

航空事故調査報告書

所 属 個人
型 式 パイパー式PA-46-350P型
登録記号 JA4077
事故種類 着陸時の機体損傷
発生日時 令和3年8月1日 11時33分ごろ
発生場所 仙台空港

令和6年8月30日
運輸安全委員会（航空部会）議決
委 員 長 武 田 展 雄（部会長）
委 員 島 村 淳
委 員 丸 井 祐 一
委 員 早 田 久 子
委 員 中 西 美 和
委 員 津 田 宏 果

1 調査の経過

1.1 事故の概要	<p>個人所属パイパー式PA-46-350P型JA4077は、令和3年8月1日（日）11時33分ごろ、仙台空港へ着陸した際の着陸滑走中に機首が下がって前傾姿勢となり、プロペラ及び前部胴体下部が滑走路面に接触して機体を損傷した。</p> <p>同機には、機長ほか同乗者1名計2名が搭乗していたが、死傷者はいなかった。</p>
1.2 調査の概要	<p>運輸安全委員会は、令和3年8月1日、本事故の調査を担当する主管調査官ほか1名の航空事故調査官を指名した。</p> <p>本事故に関し、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）に、エンジンマウント破断部分の解析を委託した。</p> <p>事故機の設計・製造国であるアメリカ合衆国に航空事故の発生の通知をしたが、代表等の指名はなかった。</p> <p>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。</p>

2 事実情報

2.1 飛行の経過	<p>機長及び航空管制官の口述によれば、飛行の経過は概略次のとおりであった。</p> <p>個人所属パイパー式PA-46-350P型JA4077は、令和3年8月1日、機長が左操縦席に、同乗者が右操縦席に着座して、慣熟飛行のため仙台空港を10時47分に離陸し、連続離着陸を4回実施した。</p> <p>機長は、連続離着陸を終了して滑走路12へ着陸する際、脚下げ操作を行って全ての脚がダウンロックされたことを確認し、フル・フラップ形態で速度80～85ktを維持するように進入を行った。</p> <p>同機の着陸許可に合わせて航空管制官が通報した風の情報は、風向160°、風速13ktで、同機は右前方からの風を受ける進入であった。機長は、機体が風に流される挙動がなかったことから、通常どおりラダーを中立位置にしてフレアーを行い、滑走路の中心線付近に大きな衝撃もなく接地</p>
-----------	---

させた。11時33分、同機は主輪が接地してから前輪が接地したが、着陸滑走を始めた後に、機体が大きく左に偏向したことから、機長は右のラダーペダルを踏んで方向修正を行った。同機は、機長が方向修正を行ったことで右に偏向を始めたが、右に偏向した直後に機首が下がって前傾姿勢となり、滑走路面に3枚のプロペラ先端部及び前部胴体下部が接触した。同機は、前傾姿勢のまま惰性で滑走し、滑走路の中央付近で停止した。

