

AA2011-4

# 航空事故調査報告書

I オールニッポンヘリコプター株式会社所属 JA31NH

II 全日本空輸株式会社所属 JA56AN

平成23年4月22日

運輸安全委員会

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 オールニッポンヘリコプター株式会社所属 JA 3 1 NH

# 航空事故調査報告書

所 属 オールニッポンヘリコプター株式会社  
型 式 ユーロコプター式EC135T2型（回転翼航空機）  
登録記号 JA31NH  
発生日時 平成19年12月9日 10時53分ごろ  
発生場所 静岡県静岡市葵区南沼上あおい みなみぬまがみ

平成23年 3 月 29 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	品 川 敏 昭	

## 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	外国の代表及び顧問	1
1.2.3	調査の実施時期	1
1.2.4	航空局への情報提供	2
1.2.5	経過報告	2
1.2.6	原因関係者からの意見聴取	2
1.2.7	調査参加国への意見照会	2
2	事実情報	2
2.1	飛行の経過	2
2.1.1	レーダー航跡記録による飛行の経過	3
2.1.2	同乗整備士の口述	3
2.1.3	目撃者の口述	4
2.1.4	関係者の口述	5
2.2	人の死亡、行方不明及び負傷	6
2.3	航空機の損壊に関する情報	6
2.3.1	損壊の程度	6
2.3.2	航空機各部の損壊の状況	6
2.4	航空機以外の物件の損壊に関する情報	6
2.5	航空機乗組員等に関する情報	7
2.6	航空機に関する情報	7
2.6.1	航空機	7
2.6.2	エンジン	7
2.6.3	重量及び重心位置	7
2.6.4	燃料及び潤滑油	8
2.6.5	同機のMRの反作用トルク	8
2.6.6	TRコントロール系統	8
2.7	気象に関する情報	9
2.8	飛行場及び地上施設に関する情報	9
2.9	事故現場及び残骸に関する情報	10

2.9.1	事故現場の状況	10
2.9.2	同機の損壊等の細部状況	10
2.10	医学に関する情報	11
2.11	人の生存、死亡又は負傷に係りのある捜索、救難及び避難等に関する情報	11
2.12	事実を認定するための試験及び研究	12
2.12.1	同ロッドの痕跡位置の測定	12
2.12.2	同型ロッド後端部の変位量及び曲げ荷重の測定	12
2.12.3	同ロッドの破断及びボール・ピボットの固着に関する独立行政法人物質・材料研究機構の見解	13
2.12.4	TRコントロール・ロッドの疲労強度に関する製造者の見解	15
2.12.5	同ロッドの破断に関する独立行政法人宇宙航空研究開発機構の見解	17
2.12.6	目撃者が撮影したビデオ映像による情報	19
2.12.7	同機の事故時のTR故障状態の操縦特性に関する調査	20
2.12.8	フェネストロン・サーボ・アクチュエーターのインプット・レバーの作動力の調査	22
2.13	同社の整備に関する情報	22
2.13.1	TRコントロールが円滑に動かなかった不具合に関する関係者の口述	22
2.13.2	ボール・ピボット及び同ロッドのねじ部の点検	24
2.13.3	ロックング・プレート	25
2.13.4	同系列型機に関するボール・ピボット及び同型ロッドねじ部の情報	29
2.13.5	同機の常駐基地	30
2.13.6	メンテナンス・マニュアル	30
2.14	機長の操縦に関する情報	32
2.14.1	同社の技能審査担当操縦士の口述	32
2.14.2	不具合発生場所付近の着陸場に関する情報	33
2.14.3	飛行規程	33
3	分析	35
3.1	航空従事者技能証明等	35
3.2	同機の耐空証明等	35
3.3	気象との関連	35
3.4	TR故障	36
3.4.1	TRコントロールが円滑に動かなかった原因	36
3.4.2	TR操縦不能の原因	36

