等合計約3,296tの貨物を積載し、宇野港に向けて博多港を出港したものと推定される。
- (3) 操機長は、機関当直につき、機関室機器の点検及び各部の温度、圧力等の計測等を終え、シリンダヘッド周囲からの燃焼ガス漏れ等の異常がないことを確認した後、19時27分ごろ機関制御室に戻ったものと考えられる。
- (4) 操機長は、機関制御室で機関日誌を記載していたところ、19時29分ごろ、異音を聞くとともに機関制御室のガラス窓に燃料油、冷却清水等が降り掛かるのを認め、機関長に連絡した直後に火災警報音、主機減速要求警報音等を聞いたものと考えられる。
- (5) 操機長は、船橋に主機の減速を依頼したものと考えられる。
- (6) 機関長は、機関室に駆け付けたところ、主機3番シリンダ付近から左舷側に燃料油、冷却清水等が吹き出しているのを認め、機関制御室で主機の操縦場所を船橋から機関制御室に移したのち主機を停止したものと推定される。

(7) 機関長は、主機の上段に行き、主機3番シリンダの点検を行ったところ、シリンダヘッドの左舷側が持ち上がって燃料油、冷却清水等が吹き出し、また、締付ナット8個中の左舷側の4個が脱落しているのを認めたものと考えられる。

3.1.2 インシデント発生日時及び場所

2.1から、本インシデントの発生日時は、平成30年8月7日19時29分ごろであり、発生場所は、筑前相島灯台から真方位275° 3.0M付近であったものと考えられる。

3.1.3 死傷者の状況

2.2から、死傷者はいなかったものと推定される。

3.1.4 損傷等の状況

2.3から、船体に損傷はなかったが、主機3番シリンダの植込ボルト6本及び締付ナット4個のねじ部に破損、始動空気管、冷却清水出口管等に破損、燃料高圧管に変形等が生じたものと推定される。

3.2 インシデント要因の解析

3.2.1 乗組員の状況

2.4から、次のとおりであった。

船長及び機関長は、適法で有効な海技免状を有していた。

船長及び機関長は、本インシデント時、健康状態は良好であったものと考えられる。

3.2.2 気象及び海象の状況

2.10から、本インシデント当時、天気が晴れ、風力2の北の風が吹き、視界が良好であり、海上は平穏であったものと考えられる。

3.2.3 主機3番シリンダのシリンダヘッドが持ち上がったことに関する解析

2.1、2.3、2.5.3、2.6～2.9及び3.1.1から、次のとおりであった。

(1) 本船は、平成30年4月下旬から5月上旬にかけてB社で入渠工事が行われた際、B社担当者の監督の下、B社の協力会社により3番シリンダのシリンダヘッドが取り外されて整備作業が行われ、復旧時、本船のシリンダヘッド取付用油圧要具を用いて締付ナットが植込ボルトに締め付けられたものと

推定される。

- (2) 3番シリンダは、締付ナットが十分に締め付けられておらず、締付軸力が不足している状態で主機の常用運転が続けられたことから、各ねじにかかる軸力が不均一になった可能性があると考えられる。
- (3) 3番シリンダは、各ねじにかかる軸力が不均一になった状態で主機の常用運転が続けられ、一部のねじが緩んでその周りのねじに大きな引張軸力がかかり、ねじ山の限界応力を超えてそのねじが破断し、左舷側4個の締付ナットが脱落してシリンダヘッドの左舷側が約45mm持ち上がった状態となり、燃料油、冷却清水等が吹き出した可能性があると考えられる。

3.2.4 主機3番シリンダの締付ナットが十分に締め付けられていなかったことに関する解析

2.8.3及び2.9.2から、次のとおりであった。

- (1) 本船は、本インシデント後、平成30年4月下旬から5月上旬の入渠時に整備が行われた主機5番、6番、7番及び9番シリンダの締付ナットの締付状況の点検を行った結果、5番シリンダを除いて一部の締付ナットに締付不足が認められたが、規定の締付油圧は余裕を見込んでいることから、点検された4シリンダでは本インシデントのような事象は発生しないものと推定される。
- (2) 本船は、本インシデント後、シリンダヘッド締付用油圧要具に取り付けられている圧力計の点検において、異常がなかったことから、シリンダヘッド締付用油圧要具に不具合がなかったものと推定される。
- (3) 本船は、本インシデント後に行われた締付ナットの締付状態の点検時、締付ナットの中に合いマークが薄くなっているものが認められたことから、平成30年4月下旬から5月上旬に行われた入渠工事の際、3番シリンダの締付ナットについて、合いマークによる締付状況の確認が行われず、締付ナットの締付けが不十分であることに気付かず、更に締付油圧の確認が行われなかった可能性があると考えられる。

3.2.5 インシデント発生に関する解析

2.1、2.3、2.6、3.1.1、3.2.3及び3.2.4から、次のとおりであった。

- (1) 本船は、平成30年4月下旬から5月上旬にかけてB社で入渠工事が行われた際、B社担当者の監督の下、B社の協力会社により、主機3番、5番、6番、7番及び9番シリンダの開放整備が行われたものと推定される。
- (2) 本船は、主機3番シリンダの復旧作業時、本船のシリンダヘッド取付用油

