

2003-5

航空事故調査報告書

全日本空輸株式会社所属 JA104A
三菱重工業株式会社所属 製造番号1001

平成15年9月26日

航空・鉄道事故調査委員会

本報告書の調査は、全日本空輸株式会社所属JA104A他 1 件の航空事故に関し、航空・鉄道事故調査委員会設置法及び国際民間航空条約第 13 附属書に従い、航空・鉄道事故調査委員会により、航空事故の原因を究明し、事故の防止に寄与することを目的として行われたものであり、事故の責任を問うために行われたものではない。

航空・鉄道事故調査委員会

委員長 佐藤 淳 造

全日本空輸株式会社所属 J A 1 0 4 A

[略号]

本報告書で用いた略号等は、次のとおりである。

A O M	:	Airplane Operations Manual
A O R	:	Airplane Operations Reference
A P P R	:	Approach
A T I S	:	Automatic Terminal Information Service
A / T H R	:	Auto Thrust Function
B E A	:	BUREAU D'ENQUETES ET D'ANALYSES POUR LA SECURITE DE L'AVIATION CIVILE (The French Bureau of Investigation and Analysis for Safety in Civil Aviation)
C A	:	Cabin Attendant
C A S	:	Computed Airspeed
C A / S S	:	Captain's Sidestick
C O / S S	:	Co-pilot's Sidestick
C V R	:	Cockpit Voice Recorder
C R M	:	Crew Resource Management
D F D R	:	Digital Flight Data Recorder
E G P W S	:	Enhanced Ground Proximity Warning System
F A C	:	Flight Augmentation Computer
F A F	:	Final Approach Fix
F C O M	:	Flight Crew Operating Manual
F D	:	Flight Director
F L	:	Flight Level
F M G C	:	Flight Management Guidance Computer
I L S	:	Instrument Landing System
M A C	:	Mean Aerodynamic Chord
M C D U	:	Multipurpose Control and Display Unit
O M	:	Operations Manual
P F	:	Pilot Flying
P F D	:	Primary Flight Display
P N F	:	Pilot Not Flying
P / F R	:	Pressure Falling Rapidly

R E T : Retract
Q A R : Quick Access Recorder
S P D / M A C H : Speed/Mach
S R S : Speed Reference System
T L A : Thrust Lever Angle
T O / G A : Take-Off-Go-Around
U T C : Coordinated Universal Time
V H F : Very High Frequency
V O R : VHF Omni-Directional Radio Range
V O R / D M E : V O R and D M E Combination
V _{A P P} : Approach Speed
V _{M A X} : Speed for the Maximum Angle of Attack
V _{L S} : Lowest Selectable Speed
V _{R E F} : Landing Reference Speed
V _S : Stalling Speed

[目次]

1	航空事故調査の経過	1
1.1	航空事故の概要	1
1.2	航空事故調査の概要	1
1.2.1	調査組織	1
1.2.2	外国の代表、顧問	2
1.2.3	調査の実施時期	2
1.2.4	原因関係者からの意見聴取	2
1.2.5	報告及び公表	2
2	認定した事実	2
2.1	飛行の経過	2
2.1.1	飛行記録装置、操縦室用音声記録装置等の記録による飛行の経過	2
2.1.2	飛行の経過に関する関係者の口述	3
2.1.2.1	運航乗務員の口述	3
2.1.2.2	軽傷を負ったCAの口述	6
2.1.2.3	目撃者による口述	6
2.2	人の死亡、行方不明及び負傷	7
2.3	航空機の損壊に関する情報	7
2.3.1	損壊の程度	7
2.3.2	航空機各部の損壊の状況	7
2.4	航空機以外の物件の損壊に関する情報	8
2.5	航空機乗組員等に関する情報	8
2.6	航空機に関する情報	9
2.6.1	航空機	9
2.6.2	エンジン	9
2.6.3	重量及び重心位置	9
2.6.4	燃料及び潤滑油	9
2.7	気象に関する情報	9
2.7.1	天気概況	9
2.7.2	函館空港における航空気象観測値	10
2.7.3	飛行場強風警報等	11
2.8	航空保安施設に関する情報	11
2.8.1	航空保安無線施設に関する情報	11
2.8.2	航空灯火に関する情報	11

2.9	事故現場の状況	12
2.10	飛行記録装置、操縦室用音声記録装置等に関する情報	12
2.11	医学に関する情報	13
2.12	事実を認定するための試験及び研究	13
2.12.1	滑走路に残された痕跡	13
2.12.2	CVRの記録の解析	13
2.12.3	DFDR等の記録の解析	14
2.12.4	A321型機について	16
2.12.4.1	操縦装置及び姿勢制御の特徴	16
2.12.4.2	機体形状の特徴	17
2.12.5	同機に搭載されていたウインドシャー警報装置及びEGPWSの概要	17
2.12.6	最終進入速度の設定	18
2.12.6.1	最終進入速度の設定方法	18
2.12.6.2	本事故におけるAOMに基づく最終進入速度	19
2.12.6.3	本事故において運航乗務員が設定した最終進入速度	20
2.12.7	「SELECTED SPEED」モードと「MANAGED SPEED」モード	21
2.12.8	全日空(株)及びエアバス社の関連規定	22
2.12.8.1	最終進入速度の設定に関する規定	22
2.12.8.2	ウインドシャーの回避、回復操作等に関するAOMの規定	24
2.12.8.3	ウインドシャーが予想される場合の進入方法に関するFCOMの記述	26
2.12.9	フライト・シミュレーターによる模擬飛行試験等	26
2.12.9.1	スラスト・レバーの操作に対するエンジン推力の追従性	27
2.12.9.2	失速に対し余裕が少ない速度での飛行時の必要推力	27
2.12.9.3	事故の再現試験及び最終進入速度の各モードによる進入	27
2.12.9.4	最終進入中での、速度変化に伴う機体のピッチ姿勢の変化とウインド シャーからの回復操作の検証	28
2.12.10	乗客及びCAの座席の仕様	29
3	事実を認定した理由	30
3.1	解析	30
3.1.1	航空従事者技能証明及び航空身体検査証明	30
3.1.2	耐空証明	30
3.1.3	航空保安施設	30
3.1.4	最終進入から事故発生後の回復操作までの間の操縦操作	30
3.1.5	風の変化の予測	34
3.1.6	最終進入速度について	36

3.1.7	ウインドシャーからの回復操作とエンジン推力.....	41
3.1.8	運航乗務員間の連携.....	42
3.1.9	進入着陸に関するAOMの規定と教育訓練.....	43
3.1.9.1	最終進入速度の決定	43
3.1.9.2	強風で風速の変動が大きい状況における推力操作	44
3.1.9.3	進入着陸時におけるモードの選択	44
3.1.10	本事故におけるウインドシャーについて	47
3.1.11	CA用座席の衝撃吸収性について	47
4	原因.....	48
5	所見.....	49
5.1	ウインドシャーに関する運航乗務員の教育訓練等	49
5.2	運航者が航空機の設計製造者の推奨する方式と異なる運航方式を設定する 場合の技術的検討について	49
5.3	客室乗務員の使用する座席の衝撃吸収性	50
6	参考事項.....	50
6.1	「MANAGED SPEED」モード使用に関する海外調査	50
6.2	全日空(株)の運航方式に関する対策	51
6.3	全日空(株)の運航乗務員に対する函館空港の気象特性の周知	51
付図1	事故現場周辺図.....	52
付図2	エアバス・インダストリー式A321-131型三面図.....	53
付図3 - 1	地上天気図(09時).....	54
付図3 - 2	地上天気図(15時).....	55
付図4	雲情報図.....	56
付図5	悪天予想図.....	57
付図6	「西北海道」地方レーダー合成図(雨量値に換算した雲の状況).....	58
付図7	2分間風向風速計の記録(滑走路12側).....	58
付図8 - 1	DFDR等の記録1	59
付図8 - 2	DFDR等の記録2	60
付図9	最終進入中の高度と風速.....	61
写真1	函館空港周辺の状況.....	62
写真2	滑走路上の擦過痕.....	63
写真3	胴体後部下面の外板損傷.....	63

写真4	フレーム(67)の損傷.....	64
写真5	圧力隔壁の損傷.....	64
写真6	CA用後部座席.....	65
写真7	CA席と客席のクッションの比較.....	65
別添	CVRの記録の解析.....	66

航空事故調査報告書

所 属 全日本空輸株式会社
型 式 エアバス・インダストリー式A 3 2 1 - 1 3 1型
登録記号 JA 1 0 4 A
発生日時 平成14年1月21日 13時03分ごろ
発生場所 函館空港

平成15年9月3日

航空・鉄道事故調査委員会（航空部会）議決

委 員 長	佐 藤 淳 造（部会長）
委 員	勝 野 良 平
委 員	加 藤 晋
委 員	松 浦 純 雄
委 員	垣 本 由 紀 子
委 員	山 根 皓 三 郎

1 航空事故調査の経過

1.1 航空事故の概要

全日本空輸株式会社所属エアバス・インダストリー式A 3 2 1 - 1 3 1型JA 1 0 4 Aは、平成14年1月21日（月）同社の定期391便（名古屋空港 - 函館空港）として函館空港に進入中ウインドシャー警報が作動し、回復操作を行ったが、同操作中、13時03分ごろ、胴体後部の下面を滑走路に接触させて中破した。

同機には、機長ほか乗務員5名、乗客87名計93名が搭乗していたが、客室乗務員3名が軽傷を負った。

1.2 航空事故調査の概要

1.2.1 調査組織

航空・鉄道事故調査委員会は、平成14年1月21日、本事故調査を担当する主管調査官のほか2名の航空事故調査官を指名した。

なお、人事異動に伴い、平成14年10月5日、主管調査官を交替させ、1名の航空事故調査官を新たに指名した。また、平成15年4月1日、1名の航空事故調査官を交替させた。

1.2.2 外国の代表、顧問

事故機の設計製造国である仏国の代表が調査に参加した。

1.2.3 調査の実施時期

平成14年1月22日及び23日	機体及び現場調査
平成14年1月22日～同15年2月14日	口述聴取（乗務員、目撃者）
平成14年1月22日～2月22日	飛行記録装置・操縦室用音声記録装置等の記録の解析
平成14年2月1日	設計製造国による代表の指名
平成14年4月9日、18日及び11月21日	フライト・シミュレーターを用いた模擬飛行試験

1.2.4 原因関係者からの意見聴取

原因関係者から意見聴取を行った。

1.2.5 報告及び公表

平成15年1月31日、事故調査の経過について、国土交通大臣に報告し、公表した。

2 認定した事実

2.1 飛行の経過

2.1.1 飛行記録装置、操縦室用音声記録装置等の記録による飛行の経過

平成14年1月21日、全日本空輸株式会社（以下「全日空（株）」という。）所属エアバス・インダストリー式A321-131型JA104A（以下「同機」という。）は、全日空（株）の定期391便として名古屋空港から函館空港に向けて飛行した。

名古屋空港事務所に通報された同機の飛行計画は、次のとおりであった。

飛行方式：計器飛行方式、出発地：名古屋空港、移動開始予定時刻：11時

45分、巡航速度：436kt、巡航高度：FL370、経路：KROBE
Y13 MRE V31 HWE、目的地：函館空港、所要時間：1時間01
分、持久時間で表された燃料搭載量：4時間19分、搭乗者数：93名

運航乗務員は、名古屋空港出発前に運航担当者から飛行に関するブリーフィングを受けた。函館空港及びその周辺の天候等に関するブリーフィングの内容は、進入方式は滑走路12のILS進入、地上視程は5～10km、風は強いが着陸に支障はないというものであった。

同機は、名古屋空港を11時53分に離陸し、秋田VOR/DME及び青森VOR/DME上空を経由して、函館空港に向けて飛行を行った。同機は、巡航高度からの降下開始後、函館ターミナル管制所によるレーダー誘導の後、函館空港滑走路12のILS進入を行った。

進入中、左操縦席に着座していた機長は、操縦中でない操縦士（以下「PNF」という。）の業務を、右操縦席に着座していた機長昇格訓練中の副操縦士は、操縦中の操縦士（以下「PF」という。）の業務を行っていた。

進入中の機体の揺れは軽度で、函館飛行場管制所（以下「函館タワー」という。）から通報されていた滑走路12側の風向は130°、風速は28ktで、滑走路に対しやや右からの強い向い風であった。

進入中における同機の進入コース及び進入角度はともに正常であったが、滑走路12の進入灯上空を飛行中に滑走路端手前140m付近の地点、対地高度（以下「対地高度」は接地帯標高からの高度とする。）約53ftで、同機のウインドシャー警報が作動した。

このとき同機は、ウインドシャーからの回復操作を開始したが、13時03分ごろ、胴体後部の下面が滑走路に接触して、機体の中破した。同機は、胴体後部の下面が滑走路に接触した後もウインドシャーからの回復操作を続けた。

その後、再び滑走路12のILS進入を行い、13時21分ごろ函館空港に着陸した。

到着後に行われた外部点検の結果、胴体後部の下面に損傷が発見された。

同機には、機長ほか乗務員5名、乗客87名計93名が搭乗していたが、客室乗務員（以下「CA」という。）4名のうち3名が腰部捻挫等の軽傷を負った。

2.1.2 飛行の経過に関する関係者の口述

2.1.2.1 運航乗務員の口述

(1) 機長

目的地の函館は、雨で風が強いとの認識はあったが、ほぼ正対に近い風で、ウインドシャーや横風制限等は考えていなかった。

函館空港へ向けての降下は、雲中飛行だった。滑走路12のILS進入を開始するまでの間は上層風も下層風も風向は大きく変化せず、管制塔の情報と変わらなかった。機上の気象レーダーは、雨域を示すエコーだけで、避ける必要のある赤いエコー域はなかった。

進入中、雨が降っており、高度2,000ftを切った辺りで、滑走路が視認できた。風は140°の方向から30~40ktの強さで、変動はあったが平均的には25~30ktぐらいで、たまに40ktを超えるガストがあったという認識だった。雲中だったのでエンジンと翼の防氷装置はオンにしていた。バーガのような雲はなかった。その他、雲の状況で特に変わっているというようなものはなかった。

私は、左席でPNFの業務を行っており、PFの業務を行っていた副操縦士は1,000ftで、オートスラスト・オフ、500ft前後で、オートパイロットをオフにしていた。決心高度付近で風の増減があり、対気速度の目標値を5kt下回ったので「エアスピード」とコールした。途中適切な修正操作を行っており、グライドパス、ローカライザーからのずれもなかったため、引き続き副操縦士にPF業務を継続させた。

対地高度100ft付近で急激に目標速度を10kt以上下回ったので、「エアスピード、エアスピード」とコールしたとき、PFはパワーを増加させた。

その後、パワーを減少させ始めたとき、ウインドシャー警報が作動した。ウインドシャーからの回復操作を行い、パワーを最大推力に増加させたが、同回復操作中に接地した。接地したとき、ハードなランディングだなと思ったが、尾部をこすった認識はなかった。進入中の目標速度は、最小速度に11~12ktを加えた速度で、143ktだった。ウインドシャー警報の作動は、50ft以下では抑制されるので、多分それよりも高い100~50ftの間だったと思う。100ft前後で大きな沈み込みがあったが、左右には傾いていなかった。函館タワーから通報された風向風速は130°、20数ktだった。

この飛行機は、進入速度を大きくし過ぎるとノーズから接地する傾向があるが、プラス8ktの機上コンピューター指示に対して、プラス11ktを選択した。操作は適切に行われていたので、機長としてテイクオーバーはしなかった。ウインドシャー回復操作を実施し、フラップ3にセットし、着陸復行の手順に従って操作を行い、函館タワーに「Make go around, due to windshear」を通報した。

同タワーから「Follow missed approach」と指示され、オートパイロットを入れて、PFとPNFを交替した。

CAにハードランディング時の状況を聞いたところ、客室内には損傷等の

報告はないとのことだった。その後、レーダー誘導で函館空港に着陸した。

(2) 副操縦士

低気圧の影響で、飛行中、揺れるという情報は入っていた。目的地の函館空港の気象についての情報は、風は強いが正対している、ILSが使える、視程は10 km、落ちても8 km程度で問題なし、滑走路はウエット、氷雪情報なし等で、着陸については問題なし、と聞いていた。

函館空港に進入中は、機上気象レーダーには、空港周辺も顕著なエコーはなかったが、オレンジ色の降雨域はあった。函館空港のATIS（飛行場情報放送業務）では、風速30 kt、ガスト42 kt、視程8 kmで、ウインドシャワー等に関する情報はなかった。レーダー誘導の後、滑走路12のILS進入を行った。10,000 ftまでは雲中飛行だったが揺れはなかった。順調に行き、グライドパスに会合したころ、着陸の許可がきた。

向い風は強かったので、早めにスタビライズさせるため、2,500 ftでフル・フラップにした。ランディング・チェックリストは終了していた。

目標進入速度については、 V_{LS} が132 ktであったが、風が強いときには、これに10 ktくらいを加えて目標進入速度とする。事故当時は、ガストを考慮してプラス12 ktとしたつもりだったが、実際にはプラス11 ktの143 ktとしていた。

多少ラフ・エアはあった。オートスラストは1,000 ftで、オートパイロットは500 ftでオフとした。ピッチやパワーを大きく変化させる必要はなく、グライドパスからも特に外れることもなく、問題はなかった。

速度が3 ktくらいの範囲で増減していたので、マイナス側に行かないようにパワーをセットした。少し多いかなと思う程度のパワーで、 N_1 は約52 ~ 53 %程度の数値で安定させていた。大きなガストがあるという認識はなかった。

その後、目標速度を大きく2回切ることになった。そのときは、パワーは入れた状態のままで、触っていない。1回目は最小進入速度である V_{LS} に近づいた。そのため、エンジン推力を増す操作をしたが、機長からも「エアスピード」のコールアウトがあった。 $V_{LS} + 20$ ktになったので、目安のパワーに戻そうとした。スラスト・レバーを絞り始めたころ、また大きく速度が減って、直後に機体が沈み込んだ。「WINDSHEAR, WINDSHEAR, WINDSHEAR」と警報音が発せられた。そのときの気圧高度は約150 ftだったと思う。速度は、 V_{LS} を5 ktぐらい切ったところまで低下し、直ちに、TO/GAにセットし、地面が迫ってきていたのでピッチを引いた。TO/GAセット後「ドン」という衝撃があった。ハードランディング気味の着陸であったと思った。風

は130°、25ktぐらいだった。

その後、操縦を機長と交替して函館空港に着陸した。

2.1.2.2 軽傷を負ったCAの口述

(1) L1の座席に着座していたCA

機長から気流が悪いとは聞いていたが、上空でのサービスはできた。進入中は、通常の揺れと変わらなかった。着陸の1～2分前は、機外は雲で真っ白な状況で、そのまま、落ちたという感じで衝撃があった。その後、着陸復行をしている旨のアナウンスを行った。私は、けがをしていないと思っていたのだが、当日19時に東京へ帰ってきて、尾骨が少し痛くなってきた。翌朝、04時ごろから更に痛くなってきたので、07時ごろ病院に行ったが、入院はしなかった。CAの椅子は板に近いものだ。

(2) R3の座席に着座していたCA

名古屋の出発の時点で、函館以外の北海道便は目的地を変更しているが、函館空港の気象条件は良いとブリーフィングを受けた。

飛行中、シートベルト・サインが点灯し、降下中に揺れてきた。着陸の直前に強い揺れがあり、着陸復行するだろうと思ったところ、Gがかかった。ピッチアップし、エンジン回転が上がり始めて上昇を開始したと思った途端に、「ガン」という音がした。2回目の着陸はスムーズに行ったと思った。

当日、東京に帰ったところに腰に違和感を覚え、翌日、腰と首が痛くなった。

(3) R4の座席に着席していたCA

進入中、シートベルトとショルダー・ハーネスをしていた。横揺れはあったが、上下の揺れはなかった。着地直前に自分の下の方で、ぶつかった感じがした。シートごと叩き付けられた感じだった。CAの椅子は硬いもので、頭が痛くなった。着陸復行後、前方客室のCAからアナウンスがあり、その後、機長からもアナウンスがあった。

2回目も揺れはあったが、普通の着陸だった。

2.1.2.3 目撃者による口述

(1) 函館タワーの航空管制官

12時38分にコンピューターが滑走路12に着陸したが、それ以後、同機が到着するまでの間に到着機はなかった。同機は4～5nmファイナル、高度にして1,400～1,500ftから見えていたが、横なぐりの雨の影響で「ボー」と見えていた。進入灯の上までは普通の進入だった。

着陸すると思う寸前に機首が突然上がって尾部から着地した感じだった

が、そのまま着陸復行に移った。当時の2分間計の風の値は風向が130°～140°、風速が28～30ktで最大値は38ktぐらいだったと思う。

同機が再び着陸するまでの間に到着機は2機あった。この2機と同機の2回目の着陸を含めた3回の着陸は、各々、多少フラフラしながら着陸した感じもあったが概ね普通の着陸だった。

(2) 函館空港の保安職員

13時に消防局舎前を出て、場周道路沿いに車で滑走路12に向かって走行していた。雨はそれほど強いとは思わなかったが、風が巻いている感じで横なぐりの風が吹き荒れていた。滑走路12の接地帯の真横付近を走行中に進入灯の上を391便が降りてくるのが見えた。そのとき、風にあおられたように翼がローリングして機体が沈み込んだ。ずいぶん近くに降りるのだと思った瞬間に滑走路に水しぶきが上がり、その中に黄色の煙が見えた。水しぶきが飛び散って、機体が見え始めたときには機体は上昇を始めていた。そのときの機体の上昇角度から見て尻がついたと思った。

2.2 人の死亡、行方不明及び負傷

同機に搭乗していたCAのうちR4に着席していたCAは事故直後から頭痛を訴えていた。事故翌日に行われた医師による診察の結果、新たに2名のCAが、軽傷と診断され、計3名のCAが軽傷を負った。

