

AI2020-7

航空重大インシデント調査報告書

I 全日本空輸株式会社所属
ボーイング式787-8型
JA828A
航空機の航行の安全に障害となる複数の故障に準ずる事態

令和2年11月26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 武田 展雄

《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 全日本空輸株式会社所属
ボーイング式787-8型
JA828A
航空機の航行の安全に障害となる複数の故障に準ず
る事態

航空重大インシデント調査報告書

所 属 全日本空輸株式会社
型 式 ボーイング式 787-8 型
登 録 記 号 JA828A
インシデント種類 航空機の航行の安全に障害となる複数の故障に準ずる事態
発 生 日 時 令和元年6月1日14時02分ごろ
発 生 場 所 成田国際空港の北東約280nm、FL430

令和2年11月6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 宮 下 徹
委 員 柿 嶋 美 子
委 員 丸 井 祐 一
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 | 全日本空輸株式会社所属ボーイング式787-8型JA828Aは、令和元年6月1日（土）、アメリカ合衆国サンノゼ国際空港から成田国際空港に向けて飛行中、成田国際空港の北東約280nmの太平洋上、FL*1430において2つある空調システムの両方が不動作となった。 |
| 1.2 調査の概要 | <p>本件は、航空法施行規則の一部を改正する省令（令2国土交通省令88）による改正前の航空法施行規則（昭27運輸省令56）第166条の4第9号中に規定された「航空機に装備された一又は二以上のシステムにおける航空機の航行の安全に障害となる複数の故障」に準ずる事態（同条第17号）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。</p> <p>運輸安全委員会は、令和元年6月4日、重大インシデント発生の通報を受け、本重大インシデントの調査を担当する主管調査官ほか3名の航空事故調査官を指名した。</p> <p>本調査には、重大インシデント機の設計・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。</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 | 運航乗務員（機長、機長職務代行者*2及び副操縦士）及び客室乗務員（チーフパーサー）の口述、並びに管制交信、レーダー航跡、飛行記録装置等（EA |
|-----------|--|

*1 「FL」とは、標準大気圧力高度で、高度計規正値を29.92 inHg にセットしたときの高度計の指示（単位はft）を100で除した数値で表される高度である。日本では、通常14,000ft以上の飛行高度はフライトレベルが使用される。例として、FL200は高度20,000ftを表す。

*2 「機長職務代行者」とは、機長が休息を取るために操縦室を離れる場合の交代要員として、機長の職務を代行する当該路線の空港資格保有者をいう。

FR^{*3}及びCPL^{*4})の記録によれば、飛行の経過は概略次のとおりであった。

全日本空輸株式会社所属ボーイング式787-8型JA828Aは、令和元年6月1日、機長ほか乗務員11名及び乗客151名の計163名が搭乗し、同社の定期171便として、4時32分(日本標準時、以下同じ。)にサンノゼ国際空港(アメリカ合衆国)を離陸し、成田国際空港へ向かった。

機長によれば、同機はサンノゼ国際空港で実施した出発前の確認において異常は認められず、離陸後も正常に飛行を継続していた。

機長がPF^{*5}として左操縦座席に、機長職務代行者がPM^{*5}として右操縦座席に着座して、成田国際空港に向けてFL430で飛行中、成田国際空港到着時刻を調整するため、飛行速度を段階的に減速(M0.84→M0.78)したところ、13時56分49秒、EICAS^{*6}に左側のPACK(空調装置)(図4)の不作動を示すメッセージ「PACK L」が表示された(図2①)。機長がMFDU^{*7}(システム・ディスプレイ)により空調系統の作動状況を確認したところ、外気を圧縮してPACKに供給するキャビン・エア・コンプレッサー(以下「CAC」という。)のうち、左側PACK用の2台のCAC(L1CAC及びL2CAC)が両方とも停止し、左側の空調系統は作動していなかった。

その後、機長は、同社飛行機運用規程に定める不作動時の操作手順に従って、14時00分17秒、空調リセットスイッチを押すことにより空調系統の再起動を試みた(図2②)。

これにより、同機の空調系統は再起動を開始したものの、14時02分13秒、EICASに左右両PACKの不作動を示すメッセージ「PACK L+R」が表示された(図2③)。機長がMFDUにより空調系統の作動状況を確認したところ、4台のCAC(L1CAC、L2CAC、R1CAC及びR2CAC)が全て停止し、左右の空調系統は両方とも作動していなかった。

