

航空重大インシデント調査報告書

所 属	日本航空株式会社
型 式	ボーイング式777-300ER型
登 録 記 号	JA743J
インシデント 種 類	発動機の破損(破片が当該発動機のケースを貫通した 場合に限る。)に準ずる事態
発 生 日 時	平成29年9月5日(火)11時00分ごろ
発 生 場 所	東京国際空港

1. 概要

- 発生日時／場所 平成29年9月5日(火) 11時00分ごろ／東京国際空港
- 運航者 日本航空株式会社
- 航空機 ボーイング式777-300ER型(JA743J)
- エンジン ゼネラル・エレクトリック式GE90-115B型
- 出発地／目的地
東京国際空港 → ジョン・F・ケネディー国際空港(ニューヨーク)



重大インシデント機

- 搭乗者 乗員18名 乗客233名 計251名
- 概要

当該機は、東京国際空港の滑走路34Rから離陸した直後に、第1(左側)エンジンから異音が発生するとともに不具合が発生したことを示す計器表示があったため、同エンジンを停止して引き返し、管制上の優先権を得て同空港に着陸した。

着陸後の点検において、同エンジンの低圧タービン(LPT)の複数段の静翼及び動翼が損傷し、エンジンケース後部(タービン・リア・フレーム)に開口が発生していることが確認された。

- 備考

本件は、航空法施行規則第166条の4第6号の「発動機の破損(破片が当該発動機のケースを貫通した場合に限る。)」に準ずる事態(同条第17号)として、航空重大インシデントとして取り扱われることとなったものである。

2. 原因

- 本重大インシデントは、同機が離陸した直後に、第1(左側)エンジンの低圧タービン(LPT)の複数段の静翼及び動翼が損傷したため、それらの破片の一部がタービン・リア・フレーム(TRF)に衝突して開口が発生したものと推定される。
- 低圧タービン(LPT)の複数段の静翼及び動翼が損傷したことについては、LPT第5段静翼の1枚が破断したことによるものと推定される。
- LPT第5段静翼の1枚が破断したことについては、アーチバインディング(*)による応力集中により生じた亀裂がエンジンの運転に伴う繰り返し応力により破断に至ったものと推定される。

* 「アーチバインディング(Arch-Binding)」とは、低圧タービン第5段静翼の隣り合うセグメント同士が密着して互いの動きが拘束された状態(アーチ状)のことをいう。