乗客の負傷はなかった。

2.3 航空機の損壊に関する情報

2.3.1 損壊の程度

中 破

2.3.2 航空機各部の損壊の状況

(1) 外板

胴体後部下面の外板に長さ約4.6mにわたり、最大幅約80cmの擦過痕があった。

(2) フレーム及びストリンガー

擦過痕が認められた胴体後部の10本のフレーム(#63～#72)に変形があり、そのうち7本のフレーム(#63、#65～#70)に亀裂があった。また、亀裂のあったフレームと交差する4本のストリンガー(ストリンガー#:S41R～S39L)に変形があった。

(3) 後部圧力隔壁

後部圧力隔壁の下部 2ヶ所に亀裂があった。

(4) フロア・ビーム（床の梁）

後部荷物室のフロア・ビームの一部（フレーム# 64及び65）に亀裂があった。

2.4 航空機以外の物件の損壊に関する情報

同機の胴体後部の下面が函館空港の滑走路に接触したと推定される痕跡が、滑走路12の進入端から離陸方向に向かって約14.0mの地点から長さ約15.9m、最大幅約80cmにわたり残されていたが、滑走路への損傷はなかった。

2.5 航空機乗組員等に関する情報

(1) 機長 男性 37歳

定期運送用操縦士技能証明書（飛行機）	平成10年1月9日
限定事項 陸上多発機	昭和60年8月6日
エアバス・インダストリー式A320型	平成3年4月17日
第1種航空身体検査証明書	
有効期限	平成14年3月17日
総飛行時間	7,195時間42分
最近30日間の飛行時間	47時間49分
同型式機による飛行時間	3,342時間14分
最近30日間の飛行時間	47時間49分
同型式機機長発令	平成10年2月20日

(2) 副操縦士 男性 38歳

定期運送用操縦士技能証明書（飛行機）	平成12年10月19日
限定事項 陸上多発機	平成3年4月24日
エアバス・インダストリー式A320型	平成5年1月7日
第1種航空身体検査証明書	
有効期限	平成14年3月10日
総飛行時間	4,403時間35分
最近30日間の飛行時間	54時間15分
同型式機による飛行時間	1,874時間28分
最近30日間の飛行時間	54時間15分
同型式機副操縦士発令	平成5年4月10日

(3) その他の資格

機長は、右操縦席に着座している副操縦士に対して着陸のための操縦を行わ

せる資格を平成12年10月1日に取得しており、通報された気象条件は副操縦士が着陸のための操縦操作を行える範囲であった。

(4) 低高度ウインドシャーからの回復操作訓練等

機長及び副操縦士はフライト・シミュレーターにより低高度ウインドシャー遭遇時における回復操作訓練及びCRM訓練を受けていた。

2.6 航空機に関する情報

2.6.1 航空機

型 式	エアバス・インダストリー式A321-131型
製造番号	1008
製造年月日	平成11年4月13日
耐空証明書	第99-086号
有効期限	平成11年4月30日から整備規程(全日空(株))の適用を受けている期間
総飛行時間	6,140時間49分
定期点検(C整備、平成13年5月22日実施)後の飛行時間	1,502時間09分

2.6.2 エンジン

型 式	インターナショナルアエロエンジンAG(AE)式V2530-A5型	
	No.1	No.2
製造番号	V10533	V10959
製造年月日	平成11年2月2日	平成13年3年18日
総使用時間	6,140時間49分	1,502時間09分

2.6.3 重量及び重心位置

事故当時、同機の重量は147,360lb、重心位置は25.1%MACと推定され、いずれも許容範囲(最大着陸重量162,000lb、事故当時の重量に対応する重心範囲12.0~41.0%MAC)内にあったものと推定される。

2.6.4 燃料及び潤滑油

燃料は航空燃料ジェットA-1、潤滑油はエッソETTO2197であった。

2.7 気象に関する情報

2.7.1 天気概況

21日09時の地上天気図には、函館の南西の日本海上に中心気圧1,006hPa

の低気圧、近畿地方に1,002 hPaの同じく低気圧があり、北海道東方に1,032 hPaの高気圧が存在していたが、いずれも15～25 ktの速度で北東に進んでいた。15時には、日本海の低気圧が1,000 hPaに、北海道東方にある高気圧が1,036 hPaまで発達しており、事故当時は等圧線の間隔が狭くなり気圧傾度が非常に高い状態になりつつあった。これらから、事故当時の函館空港周辺における気圧配置は、発達した低気圧の接近に伴い、北東風が卓越する冬型が崩れ、南東の強風が予想される状況であった。

函館空港においては、同日の11時40分に飛行場強風警報が、11時45分には飛行場大雨警報が発表されていた。事故当時滑走路12付近に設置されていた風向風速計によれば、風向は130°～140°、風速は平均で28 kt、最大風速は40 kt、最小風速は20 kt程度であった。

また、気象庁函館海洋气象台函館空港出張所の瞬間風向風速計の自記記録には、滑走路12側及び30側の間に風向風速の大きな違いは見られなかった。

(付図3-1、3-2、4、5、6、7参照)

2.7.2 函館空港における航空気象観測値

気象庁函館海洋气象台函館空港出張所が発表した事故関連時間帯の定時及び特別観測値は、次のとおりであった。なお、風向は磁方位で表示する。

11時00分 風向/風速 140° / 28 kt、視程10 km以上、弱い雨、雲 1/8層雲600 ft、5/8層雲900 ft、7/8層雲2,000 ft、気温/露点温度 7 / 4 、QNH 30.00 inHg、P/F R

11時20分 風向/風速 140° / 27 kt/最大瞬間風速39 kt、視程6 km、雨、雲 1/8層雲600 ft、5/8層雲900 ft、7/8層雲1,800 ft、気温/露点温度 6 / 4 、QNH 29.99 inHg、P/F R

11時36分 風向/風速 130° / 28 kt、視程8 km、弱い雨、雲 1/8層雲600 ft、5/8層雲900 ft、7/8層雲2,000 ft、気温/露点温度 7 / 4 、QNH 29.97 inHg、P/F R

12時00分 風向/風速 140° / 28 kt、視程10 km以上、弱い雨、雲 1/8層雲500 ft、5/8層雲900 ft、7/8層雲2,000 ft、気温/露点温度 7 / 4 、QNH 29.94 inHg、P/F R

12時38分 風向/風速 140° / 29 kt/最大瞬間風速42 kt、視程 4,500 m、雨、雲 1/8層雲500 ft、5/8層雲900 ft、7/8層雲2,000 ft、気温/露点温度 7 / 5 、QNH 29.92 inHg

13時00分 風向/風速 140° / 28 kt、視程6,000 m、雨、雲 1/8層雲500 ft、5/8層雲900 ft、7/8層雲2,000 ft、気温/露点

温度 7 / 5 、 QNH 29.91 inHg

2.7.3 飛行場強風警報等

(1) 飛行場予報

気象庁函館海洋气象台函館空港出張所が、当日の09時00分に発表した飛行場予報は、次のとおりであった。なお、風向は真方位で表示する。

函館空港 発表21日09時00分、有効期間21日09時から18時まで

風向110°、風速25kt、最大瞬間風速35kt、視程6,000m
弱い雨、雲 FEW500ft、BKN1,200ft、BKN2,500ft
時々、09時から12時までの間、風向110°、風速30kt、
最大瞬間風速50kt、視程3,000m、雨、もや、雲 FEW300
ft、BKN800ft、BKN1,800ft

時々、12時から18時までの間、風向110°、風速30kt、
最大瞬間風速50kt、視程2,000m、強い雨、もや、鉛直視程
500ft

(注1：FEWは、雲量が“少し”の意、BKNは、同“隙間あり”の意。)

(2) 飛行場強風警報

同出張所が、当日の11時40分に発表した飛行場強風警報は、次のとおりであった。

これから21日15時00分UTCにかけて南東の風が、最大35から40ノットの見込みです。50から60ノットのガストを伴う見込みです。その後風は次第に弱まる見込みです。

2.8 航空保安施設に関する情報

2.8.1 航空保安無線施設に関する情報

事故後の点検の結果、函館VOR、函館空港の滑走路12側に設置されているカテゴリー 精密進入が可能なILS等の航空保安無線施設に異常は認められなかった。

2.8.2 航空灯火に関する情報

同空港には、カテゴリー 精密進入を行うための飛行場灯火が設置されており、いずれも正常であった。なお、事故当時は、12時38分に通報されていた特別航空気象実況に基づき、それぞれの飛行場灯火は最大輝度に設定されていた。

2.9 事故現場の状況

函館空港は函館市の東約7kmの位置にあり、空港の南側は津軽海峡、北及び東側は住宅地から次第に山間部となっている。本事故発生地点に至る進入経路は、空港西側に設定されており、同経路は函館市街地から湯ノ川温泉街の上空を経て滑走路に至る平坦な地形である。この間は、函館市街地付近の標高は約4mであり、滑走路西端から西に約1,000m付近にある松倉川から次第に上り勾配となり、空港の標高は111.9ft(34.1m)、接地点の標高は103ft(31.4m)である。滑走路は海岸線にほぼ並行に設置されており、全長3,000m、幅45mでグレーピングが施されている。滑走路南側の縁から海岸線までの距離は、滑走路12の進入端側で約700m、終端側で約850mである。空港一帯は海側や滑走路12の進入方向からは、やや高い台状の地形を成しており、海岸線から100~150mの地点までの傾斜は緩やかであるが、その地点からは傾斜角約30°~45°の上り勾配の斜面があり、その後は空港とほぼ同様の標高になっている。

事故現場は滑走路12の滑走路末端標識上であり、進入端の内側約14.0mの位置から長さ約15.9m、最大幅約80cmの銀色の金属の擦過痕が残されていた。

また、同空港に離着陸する航空機の運航に支障となるノータムは発出されていなかった。

(付図1参照)

2.10 飛行記録装置、操縦室用音声記録装置等に関する情報

(1) 飛行記録装置

同機には、ハネウエル社製、980-4700-003、固体素子型の飛行記録装置(以下「DFDR」という。)が搭載されており、N₁(低圧タービン回転数)を除き、正常に記録されていた。

(2) 操縦室用音声記録装置

同機には、120分の録音が可能でハネウエル社製980-6022-001、固体素子型の操縦室用音声記録装置(以下「CVR」という。)が搭載されており、正常に記録されていた。

日本標準時との時刻の照合は、DFDRについては、管制機関等との交信時のVHF送信機のキーイング信号とCVR記録の音声とを対応させることにより行い、CVRについては、管制交信記録に記録されたNTTの時報及び管制交信の内容とCVRに記録された操縦室内の音声記録のうち管制交信を行った部分と対応させることにより行った。

解析には、これらのデータとともに、DFDRに含まれていなかったデータを補うため、QARにより記録されたデータも使用した。

2.1.1 医学に関する情報

軽傷を負った3名のCAは、腰部捻挫等により、2～7日の加療が必要であると診断された。

2.1.2 事実を認定するための試験及び研究

2.12.1 滑走路に残された痕跡

同機の胴体後部下面のものと考えられる銀色の金属の擦過痕が、滑走路12の滑走路末端標識上に、進入端の内側約14.0mの位置から長さ約15.9m、最大幅約80cmで残されていた。この痕跡は滑走路と同方向に延びており、その中心は滑走路12の中心線から右に約90cmの位置であった。滑走路上の擦過痕と同機の胴体後部下面の擦過痕の幅はほぼ一致した。

また、擦過痕の周辺には、同機の主輪が滑走路に接地したと思われる痕跡は発見されなかったが、DFDRには主輪が接地した記録が残されていた。

2.12.2 CVRの記録の解析

同機のCVRに記録されていた操縦室内での会話のうち、主として風と最終進入速度の決定に関する内容は、次のとおりであった。

12時31分20秒ごろ 運航乗務員の間で、MCDUには、 V_{LS} 132kt、プラス8kt、 V_{APP} 140ktが表示されている旨の会話が行われた。

同32分37秒ごろ 運航乗務員の間で、12時発表のATISについて、風については、南東の風やや強く、横風成分は12～13ktであり、レーダー誘導ILS滑走路12で進入する旨の会話が行われた。

同33分17秒ごろ 運航乗務員の間で、TARGET APPROACH SPEEDは、PFDに表示された V_{LS} に対しプラス10ktとする旨の会話が行われた。

同50分50秒ごろ 運航乗務員の間で、12時38分発表のATISにおいて、高度計規正值は29.92inHg、地上視程は4,500m、ガストがある旨の会話が行われた。

同56分14秒ごろ 函館タワーから着陸許可と、風向が130°、風速が28ktである旨の通報を受けた。

同59分46秒ごろ 同機は、函館タワーに対して地上風の観測値を要求し、同タワーより風向が130°、風速が28kt、最大瞬間風速が34ktである旨の通報を受けた。

- 13時00分03秒ごろ 副操縦士から、着陸復行の際の手順について、機長に対し確認が行われていた。
- 同01分07秒ごろ 社用無線により、風向が140°、風速が32kt、最大瞬間風速が40kt、横風成分が11ktである旨の通報があった。
- 同02分47秒ごろ PNFは、「エアスピード」とコールアウトした。
- 同02分57秒ごろ PNFは、「エアスピード、エアスピード」とコールアウトを行った。
- 同02分58秒ごろ 「WINDSHEAR, WINDSHEAR, WINDSHEAR」の合成音があり、ほぼ同時にPFによる「ゴーアラウンド」のコールアウトが行われた。
- 同03分01秒ごろ 衝撃音が記録された。

(別添参照)

2.12.3 D F D R等の記録の解析

同機のD F D R等の記録によれば、同機が最終進入を開始してから滑走路に胴体後部の下面を接触させた直後までの状況については、次のとおりであった。

同機の最終進入中、対地高度1,000ftから対地高度約177ftに至るまでにおいては、CASは132~154kt、平均値は145kt、風速は32~47ktの間で変動していたものの、南東からのほぼ一定方向の風で、オートスラストは対地高度約900ftで、オートパイロットは対地高度約500ftでそれぞれ解除され、以後、手動による操縦でほぼグライドパスに沿って進入が継続された。同機のSPD/MACH WINDOWにセットされていた速度は143ktであった。同機が対地高度約177ftまでに至る前1分間の平均昇降率は、約マイナス600ft/minであった。

また、対地高度約177ft以下の飛行状態に関する主な記録については、次表のとおりであった。

時刻 (時:分:秒)	対地 高度 (ft)	CAS (kt)	昇降率 (ft/min)	機体比° ッ角 (°)	TLA (°)	エンジン燃 料流量 (lb/h)	風向 (°)	風速 (kt)	対地 速度 (kt)
13:02:47	177	134	-770	3.2	8.4	2,800	119	33	102
49	158	132	-450	2.8	16.9	2,800	124	34	102
50	155	145	-700	3.2	14.1	3,700	125	42	103
51	149	150	-510	3.5	8.4	5,000	126	42	104

52	141	153	-510	3.2	2.8	4,700	124	44	104
53	136	149	-450	2.1	2.8	3,900	126	41	104
54	126	141	-450	1.8	2.8	3,100	127	39	103
55	114	137	-380	2.1	2.8	2,500	124	37	102
56	99	141	-770	2.5	5.6	1,800	128	34	102
57	68	122	-770	3.2	8.4	1,600	121	22	101
58	53	120	-1,150	3.5	14.1	2,000	130	14	101
59	22	117	-1,220	4.2	33.8	2,700	122	14	103
13:03:00	4	128	-1,220	7.4	42.2	5,000	129	22	105
01	-4	124	-1,540	11.2	42.2	7,200	118	16	108
02	0	138	-1,540	10.9	42.2	9,400	108	31	111
03	14	141	-190	13.7	42.2	10,500	107	23	115
04	40	142	1,220	15.5	42.2	11,500	118	30	116

上記のほか、関連する記録は、次のとおりであった。

13時02分58秒ごろ、ウインドシャー警報が作動した。

同02分59秒ごろ、副操縦士と機長のサイドスティックが、同時に機首上げ側に引く操作が行われていた。

同03分01秒ごろ、約1.9Gの垂直加速度が記録されていた。このとき、機長側のサイドスティックは、それまでの機首上げ側の位置から中立位置へ変化し始めていた。

同03分02秒ごろ、主車輪が接地したことが記録されていた。このとき、機長側サイドスティックは、中立位置から機首上げ側へ変化し始めていた。同時に、副操縦士側サイドスティックが、機首下げ側へ大きく操舵されていたが、同03分04秒ごろには、副操縦士のサイドスティックも機首上げの側へと引かれていた。

注2：対地高度は、50ftより高い場合は気圧高度計の値を、同50ft以下においては電波高度計の値を使用した。

注3：昇降率値については、時間遅れの影響が含まれている。

注4：TLAの最大値は42.2°、アイドル位置は0°である。

注5：エンジン燃料流量の最大値は約11,500lb/h、最小値は約1,000lb/hである。

(付図8-1、8-2参照)

2.12.4 A 3 2 1 型機について

2.12.4.1 操縦装置及び姿勢制御の特徴

(1) サイドスティック

A 3 2 1 型機の操縦装置については、左操縦席用には左側に、右操縦席用には右側に、サイドスティックと呼ばれる操縦装置が装備されている。このサイドスティックにより、操縦士は、航空機のピッチ、ロールのコントロール及び旋回機能を通して、間接的にヨーのコントロールを行えるようになっている。左右のサイドスティックは、それぞれ独立した信号をコンピューターに送り、同調はしていない。これらは、スプリング力で中立位置に保持されており、操縦士が前後左右に動かすことで、機体の姿勢をコントロールすることとなる。もし、二人の操縦士が同時に反対の信号や、同じ方向の信号を送ると、信号の値は、それらの代数和になる。ただし、コンピューターに取り入れられる合計入力信号には、最大制限値があり、この値を超えた部分は切り捨てられる。また、それぞれのサイドスティックには、テイクオーバースイッチが装備されており、そのボタンを押すと、押した側のサイドスティックの入力信号のみに基づいた、操舵が行われる。

(2) HIGH ANGLE OF ATTACK PROTECTION

HIGH ANGLE OF ATTACK PROTECTIONは、飛行中、機体のAngle of Attack(迎え角)がある値よりも大きくなると、操縦士が更に機首上げ操作を行っても、MAX(許容最大迎え角)を超えることはないように自動的に迎え角を制限する機能である。これにより、機体が失速に入ることを防止する。この機能は、すべてのPROTECTIONの中で最も優先度が高い。なお、HIGH ANGLE OF ATTACK PROTECTIONには、機体の迎え角が MAX に至るまでの間に、オートスラストの機能により最大離陸推力を自動的にセットする FLOOR PROTECTION機能も含まれる。この FLOOR PROTECTION機能が作動するのは、離陸時のリフト・オフから、着陸前の対地高度 1 0 0 ftまでの間である。

(3) 「FLARE」モード

このモードは、フレアー時に、人工的に地面効果を模擬した特性を付加することによって、操縦士が受ける操舵圧感覚を従来の航空機に似せたものとするためのモードである。

進入着陸時の機体の対地高度が 5 0 ftになると、機上コンピューターが自動的に「FLARE」モードに切り替わる。「FLARE」モードの機能により、コンピューターはこのときの機体姿勢を記憶し、その後、着陸フレアーの間に、自動的に昇降舵を作動させて、機体のピッチ角をゆっくり下げ側に操作する。

このため、操縦士は、このコンピューターによる機首下げに抗して機体を

フレアーさせるための機首上げ操作を行うことが必要となる。操縦士による、このフレアー時の機首上げ操作が、コンピューターによる機首下げ操作量以下の場合、結果的に機体は機首下げ方向の動きとなる。

2.12.4.2 機体形状の特徴

A 3 2 1 型機は、A 3 2 0 型機の派生型機であるため、機体長が長くなっている以外は、形状や運航方式はA 3 2 0 型機と基本的には同じである。

A 3 2 0 型機の全長は37.57mであるのに対し、A 3 2 1 型機では44.51mである。この機体長の違いから、A 3 2 1 型機は、A 3 2 0 型機に比べ、着陸時に胴体後部の下面を滑走路に接触させない引き起こし操作の許容角度が小さくなっている。全日空(株)のAORによれば、A 3 2 0 型機では、この角度が、通常ランディング時は13.5°、ハードランディング時は11.7°であるが、A 3 2 1 型機では、同11.2°、同9.7°であり、胴体が長くなった分だけA 3 2 0 型機に比較して小さい角度となっている。

(付図2参照)

2.12.5 同機に搭載されていたウインドシャー警報装置及びEGPWSの概要

同機には、離着陸時においてウインドシャーに遭遇した場合、又は遭遇することが予想される場合に警報音を発する装置として、反応型(Reactive Type)と予知型(Predictive Type)のウインドシャー警報装置が搭載されていた。また、機体が急激に地面等に接近した場合に、操縦士に対し、その状態について警報音を発するEGPWSの警報装置も搭載されていた。

ウインドシャー警報装置のうち、反応型によるウインドシャーの検知は、対地速度とCASの違い、自機周辺の風の変化及び機体のエネルギー等を計算して行われ、23kt以上の風速の変化が30秒以内に発生したことを検出した場合等には、視覚表示及び音声により警報が作動する。この場合、警報音として「WINDSHEAR, WINDSHEAR, WINDSHEAR」の合成音が発せられる。この装置の作動範囲は、進入時においては対地高度1,300ftから同50ftまでである。

これに対し、予知型によるウインドシャーの検知は、機上レーダーを使用し、移動する物体からのレーダー反射波は周波数が変化するというドップラー効果を利用して、CAS、垂直風速等を計算して行われる。特に、25kt以上の風速の変化が14秒以内に自機から前方5nm、機軸に対して横0.5nmかつ左右それぞれ25°の範囲内に発生していることを検出した場合等に、警報音を発する。予知型の場合、レーダーで観測する対象物は、雲や雨粒であるため、これら水滴の移動現象がなければウインドシャーを検知することはできない。なお、予知型は、対地高度1,200ft

から同 50 ft までの間、視覚表示及び音声により警報が作動する。この場合、警報音として「GO AROUND WINDSHEAR AHEAD」の合成音が発せられる。

E G P W S は、機体が急激に地面に接近した場合等に、電波高度計と降下率を比較し、これらの値が特定の範囲を超えて危険域に入ると、それぞれの状況に対応した「SINK RATE」等の合成音により、操縦士に警報音を発する装置である。この装置の作動範囲は、対地高度 2,450 ft から同 10 ft までである。

