

重大インシデント調査報告書

所 属 日本貨物航空株式会社
 型 式 ボーイング式747-8F型
 登録記号 JA18KZ
 インシデント種類 発動機防火区域内における火炎の発生に準ずる事態
 発生日時 平成29年10月12日 23時16分ごろ（日本標準時）（アメリカ合衆国太平洋夏時間07時16分ごろ）
 発生場所 ロサンゼルス国際空港（アメリカ合衆国）

1 調査の経過

1.1 重大インシデントの概要	<p>日本貨物航空株式会社所属ボーイング式747-8F型JA18KZは、平成29年10月12日（木）、ロサンゼルス国際空港の駐機場からプッシュバック中の07時16分（特記がない限りアメリカ合衆国太平洋夏時間、以下同じ）頃、誘導路上で補助動力装置（APU）に火炎が発生したことを示す警報が作動し、APUが停止するとともに、APU消火装置が自動で作動した。</p> <p>同機は、同警報が停止し、地上作業員が延焼していないことを確認の上で牽引により駐機場に引き返した。</p> <p>点検の結果、当該APU防火区域内に火炎が発生した痕跡が確認された。</p>
1.2 調査の概要	<p>本件は、航空法施行規則（昭和27年運輸省令第56号）第166条の4第10号に規定された「発動機防火区域内における火炎の発生」に準ずる事態（同条第17号）に該当し、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。</p> <p>本重大インシデントは、アメリカ合衆国内で発生したものであるが、発生国の事故調査機関（国家運輸安全委員会）が本重大インシデントを Serious Incident に該当せず、原因調査を行わないと判断したことから、国土交通省航空局が日本貨物航空株式会社の協力を得て、原因調査を行った。</p>

2 事実情報

2.1 運航の経過	<p>日本貨物航空株式会社（以下、「同社」という。）から入手した当該機の航空機乗組員及び整備士の口述並びに操縦室音声記録装置（CVR）の記録によれば、運航の経過は、概略次のとおりであった^{※1}。</p> <p>同社所属ボーイング式747-8F型JA18KZ（以下、「同機」という。）は、平成29年10月12日（木）、機長、機長資格操縦士及び副操縦士の計3名が搭乗し、同社の定期109便としてロサンゼルス国際空港からサンフランシスコ国際空港に向けて飛行の予定であった。</p> <p>同機の操縦席には、機長がPF^{※2}として左操縦席に、副操縦士がPM^{※2}として右操縦席に、機長資格操縦士が交替要員として操縦席後方のオブザーバーシートにそれぞれ着座していた。</p>
-----------	--

※1 エンジンの始動前であったことからFDR（Flight Data Recorder）にデータが記録されていなかった。

※2 「PF」及び「PM」とは、2名で操縦する航空機における役割分担からパイロットを識別する用語である。PFはPilot Flyingの略で、主に航空機の操縦操作を行う。PMはPilot Monitoringの略で、主に航空機の飛行状態のモニター、PFの操作のクロスチェック及び操縦以外の業務を行う。

機長及び同社整備士は、同機の出発前点検を実施し、機体に異常がないことを確認した。

06時55分ごろ、同機は出発するためロサンゼルス国際空港の駐機場からプッシュバックを開始した。

同機がプッシュバック中の07時16分ごろ、誘導路上で補助動力装置（APU）※3に火災が発生したことを示すEICAS※4の警報メッセージ”FIRE APU”が発出されるとともに警報灯が点灯して警報ベルが発せられ、数秒後にAPUが停止し、APU消火装置が自動で作動した。

機長の指示を受けた副操縦士は、直ちにFIRE APUのチェックリストを実施し、機長は操縦室のオーバーヘッド・パネルのAPUファイヤー・ハンドル・スイッチを引いて回したところ、警報メッセージ”FIRE APU”が発出されてから数秒後に同警報メッセージ表示が消失し、警報灯が消灯し、及び警報が停止した。

同機は、同警報が停止し、地上作業員が延焼していないことを確認の上で、牽引により07時25分ごろ駐機場に引き返した。

本重大インシデントの発生場所は、ロサンゼルス国際空港の駐機場（South Pad2）後方の誘導路上（北緯33度56分25秒、西経118度24分09秒）で、発生日時は、平成29年10月12日07時16分ごろであった。