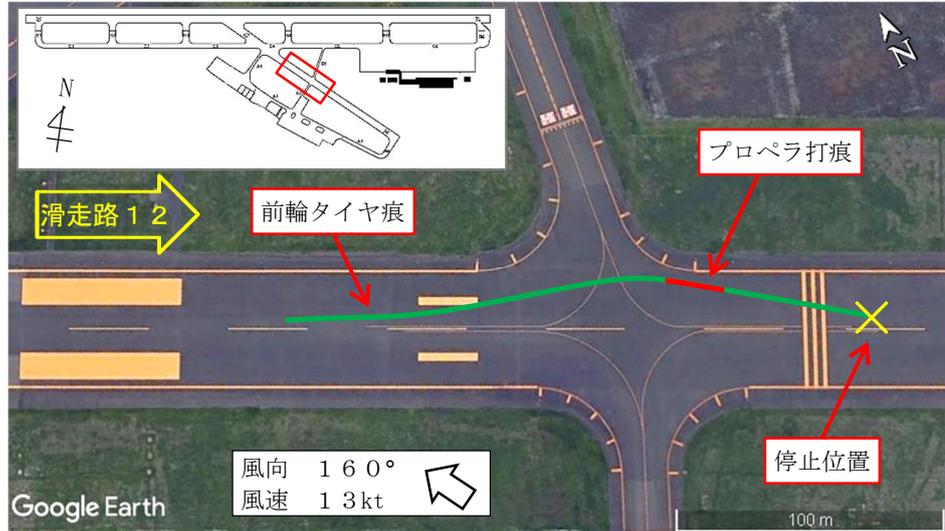


図1 推定着陸滑走経路

本事故の発生場所は、仙台空港滑走路12上（北緯38度08分14秒、東経140度55分13秒）で、発生日時は、令和3年8月1日11時33分ごろであった。

2.2 死傷者	なし																
2.3 損壊	<p>(1) 航空機の損壊の程度 中破</p> <p>(2) 航空機各部の損壊の状況</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 防火壁 : 変形 ② エンジンマウント : 変形及び破断 ③ 前脚ドア及び脚柱 : 損傷 ④ プロペラブレード : 先端部の損傷 (3枚) 																
2.4 乗組員等	<p>機長 63歳</p> <table border="0"> <tr> <td>自家用操縦士技能証明書 (飛行機)</td> <td>平成11年8月26日</td> </tr> <tr> <td>特定操縦技能 操縦等可能期間満了日</td> <td>令和4年12月28日</td> </tr> <tr> <td>限定事項 陸上単発機</td> <td>平成11年8月26日</td> </tr> <tr> <td>第2種航空身体検査証明書</td> <td>有効期限 令和3年11月17日</td> </tr> <tr> <td>総飛行時間</td> <td>247時間26分</td> </tr> <tr> <td>最近30日間の飛行時間</td> <td>9時間27分</td> </tr> <tr> <td>同型式機による飛行時間</td> <td>21時間16分</td> </tr> <tr> <td>最近30日間の飛行時間</td> <td>9時間27分</td> </tr> </table>	自家用操縦士技能証明書 (飛行機)	平成11年8月26日	特定操縦技能 操縦等可能期間満了日	令和4年12月28日	限定事項 陸上単発機	平成11年8月26日	第2種航空身体検査証明書	有効期限 令和3年11月17日	総飛行時間	247時間26分	最近30日間の飛行時間	9時間27分	同型式機による飛行時間	21時間16分	最近30日間の飛行時間	9時間27分
自家用操縦士技能証明書 (飛行機)	平成11年8月26日																
特定操縦技能 操縦等可能期間満了日	令和4年12月28日																
限定事項 陸上単発機	平成11年8月26日																
第2種航空身体検査証明書	有効期限 令和3年11月17日																
総飛行時間	247時間26分																
最近30日間の飛行時間	9時間27分																
同型式機による飛行時間	21時間16分																
最近30日間の飛行時間	9時間27分																
2.5 航空機等	<p>航空機型式：パイパー式PA-46-350P型</p> <p>製造番号：4622017、製造年月日：平成元年3月6日</p> <p>耐空証明書：第大-2020-499号、有効期限：令和3年11月29日</p> <p>総飛行時間：1,892時間42分</p> <p>定期点検(100時間点検、令和2年11月23日実施)後の飛行時間：31時間48分</p>																

	事故当時、同機の重量及び重心位置は、いずれも許容範囲内にあった。
2.6 気象	<p>同空港の定時飛行場実況気象 (METAR)</p> <p>11時00分 風向 150°、風速 10kt、卓越視程 10km以上、 雲 雲量 1/8 雲形 層雲 雲底の高さ 1,000ft、 雲量 6/8 雲形 積雲 雲底の高さ 5,000ft、 雲量 7/8 雲形 高積雲 雲底の高さ 8,000ft 気温 28℃、露点温度 23℃ 高度計規正值 (QNH) 29.57 inHg</p>
2.7 その他必要な事項	<p>(1) 機体の損壊状況</p> <p>同機は、引込み式の前脚が格納方向に倒れて前傾姿勢となり、前部胴体下部が滑走路面に接触して、3枚のプロペラブレード先端部が損傷するとともに、前脚脚柱、前脚ドア及び前部胴体下面の外板の一部が損傷及び変形していた。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>図2 事故発生時の状態</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図3 前脚の状態</p> </div> </div> <p>また、前部胴体内では、エンジンマウントの一部が破断及び変形していた。(図4～図6)</p> <p>同機のエンジンマウントは、エンジンの固定だけでなく、前脚の脚柱及び前脚作動用のアクチュエーターを固定する台座を兼ねた部品である。前脚作動用のアクチュエーターは、エンジンマウントの一部であるアクチュエーター取付け部の間に差し込まれて、左右から挟まれた状態でボルトによって固定される。同機のエンジンマウントは、アクチュエーター右側取付け部が破断し、左側の取付け部のみでアクチュエーターを支持する状態で変形して、アクチュエーターの先端が防火壁に突き当たり、防火壁の一部が変形していた。(付図1)</p> <p>同機は、引込み式の降着装置が装備されており、前脚はエンジンマウントに取り付けられている脚柱取付け部を支点にして後方から前方に向かって振り出す構造となっている。前脚は、アクチュエーターが伸長することで振り出され、アクチュエーターが伸びた状態でロックすることで前脚がダウンロックする機構になっており、同機のアクチュエーターは、伸長してロックした状態で防火壁に突き当たっていた。</p>