これら各装置の警報発声の作動に関する優先順は、ウインドシャー反応型、同予知型、E G P W S の順となっている。例えば、反応型警報音を発している間は、他の警報装置の発声は抑制されるように設定されている。

2.12.6 最終進入速度の設定

2.12.6.1 最終進入速度の設定方法

全日空(株)のAOMによれば、2.12.7で述べるように、A321型機の最終進入速度の設定には、「SELECTED SPEED」モードによる方法と「MANAGED SPEED」モードによる方法がある。同機の本事故時の進入においては、「SELECTED SPEED」モードにより進入が行われていた。「SELECTED SPEED」モードで手動操縦による場合の最終進入速度の設定は、次のように行われることとなる。

まず、進入速度 V_{APP} を、次式により決定する。

$$V_{APP} = V_{LS} + \text{MIN}(15, \text{MAX}(5, \text{向風成分の} 1/3))$$

(注6: MIN(A, B) は、A と B のどちらか小さい方を意味する。MAX は大きい方を意味する。)

V_{LS} は、失速速度 V_S に対して 1.23 倍の速度マージンを確保した値である。 V_{APP} は、 V_{LS} に、向風成分の 1/3 を加算して算出される。この加算は、進入中に機体の対地高度が低くなるに従い、地上付近の風速が低減する接地境界層があるため、フレアー開始高度付近まで速度を V_{LS} 以上に保持するために行われるものである。ただし、加算する数値は、少なくとも 5 kt、大きくても 15 kt の範囲とすることとされている。ここで、向風成分は、風速の平均値から求める。なお、飛行中における V_{APP} の実際の計算は、データを入力すれば FMGC により自動的に表示される。

次に、ガストがある場合、次式により、求めた V_{APP} の値に、更にガスト分を加算することにより、風速が急減してもフレアー開始高度付近まで速度を V_{LS} 以上に維持できる最終進入速度を決定する。

$$\text{最終進入速度} = V_{APP} + (\text{最大風速} - \text{平均風速})$$

さらに、最終的には、最終進入速度は、PF がこの値を基本として、状況に応じて決定することとされている。ただし、全日空(株)のAOMに

は、最終進入速度の最大値は、着陸進入速度 $V_{REF} + 20 \text{ kt}$ までとされている。この計算式における V_{REF} は、着陸形態における V_S の 1.23 倍の速度であり、この場合 V_{LS} と等しい値である。

2.12.6.2 本事故における AOM に基づく最終進入速度

(1) 最終進入速度の計算の具体例 (12時38分発表の ATIS の場合)

同機の事故当時の重量は 147,360 lb と推定され、これにより、失速速度 V_S は 107 kt となる。フラップを最大にしたときの V_{LS} は、失速速度 V_S の 1.23 倍の 132 kt となる。この場合、 V_{REF} も 132 kt となる。

12時38分の ATIS によれば、風向 140° 、風速 29 kt、最大風速 42 kt であった。この場合、向い風成分の $1/3$ は 9 kt となるので、 V_{APP} は、次の計算式で求められる。

$$\begin{aligned} V_{APP} &= V_{LS} + \text{MIN}(15, \text{MAX}(5, \text{向い風成分の } 1/3)) \\ &= 132 + \text{MIN}(15, \text{MAX}(5, 9)) \\ &= 141 \text{ kt} \end{aligned}$$

飛行中においては、ここまでの計算は、FMGC に風の情報を入力すれば、自動表示される。運航乗務員は、更にガスト成分を計算して、最終進入速度の決定を行う。

$$\begin{aligned} \text{ガスト成分} & 42 \text{ kt} - 29 \text{ kt} = 13 \text{ kt} \\ \text{最終進入速度} & 141 \text{ kt} + 13 \text{ kt} = 154 \text{ kt} \end{aligned}$$

となるが、 $V_{REF} + 20 \text{ kt}$ が最大値であるから、最終進入速度は 152 kt となる。

(2) 本事故における風の情報により計算した最終進入速度の値

全日空 (株) の OM によれば、10 kt 未満のガストは最終進入速度には加算する必要はないとされている。しかし、本事故において同機が得た風の情報に対して 10 kt 未満のガストにも対応する場合の計算を行った場合の最終進入速度の値がどのようになるかを、上記 (1) の手順に基づき、計算すると、次のとおりである。

12時00分発表の ATIS によれば、風向 140° 、風速 28 kt であったので、 V_{APP} は 141 kt となり、ガストはなかったため最終進入速度も 141 kt となる。

同 38 分発表の ATIS によれば、上記 (1) で述べたとおり、 V_{APP} は 141 kt、最終進入速度は 152 kt となる。

同 56 分 14 秒ごろの函館タワーからの通報によれば、風向 130° 、風速 28 kt であり、ガストがなかったため、 V_{APP} 、最終進入速度とも 141

ktとなる。

同59分46秒ごろの函館タワーからの通報によれば、風向130°、風速28kt、最大風速34ktであり、 V_{APP} は141ktとなる。そして、ガストが6ktであるので、最終進入速度は147ktとなる。

13時00分発表のATISによれば、風向140°、風速28ktであり、ガストの通報はなかったため、 V_{APP} 、最終進入速度ともに141ktとなる。

同01分07秒ごろの社用無線からの連絡によれば、風速32kt、最大風速40ktであり、 V_{APP} は142ktとなる。そして、ガストが8ktであるので、最終進入速度は150ktとなる。

ただし、全日空(株)のOMの規定には10kt未満のガストは最終進入速度には加算する必要はないとされていることから、これに従うと については最終進入速度は141ktとなり、 については、同142ktとなる。

2.12.6.3 本事故において運航乗務員が設定した最終進入速度

同機の事故時における風の状況と最終進入速度の設定について、PFである副操縦士は、事故直後の口述によれば、進入開始前に発表されていたATISでは、風速が30kt、最大瞬間風速が42ktであったと述べている。ただし、副操縦士の口述は、風の全般的な傾向については事故時の実際の状況とほぼ合致しているが、風速の値が口述内容と正確に一致する気象情報は、実際には提供されていなかった。そして、最終進入速度の設定については、 V_{LS} にガストを考慮して、12ktを加えるつもりで、最終進入速度を143ktに設定したと述べている。

一方、PNFである機長は、FMGCが指示した進入速度である V_{APP} は、 $V_{LS} + 8kt = 140kt$ であったが、風速の変動分を考慮し、また、機速を過大にすると機首から接地するような状況も考えられることから、143ktに最終進入速度を選択したと述べている。

全日空(株)の他の運航乗務員の意見を集約したところ、A321型機においては、ガストを考慮しなければならない場合、機速を大きくし過ぎると機首が下がり、安全な着陸に支障がでてくる。しかし、ガストを伴う強風にも耐えられる最終進入速度としなければならない。この両者を両立させるために、 $V_{LS} + V$ に設定することであった。この、 V は、最大で12~13kt程度の値であった。

また、全日空(株)の資料によれば、A321型機においては、事故時と概ね同じ機体重量では、 $V_{REF} + 17kt$ 以上で、ピッチ角がマイナス側となることが記されている。

2.12.7 「SELECTED SPEED」モードと「MANAGED SPEED」モード

全日空（株）のA321型機のAOMには、進入速度の設定に関し、「SELECTED SPEED」と「MANAGED SPEED」の2つのモードが記載されている。ただし、手動によるスラスト・レバー操作によって進入を行う場合は、最終進入速度は「SELECTED SPEED」モードにより設定することとされており、本事故発生時の進入においても、「SELECTED SPEED」モードが用いられていた。

(1) 「SELECTED SPEED」モード

全日空（株）が設定している「SELECTED SPEED」モードとは、従来から一般に用いられてきたスラスト・レバーの操作手法で、CASを一定に保つようスラスト・レバーを操作する。この「SELECTED SPEED」モードでは、定常的に進入速度を維持することが可能となる適切な推力（以下「目安の推力」という。）を基準としてスラスト・レバー操作を行う。進入中に、向い風成分が増加した場合、機体の慣性により、CASは一時的に増加するが、推力を減じる操作を行わなければ、一時的な非定常現象が落ち着いた後は、CASは元の値に安定する。しかし、対地速度は減少するので、グライドパスを保持するためには降下率を減少させる必要があり、推力を目安の値よりも若干増加させる必要が生ずる。また、本事故時のように、風速の急増時にCASを保持しようと推力を減少させた場合、非定常現象が落ち着いた後は、元のCASとグライドパスに戻すためには、推力を減じた分と対地速度の減少分を補うため、推力を目安の値よりも大きく増加させる必要がある。また、逆に向い風が急減すると、CASが減少するので、パイロットは、推力を増加させ、速度があらかじめ設定したCASの値に戻ったら、推力を減少させて目安の推力に戻して進入を続ける操作を行うこととなる。

「SELECTED SPEED」モードの特徴を整理すると、次のとおりである。

「SELECTED SPEED」モードは、操縦士が、 V_{APP} 、平均風速、ガスト成分等を考慮して、対気速度を一定とする最終進入速度の値を決定する。

風速が変動する場合は、そのままでは対気速度であるCASも変動することとなるので、推力を増減することにより、CASを最終進入速度の一定値に保持するように行う進入方法である。

精密進入において風速が変動する場合、対地速度が変動するため、グライドパス上に乗り続けるためには、降下率を変更する必要が生ずる。

手動による推力制御、またはオートスラストによる推力制御ができる。

(2) 「MANAGED SPEED」モード

「MANAGED SPEED」モードでは、対地速度を一定に保つように推力の制御が

行われる。このモードでは、風速が大きく変動したときには、目標となるCASは自動的に変動することとなる。このモードは、ウインドシャーの影響を軽減するために用意されたもので、向い風成分が大きく増加した場合、CASは増加するが、対地速度を一定に保つようにするため、「SELECTED SPEED」モードとは逆にエンジン推力を増加させる。また、向い風の急減や追い風の急増によりCASが急減する場合でも、最終進入速度の最小値は V_{APP} までとされている。これにより、ウインドシャー遭遇時に特有の、向い風の急増後に現れる急減に対しても、エンジン推力は高い状態に維持され、機体の運動エネルギーも保持されることとなる。

なお、このモードはオートスラストを前提としているが、手動による推力の制御を行う場合でも、パイロットが、PFDに表示された速度に追従するようなスラスト・レバーの操作を行うことにより、「MANAGED SPEED」モードによる進入を行うことは可能ではある。

「MANAGED SPEED」モードの特徴を整理すると、次のとおりである。

「MANAGED SPEED」モードは、機上のFMGCが、対地速度を一定に保つように目標進入速度としての最終進入速度の計算を行う。

風速が大きく変動した場合は、FMGCが対地速度を保持するための目標進入速度を指示し、随時風速の瞬間値が反映されることから、CASの値は変動する。

対地速度が一定であるため、グライドパス上に乗り続けるためには、降下率を変更させる必要はない。

基本的にオートスラストにより推力制御を行う。

2.12.8 全日空(株)及びエアバス社の関連規定

2.12.8.1 最終進入速度の設定に関する規定

運航者が使用する規定類は、航空機の設計製造者が作成した規定類を参考にして作成されるため、設計製造者であるエアバス社と運航者である全日空(株)の規定等を対比して、以下に記述する。

(1) エアバス社のFLIGHT MANUAL及び全日空(株)の飛行規程

エアバス社では飛行規程に対応するものとしてFLIGHT MANUALを発行している。エアバス社のFLIGHT MANUALには「MANAGED SPEED」モードに関する記述はない。また、全日空(株)の飛行規程は、追加装備等に関するものを除き、エアバス社が英文で作成したFLIGHT MANUALと同一の内容となっている。このため、全日空(株)の同型機の飛行規程には、進入着陸における「MANAGED SPEED」モードの使用に関する記述はない。

(2) エアバス社の F C O M

エアバス社の F C O M には、次の記載がある。

ILS APPROACH

GENERAL ; (中略) The approach procedures described here assume that the flight crew uses managed speed guidance which is recommended.

NON PRECISION APPROACH

APPROACH SPEED TECHNIQUE ; (中略) The aircraft intercepts the final descent path in the landing configuration and at V_{APP} . For this purpose, the flight crew should insert V_{APP} as a speed constraint at the FAF. In all cases, the crew should use managed speed.

(仮訳)

計器着陸装置による精密進入

一般 ; (中略) ここに記述している進入方式では、運航乗務員は推奨されている「MANAGED SPEED」モードの指示を使用することを想定している。

非精密進入

進入速度の設定 ; (中略) 航空機は着陸形態において進入速度 (V_{APP}) で最終降下経路に会合する。このためには、運航乗務員は最終進入フィックスでの速度制限等のため進入速度 (V_{APP}) を設定する。あらゆる場合において、運航乗務員は「MANAGED SPEED」モードを使うべきである。

(3) 全日空(株)の A O M

A O M 4-2-1-(3)の進入速度 V_{APP} の決定の項には、次のように規定されている。

V_{APP} : Final Approach Speed。F M G C によって計算され、M C D U A P P R Page に表示される。

$$V_{APP} = V_{LS} + \text{Max}(\text{Wind Correction}, 5\text{kt})$$

NOTE: 5kt の増加分は Autoland の場合のみ必要である。しかし、この増加分は F M G C により常に付け加えられている。

Wind Correction は ATC から通報される Head Wind の 1/3 倍である。 V_{APP} は M C D U を通して修正することが可能である。

A O M 6-11 FLIGHT MANAGEMENT AND GUIDANCE SYSTEM の項には V_{APP} に関して、次のように規定されている。

V_{APP} Computation

$$V_{APP} = V_{LS} + 1/3 \text{ of TWR Headwind Component}$$

ただし、 V_{APP} は $V_{LS} + 5 \text{ kt}$ が Minimumとなる。

Wind Correctionの値は Minimum 5 kt、Maximum 15 ktである。

全日空(株)のAOMは、エアバス社のFCOMを参考として作成されているが、上記(2)の「MANAGED SPEED」モードに関する内容は、全日空(株)のAOMにFCOMどおりには反映されておらず、その記載内容は次のとおりである。

Target Approach Speed は以下のSpeedを基本とする。

Autothrustを使用している場合 : Managed Speed ($V_{APP \text{ TARGET}}$)または
Selected Speed

Autothrustを使用していない場合 : Selected Speed

Selected Speedは、 $V_{APP} + (\text{Max} - \text{Steady})$ を基本として、状況に応じてPFが決定する速度とする。(ただし、最大値は $V_{REF} + 20 \text{ kt}$ とする。)

(4) 全日空(株)のAOR

全日空(株)では、AORの中で運航に関する情報を詳細に記述しており、「MANAGED SPEED」モードと「SELECTED SPEED」モードについて、次の記載がある。

A/THRのSelected Speed/Managed Speedを使用する場合の、Target Approach SpeedにおけるWind Correctionの考え方は以下の通りである。

Gusty ConditionでのApproachにおいてはA/THRを使用し、Managed Speedを活用することが有効である。ただし、状況によってはSmall Windshear、地形の影響、Turbulence等により V_{LS} を切る可能性もあることに留意する。

しかし、全日空(株)では、このAORについては運航規程を構成する規定とは位置付けておらず、AOM等を補足するものともなっていない。

2.12.8.2 ウインドシャーの回避、回復操作等に関するAOMの規定

(1) ウインドシャー遭遇予防に関する規定

AOM 4-3-6 WINDSHEARの項には、ウインドシャーに遭遇しないために、どのようにしてウインドシャーの存在をあらかじめ知っておくかの気象現象、情報の入手手段、方法等について、次のような記述がある。

GENERAL

Windshear は Flight Path に沿う短区間における風速、風向の急激な変化である。Windshear に対処する最も有効な方法は、それを回避

(Avoidance) することである。Windshear が予想される場合、不意の遭遇に備え、予防処置 (Precaution) を行う必要がある。また、遭遇した場合、直ちに回復操作 (Recovery) を行う。

AVOIDANCE

(中略)

Windshearの存在を予知するには、以下の事項が参考となる。

- ・ Thunderstormの発生
- ・ Virga (尾流雲：降下中に消散する雨)
- ・ PIREPS (Pilot Reports)
- ・ LLWAS (Low Level Windshear Alerting System) Warning
- ・ Windshear Prediction Function Message (Windshear Prediction Function 装備機)

(2) ウインドシャー遭遇時の対処方法

AOM 4-3-6-(2) WINDSHEARの項には、ウインドシャーに遭遇する可能性のある場合や遭遇したときの対処方法等について、次のような注意事項が記載されている。

Approach and Landing

(中略)

NOTE : Airspeedが突然増加しても、その後減少する可能性があるので、Thrustを大きく減少させたり、Trimを変更してはならない。必要ならば、AutothrustをDisengageする。

(3) ウインドシャーからの回復操作に関する規定

AOM 2-6-3 WINDSHEARの項には、以下の記述がある。

Windshearに遭遇した場合、またはWINDSHEAR Warningが発生した場合：直ちに以下のWindshear Recovery 操作を実施する。

PF	PNF
Thrust Levers TO/GA Autopilot(if engaged) KEEP Speedbrake Lever RET SRS OrderをFollowする。*	Max ThrustがSetされたことを確認する。 必要な操作がすべて実施されたことを確認し、不足する項目があれば、それをCallする。
Vertical SpeedとAltitudeをMonitorする。	
Windshearの危険性がなくなるまで、FlapまたはGear Positionの変更、ある	Ground Contactのおそれ、Negative Flight PathまたはSignificant

いはAirspeedの回復を試みてはならない。	Airspeed Deviationが認められれば、それをCall する。
-------------------------	---------------------------------------

*NOTE: FDを利用できないときは、Initial Pitch Attitude 17.5°まで引き起こす。

FDの利用の有無に拘わらず、高度の減少を最小とするために必要ならばSide Stickを最後まで引いてよいが、V maxを維持するとTail Windshear遭遇時に十分なStall Marginが確保できない場合がある。

2.12.8.3 ウインドシャーが予想される場合の進入方法に関するFCOMの記述
エアバス社のFCOMには、悪天候時における進入方法として以下の記述がある。
ただし、全日空(株)のAOMには、これに対応する記述はない。

OPERATIONS IN WINDSHEAR OR DOWNBURST CONDITIONS

PRECAUTIONS FOR SUSPECTED WINDSHEAR

(中略)

During APPROACH

(中略)

-Select FLAPS 3.

-Use managed speed in the approach phase.

(仮訳)

ウインドシャー又はダウンバースト状態における操作

ウインドシャーが予想される場合の注意

(中略)

進入中

(中略)

- フラップ3を選択する。

- 進入の段階では「MANAGED SPEED」モードを使用する。

2.12.9 フライト・シミュレーターによる模擬飛行試験等

事故発生時の同機の対応及び回避の可能性、並びに同種事故の再発防止の方策について検証するため、同機と同型式のフライト・シミュレーターを用いて模擬飛行試験を行った。

模擬飛行試験に使用したフライト・シミュレーターは、第1種模擬飛行装置で、高度なビジュアル及びモーション機能を有し、最も模擬の程度が高いフェイズ3の能力を有している装置であった。

2.12.9.1 スラスト・レバーの操作に対するエンジン推力の追従性

目的：事故時の進入速度における高度200ft付近での、水平飛行中におけるエンジンの追従性能を検証する。

実施要領：(1) スラスト・レバーの位置をアイドル位置（約25% N_1 ）から離陸最大推力位置（約91.7% N_1 ）まで急増させ、 N_1 が離陸最大推力に相当する回転数に安定するまでに要する時間（秒）を測定する。

(2) スラスト・レバーを N_1 が約50%の推力状態に保たれている位置から離陸最大推力位置まで急増させ、 N_1 が離陸最大推力に相当する回転数に安定するまでに要する時間（秒）を測定する。

結果：(1) スラスト・レバーをアイドル位置から離陸最大推力回転数までに急増させ、 N_1 が離陸最大推力に相当する回転数に安定するまでに約6秒を要した。

(2) スラスト・レバーを N_1 が約50%から急増させ、 N_1 が離陸最大推力に相当する回転数に安定するまでに約3.2秒を要した。

2.12.9.2 失速に対し余裕が少ない速度での飛行時の必要推力

目的：静穏な大気中での水平飛行状態で、CASを失速に対し余裕が少ない値とした場合の、飛行状態を維持するために必要な推力の検証をする。

実施要領：失速に対し余裕が少ない速度118ktで、飛行高度を約300ftとして水平飛行し、同状態を維持するための必要推力について測定する。

結果：118kt付近での水平飛行においては、エンジン推力は、69.4% N_1 、燃料流量5,000lb/h程度が必要であった。また、122kt付近では、エンジン推力は52.4% N_1 、燃料流量は2,840lb/hが必要であった。

2.12.9.3 事故の再現試験及び最終進入速度の各モードによる進入

目的：事故時を可能な限り近似した状況の風速を再現し、低高度でのウィンドシャー警報に対する対応可能性について検証する。

また、「MANAGED SPEED」モードでの対応可能性を検証する。

実施要領：最終進入中の風の変化を、上空から対地高度170ftまでの範囲を30ktの向い風、その後、降下するに従い次第に風速を増加させ、同約130ftの高さで40ktの向い風、そして、次第に風速を減少させ、同約50ft付近の高さで14ktの向い風となるようにパラメーターを設定する。

- (1) 「SELECTED SPEED」モードでは、事故時と同じ程度に推力を減少させて実施する。
- (2) 「MANAGED SPEED」モードでは、事故時と同じ状況の風の中を飛行した場合の対応可能性について検証を行う。

結果：(1) 「SELECTED SPEED」モードの場合

オートパイロット、オートスラストによる回復操作では、低高度でのウインドシャーから回復することができた。

しかし、手動による進入では、回復操作を行ったが、ウインドシャーからの回復は間に合わず、事故時とほぼ同じ滑走路の末端付近の位置に胴体後部下面を接地した。

これらの結果から、「SELECTED SPEED」モードで手動によるスラスト操作で進入を行っている最中に、本事故時のように不意にウインドシャー警報が作動した場合には、事故時に同機の運航乗務員が行ったような最終進入速度の設定とCASの変化に対応するスラスト・レバー操作では、対応が難しいものと推定された。

