

2002-1

航空重大インシデント調査報告書

日本エアコミューター株式会社所属 JA8788

南紀航空株式会社所属 JA3880

全日本空輸株式会社所属 JA8947

平成14年 9月27日

航空・鉄道事故調査委員会

本報告書の調査は、日本エアコンピューター株式会社所属日本航空機製造式 Y S - 1 1 A 型 JA8788 と南紀航空株式会社所属セスナ式 T U 2 0 6 G 型 JA3880、全日本空輸株式会社所属エアバス・インダストリー式 A320-200 型 JA8947 の航空重大インシデントに関し、航空・鉄道事故調査委員会設置法及び国際民間航空条約第 1 3 附属書にしたがい、航空・鉄道事故調査委員会により、航空重大インシデントの原因を究明し、事故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、事故の責任を問うために行われたものではない。

航空・鉄道事故調査委員会

委員長 佐藤 淳 造

全日本空輸株式会社所属エアバス・インダストリー式
A320-200型 JA8947

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 エアバス・インダストリー式A320-200型
登録記号 JA8947
発生日時 平成13年12月27日 11時45分ごろ
発生場所 富山県富山市の北西約75kmの日本海上空

平成14年9月4日

航空・鉄道事故調査委員会（航空部会）議決

委 員 長	佐 藤 淳 造（部会長）
委 員	勝 野 良 平
委 員	加 藤 晋
委 員	松 浦 純 雄
委 員	垣 本 由紀子
委 員	山 根 皓三郎

1 航空重大インシデント調査の経過

1.1 航空重大インシデントの概要

本件は、航空法施行規則第166条の4第10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。

全日本空輸株式会社所属エアバス・インダストリー式A320-200型JA8947（以下「同機」という。）は、平成13年12月27日（木）、同社の定期465便として、11時20分に新潟空港を離陸し、那覇空港に向けて富山市北西約75kmの日本海上空をフライトレベル350で巡航中であったが、11時45分ごろ、客室の気圧が低下した。このため、同機は緊急降下を実施し、目的地を大阪国際空港に変更して、12時25分、同空港に着陸した。同機には、機長ほか乗員5名及び乗客49名計55名が搭乗していたが、乗客及び乗員に負傷者はいなかった。

1.2 航空重大インシデントの調査の経過

1.2.1 調査組織

航空・鉄道事故調査委員会は、平成13年12月27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2名の航空事故調査官を指名した。

1.2.2 協力者

本重大インシデントの機体調査等に関し、国土交通省航空局職員の協力を得た。

1.2.3 外国機関の協力

セーフティ・バルブ追加調査の立ち会いのため、ドイツ連邦航空機事故調査局（BFU）の協力を得た。

1.2.4 調査の実施時期

平成13年12月28日及び29日	機体調査及び口述聴取
平成13年12月28日～平成14年1月10日	D F D R及びC V Rの調査
平成13年12月31日	口述聴取
平成14年1月8日～24日	セーフティ・バルブ調査
平成14年2月6日～2月8日	セーフティ・バルブ追加調査 (BFUの立ち会いのもと、セーフティ・バルブの製造者で実施)

1.2.5 原因関係者からの意見聴取

原因関係者から意見聴取を行った。

2 認定した事実

2.1 飛行の経過

同機は、平成13年12月27日、全日本空輸株式会社（以下「同社」という。）の定期465便として、新潟空港から那覇空港に向けて飛行する予定であった。

新潟空港事務所に通報された同機の飛行計画は、次のとおりであった。

飛行方式：計器飛行方式、出発地：新潟空港、巡航速度：456kt、巡航高度：FL350、経路：HAKBA（ポイント）～V30～JEC（美保VORTAC）～

V 5 4 ~ H K C (鹿児島VORTAC) ~ A 5 8 2 ~ O N C (永良部VORTAC) ~ N H C (那覇VORTAC)、目的地：那覇空港、移動開始時刻：11時10分、所要時間：2時間42分、持久時間で表された燃料搭載量：4時間24分

同機は、乗組員6名、乗客49名計55名が搭乗し、新潟空港を11時20分に離陸した。その後、富山市の北西約75kmの日本海上空をフライトレベル(以下「FL」という。)350で巡航中の11時45分ごろ、それまで6,000ftを維持していた客室の気圧高度(以下「客室高度」という。)が上昇し始めた。これは、客室内の気圧低下を示していることから、同機は飛行高度約12,000ftまで緊急降下を実施し、目的地を大阪国際空港に変更して、12時25分、同空港に着陸した。

(1) 機長及び副操縦士によれば、航空重大インシデントの発生状況は、概略次のとおりであった。

当日、同機の飛行計画は、大阪国際空港(以下「伊丹」という。)～新潟空港、新潟空港～那覇空港であった。新潟空港を11時20分に離陸し、オートパイロットを10,000ft付近でオンとした。その後、東京航空交通管制部の指示により、FL280、FL310の高度でレベルフライトをし、最後にFL350に到達した。

11時43分ごろ、FL350でJEC(美保VORTAC)への直行許可を得て巡航中、TOE(富山VORDME)の北西約40nm付近で、操縦していた副操縦士が音声による警報及びマスター・コーションの点灯を確認した。副操縦士は、ECAM(Electronic Centralized Aircraft Monitoring)で、与圧系統のセーフティ・バルブがオープンしていることと、客室高度が規定値を超えているとの表示を確認した。

操縦を交替した機長は、直ちに緊急降下を決定し、副操縦士とともに酸素マスクを着用した。乗客用酸素マスクについては、副操縦士が自動的に下りているのを客室乗務員からの連絡により確認したので、手動による操作は実施しなかった。シート・ベルト・サインは、緊急降下時の操作手順に従いオンとした。

機長は、スピードブレーキを引き、オートパイロットはオンのまま、対気速度を約260kt、機体の降下率を3,000ft/minで降下させた。客室高度が、13,000ftを超えたので機体の降下率を増すため、対気速度を300ktまで加速した。客室高度は、最終的に21,600ftまで上昇した。飛行高度が24,000ft付近で、乗客及び乗務員全員の酸素マスク着用を確認し、機体の降下率を2,000ft/min、客室高度の降下率を1,000ft/minとして降下を継続した。

飛行高度が13,000ft以下になったのを確認して、乗客用の酸素マス

ク着用をオフとした。

10,000ft付近は雲が多く、揺れが予想されたので、12,000ftで巡航し、伊丹へのダイバートを決定し、管制機関から同空港までのクリアランスを受領した。

管制機関から、消防車、救急車の手配を聞かれたが、着陸に支障となる機体構造上の不具合はなく、乗客にも低酸素症の人や負傷した人はいなかったため、これらの要請は行わなかった。

12時25分ごろ、伊丹に着陸した。

- (2) 客室乗務員によれば、航空重大インシデント発生時の状況は概略次のとおりであった。

耳に異常を感じ、息苦しさを感じた。異常音はなかった。シートベルトサインは、緊急降下の前にオンになった。乗客の酸素マスクが自動的に下りてきたので、乗客にはベルト着用と酸素マスクを付けるように指示した。この時、酸素マスク及びベルト着用等について、あらかじめ録音された機内放送（プリレコード）の音声は聞こえにくかった。乗客の中には耳が痛いという方と、気分が悪いという方がそれぞれ1名いたが、負傷者はいなかった。

- (3) 乗客によれば、航空重大インシデント発生時の状況は概略次のとおりであった。

耳が痛くなり、機内の温度が下がってきて、酸素マスクが下りてきた。酸素マスクは、離陸直前に使用方法のビデオを見ていたので、うまく利用できた。その後、機内アナウンスで客室内の空気圧をコントロールするバルブの故障が発生したので緊急降下中であるとの説明があった。客室乗務員及び乗客の方は比較的冷静で、混乱はなかった。

航空重大インシデント発生地点は、富山市の北西約75kmの日本海上空で、高度は約35,000ftであった。発生時刻は、11時45分ごろであった。

2.2 人の負傷

乗客49名（内幼児4名）、乗員6名、合計55名が搭乗していたが負傷者はいなかった。

2.3 航空機の損壊に関する情報

航空機の損傷はなかった。

2.4 航空機乗組員等に関する情報

- (1) 機長 男性 37歳
- | | |
|--------------------|------------|
| 定期運送用操縦士技能証明書(飛行機) | 第A105133号 |
| 限定事項 陸上多発機 | 昭和61年4月30日 |
| エアバス・インダストリー式A320型 | 平成3年4月17日 |
| 第1種航空身体検査証明書 | 第12651496号 |
| 有効期間 | 平成14年4月5日 |
| 総飛行時間 | 6,470時間54分 |
| 最近30日間の飛行時間 | 21時間25分 |
| 同型式機飛行時間 | 3,050時間29分 |
| 最近30日間の飛行時間 | 21時間25分 |
- (2) 副操縦士 男性 31歳
- | | |
|--------------------|------------|
| 事業用操縦士技能証明書(飛行機) | 第A315574号 |
| 限定事項 陸上多発機 | 平成8年8月22日 |
| エアバス・インダストリー式A320型 | 平成12年5月12日 |
| 計器飛行証明 | 第7372号 |
| | 平成8年8月22日 |
| 第1種航空身体検査証明書 | 第12651303号 |
| 有効期間 | 平成14年7月5日 |
| 総飛行時間 | 1,157時間00分 |
| 最近30日間の飛行時間 | 31時間24分 |
| 同型式機飛行時間 | 905時間00分 |
| 最近30日間の飛行時間 | 31時間24分 |