3.4.3	同ロッド破断後のTRピッチ角	37
3.4.4	同ロッドが破断したことによる操縦への影響	38
3.5	同ロッド破断後の着陸	39
3.5.1	着陸場所の選択	39
3.5.2	墜落直前の操作	40
3.6	墜落時の生存要因	41
3.6.1	墜落場所	41
3.6.2	ショルダー・ハーネスの装着	41
3.7	ボール・ピボットの固着原因	41
3.8	同ロッドが破断に至った要因	41
3.9	同ロッドねじ部	42
3.9.1	緩み発生時期	42
3.9.2	亀裂発生時期	43
3.9.3	亀裂が発見できた可能性	44
4	結論	45
4.1	分析の要約	45
4.2	原因	47
5	意見	47
5.1	マニュアルに従った確実な整備作業の実施	48
5.2	操縦訓練における非常操作等の操縦訓練科目の適切な選定	48
5.3	ショルダー・ハーネスの装着	48
6	参考事項	48
6.1	本事故発生後、国土交通省航空局が講じた措置	48
6.2	本事故発生後、製造者が講じた措置	49
6.3	本事故発生後、同社が講じた措置	50
付図1	推定飛行経路図	51
付図2	ユーロコプター式EC135T2型三面図	52
付図3	TRコントロール系統	53
付図4	同ロッドの破断部及び作動範囲	54
付図5	目撃者が撮影したビデオの画像	55
写真1	事故機	56



写真2	同ロッドの痕跡	56
写真3	同ロッドの前方側破面	57
写真4	切断後のボール・ピボット	57
写真5	ロッキング・プレート	58

# 1 航空事故調査の経過

## 1.1 航空事故の概要

オールニッポンヘリコプター株式会社所属ユーロコプター式EC135T2型JA31NH（回転翼航空機）は、平成19年12月9日（日）、空輸のため、東京都東京ヘリポートから静岡ヘリポートへ向けて飛行中、10時53分ごろ、静岡県静岡市葵区南沼上あおい みなみぬまがみに墜落した。

同機には、機長のほか同乗整備士1名計2名が搭乗していたが、機長は死亡し、同乗整備士は重傷を負った。

同機は大破したが、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

航空・鉄道事故調査委員会は、平成19年12月9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 外国の代表及び顧問

本調査には、事故機の設計・製造国であるドイツの代表及び顧問並びに事故機エンジンの設計・製造国であるフランスの代表が参加した。

### 1.2.3 調査の実施時期

平成19年12月9日～13日	現場調査、機体調査及び口述聴取
平成19年12月18日～21日	機体調査及び口述聴取
平成20年1月11日	口述聴取
平成20年1月15日、16日	機体調査
平成20年1月15日～4月30日	テール・ローター・コントロール・ロッド及びボール・ピボットの調査
平成20年2月13日	機体調査及び口述聴取
平成20年2月25日	口述聴取
平成21年3月25日～27日	テール・ローター・コントロール・ロッド及びボール・ピボットの調査、操縦特性の調査
平成21年6月9日～12月7日	テール・ローター・コントロール・ロッド及びボール・ピボットの調査
平成22年1月21日	機体調査

平成22年 5 月 13日 機体調査  
平成22年 6 月 3 日～ 7 月 16日 機体調査

#### 1.2.4 航空局への情報提供

航空局に対し、事実調査で得られた情報として、平成19年12月10日、テール・ローター・コントロール・ロッドが破断していた事実を提供した。

#### 1.2.5 経過報告

平成21年1月30日、その時点までの事実調査結果に基づき、国土交通大臣に対して経過報告を行い公表した。

#### 1.2.6 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。

なお、機長については、死亡したため意見聴取は行わなかった。

#### 1.2.7 調査参加国への意見照会

調査参加国に対し、意見照会を行った。

## 2 事実情報

### 2.1 飛行の経過

オールニッポンヘリコプター株式会社（以下「同社」という。）所属ユーロコプター式EC135T2型JA31NH（以下「同機」という。）は、平成19年12月9日、空輸のため、機長が右操縦席、同乗整備士が前方左席に着座し、東京都東京ヘリポートを離陸し静岡ヘリポート（以下「同ヘリポート」という。）へ向けて飛行していた。

