

AI2021-7

航空重大インシデント調査報告書

I シルバーエアー所属
ボンバルディア式BD-700-1A10型
N829RA
航空機内の気圧の異常な低下

令和3年8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 シルバーエアー所属
ボンバルディア式BD-700-1A10型
N829RA
航空機内の気圧の異常な低下

航空重大インシデント調査報告書

所 属 シルバーエアー
型 式 ボンバルディア式BD-700-1A10型
登録記号 N829RA
インシデント種類 航空機内の気圧の異常な低下
発生日時 令和2年2月20日 18時09分ごろ
発生場所 那覇空港の北北東約92km、FL250

令和3年7月16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	シルバーエアー所属ボンバルディア式BD-700-1A10型N829RAは、チャーター便として令和2年2月20日（木）15時54分に東京国際空港を離陸し、タンソンニャット空港（ベトナム社会主義共和国）へ向けてFL400 ^{*1} を飛行中、機内の気圧が異常に低下したことを示す計器表示があったため、緊急事態を宣言し、高度約10,000ftまで緊急降下を実施した。機長は、目的地を那覇空港に変更し、18時32分に同空港へ着陸した。
1.2 調査の概要	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11号に規定された「航空機内の気圧の異常な低下」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2年2月21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機の登録国及び運航者国であるアメリカ合衆国の代表並びに設計・製造国であるカナダ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	機長及び副操縦士の口述並びに飛行記録装置（Digital Flight Data Recorder）（以下、DFDRという。）及び操縦室音声記録装置（CVR）の記録によれば、飛行の経過は概略以下のとおりであった。
-----------	--

*1 「FL」とは、標準大気の大気圧高度で、29.92inHg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FLが使用される。例として、FL400は高度40,000ftを表す。

シルバーエアー所属ボンバルディア式BD-700-1A10型N829RAは、令和2年2月20日、機長ほか乗務員3名及び乗客1名の計5名が搭乗し、チャーター便として、15時54分（時刻は日本標準時、以下同じ。）に東京国際空港を離陸した。同機には、機長がPM^{*2}として右操縦席に、副操縦士がPF^{*2}として左操縦席に着座していた。巡航高度はFL400で、気象状況は、VMCで乱気流もなく安定していた。

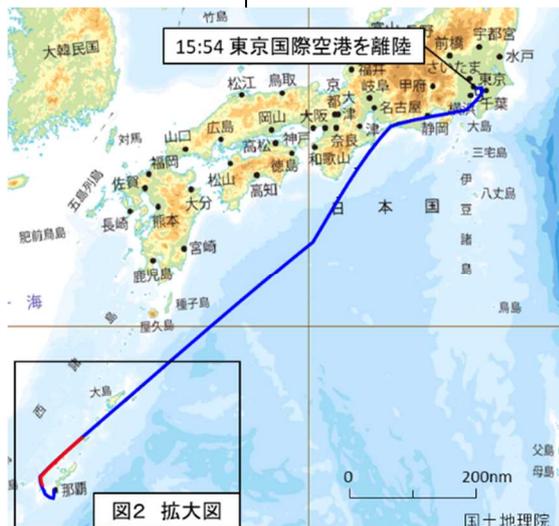


図1 推定飛行経路



図2 推定飛行経路拡大図

DFDR及びCVRの記録によれば、18時00分ごろ、客室高度の上昇が始まり、18時03分48秒、EICAS^{*3}に「CABIN ALT」(Caution^{*4})メッセージが表示された。この時のCVR記録には、運航乗務員がメッセージを読み上げる声や、チェックリストを実施する際に通常発せられる音声は、記録されていない。機長によると、このときの客室高度は、約8,300ftで、500ft/minで更に上昇していたため運航乗務員は、酸素マスクを装着した。

18時04分36秒、EICASのメッセージは、「CABIN ALT」(Warning^{*5})メッセージに変わり、機長は、同メッセージへの対応として定められているチェックリストに従って、乗客用酸素マスクスイッチを「ON」にし、緊急事態を宣言の上、飛行高度10,000ftまで降下を開始した。

18時09分53秒、客室高度が14,000ftを超過した。なお、この時点での飛行高度はFL250であった。

18時12分13秒、客室高度は、この時の最高値15,040ftを記録した。

18時17分、降下を続けた同機が、飛行高度10,000ftに達したた

*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。

*3 「EICAS」とは、Engine Indication and Crew Alerting Systemの略で、エンジン及び諸系統の作動状態を表示するとともに、各種システム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持ったシステムである。