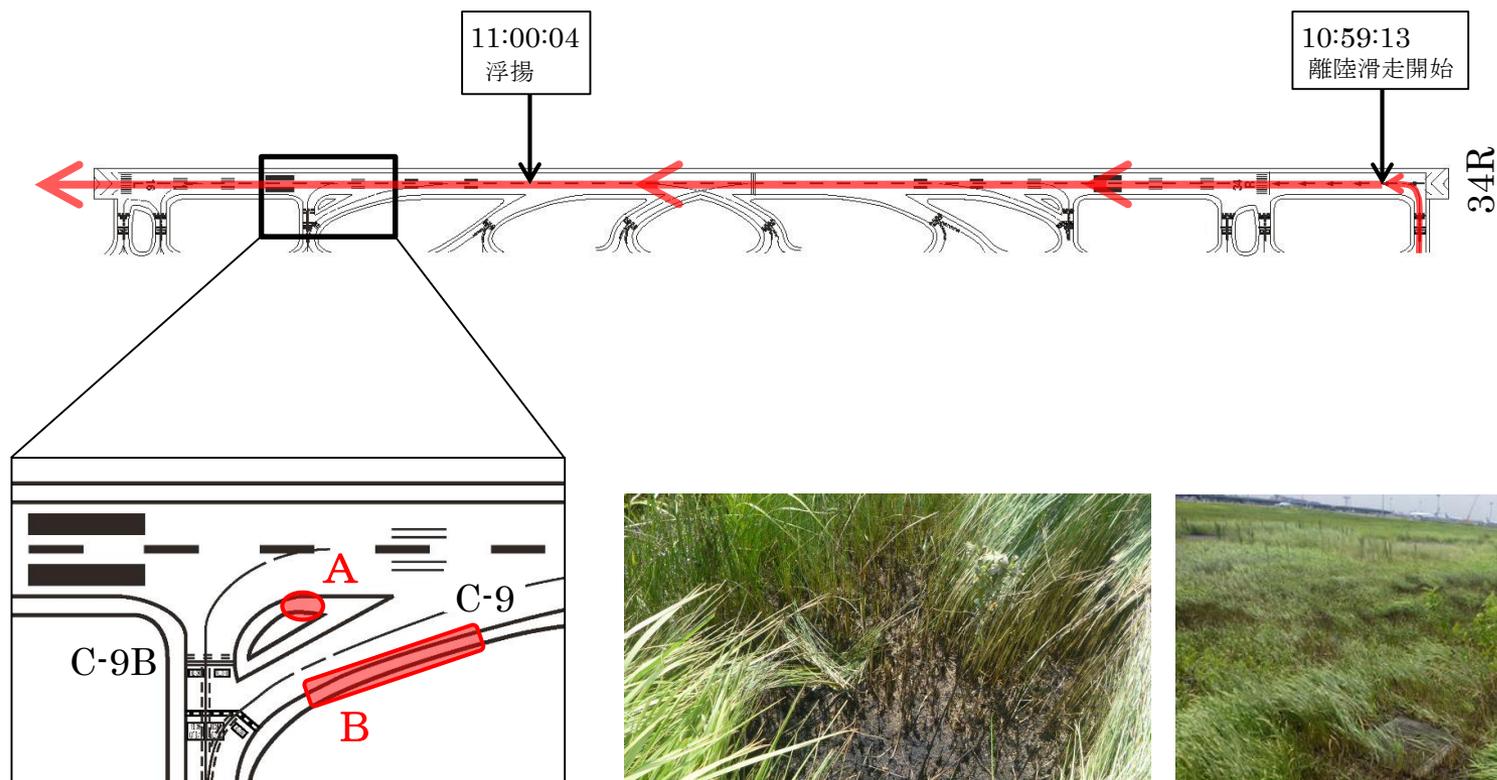
主な時系列 (すべて日本時間)

10時59分 東京国際空港の滑走路34Rから離陸滑走を開始。

11時00分 浮揚した直後に第1(左側)エンジンから異音が生じて回転数が低下し、推力の減少を示すコーション(注意)メッセージ(ENG THRUST L)が表示。管制官は、左側エンジン後方に火炎が発生したのを目撃。運航乗務員は、上昇中、同エンジンを停止。その後、緊急事態を宣言し管制上の優先権を得て同空港への引き返しを決定。

12時09分 東京国際空港滑走路34Lに着陸。

- 同機が離陸した滑走路は点検のため閉鎖
- 滑走路上及び滑走路周辺から多数のエンジンの破片を回収
- 同機が離陸した付近の滑走路横の草地が燃焼、空港消防により消火



付図1 草地の燃焼位置



A地点 約1m×1m



B地点 約15m×1m

付図2 草地が燃焼した状況

4. 同機のエンジンの概要

○ 同機のエンジン(ゼネラル・エレクトリック式GE90-115B型)

- 二軸式のターボファンエンジン
- エンジンの構成部(前方から)
 - ファン
 - 低圧コンプレッサー(LPC)
 - 高圧コンプレッサー(HPC)
 - 燃焼室(CC)
 - 高圧タービン(HPT)
 - 低圧タービン(LPT)
- エンジン構成部は各ケースで覆われている。
- エンジンケース後部には、タービン・リア・フレームがある
- さらに外側は、エンジンカウリングで覆われている。

○ 低圧タービン(LPT)

- 6段構成、各段とも静翼と動翼の一对の組合せ

○ 低圧タービン(LPT)第5段静翼

- 一周26個のセグメント(扇状の形状)で構成
- 1つのセグメントは6枚の静翼で形成(図2参照)