大阪空港事務所に通報された同機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：東京ヘリポート、移動開始時刻：10時00分、巡航速度：110kt、巡航高度：VFR、経路：小田原、目的地：静岡ヘリポート、所要時間：1時間30分、飛行目的：空輸、持久時間で表された燃料搭載量：2時間20分、搭乗者数：2名

その後、事故に至るまでの経過は、レーダー航跡記録、並びに同乗整備士、目撃者及び関係者の口述によれば、概略次のとおりであった。

### 2.1.1 レーダー航跡記録による飛行の経過

レーダー航跡記録によれば、同機は、09時59分ごろの東京ヘリポートから、10時30分ごろの芦ノ湖南端の南西約5km、高度約3,500ftの地点に至るまで捕捉されていた。

この飛行中、同機の最高高度は約4,000ft、速度は、巡航中120～130kt、上昇中100～110ktであった。

### 2.1.2 同乗整備士の口述

私は、操縦桿がない前方左席に着座し、シート・ベルト及びショルダー・ハーネスを装着していた。

同機は、大阪国際空港にある整備会社（以下「同整備会社」という。）へ空輸するため、途中で燃料補給を行う同ヘリポートに向けて飛行していた。私は空輸の経験は少なかったが、機長は今回の経路を過去に何度も飛行しているようだった。

芦ノ湖上空付近を過ぎたところで、突然、同機が揺れ始めた。やがて揺れが収まり、同機が機首を右に偏向し左に傾いた姿勢で落ち着いたところで、機長はラダーが効かないと言い、足元を見ると左一杯にラダー・ペダルを踏み込んでいた。

私は、助言を得るため、本社に電話し、ラダーが効かないことを報告した。また、同ヘリポートの基地にも同様の内容を電話により報告したところ、着陸時の安全を確保できるよう緊急時の対応をすることだった。これらのやり取りを機長に報告したところ、緊急時の着陸になるのでその対応を行うよう言われた。私は、同ヘリポートに着陸するよりも長い滑走路や河川敷に着陸する方が良いと思ったので機長にその旨を言ったが、機長は同ヘリポートに滑走着陸かオートローション着陸を試みようと思うと言った。

機長は、左のラダー・ペダルを一杯まで踏み込んだまま操縦していたが、私が同機の故障探求のためラダーを少し戻してみるように言ったので、ラダー・ペダルを少し戻してみると姿勢が悪化した。このため機長は、それ以降は再び左ラダー・ペダルを一杯まで踏み込んだまま操縦していた。機長の表情と声から、機長は冷静であるように感じられた。私は速度計も高度計も見えていなかったが、感覚的には速度も高度もほぼ一定で通常の巡航程度であった。

無線機器の操作は全て機長が行っていたので、機長が富士川滑空場と無線交信したかどうかについては覚えていない。

本社の整備管理課長から電話があり、私は、ラダー・ペダルが効かず同機の操縦に支障を来していることと、機長は同ヘリポートへの着陸を試みようとしていることを報告した。

途中で、No. 2エンジンに燃料を供給しているサプライ・タンクの低燃料量警報

灯であるLOW FUEL 2が点灯したが、これは同機が左に傾いているため右側のサプライ・タンクの燃料量が減少したことによるものであり、その旨機長に言った。それ以外に警報灯又は注意灯は点灯せず、計器指示も正常であった。

機長も私も、チェック・リストや飛行規程に記載されている非常操作手順を見ることはなかった。

やがて、同ヘリポートが見えてきた。本社の整備管理課長から電話があったが、電話をしている最中に、機長が同ヘリポートと交信を始めたので、急いで電話を切った。その後、同機は、高度か速度が変化し、すぐにゆっくりと右に回転していった。そこから先の記憶はなく、気付くと病院の病室にいた。