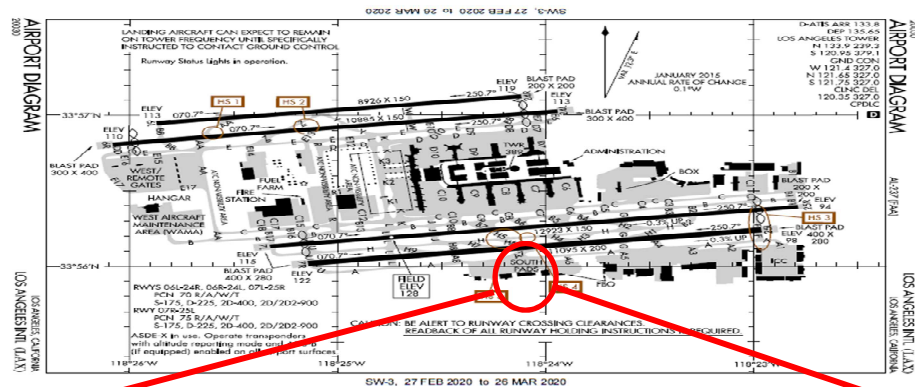


図1 ロサンゼルス空港

2.2 負傷者

なし

※3 「補助動力装置（APU）」とは、地上又は飛行中の航空機に電力、圧縮空気等を提供する小型ガスタービン発動機であり、主に動力部、負荷圧縮機、ギアボックス等で構成されている。

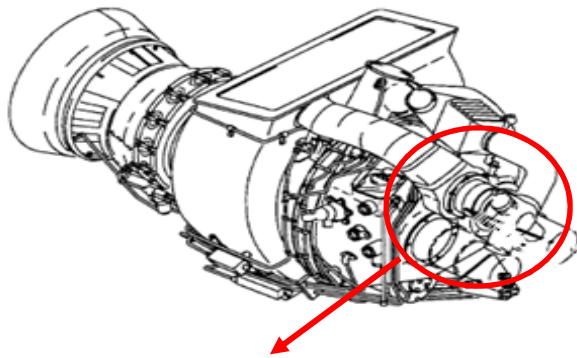
※4 「EICAS」とは、Engine Indicating and Crew Alerting Systemの略で、エンジンの状況の表示及び各機能の警報等を行うシステムである。

2.3 損壊

- APU No. 2 発電機熱損傷
- APU No. 1・2 発電機配線ターミナル熱損傷
- APUギアボックス熱損傷
- APU No. 2 発電機ハウジングの割れ
- APUの発電機に回転力を伝達する軸の軸受け（ドライブエンドベアリング）の損傷
- 発電機冷却ダクト熱損傷
- 火災検知器熱損傷
- 構造（尾部）変形・熱損傷



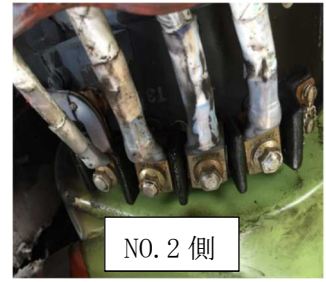
写真1 APU



APU NO. 2 発電機



No. 1 側



NO. 2 側

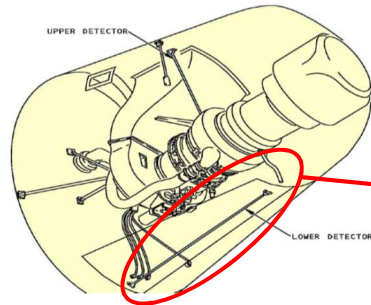
APU 発電機配線ターミナル



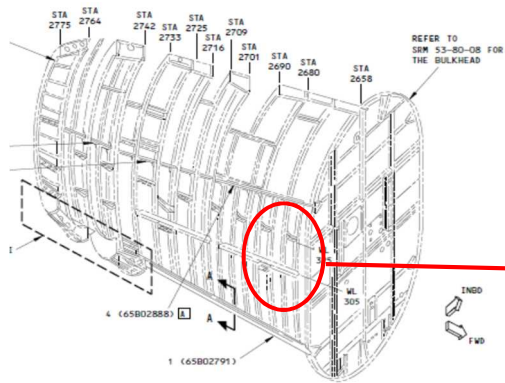
APUギヤボックス



発電機冷却ダクト



火災検知器



構造 (尾部)

