

**航空事故調査報告書**  
**全日本空輸株式会社所属**  
**ボーイング式747-400型 J A 8 0 9 6**  
**東京国際空港**  
**平成5年5月2日**

平成6年12月1日

航空事故調査委員会議決

委員長 竹内 和之

委員 小林 哲一

委員 宮内 恒幸

委員 東 昭

委員 東 口 實

## 1 航空事故調査の経過

### 1.1 航空事故の概要

全日本空輸株式会社所属ボーイング式747-400型JA8096は、平成5年5月2日、同社の定期630便（鹿児島空港－東京国際空港）として東京国際空港に着陸後の地上走行中、機内に白煙が充満したため、20時55分ごろ、スポット56番(当時)付近で停止して緊急脱出を行った。

緊急脱出の際、乗組員15名及び乗客475名(幼児7名を含む。)計490名中、乗客9名が重傷を負った。

同機に火災は発生しなかった。

### 1.2 航空事故調査の概要

#### 1.2.1 調査組織

航空事故調査委員会は、平成5年5月2日、当該事故の調査を担当する主管調査官ほか5名の調査官を指名し、また、平成5年12月1日、新たに2名の調査官を指名した。

### 1.2.2 関係国からの事故調査への参加

カナダ政府の代表及び顧問が調査に参加した。

### 1.2.3 調査の実施時期

平成5年5月2日～5日	現場調査及び機体調査
平成5年5月4日～5日 及び平成5年5月11日～12日	A P Uの分解調査
平成5年5月14日	脱出スライドの調査
平成5年5月3日～ 平成6年4月22日	D F D Rによる記録の解読
平成5年5月3日～ 平成5年6月30日	C V Rによる記録の解読
平成5年9月18日	脱出スライド実験

### 1.2.4 原因関係者からの意見聴取

意見聴取を行った。

## 2 認定した事実

### 2.1 飛行の経過

J A 8 0 9 6は、平成5年5月2日、定期便として早朝に東京国際空港を出発し、福岡、大阪、東京、大阪の各空港を経由して鹿児島空港に着陸した。同機は着陸後、地上走行中にA P Uの作動を開始し、次に同空港を出発するためエンジンを始動した後までの約55分間、A P Uを使用した。

同機は、同社の定期630便として、乗組員15名、乗客475名（幼児7名を含む。）計490名が搭乗し、鹿児島空港を19時31分に離陸し、20時50分、東京国際空港の滑走路33に着陸した。

同機は着陸後、誘導路C8、C8B、Tを順次経由し、スポット56番に向かって地上走行を行った。この間、運航乗務員は着陸後点検を実施し、また誘導路C8Bを通過中の20時51分ごろ、A P Uを始動した。同機が誘導路Tを走行した後、スポット56番に向かって右に90度旋回を開始し、その旋回が終了しようとしていた20時53分ごろ、同機の操縦室及び客室に白色の煙状のものが急速に充満し始めた。

機長によれば、操縦室内に充満し始めていた白煙の量が急速に増加しつつあり、また客室乗務員からの報告で客室にも白煙が多く発生していることを知ったが、白煙の

発生源が不明であり煙の性質を特定できなかったことから、白煙が有害である可能性及び火災の危険性を考慮して、同機を直ちに停止させて緊急脱出を行うことを決心したとのことである。

同機は、20時54分ごろ、スポット56番停止位置の北東約10mの位置で停止した。地上で待機していた地上作業員によれば、同機がスポットに向かって進入して来たとき、APUの排気口から白い煙が出ているのが見えたとのことである。機長は、同機の停止直後、EVA Cシグナル及び機内放送で乗組員及び乗客に対して緊急脱出を指示した。また20時55分ごろ、グラウンド・コントロールに対し緊急脱出を実施中である旨を通報し、さらに消防の出動を要請した。

緊急脱出は、降雨の中、スポット56番停止位置の北東約10mの位置のエプロンにおいて、L3脱出口を除く全ての脱出口から脱出スライドを使用して実施され、20時57分ごろ、乗組員を含む全員の脱出が終了した。

緊急脱出の際、乗客9名が重傷を負い、軽傷を負った乗客の一部と共に救急車で東京都内の病院に搬送された。

東京空港事務所の消防車輛は20時58分ごろ現場に到着し、消防職員が機内の検索を行った結果、客室及び操縦室に火災の発生がなかったことが確認された。

事故発生場所は東京国際空港のスポット56番停止位置の北東約10m付近で、事故発生時刻は20時55分ごろであった。

注：スポット56番は、ターミナル・ビルの移転に伴い、平成5年9月27日をもって公示を抹消されたため、現在は存在しない。

## 2.2 人の死亡、行方不明及び負傷

乗客9名が重傷を負い、客室乗務員4名及び乗客108名が軽傷を負った。

## 2.3 航空機の損壊に関する情報

### 2.3.1 損壊の程度

小 破

### 2.3.2 航空機各部の損壊の状況

APU

破 損

## 2.4 航空機以外の物件の損壊に関する情報

な し

## 2.5 乗組員に関する情報

### 2.5.1 運航乗務員

(1) 機長 男性 45歳

定期運送用操縦士技能証明書（飛行機）

第2637号

昭和57年4月16日

#### 限定事項

陸上多発機

昭和47年2月23日

陸上単発機

昭和47年3月4日

陸上多発機

日航製式YS-11型

昭和48年3月24日

ボーイング式727型

昭和49年9月19日

ロッキード式L-1011型

昭和55年12月9日

ボーイング式737型

昭和63年3月16日

ボーイング式747-400型

平成4年3月5日

第一種航空身体検査証明書

第16367121号

有効期限

平成5年6月25日

総飛行時間

8,182時間25分

同型式機飛行時間

331時間30分

最近90日間の飛行時間

76時間55分

最近30日間の飛行時間

33時間55分

最近24時間の飛行時間

2時間25分

当日の勤務時間以前の休憩時間

24時間以上

機長路線資格の最近の更新日

平成4年7月6日

緊急訓練実施日

平成3年12月20日

(2) 副操縦士 男性 44歳

定期運送操縦士技能証明書（飛行機）

第2486号

平成55年3月18日

#### 限定事項

陸上単発機

昭和45年7月9日

陸上多発機

昭和46年3月30日

陸上多発機

日航製式YS-11型

昭和46年3月30日

ボーイング式737型

昭和48年6月5日

ロッキード式L-1011型

昭和50年10月17日

ボーイング式747型

平成元年11月21日

ボーイング式747-400型

平成3年6月28日

第一種航空身体検査証明書	第16347234号
有効期限	平成5年9月2日
総飛行時間	10,957時間35分
同型式機飛行時間	541時間45分
最近90日間の飛行時間	72時間25分
最近30日間の飛行時間	22時間55分
最近24時間の飛行時間	2時間25分
当日勤務時間以前の休憩時間	24時間以上
緊急訓練実施日	平成4年12月18日

## 2.5.2 客室乗務員

(1) 主任客室乗務員 女性 29歳

緊急脱出時の配置

L1脱出口

入社年月日

昭和62年4月1日

緊急訓練実施日

平成5年3月23日

総飛行時間

4,040時間00分

(2) 客室乗務員A 女性 27歳

緊急脱出時の配置

L2脱出口

入社年月日

昭和63年4月11日

緊急訓練実施日

平成5年4月22日

総飛行時間

3,341時間30分

(3) 客室乗務員B 女性 22歳

緊急脱出時の配置

L3脱出口

入社年月日

平成5年4月1日

緊急訓練実施日

平成5年4月1日

総飛行時間

50時間30分

(4) 客室乗務員C 女性 27歳

緊急脱出時の配置

L4脱出口

入社年月日

昭和61年2月10日

緊急訓練実施日

平成5年2月8日

総飛行時間

5,026時間35分

(5) 客室乗務員D 女性 22歳

緊急脱出時の配置

L5脱出口

入社年月日

平成4年4月1日

緊急訓練実施日

平成4年4月1日

	総飛行時間		808時間05分
(6)	客室乗務員E	女性 24歳	
	緊急脱出時の配置		R1脱出口
	入社年月日		平成元年4月25日
	緊急訓練実施日		平成4年6月19日
	総飛行時間		2,830時間55分
(7)	客室乗務員F	女性 23歳	
	緊急脱出時の配置		R2脱出口
	入社年月日		平成4年4月13日
	緊急訓練実施日		平成4年4月13日
	総飛行時間		744時間35分
(8)	客室乗務員G	女性 26歳	
	緊急脱出時の配置		R3脱出口
	入社年月日		昭和62年9月7日
	緊急訓練実施日		平成4年11月18日
	総飛行時間		4,030時間05分
(9)	客室乗務員H	女性 23歳	
	緊急脱出時の配置		R4脱出口
	入社年月日		平成4年5月25日
	緊急訓練実施日		平成4年5月25日
	総飛行時間		594時間50分
(10)	客室乗務員I	女性 24歳	
	緊急脱出時の配置		R5脱出口
	入社年月日		平成3年6月17日
	緊急訓練実施日		平成4年6月13日
	総飛行時間		1,417時間40分
(11)	客室乗務員J	女性 22歳	
	緊急脱出時の配置		UL脱出口
	入社年月日		平成4年7月6日
	緊急訓練実施日		平成4年7月6日
	総飛行時間		531時間45分
(12)	客室乗務員K	女性 25歳	
	緊急脱出時の配置		UR脱出口
	入社年月日		平成2年4月1日
	緊急訓練実施日		平成5年3月15日

総飛行時間

2, 281時間05分

### 2.5.3 その他の乗務員

同機の操縦室補助席には、運航業務研修中の同社の運航乗務員1名（以下「オブザーバ」という。）が搭乗していた。

## 2.6 航空機に関する情報

### 2.6.1 航空機

型 式	ボーイング式747-400型
製造番号	24920
製造年月日	平成2年12月13日
耐空証明書	第東2-937号
有効期限	整備規程（全日本空輸株式会社）の適用を受けている期間
総飛行時間	4,917時間11分
定時点検(A整備、平成5年4月18日実施)後の飛行時間	76時間02分

### 2.6.2 エンジン

型 式	ジェネラル・エレクトリック式CF6-80C2B1F型			
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
製造番号	702189	702113	702338	702417
製造年月日	平成元年9月19日	平成元年4月5日	平成2年5月16日	平成2年9月27日
総使用時間	6,702時間18分	7,567時間14分	5,266時間55分	4,030時間55分
定時点検後の使用時間	76時間02分	76時間02分	76時間02分	76時間02分

### 2.6.3 APU

型 式	プラット・アンド・ホイットニー・カナダ式PW901A型
製造番号	PCE900165
製造年月日	平成2年10月26日
総運転時間	6,757時間

### 2.6.4 脱出スライド

同機には、B.F.グッドリッチ社製の以下の脱出スライドが装備されていた。

装備位置 脱出スライド			装備位置 脱出スライド		
脱出口	部品番号	製造番号	脱出口	部品番号	製造番号
U L	7A1323-107	G480	U R	7A1323-107	G400
L 1	7A1467-1	G119	R 1	7A1467-6	G472
L 2	7A1479-9	G317	R 2	7A1479-10	G312
L 3	7A1418-17	G741	R 3	7A1418-18	G756
L 4	7A1467-19	G685	R 4	7A1467-4	G110
L 5	7A1469-1	G065	R 5	7A1469-10	G256

### 2.6.5 重量及び重心位置

同機の着陸時の重量は約513,700lb、重心位置は23.0%MACと推算され、いずれも許容範囲（最大着陸重量584,000lb、着陸時の重量に対応する重心範囲13.0%MAC～33.0%MAC）内にあったものと推算される。

### 2.6.6 燃料及び潤滑油

エンジン及びAPUの燃料は航空燃料ジェットA-1、潤滑油（以下「オイル」という。）はエクソン・ターボ・オイル2380（MIL-L-23699）で、いずれも規格品であった。

## 2.7 気象に関する情報

### 2.7.1 天気概況

東京管区气象台によれば東京地方の事故当日の天気概況は次のとおりであった。

平成5年5月2日3時、三陸沖には移動性高気圧の中心があって東に移動し、一方、東シナ海には低気圧があって東北東に進んでいた。この低気圧は日中にかけて西日本に進み、これに伴う前線は日本の南海上から北上した。21時頃、この前線上の東海道沖で別の低気圧が発生し、3日3時にかけて関東の南岸沿いを北東に進んだ。

東京地方では、初め雲が多く、7時頃から雨の降り始めた所があり、日中から3日朝まで断続的に1時間雨量3mm以下の雨が降り続いた。風は21時頃までは、ほぼ北々西から北東の4m/s以下の風が吹き、その後5～6m/sとやや強まった所があった。また15時以降、千代田区大手町ではもやの発生と降雨により、視程は2.2kmから2.5kmとなっていた。

### 2.7.2 航空気象観測値

東京航空地方气象台によれば、東京国際空港の事故関連時間帯の航空気象観測値

は次のとおりであった。

20時00分 風向340°、風速12kt、視程2km、天気 雨、  
雲7/8 層雲 500ft、気温9°C、露点温度8°C、  
QNH29.90 in-Hg、備考 もや、  
降雨量5mm

20時30分 風向350°、風速12kt、視程2.2km、天気 雨、  
雲7/8 層雲 400ft、気温9°C、露点温度8°C、  
QNH29.87 in-Hg、備考 もや

20時43分 風向340°、風速14kt、視程2.5km、天気 雨、  
雲7/8 層雲 400ft、備考 もや

21時00分 風向340°、風速12kt、視程2.5km、天気 雨、  
雲7/8 層雲 400ft、気温9°C、露点温度8°C、  
QNH29.86 in-Hg、備考 もや、  
降雨量10mm

## 2.8 通信に関する情報

同機は着陸の前後、周波数118.1MHzを使用してタワーと通信設定していたが、誘導路C8に進入した頃、周波数を121.7MHzに切り換え、その後はグラウンド・コントロールと交信を行った。両周波数とも通信状況は良好であった。

## 2.9 飛行場に関する情報

東京国際空港の標高は15ft、同機が着陸した滑走路33は、真方位325°27'であって、滑走路の長さ3,050m、幅60m、滑走路面はアスファルトコンクリートで舗装されており、表面がグレーピングされている。(付図2参照)

東京国際空港のターミナル・ビルは、平成5年9月27日、現在の場所に移転したが、事故当時のターミナル・ビルは現在のターミナル・ビルの西方約2kmの位置にあった。

同機が地上走行した誘導路は現在も公示され使用されているが、スポット56番は平成5年9月27日をもって公示を抹消された。

## 2.10 DFDR及びCVRに関する情報

同機には、米国フェアチャイルド社製F800型DFDR及び米国フェアチャイルド社製A100A型CVRが搭載されていた。両装置とも機体後方の機器室(アフト・イクイップメント・センタ)に搭載されていた。

## 2.10.1 DFDR

当該飛行について、DFDRには、同機が鹿児島空港を出発するにあたってエンジンを始動した19時21分00秒から、東京国際空港において緊急脱出を行うため全エンジンを停止した20時53分59秒に至るまでの飛行データが、良好に記録されていた。

## 2.10.2 CVR

CVRには、同機が東京国際空港に向けて空港の南約50nm付近を降下中の20時34分34秒から、着陸後、緊急脱出を開始するため全エンジンを停止してCVR作動用電源が切れた20時53分59秒までの、19分25秒間の音声データが記録されていた。

当該CVRの記録時間は約30分間であるが、緊急脱出終了後、機体点検を行うためCVRのサーキット・ブレーカが抜かれていない状態で外部電源が接続され、その後整備員によりサーキット・ブレーカが抜かれるまでの約10分間、CVRが再作動し、同機が飛行中に記録したデータの一部が消去された。

CVRの各チャンネルのソースは次のとおりであり、記録の状態はいずれも良好であった。

チャンネル1：オブザーバ席のオーディオ・コントロール・パネル

チャンネル2：副操縦士席のオーディオ・コントロール・パネル

チャンネル3：機長席のオーディオ・コントロール・パネル

チャンネル4：エリア・マイクロフォン

## 2.11 医学に関する情報

同機の乗組員15名ほか乗客475名計490名中、乗客9名が重傷を負った。

重傷を負った者の年齢はすべて50歳以上であり、女性8名及び男性1名であった。

重傷者の受傷内容は、収容された病院の診断によれば、椎骨圧迫骨折6名（第12胸椎圧迫骨折4名、第9胸椎圧迫骨折1名、第1腰椎圧迫骨折1名）、その他の骨折2名及び捻挫・打撲1名であり、胸椎圧迫骨折、とりわけ第12胸椎圧迫骨折の発生が顕著であった。

重傷者についての病院の診断及び重傷者が述べた脱出の状況について、次に記す。

(付図3参照)

(1) 女性 68歳 第12胸椎圧迫骨折及び右手第4中手骨骨折 脱出口:UL

腰を下ろした姿勢で滑降したところ、脱出スライド終端から飛び出すようにして着地し、腰が痛くて立てなかった。

(2) 女性 53歳 第12胸椎圧迫骨折 脱出口:UL

腰を下ろした姿勢で滑降したところ、脱出スライド終端から飛び出すようにして着地した。立てなかったので、人に背負ってもらって機体から離れた。

(3) 女性 55歳 第9胸椎圧迫骨折 脱出口:UL

靴(パンプス)を脱いで座った姿勢で滑降し、そのままの姿勢で尻から着地した。腰が痛くて身動きできなかった。痛みをこらえて歩き始めたとき、人に助けってもらった。

(4) 男性 58歳 左下腿部脛骨腓骨の解放性骨折 脱出口:UL

滑降時、左右に蛇行してバランスがくずれ、数m飛ばされるように着地した。左足に感覚がなく立てなかった。

(5) 女性 72歳 第12胸椎圧迫骨折 脱出口:R2

座った姿勢で滑降し、脱出スライドから飛び出すようにして腰から着地した。腰に痛みがあった。

(6) 女性 51歳 左足首骨折 脱出口:R3

座った姿勢で滑降した。滑降して正常に立ち上がったが、後続の乗客に前へ飛ばされて前方に両手をついて倒れ、その時、左足首に激痛があった。

(7) 女性 52歳 頸椎捻挫、頭部及び腰部打撲 脱出口:R3

着地時、地面で頭部と腰部を打撲して、当初は痛くて歩けなかった。

(8) 女性 62歳 第12胸椎圧迫骨折 脱出口:R5

座った姿勢で滑降し、そのままの姿勢で着地して尻を打った。背中が痛くて立てなかった。

(9) 女性 56歳 第1腰椎圧迫骨折 脱出口:L5

客室乗務員の指示に従って荷物を持たずに滑降したところ、尻から地面に着地した。腰が痛くて立てなかったが、手を借りて機体を離れた。

このほか乗客108名、客室乗務員4名、計112名が軽傷を負ったが、手当を受けた病院の診断によれば、軽傷の内容は擦過、打撲、捻挫等であった。

## 2.12 人の生存、死亡又は負傷に係る捜索、救難及び避難等に関する情報

### 2.12.1 白煙発生時の機内の状況

客室乗務員及び乗客によれば、白煙発生時の機内の状況は次のとおりであった。

同機が着陸し、誘導路を経てスポットに入るため右旋回していたころ、客室に白煙が見られた。それは白い霧のようなもので、よく見ると通風口から吹き出ているのが見つかった。最初は、エアコンの水蒸気が吹き出しているものと思ったが、吹き出す量が多く急激に機内に充満し始めたこと、その臭いが油臭く、発煙筒の臭い又は消火器の粉のような異様な臭いであったため、客室乗務

員は操縦室に対して煙が客室内に充満している旨を報告した。

同機がスポット56番の手前で停止した直後、E V A Cシグナルが作動し、機内放送により機長から緊急脱出の指示があった。客室乗務員は白煙が機内に充満している状態から、緊急脱出の指示があるものとあらかじめ予測していたので、あわてることもなく冷静に対応できた。乗客の中には多少の動揺はあったものの、客室がパニックに陥るようなことはなかった。

乗客によれば、客室乗務員は冷静に脱出を指示し、煙を吸わないように姿勢を低くすること等の指示を行っており、また荷物を持たないように大声で指示し、脱出口で乗客の荷物を取り上げたが、乗客の中にはボストン・バッグやハンドバッグ等の荷物を持って脱出した人が少なからずいたとのことである。

## 2.12.2 緊急脱出

### 2.12.2.1 乗組員の緊急訓練

運航乗務員及び客室乗務員は、全日本空輸株式会社の社内規定に従って緊急訓練を受けることとなっており、同社の記録によれば、乗組員は2.5に述べたとおりの訓練を受けていた。

### 2.12.2.2 運航乗務員の判断及び行動

C V R記録、D F D R記録、乗組員の口述等を総合すれば、当時の状況及び運航乗務員の判断及び行動は次のとおりであった。

同機は誘導路Tからスポット56番に入るため、20時53分ごろ右に90度の旋回を行ったが、その旋回が終了するころ操縦室内に白色の煙と思われるものが見られた。操縦室補助席に搭乗していたオブザーバが最初にこれを発見し、20時53分20秒ごろ運航乗務員に対して「スモーク」と報告した。この報告により、機長及び副操縦士は操縦室後方に充満しつつあった白色の煙状のものを認めた。

運航乗務員は、この時点では操縦室内でのみ発生した状況であると考え、電気系統の火災に起因する煙ではないかと計器等を点検したが、その徴候は認められなかった。

煙状のものは臭いや刺激性はほとんど感じられなかったが、急速に操縦室内に充満し始めたため、客室の状況を調べる必要があると考えた20時53分33秒ごろ、客室乗務員とのインタフォンに緊急呼出が入った。

副操縦士が客室乗務員に対して「スモーク、多いですか。」と問いかけたところ、「多いです。」との返答があり、客室内にも多量の煙状のものが充満していることを察知した。

機長は、停止位置まで機体を進めてタラップにより通常の降機を行うことも一瞬考えたが、白煙の発生源がどこで、また何が起きているのかが不明であること及び客室内全般にわたって煙が充満している様子であることから、白煙が有害である可能性及び火災発生の危険性を考慮して、緊急脱出を行うことを決心した。

20時53分49秒ごろ、機長と副操縦士は、同機を停止させて緊急脱出する旨の声を掛け合い、機長は同機を停止させた。

同機はスポット停止位置の北東約10mの位置に停止し、20時53分54秒ごろ、機長はパーキング・ブレーキをセットすると共に、副操縦士に対して全エンジン停止を指示し、緊急脱出手順を開始した。機長はエバキューエーション・コマンド・スイッチを操作して、乗組員に対し緊急脱出を指示し、続いて機内放送を使用して乗客及び客室乗務員に対し、機内に煙が充満しているため緊急脱出を行う旨の指示を行った。機長は、この時点では火災は認められていなかったため、脱出口については客室乗務員の状況判断にまかせることとし、特別な指示はしなかった。

副操縦士は、機長からの緊急脱出実施の指示に従って、全エンジンを停止し、アウトフロー・バルブ開の確認、全エンジンへの消火剤放出、APUの停止及びAPUへの消火剤放出の緊急手順を実施した後、20時54分30秒ごろグラウンド・コントロールに対して客室に煙（スモーク）が発生した旨及び緊急脱出を実施中である旨の通報を行い、また消防車の出動要請を行った。

その後、運航乗務員は緊急脱出チェックリストを使用して緊急手順の再確認を行い、20時56分00秒ごろグラウンド・コントロールに対し、運航乗務員は脱出する旨の通報を行った。その後、2階客室を経て1階客室に降り、客室内に残っていた1名の客室乗務員から乗客の脱出の完了の報告を受けるとともに、機長は客室後部、副操縦士は客室前部に人が残っていないことを確認した後、それぞれL2及びL1脱出口から脱出した。

### 2.12.2.3 乗客の緊急脱出の状況

緊急脱出の状況は、客室乗務員及び乗客の口述を総合すれば、次のとおりであった。

同機がスポットに停止するころ、客室内に白煙が認められ、その量は急速に増加した。同機が停止してすぐに機長から緊急脱出の指示があったので、客室乗務員は緊急手順に従って脱出口を開き、脱出スライドを展開した。脱出は客室乗務員の指示によりおおむね平穏に行われたが、およそ2割程度の乗客が手荷物を持って脱出していた。

各脱出口における緊急脱出の状況を、担当の客室乗務員の口述により次に記す。

(1) L 1 担当客室乗務員

白煙が発生したので機内の状況を知らせようと操縦室をインタフォンで呼び出したが、すでに他の客室乗務員が連絡中のようで通じなかった。その後、操縦室からのE V A Cシグナル、緊急脱出指示のアナウンスがあった。席を立った乗客に対して着席して待機するよう指示すると共に、外部の安全を確認してスライドを展開させた。乗客に対して、手荷物は機内に残して、脱出スライドは二人ずつ滑るよう指示を行い、特に男性の乗客には跳んで滑ること、また女性や子供連れの乗客には座って滑ることを指示した。

(2) L 2 担当客室乗務員

当初は水蒸気かと思ったが、その白煙は消火剤のような臭いがしたので異常を感じ、周囲を見渡したら白煙が客室内に充満していた。一瞬照明が消えたが、乗客に大丈夫だから心配しないようにと指示し、操縦室に対してインタフォンにより白煙が発生している旨の連絡を行った。

E V A Cシグナルがあって脱出口を開けようとしたとき、機長から緊急脱出指示のアナウンスがあり、幼児を同伴している女性を優先して脱出を誘導した。脱出中、脱出スライドの下で動けなくなった乗客がいたので、残りの乗客には反対側の脱出口を使うよう指示した。

乗客に対して手荷物を持たないよう指示したが、大きな荷物を持った乗客は従ったが、小さな荷物を持った乗客はそれを持ったまま脱出した。荷物を持って脱出した乗客は1割くらいであった。

(3) L 3 担当客室乗務員

白煙が発生した時、乗客に落ち着くように指示し、機外に火災発生等の異常がないことを確かめた。

E V A Cシグナルと機長の緊急脱出アナウンスがあり、外部の安全を確認し脱出口の操作を行った。しかし操作を誤ったようで脱出スライドが展開しなかったため、乗客をR 3脱出口に誘導した。

(4) L 4 担当客室乗務員

天井付近から白い煙が発生し視界が10 m前後になった時、一瞬照明が消え乗客がざわめいた。焦げた臭いもなく火の気もないようなので大丈夫だと判断し、乗客に対し姿勢を低くすること等の指示を行っていた時、E V A Cシグナルの作動と機長の緊急脱出アナウンスがあり、外部の安全を確認して脱出口を開けスライドを展開させた。乗客に対して脱出スライドは座って滑ること、荷物を持たないこと、ハイヒールは脱ぐこと、落ち着くこと等を指示し、脱出した乗客に次の乗客がぶつからないように間隔を取りながら緊急脱出を誘導した。手荷物を持って脱出しようとした乗客はほとんどいなかった。

た。

(5) L 5 担当客室乗務員

フライトの終了のアナウンスをしようとしたときEキャビン前方に白い煙が発生しているのに気が付いた。E V A C シグナル、機長の緊急脱出アナウンスがあったので外部の安全を確認した後、脱出口を開け脱出スライドを展開させた。ハイヒールを脱ぐこと、荷物は持たないこと等を指示し、最初に脱出するのが男性であったので、スライドの下で続いて脱出してくる人の手を引いて脱出の援助をして欲しいと依頼した。

手荷物を持たないように指示した結果、出口に残された手荷物の数は5～6個であったが、その他に1～2割の乗客が手荷物を持ったまま脱出した。

(6) R 1 担当客室乗務員

煙に気付いて客室後部を見ると、視界が6 m位になっていた。E V A C シグナルが作動したので、乗客に対して、落ち着くこと、姿勢を低くすること等の指示を行った。その時、機長から緊急脱出アナウンスがあったので、外部の安全を確認して脱出口を開け脱出スライドを展開させた。最初の乗客に二人ずつ跳んで滑るように指示したが、乗客は躊躇し座った姿勢で脱出スライドを降りた。

乗客に対して手荷物を持たないように指示したが、ほとんどの乗客はハンドバッグ等の小さな身の回り品を持ったまま脱出していた。大きな荷物を持った乗客に対しては、説得して脱出口で荷物を受け取った。受け取った荷物の数は10個くらいだと思う。

(7) R 2 担当客室乗務員

身支度を終えギャレイを出たところで白煙に気付いた。E V A C シグナルの後、機長の緊急脱出アナウンスを聞いたので、外部の安全を確認して脱出口を開けて脱出スライドを展開させた。座って滑ること、また続いて脱出してくる人を助け起こすこと等の指示をしながら脱出を誘導した。

手荷物を持って脱出した乗客は3割くらいいたようだが、5～6人の乗客からは脱出口で荷物を受け取った。

(8) R 3 担当客室乗務員

身支度を終えトイレから出たところで白煙に気が付き、それはタバコの煙ではないと判断した。乗客に対し空調関係だから安心すること等の指示を行ったところでE V A C シグナルが作動し、機長の緊急脱出アナウンスが流れたので外部の安全を確認して脱出口を開け脱出スライドを展開させた。ベルトを外すこと、手荷物は持たないこと、ハイヒールは脱ぐこと等の指示を行って脱出を誘導した。手荷物を持たないように指示したのに対し、大きな荷

物を持った数名の乗客は従ったが、かなりの乗客がハンドバッグ等の小さな手荷物は持っていた。1人の乗客からは脱出口で荷物を受け取った。

(9) R 4 担当客室乗務員

スポット・インしたと思い席を立とうとしたとき、通風口から白煙が出てきた。E V A C シグナルが作動し、機長の緊急脱出アナウンスが流れたので、外部の安全を確認し脱出口を開け脱出スライドを展開させた。乗客に対して煙を吸わないよう気をつけること、ハイヒールは脱ぐこと、荷物を持たないこと等を指示し、さらに空港内なので心配しないこと、子供をしっかり抱くこと等の指示を行った。2～3割の乗客が、制止を振り切って手荷物を持ったまま脱出したが、5～6人の乗客からは脱出口で手荷物を受け取った。

(10) R 5 担当客室乗務員

機体停止直後Eキャビン及びDキャビン付近に白煙が発生しているのに気が付いた。煙の量が緊急脱出を要する量であると判断し、脱出口で機長の指示を待っていたら、E V A C シグナルと機長の緊急脱出アナウンスがあった。乗客に対してそのまま座っているようにと指示し、外部の安全を確認した後、脱出口を開け脱出スライドを展開させた。二人ずつ滑ること、荷物を持たないこと等の指示を行って脱出を誘導した。

乗客はあわてる様子もなく滑って行き、スライドの下にいた男性も滑ってくる人を上手に受け止めていた。

ほとんどの乗客が手荷物を持ったまま脱出しようとしていたが、指示したところ手荷物を置いた乗客もあり、また5～6人の乗客からは脱出口で手荷物を受け取った。

(11) U R 担当客室乗務員

機体が停止するころ、通風口から白煙が出ているのに気が付き、乗客に対して姿勢を低くしヘッドレスト・カバーを口に当て煙を吸わないようにと呼びかけた。当時の状況から緊急脱出の指示があるものと予測していたところ、E V A C シグナルが鳴ったので外部の安全を確認して脱出口を開け、スライドを展開させた。しかし脱出スライドがやや後方斜めにずれて展開していたため、乗客に対して当該脱出口は使用できないことを指示した。

しばらくして、スライドが正常な位置になったので、まず乗客2名を脱出させたところ、脱出スライドの傾斜が急になったので危険と判断して使用を中止することとし、乗客を反対側の脱出口(U L)に誘導した。

乗客が手荷物を持って脱出しようとしたので大声で持たないように指示したが、手荷物を持ったまま脱出した人もいた。

## (12)UL担当客室乗務員

スポット・インするころ、通風口から白煙が出ているのに気が付いた。煙の回りが早く視界が悪くなり、乗客に対して頭を低くして煙を吸わないこと等の指示を行っていたところE V A Cシグナルが鳴ったので、外部の安全を確認して脱出口を開けスライドを展開させた。URの脱出口は何らかの不都合で使用できず、アッパー・デッキの乗客のほとんどはUL脱出口から脱出した。

脱出口で5～6個の手荷物を受け取ったが、手荷物を持ったまま脱出した乗客はほとんどいなかった。

### 2.12.2.4 地上作業員の口述

脱出スライドの下で乗客の脱出を補助した地上作業員によれば、脱出の状況は次のとおりであった。

同機がスポットの手前で停止してすぐに脱出スライドが展開され、緊急脱出が始まった。

同機のスポット・インを地上で待機していた作業員全員が、脱出スライドの下で脱出を援助した。スライドから滑り降りて来た乗客を正面で受け止めようとしたため、その勢いで乗客とともに転んだ作業員もいた。脱出してきた乗客の中には、スライド終端から投げ出されるように着地し怪我をした者もいたので、手を貸して離れた場所に退避させた。時には脱出してきた乗客が、スライドの下に滞っていたこともあった。乗客の中には手荷物を持って滑降した人もいた。

### 2.12.2.5 乗客の脱出口と脱出乗客数

調査によれば、UR脱出口から脱出した乗客数は2名、UL脱出口から脱出した乗客数は56名であり、また、関係者の口述によれば、他の各脱出口から脱出した乗客数はそれぞれおおよそ次のとおりである。

R 1及びL 1:それぞれ約20名

R 2、L 2、R 4、L 4、R 5、L 5:それぞれ約40名～約50名

R 3: 約90名

### 2.12.2.6 アッパ・デッキ又はメイン・デッキからの脱出による負傷者の割合

アッパ・デッキの乗客数58名の内、負傷者は重傷者4名及び軽傷者18名であり、負傷者の乗客数にしめる割合は約38%であった。一方、メイン・デッキからの脱出における負傷者の乗客数にしめる割合は、乗客数417名の内、重傷

者5名及び軽傷者90名であり約23%であった。

#### 2.12.2.7 雨で濡れた脱出スライドと滑降速度

関係者によれば、事故当時、現場の天気は雨であったとのことであり、また事故発生時の時間帯における気象観測値によれば降雨量は10mmであった。

ほとんどの客室乗務員は、脱出スライドで滑降した速度は、通常の訓練時よりもかなり速く感じたと述べており、またそれは雨で濡れていたのが原因であると思うと述べた。

#### 2.12.3 東京国際空港における消防救難体制

##### (1) 東京国際空港の消防救難組織の概要

東京国際空港における消防救難業務は、運輸省東京空港事務所が行うことになっており、東京消防庁と「東京国際空港及びその周辺における消火救難活動に関する協定」、航空会社及び空港内事業所10社と「東京国際空港における消火救難に関する協定」、並びに「東京国際空港救急医療緊急計画」が制定され関係機関との協力体制が確立されている。

東京空港事務所の消防救難業務は交替制勤務によって24時間体制の業務を行っており、機材、要員等の消火救難体制は、国際民間航空条約第14付属書「飛行場」の要件に適合している。当日は9名の消防要員が配置にしていた。

注：関係機関とは地方公共団体(東京都大田区)、消防機関(東京消防庁)、警察機関(警視庁東京空港警察署)、医療機関(日本赤十字社、大田区三医師会)、航空会社、空港関連企業等をいう。

##### (2) 出動要請及び消防車両の出動

東京空港事務所消防課は、20時56分、タワーから、スポット56番において、同機に火災が発生した旨の通報を受け、直ちに第3種出動を指令し、超大型化学消防車2台、高速化学消防車1台、給水車1台を現場に向かって出動させ、医療資器材搬送車1台を消防庁舎前で待機させた。また、20時58分、同消防課通信指令室が東京消防庁に対し出動要請を行ったことに伴い、東京消防庁は消防車両47台を出動させた。うち3台は現場に到着したが、他は現場に到着する前に出動が解除されたので途中で引き返した。

## 2.1.3 事実を認定するための試験及び研究

### 2.13.1 事故後の機体の状況

事故後の機体について調査を実施した結果、APUに異常なオイルの消失が認められた。

また、脱出スライドについては、L3脱出口の脱出スライドを除き、計11個の脱出スライドが展開されていたが、アッパ・デッキの右側脱出スライドの上側気室の膨らみが少なかった。

#### 2.13.1.1 APUアクセス・ドア

ドアの外側及び内側にオイルが付着していた。

#### 2.13.1.2 APU

目撃者の口述によれば、当時、APUの排気口から白煙が出ていたとのことから、APUの外観調査を実施したので、その結果を次に示す。(付図4及び付図5参照)

- (1) APUのロード・コンプレッサで加圧されたブリード・エアをエアコン・パックに送るAPUブリード・エア・ダクトに設けられているAPUアイソレイション・バルブを取り外してダクト内部を点検したところ、内面にオイルが付着し、ダクト底部には少量のオイルが筋状に溜まっていた。オイルが燃えた形跡はなかった。
- (2) ブリード・エアの一部を分岐して機外に排出するロード・コンプレッサ・ディスタージ・ダクトに設けられているダイバータ・バルブを取り外してダクト内部を点検したところ、内面にオイルが付着し、オイルが当該バルブの上流側ダクト内に0.17 l、下流側(排気側)ダクト内に0.05 l溜まっていた。オイルが燃えた形跡はなかった。
- (3) No.0ベアリング・コンパートメントのエア・シールのベント・エア及びブリーザ・エア並びにその他のベアリング・コンパートメントのエア・シールのブリーザ・エア等を機外に排出するブリーザ・ラインのラバー・チューブが割れてオイルが漏れていた。
- (4) オイル・タンクに設けられているオイル・レベル・サイト・ゲージを点検したところ、アッパ及びロワー・サイト・ゲージともオイルが見えなかった。

#### 2.13.1.3 エンジン

外観調査の結果、全エンジンに異常は認められなかった。

#### 2.13.1.4 操縦室内の主要なレバー及びスイッチの位置並びに指示器の表示

操縦室内の主要なレバー及びスイッチの位置並びに指示器の表示は次のとおりであった。

##### (1) エンジン

・スラスト・レバー	全エンジン：アイドル
・燃料コントロール・スイッチ	全エンジン：カット・オフ
・消火ハンドル	全エンジン：プル・アウト 左にローテイト

##### (2) APU

・APUコントロール・スイッチ	オン
・消火ハンドル	プル・アウト 左にローテイト

##### (3) ニューマチック・システム

・エンジン・ブリード・エア・スイッチ	全エンジン：オン
・APUブリード・エア・スイッチ	オン
・アイソレイション・バルブ	左右：オープン

##### (4) 機内与圧システム

・アウトフロー・バルブ・マニュアル・スイッチ	左右：オン
・アウトフロー・バルブ位置指示器	左右：フル・オープン
・機内高度オート・セレクタ	ノーマル

##### (5) エアコン・システム

・バック・コントロール・セレクタ	1、2及び3：ノーマル
・ハイ・フロー・スイッチ	オフ
・客室温度セレクタ	オート・モードで12時位置
・操縦室温度セレクタ	オート・モードで12時位置
・トリム・エア・スイッチ	オン
・リサーキュレーション・ファン・スイッチ	アッパ及びロワー：オン
・ヒューミディフィア・スイッチ	オフ
・イクイPMENT・クーリング・セレクタ	ノーマル
・アフト・カーゴ・ヒート・スイッチ	オン

#### 2.13.1.5 L3脱出口

L3脱出口については、ドアは開いていたが、脱出スライドは展開されていなかった。

ドアのモード・セレクタ・ハンドルはマニュアル位置となっていた。

## 2.13.2 アップ・デッキ右側脱出スライドの調査

当該脱出スライドはガス・ボンベから送られる高圧ガス及び外気によって膨張する。脱出スライドを構成している気室は上下2気室になっており1気室が膨張しない場合でも使用できるが、この場合にはスライドの滑降速度が遅くなるため脱出時間が長くなる。

各気室にはそれぞれ左右2個のターボ・ファンが取り付けられており、ターボ・ファンはタービン、タービンの内側に取り付けられていてタービンによって駆動されるファン（アルミニウム合金製の鋳物）及びタービンの後方にあるステータ（アルミニウム合金製の鋳物）等で構成されている。ステータはターボ・ファンのダクトと一体になっており、タービン及びファンを保持している。高圧ガスは、タービンを回転させた後気室内に送り込まれると同時に、このタービンの回転によってファンが回転し、外気が気室内に吸い込まれることにより気室が膨張する。タービンとファンは3,000rpm（公称値）で回転する。（付図6参照）

事故当時、アップ・デッキの右側脱出スライドの展開が不十分であったため2名の乗客が脱出した後、客室乗務員の判断で使用が中止され、また事故後の調査で当該スライドの上側気室の膨らみが少なかったことから、詳細な調査を実施したので、その結果を次に記す。

- (1) 上側気室の右側ターボ・ファンのステータが破断しダクトから分離していた。またファンが破断し、ファンとタービンが分離していた。（写真1参照）
- (2) 破損したファンは容易に回転し、固着はなかった。
- (3) 破断したファン及びステータの破断面を調査した結果、疲労の痕跡は認められなかった。
- (4) 上側気室には、破断した右側ターボ・ファンとの結合箇所付近に、17箇所の裂け目（最大のものの長さは8cm）及び10数箇所のピン・ホールが生じていた。
- (5) 上側気室の内部にはファンの破片、ステータの破片、脱出スライドの客室側側面のフェイシャル・パネル（化粧パネル）の底面に取り付けられているPシール（P型の形状をしたシールでシリコン・ラバー製）の破片が入っていた。（写真2参照）フェイシャル・パネルを調査したところPシールがなくなっていた。
- (6) 上側気室の左側ターボ・ファンにはPシールが粉末になったものが付着していた。
- (7) 下側気室の左右のターボ・ファンには異常はなかった。