### 2.1.3 目撃者の口述

#### (1) 目撃者A

私は、事故当時、富士川滑空場にある富士川フライト・サービスにおいて無線通信を担当していた。10時35分ごろ、同機から、海岸線に沿って高度1,000ftで通過したいので付近を飛行している航空機の情報に要求する通信があったので、私は、付近を飛行している航空機はなく通過に支障はないことを回答した。その後、私は、同機が富士川滑空場上空を東から西へ飛行していくのを約1～2nmの距離で目撃した。同機の高度は約1,000ft、速度は約100ktで、機首を偏向し横滑り飛行をしていた。

#### (2) 目撃者B

私は、事故当時、事故現場の北約450mの位置から、飛行してきた同機をたまたまビデオ撮影していた。

同機は、ビデオ撮影を開始したとき、撮影地点の南東方向を西向きに飛行してきて、徐々に正面に向かってきた。同機は遅かった。同機は減速し、撮影地点からの見かけ上、事故現場方向に見える一番高い木の倍ぐらいの高さで空中停止したように見えた後、右に回り始め、回転しながら降下を始めた。同機は4回ぐらい回転しながら急激に降下し、林の向こう側に見えなくなった後、衝突音が聞こえた。

私は急いで同機が見えなくなった方向に向かい、事故現場に到着したところ、同機の座席に着座している女性が動いているのが見えた。メイン・ローター（以下「MR」という。）は回転していなかったが、エンジンは運転中の音が聞こえていた。火は見えなかったが近づくのは危険だと思い、沼の水辺から見ている。

やがて、駆けつけた救助隊等により女性は救助され、初めは搭乗していることに気付かなかった男性も救助されたが、その男性は全く動いていないよ

うに見えた。

### (3) 目撃者C（消防関係者）

私は、事故現場の北東約700mにある同ヘリポートの静岡県消防防災航空隊に勤務しており、事故当時、勤務中であつた。10時50分ごろ、防災ヘリコプターの運航を委託している会社から、テール・ローター（以下「TR」という。）の調子が悪い同機が着陸してくると連絡があつたので、すぐに事務所から駐機場に出てビデオ撮影を開始した。同ヘリポート管理事務所から消火器等の準備要請があつたので、それにも対応していた。

やがて、機首を右に偏向し横滑りしながら、明らかに通常とは異なる姿勢で進入してくる同機が見えてきた。目視してから程なく減速し回転しながら墜落した。隊員に119番通報を指示し、救急機材を積載した業務車両に他の隊員とともに搭乗し事故現場に向かった。

事故現場の沼地の水辺に到着し、左席に着座している人が動いているのを確認した。エンジンは運転中で爆発する可能性が考えられたので、近づこうかどうかちゅうちょしていたところ、同ヘリポートの基地から駆けつけた整備士2名が沼地に入っていったので、私たちもそれに続いた。彼らはエンジンを停止した。

左席の女性は、気を失ってはいなかったが話しかけても応答がない状態で、大きな外傷や骨折等はないように見えた。操縦席の男性は、前屈しており、サイクリック・スティックは身体の右側に見えた。身体を起こし、気道を確保し、動脈を触診したが脈はない状態だった。話しかけたが応答はなく、呼吸はしていなかった。男性は、シート・ベルトはしていたが、ショルダー・ハーネスはしていなかった。

2名の被救助者の状態を考慮し担架の到着を待つことにし、担架が到着後、女性をそれに固定して搬出し、続いて男性も同様に搬出した。

## 2.1.4 関係者の口述

### (1) 同ヘリポート管理事務所所長

10時45分ごろ、同ヘリポートにある同社から、TRが故障した同機が着陸してくるが、通常の着陸よりも不安定になる可能性があるので了解してほしいとの電話連絡があつた。不測の事態に備え、同ヘリポートに常駐している各航空会社に対し、消火・救助体制を要請し、10時49分ごろ、この体制の準備は完了した。

10時50分、同機から静岡フライト・サービスへの着陸情報の要求に対し、風向、風速と気圧を通報した。10時52分、同機から06方向に進入

するとの通信があった。いずれの交信も通常どおりで冷静さを失っているようには感じられず、緊急事態に関する情報はなかった。

## (2) 同機の飛行前点検を実施した整備士

私は、事故の当日、5時ごろから同機の飛行前点検を開始し、5時30分ごろに終了したが異常はなかった。同機は、新潟空港の基地に常駐しているため、ふだん、私が点検することはない。9時20分ごろから同機の空輸準備を開始し、9時40分ごろに完了した。

