

**株式会社大韓航空所属
ボーイング式777-300型
HL7534の航空事故
離陸滑走時のエンジン火災
(平成28年5月27日発生)**

調査報告書 説明資料

運輸安全委員会

平成30年7月

- 所属 : 株式会社大韓航空
- 型式 : ボーイング式777-300型
- 登録記号 : HL7534
- 発生日時 : 平成28年5月27日 12時38分ごろ
- 発生場所 : 東京国際空港滑走路34R上



株式会社大韓航空所属ボーイング式777-300型HL7534は、平成28年5月27日(金)同社の定期2708便として東京国際空港滑走路34Rから金浦国際空港に向けて離陸滑走中、12時38分ごろ、第1(左側)エンジンに火災が発生したことを示す警報が作動したため、離陸を中止し、同滑走路上に停止して、非常脱出を行った。

同機には、機長ほか乗務員16名、乗客302名の計319名が搭乗していたが、この非常脱出の際に乗客40名が軽傷を負った。

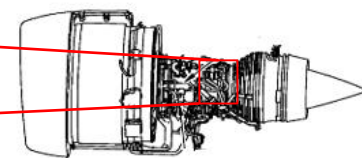
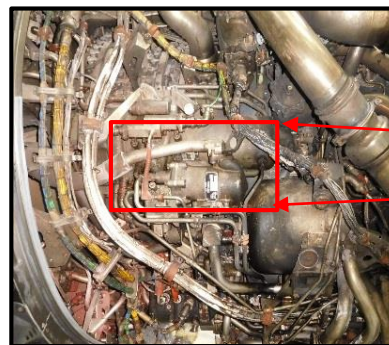
- 本事故は、同機の離陸滑走時に第1(左側)エンジンの第1段高圧タービン・ディスクが破断し、その破片がエンジンケースを貫通したことにより、エンジン火災が発生したものと推定される。
- 第1段高圧タービン・ディスクが破断したことについては、エンジン製造時に第1段高圧タービン・ディスク後面のU字型溝部分を加工した際に許容値を超える段差が生じ、エンジンの使用中に当該部分から低サイクル疲労による亀裂が発生して進展したことによるものと考えられる。
- 段差が発見されなかったことについては、エンジン製造者による製造時の検査の際に見逃された可能性が考えられる。また、亀裂が発見されなかったことについては、同社によるエンジン使用中の整備における同ディスクの非破壊検査の際に見逃された可能性が考えられる。
- 第1エンジンに火災が発生したことについては、第1段高圧タービン・ディスクの破片がエンジンケースを貫通した際の衝撃及びディスクの破断に伴い第1エンジンが急停止した際にエンジンが受けた荷重によりエンジンケースに取り付けられていた燃料滑油熱交換器の外側ケースに亀裂が生じ、その亀裂から漏出した燃料及び滑油が第1エンジンの高温部に接触して発火したことによるものと考えられる。

2-2 原因(エンジン破損から火災発生までの経過図)

① 低サイクル疲労により亀裂が進行して破断

② 破断片がエンジンケースを貫通

③ 衝撃等で燃料滑油熱交換器に亀裂が発生



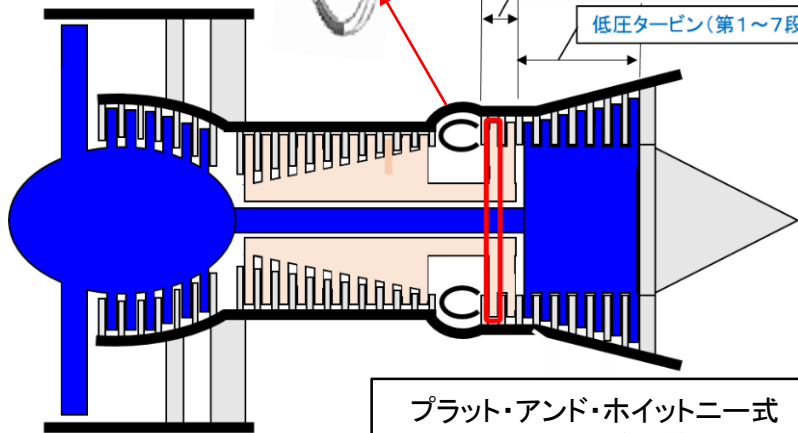
燃料滑油熱交換器

第1段高圧タービン(HPT)・ディスク後面



高圧タービン(第1~2段)

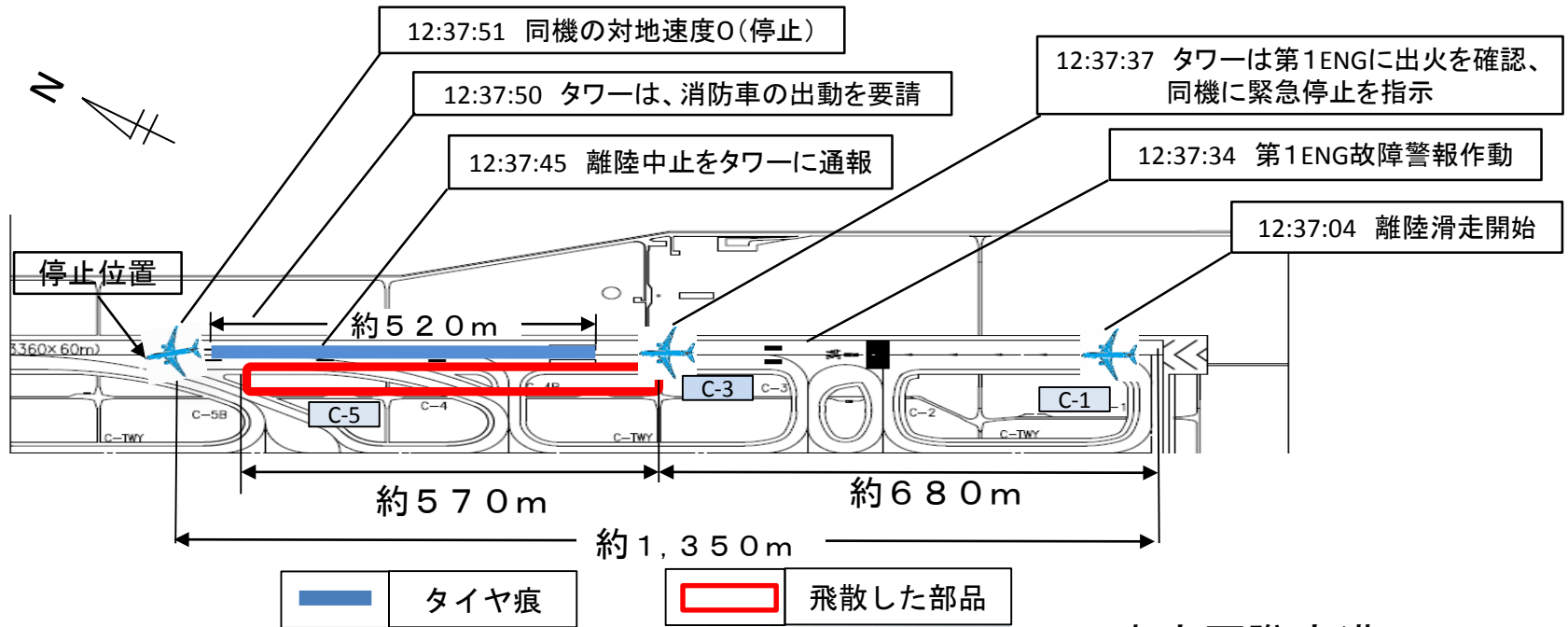
低圧タービン(第1~7段)