2.5 航空機に関する情報

2.5.1 航空機

型式	エアバス・インダストリー式A320-200型
製造番号	685
製造年月日	平成9年4月16日
耐空証明書	第東-10-586号
有効期限	平成10年10月28日から整備規程(全日本空輸株式会社又は本航空機を全日本空輸株式会社との共通事業機として使用するその他の航空運送事業者)の適用を受けている期間
総飛行時間	10,067時間10分
定期点検(4C整備、平成13年12月25日実施)後の飛行時間	2時間24分

2.5.2 エンジン

(1) No.1

型 式	C F Mインターナショナル式 C F M 5 6 - 5 A 1 型
製 造 番 号	7 3 1 9 2 0
製 造 年 月 日	平 成 9 年 2 月 2 5 日
総使用時間	1 0 , 0 6 7 時 間 1 0 分

(2) No.2

型 式	C F Mインターナショナル式 C F M 5 6 - 5 A 1 型
製 造 番 号	7 3 1 7 1 1
製 造 年 月 日	平 成 4 年 5 月 2 0 日
総使用時間	1 7 , 6 9 3 時 間 2 1 分

(付図1参照)

2.6 気象に関する情報

2.6.1 事故現場の南東約7.5kmに位置する富山空港の事故関連時間帯の定時航空実況気象(METAR)は、次のとおりであった。

11時00分 風向 180°、風速 04kt、視程 30km、雲 1/8 積雲 2,500ft、
3/8 層積雲 6,000ft、6/8 高積雲 9,000ft、気温 5 、
露点温度 - 1 、QNH 30.20inHg

12時00分 風向 VRB、風速 03kt、視程 30km、雲 1/8 積雲 2,500ft、
6/8 高積雲 10,000ft、気温 7 、露点温度 - 3 、
QNH 30.16inHg

2.6.2 運航乗務員によれば、航空重大インシデント発生地点付近の高度においては、有視界気象状態であった。また、能登半島付近の20,000ftくらいの高度では、3/8程度の雲が存在していたが、地上は視認できる状況であった。

2.7 飛行記録装置、操縦室用音声記録装置等に関する情報

同機には、米国アライドシグナル社製980-4700-003型デジタル式飛行記録装置(以下「DFDR」という。)及び2時間分の操縦室の音声を記録できる米国フェアチャイルド社製A200S型操縦室用音声記録装置(以下「CVR」という。)が装備されていた。

DFDR及びCVRには、同機が新潟空港を離陸して伊丹に着陸するまでのすべてのデータが記録されていた。

これらのデータとともに、D F D Rに含まれていなかったデータを補うため、Q A R (Quick Access Recorder) に記録されていたデータも使用した。

2.8 事実を認定するための試験及び研究

2.8.1 セーフティ・バルブの概要説明

客室与圧システムは、アウトフロー・バルブの開閉を制御することにより、機体が高々度を巡航中でも、最大客室高度を8,000ft(約11.03psi)に保ち、さらに外気圧と客室内の与圧との差(差圧)をA320では最大8.06psiに抑制するよう設計されている。

さらに、アウトフロー・バルブで制御できないような与圧システムの不具合が発生した場合に備えて、航空機構造の保護の観点から、セーフティ・バルブが機体後部の後方圧力隔壁に2式装備されている。

本バルブは、チャンバー部とコントロール部から構成されるニューマチック方式のバルブである。

客室内の圧力が上昇し、外気圧との差が設定値より大きくなった場合(正圧)は、付図4に示すコントロール・バルブ内のダイヤフラム(数字は、付図4中の番号を示す、以下同じ)が右側へ移動し、セーフティ・バルブのゲートがオープンとなって、客室内の圧力を減少させる。逆に、客室内の圧力が大気圧より小さくなった場合(負圧)は、キャビン・チャンバーのポペット・バルブがオープンすることにより、セーフティ・バルブのゲートがオープンとなって、客室内外の差圧を規定値内に制御する。

(付図4、6及び写真1、2参照)

参考：高度と標準大気における気圧との関係

海面上(0ft)では、	1気圧(約14.70psi、1013hPa)
高度8,000ftでは、	約3/4気圧(約11.03psi、約760hPa)
高度18,000ftでは、	約1/2気圧(約7.35psi、約507hPa)
高度34,000ftでは、	約1/4気圧(約3.68psi、約253hPa)

2.8.2. 同機の空地データ・リンク・システムの通信内容の調査

同機の空地データ・リンク・システム(ARINC Communications and Reporting System)(以下「ACARS」という。)から、同社の地上局に自動的に送られたデータ(ダウンリンク・データ)の記録を確認したところ、以下の警報情報が残っていた。

- (1) 11時45分 SAFETY VALVE OPEN
(セーフティ・バルブが完全に閉じていない)

- (2) 11時46分 EXCESS CAB ALTX
(客室高度が9,550 ± 350 ftを超過)
- (3) 11時48分 LO DIFF PRXX
(客室与圧の喪失)

2.8.3 機体の与圧系統に係わる調査

平成13年12月28日、大阪国際空港内の同社格納庫において同機の機体構造を含む与圧系統の調査を実施し、正の差圧機能試験で、2式(製造番号9632127(以下「SN127」という。)及び9632129(以下「SN129」という。))装備されているうちの1式(SN129)のセーフティ・バルブのゲートが5.16 psiでオープンすることが判明した。

Aircraft Maintenance Manual(以下「AMM」という。)の規定では、8.52 ~ 8.67 psiでゲートがオープンすることとなっている。

当該セーフティ・バルブの他に不具合は認められなかった。

当該セーフティ・バルブの履歴は次のとおりである。

SN127とSN129の2式のセーフティ・バルブは、同社に所属する同型式の他の航空機に、1997年の製造時から平成13年11月8日まで搭載されていたが、初回の4C(60ヶ月間隔で実施)整備でリミット・アウトとなり搭載機から取り外された。このリミット・アウトは、規定されている正の最大差圧となってもゲートがオープン状態にならない事象であった。その後、この2式のセーフティ・バルブは、航空局の認定事業場(以下「認定事業場」という。)において作動差圧の調整が行われ、航空法施行規則第41条で規定する「装備品基準適合証」が発行された。

この時は、Component Maintenance Manual(以下「CMM」という。)に定められる、ゲートがオープンする規定値8.55 ~ 8.60 psiに対し、SN127及びSN129は、それぞれ約8.59 psiと約8.57 psiに調整された。その後、これらのセーフティ・バルブは同社の予備品として保管された。

一方、同年12月25日、同機の初回4C整備で、それまで搭載されていたセーフティ・バルブが、規定されている正の最大差圧となってもゲートがオープンとならない不具合のため、予備品として保管されていたSN127とSN129に換装された。

その後、同機は本重大インシデントが発生するまで、3回飛行し、その間の巡航高度の最大は25,000 ft(最大差圧は7.37 psi)であった。

セーフティ・バルブの機能検査は、同社の整備規程によると、4C整備時に実施される項目として設定されている。

なお、SN127、SN129ともに前述の作動差圧の調整以外の整備を実施した履歴はなかった。

2.8.4 セーフティ・バルブの詳細調査

本重大インシデント時に同機に装備されていた2式のセーフティ・バルブを取り外し、認定事業場において機能試験等を実施した。その結果は、以下のとおりであった。

(1) SN129に係る機能試験

目視検査において不具合は認められなかった。

正の差圧機能試験において、差圧0.39psi以上は昇圧できず、機体に搭載されていた時よりさらに状態が悪化した。

コントロール・バルブ内のステム・アセンブリーを良好なセーフティ・バルブ(SN127)に装着して、正の差圧機能試験を実施したところ、0.44psiでゲートがオープンとなり、不具合事象が転移した。

ステム・アセンブリー以外のコントロール・バルブの部品を良好なセーフティ・バルブ(SN127)に装着して正の差圧機能試験を実施したところ、ほぼ規定値に近い9.01psiでゲートがオープンした。不具合事象は再現しなかった。

(2) 分解調査

SN129のサーボ・チャンバー部

a サーボ・チャンバーの内部目視検査では、内部に異常は認められなかった。また、キャビン・エアーが流入するサーボ・チャンバーのオリフィスに異物は認められなかった。

b サーボ・チャンバーのフィルターに異物は認められなかった。

SN127とSN129のコントロール・バルブの比較

a ステム・アセンブリーのX線写真撮影を行い内部状況を確認した。視認できる範囲内では、両バルブの内部部品の形状に違いは無く、異物混入等は認められなかったが、ステム・スプリングは、SN129の方がわずかに変形量が大きかった。

b ステム・ポペットの全長等、各部品の外形寸法及びスプリング・ロードについては、両方ともほぼ同じであった。また、両バルブのステム・ポペットは、目視による観察では曲がり角が認められなかった。

(3) ステム・アセンブリーの顕微鏡による目視調査

ステム・アセンブリーを構成するシート・アセンブリー及びステム・ポペットを実体顕微鏡によって調査したところ、以下の結果が得られた。

SN129には、シート・アセンブリーのステム・ポペットとの接触面付近に複数の異物及びキズ並びに汚染されている部分が認められた他、ステム・ポペットが摺動するブッシュ穴の偏摩耗が認められた。また、シート・アセンブリーに開けられたドリル・ホールの角には複数のバリ（切り口のかえり）が認められた。

SN127には、シート・アセンブリーに開けられたドリル・ホールの角に多少のバリが認められたが、その他の異常は認められなかった。

（写真3、4、5、6及び7参照）

(4) 調整スクリューの調整幅

正の差圧動作点を設定する調整スクリュー（付図4及び5にはセット・スクリューと記載）が、SN129については、異常に深くねじ込まれていた。コントロール・カバーから調整スクリューの先端までの長さ（以下「調整スクリューの突き出し量」という。）を測定したところ、1.63mmであった。通常は5.6mm程度である。