その頃機長が到着し、同機の外部点検を開始した。私が点検し記録した飛行前点検表を機長は確認し、私は特に異常はない旨報告した。9時45分ごろ機長及び同乗整備士は同機に搭乗し、同機は10時ごろ離陸した。

機長は、平成19年4月から東京ヘリポートの基地に勤務しているが、それまでは静岡ヘリポートの基地に数年間勤務していた。私はそのときに数回機長と一緒に飛行したことがあるが、機長は同ヘリポート付近の地形や気象について良く知っていた。

本事故の発生場所は、同ヘリポートの南西約800m（北緯35度1分5秒、東経138度24分15秒）で、発生時刻は、10時53分ごろであった。

(付図1 推定飛行経路図、付図2 ユーロコプター式EC135T2型三面図、写真1 事故機 参照)

## 2.2 人の死亡、行方不明及び負傷

機長が死亡し、同乗整備士が重傷を負った。

## 2.3 航空機の損壊に関する情報

### 2.3.1 損壊の程度

大 破

### 2.3.2 航空機各部の損壊の状況

胴体	破損
MR系統	破損
TR系統	破損

## 2.4 航空機以外の物件の損壊に関する情報

な し

## 2.5 航空機乗組員等に関する情報

機長 男性 57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 陸上多発タービン機	平成2年6月8日
第1種航空身体検査証明書	
有効期限	平成19年12月24日
総飛行時間	5,765時間56分
最近30日間の飛行時間	3時間15分
同型式機による飛行時間	391時間40分
最近30日間の飛行時間	0時間00分

## 2.6 航空機に関する情報

### 2.6.1 航空機

型式	ユーロコプター式EC135T2型
製造番号	0254
製造年月日	平成14年12月13日
耐空証明書	第東-18-510号
有効期限	平成20年1月8日
耐空類別	回転翼航空機 普通N又は特殊航空機X
総飛行時間	1,390時間45分
定期点検（800時間/3年点検、平成18年3月9日、同整備会社にて実施）後の飛行時間	368時間25分
定期点検（400時間及び12月点検、平成18年12月26日、同整備会社にて実施）後の飛行時間	224時間40分
特別点検（TRコントロール系統の点検、平成19年10月20日実施）後の飛行時間	45時間35分

### 2.6.2 エンジン

	No. 1 エンジン	No. 2 エンジン
型式	ツルボメカ式アリウス2B2型	
製造番号	32019	32024
製造年月日	平成14年8月28日	平成14年9月12日
総使用時間	1,390時間45分	1,390時間45分

### 2.6.3 重量及び重心位置

事故当時、同機の重量は2,521kg、重心位置は基準点後方4,274mm、中心線右54.5mmと推算され、いずれも許容範囲（最大全備重量2,835kg、事



故当時の重量に対応する重心位置範囲、基準点後方4,210～4,425mm、中心線左100mm～右100mm)内にあったものと推定される。

#### 2.6.4 燃料及び潤滑油

燃料は航空用ジェットA-1、潤滑油はモービル・ジェット・オイルⅡであった。

#### 2.6.5 同機のMRの反作用トルク

同機のMRは、同機を上から見ると、反時計回りに回転しているため、パワー・オンでの飛行中、同機の胴体には、そのときのエンジン出力に相応し時計回りに回転する、機首を右に偏向する反作用トルクが発生している。そのときTRは、MRの反作用トルクに対抗するため、機首を左に偏向する推力を発生している。

同機は、TRの推力を喪失した場合であっても、パワー・オンでの前進飛行ができるように、十分な前進飛行速度があるときに垂直安定板が機首を左に偏向する揚力を発生する。

なお、パワー・オフ飛行であるオートローテーション飛行中においては、エンジン出力は発生していないため、機首を右に偏向する反作用トルクはないが、機首を右に舵取りすることができるように、TRは機首を右に偏向する推力を発生する能力がある。