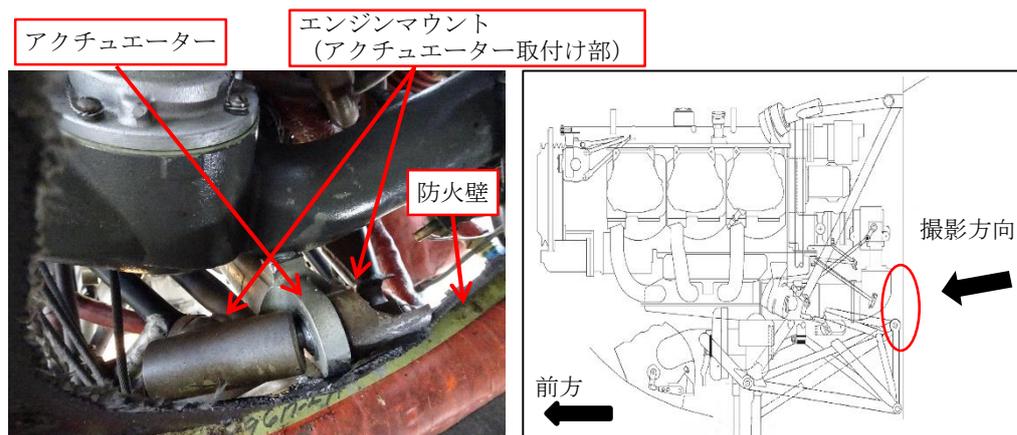


図4 アクチュエーター取付け部及び防火壁等（詳細は付図1参照）



図5 破断部分A
(アクチュエーター側)

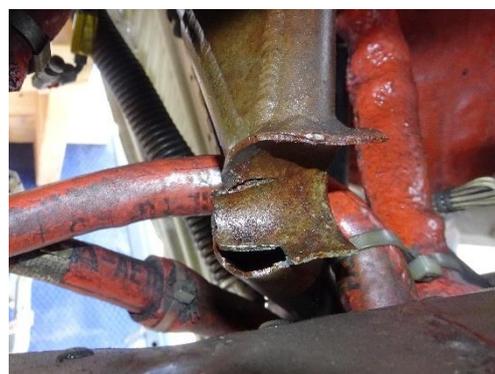


図6 破断部分B
(エンジンマウント側)