プラット・アンド・ホイットニー式 PW4090型エンジン(模式図)

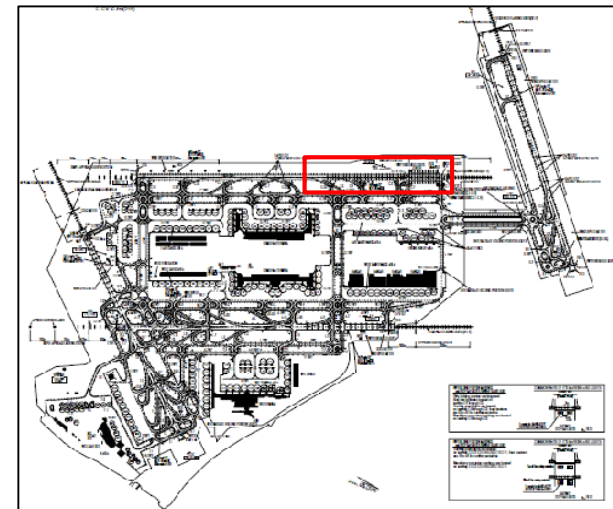
④ 亀裂から漏出した燃料・滑油に引火

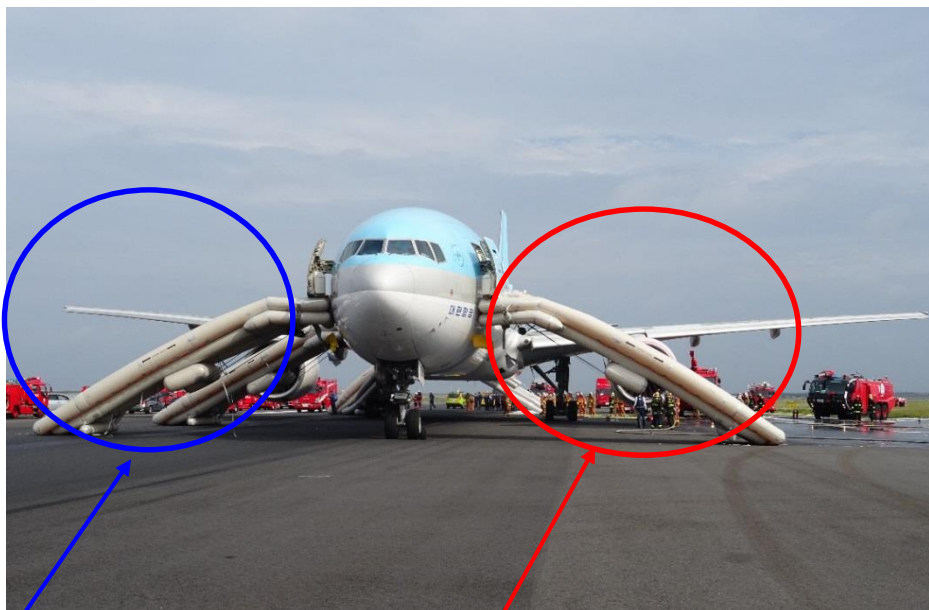




- ・青線はタイヤ痕が残っていた範囲
- ・赤枠は滑走路周辺の草地に破損した部品が飛散した範囲

東京国際空港RWY34R





乗客は右側の脱出用スライド1番(R1)から4番(R4)を使用して海側に脱出した。

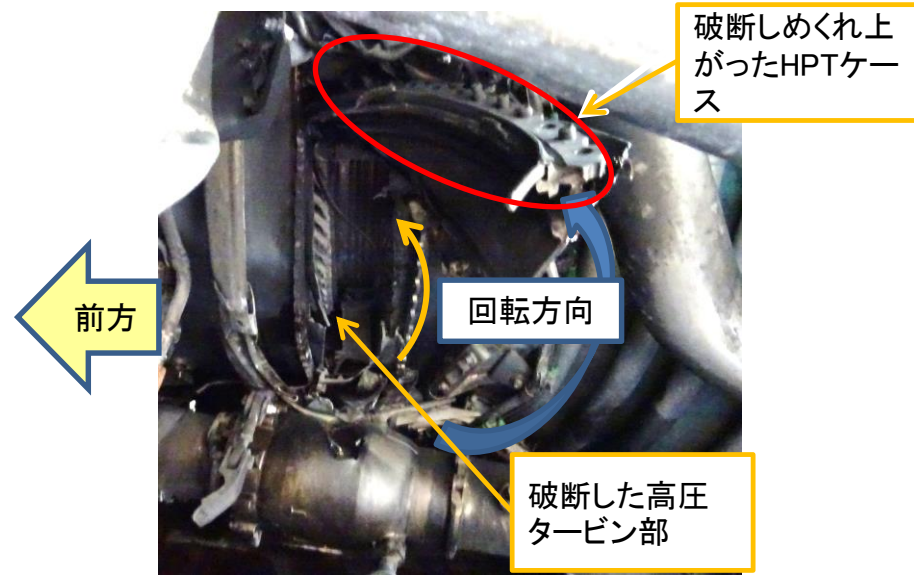
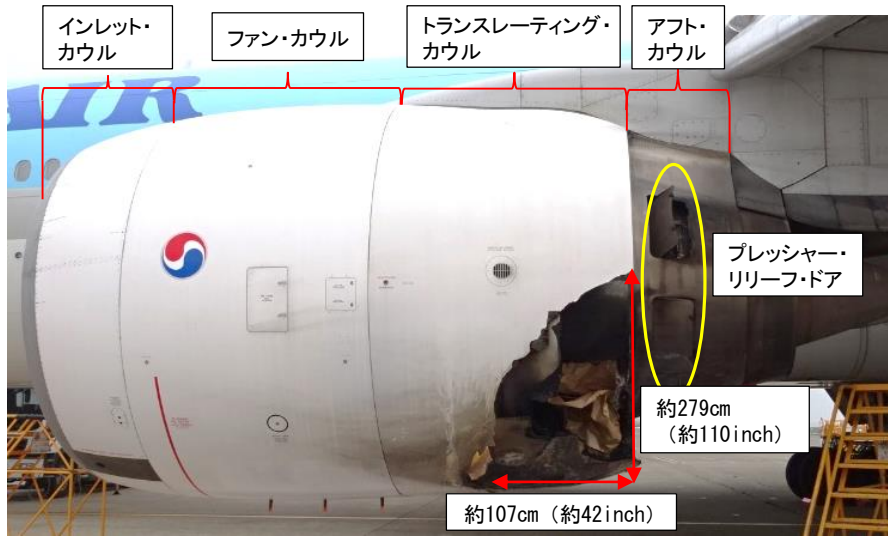
左側の1番(L1)スライドは展開されているが使用されていない。

