

航空重大インシデント調査報告書

所 属 岡山航空株式会社
型 式 セスナ式172R型
登 録 記 号 JA10AZ
インシデント種類 飛行中における発動機の継続的な停止
発 生 日 時 令和5年7月14日 15時06分ごろ
発 生 場 所 岡山県岡山市 岡南飛行場^{こうなん}付近

令和6年7月19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 重大インシデントの概要	岡山航空株式会社所属セスナ式172R型JA10AZは、令和5年7月14日（金）、岡南飛行場の滑走路09へ進入中にエンジンが停止した。同機は進入を継続し、同滑走路に着陸後、誘導路上で停止した。同機には、機長ほか、訓練生及び同乗者の計3名が搭乗していたが、負傷者はいなかった。
1.2 調査の概要	本件は、航空法施行規則（昭27運輸省令56）第166条の4第8号中に規定された「飛行中における発動機の継続的な停止」に該当し、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。 運輸安全委員会は、令和5年7月14日、本重大インシデント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。 本調査には、本重大インシデントの機体及びエンジンの設計・製造国であるアメリカ合衆国の代表及び顧問が参加した。 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	機長、訓練生及び同乗者の口述によれば、飛行の経過は概略次のとおりであった。 岡山航空株式会社所属セスナ式172R型JA10AZは、令和5年7月14日、事業用操縦士技能証明資格取得訓練のため、左操縦席に訓練生、右操縦席に教官である機長及び後方右席に同乗者の計3名が搭乗し、訓練生の操縦で、岡南飛行場を13時07分に離陸した。同機は、広島空港で連続離着陸訓練を行った後岡南飛行場へ戻り、14時50分ごろから岡南飛行場滑走路09の南側場周経路を使用して、連続離着陸訓練を3回行った。その後同機は、着陸するため同滑走路の北側場周経路に入った。 訓練生は、高度約800ftでダウンウインドレグからベースレグに入る前に、エンジンの回転数を1,500rpmに設定した後、再度エンジンの回転計を確認したところ、1,000rpmくらいまで下がっていることに気付
-----------	---

いた。訓練生は、エンジンの出力を増すためにスロットルを操作したところ、2,000rpmくらいまで上昇したので、1,500rpmに合わせた（図1①）。同機はそのまま飛行を継続したが、訓練生はフラップを10°から20°まで下げた際に、再び回転数が1,000rpmよりも下がるのを確認した（図1②）。また推力も感じられず、プロペラは、ウインドミル（空転）しているように感じた。


15時06分ごろ、機長は、エンジンが停止したと判断し、訓練生から操縦を交代した（図1③）。機長は、エンジンの再始動を2回試みたが、エンジンは始動しなかった（図1④）。機長は、その時点の高度及び速度から、このまま滑空状態で同滑走路に着陸できると判断し、滑空性能を上げるため、20°まで下げていたフラップを0°まで上げ、速度約65ktで進入を継続した（図1⑤）。同機は、目標点標識付近に接地した。プロペラは、着陸滑走中に回転が停止した。15時08分、同機は、誘導路（T4）から滑走路を離脱し、同誘導路上で停止した。同機に損傷はなく、搭乗していた3名に負傷者はいなかった。

本重大インシデントの発生場所は、岡南飛行場の西北西約2.5km（北緯34度36分01秒、東経133度54分24秒）の高度約700ftで、発生日時は、令和5年7月14日、15時06分ごろであった。



図1 推定飛行経路図

2.2 負傷者	なし
2.3 損壊	なし
2.4 乗組員等	<p>(1) 機長 41歳</p> <p>事業用操縦士技能証明書（飛行機） 平成16年10月21日</p> <p>特定操縦技能 操縦等可能期間満了日 令和7年1月26日</p> <p>限定事項 陸上単発機 令和5年1月26日</p> <p>第1種航空身体検査証明書 有効期限 令和6年3月31日</p> <p>総飛行時間 2,132時間38分</p> <p>最近30日間の飛行時間 19時間31分</p> <p>同型式機による飛行時間 71時間36分</p> <p>最近30日間の飛行時間 17時間33分</p> <p>(2) 訓練生 48歳</p>