*4 「Caution」とは、緊急操作は必要としないが直ちに操縦士に知らせるべき航空機の異常や故障を意味するメッセージである。黄色で表示される。

*5 「Warning」とは、直ちに操縦士による緊急操作を必要とする航空機の異常や故障を意味するメッセージである。赤色で表示される。

	<p>め、機長は、緊急事態の宣言をキャンセルした。</p> <p>CVRの記録によれば、18時24分ごろ、機長は、降下のチェックリストを実施すると共に、燃料循環装置が「OFF」になった事を意味する言葉「Recirc is...coming off」と発した。</p> <p>機長は、目的地を那覇空港に変更し、18時32分に同空港に着陸した。</p> <p>本重大インシデントの発生場所は、那覇空港の北北東約9.2km（北緯26度59分18秒、東経127度54分34秒付近）、FL250であり、発生日時は、令和2年2月20日、18時09分ごろであった。</p>
2.2 負傷者	なし
2.3 損 壊	なし
2.4 乗組員等	<p>(1) 機長 61歳</p> <p>定期運送用操縦士技能証明書（飛行機） 2019年2月25日</p> <p>限定事項 ボンバルディア式BD-700型 2019年2月25日</p> <p>第1種航空身体検査証明書</p> <p>有効期限 2020年7月15日</p> <p>総飛行時間 16,679時間12分</p> <p>同型式機による飛行時間 412時間18分</p> <p>(2) 副操縦士 43歳</p> <p>定期運送用操縦士技能証明書（飛行機） 2018年8月19日</p> <p>限定事項 ボンバルディア式BD-700型 2018年8月19日</p> <p>第1種航空身体検査証明書</p> <p>有効期限 2020年5月31日</p> <p>総飛行時間 11,550時間00分</p> <p>同型式機による飛行時間 487時間00分</p>
2.5 航空機等	<p>航空機型式：ボンバルディア式BD-700-1A10型</p> <p>製造番号：9029 製造年月日：1999年5月11日</p> <p>耐空証明書 AEA-FSDO-27</p> <p>総飛行時間 5,168時間48分</p> <p>総飛行回数 2,198回</p> <p>定期点検（250時間点検、2020年1月24日実施）後の飛行時間 27時間</p>
2.6 気象	<p>本重大インシデントの発生時の気象は、有視界気象状態で乱気流はなかった。</p>
2.7 その他必要な事項	<p>(1) 空調系統及び機内与圧系統</p> <p>同機には、エンジン等から供給される高温高压の空気を作動源とする空調装置（以下「PACK」という。）が、左右1式ずつ、計2式装備されている。PACKによって作られた冷たい空気は、各ゾーンで設定された温度になるように、暖かい空気（以下「TRIM AIR」という。）を混ぜて機内に送られ、温度調節を行っている（図3）。機内に送られた空気は、機内与圧系統にも利用され、機体の前後に1式ずつ、計2式装備されたアウトフローバルブにより、機外へ排出する空気の量を調節して、機内の気圧を適切な状態に保っている（図4）。客室高度は、飛行高度51,000ftで7,230ftになるように機内与圧コントローラーにより自動制御される。PACKスイッチは、オフにしたとき「OFF」の文字が白色で点灯する。空</p>

調系統及び機内与圧系統の操作パネルは操縦室頭上パネル（オーバーヘッド・パネル）に配置されている（図5）。

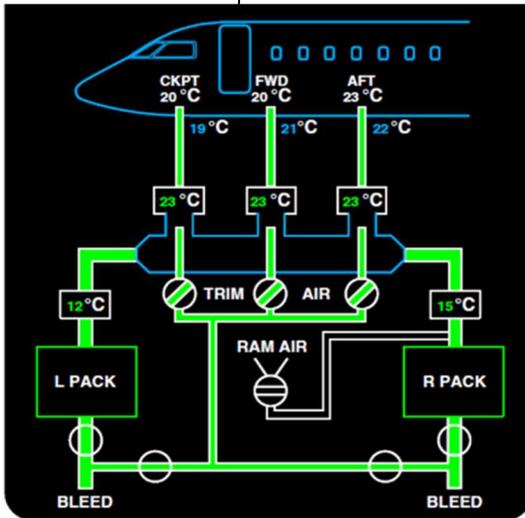


図3 空調系統図 (EICAS表示)

