

航空重大インシデント調査報告書

- | |
|---|
| I 株式会社ジャルエクスプレス所属
ボーイング式737-800型 JA342J
エンジン内部の破損 |
|---|
- II 全日本空輸株式会社所属
ボーイング式777-200型 JA701A
エンジン内部の破損

平成27年10月29日

本報告書の調査は、本件航空重大インシデントに関し、運輸安全委員会設置法及び国際民間航空条約第13附属書に従い、運輸安全委員会により、航空事故等の防止に寄与することを目的として行われたものであり、本事案の責任を問うために行われたものではない。

運輸安全委員会
委員長 後藤 昇 弘

《参 考》

本報告書本文中に用いる分析の結果を表す用語の取扱いについて

本報告書の本文中「3 分 析」に用いる分析の結果を表す用語は、次のとおりとする。

- ① 断定できる場合
・・・「認められる」
- ② 断定できないが、ほぼ間違いない場合
・・・「推定される」
- ③ 可能性が高い場合
・・・「考えられる」
- ④ 可能性がある場合
・・・「可能性が考えられる」
・・・「可能性があると考えられる」

I 株式会社ジャルエクスプレス所属
ボーイング式737-800型 JA342J
エンジン内部の破損

航空重大インシデント調査報告書

所 属 株式会社ジャルエクスプレス
型 式 ボーイング式737-800型
登録記号 JA342J
インシデント種類 エンジン内部の破損
発生日時 平成24年10月20日 19時42分ごろ
発生場所 東京国際空港の西約37km、高度約13,000ft

平成27年10月9日
運輸安全委員会（航空部会）議決
委員長 後藤昇弘（部会長）
委員 遠藤信介
委員 石川敏行
委員 田村貞雄
委員 首藤由紀
委員 田中敬司

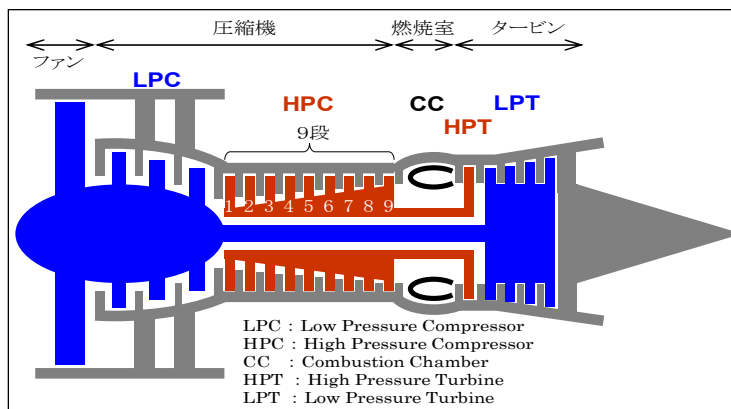
1 調査の経過

運輸安全委員会は、平成24年10月23日、重大インシデント発生の報告を受け、本調査を担当する主管調査官ほか2名の航空事故調査官を指名した。

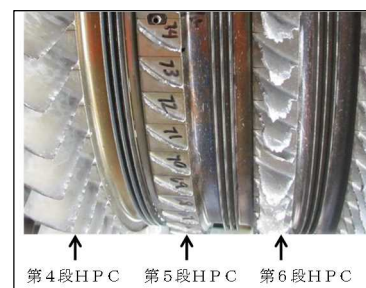
重大インシデント機的设计・製造国である米国に重大インシデント発生の通知をしたが、その代表等の指名はなかった。原因関係者からの意見聴取及び関係国への意見照会を行った。

2 事実情報

2.1 飛行の経過	<p>株式会社ジャルエクスプレス所属ボーイング式737-800型JA342Jは、平成24年10月20日（土）、機長ほか乗務員5名及び乗客138名計144名が搭乗し、運送の共同引受をしていた日本航空株式会社の定期1471便として松山空港へ向けて東京国際空港を19時36分に離陸した。</p> <p>同機は、離陸上昇中、高度約13,000ftにおいて、第1（左側）エンジンの回転数の低下及び排気ガス温度の上昇を示す計器の表示があったため、同エンジンを停止して引き返し、管制上の優先権を得て、20時10分に東京国際空港に着陸した。</p> <p>本重大インシデントの発生場所は、東京国際空港の西約37km（北緯35度28分19秒、東経139度23分16秒）で、発生日時は、平成24年10月20日、19時42分ごろであった。</p>
2.2 負傷者	なし
2.3 損壊	<p>(1) 航空機の損壊の程度 小破（エンジン内部の大規模な破損）</p> <p>(2) エンジンの破損</p> <p>同エンジンは、2軸式のターボファンエンジンでファン、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）及び低圧タービン（LPT）で構成される。</p>