SN127については、正常であった。

(5) SN129のステム・ブッシュ穴の計測

シート・アセンブリーの外からステム・ポペットが摺動するステム・ブッシュ穴に、直径0.9mmのゲージ・ピンは挿入できたが、1.14mmのゲージ・ピンが挿入できなかった。

同ブッシュ穴の直径の規定値は最小1.155mmであることから、同ブッシュ穴は、規定の最小直径に満たない穴しか開けられていないことが確認された。

（付図4、5及び6参照）

2.8.5 セーフティ・バルブの追加調査

同機に装備されていたセーフティ・バルブSN129について、さらなる詳細調査を行うために、セーフティ・バルブ製造者の施設において、以下のドロップ試験及びステム・アセンブリーを再組み立てした状態で機能試験を実施した。その結果の概要は、以下のとおりであった。

(1) ドロップ試験

シート・アセンブリーを立てた状態にして、ステム・ブッシュ穴にステム・ポペットを垂直に落とす（ドロップ試験）と、抵抗なくシート・アセンブリーの中に落ちるのが正常であるが、ステム・ポペットは滑らかにステム・ブッシュ穴を通らなかった。

(2) ステム・アセンブリーの再組立

再組立の際に、ステム・ブッシュからバリが押し出された。

- (3) ステム・アセンブリー再組立後のステム・ポペットの動きの確認
ステム・アセンブリー内にあるスプリングのスプリング・ロードに対抗する圧縮力は規定値内であった。
- (4) ステム・アセンブリー再組立後のエア・リーク試験
規定値を超えるエア・リークは認められなかった。
- (5) 2.8.4(4)の調査の結果、調整スクリューの調整幅が、異常な状態であったことが確認された。これは、ステム・アセンブリーをコントロール・バルブ本体に組み込む時のシム厚が、適正な0.9 mmに対し、2.16 mmとなっていたためであった。このため、適正なシム厚にして、シム調整を実施した。
- (6) ステム・アセンブリー再組立後の正の差圧機能試験
2.8.3及び2.8.4で認められた不具合は再現しなかった。

2.8.6 DFDR等及びCVRの記録解析

(1) DFDR等の記録解析

DFDR等の記録を解析した結果は、以下のとおりである。

新潟空港を11時20分に離陸し、11時37分ごろ、巡航高度であるFL350に到達した。この時の客室内と客室外との差圧は8.03 psiであり、客室高度は約6,600 ftであった。11時45分38秒から、客室高度が急激に上昇し始めた。

ほぼ同時に、客室の与圧を制御しているCPC (Cabin Pressure Controller) は、客室の与圧が低下しないように、OFV (Outflow Valve) をクローズした。

11時45分50秒、同機は降下を開始した。客室高度は、11時48分20秒に記録した約21,600 ftを最高に、同機の降下に伴って低下した。

11時52分ごろ、CPCは、客室高度の変化率を、-750 ft/min(負の記号は、客室の与圧が増加することを表す)に維持するため、OFVをオープンするように制御した。この制御により、一時的に機体の降下率が客室高度の降下率を上回ったため、客室高度が飛行高度を一時的に上回った。

同機は、11時53分ごろ、水平飛行に移行した。このため、CPCは客室高度の変化率制御を解除し、OFVをクローズするように制御した。

11時56分以降、同機の客室高度は、飛行高度より若干低い一定の高度差を維持し、飛行高度と客室高度の変化率はほぼ一定であった。

(付図2参照)

(2) CVRの記録解析

CVRの記録を解析した結果は、以下のとおりである。

11時45分38秒以前には、機内の圧力に関する異常な警報音等は記録されていない。11時45分38秒に、機長及び副操縦士は、ECAMにより、セーフティ・バルブのゲートがオープンしたため、客室の与圧が低下していることを認めた。その5秒後に、機長は緊急降下を決定するとともに、機長及び副操縦士は酸素マスクを着用し、これ以後は、機長及び副操縦士の音声と酸素マスクからの酸素供給の音とが混在してCVRに記録されていた。また、機長及び副操縦士が与圧の異常を認めてから約25秒後に、警報音がCVRに記録されていた。

機長は、客室の与圧異常を認めてから、約10秒後には管制機関に緊急降下を要求した。その40秒後には、事前に録音された酸素マスク及びベルト着用等の機内放送が自動的に行われた。

11時50分ごろ、機長は客室の与圧異常は回復できないと判断し、伊丹に着陸することを決定した。11時54分ごろ、機長は客室高度が13,000ft以下となったのを確認し、乗客の酸素マスク着用指示を解除した。11時56分ごろ、機長は客室高度が10,000ft以下となったのを確認して、機長及び副操縦士の酸素マスク着用を解除した。12時25分ごろ、伊丹に着陸した。

2.9 その他必要事項

2.9.1 同機の飛行機運用規程

客室与圧が急速に減少した場合は、直ちに酸素マスクを装着し、decompressionでは、スピード・ブレーキを「フル」にし、対気速度を最大又は適切な速度(機体構造に破損の疑いがある場合は、操縦に注意するとともに適宜減速する。)にして、高度10,000ftへの緊急降下と、管制機関へ事前通報及び操縦者の意図を明確に通報すること等が規定されている。

また、客室高度が13,000ft以下になった時点で、客室乗務員に酸素マスクを外して良い旨を知らせることが規定されている。

2.9.2 客室内減圧による人体への影響

池上春夫著「航空医学・飛行とからだ」(昭和46年11月10日、鳳文書林発行)によると、客室内の減圧による人体への影響は次のように記載されている。

(1) 低酸素症

酸素の不足による人体の症状は、低酸素症（ハイポキシア）と呼ばれ、以下のような関係がある。

高度 (ft)	分類	症状
0 ~ 10,000	無関域	無症状、ただし夜間視力は低下する
10,000 ~ 15,000	代償域	代償作用のため、重篤な症状は現れない
15,000 ~ 20,000	障害域	視覚障害、知能活動の低下等の症状が現れる。
20,000以上	危険域	意識障害、生命の危険が生ずる

低酸素状態が始まってから意識混濁の軽微な兆候が現れるまでの時間を有効意識時間という。高度と有効意識時間の関係を以下に示す。

ただし、有効意識時間には個人差がある。

高度 (ft)	有効意識時間
22,000	5分
25,000	2 ~ 3分
28,000	1分30秒
30,000	1分15秒
35,000	45秒

(2) 減圧症

耳、鼻等の中に存在する閉塞ガスの膨張、収縮により発生するものと、窒素やその他のガスが血液、細胞等の中に溶けている溶解ガスによって発生するものがある。

閉塞ガスによるものとしては、耳の痛み、鼻の痛み、腹痛等の症状があり、溶解ガスによるものとしては、肩、肘、手等の関節痛や肺の血管を塞ぐことによって起こる呼吸困難、胸痛等がある。極めて希ではあるが、発生した気泡が脳の血管を塞ぐことによって、意識喪失、視覚障害等が起こることもある。

2.9.3 米国連邦航空局による「航空機内における気圧の異常低下」の分類

米国連邦航空局が発行しているアドバイザリー・サーキュラー（以下「AC」という。）61 - 107によると、減圧率の度合によって次のように分類している。

(1) Explosive decompression

客室与圧の減圧は、0.5秒未満で一気に外気圧まで低下する現象であり、減圧症等の人体に障害を受ける可能性が高い。

固定されていない物が飛散することが考えられるので、荷物などは飛行前に適切に固定しておく必要がある。

なお、このタイプの気圧の低下は、与圧している客室の容積が小さいほど発生し易い。

(2) Rapid decompression

客室与圧の減圧は、Explosive decompressionほど激しくない。減圧症等の人体に障害を受ける可能性は、Explosive decompressionの場合よりも顕著に減少する。

(3) Gradual decompression又はSlow decompression

上記(1)及び(2)のように、体感的に認識しにくいので、認識が遅れる可能性があり、危険である。

一般的に、自動的に警報灯及び警報音が作動することにより、操縦士が体感的に認識しなくても確認できる。

なお、米国国家運輸安全委員会（NTSB）の安全勧告（2000年12月20日付）の中で、一般的に、Rapid decompressionは、0.5秒から10秒以内に外気圧まで低下する事象であり、Gradual decompressionは、これより長い時間で外気圧まで低下する事象であると参考事項として記載されている。

2.9.4 同機の4C整備時のセーフティ・バルブ交換作業について

同機のAMMには、セーフティ・バルブの交換時に、ゲートが適正な差圧でオープン及びクローズすることを確認する試験を実施する規定はなく、同バルブのゲートがオープン及びクローズしたことを検知した時、操縦室の計器に、そのことが表示されることを確認することが規定されている。

同機の整備記録によると、AMMに従いセーフティ・バルブの交換が規定どおりに実施されていた。

2.9.5 SN127及び129の整備について

2.8.3に記したSN127及び129についての唯一の整備は、平成13年11月16日に認定事業場において実施されており、その内容はゲートがオープンする値の調整であった。

認定事業場の整備記録によると、コントロール・バルブの調整スクリューを締め、付図6に示すスプリングAのプリロードを増大させることによって規定値に収まるように、セーフティ・バルブの製造者が発行した最新のCMMに従って適切に調整が行われていた。