また、オートパイロット、オートスラストを使用した場合、手動操縦よりもウインドシャーからの回復操作に関しては有利であると考えられた。

(2) 「MANAGED SPEED」モードの場合

ウインドシャーからの回復は可能であった。また、強風下でも安定した進入であった。

2.12.9.4 最終進入中での、速度変化に伴う機体のピッチ姿勢の変化とウインドシャーからの回復操作の検証

目的：「SELECTED SPEED」モードで、低高度でのウインドシャーからの回復が可能な操作の検証と、最終進入速度を増加させたときのピッチ姿勢の変化について検証する。

実施要領：事故時を可能な限り近似した風速状況を再現し、「SELECTED SPEED」モードで、最終進入速度を事故時よりも小さな値から次第に増加させ、滑走路に接触することなく、回復できる操作方法や速度を測定する。また、最終進入速度をどの程度に設定した場合に、機体のピッチ姿勢がマイナス側となるかを測定する。

結果：「SELECTED SPEED」モードにおいて、本事故とほぼ同じ低高度でのウインドシャーに遭遇した場合に、同状態から回復可能な最小の最終進入速度は、約144ktとなった。一方、最終進入速度を142kt以下

とした場合は、推力増加をウインドシャー警報作動と同時に行っても、ウインドシャーからの回復はできなかった。これらの場合には、ウインドシャー警報作動直前のCAS増加に対応した推力を減ずる操作は行っていない。

また、事故時と同様に、ウインドシャーによる風速の増加により増速したCASを、最終進入速度に維持しようとして、手動により推力を減少させる操作を行った場合は、最終進入速度を最大値である152ktと設定しても、推力を減少させる操作を行っている間に、ウインドシャーによる風速の減少が急激過ぎて、144ktを下回る速度となった。このため、その後、ウインドシャー警報に従って回復操作を実施しても、同状態から回復することはできなかった。

最終進入速度を約150ktとし、正対の約50ktの強風時に進入を実施した場合においても、機体のピッチ姿勢は0°付近にはなるものの継続的にマイナスの値とはならなかった。

2.12.10 乗客及びCAの座席の仕様

同型式機の型式証明取得時に適用された耐空性基準では、非常着陸状態においては、小規模な破壊着陸を行った場合でも、乗客及び乗務員が使用する座席は、下方に対して4.5Gの終極慣性力を受けても重傷を免れる設計としなければならない旨が定められている。このため、当該機の乗客及び乗務員の座席は、この基準を満足している。しかし、非常着陸状態以外で、着席した乗務員や乗客にかかわる負傷を防ぐための規定はない。

本事故においては、主脚付近に設置されている加速度計により1.9Gの最大垂直加速度が記録されていた。

同機におけるCA用座席の寸法は、幅約48cm、奥行き約41cm、クッション部の厚さは約2.8cm、材質はポリウレタンで比重は0.099であった。

一方、同機の乗客用座席のクッションは、同じ材質で同じ比重であったが、厚さが約9.0～10.7cmであった。

また、通常、CA用座席は、背もたれのリクライニングの角度がほぼ垂直であり、肘掛けも設置されていない。

(写真6、7参照)

3 事実を認定した理由

3.1 解析

3.1.1 航空従事者技能証明及び航空身体検査証明

機長及び副操縦士は、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。

3.1.2 耐空証明

同機は、有効な耐空証明を有しており、所定の整備及び点検が行われていた。

3.1.3 航空保安施設

航空保安無線施設及び航空灯火は、正常に機能していた。

3.1.4 最終進入から事故発生後の回復操作までの間の操縦操作

D F D R等の記録、C V R記録、運航乗務員の口述及び管制交信記録等によれば、最終進入から事故発生後の回復操作までの間の操縦操作は、次のとおりであった。

(1) 速度設定とオートパイロット等について

最終進入速度は「SELECTED SPEED」モードで、143ktであったと推定される。

本事故時においては、対地高度1,000ftから対地高度177ftに至るまでのC A Sの平均値は、この最終進入速度の設定値の平均値にほぼ等しい145.0ktであったことから、P Fである副操縦士は設定した進入形態及び最終進入速度に従って進入を行ったものと推定される。

また、同機のオートパイロット、オートスラストは、対地高度約500ftまでにP Fにより解除され、それ以降は手動による操縦で進入が継続されていたと推定される。

(2) 対地高度177ftからウインドシャー警報作動直前まで

本事故発生前の13時02分47秒ごろ、同機が対地高度177ft付近を通過中、P Fである副操縦士はC A Sが145kt付近から約134ktに急減したのを確認し、またP N Fである機長が5kt以上の減速であることを確認して「エアスピード」とコールしたものと推定される。これにより、P Fである副操縦士は、速度を増加させるためエンジン推力を増加させたものと推定される。

同02分50秒ごろ、同機が対地高度155ft付近を通過中、P Fであ

る副操縦士は、CASが「SELECTED SPEED」モードでの設定目標値である143ktを超える約145ktになり、更に増加傾向にあると判断したことから、143ktを正確に保持するために、推力を減ずる側にスラスト・レバーの操作を開始したものと推定される。

同02分51秒ごろに、同機が対地高度149ft付近を通過中、PFである副操縦士はCASが150ktになったことから、スラスト・レバーを更に機速を減ずる側に操作したものと推定される。しかし、このとき、燃料流量はエンジンの追隨の遅れから約2秒前のスラスト・レバー位置に対応した流量である約5,000lb/hになり、この後、次第に燃料流量は減少していったものと推定される。

同02分52秒ごろ、スラスト・レバーを推力を減じる位置にしたにもかかわらず、同機が対地高度141ft付近を通過中、CASは約153ktとなったものと推定される。PFである副操縦士は、推力を減じる操作を行ったのに速度が増加していたので、速度を設定した143ktとするために、スラスト・レバーを推力を減じる位置のままにしていたものと考えられる。

同02分53秒ごろ、同機が対地高度136ft付近を通過中、CASは149ktとなり、設定した最終進入速度の143ktに近づいてきたものと推定される。

同02分54秒ごろ、同機が対地高度126ft付近を通過中、CASは141ktとなり、設定していた最終進入速度143ktよりも少なくなったものと推定される。

同02分55秒ごろに、同機が対地高度114ft付近を通過中、PFである副操縦士はCASが137ktになり、設定していた最終進入速度143ktよりも少ないCASの状態が続いたことから、スラスト・レバーをわずかに機速を増加させる側に操作し始めたものと推定される。しかし、燃料流量はエンジンの追隨の遅れから減少が続いていたものと推定される。

同02分56秒ごろ、同機が対地高度99ft付近を通過中、CASが約141ktにわずかに増加した。同機の降下率は、昇降計指示値の時間遅れを考慮すれば、このころから急激に大きくなり始めたものと推定される。

同02分57秒ごろ、同機が対地高度68ft付近を通過中、CASが約122ktまで急減し、PNFである機長がPFである副操縦士に対し注意を喚起するため「エアスピード」とコールしたものと推定される。PFである副操縦士は、更にスラスト・レバーを目安の位置まで機速を増加させる側に操作したものの、燃料流量は、このときに最小値となったものと推定される。

(3) ウインドシャー警報作動から滑走路に接触する直前まで

同02分58秒ごろ、同機が対地高度53ft付近を通過中、反応型ウインドシャー警報の合成音が発せられた。PFである副操縦士は、このときに「ゴーアラウンド」とコールし、この直後から、同03分00秒ごろにかけて、AOMに記載されているウインドシャーからの回復操作手順に従い、スラスト・レバーを離陸最大推力位置に操作したものと推定される。また、同02分58秒～同59秒の間、同機の降下率は、EGPWSが作動する条件の飛行状態となっていたが、EGPWS警報作動の記録は「NOT」となっていた。このことは、反応型ウインドシャー警報の合成音が発せられたため、各警報装置の優先順位から、EGPWSの警報の作動が抑制されていた可能性が考えられる。

同02分59秒ごろに、対地高度22ft付近を通過中、記録されていた風速は14ktとなり、CASは7秒間に約36kt減少し、本事故発生前における最小値である約117ktとなり失速速度に近づいた。このとき、同機の降下率は約1,220ft/minと記録されていた。PFである副操縦士のサイドスティックは、同02分59秒から同03分00秒にかけて、機首上げ側に大きく引かれている。

また、DFDRには、PNFである機長も、PFである副操縦士の操作と同時に、サイドスティックを機首を上げる側に操作したことが記録されていた。このことについては、同機が地面に急速に接近している状況で、かつウインドシャー警報が作動したため、PNFである機長は、PFである副操縦士に対し操縦をテイクオーバーする意思の伝達を行う時間的な余裕がなくなり、テイクオーバー・プッシュボタンを押さないまま、PNFである機長もウインドシャーからの回復操作のための機首上げの操作を行ったものと考えられる。この機首上げ操作による機体のピッチ姿勢が15.5°となったのは、同03分04秒ごろであった。

また、この機首上げ操作時には、同機に装備されている、2.12.4.1(2)に記載した、スラスト・レバーを操作しなくても、ピッチ角を大きくする操作だけで、自動的に離陸最大推力となる FLOOR PROTECTION機能は、ウインドシャー警報の作動に伴う運航乗務員の対応開始が対地高度100ftより低かったため、作動が抑制されていたものと考えられる。

同03分00秒ごろ、同機の降下率は、依然として、約1,220ft/minであった。

(4) 滑走路接触から上昇まで

同03分01秒ごろ、同機の対地高度はマイナス4ft、機体のピッチ角

は11.2°となっていたときに、垂直加速度が1.9Gと記録され、CVRにも衝撃音が記録されていたことから、同機の胴体後部下面が滑走路に接触したものと推定される。対地高度がマイナス4ftと記録されているのは、主脚支柱の衝撃吸収装置が接地時の衝撃力により圧縮されたことによるものと推定される。

このときから同03分02秒ごろにかけて、PNFである機長側のサイドスティックの入力信号は、機首上げから中立位置となっていた。このことに関しては、同機の機長が、回復操作により同機のピッチが高くなり、同機の飛行経路が滑走路エリアに到達できる状況となったと考え、サイドスティックから手を放したか、又は接地時の機首上げが過度であると同機の胴体後部下面を滑走路に接触させる可能性があることから、機首を下げる操作を行った後、サイドスティックから手を放した可能性が考えられる。

同03分02秒ごろ、同機のそれぞれの車輪に装備されている接地状況に関するセンサーのうち、両主車輪のセンサーが接地を感知した記録が残されていた。また、機体のピッチ角も11.2°から、接地後10.9°までわずかに戻されている。このことは、胴体後部の下面が滑走路に接触したか、又は運航乗務員の操作によりそれ以上の機首上げを抑える操作が直前に行われていたことにより、ピッチ角がわずかに戻された可能性が考えられる。このころから、エンジン燃料流量は次第に最大に近い値となり、同機は上昇に転じたものと推定される。

しかし、このときから、同03分04秒ごろまでの2秒間、PFである副操縦士のサイドスティックは、機首下げ側に大きく操作されていた。この操作は、PFである副操縦士の口述によると、機首の上げ過ぎによる滑走路への接触を避けるための機首下げ操作であったものと推定される。一方、この副操縦士の操作と同時に、PNFである機長のサイドスティックの入力信号が、副操縦士の操作とは逆方向である、中立位置から機首上げ側へと操作されていた。このことに関しては、副操縦士のサイドスティックの操作量が機長の操作量よりも大きかったため、同機のピッチ角は、機首上げ約15°を超える角度まで上がっていたものが、同03分09秒ごろまでに約5°機首上げの状態にまで戻されていた。

同03分03秒ごろ、同機が対地高度14ft付近を上昇中に、CASは141ktに増加し、フラップ上げに関するPFの指示が行われた。

同03分04秒ごろ、2.12.3に記載したように、エンジン燃料流量の値は最大となったものと推定される。このときから、副操縦士のサイドスティックは再び機首上げ側に操作されたため、同機は同03分10秒ごろ以後

は、通常の機首上げ姿勢となり上昇を継続したものと推定される。

同03分20秒ごろ、同機の運航乗務員は、同機を上昇形態に移行させた後、函館タワーに対して、ウインドシャーにより着陸復行している旨を通報したものと推定される。

その後、副操縦士から機長へと操縦を交替したものと推定される。

(付図2、8 - 1、8 - 2 参照)

3.1.5 風の変化の予測

(1) 事故当日の気象状況

事故当日の気象状況は、東日本から北海道にかけては、2.7.1に記載したとおり、日本海にあった発達中の低気圧と北海道東方にあった発達中の高気圧とにより等圧線の間隔が狭くなり、気圧傾度が非常に高い状態になりつつあったと推定される。また、2.7.3(1)に記載したとおり、函館海洋気象台函館空港出張所は、09時00分に発表した飛行場予報で、函館空港では12時00分から18時00分にかけて、時々、風向が110°、風速が30kt、最大瞬間風速が50ktとなるとの予報を行っており、同空港においてはガストを伴う強風が継続することが予想される状況にあったと推定される。このことから、運航乗務員はガストがあることを予想しなければならぬ状況であったと考えられる。また、付図5の悪天予想図では、函館上空は低気圧の移動とともに、並の乱気流の悪天域に入ることも予想される気象状況であったものと推定される。

事故直前における地上での風の変化は、風向についての変化はあまりなかったものの、風速は、平均的には28kt程度の風で、最大では40kt程度、最小が20kt程度の風であった。このガストを伴う強風の状況は、付図7の記録のとおり、同空港では夕方まで継続していたものと推定される。

(2) 運航乗務員への気象情報の提供

函館空港の風の状態に関し、運航乗務員が飛行中に受けた情報は、次のとおりである。

12時00分発表のA T I Sによれば、平均風速は28ktとの通報で、ガスト情報は含まれていなかった。

同38分発表のA T I Sでは、平均風速29ktで、最大瞬間風速が42ktと通報されていた。

同56分14秒ごろ、函館タワーからの通報は平均風速28ktで、ガスト情報は含まれていなかった。

同59分46秒ごろ、函館タワーからの通報は平均風速28ktで、最大

瞬間風速34ktであった。

13時00分発表のATISでは、平均風速28ktで、ガスト情報は含まれていなかった。

以上の情報には、ガストが含まれている場合と含まれていない場合があるが、ガストは原則として10ktを超える場合に通報されることから、ガストの情報がない場合でも、それ以前の通報にはガスト情報が含まれていること及び風速が継続的に大きかったことから判断し、ある程度の風の変動があることは予想されたものと考えられる。

このことから、本事故においては、運航乗務員は、ウインドシャーに関する情報は得ていなかったものの、ガストを伴う強風に関する情報は事前に提供されており、風速の変動も大きいことを認識できたものと推定される。

なお、13時01分07秒ごろ、同機の運航乗務員が同社の社用無線からガストに関する情報を受けていたことについては、同機の運航乗務員の口述によれば、この時期は着陸直前であり、着陸操作に集中している時期で、この情報は明確に把握できていなかったと述べている。しかし、この時期は滑走路進入端まで約3nmの距離があり、着陸までには時間的に余裕はあると考えられることから、運航乗務員はこの情報に対しても、業務を分担する等により細心の注意を払うべきであったと考えられる。

(3) ウインドシャー警報装置の作動状況

2.12.5で述べたとおり、同機は反応型と予知型の2種類の検知機能を有するウインドシャー警報装置を搭載していた。

本事故時においては、反応型警報装置は警報音を発したが、予知型警報装置は警報音を発しなかった。

予知型の機能については、記録によれば、最終進入中のウインドシャー・スイッチは「AUTO」の位置にあり、警報が作動する状態となっていた。

ウインドシャー予知型機能に使用される気象レーダーは、パルス幅が1.5μsであるために、機体の進行方向に対してパルス幅の1/2に相当する約220m以下の大きさの気流の乱れは観測できない。高さ又は幅については、ビーム幅が約3°のペンシルビームであるために、機体から0.5nm(約930m)前方において、ビーム幅に相当する約170ft(約50m)以下の気流の乱れは、機器の解像度の限界のために、観測できない。事故時においては、予知型機能の機器が作動状態にあり、かつ、検知するための必要条件である降水があったにもかかわらず、この性能上の制限のためにウインドシャーを検知できなかった可能性が考えられるが、降水量が少なく降雨からの反射波が微弱なために検出できなかった可能性を含め、警報音

が作動しなかった原因を特定することはできなかった。

なお、反応型の機能については、2.12.2で述べたとおり、13時02分58秒ごろにウインドシャーを検出したことを示す「WINDSHEAR, WINDSHEAR, WINDSHEAR」の合成音がCVRに録音されていた。このときの風速は、14ktであった。これより前の30秒間における最大風速は47ktが記録されており、検出時の風速との差は33ktであった。この風速の変化により、ウインドシャーを検出したものと考えられる。

(4) ウインドシャーに関する情報の把握

ウインドシャーに関する情報は、進入中の先行機がウインドシャーを経験した場合や、雷雨があるなどの一定の条件を満たした場合に、その可能性が通報されることとなるが、事故当時、そのような情報は提供されていなかった。

また、函館空港には、ウインドシャーを探知できる地上レーダー施設はない。

さらに、同機に装備されている予知型の警報装置は正常に作動していたが、上記(3)で述べたとおり、警報音は作動しなかった。

これらのことから、運航乗務員はウインドシャーに遭遇することを事前に予想することができなかったものと推定されるが、事故直前は強風で風速の変動が大きかったことから、CASの変動幅及び風の変化量に対する、より一層の注意が必要であったと考えられる。

(付図3-1、3-2、5参照)

3.1.6 最終進入速度について

本事故における進入時には、PFである副操縦士は、手動によるスラスト・レバー操作により「SELECTED SPEED」モードにより進入を行っていたと推定されるが、このときの最終進入速度の設定については、次のように考えられる。

(1) 本事故において運航乗務員が設定した最終進入速度の値

本事故時の最終進入速度決定の経過については、2.12.2に記載したCVR記録によれば、同機の運航乗務員は、12時31分20秒ごろ、既に受領していた12時00分発表のATISに基づき、最終進入速度を $V_{LS} + 8kt$ である140ktとしたものと推定される。その後、同33分17秒ごろに、同機の運航乗務員は、ガストを考慮し、最終進入速度を142ktとしたものと推定される。

12時38分発表のATISを受領後の同50分50秒ごろ、同機の運航乗務員の間で、ガストがある旨の会話が行われていたが、最終進入速度の再設定に関しては言及されていない。

しかし、2.12.6.3に記載したように、事故直後の同機の運航乗務員の口述によれば、最終進入速度は143ktに設定したものと考えられる。

また、「SELECTED SPEED」モードで、進入の段階で速度を設定する場合に使用されるSPD/MACH WINDOWにセットされていた速度は、DFDRによれば143ktであった。

これらのことから、本事故において、運航乗務員は、進入の最終段階では、最終進入速度を143ktに設定していたものと推定される。

(2) 10kt未満のガストを考慮した場合の最終進入速度

全日空(株)のOMによれば、10kt未満のガストは最終進入速度には加算する必要はないとされている。また、AOMによれば、「SELECTED SPEED」モードでは、FMGCが V_{APP} までは算出するものの、ガストがある場合には、操縦者が V_{APP} にガスト成分を加算しなければならない。さらに、最終的にはPFが状況に応じて最終進入速度の決定を行うこととされている。2.12.6.2(2)によるOMの方式と異なり、ガストが10kt未満の場合も含めて計算してみると、事故当時の最終進入速度は次のようになる。

時刻等	平均風速	最大風速	V_{LS}	V_{APP}	最終進入速度(注7)
12時00分発表 ATIS	28kt		132kt	141kt	141kt
38分発表 ATIS	29kt	42kt	132kt	141kt	152kt
56分14秒ごろ 函館羽-	28kt		132kt	141kt	141kt
59分46秒ごろ 函館羽-	28kt	34kt	132kt	141kt	147kt(141kt)
13時00分発表 ATIS	28kt		132kt	141kt	141kt
01分07秒ごろ 社用無線	32kt	40kt	132kt	142kt	150kt(142kt)

注7:()内は10kt未満のガスト情報を考慮しない値

表中の風の状況のうち、13時01分07秒ごろの社用無線による通報については、運航乗務員は着陸操作に集中しており明確に把握していなかったと述べている。

表に示した最終進入速度の計算結果から、ガストを含まない情報に基づけば、最終進入速度は141ktが適切と考えられるが、一方、ガストを含む情報に基づけば、147ktから152kt程度の速度とする方が、より速度マージンを確保することが可能であったと考えられる。AOMによれば、最終進入速度は風の状況からの計算結果を基本に「PFが状況に応じて決定する」とされている。その場合には、それ以前に取得した情報による風の状況も含めて考慮した方が、風速変動がある場合の速度マージンを確保

する観点からは良好な判断となると考えられる。つまり、強風が継続する場合でも、ガストの値が10kt未満の場合には特に通報されない場合があることから、ガストを含まない情報であっても、10kt未満のガストが実際には存在することがあり得るため、それ以前の風の状況も考慮して最終進入速度を決定した方が速度マージンの確保の観点からは良好な操作となる。また、12時38分発表のATISによりAOMに従って最終進入速度を計算すると、152ktとなることから、その後の情報ではガストが弱くなるか又はガストが含まれない場合であっても、通常に比較して大きな風速の状態が継続するような場合は、それまでの風速変動で、値が大きかった場合の最終進入速度を維持して進入を行う方が、より速度マージンの確保の観点からは良好な操作であると考えられる。これらのことから、本事故において進入時に設定した143ktの最終進入速度は小さめであり、運航乗務員が入手していた風の情報から、最終進入速度は147～152ktとした方が、より速度マージンを確保できた操作であったと考えられる。