圧要具を用いて締付ナットが締め付けられた際、締付ナットの締付けが不十分であったものの合いマークを施していなかったことから、締付ナットの締付けが不十分であることに気付かず、更に締付油圧の確認が行われなかった可能性があると考えられるが、本インシデントで3番シリンダの締付ナットが破損しており、締付油圧を確認することができなかった。

- (3) 本船は、平成30年8月7日18時30分ごろ、シャーシ131台、コンテナ台車60台等合計約3,296tの貨物を積載し、宇野港に向けて博多港を出港したものと推定される。
- (4) 操機長は、機器の点検及び各部の計測等を終え、シリンダヘッド周囲からの燃焼ガス漏れ等の異常がないことを確認した後、19時27分ごろ機関制御室に戻ったものと考えられる。
- (5) 本船は、操機長が機関制御室で機関日誌を記載していたところ、主機3番シリンダの締付ナットの締付けが不十分で、締付軸力の不足が生じた状態で主機の常用運転が続けられたことから、一部のねじが緩んでその周りのねじに大きな引張軸力がかかり、ねじ山の限界応力を超えてそのねじが破断し、左舷側4個の締付ナットが脱落し、19時29分ごろ、シリンダヘッドの左舷側が約45mm持ち上がり、異音が発生するとともに燃料油、冷却清水等が吹き出した可能性があると考えられる。

4 原因

本インシデントは、夜間、本船が、相島西方沖を北北東進中、主機3番シリンダの締付ナットの締付けが不十分で、締付軸力の不足が生じた状態で主機の常用運転が続けられたため、一部のねじが緩んでその周りのねじに大きな引張軸力がかかり、ねじ山の限界応力を超えてそのねじが破断し、左舷側4個の締付ナットが脱落してシリンダヘッドの左舷側が持ち上がり、燃料油、冷却清水等が吹き出して主機の運転ができなくなったことにより発生した可能性があると考えられる。

主機3番シリンダの締付ナットの締付けが不十分で締付軸力の不足が生じたのは、平成30年4月下旬から5月上旬の入渠時に主機の整備が行われた際、3番シリンダのシリンダヘッド取付作業時、締付ナットの締付油圧の確認が行われなかったことによる可能性があると考えられる。

5 再発防止策

本インシデントは、夜間、本船が、相島西方沖を北北東進中、主機3番シリンダの締付ナットの締付けが不十分で、締付軸力の不足が生じた状態で主機の常用運転が続けられたため、一部のねじが緩んでその周りのねじに大きな引張軸力がかかり、ねじ山の限界応力を超えてそのねじが破断し、シリンダヘッドの左舷側が持ち上がって燃料油、冷却清水等が吹き出し、主機の運転ができなくなったことにより発生した可能性があると考えられる。

主機3番シリンダの締付ナットの締付軸力の不足が生じたのは、平成30年4月下旬から5月上旬の入渠時に主機の整備が行われた際、3番シリンダのシリンダヘッド取付作業時、締付ナットの締付油圧が不十分であり、更に締付ナットの締付油圧の確認が行われなかったことによる可能性があると考えられる。

したがって、A社及びB社は、次の再発防止策を講じる必要があると考えられる。

- (1) A社は、重要な作業を造船所作業として行う場合、可能な限り立ち会って作業の確認を行うこと。
- (2) B社は、専用器具を使用して開放及び組立作業を行う場合、取扱説明書に従って確実に作業を行うとともに、作業を行った際、締付油圧等を記録すること。

5.1 インシデント後に講じられた事故等防止策

5.1.1 A社により講じられた措置

A社は、同種事故等の再発防止策として、入渠時等で整備会社が作業を行う場合、可能な限り乗組員が立ち会って作業の確認を行うとともに、重要なボルト及びナットの締付けを行った際、合いマークの確認を行うこととした。

5.1.2 B社により講じられた措置

B社は、同種事故等の再発防止策として、次の対策を講じることとした。

- (1) 主機製造会社の取扱説明書及びB社のドック作業手順書の内容に従って各作業項目を確実に実施する。
- (2) 締付油圧の確認については、担当技師又はスタッフ並びに本船乗組員又は船舶所有者担当者が立ち会い、双方で確認する。状況によっては、締付油圧を写真等で記録する。
- (3) 1巡目、2巡目で締付けを行う場合、それぞれ締付時に合いマークを施す。

5.2 今後必要とされる事故等防止策

主機運転中に、締付ナットが破損してシリンダヘッドが持ち上がると、シリンダヘッドとシリンダライナの隙間から高温の燃料油、冷却清水等が噴出し、乗組員が負傷するなど大事故につながるおそれがある。

したがって、船舶において、主機等重要な機器の開放整備作業を、専用器具を使用して行う際、専用器具の取扱説明書に従って確実に作業を行うとともに、締付油圧等を記録しておくことが必要であると考えられる。

なお、本インシデントの調査結果を踏まえ、同種事故等の再発防止に寄与できるよう、関係者に対し、本報告書を周知することにつき、一般社団法人日本船主協会、一般社団法人日本造船工業会、一般社団法人日本中小造船工業会及び日本内航海運組合総連合会等に協力を要請する。

付図1 インシデント発生場所概略図



付図2 一般配置図

