

# 航空事故調査報告書

I 国土交通省中部地方整備局所属（中日本航空株式会社受託運航）  
ベル式412EP型（回転翼航空機） JA6817  
ハードランディング

II 四国航空株式会社所属  
ユーロコプター式AS350B3型（回転翼航空機） JA6522  
火災（荷物室からの出火）

平成25年 6 月 28 日

本報告書の調査は、本件航空事故に関し、運輸安全委員会設置法及び国際民間航空条約第13附属書に従い、運輸安全委員会により、航空事故及び事故に伴い発生した被害の原因を究明し、事故の防止及び被害の軽減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。

運輸安全委員会  
委員長 後藤 昇 弘

《参 考》

本報告書本文中に用いる分析の結果を表す用語の取扱いについて

本報告書の本文中「3 分 析」に用いる分析の結果を表す用語は、次のとおりとする。

- ① 断定できる場合  
・・・「認められる」
- ② 断定できないが、ほぼ間違いない場合  
・・・「推定される」
- ③ 可能性が高い場合  
・・・「考えられる」
- ④ 可能性がある場合  
・・・「可能性が考えられる」  
・・・「可能性があると考えられる」

I 国土交通省中部地方整備局所属（中日本航空株式会社受託運航）  
ベル式412EP型（回転翼航空機） JA6817  
ハードランディング

# 航空事故調査報告書

所 属 国土交通省中部地方整備局（中日本航空株式会社受託運航）  
型 式 ベル式412EP型（回転翼航空機）  
登録記号 JA6817  
事故種類 ハードランディング  
発生日時 平成24年6月29日 12時54分  
発生場所 静岡県<sup>はいばら</sup>榛原郡川根本町  
長島ダム上流場外離着陸場

平成25年6月7日  
運輸安全委員会（航空部会）議決  
委 員 長 後 藤 昇 弘（部会長）  
委 員 遠 藤 信 介  
委 員 石 川 敏 行  
委 員 田 村 貞 雄  
委 員 首 藤 由 紀  
委 員 田 中 敬 司

## 要 旨

### <概要>

国土交通省中部地方整備局所属（中日本航空株式会社受託運航）ベル式412EP型JA6817は、平成24年6月29日（金）12時54分、長島ダム上流場外離着陸場に着陸する際にハードランディングとなり、機長が重傷を、同乗者のうち1名が軽傷を負った。

同機には、機長のほか同乗者7名の計8名が搭乗していた。

同機は小破したが、火災は発生しなかった。

## <原因>

本事故は、同機が着陸した際にハードランディングとなったため、搭乗者が負傷したものと推定される。

ハードランディングとなったのは、同機が、大きな降下率の中、前進対気速度を減少させ続けたため、吹き下ろし流がメインローターの外周で上面に回り込む大きな渦となるボルテックス・リング・ステートの状態となり、コレクティブピッチレバーを引き上げてもそれに応じた揚力を発生させることができず、降下率を減少させることができなかつたためと考えられる。

同機が、大きな降下率の中、前進対気速度を減少させ続けたのは、背風の中、高角度で進入し、そのまま着陸しようとしたことによるものと考えられる。

報告書で用いた主な略語は、次のとおりである。

A F L	: Above Field Level
C V R	: Cockpit Voice Recorder
C P	: Collective Pitch Control
C S	: Cyclic Stick
D F D R	: Digital Flight Data Recorder
E G P W S	: Enhanced Ground Proximity Warning System
G P S	: Global Positioning System
M R	: Main Rotor
T Q	: Torque
V F R	: Visual Flight Rules
V R S	: Vortex Ring State

#### 単位換算表

1 lb	: 0. 4 5 3 6 kg
1 ft	: 0. 3 0 4 8 m
1 kt	: 1. 8 5 2 km/h (0. 5 1 4 4 m/s)
1 in	: 2 5. 4 mm
1 slug	: 1 4. 5 9 4 kg

# 1 航空事故調査の経過

## 1.1 航空事故の概要

国土交通省中部地方整備局所属（中日本航空株式会社受託運航）ベル式412EP型JA6817は、平成24年6月29日（金）12時54分、長島ダム上流場外離着陸場に着陸する際にハードランディングとなり、機長が重傷を、同乗者のうち1名が軽傷を負った。

同機には、機長のほか同乗者7名の計8名が搭乗していた。

同機は小破したが、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

運輸安全委員会は、平成24年6月29日、本事故の調査を担当する主管調査官ほか2名の航空事故調査官を指名した。

### 1.2.2 関係国の代表

本調査には、事故機の設計・製造国である米国の代表が参加した。

### 1.2.3 調査の実施時期

平成24年6月30日及び7月1日	現場調査、機体調査及び口述聴取
平成24年7月23日及び24日	機体調査及び口述聴取

### 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 関係国への意見照会

関係国に対し、意見照会を行った。

# 2 事実情報

## 2.1 飛行の経過

国土交通省中部地方整備局（以下「中部地整」という。）所属（中日本航空株式会社（以下「同社」という。）受託運航）のベル式412EP型JA6817（以下「同

機」という。)は、平成24年6月29日、機長及び同乗者7名が搭乗して静岡ヘリポートを11時55分に離陸し、大井川周辺河川流域における自然災害の被害状況調査の飛行を終え、長島ダム上流場外離着陸場(以下「長島場外」という。)に着陸するため、進入を開始した。

同機の静岡ヘリポートからの飛行計画の概要は次のとおりであった。

飛行方式：有視界飛行方式、出発地：静岡ヘリポート

移動開始時間：12時00分、巡航速度：100kt、巡航高度：VFR

経路：井川ダム、経由地：長島場外、目的地：名古屋飛行場

所要時間：2時間、持久時間で表された燃料搭載量：2時間40分

搭乗者8名(長島場外以降4名)

事故に至るまでの飛行の経過は、飛行記録装置(以下「DFDR」という。)の記録、操縦室用音声記録装置(以下「CVR」という。)の記録、空撮画像伝送システムの記録、携帯型GPSの記録、機長及び同乗者の口述によれば、概略次のとおりであった。

### 2.1.1 DFDR、CVR、空撮画像伝送システム及び携帯型GPSの記録による着陸前の飛行の経過

12時52分40秒 長島場外東側約800mを前進対気速度81kt、離着陸地帯からの対地高度(Above Field Level)(以下「AFL」という。)約2,200ftから南南西方向に降下中であつた。

同54分09秒 長島場外の南南西約250mを高度約320ftAFLから左ロール角約6°の左降下旋回中で、コレクティブピッチレバー(以下「CP」という。)位置は約29%、第1エンジントルク<sup>\*1</sup>(以下「TQ1」という。)は約10%、第2エンジントルク(以下「TQ2」という。)は約24%であつた。

同54分12秒 同乗していた整備士(以下「同乗整備士」という。)が「はい、左はクリアー」と機長に報告した。

高度約280ftAFLから磁針路約010°で降下中、CP位置は約31%から徐々に引き上げを始め、TQ1は約12%、TQ2は約5%から増加を始めた。

同54分18秒 高度約140ftAFLから磁針路約006°で降下中、CP

---

\*1 「エンジントルク」とは、エンジンがローター等を駆動させるために発生する回転モーメントをいう。同機の場合、エンジントルクの数値は%表示で、両エンジン作動時には、第1エンジン及び第2エンジンともに約60%に達するとメインローターのマストトルクが運用限界の100%付近になる。

位置は約55%から引き上げ中、TQ1及びTQ2ともに約35%から増加中であった。

同54分23秒 高度約40ftAFLから磁針路約005°で降下中、CP位置は約64%から引き上げ中、TQ1及びTQ2ともに約47%から増加中であった。

機長が「あー」と発声した。

同54分25秒 瞬間的な画質の乱れを伴う接地時のテレビ画像が記録された。

CP位置は約71%、TQ1は約57%、TQ2は約63%で、CP位置及びエンジントルクともに本着陸時の最大値が記録された。

同54分27秒 テレビ画像で、機体が1回バウンド後、停止した。

CP位置は約20%から押し下げ中、TQ1は約5%、TQ2は約10%から減少中であった。

(付図1 推定飛行経路図、図2 事故時のDFDR記録 (p.11) 参照)

## 2.1.2 機長及び同乗者の口述

### (1) 機長

事故当日、機長は、06時15分ごろ同社に出勤し、飛行前準備の後、同乗整備士とともに格納庫から同機をエプロンに移動し、飛行前点検を行って異常のないことを確認した。

機長は、搭載可能最大燃料を給油の後、同乗整備士及び撮影技士とともに07時50分ごろ名古屋空港を離陸し、大井川下流にある大井川緑地公園場外離着陸場を経由して、10時00分ごろ長島場外において1回目の着陸をした。長島場外への着陸は初めてであったので、上空付近を通過して周辺の地形を確認するとともに、付近の樹木等の状況から無風と判断し、同場外の北側にある見えにくい索道の上を通る南向きの進入を避け、北向きに進入することにした。余裕を持つため通常よりやや広めのダウンウインドレグとして送電線の上を南向きに飛行し、ベースレグも通常よりやや遠めを、ファイナルアプローチでは障害物の比較的低いところを飛行して、なるべく浅いパスとなる経路上を北向きに進入し、パワーで吊るような感じでゆっくりと着陸した。

そこで機長はエンジンをかけたまま、事故時に搭乗することになった同乗者5名を乗せ、計8名で10時10分ごろに離陸して、大井川周辺河川流域の被害状況の確認を行い、11時06分ごろ静岡ヘリポートに着陸した。し

しばらく休憩の後、搭載可能最大燃料を給油して、11時55分ごろ静岡ヘリポートを離陸した。

その後、河川流域の被害状況の確認を行った後、12時54分ごろ長島場外に帰って着陸した際にハードランディングとなり、機体を損傷した。

機長は、事故時の進入前に1回目の着陸時と同様、長島場外の上空付近を通過した。同場外には吹き流しが無いので、正確な風は判断できなかったが、周囲の状況から1回目と同様に風が無いと判断した。場周経路については、1回目の着陸で長島場外の様子が分かったこともあり、1回目に進入したときより長島場外にやや近い通常の幅となることを飛行した。最終進入は、吊り橋と道路の間の比較的低いところを越えて、なるべく浅いパスとなる経路上を北向きに進入した。天候は晴れで、視程は10km以上、気流も悪くはなかった。

機長は、吊り橋の手前で前進対気速度40ktを確認し、その後は1回目の着陸と同じように減速しながら高度を下げた。

対地高度が10mくらいからホバリングに移行するようにCPを引き上げて降下率を減少させようとしたが思うようにいかなかったため、最終的にCPをオーバートルクの限度付近まで引き上げたが、推力が抜けるような感じで沈みが止まらず、最後は高さ5mくらいから落下着陸したような感じで接地した。それまで機体に異常はなく警報等もなかった。

接地後エンジンを停止し、同乗者の状況確認等を行った。このような経験は、今回が初めてであった。

同社に事故の報告を行った後、腰痛を感じた。機長は、現場に到着した救急車で病院に移送され、骨折と診断された後、入院した。

## (2) 同乗整備士

同乗整備士は、事故当日、操縦室左側の副操縦士席に座り、見張り業務等を担当していた。

長島場外への2回目の着陸は、右回りの場周経路を経由し、通常どおりの進入であった。

同乗整備士は、同機が吊り橋と道路の間を通過し、長島場外付近の草地に入る頃に障害物がないことを確認し、機長に「左クリアー」と報告した。

同機は、着陸前に降下速度が減少せず、機長がパワーを上げて沈むような感じだったので、同乗整備士は、衝撃に備えて身構えた。このときに機長が何か声を発したようであった。

