

Safer Future ~ 安全な未来へ ~

運輸安全委員会ニュースレター

Japan Transport Safety Board Newsletter

■ 運輸安全委員会からのお知らせ	1
■ 事故等調査事例（航空・船舶・鉄道）	2
■ 事故等調査報告書の公表 / 事故・重大インシデント調査情報	16

運輸安全委員会からのお知らせ

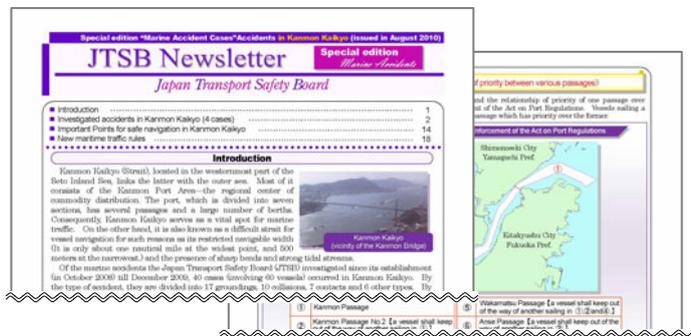
英語版「JTSB Newsletter」の創刊

8月20日、最近の関門海峡における船舶事故を特集した外国人船員向けの英語版「JTSB Newsletter」を創刊し、HPに公表しました。

なお、同様の内容の日本語による「船舶事故事例集」もHPからダウンロードできますので、ご活用ください。

JTSB Newsletter :

<http://www.mlit.go.jp/jtsb/analysis.html>



福知山線脱線事故調査報告書に関わる検証メンバー会合(第3回)の開催

9月3日(金)、大阪市において、第3回検証メンバー会合が開催されました。

本会合では、運転士アンケート結果や検証作業経過が報告され、また今後の議論すべき論点についての意見交換が行われました。



本検証に関する情報 : <http://www.mlit.go.jp/jtsb/fukuchiyama/fukuchiyama.html>

国際航空事故調査委員協会 (ISASI) 年次セミナーの開催

前号(7月発行)で紹介した国際航空事故調査委員協会 (ISASI) 年次セミナーが、9月6日~9日の日程で、札幌で開催され、当委員会からは後藤委員長が出席し、基調講演を行ったほか、委員、事務局職員が参加しました。



《予告》運輸安全委員会年報2010の発刊

今秋、委員会の年間活動概要等を取りまとめた「運輸安全委員会年報2010」の発刊を予定しています。本年報では、各モードの2009年の事故等調査状況や公表した報告書の概要などの紹介、国際的な取り組みなどについて掲載します。

なお、発刊後、HPに全文を掲載しますので、ご活用ください。

重大インシデント調査事例

旅客機が離陸上昇中に No.1 エンジンが破損したため、
当該エンジンを停止後、緊急着陸した事例

航空

概要：A 社所属ボンバルディア式 DHC-8-402 型機は、平成 21 年 3 月 25 日(水)、定期便として種子島空港から鹿児島空港へ向け離陸上昇中、No.1 エンジンからの異音とともに当該エンジンに不具合が発生したことを示す計器表示があったため、当該エンジンを停止後、鹿児島空港に緊急着陸した。同機には、機長ほか副操縦士 1 名及び客室乗務員 2 名、乗客 38 名、計 42 名が搭乗していたが、負傷者はなかった。

インシデントの経過

09 時 33 分

種子島空港滑走路 31 から離陸

09 時 34 分 19 秒

同機に大きな衝撃音が発生、高度約 3,800ft において、マスターコーション・ライトが点灯

09 時 34 分 23 秒

No.1 エンジンのオイルプレッシャーの警報灯が点灯

09 時 34 分 24 秒

No.1 エンジンの NL(※1)が約 47%に急激に低下

09 時 34 分 26 秒

No.1 エンジンを停止

09 時 42 分 26 秒

福岡 ACC(※2)に対し、No.1 エンジン不良のため、鹿児島空港へ緊急着陸することを要求

09 時 47 分 45 秒

鹿児島アプローチ(※3)に対し国分 VOR 上空、高度 7,000ft で故障探求を行うため約 10 分間ホールドすることを通報

10 時 26 分

鹿児島空港滑走路 34 へ着陸

重大インシデント機



No.1 エンジンが破損

通常、エンジンを停止するとプロペラはフェザー(※4)となるが、No.1 プロペラは 500 回転前後で空転、この状態でプロペラのオルタネート・フェザーのボタンを押し、フェザーにしようとしたが不可能だった

種子島空港は横風が強く滑走路も短いことから、この状態で着陸するには鹿児島空港の方が安全だと判断した

カンパニー・ラジオで地上の整備士と交信しながらプロペラをフェザーにするためにいろいろと対応したが、フェザーにすることはできなかった

プロペラがフェザーになっていないことから、着陸時に滑走路を逸脱する可能性もあり、乗客に衝撃防御姿勢をとるように指示していた

主な要因等

【主な部分の損傷状況】

- ◆ リダクション・ギアボックス (RGB)ヘリカル・インプット・ギアシャフトのヘリカル・ギアは破断分離し、2 個に分断されていた
- ◆ RGB インプット・シャフトは、隔壁板がせん断して分離しており、また、RGB カップリング・シャフトは、フランジの両端で破断して分離していた
- ◆ 高圧タービンのすべてのブレードは破断していた
- ◆ 低圧タービンのすべてのブレード及びベーン(※5)は破断していた
- ◆ パワー・タービン(※6)は、1 段目及び 2 段目共にすべてのタービン・ブレードは破断し、タービン・ディスクは損傷していた
- ◆ エンジン・ケースに大きく空いた穴から RGB カップリング・シャフトの破断片の一部が突き出ており、さらに、大きな穴がもう 1 か所、ケースの別の場所に空いていた

(詳細は 3・4 ページ頁参照)

- ◆ フェザリング・ポンプは、作動不良であった
- ◆ モーターがアースされて損傷していた

(詳細は 4 ページ参照)

※1 「NL」とは、エンジンの低圧コンプレッサー及び低圧タービンの回転速度のことで、当該機ではエンジンの最大推力付近の回転数 27,000rpm を 100%として表示する

※2 福岡航空交通管制部の管制区管制所

※3 鹿児島空港事務所のターミナル管制所

※4 「フェザー」とは、飛行中にエンジンが故障を起こしたときに、プロペラ・ピッチをそのままにしておくと、プロペラが風車状に回転し続けて推力でなく抗力を発生することになるので、プロペラ・ピッチを 90° 近くにして抗力を最小にすることである

※5 「ベーン」とは、エンジンの各段のタービン・ブレードの間にある静翼のことで、エンジンの外側ケースに固定されていて回転しない

※6 「パワー・タービン」とは、タービン・エンジンにおいて、外部機器を駆動する動力を取り出すためのタービンのことで、ターボ・プロップ・エンジンにおいては、プロペラ用の動力を取り出すための後段タービンのことである

推定飛行経路図

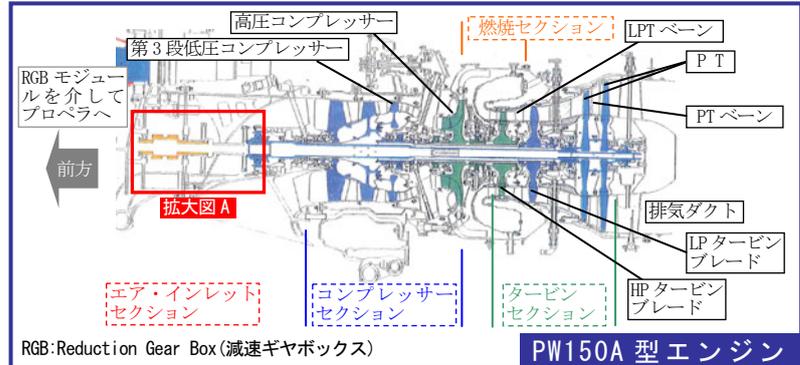
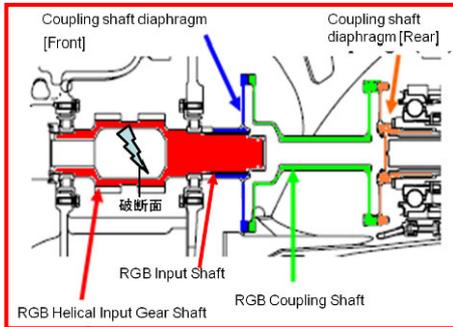