- ① 第4段HPCブレード
第4段HPCブレードの後縁部にへこみが認められた。
- ② 第5段HPCブレード
第5段HPCの全ブレードが、根元から破断していた。
- ③ HPC第6段以降、燃焼室及びタービン
第6段以降のHPCブレード前縁部が破損していた。また、燃焼室及びタービンは、高温による焼損等が認められた。



2.4 乗組員等

- (1) 機長 男性 53歳
定期運送用操縦士技能証明書 平成6年10月21日
限定事項 ボーイング式737型 平成22年11月8日
第1種航空身体検査証明書 有効期限：平成25年6月30日
- (2) 副操縦士 男性 29歳
事業用操縦士技能証明書 平成21年3月10日
限定事項 ボーイング式737型 平成22年5月27日
計器飛行証明 平成21年6月19日
第1種航空身体検査証明書 有効期限：平成25年8月22日

2.5 航空機等

- (1) 航空機型式：ボーイング式737-800型
製造番号：39191、製造年月日：平成24年3月31日
耐空証明書 第2012-018号
有効期限：整備規程の適用を受けている期間
総飛行時間 1,291時間58分

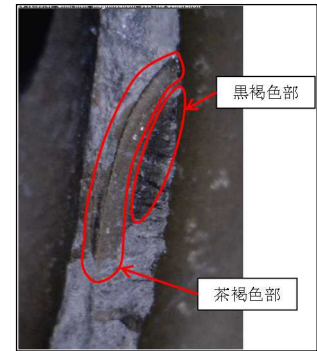
(2) エンジン

	第1エンジン	第2エンジン
型 式	CFMインターナショナル式CFM56-7B24E型	
製 造 番 号	960767	960770
製 造 年 月 日	平成24年3月17日	平成24年3月17日
総 使 用 時 間	1,291時間58分	1,291時間58分
総使用サイクル	1,053サイクル	1,053サイクル

2.6 その他必要な事項

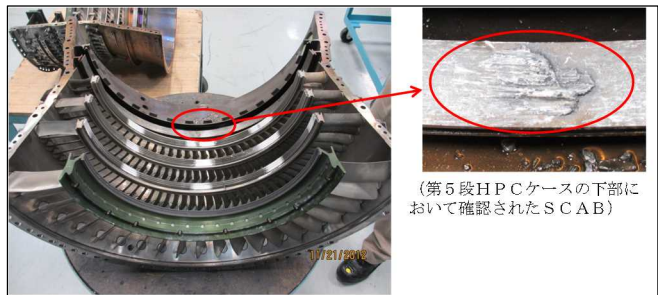
(1) 第5段HPCブレードの破断面の調査

同エンジンの製造者がブレード破断面の解析を行った結果、第5段HPCの全ブレードの破断面において、破断の始まりを示す強い負荷が生じていた痕跡（黒褐色部）と、繰り返し荷重により疲労亀裂が進行したことを示す痕跡（茶褐色部）が確認された。また、ブレード翼型を単純化した長方形の試験片に第5段HPCブレードで見つかった最大の黒褐色部と同程度の大きさの初期亀裂を入れて飛行により生じる代表的な荷重を繰り返し加えた荷重試験を行った結果、試験片は約2飛行サイクル相当で破断に至った。



(2) HPCケース内面最下部の接触痕

第5段HPCケース内面の最下部にかさぶた状の接触痕（SCAB）が見つかった。このようなSCABは、通常の運用



中にHPCブレード先端がケースと接触することで発生し、通常の整備作業でも発見されることがあるが、当該SCABは通常の使用状況で見つかるSCABの約4倍の厚さであった。