(2) アクチュエーター右側取付け部の破断状況

破断部分A（図5）を取り外して確認したところ、破断面に部分的な腐食が見られるとともに、溶接部分の裏側にブリストア*1が発生していた。

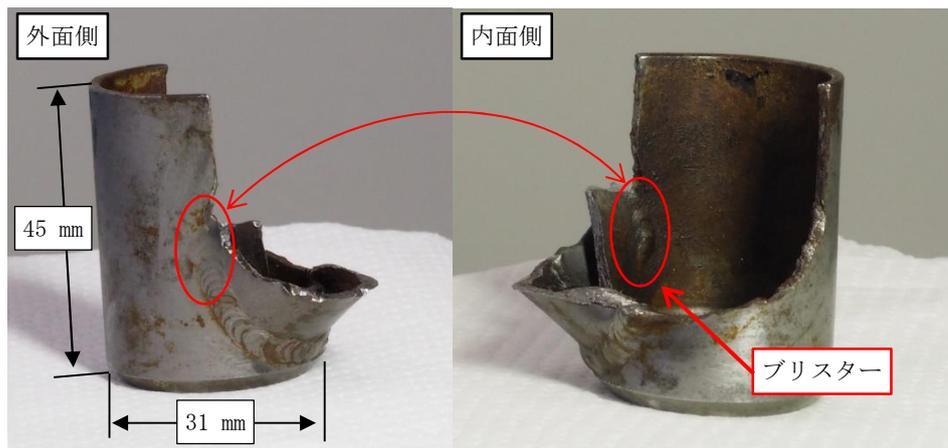


図7 破断部分Aのブリストア

(3) 過去の同種事例と設計・製造者の対応

同型式機及び類似型式機で、アクチュエーター取付け部が同機と同じ形状のエンジンマウントが用いられていたものは、過去にアクチュエーター取付

*1 「ブリストア」とは、金属が腐食して、表面が水ぶくれ状に盛り上がった状態をいう。

け部で亀裂が発生したり、破断したりする事例が頻発していた。

同機の設計・製造者（以下「同社」という。）はこの不具合事例への対応として、2002年4月22日付けで技術通報No. 1103（本事故発生時の最新版は2015年9月1日付け改訂F）を発行し、アクチュエーター取付け部（図8）の100飛行時間ごとの蛍光浸透探傷検査を指示した。

同社は、アクチュエーター取付け部に発生する亀裂は、通常はハードランディングなどの単発的な過負荷によって溶接線に沿って円筒の外面側に発生し、着陸サイクルが繰り返されるにつれ疲労亀裂としてゆっくりと進行して最終的に破断に至ると分析している。また、同社は、亀裂が発生してから破断するまでの期間が長期間に及ぶ可能性があり、その間、金属表面がむき出しになっている亀裂の破断面には腐食が発生することもあるとの見解を示している。

なお、同社は、アクチュエーター取付け部の設計変更を行い、現在は左右の取付け部が一体となった形状に改良された同型式機用のエンジンマウント（図9）を供給しており、改良型のエンジンマウントに交換された機体は、100飛行時間ごとの蛍光浸透探傷検査は不要となっている。

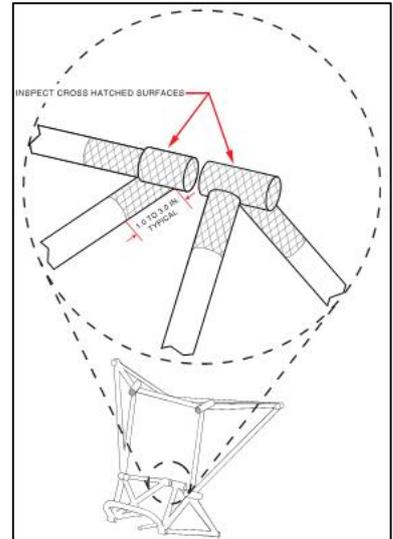


図8 蛍光浸透探傷検査範囲



図9 アクチュエーター取付け部の形状比較

(4) 同機の整備状況

同機は、令和2年11月23日に、耐空証明検査受検のための整備作業において、エンジンマウントのアクチュエーター取付け部の点検を含めた100時間点検（年次点検に相当）が実施されていた。

当該整備作業を実施した整備士によると、アクチュエーター取付け部の目視点検を実施したところ、亀裂等の異常がなかったことから、技術通報No. 1103Fで指示された蛍光浸透探傷検査は実施していないとのことであった。

また、過去に行われた整備作業において、防食処置が定期的に行われていたかどうかは確認することができなかった。

(5) 同機の保管状況について

同機は、令和2年11月に機長が同機を購入してからは、仙台空港を定置場として、ふだんは同空港の駐機場に屋外駐機されていた。

同空港は、標高5.6 ft (1.7 m) で、太平洋に面した海岸沿いに立地している。



図10 仙台空港の立地

3 分析

(1) 機体の損傷について

同機は、着陸滑走中に前脚が格納方向に倒れたため、前傾姿勢となってプロペラ及び前部胴体下部が滑走路に接触して損傷するとともに、伸長した状態のアクチュエーターが突き当たって防火壁が変形したものと認められる。

同機は、アクチュエーターが伸長してロックした状態で、前脚が格納方向に倒れていることから、同機が着陸滑走中に、前脚を脚下げ状態に保持していたアクチュエーターを固定する左右の取付け部のうち、右側取付け部が破断したため、左側取付け部に前脚からの荷重が集中し、アクチュエーターを支持できなくなったエンジンマウントが変形して前脚が格納方向に倒れたものと認められる。