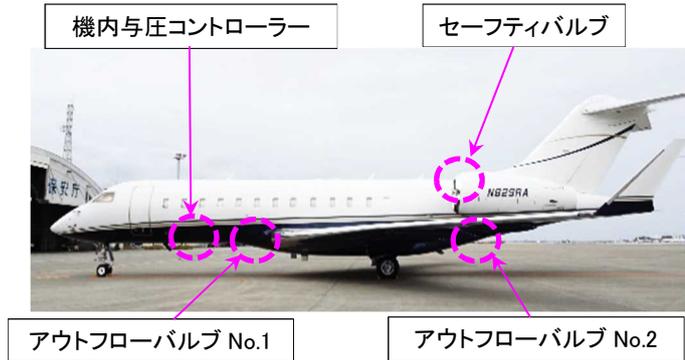


図4 機内与圧系統装備品

(2) 燃料循環装置

同機には、翼燃料タンク内の燃料の温度が過度に低下しないように燃料循環装置(Fuel Recirculation System)を装備しており、運航乗務員が飛行中に燃料タンクの燃料の温度をモニターし、必要により手動で作動させる。同装置を作動させると「FUEL RECIRC ON」のメッセージがE I C A Sに表示されると共にスイッチ上に「ON」の文字が白色で点灯する。燃料循環装置の操作パネルは、オーバーヘッド・パネルに配置されている（図5）。

(3) 操縦室頭上操作パネル（オーバーヘッド・パネル）

同機のオーバーヘッド・パネルにおける、本件重大インシデントに関係する各系統のスイッチの配置は、図5の通りである。

空調系統操作パネル及び燃料系統操作パネルは、オーバーヘッド・パネル上に並んで配置されている。これらのスイッチの形状及び大きさ並びに操作が類似している。

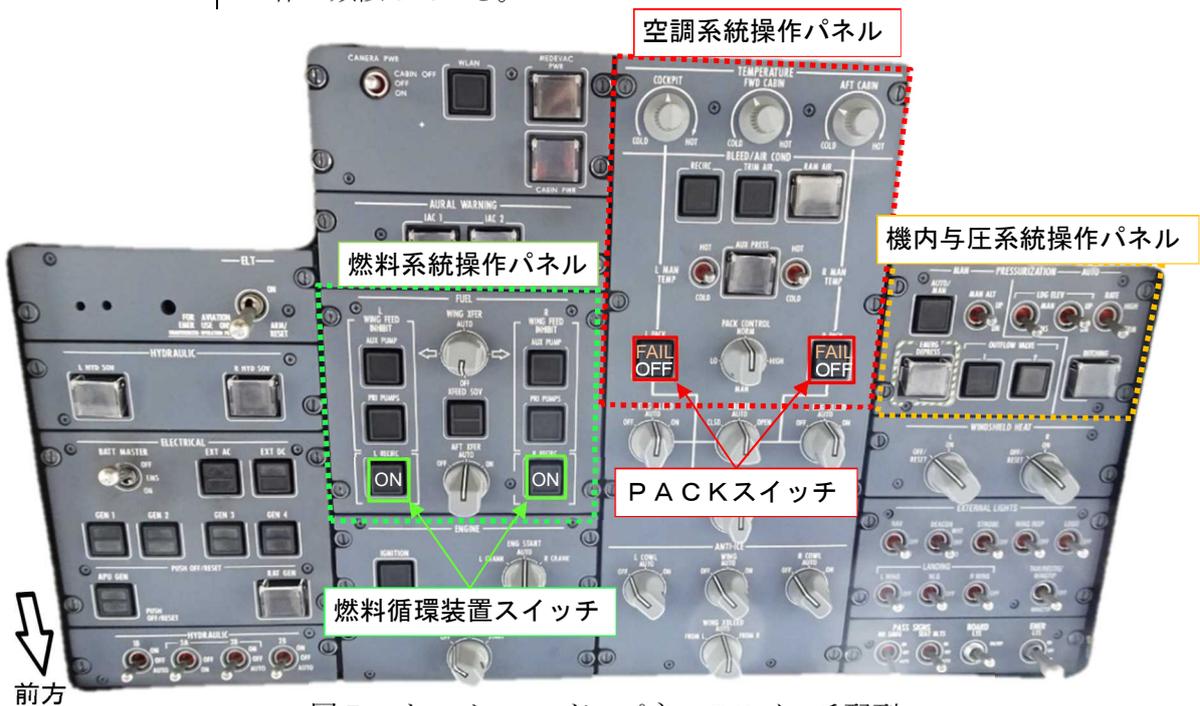


図5 オーバーヘッド・パネルのスイッチ配列

(4) EICASに表示されたメッセージ

同機は、飛行中に表示したメッセージを地上で再表示させる機能（CASメッセージビューワー）を有しており、本重大インシデント発生時のメッセージの表示状況を再表示したところ図6の通りであった。このうち本重大インシデントに関連のある項目のみを抜粋して以下に記す。なお、CASメッセージビューワーの時刻表示は、UTC（Coordinated Universal Time：協定世界時）であるが、本文中の時刻は、日本標準時（UTC+9時間）で記載している。）