このため、同機は、14時02分52秒、FL430から降下を開始し(図2④)、客室高度の上昇率を注視しながら降下を継続した。

その後、14時08分00秒、FL277において、EICASに客室高度が約10,000ftに達したことを示すメッセージ「CABIN ALTITUDE」が表示された(図2⑤)ことから、機長は、緊急事態を宣言し、高度約10,000ftまで緊急降下したうえで飛行を継続し(図2⑦)、14時56分、成田国際空港に着陸した。

なお、同機は、緊急降下中の14時12分55秒、高度約11,300

*3 「EAFR」とは、Enhanced Airborne Flight Recorderの略で、飛行記録装置(FDR)、操縦室用音声記録装置(CVR)及びデータリンク記録装置の機能を持つ一体型記録装置をいう。

*4 「CPL(ACMF CPL)」とは、Airplane Condition Monitoring Function Continuous Parameter Loggingの略で、航空機の状況を監視し、予め定められたパラメーターを連続的に記録する装置をいう。

*5 「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、PFはPilot Flyingの略で、主に航空機の操縦を行う者をいう。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者をいう。

*6 「EICAS」とは、Engine Indicating and Crew Alerting Systemの略で、エンジン、空調及び諸系統の作動状況を表示するとともに、各系統に異常が発生した場合、異常状態の発生を視覚的かつ聴覚的に操縦士に知らせる機能を有する装置をいう。

*7 「MFDU」とは、Multi-Function Display Unitの略で、液晶の大型画面に各種系統の作動状況等、様々な情報を表示できる装置をいう。

ftにおいて、最大客室高度約11,400ftに達した(図2⑥)。

成田国際空港到着後の詳細点検において、同機の機体構造に損傷等は認められなかった。

本重大インシデントの発生場所は、成田国際空港の北東約280nm(北緯38度54分19秒、東経144度45分50秒付近)(図1)、FL430の地点で、発生日時は、令和元年6月1日14時02分ごろであった。