図2 APUと損傷箇所の写真

<p>2.4 乗務員等</p>	<p>(1) 機長</p> <p>定期運送用操縦士技能証明書（飛行機） 平成12年10月18日 限定事項 ボーイング式747-400型^注 平成12年10月18日 第1種航空身体検査証明書 有効期限：平成30年8月27日</p> <p>(2) 機長資格操縦士</p> <p>定期運送用操縦士技能証明書（飛行機） 平成11年8月12日 限定事項 ボーイング式747-400型^注 平成18年8月16日 第1種航空身体検査証明書 有効期限：平成30年6月17日</p> <p>(3) 副操縦士</p> <p>事業用操縦士技能証明書（飛行機） 平成18年8月8日 限定事項 ボーイング式747-400型^注 平成22年5月7日 計器飛行証明書 平成18年8月8日 第1種航空身体検査証明書 有効期限：平成30年8月17日 注) 限定する型式が「ボーイング式747-400型」である場合、ボーイング式747-8F型が含まれており同機の操縦が可能である。</p>
<p>2.5 航空機等</p>	<p>(1) 航空機型式：ボーイング式747-8F型</p> <p>製造番号：36141、製造年月日：平成26年8月8日</p> <p>耐空証明書 第2014-039号 有効期限 平成26年10月24日から整備規程（日本貨物航空株式会社）の適用を受けている期間</p> <p>総飛行時間 12,535時間10分</p> <p>(2) APU</p> <p>型 式 PW901C 製造番号 PCE-900884 製造年月日 平成25年8月20日 総使用時間 3,526時間 総サイクル数 4,345回 *本APUは、同機が同社に納入された時から装備されていた。</p> <p>(3) APU発電機</p> <p>オーバーホール後の使用時間</p> <p>No.1 4,953時間 No.2 26,352時間 *APU No.2 発電機は、中古品として同社に納入された。その後、同社の他機に装備され、取り卸された後、同機に装備された。</p>
<p>2.6 気象</p>	<p>本重大インシデントが発生した当時の同空港で観測された気象情報は、以下のとおりであった。</p> <p>07時53分 風向120度、風速4ノット 視程 6陸里（約9.6km） 煙霧 雲量が1/8～2/8の雲底高度2,000ft 雲量が3/8～4/8の雲底高度9,000ft 雲量が3/8～4/8の雲底高度14,000ft 気温摂氏17度、露天温度摂氏14度 気圧高度計規正值（QNH）29.95 inHg</p>
<p>2.7 その他必要な事項</p>	<p>(1) 前便における不具合</p> <p>同機では、10月12日、本運航前便の同社の定期110便（成田国際空港発ロサンゼルス国際空港着）の出発前点検を成田国際空港において実施した際、APU No.2 発電機のスイッチがオンとならず、APUの故障を示</p>

す” Field Off Light” が点灯し、APU Power Breaker がオープンとなったため、故障探求（トラブル・シューティング）として中央整備コンピューター（CMC：Central Maintenance Computer）を確認したところ、以下のメッセージが確認された。

- APU GEN-2 FAIL
- APU GEN/FEEDER-2 FAIL
- AGCU^{※5}-2 GEN CONT RLY FAIL

出発前点検を実施した同社整備士は、この不具合がAPU No.2 発電機の電氣的障害による疑いがあると考え、同社の運航規程附属書（B747-8 FME L / C D L M a n u a l）の運用許容基準（ME L）の手順に従い同発電機の不作動処置を行った。同機は同日10時56分（日本時間）成田国際空港を出発し、05時06分ロサンゼルス国際空港に到着した。この運航の間、機体に異常は発生しなかった。

なお、No.2 発電機の不作動処置は、本重大インシデント発生時も継続して適用されていた。運用許容基準の内容は、以下のとおり。

24-21-02 APU により駆動される発動機系統（発電機、発電機コントロールユニット、APU用ブレーカー）

24-21-02A 該当するブレーカーがオープンの場合

回復期限	装備数	必須装備数	処置
C ^{※6}	2	0	(M) (O) ^{※7}

該当するブレーカーはオープンのこと。

整備処置 (M)