接地時に2回の衝撃があった。接地直後、エンジンが運転中のままであったので機長にエンジン停止の合図を出した後、機外に出て機体等の状況を確認

認した。

同乗整備士は、ローターの回転速度が落ちてきたところで、他の同乗者を機外に案内し、負傷の有無を確認した。

機外で感じた風は強くはなかったが、背風となる南風であった。

### (3) 同乗者A

同乗者Aは、操縦席の1列後方の席に前向きに座り、河川流域の被害状況を確認していた。

同乗者Aは、いつもどおり着陸すると思っていたが、同機は着陸前に押されたような感じで減速することなく、そのまま「ドーン、ドーン」と2回の衝撃を持って接地した。接地後、他の同乗者に異常のないことを確認した。

同乗者Aは、その後、腰に痛みを感じたので機長とともに救急車で病院に行き、捻挫と診断された。

事故の発生場所は、長島場外の南側約30m（北緯35度10分31秒、東経138度11分17秒）で、発生時刻は、12時54分であった。

（付図1 推定飛行経路図、付図2 事故現場見取図、写真 事故機 参照）

## 2.2 人の死亡、行方不明及び負傷

機長が骨折の重傷を、同乗者のうち1名が捻挫の軽傷を負った。

## 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

(1) 胴 体：操縦席床及び燃料タンク下の床が一部破損

胴体下面のアンテナ取付け部変形、破損

赤外線カメラ取付け部破損

(2) 降着装置：クロスチューブが外側に変形し、左右のスキッド幅が約40cm

拡張

(3) 装 備 品：赤外線カメラ脱落、機外スピーカー破損、アンテナ類破損

操縦系統の作動に異常は認められなかった。

（写真 事故機 参照）

## 2.4 航空機乗組員に関する情報

機 長 男性 59歳

事業用操縦士技能証明書（回転翼航空機）	昭和51年11月18日
限定事項 ベル式212型	平成6年5月12日
第1種航空身体検査証明書	
有効期限	平成24年12月5日
総飛行時間	9,263時間46分
最近30日間の飛行時間	6時間49分
同型式機による飛行時間	3,629時間10分
最近30日間の飛行時間	6時間49分

## 2.5 航空機に関する情報

### 2.5.1 航空機

型 式	ベル式412EP型
製造番号	36277
製造年月日	平成13年5月31日
耐空証明書	第大-2012-095号
有効期限	平成25年6月15日
耐空類別	回転翼航空機 輸送TA級、輸送TB級又は特殊航空機X
総飛行時間	1,634時間36分
定期点検(25時間点検、平成24年6月9日実施)後の飛行時間	13時間56分
(付図3 ベル式412EP型三面図 参照)	

### 2.5.2 重量及び重心位置

事故当時、同機の重量は11,142lb、重心位置は、縦方向で基準面（機首最先端後方20in）後方137.6in、横方向で機体対称面から右1.9inと推算され、いずれも許容範囲（最大全備重量11,900lb、最小許容重量6,400lb、事故当時の重量に対応する重心範囲、縦方向で133.8in～142.0in、横方向で左4.5in～右4.5in）内にあったものと推定される。

## 2.6 気象に関する情報

長島場外の南約1kmに位置する大井川鉄道の第3・第4橋梁<sup>きょうりょう</sup>に設けられた風速計観測値（過去10分間の平均及び最大、m/sをktに換算）は、表1のとおりであった。なお、風向計は設置されていなかった。

表1 事故現場付近の風速記録

時刻	09:50	10:00	10:10	12:50	13:00	13:10
最大	7kt	7kt	5kt	9kt	11kt	10kt
平均	5kt	5kt	4kt	7kt	9kt	9kt

## 2.7 事故現場に関する情報

### 2.7.1 長島場外の概要

長島場外は、静岡県北部の赤石山脈と身延山地の間を南に流れる大井川の河川敷の右岸に位置する場外離着陸場で、離着陸方向は谷に沿ったおおむね南北方向であり、中部地整が申請し許可を受けていた。

長島場外は、河川敷の草地の広場に設けられており、広場の南側外周道路から約80m北側に入った所に1辺40mの離着陸地帯が設けられていたが、離着陸地帯の境界を示す表示はなかった。また、吹き流し等、風向風速を判断する設備も設置されていなかった。

離着陸地帯の南端から約110m南側に高さ約20mの電柱及び電線が、南東側約150mには、高さ約30mの吊り橋があった。

なお、飛行場外離着陸許可申請書に記載されていた離着陸地帯の北端から約90m北側及び290m北側にあるとされていた高さ約10m及び約15mの索道については、両方とも撤去されていた。

### 2.7.2 事故現場の状況

同機は、長島場外の離着陸地帯南端の南側約30m（中心からは約50m南側）の位置に機首を磁方位約015°に向け、胴体後部がほぼ接地するような状態で停止していた。また、機体の後方約3.5mに左右のスキッド及び胴体下面の装備品（スピーカー、赤外線カメラ、複数のアンテナ）に相当する接地痕が残されていた。また、スキッドの痕跡は、左右の幅が通常より約40cm広がり約320cmとなっていた。

（付図1 推定飛行経路図、付図2 事故現場見取図、写真 事故機 参照）

## 2.8 空撮画像伝送システム、DFDR、CVR、改良型対地接近警報装置及び携帯型GPSに関する情報

### (1) 空撮画像伝送システム

右スキッドの上の位置に装備されていた朝日航洋株式会社製空撮画像伝送システムの可視カメラに本事故発生時の映像記録が残されていた。また、可視カメラ映像に同機搭載のGPS装置の日本標準時及び位置情報が記録されていた。

(2) DFDR

米国L-3コミュニケーションズ社製DFDR（部品番号：S800-2000-00）に本事故発生時の記録が残されていた。時刻は、DFDRに記録されていた接地による水平加速度の変化時刻と空撮画像伝送システム可視カメラ映像の接地時刻を整合することにより特定した。

なお、垂直加速度及びサイクリックスティック（以下「CS」という。）の縦方向の位置については、記録が残っていなかった。

(3) CVR

米国L-3コミュニケーションズ社製CVR（部品番号：2100-1010-50）に本事故の記録が残されていた。時刻は、CVRに記録されていた接地音と空撮画像伝送システム可視カメラ映像の接地時刻を整合することにより特定した。

(4) 改良型対地接近警報装置

米国ハネウェル社製改良型対地接近警報装置（以下「EGPWS」という。）（HONEYWELL MK XXII）が搭載されており、事故当日、山岳地等を飛行中に対地接近警報が発せられたときの位置情報等が残されていたが、事故発生時には対地接近警報が出ていなかったため、その記録は残されていない。

(5) 携帯型GPS

同機に持ち込まれていた米国ガーミン社製携帯型GPS（eTrex Legend）に同機の位置情報が残されていたが、事故時の接地16秒前に記録が終了していた。

## 2.9 その他必要な事項

### 2.9.1 GPSによる記録

(1) 空撮画像伝送システムのGPS位置情報

空撮画像伝送システム可視カメラの映像に残されたGPSの位置は、緯度及び経度情報ともに秒単位までの数字情報であった。同GPSの表示位置を実際の接地位置及び携帯型GPSに記録された最後の位置（接地16秒前）のそれぞれと比較した結果、どちらも同じ南東側へ約400mの誤差を含んでいた。このため、このGPSにより機体の位置を特定することはせず、単位時間当たりの相対的な移動距離から対地速度を算出した。

接地6秒前から1秒前までの5秒間に飛行した2地点の相対距離を計測すると30.82mとなった。この移動距離と時間から対地速度を計算すると11.98ktとなった。同様に最終進入中の速度を算出するため、接地18

秒前から12秒前までの6秒間を計測した移動距離97.79mから計算すると、対地速度は31.68ktとなった。

(2) 携帯型GPS位置等の情報

携帯型GPSの位置は、接地の16秒前（接地点の手前222.7m）で記録を停止していた。事故当日、山岳地等の飛行経路上でEGPWS警報が作動したときに記録されていたEGPWSによる位置と同時刻の携帯型GPSの位置を比較するとほとんど誤差はなかった。

携帯型GPSの位置情報及び高度情報による1回目着陸時の進入経路と事故時の進入経路の比較は、次図のとおりである。

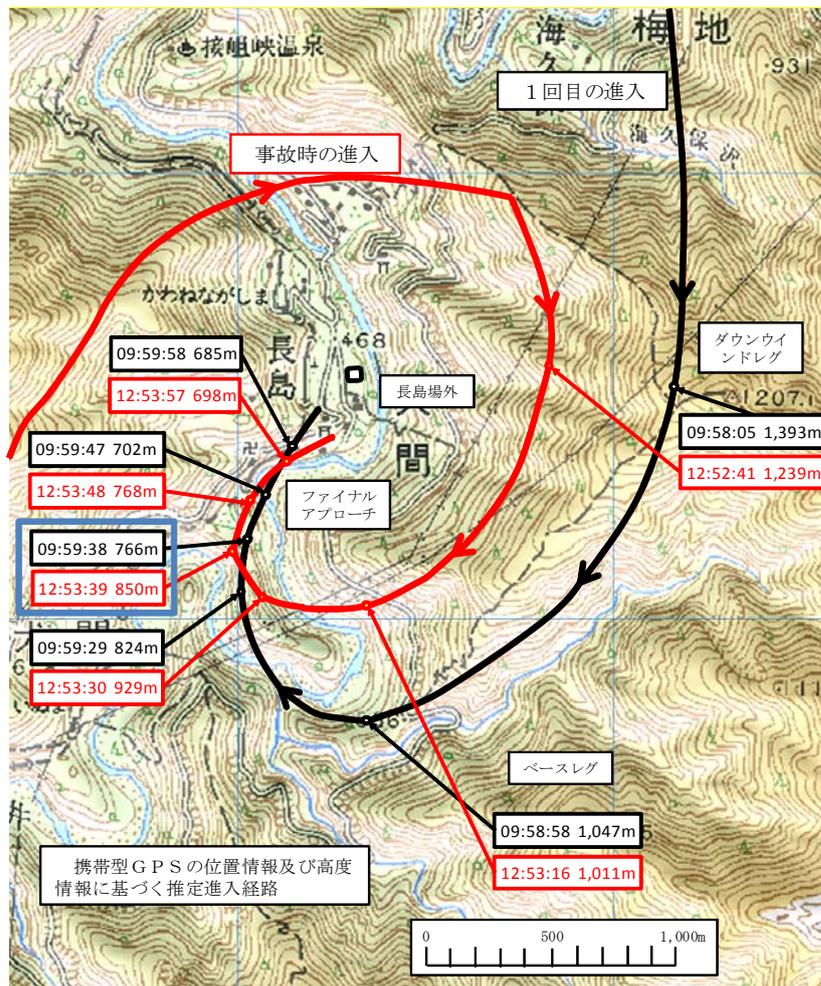


図1 1回目着陸時の進入経路と事故時の進入経路との比較

これによれば、機長にとって初めての着陸であった1回目の進入においては、谷の中の川沿いを通る広めの場周経路を飛行し、ベースレグで段階的に降下したのに比べ、事故時においては、これより狭めの場周経路の幅で高压線のある尾根沿いを飛行し、ベースレグでは1回目 비해浅めの降下となっていた。このため、ファイナルアプローチに移行する付近で1回目の着陸時