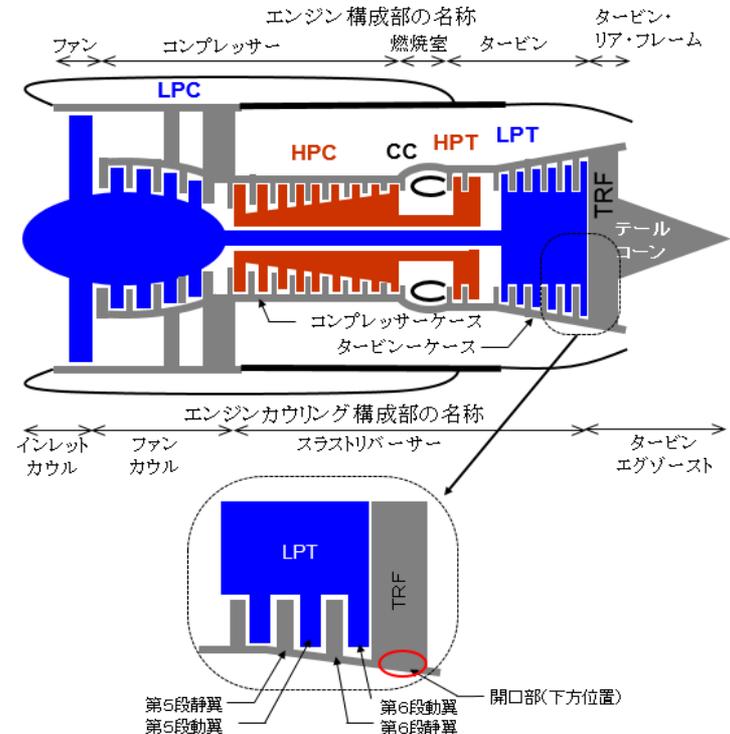


図1 GE90-115Bエンジン (イメージ図)

5. 機体及びエンジンの損壊状況

- (1) 航空機の損壊の程度 : 小破
- (2) 第1(左側)エンジンの破損状況
 - ① 低圧タービン(LPT)第5段静翼1枚が欠損(図2)
 - 低圧タービン(LPT)第5段静翼セグメントのプラットホーム側面に摩耗あり(図3)