右側5番(R5)スライドは機体側に折り込まれた状態になっていた。脱出時には使用されていない

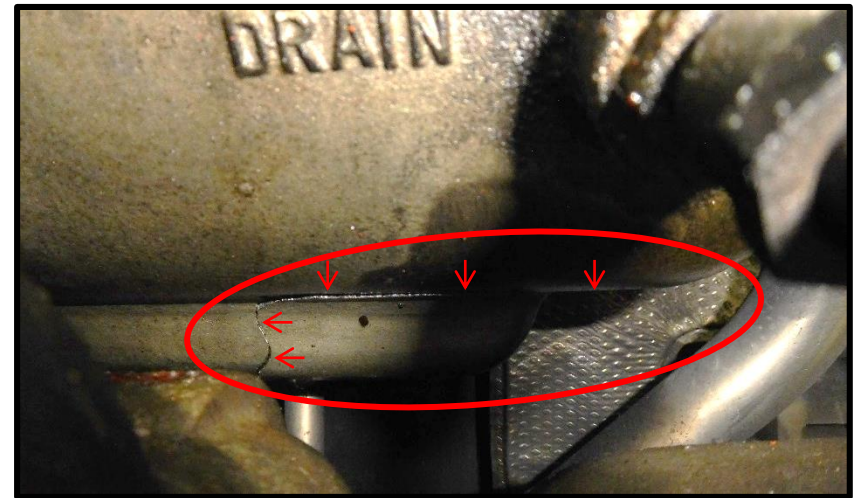
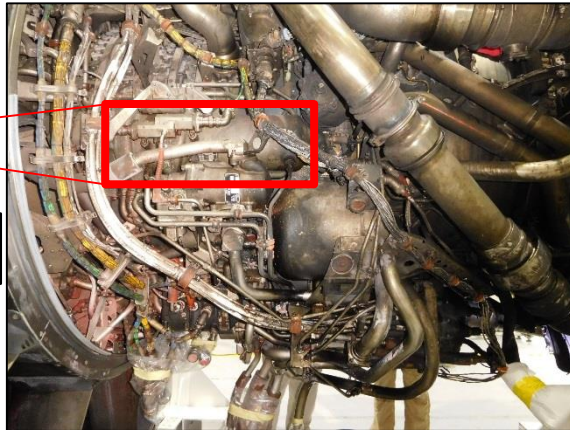
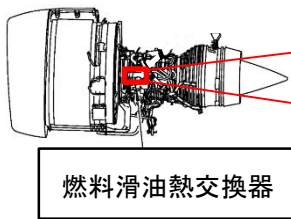


風向60° 風速20KT

5 エンジンの損壊状況



PW4000 SERIES ENGINES



燃料滑油熱交換器の亀裂と燃料・滑油漏れ

12時37分04秒	同機は、離陸滑走を開始
同 37分37秒	タワーは、同機に第1エンジンの出火を通報し、緊急停止を指示
同 37分38秒	第1エンジン火災警報(1回目)が作動
同 37分50秒	タワーは、消防車の出動を要請
同 37分51秒	同機の対地速度が0
同 38分13秒	第1エンジンへの燃料遮断操作
同 38分20秒	第1エンジンへの消火操作(1回目)
同 40分40秒	第1エンジン火災警報(2回目)が作動
同 40分52秒	消防車2台が到着、消火活動開始
同 42分51秒	機長は、非常脱出シグナルスイッチをON
同 43分03秒	機長は、客室に非常脱出を指示
同 43分45秒	第2エンジンへの燃料を遮断操作
同 43分50秒	同機は、タワーに非常脱出を通報

- 12時 43分17秒～ L1、R1、R2、R3、R4ドアが開きスライドが順次展開した
(同 43分22秒 R5ドアが開き、スライドは展開したが、正常に起立しなかった。)
同 43分50秒 R3ドアから乗客が脱出を開始
同 47分04秒 R2ドアから最後と思われる乗客が脱出
- ・最初にL1ドアが開いてから、R2ドアから最後と思われる乗客が脱出するまでに3分47秒要している。
(その後、機長はR1から最後に脱出したが、ビデオではその状況が確認できなかったため、全員の脱出が完了した時刻は確定できなかった。)