エンジン製造者の調査によると、当該SCABの材質は第5段HPCブレードの材質と同じものであった。

(3) 第5段HPCブレード先端とケースの間隙

エンジン製造者において、HPCケース及びSCABを切断して摩擦面を調査した結果、HPCケースの形状等の異常は確認されなかった。

また、同エンジンの製造記録によると、製造時における第5段HPCブレード先端とケースとの間隙は、許容値内であった。

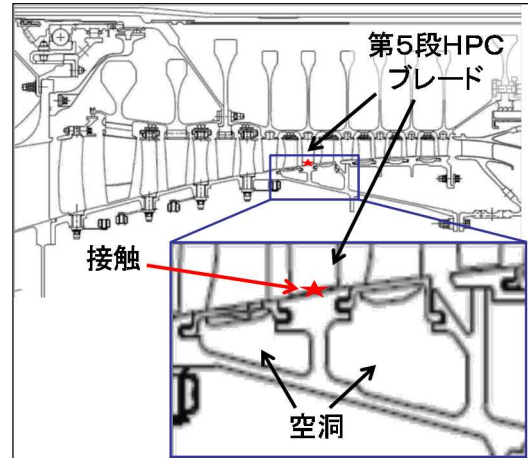
(4) 液体のたまっていた跡

第5段HPCブレード付近のケースには2つの空洞があり、この空洞の底及び空洞に続く後段のHPCケースに、液体の痕跡が確認された。

また、第5段HPCケースには、HPCの圧縮空気の一部（ブリードエア）を抜き取る配管があるが、HPCケースの真上を0°とすると、約45°、135°、225°及び315°に4本あり、HPCケース下部にある135°及び225°の2本の配管の中にも液体の痕跡が確認された。

エンジン製造者の成分分析によると、HPCケース最下部で認められた液体の痕跡の成分は主成分が水であり、液体は雨水又は海水である可能性が示された。

エンジン製造者によると、第5段HPC付近まで水が浸入すると第5段HPCブレード付近のケースにある空洞に水がたまる可能性があることが確認された。また、エンジンを使用した短時間の試験において、ローターを停止させた状態とモータを使用して回転（モータリング）させた状態のエンジンにファン後段からエンジン内部へ放水した結果、回転させた状態では第5段HPC付近のケース最下部にある空洞に水がたまったが、停止した状態のエンジンでは水はたまらなかった。



(5) HPCに水がたまっていた場合の影響

第5段HPCブレードとケースの間隔は、エンジン始動時にローターが回転することによる遠心力によってローターに取り付けられている第5段HPCブレードが外周方向に移動することが考慮されている。

また、通常、エンジンは、始動後に自らの熱により膨張する。その際、第5段HPCブレードの位置は、ローターの熱膨張により、さらに外周方向へ移動するが、HPCケースも同様に熱により膨らむため、ブレードとケースの間隔は、激しい接触が生じるほど狭くなることはない。

エンジン製造者がエンジン始動時の熱膨張及びゆがみについて簡易解析を行った結果、HPCケースの最下部に水がたまっていた場合、HPCケースにたまった水が、エンジン始動後のHPCケースの熱膨張を局所的に抑制してHPCケースの形状にゆがみが生じ、最下部のブレード先端とケースとの間隙が狭くなる可能性が示された。

(6) 同エンジンの整備記録

同機は製造後約7か月しか経過しておらず、また、エンジンに不具合の発生もなかったため、同エンジンは、本重大インシデント発生時までエンジン洗浄を含めたエンジン整備は実施されていなかった。

(7) 同型式エンジンにおける他の損傷例

エンジン製造者によると、同型式エンジンのHPCブレードが多数損傷した事例は2件報告されているが、エンジン製造者による調査により、いずれもHPCケース最下部にSCABは確認されておらず、本重大インシデントと共通性のないものであった。また、本重大インシデント発生時の同型式エンジンの運用実績は累計約2億時間/約1億飛行サイクルであった。

(8) 同機の夜間駐機

本重大インシデント発生前の同機の夜間駐機場所における降雨量及び風速の調査を行ったところ、3日前（10月17日～18日）の最大降雨量は12.0mm/h、最大風速は4.4m/sであり、2日前（10月18日～19日）の最大降雨量は4.5mm/h、最大風速は11.6m/s、風向は北北東（同機の左前方からの風）であった。