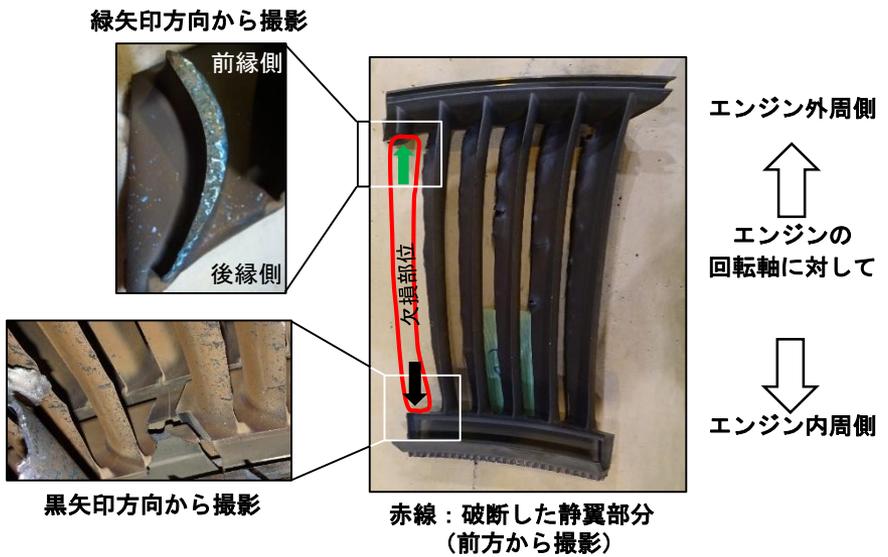


図2 LPT第5段静翼セグメントの欠損した静翼の状況

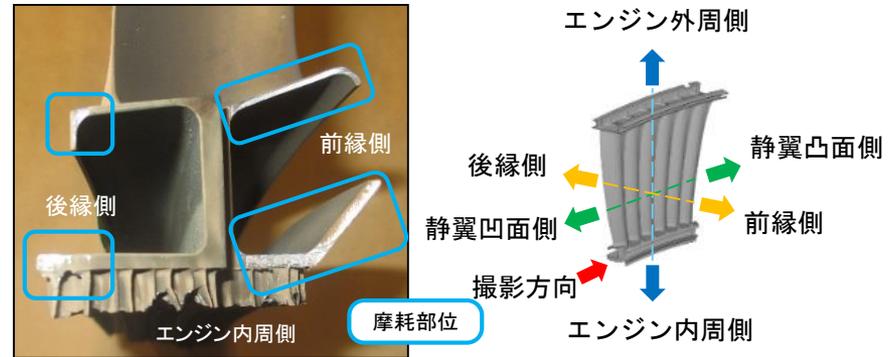


図3 LPT第5段静翼セグメントのプラットホーム側面の摩耗

5. 機体及びエンジンの損傷状況(続き)

(2) 第1(左側)エンジンの破損状況(続き)

- ② 低圧タービン(LPT)第5段静翼後方の第5段動翼及び第6段動翼が全周にわたり損傷(図4)
- ③ 低圧タービン(LPT)後方に取り付けられたエンジンケース後部のタービン・リア・フレーム(TRF)の下方位置に約6cm×約1cmの開口、亀裂と窪み(図5)
- ④ 低圧タービン(LPT)第5段静翼よりも前方には損傷痕跡なし
エンジン内部に異常燃焼の形跡なし
- ⑤ エンジンカウルに損傷なし



図4 LPT第5段(左側)及び第6段(右側)動翼の損傷状況

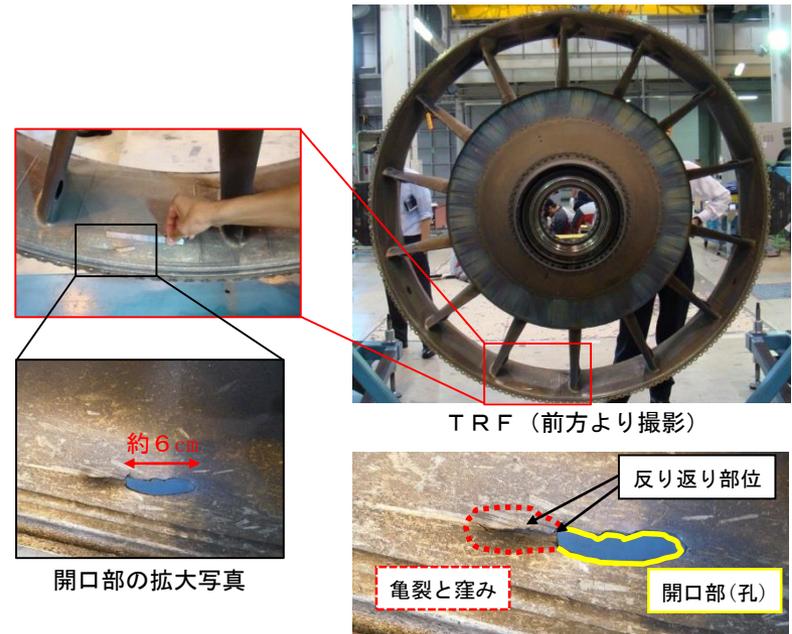


図5 TRFの開口部

6. LPT第5段静翼セグメントの詳細調査

■ 破面解析

第1(左側)エンジンの破損は、最初に低圧タービン(LPT)第5段静翼の一枚が破断したことにより発生。このことから、破面解析は、欠損した静翼の破面に対して、走査型電子顕微鏡を用いて行った。