No. 1 エンジンが破損した要因に関する解析

本重大インシデントは、同機が離陸上昇中、No. 1 エンジンの RGB ヘリカル・インプット・ギアシャフトが疲労破断したため、脱落し、破断片が飛散したことにより、エンジンケースの破損、後段の高圧タービン (HPT) のブレード並びに低圧タービン (LPT) 及びパワー・タービン (PT) のブレード及びペーンが破壊され、エンジンが破損したことによると推定されます。

RGB ヘリカル・インプット・ギアシャフトが疲労破断したことについては、ヘリカル・ギア部材中の不純物を起点として疲労き裂が生成され、繰り返し応力によって破断に至ったものと推定されます。

拡大図 A



RGB ヘリカル・インプット・ギアシャフトの破断

表面下部の不純物(長さ 0.03in)が含まれていた部分に応力及びひずみの集中箇所ができて、疲労き裂が生成され、シャフトの回転によるねじれによって疲労き裂がシャフトの形状に沿って螺旋状にシャフトの内側から外側の方向へと進展して、破断に至ったものと推定されます。(拡大図 A 赤部分)

RGB ヘリカル・インプット・ギアシャフト破断状況



エネルギー分散型 X 線分析装置 (EDAX) による成分分析結果について

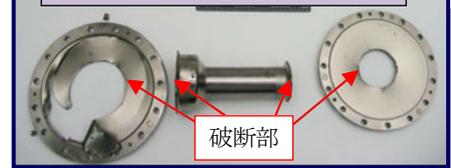
エネルギー分散型 X 線分析装置 (EDAX) による成分分析結果によれば、RGB ヘリカル・インプット・ギアシャフトには、製造時に使用された棒材の原材料とは成分が異なる、アルミニウム (Al)、カルシウム (Ca)、シリコン (Si)、及び酸素 (O) から成る不純物が含まれていました。

原材料の中に不純物が混入したことについては、原材料製造時の精錬段階において、鋼中に存在する不純物である浮遊物(酸化物)を完全に除去することは、一般に現在の製造技術では難しいことから、原材料に浮遊物である残渣が存在していたこと、または融解してろ過された材料を鋳型に流し込むときに不純物が混入したこと等の可能性が考えられます。

RGB インプット・シャフト及び RGB カップリング・シャフトの破断

RGB ヘリカル・インプット・ギアシャフトが高速で回転中に疲労破断したことにより、RGB インプット・シャフトにねじれによるオーバーロードが発生し、シャフトの縁部分及びシャフト隔壁部が引き裂かれ、最終的に破断したものと推定されます。(拡大図 A 黄緑部分)

RGB カップリング・シャフトの破断状況



HPT、LPT、PT の破断

損傷した HPT ブレード



破断した LPT ブレード



破断した PT ブレード



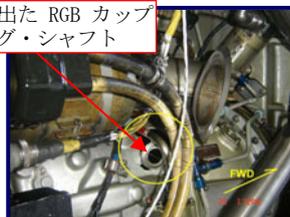
RGB ヘリカル・インプット・ギアシャフトが疲労破断したため、これらの部分にオーバーロードが発生して 2 次破壊が起こったことによるものと推定されます。(PW150A 型エンジン図のタービンセクション部分)

エンジン・ケーシングの破損

RGB カップリング・シャフトが破断後、その破断片がエンジン・ケースに衝突したため、RGB カップリング・シャフトの破断片の一部がケースを突き破り、ケースの別の場所にも破断片の衝突による大きな穴が空いたものと推定されます。

破損したエンジン・ケーシング

突き出た RGB カップリング・シャフト



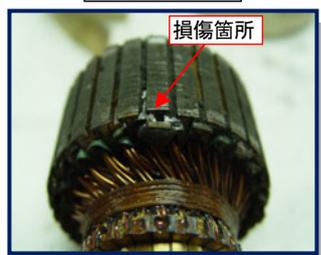
No.1 プロペラがフェザーの状態とならなかった要因に関する解析

同機のプロペラは、RGB によって駆動されるハイプレッシャー・ポンプの作り出す油圧によりコントロールされ、マニュアル・フェザリングは、これにより作動します。本重大インシデントの場合、ハイプレッシャー・ポンプの油路が RGB インプット・シャフトの破断により断たれたため、マニュアル・フェザリングが機能しませんでした。

マニュアル・フェザリングが機能しない場合、オルタネート・フェザリング・ポンプ(電動)を作動させますが、これも作動しませんでした。

No.1 プロペラがオルタネート・フェザー状態とならなかったことについては、フェザリング・ポンプ駆動用モーターが不良であったためと推定されます。さらに、モーターが不良であったことについては、モーターの永久磁石の腐食により、モーターケース内側から永久磁石が外れ、電機子が永久磁石と接触して双方とも損傷したためと推定されます。

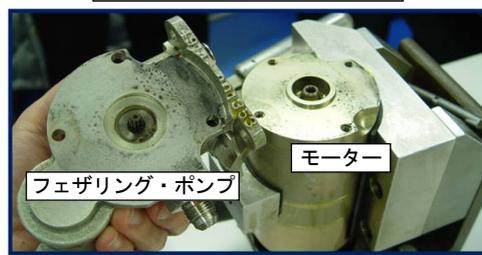
損傷した電機子



損傷したフェザリング・ポンプ用モーター



フェザリング・ポンプのモーター



再発防止に向けて

報告書では、同種の重大インシデントの再発防止の観点から、次のような指摘をしています。

■ エンジン部品製造過程における品質管理

本重大インシデントにおいては、エンジン部品製造段階において、部材供給者における棒材の製造過程で混入した不純物が起点となり、疲労破壊が生じたことが推定される。

材料の疲労強度は金属組織の不均一性の影響を著しく受ける。

疲労破壊の防止のためには、部材中に可能な限り応力及びひずみの集中箇所を作らないようにすること、及び疲労破壊の起点となりうる不純物を残さないようにすることが重要である。

■ 本重大インシデントにおけるリスク評価

エンジンの製造者はリスクの重大度を4段階(Catastrophic, Critical, Significant, Negligible)で評価しており、今回の重大インシデントで行ったリスク評価では、リスクの重大度を、IFSD(In-flight shut down)が発生したことによって、重大度で上から3番目のSignificant-Level 3としている。しかし、今回の重大インシデントでは、フェザリング・ポンプ駆動用モーターが不良であったこと及びRGBヘリカル・インプット・ギアシャフトの破断により油路が断たれたことから、プロペラのフェザリングの全機能が不動作となっていた。IFSD発生後の運航の安全性にはフェザリング機能が大きく関わることから、本重大インシデントのリスク評価をIFSD発生のみから行うことには疑問があり、エンジン単体ではなく航空機全体の安全性から評価すべきである。

以上のことを踏まえて、当委員会は、本重大インシデントの発生に鑑み、カナダ航空局(TCCA)に対し、次のことについて検討し、必要な措置を講ずることを勧告しました。

安全勧告

- 1 エンジンのRGBヘリカル・インプット・ギアシャフトの製造時における不純物の混入により本重大インシデントが発生したことを踏まえ、エンジン製造者は、RGBヘリカル・インプット・ギアシャフトの製造について、部材供給者及び部品製造者を含む全社的な品質管理の改善を図る必要がある。
- 2 エンジン製造者はリスクの重大度をIFSDが発生したことのみを評価し、Significant-Level 3としているが、本重大インシデントでは、IFSDに加え、停止エンジン側のプロペラのフェザリング・システムの全機能が不動作となった。

本重大インシデントのリスク評価は、IFSDが発生したエンジン単体ではなく、航空機全体の安全性から再評価する必要がある。その結果により、必要があれば、安全上の措置を講ずるべきである。

本事例の調査報告書は当委員会ホームページで公表しております。(平成22年8月27日公表)

<http://jtsb.mlit.go.jp/jtsb/aircraft/download/pdf2/AI10-6-1-JA847C.pdf>

事故防止分析官の

ひとつ

航空機は、片方のエンジンが停止しても安全に飛行できるよう設計されていますが、本重大インシデントでは、フェザリングの全機能が不動作となる状況が重なったために、運航乗務員の作業負担が増大する事態となりました。しかし、運航乗務員の適切な対応が事故の防止に寄与したものと考えられ、こうした点も教訓事例として参考にしてください。

航行中の旅客船の機関室から火災が発生した事例

概要：旅客船 A 船は、船長ほか 2 人が乗り組み、旅客 43 人を乗せ、長崎県平戸島南方沖を航行中、平成 21 年 10 月 19 日(月)09 時 50 分ごろ、機関室から火災が発生した。同船は、機関室の天井等を焼損したが、死傷者はいなかった。

事故の経過

A 船(旅客船)