また、2.1.2.3(1)の航空管制官の口述や本事故発生時の実際の風の状況からも、最終進入速度は147～152kt程度がより適切であったと考えられる。

ただし、最終進入速度が大きくなると、接地時に機首上げの操作量が大きくなることや、着陸距離が延びる可能性があることから、その点についても考慮が必要である。

(3) 副操縦士が用いた最終進入速度の計算方法

最終進入速度の決定において、PFである副操縦士は、AOMに基づく最終進入速度の計算を簡便に行うため、次のような計算方法により最終進入速度を決定したと推定される。

$$\text{最終進入速度} = V_{LS} + V$$

Vは、最大でも12～13kt程度であった。

そして、PFである副操縦士は、進入中に、ガストを考慮して、Vの範囲のうちの最大値であると考えている12ktのつもりで、11ktを採用して、次のような計算で143ktを決定したものと推定される。

$$\text{最終進入速度} = V_{LS} + 11\text{kt} = 132\text{kt} + 11\text{kt} = 143\text{kt}$$

PFである副操縦士が用いた計算方法では、風が強クガストのある状況では、最終進入速度は、2.12.6.1で述べたAOMに従った計算式により算出する場合に比べ小さい値となる。これは、AOMに従った計算式では、向い風の成分と風速の変動分を区別して V_{LS} に加算しているのに対し、これらの影響を一括して加算したことによるものと考えられる。最終進入速度

の算出に当たっては、AOMに定められた計算式を用いて計算を行う必要がある。なお、副操縦士がガストを考慮した最終進入速度の追加分の最大値であるプラス12ktのつもりでプラス11ktを採用していたことについては、FACとFMGCのそれぞれのコンピューターが算出する V_{LS} の値の違いによるものか、副操縦士の記憶違いによるものかは、明らかにすることはできなかった。

(4) 最終進入中に風速変動に係る最新情報を得た場合の運航乗務員の対応

運航乗務員が最も重要視すると考えられる、着陸前の函館タワーからの情報には、ガストに関する情報が含まれていた。この12時59分46秒ごろの風に対しては、10kt未満のガストを考慮した場合の最終進入速度147ktに比較すると、最終進入速度143ktでは小さい最終進入速度となり、風に対する速度マージンを確保する点からは、不足することを予想しなければならなかったものと考えられる。

一般的に、風速が大きく、かつ変動し、その値が刻々と大きく変わるような場合、最も風速の変動が大きい風に遭遇しても対応ができるような最終進入速度とすべきであると考えられる。したがって、12時59分46秒ごろの風の情報のように、管制機関等から着陸時に運航乗務員が予想していた風速よりも大きいガストを伴う風の状況が通報された場合、それまでにセットしたSPD/MACH WINDOWのデータを変更するか、着陸が近い状態でSPD/MACH WINDOWのデータ変更をする余裕がない場合は、変化した風に対応するため、推力を増しCASを増加することにより進入すべきであると考えられる。それでも対応できないような風速の変動に遭遇した場合は、躊躇することなく着陸復行すべきである。

これらのことについては、PFである副操縦士の口述によれば、CASが3ktくらいの範囲で増減していたため、少し多いかなと思う程度のパワーで安定させていたと述べていること、及び対地高度1,000ftから対地高度177ftまでのCASの平均値が145ktであったことから、設定した143ktよりやや大きい進入速度としていた可能性が考えられる。

(5) 本事故におけるウインドシャーからの回復を可能とするための最終進入速度の設定

最終進入速度の決定については、(2)で述べたように、AOMの規定では、状況に応じてPFが決定することとなっている。

運航乗務員の口述によれば、規定に従ってPFである副操縦士は、ある程度ガスト成分の強度を考慮して最終進入速度を決定していた。ガスト成分を完全に反映した最終進入速度の設定をすると、機速を大きくしなければな

らないが、2.12.4.1(3)や2.12.6.3に記載したとおり、機速が大き過ぎると機首が下がり、進入着陸を確実に実施する上で支障が生じる可能性がある。全日空（株）の資料によれば、本事故時の場合、最終進入速度が149kt以上で、ピッチ角はマイナス側になると考えられる。しかし、本事故時のように、風速が大きい場合には、風速が小さい場合に比較して、ガストにより風速が大きく急減する可能性が高いため、速度マージンを確保した最終進入速度としなければならないと考えられる。

このため、本事故においては、PFである副操縦士は、ガストを考慮することと機首が下がることの両者を両立させるつもりで、全日空（株）の同型式機運航乗務員の一部が経験的に使用していると考えられる $V_{LS} + V$ の計算方法を用いた上で、 V の最大値に近い+11ktにより算出を行い最終進入速度を143ktに設定したものと推定される。

この計算方法が、AOMに規定された方式とは相違しており、風が強くガストのある状況では、最終進入速度が小さい値となることについては、(3)で述べたとおりである。本事故時においては、前述の147ktから152kt程度に最終進入速度を設定した方が、速度のマージンを確保する点からは良好な操作であったと考えられることから、この143ktという値は、小さめであったと考えられる。

フライト・シミュレーターによる模擬飛行試験の結果から、最終進入速度をガスト分を考慮して、事故時よりも大きな速度に設定していれば、速度を増加させた分だけ速度マージンをより多く確保することとなり、更に速度調整のための推力の減少を事故時ほど大きく行わないで、ウインドシャー警報音作動まで向い風の急減時に減少したCASの値を144kt程度以上に維持できていれば、ウインドシャーから回復できた可能性が考えられる。

また、2.12.8.3に記載した、FCOMのウインドシャーが予想される場合の進入方法に関する記述にある回復時の操舵に対する機体反応がより良いと考えられるフラップ3での進入方式は、全日空（株）のAOMには規定されていない。

全日空（株）によれば、フラップ3での進入方式をAOMに規定していない理由は、次のとおりとされている。

進入時、機体が低高度になるとフラップが着陸態勢になっていないことを警報するEGPWSは、フラップ3を着陸形態と認識しないプログラムとなっている。そのため、フラップ3で着陸する場合には、安全性の向上を目的として装備された同警報装置の機能を一部不作為とする手順を必要とすることとなる。

3.1.7 ウインドシャーからの回復操作とエンジン推力

(1) ウインドシャー警報が作動する前の副操縦士による推力を減じる操作

本事故においては、同機のPFである副操縦士が、13時02分50秒ごろにCASが増加した直後から推力を減じ始め、それに伴い同02分52秒から同02分55秒ごろにかけてTLAは最小の値となったと推定される。その後、同02分56秒ごろからTLAはわずかに増加し始めたが、同02分57秒ごろに燃料流量は最小の約1,700 lb/hとなった状態で、同02分58秒ごろにウインドシャー警報が作動したものと推定される。

PFである副操縦士が、同02分50秒ごろにCASが増加した直後から推力を減じたことについては、次のことが考えられる。

ウインドシャーに遭遇する可能性について予期しておらず、引き続き風速の減少を十分に予想しなかったこと、また、2.12.8.2(2)で述べた、「Airspeedが突然増加しても・・・変更してはならない」のAOMの注意書きは、ウインドシャーに遭遇する可能性がある場合や遭遇時の対処方法として記載されており、ガストの場合の対処方法としての注意書きではなかったこと

機長昇格訓練中の副操縦士は、「SELECTED SPEED」モードでのCASの設定目標値を厳密に保持しようとしたこと

エンジン推力の追従の遅れと、風速の変動が重なるとCASの変化が、スラスト・レバー操作によるものか、風速の変化によるものかを、短時間に見極めることが困難なため、エンジン推力の適切な調整は難しくなり、推力を減少させる操作が行われていた可能性が考えられること

CASが大きな値のまま進入すれば、機体の姿勢はマイナスピッチとなり、「FLARE」モードの影響もあり、フレアの操舵量が通常よりも多く必要となって操縦が難しくなること、及び接地点が延びることを危惧したこと

(2) 回復操作におけるスラスト・レバー操作と推力の追従の遅れ

ウインドシャー警報が作動した直後に、運航乗務員は直ちに回復操作を開始し、スラスト・レバーを離陸最大推力の位置としたものの、既に対地高度が約53 ftとなっていた。13時03分00秒ごろには、CASは117 ktから128 ktに増速し、燃料流量も約5,500 lb/hとなったが、機体の降下は続き、同03分01秒ごろに、滑走路に胴体後部の下面を接触させたと推定される。この間の進入速度の最小値が117 ktであったこと及び2.12.9.2で述べたシミュレーター模擬飛行試験の結果では、水平飛行状態を維持するだけでも約5,000 lb/hの燃料流量が必要であったことを考慮

すると、本事故時においては、慣性の大きい沈下している機体を急激に上昇に反転させるには離陸最大推力に近いエンジン推力が必要であったものと考えられる。しかし、同機のエンジン推力が離陸最大出力となったのは、同03分04秒ごろであったものと推定される。

また、2.12.9.1のエンジン推力の追従性に関するシミュレーター模擬飛行試験結果から、スラスト・レバー操作に対応したエンジン推力の追従には、数秒程度の時間差があったものと推定される。

(3) 本事故のようなウインドシャーからの回復を可能とするためのスラスト・レバー操作

2.12.9.4に記載したフライト・シミュレーターによる模擬飛行試験の結果によれば、PFである副操縦士が、風速の急増に伴うCAS増加に対して、CASを設定した値に保持するための推力を減じる操作を行わないか、増加したCASをウインドシャー警報作動まで144kt以上に保持できる程度の推力の減少で抑えていれば、この場合のウインドシャーからは回復することができた可能性が考えられる。

これらのことから、運航乗務員はウインドシャーに遭遇する可能性について認識がなかったが、ガストを伴う強風の下での進入時には、CASが増加した場合に推力を減少させると、その直後に向い風が減少してCASが減少し揚力の減少に伴う降下率増加を生じた場合に、スラスト・レバーを直ちに操作して推力を増加させても、それに追従して実際に推力が増加するまでには数秒程度の時間遅れがあるため、間に合わず、機体が降下することがあることに注意する必要があったと考えられる。

3.1.8 運航乗務員間の連携

同機には、機長と機長昇格訓練中の副操縦士の2名の運航乗務員が乗務しており、機長は左操縦席でPNF業務を、副操縦士は右操縦席でPF業務を実施していた。本事故に関連した運航乗務員間の連携については、次のように考えられる。

(1) 最終進入速度の決定

3.1.6で述べたように、PFである副操縦士は、最終進入速度の計算を、AOMに規定された方式とは異なる全日空(株)の同型式機運航乗務員の一部が経験的に使用していると考えられる簡便な計算方法を用いて行い、その結果、ガストを考慮した上で、最終進入速度を143ktとしていた。

PNFである機長は、事故直後の口述によれば、最終進入速度を大きくし過ぎるとノーズから接地する傾向があるため、コンピューターは V_{APP} を $V_{LS} + 8kt$ の140ktを指示していたが、ガストを考慮して更に3ktを加え、

最終的に+11ktである143ktを選択したと述べている。また、3.1.6(4)に記載したSPD/MACH WINDOWの記録から、最終進入速度は143ktとしたものと推定される。

しかし、CVRの記録によれば、PNFである機長及びPFである副操縦士の間においては、12時33分17秒ごろに最終進入速度をプラス10ktとする旨の会話を行った後には、最終進入速度変更について、明瞭な会話による確認は行われていなかったと考えられる。しかし、事故時は強風で風速の変動が大きい気象状況であったことを考慮すると、進入着陸時における飛行の安全確保への影響が大きい最終進入速度の決定については、運航乗務員間で相互の意思の確認が明確に行われることが望ましいと考えられる。

(2) 着陸復行の可能性

同機が最終進入中に函館タワーからガストを伴う強風の通報があった後の、13時00分03秒ごろに、PFである副操縦士からPNFである機長に対し着陸復行の際の手順について確認が行われていた。このことについては、運航乗務員が、当時の風の情報等から着陸復行の可能性があると考え、最終進入中にブリーフィングを行ったものと考えられる。

(3) サイドスティックの同時操作

ウインドシャーからの回復操作から上昇に至る間において、PFである副操縦士と、PNFである機長のサイドスティックが同時に操作され、一時的には互いに逆方向への操縦操作も行われていた。このことは、A321型機のサイドスティックが小さく、左席の左側と、右席の右側に離れて配置されているため、PNFである機長はPFである副操縦士の操作を把握しにくかったこと、及びPFである副操縦士に対し操縦をテイクオーバーするという意思の伝達のための時間の余裕がないと感じたことによるものと考えられる。本事故においては、サイドスティックの同時操作が、事故の発生に直接影響したとは考えられないものの、操縦の交替は、PNFである機長が、テイクオーバー・プッシュボタンを押して、「I have」、「You have」のコールにより、明確に行うべきであったと考えられる。

(別添参照)

3.1.9 進入着陸に関するAOMの規定と教育訓練

3.1.9.1 最終進入速度の決定

本事故において、PFである副操縦士は、最終進入速度の計算を、AOMに規定された方式とは異なる簡便な計算方法により行っていた。副操縦士がそのような計算方法を用いた理由として、簡便な計算方法がそれまでも経験に基づいて使用され

ていたことのほかに、CASが大きな値のまま進入すれば、機体の姿勢はマイナスピッチとなり、フレアーの操舵量が通常よりも多く必要となって、操縦が難しくなることを危惧したことによる可能性が考えられる。このような危惧が解消されない限り、風が強風速の変動が大きい状況での実際の進入着陸において、AOMに従った最終進入速度の決定が行われず、その結果、低めの値が設定されることとなる。

運航者は、実際の運航における運航乗務員の操縦操作について把握し、運航乗務員の疑問や危惧への対応について検討し必要に応じ留意事項を周知させた上で、規定の遵守についての教育訓練を徹底すべきであると考えられる。

3.1.9.2 強風で風速の変動が大きい状況における推力操作

本事故においては、PFである副操縦士が、同02分50秒ごろにCASが増加した直後に推力を減ずる操作を行ったが、2.12.9.2(2)で述べたように、AOMによれば、ウインドシャーに遭遇する可能性がある場合の対処方法として、「Airspeedが突然増加しても、その後減少する可能性があるので、Thrustを大きく減少させ・・・てはならない」との注意事項が「NOTE」として記載されており、PFである副操縦士が、風が強風速の変動が大きい状況においても、このことが適用される事項であると考え、そのことに留意していれば、推力を減ずる操作量が本事故時における場合よりも少なくなっていたと考えられる。

同種事故の再発防止の観点からは、AOMのこの記載内容は重要であり、特に強調される必要があると考えられる。また、この内容は、ウインドシャーに遭遇する可能性がある場合や遭遇したときの対処方法として述べられているが、ウインドシャーの存在については事前に予測することが難しい場合があることから、風が強風速の変動が大きい気象状況において進入着陸を行う場合に、常に留意すべき操作方法として周知することが適当と考えられ、運航乗務員に対する教育訓練において、この注意事項について徹底を図る必要がある。

3.1.9.3 進入着陸時におけるモードの選択

(1) 「SELECTED SPEED」モードでの進入着陸の問題点

2.12.6.1で述べたように、最終進入速度の設定において、最終進入速度の最大値は $V_{REF} + 20 \text{ kt}$ とされており、本事故の場合には、この最大値は、 $132 + 20 = 152 \text{ kt}$ となる。しかし、実際にこのような速い速度で運航すると常に機首が下がり過ぎ、「FLARE」モードの影響もあり、ピッチ角がプラスの場合に比較して、フレアーに必要な操舵量が多くなり、着陸時の操作が難しくなる可能性がある。

このように、「SELECTED SPEED」モードによる手動操縦で、風速が大きく

変動の激しい強風時に、安定した進入着陸を確実に実施することには、限界があると推定される。

このことに関しては、2.12.8.3のエアバス社のFCOMに記載されているように、風速が大きく、かつ風速変動が激しい気象状態では、滑走路長、路面の状態や機体重量等を考慮して、着陸するための条件が満たされる場合で、フル・フラップよりも対応可能性が広がると考えられるフラップ3での進入着陸を行うことについても検討することが重要であると考えられる。

(2) エアバス社と全日空(株)の運航方式

エアバス社のFCOMでは、2.12.8.1(2)に記載したように、ILS進入においては「MANAGED SPEED」モードを推奨している。

一方、全日空(株)のAOMでは、手動によるスラスト・レバー操作により進入を行う場合は、最終進入は「SELECTED SPEED」モードで行うこととされており、「MANAGED SPEED」モードでの進入については設定されていない。また、オートスラストを使用する場合でも、AOMには「MANAGED SPEED」モードの表現はあるものの、このモードの使用に関する判断基準は示されていない。

同型式機導入時の「SELECTED SPEED」モードの詳細な採用経緯は不明であるが、同型式機の運航に関して、設計製造者であるエアバス社と運航者である全日空(株)の考え方に違いがあったものと考えられる。

全日空(株)では、それまで長年にわたり運用してきた航空機と新たに導入したエアバス社製の航空機との間に、運航方式に関して大きく異なる部分があり、エアバス社の機材を導入した際、運航乗務員の意見や運航経験を考慮し、「MANAGED SPEED」モードのAOMへの記載を全日空(株)が必要最小限と考えた事項に限定したのものと考えられる。

また、AOMには「MANAGED SPEED」モードを使用して進入を行う場合の判断基準が示されていないが、全日空(株)のAORには、「MANAGED SPEED」モードについて、強風時等における進入においては有効である旨が記載されており、このモードの特徴や運用に関する詳細な手順等が記載されている。しかし、このAORは運航規程を構成する規定ではないことから、運航乗務員は実際の運航においては、このモードによる進入着陸をほとんど行っていなかったものと考えられる。

FCOMとAOMの記載内容が相違することについては、運航者である全日空(株)は、設計製造者であるエアバス社が作成したFCOMにおける「MANAGED SPEED」モードの背景にある考え方を把握し、自社の運航に適用する場合の問題点等を整理した上で、自社のAOMに反映するかどうか

の十分な技術的検討を行うことが必要であったと考えられる。また、これらの技術的検討においては、必要に応じてフライト・シミュレーターを活用して航空機の飛行特性や運航乗務員の操縦操作への影響を確認することも有効であったと考えられる。その上で、飛行の安全に及ぼす影響が大きいと考えられる事項については、運航規程の一部を構成するAOMに記載することが適当であったと考えられる。

(3) 「SELECTED SPEED」モードの設定に関連する教育訓練

運航者が航空機的设计製造者が推奨するモードと異なるモードを使用しようとする場合は、上記(2)で述べたとおり、十分な技術的検討を行った上で、使用モードについて判断する必要がある。全日空(株)が、同型式機で「SELECTED SPEED」モードによる運航を続けていたことは、運航乗務員が全日空(株)の他機種へ移行する際に、同じモードを使うことで運航方式の考え方が同一であれば、教育訓練が円滑に行われると考えたことも一因と考えられる。運航に際して、本事故に関連した「SELECTED SPEED」モードの使用など、设计製造者が推奨する方式と異なる方式を設定する場合には、エンジンの追従性や進入速度とピッチ角の関係等、運航乗務員の操縦操作に影響を与える可能性のある事項について十分に検討する必要がある。本事故に関連しては、例えばガストがある場合に推力を大きく減少させないことや、進入速度が大きくなると機首が下がる傾向があること等、自社が設定する方式に関する留意事項の周知や教育訓練の徹底を検討すべきであったと考えられ、そのような周知や教育訓練が十分に行われていれば、本事故時においても適切な対応がなされていたものと考えられる。

(4) 「MANAGED SPEED」モードの有効性

同種事故の再発防止の観点からは、「MANAGED SPEED」モードにより進入着陸を行う場合には、「SELECTED SPEED」モードによる場合と比較し、次の点が改善されるものと考えられる。

最終進入速度の修正が、機上コンピューターにより自動的に行われる。

進入着陸時に、対地速度が一定となるように操縦が行われるため、CASが増加しても、推力が過度に減少することがない。

さらに、2.12.9.3で述べたとおり、「MANAGED SPEED」モードによる進入着陸時におけるウインドシャーからの回復操作について、本事故時と近似した状況を想定してフライト・シミュレーターを用いて模擬飛行試験を行った結果、ウインドシャーからの回復は可能であり「MANAGED SPEED」モードが有効であることが確認された。

3.1.10 本事故におけるウインドシャーについて

運航乗務員の口述、DFDRの記録等の解析から、同機が最終進入中、滑走路進入端手前250m、対地高度100ft付近から急激な機体の降下が起こり、その約2秒後にウインドシャー警報が作動したものと推定される。

2.7に記載した気象に関する情報及び運航乗務員の口述によれば、事故当時、函館空港周辺の地表面付近にはウインドシャーの成因となり得る気象現象として、前線、マイクロバーストを発生させる可能性のある親雲、安定成層を造る温度逆転層が存在した可能性は認められず、これらによってウインドシャーが発生した可能性は低いものと考えられる。

付図9に示した事故時及びそれに引き続く2回の着陸進入の間に記録された進入経路に沿った函館空港地表面近くの風速測定記録より判断すると、本事故において機体を急激に降下させ、ウインドシャー警報を作動させた風の状況は、対地高度250～100ftの辺りに周辺に比べ10kt以上速い風速を持った空気塊が存在し、更に対地高度100ft以下においては、風速が高度の減少に伴い顕著に減少するウインドシャー状態であったと考えられ、このような風の状況は、地表面に沿って成長している接地境界層に、空港周辺の地形を越えてくる折からの強風及び風向の組合せが影響し合って生じた可能性が考えられる。なお、本事故時におけるウインドシャー状態については、DFDR記録によれば、ICAOサーキュラー186-AN/122「WIND SHEAR」に記載されている強度表の「SEVERE」に相当するものであったと考えられる。

(注8：一般に風は、地表との摩擦のため上空から地表に近づくに従い弱まるが、特に地表に近い高さで急激に弱まり、地表面では原理的に無風となる。この風速変化の激しい高度範囲を接地境界層と呼ぶ。)

(付図6、9及び写真1参照)

3.1.11 CA用座席の衝撃吸収性について

胴体後部の下面が滑走路に接触した際、加速度計は下向きの約1.9Gの垂直加速度を感知したが、乗客及び運航乗務員に負傷者は発生しなかった。

一方、CAは4名のうち3名が腰部捻挫等により軽傷を負った。CAのみが軽傷を負ったことについては、2.12.10で述べたとおり、CA用座席は、乗客用座席に比べ座面のクッションの厚さが1/3以下であって衝撃吸収性が低いこと、背もたれのリクライニングがほぼ垂直であること、肘掛けが取り付けられていないため腰部に衝撃が加わりやすかったこと等が関与したものと考えられる。