## 2.13.3 操縦室内の計器等の表示

### 2.13.3.1 APUに関する表示

運航乗務員によれば、APUに異常が発生したことを示す表示又は警報はなかったとのことである。

また、当時、ローワー・EICAS・ディスプレイは、同社の航空機運用規程に従って、「ブランク」の状態としていたので、運航乗務員は、アップ・EICAS・ディスプレイに表示されていたメモ・メッセージ及びオーバ・ヘッド・パネルのAPU・ジェネレータ・パワー・アベイラブル・ライトの点灯により、APUが定格回転数で運転し、定格の電力を発電していたことだけをモニタしており、オイル量等の細部の状態についてはモニタしていなかったとのことである。

### 2.13.3.2 客室内の煙の検知

運航乗務員によれば、当時、客室内の煙検知システムが煙を検知した旨の表示はなかったとのことである。

## 2.14 その他必要な事項

### 2.14.1 APUの運用等

#### 2.14.1.1 APUの運用

始動は地上でのみ行う。ニューマチック・エアは15,000ftまで供給できるが、発電電力は飛行中は供給できない。地上でニューマチック・エアと発電電力を同時に供給している場合は、APUの負荷が過負荷になったときには発電電力の方が優先されニューマチック・エアが自動的に削減される。

#### 2.14.1.2 APUの経歴、整備方式等

APUは製造後、同機に取り付けられており、整備等のため取り卸されたことはなかった。APUの整備はオン・コンディション方式であるが、滑油系統については次のものについて点検が定められている。

- ・オイル・プレッシャ・ポンプ下流のメイン・フィルタの点検

2,000時間ごとに実施

- ・ロード・ギアボックスのオイル・スカベンジ・ラインのマグネチック・チップ・ディテクタ及びアクセサリ・ギアボックスのオイル・スカベンジ・ラインのマグネチック・チップ・ディテクタの点検

1,200時間ごとに実施

メイン・フィルタの点検は平成5年1月19日に実施され、またロード・ギアボックスのマグネチック・チップ・ディテクタ及びアクセサリ・ギアボックスの

マグネチック・チップ・ディテクタの点検は平成5年4月17日に実施されており、これらの点検時、APUの不具合は記録されていない。

オイル量の点検とオイルの補給については、毎飛行後にローワー・EICAS・ディスプレイのステータス・ページで表示されるオイル量と補給を指示するメッセージを点検して補給することとなっており、最近の補給は平成5年4月16日に行われた。

#### 2.14.1.3 APUの自動停止

同機の機体取扱説明書には、APUが自動停止する場合として21項目の不具合があげられており、その一つが発生すればAPUは自動停止することとされている。そのうちオイル、ブリード・エア及びロード・ギアボックスの回転に関するものは次のとおりである。

- (1) オイル温度が135°C以上になったとき
- (2) オイル圧力が55psi以下になったとき
- (3) ロード・コンプレッサ出口のブリード・エア温度が232°C以上になったとき
- (4) APUブリード・エア・ダクト内のブリード・エア温度が121°C以上になったとき
- (5) インプット・ドライブ・ギアの回転数が110.8%以上になったとき  
(100% = 24,625 rpm)

#### 2.14.1.4 APUの設計基準

- (1) APUはカナダ製であり、カナダの設計基準は米国の設計基準を準用している。FAAの設計基準は、連邦規則タイトル14第1章第25部：輸送カテゴリ飛行機の耐空性基準（以下「FAR」という。）及びFARを補完するAPUに関する技術基準：TSO C77aである。当該APUは当該TSOでは、“Category II -Non Essential APU”（装備していると便利なものとして、地上又は飛行中において航空機で使用するAPUであって、航空機の安全な運航を妨げることなく運転を停止することができるもの。）としてFAAよりTSOの承認を受けている。
- (2) FAR 25.1309項はAPU等飛行機の装備品、系統及び装備について記述したたものであり、その中から主な設計基準を抜粋して次に記す。
  - (b)項 飛行機のシステム及びこれと関連する構成部品は個々に検討した場合及び他のシステムとの関連において検討した場合、次に適合するように設計されなければならない。

- (1) 飛行機の継続した安全な飛行及び着陸を妨げる故障の発生が極めてまれであること。
  - (2) 飛行機の能力又は有害な運用状態に対して乗組員が対処する能力を低下させる故障の発生がまれであること。
- (d)項 (b)項の規定への適合は解析により、及び必要な場合は、適切な地上試験、飛行試験又はシミュレータ試験により行わなければならない。解析にあたっては、次の(1)から(4)までを考慮しなければならない。
- (1) 外部要因による不具合及び破損を含めた故障の形態
  - (2) 多重不具合及び検知できない故障の可能性
  - (3) 飛行状態及び運用状態を考慮した飛行機及び搭乗者に与える影響
  - (4) 乗組員への警報指示、必要な修正操作及び故障を発見する能力
- (3) TSO C77a Appendix 1. 6.2項は、APUの安全解析について次のように記述している。

飛行機の安全に重要な影響を及ぼすAPUのいかなるシステムも、単一故障又は起こり得る故障の組み合わせによって、安全でない状態が生じないことを示すために故障解析を行わなければならない。

## 2.14.2 脱出スライドの設計基準等

### 2.14.2.1 脱出スライドの設計基準

同機の脱出スライドは米国製である。

当該スライドに適用されている設計基準はFAR及びTSO C69, C69 a及びC69 bである。また、アップ・デッキの脱出口に設けられている脱出スライドに関しては、TSOについてはC69及びC69 a (Appendix 2のみ)が適用されている。

これらFAR及びTSOのうち主な設計基準を抜粋して次に記す。

#### (1) FAR 25.803(c)項

乗客定員が44人を超える飛行機にあっては、(d)項に規定する場合を除き、乗組員数を含めた最大定員が、90秒以内に飛行機から地上に脱出できることを実際の脱出試験により証明しなければならない。(以下略)

#### (2) FAR 25.803(d)項

飛行機の緊急脱出能力に関して、(c)項に規定する実際の脱出試験により得られるデータと同等のデータが、解析と他の試験との組み合わせによって得られると認められる場合には、(d)項に規定する条件のもとで90秒以内に脱出できることを当該解析と試験との組み合わせによって証明してもよい。

(3) FAR 25.809(f)(1)(ii)項

脱出スライドは展開を開始してから、10秒以内に自立するものでなければならない。

(4) TSO C69 4.23.1項

脱出スライドの表面材(表面処理材を含む)は、1時間あたり1in(2.5cm)の降雨を含む気象状態において使用するのに適切であり、かつ、その使用に耐えることができるものでなければならない。

2.14.2.2 脱出に要する時間

ボーイング社の資料によれば、同型式機は胴体片側の脱出スライドのみを用いて、乗組員を含めた最大定員の搭乗者が90秒以内に飛行機から地上に脱出できることが証明されている。

2.14.2.3 脱出スライドの表面材の摩擦係数

ボーイング社の仕様書 (Specification Control Drawing)によれば、脱出スライドの表面材は、乾燥した状態及び濡れた状態で適切な摩擦係数を有しなければならないこととしている。脱出スライドの製造者であるB.F.グッド・リッチ社によれば、脱出スライド開発時に表面材を選定した際、乾燥した状態及び濡れた状態における摩擦係数を測定して、素材が仕様に適合していることを確認しているとのことである。

2.14.3 操縦室内に表示されるAPU関連の表示

操縦室内に表示されるAPU関連の表示は以下のとおりである。

(1) アップ・EICAS・ディスプレイ

APUが定格回転数( $N_1$ 回転数95%以上)で運転中である場合、「APU RUNNING」のメモ・メッセージが表示される。

APUに火災等の異常が発生した場合には、それぞれの異常の内容に応じて、「APU FIRE」等の4種類のアラート・メッセージが表示される。

(2) ロワー・EICAS・ディスプレイ

ローワー・EICAS・ディスプレイに「ステータス・ページ」を選択して表示させた場合には、APUに関する次のデータを表示させることができる。

EGT、 $N_1$ 回転数、 $N_2$ 回転数、オイル量

注：オイル量が規定値以下に低下した場合には、オイル量の後に

「RF(refill)」又は「LO(low)」が表示される。

(3) APU・ジェネレータ・パワー・アベイラブル・ライト

APUが運転され、2つのAPU・ジェネレータがそれぞれ定格の電力を発生しているが、まだ機体のAC電源システムに接続されていない場合には、オーバ・ヘッド・パネルにあるそれぞれのAPU・ジェネレータ・パワー・アベイラブル・ライトが点滅状態で点灯する。

(4) APU火災発生時のマスタ・ウォーニング

APUに火災が発生した場合には、アップ・EICAS・ディスプレイにアラート・メッセージが表示されるとともに、マスタ・ウォーニングの警報が発せられる。

#### 2.14.4 客室内の煙の検知システム

同機の客室内煙検知システムは、各ラバトリ及びドア5・クルー・レストエリアに設置されており、煙を検知した場合はアップ・EICAS・ディスプレイにアラート・メッセージが表示される。

### 3 事実を認定した理由

#### 3.1 解析のための試験及び研究

##### 3.1.1 CMCの記録内容

CMCには、APUに関して「コンパートメント・ファイア」、「オート・シャットダウン」、「コンピュータ・フォルト」、その他のパラメータがあるが、記録されていたメッセージを点検したところ、不具合が発生したことを示すものはなかった。

またエンジン、ブリード・エア、エアコン及び機内与圧システムに不具合が発生したことを示すメッセージも記録されていなかった。

##### 3.1.2 DFDR及びCVRの記録内容

###### 3.1.2.1 DFDRの記録内容

DFDRには、106項目の数量による飛行データと168項目のディスクリート信号による飛行データが記録されていた。主要な記録内容は次のとおりであった。

(1) DFDRの記録の時刻には3秒の誤差があったため、他の記録と照合することにより時刻の補正を行った。

(2) DFDRの記録には、煙や火災の発生を含み、同機の各システム又は運航に

異常が発生したことを示す記録はなかった。

(3) DFDRの記録によれば、同機は、20時49分40秒ごろ着陸し、同50分30秒ごろ滑走路を解放して誘導路C8に入り、誘導路C8Bを經由して、同51分40秒ごろ以後、誘導路Tを走行した。

同機は、スポット56番への右旋回を同53分05秒ごろ開始し、同35秒ごろ旋回を終了して、以後スポットに向かった。

エンジンの運転については、着陸後の減速のためにスラスト・リバーサを使用した後は、同53分59秒ごろ全エンジンが停止されるまで、アイドル回転数で運転していた。

(4) APUに関してDFDRには、「APUファイア」に関するデータのみが記録されるが、APUに火災が発生したことを示す記録はなかった。

### 3.1.2.2 CVRの記録内容

CVRには、同機の全エンジンが停止され、CVR作動用電源が切れた20時53分59秒までの19分25秒間の音声記録されていた。主要な記録内容は次のとおりであった。

(1) CVRの記録には、操縦室内に侵入してきた白煙状のものを最初に発見したオブザーバが、「スモーク」と運航乗務員に報告した音声記録されている20時53分20秒ごろまでの間は、同機の各システム又は運航に異常が発生したことを示す音声の記録はなかった。

(2) 20時52分50秒ごろから、誘導路Tから駐機場に入るための、誘導員の視認、航空機の灯火の消灯、右旋回の実施等に関する運航乗務員間の通常のやりとりが記録されていた。

(3) 20時53分20秒ごろ、「スモーク」という声が記録された後、同53分30秒ごろまでの間、運航乗務員が操縦室に充満し始めていた白煙を認知し、煙の性質や発生源等、発生した事態を確認しようとしたことを示す会話や、処置は機体を停止させてから実施しようとしたことを示す会話が記録されていた。

(4) 20時53分33秒ごろ、客室乗務員からのインタフォンの緊急呼び出し音が記録され、その後、副操縦士と客室乗務員間の連絡がとれ、同53分39秒ごろ、副操縦士が「キャabinはスモーク多いですか。」と客室内の状況を質問したのに対し、「ハイ 多いです。」と応答し、運航乗務員が客室内の煙の充満について認知したこと等を示す約10秒間の会話が記録されていた。

(5) 20時53分48秒ごろから、機長が緊急脱出の実施を決定し、副操縦士が同意して応答し、機体の停止、全エンジンの停止等の緊急手順を開始したことを示す、機長の「止まって、エバックしよう。」、副操縦士の「ハイ、エバッ

クしましょう。」、機長の「OK、カット 1、2、3、4 カットオフ…」等の会話が記録されていた。

- (6) なお、緊急脱出手順が開始された直後の20時53分59秒をもって、CVRの記録が終了しているため、乗客等に対する「緊急脱出の実施」についての機長の指示の音声は記録されていなかった。

### 3.1.3 APU始動時刻の推定

運航乗務員は同機が誘導路C8Bを地上走行中にAPUをオンにしたと述べていることから、DFDRに記録された同機の動きと照合した結果、APUの始動が開始されたのは20時51分10秒ごろと推定される。またAPUの回転数が上昇して安定するのに約30秒を要することから、APUの運転が安定したのは20時51分40秒ごろと推定される。

### 3.1.4 APUの分解調査

APUの分解調査を実施したので、その結果を次に記す。

#### 3.1.4.1 ロード・ギアボックス

- (1) インพุット・ドライブ・ギア、クーリング・ファン・アイドラ・ギア及びクーリング・ファン・ドライブ・ギアが破損していた。ギアボックス底部にあるオイル・スカベンジ・マグネチック・チップ・ディテクタには金属片が付着していた。同底部のオイル・スカベンジ・フィルタには多量の細かい金属片が蓄積しフィルタをふさいだ状態となっていた。ギアボックス内には少量の金属片が溜まっており、また、内壁にはかき傷があった。(写真3～写真6参照)

ギアボックス内には0.84 lのオイルが残っていた。

- (2) インพุット・ドライブ・ギア(歯数26)のすべての歯の中央部が、当該ギアと噛み合うクーリング・ファン・アイドラ・ギアの歯幅分、破損していた。
- (3) クーリング・ファン・アイドラ・ギア(歯数47)は歯の根元近くのギアのウェブが、円周方向に約5cm(8個の歯分)破断していた。このうち7歯分は、破片5片となってオイル・スカベンジ・フィルタ及びギアボックス内に溜まっていた金属片の中から回収された。

8個の歯以外の歯は、すべてつぶれていた。

- (4) クーリング・ファン・アイドラ・ギア・シャフトの前方側ローラ・ベアリング・リテーナを取り付けている3本のボルトが緩んでいたが、ベアリング及びボルトのタブ・ワッシャには異常はなかった。
- (5) クーリング・ファン・アイドラ・ギアと噛み合うクーリング・ファン・ドライブ・ギア(歯数24)はすべての歯が根元部で破損していた。20個分の歯

の破片20片がオイル・スカベンジ・フィルタ及びギアボックス内の金属片の中から回収された。

- (6) クーリング・ファン・ドライブ・ギア・シャフトの後方側ローラ・ベアリング・リテーナを取り付けている3本のボルトのうち、2本は緩んでいたが、ベアリング及びボルトのタブ・ワッシャには異常はなかった。
- (7) インプット・ドライブ・ギアと噛み合うACジェネレータ・アイドラ・ギアの歯にはかじり傷があった。
- (8) 右側ACジェネレータ・ドライブ・ギアは歯の片側の面にかじり傷があった。左側ACジェネレータ・ドライブ・ギアには異常はなかった。

#### 3.1.4.2 ロード・コンプレッサ

- (1) ロード・ギアボックスとロード・コンプレッサの間のNo.0ベアリング・エア・シールには損傷はなかったが、オイルが付着していた。(写真7参照)
- (2) ディフューザ・ケース内壁及びインペラにはオイルが付着していた。
- (3) ロード・コンプレッサに隣接するAPUブリード・エア・ダクト内にはオイルが付着していた。

#### 3.1.4.3 ロード・ギアボックス以外のオイル系統

- (1) オイル・タンクにはオイルが1.8ℓ残っていた。オイル・タンクの容量は18ℓ、使用可能量は16ℓ、使用不能量は2ℓであることから、使用可能なオイルのほぼ全量がなくなっていたこととなる。
- (2) オイル・タンク底部のオイル・フィルタには、ごく少量の砂状の金属片が溜まっていた。
- (3) オイル・プレシャ・ポンプ後流のメイン・フィルタには約茶サジ1杯分の砂状の金属片が溜まっていた。
- (4) オイル・プレシャ・ポンプのギアには数片の微小な金属片が付着していた。
- (5) ロード・ギアボックス・オイル・スカベンジ・ポンプには数条の条痕があった。
- (6) アクセサリ・ギア・ボックス・オイル・スカベンジ・ラインのマグネチック・チップ・ディテクタには、少量の髭状の金属片が付着していた。チップ・ディテクタ後流のフィルタにはごく少量の砂状の金属片が溜まっていた。

#### 3.1.4.4 排気ダクト

ほぼ全面にオイルが付着していた。

### 3.1.5 APUのロード・ギアボックスの破損ギアの調査

目視及び走査電子顕微鏡により調査を行なった結果を次に記す。

#### 3.1.5.1 クーリング・ファン・アイドル・ギア（写真8～写真13参照）

ウェブの破断面のうち2箇所及び当該破断面と対応する歯の破片に、歯の谷部を起点とし、ギアの回転方向と同方向に進行したビーチ・マークが認められた。

走査電子顕微鏡で調査した限りでは、ビーチ・マークの起点部に加工不良、材質不良等の不具合は認められなかった。

#### 3.1.5.2 クーリング・ファン・ドライブ・ギア（写真14参照）

7個の歯の破断面及び当該破断面と対応する破断した7個の歯の破片に回転方向と同方向に進行した疲労痕（ビーチ・マーク及びビーチ・マークを生じない疲労痕）が認められた。その他の破断面は細かい平行な筋状の痕跡が生じていたか又はつぶれていた。

走査電子顕微鏡で調査した限りでは、疲労痕の起点部に加工不良、材質不良等の不具合は認められなかった。

#### 3.1.5.3 その他のギア

破損したインプット・ドライブ・ギアの歯の中央部（クーリング・ファン・アイドル・ギアとのかみ合い部）にはビーチ・マーク等の疲労痕はなかった。

ジェネレータ・アイドル・ギア及びジェネレータ・ドライブ・ギアの歯面にはかじり傷が認められたが、ビーチ・マーク等の疲労痕はなかった。

### 3.1.6 ギアの硬度試験調査

破損したクーリング・ファンのアイドル・ギア及びドライブ・ギアについて、歯の根元付近の硬度試験を実施して、その測定値をプラット・アンド・ホイットニー社が定める基準値と比較した結果を次に記す。

(1) アイドラ・ギア： 表面からの深さ0.20mmにおいて約6HRC(ロックウェルC硬度)の不足

(2) ドライブ・ギア： 表面からの深さ0.20mmにおいて約4HRC(ロックウェルC硬度)の不足

これらの歯の硬度の不足は、表面硬化処理が不十分であったことによるものと推定される。

### 3.1.7 APU関連システムの調査

APUを制御しているAPU・コントローラ、ブリード・エア・サプライ・シス

テムを制御しているエア・サプライ・コントロール・アンド・テスト・ユニット、APU・アイソレーション・バルブ、APU・ダイバータ・バルブ、及びCMCの機能試験を実施した結果、異常はなかった。

### 3.1.8 脱出スライドの機能と降雨との関係に関する実験

関係者によれば、事故当時、現場では雨が降っていたとのことであり、また脱出した乗組員及び乗客の中には、脱出スライドが雨で濡れていたため滑りやすかったと述べる者がいた。

全日本空輸株式会社では、航空事故調査委員会の立会いのもとに、スライドによる脱出時の滑降速度、着地姿勢等が、乾燥及び濡れた状態、滑降姿勢の違い等の条件により、変化するか否かを評価する目的で、次の実験を行った。

#### 3.1.8.1 実験の条件

実験は、ボーイング式747型L1脱出口のモックアップに対して、L4用の脱出スライドを取り付けて行われたが、これはL1用脱出スライドを用いた場合とほとんど同じ条件となる。実測により脱出スライドの取り付け高さは地上高約4.8m、傾斜は約32度であった。

また、この実験は、脱出スライド表面が乾燥状態の場合、並の雨(5mm/h程度)30秒継続、及び強い雨(15mm/h程度)1分継続を想定した場合の3種類の状態を設定し、さらにそれぞれ次の条件を設定して組み合わせ、数十種類の設定条件のもとに滑降速度が測定された。

##### (1) 滑降試験の被験者及び被験物

20歳代男性、40歳代男性、40歳代女性及び重量46kgの箱状のダミー

##### (2) 衣服の素材

被験者については木綿の着衣で実験、ダミーについてのみ、ポリエステル、ウール及び木綿の3種類の衣服素材で覆い実験

##### (3) 滑降開始条件

ジャンプして滑降に入る方法及び座った状態から滑降を開始する方法

##### (4) 滑降姿勢

ア：腕を前方に伸ばす姿勢及び腕を前に組む姿勢

イ：上体を起こして座った姿勢及び背中をつけた仰向けの姿勢

#### 3.1.8.2 実験結果及び解析

前項(3.1.8.1)に述べた滑降速度実験の結果及び設定された各種条件と滑降速度の関係を、解析したので次に記す。

#### (1) 脱出スライド表面の濡れの影響

並の強さの雨を想定した実験の結果では、上体を起こして座った姿勢で滑降速度がやや大きく、また終端での減速効果が低下する。仰向けの姿勢では滑降速度の増加はほとんどないが、終端での減速効果が低下することには変わりがない。さらに強い雨を想定した実験では、いずれの姿勢の場合も滑降速度が増加し、また終端での減速が悪くなる。

脱出スライドが濡れた状態では、全般として滑降速度がやや速い傾向があり、また終端での減速が低下することが言える。強い雨の場合ほどこの傾向は強くなる。

#### (2) 衣服の素材の影響

ダミーにより衣服の素材を取り替えて滑降速度を計測した実験結果によれば、脱出スライドが濡れた状態で、ウールの場合はやや大きく、ポリエステルでは乾燥状態よりむしろ遅い。

このことから衣服の素材によって、滑降速度に相違のあることが考えられる。

#### (3) 滑降開始方法(ジャンプ・座位)の影響

ジャンプして滑降に入った場合のほうが、座った状態から滑降を開始した場合よりも滑降速度がやや大きくなる傾向がある。いずれの場合も、乾燥状態では脱出スライド終端において被験者は減速されるが、濡れた状態では減速が少ない。

座った状態から滑降を開始した場合よりも、ジャンプして滑降に入った場合の方が時間効率良く脱出できると言われているが、滑降速度はやや大きくなる傾向があり、脱出スライドが濡れている場合には終端での減速が低下する。

#### (4) 滑降姿勢の影響

乾燥及び濡れた状態共に、上体を起こして滑降したほうが、背中をつけた仰向け姿勢で滑降した場合よりも、滑降速度がやや速い。乾燥状態では、終端での減速効果が効いて両姿勢とも終端速度がほぼ同じになる。濡れた状態では共に終端での減速が低下する。(仰向け姿勢のまま着地する実験は行われなかった。)

仰向け姿勢で滑降した場合の方が、上体起こしの姿勢よりも滑降速度がやや遅いが、着地の際正常な姿勢を取りにくいことが考えられる。

### 3.1.8.3 実験結果のまとめ

脱出スライドは、乾燥状態において正常に滑降した場合は、正常な着地が可能

とされているが、降雨で濡れた状態でも緊急時の脱出に供し得るものである。

ただし実験の結果から、降雨の場合は、滑降開始方法、滑降姿勢、衣服の素材等の条件によって違いはあるものの、全般的に、滑降速度がやや大きくなり、また終端での減速効果が低下する傾向がある。このため経験のない一般乗客にとって正常な着地がやや困難となる場合も考えられる。また強い雨の場合は、この傾向はさらに強くなる。

### 3.1.9 乗客の負傷についての調査

#### 3.1.9.1 乗客の年齢層・性別による負傷者の割合

乗客475名のうち重傷者9名のほか軽傷者108名が発生した。乗客の年齢層別における負傷者の割合は、40歳未満では約10%、40歳台では約20%であるが、50歳以上では約40%であり負傷者の割合が多かった。また男女別における乗客の負傷者の割合は、男性約14%、女性約39%であった。50歳以上の男女別の負傷者の割合は、男性約25%、女性約53%であった。

#### 3.1.9.2 重傷者の負傷状況

重傷を負った9名の乗客によれば、負傷したのは脱出スライドを滑り降りて着地した時であったとのことである。

同機に搭乗していた乗客は特定の年齢層に偏ったものではなかったが、重傷者の年齢はすべて50歳以上であった。50歳以上の乗客の男女の割合はほぼ同じであったが、重傷者は男性が1名で、女性が8名であった。

重傷者の受傷の内訳は、椎骨圧迫骨折6名（第12胸椎圧迫骨折4名、第9胸椎圧迫骨折1名及び第1腰椎圧迫骨折1名）、その他の骨折2名及び捻挫・打撲1名となっており、椎骨圧迫骨折、とりわけ第12胸椎圧迫骨折の発生が顕著である。

注：成人の脊骨は、7個の頸椎、12個の胸椎、5個の腰椎その他で構成される。各椎骨は上から順に番号が付されて名称がつけられ、例えば上から12番目の胸椎は第12胸椎と呼ばれる。

#### 3.1.9.3 高齢者の椎骨の強度についての調査

3.1.9.2に述べたように、重傷者が高年齢であり、また椎骨圧迫骨折が多かったことから、高齢者の椎骨の強度及び脊椎の圧迫骨折について調査を行った。

##### (1) 椎骨の強さの加齢による変化

人間の椎骨の圧縮破壊荷重を測定したところ、高年齢層のものは若年齢層

のものより弱いという結果が報告されている。40・50歳代の椎骨の強さは、20・30歳代よりも22%弱く、60・70歳代ではほぼ50%弱いという結果である。(山田博「人体の強度と老化」1979参照)

骨組織においては、破骨細胞により古い骨が吸収される一方、骨芽細胞により新しい骨が形成されることにより、一生を通じて骨形成と骨吸収がバランスよく行なわれるが、このバランスがくずれて骨の量と質が低下すると代謝性骨疾患となる。なかでも加齢変化による症状を老人性骨粗しょう(鬆)症という。骨粗しょう(鬆)症とは、骨が正常な組成のまま骨質の量が減少した状態であり、皮質骨が薄くなり、海綿骨の骨梁の数と太さが減少して粗となる。定義を概念的に述べると「骨の単位体積当たりの骨塩(骨無機質)及び骨有機質の双方の減少により骨の力学的強度が低下した状態」である。(「臨床整形外科学」中外医学社参照)

## (2) 骨粗しょう(鬆)症化の男女比較

特に女性の場合は、閉経後、急速に骨質の減少が進行することが多いことから、それを閉経後骨粗しょう(鬆)症と呼ぶことが多い。女性においては、閉経後、蛋白同化ホルモンの分泌が低下して骨芽細胞の活動が抑制される反面、蛋白分解を促進するホルモンの分泌が正常に維持されて破骨細胞の活性が維持されたままであることが原因であるとされている。

骨の強さを評価する一つの目安として、骨密度の測定調査がある。日本人健常女性916例について行った第2～第4腰椎の骨密度(bone mass density)の臨床参考値から最大骨密度(peak bone mass density)を求め、その値から標準偏差の2倍を減じた値以下の事例を骨粗しょう(鬆)化ありと判定する場合、この調査では40歳代29%、50歳代52%、60歳代78%、70歳以上87%の事例が該当した。(串田一博「高齢者の骨折」整形外科MOOK No.62 1991参照)

これに反して男性の場合は加齢によって骨の老化が進行する割合は比較的少ないとされている。

## 3.2 解析

3.2.1 運航乗務員は適法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。

3.2.2 同機は有効な耐空証明を有し、所定の整備及び点検が行われていた。

3.2.3 APUの始動と白煙の発生

同機は、着陸後、誘導路C8Bを通過中の20時51分10秒ごろ、APUを始

動し、誘導路Tを平均時速約20kmで地上走行した後、スポット56番への旋回を終了したころ、操縦室に白煙が充満し始めているのを同乗のオブザーバが発見し、20時53分20秒ごろ、機長に対して「スモーク」と報告した。その頃、客室にも白煙が充満しており、20時53分33秒ごろ、客室乗務員がそのことを報告しようとしてインタフォンで操縦室を呼び出した際、副操縦士の「スモーク、多いですか。」の問いかけに対して「多いです。」と答えた。この時点で、運航乗務員は既に機内全体に白煙が充満していたことを認知したものと推定される。

APUの始動から、機内に白煙が発生し始めるまでの時間は、おおよそ2分間であったものと推定される。

### 3.2.4 機体の停止と緊急脱出指示

白煙を認知した機長と副操縦士は、停止して緊急脱出することについてほとんど同時に声を掛け合い、20時53分55秒ごろ、同機を停止させて直ちに全エンジンを停止し、APUの停止、消火処置等の緊急手順を実施したことが認められる。

緊急脱出の指示は、EVAシグナル及び機内放送を使用して、20時54分ごろに行われたことが認められる。

### 3.2.5 機長の緊急脱出判断

機長によれば、白煙の発生源が不明であること、白煙の性質を特定できなかったこと及び客室乗務員からの報告で客室でも煙が多いとのことから、白煙が有害である可能性及び火災発生の危険性を考慮し、乗客の安全を優先して直ちに緊急脱出を行うことを決心したとのことである。

調査の結果、機内に充満した白煙はAPUのオイルが微粒子化して霧状になったものであったことが認められ、その濃度があまり濃いものでなかったことから人体への有害性又は火災の危険性はほとんどなかったものと推定される。しかし当時の状況下では、機長がそれを知ることは不可能であって、緊急脱出以外に適切な処置はなかったものと認められる。

### 3.2.6 APUのロード・ギアボックスのギアの破損

3.2.6.1 3.1.5に述べたように、クーリング・ファンのアイドル・ギア及びドライブ・ギアにビーチ・マーク等の疲労痕が認められたことから、これらのギアの一部の歯は疲労破断したものと推定される。疲労破断により一部の歯が欠落したため、両ギアの噛み合いがずれて、アイドル・ギアの歯が破断するとともに、ドライブ・ギアの歯も破断したものと推定される。

3.2.6.2 クーリング・ファン・アイドル・ギアの歯が破断したためインプット・ドライブ・ギアとの噛み合いがずれ、クーリング・ファン・アイドル・ギアがインプット・ドライブ・ギアにより、噛みつぶされるとともに、インプット・ドライブ・ギアの歯も破損したものと推定される。

3.2.6.3 また、インプット・ドライブ・ギアの歯が破損したため、同ギアと噛み合っているジェネレータ・アイドル・ギア及びジェネレータ・アイドル・ギアと噛み合っているジェネレータ・ドライブ・ギアが二次的に順次破損したものと推定される。

3.2.6.4 3.1.4に述べたように、クーリング・ファン・アイドル・ギア・シャフト及びクーリング・ファン・ドライブ・ギア・シャフトを保持しているベアリングのリテーナ取り付けボルトが緩んでいたのが認められた。

この緩みは、ギアが破損した際に生じた荷重によって発生したものと考えられるが、APU運転時の振動及びケーシングの共振により生じた可能性を否定することはできない。

3.2.6.5 クーリング・ファンのアイドル・ギア及びドライブ・ギアに疲労が発生したことは、APU運転時の振動及びケーシングの共振により、クーリング・ファン・シャフトに振動が生じたことによるものと推定される。このことには、浸炭処理が不十分であったことによるものと推定されるギアの歯の硬度の不足が関与したものと考えられる。

### 3.2.7 APUのオイルが機内へ混入した理由

3.2.7.1 ロード・ギアボックス内の潤滑は、オイル・ノズルからオイルを噴霧することにより行っている。オイルの作動圧力は80psi、作動温度は82°C（いずれも定常値）である。

3.2.7.2 APUのN<sub>1</sub>シャフトの前端はロード・ギアボックス内のNo.0ベアリングによって保持され、ロード・ギアボックスとその後方のロード・コンプレッサとの間はNo.0ベアリング・エア・シールによって分離されている。

当該エア・シールにはロード・ギアボックスの内圧より高いハイ・プレッシャ(N<sub>2</sub>)・コンプレッサの背圧がかかっており、この空気差圧によってNo.0ベアリングを潤滑したオイルがロード・コンプレッサ内に漏洩しないようにしている。この空気差圧は数psi程度である。

エア・シールに使われた空気の一部は当該エア・シール内部の経路を通してアクセサリ・ギアボックスを経てエア・ブリーザ・ラインから機外に排出される。

また空気の一部は、エア・シール内部の経路を通してベント・ラインを経てエア・ブリーザ・ラインに合流して機外に排出される。

3.2.7.3 CMC及びDFDR等の記録、事故後の機体の調査並びに機長及び副操縦士の口述によればエンジンに異常はなく、またAPUは正常に始動し、ブリード・エアのみを供給して作動していたものと認められる。

エンジンからのブリード・エア圧は約45psiであり、一方APUからのブリード・エア圧は約56psiなので、当時、主にAPUからのブリード・エアがエアコン・システムで使用されていたものと認められる。

3.2.7.4 3.1.4.1(1)に述べたように、ロード・ギアボックス内のギアが破損し、多量の金属片がオイル・スカベンジ・フィルタに蓄積していたことが認められた。このことから、オイルが当該エア・シールを通過してロード・コンプレッサ内に漏洩したことは、ギアの破片がオイル・スカベンジ・フィルタを閉塞したためにオイルの排出が円滑に出来なくなり、さらに送油が続いたためにロード・ギアボックスの内圧が上昇し、No.0ベアリング・エア・シールにかかっている差圧より大きくなったことによるものと推定される。

ロード・コンプレッサ内に噴射され粒子化したオイルのうち、多くはAPUブリード・ダクトを通過してエアコン・システムに入ったものと推定される。

また、ロード・コンプレッサ内に噴射されたオイルのうち一部はダイバータ・バルブを通過して機外に排出されたものと推定される。

3.2.7.5 また、エア・シールから漏洩したオイルの一部はエア・シール内部の経路を通過してエア・ブリーザ・ラインから機外に排出されるとともに、当該ラインのラバー・チューブに割れがあったことから、この箇所からオイルが漏れてAPUアクセス・ドアにオイルが付着したものと推定される。(付図7参照)

3.2.8 APUから漏れたオイルの状態

3.2.8.1 機体調査の結果、APUロード・コンプレッサ内、APUブリード・エア・ダクト内等にはオイルが付着していたがオイルが燃えた痕跡はなかった。

また、次のとおり各システムのオーバ・ヒート・プロテクションはオーバ・ヒート状態が生じたことを検知していなかった。

(1) APUブリード・エア・ダクトに取り付けられているオーバ・ヒート・スイッ

チ(121°Cで作動)が作動するとAPUは自動停止することとなっているが、APUは自動停止しなかった。

(2) エアコン・システムにはエア・サイクル・マシンのオーバ・ヒート(218°Cで作動)及びバック・ディスチャージ・オーバ・ヒート(85°Cで作動)の両プロテクションが設けられており、これらが作動するとエアコン・システムは自動停止することとなっているが、エアコン・システムは自動停止しなかった。

(3) APUから客室の通風口までの間において空気が最も高温になる箇所はロード・コンプレッサの出口の箇所であり、当時の気温9°Cの状態では約220°Cであったと推定される。エクソン社の資料によれば、オイルの引火点(引火温度)は249°C、発火点(自然発火温度)は415°Cであり前記の温度より高い。また、APU空気取入口から操縦室及び客室の通風口までの間に点火源はない。

以上のことからオイルは燃焼しなかったものと推定される。

3.2.8.2 No.0ベアリング・エア・シールとエア・シール・ボアとの間隙は約0.02in(約0.5mm)であって狭いこと及びロード・コンプレッサ・インペラは遠心式圧縮機であり高速回転していることから、オイルはエア・シールから噴射状態でロード・コンプレッサへ漏洩し、ロード・コンプレッサ内で飛散してブリード・エアと混合することにより微小なオイルの粒子になったものと推定される。オイル粒子のうち比較的大きなものは内壁に衝突し付着するが、ごく微小なものは相対的に表面張力が大きくそのままブリード・エアと混合して白い霧状となり、通気口から客室及び操縦室に噴入したものと推定される。

ごく微小な霧状のオイルの粒子は、冷却や減圧など環境の変化の影響を受けることが少なく、たとえば長い通気管を通り抜けてもほとんどその状態を変えないという特性を有しており、このようなオイルの粒子のことを工業分野では「ドライ・ミスト」と呼んでいる。

### 3.2.8.3 漏洩したオイルの量

オイル・タンクの油の容量は18ℓであり、ロード・ギアボックスへのオイル・ポンプの吐出量は約10ℓ/minである。機体調査によればオイル・タンクにはオイルが約1.8ℓ残っていたので、約16ℓのオイルが、ロード・ギアボックス・オイル・スカベンジ・フィルタの閉塞後、2分弱の間に漏洩したものと推定される。

### 3.2.9 緊急脱出の実施

機長の緊急脱出の指示は、20時54分ごろ、E V A C シグナル及び機内放送により行われた。

客室乗務員は、客室に充満した白煙の状況から緊急脱出指示があるものと予想していたので、遅滞なく緊急脱出手順を実施したと述べており、また、地上作業員は、同機が停止してすぐに緊急脱出が実施されたと述べていることから、緊急脱出は遅滞なく開始されたものと推定される。

### 3.2.10 緊急脱出に要した時間

管制交信記録によれば、同機は20時56分00秒ごろ、グランド・コントロールに対して、運航乗務員が脱出する旨の通報を行っており、機長によれば、運航乗務員が客室に出たときには、すでに乗客の脱出は完了していたとのことから、緊急脱出の指示があってから乗客の脱出が完了するまでの時間は2分以内であったものと推定される。

### 3.2.11 アップ・デッキ右側脱出スライドの不具合

#### 3.2.11.1 アップ・デッキ右側脱出スライドの展開の不十分

当該脱出口を担当した客室乗務員によれば、当該スライドは、展開した当初はやや後方斜めにずれて展開し、その後正常になったかに見えたが、2名の乗客が脱出した時点で傾斜が急になったので危険と判断し、使用を中止したとのことである。また、事故後の調査では、当該スライドの上側気室の膨らみが不足しているのが認められた。

2.13.2に述べたとおり、詳細調査の結果、上側気室の右側ターボ・ファンの破損が認められ、また、気室にはターボ・ファンとの結合箇所付近に、17箇所の裂け目及び10数箇所のピンホールが認められた。

アップ・デッキ右側脱出スライドの展開が不十分であったのは、上側気室のターボ・ファンが破損したことにより空気の吸入量が少なくなり、当該気室が十分に膨張しなかったこと、並びに破損したターボ・ファンのファン及びステータの破片が当該気室に吸い込まれたことにより、気室に裂け目等が生じて気室内に送り込まれた空気等の一部が漏れたことによるものと推定される。

#### 3.2.11.2 ターボ・ファンの破損

2.13.2に述べたとおり、上側気室の内部には右側ターボ・ファンのタービン、ファン及びステータの破片とともに脱出スライドの客室側側面に取り付けられているフェイスル・パネルに接着されているPシールの破片が入っていたこと並

びにファン及びステータの破断面には疲労の痕跡はなかったことから、ターボ・ファンが破損した原因として次のうちいずれかによるものと推定される。

(1) はがれたPシールがターボ・ファンに吸い込まれてファンに当たり、ファンに過荷重が生じて破断し、ファンとロータが分離し、ファンの破片がステータに噛みこんでステータが破断した。

(2) はがれたPシールがターボ・ファンに吸い込まれ、ファンが拘束されて急減速したことによってファンを保持しているステータに過荷重が生じて破断し、ステータの破片がファンに噛みこんでファンが破断してファンとロータが分離した。

Pシールがはがれた原因については、製造時のフェイシャル・パネルへの接着不良等が考えられる。

### 3.2.12 L3脱出口の脱出スライド

2.12.2.3 (3)及び 2.13.1.5に述べたように、当時、L3脱出口の脱出スライドは展開せず、ドアのモード・セレクタ・ハンドルがマニュアル位置となっていた。ドアを閉じ、セレクタ・ハンドルをオート位置に切り替えて展開試験を行ったところ、脱出スライドは正常に展開した。このことから、脱出スライドが展開しなかったのは、担当客室乗務員がマニュアル位置に切り換えた後に脱出口を開ける操作を行ったことによるものと推定される。

### 3.2.13 負傷の発生

負傷の内訳は、重傷者については主に骨折であり、軽傷者については主に打撲、捻挫、擦り傷等であった。

負傷した時期については、負傷者の口述によれば、重傷者については脱出スライドを滑り降りて着地した際であり、軽傷者については脱出スライドを滑降中又は着地した際であったとのことであり、また、当時、機内がパニック状態となって負傷が発生した等の事実もないことから、これらの負傷は脱出スライドを滑降した際、又は着地した際に発生したものと推定される。

2.14.2から、脱出スライドは、火災等の緊急時に迅速に脱出できることを旨として設計されたものであるため、滑降条件を悪くするような要因が関与した場合には負傷の発生があり得るものと推定される。

### 3.2.14 重傷者の年齢と負傷

3.1.9に述べたように、同機に搭乗していた乗客は特定の年齢層に偏ったものではなかったが、重傷を負った9名の乗客の年齢はすべて50歳以上であり、その内、

骨折の診断を受けた者が8名で、他の1名は捻挫・打撲であった。

高齢者は概して身体及び運動機能が十分でなく、骨の丈夫さが特に高齢の女性においては損われる傾向があり、本事故における重傷者の年齢がすべて50歳以上であったことには、このことが負傷の要因の一つとして関与したものと推定される。