総トン数：71 トン
L × B × D：28.30m × 5.80m × 2.20m
機 関：ディーゼル 2 基
乗 組 員：船長ほか 2 人
旅 客：43 人

09 時 10 分ごろ

船長、機関長、一等機関士が乗り組み、旅客 43 人を乗せて長崎県佐世保港を出港し、同県小値賀漁港に向け出港

佐世保市崎辺町西方沖で、主機を回転数毎分 (rpm) 約 1,700 の全速力前進、約 27 ノット (kn) の速力で航行

佐世保港内で、機関長が機関室の点検を行い、異常がないことを確認

A 船



09 時 50 分ごろ

平戸島南方沖を西進中、機関室から異常音が聞こえたため、機関長は一等機関士を機関室に向かわせる

機関長は、操舵室のモニターテレビで機関室内の状況を確認めたところ、炎が見えたため、船長に報告し、両舷主機を中立運転にして機関室に向かう

09 時 54 分ごろ

機関長が機関室内を見たところ、入り口近くの蛍光灯の配線とソケット付近が燃えていたため、消火活動を行って鎮火する

機関長は、鎮火後、新鮮な空気が機関室内に流入しないよう通風機を停止

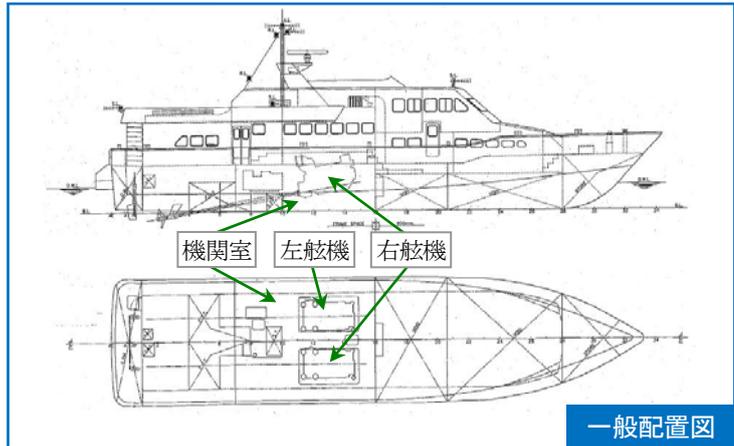
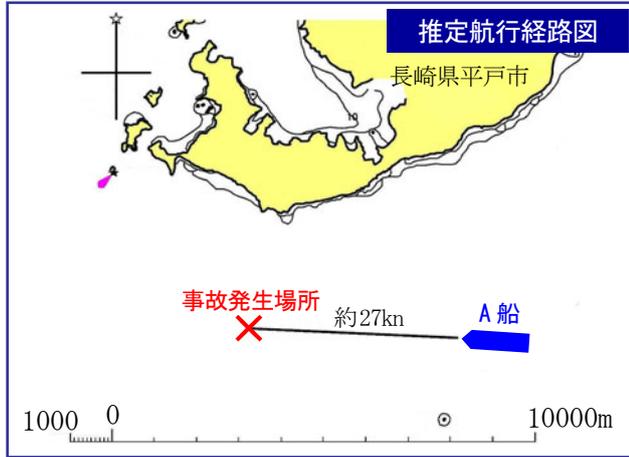
機関長がアイドリング状態の主機を確認したところ、右舷主機から異常音が生じ、左側ミスト管が外れていたため、右舷主機を停止

本船は、左舷主機を運転し、約 900rpm の微速前進の約 9kn の速力で手動操舵で佐世保港に向かう

12 時 05 分ごろ

本船は、佐世保港鯨瀬ふ頭に着岸

主な要因等



右舷主機が異常燃焼を起こした

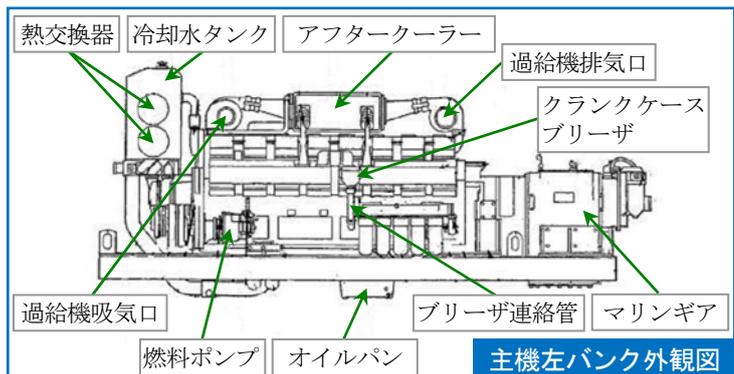
右舷主機の左側ミスト管(※1)が取付口から外れ、潤滑油の飛まつやミストが吹き出して左舷主機の排気マニホールドに降りかかり、発火

【事故当時の気象及び海象】

天気：晴れ 風向：南西
風力：3 波高：1m
視界：良好

詳細は「事故の発生に関する解析」(次ページ)を参照

※1 主機には、クランクケース内の潤滑油と空気の混合気(オイルミスト)から潤滑油の飛まつを分離する目的で、クランクケースの左右舷にそれぞれクランクケースブリーザが取り付けられ、その空気側にビニールホース製のミスト管が接続され、中央客室のデッキに導かれていた。



事故の発生に関する解析

本事故は、A船が、平戸島南方沖を西進中、右舷主機の左側ミスト管が取付口から外れたため、潤滑油の飛まつやミストが取付口から吹き出して左舷主機の排気マニホールドに降りかかり、発火して蛍光灯の配線などに燃え広がったことにより発生したものと考えられます。

報告書では、本事故の発生に関与した要因について、次のとおり解析しています。

A船に関する業務の仕分け状況

- | | |
|---------------------|---|
| A社(船舶借入人)の業務 | ▶ 本船の運航管理、安全管理及び乗組員の配乗
▶ 航行中の機関室内点検及び潤滑油の交換など、日常メンテナンスは乗組員(A社)が行っていた |
| B社(船舶所有者)の業務 | ▶ ドック工事の手配及び監督並びに主機の換装など
▶ 機関の定期整備や故障修理を担当していた |

- ▶ B社がC社(外国の機関製造会社の日本総代理店)から主機を購入し、平成18年9月、主機を換装した
▶ 主機換装時、B社担当者が工事の監督を行い、C社担当者が、機関製造会社側として点検及び確認を行い、試運転に立ち会った

主機の状況

平成18年9月、主機が換装されたが、両舷主機のミスト管(計4本)は、ホースクランプを使用して取付口に固定されていなかった

機関長は、本事故の半年くらい前、左舷主機の右側ミスト管が、ミスト管取付口に2cmくらいしか入っていないことに気付き、針金で縛って固定したが、他の3本のミスト管は固定しなかった

【本事故発生時】

本事故時、主機運転時間が約12,100時間に達し、左舷主機の左バンク(※2)以外のインジェクターが長期間使用されていた

右舷主機左バンク8番シリンダのインジェクターが不良となり、同シリンダ内に噴射された燃料が完全燃焼せず、その一部がピストン頂部などに付着した

付着物が一気に燃焼して異常燃焼を起こし、異常音が発生した

ピストンの一部が欠損するなどして、燃焼ガスがクランクケース内に侵入した(ブローバイ)