なお、使用されたCMMには、正の差圧の調整は、1回実施すれば良いこととなっていた。

3 事実を認定した理由

3.1 解析

3.1.1 機長及び副操縦士は、適正な航空従事者技能証明及び有効な航空身体検査証明を有していた。

3.1.2 当該航空機は、有効な耐空証明を有しており、所定の整備が行われていた。

3.1.3 航空重大インシデント発生当時の気象は、本件に関連はなかったものと推定される。

3.1.4 操縦士、客室乗務員及び乗客の口述、ACARSのダウンリンク・データの記録、DFDRの記録及びセーフティ・バルブの調査より、同機における客室内の気圧が異常に低下した事象は、実際に発生したものと認められる。

なお、DFDR等の記録によると、客室内の気圧が外気圧とほぼ等しくなるのは約3分後であったので、AC61-107による気圧の低下の分類によると、本事象はGradual (Slow) Decompressionに相当するものと認められる。

3.1.5 同機の初回4C整備において、それまで搭載されていたセーフティ・バルブが正の最大差圧となってもゲートがオープンしない不具合のために、予備品として保管されていたSN127とSN129に交換された。この時点では、AMMに差圧機能確認の規定がないため、同バルブのゲートオープンに係わる差圧機能試験は実施されなかった。

3.1.6 同機は、初回4C整備後、本重大インシデントが発生するまで3回飛行し、その間の巡航高度の最大は25,000ft、客室内外の差圧は最大7.37psiであったと推定される。また、本重大インシデントが発生した飛行では、高度約35,000ftを飛行し、客室内外の差圧は、約8.03psiであったと推定される。

3.1.7 DFDR等の記録によると、同機は巡航中、客室高度が約6,600ftから約21,600ftまで急激に上昇し、同機の降下に伴い11時56分以降、客室高度は、飛行高度より若干低い一定の高度差を維持し、飛行高度と客室高度の変化率はほぼ一定であった。これは、セーフティ・バルブのゲートがオープンした後、

クローズとならなかったためと推定される。これは、以下に示すとおり、1式のセーフティ・バルブSN129に異常が認められたことから、SN129の不具合によるものと推定される。

- (1) 2.8.3に記した機体の与圧系統に係わる調査及び2.8.4(1) に記したセーフティ・バルブの機能試験の結果、搭載されていた2式のセーフティ・バルブのうち、一方のセーフティ・バルブSN129は、規定値以下の差圧でゲートがオープン状態となることが判明した。このため、SN129から航空機内の与圧された空気が漏出したものと推定される。
- (2) 2.8.4(1) に記したセーフティ・バルブの機能試験の結果、SN129からSN127へ不具合事象が転移したことから、SN129の部品であるステム・アセンブリーに不具合があったものと推定される。
- (3) 本重大インシデントが発生するまで、当該バルブを分解した履歴がないことから、ステム・アセンブリー内に存在していた異物、汚染及びホルの角のバリの存在、及びブッシュ穴の直径が規定値より小さかったこと、並びに、規定よりも厚いシムが使用されていたことは、製造工程の段階で既に内在していたものと推定される。また、認定事業場での差圧調整作業時に、コントロール・バルブを構成するスプリングAのプリロードを増大させることにより、設定値より低い値でゲートがオープンすることとなったものと推定される。
- (4) 同機に当該セーフティ・バルブが装備された後、4C整備後の3回の飛行よりも高い巡航高度が選定された当該飛行の巡航時に、飛行中の振動等による環境の変化がきっかけとなり、設定値よりも低い差圧で、コントロール・バルブが作動(シート・ハウジングに密着していたステム・ポペットが移動)したことにより、セーフティ・バルブのゲートがオープンした可能性が考えられる。また、前述(3)で記したステム・アセンブリー内の不具合により、ステム・ポペットが拘束され、オープン状態が着陸時まで継続したものと推定される。
- (5) セーフティ・バルブのゲートは、最初に、FL350(差圧8.03psi)でオープンし、機体の与圧系統に係わる調査時では、5.16psiでオープンした。さらに、セーフティ・バルブの詳細調査時には、差圧0.39psi以上に昇圧させることができず、機能は明らかに悪化した。また、SN129のステム・アセンブリーをSN127に入れ替えて差圧機能試験を実施したところ、差圧が0.44psi以上に昇圧できなかった。

これらの不具合の悪化状況は、動きが拘束気味であったステム・ポペットが、最終的に拘束された状態となったことにより発生した現象によるものと

推定される。

- (6) 2.9.4(2)より、認定事業場での差圧調整作業時に調整スクリューが締められた際、調整結果が規定差圧となったのは、前述(3)に記した製造段階で内在していたステム・アセンブリー内の不具合（ブッシュ穴の直径が規定値より小さかったこと、及びステム・アセンブリー内部に存在していた異物）が、ブッシュとステム・ポペット間の摩擦の増大を発生させたことで、ステム・ポペットの摺動の滑らかさが喪失したこと、及び製造時の不適切なシム調整との相互作用によるものと推定される。

3.1.8 機長及び副操縦士の口述及びCVRの解析より、機長及び副操縦士は、客室高度の異常をECAMの表示で確認後、5秒後には酸素マスクを着用した。さらにその5秒後には、管制機関に緊急降下を要求し、ほぼ同時にスピード・ブレーキを「フル」にして、それまで維持していた対気速度である260ktで、高度約12,000ftへの初期降下を開始する等、迅速かつ適切な操作を実施していたことが認められる。これに加え、酸素マスクの着用が適切に行われたことにより、乗客及び乗員の身体への影響がほとんどなかったものと推定される。

なお、2.9.1で記したように、同機の飛行機運用規程には、高度10,000ftへの緊急降下が規定されているが、機長及び副操縦士によれば、高度10,000ft付近には雲が多く、揺れが予想されたと述べていることから、高度12,000ftまでの降下に留めたことは、適切な判断であったと認められる。また、同運用規程には、対気速度を最大にして緊急降下を行う旨記載されているが、同機はFL350での最大運用限界速度である280ktに対して、それまで維持していた対気速度260ktで初期降下し、その後、対気速度限界内の300ktまで増速して降下したことから、下記に示す最大運用限界速度による緊急降下を行っていない。これは、機長がセーフティ・バルブ単体の不具合の他に機体構造の破損の疑いを拭い去ることができなかつたため、同運用規程に従い、支障がない範囲内の対気速度を選定して緊急降下したためと推定される。

高度 (FL)	最大運用限界速度 (kt)
350	280
320	300
246以下	350

4 原因

本重大インシデントは、セーフティ・バルブの交換後、初めて35,000 ftの高度を飛行した際、セーフティ・バルブのゲートが設定値よりも低い差圧でオープンし、その状態が継続したため、客室内の圧力が低下したことによるものと推定される。

セーフティ・バルブのゲートが設定値以下の圧力でオープンし、その状態が継続したことについては、同バルブの製造時における、ステム・アセンブリの不具合の内在及び不適切なシム調整の相互作用によるものと推定される。

5 参考事項

5.1 セーフティ・バルブ製造者の対応

(1) セーフティ・バルブ製造に関する1998年以降の是正対策

1998年からセーフティ・バルブを修理した結果、受け入れ検査において約4割がCMMの規定値の上限を超えていた。この現象は、機体構造の保護の観点から改善すべき内容であるため、2001年3月までに、以下の是正対策が図られた。

製造工程の改善

a 作動ポイントの調整

- (a) 調整を行う際の圧力変化率の低下。
- (b) 調整は、少なくとも3回実施。

b コントロール・バルブ組立時の改善

- (a) ステム・ポペットのドロップ・テスト（シート・アセンブリーのブッシュの穴に、ステム・ポペットを逆方向から落とし込むことにより、滑らかに穴に入ることを確認する検査）の実施。
- (b) ステム・アセンブリーのスプリング・ロードの全数検査。
- (c) ドリリングした際のバリが残らないようにするため、サプライヤーの監査、自社でのクリーニング工程の追加、キーとなる寸法の全数検査。
- (d) ステム・ポペットの真直性（曲がりがないこと）の全数検査。
- (e) コントロール・バルブのリーク・テストの実施。
- (f) 適切にシム調整ができるよう、作業員の訓練の実施。

CMMの改善

- a ステム・アセンブリーを修理不可能品に指定。

b 同マニュアルの改訂を行い、作動ポイントの調整方法に関し、製造工程との整合性を図った。

(2) 本件に伴う是正対策

今回のセーフティ・バルブの追加調査の結果を受けて、以下の内容等を反映したCMMの改訂版が、平成14年3月13日付けで発行された。

調整スクリューの突き出しリミット（最小値）の設定。

正の差圧機能試験において、調整値の確認は少なくとも3回実施。また、その上下幅の設定。

トラブル・シューティングのテストのパラグラフに、ステム・ポペットの動きの確認並びにステム・アセンブリー及びコントロール・バルブのリーク・テストの設定。

5.2 機体製造者の対応

セーフティ・バルブの差圧機能試験を機体取付け状態でも3回以上実施するように、平成14年5月1日付けでAMMを改訂した。

5.3 認定事業場の対応

(1) 同社の発行した技術指示に基づき、平成14年2月13日付けで、セーフティ・バルブの正の差圧機能試験を3回実施し、ばらつきのないことを確認する旨が、同バルブの修理作業手順書に反映された。