1 乗組員等

□ 機長：49歳

総飛行時10,410時間05分 同型機:3,205時間22分

□ 副操縦士：41歳

総飛行時間:5,788時間16分 同型機:2,531時間18分

□ 客室乗務員：15名

2 航空機等

○ 航空機

・ 航空機型式:ボーイング式777-300型

・ 1998年1月4日製造

○ エンジン

・ プラット・アンド・ホイットニー式PW4090型 ターボファンエンジン

・ 同機への搭載時期:2014年11月12日

・ エンジン使用時間及びサイクル

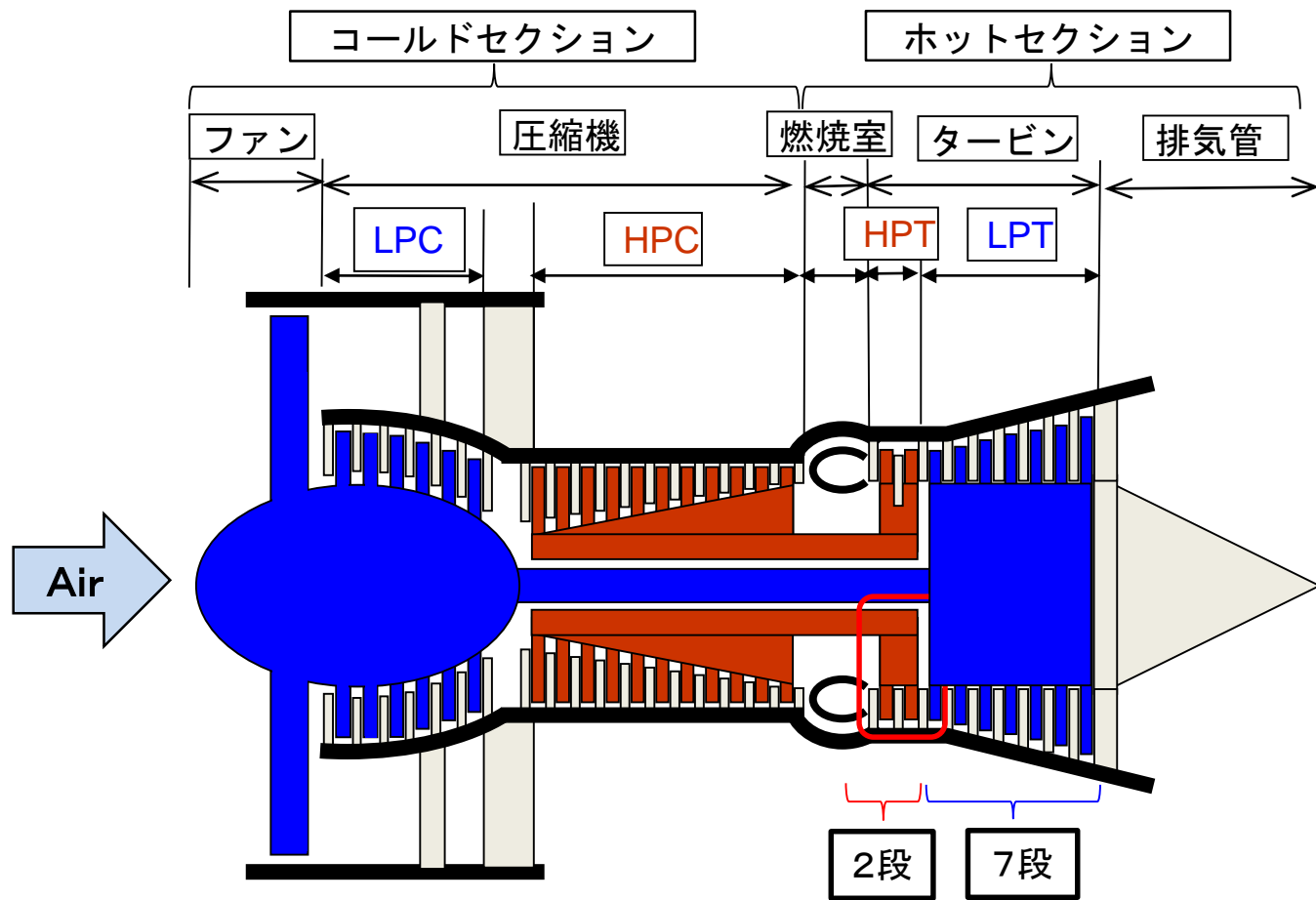
製造後 41,594時間 9,832 サイクル

オーバーホール後 19,474時間 3,781 サイクル

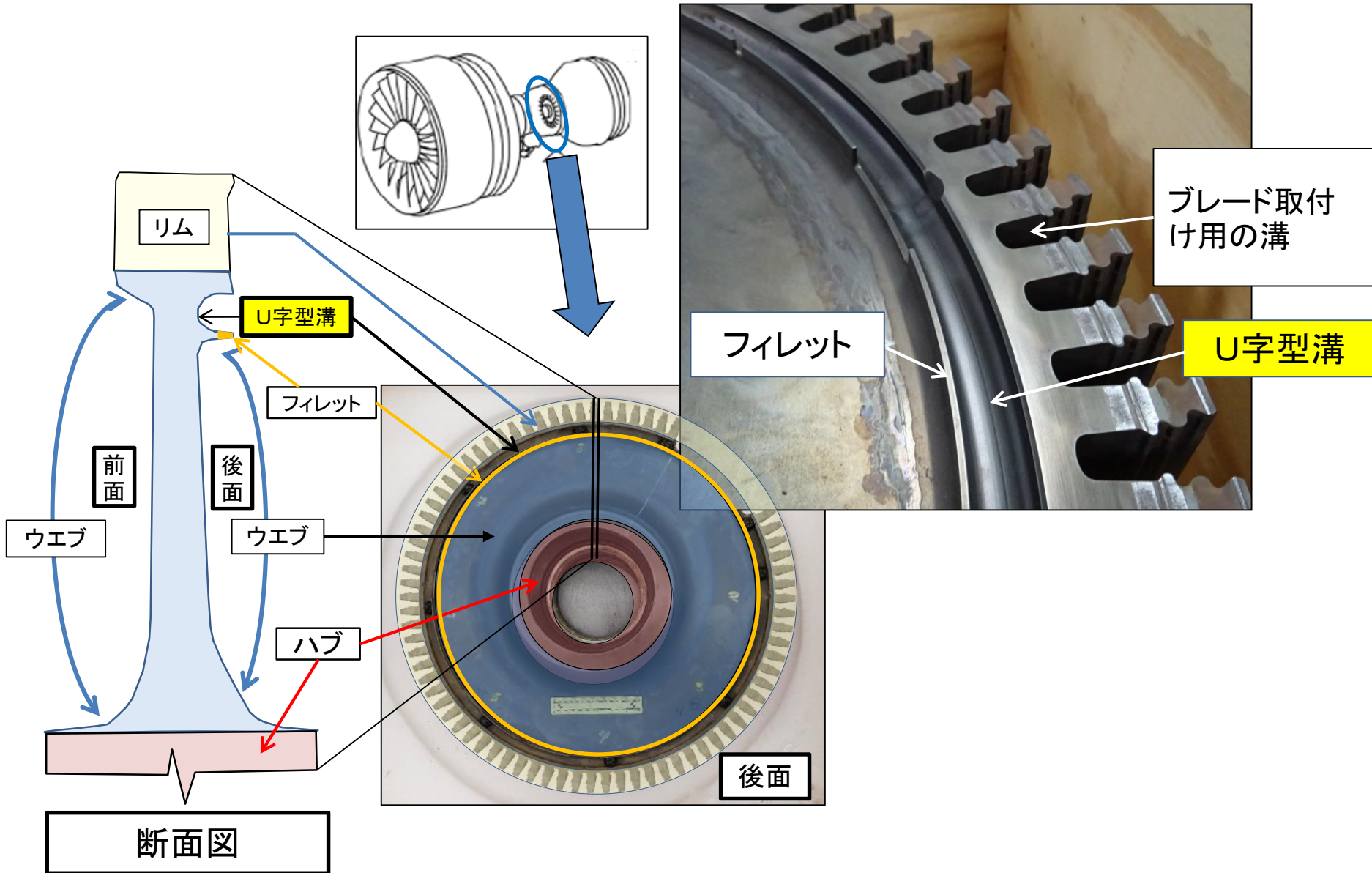
○ 破損したタービンディスク

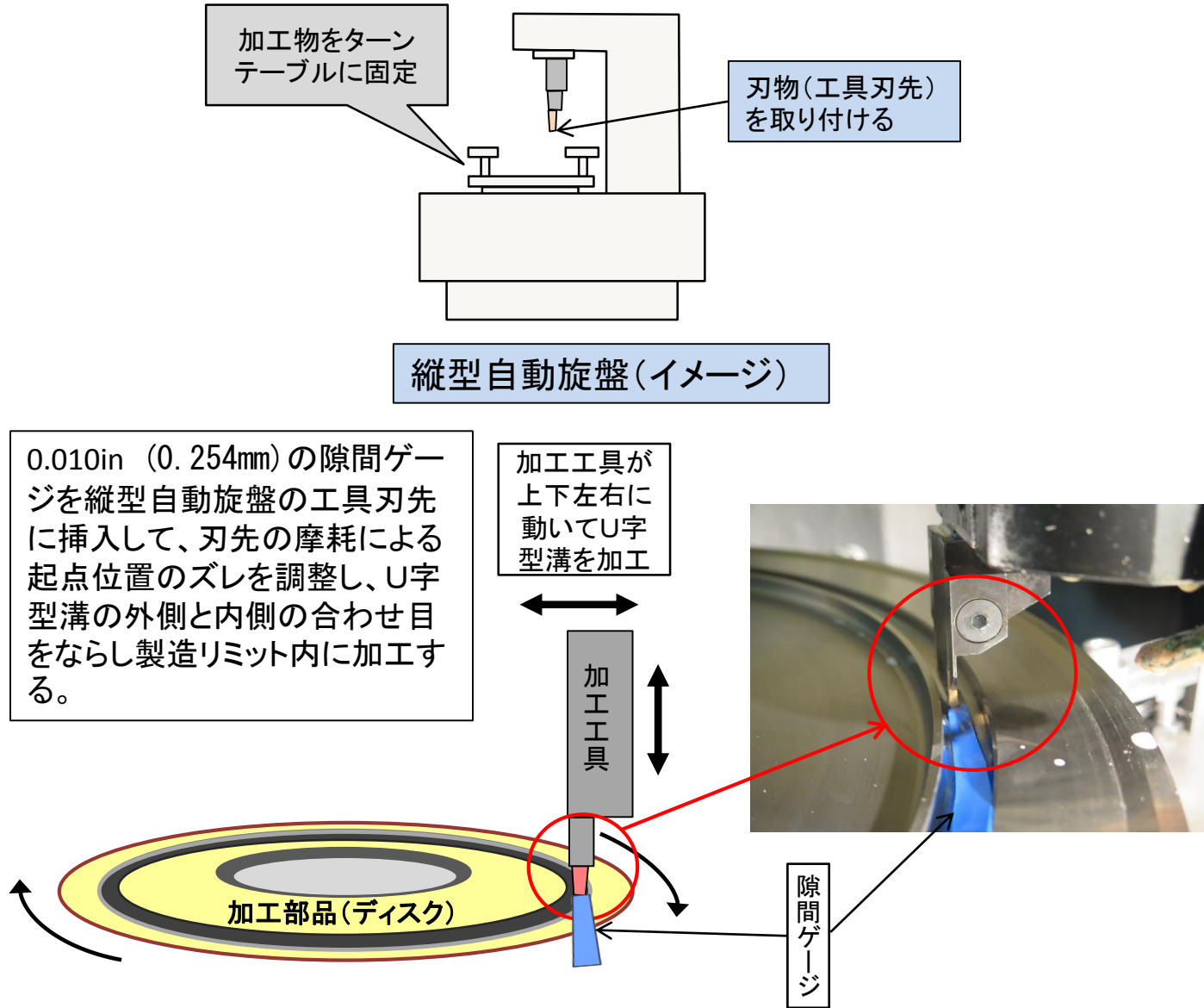
・ 2004年10月23日製造

・ ディスク使用サイクル:9,832サイクル(ディスク寿命:13,300サイクル)