	<p>自家用操縦士技能証明書（飛行機） 平成20年12月4日 限定事項 陸上単発機 平成20年12月4日 第2種航空身体検査証明書 有効期限 令和7年3月4日 総飛行時間 223時間37分 最近30日間の飛行時間 6時間41分 同型式機による飛行時間 203時間30分 最近30日間の飛行時間 6時間41分</p>
2.5 航空機等	<p>(1) 航空機 型式：セスナ式172R型 耐空類別：飛行機 普通N 製造番号：17281142 製造年月日：平成14年12月16日 耐空証明書：第大-2022-698号、有効期限：令和6年3月7日 総飛行時間：3,247時間19分 本重大インシデント発生時、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。</p>  <p>図2 同機</p> <p>(2) エンジン 型式：ライカミング式IO-360-L2A型 製造番号：L-31495-51E 総分解点検実施年月日：令和2年3月23日 総使用時間：4,039時間29分 定期点検（50時間点検、令和5年7月6日実施）後の使用時間 ：3時間11分</p>
2.6 気象	<p>本重大インシデント関連時間帯の岡南飛行場の航空気象観測報は、次のとおりであった。</p> <p>15時00分 風向 120°、風速 3kt、風向変動 060°～160°、 卓越視程15km、 雲 雲量1/8～2/8、雲形 積雲、雲底の高さ 不明、 気温 28℃、露点温度 25℃、 高度計規正值（QNH） 29.77 inHg</p>
2.7 その他必要な事項	<p>(1) エンジン及び燃料系統</p> <p>① 本重大インシデント発生後、機体及びエンジンの状態を調査したが、不具合は認められなかった。エンジンは、地上試運転で異常は認められなかった。</p> <p>② 同機の燃料タンクは、左右主翼にあり、主翼の前縁側と後縁側には、エンジンにつながる燃料出口がある。燃料タンクから出た燃料は、左右両方の燃料タンク又は左右いずれかの燃料タンクを選択する燃料セレクター・バルブ、フューエル・リザーバータンクを經由し、エンジン駆動燃料ポンプで昇圧されて、FUEL INJECTION SERVOによりミクスチャーとスロットルの位置に応じて調整した燃料量をインジェクターからエンジンシリンダ内に噴射する。補助燃料ポンプは、エンジンを始動又は再始動する際に使用する（図3～図8）。同機のエンジンの設計・製造者によれば、空気が燃料配管やFUEL INJECTION SERVOに混入した場合、燃焼に必要な適正な量の燃料をエンジンに供給できなくなり、エンジンが停止することがある。この場合、エンジンを再始動するには、燃料配管に</p>

入った空気を取り除く必要がある。

③ フューエル・リザーバータンク

フューエル・リザーバータンクの容量は、約0.45 US. gal (約1.7リットル) で、エンジン回転数が約1,500 rpmの場合、燃料タンクからの燃料供給が途絶えても、約10～15分の間エンジンに燃料を供給することができる量に相当する。