ブローバイにより、クランクケース内の圧力が上昇し、右舷主機の左側ミスト管が取付口から外れた

右舷主機の左側ミスト管取付口から、潤滑油の飛まつやミストが吹き出して左舷主機の排気マニホールドに降りかかり、発火した

蛍光灯の配線などに燃え広がった

主な要因等

B社担当者は、工事の最終段階で休暇を取り、本船の引渡し前の最終確認ができなかった

C社担当者は、ミスト管をホースクランプで取付口に固定していないことを見落とした

機関長は、他の3本のミスト管については、ミスト管取付口に5cmくらい入っており、外れることはないと思って、針金で縛らなかつた

B社担当者は、運転時間が2年又は6,000時間のうち、早い方でインジェクターを新替えるようになっていることを把握していなかった

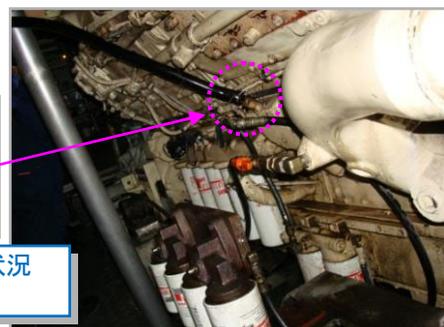
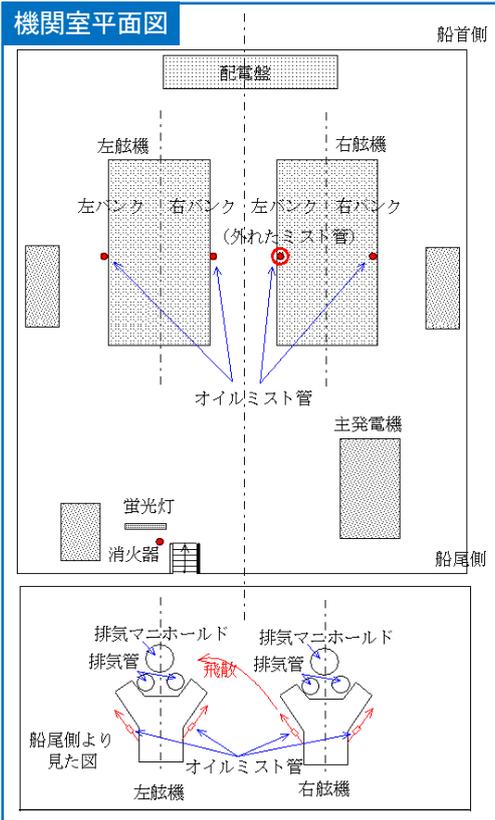
B社は、換装前の主機のインジェクター新替間隔が12,000時間であったことから、翌月の定期検査時まで運転できると判断し、インジェクターを交換しなかった

※2 平成21年4月に左舷主機の左バンクの排気温度が上昇したため、左バンク全シリンダのインジェクターを新替えた。

インジェクターは、噴霧テスト装置を機関製造会社だけが保有していて船や造船所の手で噴霧テストを行うことができなかった

ミスト管取付口
→本取付口(左舷主機右側)は機関長が針金で固定した

ミスト管取付口付近の状況
(左舷主機右側)



火災の早期鎮火に関する解析

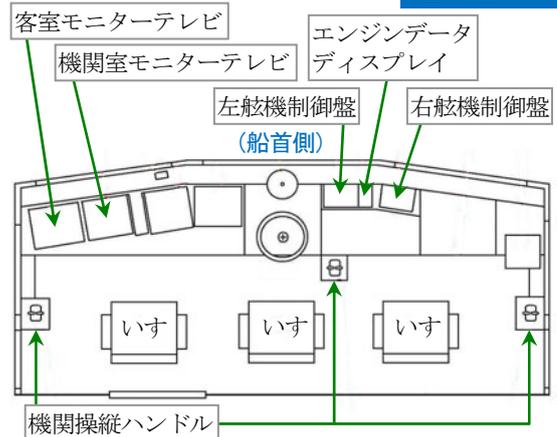
機関長が機関室からの異常音を認めたとき、直ちに一等機関士を機関室に向かわせるとともに、モニターテレビで機関室の状況を確認したことにより、火災を早期発見

機関長が火災を認めたとき、主機を減速して中立にしたため、クランクケース内のミスト及び潤滑油の飛まつが減少し、ミスト管から吹き出す飛まつが減少

機関長がモニターテレビで機関室の炎を確認後、早期に消火活動を行ったことから、炎の小さいうちに消火することができた

火災を早期に鎮火することができた

操舵室略図



▶ 佐世保港を出港後、A 船では、船長が操舵室中央のいすに座って操船し、機関長が右舷側のいすに座って主機の操作及び機関の監視を行い、一等機関士が左舷側のいすに座ってモニターテレビで客室や機関室内の監視を行っていた

再発防止に向けて

当委員会は、同種事故の再発防止の観点から、次のとおり分析しています。

同種事故の再発防止に関する分析

本事故では、左舷主機の左バンク以外のインジェクターが長期間使用されたことにより、右舷主機左バンク 8 番シリンダのインジェクターが不良となってシリンダ内で異常燃焼が発生し、ピストンの一部が欠損し、また、ピストンリングが折損して燃焼ガスがクランクケース内に侵入したものと考えられる。

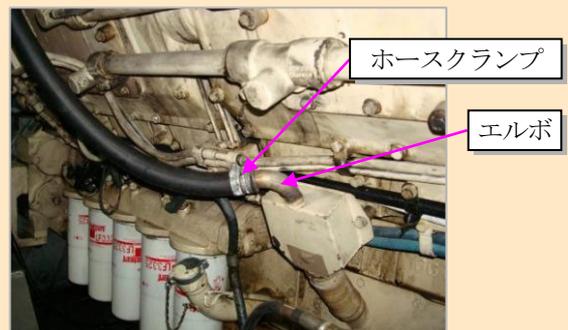
インジェクターは、噴霧テスト装置を機関製造会社だけが保有していて船や造船所の手で噴霧テストを行うことができず、噴霧の状態が分からないことから、主機取扱説明書に記載された間隔でインジェクターを新替えることが望ましい。

【参考事項】本事故後の各社の対応

C 社は、本事故後、ミスト管をビニールホース製から耐熱耐圧ホース製に変更し、更にホースクランプを 2 個使用して取付口に固定した。また、万一ミスト管が抜けても、潤滑油の飛まつやミストが排気マニホールドに降りかからないように、ミスト管取付口にエルボを取り付けてほぼ水平に曲げ、出口方向を変更した。

また、過給機取付部の高温となる部分を、断熱材及び遮熱板で被覆し、ブローバイガスが直接接触しないよう改良した。

さらに、B 社は、主機取扱説明書に記載されたインジェクターの交換間隔を超えて使用されているインジェクターを交換した。



改良後のミスト管取付口

本事例の調査報告書は当委員会ホームページで公表しております。(平成 22 年 8 月 27 日公表)

http://www.mlit.go.jp/jtsb/ship/report/MA2010-8-1_2010tk0008.pdf

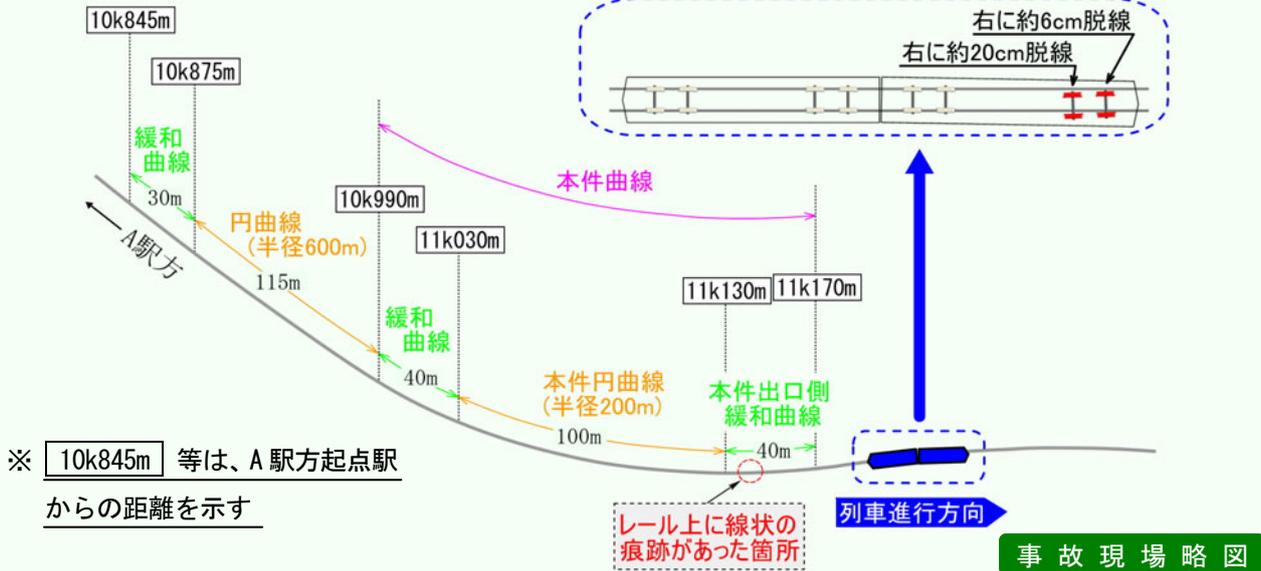
事故防止分析官の

ひとこと

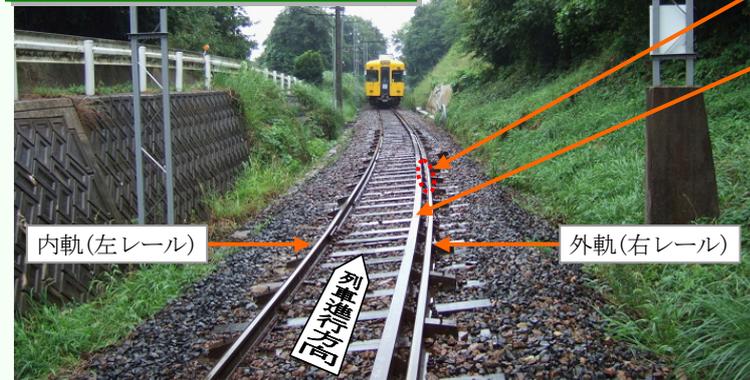
本事故では、換装した主機のインジェクター交換間隔が把握されず、それまで使用していた主機の同交換間隔に基づいて主機整備が行われたため、主機インジェクターが交換間隔を超えて長期間使用されていました。主機や補機の構成部品の交換間隔など整備方法はメーカーによって異なりますので、主機や補機を換装した場合は、取扱説明書を確認するようにしてください。