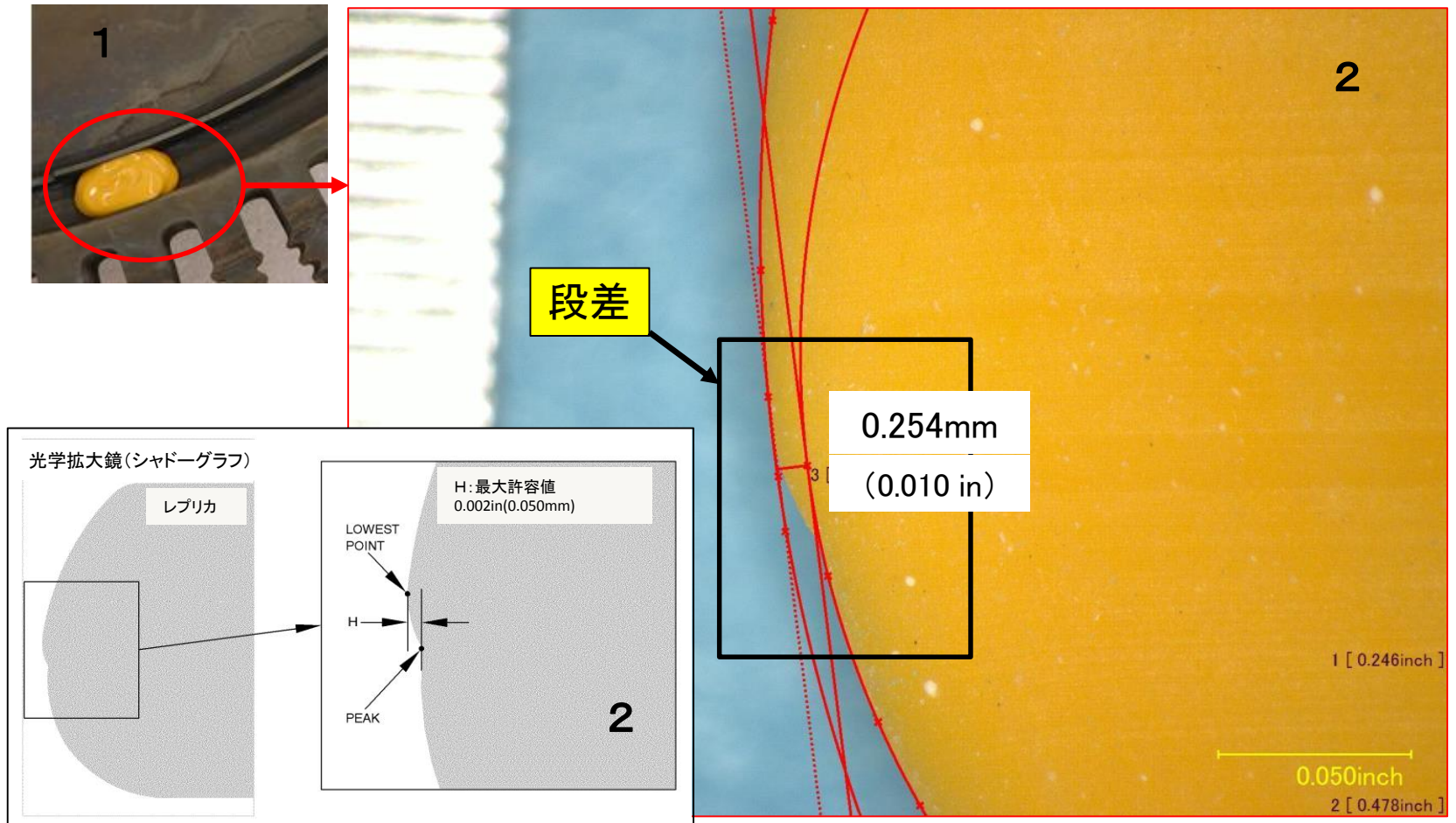


HPC : 高压圧縮機
HPT : 高压タービン
LPC : 低压圧縮機
LPT : 低压タービン

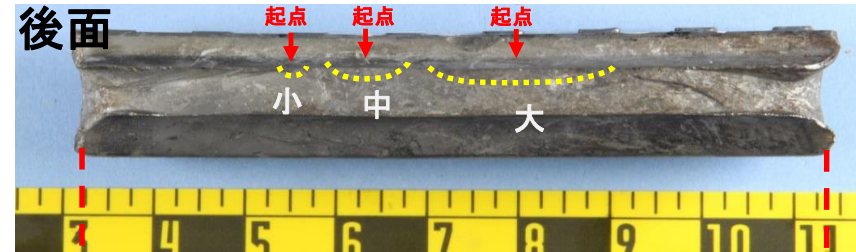




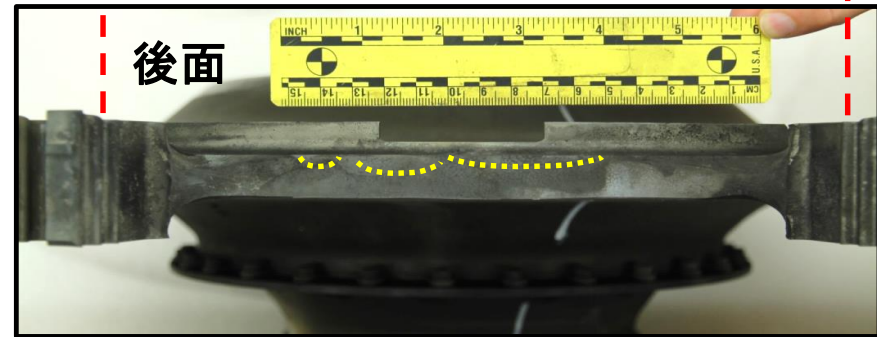
縦型旋盤を使用したHPTディスク加工



1. U字型溝にシリコン樹脂を流し込みレプリカ(複製)※を作成(※実物は凹凸が逆)
2. レプリカを光学拡大鏡にセットして機械加工された2つの曲率から加工段差(ズレ)を計測
段差は0.254mm (0.010 in) ※(段差の最大許容値は0.050mm (0.002 in))