GAS Message	Time (UTC)	Date (MM/DD/YY)
-> FUEL XFER ON	7:01	02/20/20
L PACK OFF	9:00	02/20/20
TRIM AIR OFF	9:00	02/20/20
L-R PACK OFF	9:00	02/20/20
CABIN ALT	9:03	02/20/20
CABIN ALT	9:04	02/20/20
<- FUEL XFER ON	9:05	02/20/20
PASSENGER OXY ON	9:07	02/20/20
SEAT BELTS SIGN ON	9:11	02/20/20
CABIN ALT	9:20	02/20/20
R PACK HIGH FLOW	9:24	02/20/20
L-R PACK HIGH FLOW	9:24	02/20/20

図6 飛行中に表示したメッセージ

- ・「FUEL XFER ON」は、左右の燃料タンクの燃料の搭載量が不均衡にならないように自動的に燃料移送装置が作動すると表示される。
- ・「TRIM AIR OFF」(Status^{*6})は、TRIM AIRスイッチを「OFF」にすると表示されるが、TRIM AIRスイッチが「ON」であっても両方のPACKスイッチが「OFF」になると表示される。
- ・「PACK OFF」及び「L-R PACK OFF」(Status)は、PACKの流量を制御するフロー・コントロール・バルブ（FCV）のソレノイドが励磁すると表示される（図7）。同ソレノイドは、PACKスイッチを「OFF」にしたときのみ励磁する。同スイッチが「ON」のままであればPACKが自動的に停止（2.7(5)に後述）してもこのメッセージは表示されない。

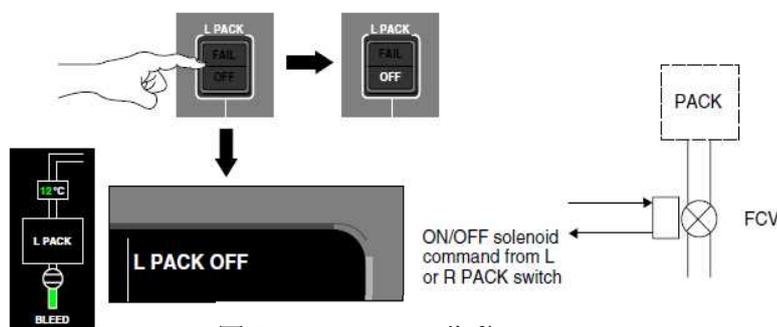


図7 PACKの作動

- ・「CABIN ALT」(Caution)は、客室高度が8,200～9,000ftになると表示される。

*6 「Status」とは、操縦士がスイッチ類を通常ではない位置に選択すると表示されるメッセージであり白色で表示される。

- ・「CABIN ALT」(Warning)は、客室高度が9,000ft以上になると表示される。
- ・「R PACK HIGH FLOW」及び「L-R PACK HIGH FLOW」(Status)は、PACKが制御装置により自動的に大流量モードになった時、若しくは、手動で大流量モードを選択したときに表示される。

(5) PACKが自動的に停止するロジック

PACKは、PACKスイッチを「OFF」にしなくとも、以下の条件により自動的に停止する。

- ・エンジン抽気制御コンピューターからの停止信号があった。
- ・操縦士が機体着水モードを選択した。
- ・PACK入口の温度が過度に上昇した。
- ・PACK圧縮機出口の温度が過度に上昇した。
- ・PACK出口の温度が過度に上昇した。
- ・PACK出口の圧力が低下した。

これらの条件によりPACKが自動的に停止した場合には、それぞれの条件に対応した不具合メッセージがEICASに表示されるとともに、機体のメモリー機能に記録される。本重大インシデント後の機体調査時、これらの記録はなかった。