### 3.2.15 足首骨折の負傷

左足首骨折の重傷を負った乗客は、滑降後、脱出スライド下で立ち止まったか又は滑降間隔が少なかったために、後続の乗客に後ろから衝突されて転倒し、その際負傷したものと推定される。

### 3.2.16 アップ・デッキ脱出口からの脱出

2.12.2.6に述べたとおり、アップ・デッキの脱出口から脱出した乗客数に対する軽傷を含む負傷者数の割合は約38%であり、メイン・デッキからの脱出における負傷の割合である約23%よりも多かった。また、重傷を負った乗客については、9名の内4名がアップ・デッキ脱出口から脱出した者であった。

アップ・デッキ脱出口の地上からの高さは約7.8mであり、メイン・デッキの脱出口よりも高い位置にあることから、滑降距離が長いためややもすれば滑降時の姿勢が崩れやすい傾向が考えられ、このことがアップ・デッキからの脱出者の負傷の割合を高くした要因の一つとして考えられる。

### 3.2.17 椎骨圧迫骨折の関与要因

3.1.9に述べたように、重傷を負った9名の乗客中8名が50歳以上の女性であった。負傷の内訳は、椎骨圧迫骨折6名（第12胸椎圧迫骨折4名、第9胸椎圧骨折1名及び第1腰椎圧迫骨折1名）、その他の骨折2名及び捻挫・打撲1名であり、椎骨圧迫骨折、とりわけ第12胸椎圧迫骨折が多かった。

3.1.9.3に述べたように、高齢化に伴う骨の老化現象は椎骨において顕著であり、また女性は男性よりも骨の老化傾向が強い。

このことから、本事故における重傷者に椎骨圧迫骨折が多かったことには、高齢の乗客の椎骨の老化が要因の一つとして関与したものと考えられる。

### 3.2.18 降雨が脱出スライドの滑りに与える影響

関係者の口述によれば、事故当時、現場では雨が降っていたとのことであり、また乗客及び乗組員の中には脱出スライドが雨で濡れていて滑りやすかったと述べる者がいた。21時の東京航空地方気象台の観測値によれば、10mmの降雨量が記録されていた。

2.14.2に述べたように、ボーイング社の仕様では、脱出スライドの表面材は乾燥した状態及び濡れた状態で適切な摩擦係数を有することとし、また脱出スライドの製造者であるB.F.グッド・リッチ社では、脱出スライド表面材を選定した際、摩擦係数を測定して素材がボーイング社の仕様に適合していることを確認しているとのことである。

3.1.8に述べた実験の結果から、脱出スライドは濡れた状態でもほぼ適切に使用できるものと推定されるが、濡れた状態での滑降速度は乾燥状態よりもやや速く、また終端での減速効果が悪いため、正常な着地を行うのがやや困難な場合もあり得ると考えられる。

重傷者によれば、負傷したのはすべて脱出スライドを滑降して着地した際であったとのことであり、このことには脱出スライドが降雨により濡れていたことが要因の一つとして関与したものと考えられる。

### 3.2.19 緊急脱出時における手荷物等の携行の影響

脱出スライド滑降時に荷物を携行することは危険であるため、各航空会社は、緊急脱出の際には、客室乗務員は乗客に対して手荷物を持たないように指示することとしている。

客室乗務員、一部の乗客及び地上の目撃者の口述から、客室乗務員は乗客に対して手荷物を持たないように大声で指示したが、おおよそ2割程度の乗客が手荷物等を持って滑降したことが推定され、このことが負傷が発生した要因の一つとして関与したものと考えられる。

## 3.3 解析の要約

3.3.1 同機は、着陸後、誘導路上を走行中にAPUを始動し、おおよそ2分後に客室及び操縦室に白煙が発生した。

3.3.2 運航乗務員は白煙の発生を認知して直ちに同機を停止し、機長の緊急脱出指示により緊急脱出が実施された。乗客の緊急脱出に要した時間は2分以内であったものと推定される。

3.3.3 調査の結果、当時発生した白煙の濃度では、人体への有害性及び火災発生の危険性はほとんどなかったものと推定されるが、当時の状況下では、機長は、機内に充満していた白煙の発生源及び性質を知ることはできなかったものと認められ、機長が乗客の安全を優先して緊急脱出を実施したこと以外に適切な処置はなかったものと認められる。

- 3.3.4 当時、APUの運転中、ロード・ギアボックスのクーリング・ファン・アイドル・ギア、クーリング・ファン・ドライブ・ギア及びインプット・ドライブ・ギアが破損し、当該ギアボックスのオイル・スカベンジ・フィルタに蓄積した破片が同フィルタを閉塞したことにより、当該ギアボックスの内圧が上昇して、No. 0ベアリング・エア・シールにかかっている差圧より大きくなったため、オイルがロード・コンプレッサ内に漏洩し、その一部がエアコン・システムを経由して機内に噴出し、一部は機外に排出されたものと推定される。
- 3.3.5 APUのロード・ギアボックスのクーリング・ファン・アイドル・ギア及びクーリング・ファン・ドライブ・ギアが破損したことについては、クーリング・ファン・シャフトの振動等により、硬度が十分でなかったギアの歯が破断したため、アイドル・ギアとドライブ・ギアの噛み合いがずれて、両ギアの歯が破損したものと推定される。
- 3.3.6 No. 0ベアリング・エア・シールとエア・シール・ボアとの間隙は約0.02 in (約0.5 mm) と狭いこと、ロード・コンプレッサ・インペラが遠心式で高速回転していること及びロード・コンプレッサ内は高温であることから、オイルはロード・コンプレッサ内で粒子化又は気化されたものと推定される。
- 3.3.7 粒子となったものの内で粒子の大きいもの及び気化されたものは、その後冷やされ又はダクトの内壁に衝突して付着したが、極く微小な粒子は温度の影響を受けにくく、その状態を変えない特性を有しているため、ドライ・ミスト状態となって、通風口から機内に噴出したものと推定される。
- 3.3.8 ドライ・ミスト状態のオイルは、本来のオイル色ではなく白煙のような外観を呈するもので、当時の乗組員及び乗客の目には、あたかも白煙が機内に充満したように見えたものと推定される。
- 3.3.9 アップ・デッキの右側脱出スライドが十分に展開しなかったのは、上側気室の右側ターボ・ファンの破損により空気の吸入量が少なかったこと及び破損したファンの破片により上側気室が破損したことによるものと推定される。
- 3.3.10 ターボ・ファンの破損については、脱出スライドの客室側フェイシャル・パネルに取り付けられているPシールがはがれてターボ・ファンに吸い込まれ、ファン又はステータに過荷重が生じて破断したものと推定される。

3.3.11 重傷者は脱出スライドを滑降して着地した際に発生したものと認められる。これには、脱出スライドが雨で濡れていたこと、アッパ・デッキからの脱出であったこと、手荷物を携行していたこと等が要因として関与したことが考えられ、また、これらの要因は高年齢者、特に女性にとっては厳しいものであったことが考えられる。

## 4 原因

本事故は、同機のAPUのロード・ギアボックスのギアが破損して、オイルが漏洩し、ドライ・ミスト状態となって機内に充満したため、緊急脱出が行われ、脱出スライドを滑降した際に重傷者が発生したものと推定される。

## 5 参考事項

### 5.1 運輸省航空局のTCD

#### 5.1.1 APUに関するTCD(TCD-3858-93)

平成5年(1993年)5月7日、運輸省航空局は同日付発効のTCD(TCD-3858-93)を発行し、ボーイング式747-400型機について、APUの損傷を防止するため、APUのロード・ギアボックス及びアクセサリ・ギアボックスのマグネチック・チップ・ディテクタの検査及びその後の繰り返し検査、並びに必要なに応じてAPUの交換を行うよう指示した。

#### 5.1.2 APUに関するTCD(TCD-3861-93)

平成5年(1993年)5月14日、運輸省航空局は同日付発効のTCD(TCD-3861-93)を発行し、プラット・アンド・ホイットニー・カナダ式PW901A型APUを装備した航空機について、客室内に煙が侵入する不具合を防止するため、APUの使用回数10回、5日又は、当該TCDを実施できる整備基地に最初に搬入した日のうちいずれか早い時期までにAPUのロード・ギアボックスのオイル・ストレーナ・エレメントを取り外すよう指示した。

当該TCDはカナダ運輸省のAD(CF-93-09)に準拠したものである。

#### 5.1.3 脱出スライドに関するTCD(TCD-3999-94)

平成6年(1994年)4月19日、運輸省航空局は同日付発効のTCD(TCD-

3999-94) を発行し、延長型 2 階客室を有するボーイング式 7 4 7 系列型機について、2 階客室の脱出スライドのフェイスアル・パネルに取り付けられている P シールがはがれてターボ・ファンに吸い込まれ脱出スライドの展開が妨げられるのを防止するため、6 箇月以内に P シールを金属製のリテーナ（固定具）で固定するよう指示した。

当該 T C D は米国連邦航空局（F A A）の A D (94-01-15) に準拠したものである。

## 5.2 A P U に関するカナダ運輸省の A D (CF-93-09)

カナダ運輸省はボーイング式 747-400 型機について、A P U のロード・ギアボックスのアイドル・ギア及びクーリング・ファン・シャフトの破損により客室内に煙が侵入した不具合が 2 件発生し、この不具合は破損により生じた破片がロード・ギアボックスのスカベンジ・オイル・ストレーナを閉塞し、オイルがロード・ギアボックスからあふれてロード・コンプレッサのエア・システムに入ったことによる可能性があるとして、1993 年 5 月 13 日付けで緊急 A D (CF-93-09) を発行（1993 年 5 月 13 日発効）した。

当該 A D はプラット・アンド・ホイットニー・カナダ式 PW901A 型 A P U を装備した航空機について、A P U のロード・ギアボックスのアイドル・ギア及びクーリング・ファン・シャフトの破損により客室内に煙が侵入する不具合を防止するため、A P U の使用回数 10 回、5 日または当該 A D を実施できる整備基地に最初に搬入した日のうち、いずれか早い時期までにオイル・ストレーナ・エレメントを取り外すよう指示したものである。

## 5.3 米国連邦航空局（F A A）の A D

### 5.3.1 A P U に関する A D (T93-10-51)

F A A は 1993 年 5 月 20 日付けで同日付け発効の緊急 A D (T93-10-51) を発行し、プラット・アンド・ホイットニー・カナダ式 PW901A 型 A P U について、A P U の使用時間 10 時間または A D の発効後 5 日のうちいずれか早い時期までに、ロード・ギアボックスのオイル・ストレーナ・エレメントを取り外すこと、並びに、同時期までにロード・ギアボックス及びアクセサリ・ギアボックスのマグネチック・チップ・ディテクタを点検し、当該点検を A P U の使用時間 150 時間ごとに繰り返すことを指示した。

### 5.3.2 脱出スライドに関する A D (T94-01-15)

F A A は 1994 年 1 月 15 日付けで A D (94-01-15) を発行（1994 年 3 月 3 日発効）し、延長型 2 階客室を有するボーイング式 7 4 7 系列型機について、2 階客室の脱出スライドのフェイスアル・パネルに取り付けられている P シールを 6

箇月以内にボーイング社発行の A S B No.747-25A3056(1993年7月12日付)に基づいて、金属製のリテーナ（固定具）で固定するよう指示した。

#### 5.4 APUに関するプラット・アンド・ホイットニー・カナダ社の S B

プラット・アンド・ホイットニー・カナダ社は本事故後、PW901A型APUについてASB No.A16159（1993年5月7日付）、同改訂版 No.A16159 R1（1993年5月12日付）及び同改訂版No.A16159 R2（1993年10月18日付）を発行し、ロード・ギアボックスのスカベンジ・オイル・ストレーナを取り外し、金属屑をオイル・プレッシャ・ポンプ部に蓄積させてAPUを速やかに自動停止させる改造を示した。

また、S B No.A16161（1993年7月12日付）及び同改訂版A S B No.A16161 R2（1993年11月1日付）を発行し、ロード・ギアボックスのスカベンジ・オイル・ストレーナを形状の大きいものに、及び同ギアボックスのオイル・スカベンジ・ポンプを排油量の大きいものにそれぞれ交換する改造を示した。

更に、S B No.A16170（1994年6月16日付）及び同改訂版No.A16170 R1（1994年8月5日付）を発行し、クーリング・ファン・ドライブ・シャフトの支持方法の改造及びベアリングの追加と、クーリング・ファン・ハウジングの改造を示した。

#### 5.5 脱出スライドに関するボーイング社の S B

ボーイング社は本事故後、2階客室の脱出スライドに関してA S B No.747-25A3056（1993年7月12日付）及び同改訂版（1994年2月3日付）を発行し、脱出スライドのフェイスパネルに取り付けられているPシールがはがれてターボ・ファンに吸い込まれるのを防止するため、接着されているPシールにさらに金属製のリテーナ（固定具）を取り付ける改造を示した。

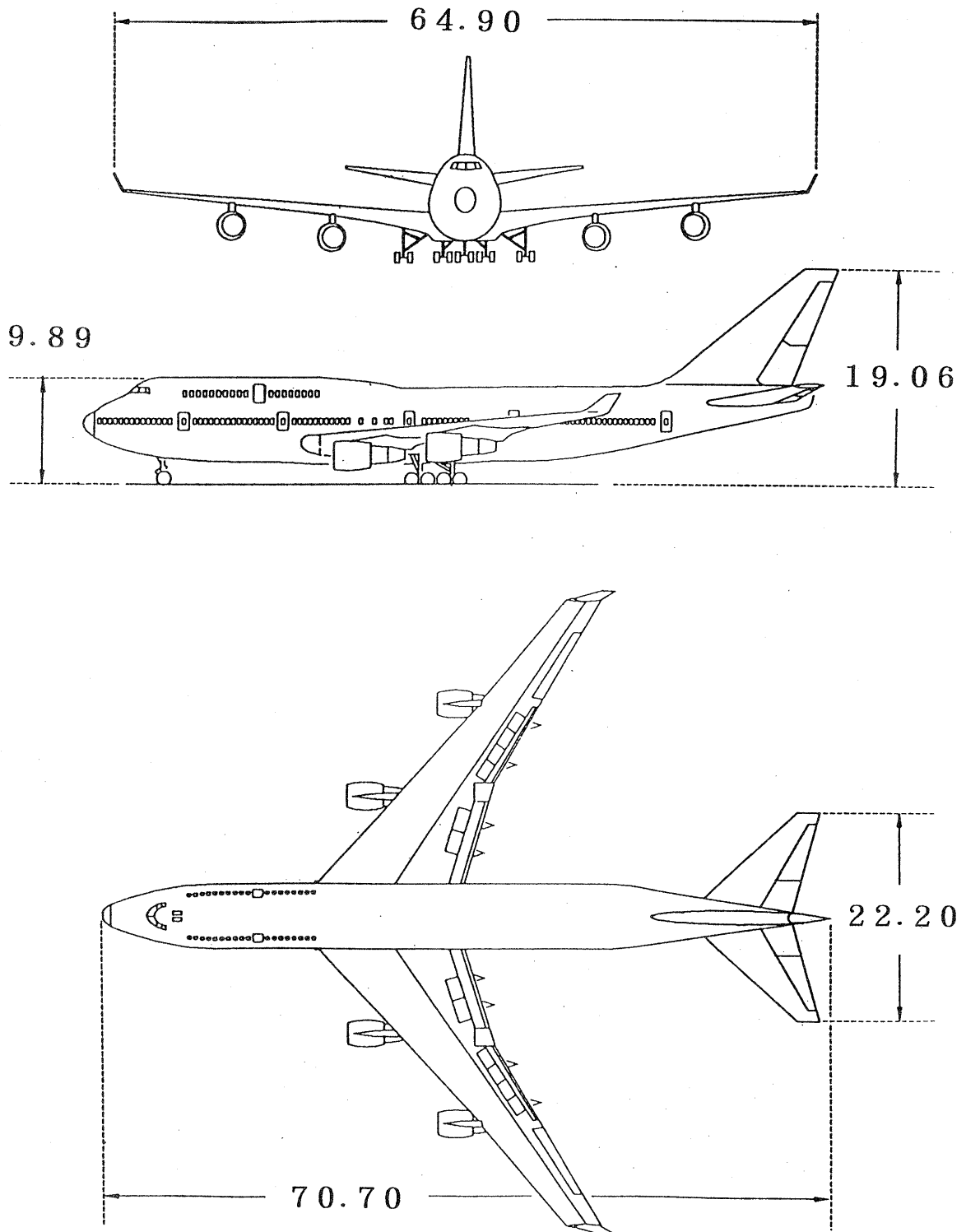
#### 5.6 緊急脱出の安全性についての航空局の対応

航空局は、平成5年5月17日、航空局の担当者並びに定期航空3社の安全担当者及び客室担当で構成する「大型航空機からの非常脱出に関する検討会」を発足させ、緊急脱出について乗客に周知すべき内容の見直しを行った。その検討結果を受けて、航空局は、平成5年7月28日、当該検討会の結論を定期航空7社及び不定期国際航空2社に通知し、航空旅客に周知する安全情報の充実を図るよう指導を行った。

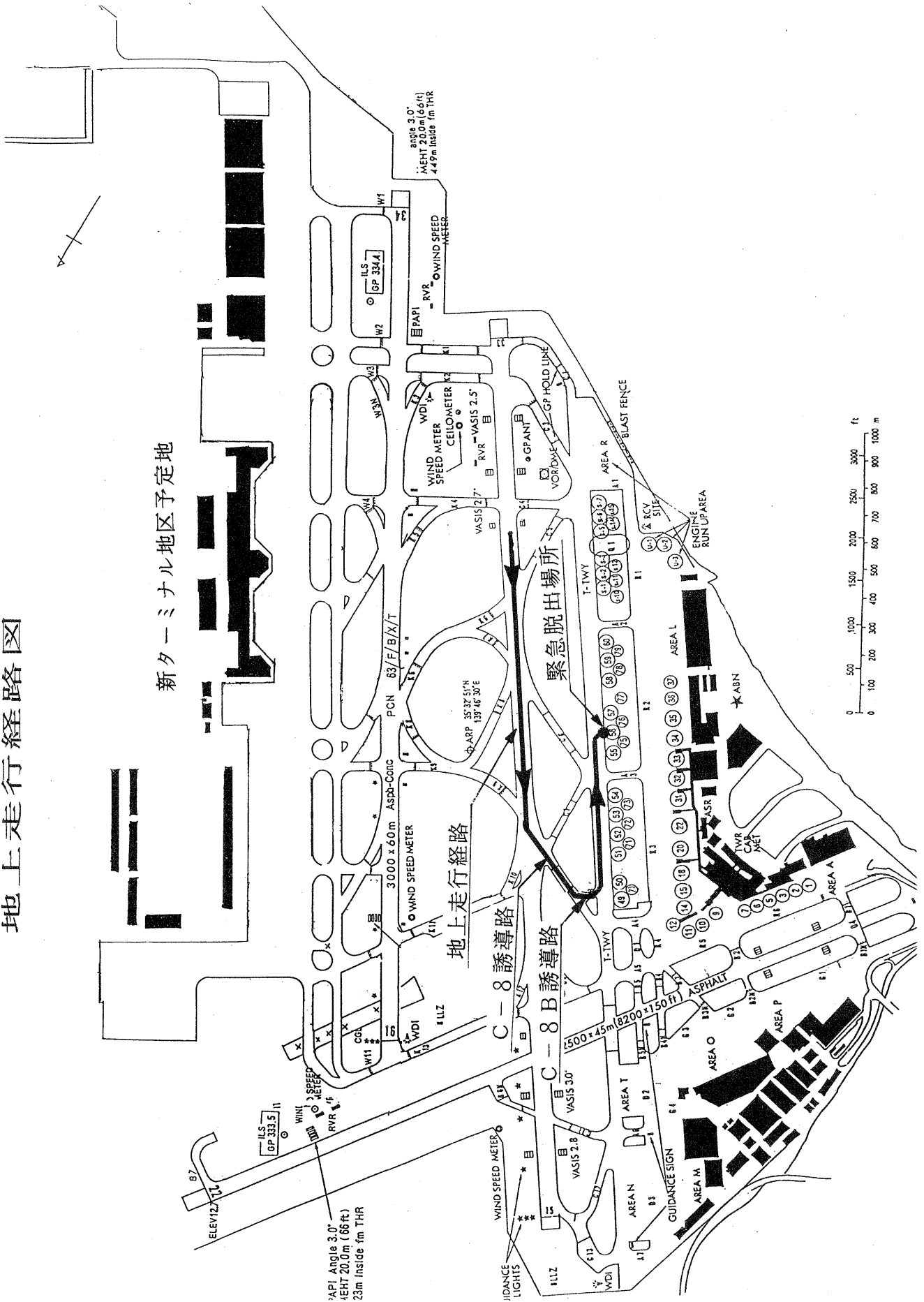
それにより各航空会社は、客室乗務員のデモンストレーション、ビデオ及び安全のしおりの改善を行って、脱出スライドの正しい滑り方、脱出スライドの下での援助、機体からの速やかな避難等、乗客に対する安全情報の周知を強化した。

付図1 ボーイング式747-400型  
三面図

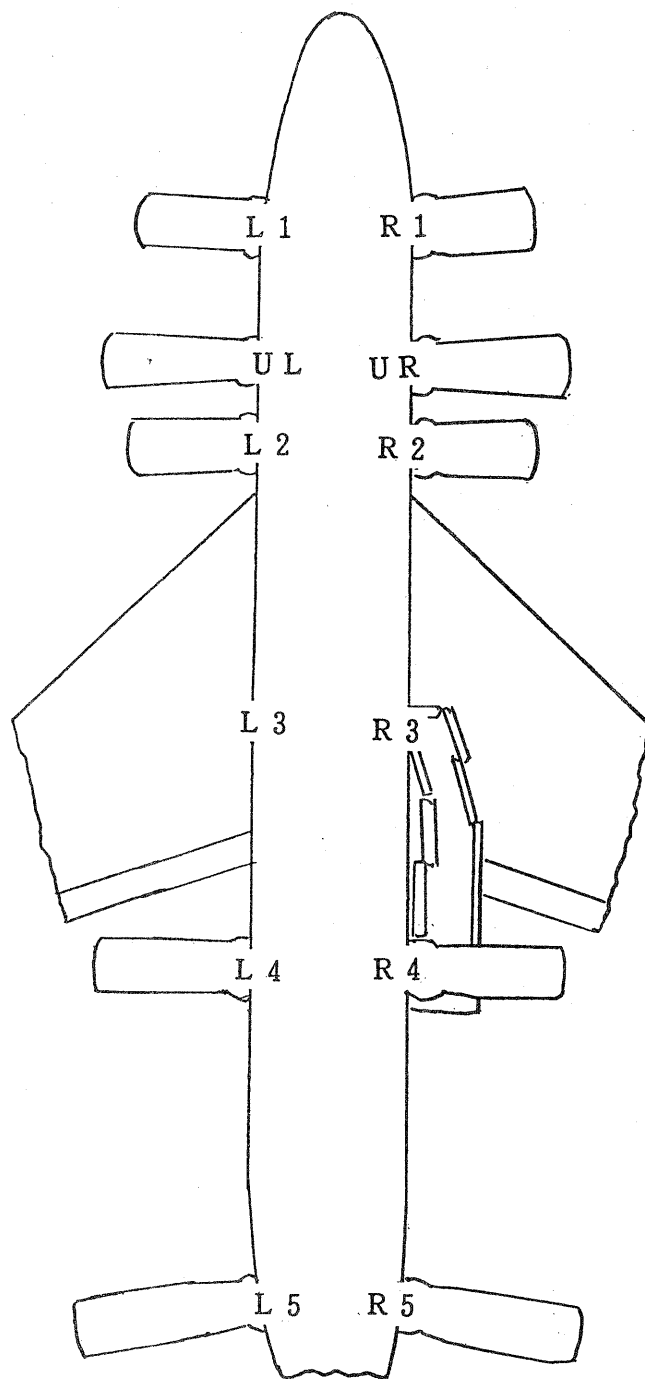
単位：m



付図 2 東京国際空港(当時)の概要及び地上走行経路図



付図3 緊急脱出口及び展開された脱出スライド図

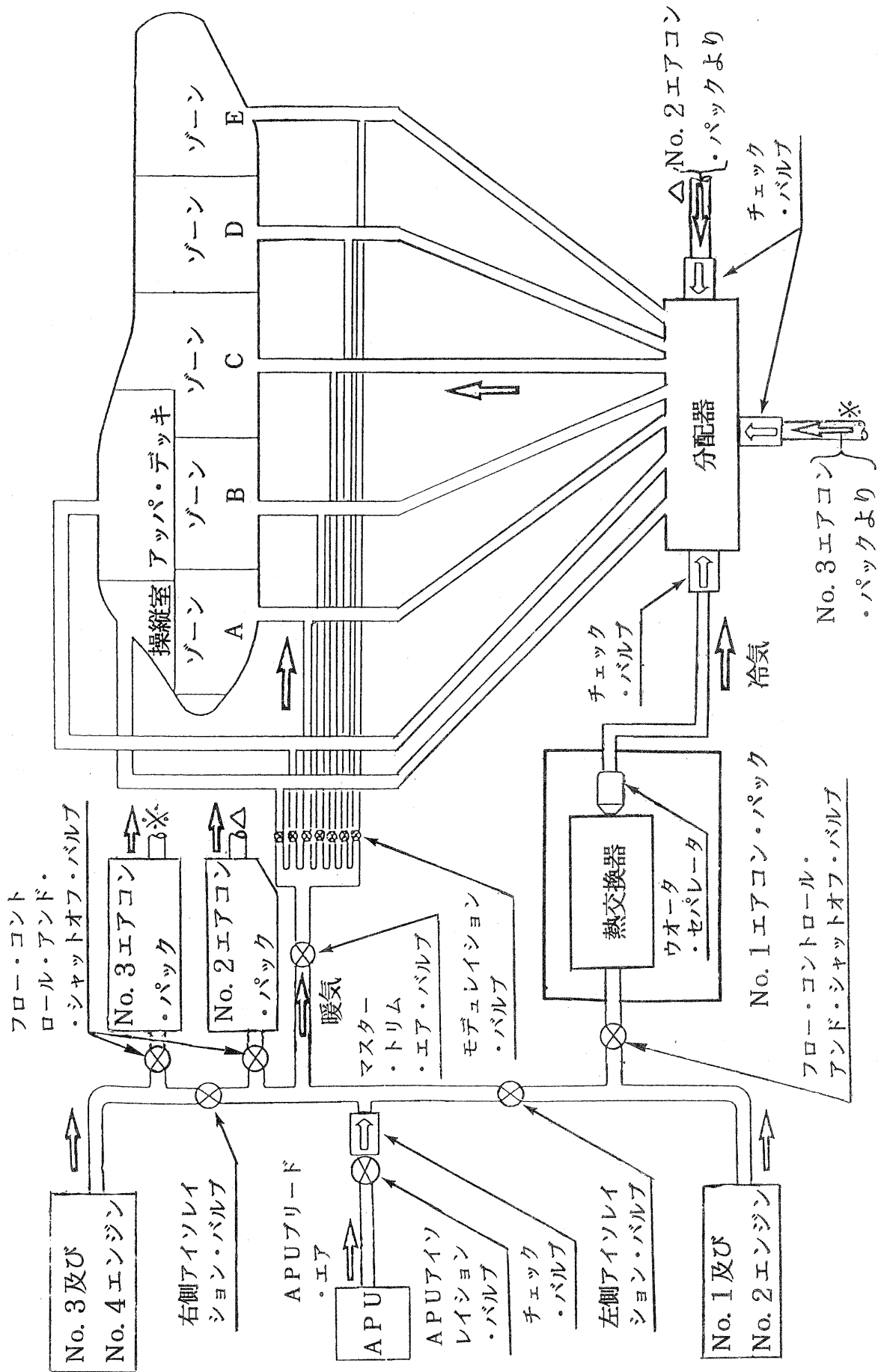


備考1 : L 3 脱出口は使用されなかった。

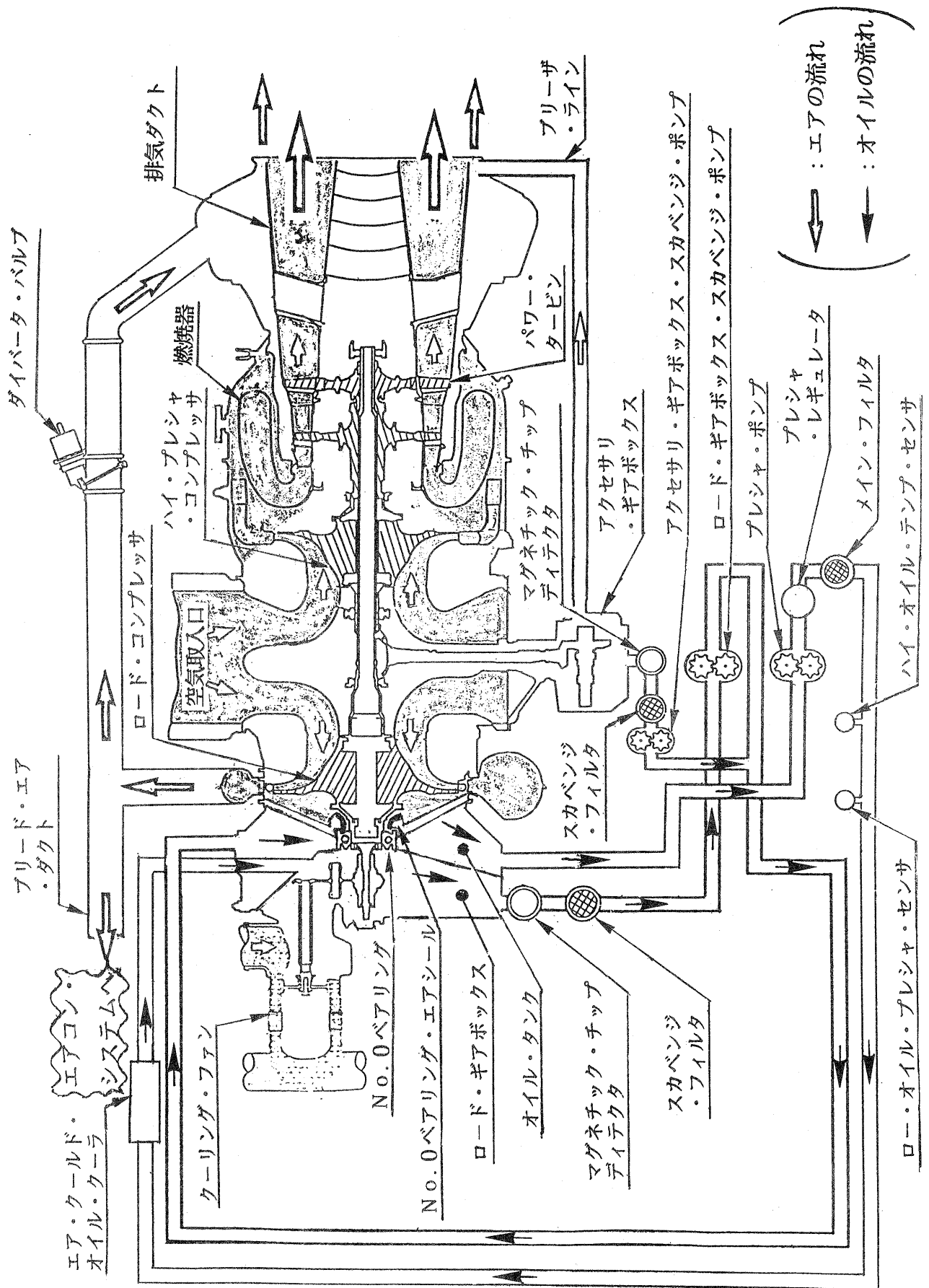
備考2 : 各脱出スライドの取付け高さ (地上高)

脱出口	UL,UR	L1,R1	L2,R2	(L3),R3	L4,R4	L5,R5
取付け高さ(m)	7.77	4.74	4.82	4.92	5.00	5.11

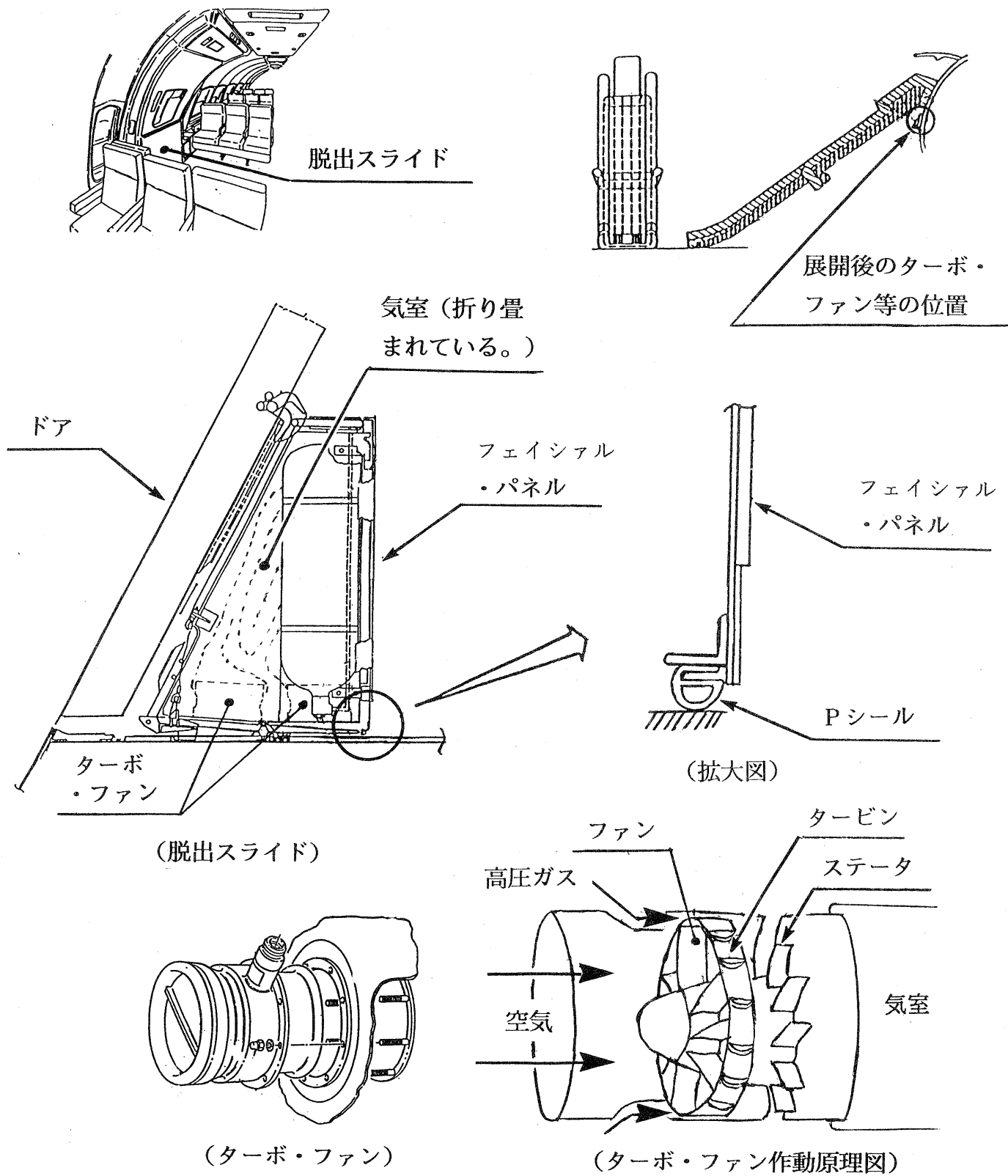
付図 4 エアコン・システム概要図



付図 5 APU及びロード・ギアボックス・オイルシステム概要図



付図 6 アッパ・デッキ脱出スライド概要図



付図7 APUオイルの推定流入経路

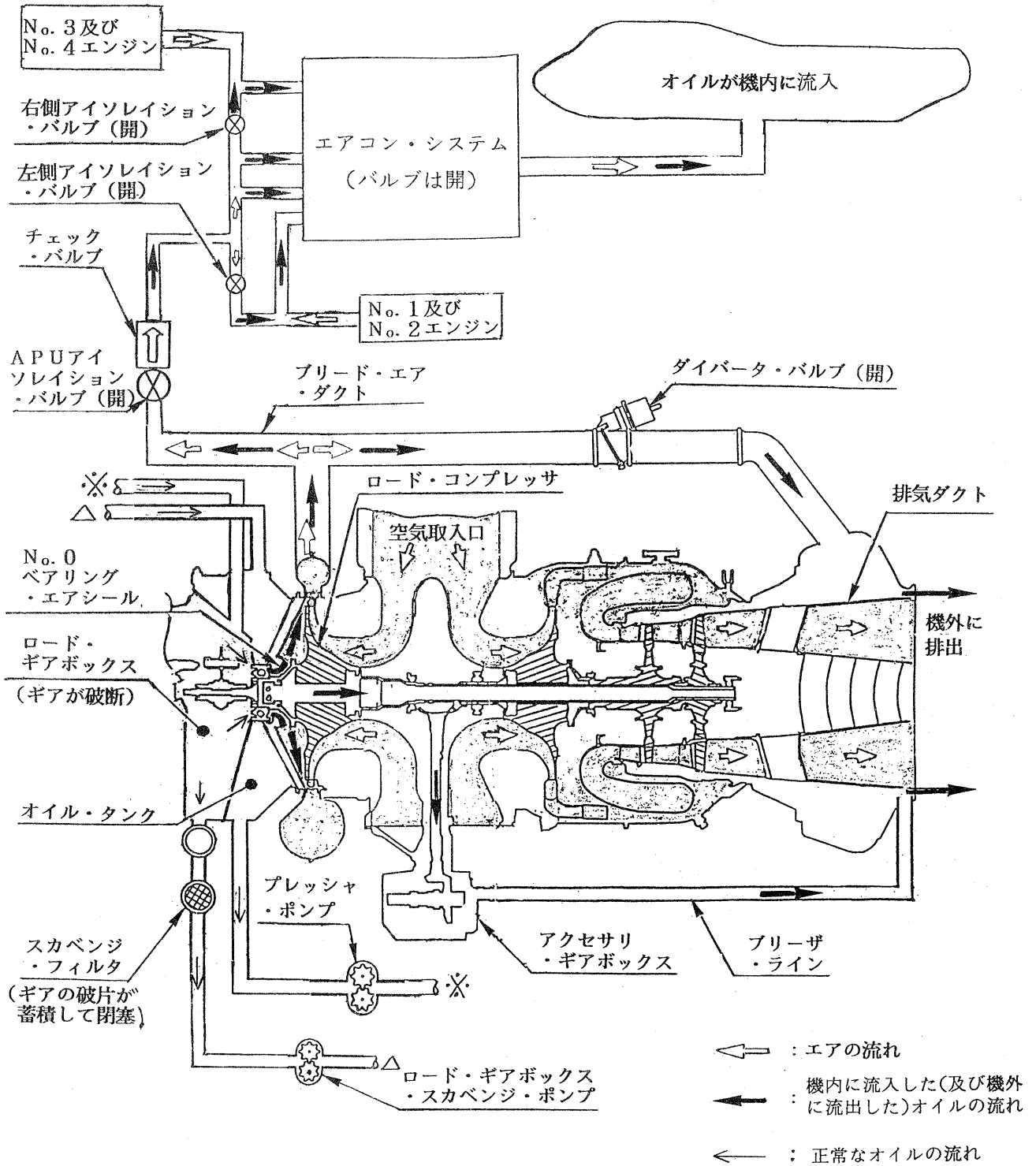


写真 1

破損したアッパ・デッキ右側脱出  
スライドの上側気室右側ターボ・  
ファン

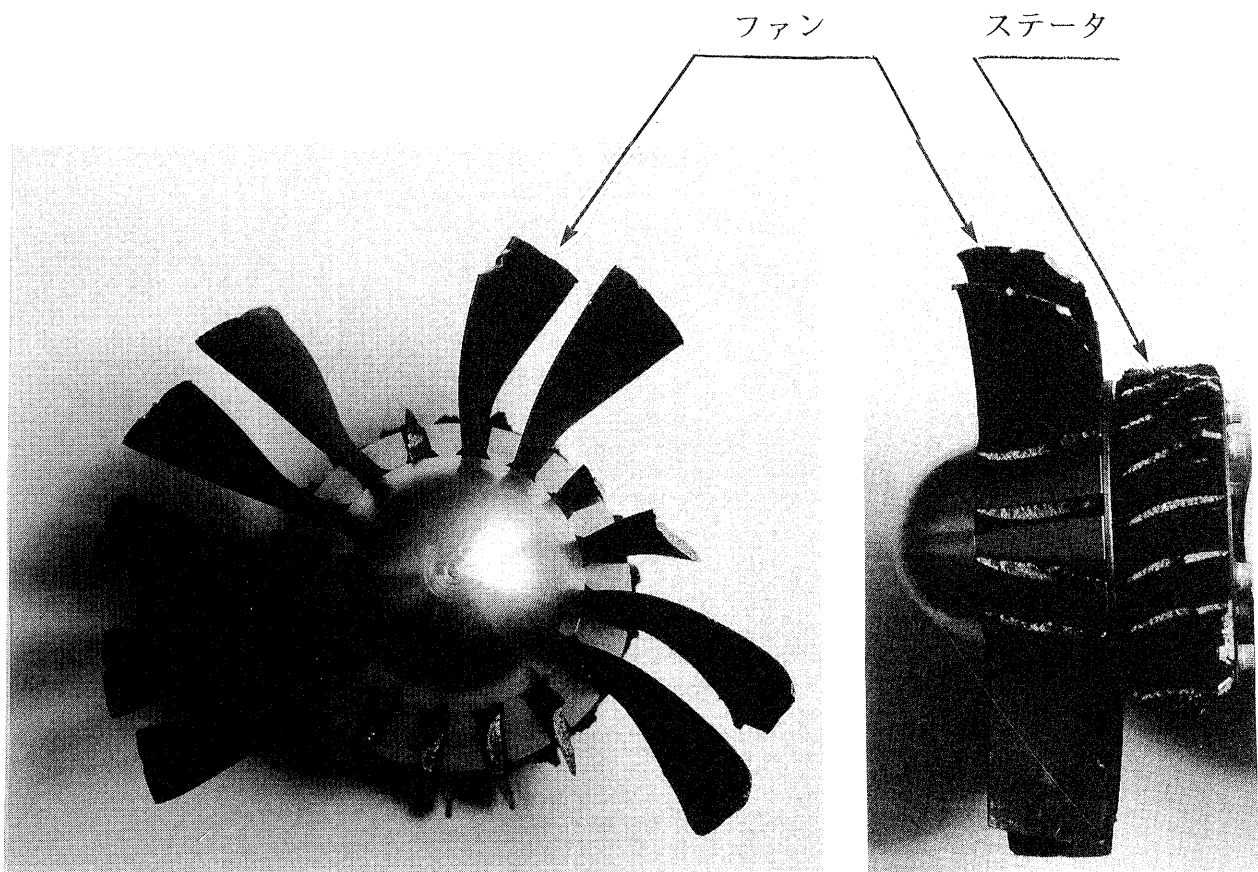
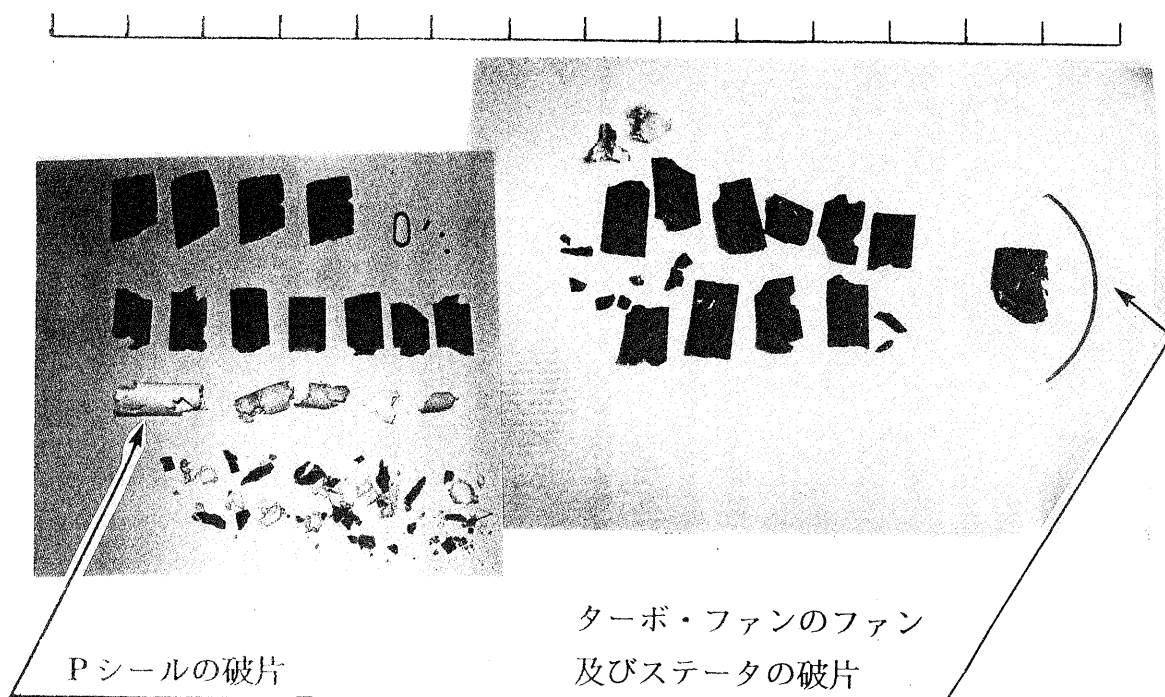