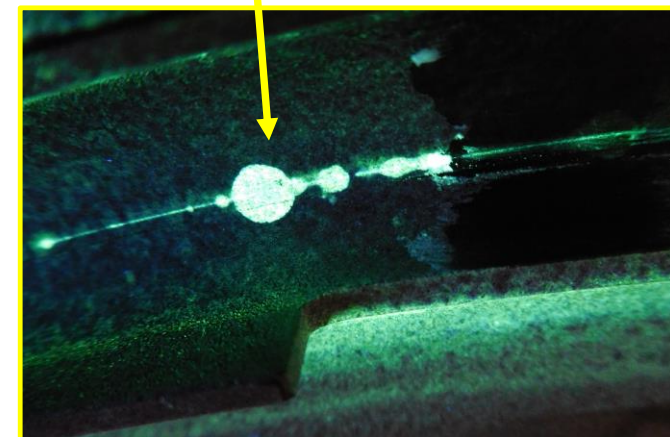
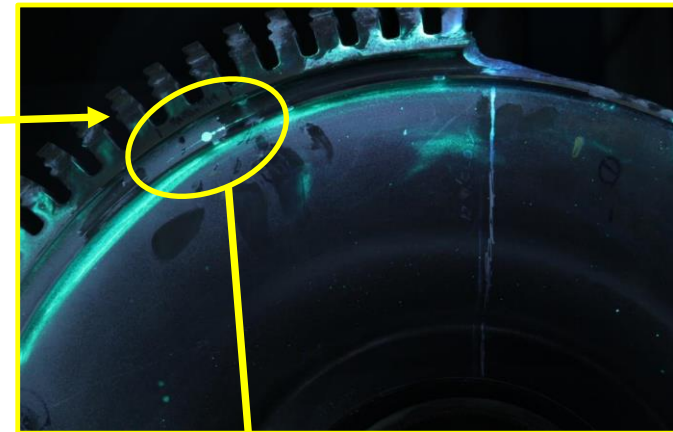
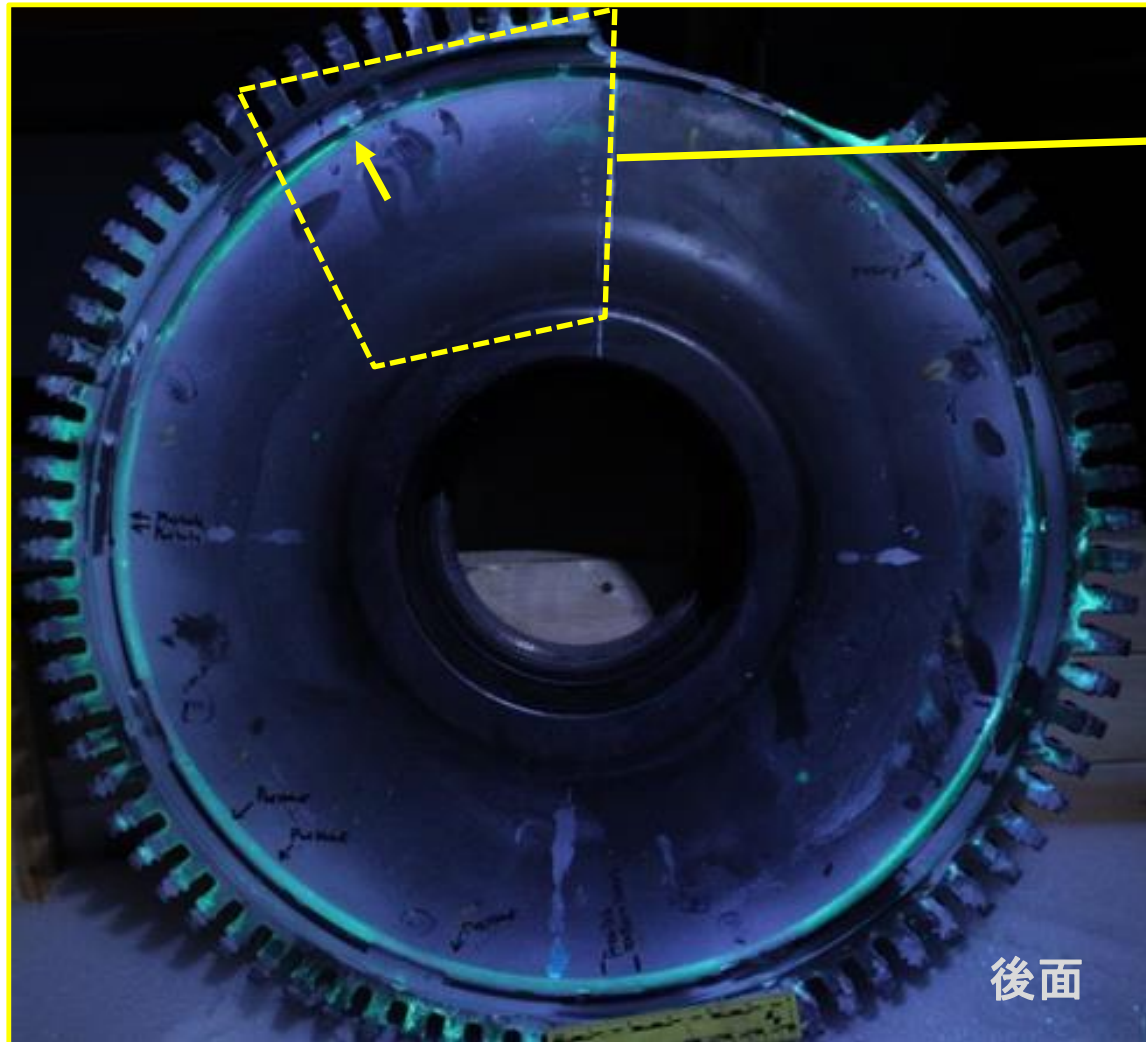


破断したリムの合わせ面



リム部が破断したディスク側の合わせ面

ディスク後面を起点とした大(深さ約15.4mm×長さ約5.9mm)、中(深さ約0.7mm×長さ約2.5mm)、小(深さ約0.2mm×長さ約1.2mm)の亀裂進展の痕跡(黄色点線部)が確認された。



ディスク後面のFPI

1 第1段HPTディスク後面のU字型溝に段差が発生した要因 〈報告書3.4.1 (p.43)〉

同ディスクの製造時にマシン・オペレーターが最終加工位置の基準値を縦型自動旋盤に入力する工程において

- ・ 隙間ゲージを正しく使用しなかった可能性、あるいは
- ・ 基準値を入力する際の誤入力による可能性

が考えられる。

エンジン製造者においては、ヒューマンエラーを防止する観点からU字型溝の加工及び検査方法の見直しを検討する必要がある。

2 亀裂発生の変因 〈報告書3.4.2 (p.44)〉

第1段HPTディスク後面のU字型溝の許容値を超える段差に、飛行ごとに繰り返し応力が作用し、これを起点に亀裂が発生したものと考えられる。

3 第1段HPTディスク破断の変因 〈報告書3.4.3 (p.44)〉

第1段HPTディスクは、同ディスク後面のU字型溝の許容値を超える段差に発生した亀裂が、飛行ごとの繰り返し応力によって進展したが、その過程で行われた蛍光浸透探傷検査(FPI)で亀裂が発見できず、その後の飛行で亀裂が更に進展し破断に至ったものと考えられる。