(2) 5.1(2)に記したCMMの改訂内容を、平成14年6月12日付けで作業手順書に反映した。

5.4 当該運航者の対応

(1) 暫定対策

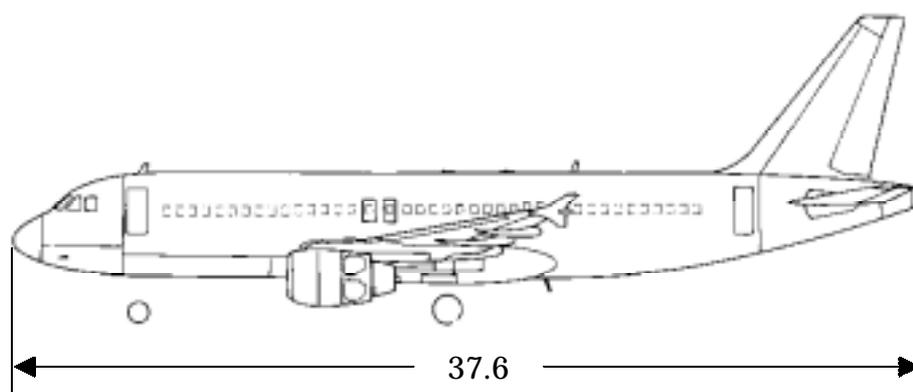
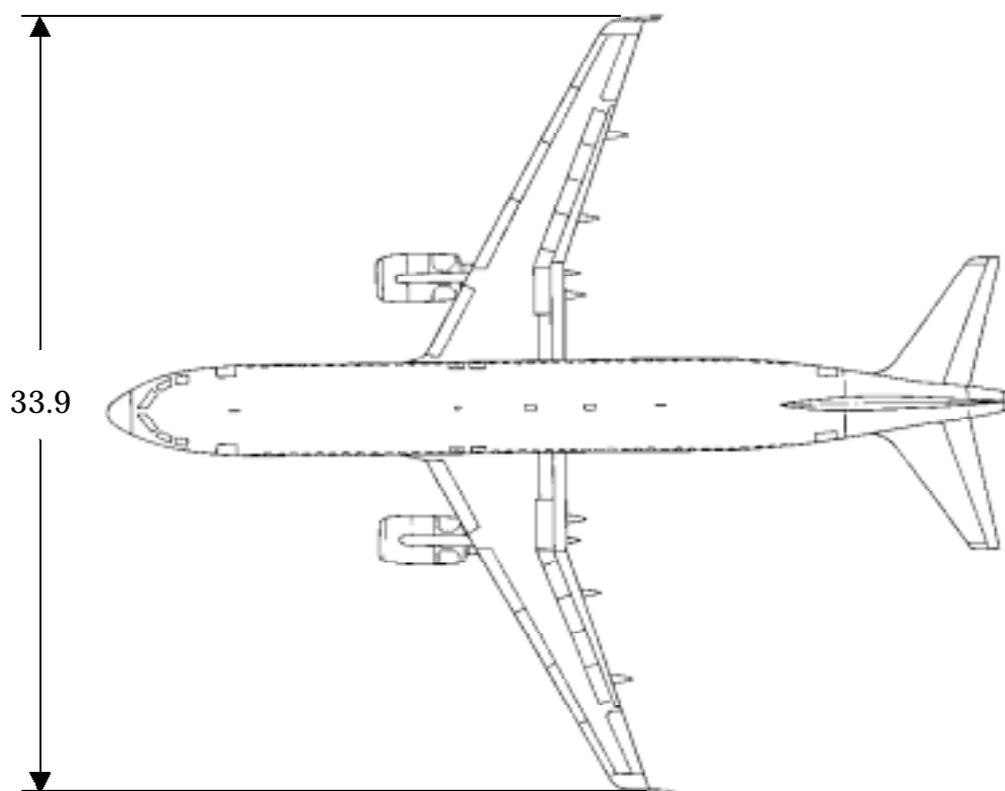
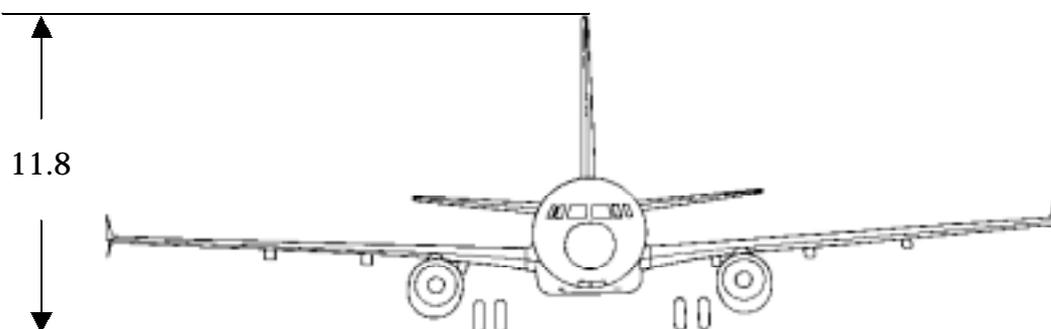
当該運航者が保有しているエアバス・インダストリー式A320-200型及びA321-131型に装備されているセーフティ・バルブに対し、差圧機能試験を実施した。

(2) 恒久対策

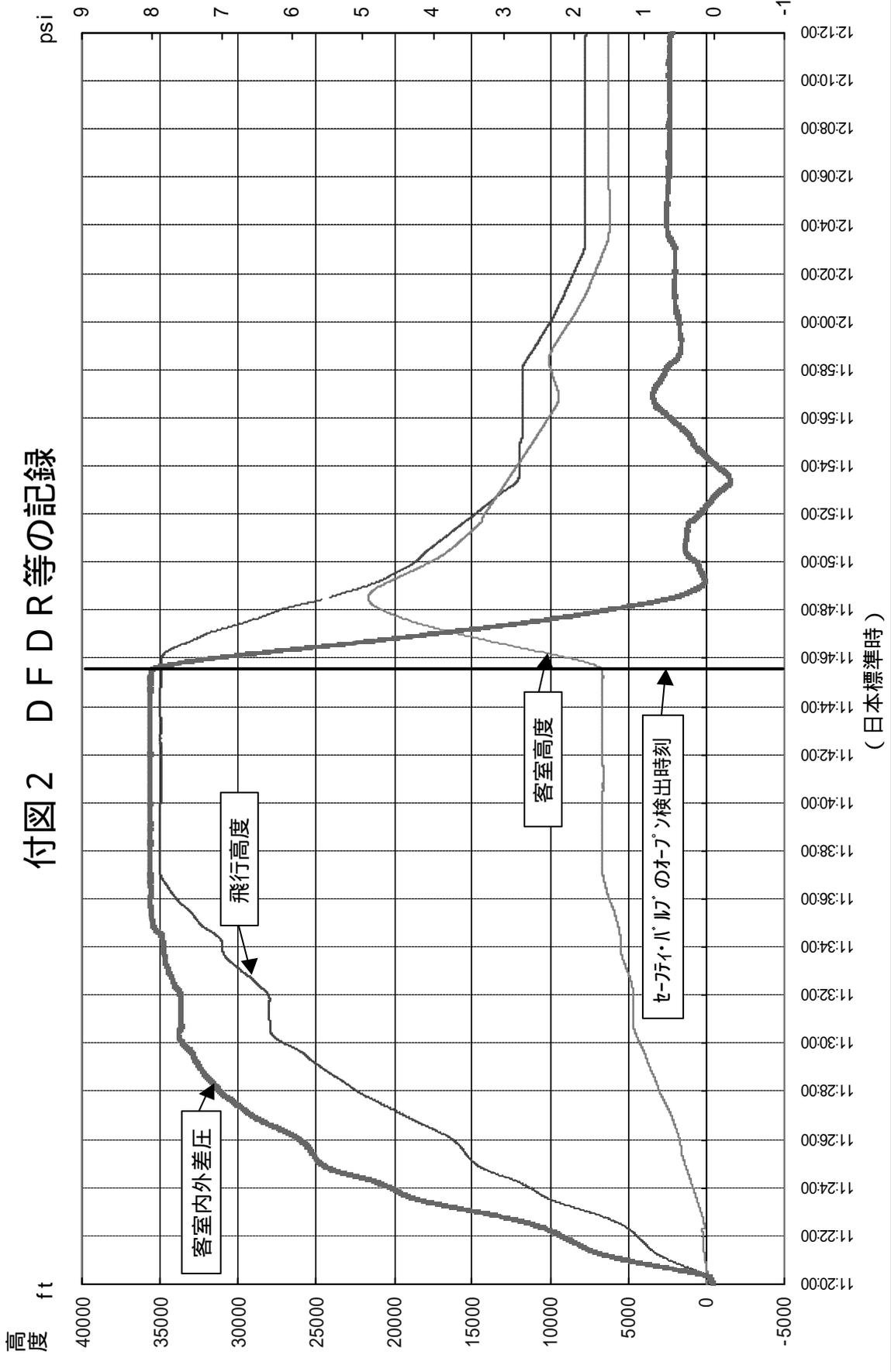
当該運航者が保有するすべてのエアバス・インダストリー式A320-200型及びA321-131型のセーフティ・バルブのステム・アセンブリーを、製造者の改善が完了した2001年5月以降に製造されたものと交換し、同時に、ステム・アセンブリーのシムの厚さを確認し、必要により是正している。