該当発電機を不作動とする。（AMM24-00-00/901）

1. APU 発電機ベアリング故障の場合、APU 駆動発電機電気障害、または補助発電機制御装置（AGCU）の障害時：

- A. オーバーヘッドパネル（P5）の BATTERY スイッチを ON にする。
- B. 関連付けられているオーバーヘッドメンテナンスパネル（P461）APU を確認し、発電機 FIELD OFF ライトが点灯していること。
- C. 関連する APU ジェネレータの FIELD OFF ライトが点灯していない場合、関連するオーバーヘッドメンテナンスパネル（P461）の APU GEN FIELD MAN リセットスイッチを押して放すことで関連する APU ジェネレータの FIELD OFF ライトが点灯する。

～ 以下、運航処置の為、省略 ～

(2) APU 発電機の詳細点検及び分解点検

APU 防火区域内で火災が発生した原因を検証するため、APU 発電機の製造者において APU No.2 発電機の詳細点検を実施した。

※5 「AGCU」とは、APU Generator Control Unit の略で、APU 発電機の出力を制御している機器である。

※6 不具合が発見された日の翌日から10暦日（240時間）以内であることを示す。

※7 整備処置と運航処置が必要であることを示す。

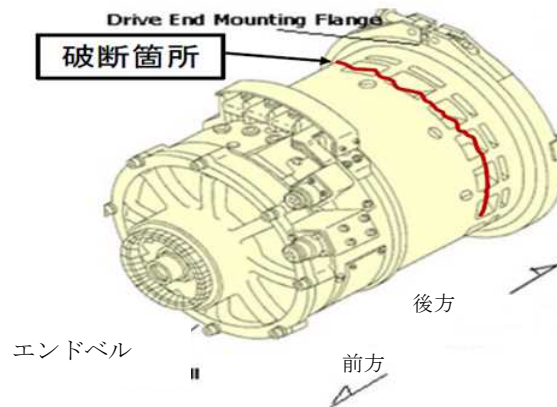


図3 APU発電機

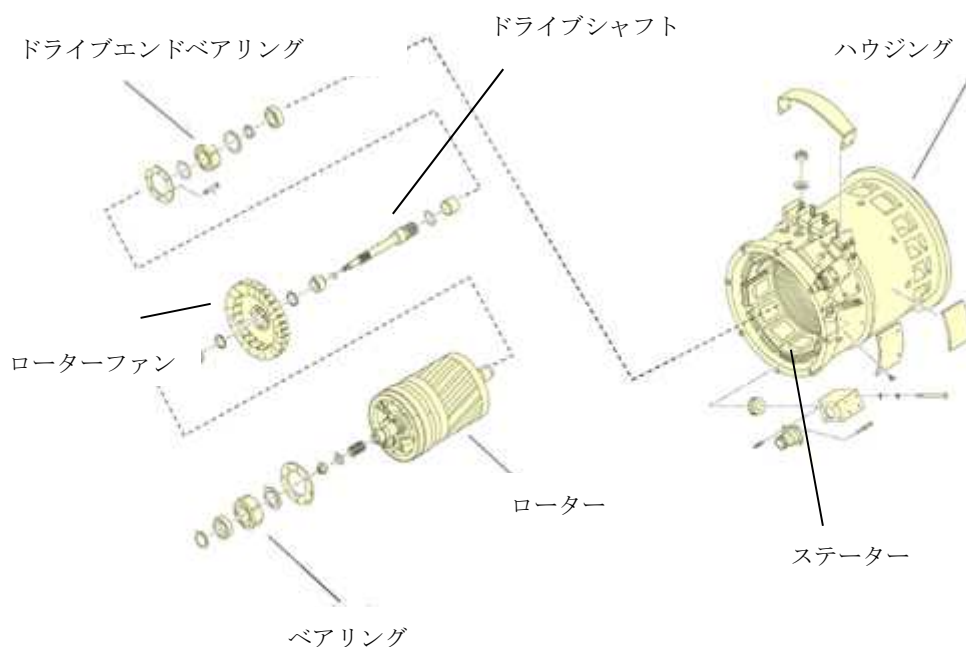


図4 APU発電機分解図

外観点検において、電力を供給するターミナルに熱損傷、ハウジングに破損が確認された。さらに、分解点検の結果、回転軸のドライブエンドベアリングの損傷、コイルで構成されたローターがその外周を囲むステーターと干渉した痕跡及びローターとエンドベル（マグネシウム合金製）が干渉した痕跡が確認された。また、ハウジングの破断面解析において疲労亀裂の痕跡が見つかった。