4 エンジン製造時にU字型溝の段差が見逃された要因 〈報告書3.4.4 (p.44)〉

マシン・オペレーター及びインスペクターは、重点検査箇所として指定されていないU字型溝部分に対して十分な注意を払うことなく、段差を見逃してしまった可能性が考えられる。

エンジン製造者（プラットアンドホイットニー社）は、検査工程でのU字型溝のように加工時に段差が生じ得る部分については、重点検査箇所に指定してマシン・オペレーター及びインスペクターの注意を喚起をする必要がある。

5 同社におけるFPI検査時にU字型溝から進展した亀裂が発見されなかった要因

〈報告書3.4.5 (p.45)〉

U字型溝の段差から進展した亀裂は同社（大韓航空）のエンジン工場に搬入される前から存在していた可能性が考えられるが、直近のFPIで亀裂は発見されなかった。

このことについては、作業員及び検査員は、タービンブレードの取付部などの重要性の高い箇所に重点を置いて検査していた一方、U字型溝については亀裂を見逃した可能性が考えられる。

6 HPTケースの損傷 〈報告書3.5.1 (p.46)〉

第1エンジンのHPTケースの損傷は、第1段HPTディスクのリム部が破断し、遠心力によりHPTケースを概ね8時の方向に貫通したことによるものと推定される。

7 燃料滑油熱交換器の外側ケースの損傷 〈報告書3.5.2 (p.46)〉

燃料滑油熱交換器の外側ケースに亀裂が生じたことについては、第1段HPTディスクのリム部が破断しHPTケースを貫通した際の大きな衝撃及びディスクの破断に伴いエンジンが急停止した際にエンジンが受けた荷重によるものと考えられる。

8 エンジン火災発生の経過 〈報告書3.6.1 (p.47)〉

第1エンジンの火災発生の経過については、第1段HPTディスクのリム部が破断し、HPTケースを貫通した際の衝撃及びディスクの破断に伴いエンジンが急停止した際にエンジンが受けた荷重によりエンジンケースにとりつけられていた燃料滑油熱交換器の外側ケースに亀裂が生じ、その亀裂から漏出した航空燃料及び滑油が第1エンジンの高温部に接触して火災が発生したものと推定される。

9 エンジン火災の消火 〈報告書3.6.2 (p.47)〉

機長が、同機に装備された2本の消火ボトルを使用して消火を試み、一旦火災警報メッセージ等が消えたものの、再度火災警報メッセージ等が出たことについては、左側のトランスレーティング・カウル内壁が損傷して開口部ができたために、消火剤の効果が十分発揮されなかったことによるものと考えられる。

9 運航乗務員の対応（行動） 〈報告書3.7.2 (p.48)〉

第2エンジン停止前に非常脱出の指示が行われ、最初のドアが開けられてから、約28秒後に第2エンジンが停止したものと推定される。

第2エンジンが停止する前に非常脱出の指示が行われたことについては、機長が非常脱出を決心後、副操縦士に非常脱出チェックリストの実施を命じたが、副操縦士がQRH（紙）の非常脱出チェックリストを見つけることができず、タブレットの非常脱出チェックリストを読み上げるまでに時間を要したことによる可能性が考えられる。

同社は、機長及び副操縦士に航空機に備え付ける書類の点検を徹底させ、緊急時のQRH使用の徹底について再周知する必要がある。

10 スライドの展開 〈報告書3.7.5 (p.50)〉

R5スライドは、事故当時吹いていた風向060°、風速約20ktの風と第2エンジン後流の合成風である風向007°風速約37.5ktの風の影響で機体の後部下方に折れて潜り込み、先端部が滑走路に引っかかった状態で展開してしまい、第2エンジンの後流の影響が無くなった後も、自然に正常の起立状態に戻ることができなかつた可能性が考えられる。

- 本事故は、同機の離陸滑走時に第1(左側)エンジンの第1段高圧タービン・ディスクが破断し、その破片がエンジンケースを貫通したことにより、エンジン火災が発生したものと推定される。
- 第1段高圧タービン・ディスクが破断したことについては、エンジン製造時に第1段高圧タービン・ディスク後面のU字型溝部分を加工した際に許容値を超える段差が生じ、エンジンの使用中に当該部分から低サイクル疲労による亀裂が発生して進展したことによるものと考えられる。
- 段差が発見されなかったことについては、エンジン製造者による製造時の検査の際に見逃された可能性が考えられる。また、亀裂が発見されなかったことについては、同社によるエンジン使用中の整備における同ディスクの非破壊検査の際に見逃された可能性が考えられる。
- 第1エンジンに火災が発生したことについては、第1段高圧タービン・ディスクの破片がエンジンケースを貫通した際の衝撃及びディスクの破断に伴い第1エンジンが急停止した際にエンジンが受けた荷重によりエンジンケースに取り付けられていた燃料滑油熱交換器の外側ケースに亀裂が生じ、その亀裂から漏出した燃料及び滑油が第1エンジンの高温部に接触して発火したことによるものと考えられる。

- アメリカ連邦航空局(FAA) <報告書5. 1(p.55)>
 - ・ 同系列型エンジンに対し、当該ディスク後面の点検を義務づける耐空性改善命令(AD)を発出(平成29年3月9日)※
 - ※ これを受け我が国の航空局は耐空性改善通報を発出

- エンジン製造者 <報告書5. 2(p.55)>
 - ・ エンジン使用者に対する情報提供と技術情報の発出
 - ・ 第1段HPTディスクの製造工程の変更
 - ・ 製品の検査工程の変更

- 大韓航空 <報告書5. 3(p.56)>
 - ・ 同社が使用する全同型式エンジンについて、第1段HPTディスクの検査を実施中
 - ・ 飛行前の備え付け書類の搭載状況点検について全運航乗務員へ通達
 - ・ エンジン停止後に非常脱出を行うよう運航乗務員の訓練手順に反映
 - ・ 非常脱出時における乗客の手荷物携行の禁止を安全デモビデオに追加
 - ・ 非常脱出に係る社内規定の見直し(脱出時の手順の遵守等)等
(平成28年10月17日から適用)