とほぼ同じ位置になった12時53分39秒では、1回目の着陸に比べ84 m (約275 ft) 高くなっていた。

### 2.9.2 DFDRによる着陸の記録

DFDRに記録された事故時の高度及びエンジン出力に関する記録は、表2及び図2のとおりである。

表2の時間は接地時(12時54分25秒)から逆算した秒単位の時間を、高度は接地点の値(1,400 ft)からの相対高度を記述した。

表2 事故時のDFDR記録に基づく飛行諸元等

時間：秒前	高 度(ft)	CP位置(%)	TQ1 (%)	TQ2 (%)
50	1,090	26	11	6
40	840	24	4	1
30	600	22	4	11
15	310	34	13	13
10	210	45	22	26
05	100	56	45	30
02	40	64	47	47
00	0	71	57	63

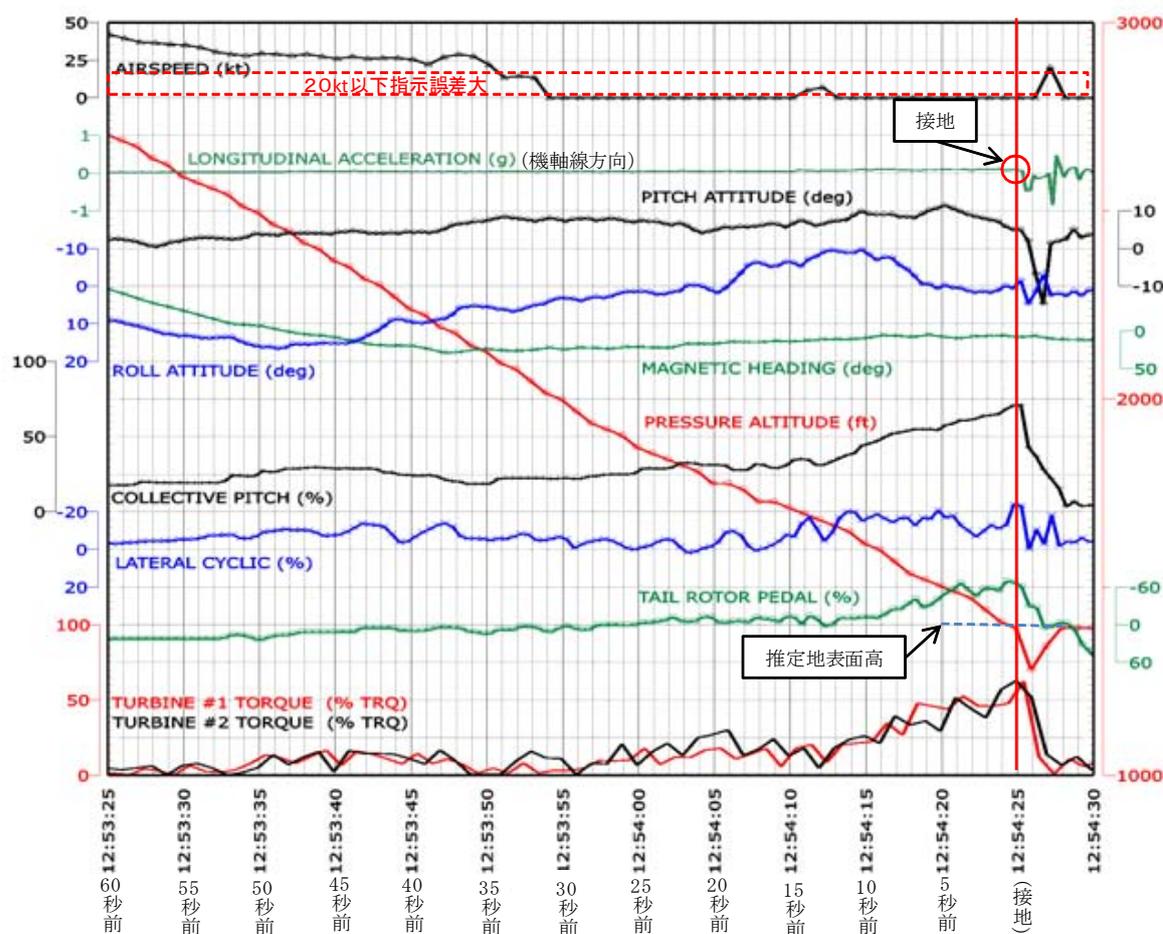


図2 事故時のDFDR記録

(1) 使用出力

事故時の同機は、ベースレグの後半であった接地（前後方向加速度急変時）の50秒前では、CP位置が約26%、TQ1が11%、TQ2が6%と低出力状態であった。ファイナルアプローチのほぼ直線経路となった15秒前からCP位置を34%と上げ始め、10秒前で45%、接地の5秒前で56%と1回目の着陸時の最大位置付近まで上げている。これにしたがってエンジントルクも増加している。さらにその後、2秒前（機長が「あー」と発声時）にはCP位置を64%、接地時には71%まで上げながら接地に至っている。

なお、1回目の着陸では、接地（前後方向加速度急変時）の55秒前には事故時の着陸と同様にCP位置は約26%であったが、ここから上げ始め、45秒前には34%、35秒前には46%、30秒前には54%、20秒前には58%とこのときの最大出力位置に上げ、以後、接地までほぼこの位置

を維持している。

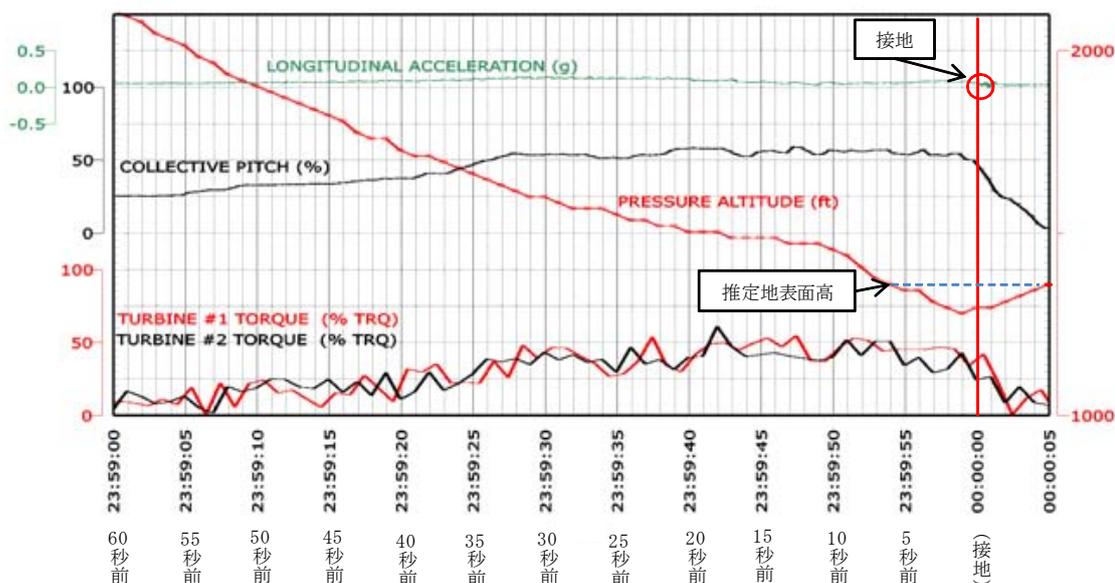


図3 1回目の着陸時のDFDR記録

## (2) 降下率

事故時の同機はベースレグ後半の50秒前に約1,090ftAFL（事故時の推定地表面高<sup>\*2</sup>約1,400ft）を通過しており、図2に示す高度のグラフ線はほぼ一直線に接地時に推定地表面高になっていた。なお、高度のグラフ線は、接地以降に急激に推定地表面高以下まで下がり、CPの位置がほぼ0%になった接地の3秒後までに推定地表面高まで上がり、以後は一定値になっていた。

接地の50秒前から接地までの平均降下率は、約1,300ft/minになった。また、CP位置を大きく引き上げていった10秒前（210ftAFL）から5秒前（100ftAFL）までの間の降下率は、その高度差と時間差から約1,320ft/minになった。

なお、1回目の着陸では、接地の50秒前を560ftAFL（1回目の推定地表面高約1,360ft）で通過し、30秒前を240ftAFL、20秒前を140ftAFL、10秒前を100ftAFLで通過していた。また、図3に示す高度のグラフ線は、10秒前から急激に推定地表面高以下まで下がり、CPの位置がほぼ0%になった接地の5秒後までに推定接地高まで上がり、以後は

\*2 「推定地表面高」とは、吹き下ろし流が地面に当たって生じる圧力によると考えられる気圧高度計への影響が接地後にCPを下げるにより無くなり、DFDRの気圧高度記録が一定値で安定したときの高度をいう。

一定値になっていた。

接地の50秒前から10秒前までの平均降下率は、約690 ft/minとなり、CPを1回目の着陸時の最大位置まで引き上げていった30秒前から20秒前までの降下率は、約600 ft/minとなった。

### 2.9.3 ボルテックス・リング・ステート

#### (1) 全般

一般的に、回転翼航空機が低速状態で降下率を増加させていくと、メインローター（以下「MR」という。）の吹き下ろし流と、降下により生じる上向きの空気流とが衝突し、次第にMRの外周でMRの下面から上面へ回り込む流れ（渦）が生じるようになる。このような状態で揚力を増加させようとCPを引き上げても、吹き下ろし流はMRの下方へは向かわず、MRの下面から上面に回り込むようになって揚力は増加せず、逆に自らの吹き下ろし流で自らの機体を吹き下ろすような結果となって降下率を増していくことがある。一般的にこのような状態をボルテックス・リング・ステート（以下「VRS」という。）又はセトルリング・ウイズ・パワーと呼び、それが発生する条件は、吹き下ろし流の速度である誘導速度と垂直降下速度の比及び誘導速度と前進対気速度との比で表される。

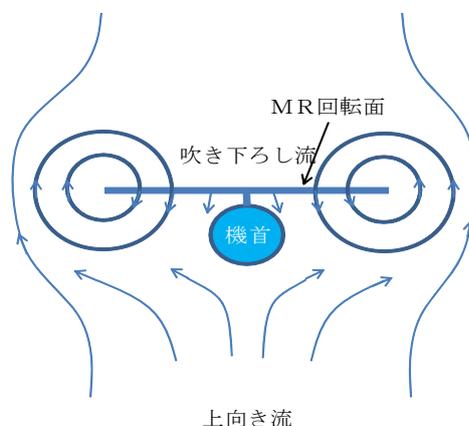


図4 低速で降下率増大時の気流の状況（正面図）

VRSからの離脱法は、一度CPを下げて垂直降下速度を上げることによりボルテックス・リングの下に出て、その後、CSが効くようになったら前進対気速度を増加させ、CPを引き上げるのが一般的である。このため、軽微なVRSからの回復でも500 ft以上の高度が、深刻な状況の場合は4,000 ft以上の高度が必要とされている。

#### (2) VRSの発生

VRSの発生に関して、米国航空宇宙局のSTI (Scientific Technical

Information) Report Seriesの中に、次の記述がある。

(Wayne Johnson, “Model for Vortex Ring State Influence on Rotorcraft Flight Dynamics” NASA/TP-2005-213477 December 2005, pp. 1, 11, 13, 25, 49)  
(抜粋)

#### OVERVIEW

*A rotor is operating in vortex ring state when it is descending at low forward speed with a vertical velocity that approaches the value of the wake-induced velocity at the rotor disk. In this condition the rotor tip vortices are not convected away from the disk rapidly enough, and the wake builds up and periodically breaks away (Fig. 1).*



Figure 1. Smoke flow visualization of a rotor in vortex ring state (Drees, ref. 20).