4 原因

本事故は、同機が最終進入中に対地高度100ft付近から激しいウインドシャーに遭遇し、回復操作を行ったものの、上昇力の回復が間に合わなかったため、同機の胴体後部の下面が滑走路に接触し、後部フレーム及び後部圧力隔壁を損傷したことによるものと推定される。

また、本事故については、以下のことが関与したものと考えられる。

- (1) 上昇力の回復が間に合わなかったことについては、ウインドシャーからの回復のためのスラスト・レバー操作に対するエンジン推力の追従に遅れがあること、及び進入中の速度が減少していたので、直ちに増速できなかったこと
- (2) 進入中に速度が減少していたことについては、PFである副操縦士が、向い風が増加したときに、エンジン推力を減じたこと、及び最終進入速度の設定時に小さめの値が選定されていたこと
- (3) 向い風が増加したときにエンジン推力を減じたことについては、手動操縦で「SELECTED SPEED」モードであったためCASを一定に保持しようとしたこと、及び向い風の増加に引き続く風速の減少を運航乗務員が十分に予想しなかったこと
- (4) 最終進入速度の設定時に小さめの値が選定されていたことについては、風速に対する考慮が適切でなかったこと、及び進入速度が大きい場合の機体の接地姿勢を懸念していたこと
- (5) 風速に対する考慮が適切でなかったことについては、最終進入速度の設定において、簡便な計算方法を用いて行い、風速の変動分と向い風の成分の影響を区別して加算しなかったこと
- (6) 進入速度が大きい場合の機体の接地姿勢を懸念していたことについては、同社のAOMではフル・フラップでの着陸のみを前提とし、機首が下がることに対する対策がなされていないこと、及びPFである副操縦士が機首が下がった状態での接地操作の難しさを考慮したこと

なお、低高度ウインドシャーの成因については、ガストを伴う強風下、接地境界層に対する地形の影響による可能性が考えられる。

5 所 見

5.1 ウインドシャーに関する運航乗務員の教育訓練等

- (1) 運航者にとっては、運航乗務員に対するウインドシャーに関する教育訓練の中で、ダウンバーストのみならず、接地境界層に対する地形の影響を含む他の成因によるウインドシャーについても注意喚起を図る必要がある。
- (2) ウインドシャーの存在については、事前に予測することが難しい場合があることから、風が強く風速の変動が大きい気象条件において進入着陸を行う場合には、ウインドシャーに遭遇する可能性があることに留意して、進入速度の設定やエンジン推力の操作において安全を優先した操縦操作を行うよう、運航乗務員に対する教育訓練を徹底すべきである。
- (3) 運航者は、運航乗務員が、本事故におけるような簡便な計算方法を用いるのではなく、規定に定められた方式に従って進入速度の設定を行うように、教育訓練を徹底すべきである。また、運航における運航乗務員の操縦操作について把握し、運航乗務員の疑問や危惧への対応についても検討し、必要に応じ留意事項等の周知を図るべきである。
- (4) 本事故時のような強風で風速の変動が大きい気象状況においては、進入着陸時における飛行の安全確保への影響が大きいと考えられる最終進入速度の決定については、運航乗務員間で相互の意思の確認が明確かつ積極的に行われることが望ましく、運航乗務員に対する教育訓練においても、この点について留意すべきものと考えられる。
- (5) 全日空(株)のAOMには、ウインドシャーに遭遇する可能性がある場合の対処方法として、「Airspeedが突然増加しても、その後減少する可能性があるので、Thrustを大きく減少させ・・・てはならない」との注意事項が記載されている。この注意事項は、同種事故の再発防止の観点から重要であり、強調される必要があると考えられる。また、これは、風が強く風速の変動が大きい気象状況において進入着陸を行う場合にも、常に留意すべき注意事項とすることが適当と考えられる。その上で、運航乗務員に対する教育訓練においてこの注意事項について徹底を図る必要がある。

5.2 運航者が航空機の設計製造者の推奨する方式と異なる運航方式を設定する場合の技術的検討について

- (1) 本事故に関連した、A321型機の進入速度の設定における「SELECTED SPEED」モードと「MANAGED SPEED」モードの取扱いのように、航空機の運航に際し、

設計製造者の推奨する方式とは異なる方式を設定する場合には、運航者は設計製造者が推奨する方式の背景にある考え方を把握するとともに、それぞれの方式について自社の運航における問題点等について十分な技術的な検討を行った上で、方式の設定について判断を行うことが必要であると考えられる。その場合、運航乗務員の操縦操作に対する影響を十分に検討し、必要に応じ情報の周知や教育訓練の徹底を検討すべきであると考えられる。

- (2) 特に、従来の機種から操縦操作の方法が大きく異なる機種に移行する際には、設計製造者が推奨する方式の背景にある考え方を把握した上で、運航乗務員に対し、実際の運航における操縦操作について十分な教育訓練を実施すべきであると考えられる。

5.3 客室乗務員の使用する座席の衝撃吸収性

本事故においては、機体尾部が接地したときの衝撃により、乗客及び運航乗務員には負傷者はなかったが、客室乗務員3名が軽傷を負った。このことについては、客室乗務員が用いる座席座面のクッションの厚さが、乗客用座席と比較し、1/3以下であること、背もたれのリクライニングがほぼ垂直であること、肘掛けが取り付けられていないこと等が関与したと考えられる。

客室乗務員は緊急時において乗客の避難誘導等に当たる保安要員であることから、機体が衝撃を受けた際に客室乗務員の負傷の可能性を低減させるための方策について検討を行う必要があると考えられる。

6 参考事項

6.1 「MANAGED SPEED」モード使用に関する海外調査

全日空(株)が平成14年6月2～8日にA320型及びその派生型を運航している数社を訪問し、同型式機の運航における進入速度設定での「MANAGED SPEED」モードの使用に関する聞き取り調査を行った。その概略は、次のとおりである。

- (1) 「MANAGED SPEED」モードの使用実績

各社とも導入当初から「MANAGED SPEED」モードを使用している。

- (2) 運航乗務員の抵抗感

導入当初は各社とも運航乗務員の抵抗があったが、理解が進むにつれて解消した。

機種移行でも同様に「MANAGED SPEED」モードとオートスラストに関連する

他機種との相違について抵抗があったが、理解が進むにつれて解消した。

(3) 「MANAGED SPEED」モードの使用について

各々の運航会社は、エアバス社が「MANAGED SPEED」モードを標準として推奨していると理解しており、2,000m以下の滑走路でも標準として使用している。

(4) オートスラストの使用について

各々の運航会社は、エアバス社がオートスラストを標準として推奨していると理解しているが、特に標準とはしていない航空会社もある。各社とも操縦技量維持のために、手動でのスラスト操作を認めている。

6.2 全日空（株）の運航方式に関する対策

全日空（株）では上記6.1の海外調査に基づき、再発防止策を検討し、段階的に飛行機運用規程を改正していくこととしている。

(1) 実運航への導入について

「MANAGED SPEED」モード及びオートスラストに関する理解を深めるため、フライト・シミュレーター訓練により経験を積み、実運航で使用する中で、その特性、考え方、及び判断基準について周知を図っていく。

(2) AOMの改正

着陸時のオートスラストの使用について

使用はPF判断とする。ただし、Windshearが予想される場合はこれを強く推奨する旨を記載する。

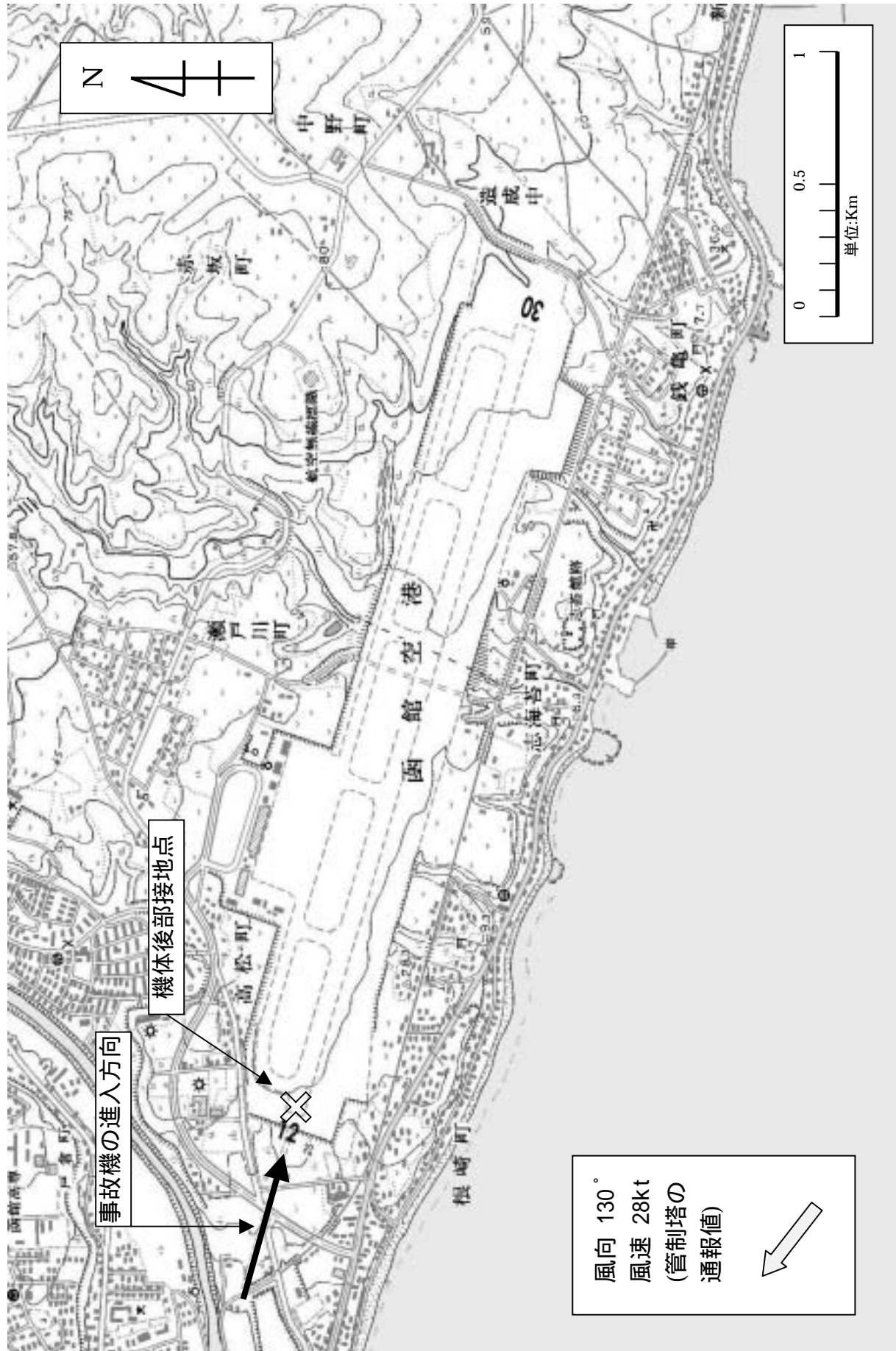
「MANAGED SPEED」モードの使用について

上記(1)で掲げた対策により周知が図られた後、Target Approach Speedの項に「Managed Speedモードを基本とし、必要に応じPFの判断によりSelected Speedモードを使用することができる」旨の記載を追加する。

6.3 全日空（株）の運航乗務員に対する函館空港の気象特性の周知

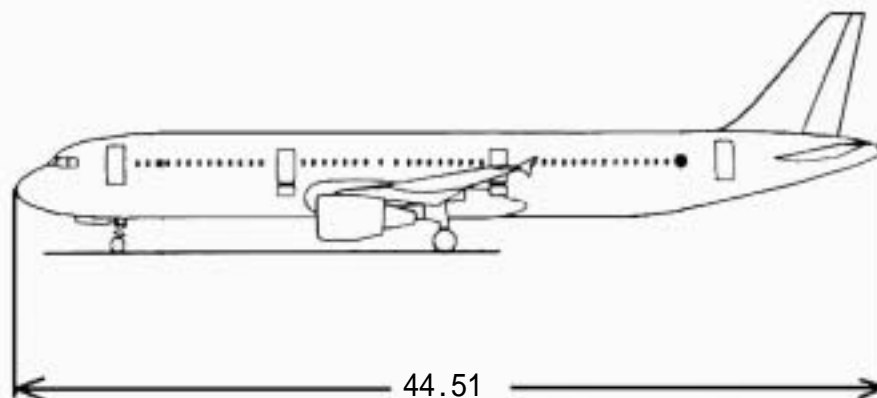
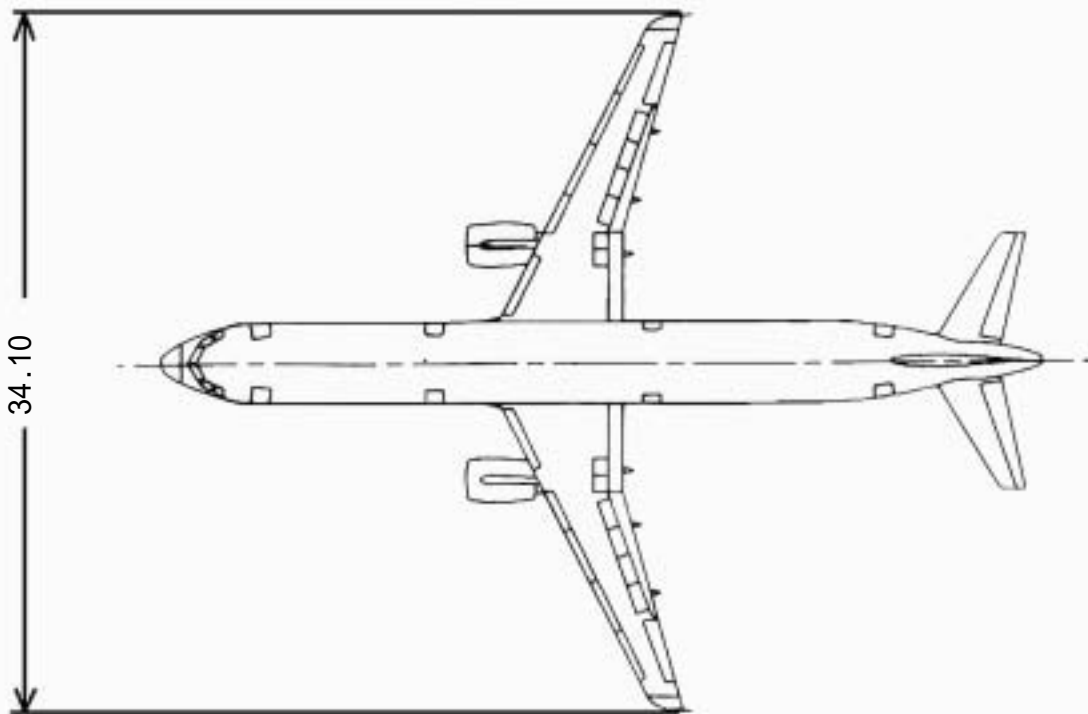
同社では本事故後、同社のWeather Handbookに函館空港の地形の影響による低層ウインドシャーの発生について記載し、運航乗務員に対し周知した。