図1 重大インシデント発生場所及び推定飛行経路

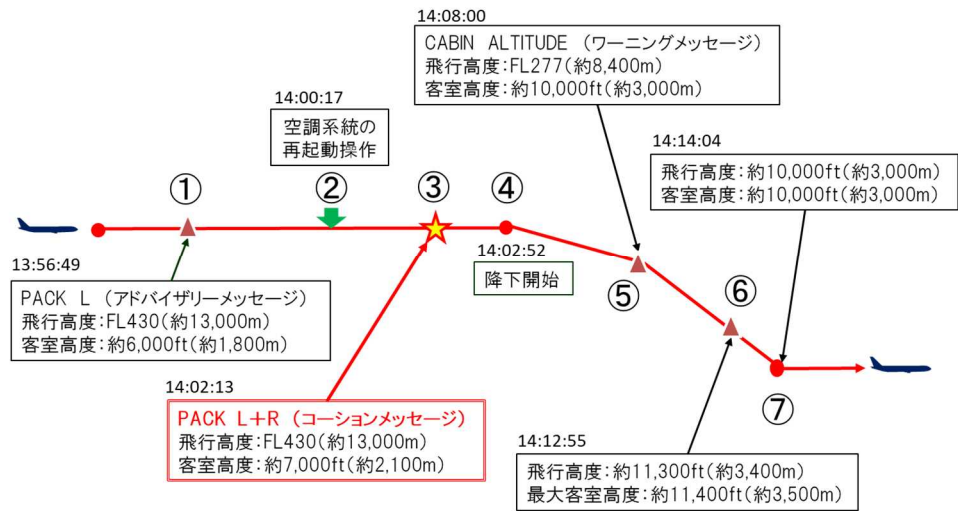


図2 飛行の経過

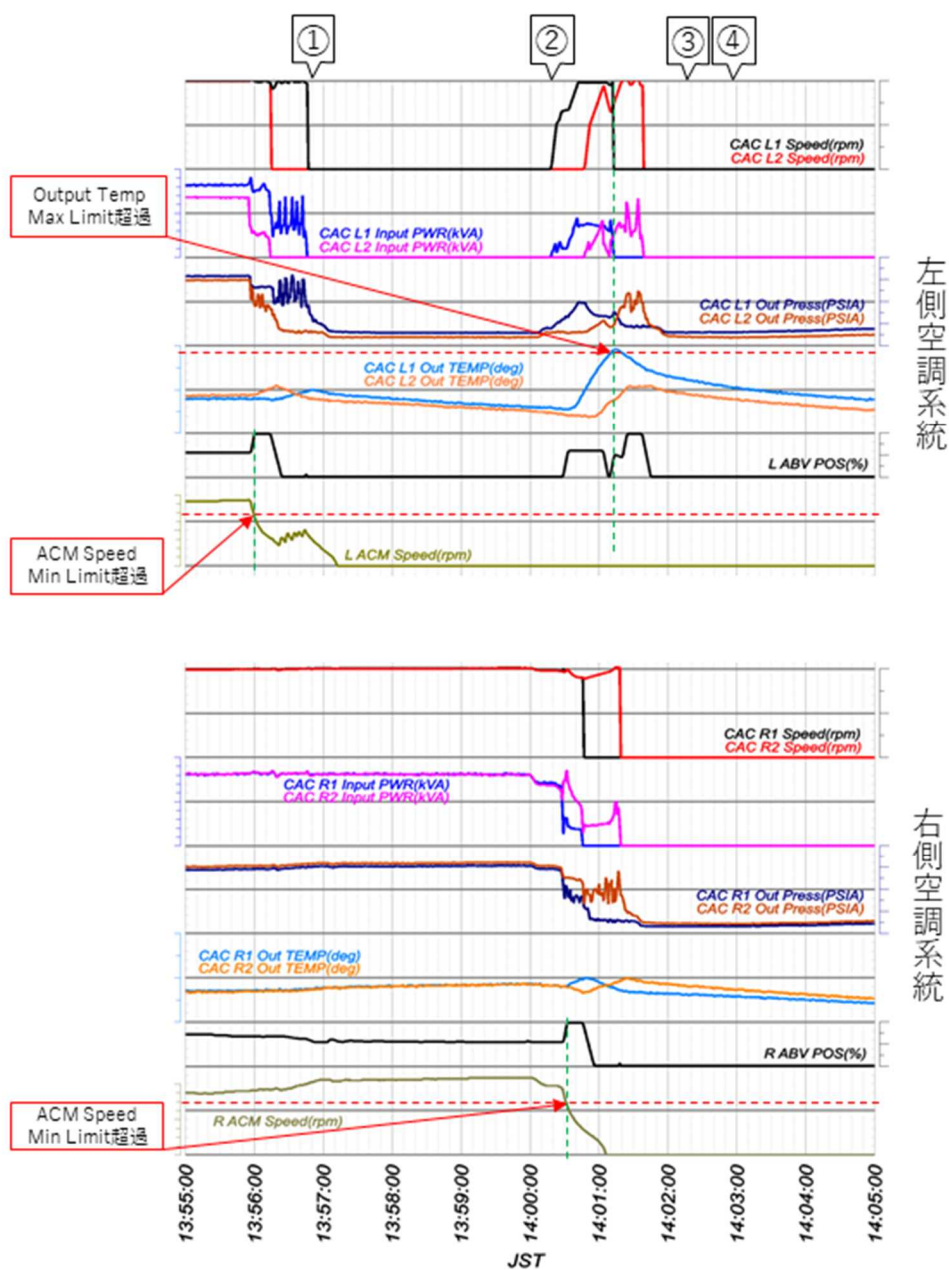


図3 飛行記録装置の記録

| | | |
|----------|---|--|
| 2.2 負傷者 | なし | |
| 2.3 損壊 | なし | |
| 2.4 乗組員等 | <p>機長 男性 50歳</p> <p>定期運送用操縦士技能証明書（飛行機） 平成20年2月27日</p> <p>限定事項 ボーイング式787型 平成28年10月6日</p> <p>第1種航空身体検査証明書</p> <p>有効期限 令和2年4月19日</p> <p>総飛行時間 13,368時間31分</p> <p>最近30日間の飛行時間 71時間45分</p> <p>同型式機による飛行時間 2,004時間45分</p> <p>最近30日間の飛行時間 71時間45分</p> <p>機長職務代行者 男性 48歳</p> <p>定期運送用操縦士技能証明書（飛行機） 平成22年1月20日</p> | |