曲線部を走行中に列車の車輪がレールに乗り上がり脱線した事例

概要：平成21年8月27日(木)、本件列車(2両編成)は、ワンマン運転でA駅を定刻(11時57分)に出発した。本件列車の運転士は、半径200mの左曲線を速度約55km/hで力行運転中、車両に異音と動揺を感じたため、非常ブレーキを使用して停止させた。列車は、先頭車両の前台車全2軸が右へ脱線していた。列車には、乗客18名及び運転士1名が乗車しており、そのうち乗客3名が負傷した。



事故現場の状況_本事故翌日撮影



レール上に線状の痕跡があった箇所

本事故前から設置されていた脱線防止ガード(※1)

※1「脱線防止ガード」とは、脱線しかかった車輪の反対側の車輪内面を抑えて脱線を防止するため、レールと平行して軌間内側に設置するL形鋼のガード装置のことをいう。

事故現場付近の線路に関する情報

- ▶ 10k845m～11k170mまでは左曲線となっており、このうち、'11k030m～11k130mまでが半径200mの円曲線'(本件円曲線)である
 - ▶ 本件円曲線の始点側には、半径600mの円曲線と本件円曲線とに接続する長さ40m(10k990m～11k030m)の緩和曲線(※2)があり、終点側には、'本件円曲線と直線とに接続する長さ40m(11k130m～11k170m)の緩和曲線'(本件出口側緩和曲線)がある
→本事例において'本件円曲線、始点側の緩和曲線及び本件出口側緩和曲線'を本件曲線という
 - ▶ 本件円曲線には105mmのカント(※3)が設定されており、このカントは緩和曲線において逡減され、本件出口側緩和曲線においては、カントの約380倍の40mの長さで0mmまで逡減している
 - ▶ 本件出口側緩和曲線内の11k135m付近にはレール継目がある
 - ▶ 本件曲線には、外軌(右レール)の軌間内側に脱線防止ガードが設置されている
- ※2「緩和曲線」とは、鉄道車両の走行を円滑にするために直線と円曲線、又は二つの曲線の間に設けられる線形のことをいい、緩和曲線中では曲率とカントが連続的に変化する。
- ※3「カント」とは、曲線を走行する際の遠心力が走行安全性及び乗り心地に対して影響することを低減するように設定された、曲線外側のレールと内側のレールとの高低差をいう。

事故の経過

11時57分

本件列車がA駅を出発

速度55km/h程度で事故現場付近を走行

11時58分ごろ

本件出口側緩和曲線内の11k137m付近及び11k139m付近で先頭車両の前台車全2軸の外軌側(右)車輪が外軌(右レール)に乗り上がり、11k140m付近及び11k141m付近で脱線

運転士が、車両に異音と動揺を感じ、非常ブレーキを使用

脱線した本件列車は、車体前面の右側部分が線路右側の鉄柱に衝突した後、先頭が11k219m付近に停止

主な要因等

速度は、半径200mの曲線の制限速度55km/hと同程度で、脱線に關与した可能性は低い

本件出口緩和曲線で、乗り上がりに対する余裕が小

・脱線係数(※4)の増加
・限界脱線係数(※5)の低下

乗り上がりを防止できず

曲線の内軌側に設置すべき脱線防止ガードを外軌側に設置

詳細は「脱線防止ガードに関する分析」(11ページ)を参照

本件列車は、先頭車両の前面右上部に打痕を生じたほか、右の前面窓ガラスを割るなどした

線形(線路形状)の影響

詳細は「線形の影響に関する分析」(本ページ下部)を参照

軌道変位(設計値との差)の影響

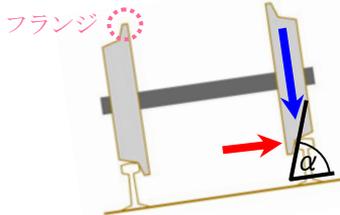
詳細は「軌道変位の影響に関する分析」(10・11ページ)を参照

脱線した車両の状況



※4 脱線係数 / ※5 限界脱線係数 について

【横圧・輪重】



▼「横圧」とは、車輪がレールを横方向に押す力をいう。

▼「輪重」とは、車輪がレールを下方に押す力をいう。

「脱線係数」とは、横圧を輪重で除した値をいう。脱線係数の値は、横圧が大きいほど、また輪重が小さいほど大きくなる。

$$\text{脱線係数} = \text{横圧} / \text{輪重}$$

「限界脱線係数」とは、車輪フランジがレールに乗り上がる際の、車輪フランジとレールとの接触点に作用する輪重及び横圧の釣合い式から求めた、脱線係数の限度値をいい、脱線係数が限界脱線係数より大きな値をとった場合、脱線する可能性が生じる。

限界脱線係数の値は、車輪フランジとレールとの摩擦係数が大きいほど、また接触角度(車輪フランジ角度:左図 α)が小さいほど低下する。

線形の影響に関する分析

先頭車両前台車全2軸の外軌側(右)車輪が外軌(右レール)に乗り上がったと推定される11k137m付近及び11k139m付近は、半径200m、カント105mmの本件円曲線から続く本件出口側緩和曲線内

本件出口側緩和曲線もこのような状況であったものと考えられる

出口側緩和曲線では・・・

- ・円曲線の走行に伴い発生した大きな横圧が維持される
- ・カントの透減による構造的な「軌道面のねじれ」によって、台車前軸の外軌側車輪の輪重が減少するとともに、内軌側車輪の輪重が増加する

内軌側車輪がレールとの摩擦力で輪軸を外軌側に押すことによって発生する横圧が増大する

本件出口側緩和曲線では、線路構造上、外軌側車輪の横圧が大きく、同車輪の輪重が小さくなるため、台車前軸の外軌側車輪の乗り上がりに対する余裕が小さくなると考えられる

軌道変位の影響に関する分析

▶ 本分析で使用した軌道変位(設計値との差)等は、本事故後に事故現場付近の軌道を手検測により 0.5m 間隔で測定したものであり、これらの測定値は、本事故発生の9ヶ月前に行われた定期検査における軌道検測記録の測定値とほぼ同じであった。

通り変位の影響

本件出口側緩和曲線の手前から同緩和曲線内に至る 11k123m~11k131.5mの間で通り変位が-16~-34mmと整備基準値の±15mmを超えていた

本来、通り正矢が曲線半径を大きくする方向へ変化していくはずの本件出口側緩和曲線において、その始端付近では逆に曲線半径を小さくする方向に 10m 弦正矢が変化していた

本件列車の進行に伴い先頭車両の前台車第1軸外軌側(右)車輪のアタック角(右図θ)が増大した

車輪フランジとレール間の等価摩擦係数(※6)が大きかった

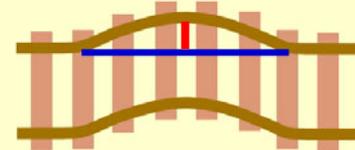
輪軸が向きを変える際に、内軌側(左)車輪が輪軸を外軌側(右)に押す力が増大し、外軌側(右)車輪の横圧が増大していった

限界脱線係数が低下していた可能性がある

脱線係数が増加していた可能性がある

※6「等価摩擦係数」とは、車輪フランジ・レール間に作用する左右方向の力とその法線力の比であり、アタック角の増加に伴って増加し、最大値は摩擦係数となる。

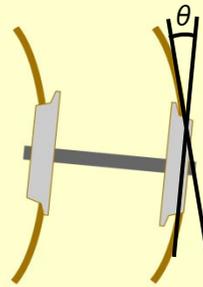
【通り変位】



▼「通り変位」とは、レールの長さ方向の2点間に張った弦の中央部とレールとの水平距離(正矢)をいい、曲線においては、曲線半径による正矢量(線形による分)を除いた値である。