*The tip vortices collect in a vortex ring, producing a circulating flow down through the rotor disk, then outward and upward outside the disk.*

*The resulting flow is unsteady, hence a source of considerable low frequency vibration and possible control problems.*

*For descent at forward speeds sufficiently high enough that the wake is convected away from the rotor, vortex ring state does not develop.* (以下略)

(抄訳)

#### 概 要

低速前進飛行中に、機体の垂直降下速度がローター回転面付近での後流（吹き下ろし流）の誘導速度に近づいたとき、ローターは、VRSに入っている。このような状態では、ローターの翼端渦はすぐに移動せず、後流も集積してから周期的に離れていくようになる。(Fig.1)

翼端渦（及び後流）が集まってボルテックス・リングとなり、ローター回

転面を下向きに通過して回転面の外側そして上に向かう環状の流れを形成する。その結果生じる空気流は、不安定なため、低周波の振動が生じ、操縦困難になる可能性がある。

降下中の前進速度が十分に大きく、後流がローターから離れていけば、VRSには陥らない。

### VRS BOUNDARIES

A number of the boundaries that have been proposed for vortex ring state are presented in Figure 33. The boundary from the ONERA VRS model is based on the  $V_z$  drop encountered in helicopter flight tests.

The boundary for the VRS model of the present investigation is based on the flight dynamics stability of helicopters and tiltrotors.

The other boundaries are based primarily on the vibration and roughness that a helicopter encounters in VRS.

Of particular note are the boundaries that Washizu constructed for  $\Delta T/T = 0.15$  and  $0.30$  (Ref. 30), which are found in numerous documents on VRS (including the U. S. Army Field Manual FM 1-203, *Fundamentals of Flight*). (以下略)

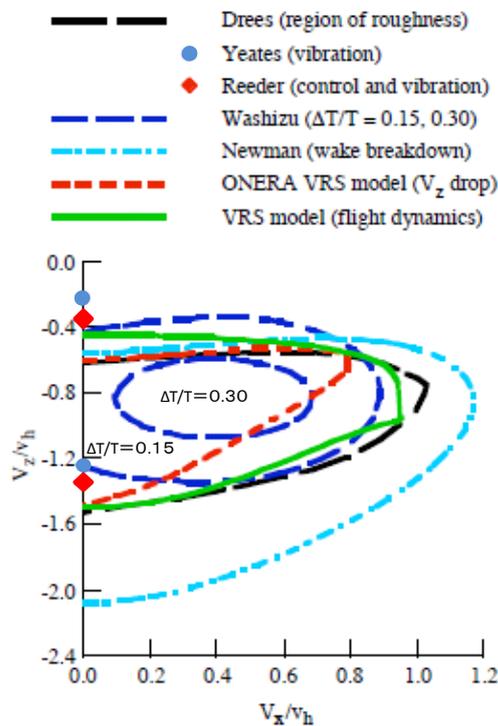


Figure 33. Vortex ring state boundaries.

[注  $V_x$  : 前進対気速度、 $V_z$  : 垂直降下速度  $v_h$  : 誘導速度]

(抄訳)

## VRSの境界

Fig. 33に複数のVRSの境界として提言されたモデルを示した。

このうち、ONERA VRSモデルは、飛行試験で垂直降下速度が増大したときのデータが基になっている。本研究のVRSモデルの境界は、ヘリコプターとチルトローターの空力安定性に基づいている。他のモデルは、主にVRSに入ったときの振動と不安定さに基づいている。

ワシズモデルは推力変動15%及び30%に基づいた境界で、数多くのVRS関連文献に引用されている特筆すべきものである。(米陸軍フィールドマニュアルの飛行の基礎等)

### (3) 同機の誘導速度

ローターの吹き下ろし流の速度である誘導速度を求める計算式は、ホバリング時には、 $\sqrt{\text{推力}/(2\rho\text{ローター面積})}$ で表される。このうち、推力については、自重で近似することができ、2.5.2に記述した事故当時の自重(11,142lb)を使用して求められる。 $\rho$ は、空気密度であり、事故現場の外気温度が長島ダム(事故現場の南約3kmほぼ同標高)における事故発生時の観測値25℃から計算すると、長島場外の密度高度は約3,100ft(標高1,561ft+温度補正值1,560ft)となり、その場合の空気密度は0.0021687 slug/ft<sup>3</sup>となった。また、同機のMR面積は、1661.9ft<sup>2</sup>となった。これらのデータに基づいて、ホバリング時の誘導速度を計算すると、約2,360 ft/min(約23kt)となった。

## 2.9.4 場外離着陸場の運用等

### (1) 運航中の安全確保

中部地整は、同機の運航に関する契約の中で、ヘリコプターの安全運航について専門的な立場で業務を行う運航責任者の指定を受注者に求めている。

契約書(平成24年度 航空機運航・維持管理業務仕様書)に記載されている内容は、次のとおりである。

#### 1. 運航責任者

(1) 受注者は、運航責任者を定め発注者に通知しなければならない。なお、運航責任者は、当該同系ヘリコプターの運航管理業務の経験を有する者でなければならない。

(2) 運航責任者は下記の業務を総括するものとする。

1) 航空機の運航及び安全に関すること

2) 航空機の点検・整備及び保管に関すること

3) 運航、点検・整備及び保管に関する教育訓練に関すること

4) 発注者との連絡及び調整に関すること

(3) 運航責任者は、航空機を運航させようとするときは、以下について慎重に検討を行い、運航の安全確保に努めなければならないほか、運航担当の担当職員との連絡及び調整を行い、運航計画書を作成し事前に運航担当の担当職員に提出しなければならない。

1) 航空機の点検整備状況

2) 気象の状況

(中略)

7) 離着陸場の状況

(以下略)

(2) 運航時の役割分担等

中部地整は、防災ヘリコプターの有効活用のため「ヘリコプター活用に関するマニュアル」(以下「活用マニュアル」という。)を定め、防災ヘリコプターを使用する際の手順等を定めている。その中の場外離着陸場の運用等に関し、次の記述がある。

#### 第5章 ヘリコプターの実運航(抜粋)

2 実運航までの作業

(1-3) 使用前の留意事項

1) 離着陸場(ヘリポート等)の確保

(中略)

■ 場外離着陸場は、航空法に基づいた細かい基準に適合したものとして認められている。したがって、土地及び周辺の状況に変化があった場合(建物、電柱、鉄塔等が建造された等)には、再チェックを要する。日頃から注意を払っておく必要がある。(以下略)

3 運航時の役割分担

国土交通省職員は、ヘリコプターの運航に関して、次の業務を分担して実施するものとする。

(中略)

(2) ヘリポート等を必要とする場合、ヘリポート等担当職員は、ヘリコプターの離着陸に先立ち、支障がないよう、次のような準備を行い、ヘリコプター等の安全管理を担当し、飛行終了後はそれを撤収する。

① 水を撒く等してヘリコプターの防塵対策を施す。

② ヘリポート等の範囲と接地帯標識を明示する。

(石灰等でヘリポート等のマーキングを行う。)

(中略)

- ④ 風向指示器(吹き流し)を立てる。
- ⑤ ヘリポート等を監視し、みだりに人が立ち入らないようにする。  
(必要であれば警備員を配置する。)
- ⑥ 飛散する恐れのある物体は、極力、場外へ移すか、それができない場合は固縛する。

(中略)

- ⑩ 付近に道路があるときは、離着陸の際、一時通行止めの措置をとる。  
※ 以上については、運航受託者の指示により実施するものとする。  
(必ずしも必要とは限らない。)

### (3) 長島場外の状況

事故当日、同社の運航責任者は、中部地整に依頼することになる離着陸地帯の表示及び吹き流しの設置要望等に関する調整についてはやや消極的になり、実施していなかった。

なお、長島場外における離着陸申請の手続きについては、同社が担当し、3か月ごとに更新の申請を行っていたが、平成24年4月24日に申請した際に、離着陸場北側の索道が撤去されていることについて確認していなかった。

## 3 分析

### 3.1 乗務員の資格等

機長は、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 航空機の耐空証明等

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。

### 3.3 気象との関連

2.1.2(1)及び(2)の口述並びに2.6の風速計の観測データから、事故発生当時の長島場外の天気は晴れで、視程は良好、気流は静穏で、風は、同機の進入方向に対して背風となる南寄りの約10ktであったものと考えられる。

### 3.4 機体の損傷

2.3.2に記述した同機の損壊状況から、損傷は、いずれも事故で加わった外部からの力により発生したものと推定される。また、2.1.2(1)の口述から、事故発生前には、機体に異常はなかったものと推定される。

### 3.5 同機が着陸（ハードランディング）するまでの状況

#### 3.5.1 進入開始時の状況

2.1.2(1)の口述によれば、機長は長島場外に1回目の着陸をした際に、付近の樹木等の状況から無風と判断し、長島場外の北側にあると記載されていた見えにくい索道の上を通過する南向きの進入を避け、北向きに進入することにしたとしている。また、事故時の進入についても、長島場外には、吹き流しがないので、正確な風は判断できなかったが、1回目と同様に風がないと判断して、南側から吊り橋と道路の間の比較的低いところを越えて、なるべく浅いパスとなる経路上を北向きに進入したとしている。

このことから、機長は、正確な風を把握することなしに、付近の樹木等の状況からそれほど風は強くないと考え、3.3に記述したように、約10ktの背風の中、視認しやすい吊り橋の上を越えて北向きに進入したものと考えられる。

#### 3.5.2 最終進入の状況

##### (1) 使用出力

2.9.2(1)に記述したように、機長は、ベースレグからファイナルアプローチまで低出力で降下を継続し、ほぼ直線経路となった接地の15秒前からCP位置を引き上げ始めた。接地の5秒前には通常ホバリングに移行できると考えられる約56%位置まで上げたが、その効果が得られなかったため、それ以上にCPを上げ続けながら最終的に使用のほぼ限界となる約71%で接地したものと推定される。

なお、1回目の着陸では、45秒前から出力を上げ始め、30秒前にはCP位置54%とホバリングに移行できる程度の出力にし、接地までほぼこれを維持している。これは2.1.2(1)の口述にある、パワーで吊るような感じでゆっくりと進入したとしていることに合致するものと考えられる。

##### (2) 降下率

2.9.2(2)に記述したように、同機は、ベースレグの後半からファイナルアプローチ、その後のホバリング移行時まで、おおむね1,300ft/minの降下率で進入し、降下率を減少させることができないまま接地したものと推定される。この降下率は、通常の進入で用いるものよりかなり大きなもので

あったと考えられる。

なお、1回目の着陸では、エンジンをホバリング移行のためそのときの最大出力まで出していった30秒前から20秒前まで10秒間の降下率は、約600ft/minであり、その後、推定地表面高までに降下率を減少させながらホバリングに移行していったものと考えられる。