#### 2.6.6 TRコントロール系統

- (1) ボール・ベアリング・コントロールは、1本のプッシュ・プル・ケーブルであり、ラダー・ペダルの動きをフェネストロン\*1内部に位置するヨー・アクチュエーターまで伝達する。
- (2) ボール・ピボットは、フェネストロン前端部に取り付けられている球形ベアリングであり、ボール・ベアリング・コントロール後端部の中空軸の金具を支持しており、ボール・ピボットが自由にしゅう動することにより、これより後方のTRコントロール系統の偏角運動を可能にしている。
- (3) ヨー・アクチュエーターは、電力により連続的に作動し、ヨー方向の安定増大装置として機能する同機の基本装備品である。
- (4) TRコントロール・ロッド(以下「同ロッド」という。)は、フェネストロン内部に位置しており、同ロッド前端部の雄ねじは左ねじであり、ヨー・アクチュエーター後端部の雌ねじに締結される。両者の間には、両者の径よ

---

\*1 「フェネストロン」とは、垂直尾翼の中のダクトにTRを含んだ形状の反トルク・システムの一つである。

りも大きな径のロッキング・プレートが挟み込まれており、両者の締結部の端部は各々、ロッキング・プレート端部を折り曲げて固定するために切り欠かれている。ねじを締め付けた後、両者の径から突出しているロッキング・プレート端部を各々1箇所ずつ両者の側に折り曲げて固定し、同ロッドねじ部の緩みを防止する構造となっている。

- (5) フェネストロン・サーボ・アクチュエーターは、TRブレードのピッチ角を油圧により作動させるもので、TRハブ部分に取り付けられており、同ロッド後端部が、フェネストロン・サーボ・アクチュエーターのインプット・レバー先端部に取り付けられる。インプット・レバーは、機軸に対して左側に突き出ており、インプット・レバーが同ロッドに押されて後方側に変位したときにTRブレードは低ピッチ角となる。

TRブレードの最低ピッチ角位置でのブレード・ピッチ角については、2.6.5に記述したようにTRブレードは逆向きの推力も発生する必要があるため、逆ピッチとなっている。

製造者のマニュアルによれば、TRブレードのピッチ角の作動範囲は、機首を左に偏向する推力を発生する側を正(+)とすると、約 $-17^{\circ}$ ～約 $+35^{\circ}$ である。

- (付図3 TRコントロール系統、付図4 同ロッドの破断部及び作動範囲、写真5 ロッキング・プレート 参照)

## 2.7 気象に関する情報

- (1) 同ヘリポートにおける事故関連時間帯の気象の観測値は、次のとおりであった。

09時00分 天気 晴れ、風向  $160^{\circ}$ 、風速 1kt、視程 良好

12時00分 天気 晴れ、風向  $140^{\circ}$ 、風速 3kt、視程 良好

- (2) 事故現場の南西約1.4nmに位置する静浜飛行場における事故関連時間帯の航空気象の観測値は、次のとおりであった。

11時00分 風向  $270^{\circ}$ 、風速 1.3kt、卓越視程 1.0km以上、  
雲 雲量 1/8 雲形 積雲 雲底の高さ 3,000ft、  
気温  $13^{\circ}\text{C}$ 、露点温度  $2^{\circ}\text{C}$ 、  
高度計規正值(QNH) 30.01inHg

## 2.8 飛行場及び地上施設に関する情報

同ヘリポートは静岡市が管理している。同ヘリポートの滑走路は、長さ35m、幅30m、出発方向の磁方位は $050^{\circ}$  /  $230^{\circ}$ 、進入方向の磁方位は $060^{\circ}$  /

240°であり、標高は34ftである。周辺の地形については、北側、東側及び西側を低い山に囲まれており、南側のみ開けている。また、滑走路及び駐機場は高床式構造であり、舗装はアスファルト及びコンクリートである。駐機場は、磁方位040° / 220°方向の長さ約170m、幅約50mである。