▼「10m弦正矢」とは、レールの長さ方向の2点間に張った長さ10mの弦の中央部とレールとの水平距離をいう。

【アタック角】



▼「アタック角」(左図θ)とは、車輪がレール上を転動するときの車輪とレールとの相対角度のことであり、この角度が大きいほど乗り上がり脱線に対する安全性が低下する。

平面性変位の影響

11k128m~11k150m の間の2m 平面性変位が、軌道面が右前方に下がる向きの値が連続しており、11k136mが最大値(14mm)であった

本件出口側緩和曲線内のレール継目(11k135m 付近)周辺に噴泥(※7)が発生していた

本件列車通過時、レール沈下により軌道面のねじれを助長していた可能性がある

この地点で「線形の影響に関する分析」(9 ページ下部)で示した「軌道面のねじれ」が大きくなった

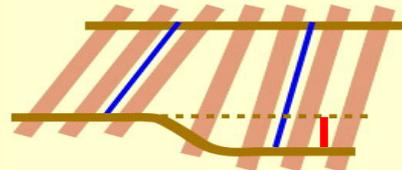
先頭車両前台車第1軸の外軌側(右)車輪の輪重が減少したことに伴い内軌側(左)車輪の輪重が増加した

輪軸が向きを変える際に、内軌側(左)車輪が輪軸を外軌側(右)に押す力が増大し、外軌側(右)車輪の横圧が増大していった

脱線係数が増加していた可能性がある

※7「噴泥」とは、道床バラスト表面に噴出した泥土をいう。噴泥の発生した箇所では、列車の荷重によってレールが大きく沈下し、軌道面のねじれを助長する可能性がある。

【平面性変位】



▼「平面性変位」とは、レールの長さ方向の2点間の水準(左右レールの高さの差でカントを含む)の差をいい、平面に対する軌道のねじれ状態を表す。2点間の距離が2mであれば、2m平面性変位という。なお、本分析では右前方が下がる向きにねじれている場合の平面性変位を正の値としている。

レール継目部周辺の噴泥

レール継目(11k135m 付近)



通り変位及び水準変位の影響

11k113.5m～11k136.5mの間では、通り正矢が減少し曲線半径を大きくする方向に変化し始めると、逆に水準の測定値が増加しカントを大きくする方向に変化し始めるというように、これらの波形は、ほぼ同一の波長(約23m)で、互いに逆の位相を示していた(右グラフ参照)

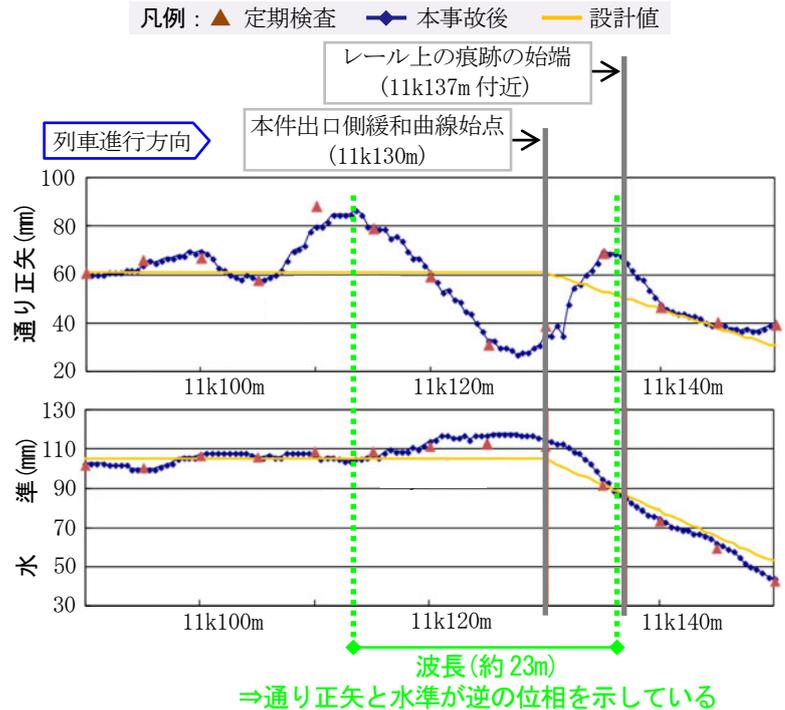
このような場合、走行速度によっては、通りと水準の変化による振動数が、車体のローリングの固有振動数と近い振動数となり、車体のローリングの共振を起こすことが知られている

本件列車の走行時(速度 55 km/h 程度)、車体のローリングが大きくなっていた可能性がある

ローリングが、外軌側(右)車輪の輪重の減少に関与した可能性がある

脱線係数が増加していた可能性がある

事故現場付近の軌道の状況(通り正矢及び水準)



脱線防止ガードに関する分析

日比谷線脱線衝突事故(※8)を踏まえ、平成12年3月、運輸省(当時)から鉄軌道事業者に対して、脱線防止対策について緊急の指導が行われた

運輸省の指導内容(主なもの)

- 半径 200m 以下の曲線の出口側緩和曲線部に、脱線防止ガード、脱線防止レール又は安全レールを可及的速やかに設置すること
- 半径 200m 以下の曲線のその他の区間について、出口側緩和曲線部に、脱線防止ガード、脱線防止レール又は安全レールをできるだけ早期に設置すること
- 脱線防止ガード又は脱線防止レールの場合、曲線の内軌側に設置すること

本件曲線に設置された脱線防止ガードは、上記指導と反対側の、曲線の外軌側に設置(平成12年8月)された

平成12年10月、運輸省から鉄軌道事業者に対して、推定脱線係数比(※9)が1.2を下回ることとなる曲線に脱線防止ガード等を設置することなどを内容とする指導がなされた

【本件曲線における推定脱線係数比】

本件円曲線 1.05 } 1.2を下回る
本件出口側緩和曲線 0.78

※8 「日比谷線脱線衝突事故」(平成12年3月8日発生)：本事故の原因は、当時の運輸省事故調査検討会の調査により、輪重減少や横圧増加を引き起こす複数の因子の影響が複合的に積み重なったことによる乗り上がり脱線と推定された。

本件鉄道事業者(同社)は、同社が定めた「軌道整備心得」(平成12年当時)に基づいて、事故が発生した場合に生じる被害が大きいと考えられる側の反対側に脱線防止ガードを設置するものと誤解していた

同社は、本件曲線の内側が道路と隣接していることから、列車が曲線外側へ脱線した場合より、曲線内側へ脱線した場合の方が、車両が道路を支障して危害が大きいため、曲線内側が危険の大きな側と判断していた

同社の軌道整備心得(抜粋)

- 高築堤等で脱線した場合に危害のはなはだしいと認められる箇所、その他特に必要と認められる箇所には脱線防止レール又は脱線防止ガードを敷設することとする
- 脱線防止レール又は脱線防止ガードは危険の大きな側の反対側に設けるものとする

同社は、平成14年3月に「軌道整備規程」を廃止し、新たに「軌道・土木施設実施基準」を定めたが、この際、既に設置されている脱線防止ガードに対しては、設置位置を確認することはなかった

※9 「推定脱線係数比」とは、急曲線低速走行時の乗り上がり脱線防止対策として、脱線防止ガード等の設置を検討する際に用いられる乗り上がりに対する余裕に関する評価指標であり、限界脱線係数を推定脱線係数(輪重横圧推定式に基づく脱線係数)で除して算定する。

軌道の保守に関する分析

本事故後に行った事故現場付近の軌道検測では、「通り変位」及び「5m平面性変位」の一部が、本件鉄道事業者(同社)の「軌道・土木施設実施基準」に規定された整備基準値を上回っていましたが、本事故後の軌道測定値と本事故前直近(9ヶ月前)の定期検査で同社が測定した値とがほぼ同じであったことから、定期検査の時点で、事故現場付近の軌道変位は既に一部が整備基準値を上回っていたものと考えられます。

しかし、同社では、定期検査の際、事故現場付近の軌道について整備基準値に基づく整備を行っていなかったため、事故現場付近の軌道整正は行われていませんでした。

報告書では、同社の軌道保守について、次のとおり分析しています。

本事故前直近(9ヶ月前)の定期検査の時点で、事故現場付近の軌道変位は一部が整備基準値を上回っていたものと考えられる

同社の定期検査では…

■ 軌道整正の必要性は、整備基準値のからのずれである軌道変位の値に基づかないで前回検査の測定値との差異や車両の乗り心地を勘案して判断していた

- ・ 前回検査の測定値との差異や車両の乗り心地だけを目安として、軌道整正の必要性を判断すると、軌道の状況を的確に把握することが困難であるものと考えられる
- ・ 軌道の整備基準値を規定した「軌道・土木施設実施基準」を定めた平成14年以降も同様に実施してきたことから、整備基準値に基づく軌道整備が行われていなかった箇所もあるものと考えられる