付図1 エアバス・インダストリー式
A320-200型三面図

単位：m

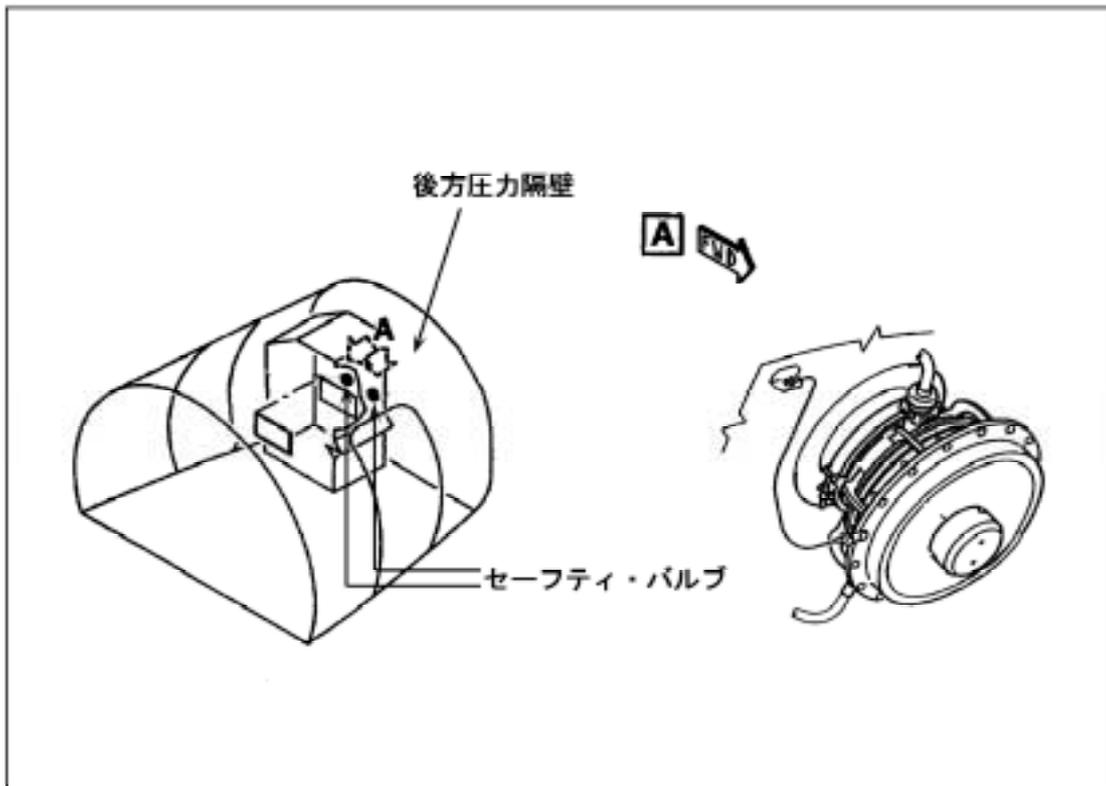


差圧

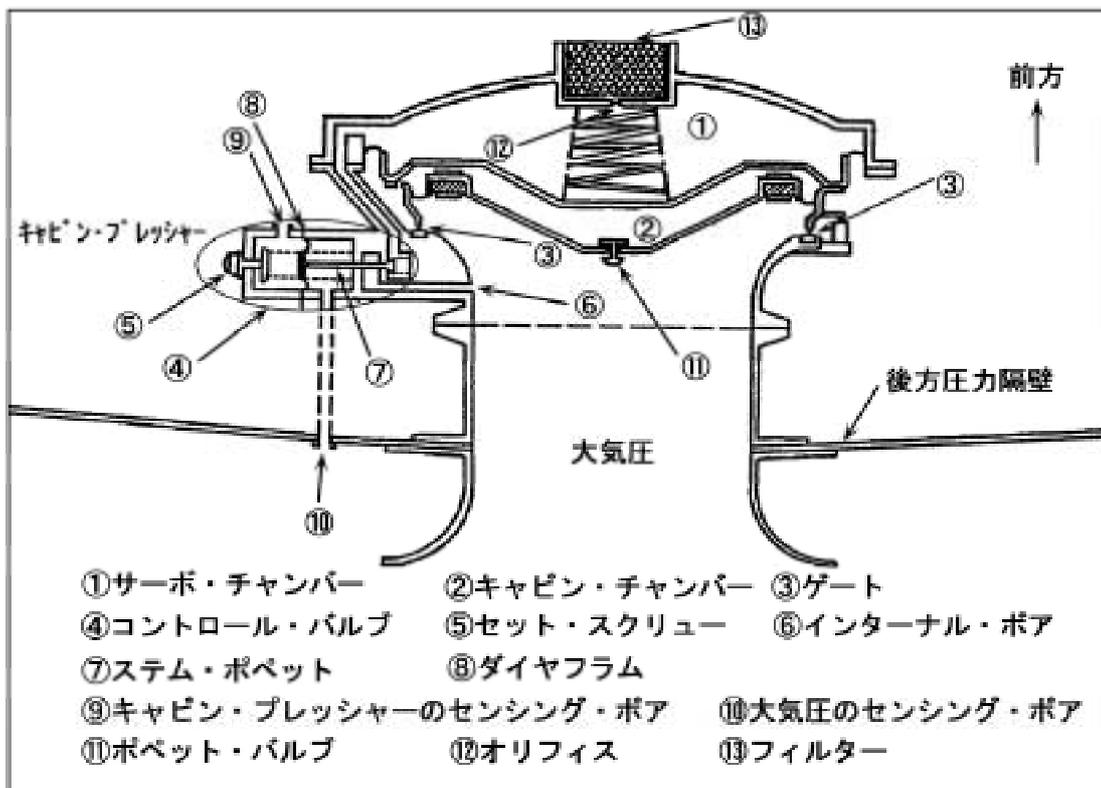


付図2 DFDR等の記録

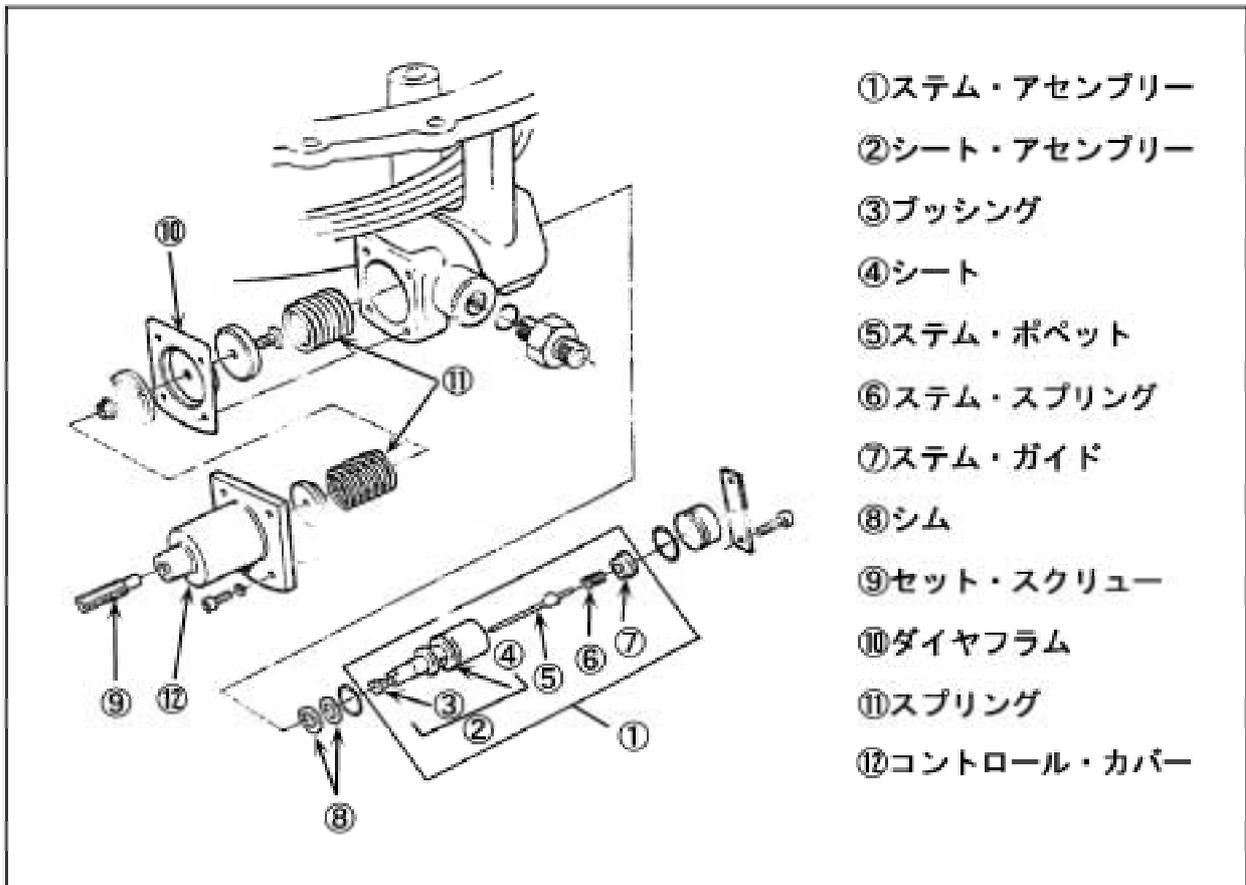
付図3 セーフティ・バルブの取付位置



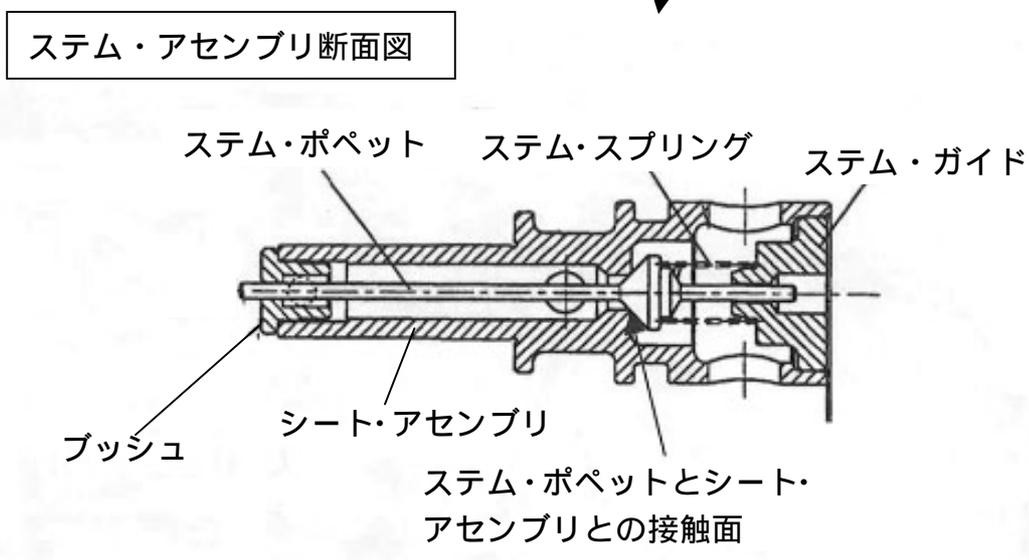
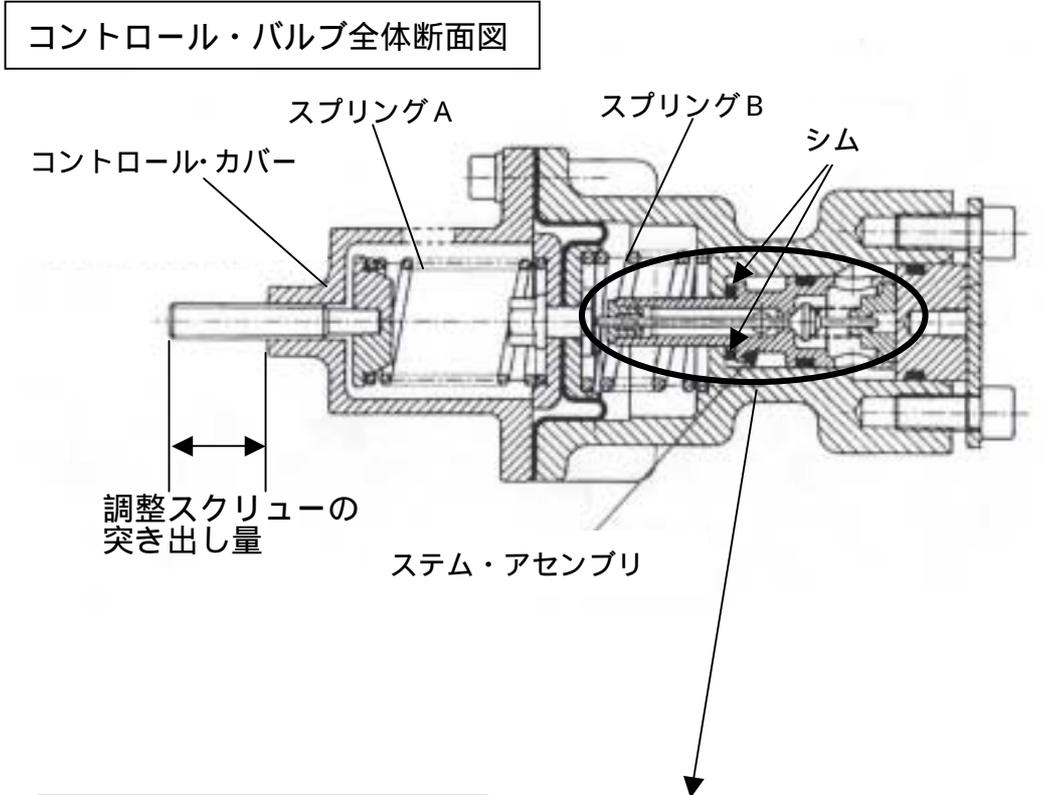