## 2.9 事故現場及び残骸に関する情報

### 2.9.1 事故現場の状況

事故現場は、同ヘリポートから南西約800mの位置にある沼地であった。同機は、機首を磁方位約050°に向け、右に約20°傾き、沼地に停止していた。同機の周辺には、同機から分離した部品等が散乱していた。

(付図1 推定飛行経路図、写真1 事故機 参照)

### 2.9.2 同機の損壊等の細部状況

#### (1) 胴体、テール・ブーム及び着陸装置

胴体は、客室天井、前方窓、ドア、窓枠及びドア・フレーム等の客室の覆いが完全に脱落し、トランスミッション・デッキはメイン・ギアボックスと共に前方に約30°傾斜し、床構造は操縦席の後端付近で前後に破断しており、胴体左右の外板には縦にしわがあり、一部に亀裂があった。

テール・ブームは、胴体への取り付け部から屈曲し、テール・ブーム全体が左へ約30°偏向しており、フェネストロン下部は破損して亀裂があり、穴が開いていたが、その他については目立った損傷はなく、テール・ブームから後方部分の損壊の程度は、胴体の損壊の程度と比較すると相対的に小さかった。

着陸装置は、右スキッドの前方クロス・チューブとの取付部の前側に亀裂があったが、クロス・チューブの変形及びスキッドの左右への開きはなかった。

#### (2) MR系統

MRマストは、メイン・ギアボックスとともに前方に約30°傾斜しており、4枚のMRブレードは、いずれも根元部分で折損していた。

#### (3) TR系統

TRドライブ・シャフトは、メイン・ギアボックスから分離し、TRドライブ・シャフトを構成する各ドライブ・シャフト間のフレックス・カップリングは変形していた。

ボール・ベアリング・コントロールは、墜落による同機の変形のため一部が屈曲し、同機に取り付けられている状態では作動することができなかった。

が、同機から取り外したところ、固くはなっていたが作動することができた。  
ボール・ピボットは、しゅう動部が固着していた。

同ロッドは、ねじ部で破断しており、ロッキング・プレートは発見できなかった。

(付図3 TRコントロール系統 参照)

(4) エンジン・ドライブ・シャフト

エンジン・ドライブ・シャフトは、左右ともメイン・ギアボックスから分離していた。

(5) 燃料系統

メイン・タンクは、破損し、燃料は残留していなかった。

スプリット・サプライ・タンクのNo. 1チャンバー及びNo. 2チャンバー、並びに両エンジンの燃料フィルターは、泥水が混入していた。

(6) 座席

右操縦席は、座席全体に泥が付着していたが、右操縦席のショルダー・ハーネスは座席に取り付けられているイナーシャ・リールに巻き取られて格納されており、巻き取られていた部分には泥の付着がなく、事故時に使用されていた形跡はなかった。

前方左席は、ショルダー・ハーネスが引き出されており全体に泥が付着していた。

## 2.10 医学に関する情報

(1) 機長

静岡県警察による解剖鑑定書によれば、機長の死因は心臓損傷であり、鈍体との衝突によるものと推定された。

血液中からアルコールは検出されず、薬毒物検査の結果は陰性であった。

(2) 同乗整備士

同乗整備士は重傷を負った。

## 2.11 人の生存、死亡又は負傷に関係のある捜索、救難及び避難等に関する情報

目撃者C（消防関係者）及び静岡市消防本部指令課によると、事故発生後の救難等に関する情報は以下のとおりであった。

- |        |                             |
|--------|-----------------------------|
| 10時53分 | 目撃者C等から静岡市消防本部指令課へ119番通報    |
| 10時58分 | 目撃者C等は同ヘリポートの静岡県消防防災航空隊から出動 |
| 11時02分 | 目撃者C等は事故現場に到着               |
| 11時25分 | 同乗整備士を事故現場から搬送              |