| | |
|--------------|--|
| | <p>限定事項 ボーイング式787型 第1種航空身体検査証明書</p> <p>平成29年2月8日</p> <p>有効期限 令和元年10月1日</p> <p>総飛行時間 10,545時間05分</p> <p>最近30日間の飛行時間 75時間02分</p> <p>同型式機による飛行時間 1,472時間37分</p> <p>最近30日間の飛行時間 75時間02分</p> |
| 2.5 航空機等 | <p>航空機型式：ボーイング式787-8型、 製造番号：42248、製造年月日：2014年1月16日</p> <p>耐空証明書： 第2014-008号</p> <p>耐空類別： 飛行機 輸送T</p> <p>総飛行時間： 24,417時間12分</p> <p>総飛行回数： 2,795回</p> <p>定期点検(A13C点検、平成31年4月17日実施)後の飛行時間 549時間46分</p> |
| 2.6 気象 | <p>本重大インシデント発生場所付近の気象は晴天域で、約43,000ft 付近は風速90ktのジェット気流域であったが、乱気流はなかった。</p> |
| 2.7 その他必要な事項 | <p>(1) 空調システムの概要</p> <p>同機の空調システムは、図4に示す装備品により構成され、CACにより外気を高温・高圧にした後、これをPACKにより快適な温度・圧力に調整して客室内に供給している。これにより、FL430においても客室内を昇圧し、客室高度約6,000ftの環境を客室内に提供している。</p> <p>また、CACからの吐出空気流は、ACMバイパス・バルブ（以下「ABV」という。）を制御することにより、エア・サイクル・マシン（以下「ACM」という。）を経由せずに、直接、客室側に流れ、その結果、客室内につながる空気流のACM出口温度を調整する。</p> <p>CACは、図5に示すとおり、電動モーターにより羽根を回転させて空気を圧縮する電動コンプレッサー本体及び付属品で構成され、パック・コントロール・ユニット（以下「PCU」という。）が、CACを含む空調システムの作動状況を監視し、飛行環境の変化に応じて、CACが最適な運用効率で作動するよう制御している。このため、35,000ftを超える高度では、Smarter ECS Mode^{*8}運用により、搭乗者数に応じて空気流量が抑えられる。</p> |

*8 「Smarter ECS Mode」とは、PCUがCabin Attendant Panel (CAP)に入力された搭乗者数の値に応じて、客室内に必要な最小限のPack Flowを生成するようにCACの回転速度を低下させ、その結果、CACを通過する空気流量が減少する運用モードをいう。