付図4 セーフティ・バルブの断面図



付図5 コントロール・バルブ内部の構造



付図6 コントロール・バルブの断面図



付図7 ステム・アセンブリーの不具合状況の写真の説明

SN129のステム・アセンブリーに不具合があったそれぞれの箇所について、実体顕微鏡で観察した方向を以下に矢印で示す。

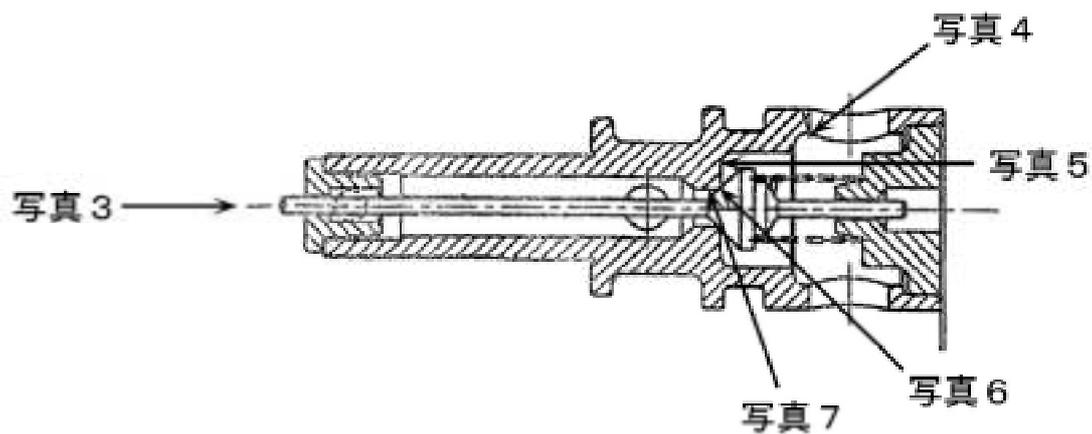


写真1 セーフティ・バルブ - 1 (客室側)



写真2 セーフティ・バルブ - 2 (外側)