(2) アクチュエーター右側取付け部の破断について

アクチュエーター右側取付け部の破断面は、一部に腐食が発生していたことから、本事故が発生する前から亀裂が発生していたものと認められ、飛行が繰り返される過程で亀裂が進行したため、破断に至ったものと認められる。

破断面の状態を解析した結果、アクチュエーター右側取付け部の破断は、溶接線に沿った円筒の内面側に、腐食によるブリストアが生じ、ブリストア部分に内面側を起点とする非貫通亀裂が形成されて、その後貫通亀裂に進行し、更に端部に向かって進行したと考えられる。(付図2)

(3) 亀裂の発生について

アクチュエーター右側取付け部の円筒の内面側を起点とする亀裂は、過去に着陸等の衝撃による荷重によって発生したものと考えられる。アクチュエーター右側取付け部は、内面側に腐食が発生したことで腐食部分の強度が低下していた可能性が考えられ、このことが亀裂の起点が内面側に発生したことに関与した可能性が考えられる。しかし、破断面に腐食が発生していたこともあり、走査型電子顕微鏡による観察では、ストライエーション(繰り返し応力による疲労破壊を示す縞模様の痕跡)は観察できず、亀裂の進行速度を推定することはできなかった。したがって、ブリストアを起点とする亀裂が形成された時期を推定することはできなかった。

また、アクチュエーター右側取付け部から試料を切り出してエネルギー分散型X線分光法により成分分析を実施し、炭素、酸素、ケイ素、クロム及び鉄の各元素の合計を100%として、母材部及び溶接部における各元素の割合を求めた。その結果、鉄鋼の耐腐食性に寄与するクロムの割合が、母材部では0.90~1.09%であったが、溶接部の一部では0.49~0.73%であり、クロムが欠乏していたことが確認された。クロム欠乏部は、クロム含有量が少ないことから

母材部と比較して耐腐食性が低下していたと考えられ、これにより溶接部に腐食が発生してブリストアを形成した可能性が考えられる。溶接部の一部でクロムが欠乏していたことについては、溶接時の加熱温度や加熱時間の影響によって合金に含まれるクロムが析出したことによるものと考えられる。

腐食が溶接部の内面側に発生したことについては、溶接部の耐腐食性に加え、同機の保管環境、保管状態、内面側は結露等による水分が残留しやすいと考えられる円筒形状の特性等、複数の要因が複合して関与した可能性が考えられ、腐食発生の時期及び経緯を特定することはできなかった。日本は、湿潤な気候で降水量も多いため腐食のリスクが高い環境であり、同機のように沿岸部に立地する空港等を定置場とする場合は、潮風の影響も受けることから、腐食について十分に注意を払う必要がある。

なお、同社の分析によれば、過去の同種事例では、アクチュエーター取付け部の亀裂は、溶接線に沿って円筒の外側面に発生していることから、内面側に亀裂の起点が発生したと考えられる同機の実例は特異な事例と考えられる。

(4) 整備作業について

本調査では、亀裂及び腐食の発生時期を特定できなかったことから、令和2年11月23日に実施された整備作業と、アクチュエーター右側取付け部に亀裂及び腐食が発生した時期の前後関係を特定することはできなかった。

アクチュエーター取付け部は、同社が100飛行時間ごとの実施を指示する蛍光浸透探傷検査を適切に行うことで亀裂の有無を確認できるため、整備作業の時点で亀裂があれば破断に至る前に適切な処置を講じることが可能であり、検査手順には防食処置も含まれていることから、定期的に検査を実施することで継続した防食効果が期待できる。

また、エンジンマウントを設計変更された改良型に交換することも、アクチュエーター取付け部の亀裂の発生を防止することに有効と考えられる。

航空機の整備作業を行う者は、設計・製造者から指示された方法及び手順で適切に整備を行うことが求められる。

4 原因

本事故は、同機が着陸滑走中に、前脚を脚下げ状態に保持していたアクチュエーターを固定する左右の取付け部のうち、右側取付け部が破断したため、左側取付け部に前脚からの荷重が集中し、アクチュエーターを支持できなくなったエンジンマウントが変形して前脚が格納方向に倒れたものと認められる。前脚が格納方向に倒れたことにより、機体が前傾姿勢となって、プロペラ及び前部胴体下部が滑走路に接触して損傷するとともに、伸長した状態のアクチュエーターが突き当たって、防火壁が変形したものと認められる。