写真 2 アッパ・デッキ右側脱出スライドの上側気室に入っていたターボ・ファンの破片等

1目盛: 5cm



Pシールの破片

ターボ・ファンのファン  
及びステータの破片

### 写真 3 APUロード・ギアボックスのギアの状況

インプット・ドライブ  
・ギア

クーリング・ファン  
・アイドル・ギア

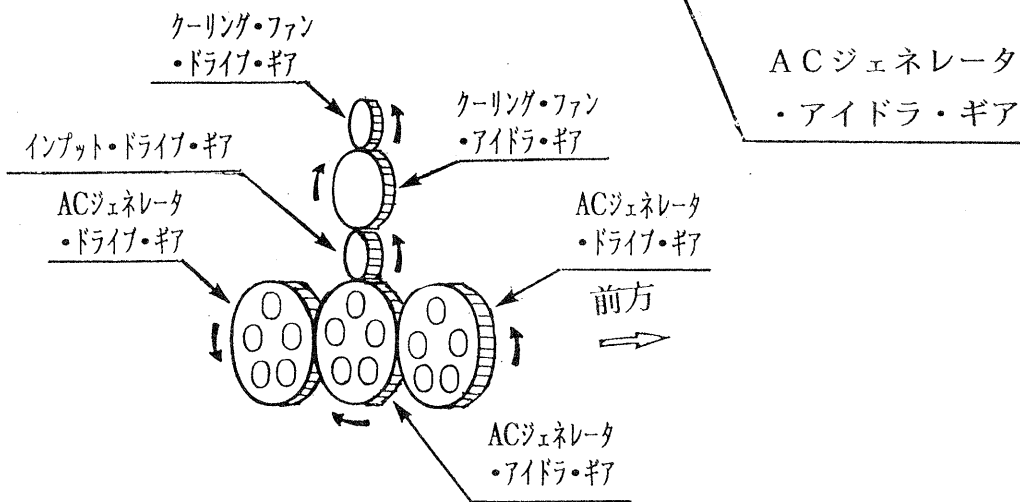
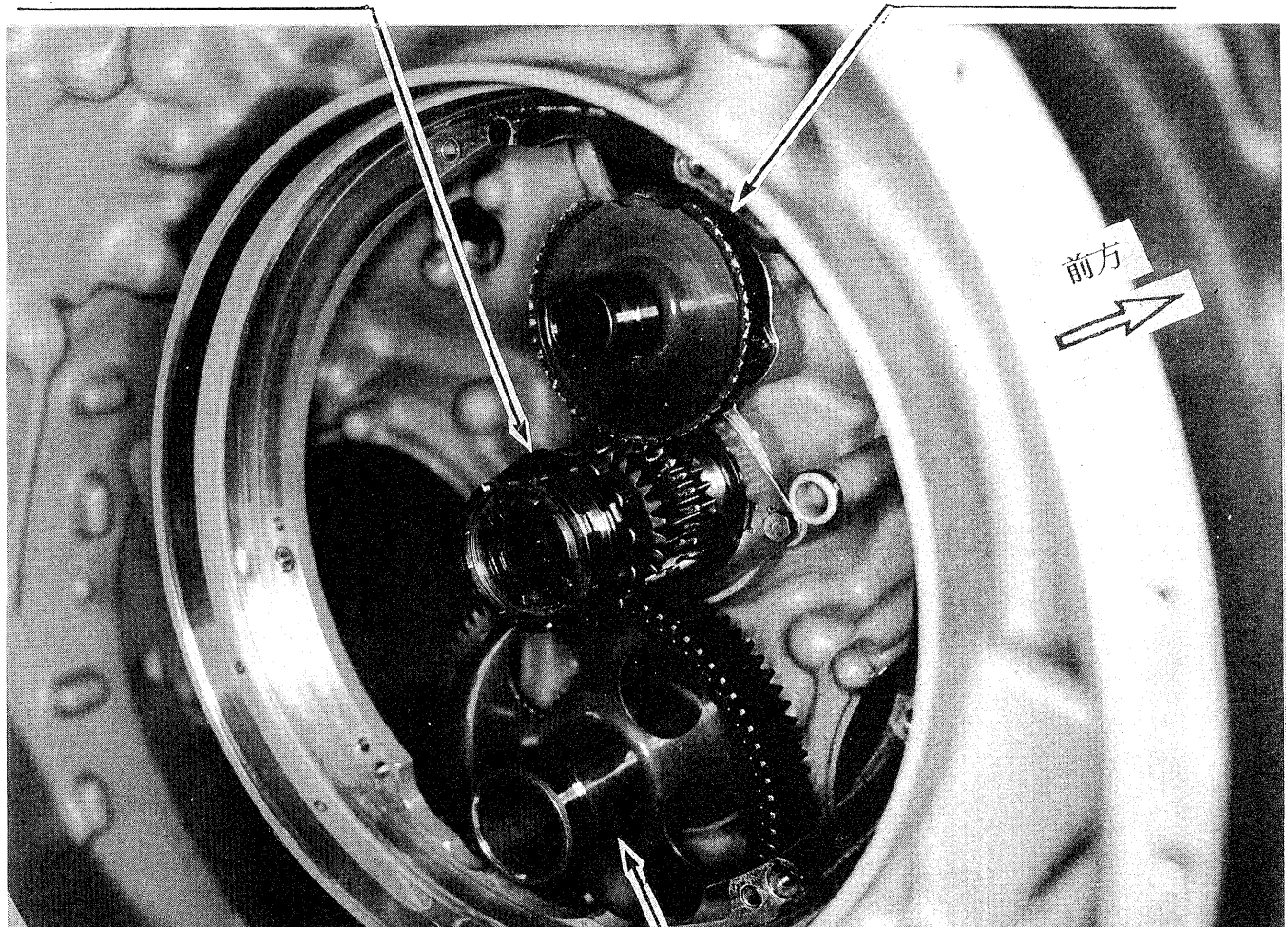


写真 4 APUロード・ギアボックスの  
オイル・スカベンジ・フィルタ  
に蓄積していた金属片

オイル・スカベンジ  
・フィルタ



1目盛：1cm

写真 5 破損したクーリング・ファン  
・アイドラ・ギア

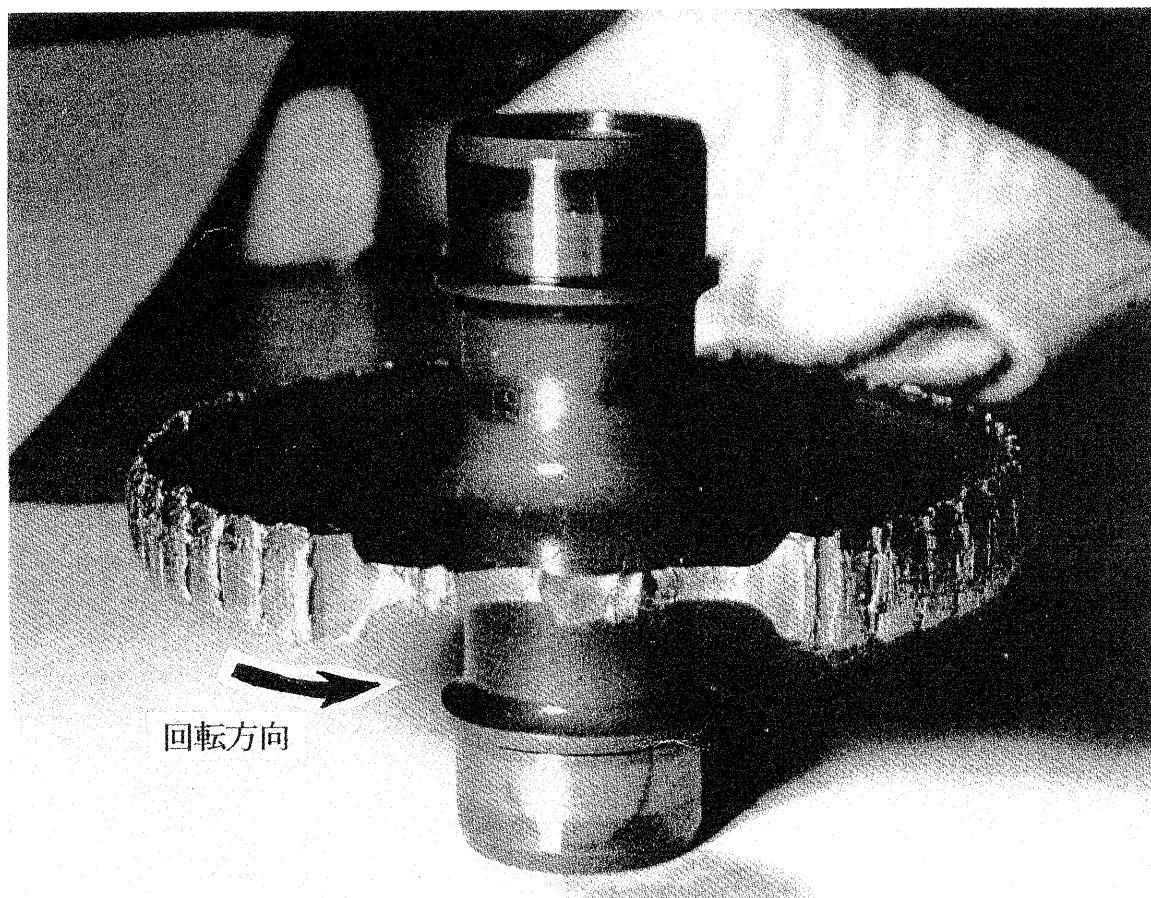


写真 6 破損したクーリング・ファン  
・ドライブ・ギア

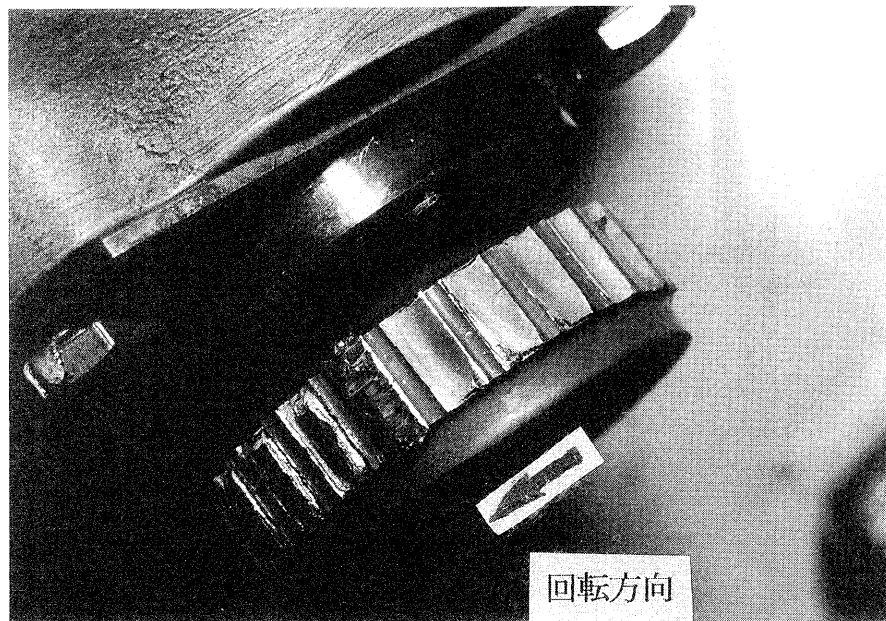
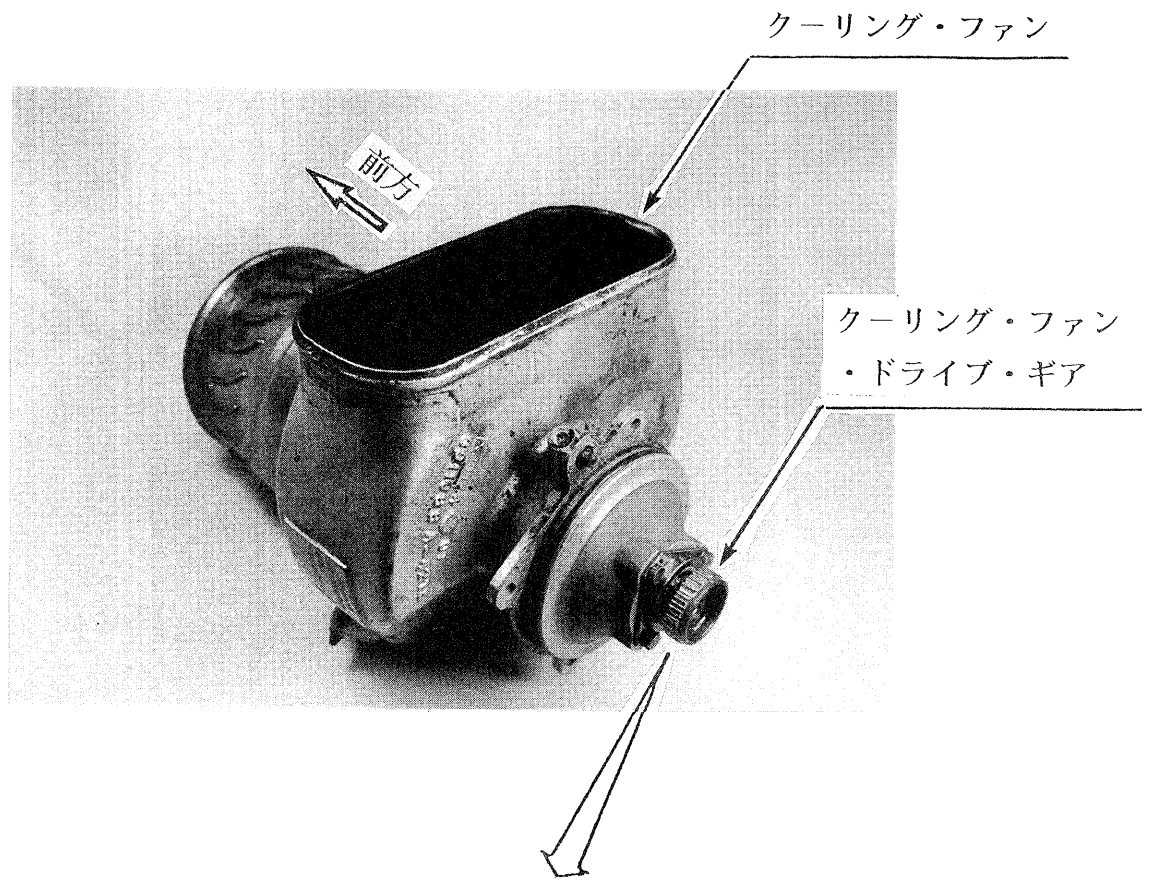


写真 7 No. 0 ベアリング・エアシール

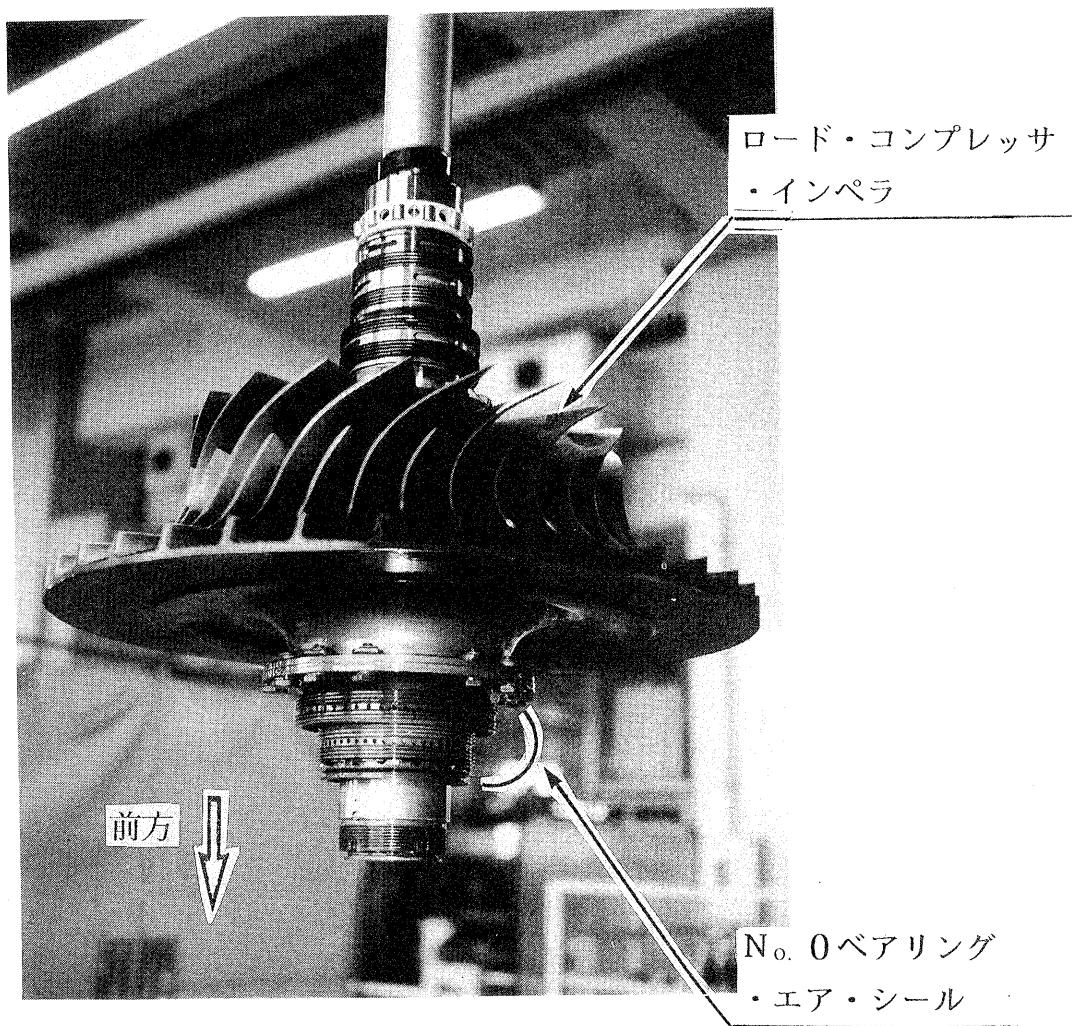


写真 8 APUターリング・ファン・  
アイドラ・ギアの破損状況

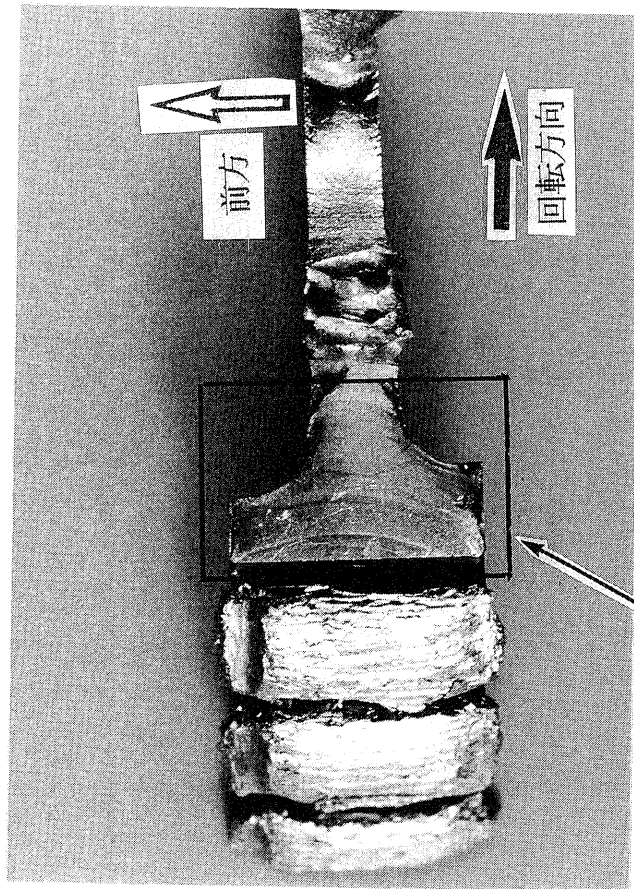


写真 9 及び写真 10 参照

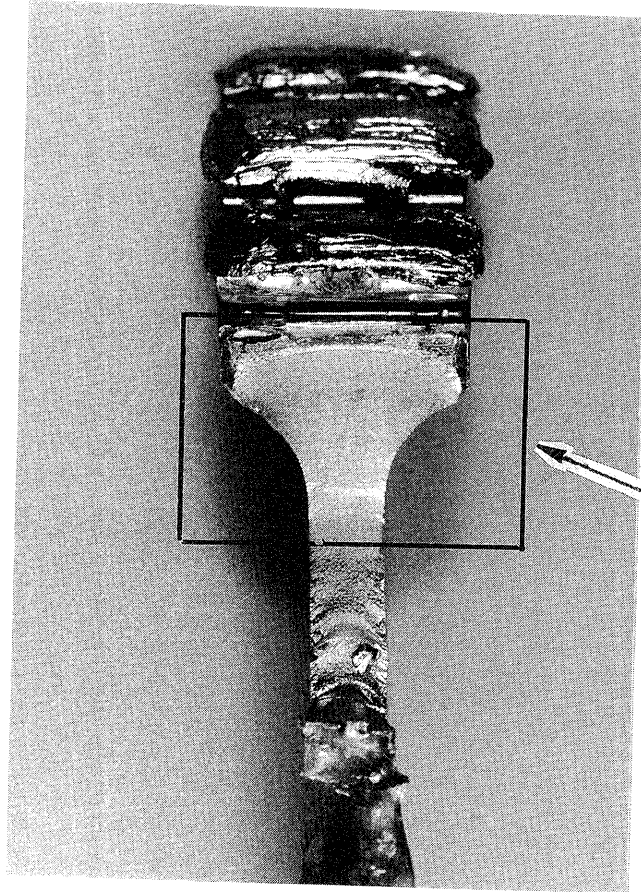


写真 11 ~ 写真 13 参照

写真9 APUターリング・ファン・アイドラ・ギアの

電子顕微鏡写真

20倍

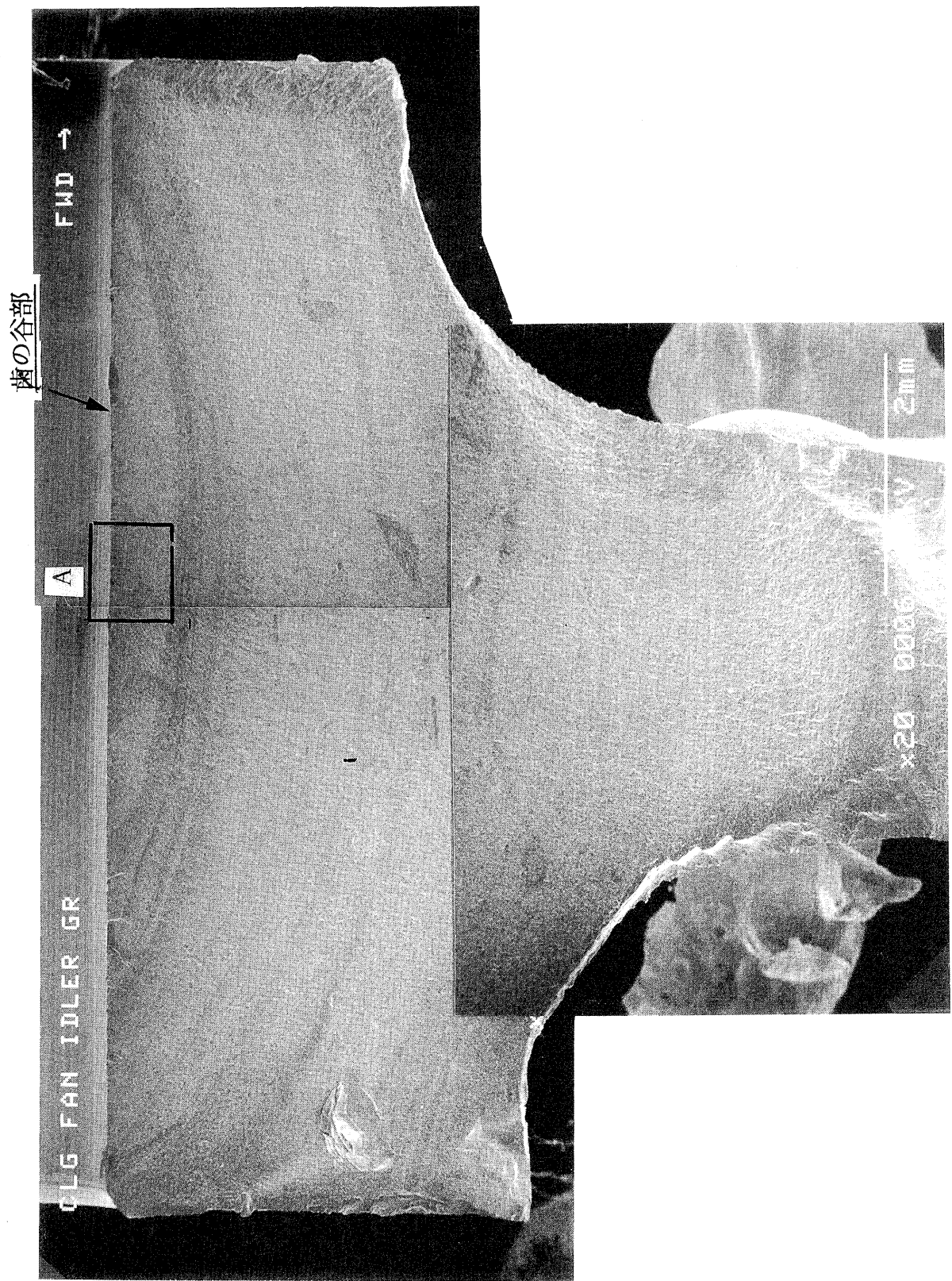
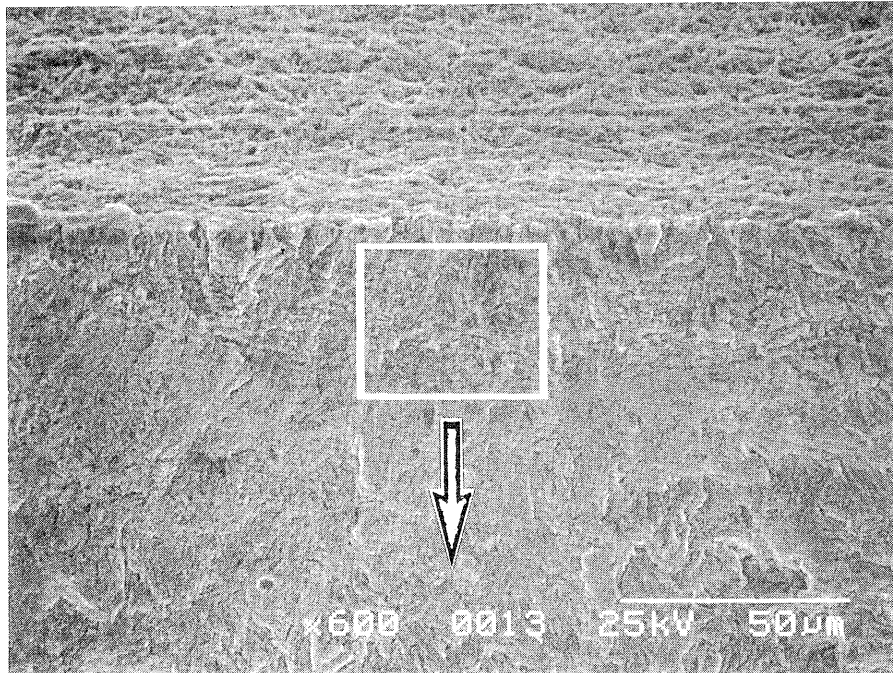
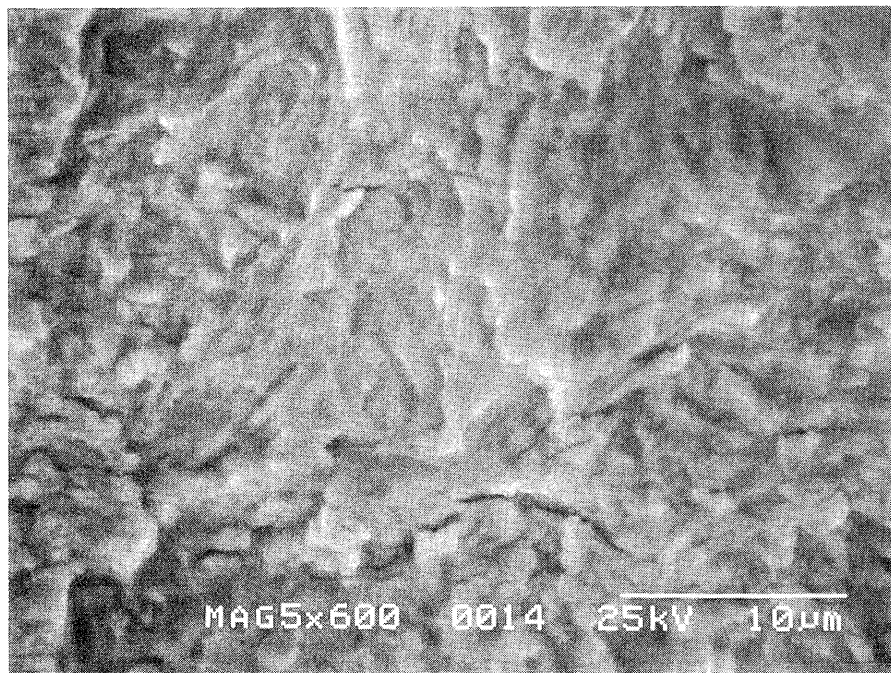


写真 10 APUケーリング・ファン・  
アイドラ・ギアの電子顕微鏡  
写真(A部の拡大)



600倍



□部の拡大  
3,000倍

写真 II AP U クーリング・ファン・アイドラ・ギアの  
電子顕微鏡写真

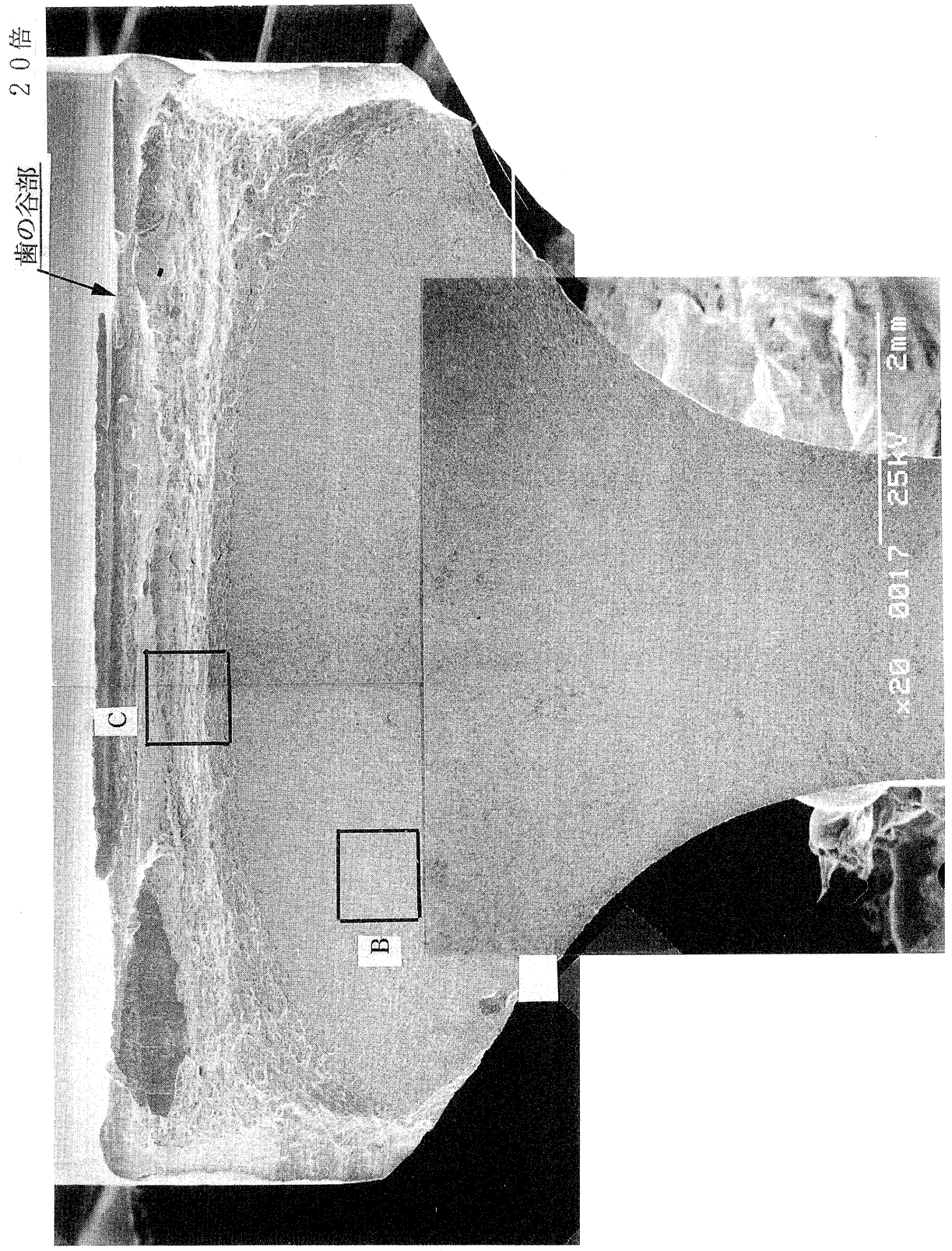
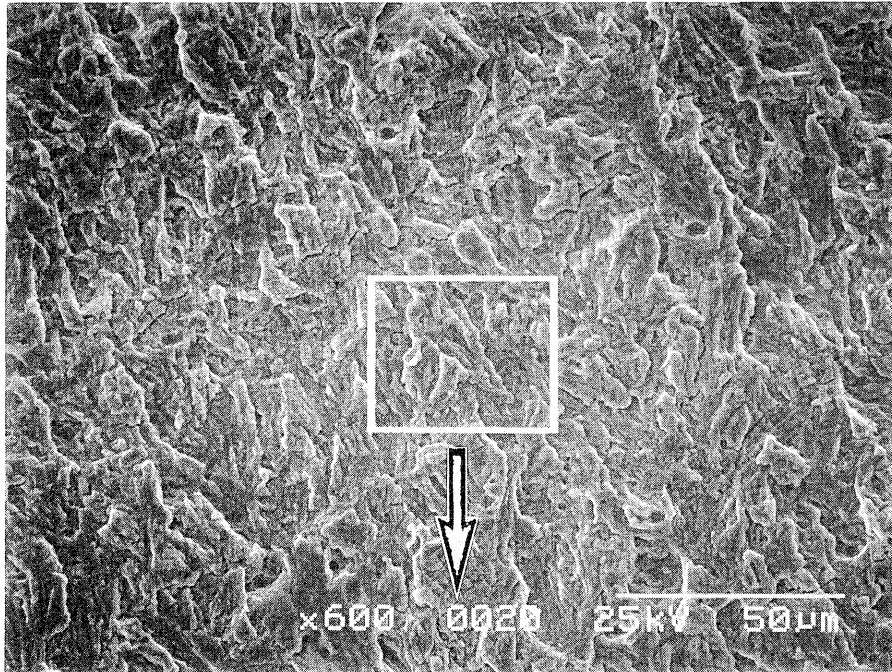
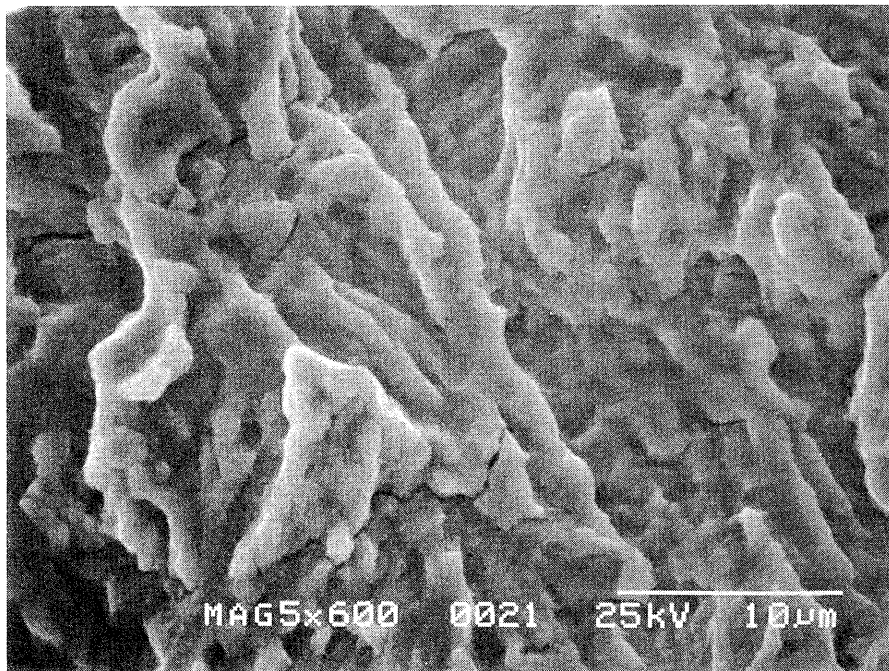