「軌道・土木施設実施基準」と現場での軌道保守の考え方が、必ずしも十分に整合のとれたものとなっていなかった可能性がある

本事故前直近の定期検査で事故現場付近については、軌道検測結果と前回検査の測定値とに大きな変化がなく、車両の乗り心地にも異常はなかった

事故現場付近の軌道整正は行われなかった

再発防止に向けて

当委員会は、同種事故の再発防止の観点から、以下のとおり所見を示しました。

所見

- 1 本事故現場における脱線防止ガードについては、過去に発生した事故の教訓を踏まえて、同種事故の再発防止対策として設置されたものの、本来設置すべき位置と異なる位置に設置していたため、本脱線事故を防止できなかったものと推定される。
したがって、同社においては、鉄道事故調査報告書や保安情報などを十分に活用して、他の事故事例から事故後に講ずべきとされた再発防止対策の趣旨を理解して、自社の安全対策を実施していくことが必要である。
- 2 同社は、軌道管理の方法について、定期検査等の軌道検測結果から軌道変位を把握し、軌道・土木施設実施基準に基づき、これを適切に管理できるように見直しを行い、軌道を良好な状態に維持すべきである。

本事例の調査報告書は当委員会ホームページで公表しております。(平成22年8月27日公表)

<http://jtsb.mlit.go.jp/jtsb/railway/report/RA10-4-1.pdf>

事故防止分析官の

ひとこと

本事故を受けて、国土交通省鉄道局は、平成21年10月29日付けで地方運輸局を通じて、全国の鉄軌道事業者に対する緊急保安情報により、本事故の概要を周知するとともに、脱線防止ガード等の敷設方について点検のうえ、本事故と同様の事案が判明した場合には速やかに改善するよう指導しています。全国の鉄軌道事業者においては、本事故を他山の石として、改めて軌道の保守に万全を期してください。

下り線での線路閉鎖工事中において、隣接する上り線に立ち入った作業員と列車が衝突した事例

概要：本件上り貨物列車(本件列車)は、平成21年7月3日(金)、A駅を定刻(2時39分)より約5分遅れて通過した。本件列車の運転士は速度約92km/hで力行運転中、本件踏切の直前で隣接する右側の下り線で作業をしていた集団の中から、上り線に作業員(本件作業員)が立ち入るのを認めたため、直ちに非常ブレーキを使用したが無間に合わず、同列車は本件作業員と衝突した。なお、作業員は死亡した。列車は1両目の機関車前面右側に軽微な損傷があった。列車には運転士1名が乗車していたが、負傷はなかった。

事故当夜の工事について

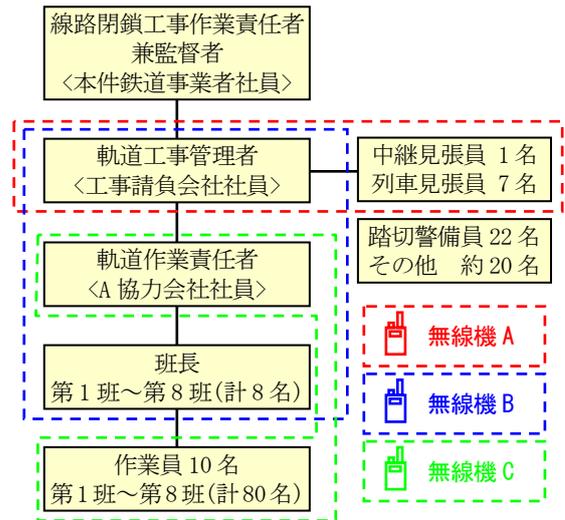
- ▶ 事故当夜の工事(本件工事)では、下り線における線路閉鎖工事(※1)として、約140名の工事従事者(右図参照)により、1時56分から延長600mのロングレールを取り替える作業(レール取替え)等が予定されていたが、下り列車に遅れが生じ、作業時間が十分に確保できなくなったため、レール取替えは中止し、‘本件踏切の下り線における総つき固め(※2)作業’(本件作業)と他の2箇所の踏切道における作業に移行することとなった
- ▶ 工事従事者には、無線機を所持している者がおり、無線機Aは列車接近合図に、無線機B及びCは作業に関する連絡及び列車接近の際の退避指示の伝達に使用していた(右図参照)
- ▶ 本件作業では、タイタンパ(※3)が使用されていた

※1 「線路閉鎖」とは、線路の保守作業、工事等により、ある区間を運転の用に供することができないときに、その区間に列車等を進入させないようにすることをいい、「線路閉鎖工事」とは、これにより行う工事をいう。

※2 「総つき固め」とは、線路長手方向に連続して行う道床のつき固め作業をいう。道床のつき固め作業はまくらぎの下に道床をつき入れる作業のことで、軌道の高低及び水準(左右レールの高さの差)変位を修正するために行う。本件作業では、道床としてバラスト(砕石)が使用されていた。

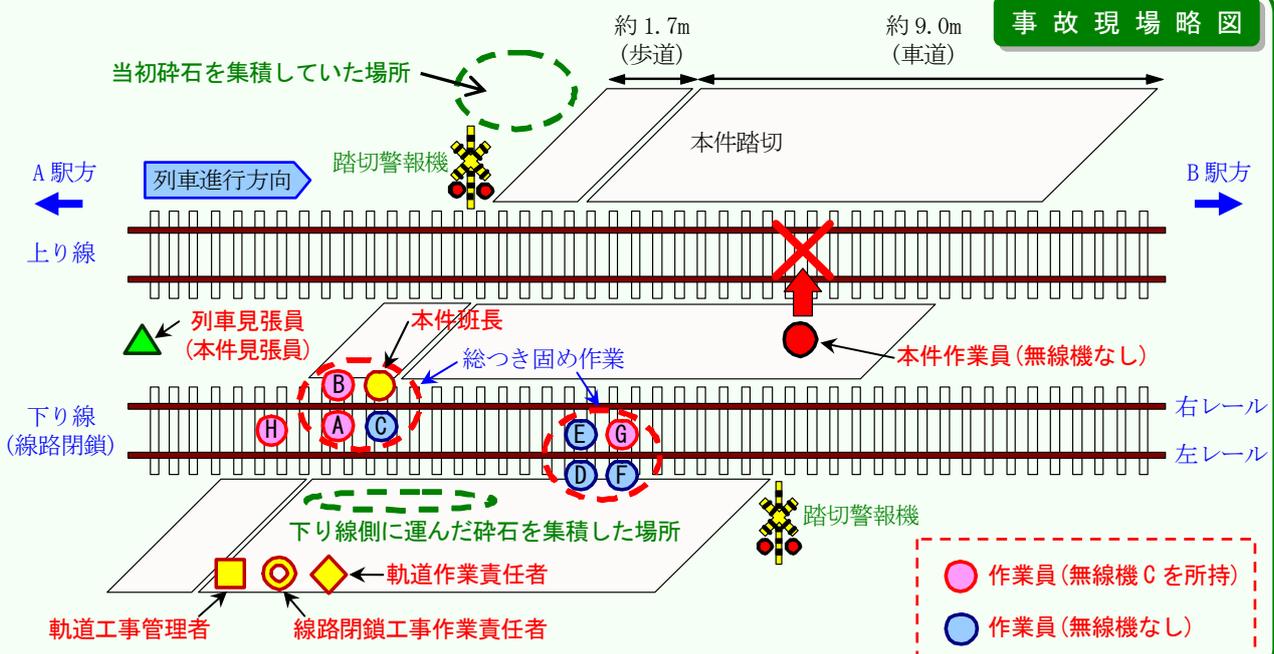
※3 「タイタンパ」とは、軌道の沈下を修正するために、バラストのつき固めを行う保線機械をいう。手動で操作する電動機械であり、タイタンパの先端部をまくらぎ下のバラスト内に挿入して振動させ、前後・左右に傾けながら、まくらぎ下にバラストを挿入する。

【工事従事者及び無線機相互の関係図】



- ◆ 本件作業は、第2班が行うこととなっていた
- ◆ 第2班は、本件作業員、班長(本件班長)、作業員(A~H)など、B協力会社社員によって構成されていた
- ◆ 無線機A及びBは、送受信できるが、作業員が所持する無線機Cは受信のみ
- ◆ 無線機Cは、レール取替の作業を行う作業員のペアごとに1台貸与されていたが、本件作業に移行した後は、ペアが解消される形となった