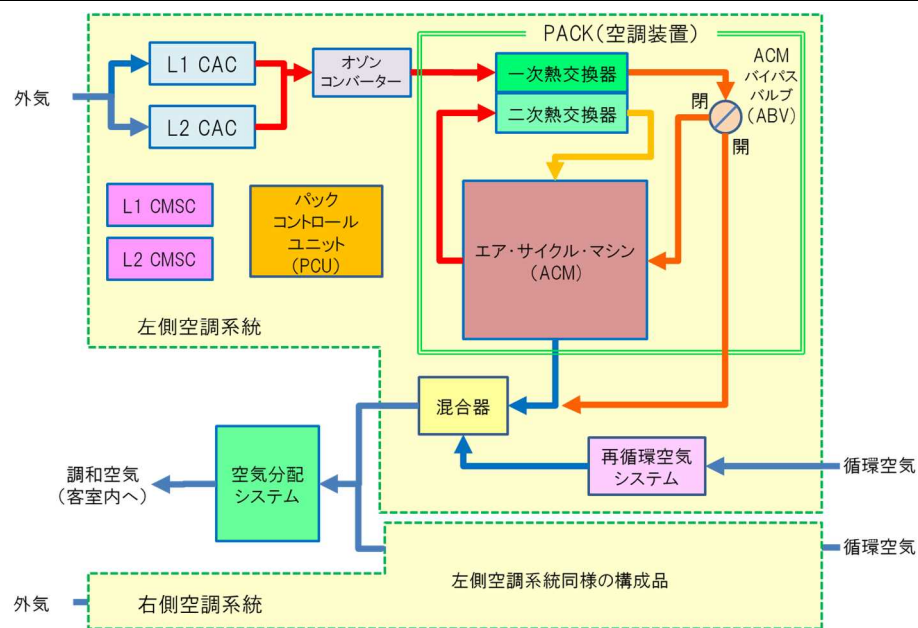


図4 空調系統

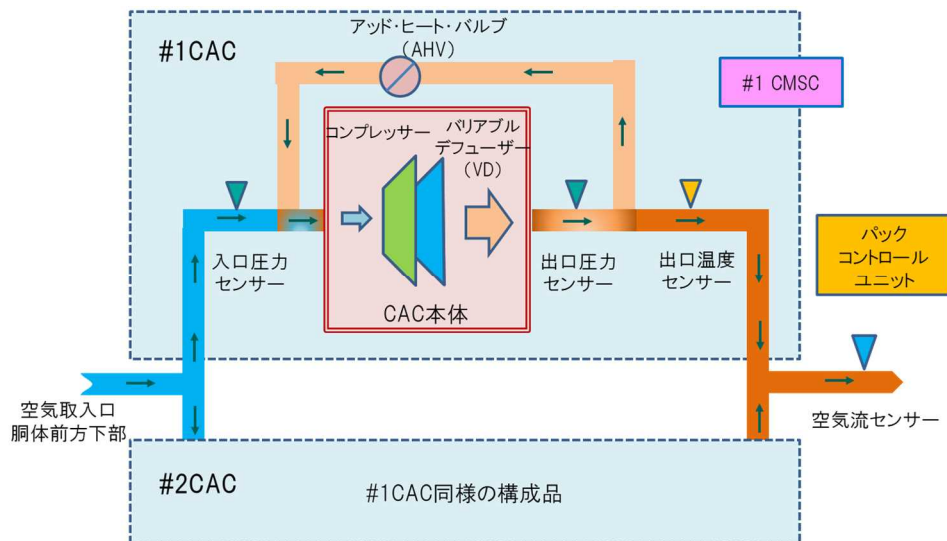


図5 キャビン・エア・コンプレッサー (CAC)

(2) CACのサージングを制御する機能

同機のCAC等、流管中で羽根を回転させて空気を圧縮するコンプレッサーでは、一般的に、取り入れ口からの空気流量が過度に減少したりすると羽根の周りを流れる空気流が乱れ、吐出空気圧力が脈動するサージングといわれる現象が発生しやすくなる。

同機のCACシステムには、機械的に流入部の形状を変化させてCACを通過する空気流量を制御するバリアブル・デフューザー（以下「VD」という。）及びCACを通過する空気流の温度を制御するアッド・ヒート・バルブ（以下「AHV」という。）があり、これらはCACの作動状況に応じて、サージングの発生を回避するための制御を行う。

(3) 空調系統の整備の実施状況

同社では、設計・製造者の技術資料に基づき同系統の整備の実施方法を定め、これに基づき整備作業を適切に実施していた。また、設計・製造者が

サービス・ブリティン等により指示する同系統の改修作業についても全て実施済みであった。

(4) 同種事例の発生状況

設計・製造者は、同系統に係る不具合情報を運航者から収集した後、必要に応じて関連する改修作業の実施、運用制限の適用等を指示している。

令和元年5月、他社において2つある空調系統の両方が一時停止したが、その後、当該機は降下中に空調系統の再起動に成功し、通常どおりの運航を継続した。

(5) 構成品の詳細調査

空調系統の構成品を取り卸し、設計・製造者の試験施設において、詳細検査を実施した結果、L1CACのモーターの回転抵抗が規定値を超えていた。このため、分解検査及びモーター回転子の性能検査を行ったが、回転抵抗が規定値以上であった原因を特定することはできなかった。

(6) 同社の定める空調系統不作動時の操作手順

本重大インシデント発生当時の同社飛行機運用規程に定める不作動時の操作手順によれば、左側又は右側のPACKの不作動を示すメッセージ（「PACK L」又は「PACK R」）表示時の操作手順は概略次のとおりである。

- ① PACK不作動の表示を確認後、2分間待つ。
- ② 空調リセットスイッチを1秒間押し続ける。
注意：空調リセットスイッチの操作は1飛行ごとに1回のみ許容される。
- ③ 2分間待つ。
- ④ PACK不作動の表示が消えた場合は、手順終了。
- ⑤ PACK不作動の表示が消えない場合は、PACKスイッチはAUTOのままにしておく。