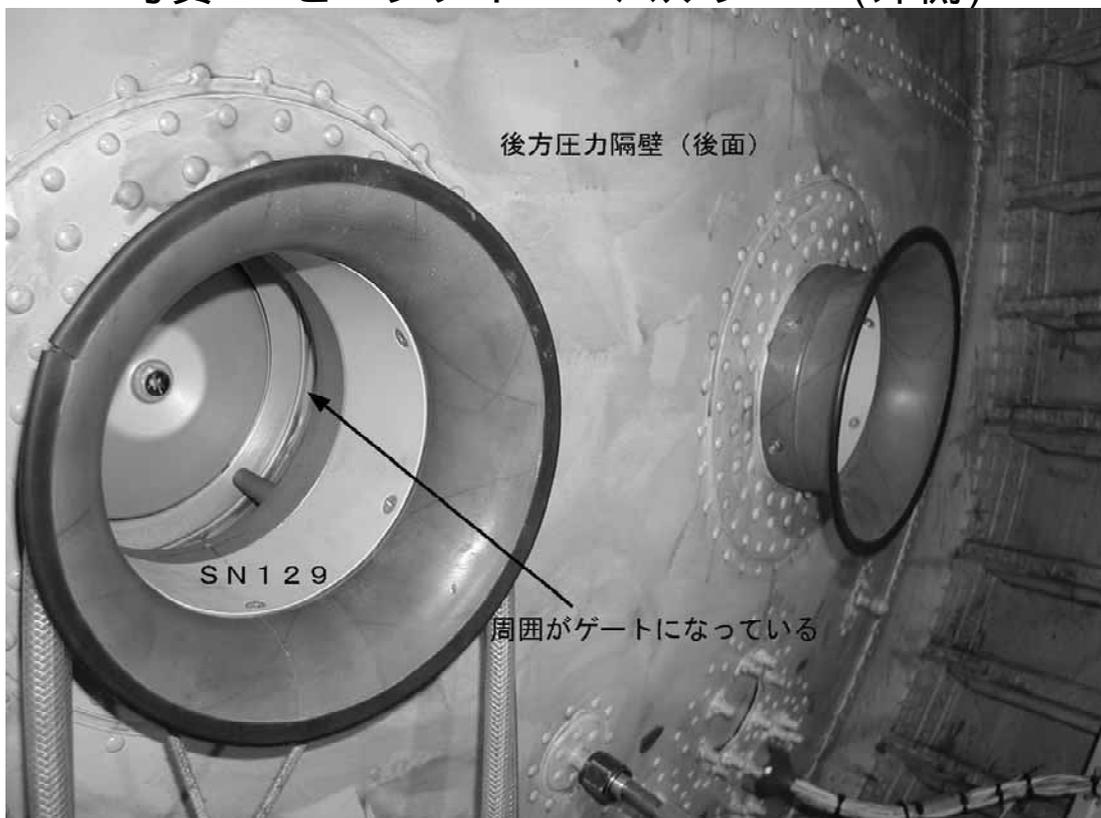


写真3 ステム・アセンブリー（SN129）内部の顕微鏡写真
（ブッシュ穴の偏摩耗）

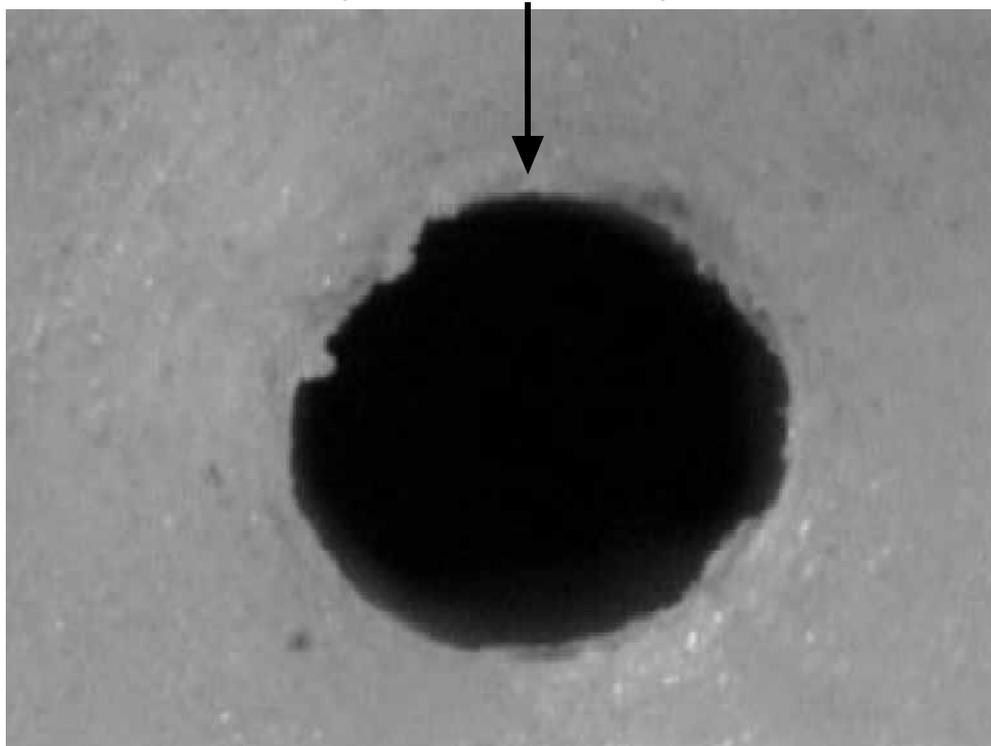


写真4 ステム・アセンブリー（SN129）内部の顕微鏡写真
（ドリル・ホールの角のバリ）

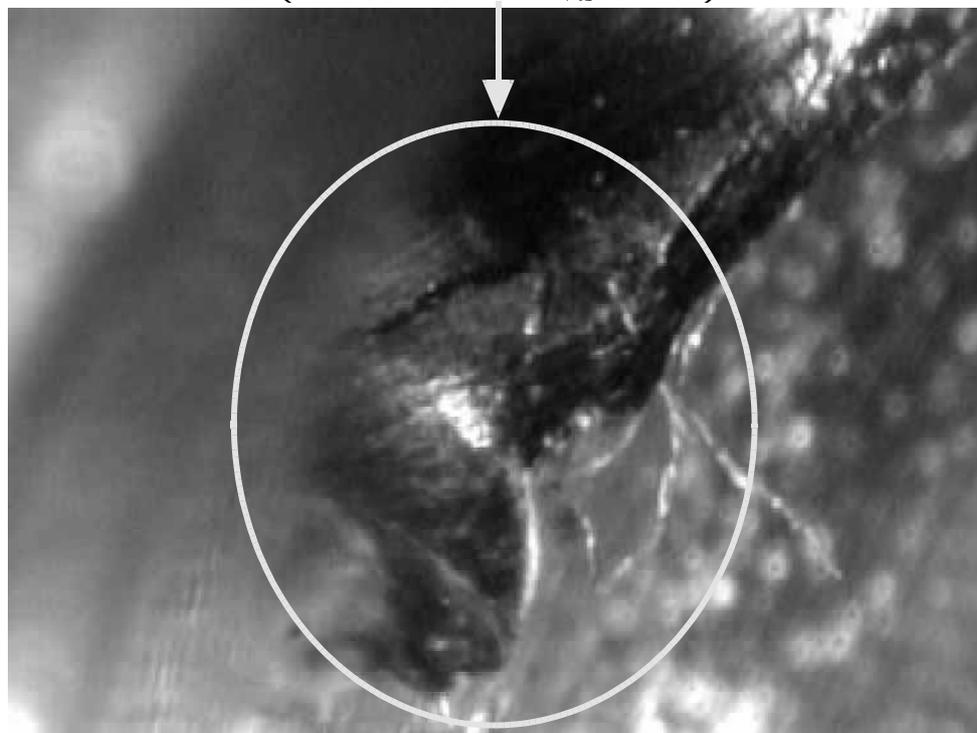


写真5 ステム・アセンブリー（SN129）内部の顕微鏡写真
（汚染部分）

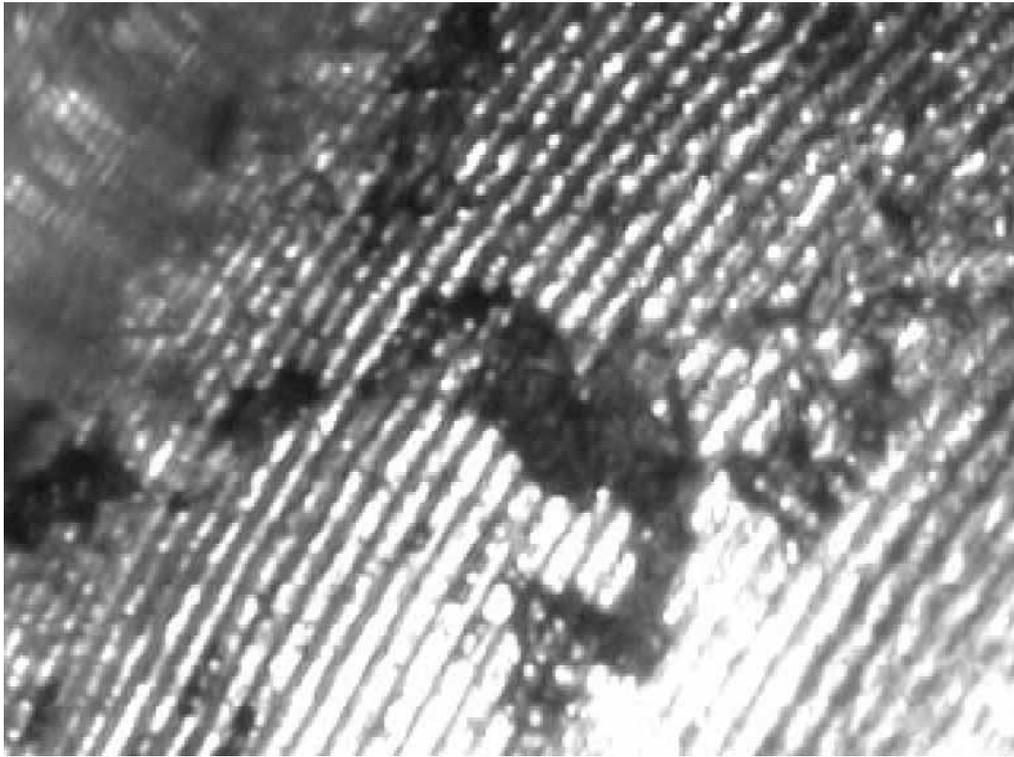


写真6 ステム・アセンブリー（SN129）内部の顕微鏡写真
（傷）

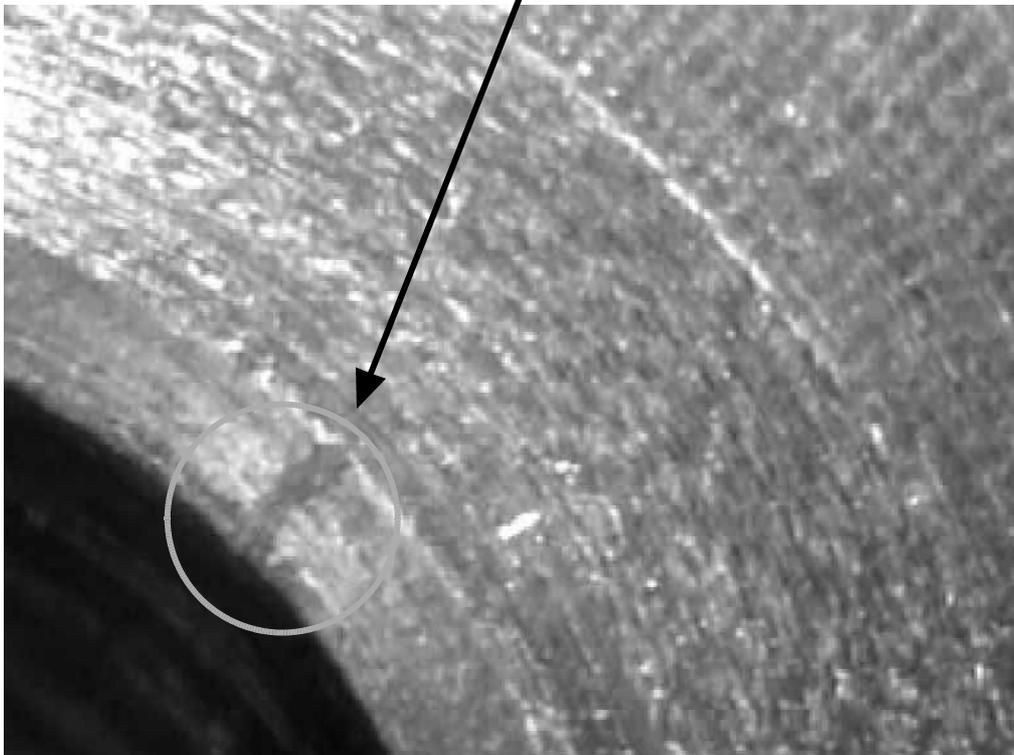


写真7 ステム・アセンブリー（SN129）内部の顕微鏡写真
（異物）