### 3.5.3 ハードランディングに至った原因

#### (1) ハードランディングの状況

2.1.2(1)の口述によれば、機長は、ホバリング移行するためにCPを引き上げて降下率を減少させようとしたが思うようにできず、さらに、CPをオーバートルクの限度付近まで引き上げたが推力が抜けるような感じで沈みは止まらず、最後は落下着陸したような感じで接地したとしている。CPを上げたにもかかわらず降下率を減少させることができなかったことは、3.5.2に記述した使用出力と降下率の分析結果にも合致している。これらのこと及びそれまで機体に異常はなかったと推定されることから、同機は、着陸した際にハードランディングとなったため、搭乗者が負傷し、機体を損傷したものと推定される。

当日の気流は静穏で、大きな降下率により機体の沈みが止まらずハードランディングになった原因としては、まず、CPの引き上げのタイミングが遅れて、機体にかかっていた下向きの慣性力を十分に補償することができないまま接地に至ったことが考えられる。しかし、今回の場合、機長は、接地の10秒前からCPを大きく引き上げ始め、5秒前の100ftAFLにおいては、ほぼホバリングができるような出力としていた。通常であれば、接地前には、地面が接近することにより生じる地面効果と、出力増加の効果で降下率が減少するが、DFDRの記録からも、降下率が減少することがないまま接地している。このことから、ハードランディングになった原因としては、CPの引き上げのタイミングが遅れたということではなく、出力を増加してもMRの揚力が増加しないような状況が生じていたものと考えられ、2.9.3に記述したVRSの発生が考えられる。

#### (2) VRSとの関係

2.9.3(2)に示したVRSの境界図に示された各モデルを総合すると、図5に示すように、おおむね、前進対気速度が誘導速度以下で、降下率が誘導速度の40%付近からVRSの境界内に入り、60%から100%付近がその中心となる。また、降下率がおおむね誘導速度の160%以上になると境界外に出るものと考えられる。

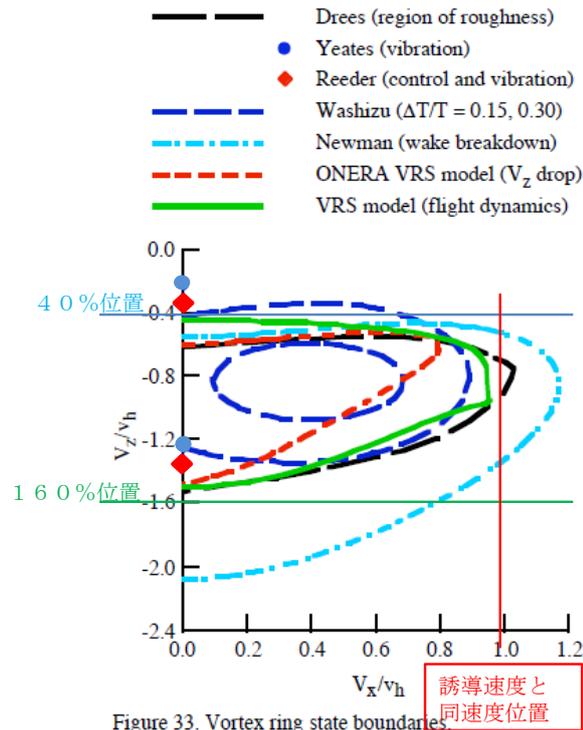


Figure 33. Vortex ring state boundaries

[注  $V_x$  : 前進対気速度、 $V_z$  : 垂直降下速度、 $v_h$  : 誘導速度]

図5 VRSの境界

2.9.2の事故時のDFDRの記録及び2.9.2(2)の記述から、同機のベースレグ後半となった接地3.7秒前では、前進対気速度は約30kt、降下率は約1,300ft/minであったことから、2.9.3(3)に記述した同機の誘導速度(約2,360ft/min(約23kt))に対する降下率との比及び前進対気速度との比は、それぞれ-0.55及び1.3となり、図6の①に示すようにVRSの境界外になった。

2.9.1(1)の記述から、最終進入中の接地の約1.5秒前の対地速度は約32kt、接地直前は約12ktであったと考えられ、3.3に記述したように、風は背風の約10ktと考えられることから、前進対気速度はそれぞれ約22kt及び約2ktと考えられる。このうち、接地の約1.5秒前では、降下率は約1,300ft/min、前進対気速度は約22ktであったと考えられることから、誘導速度との比は約-0.55及び約0.96となり、図6の②で示すVRS境界の入口付近になった。

また、2.9.2(2)に記述したように、機長がエンジン出力をホバリング出力まで引き上げた接地の約5秒前では、降下率は約1,320ft/min、前進対気速度約2ktであったことから、誘導速度との比は、約-0.56及び約0.09となり、これを、図6に表示すると③の位置となった。

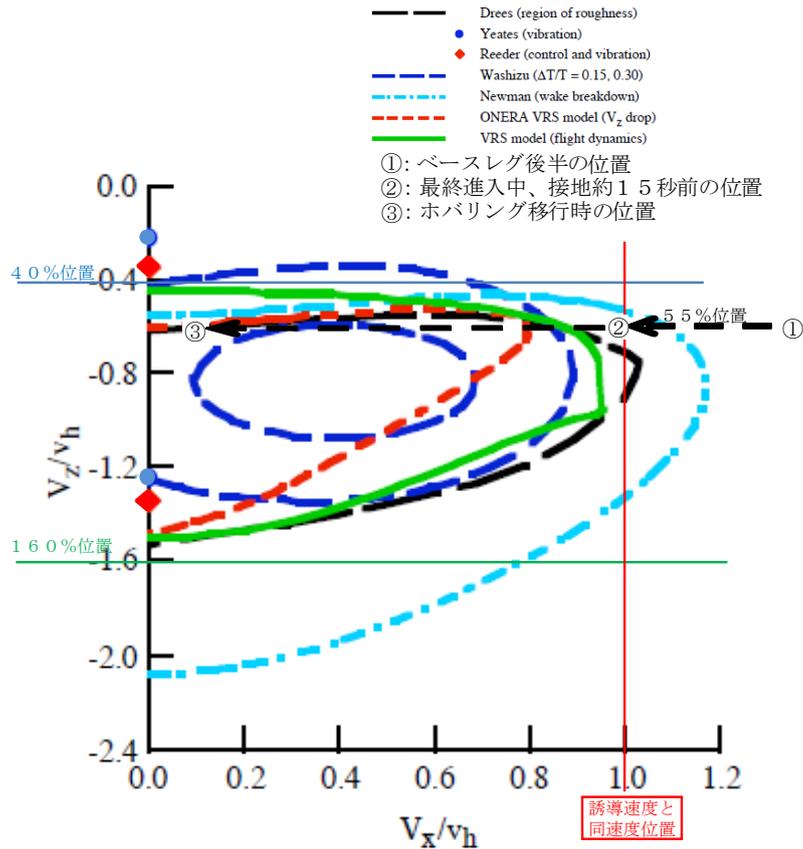


Figure 33. Vortex ring state boundaries.

[注 Vx : 前進対気速度、Vz : 垂直降下速度、vh : 誘導速度]

図6 VRS境界との関係

同機は、図6の①で示すVRS境界外でベースレグ後半を飛行した後、最終進入に入って減速するにつれ、②に示す降下率が誘導速度の5.5%となる付近を入り口としてVRSの境界内に入っていったものと考えられる。

③の位置は、ここに示されているほぼ全てのモデルの境界内に入る。同機は、ホバリング移行時、約1,320 ft/min (誘導速度の約5.6%) という通常よりかなり大きな降下率のまま、前進対気速度を誘導速度 (約2.3 kt) よりはるかに小さい約2 ktまで減少させ続けたため、MRを通過した吹き下ろし流が、大きな降下率で生じた下からの空気流と衝突し、MRの外周で上面に回り込む大きな渦となるVRSになったものと考えられる。このため、CPをオーバートルクの限度付近まで引き上げててもそれに応じた揚力を発生させることができず、降下率を減少させることができないまま、激しく接地したものと考えられる。

なお、1回目の着陸時には、2.9.2(2)に記述したように、CPをこのときの最大位置としてホバリングに移行したと考えられる接地の30秒前か

ら20秒前付近の降下率は600ft/min（誘導速度の約25%）、接地の50秒前から10秒前までの平均降下率は、約690ft/min（誘導速度の約29%）であった。これらの降下率では、VRS境界図から、前進対気速度を誘導速度以下まで減少してもVRSには入らなかったものと推定される。

(3) VRS境界内に入った原因

2.7.2に記述したように、同機は離着陸地帯の中心から約50m手前に停止していた。この停止位置を見ると、2.7.1に記述したように、長島場外には離着陸地帯の表示がなかったことから、機長は、着陸後、北側に離陸する際に見えにくい索道（実際には撤去されていた）との余裕をとるため、広場の中央付近よりやや手前を目標に進入をしていった可能性が考えられる。また、2.9.1(2)に記述したように、同機は、高圧線のある尾根沿いの場周経路を飛行したためベースレグで十分に高度を下げることができず、ファイナルアプローチに移行する付近で1回目に比べ約275ft高くなっていたものと考えられる。

このように、高めの高度から表示のない離着陸地帯の手前を目標に進入したことにより、結果的に高角度の進入になったものと考えられる。ファイナルアプローチにおける進入角は、2.9.1(2)に記述した携帯型GPSの最後の記録位置（接地16秒前）から接地点までの距離（222.7m）と同時刻にDFDRに記録された高度（320ftAFL）から約23.7°と推算され、長島場外の進入表面の勾配（1/4）約14°に比べかなり高角度の進入になっていた。

2.9.2(2)に記述したように、同機は、ベースレグの後半となる接地の50秒前から継続的に約1,300ft/minという大きな降下率を保った高角度進入を行っており、これは誘導速度の約55%に相当するものであった。また、3.3に記述したように、進入時の風は背風であった。このような追風成分のある中、高角度の進入角を維持するためにより大きな降下率になったものと考えられる。また、機長は、ファイナルアプローチの開始高度が高かったことから、この高度処理のため降下率を大きくする必要があり、追風成分により予想以上に降下率が増加していることに気付かなかった可能性が考えられる。

背風になると、追風成分で対地速度が大きくなるため、進入角を維持するためには、前進対気速度を小さくする必要がある。3.5.3(2)に記述したように、ベースレグ後半で約30ktであった同機の前進対気速度は、ホバリング移行時には約2ktと、ほぼ前進対気速度のない状態にまで減速していたもの

と考えられる。これは、同機が、背風の中、高角度で進入し、そのまま着陸しようとしたためと考えられる。その結果、同機は、誘導速度の約55%となる大きな降下率の中、前進対気速度を誘導速度以下になっても更に減少させ続けたため、VRSになったものと考えられる。

(付図4 事故要因の連鎖状況図 参照)

### 3.6 場外離着陸場の管理

2.9.4に記述したように、中部地整では、防災ヘリコプターを有効活用するため「活用マニュアル」を定めるとともに、同機の運航に関する契約の中で、安全運航の専門的立場で中部地整の運航担当職員をサポートする運航責任者の指定を同社に求めていた。運航責任者は、同機の飛行の計画書を作成する上で、場外離着陸場の状況についても検討し、中部地整の運航担当職員と調整することになっていた。

一方、「活用マニュアル」においては、ヘリポート等担当職員が、ヘリコプターの離着陸に先だって、ヘリポート等の範囲の明示（石灰等でのマーキング）、風向指示器（吹き流し）の設置等の準備をするようになっていた。しかし、2.7.1に記述したように、これらの準備はなされていなかった。