同社では夜間駐機中に強風が予想されない場合、通常はエンジンにカバー

	は付けておらず、上記期間、夜間駐機中に強風が予想されていなかったため、同機には、エンジンカバーは付けられていなかった。
--	---

3 分析

3.1 気象の関与	不明
3.2 操縦者の関与	なし
3.3 機材の関与	あり
3.4 判明した事項の解析	<p>(1) 第5段HPCの全ブレードの破断</p> <p>HPCケース最下部のSCAB及び第5段HPCの全ブレードの破断状況から、第5段HPCの全ブレード先端とケースが接触したことにより、ブレードの根元に強い負荷が加わり亀裂が生じたものと推定される。その後、飛行サイクルに伴う繰り返し荷重により亀裂が進行し、連鎖的な全ブレード破断に至るブレードの破断が発生したものと推定される。</p> <p>エンジン製造者が行ったブレード翼型を単純化した長方形の試験片を使用した荷重試験の結果では、約2飛行サイクル相当で試験片が破断に至ったが、この試験では実際のブレードではなく単純化した試験片を使用していることから、破断に至る飛行サイクルを正確に推算できていないと考えられ、実際に破断に至った飛行サイクルは数飛行サイクルから数十飛行サイクルであった可能性が考えられる。</p> <p>(2) 第5段HPCブレード先端とケースの間隔</p> <p>通常の運用では発生しない厚みのSCABが、HPCケース最下部で確認されていることから、第5段HPCブレード先端とケースの間隔が最下部でのみ、通常よりも狭くなっていたものと推定される。</p> <p>第5段HPCブレード先端とケースの間隔が最下部でのみ、通常よりも狭くなっていたことについては、第5段HPCケース最下部の空洞に液体の痕跡があることから、HPCケース最下部の空洞にたまった液体が、HPCケースの熱膨張を局所的に抑制してHPCケースの形状にゆがみが生じたことによってブレード先端とケースの間隔が狭くなった可能性が考えられる。</p> <p>しかしながら、HPCケース最下部の空洞にたまった液体の浸入が通常の使用状況で発生したと仮定すると、本重大インシデントと同様な事例が頻発すると考えられるが、同様事例は報告されていないことから、HPCケース最下部にたまった液体の影響によって第5段HPCブレード先端とケースの間隔が狭くなっていただけでなく、本重大インシデント発生時に第5段HPCブレード先端とケースの間隔が通常より狭い状態になっていた可能性が考えられる。</p> <p>第5段HPCブレード先端とケースの間隔が通常より狭い状態になっていたことについては、一般的に新しいエンジンは長期間使用されたエンジンに比べてブレード先端とケースの間隔が狭いことがあり、同エンジンが製造後約7か月しか経過していない比較的新しいエンジンであることが関与した可能性が考えられる。</p> <p>(3) 液体の浸入</p> <p>本重大インシデントにおいては、第5段HPC下部に液体の痕跡があるものの、その浸入過程を特定することはできなかった。</p>

	<p>第5段HPCケース最下部の空洞にたまっていた液体は、水であったと考えられる。この水の浸入については、夜間駐機中のエンジンは停止しており、風によりファンが回転していたとしても、HPC部はファンとは別の軸により回転するため回転していなかったと考えられ、エンジン内部へ放水する試験の結果からも、短時間で雨水がHPC部まで浸入することはないものと推定される。しかしながら、長時間駐機中に雨水がHPC部まで浸入する可能性の有無については、明らかにすることはできなかった。</p>
--	---

4 原因

本重大インシデントは、同機の第5段高圧コンプレッサー（HPC）の全ブレード先端がHPCケースに接触したため、ブレードの根元に強い負荷が加わって亀裂が生じ、飛行サイクルに伴う繰り返し荷重により亀裂が進行し、連鎖的な全ブレード破断に至るブレードの破断が発生したことで、エンジン内部の大規模な破損に至ったものと推定される。

第5段HPCの全ブレード先端がHPCケースに接触したことについては、第5段HPCケース最下部の空洞に水がたまった影響により第5段HPCブレード先端とケースの間隔が狭くなったことに加えて、本重大インシデント発生時に第5段HPCブレード先端とケースの間隔が何らかの原因で通常より狭い状態になっていた可能性が考えられる。

5 再発防止策

エンジン製造者は、2014年2月28日、第5段HPCブレードとケースの間隔を広げる設計変更を行った。