<破面解析の結果>

- 縞模様の痕跡(ストライエーション)が多数確認された。
→ 繰り返し応力による疲労破壊を示す
- まとまったストライエーションとストライエーションの間にアレストライン*1が周期的に確認された。→ アーチバインディング*2の影響によるものと推察

*1「アレストライン(Arrest lines)」とは、応力の作用状態が変化することに伴い、疲労破壊による亀裂進展が停止・再開を繰り返す状況下で、亀裂が再び進展を開始する際に破面上に形成される線をいう。

● アーチバインディング

- 本事案における、「アーチバインディング」とは、隣り合うLPT第5段静翼セグメントの内周側プラットホーム同士がエンジンの運転による熱膨張により密着して、内周側プラットホームの動きが拘束される状態のことをいう。
- この時、内周側プラットホームの応力がセグメント全体に伝わり、静翼凹面側の最も外側の静翼におけるエンジン外周側の後縁側の応力が増加する。

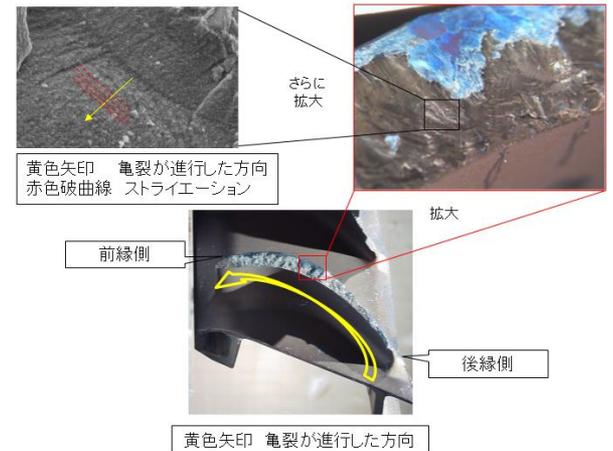


図6 欠損した第5段静翼の破面の状況

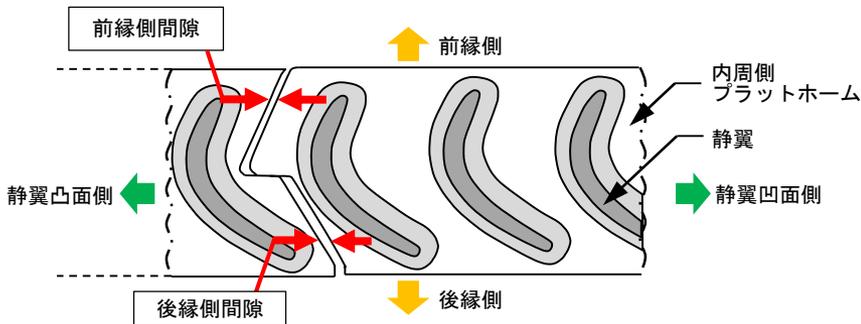


図8 LPT第5段静翼セグメントの間隙

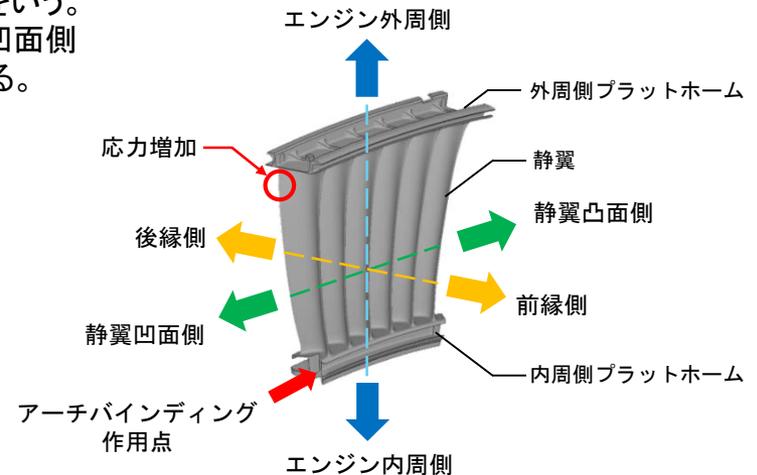


図7 LPT第5段静翼セグメント

7. エンジン製造者及び同社(日本航空)の対応

○ 本重大インシデント以前の対応

■ エンジン製造者の対応

- エンジン製造者が実施した同型式エンジンによる社内試験時(2013年3月～4月)に、本事案と類似した不具合が発生していた。
- 不具合対策



エンジン製造者は、アーチバインディングの発生を防止するため、静翼セグメント同士の間隙を広げる設計変更を実施し、2015年5月、設計変更されたLPT第5段静翼セグメントが従来品と互換性のある予備部品として使用可能であることを運航者へ知らせる技術通報(SB72-0637)を発行した。

■ 同社(日本航空)の対応

- 技術通報(SB72-0637)は同社の同型式エンジンに対して適用となるものであったが、部品交換を緊急に行うことが求められているものではなかったことから、LPT第5段静翼セグメントが損耗して交換が必要となったときに技術通報(SB72-0637)によって通知された設計変更後の予備部品に交換するという対応をしていた。

○ 本重大インシデント以降の対応

■ エンジン製造者の対応

- エンジン製造者による点検