これについては、「活用マニュアル」に、運航受託者の指示により実施するとのただし書きがあり、2.9.4(3)に記述したように、事故時には調整がなかったことによりその準備が行われなかったものと推定される。

場外離着陸場の状況については、運航責任者が、運航計画書を作成する際に検討して中部地整の運航担当職員と調整することになっているが、離着陸地帯の境界を示す表示及び吹き流しの設置を要望しなかったことについては、その必要性を軽視した可能性が考えられる。また、2.9.4(3)に記述したように、この要望に関する調整がやや消極的になったが、このことについては、場外離着陸場の管理は中部地整が担当していることから、受注者側から発注者側へ準備物件を依頼することになることが関与した可能性が考えられる。

離着陸地帯の境界を示す表示がなかったこと及び吹き流しの設置がなかったことについては、本事故の要因の一つと考えられるとともに、これらの準備は安全運航する上で必要な基本的事項であることから、これらの準備の重要性を再認識するとともに、運航受注者側と運航発注者側が安全に関して十分に意見交換できるような態勢を作る必要がある。

2.7.1に記述したように、機長が進入時に気に掛けていた索道は、既に撤去されていた。この情報が正しく伝わっていれば、機長の進入方向に係る判断が変わっていた可能性が考えられる。したがって、申請を更新する際には、従前の申請内容と変わったところがないかどうかをよく確認した上で行うとともに、もし変更の必要がある場

合には確実にそれを申請内容に反映させる必要がある。

### 3.7 着陸進入中のVRSの防止

着陸進入中にVRSに入ると、これから離脱するまでに必要な高度が不足することが一般的であるため極めて危険である。このため、着陸進入中は、VRSの境界内に入らないようにすることが極めて重要である。

#### (1) 前進対気速度と降下率の関係

VRSに入る条件は、誘導速度と前進対気速度の比及び誘導速度と降下率の比で決まることから、2.9.3(2)に記述した図に示すようなVRSの境界線内に入らないような前進対気速度と降下率の関係で進入する必要がある。具体的には、3.5.3(2)に記述したように、概略、降下率が誘導速度の約40%から約160%の間の大きな降下率の状態、前進対気速度を誘導速度より小さくするとVRSに入りやすくなるため、この範囲での飛行を避ける必要がある。

降下率については、背風で高角度の進入を行うと大きくなる。前進対気速度については、背風で進入するとホバリング移行前の早い段階で誘導速度より小さくなる。

したがって、場周経路は、背風での高角度進入にならないように選定する必要がある。

#### (2) 着陸時の風の把握

着陸時の風を正確に把握するためには、離着陸場に風向風速計、吹き流し等の計測設備を設置する必要がある。また進入中に、前進対気速度を減じても対地速度が減らず、降下率を大きくしないと進入角を維持できない場合には、背風になっていることが考えられる。このような状況でVRSの条件に入るおそれがある場合には、直ちに復行し、背風を受けない方向で再進入する必要がある。

## 4 結 論

### 4.1 分析の要約

- (1) 風は、同機の進入方向に対して背風となる南寄りの約10ktであったものと考えられる。(3.3)<sup>\*3</sup>
- (2) 損傷は、いずれも事故で加わった外部からの力により発生したものと推定さ

---

\*3 本項の各文章末尾に記載した数字は、当該記述に関連する「3 分析」の主な項番号を示す。

れ、事故発生前には、機体に異常はなかったものと推定される。(3.4)

### (3) ハードランディングの状況

機長の口述、DFDRの記録、及びそれまで機体に異常はなかったと推定されることから、同機は、着陸した際にハードランディングとなったため、搭乗者が負傷し、機体を損傷したものと推定される。

当日の気流は静穏で、大きな降下率による機体の沈みが止まらずハードランディングになる可能性がある原因としては、CPの引き上げのタイミングが遅れて、機体にかかっていた下向きの慣性力を十分に補償することができないまま接地に至ったことが考えられる。しかし、機長は、接地の10秒前からCPを大きく引き上げ始め、5秒前の100ftAFLにおいては、ほぼホバリングができるような出力としていた。通常であれば、接地前には、地面が接近することにより生じる地面効果と、出力増加の効果で降下率が減少するが、DFDRの記録からも、降下率が減少することがないまま接地している。このことから、ハードランディングの原因としては、CPの引き上げのタイミングが遅れたということではなく、出力を増加してもMRの揚力が増加しないような状況が生じていたものと考えられ、これには、VRSの発生が考えられる(3.5.3(1))

### (4) VRSとの関係

同機は、ベースレグ後半ではVRSの境界外にあり、最終進入中の接地の約15秒前ではVRS境界の入口付近にあったものと考えられる。その後同機は、ホバリング移行時、誘導速度の約56%という通常よりかなり大きな降下率のまま、前進対気速度を誘導速度よりはるかに小さい約2ktまで減少させていったため、MRを通過した吹き下ろし流が、大きな降下率で生じた下からの空気流と衝突し、MRの外周で上面に回り込む大きな渦となるVRSの状態となったものと考えられる。このため、CPをオーバートルクの限度付近まで引き上げてもそれに応じた揚力を発生させることができず、降下率を減少させることができないまま、激しく接地したものと考えられる。(3.5.3(2))

### (5) VRS境界内に入った原因

高めの高度から表示のない離着陸地帯の手前を目標に進入したことにより、結果的に高角度の進入になったものと考えられる。同機は、ベースレグの後半から継続的に約1,300ft/minという大きな降下率を保った高角度進入を行っており、これは誘導速度の約55%に相当するものであった。追風成分のある中、高角度の進入角を維持するためにこのような大きな降下率になったものと考えられる。また、機長は、ファイナルアプローチの開始高度が高かったことから、この高度処理のため降下率を大きくする必要があると考え、追風成分により予想以上に降下率が増加していることに気付かなかった可能性が考え

られる。

同機は、背風を受けつつ高角度で進入し、そのまま着陸しようとした結果、誘導速度の約55%となる大きな降下率になるとともに、前進対気速度を誘導速度以下になっても更に減少させ続けたため、VRSになったものと考えられる。(3.5.3(3))

#### (6) 場外離着陸場の管理

中部地整のヘリポート等担当職員が、ヘリコプターの離着陸に先だって、ヘリポート等の範囲の明示、風向指示器の設置等の準備をするようになっていたが、準備はなされていなかった。

これは、運航受託者からの調整がなかったことによりその準備が行われなかったものと推定される。

場外離着陸場の状況については、運航責任者が、運航計画書を作成する際に検討して中部地整の運航担当職員と調整することになっているが、離着陸地帯の境界を示す表示及び吹き流しの設置を要望しなかったことについては、その必要性を軽視した可能性が考えられる。また、この要望に関する調整がやや消極的になったが、このことについては、場外離着陸場の管理は中部地整が担当していることから、受注者側から発注者側へ準備物件を依頼することになることが関与した可能性が考えられる。

離着陸地帯の境界表示及び吹き流しがなかったことについては、本事故の要因の一つと考えられるとともに、これらは安全運航する上で必要な基本的事項であることから、その重要性を再認識するとともに、運航受注者側と運航発注者側が安全に関して十分に意見交換できるような態勢を作る必要がある。

機長が進入時に気に掛けていた索道は、既に撤去されていた。この情報が正しく伝わっていれば、機長の進入方向に係る判断が変わっていた可能性が考えられる。申請を更新する際には、従前の申請内容と変わったところがないかということをよく確認した上で行うとともに、もし変更の要がある場合には確実にそれを申請内容に反映させる必要がある。(3.6)

#### (7) 着陸進入中のVRSの防止

着陸進入中にVRSに入ると、これから離脱するまでに必要な高度が不足することが一般的であるため極めて危険である。このため、着陸進入中は、VRSの境界内に入らないようにすることが極めて重要である。

降下率が誘導速度の約40%から約160%の間の降下率の状態、前進対気速度を誘導速度より小さくするとVRSに入りやすくなるため、この範囲での飛行を避ける必要がある。このため場周経路は、背風での高角度進入にならないように選定する必要がある。(3.7)

## 4.2 原因

本事故は、同機が着陸した際にハードランディングとなったため、搭乗者が負傷したものと推定される。

ハードランディングとなったのは、同機が、大きな降下率の中、前進対気速度を減少させ続けたため、吹き下ろし流がMRの外周で上面に回り込む大きな渦となるVRSの状態となり、CPを引き上げてもそれに応じた揚力を発生させることができず、降下率を減少させることができなかつたためと考えられる。

同機が、大きな降下率の中、前進対気速度を減少させ続けたのは、背風の中、高角度で進入し、そのまま着陸しようとしたことによるものと考えられる。

# 5 再発防止策

## 5.1 同社の再発防止策

同社は、事故発生後、再発防止策として、場外離着陸場の更新手続きを行う場合には、従前の申請内容と現状の相違点を確実に把握するように担当者に徹底するとともに、全国にある事業所を巡回し、操縦士を対象に次のような安全教育を行った。

### (1) セットリング・ウイズ・パワー（VRSと同義）

#### ① 概要

前進対気速度が誘導速度以下の状況で、降下率が誘導速度の40%以上になるとVRSに入りやすく、60%以上では非常に入りやすい。

#### ② 同社保有機種ごとの具体例

ベル式412EPの例：前進対気速度23kt以下、降下率935ft/min以上で入りやすく、1,400ft/min以上で非常に入りやすい。

#### ③ 防止策

前進対気速度25kt以下では700ft/min以上の降下をしない。

### (2) 転移揚力と地面効果

地面効果が得られない状況で減速すると、転移揚力（前進対気速度約15kt以上で生じるMRへの流入空気流の増大に伴う揚力増加）が失われた際に、適切な出力コントロールが必要となることに留意する。