写真 12

A P Uクーリング・ファン・  
アイドラ・ギアの電子顕微鏡  
写真(B部の拡大)

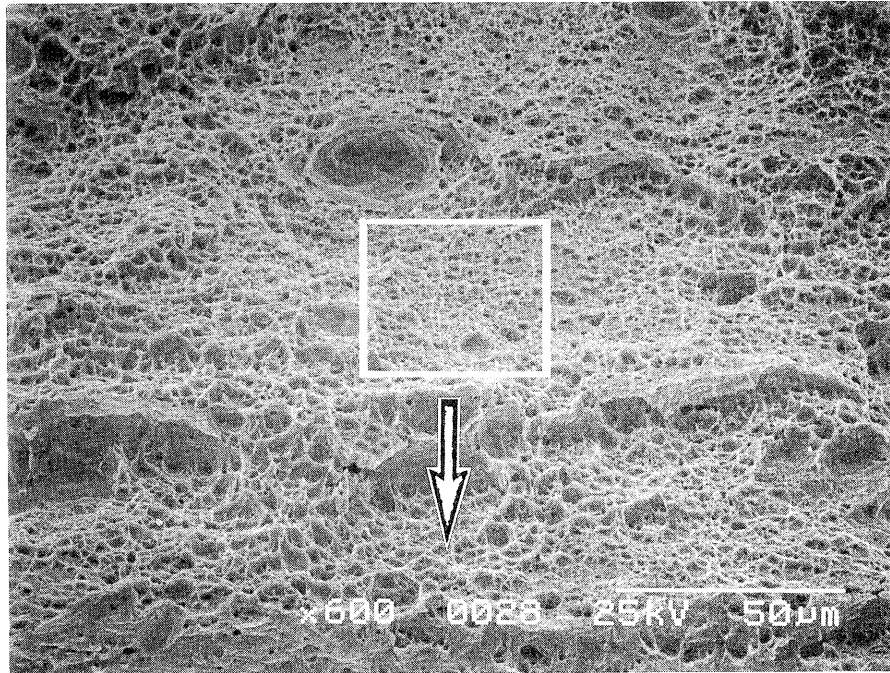


600倍

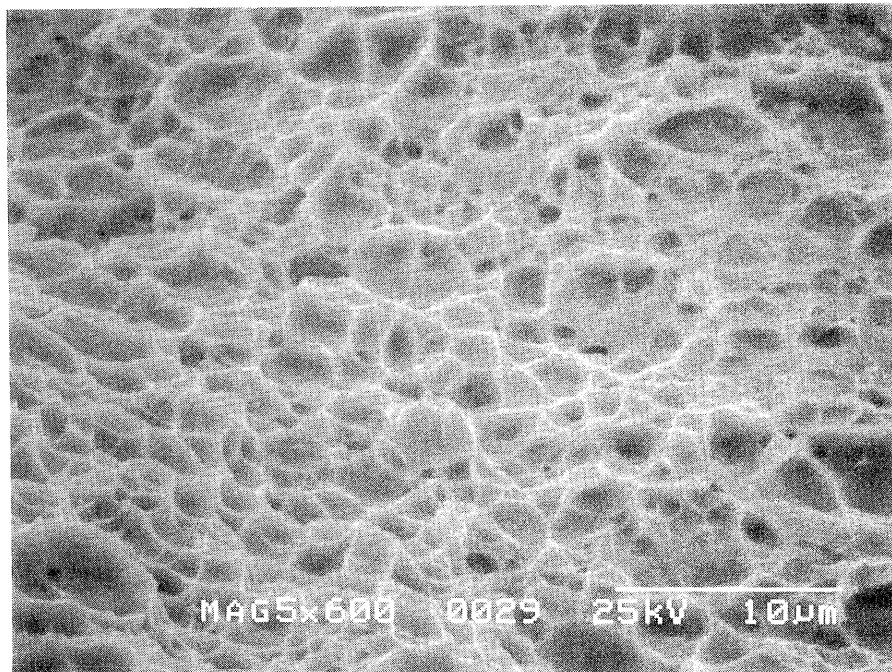


□部の拡大  
3,000倍

写真 13 APUクーリング・ファン・  
アイドラ・ギアの電子顕微鏡  
写真(C部の拡大)

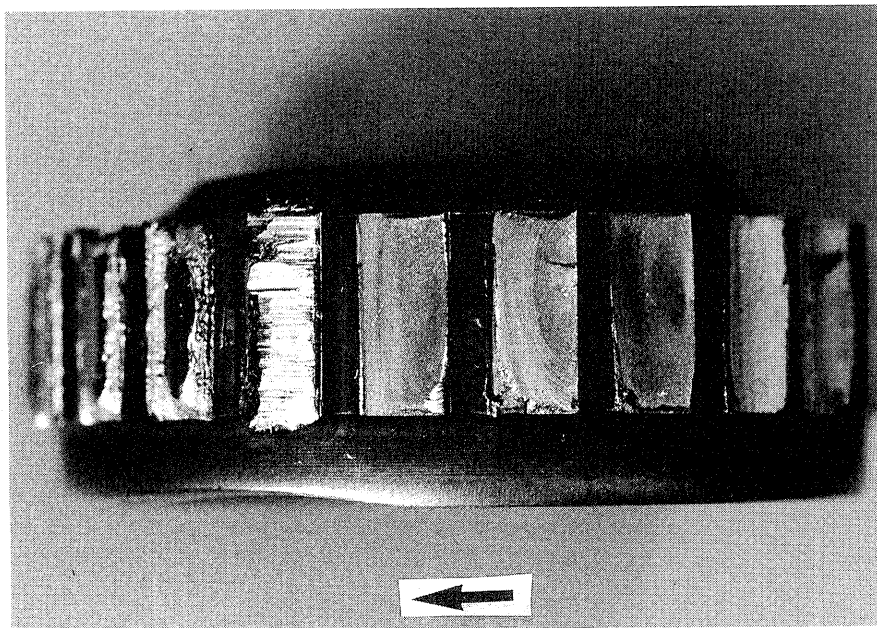


600倍



□部の拡大  
3,000倍

写真 14 APUクーリング・ファン・  
ドライブ・ギアの破損状況



回転方向

All Nippon Airways Boeing 747-400, JA8096  
Tokyo International Airport, May 2, 1993

## *1 Progress and Process of Aircraft Accident Investigation*

### *1.1 Summary of the Aircraft Accident*

All Nippon Airways flight 630, Boeing 747-400, registered JA8096, which departed Kagoshima Airport, during taxiing after landing at Tokyo International Airport on May 2, 1993, came to stop and made an emergency evacuation about 2055 hours near of Parking Spot 56 (then), because inside of the aircraft was filled with white smoke.

In the emergency evacuation, nine passengers, out of a total of 490 persons consisting of 15 crew members and 475 passengers (including 7 infants), were seriously injured.

No fire occurred on the aircraft.

### *1.2 Outlines of Aircraft Accident Investigation*

#### *1.2.1 Investigation Organization*

For investigation of this accident, the Aircraft Accident Investigation Commission appointed the investigator-in-charge and five other investigators on May 2, 1993, and two more investigators on December 1, 1993.

#### *1.2.2 Participation in Accident Investigation of the State concerned*

A representative of the Canadian Government and her advisers participated in this investigation.

#### *1.2.3 Period of Investigation*

May 2 ~ 5, 1991	Investigation at accident site and investigation of aircraft
May 4 ~ 5, 1993 and May 11 and 12, 1993	Disassemble investigation of APU
May 14, 1993	Investigation on escape slides
May 3, 1993 ~ April 22, 1994	Readout of DFDR records
May 3, 1993 ~ June 30, 1993	Readout of CVR records
Sept. 18, 1993	Test on a escape slide

#### *1.2.4 Hearing of comments of cause-related personnel*

A hearing was made from the captain.

## *2 Factual Information*

### *2.1 History of Flight*

JA8096 departed Tokyo International Airport in the early morning on May 2, 1993 as an ANA's scheduled flight, and landed Kagoshima Airport after each stop at Fukuoka, Osaka, Tokyo, and Osaka. After landing Kagoshima, the APU was started during taxiing, and was kept operating for approximately 55 minutes

until engines were started for departure.

The aircraft took off Kagoshima Airport 1931 hours as scheduled ANA flight 630 with a crew of 15 and 475 passengers (including 7 infants), a total of 490 persons on board, and landed 2050 hours on Runway 33 of Tokyo International Airport.

After landing the aircraft taxied towards Parking Spot 56 through Taxiways C8, C8B, and then Taxiway T, during which time the flight crew carried out the after-landing checks and started the APU approximately 2051 hours while passing Taxiway C8B. After passing Taxiway T the aircraft started a right turn of 90 degrees towards Parking Spot 56, and approximately 2053 hours when the aircraft was completing the right turn, the cockpit and the cabin became rapidly filled with substance like white smoke.

According to the captain, since the amount of the white smoke was increasing in the cockpit rapidly and he became cognizant by report of a cabin attendant that there were much smoke appearing also in the cabin and since the originating source was unknown and character of the smoke could not be specified, he, taking into consideration the possibility of the smoke being harmful to the human body and of fire occurring, determined to bring immediately the aircraft to a stop for emergency evacuation.

The aircraft came to stop approximately 2054 hours approximately 10 meters NE of the standing position of Parking Spot 56. A ground handling personnel who was standing by witnessed that white smoke was seen coming out of the APU exhaust when the aircraft was approaching the parking spot.

Immediately after the aircraft came to a stop, the captain commanded, through the EVAC Signal as well as the passenger addressing system, the crew and passengers to execute an emergency evacuation. About 2055 hours the flight crew also notified the Ground Control that an emergency evacuation was being carried out, with the request of fire-fighting services.

The emergency evacuation was conducted in the rain at the pavement approximately 10 meters NE of the standing position of Parking Spot 56 from all exits except for L3 using escape slides, and the evacuation was completed by about 2057 hours of all persons on board including the crew.

During the emergency evacuation, nine passengers were seriously injured.

They were transported by ambulances to hospitals in Tokyo, along with most part of less injured passengers.

Fire vehicles of the Tokyo Airport Fire Station arrived at the site about 2058 hours. Inspection by firecrew of the aircraft indicated that there had been no fire either in the cabin or in the cockpit.

The location the accident occurred was approximately 10 meters NE of the standing position of Parking Spot 56 on Tokyo International Airport, and the time the accident occurred was about 2055 hours.

Note: Parking Spot 56 was decommissioned on Sept. 27, 1993 when the new terminal building went into service, and does not exist now.

## 2.2 Injuries to Persons

Nine passengers were seriously injured, and four cabin attendants and 108 passengers sustained minor injuries.

## 2.3 Damage to Aircraft

### 2.3.1 Extent of Damage

The aircraft was slightly damaged.

### 2.3.2 Damage to Aircraft by part

APU was broken.

## 2.4 Damage to Other than Aircraft

None

## 2.5 Crew Information

### 2.5.1 Flight Crew

(1) Captain: Male, Aged 45

Airline Transport Pilot License No.2637      acquired on April 16, 1982

#### Type Rating

Airplane land multiple-engined      acquired on Feb.23, 1972

land single-engined      acquired on March 4, 1972

land multiple-engined

Nikkousei YS-11      acquired on March 24, 1973

Boeing 727      acquired on Sept.19, 1974

Lockheed L-1011      acquired on Dec. 9, 1980

Boeing 737      acquired on March 16, 1988

Boeing 747-400      acquired on March 5, 1992

Class 1 Medical Certificate No. 16367121

valid until June 25, 1993

Total Flight Experience      8,182 hours 25 minutes

Flight Experience on the type      331 hours 30 minutes

Flight Time in last 90 days      76 hours 55 minutes

Flight Time in last 30 days      33 hours 55 minutes

Flight Time in last 24 hours      2 hours 25 minutes

Rest period before duty hours      more than 24 hours

Captain route qualification acquired      July 6, 1992

Latest training of Emergency Procedures received      Dec. 20, 1991

(2) Copilot: Male, Aged 44

Airline Transport Pilot License No.2486      acquired on March 18, 1980

#### Type Rating

Airplane land single-engined      acquired on July 9, 1970

land multiple-engined      acquired on March 30, 1971

land multiple-engined

Nikkousei YS-11      acquired on March 30, 1971

Boeing 737      acquired on June 5, 1973

Lockheed L-1011      acquired on Oct. 17, 1975

Boeing 747      acquired on Nov. 21, 1989

Boeing 747-400                      acquired on June 28, 1991

Class I Medical Certificate No. 16347234

valid until Sept. 2, 1993

Total Flight Experience	10,957 hours 35 minutes
Flight Experience on the type	541 hours 45 minutes
Flight Time in last 90 days	72 hours 25 minutes
Flight Time in last 30 days	22 hours 55 minutes
Flight Time in last 24 hours	2 hours 25 minutes
Rest period before duty hour	more than 24 hours
Latest training of Emergency Procedures received	Dec. 18, 1992

*2.5.2 Cabin Crew*

- |     |                                      |                 |                        |
|-----|--------------------------------------|-----------------|------------------------|
| (1) | Lead Cabin Attendant                 | Female, Aged 29 |                        |
|     | Position during emergency evacuation |                 | Door L1                |
|     | Employed by the Company              |                 | April 1, 1987          |
|     | Received Emergency Training          |                 | March 23, 1993         |
|     | Total Flight Experience              |                 | 4,040 hours 00 minutes |
|     |                                      |                 |                        |
| (2) | Cabin Attendant A                    | Female, Aged 27 |                        |
|     | Position during emergency evacuation |                 | Door L2                |
|     | Employed by the Company              |                 | April 11, 1988         |
|     | Received Emergency Training          |                 | April 22, 1993         |
|     | Total Flight Experience              |                 | 3,341 hours 30 minutes |
|     |                                      |                 |                        |
| (3) | Cabin Attendant B                    | Female, Aged 22 |                        |
|     | Position during emergency evacuation |                 | Door L3                |
|     | Employed by the Company              |                 | April 1, 1993          |
|     | Received Emergency Training          |                 | April 1, 1993          |
|     | Total Flight Experience              |                 | 50 hours 30 minutes    |
|     |                                      |                 |                        |
| (4) | Cabin Attendant C                    | Female, Aged 27 |                        |
|     | Position during emergency evacuation |                 | Door L4                |
|     | Employed by the Company              |                 | Feb. 10, 1986          |
|     | Received Emergency Training          |                 | Feb. 8, 1993           |
|     | Total Flight Experience              |                 | 5,026 hours 35 minutes |
|     |                                      |                 |                        |
| (5) | Cabin Attendant D                    | Female, Aged 22 |                        |
|     | Position during emergency evacuation |                 | Door L5                |
|     | Employed by the Company              |                 | April 1, 1992          |
|     | Received Emergency Training          |                 | April 1, 1992          |
|     | Total Flight Experience              |                 | 808 hours 05 minutes   |
|     |                                      |                 |                        |
| (6) | Cabin Attendant E                    | Female, Aged 24 |                        |
|     | Position during emergency evacuation |                 | Door R1                |
|     | Employed by the Company              |                 | April 25, 1989         |
|     | Received Emergency Training          |                 | June 19, 1992          |
|     | Total Flight Experience              |                 | 2,830 hours 55 minutes |
|     |                                      |                 |                        |
| (7) | Cabin Attendant F                    | Female, Aged 23 |                        |

Position during emergency evacuation	Door R2
Employed by the Company	April 13, 1992
Received Emergency Training	April 13, 1992
Total Flight Experience	744 hours 35 minutes
(8) Cabin Attendant G Female, Aged 26	
Position during emergency evacuation	Door R3
Employed by the Company	Sept. 7, 1987
Received Emergency Training	Nov. 18, 1992
Total Flight Experience	4,030 hours 05 minutes
(9) Cabin Attendant H Female, Aged 23	
Position during emergency evacuation	Door R4
Employed by the Company	May 25, 1992
Received Emergency Training	May 25, 1992
Total Flight Experience	594 hours 50 minutes
(10) Cabin Attendant I Female, Aged 24	
Position during emergency evacuation	Door R5
Employed by the Company	June 17, 1991
Received Emergency Training	June 13, 1992
Total Flight Experience	1,417 hours 40 minutes
(11) Cabin Attendant J Female, Aged 22	
Position during emergency evacuation	Door UL
Employed by the Company	July 6, 1992
Received Emergency Training	July 6, 1992
Total Flight Experience	531 hours 45 minutes
(12) Cabin Attendant K Female, Aged 25	
Position during emergency evacuation	Door UR
Employed by the Company	April 1, 1990
Received Emergency Training	March 15, 1993
Total Flight Experience	2,281 hours 05 minutes

### 2.5.3 Other crew

A company employee observing flight operations was on the jump seat in the cockpit of the aircraft (hereinafter referred to as "observer").

## 2.6 Aircraft Information

### 2.6.1 Aircraft

Type :	Boeing 747-400
Serial Number :	24920
Date of Manufacture :	Dec. 13, 1990
Certificate of Airworthiness :	No. Tou 2-937
	valid while maintained in accordance with the Maintenance Manual(ANA)
Total Time :	4,917 hours 11 minutes
Time since Previous Scheduled Inspection	

(Inspection A conducted April 18, 1993) : 76 hours 02 minutes

### 2.6.2 Engines

Type :	General Electric CF6-80C2B1F			
	No.1	No.2	No.3	No.4
Serial No. :	702189	702113	702338	702417
Date of				
Manufacture :	Sept.19,1989	April 5,1989	May 16,1990	Sept.27,1990
Total Run Hours :	6,702h 18'	7,567h 14'	5,266h 55'	4,030h 55'
Run Hours since				
previous inspection:	76h 02'	76h 02'	76h 02'	76h 02'

### 2.6.3 APU

Type :	Pratt & Whitney, Canada PW901A
Serial No. :	PCE900165
Date of Manufacture :	Oct. 26, 1990
Total Run Hours :	6,757 hours

### 2.6.4 Escape Slides

On board the aircraft were equipped the following escape slides made by B.F. Goodrich Co. :

location	Escape slide		location	Escape slide	
Door	Part No.	Serial No.	Door	Part No.	Serial No.
UL	7A1323-107	G480	UR	7A1323-107	G400
L1	7A1467-1	G119	R1	7A1467-6	G472
L2	7A1479-9	G317	R2	7A1479-10	G312
L3	7A1418-17	G741	R3	7A1418-18	G756
L4	7A1467-19	G685	R4	7A1467-4	G110
L5	7A1469-1	G065	R5	7A1469-10	G256

### 2.6.5 Weight and Center of Gravity

The weight of the aircraft at the time of landing is calculated as approximately 513,700 pounds and the center of gravity as 23.0 % MAC, both being within allowable limits (the specified maximum landing weight is 584,000 pounds, and the center of gravity corresponding to the weight at the time of landing is 13.0 ~ 33.0 % MAC).

### 2.6.6 Fuel and Lubrication Oil

The fuel on board was JET A-1 and the lubrication oil (hereinafter referred to as "oil") was Exxon Turbo Oil 2380 (MIL-L-23699), both meeting manufactures' specification.

## 2.7 Meteorological Information

### 2.7.1 Synoptic Weather

According to Tokyo District Weather Service Center, the synoptic weather for Tokyo area of the day of accident was as follows:

At 0300 hours May 2, 1993, the center of a high pressure was located in the offing of Sanriku, and moving east, while a low pressure was in the East China

Sea and moving ENE. The low moved during the day time to the West Japan, and a front accompanying the low moved north from the southern sea of Japan. About 2100 hours another low pressure was generated in the offing of Tokaido located on the front, and moved NE along the southern coast of Kanto for a period until 0300 hours of May 3.

In Tokyo area there was much clouds in early hours, rain started to fall from about 0700 hours in some places, and continued from day time to morning of May 3 with intermittent rain fall of less than 3 mm per hour. Wind was less than 4 meters/second until 2100 hours from about NNW to NE, and thereafter increased to some extent to 5 ~ 6 meters/second in some places. After 1500 hours the visibility became 2.2 to 2.5 km due to haze and rainfall at Ohtemachi, Chiyodaku.

### *2.7.2 Aeronautical Meteorology*

According to the Aviation Weather Service Center, Tokyo International Airport, aeronautical meteorological observations in the time zones relating to the accident were as follows:

- 2000 hours    Wind direction 340°, wind speed 12 kt  
                  visibility 2 km, weather rain, Cloud 7/8 ST 500 ft  
                  temp. 9° C, dew point 8° C, QNH 29.90 in-Hg, Remarks Haze  
                  precipitation 5mm
- 2030 hours    Wind direction 350°, wind speed 12 kt  
                  visibility 2.2 km, weather rain, Cloud 7/8 ST 400 ft  
                  temp. 9° C, dew point 8° C, QNH 29.87 in-Hg, Remarks Haze
- 2043 hours    Wind direction 340°, wind speed 14 kt  
                  visibility 2.5 km, weather rain, Cloud 7/8 ST 400 ft  
                  Remarks Haze
- 2100 hours    Wind direction 340°, wind speed 12 kt  
                  visibility 2.5 km, weather rain, Cloud 7/8 ST 400 ft  
                  temp 9° C, dew point 8° C, QNH 29.86 in-Hg  
                  Remarks Haze, precipitation 10 mm

### *2.8 Communications*

Before and after landing the aircraft had maintained communication with Tower on 118.1 MHz, and at about the time the aircraft entered Taxiway C8, the frequency was switched to 121.7 MHz for communication with Ground Control.

Communication on both frequencies was kept normal.

### *2.9 Airport*

Elevation of Tokyo International Airport is 15ft, true course of the Runway 33 the aircraft landed on is 325° 27', and the Runway 33 is 3,050m long and 60m wide paved with asphalt-concrete and grooved. (see attached Fig. 2)

The terminal building was closed on Sept. 27, 1993, when the current terminal building was put into service. The terminal building at the time of this accident was located approximately 2 km west of the current terminal building.

Taxiways the aircraft used have been kept in use, but Parking Spot 56 was deleted from AIP on Sept. 27, 1993.

### *2.10 DFDR and CVR*

The aircraft was equipped with a Fairchild Model F800 DFDR, and a Fairchild Model A100A CVR. Both equipments were installed in the aft equipment center in the aft fuselage.

#### *2.10.1 DFDR*

In DFDR were recorded in good condition all flight data of this flight from 1921:00 at which engines were started at Kagoshima Airport for departure through to 2053:59 at which all engines were shut down prior to execution of emergency evacuation.

#### *2.10.2 CVR*

In CVR were recorded voice data for a period of 19' and 25" from 2034:34 at which the aircraft was descending towards Tokyo International Airport approximately 50 nautical miles south of the airport until 2053:59 at which all engines were shut down and operation power for CVR was cut off in order to begin emergency evacuation.

The recording hours of CVR is about 30 minutes, but a part of data recorded during flight was erased, because it was re-operated for a period of approximately 10 minutes from the time the external AC power was connected to facilitate for inspection of the aircraft after the emergency evacuation, until the time the CVR circuit breaker was pulled out by a maintenance personnel.

The source of each channel of CVR was as follows and each recording condition was good:

- Channel 1 : Audio Control Panel on Observer's seat
- Channel 2 : Audio Control Panel on Co-pilot's seat
- Channel 3 : Audio Control Panel on Captain's seat
- Channel 4 : Area Microphone

### *2.11 Medical Information*

Out of a total of 490 persons on board consisting of a crew of 15 and 475 passengers, nine passengers were seriously injured. They were more than 50 years old, eight females and one male.

According to diagnosis of the hospital where they were accommodated, the nine seriously injured consists of six who sustained compression fracture of spine (four: the 12th thoracic spine, one: the 9th thoracic spine, one: the 1st lumbar spine), two who sustained other bone fracture, and one who sustained sprain and bruise, fracture of the thoracic spine, especially of the 12th thoracic spine, being remarkable.

The following are diagnosis of the injuries by the hospital and statements of the seriously injured on how they evacuated:  
(see attached Fig. 3)

(1) Female aged 68 sustained thoracic compression fracture of the 12th thoracic spine and fracture of the 4th carpal bone of the right hand; UL;

Sliding down sitting, landed like springing out from end of escape slide, and could not stand up with a pain in waist.

(2) Female aged 53 sustained thoracic compression fracture of the 12th thoracic spine; UL;

Sliding down sitting, landed like springing out from end of escape slide, could not stand up, and was carried off on other's back.

(3) Female aged 55 sustained thoracic compression fracture of the 9th thoracic spine; UL;

Sliding down sitting with pumps taken off, and holding this posture, landed from hips. She could not move for a while with a pain in waist. Assisted by other when she began to walk enduring the pain.

(4) Male aged 58 sustained open fracture of the tibia and fibula of the left lower leg; UL;

Sliding down winding the path right-to-left and being unbalanced, and landed being thrown out several meters. He could not stand up with the left foot benumbed.

(5) Female aged 72 sustained thoracic compression fracture of the 12th thoracic spine; R2;

Sliding down sitting, landed from hips like springing out from end of escape slide. She had a pain in waist.

(6) Female aged 51 sustained fracture of the left ankle; R3;

Slid down in a sitting attitude. She landed and normally stood up, but was hit by a succeeding passenger and fell down with hands touching ahead the ground at which time she had a severe pain at the left ankle.

(7) Female aged 52 sustained neck cervical sprain, and head and waist contusion ; R3;

At landing she got bruises by hitting the ground, at which time she could not walk with pains.

(8) Female aged 62 sustained thoracic compression fracture of the 12th thoracic spine; R5;

Sliding down holding a sitting posture, hips were struck at landing. She could not stand up with a pain on her back.

(9) Female aged 56 sustained thoracic compression fracture of the 1st lumbar spine ; L5;

Slid down without baggage in accordance with instruction of cabin attendants. She landed from hips. She could not stand up due to a pain in waist, but evacuated with other's help.

Besides, 108 passengers and 4 cabin attendants, 112 in total, were slightly injured. According to diagnosis of the hospital where they received treatment, their injuries were mainly abrasion, bruise, sprain among there.

## *2.12 Information on search, rescue and evacuation relating to survival or death of, or injury to persons*

### *2.12.1 Situations within the aircraft when white smoke appeared*

According to cabin attendants and passengers, situations within the cabin when white smoke appeared were as follows:

When the aircraft made a right turn to enter the parking spot after the aircraft landed and passing through taxiway, white smoke was seen in the cabin.

It was something like a white fog and soon found blowing out from air distribution ducts. They thought at first it was water mist coming from the air-conditioning system, but cabin attendants reported the flight crew that the cabin had been filled with smoke, because so much was coming out and filling up rapidly entire cabin, its smell was oily, and somewhat strange like a smoke signal or fire extinguisher chemicals.

Immediately after the aircraft came to stop short of the spot, EVAC signal became operated, and an emergency evacuation was ordered by the captain.

Cabin attendants could cope with the situation calmly since they were anticipating the emergency evacuation from the situation where the white smoke was filling the inside of the aircraft. Although some unrest was found among passengers, no panicky conditions arose in the cabin.

According to passengers, cabin attendants were instructing them calmly and cautioning them to lower their posture so as not to inhale smoke. They cautioned loudly not to bring baggage, and were taking away the baggage at exits, but there had been not a few passengers who evacuated with baggages such as Boston bag and handbag.

### *2.12.2 Emergency Evacuation*

#### *2.12.2.1 Emergency training of crew*

Company regulations of ANA prescribe that flight crew and cabin attendants must receive training on emergency procedures regularly. Records of the company indicate that the crew had received the said training as described in para. 2.5.

#### *2.12.2.2 Actions taken by flight crew in emergency evacuation*

According to statement of the crew, CVR records and DFDR records combined, the situation at that time and actions taken by the flight crew were as follows:

The aircraft made a right turn approximately 2053 hours to enter the spot from Taxiway T, and about the time the turn was completed white smoke was seen in the cockpit. The observer on the jump seat became aware of it first, and reported to the flight crew by calling "smoke" at approximately 2053:20. By this report the captain and copilot recognized the white smoke which was filling the aft part of the cockpit

The flight crew considered at that time it was occurring only within the cockpit, inspected the instruments and others suspecting electric fire or smoke, but such evidence could not be found. Nor smell or stimulus was felt on the smoke, but it was filling rapidly the cockpit, and at about 2053:33 when they began to wondering the situation in the cabin, there was an emergency call rung on the interphone from a cabin attendant.

To the question of the copilot "Much smoke over there ?", the cabin attendant replied "Yes, much", and the flight crew recognized that the cabin was also filled with a lot of smoke.

An alternative idea occurred to the captain of proceeding to the standing position and to make normal disembarkation by the ladder, but he taking into consideration the possibility of the smoke being harm to human body and danger of fire occurring, determined to carry out an emergency evacuation, because it was smoke from unknown source and unknown cause was filling throughout the cabin. About 2053:49 the captain and the copilot communicated for executing emergency evacuation, and the captain brought the aircraft to a stop.

The aircraft stopped approximately 10 meters NE of the standing position of the spot, and about 2053:54 the captain set up the parking brake, and directed the copilot to shut down all engines and began the emergency evacuation procedures.

The captain ordered an emergency evacuation to the entire crew by operating the evacuation command switch, and then using the passenger addressing system commanded passengers and cabin attendants to make an emergency evacuation because of smoke filling the inside of the aircraft. The captain, as there was no fire recognized, did not issue any specific instructions as to use of exit doors leaving it to the discretion of cabin attendants.

The copilot shut down all engines in accordance with the direction of the captain to make emergency evacuation, and carried out as a part of emergency procedures confirmation of the out-flow valves being opened, discharge of the fire extinguisher to all engines, stopping APU and discharge of fire extinguisher to APU. Thereafter about 2054:30 he reported to the Ground Control that smoke appeared in the cabin and an emergency evacuation was being carried out, with the request of fire fighting services.

Thereafter, the flight crew rechecked completion of the emergency procedures by using the checklist, and reported to the Ground Control about 2056:00 that they were about to leave the airplane. They descended to the main-deck through the upper-deck and there they received the report of a cabin attendant still remaining at the cabin that evacuation of passengers had been completed. The captain and the copilot confirmed that there were no passengers remained in forward and the aft part of the cabin, respectively. Then they evacuated through L2 and L1 escape slide.

### *2.12.2.3 Situation at the emergency evacuation of passengers*

According to statements of cabin attendants and passengers, the situation at

the emergency evacuation was as follows:

About the time the aircraft came to stop at the spot, white smoke was recognized in the cabin, and its amount was increasing rapidly. Soon after the aircraft came to stop, upon the captain's order make an emergency evacuation, cabin attendants opened evacuation exits and deployed escape slides in accordance with the emergency procedures. The evacuation was conducted as a whole calmly, but about 20 % of passengers evacuated carrying baggages with them.

According to the statements of cabin attendants in charge, the situation of evacuation at each exit was as follows:

(1) cabin attendant in charge of L1

She called the cockpit on the interphone to report the situation of white smoke within the cabin, but the call did not get through as if another cabin attendant seemed to have been on line. Thereafter there were EVAC signal and announcement commanding an emergency evacuation. To passengers who rose up from their seats she called out to sit and stay seated, and deployed the slide after checking the outside for safety. She instructed passengers to leave baggages in the cabin and slide down the escape slide two at a time. She instructed in general to jump and slide to male passengers, and to slide down in sitting posture to female passengers and persons with a child

(2) cabin attendant in charge of L2

She thought at first it was water vapor, but she felt it unusual because it smelled like fire extinguisher chemical, and found inside of the cabin filled with white smoke. For a moment the lighting went off, and she instructed to passengers not to worry, and reported the flight crew over the interphone that white smoke was appearing.

When she tried to open the door after EVAC signal, there was an announcement of the captain to order an emergency evacuation, she led passengers for evacuation giving priority to female passengers accompanied by infants. Since during evacuation there was found a passenger who was unable to move at the end of escape slide, she directed remaining passengers to use the opposite exit.

She cautioned them not bring baggages with them. Although passengers who were bringing large baggage abided by the caution, but those having small baggages evacuated with the baggages. The rate of passengers who evacuated having baggages was about 10 %.

(3) cabin attendant in charge of L3

When the white smoke appeared, she directed passengers to be calm, and looked outside to ascertain no irregularity such as fire.

There were EVAC signal and announcement of the captain on emergency evacuation, and operated the exit door after checking outside for safety.

However, due possibly to misoperation, the escape slide did not deploy.

Therefore she led passengers to the R3 door

(4) cabin attendant in charge of L4

When white smoke appeared from near the ceiling and the visibility was reduced to about 10 meters, the cabin lights went off for a moment and passengers became astir. Since there was no burning smell nor evidence of fire, she judged a danger was not imminent. When she instructed passengers to take a low posture, there were EVAC signal and an announcement of the captain on an emergency evacuation, then she opened the emergency exit and deployed the escape slide after confirmation of safety outside. She gave passengers caution such as to slide the escape slide sitting, to bring no baggage, to take off high-heels, and to be calm. She conducted the emergency evacuation by holding a separation so that evacuees were not hit by following evacuees.

There were few passengers who brought baggages when evacuating.

(5) cabin attendant in charge of L5

When she was going to announce the arrival of the flight, she became aware that white smoke was filling the forward part of E cabin. Since there were EVAC signal and announcement of the captain on emergency evacuation, she opened the emergency exit and deployed the escape slide after confirmation of safety outside. She called passenger's attention so as to take off high-heels and not to bring baggages with them. To the first evacuee who was male, she asked his assistance to other passengers by holding their hands.

Since warning was made so as not bring baggage, 5~6 pieces were left at the exit, but 10~20 % of passengers evacuated with baggages.

(6) cabin attendant in charge of R1

Taking notice of the smoke, when she looked to aft of the cabin, the visibility was about 6 meters. Since EVAC signal was operated, she directed passengers to be calm and to take a low posture. At that time there was announcement of the captain on emergency evacuation. Therefore, she opened the emergency exit and deployed the escape slide after confirming the safety outside. She directed the first two passengers to slide down jumping side by side, but they hesitated to do so, and slid down in a sitting start.

She directed passengers not to bring baggage, but most of them evacuated with personal belongings. For passengers having large baggages she persuaded to surrender the baggage, and received them at the exit. The number of left baggages was about 10.

(7) cabin attendant in charge of R2

She took notice of white smoke when she went out of the galley after outfitting herself for disembarkation. Since she heard the announcement of the captain on emergency evacuation after EVAC signal, she opened the emergency exit and deployed the escape slide after confirming the safety outside. She led the evacuation directing passengers to sit and slide down, and asking assistance the following persons standing up after finished sliding down.

It seemed that about 30 % of passengers evacuated with baggages, but received baggages at the emergency exit from 5~6 passengers.

(8) cabin attendant in charge of R3

She noticed of white smoke when getting out of the toilet after preparation of arrival, and judged that it was not smoke of tobacco. After she directed passengers to take it easy because it was something related with air-conditioning, EVAC signal was operated and announcement was made by the captain on emergency evacuation. Therefore she opened the emergency exit and deployed the escape slide after confirming the safety outside. She led evacuation with the instruction to release the seatbelt, not bring out baggages and to take off high-heels.

(9) cabin attendant in charge of R4

When she was going to stand up from the seat because she thought the aircraft came to the parking spot, white smoke came out from air distributing ducts of the air-conditioning system. EVAC signal was operated and announcement was made by the captain on emergency evacuation. Therefore she opened the emergency exit and deployed the escape slide after confirming the safety outside.

She instructed passengers to avoid inhaling smoke and that high-heels be taken off, no baggage be brought out with them, and directed passengers not to worry about because it was within the airport, and hold children securely.

About 20 to 30 % of passengers evacuated with baggages against her caution. She received baggages at the emergency exit from 5~6 passengers.

(10) cabin attendant in charge of R5

Immediately after the aircraft came to a stop. she noticed that white smoke was appearing in the vicinity of E and D cabin. She judged that the amount of the smoke was of such an order to need emergency evacuation, and was anticipating instruction of the captain at the emergency exit, at which time there were EVAC signal and the announcement of the captain on emergency evacuation. She instructed passengers to stay in their seats, and after confirmed safety outside, she opened the emergency exit and deployed the escape slide. She led evacuation instructing them not bring baggage and slide down two by two.

Passengers slid down without confusion, a male standing at the end of slide held skillfully persons who were sliding down.

Most of passengers intended to evacuate with baggages, but some of them left baggage in response to the warning, and 5~6 passengers left their baggages at the exit.

(11) cabin attendant in charge of UR

About the time the aircraft came to a stop, she noticed that white smoke was coming out from air distributing ducts, and called out to passengers to lower posture and to avoid inhaling smoke by holding the headrest cover against their mouth. From the situation at that time, she was anticipating instruction of emergency evacuation at which time EVAC signal started, therefore she opened the emergency exit after confirmation of safety outside, and deployed the escape slide. But, since the escape slide was deployed somewhat aslant aft, she instructed them that the escape exit could not be used.

After a while, the slide went to a normal position, and so she let the first time two passengers slide-down. Then the slope of the escape slide became steep.

She thought it dangerous, and decided to discontinue its use, and led passengers to the exit on the opposite side (UL)

Since passengers were going to evacuate with baggages, she directed to them so as not bring them, but some escaped with baggages.

(12) cabin attendant in charge of UL

About the time the aircraft spotted in, she noticed that white smoke was coming out from air distributing ducts. The smoke spread fast than expected and the visibility became poor. She warned passengers so as to lower posture and not to breathe in smoke, at which time EVAC signal beeped. Therefore, she opened the emergency exit after confirmation of safety outside, and deployed the escape slide. Since the UR exit could not be used for some reason, most of passengers of the upper-deck escaped from the UL exit.

At the escape exit, 5~6 pieces of baggage were received. Only few passengers escaped with baggages.

#### *2.12.2.4 Statement of ground handling personnel*

According to ground handling personnel who assisted evacuees, the situation of the evacuation was as follows:

As soon as the aircraft came to a stop short of the parking spot, the escape slides were deployed, and an emergency evacuation started.

All ground handling personnel waiting the spot-in of the aircraft participated in the assistance in the evacuation at the end of escape slides. Some personnel were bumped down together with passengers as they tried to catch passengers at their front.

Some of evacuees landed as if thrown off from the end of the slide and were injured. They were led to a place away with assistance of the workers.

There was the condition that the lower ends of slides got jammed with evacuees from time to time. Some of passengers slid down holding their baggages.

#### *2.12.2.5 Escape exits and number of evacuees*

According to the investigation, the number of passengers by UR exit was 2, the number of passengers by UL exit was 56.

And according to the statements of personnel concerned, number of passengers by the other exits were as follows:

R1 and L1 : approx. 20, each.

R2, L2, R4, L4, R5, L5 : 40~50, each.

R3 : approx. 90

#### *2.12.2.6 Injured rate of passengers escaped from upper-deck or main-deck*

Out of 58 passengers on the upper-deck, the injured consist of 4 seriously injured and 18 slightly injured, with the injured rate of approximately 38 %.

While out of 417 passengers on the main-deck, the injured consist of 5 seriously injured and 90 slightly injured, with the injured rate of approximately 23 %.

#### *2.12.2.7 Sliding speed on the wet slide with rain*

According to personnel concerned, the weather at the site and at the time of the accident was rain. According to meteorological observation in the time zone in which the accident occurred, precipitation was 10 mm per hour.

Most of cabin attendants stated that they felt the sliding speed on their respective escape slide was considerably faster than at the time of training, and further stated that they thought the difference could be attributable to the slides were in a wet condition with rain.

#### *2.12.3 Fire fighting and rescue service at Tokyo International Airport*

##### (1) Outline of fire fighting and rescue service at Tokyo International Airport

The fire fighting and rescue service is to be provided by Tokyo International Airport Office and the cooperation system with related organizations has been established by such plans as "Agreement on fire fighting and rescue activities at and in the vicinity of Tokyo International Airport" with Tokyo Fire Defense Board and "Agreement on fire fighting and rescue at Tokyo International Airport" with 10 companies of airlines and enterprises within the airport and setting forth "Tokyo International Airport rescue and medical care emergency program".

The fire fighting and rescue service of Tokyo International Airport office, CAB, is provided in work shifts on a 24-hours a day basis. The system such as equipments and personnel meets requirements prescribed in ICAO Annex 14 "Aerodrome".

At the time of the accident, 9 fire fighting personnel were on duty.

Note : "Related organizations" involve local public body (Otaku of Tokyo), Fire Fighting Organization (Tokyo Fire Defense Board), Police (Tokyo International Airport Police Station, Metropolitan Police Board), medical organization (Japan Red Cross, 3 medical associations in Otaku), airline companies, and airport-related enterprises.

##### (2) Request and dispatch of fire fighting services

At 2056 hours Fire Fighting Section of Tokyo International Airport Office received from Tower that fire occurred in the aircraft at Parking Spot 56 and immediately issued Class 3 Order (the alert order), and dispatched to the site two super-large chemical fire fighting vehicles, one high-speed chemical fire fighting vehicle, and one water tank truck.

The office also made one medical equipment carrier truck standing by the fire station.

In addition, at 2058 hours Tokyo Fire Defense Board, in response to the request of the commanding room of the Airport Fire Fighting Section, dispatched 47 fire fighting vehicles, out of which 3 arrived at the site, but others turned back on the way because the order was cancelled.