(7) 設計・製造者が指示する空調系統不作動時の追加操作手順

左側又は右側のPACKの不作動を示すメッセージ（「PACK L」又は「PACK R」）表示時の追加操作手順に関するFlight Crew Operations Manual Bulletinが、設計・製造者から2019年4月5日に発行されていた。その追加操作手順は概略次のとおりである。

35,000ftを超える高度において片方のPACKが不作動となった場合は、空調リセットスイッチを操作してPACKをリセットする前に、高度35,000ft以下に降下すること。

また、当該Bulletinでは、発行に至った背景を次のとおり説明している。

CACはサージングのためにシャットダウンする可能性がある。そしてCACは巡航中の通常の低流量による作動中にサージングする可能性がある。1回の飛行で複数のCACがサージングすることは一般的ではない。この低流量状態は、PACKが「Smarter ECS Mode」のときに起こる。CACのサージングは、操縦室又は客室において短い低音のノイズとして認識できる。

飛行高度が35,000ftを超えると、CACはサージマージンの限界近

| | |
|--|--|
| | <p>くで作動する。1つのPACKが機能しなくなった場合、空調リセットスイッチによる再起動操作は、1飛行ごとに1回のみ許容される。35,000ftを超える高度ではサージマージンが減少するため、PACKはリセットされない場合がある。</p> <p>なお、PACKの再起動を試みる前に、35,000ft以下に降下するために、PACK L及びPACK Rのチェックリストにこのステップを追加することを計画しており、その暫定措置としてこのBulletinを提供する。</p> <p>(8) 同社による設計・製造者が発行する技術資料の入手及びその後の手続き</p> <p>同社の担当部門では、設計・製造者等が発行した技術資料（Airplane Flight Manual、Flight Crew Operations Manual等）を入手し、技術的検討を行ったうえで飛行機運用規程等の社内規定へ反映している。</p> <p>なお、同社は、(7)に記載する設計・製造者が指示する空調系統不作動時の追加操作手順を、本重大インシデント発生前の2019年4月5日に入手していたが、同社内で内容を検討中であったため、本重大インシデントの発生時にはまだ飛行機運用規程に反映していなかった。</p> |
|--|--|

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 | <p>(1) 事象発生までの状況</p> <p>本事象は、成田国際空港の北東約280nmの太平洋上において、以下の事象が順次発生したことにより、2つある空調系統の両方が同時に停止したものと推定される。</p> <p>① 左側空調系統の停止</p> <p>同機は、FL430を飛行中、Smarter ECS Mode運用により、CACの生成する空気流量が制限されていた。このため、同機のCACは、サージリングが発生しやすい状態で作動していたものと考えられる。</p> <p>その後、飛行速度の減速等による飛行環境の変化によって、L1及びL2CACのVD及びAHVによるサージリングを回避する機能の能力が限界に達し、両方のCACにサージリングが発生したものと考えられる。</p> <p>このため、CAC下流の負荷を軽減して、CACを通過する空気の流れを滑らかにするため、ABVが全開となり、CACからの吐出空気流がACMを経由せず、直接、客室側に流れるようになったが、その効果は得られず、L2CACはサージリングから回復することなく停止したものと考えられる。</p> <p>また、ABVが全開状態を継続したことにより、ACMの回転数が低下し続け、L2CAC停止後、ACM保護機能*9が働いてABVが全閉となった。これによりL1CACを通過する空気の流れが更に悪くなって、L1CACもサージリングから回復することなく停止したものと考えられる。</p> <p>この結果、左側PACKへの空気流の供給が全て失われ、左側空調系統</p> |

*9 「ACM保護機能」とは、ACMの非接触軸受（エアベアリング）を保護するために、ACMの回転数が一定以下となることを防止する機能をいう。

は停止したものと推定される。

② 運航乗務員による再起動操作

機長は、L1及びL2CACが停止し、左側の空調系統が作動していないことを確認した後、同社飛行機運用規程に従って、FL430において空調系統の再起動操作を行ったものと推定される。