(6) 機長の口述

機長によれば、同機は、飛行前点検で異常はなく、東京国際空港を離陸後、18時03分に「CABIN ALT」(Caution)メッセージが表示されるまで、その他のメッセージは、何も表示されなかった。同メッセージは、すぐに「CABIN ALT」(Warning)メッセージに変わったので、「CABIN ALT」(Warning)に対応するチェックリストに従い、機長は、乗客用酸素マスクスイッチを「ON」にし、緊急事態を宣言の上、飛行高度10,000ftまで降下した。

機長は、飛行中に運航乗務員が空調系統及び機内与圧系統のスイッチ類を操作した記憶はなく、那覇空港着陸後に空調系統及びエンジン抽気系統のスイッチが通常位置になっていることを確認したと述べている。

(7) 機体調査

機体調査において、機体に装備されている不具合記録のメモリー機能から、空調系統及び機内与圧系統並びにエンジン抽気系統に関連する不具合記録を確認したが、本重大インシデント発生時に機体の異常を示す記録は認められなかった。さらに空調系統及び機内与圧系統並びにエンジン抽気系統の目視点検、ダクト類の空気漏洩試験、作動試験等を実施したが異常は認められず、すべて正常に作動した。

(8) 同機の不具合履歴

同機のカット系統及び機内与圧系統について機体の整備記録を確認したところ、本重大インシデントに関連する不具合及び作業の履歴はなかった。

(9) DFDRの記録

DFDRの記録によれば、18時00分ごろ、客室高度(Cabin altitude)が上昇を始めた。その他、機体の異常を示す記録は、認められなかった。

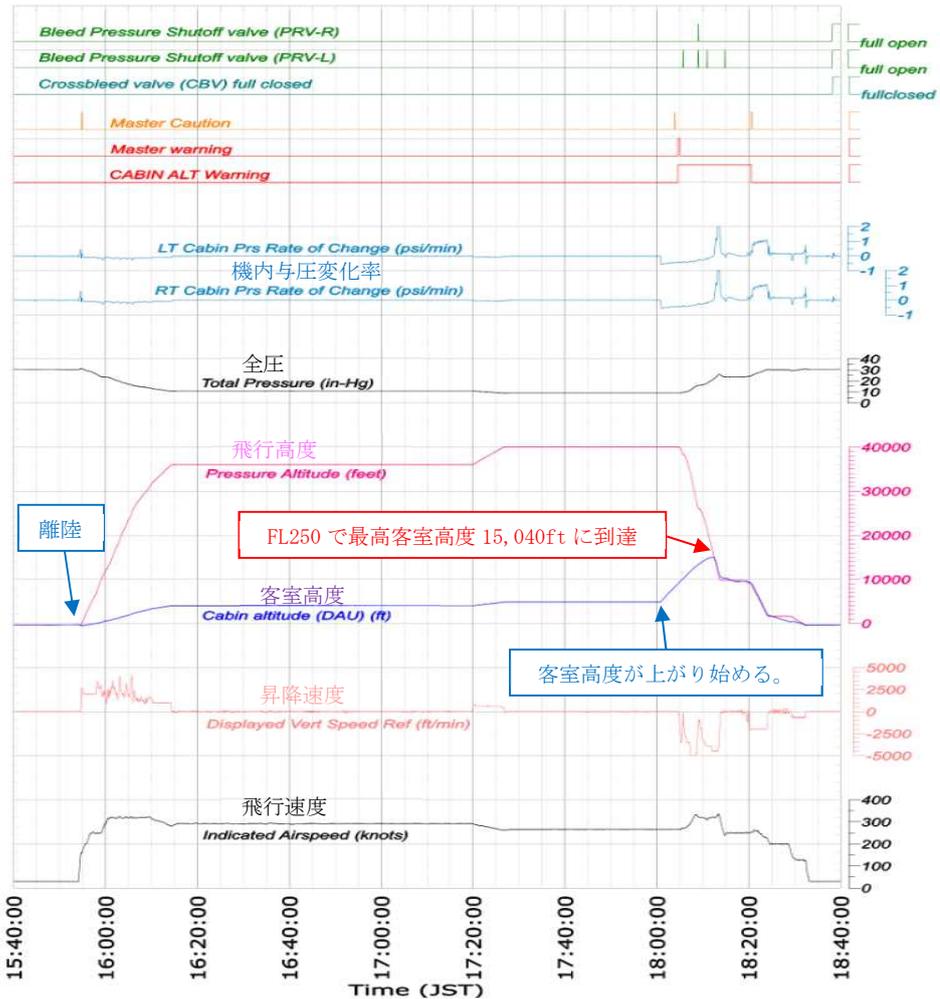


図8 DFDRの記録

3 分析

3.1 気象の関与	なし
3.2 操縦者の関与	あり
3.3 機材の関与	なし
3.4 判明した事項の解析	<p>(1) 機体調査の結果、本重大インシデント発生時に空調系統及び機内与圧系統並びにエンジン抽気系統の異常を示す記録は認められなかった。また、これらの系統の目視点検、漏洩試験、作動試験を実施したが全て正常に作動したことから、本重大インシデント時も機体に故障等の不具合は発生していなかったものと推定される。</p> <p>(2) 機長は、飛行中に運航乗務員がPACKスイッチを操作した記憶はないと述べているが、18時00分ごろに表示された「L-R PACK OFF」(Status)メッセージは、両方のPACKスイッチを「OFF」にしなければ表示されないロジックになっていることから、運航乗務員は、誤って両方のPACKスイッチを「OFF」にしたものと推定され、これにより、両方のPACKが停止したため、客室高度が上昇したものと推定される。</p> <p>(3) 燃料循環装置のスイッチ及びPACKスイッチは、その配置及び形状並びに操作が類似しており、18時24分ごろのCVRの記録にも、燃料循環装</p>