#### *2.13 Test and Research*

##### *2.13.1 Conditions of aircraft after accident*

A post-accident investigation of the aircraft revealed abnormal oil loss from the APU.



\* Fire handle pulled-out, rotated ccw.

(3) Pneumatic system

- \* Engine bleed air switches all engines: on
- \* APU bleed air switch on
- \* Isolation valve switches left, right: open

(4) Cabin pressurization system

- \* Outflow valve manual switches left, right: on
- \* Outflow valve position indicators left, right: fully open
- \* Cabin altitude auto-selector normal

(5) Air-conditioning system

- \* Pack control selectors pack 1, 2 & 3: normal
- \* High flow switch off
- \* Cabin temperature selector 12 O'clock position in auto mode
- \* Cockpit temperature selector 12 O'clock position in auto mode
- \* Trim air switch on
- \* Recirculation fan switches upper, lower: on
- \* Humidifier switch off
- \* Equipment cooling selector normal
- \* Aft cargo heat switch on

*2.13.1.5 L3 emergency exit*

The L3 exit door had been opened, but the escape slide had not been deployed. The mode selector handle of the door was found in the "manual" position.

*2.13.2 Investigation on the right-side escape slide of the upper-deck*

The escape slide is expanded by high-pressure gas sent from gas cylinders and the open air. The slide consists of two air chambers, the upper and the lower chamber. The slide is usable even in case one chamber is not inflated, but in that case the time required for evacuation becomes longer because the sliding speed should be slower.

In each chamber, a turbo-fan is installed on left and right side, respectively.

The turbo-fan consists of a turbine, a fan (cast aluminum alloy) driven by the turbine and installed inside of the turbine, and a stator (cast aluminum alloy) aft of the turbine. The stator is integral with the duct of the turbo-fan, and holds the turbine and the fan.

The high-pressure gas is brought into the air chamber after rotating the turbine, and the fan is rotated by the rotation of the turbine, and the air chamber is inflated by the open air thus sucked in. The turbine and the fan rotate at 3,000 rpm (nominal). (see attached Fig.6)

At the accident the use of the right-side escape slide was suspended at the discretion of cabin attendants after two passengers were escaped because of its inadequate deployment. And it was found in the post-investigation that upper air chamber of the slide had been inadequately inflated.

Detailed investigation was conducted on the slide, and results of the investigation are as follows:

- (1) The stator of the right turbo-fan of the upper air chamber was found fractured and fan and turbine separated from each other. (see Photo.1 )
- (2) The fractured fan is rotatable not being stuck.
- (3) Investigation of fractured surface of the fractured fan and the stator showed no evidence of fatigue.
- (4) 17 brakes (maximum 8 cm in length) and more than 10 pin holes were found on the upper air chamber near the place where the right turbo-fan which was fractured is connected.
- (5) Inside of the upper air chamber were found fragments of fan, fragments of stator, and fragments of P seal (P-shaped seal of silicon rubber) attached to the bottom of the facial panel on the side of the cabin side of the escape slide. (see Photo.2 )  
Investigation of the facial panel indicated loss of the P seal.
- (6) Powdered P seal was found attached on the left-side turbo-fan of the upper air chamber.
- (7) There were no irregularities on both the left and right turbo-fan of the lower air chamber.

### *2.13.3 Cockpit indications*

#### *2.13.3.1 Cockpit indications relative to APU*

According to the flight crew, there had been no indications of anomaly in the APU. The lower EICAS display, the crew stated, was in a "blank" mode of operation in accordance with the company's operations manual. Consequently, the APU conditions which the crew could monitor were the "APU RUNNING" memo message in the upper EICAS display and the "APU generator power available" light indicating respectively that the APU was running at a proper speed range and that the electrical power was being generated at the rated voltage and frequency. Details of the APU operation such as the oil quantity were not monitored at the time.

#### *2.13.3.2 Cabin smoke detectors*

According to the flight crew, there was no indication detecting smoke on the cabin smoke detectors at that time.

### *2.14 Other necessary information*

#### *2.14.1 Operational aspects of APU*

##### *2.14.1.1 Operation of APU*

The APU can be started only on the ground. The APU, when kept operating, can supply pneumatic air up to 15,000 ft, but the electrical power is not available in flight. When the pneumatic air and electrical power are being supplied by the APU on the ground, and if the APU becomes overloaded, the priority is given to the electrical power, pneumatic air supply being automatically reduced.

#### *2.14.1.2 History, Maintenance Procedures and other information of APU*

The APU was installed on the aircraft after its manufacture, and had not been removed from the aircraft for maintenance or other reasons. Maintenance of APU is made on an on-condition basis, with inspections for oil system set forth on the following items:

- \* The main filter downstream of the oil pressure pump: every 2000 hours
- \* Magnetic chip detectors on the oil scavenge lines of the load gearbox and the accessory gearbox: every 1200 hours

Inspection was carried out on Jan. 19, 1993 on the main filter and on April 17, 1993 on magnetic chip detectors of the load gearbox and the accessory gearbox, at which times no anomaly was logged.

As to oil quantity, the company's maintenance program specifies the EICAS oil quantity and refill message be checked after each flight and the oil be replenished as necessary. The last replenishment was made on April 16, 1993.

#### *2.14.1.3 Automatic shut down of APU*

According to the Aircraft Maintenance Manual, the APU is automatically shut down when any of 21 kinds of malfunction is detected. Out of these conditions, following are related to the oil, bleed air and rotation of the load gearbox drives :

- (1) oil temperature increases to more than 135° C.
- (2) oil pressure falls below 55 psi.
- (3) bleed air temperature at the load compressor outlet exceeds 232° C.
- (4) bleed air temperature at the APU bleed air duct exceeds 121° C.
- (5) input drive gear speed exceeds 110.8% (100%=24,625 rpm)

#### *2.14.1.4 Design standards of APU*

(1) The APU was a product of Canada, and its design standards of the Canadian government mainly refers to that of U.S.A. The FAA's design standards are contained in Code of Federal Regulations, Title 14, Part 25 : Airworthiness Standards of Transport Category Aircraft (hereinafter referred to as FAR) and the Technical Standard Order (hereinafter referred to as TSO) C77a on APU which supplements the FAR. The said APU is approved by the FAA as a "Category II - Non Essential APU" conforming to the said TSO.

(2) FAR 25.1309 describes equipment, systems and installations in which principal design standards are expressed as follows:

Para.(b) The airplane systems and associated components, considered separately and in relation to other systems, must be designed so that -

(1)The occurrence of any failure condition which would prevent the continued safe flight and landing of the airplane is extremely improbable.

(2) The occurrence of any other failure conditions which would reduce the

capability of the airplane or the ability of the crew to cope with adverse operating conditions is improbable.

Para.(d) Compliance with the requirements of para.(b) above must be shown by analysis, and where necessary, by appropriate ground, flight, or simulator tests. The analysis must consider -

- (1) Possible modes of failure, including malfunctions and damage from external sources.
- (2) The probability of multiple failures and undetected failures.
- (3) The resulting effects on the airplane and occupants, considering the stage of flight and operating conditions.
- (4) The crew warning cues, corrective actions required, and capability of detecting faults.

(3) TSO c77a Appendix 1.6.2 describes on the safety analysis as follows:

A failure analysis must be made to show that no single failure or malfunction or probable combination of failures in any critical system of the APU will result in an unsafe condition.

#### *2.14.2 Design standards and operational aspects of the escape slide*

##### *2.14.2.1 Design standards of the escape slide*

The escape slides on board the aircraft were products of USA.

The design standards applicable to the slides are FAR and TSO C69, C69a and C69b. As to the upper-deck slides, C69 and C69a(Appendix 2 only) had been complied with.

Principal design standards excerpted from the FAR and TSOs are as follows:

(1) FAR 25.803(c)

Except as provided in para. (d) of this section, for airplanes having a seating capacity of more than 44 passengers, it must be shown by actual demonstration that the maximum seating capacity including the number of crewmembers can be evacuated from the airplane to the ground within 90 seconds.

(2) FAR 25.803(d)

A combination of analysis and tests may be used to show that the airplane is capable of being evacuated within 90 seconds under the conditions specified in para.(d) of this section if the Administrator finds that the combination of analysis and tests will provide data with respect to the emergency evacuation capability of the airplane equivalent to that which would be obtained by actual demonstration specified in para. (c) .

(3) FAR 25.809(f)(1)(ii)

The escape slide must be automatically erected within 10 seconds after deployment is begun.

(4) TSO-C69 4.23.1

The device surface, including its coating, must be suitable and safe for use in any weather condition, including a rainfall of 1 inch (2.5 cm) per hour.

#### *2.14.2.2 Time require to evacuate*

According to data of Boeing Co. it has been demonstrated that a maximum capacity of persons on board including the crew members can be evacuated from the type of aircraft within 90 seconds by using escape slides only on a single side of the fuselage.

#### *2.14.2.3 Frictional coefficient of surface materials of the escape slide*

The Boeing specification prescribes that the surface material of the escape slide must exhibit an appropriate coefficient of friction under the dry as well as wet conditions. According to B.F. Goodrich Co., the manufacturer of the escape slides, conformity of the materials to the specifications has been verified by measuring the coefficients under dry and wet conditions at the time of selection of the material in its development stage.

#### *2.14.3 Cockpit indications relative to APU*

APU-related displays and indications provided in the cockpit are described in subparagraph (1) through (4) below.

##### (1) Upper EICAS display

When the APU is operating at a specified speed ( $N_1$  at or higher than 95 %), a memo message "APU RUNNING" is displayed.

If an anomaly such as fire takes place in the APU, one or more of four alert messages (like "APU FIRE") are displayed telling the nature of the malfunction.

##### (2) Lower EICAS display

When the lower EICAS display is selected in the "Status Page" mode , EGT,  $N_1$ ,  $N_2$  and Oil Quantity of the APU can be displayed.

Note: If the oil quantity falls below certain levels, the indicated oil quantity is followed by letters RF(refill) or LO(low).

##### (3) APU generator power available light

When the APU is running and output of either or both of two generators are at the nominal range, and when the generator is not connected to the aircraft AC bus, the respective "APU generator power available" light flashes on the overhead panel.

##### (4) Master warning in case of APU fire

If an APU fire breaks out, an alert message is displayed in the upper EICAS display and a master warning alert is initiated.

#### *2.14.4 Cabin smoke detectors*

The aircraft was equipped with smoke detectors at each lavatory and at the crew rest area above the L5 door. If smoke is detected by either of those, an alert message is provided to the upper EICAS display.

## ***3 Analysis***

### *3.1 Tests and Research for Analysis*

### *3.1.1 CMC records*

The CMC is capable of recording in its nonvolatile memory such APU parameters as "Compartment fire", "Auto shut-down", and "Computer fault" among other records. Inspection of recorded messages indicated no evidence of malfunctions in the APU.

And inspection of the records also indicated no evidence of malfunctions in the engines, the bleed air system, air-conditioning system, or cabin pressurization system.

### *3.1.2 DFDR records and CVR records*

#### *3.1.2.1 DFDR records*

There were 106 analog flight data and 168 discrete signals recorded in the DFDR. Major findings of the records were as follows:

- (1) The UTC record contained in the DFDR was compared with other records of more accurate time base. There was a bias of three seconds which has been compensated in this report.
- (2) The DFDR readout contained no records anomaly in each system, such as smoke or fire, or operation of the aircraft.
- (3) According to DFDR records, the aircraft landed at about 2049:40, exited the runway at about 2050:30 to Taxiway C8. After passing through Taxiway C8B, the aircraft taxied along Taxiway T after about 2051:40.  
At about 2053:05 the aircraft commenced right turn to the Parking Spot 56, and completed the turn at around 2053:35, proceeded to the parking spot.  
The engines were operating at idle speed throughout of the taxiing after the thrust reversers were used for deceleration until all engines were shut down at about 2053:59.
- (4) DFDR records of any relation to APU is limited to "APU Fire", and was recorded no data indicative of occurrence of fire on the APU.

#### *3.1.2.2 CVR records*

In CVR were recorded voice and sound data for a period of 19 minutes and 25 seconds until 2053:59 at which all engines were shut down and AC power was cut off.

Major transcripts are as follows:

- (1) There were no records of irregularities indicating either system malfunctions or unusual operational condition until about 2053:20 at which time recorded was the observer's "smoke" call reporting to the flight crew of the white smoke substance entering the cockpit.
- (2) After about 2052:50, there recorded were normal communication between the flight crewmembers about identifying the marshaller, turning taxi lights off, starting a right turn in preparation for entering the gate from Taxiway T.

- (3) After about 2053:20 when a "smoke" call was recorded and until about 2053:30, conversations of the flight crew were recorded in regard to that they recognized the smoke, their attempt to identify the source, nature and extent of the smoke, and that fixes are to be carried out after stopping the aircraft.
- (4) At about 2053:33, an emergency call chime of the interphone was recorded. The record was followed by about 10 seconds conversations which includes that communication between the copilot and a cabin attendant was established, a voice of the copilot at about 2053:39 "Much smoke over there?" inquiring the cabin attendant of the cabin condition, the attendant's answering voice "Yes, much.", and flight crew's recognition on the extent of the smoke in the cabin.
- (5) From about 2053:48, there started the captain's voice "Let's stop and evac.", the copilot's "Yeah, execute evac.", and the captain's "Okay, cut No. 1, 2, 3, 4, cut off ---" indicating that the captain decided to execute an evacuation, the copilot concurred, and they started the emergency procedures such as stopping the aircraft and shutting down all engines.
- (6) At about 2053:59 shortly after the emergency evacuation procedure was initiated, CVR recording stopped for the flight. Possibly because of this, the passenger address by the captain ordering an evacuation had not been recorded in the CVR.

### *3.1.3 Estimation of the time when the APU was started*

It is estimated that the APU was started at approximately 2051:10 judging from the statement of the flight crew that the APU was started while taxiing on Taxiway C8B and its collation with recorded data in DFDR.

It is also estimated that its operation stabilized at approximately 2051:40, since it is known from experiences that it takes about 30 seconds before the APU shaft speed increases and stabilizes.

### *3.1.4 Disassemble investigation of APU*

The following are results of the post-disassembly investigation of the APU.

#### *3.1.4.1 Load gearbox*

(1) The input drive gear, the cooling fan idler gear, and the cooling fan drive gear were found fractured. Metal chips and flakes were found on the oil scavenge magnetic chip detector located at the bottom of the gearbox case. The oil scavenge filter at the bottom was found clogged by a lot of metallic fine flakes and whiskers accumulated on it. A small amount of metallic flakes gathered in the gearbox, and there were scratches found on the inner wall.

(see Photo.3 through Photo.6)

(2) All the gear teeth (26 each) of the input drive gear were fractured at the middle part by the width of the mating gear (cooling fan idler gear).

(3) An outer part of the cooling fan idler gear (47 teeth) web was fractured

circumferentially for the length of 5 cm, or equivalent of 8 teeth. Seven of the missing 8 gear teeth were found in the metal flakes on the scavenge filter or those within the gearbox.

All of the remaining (39 each) gear teeth were smeared.

(4) Three bolts attaching the retainer of the roller bearing at the forward side of the cooling fan idler gear shaft were found loosened, but there were no irregularities on the bearing or the tab washers securing the bolts.

(5) All the teeth (24 each) of the cooling fan drive gear, which meshes with the cooling fan idler gear, were found fractured at their root. Twenty flakes corresponding to 20 out of the 24 teeth were found in the flakes either on the scavenge filter or in the gearbox case.

(6) Two out of the three bolts attaching the aft roller bearing retainer at the aft end of the cooling fan drive gear shaft were found loosened, but there were no irregularities on the bearing itself or the tab washers securing the bolts.

(7) The AC generator idler gear teeth, which mesh with the input drive gear, had indentation and metal pickup.

(8) The right hand AC generator drive gear teeth had indentation and metal pickup on the driven side of the teeth. There were no irregularities found on the left-side AC generator drive gear.

#### *3.1.4.2 Load compressor*

(1) The No.0 bearing air seal located between the load gear box and the load compressor was found intact but was heavily wetted with oil. (see Photo.7)

(2) The impeller and the inner wall of the diffuser were heavily wetted with oil.

(3) The inside of the APU bleed air duct adjacent to the APU load compressor was found heavily wetted with oil.

#### *3.1.4.3 Oil system other than the load gearbox*

(1) There remained 1.8 ℓ of oil in the oil tank. The tank capacity is 18 ℓ of which 16 ℓ is usable and 2 ℓ is unusable by design. The remaining oil quantity means that all usable oil was lost.

(2) A little amount of sandy metallic particles was found on the filter at the bottom of the oil tank.

(3) About a tea-spoonful of sandy metallic particles were trapped in the main oil filter downstream of the oil pressure pump.

(4) Several minute metallic flakes were found sticking to the oil pressure pump gears.

(5) There were several scratches found on the load gearbox oil scavenge pump.

(6) A small amount of metallic whiskers was found sticking to the magnetic chip detector in the accessory gearbox oil scavenge line. A very small amount of sandy metallic particles were found in the filter downstream of the chip detector.

#### *3.1.4.4 Exhaust duct*

Most of the inner diameter was wetted with oil.

#### *3.1.5 Investigation on damaged gears in the load gearbox*

The damaged gears were examined by both magnified visual and scanning electron microscope (SEM) inspections. Following summarizes the results.

##### *3.1.5.1 Cooling fan idler gear (see Photo.8 through Photo.13)*

Beach marks were found in two locations on the fracture surface of the gear web as well as of the corresponding teeth separated from the gear. The beach marks were found originated from the trough of the tooth and propagated to the direction of rotation.

Defects in machining, material or other kinds was not found by SEM inspection at and around the points of origin.

##### *3.1.5.2 Cooling fan drive gear (see Photo.14)*

Evidence of fatigue (with and without beach marks), having propagated toward the direction of rotation, were found at seven areas on the gear at the roots of fractured teeth. The same was found on the corresponding surface of the separated teeth. Other parting surfaces were either scored circumferentially or crushed/smeared.

Defects in machining, material or other kinds was not found by SEM inspection at and around the points of origin.

##### *3.1.5.3 Other gears*

The broken part of the input drive gear, the middle area of the gear teeth where the cooling fan idler gear meshes, had no trace of fatigue such as beach marks.

Both the generator idler gear and the generator drive gear had scoring marks on the teeth, but there were no sign of fatigue such as beach marks.

#### *3.1.6 Hardness test of gears*

The cooling fan idler gear and the cooling fan drive gear, both broken, were tested for hardness at the root of the teeth. Test results compared with the respective requirements of the Pratt & Whitney, Canada Co. are shown below:

(1) Idler gear : Lower than the specification by 6 in Rockwell "C" hardness (HRC) at 0.2mm beneath the surface.

(2) Drive Gear : Lower than the specification by 4 in Rockwell "C" hardness (HRC) at 0.2mm beneath the surface.

The insufficient hardness is presumed to have been caused by an improper surface hardening process.

### *3.1.7 Systems related to APU*

Functional tests were conducted on the APU controller unit which regulates APU operation, components regulating the APU bleed air supply system i.e. the air supply control and test unit, the APU isolation valve, and APU diverter valve and the central maintenance computer. No malfunctions were found on either unit.

### *3.1.8 Sliding test on escape slide performance and precipitation*

According to personnel concerned, it was raining at the site at the time of accident. And number of evacuees (both crew and passengers) stated that their slides were wet and attributed the slipperiness to the wet condition.

ANA carried out a series of tests, in the presence of representatives of the Aircraft Accident Investigation Commission staff, to see if sliding speed and posture were affected by wet/dry surface, jumping/sitting start and other various test condition.

#### *3.1.8.1 Test conditions*

The tests were conducted on a training mock-up of Boeing 747 L1 door fitted with a L4 escape slide. This provides almost the same condition as a L1 escape slide was used. The sill height used in the test was measured approximately 4.8 m, and the inclination approximately 32 degrees.

Three levels of surface moisture as listed below were selected as one of the primary test parameters.

- \* Dry
- \* Moderate rain (5mm/h) lasting for 30 seconds
- \* Heavy rain (15mm/h) lasting one minute

Combining the surface moisture and following test conditions, more than fifty test runs were carried out and their sliding speeds were measured.

#### (1) Testees

A male in twenties, a male in forties, a female in forties, and a box-shaped dummy sled weighting 46 kg.

#### (2) Material of clothing

Human test subjects wore cotton coveralls.

The dummy were wrapped by three kinds of clothing fabric, i.e. polyester, wool and cotton in sequence.

#### (3) Start of sliding

Jumping start (jump and slide) and sitting start (sit and slide)

#### (4) Sliding posture

- a: Arms pushed forward and arms crossed
- b: Torso held upright and laying on the back

### *3.1.8.2 Summary of results of test and analysis*

Analysis of test results in regard to correlation between the sliding speeds and test conditions as stated above (para.3.1.8.1) were as follows:

#### (1) Effect of moisture on the sliding surface

In sitting starts with the upper body kept upright, the sliding speed is slightly faster and deceleration effect at the end is less in the "moderate rain" condition. When the subjects lain on the back, increase in the sliding speed is not significant, but the deceleration effect at the lower end is similarly less when wet. In the "heavy rain" condition, sliding speed increases and the deceleration becomes worse for both torso positions.

In cases where the sliding surface is wet, the overall tendency is that sliding speeds is higher than the dry speeds and deceleration at the bottom is less. This tendency is more evident when the surface is heavily wetted ("heavy rain" condition).

#### (2) Effect of clothing materials

Tests conducted with various clothing materials wrapped on the dummy sled indicated that wool went faster and polyester slower on wet surface than dry.

Therefore, it is inferred that the sliding speeds of evacuees vary depending on clothing materials.

#### (3) Effect of starting conditions (jumping or sitting)

The maximum speed attained on the slide is somewhat larger when sliding was commenced after a jump than sitting starts. In both starting conditions, testees were decelerated significantly at the bottom of the dry slide but in wet conditions the deceleration was much less.

Jumping starts supposedly afford quicker evacuation in general than sitting starts, but the test results indicate an adverse effect of jumping starts in which the terminal speed becomes faster.

#### (4) Effect of sliding posture

Under both the dry and the wet condition, the speed on the slide is somewhat faster when sliding was made with the upper body raised than when lain on the back. Under the dry condition, the faster speed is compensated by more evident deceleration at the bottom of the slide and the terminal speeds in both postures become almost the same. Under the wet condition, testees in both postures were less decelerated at the bottom. (In the "lain on the back" tests, landing was made only onto a well cushioned mattress. Such recovery maneuvers as raising the upper body and landing on feet were not attempted at the bottom of the slide.)

### *3.1.8.3 Summary of test results*

The industry experiences show that sliding down on a dry evacuation slide in a proper posture enables normal landing on the ground, and evacuation slides are also certified for an evacuation under precipitation.

The sliding speed becomes faster in general under precipitation although starting condition, sliding posture, clothing materials and other factors can

make some differences. Therefore it is conceivable that normal landing under such condition might be somewhat difficult for the general passengers who naturally have no sliding experiences.

This tendency is believed to be intensified in a heavy rain.

### *3.1.9 Investigation for the injured passengers*

#### *3.1.9.1 Ratio of the injured by age group and in gender category*

Among the total of 475 passengers of the flight, 9 were seriously injured and 108 suffered minor injuries in the accident. The ratio of the injured by age group were approximately 10 % for those under forty, 20 % for forties, 40 % for those over fifty in age. The ratio in gender category were approximately 14 % for male and 39 % for female, and for those over fifty in age were approximately 25 % for male and 53 % for female.

#### *3.1.9.2 Circumstances and conditions of the seriously injured*

According to statement of 9 passengers seriously injured, they suffered the injuries at the time of landing after sliding down on escape slides.

While age distribution of the entire passengers on board were not unusual, all the 9 heavily injured were over fifty in age. Although the ratio of passengers over fifty in age in gender category were almost same, the seriously injured were one male and 8 female.

The break-down of injuries of the seriously injured were : 6 compression fracture of spine ( the 12th thoracic spine x 4, the 9th thoracic spine x 1, the 1st lumber spine x 1 ) , 2 other bone fracture, 1 bruise and sprain.

Among those injuries, compression fracture of spine, especially the 12th thoracic spine, is remarkable.

NOTE : The human spinal consists of seven cervical, twelve thoracic and five lumber spines.

Each spine is named by combining zonal designation (cervical, thoracic and lumber) followed by a sequential number given downwards.

For example, a spine which belongs to the thoracic spine group and is the 12th in order when counted from the top, it is called the 12th thoracic spine.

#### *3.1.9.3 Investigation of spinal strength of the aged*

A investigation was made for spinal strength of the aged because that all of the heavily injured were aged passengers and among those injuries compression fracture of spine was remarkable.

##### (1) Change of spinal strength for age

A representative study report indicates that series of compression fracture load tests revealed that those spines of the aged are weaker in strength than those of the younger. According to the report, when compared to spinal strength of the twenties and thirties in age, those of 40s'/50s' and 60s'/70s' are 22% and 50% weaker respectively.

(H.Yamada, "Human body strength and aging", 1979)

In the bone tissue, osteoclasts (bone-absorbing cells) dissolves old bone mass while osteoblasts (bone-forming cells) add new bone structures, thus anabolism and catabolism are well balanced throughout life. If these processes become out of balance, metabolic osteomalacia results. In particular, such conditions as a result of aging is called as "osteoporosis". It is a state where bone mass is reduced while the basic bone structure is unchanged. It involves the compact layer made thinner and micro-beams in the spongy layer getting fewer and thinner, or simply stated, porous.

Conceptually expressed, osteoporosis is "a state in which mechanical strength is deteriorated due to reduction in both mineral (inorganic) content and organic (collagen) material per unit volume of the bone".

( "Clinical orthopedic medicine" , Chugai Medical Publishing)

## (2) Osteoporosis among the male and the female

Female, in particular after menopause, suffer rapid reduction in bone mass in many cases. It is often called post-menopausal osteoporosis. It is an established theory that in female, after menopause, secretion of estrogen and protein-anabolic hormone is significantly reduced and thereby osteoblast activity is suppressed while protein-catabolic hormone is kept secreted normally and therefore osteoclast activity is maintained.

One of typical parameters frequently used for estimating bone strength is bone mass density. A study of the second through the fourth lumbar spine strength has been made on sample measurement data obtained from 916 normal (healthy) females. Peak bone mass density of each subjects was determined from measured data and statistical analysis was made. By defining probable victim of osteoporosis as those whose bone mass density is less than the average by twice the standard deviation (2SD), about 29 % of age forties, 52 % of the 50s, 78 % of the 60s, and 87% of over 70 years in age among the samples fell into this (osteoporosis) category.

(H.Kushida, "Bone fracture of the elderly", Orthopedics graphic series No.62, 1991)

In contrast, the male bears less tendency of bone deterioration due to aging.

### *3.2 Analysis*

*3.2.1 The flight crew members were properly qualified and had valid medical certificates.*

*3.2.2 The aircraft had a valid airworthiness certificate, and had been maintained as prescribed.*

### *3.2.3 APU starting and white smoke*

At approximately 2051:10, the APU was started when the aircraft was taxiing along Taxiway C8B after landing. Subsequently the aircraft taxied along the Taxiway T at an average speed of 20 km per hour and when it was about to complete a turn toward Parking Spot 56, an observer aboard in the cockpit noticed that white smoke was entering the cockpit and notified the captain by calling "smoke" at about 2053:20. The passenger cabin was also being filled by white smoke at around the time.

When a cabin attendant called the cockpit over the interphone at 2053:33, the copilot asked her "Much smoke over there ?" and she replied "Yes, much." It was at that time when the flight crew recognized that the entire aircraft was already filled with smoke.

It is estimated that after the APU was started it took about two minutes before the white smoke began appearing in the cabin.

#### *3.2.4 Stopping the aircraft and an evacuation command*

It was determined that the captain and the copilot, having noticed the smoke condition inside the aircraft, exchanged voices of coordination, brought the aircraft to a stop at about 2053:55, shut down all engines and accomplished emergency procedures which includes APU shutdown and discharging fire extinguishers among others.

The evacuation command was determined to be made by initiating the EVAC signal and through the passenger addressing system at around 2054 hours.

#### *3.2.5 Captain's judgment on emergency evacuation*

The captain stated in essence that he elected to evacuate the passengers from the aircraft as the way to best serve the passenger's safety after he could not rule out possible harm to human body and ignition/fire on the spot due to indeterminable source and nature of the smoke.

Later investigation by the commission revealed that the white smoke which filled the aircraft was atomized APU oil in mist form and it is estimated that as its density was not too high and that its being harm to human body and likelihood of ignition was negligible. It is determined that the captain, however, had no way of knowing the same under the circumstances at that time and that there were no appropriate ways he could take other than the evacuation.

#### *3.2.6 Gear fracture in APU load gearbox*

3.2.6.1 It is estimated that several teeth of the cooling fan idler gear and the cooling fan drive gear were fractured due to fatigue as was evidenced by traces of fatigue such as beach marks on the gears as stated in para.3.1.5.

It is estimated that missing teeth caused mismatching in gear engagement, resulting in fracture of the cooling fan idler gear and damage to the remaining train of the cooling fan drive gear.

3.2.6.2 The broken idler gear caused improper engagement to the mating input drive gear, which made the cooling fan idler gear battered by the input drive gear with resultant damages to the input drive gear.

3.2.6.3 The damaged input drive gear caused secondary damages to the meshing generator idler gear and subsequently to the generator drive gear engaged to the generator idler gear.

3.2.6.4 As stated in para. 3.1.4, it was recognized that bolts attaching the retainer for the bearings which support the cooling fan idler shaft and the cooling fan drive gear shaft.

It is reasonable to assume that these loosening was the result of high load

caused by the gear breakage but the possibility can not be ruled out that the loose condition was pre-existing due to APU vibration and case resonance.

3.2.6.5 The fatigue cracks in the idler gear and the drive gear of the cooling fan are considered to have been caused by vibration of the cooling fan shaft due to APU vibration during running and to resonating casing. Inadequate hardness of the gear teeth, presumably as a result of insufficient carbonization, is considered to have contributed to the fatigue cracking.

### *3.2.7 Mechanism of APU oil entering the cabin*

3.2.7.1 The APU load gearbox is lubricated by sprayed oil provided from various nozzles. The pressure of the oil is 80 psi and the temperature 82° C (Both nominal value).

3.2.7.2 The front end of the APU N<sub>1</sub> shaft is supported by the No.0 bearing in the load gearbox whose cavity is separated from the load compressor by the No.0 bearing air seal.

N<sub>2</sub> compressor pressure, which is higher than the load gearbox pressure, is provided as the back pressure for the No.0 bearing seal. The pressure differential of a few psi prevents the lubricating oil for the No.0 bearing from entering to the load compressor.

3.2.7.3 According to CMC records, DFDR records, investigation of the aircraft and statements of the captain and the copilot, there were no anomaly in engines and the APU was started normally and was in operation supplying only pneumatic air.

As the engine bleed air is approximately 45 psi and the APU pneumatic air is approximately 56 psi, it is determined that at that time the APU was the primary source of pneumatic air for the air-conditioning system.

3.2.7.4 As was stated in para. 3.1.4.1 (1) , several gears were found broken in the load gearbox and substantial amount of metal particles were found accumulated on the oil scavenge strainer. From these findings it is concluded that the metal particles clogged the oil scavenge strainer, that the oil could no longer be drained adequately, that the incoming oil exceeded the impaired scavenging capability, and that the internal pressure of the load gearbox became as high as exceeding the back pressure at the No.0 bearing air seal.

It is estimated that a majority part of the leaking oil that was sprayed into the load compressor and got atomized entered the APU bleed duct and subsequently a limited part which turned into a "dry mist" state went into the air-conditioning system.

It is also estimated that a part of oil sprayed into the load compressor went through the diverter valve and then to the ambient.

3.2.7.5 It is estimated that a part of oil that leaked through the air seal passed through the sealing air passage and through the breather line and was

finally purged through the exhaust duct. A cracked rubber tube on the line indicates that oil leaked from there and wetted the APU access door.

( see attached Fig.7)

### *3.2.8 Status of oil which leaked from APU*

3.2.8.1 Investigation of the aircraft showed no evidence that oil burned, although oil was found sticking to inside of APU load compressor, APU bleed air duct and others. None of the over heat protection of each system detected over-heating as follows:

(1) APU is designed to stop automatically when the over-heat switches which are installed to APU bleed air duct operates, but APU did not stop automatically.

(2) In the air-conditioning system are installed two protections for over-heat (operates at 218° C) and pack discharge over-heat (operates at 85° C) of the air cycle machine, and when they operate, the air-conditioning system would usually stop. But the air-conditioning system did not stop.

(3) The location where the temperature of air is highest in the portion from APU to air exit of the passenger cabin is the exit of the load compressor, and temperature would have been approximately 220° C for the air temperature of 9° C at that time. According to Exxon's data, the flashing point of oil is 249° C, and ignition point (natural ignition temperature) is 415° C, higher than the temperature above. There is no ignition source between APU air intake to cockpit and passenger cabin's air blow.

From the above, it is estimated that oil did not burn.

3.2.8.2 It is estimated that oil leaked into the load compressor in a sprayed form and became minute particles of oil by dispersing within the load compressor and mixing with bleed air, judging from the fact that the space between No.0 bearing seal and air seal bore is as narrow as approximately 0.02 in (0.5 mm) and load compressor impeller is making a high-speed rotation. It is estimated also that comparatively large particles collided with the inner wall and stuck to the inner wall while minute particles having comparatively large surface tension became mist being mixed with the bleed air, and sprayed into passenger cabin and cockpit from air distributing ducts.

Minute foggy oil particles are not subjected to effect of change in environments such as cooling or depression, and does not change the state even if through the long draft tube, and such oil particles are referred to as "dry mist" in the engineering, being used for lubrication of machinery.

### *3.2.8.3 Amount of oil leaked*

The capacity of oil tank is 18 ℓ, and the capability of the oil pump of the load gearbox is about 10 ℓ/minute. From the fact that the investigation showed oil of 1.8 ℓ remained in the oil tank, it is estimated that approximately 16 ℓ of oil had leaked in slightly less than 2 minutes after the load gearbox oil scavenge filter was blocked up.

### *3.2.9 Situation of emergency evacuation*

Order of the captain on the emergency evacuation was announced about 2054 hours through EVAC signal and the passenger addressing system within the aircraft.

Cabin attendants stated that they deployed escape slides without delay, because they were anticipating an order on emergency evacuation from the condition of the white smoke filling the cabin, and on the other hand ground workers stated that escape slides were deployed soon after the aircraft was brought to a stop.

From these it is estimated that the emergency evacuation procedures were implemented expeditely by cabin attendants.

### *3.2.10 Time spent for emergency evacuation*

According to the record of communications between the aircraft and Ground Control, the flight crew reported to Ground Control their evacuation about 2056:00 hours, and according to the captain, when the flight crew went to the passenger cabin after reporting to Ground Control, evacuation of passengers had been completed. It is, therefore, estimated that the time spent for completion of evacuation of passengers would have been within 2 minutes after the emergency evacuation was directed.

### *3.2.11 Malfunction of the upper-deck right-side slide*

#### *3.2.11.1 Inadequate deployment of the upper-deck right-side slide*

According to the cabin attendant in charge of upper-deck right-side exit, the slide was deployed somewhat aslant aft at first, then seemed to be normal, but evacuation was suspended at her discretion because that the slope of the the slide became steep at the time when the first two evacuees slid down.

In the post-accident investigation it was found that the upper air chamber of the slide had been inadequately inflated.

As stated in para. 2.13.2 the investigation indicated 17 brakes and more than 10 pin holes at the vicinity of the location where the slide is connected with the right-side turbo-fan of the upper chamber. It is estimated that the inadequate deployment of the slide was due to insufficient inflation of the chamber with the result that the open air was not sucked in sufficiently due to the turbo-fan fracture, and a part of the sucked in air would have leaked through the brakes and pin halls of the chamber which were made by the fractured blades of the fan and stator.

#### *3.2.11.2 Fracture of the turbo-fan*

As stated in para. 2.13.2, there was found in the upper chamber fragments of P seal attached to facial panel installed on the cabin side wall of the escape slide together with fragments of turbine, fan and stator of the right-side turbo-fan, and there were no evidence of fatigue of fractured surfaces of the fan and stator. Therefore, as the causes the turbo-fan was fractured the following are considerable:

(1) P seal came off and was sucked into the turbo-fan and collided with the fan, resulting in overload to the fan, with the result that the fan and the rotor were separated from each other, fragments of the fan bit the stator, and the stator fractured.

(2) P seal came off and was sucked into the turbo-fan and the fan was restrained, resulting in rapid reduction of rotating speed, and thereby overload to the stator holding the fan was caused, with the result that the stator was fractured, and fragments of the stator bit the fan, and the fan fractured, and fan and rotor separated from each other.

As to the cause the P seal came off, insufficient adhesion to the facial panel at the time of manufacture is considerable.

### *3.2.12 Escape slide at L3 exit*

As stated earlier in para.2.12.2.3 (3) and 2.13.1.5, the L3 door was opened but its slide did not deploy. Examination revealed that the mode selector handle of the door was placed in the "Manual" position.

When a deployment test was later conducted with the mode selector handle in the "Auto" position, the slide deployed normally. Consequently it is concluded that the slide did not deploy because the cabin attendant inadvertently moved the handle to the "Manual" position immediately before opening the door.

### *3.2.13 Sustained injury*

The seriously injured evacuees were mostly bone fracture while the slightly injured evacuees suffered mainly bruise, sprain and scratch while.

According to the injured, the seriously injured got injured when landing, and the slightly injured while going down the escape slide or when landing.

As there were no evident panic in mass behavior causing injuries, it is determined that the injuries occurred on the slide or at the time of landing.

As stated in para.2.14.2, evacuation slides are designed primarily to facilitate quick evacuation in emergencies like fire. It is therefore anticipated injuries in an emergency evacuation might become inevitable if certain factors adversely affect sliding conditions.

### *3.2.14 Serious injuries and age*

As stated in para.3.1.9, there was no unusual peak in passengers' age distribution of flight, but the all nine seriously injured were over 50 years old, among whom eight were diagnosed as bone fracture and the other one sustained sprain and bruise.

The elderly are generally known to be physically weaker and less athletic than the younger, and their spine, especially in female, deteriorates with age. This tendency may have been one of factors contributing to the finding that all the seriously injured in the accident were over 50 years old.

### *3.2.15 Bone fracture in ankle*

The seriously injured passenger who sustained bone fracture in the left ankle is supposed to have suffered the injury when she fell down as a following

passenger bumped her, either because she stayed there or a sliding interval was short.

### *3.2.16 Evacuation from the upper-deck*

As stated in para.2.12.2.6, injury (minor injuries included) rate of the evacuees from the upper-deck was approximately 38%, which is higher than that of the main-deck (23%). In addition, four out of the nine seriously injured were evacuees from the upper-deck.

The upper-deck exit doors is approximately 7.8 m high at the sill and is located above the main-deck doors. The longer sliding path from the upper-deck might make it difficult for evacuees to maintain a balanced sliding posture, and it is conceivable that this tendency may have been one of contributing factors of the injuries.

### *3.2.17 Compression fracture of spine and its contributing factors*

As stated in para.3.1.9, eight passengers out of the nine seriously injured were female over 50 years of age. Sustained injuries include compression fracture of spine to 6 people (four: the 12th thoracic spine, one: the 9th thoracic spine, one: the 1st lumbar spine), other bone fracture to 2 people and sprain/bruise to one. Among those, compression fracture of thoracic spine especially the twelfth thoracic (T12) spine, stood out.

As was discussed in para.3.1.9.3, bone deterioration due to aging progresses more evidently in the spinal column than other kinds, and the female are subject to faster aging effect than the male.

Accordingly, bone aging among the elderly passengers is considered to be one of major factors contributing to the fact that the majority of the serious injuries sustained compression fracture of spine.

### *3.2.18 Precipitation and its effect on escape slide performance*

According to personnel concerned, it was raining at the time and the site of the accident. Several of passengers and crew members also stated that their slides were wetted and slippery. Meteorological observation records of the Airport Aviation Weather Service Center indicates rainfall was at 10 mm/hr between 2000 and 2100 hours.

As stated in para.2.14.2, the aircraft manufacturer's specification requires appropriate frictional coefficients of the sliding surface material under both the dry and the wet conditions. B.F. Goodrich Company, the manufacturer of the escape slides, notified the committee that the sliding surface material has been tested for conformity to the Boeing specifications.

From the sliding test described in para.3.1.8 it looked reasonable to assume that escape slides, if wet, are serviceable for intended use, but it was also observed that the higher sliding speed and less deceleration at the lower end on a wet slide might make it difficult in some cases for evacuees to land in a normal posture.

According to the seriously injured passengers, all of them sustained injuries at the time of landing. The effect of the wetted slide might be one of

contributing factors of this situation.

### *3.2.19 Effect of egress carrying baggages in emergency evacuation*

Sliding down an evacuation slide with baggages in hand is considered in the industry to compromise/impair safe evacuation and therefore it is a general practice for airlines to warn passengers not to bring baggages with them.

In this accident, it is assumed from statements of the cabin attendants, some of passengers and ground personnel that about 20 % of evacuees were carrying baggages although cabin attendants directed not to do so. This is considered to be one of causal factors of injuries.