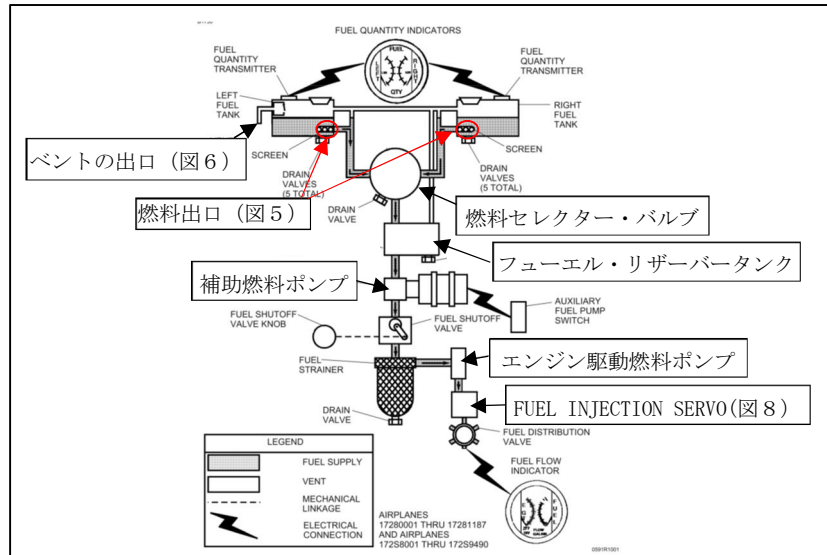


図3 燃料系統図 (Aircraft Maintenance Manual より抜粋)

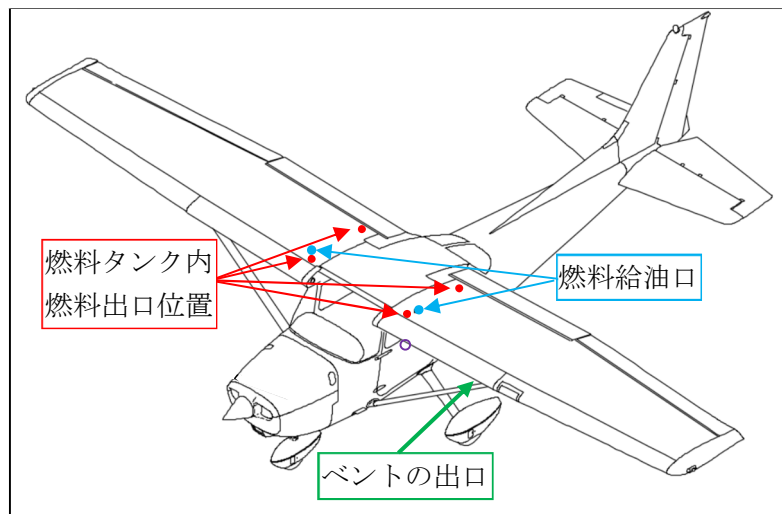


図4 燃料タンク内の燃料出口の位置
(Aircraft Maintenance Manual より抜粋して追記)

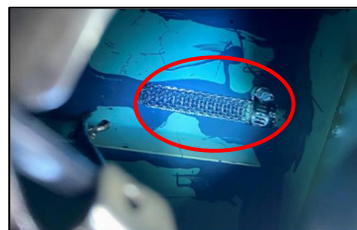


図5 燃料タンク内の燃料出口
(右主翼上面の燃料給油口から撮影)



図6 燃料タンクベントの出口

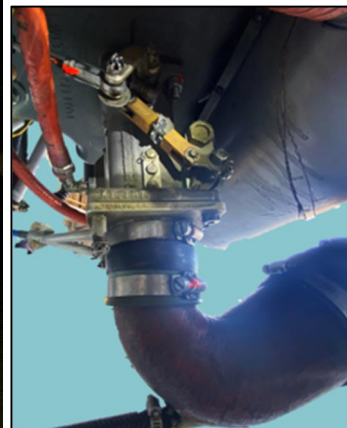


図7 燃料セレクトター・バルブ・ハンドル 図8 FUEL INJECTION SERVO

(2) 飛行規程

① 同機の飛行規程「第2章 限界事項」には、次の記述がある。

2-10 燃料限界

1. 燃料容量

- ・全容量：56.0 U.S. gal (28.0 U.S. gal×2タンク)
- ・使用可能容量(全飛行状態)：53.0 U.S. gal
- ・使用不能容量：3.0 U.S. gal (1.5 U.S. gal×2タンク)