事故現場略図



本件作業員の列車接近の認識に関する分析

本事故は、本件作業員が本件列車の接近に気付かなかったことが関与し、同作業員が下り線から線路閉鎖のなされていない上り線へ立ち入ったため発生したものと推定されます。報告書では、本件作業員が本件列車の接近に気付かなかったことについて、次のとおり分析しています。

本件工事における退避指示の伝達

- 本件鉄道事業者(同社)の社内規程に従い軌道工事管理者が待避指示を行っていた
- 軌道工事管理者の声による待避指示の伝達を補助する手段として、列車見張員の笛や声による注意喚起を行うとともに、工事従事者の人数が多かったため無線機(A~C)の利用も行われていた
- 周囲の住環境に配慮して、拡声器を用いた待避指示の伝達は行っていなかった

騒音の大きなタイタンパを用いる本件作業に移行してから、拡声器を使用せずに行う待避指示の伝達方法を再確認するなど、待避指示を全員に確実に伝達するための具体的方法について、作業内容に応じた取り決めが不十分であった

本件列車が接近したとき、騒音の大きな環境の中で、本件作業員を含む第2班の作業員に対する待避指示の伝達が不完全となっていた可能性がある

- 軌道工事管理者の退避指示が直接には本件作業員には伝わっていなかった可能性がある
- 本件作業員は無線機Cを所持しておらず、軌道作業責任者による退避指示の伝達を直接には受けていなかった可能性がある
- 本件踏切のA駅寄りで右レールの総つき固め作業を行っていた作業員4名には、待避指示が確実に伝わっておらず、踏切警報機の警報音等により本件列車の接近に気付くことができた(これら作業員はタイタンパを止め、作業を中断した)
- 本件踏切のB駅寄りで左レールの総つき固め作業を行っていた作業員4名は、騒音が大きく、直前に本件列車の接近に気付いたか、あるいは本件列車の接近には気付かなかったと口述している(これら作業員はタイタンパを止めなかった)

①本件作業員に退避指示が伝わっていなかった可能性がある

②本件踏切のB駅寄りにいたと考えられる本件作業員は、本件列車の接近に気付くにくい状況であった可能性がある

③本件作業員は上り線に立ち入る際、左右の指差確認をしていなかった可能性がある

上記①~③により、本件作業員は本件列車の接近に気付かなかった可能性がある

本件踏切のB駅寄りでは、タイタンパによる大きな騒音が継続し、列車見張員による注意喚起や踏切警報機の警報音等も伝わりにくく、本件列車の接近に気付くにくい状況が継続した

同社の触車事故防止のための社内規程には…

- 安全ロープのない箇所では、隣接線で作業中に待避指示を受けた場合は、作業を中断するように規定されている
- 工事従事者は、線路内に立ち入る場合、列車等が進来しないことを確認するために、いったん立ち止まり、声を出して左右の指差確認を行うように規定されている

再発防止に向けて

当委員会は、同種事故の再発防止の観点から、次のとおり分析しています。

同種事故の再発防止に関する分析

再発防止のためには、作業の内容に応じて、すべての工事従事者に対して待避指示をより確実に伝達できる体制及び手段を整える必要がある。

特に、本件作業のように、待避指示の伝達に拡声器を使用せず、安全ロープのない隣接線において騒音を伴う作業を行う場合は、待避指示が伝わりにくい環境の中で、線路外に出るという明確な動作を伴わず、その場で作業を中断することになるため、指示が伝わっていることを確認しにくい場合があることから、作業中断が完了していることだけでなく、指示が伝わっていることも確実に確認する方法を見直すなど、安全体制の再点検が望まれる。

また、これらにあわせて、線路内に立ち入る場合の基本動作である指差確認や作業中断の徹底等、線路内工事における安全確保に関して、工事従事者に対する教育をさらに徹底する必要がある。

本事例の調査報告書は当委員会ホームページで公表しております。(平成22年7月30日公表)

<http://jtsb.mlit.go.jp/jtsb/railway/report/RA10-3-1.pdf>

事故防止分析官の

ひとつ

退避指示のような情報の伝達では、情報が確実に伝わっていることを、情報の出し手が確認できるようにすることが重要です。このような双方向の情報伝達では、情報の出し手と受け手というそれぞれの立場の違いを考慮する必要があり、そのため、現場レベルで日常的に検討や検証を行い、常に改善していくような取り組みが望まれます。

航空

航空事故インフォメーション <http://jtsb.mlit.go.jp/jtsb/aircraft/new/index.html>

■ 航空事故

公表日	発生年月日	発生場所	型式	運航者	備考
H22.6.25	H20.10.8	高松空港	ビークラフト式58型	朝日航空(株)	
H22.6.25	H21.10.10	松山空港	ハイパー式PA-28R-201T型	個人	
H22.7.30	H21.3.5	新潟空港の南東約21km上空	ボーイング式777-200型	エールフランス航空	
H22.8.27	H21.8.9	大阪市此花区	ロビンソン式R22Beta型	個人	

■ 航空重大インシデント

公表日	発生年月日	発生場所	型式	運航者	備考
H22.7.30	H21.7.23	大阪国際空港最終進入経路上、進入端から約1nmの上空	ダグラス式DC-9-81型 ボンバルディア式DHC-8-402型	(株)シャトルエクスプレス 日本エアモーター(株)	
H22.7.30	H22.4.18	京都府福知山市大江町	クイックシルバー式スポーツ2S-R582L型	個人	
H22.8.27	H21.3.25	種子島空港の北北西上空	ボンバルディア式DHC-8-402型	日本エアモーター(株)	安全勧告

■ 航空重大インシデント経過報告

公表日	発生年月日	発生場所	型式	運航者	備考
H22.7.30	H21.3.28	沖縄県慶良間列島の北西海上	ユーロプター式EC135T2型	学校法人ヒラガ学園	

鉄道

鉄道事故インフォメーション <http://jtsb.mlit.go.jp/jtsb/railway/index.html>

■ 鉄道事故

公表日	発生年月日	事業者	線区	種類	備考
H22.7.30	H21.7.3	東海旅客鉄道(株)	東海道線	鉄道人身障害事故	
H22.8.27	H21.8.27	一畑電車(株)	北松江線	列車脱線事故	所見

■ 鉄道重大インシデント

公表日	発生年月日	事業者	線区	種類	備考
H22.6.25	H21.5.1	伊賀鉄道(株)	伊賀線	車両障害	

船舶

船舶事故インフォメーション <http://jtsb.mlit.go.jp/jtsb/ship/index.html>

■ 船舶事故等のうち重大なもの

公表日	発生年月日	事故名	発生場所	備考
H22.7.30	H21.1.20	貨物船SUN GRACE貨物船盛進丸衝突	来島海峡航路(来島海峡西水道)	所見
H22.7.30	H21.4.26	モーターボートアサヒチャージャー115没水	滋賀県近江八幡市沖島南西沖(琵琶湖)	所見
H22.7.30	H21.7.7	旅客船セブンアイランド虹火災	東京都大島町元町港(伊豆大島)	
H22.8.27	H21.5.28	漁船第31大漁丸転覆	徳島県美波町阿瀬比ノ鼻北東方沖	
H22.8.27	H21.7.15	ばら積貨物船HANJIN BRISBANE乗揚	播磨灘鹿ノ瀬	所見
H22.8.27	H21.10.19	旅客船えれがんと1号火災	長崎県平戸市平戸島の南方	

■ 船舶事故経過報告

公表日	発生年月日	事故名	発生場所	備考
H22.7.30	H21.6.13	貨物船SINGAPORE GRACE作業員死亡	大分県佐賀関港	

事故・重大インシデント調査情報

[H22.6.1-H22.8.31]

(運輸安全委員会ですべてに調査に着手した事故等)

単位: 件	航空	鉄道	船舶	
			東京	地方
事故	8	2	3	359
重大インシデント	4	2	1	37

当委員会が発足してこの10月で満2年を迎えました。その間、ニュースレター読者の皆様方よりのご支援ありがとうございます。引き続き、よろしく願いいたします。また、ご意見、ご感想、ご要望などございましたら是非ご連絡をお願いいたします。

(T・H_1号)

ご意見お待ちしております

〒100-8918 東京都千代田区霞が関2-1-2
国土交通省 運輸安全委員会事務局
担当: 参事官付 事故防止分析官

TEL 03-5253-8111(内線 54238) FAX 03-5253-1680
URL <http://www.mlit.go.jp/jtsb/index.html>
e-mail jtsb_analysis@mlit.go.jp