(3) 同型式APU発電機の不具合例

機体製造者の報告によれば、APU発電機内の汚れに起因する発電機ステーター内でショートした事例が報告されており、汚れの発生原因としてAPUエア・クーリング・ファンからのオイル漏れの可能性が述べられている。しかし

	ながら、APU及びAPU発電機の製造者における詳細点検において、APUエア・クーリング・ファンからのオイル漏れの痕跡はなく、また、クーリング・ダクトを取り外し、内部点検した結果においても、オイル漏れの痕跡は認められなかった。
--	--

3 分析

3.1 気象の関与	なし
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	(1) 火炎の発生場所の特定	
	2.3 及び 2.7(3)に記述したとおり、APU No.2 発電機及びその周辺に火炎が発生したことによると考えられる熱損傷が見られ、特にNo.2 発電機及びその周辺の熱損傷が激しいことから、同機のAPU防火区域内に発生した火炎はNo.2 発電機から発生したものと推定される。	
	 <p>正常なAPU発電機</p>	 <p>破損したハウジング</p>
	 <p>正常なローター</p>	 <p>ステーターと干渉したローター</p>
	 <p>ローターと干渉したステーター</p>	 <p>損傷したドライブエンドベアリング</p>
	 <p>ローターと干渉したエンドベル</p>	
	写真2 APU発電機の損傷状況	
	(2) 前便における不具合の処置	
	2.7(1)に記述したとおり、同機では、本運航前便の成田国際空港における出発前点検において、APU発電機に不具合が発生したため故障探求（トラブル・シューティング）を実施し CMCにより APU GEN-2 FAIL、APU GEN/FEEDER-2 FAIL 及び AGCU-2 GEN CONT RLY FAIL のメッセージが確認され	

た。

これに対し、同社整備士は、この不具合がAPU No.2 発電機の電氣的障害による疑いがあると考え、同社の運航規程附属書（B747-8F MEL/CDL Manual）の運用許容基準（MEL）の手順に従い同発電機の不作動処置を行った。

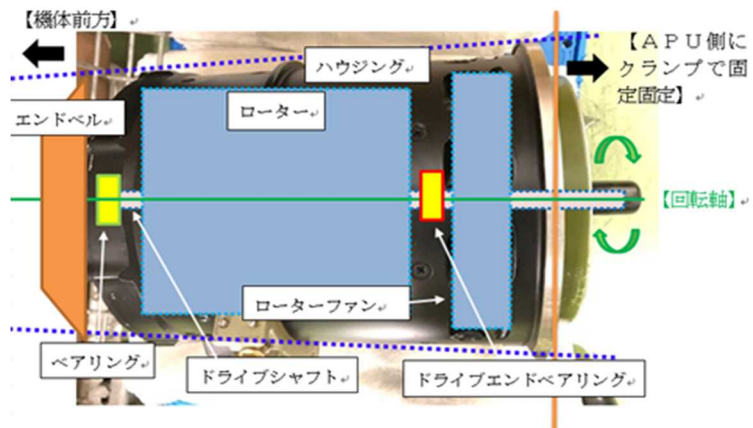
(3) APU No.2 発電機のハウジングの割れの要因

熱損傷したAPU発電機は、過去に他社のAPU発電機として使用されていたものが平成21年5月にオーバーホール品として同社に納入され、他機に搭載された後、平成26年12月14日に当該APUのNo.2 発電機として同機に取り付けられた。その後、本重大インシデント発生まで、当該APUの発電機に関わる整備作業は、No.1 発電機の交換のみであった。