2. 離陸及び着陸時は、燃料セレクトター・バルブ・ハンドルを“BOTH”位置に置くこと。

3. いずれかの燃料タンクが空の状態、スリップ又はスキッドの最大持続時間は、30秒間である。

4. 左又は右タンクのいずれか一方での運用は、水平飛行中に限る。

5. 燃料タンク容量が1/4以下で、左又は右燃料タンクのいずれか一方で運用する場合、長時間の不均衡な姿勢での飛行を禁止する。

6. 燃料油量計が“0”(赤色線)を指示した後のタンク内の残燃料容量は、安全な飛行のために使用できる量ではない。

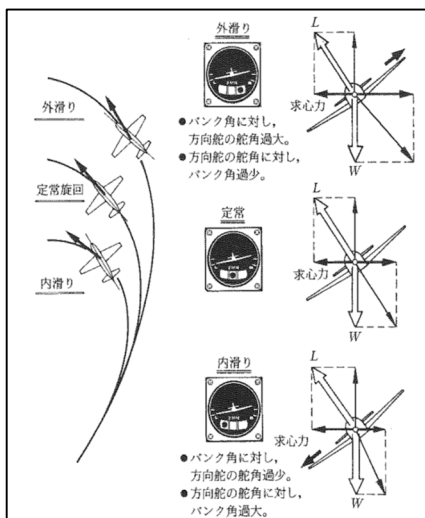


図9 内滑り(スリップ)と外滑り(スキッド)

(公益社団法人日本航空技術協会発行航空工学講座第1巻航空力学より抜粋)

なお、「不均衡な姿勢での飛行」には、スリップ（内滑り）やスキッド（外滑り）が該当するほか、上昇や降下等のための姿勢変化による、釣合いが取れていない状態での飛行も含まれる。

② 飛行規程「第3章 非常操作」には、次の記述がある。

3-3 非常操作チェックリスト

3-3-1 発動機故障

(略)

(3) 飛行中の発動機故障（再始動手順）

- | | |
|-----------------|-------------------------------|
| 1. 対気速度 | 6 5 KIAS |
| 2. 燃料シャットオフ・バルブ | “ON”（一杯に押し込む） |
| 3. 燃料セレクター・バルブ | “BOTH” |
| 4. 補助燃料ポンプ・スイッチ | “ON” |
| 5. ミクスチャー | リッチ（再始動しない場合） |
| 6. イグニッション・スイッチ | “BOTH”（プロペラが停止している場合 “START”） |

<注記>

プロペラがウインドミルしているなら、数秒以内に自動的に再始動する。プロペラが停止（低速度で起こりうる）しているなら、イグニッション・スイッチを“START”に廻して、スロットルをアイドルからゆっくり進め、スムーズな作動のために必要によりミクスチャーをフル・リッチから薄める。

- | | |
|-----------------|-------|
| 7. 補助燃料ポンプ・スイッチ | “OFF” |
|-----------------|-------|

(略)

3-4 非常操作手順の詳細説明

3-4-8 発動機の不調又は出力低下

(略)

(4) 過度の燃料ベーパー*1の兆候

標高の高い場所で運用するとき、異常に高い気温、又はより揮発性の高い燃料ブレンドのもとでは、過度の燃料ベーパーは地上運用中に最も起こりやすい。アイドルの回転又はアイドル付近の回転（少ない燃料流量）での運用が長引くと、燃料ベーパーが起こりやすくなる。（第4章、地上運用での燃料リーン手順参照）

燃料流量が不安定な数値を示す（突然 1gal./hr. 以上変動する）ということは、システム内で燃料ベーパーが起きている兆候である。燃料流量の指示がますます不安定（数値の変動が増す）になっているとき、修正されないとパワー・サージをまねき、出力喪失になることがある。

同機のエンジン設計・製造者によれば、標高の高い場所や地上での運用中に、エンジンがアイドル回転数に近い状態など、燃料配管を流れる燃料の速度と量が少なくなると、エンジンカウル等から熱を吸収する時間が多くなって燃料配管内で燃料が気化して気体（燃料ベーパー）が生じ、気泡が燃料の通路をふさぐことで（ベーパーロック現象）、エンジンが停止する原因となることがある。

*1 「燃料ベーパー」とは、燃料が気体となった状態をいう。燃料ベーパーの気泡が燃料の通路をふさいで流れを遮断する状態を「ベーパーロック現象」ともいう。

(3) Pilot's Operating Handbook 等

- ① 同機の Pilot's Operating Handbook (Part Number : 172RPHUS09 Revision 9 平成16年7月19日) Section 7 FUEL SYSTEMにおける、FUEL SELECTOR VALVE の項には、次の記述がある。

(略)

When the fuel tanks are 1/4 full or less, prolonged uncoordinated flight such as slips or skids can uncover the fuel tank outlets.