	<p>置に関する言葉を発していることから、燃料循環装置のスイッチを「ON」に操作するつもりで誤って両方のPACKスイッチを押して「OFF」にした可能性が考えられる。</p> <p>(4) 両方のPACKスイッチを「OFF」にしたことに気づかなかったことについては、運航乗務員による操作すべきスイッチの確認及び操作後のスイッチ操作等の相互確認が十分ではなかった可能性が考えられる。</p> <p>(5) 18時03分48秒、同機は、客室高度が約8,200ftに達したため、「CABIN ALT」(Caution)メッセージが表示されたものと推定される。このとき、運航乗務員がオーバーヘッド・パネルのPACKスイッチやEICASの空調系統図(図3)を確認することによりPACKが「OFF」であることを認知できた可能性は考えられる。しかしながらCVRには、運航乗務員による当該メッセージの読み上げや、当該メッセージに対応するチェックリストを実施する等の音声記録は無かったことから、運航乗務員間のコミュニケーションが十分ではなかった可能性が考えられる。運航乗務員によるスイッチ誤操作等のエラーの防止のためには、日常的にクルーリソースマネジメント(CRM^{*7})スキルを十分に発揮することが求められる。</p> <p>(6) 18時04分36秒、同機は、客室高度が9,000ft以上に達したため、「CABIN ALT」(Warning)が表示されたものと推定される。機長は、直ちに緊急降下させたものの、飛行高度FL400からの降下中、客室高度はさらに上昇し、最高時は、15,040ftに達したものと推定される。</p> <p>(7) 18時24分ごろ、機長は、降下のチェックリストを実施するとともに、燃料循環装置が「OFF」になった事を意味する「Recirc is...coming off」という言葉を発しているが、CASメッセージビューワーには、燃料循環装置が作動した記録がないことから、このときに、「OFF」と点灯していたPACKスイッチを、「ON」と点灯している燃料循環装置のスイッチと思い込み操作したため、PACKが再始動するとともに、自動的に大流量モードとなりEICASに「L-R PACK HIGH FLOW」が表示されたものと推定される。</p>
--	--

4 原因

<p>本重大インシデントは、同機がFL400を飛行中に両方のPACKが停止したことにより、機内の気圧の異常な低下が発生したものと推定される。両方のPACKが停止したことについては、運航乗務員が燃料循環装置のスイッチを操作するつもりで誤って両方のPACKのスイッチを「OFF」にしたことによるものと推定される。</p>
--

*7 「CRM」とは、「安全で効率的な運航を達成するために、すべての利用可能な人的リソース、ハードウェア及び情報を効果的に活用することである。(AIM-JAPAN)

5 再発防止策

本重大インシデント後に同社が講じた再発防止策

同型式機を操縦するすべての乗務員に対して、以下の再発防止策を講じた。

- (1) すべての飛行の段階において、チェックリストの実施とその手順を厳守するように周知した。
- (2) 機長は、CRMと乗組員のコミュニケーションに重点を置くことが重要であり、すべての飛行の段階で説明と確認を行うよう周知した。
- (3) 同機のような手動の燃料循環装置を備えた航空機について、燃料循環の手順及び制限について再訓練を行った。
- (4) さまざまな状況に対応するチェックリスト手順を再確認し、適切で確実なスイッチ類の操作が行われるように周知した。