

# 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

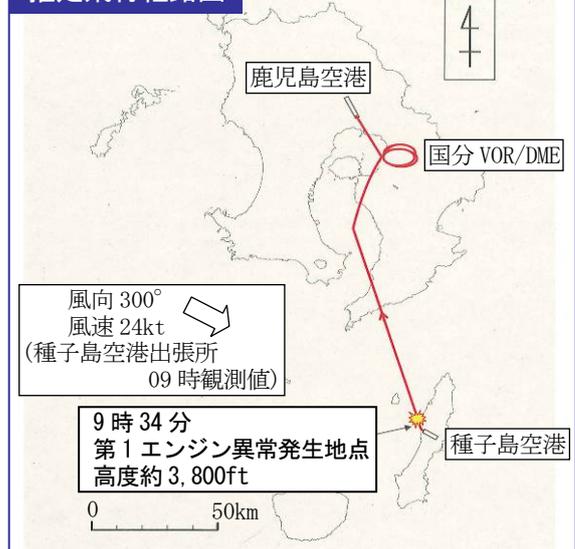
※3 鹿児島空港事務所のターミナル管制所

※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

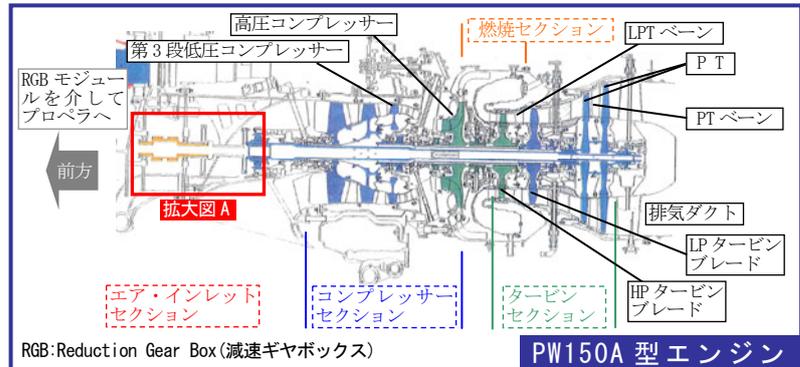
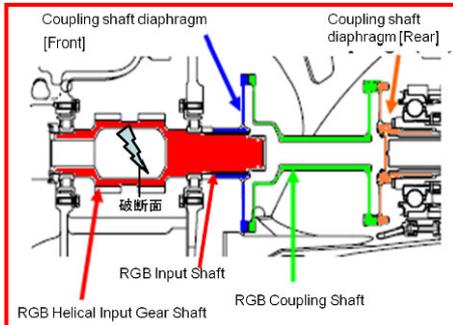


## No. 1 エンジンが破損した要因に関する解析

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



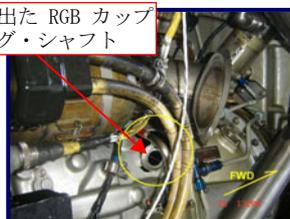
RGB ヘリカル・インプット・ギアシャフトが疲労破断したため、これらの部分にオーバーロードが発生して 2 次破壊が起こったことによるものと推定されます。(PW150A 型エンジン図のタービンセクション部分)

### 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

突き出した RGB カップリング・シャフト



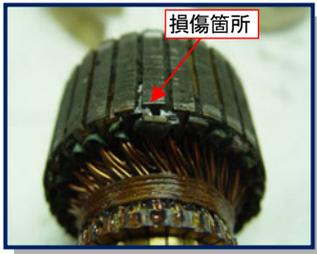
## No.1 プロペラがフェザーの状態とならなかった要因に関する解析

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。

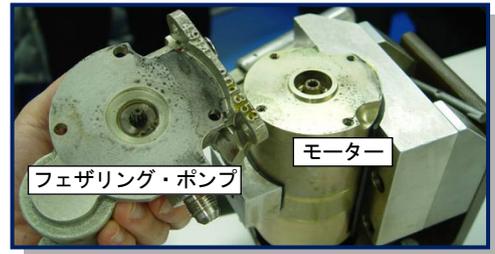
損傷した電機子



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。