### *3.3 Summary of Analysis*

*3.3.1 The aircraft landed normally and was taxiing on a taxiway when the APU was started. About two minutes later, white smoke appeared in the passenger cabin and the cockpit.*

*3.3.2 The flight crew recognized the white smoke and stopped the aircraft immediately, and an emergency evacuation was commenced as commanded by the captain. It is estimated that it took about two minutes before all the passengers evacuated.*

*3.3.3 It is assumed from investigation that the white smoke at the density virtually contained no risk of causing harm to human bodies or ignition.*

*However, it is determined that the captain had no way of knowing the source or the nature of the white smoke under circumstances at that time and that there were no alternative for the captain to follow other than commencing an emergency evacuation for the sake of passengers' safety.*

*3.3.4 The probable sequence of the white smoke is determined that the cooling fan idler gear, cooling fan drive gear, and input drive gear broke in the load gearbox during APU operation, that their broken pieces were accumulated on the oil scavenge filter of the gearbox and the filter was clogged, that the clogged filter caused increased pressure within the gearbox exceeding the back pressure at the No.0 bearing air seal, that the trapped oil in the gearbox leaked to the load compressor area through the bearing seal, and that a part of the leaked oil entered the cabin through the aircraft's air-conditioning system while another part of oil went out of the aircraft from APU exhaust.*

*3.3.5 As to breakage of the cooling fan idler gear and the cooling fan drive gear, it is estimated that cooling shaft vibration and other factors caused their inadequately hardened gear teeth to crack, which in turn adversely affected meshing of the gears and thereby caused the gears to break down.*

*3.3.6 The APU oil is considered to have been either atomized or vaporized mainly in the load compressor, when considering the fact that the clearance at the No.0 bearing air seal (outer diameter of the seal to the inner diameter of the bore) is as little as 0.02 inch (0.5 mm) in diameter, that the load compressor is of a high-speed centrifugal type, and that the temperature in the load compressor is high.*

*3.3.7 It is considered that large particles in the atomized oil and some of vaporized oil sticking to the inner wall of the ducts while minute particles which are less affected by temperature does not change the state due to their physical properties, resulted in dry mist state which finally entered the cabin.*

*3.3.8 Machine industry experience shows that lubricating oil in "dry mist" state generally look like smoke in white color rather than the amber color in which the oil is known to be. The dry mist oil therefore may have been regarded as white smoke filling the cabin.*

*3.3.9 It is estimated that the upper-deck right-side slide was deployed inadequately because one of its turbo-fans broke and was inoperative, so the open air was not sucked sufficiently in to the upper air chamber, and because the upper air chamber was damaged when fragments of the broken fan penetrated it.*

*3.3.10 It is estimated that a P seal, used on the facial panel located normally between the stored slide and the cabin, separated from the panel, was sucked into the turbo-fan and caused its blades to fracture by overload.*

*3.3.11 It is determined that the seriously injured evacuees sustained injuries when they slid down the evacuation slides onto the ground.*

*Serious injuries could be attributable to that the slides were wet, that evacuation from the upper-deck was involved, that some of evacuees carried baggages. And it is considered all these conditions were hard for the elderly, especially for the elderly women.*

#### **4 Probable cause**

*It is estimated that the failure of gears in the APU load gearbox caused APU oil to jet-leak and get atomized into the air system and consequently filled inside the aircraft as dry mist. Therefore an emergency evacuation was conducted, and during evacuation several passengers were seriously injured as they slid down the escape slides onto the ground.*

#### **5 References**

*5.1 TCD(Airworthiness Directive) of Civil Aviation Bureau, Ministry of Transport*

*5.1.1 TCD regarding APU (TCD-3858-93)*

On May 7, 1993, the Civil Aviation Bureau issued a TCD(TCD-3858-93) and, to prevent APU gearbox failure, directed the users of B747-400 to inspect the APU magnetic chip detectors of the load gearbox and accessory gearbox followed by the interval inspection and, if necessary, to change the APU.

*5.1.2 TCD regarding APU (TCD-3861-93)*

On May 14, 1993, the Civil Aviation Bureau issued a TCD(TCD-3861-93) and, to prevent smoke contamination of passenger cabin, directed the users of the aircraft installed with the Pratt & Whitney Model PW901 APU to remove the oil strainer element from the load gearbox within 10 APU cycles, or 5 days, or at the first visit to a maintenance base capable of accomplishing the requirements of this TCD, whichever occurs first. This TCD is based on Airworthiness Directive(CF-93-09) issued by Transport Canada.

#### *5.1.3 TCD regarding the escape slide (TCD-3999-94)*

On April 19, 1994, Civil Aviation Bureau issued a TCD(TCD-3999-94) for Boeing Model 747 series with a stretched upper-deck, that the P seal shall be fixed with a metal retainer within 6 months to prevent the P seal from coming off the facial panels and being ingested into the turbo-fans of the escape systems, which could impede the inflation of the escape slide.

This TCD was based on FAA AD(94-01-15).

#### *5.2 Airworthiness Directive regarding APU issued by Transport Canada (CF-93-09)*

Transport Canada issued an emergency airworthiness directive (CF-93-09) (May 13, 1993) as follows.

There have been two incidents in which smoke entered the aircraft passenger compartment after the fracture of APU idler gear and cooling fan shaft. Debris from the fractured gears blocked a fine scavenge strainer and resulted in flooding the load gearbox, allowing oil to enter the load compressor air system.

To prevent smoke entering the aircraft components in case of idler gear and cooling fan shaft failure, remove the oil strainer element, within 10 APU cycles, or 5 days, or at the first visit to a maintenance base capable of accomplishing the requirements of this AD, whichever occurs first.

#### *5.3 Airworthiness Directive issued by FAA*

##### *5.3.1 AD regarding APU (T93-10-51)*

On May 20, 1993, FAA issued an emergency AD(T93-10-51) regarding the Pratt & Whitney Canada Model PW901A APU requiring the users to remove the oil strainer element within 10 APU operating hours or 5 days after the effective date of the AD, and to inspect the APU load gearbox and accessory gearbox magnetic chip detector at intervals not to exceed 150 APU operating hours since the last inspection.

##### *5.3.2 AD regarding the escape slide (T94-01-15)*

On January 15, 1994, FAA issued an AD(T94-01-15) for Boeing Model 747 series airplanes with a stretched upper-deck to install an aluminum seal retainer on the P seal attached to the facial panel of the escape systems of the upper-deck in accordance with Boeing Alert Service Bulletin No.747-25A3056 (July 12, 1993) within 6 months after the effective date of the AD.

#### *5.4 Service Bulletin issued by Pratt & Whitney Canada Co. regarding APU*

Pratt & Whitney Canada Co. issued the Alert Service Bulletins, No.A16159(May 7, 1993), No.A16159R1(May 12, 1994) and No.A16159R2 (October 18, 1993) regarding Model PW901A APU, for the modification which requires the oil scavenge strainer

to be removed so as to allow the debris to pass into the scavenge oil pump causing the APU shutdown.

Additionally, Pratt & Whitney Canada Co. issued Service Bulletin, No.A16161(July 12, 1993) and No.A16161R2(November 1, 1993) for the modification which requires the load gear box scavenge screen to be introduced of a scavenge screen of increased flow area, and the load gearbox scavenge pump to be replaced with an increased capacity pump.

Further more, they issued Service Bulletin, No.A16170(June 16, 1994) and No.A16170R1(August 5, 1994), regarding the modification for the replacement of the cooling fan drive spur gearshaft and idler spur gearshaft introducing an improved cooling fan housing, a new cooling fan drive shaft arrangement and so on.

#### *5.5 Service Bulletin issued by Boeing Co. regarding the escape slide*

Boeing Co. issued Alert Service Bulletin, No.747-25A3056 (July 12, 1993) and its Revision(February 3, 1994), regarding the modification to install an aluminum seal retainer on P seal attached to the facial panel of the escape systems, as to prevent the P seal from coming off the facial panels and being ingested into the turbo-fans of the escape systems on the upper deck.

#### *5.6 Safety measures taken by Civil Aviation Bureau regarding evacuations*

On May 17, 1993, Civil Aviation Bureau started to study by forming a group regarding the evacuation from the large airplanes, which members are composed of CAB staffs and staffs who are responsible for the cabin safety in the three major airliner companies, and which purpose was to review the evacuation safety information for passengers.

Receiving the report from the study group, Civil Aviation Bureau instructed a review of the passenger information about the evacuation procedures to the seven schedule airliner companies and two non-schedule international airliner companies on July 28, 1993.

In consequence, the airliner companies improved the cabin attendants demonstration, the evacuation instruction video and the safety instructions guide for passengers to be known more about sliding technique, assistance and leaving away from the ends of slides.

Fig.1 Boeing 747-400 THREE VIEWS

unit : m

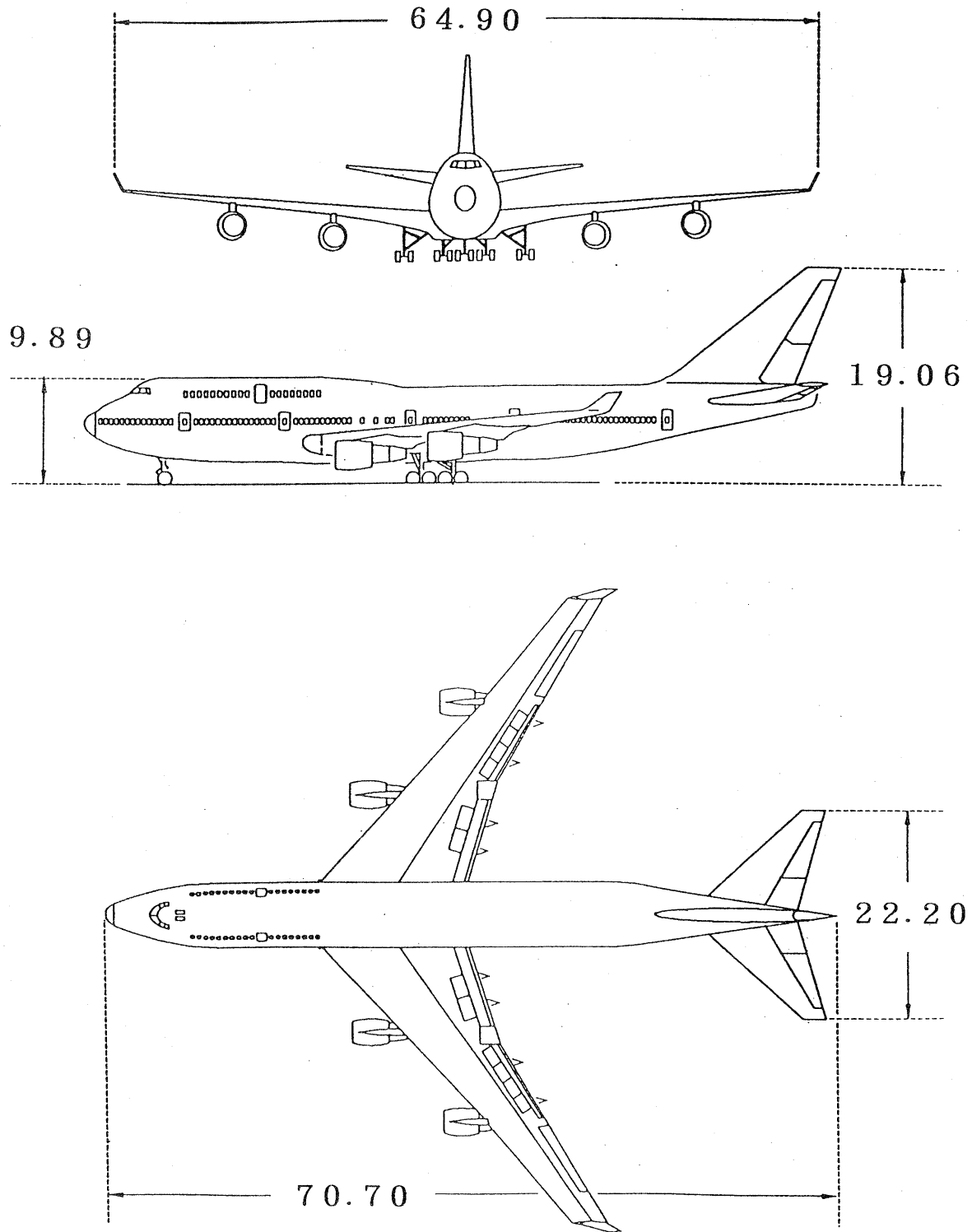


Fig.2 Taxing Route of Accident Aircraft at Tokyo International Airport

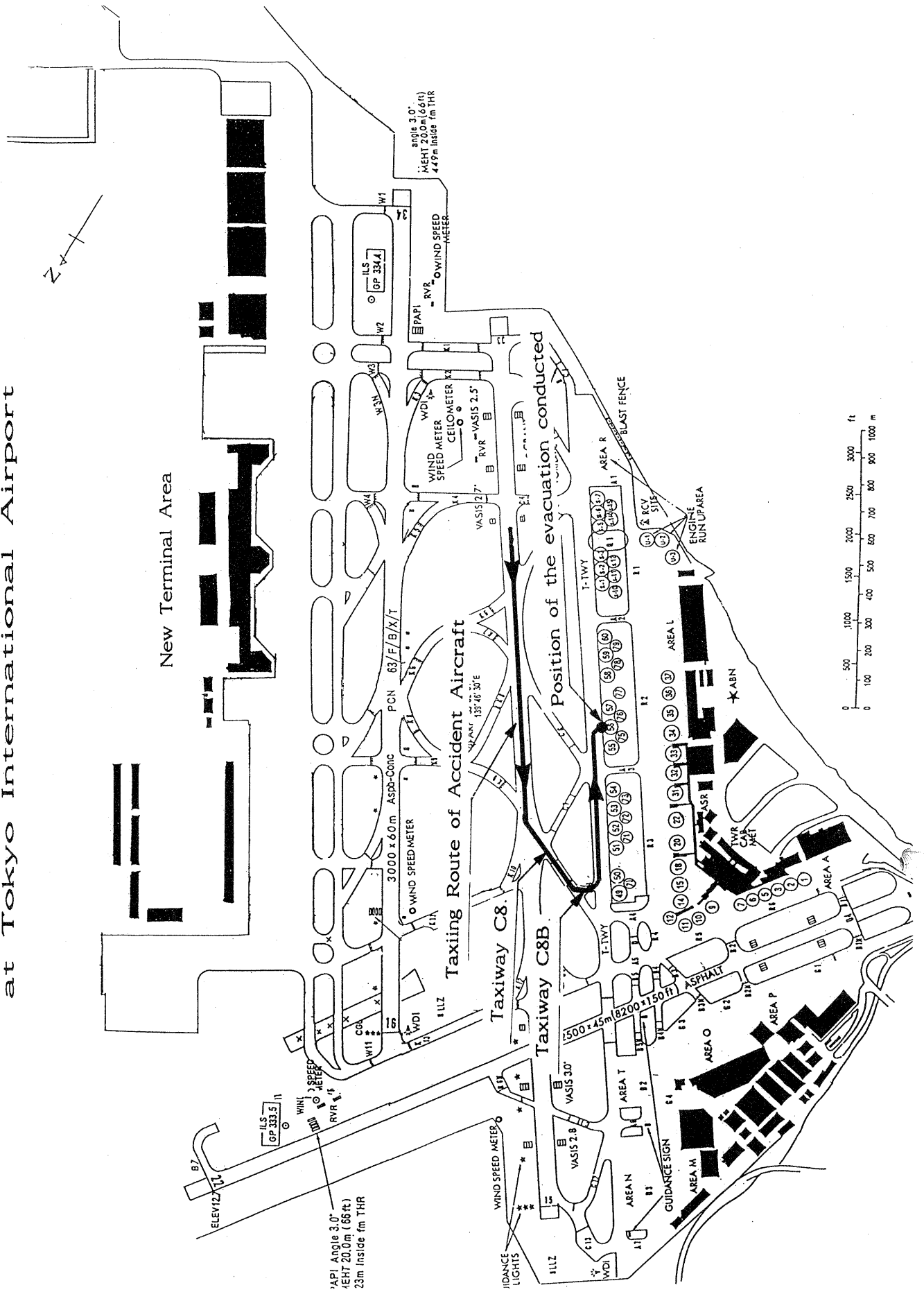
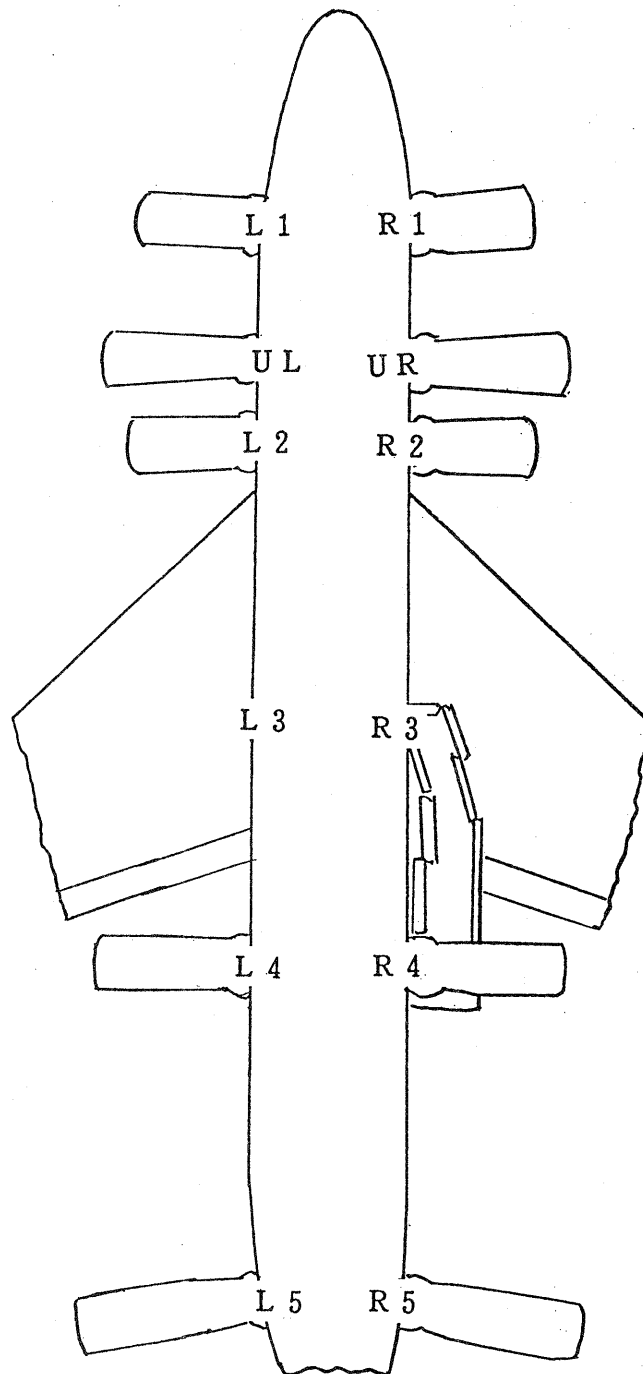


Fig.3 Emergency Exits and Escape Slides



Note1: L3 exit was not used

Note2: sill height of slide

exit	UL,UR	L1,R1	L2,R2	(L3),R3	L4,R4	L5,R5
sill height(m)	7.77	4.74	4.82	4.92	5.00	5.11

Fig.4 Air-conditioning System

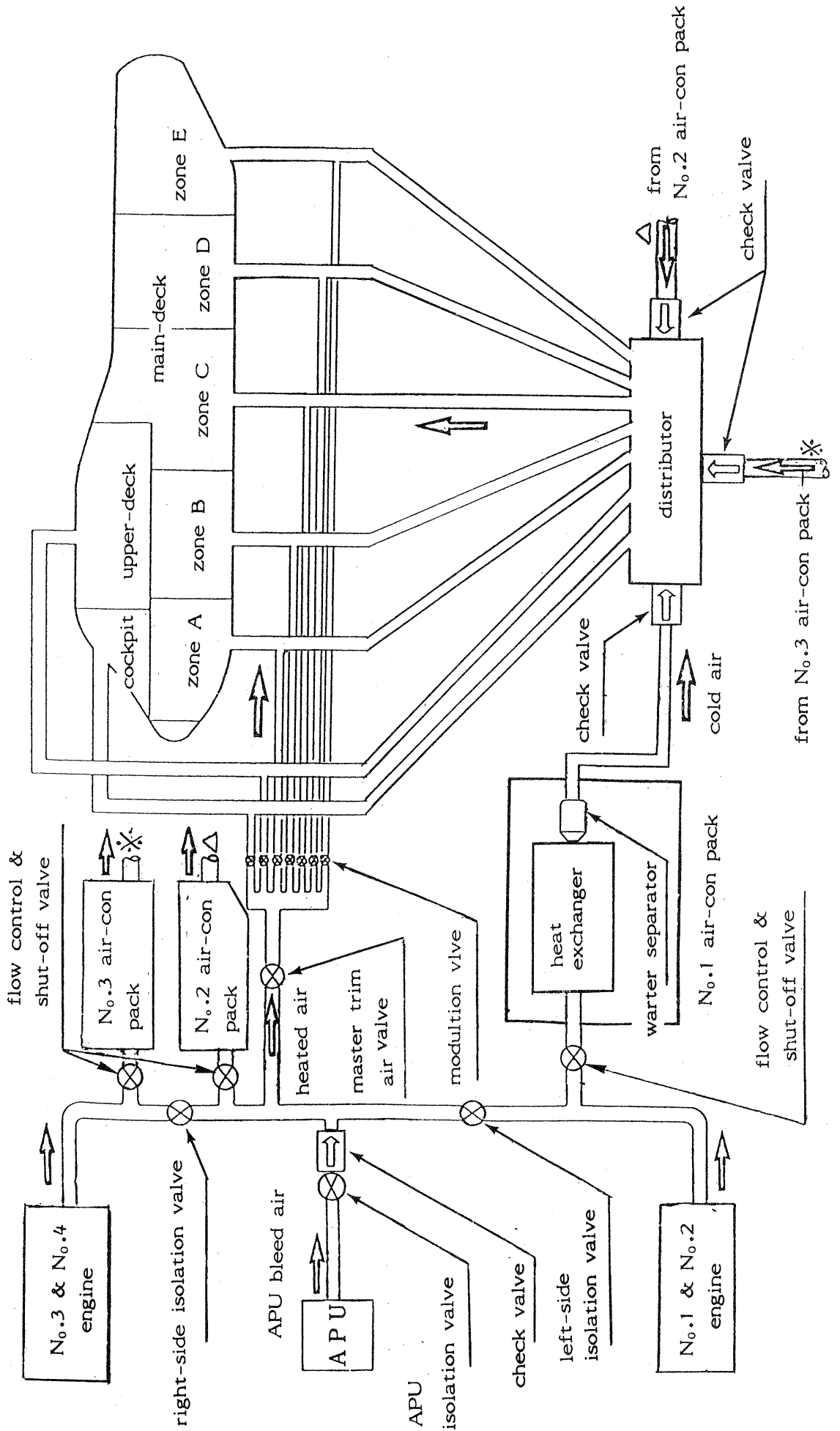


Fig.5 APU and Oil System of APU Load Gearbox

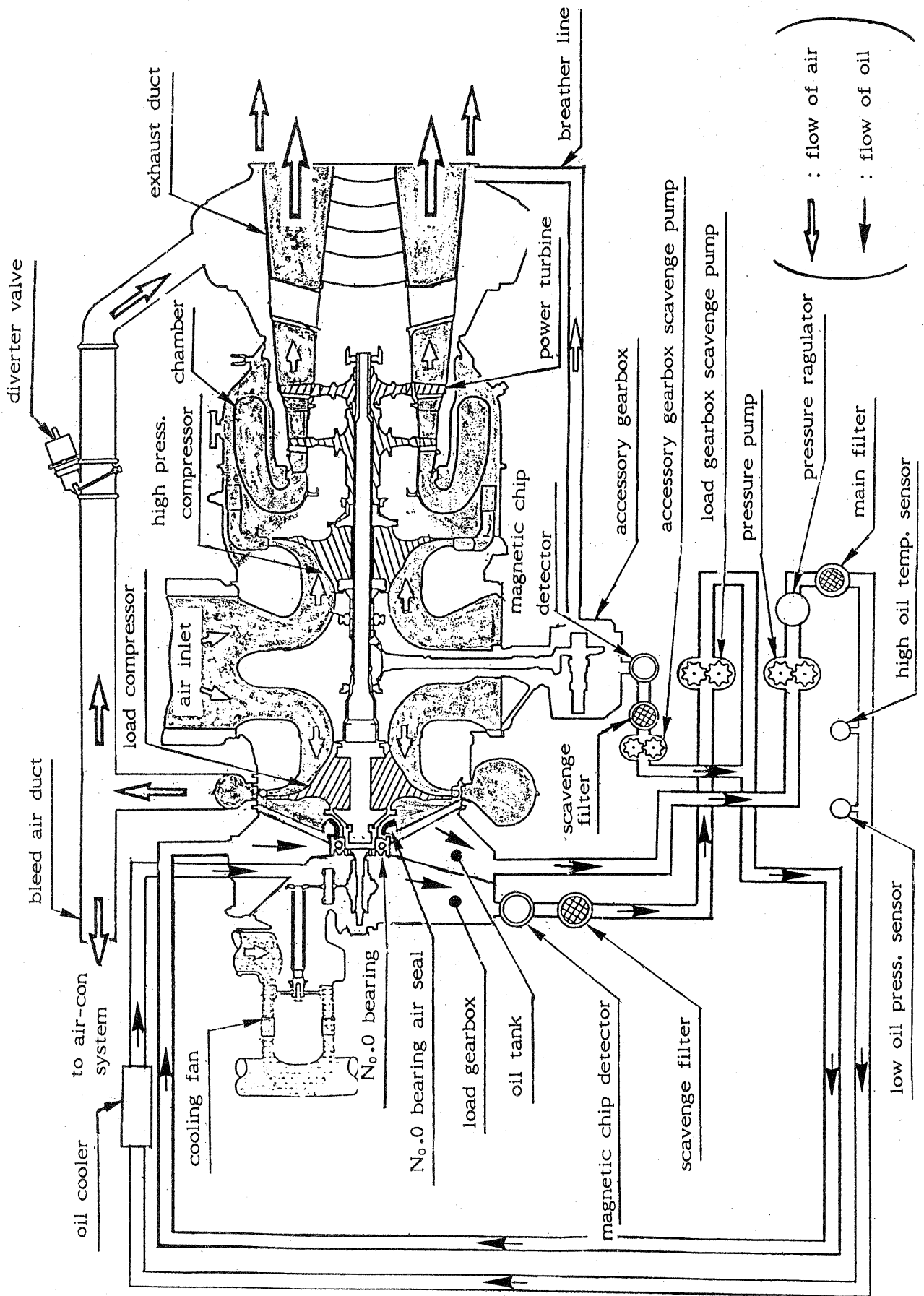


Fig.6 Upper-deck Escape Slide

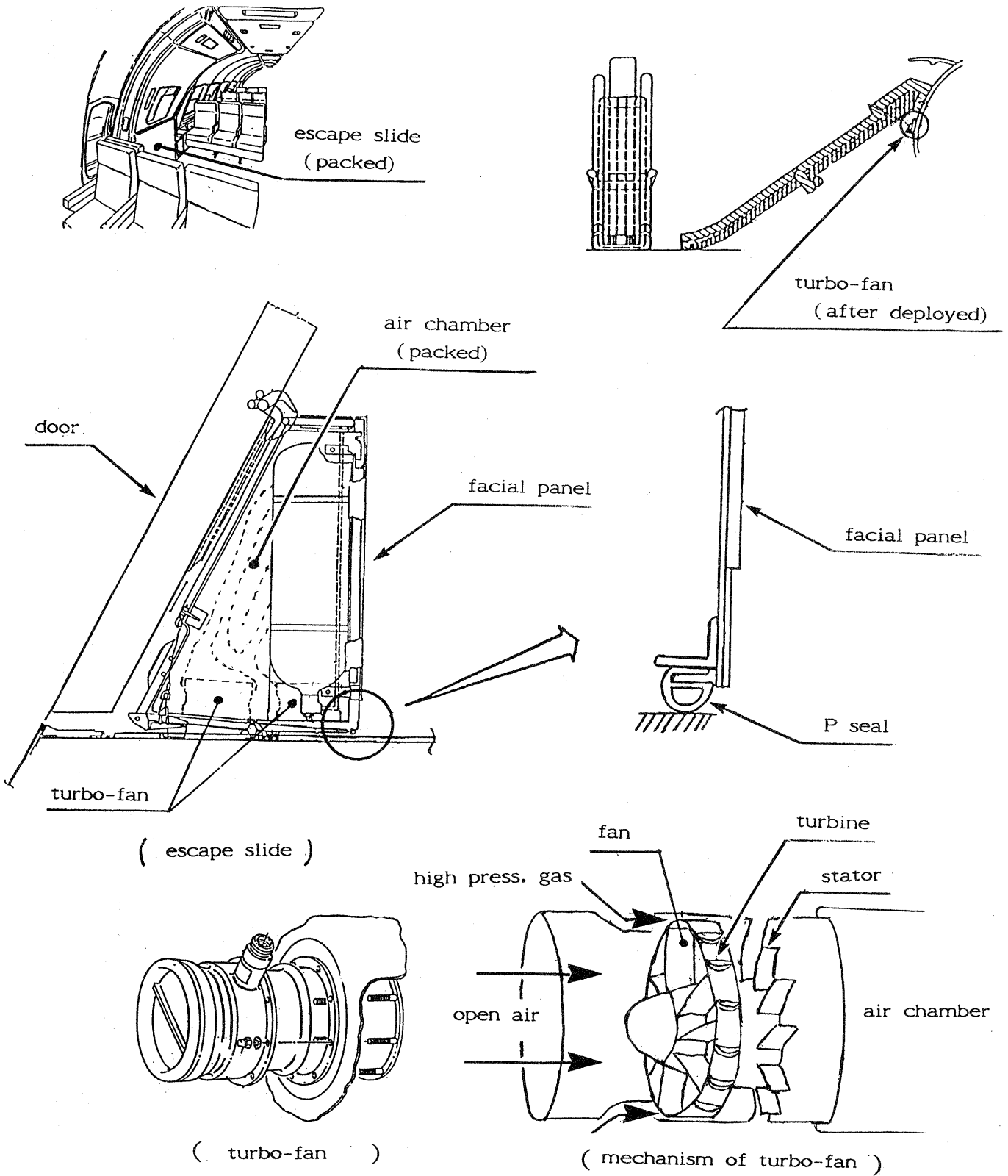


Fig.7 Estimated Route of Oil leaked from APU Oil System

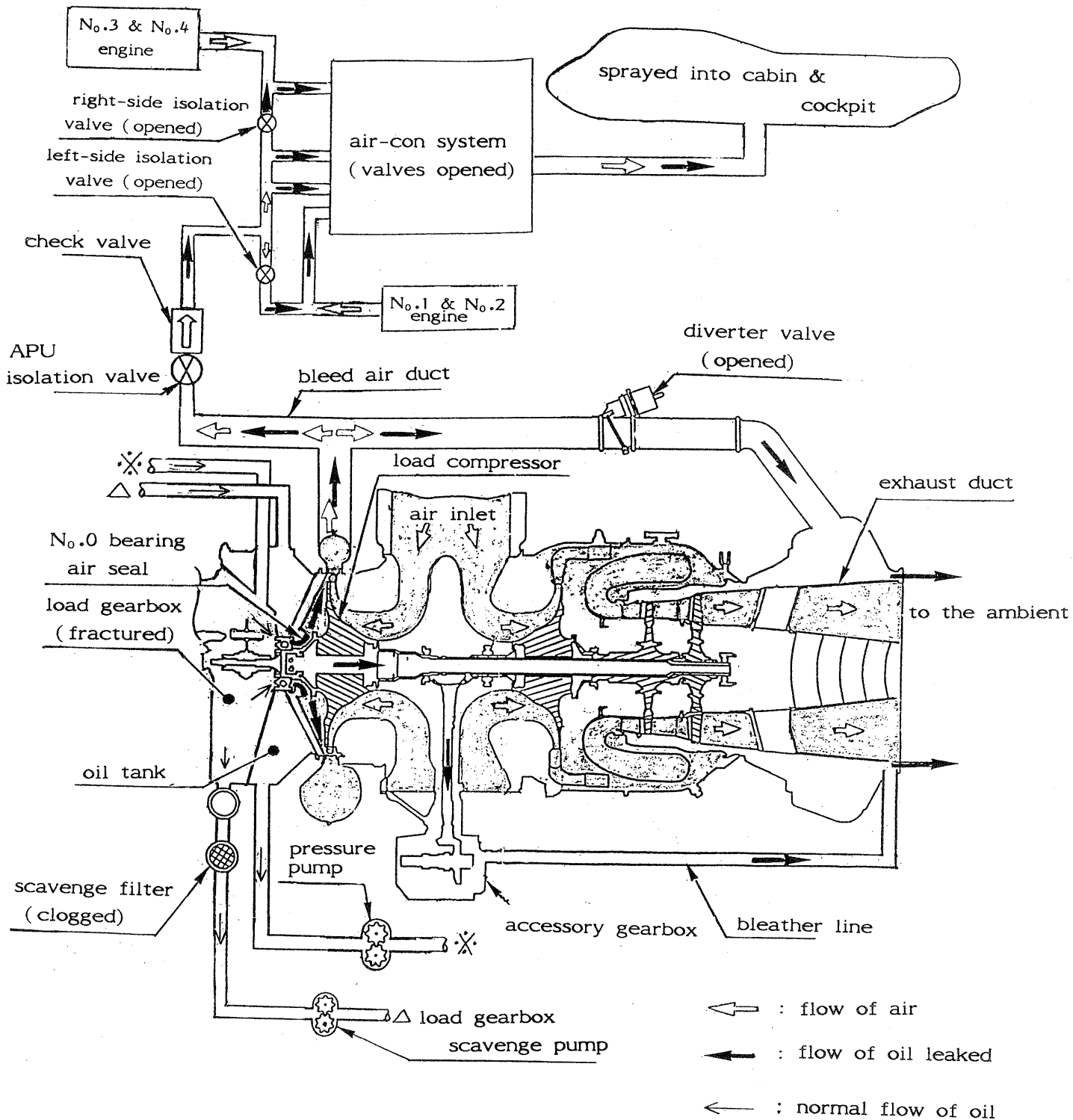


Photo. 1 Fractured Turbo-fan (right-side Turbo-fan of upper air chamber of upper-deck right-side escape slide)

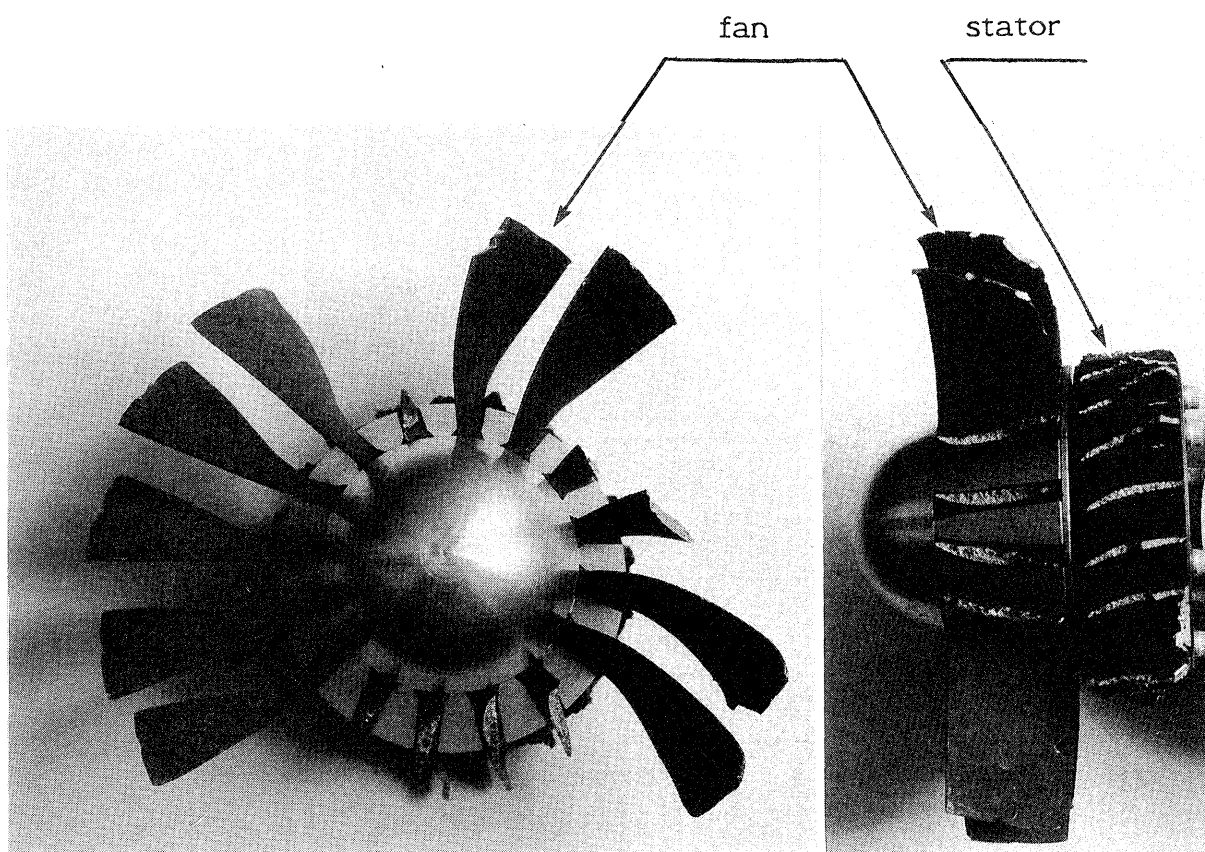


Photo. 2 Fragments of fractured Turbo-fan  
found in the upper air chamber

1 unit : 5 cm

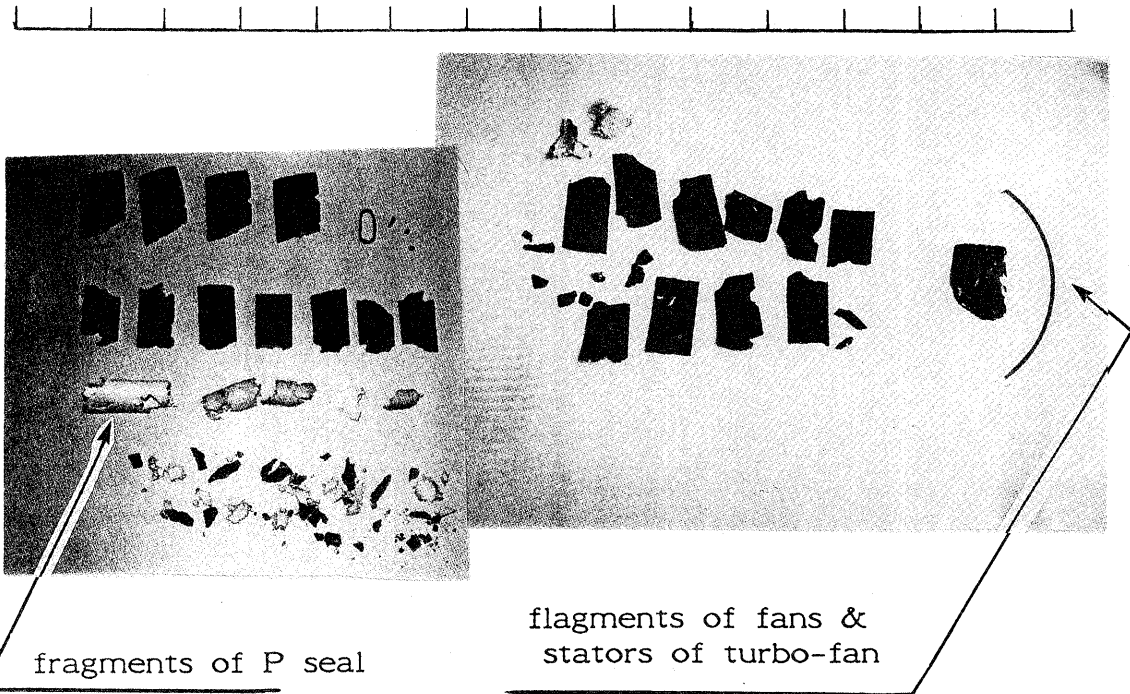


Photo. 3 APU Load Gearbox

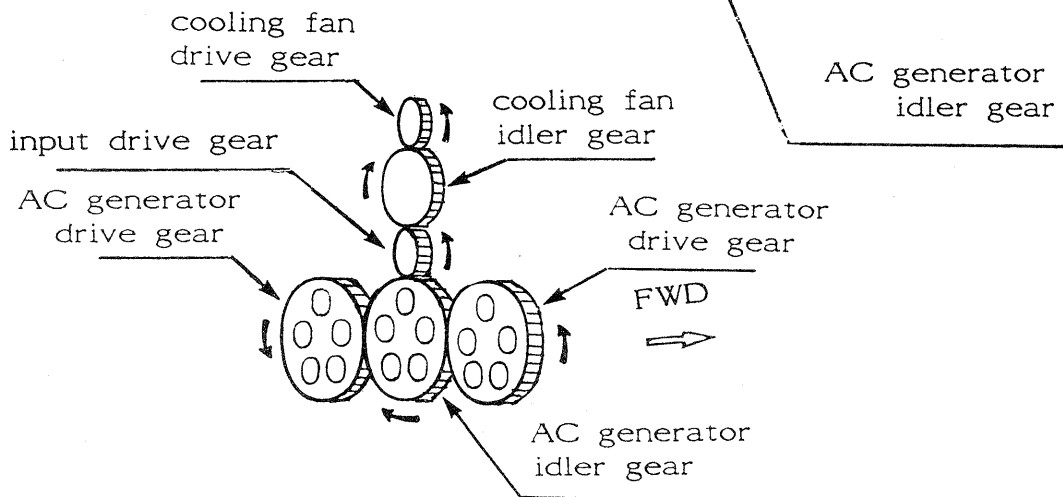
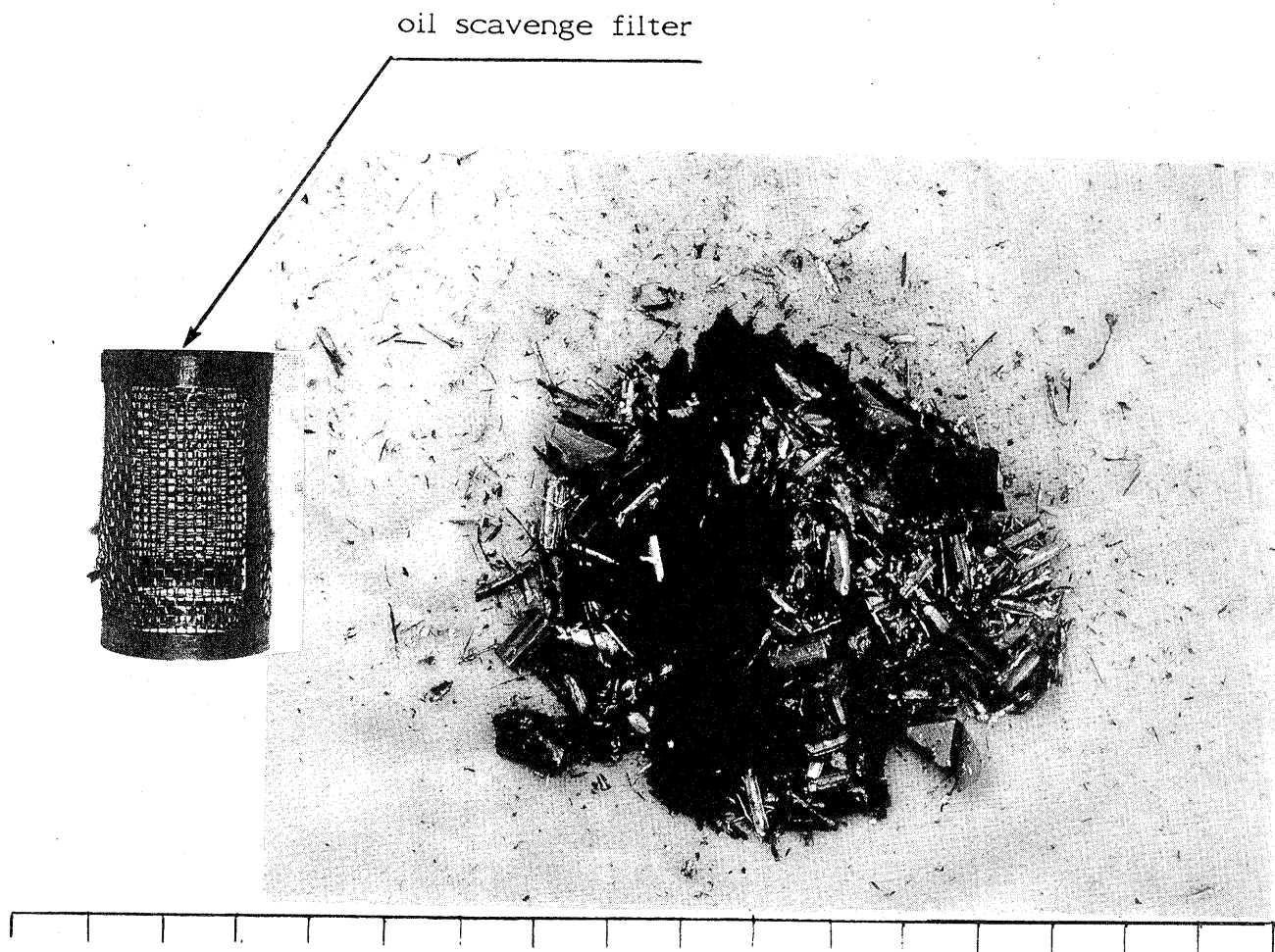