### (3) その他の緊急処置

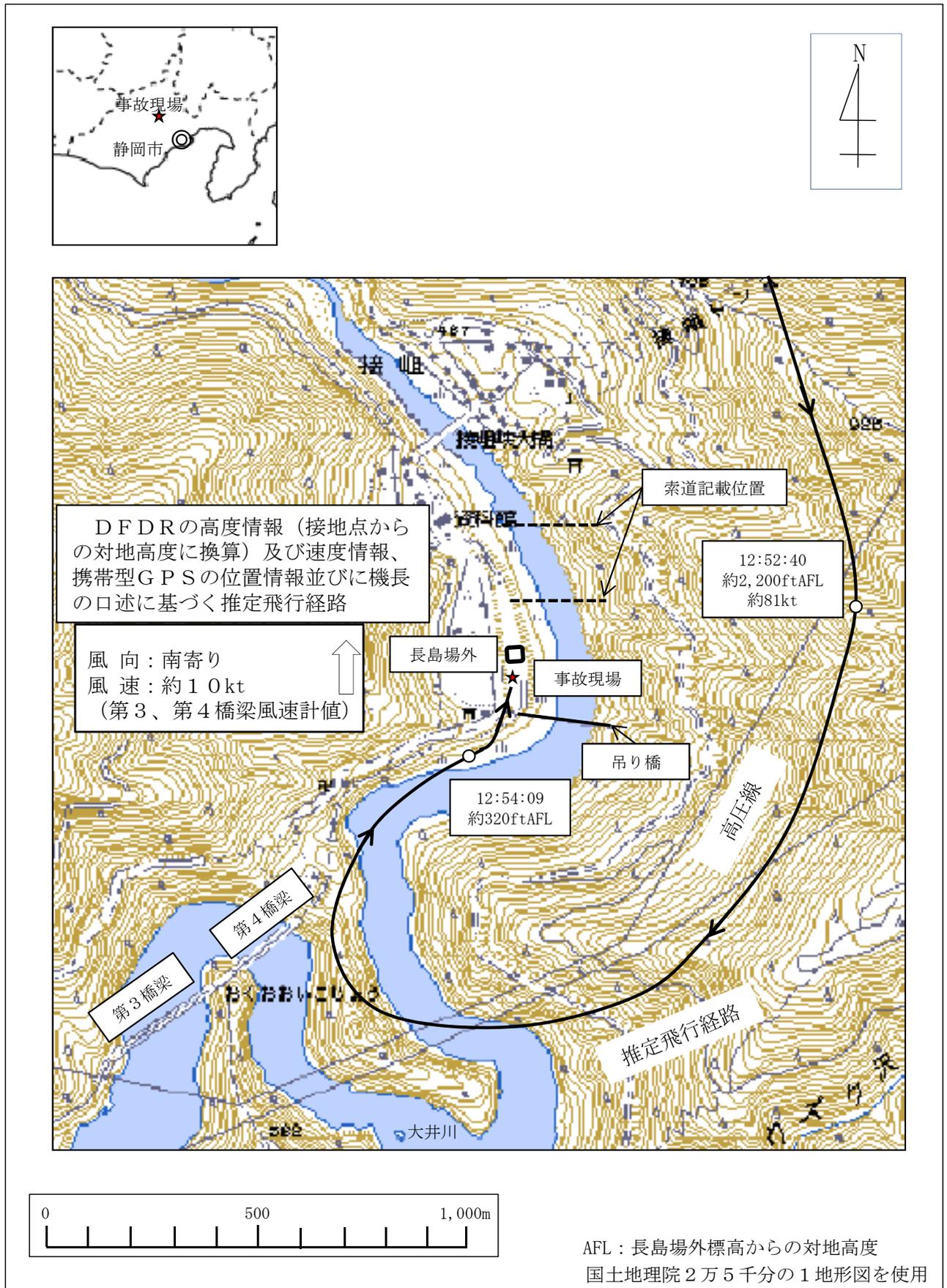
コレクティブ・バウンズ、ダイナミック・ロールオーバー、テールローター機能の喪失時の対処要領

## 5.2 中部地整の再発防止策

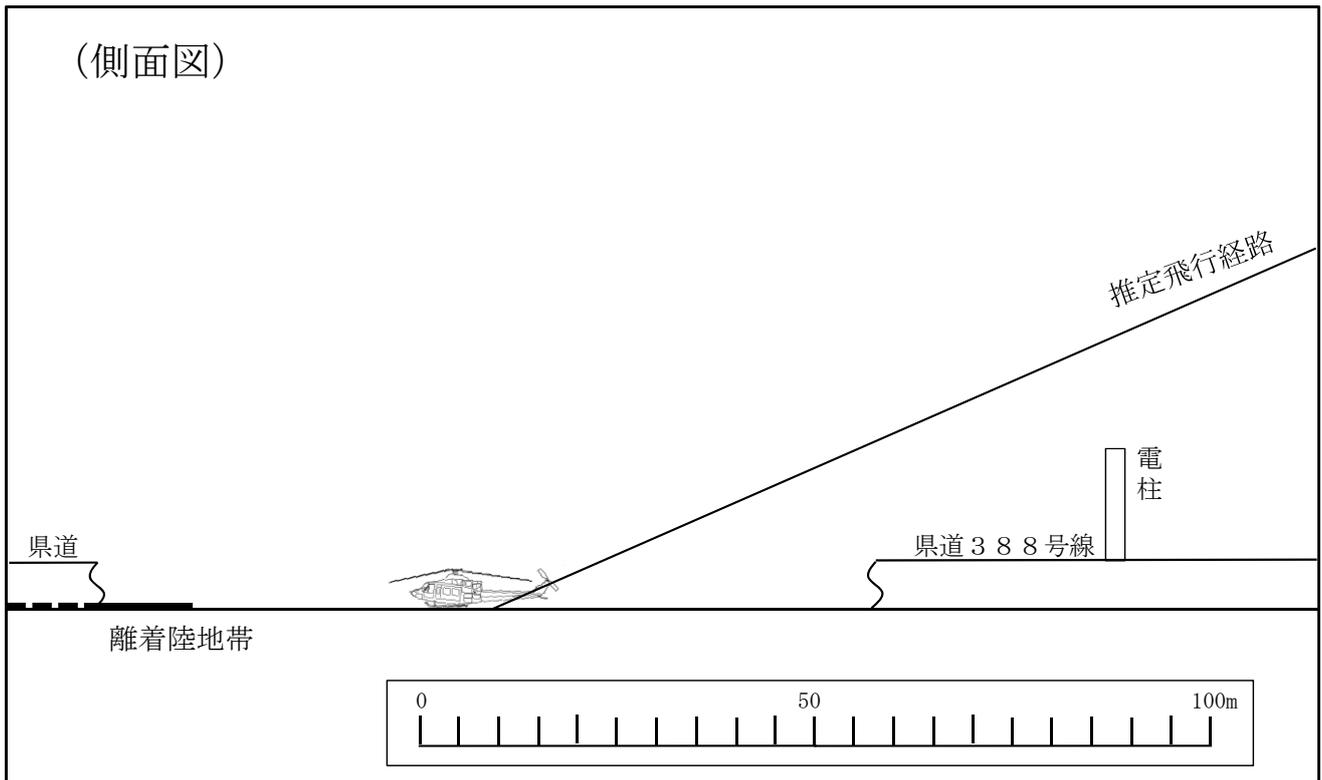
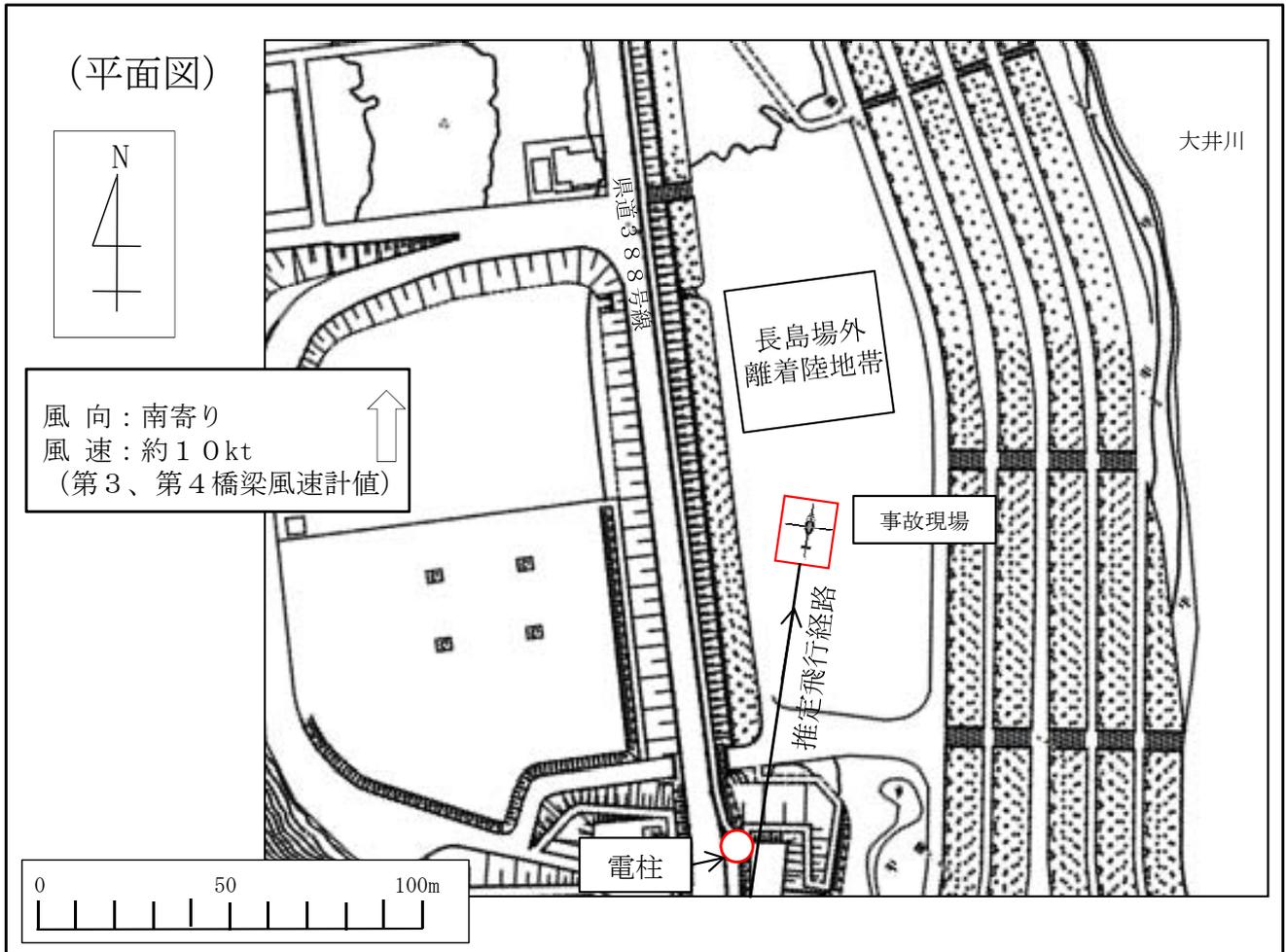
中部地整は、事故発生後、再発防止策として、次の事項を行った。

- (1) 回転翼航空機を使用する際に使用する者が作成することになっている「ヘリコプター使用計画書」に、新たに規定した「場外ヘリポート使用前チェック票」を添付して中部地整防災課に提出するように変更した。これにより、「活用マニュアル」に規定されている場外離着陸場を使用する際の準備（ヘリポートのマーキング、吹き流しの設置等を含む）が適切に行われることが回転翼航空機を使用する者（中部地整管内事務所長等）、運航担当課（中部地整防災課）及び運航受託者（運航会社）の間で事前に確認できるようにした。また、準備できない項目については、代替手段を記載するようにした。さらに、当日の準備状況等については、現場の監視員とヘリコプターとの情報交換を防災課経由で行い、確認できるようにした。
- (2) 再発防止策を文書で中部地整の局内に通知するとともに、中部地整管内事務所長会議で通知した。
- (3) ヘリコプターの使用に関する安全教育を中部地整管内事務所防災担当課長等会議の機会に行った。
- (4) 全国地方整備局等防災担当官・課長会議において、中部地整防災課長が事故後に行った再発防止策について発表し、他の地方整備局への情報提供と注意喚起をした。