付図1 事故現場周辺地図

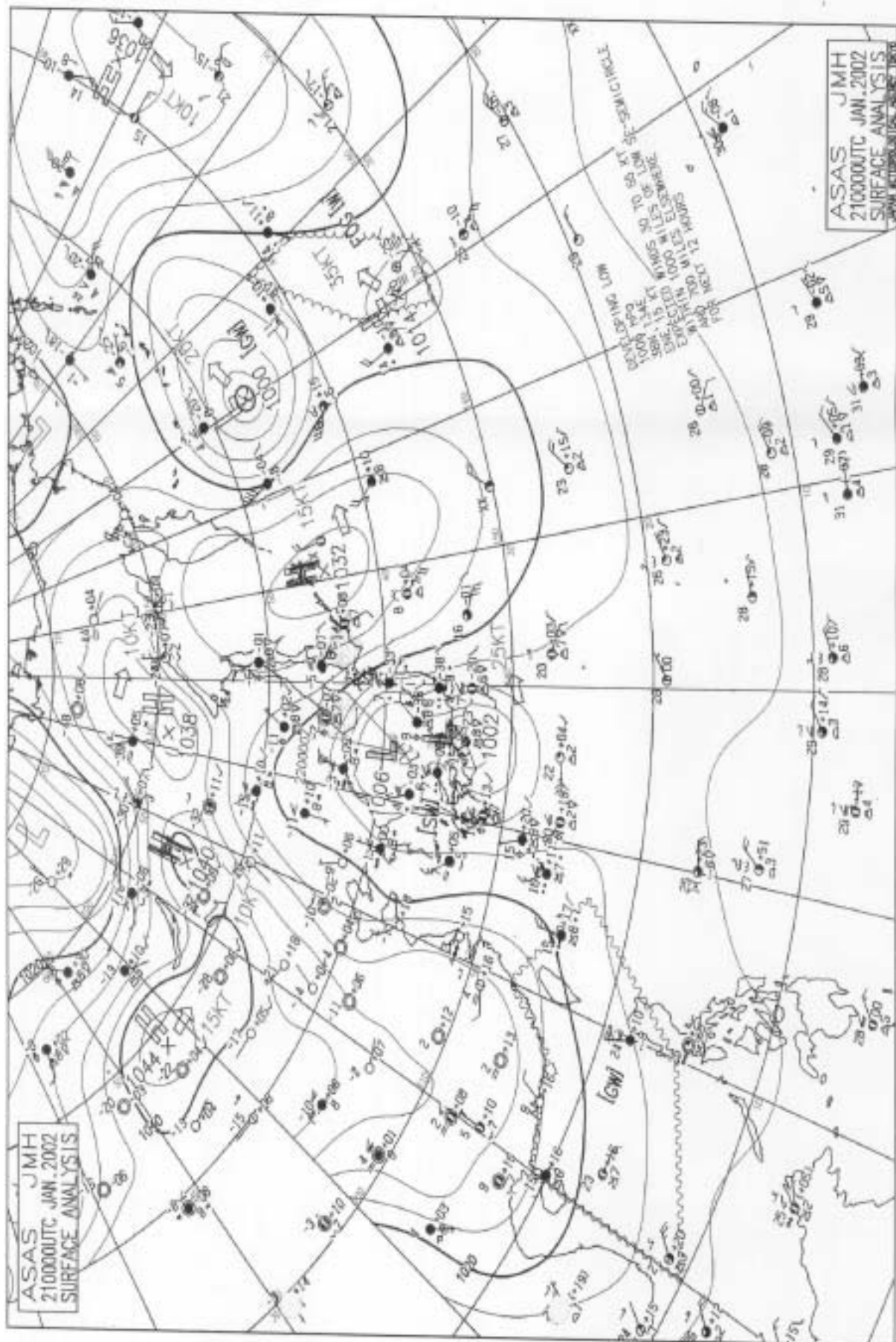


付図2 エアバス・インダストリー式A321-131型三面図

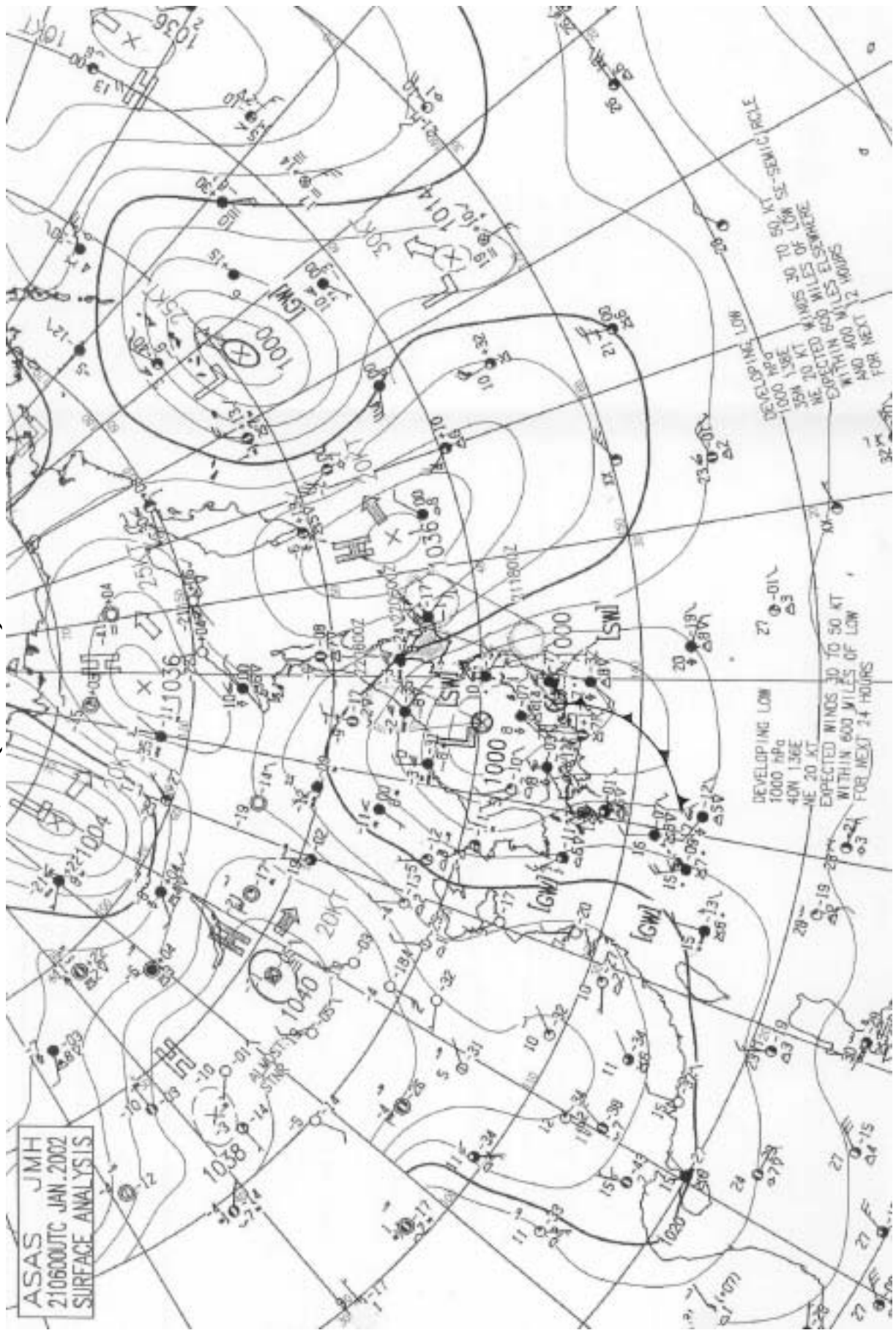
単位：m



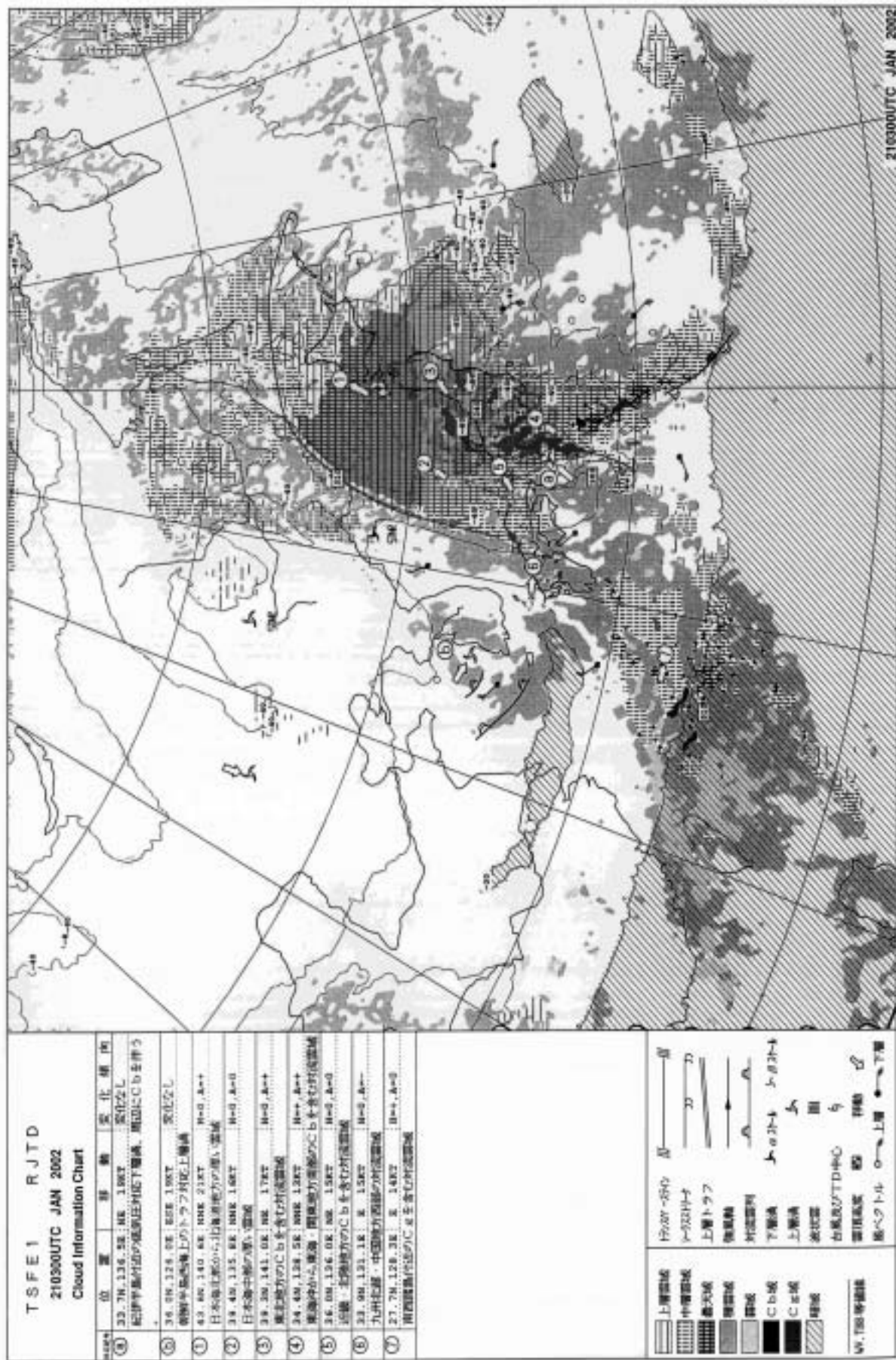
付図3 - 1 地上天気図(09時) 平成14年1月21日09時



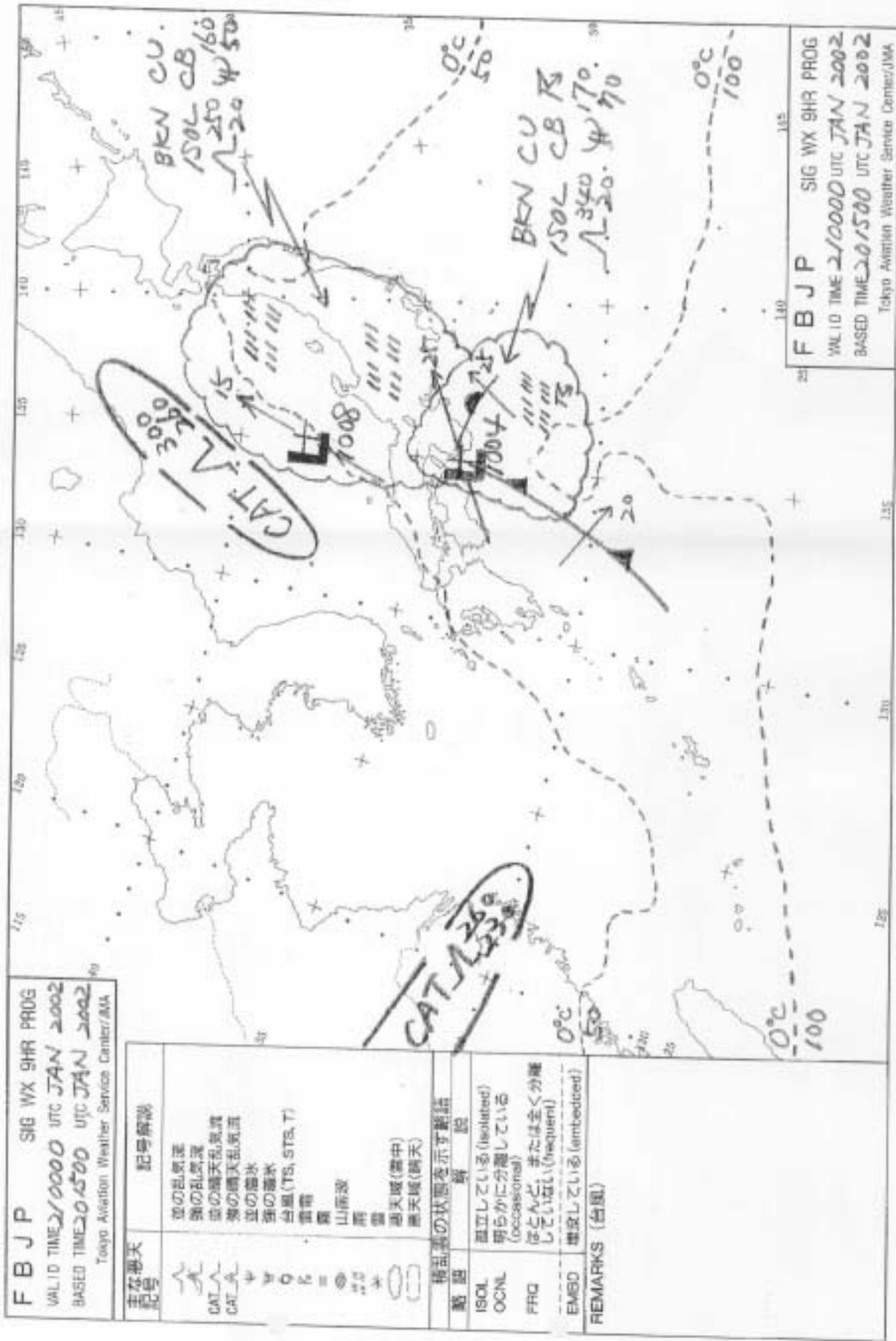
付図3 - 2 地上天気図(15時) 平成14年1月21日15時



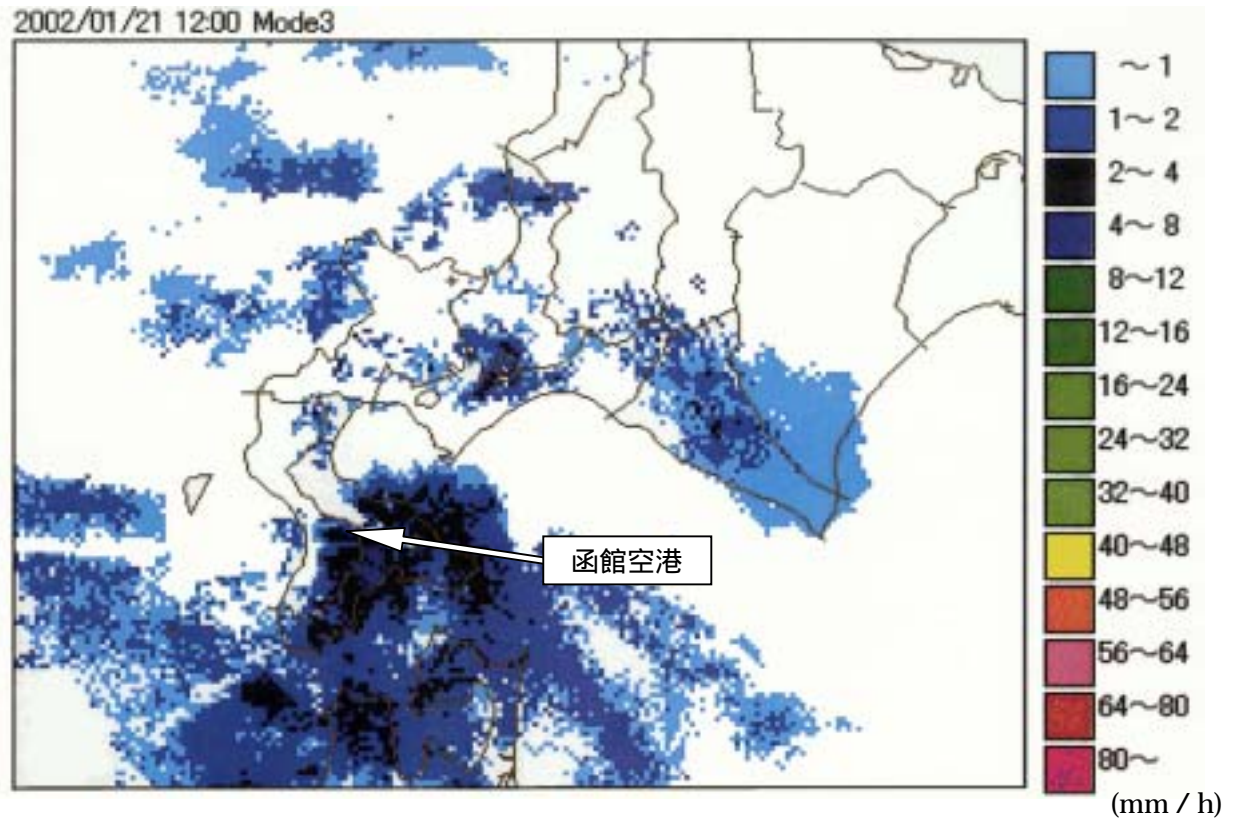
付図4 雲情報図 平成14年1月21日12時



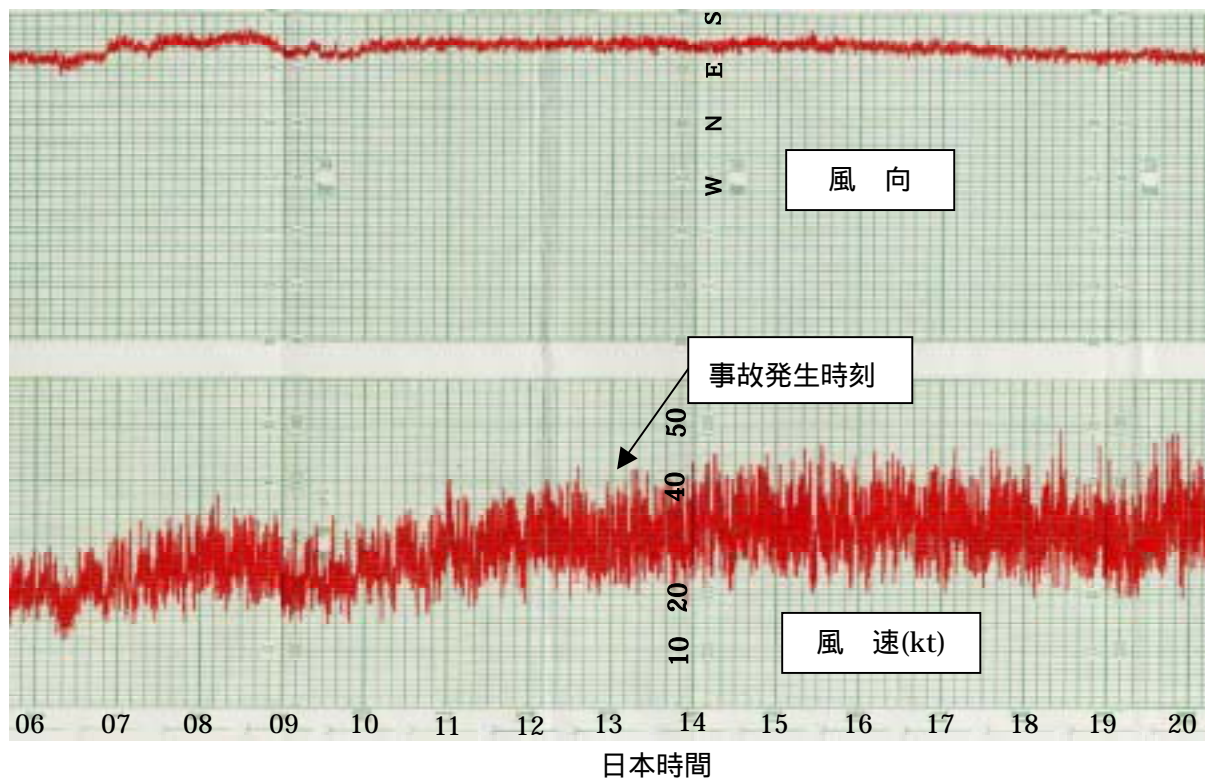
付図5 悪天予想図 平成14年1月21日15時



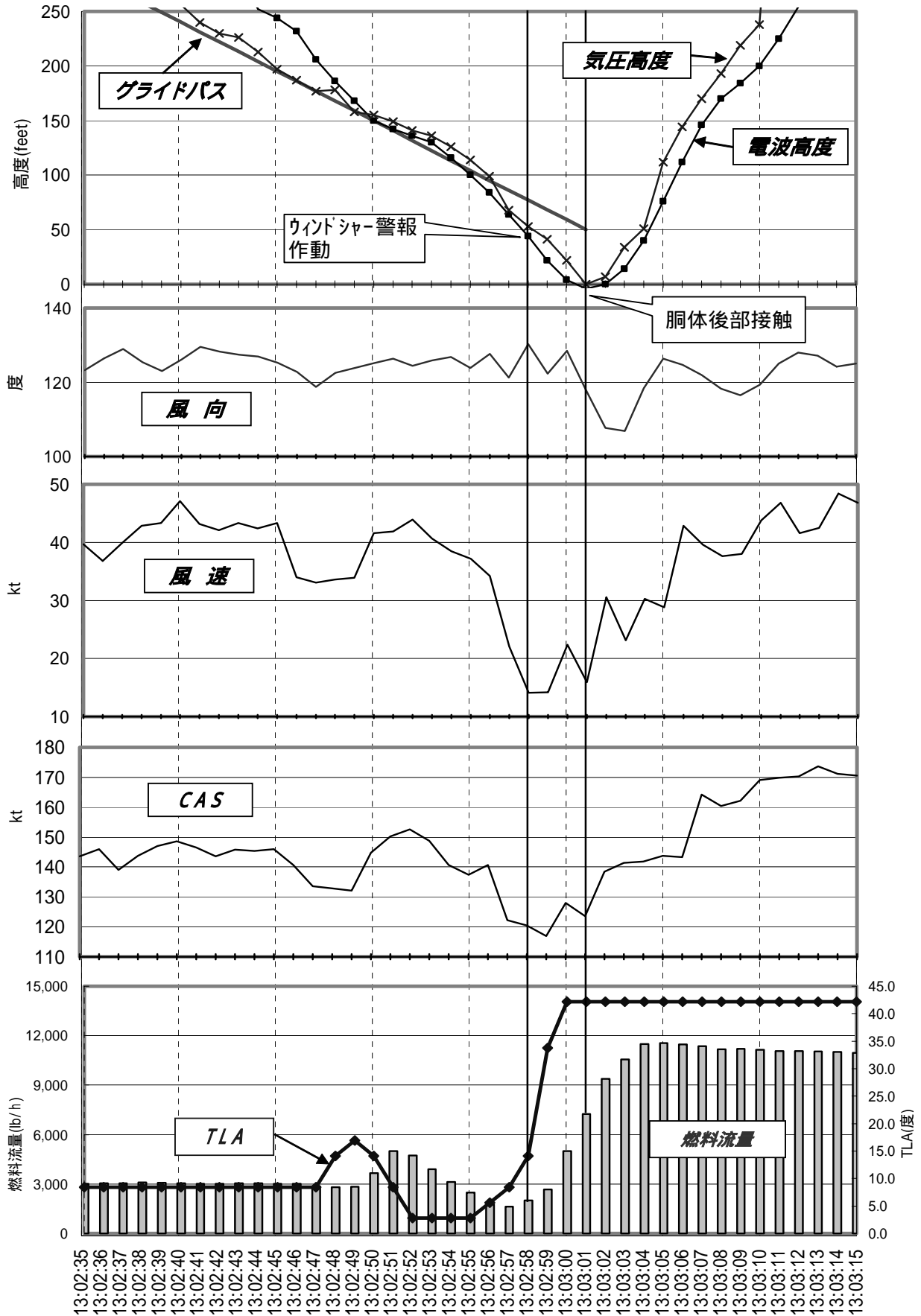
付図6 「西北海道」地方レーダー合成図
 (雨量値に換算した雲の状況)



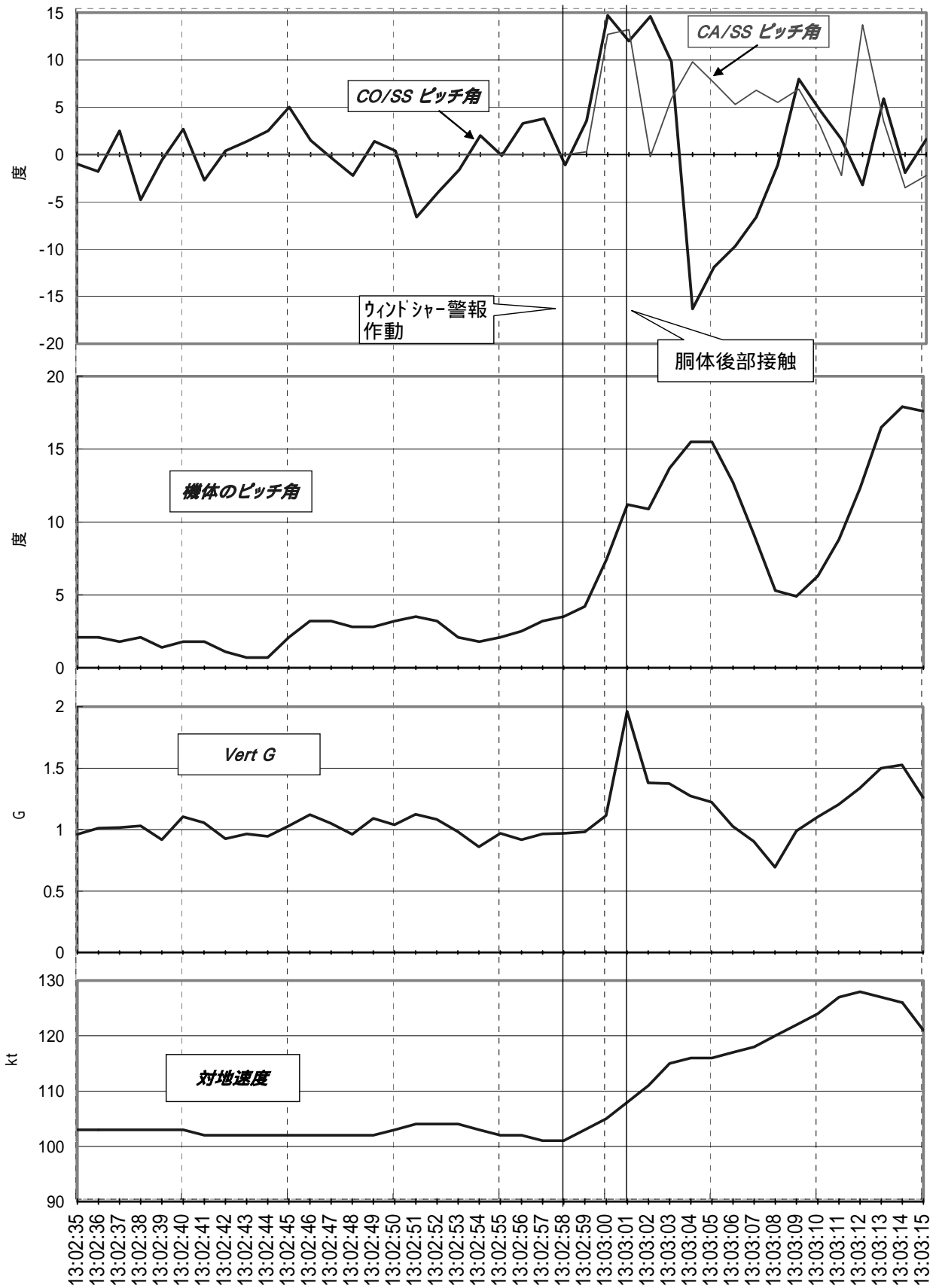
付図7 2分間風向風速計の記録 (滑走路1 2側)