Photo. 4 Metal Fine Flakes found on Oil  
Scavenge Filter of APU Load Gearbox



1 unit : 1 cm

Photo. 5 Fractured Cooling Fan Idler Gear

↑  
FWD

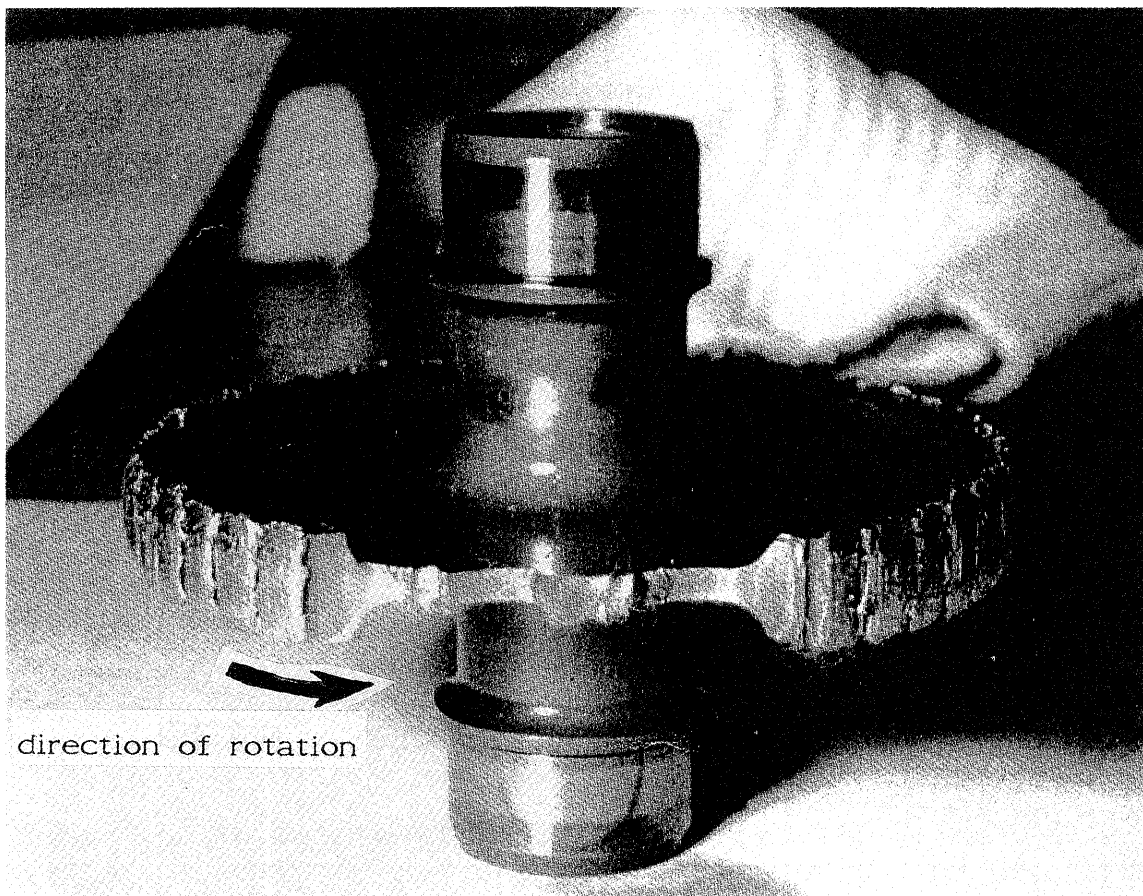


Photo. 6 Fractured Cooling Fan Drive Gear

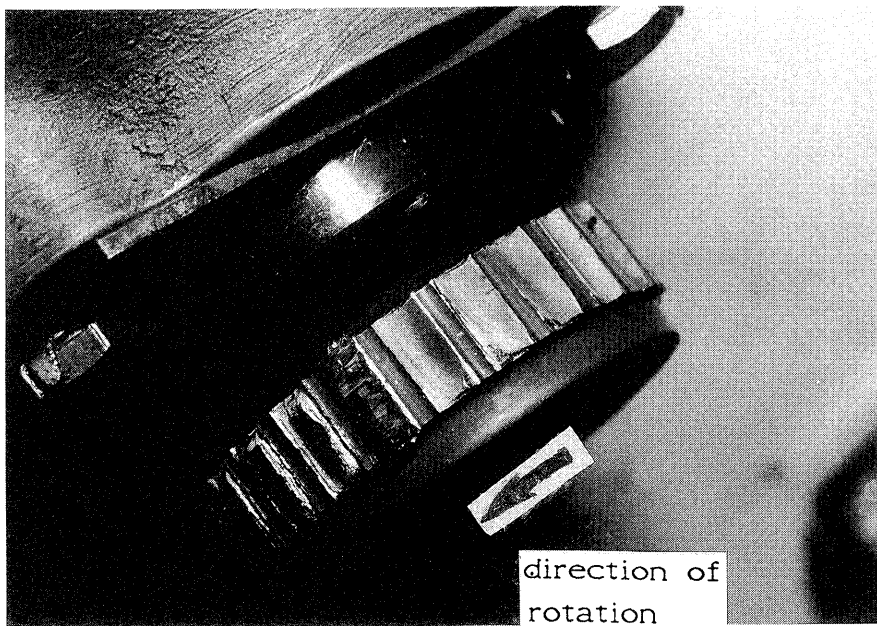
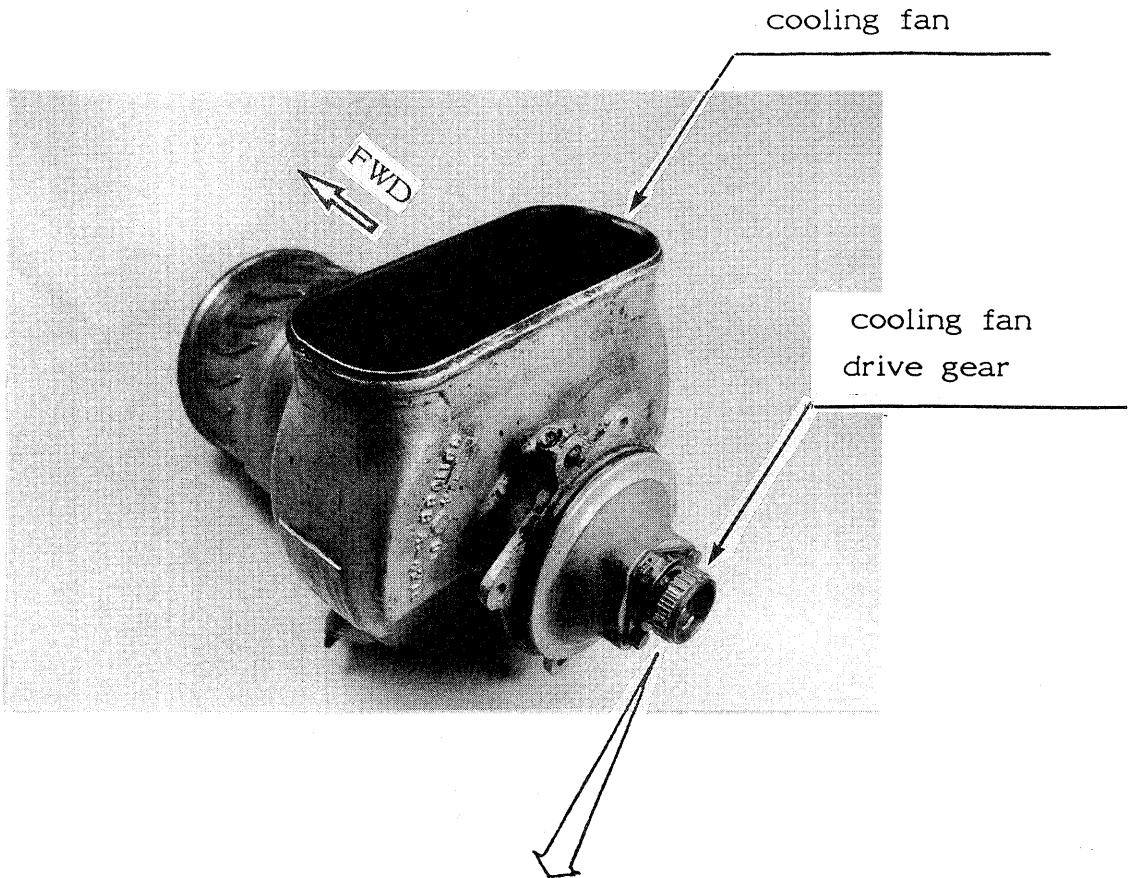


Photo. 7 N<sub>0</sub>.0 Bearing Air Seal

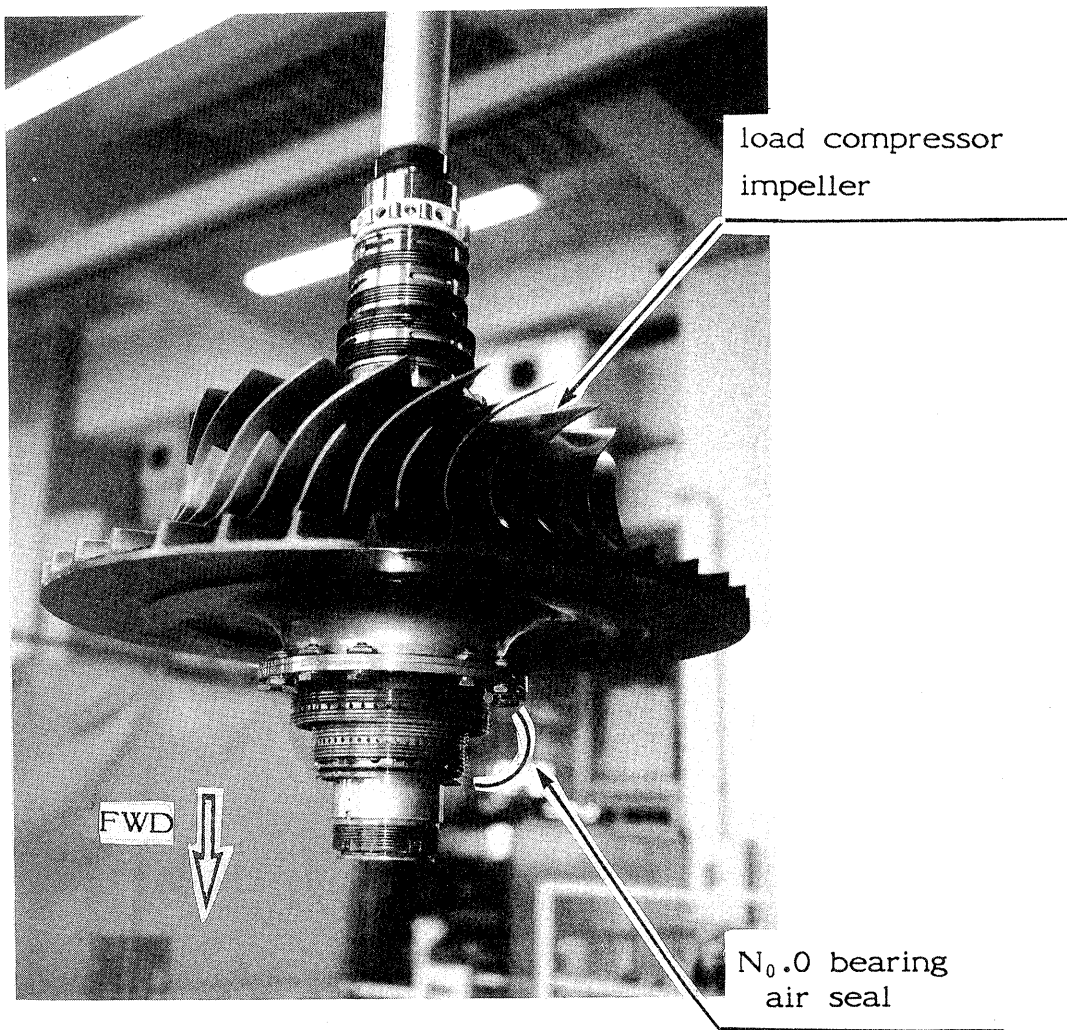
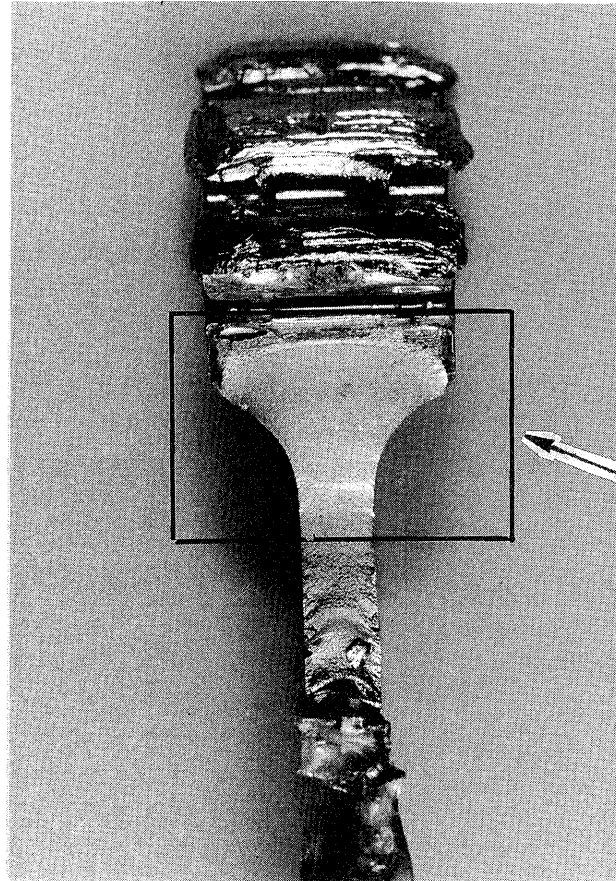
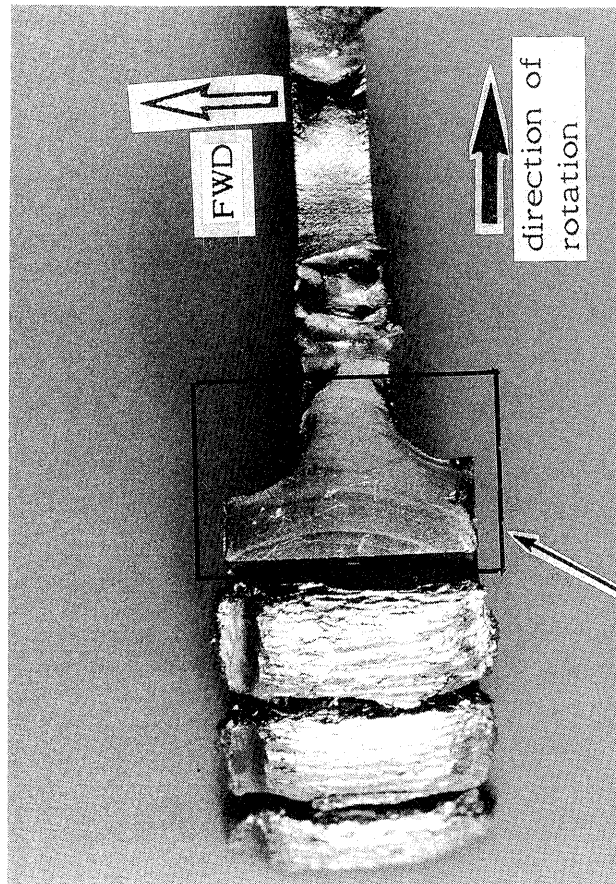


Photo. 8 Fractured Cooling  
Fan Idler Gear



see Photo.11 thru. Photo.13



see Photo.9 & Photo.10

Photo. 9 SEM View of Fractured  
Cooling Fan Idler Gear

x 20

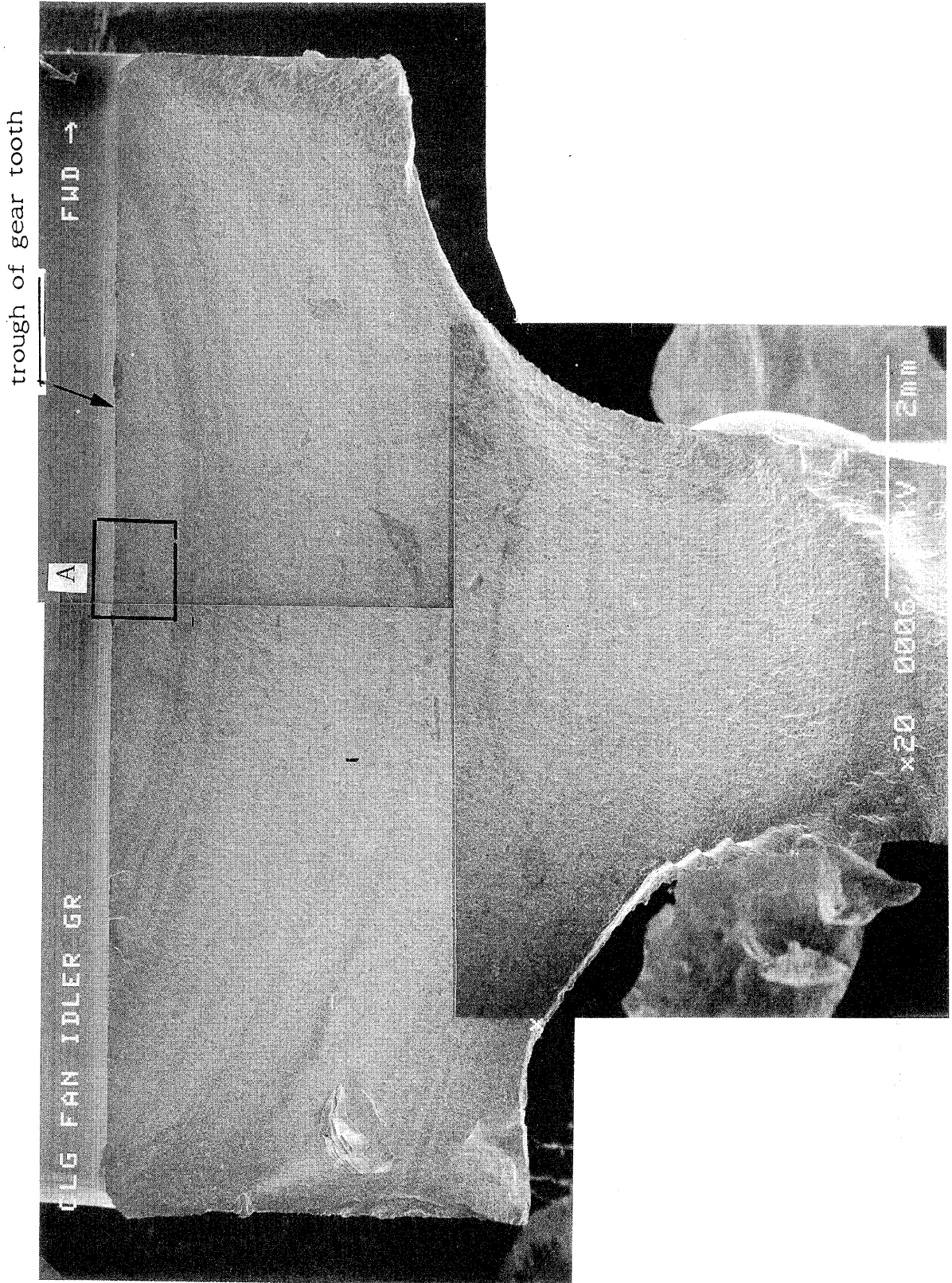


Photo.10 SEM View of Fractured Cooling Fan Idler Gear (Position A on Photo.9)

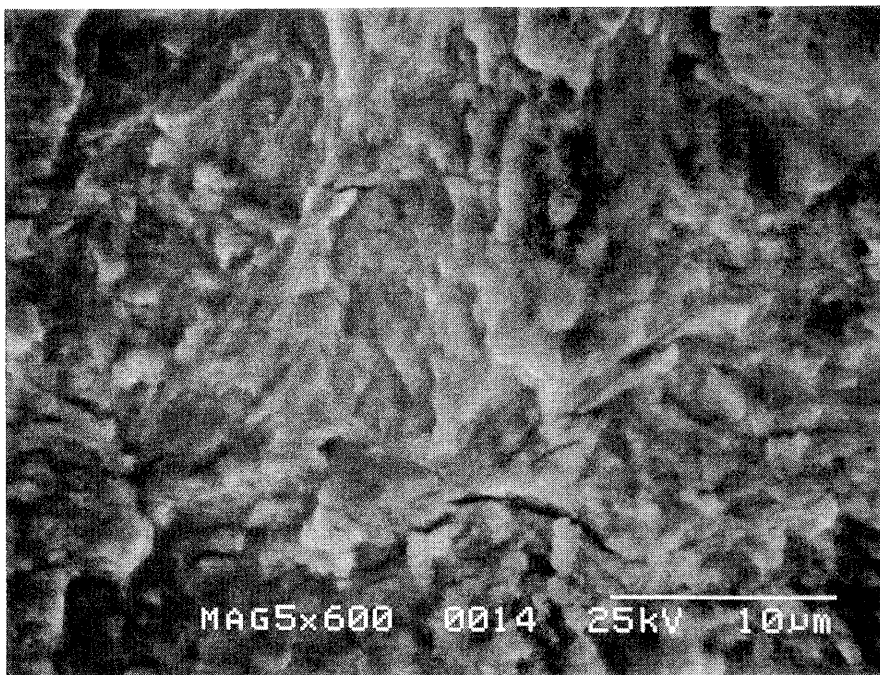
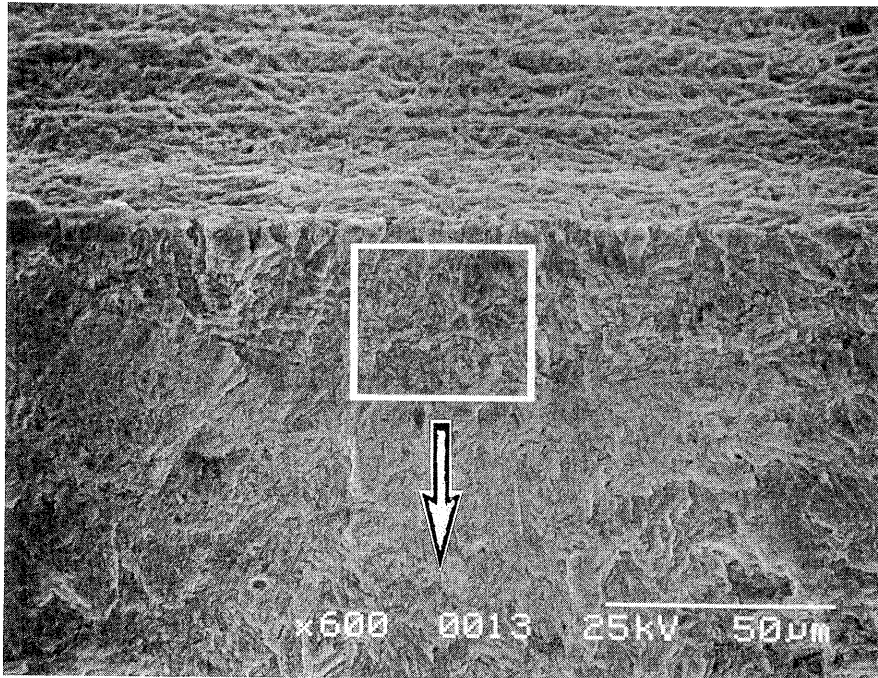


Photo.11 SEM View of Fractured  
Cooling Fan Idler Gear

x 20

trough of gear tooth

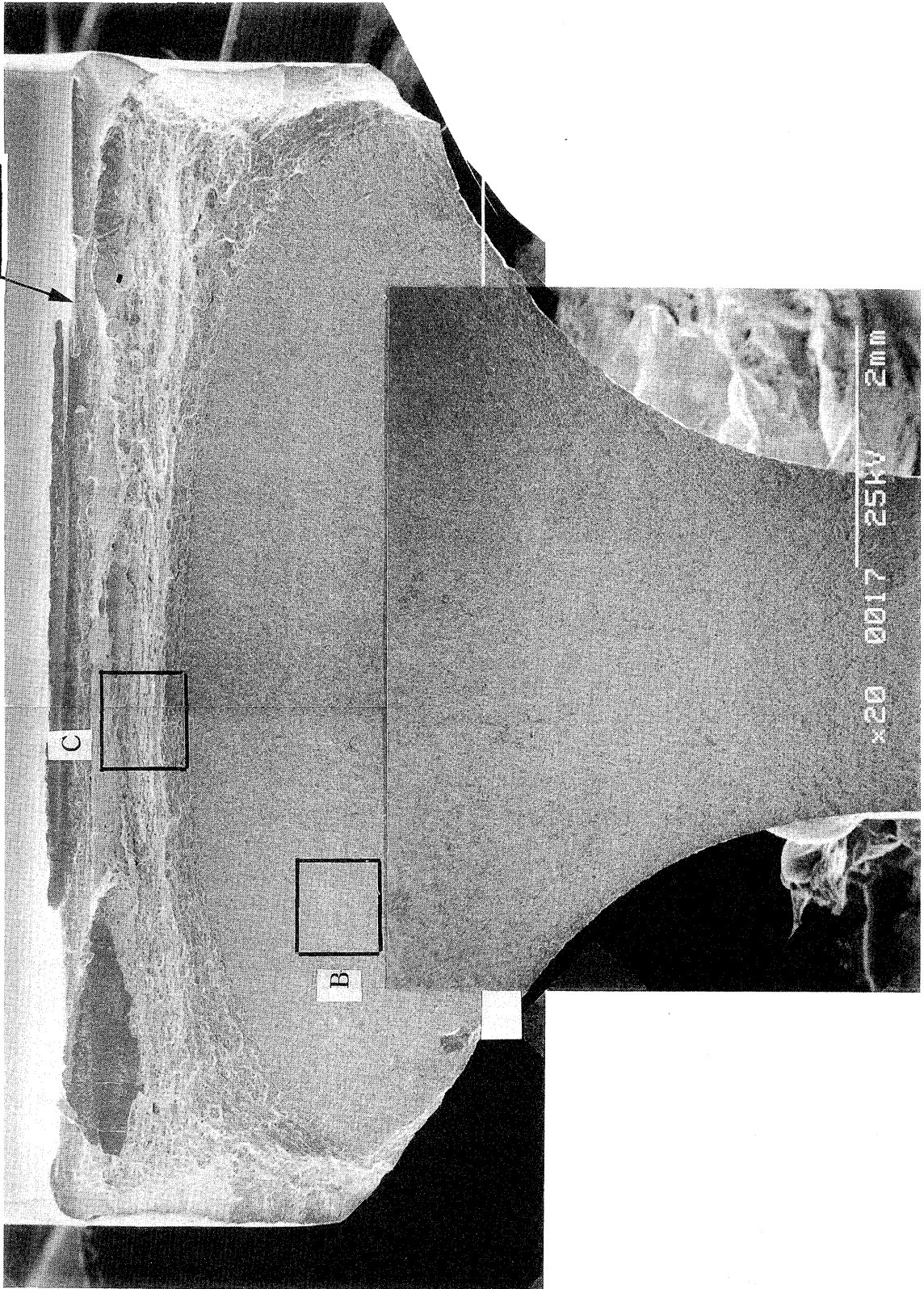
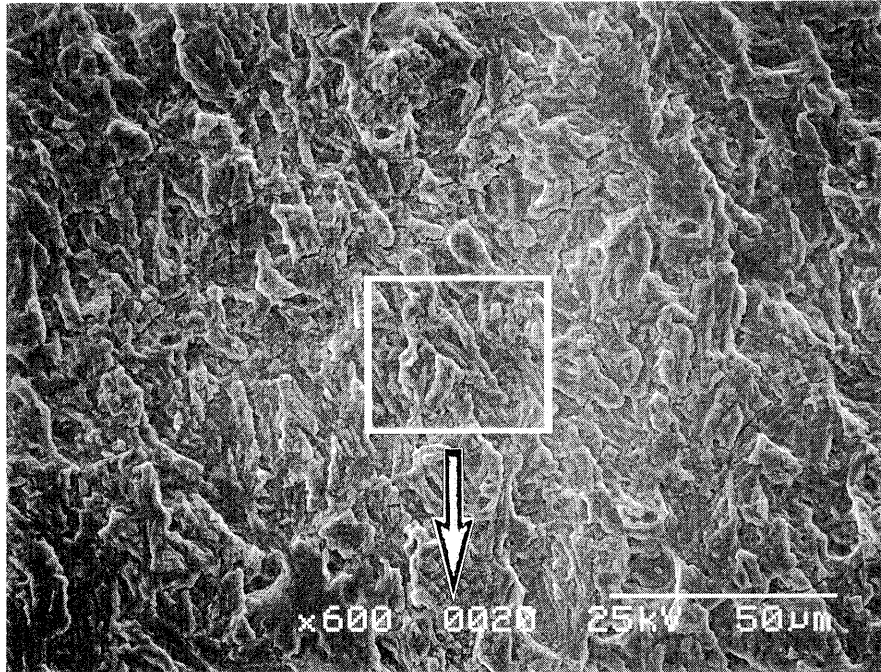
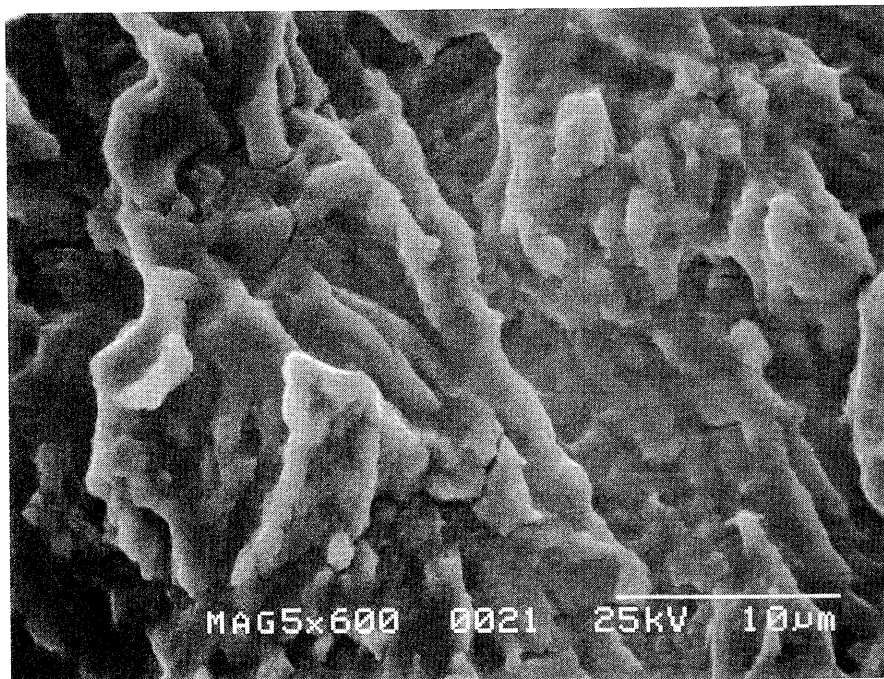


Photo.12 SEM View of Fractured Cooling Fan  
Idler Gear(Position B on Photo.11)



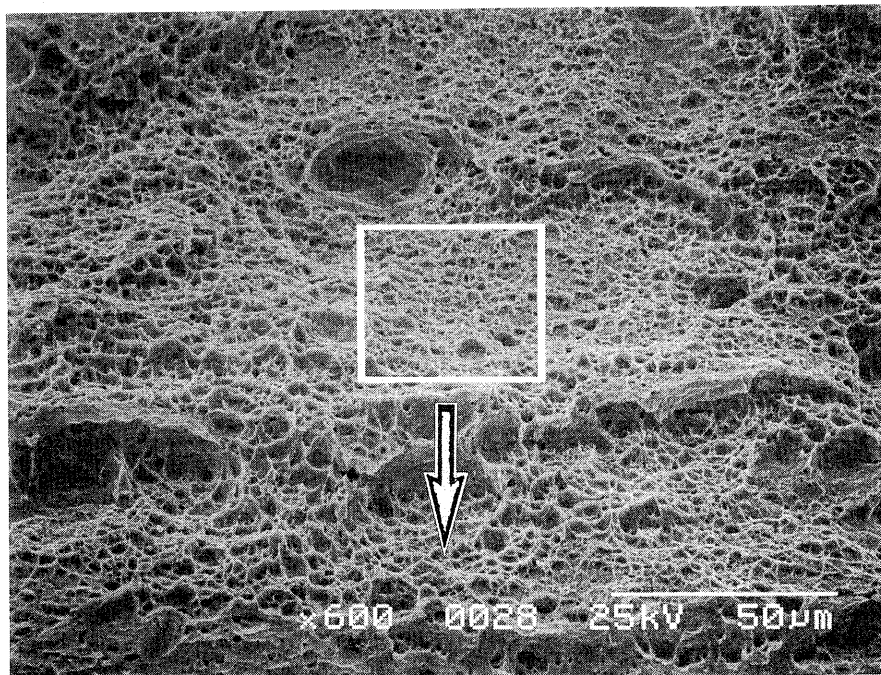
x 600

Expanded



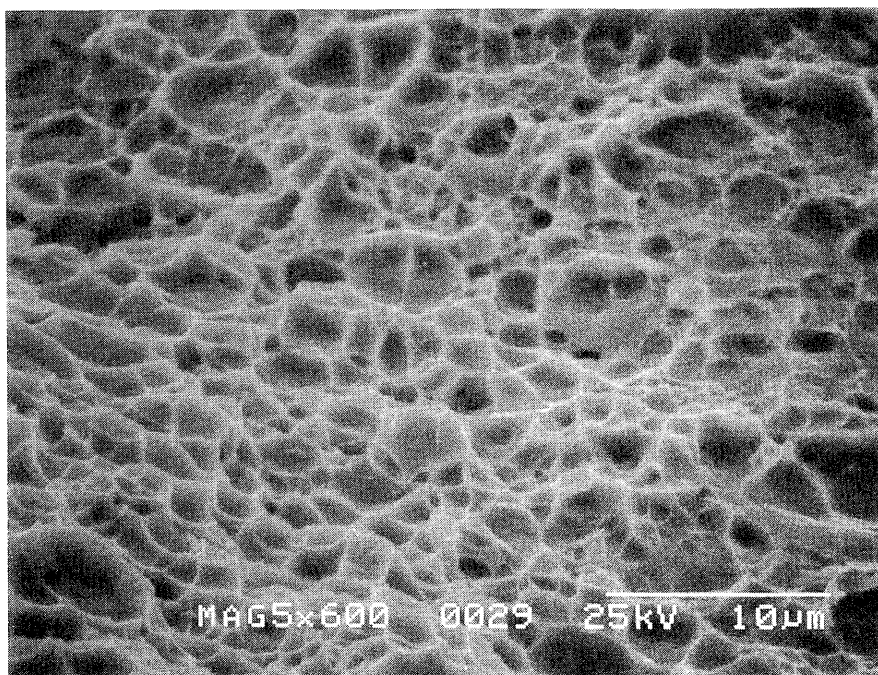
x 3,000

Photo.13 SEM View of Fractured Cooling Fan  
Idler Gear(Position C on Photo.11)



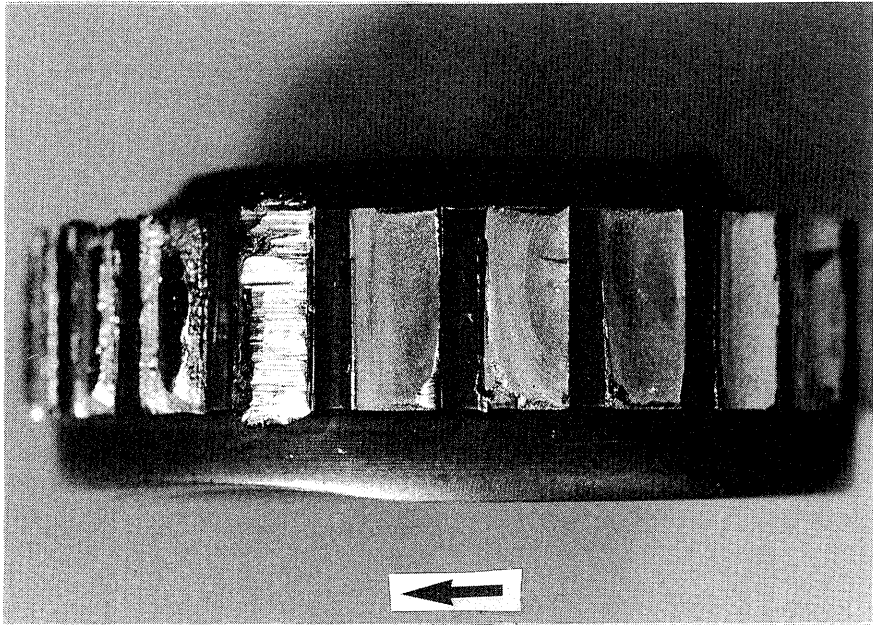
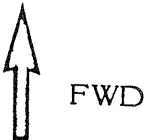
x 600

Expanded



x 3,000

Photo.14 Fractured Cooling Fan Drive Gear



direction of rotation