2018年2月以降、本重大インシデントの要因を調査するため、点検又は修理のためにエンジン製造者のエンジン部品修理工場に持ち込まれたLPT第5段静翼セグメントに対して、亀裂及びアーチバインディングによる摩耗の点検を行った。
- 技術通報(SB72-0786)
本重大インシデントにより、アーチバインディングによる亀裂が生じる可能性が疑われたことから、エンジン整備工場に搬入される同型式エンジンに対して一度、BSI(内視鏡による検査)により亀裂の有無の点検を求める技術通報(SB72-0786)を2018年7月に発行した。さらに、これを2019年9月に改訂して、エンジン整備工場に搬入されるごとに、この点検を繰り返し実施することを求めている。
- 技術通報(SB72-0821)

技術通報(SB72-0637)による設計変更前の従来型静翼セグメントについて、セグメント間の間隙を広げる改修を、LPTが分解された際に行うことを求める技術通報(SB72-0821)を、2019年8月に発行した。

■ 同社(日本航空)の対応

- 本事案発生直後から、エンジンが機体に装備された状態でのBSIの繰り返し点検を継続(飛行回数250回ごと)
- 順次、技術通報(SB72-0637及びSB72-0821)に従った第5段静翼セグメントの間隙を広げる対応を行う。

■ 原因

- 本重大インシデントは、第1(左側)エンジンの低圧タービン(LPT)の複数段の静翼及び動翼が損傷したため、それらの破片の一部がタービン・リア・フレーム(TRF)に衝突して開口が発生したものと推定される。
- 低圧タービン(LPT)の複数段の静翼及び動翼が損傷したことについては、LPT第5段静翼の1枚が破断したことによるものと推定される。
- LPT第5段静翼の1枚が破断したことについては、アーチバインディングによる応力集中により生じた亀裂がエンジンの運転に伴う繰り返し応力により破断に至ったものと推定される。

9. 同種事案の再発防止策

■ 再発防止策

今後の同種エンジン不具合の発生及び地上への落下物を防止するため、次のような再発防止策を実施することが有用と考えられる。

- LPT第5段静翼セグメント同士の間隙の拡大
 - 設計変更後のLPT第5段静翼セグメントへの交換
 - 技術通報(SB72-0821)に従ったセグメントの改修
- 設計変更前のLPT第5段静翼セグメントの点検
 - エンジン整備工場での繰り返しBSI(内視鏡による点検)
 - 運用中のエンジンに対する繰り返しBSI(内視鏡による点検)
 - ✓ エンジン製造者は、運用中のエンジンにおけるBSIの方法及びBSIを繰り返し実施する適切な間隔を技術通報により通知することが望ましい。