(略)

仮訳：燃料が燃料タンク容量の1/4以下の場合、内滑りや外滑りなどの不均衡な飛行状態が続くと、燃料タンク内の燃料出口が露出する可能性がある。

- ② Cessna Pilot Safety and Warning Supplements (Textron Aviation 発行 Reissue 2 平成30年9月28日) 6 FUEL MANAGEMENT には、次の記述がある。

FLIGHT COORDINATION VS. FUEL FLOW

The shape of most airplane wing fuel tanks is such that, in certain flight maneuvers, the fuel may move away from the fuel tank supply outlet. If the outlet is uncovered, fuel flow to the engine may be interrupted and a temporary loss of power might result. Pilots can prevent inadvertent uncovering of the tank outlet by having adequate fuel in the tank selected and avoiding maneuvers such as prolonged uncoordinated flight or sideslips which move fuel away from the feed lines. It is important to observe the uncoordinated flight or sideslip limitations listed in the respective operating handbook. As a general rule, limit uncoordinated flight or sideslip to 30 seconds in duration when the fuel level in the selected fuel tank is 1/4 full or less. Airplanes are usually considered in a sideslip anytime the turn and bank "ball" is more than one quarter ball out of the center (coordinated flight) position. The amount of usable fuel decreases with the severity of the sideslip in all cases.

仮訳：飛行機の主翼燃料タンクは、特定の飛行状態において、燃料が燃料タンク内の燃料出口から離れる可能性がある形状となっている。燃料出口が露出した場合、エンジンへの燃料の流れが妨げられ、一時的な出力喪失のおそれがある。パイロットは、選択している燃料タンク内に十分な燃料を確保し、長時間の不均衡な姿勢での飛行や横滑りなどのような燃料出口から燃料が離れる飛行を避けることで、燃料出口の不用意な露出を防ぐことができる。飛行規程の限界事項に定める、長時間の不均衡な姿勢での飛行や横滑りの制限を守ることが重要である。一般的なルールとして、選択した燃料タンクの燃料が1/4以下の場合、不均衡な姿勢での飛行又は横滑りは30秒以内に制限される。飛行機は通常、旋回傾斜計の“ボール”がセンター（釣合い飛行）の位置から1/4以上外れた場合、横滑りしているとみなされる。使用可能な燃料

の量は、どのような場合でも横滑りが激しくなるほど減少する。

同機的设计・製造者によれば、燃料残量や飛行姿勢の状態によって、燃料タンク内の燃料出口が露出する状況が異なることから、「長時間の不均衡な姿勢での飛行」とは、一定の時間を定めるものではない。また、両方の燃料タンクに燃料があっても、燃料残量が少ない状態と不均衡な姿勢での飛行の組合せによっては、燃料出口が露出することでエンジンに影響を与えることがある。

(4) 左右燃料タンクの燃料量

機長及び訓練生は、飛行前に左右の燃料タンクに等しく合計で約35 gal (約132 L) の約3時間30分飛行可能な燃料が搭載されていることを確認した。同機が岡南飛行場に戻って連続離着陸訓練を始めた際の燃料計の指示は、機長の口述によれば、左タンクは約5～8 gal (約19～30 L)、右タンクは約10 gal (約38 L) であった。また、燃料セレクター・バルブは、離陸してから着陸するまで、常にBOTH位置であった(図7)。着陸後の燃料計の指示値は、左側燃料タンクは約5 gal (約19 L)、右側燃料タンクは約10 gal (約38 L) であった。左右の燃料タンク間の燃料量の偏りについては、同機を運航する会社によれば、同型式機は左側燃料タンクに通気口となるベントの出口があることで、燃料セレクター・バルブがBOTH位置にある場合、右側燃料タンクよりタンク内の空気が抜けやすい左側燃料タンクの燃料の方が多めに使われる傾向があるということであった。燃料セレクター・バルブがBOTH位置にあると、地上駐機中や不均衡な姿勢での飛行を継続している間などに、燃料セレクター・バルブを介して燃料が燃料タンク間で移動することがある。また、搭載している燃料が多いときには、燃料はベントの配管を介して移動することもある。