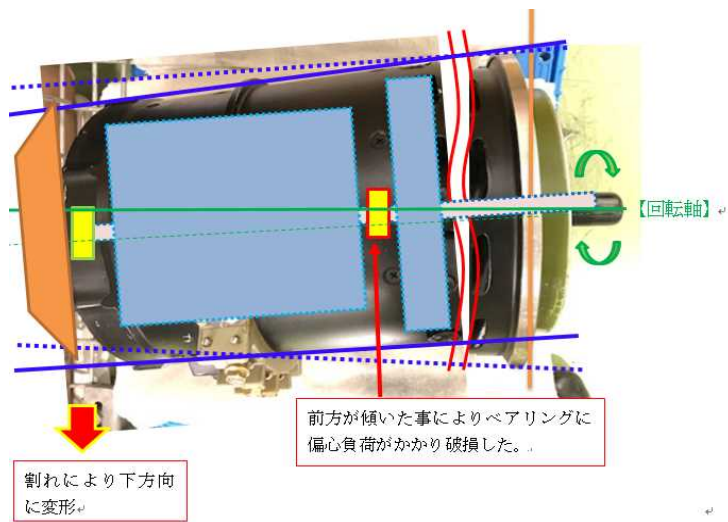
2.7(2)に記述したとおり、ハウジングの割れの破断面には進展した疲労亀裂の痕跡が見つかったことから、ハウジングに生じた亀裂が長期間の使用を経て進展し、割れに至ったものと考えられる。

(4) 発火の経緯

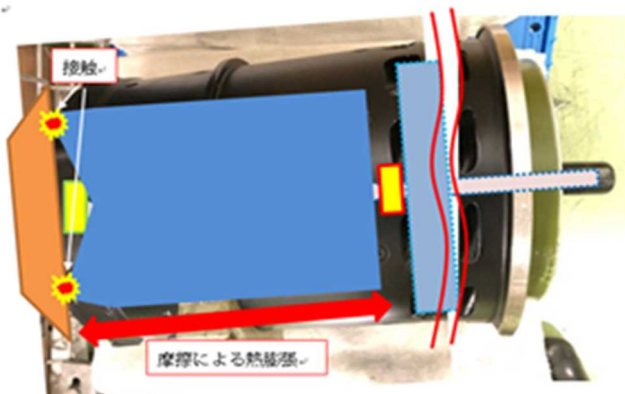
No.2 発電機のハウジングに割れが発生したことにより、ドライブシャフトの偏心負荷がドライブエンドベアリングに掛かったことに加え、機体の振動や発電機の回転等によりドライブエンドベアリングが損傷した結果、ハウジング内のステーターとローターが接触し、時間の経過に伴ってより悪化してローターが熱膨張したため、マグネシウム合金製のエンドベルと接触し、その切削粉がステーターとローターとの摩擦熱により発火したものと考えられる。



正常な状態



ハウジングが割れた状態



ローターが熱膨張した状態

図5 発火の経緯

4 原因

本重大インシデントは、同機がロサンゼルス国際空港の駐機場からプッシュバック中、APUのNo.2発電機から火炎が発生したによるものと考えられる。

APU No.2 発電機から火炎が発生したことについては、長期間の使用によりハウジングに疲労亀裂が生じ、ローターに偏心負荷が掛かったことでドライブエンドベアリングが損傷したため、ハウジング内でステーターとローターが接触を続けてローターが熱膨張し、エンドベルと接触したことでマグネシウム合金製のエンドベルが削られ、その切削粉がステーターとローターとの摩擦熱により発火したことによると考えられる。

5 再発防止策

本重大インシデント発生後、同社は以下の措置を講じた。

(1) APU発電機ショート・サーキットによるAPU発電機の熱損傷の可能性を低減させるため、平成29年10月13日及び14日、同社所属の同型式機7機（同機を除く。）及びボーイング式747-400F型3機について、以下の点検内容による一斉点検を実施した。全機異常は確認されなかった。

（点検内容）

- ・APU発電機クーリング・エア・マニホールド内に過度なオイル漏れの痕跡がないこと。
- ・APU発電機クーリング・エア・エグゾースト及びAPU内に過度なオイル汚れがないこと。
- ・APU防火区域内の一般外観点検

(2) 同機のAPU No.2 発電機のオーバーホール後の使用時間と比較して、使用時間が長いAPU発電機（JA06KZ、No.2）及び使用時間が不明な発電機（JA11KZ、No.2）を機体から取り卸し、平成30年7月14日及び8月15日にそれぞれオーバーホールを完了した。両発電機には特に不具合は認められなかった。

(3) ベアリングの交換及びハウジングの非破壊検査の実施

APU発電機のCMM（Component Maintenance Manual）においてはAPUの使用時間が5,000時間毎にAPU発電機のベアリングを交換することが推奨されているところ、同社で評価した結果、飛行回数2,300回毎に、APU発電機についてベアリング交換及びハウジングの非破壊検査を含むオーバーホールを実施すると共に、飛行回数5,600回までに交換することとした。