# 付図1 推定飛行経路図

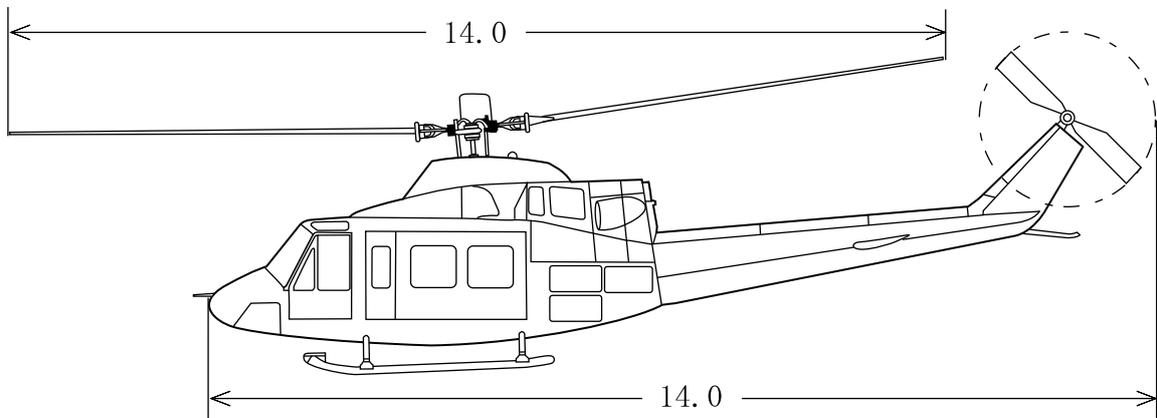
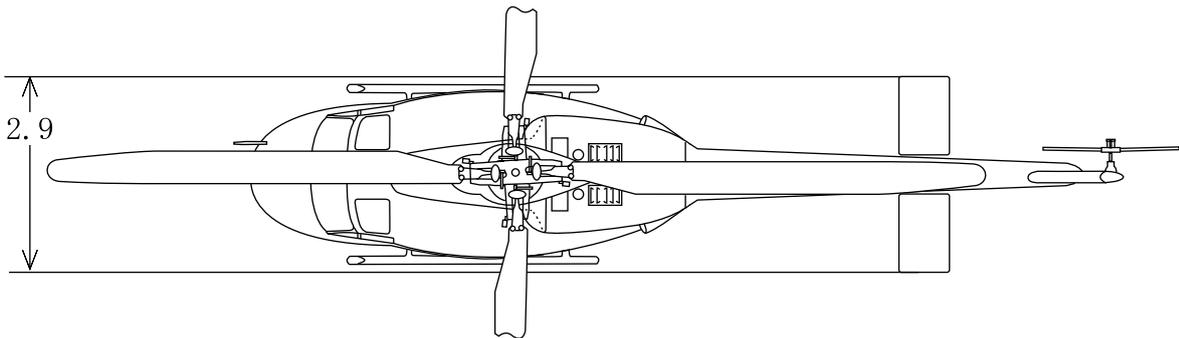
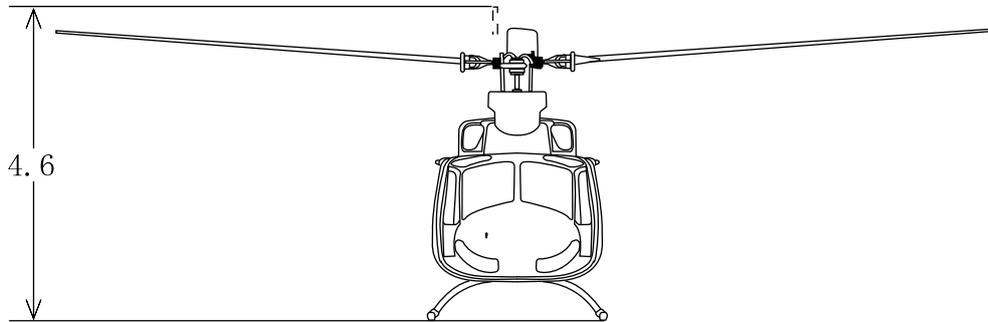


## 付図2 事故現場見取図

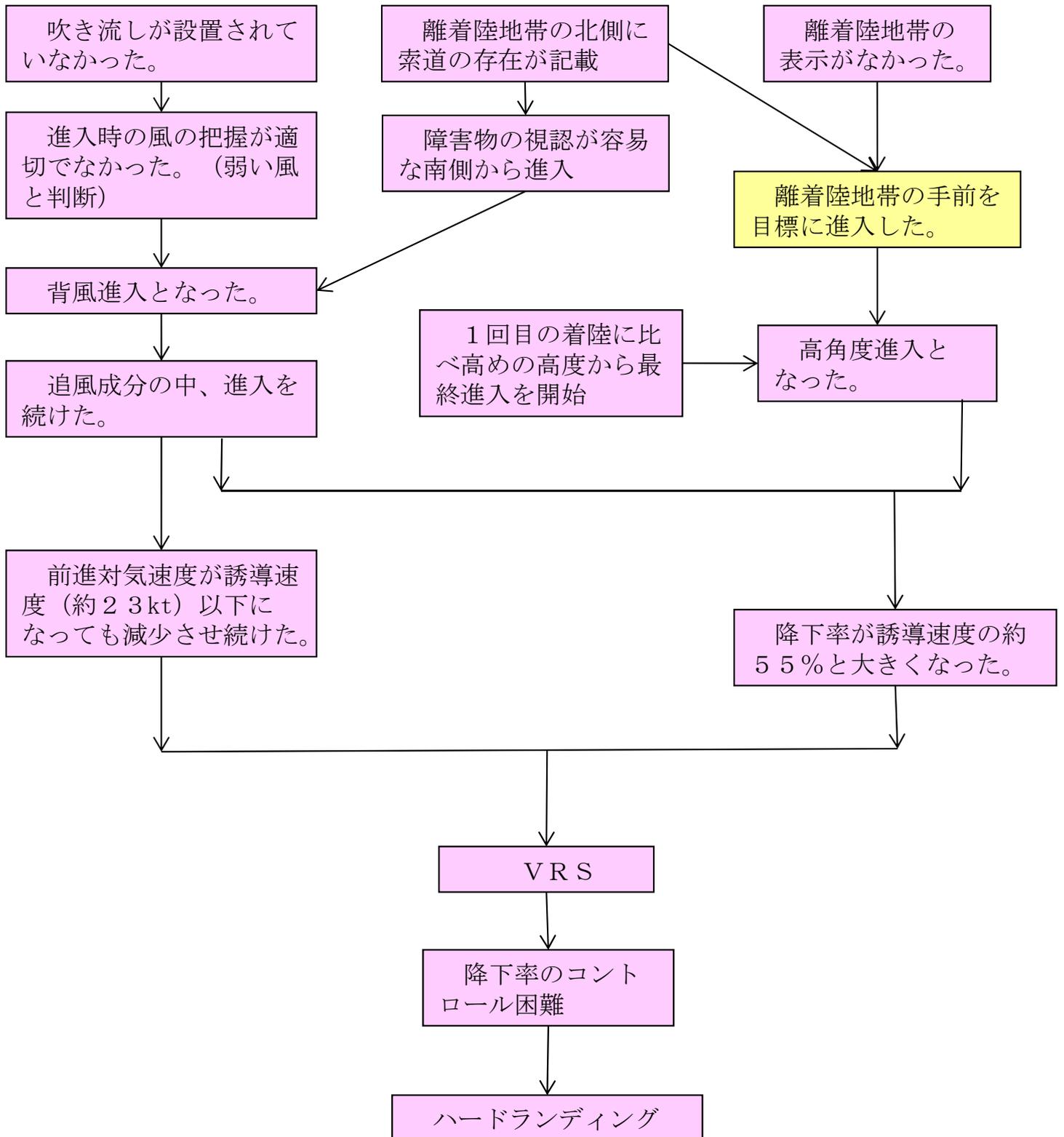


# 付図3 ベル式412EP型三面図

単位：m



付図4 事故要因の連鎖状況図

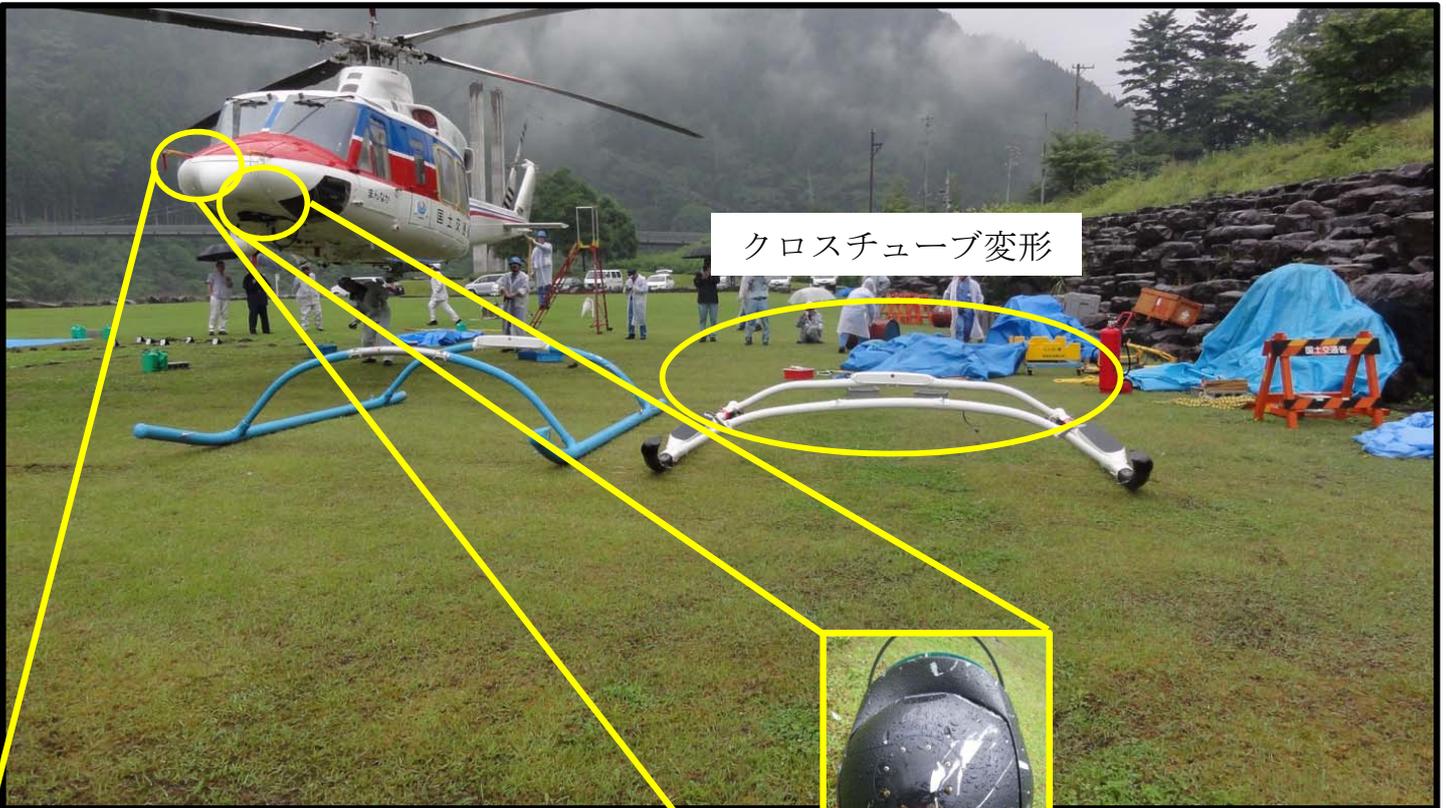


- 事故現場の状況、関係者の口述等からほぼ間違いのない事象
- 関連状況等から可能性が考えられる事象

# 写真 事故機



アンテナ類破損



クロスチューブ変形



赤外線カメラ脱落



操縦席床破損