(5) 訓練生の操縦

機長は、訓練生の操縦について、特にエンジンの出力を上げた際に、左方向への横滑りが何度か生じていることに気付いていたが、今回の訓練が実地試験を模擬したものであったことから、飛行後に指摘するつもりであった。なお、同機のエンジンが停止する前のベースレグに向かう旋回中に、不均衡な姿勢での飛行状態が生じていたかについては、機長は、訓練生の操縦で生じる不均衡な姿勢での飛行があったとしても、自身がフォローできる範囲内であったことから、特に気にしていなかった。また、空中でエンジンが停止した後は、機長は着陸に専念していたことから、燃料流量計は確認していなかった。

(6) 過去の同種事例

平成29年10月6日に、札幌飛行場を離陸した個人所属セスナ式172K型JA3500が、飛行中、燃料の片減りにより右燃料タンクの燃料が枯渇し、燃料系統に空気が混入して燃料が供給されなくなったため、エンジンが停止した航空重大インシデントが発生した。(AI-2019-3 航空重大インシデント調査報告書参照)

3 分析

(1) 左右燃料タンクの燃料量

同機は、飛行前に左右の燃料タンク合計で約35 gal の燃料を搭載していた。約2時間飛行した

着陸後の同機の燃料計の指示値は、左側燃料タンクが 5 gal、右側燃料タンクが約 10 gal であった。左右の燃料タンクの残量に差が生じていたことについては、燃料タンクのベントの出口が左側燃料タンクにあることで左側燃料タンクの方が多く使われる傾向によるものと考えられ、また、横滑りなど不均衡な姿勢での飛行によって、左側燃料タンクの燃料が右側燃料タンクに移動したことで、左右差が生じた可能性も考えられる。

(2) エンジンの停止

- ① エンジンの回転数が 1,000 rpm よりも下がった際に、推力が感じられなかったこと及び着陸後にプロペラの回転が止まっていることから、機長の判断どおり、エンジンは停止していたものと推定される。
- ② 同機のエンジンが停止したことについては、実機調査において異常は認められず、その後の地上試運転でも異常なく作動したことから、本重大インシデント発生時もエンジン自体に不具合はなかったものと推定される一方、飛行規程の「3-3-1(3) 飛行中の発動機故障（再始動手順）」に従った操作を行っても再始動しなかったことから、燃料の供給が途絶えたことによるものと考えられる。同機の設計・製造者によれば、燃料が枯渇した状態又は燃料出口が露出して燃料が途絶した場合、エンジンが停止する前兆として、エンジンの回転数が下がったり、振動が生じたりすることがある。このため、同機のエンジンが停止する前に、エンジン回転数が 1,500 rpm から 1,000 rpm くらいまで低下したことについては、燃料が途絶する前兆だったものと考えられる。