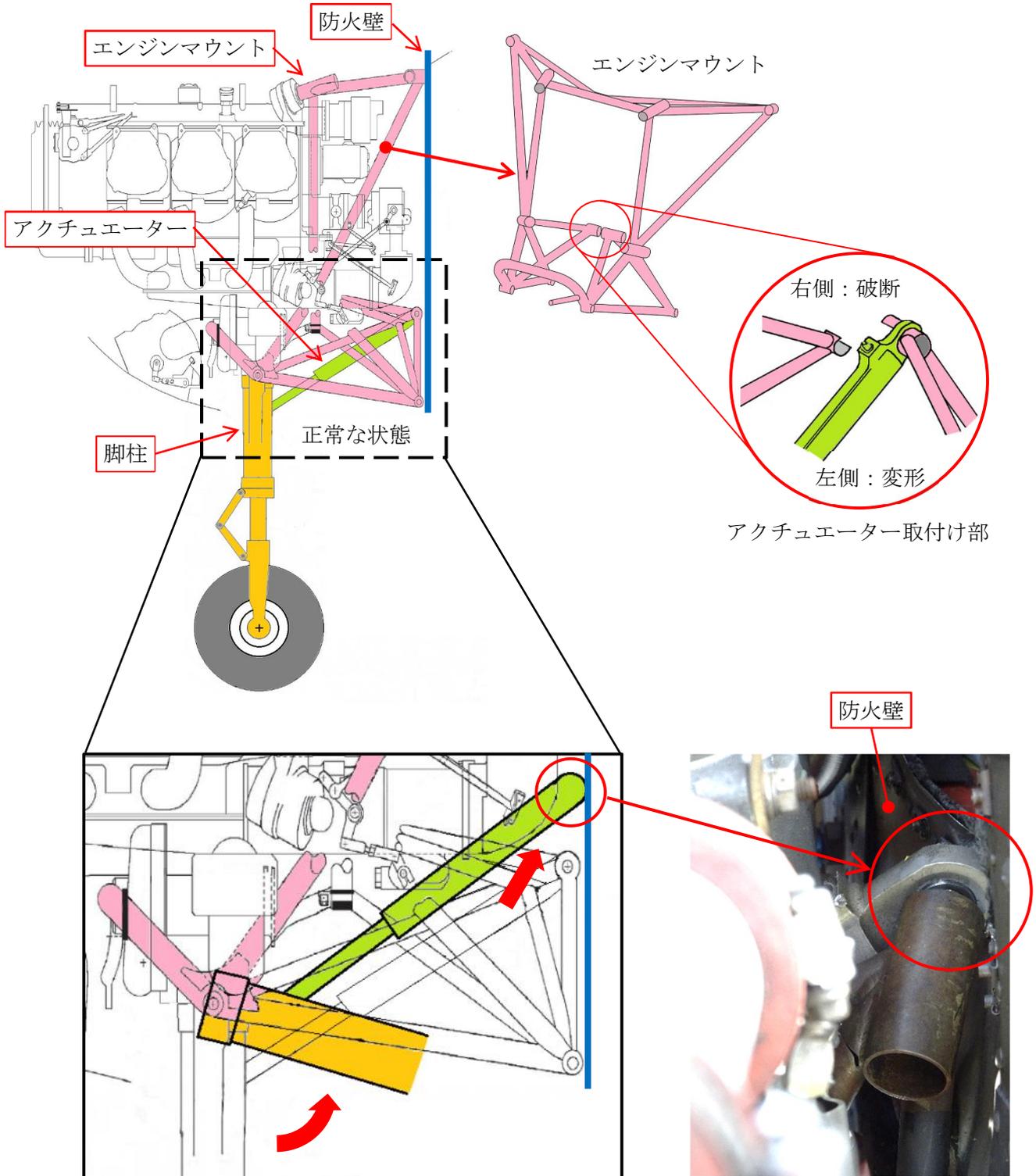
アクチュエーター右側取付け部が破断したことについては、過去に着陸等の衝撃による荷重によってアクチュエーター右側取付け部の内面側に起点となる亀裂が発生して、飛行が繰り返される過程で亀裂が進行したことによるものと考えられる。