付図 8 - 1 D F D R等の記録 1



付図 8 - 2 DFDR等の記録 2



付図9 最終進入中の高度と風速

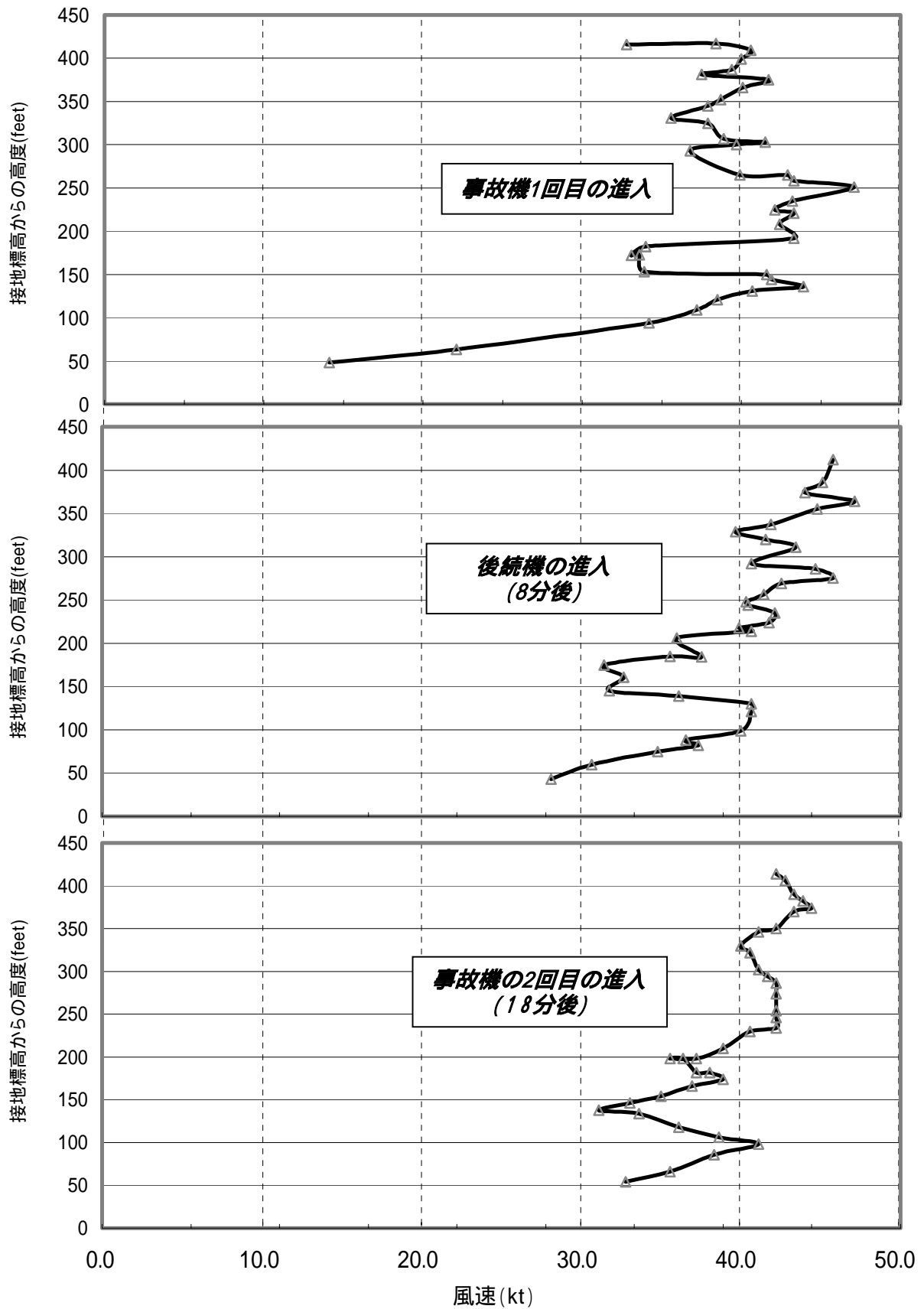


写真1 函館空港周辺の状況

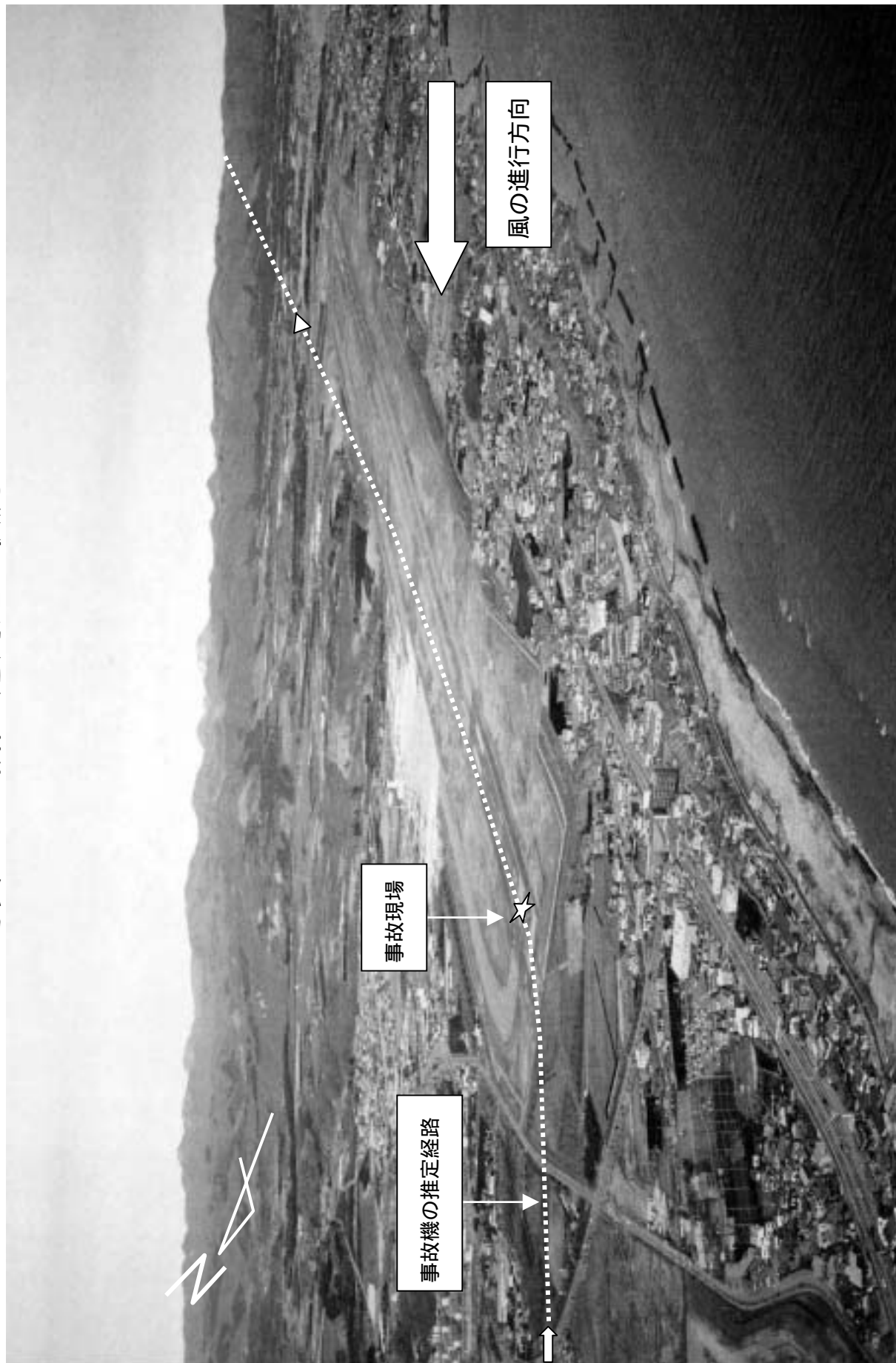


写真2 滑走路上の擦過痕



写真3 胴体後部下面の外板損傷

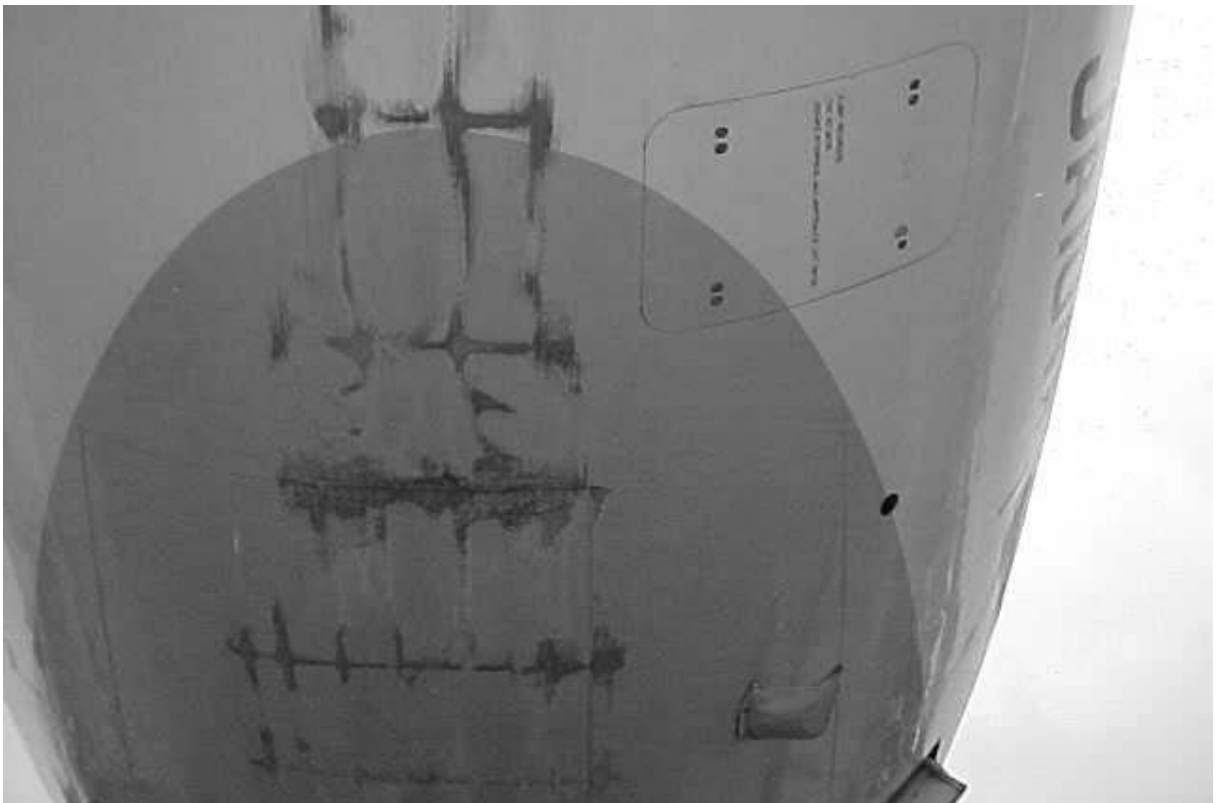


写真4 フレーム（#67）の損傷

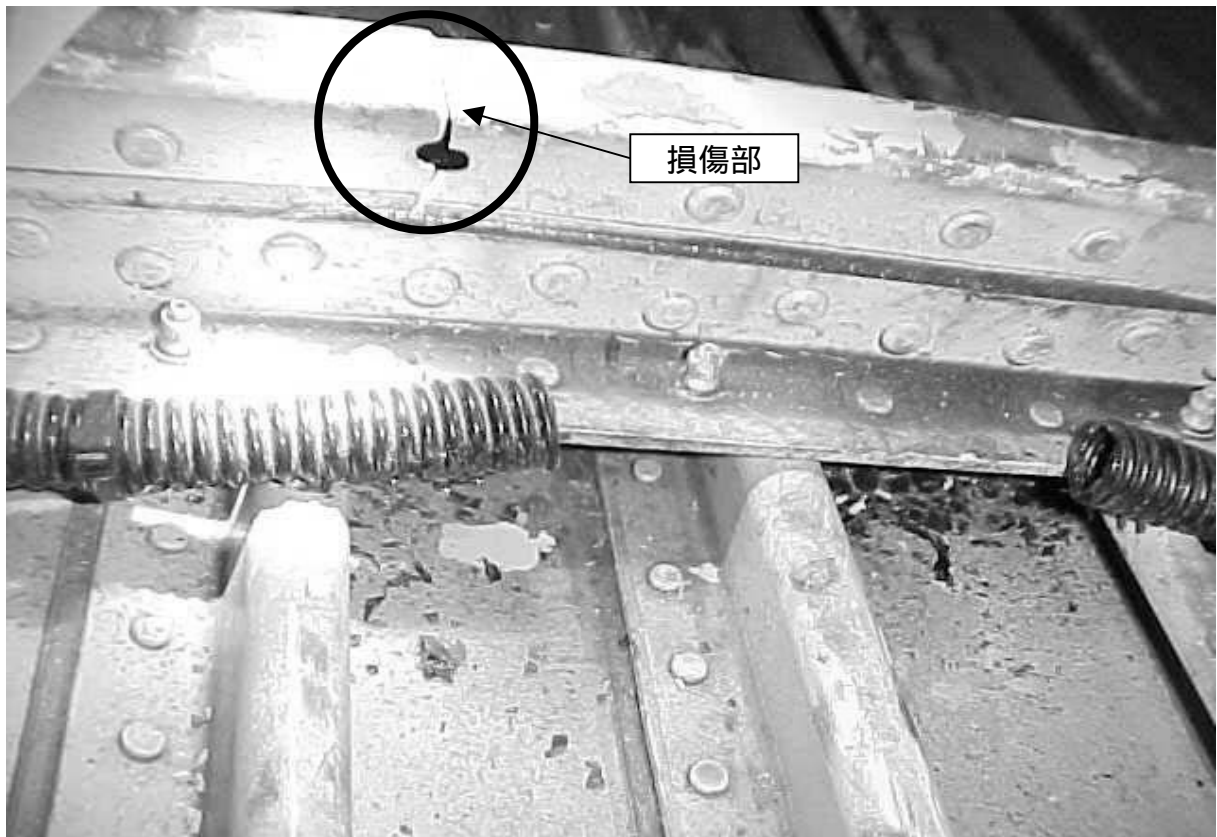


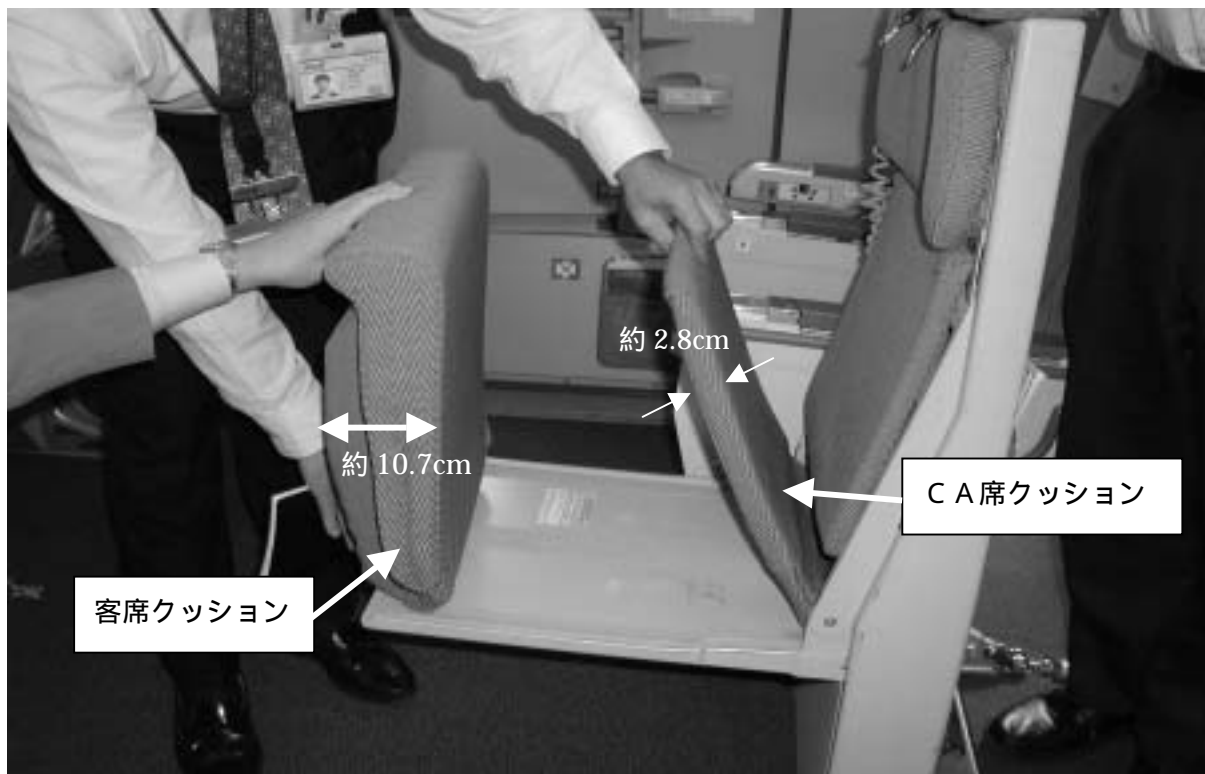
写真5 圧力隔壁の損傷



写真6 C A用後部座席



写真7 C A席と客席のクッションの比較



C V R の記録の解析

別添

同機のC V Rに記録されていた進入前後の操縦室内の主な会話の内容は、次のとおりであった。

- 12時31分20秒ごろ 運航乗務員の間で、M C D Uには、 V_{LS} 132 kt、プラス8 kt、 V_{APP} 140 ktが表示されている旨の会話が行われた。
- 同32分37秒ごろ 運航乗務員の間で、12時発表のA T I Sについて、風については、南東の風やや強く、横風成分は12 ~ 13 ktであり、レーダー誘導I L S滑走路12で進入する旨の会話が行われた。
- 同33分17秒ごろ 運航乗務員の間で、TARGET APPROACH SPEEDは、P F Dに表示された V_{LS} に対しプラス10 ktとする旨の会話が行われた。

その後、4,000 ftまでの降下及びレーダー誘導によりI L Sコースに誘導される交信等が記録されている。

- 同50分50秒ごろ 運航乗務員の間で、12時38分発表のA T I Sについて、高度計規正值は29.92 inHg、地上視程は4,500 m、ガストがある旨の会話が行われた。
- 同55分53秒ごろ 運航乗務員の間で、ローカライザーコースに会合し進入が継続された旨の会話が行われた。
- 同56分14秒ごろ 函館タワーから着陸許可と、風向が 130° 、風速が28 ktである旨の通報を受けた。
- 同58分22秒ごろ 着陸装置等が降ろされ、車輪が確実に降りていることが確認された。
- 同59分46秒ごろ 同機は、函館タワーに対して地上風の観測値を要求し、同タワーより風向が 130° 、風速が28 kt、最大瞬間風速が34 ktである旨の通報を受けた。
- 13時00分03秒ごろ 副操縦士から着陸復行の際の手順について機長に対し確認が行われていた。
- 同00分32秒ごろ P N F が進入灯を視認したことをコールアウトし、P F がこれに応答した。

- 同 0 0 分 4 3 秒ごろ 函館タワーより高度計規正值が 2 9 . 9 1 inHgである旨の通報があり、高度計規正值を修正した旨の会話が運航乗務員の間で行われた。
- 同 0 1 分 0 7 秒ごろ 社用無線により風向が 1 4 0°、風速が 3 2 kt、最大瞬間風速が 4 0 kt、横風成分が 1 1 ktである旨の通報があった。
- 同 0 1 分 2 3 秒ごろ P N F が、高度 1 , 0 0 0 ftを通過したことをコールアウトした。
- 同 0 1 分 4 0 秒ごろ オートスラストを手動モードに切り替えた旨の会話が運航乗務員の間で行われた。
- 同 0 2 分 1 1 秒ごろ オートパイロットをオフにする旨の会話が運航乗務員の間で行われ、同装置の警報音が記録された。
- 同 0 2 分 1 6 秒ごろ P N F が、高度 5 0 0 ftを通過したことをコールアウトした。
- 同 0 2 分 3 4 秒ごろ ミドルマーカを示す音が記録され始めた。
- 同 0 2 分 4 3 秒ごろ 決心高度を通過する旨の P N F のコールアウトがあり、P F が着陸を宣言した。
- 同 0 2 分 4 7 秒ごろ P N F は「エアスピード」とコールアウトした。
- 同 0 2 分 5 5 秒ごろ 対地高度 1 0 0 ft通過を示す合成音声記録された。
- 同 0 2 分 5 7 秒ごろ P N F は「エアスピード、エアスピード」とコールアウトした。
- 同 0 2 分 5 8 秒ごろ 「WINDSHEAR, WINDSHEAR, WINDSHEAR」の合成音声があり、ほぼ同時に P F は「ゴーアラウンド」のコールアウトをした。
- 同 0 3 分 0 1 秒ごろ 衝撃音が記録された。
- 同 0 3 分 0 3 秒ごろ フラップ上げ操作を開始する会話が運航乗務員の間で行われた。
- 同 0 3 分 0 8 秒ごろ 脚上げ操作を行う旨の会話が運航乗務員の間で行われた。
- 同 0 3 分 2 0 秒ごろ P N F によりタワーに対して、ウインドシャーにより着陸復行を行った旨の通報が行われ、これに対してタワーから進入復行方式により飛行を行うように指示があった。