(3) エンジンへの燃料供給の途絶

- ① 同機のエンジンへの燃料供給が途絶えたことについては、飛行規程や Pilot's Operating Handbook 等において、燃料残量が少なくなった状態で不均衡な姿勢で飛行すると燃料出口が露出する可能性に触れられており、本重大インシデントにおいても同様の事態が発生して、燃料出口が露出して燃料供給量が減少した可能性が考えられる。
- ② 燃料出口が露出したことについては、同機が南側場周経路で連続離着陸訓練を実施していた間に、不均衡な姿勢での飛行が続き、燃料出口が露出した可能性が考えられる。燃料タンク内の燃料出口は 4 か所あるが、1 か所が露出して燃料供給を妨げたとしても直接エンジンに影響を与える可能性は低いものと考えられるが、同機は、左側燃料タンクの燃料残量が少ない状態だったこと及び連続離着陸訓練において生じた不均衡な姿勢での飛行により、複数の燃料出口が露出した可能性が考えられる。燃料出口が露出したことにより、燃料供給量が減少したため、フューエル・リザーバータンク内の燃料が消費されて、同タンクからエンジンに燃料を供給する燃料配管に空気が混入した状態となり、同機のエンジンが停止した可能性が考えられる。
- ③ エンジンの回転数を 1,500 rpm に設定して飛行していた同機の状態では、燃料ベーパーが生じてエンジンが停止する可能性はなかったものと推定される。燃料ベーパーに限らず、エンジンの不調が生じた際には、飛行規程にあるとおり、燃料流量計の指示も確認することが望ましい。
- ④ エンジンを再始動するには、燃料出口を燃料で満たして、燃料を送り込むだけでなく、燃料配管に入った空気を取り除く必要があるが、エンジン駆動燃料ポンプだけでは、空気を取り除くための圧力が足りないため、エンジンを再始動させることはできない。この場合、整備作業を行うか、飛行中であれば、飛行規程 3-3-1(3) に従い補助燃料ポンプを作動させて、燃料配管に入った空気を取り除く必要がある。

機長がエンジンを再始動しようとしたときに始動しなかったことについては、着陸操作を行う中でエンジンの再始動手順を試みる状況において、着陸操作を優先したため、補助燃料ポンプの作動時間が短くなり、燃料配管に入った空気を取り除くことができなかつた可能性が考えられる。

- (4) エンジンが停止した同機が安全に着陸できたことについては、エンジンの停止から着陸までの機長の冷静な判断と適切な操作によるものと推定される。
- (5) 同型式機において、燃料タンク内の燃料残量が少ない状態では、燃料セレクター・バルブの選択位置や飛行機の姿勢変化等によって、燃料タンク内の燃料出口が露出して燃料の供給が途絶えると、エンジンの出力を喪失する可能性がある。このため、飛行目的や飛行時間に応じた十分な燃料を飛行前に搭載することが重要であるとともに、燃料タンク内の燃料残量が少ない時は、不均衡な姿勢での飛行が継続しないように留意することが必要である。

4 原因

本重大インシデントは、同機が飛行中、エンジンへの燃料供給が途絶えたため、エンジンが停止したものと考えられる。エンジンへの燃料供給が途絶えたことについては、燃料タンク内の燃料残量が少ない状態で、飛行姿勢の変化等によって燃料タンク内の燃料出口が露出して燃料の供給量が減少するとともに、燃料配管に入った空気が燃料の流れを妨げたことによる可能性が考えられる。

5 再発防止策

5.1 必要と考えられる再発防止策	「3 分析」に記載したとおり、飛行目的や飛行時間に応じた十分な燃料を飛行前に搭載することが重要であるとともに、燃料タンク内の燃料残量が少ない状態で不均衡な姿勢での飛行が継続しないように留意することが必要である。
5.2 本重大インシデント後に講じられた再発防止策	同社は、本重大インシデント発生後に、運航部の全ての職員に対して、本重大インシデントの状況を周知した。また、燃料の少ない状態において、スリップやスキッドなどの不均衡な姿勢で飛行することはエンジン停止に至る可能性があることを記載した Operation Information を運航部の全職員に配布して注意喚起した。また同社は、令和5年8月1日に、訓練中の最低燃料を定める社内文書を発行し、最低燃料を下回る状況が見込まれる場合、訓練を中断し速やかに着陸することとした。加えて、飛行計画に応じた十分な燃料が搭載されていることの確認の徹底を指示した。

なお、小型飛行機等の事故防止に関する事項については、下記の運輸安全委員会資料も参照ください。
 運輸安全委員会ダイジェスト第42号（令和5年8月）航空事故分析集「小型飛行機等の事故防止に向けて ～簡易型飛行記録装置（FDM）をご存じですか～」

(https://www.mlit.go.jp/jtsb/bunseki-kankoubutu/jtsbdigests/pdf/jtsbdi-No42_all.pdf)