なお、同機の設計・製造者は、35,000ftを超える高度では、空調系統の再起動ができない場合があることから、35,000ft以下の高度で再起動操作をするよう、2019年4月5日付けの技術資料により運航者に指示している。同社は、当該技術資料を本重大インシデント発生前に入手していたが、同社内で内容を検討中であったため、本重大インシデントの発生時にはまだ飛行機運用規程に反映しておらず、運航乗務員への周知は行っていなかったものと認められる。

③ 再起動操作により回復しなかった左側空調系統

FL430において、L1及びL2CACは再起動を開始したが、35,000ft以上の高高度で厳しい環境条件だったことから、CACは十分な空気流量を生成することができなかったものと考えられる。

このため、CAC下流の負荷を軽減してCAC内の空気の流れを滑らかにするため、ABVが開方向に動いたが、その効果は得られず、L1CACの出口温度が制限値以上に上昇したことにより、L1CACは再び停止し、L2CACもサージングから回復することなく再び停止したものと考えられる。

この結果、左側PACKへの空気流の供給が全て失われ、左側空調系統は再び停止したものと推定される。

④ 右側空調系統の停止

空調系統の再起動操作時に、左右の空調系統の合計空気流量が急増することを防止するため、正常に作動していたR1及びR2CACの空気流量を抑制する機能が働いたが、これによって、これらのCACもサージングが発生しやすい状態となり、VD及びAHVによるサージングを回避する機能の能力が限界に達して、両方のCACにサージングが発生したものと考えられる。

その後3.4(1)①に記述したL1及びL2CACの停止と同様の現象により、R1及びR2CACが順に停止したものと考えられる。

この結果、右側PACKへの空気流の供給が全て失われ、右側空調系統も停止したことにより、2つある空調系統の両方が同時に停止する事態に至ったものと推定される。

(2) 空調系統の再起動操作手順

① 設計・製造者による空調系統再起動の追加手順

高高度ではCACがよりサージングが発生しやすくなる傾向があることから、PACKが停止した際には設計・製造者の追加手順に従って、35,000ft以下に降下した後空調系統の再起動操作を行うことで確実な回復が可能となると考えられる。さらに、これにより、両方の空調系統が同時に停止する事態の発生も回避される。このため、同社は設計・製造者が追加した当該手順を同社飛行機運用規程に反映する必要がある。

② 運航乗務員への周知

設計・製造者の発行する技術資料のうち、不作動時の操作手順等に関する

| | |
|--|-------------------------------------|
| | る変更については、受領後速やかに運航乗務員に周知されることが望ましい。 |
|--|-------------------------------------|

4 原因

本重大インシデントは、同機の左側空調系統が停止した後の空調系統の再起動操作において、左側空調系統が再起動できず、正常に作動していた右側空調系統も停止したため、2つある空調系統の両方が同時に停止する事態に至ったものと推定される。

左側空調系統が再起動できず、正常に作動していた右側空調系統も停止したことについては、高高度でキャビン・エア・コンプレッサーがサージングを発生させやすい環境条件下で空調系統の再起動操作が行われたことによるものと推定される。

5 再発防止策

- (1) 同社は、2つある空調系統の両方が同時に停止する不具合を防止するため、設計・製造者が指示する空調系統不作動時の追加操作手順について、同社社内規定に反映した。
- (2) 同社は、設計・製造者の発行する技術資料を同社社内規定に反映する手続きにおいて、不作動時の操作手順等の運航の安全に重大な影響のある事項に関する変更については、受領後速やかに行うよう、同社社内規定を変更した。
- (3) 設計・製造者は、キャビン・エア・コンプレッサーにサージングが発生する不具合を防止するため、キャビン・エア・コンプレッサーが生成する空気流量を抑制する Smarter ECS Mode 機能を制限する運用方法を、設計・製造者の発行する技術資料により運航者に通知した。同社は、本技術資料に基づき、当該運用方法を同社社内規定に反映した。
- (4) 設計・製造者は、片方のキャビン・エア・コンプレッサーにサージングが発生した場合に、正常に作動しているキャビン・エア・コンプレッサーに及ぼす影響を軽減させるため、ACMバイパス・バルブを制御するソフトウェアの変更に関する技術通報を発行して運航者に通知した。この変更により、両方のキャビン・エア・コンプレッサーが同時に停止する可能性の低減が期待される。なお、同社は、本技術通報に基づき、当該ソフトウェアの変更を同社対象航空機に順次行う予定である。