アクチュエーター右側取付け部の内面側に起点となる亀裂が発生したことについては、内面側に腐食が発生したことが関与した可能性が考えられる。

5 再発防止策

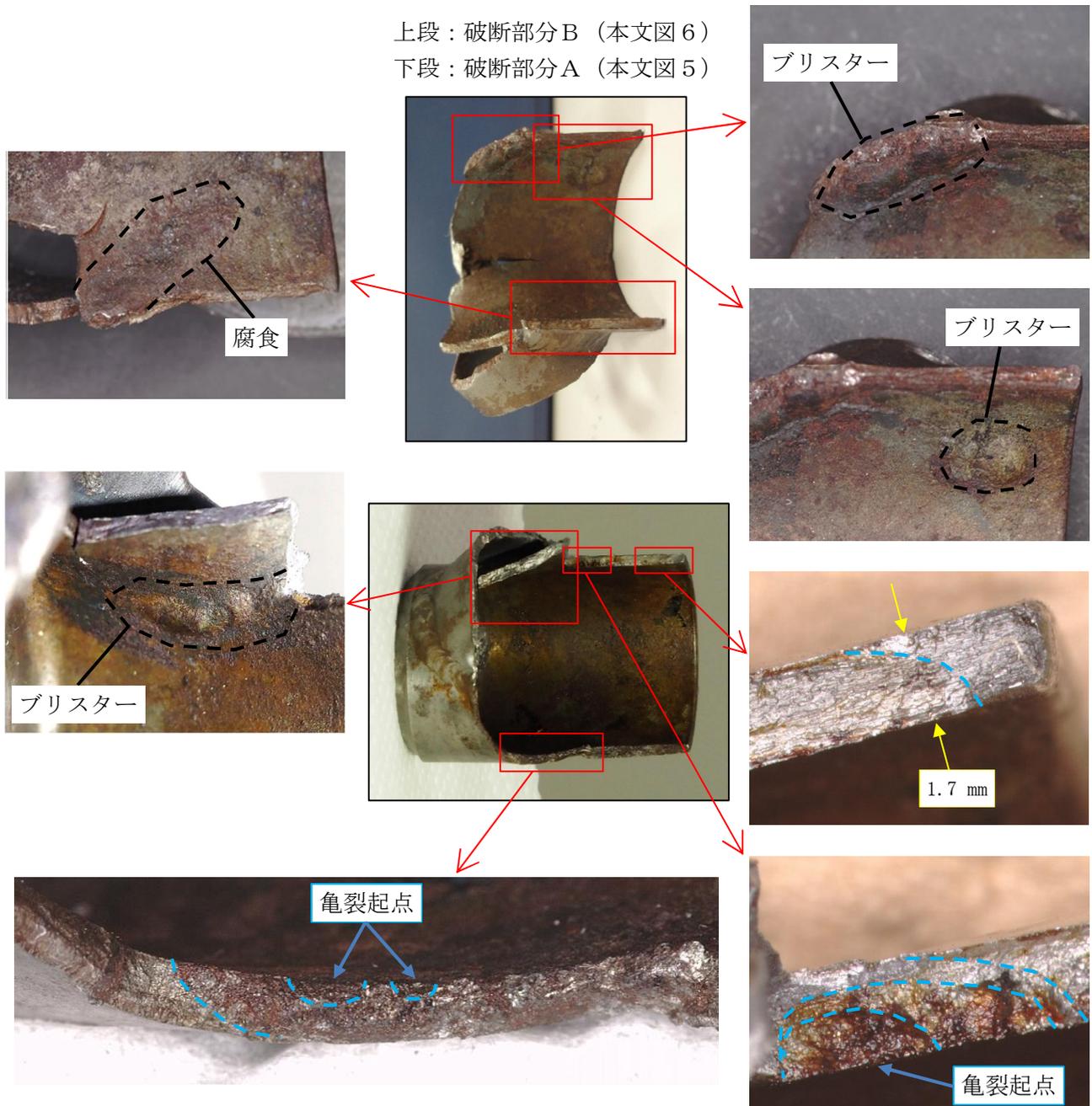
分析で示したとおり、同型式機で従来型のエンジンマウントを使用している機体は、技術通報で指示された蛍光浸透探傷検査を適切に実施する、又は設計変更された改良型のエンジンマウントに交換することが、同種事故の再発防止に有効と考えられる。

付図1 防火壁及びエンジンマウント損傷のイメージ図



エンジンマウントが変形してアクチュエーターが防火壁に突き当たり、防火壁が変形

付図2 アクチュエーター右側取付け部の外観検査



注：水色の破線は、亀裂の段階的な進行における亀裂先端を示す。