- 1 1時34分 機長を事故現場から搬送
- 1 1時35分 同乗整備士を病院に収容
- 1 1時44分 機長を病院に収容

## 2.1.2 事実を認定するための試験及び研究

### 2.12.1 同ロッドの痕跡位置の測定

同ロッド破断部の後方下面において、黒色塗装が縦横約3mmの矩形状に剥げ落ち地金が露出し、更にそこから後方へ、幅約3mm、長さ約39mmの直線の筋状の擦過痕があった。同ロッドが接触していたフェネストロンの貫通孔の端部には、同ロッドの黒色塗料が付着し、そこに、同ロッドの地金が露出していた部分の位置を一致させるように、同ロッドの前後方向の位置を整合すると、フェネストロン・サーボ・アクチュエーターのインプット・レバーは、TRピッチ角が最低ピッチ角の位置であった。

フェネストロン・サーボ・アクチュエーターのインプット・レバー先端部の、最低ピッチ角の位置から最高ピッチ角の位置までの全行程での前後方向の変位は約93mmであり、最低ピッチ角の位置を0%、最高ピッチ角の位置を100%とすると、同ロッドの直線の筋状の擦過痕の最後方は、最低ピッチ角の位置から、同ロッドの前後方向に約42%に相当する位置であった。

(付図4 同ロッドの破断部及び作動範囲、写真2 同ロッドの痕跡 参照)

### 2.12.2 同型ロッド後端部の変位量及び曲げ荷重の測定

同ロッド後端部は、ラダー・ペダルの操作に伴い、インプット・レバーの回転軸を中心とする円弧上を変位する。前後方向の全行程約93mmを変位する際、左右方向には、最低ピッチ角の位置を基点とすると、高ピッチ側へ変位するのに従い、最大約23mm左側へ変位する。2.6.6(2)に記述したとおり、ボール・ピボットは、自由にしゅう動することにより、同ロッドの後端部が左右方向へ変位しても同ロッドに曲げ荷重が作用しないようになっている。

同機の固着していたボール・ピボットを、同型ロッド及びヨー・アクチュエーターと共に同型機に取り付け、同型ロッド後端部の左右方向への変位量及び曲げ荷重を測定した。

フェネストロン・サーボ・アクチュエーターの油圧が不作動のとき、インプット・レバー先端部の前後方向の位置は、最低ピッチ角の位置から約27%にあった。

固着していたボール・ピボットに取り付けた同型ロッド後端部の左右方向の位置は、油圧が不作動のときのインプット・レバー先端部の左右方向の位置におおむね一致した。

この状態で、同型ロッド後端部に荷重計を取り付け、この位置を水平方向に左へ最大変位させるのに必要な曲げ荷重を測定したところ、高ピッチ側へ変位するほど大きくなり、最大で約5 Nであった。比較のため、固着していないボール・ピボットで同様の測定を行ったところ、ピッチ角の値にかかわらず常に約1.5 Nであった。

(付図4 同ロッドの破断部及び作動範囲 参照)

## 2.12.3 同ロッドの破断及びボール・ピボットの固着に関する独立行政法人 物質・材料研究機構の見解

同ロッドの破断及びボール・ピボットの固着の原因を調査するため、独立行政法人 物質・材料研究機構（以下「NIMS」という。）に、同機から取り外した同ロッド及びボール・ピボットについて詳細な調査を依頼した。

その報告書によれば、同ロッドの破断及びボール・ピボットの固着に関する調査結果は以下のとおりであった。（要約）

### (1) 同ロッドの破断原因

- ① 同ロッドに使用されている材料は、同機の製造者であるユーロコプター・ドイツ社（以下「製造者」という。）からの情報によれば、DIN規格（ドイツ工業規格）のアルミニウム合金であり、同ロッドの材料成分分析、硬さ測定及び組織観察による材料調査から、材料は健全であるものと認められる。
- ② 同ロッドの破断部は、外観から、ねじ部において、同ロッドの軸方向に対してほぼ垂直に破断している。破断部の直径は8.9 mmであり、製造者からの情報に一致していることから、破断部ではほとんど塑性変形を起こしていない。
- ③ 同ロッドの前方側破面の電子顕微鏡による低倍率観察により、同ロッドの下方から右に約60°傾いた方向の表面を中心とし、疲労破壊の特徴である放射状模様が観察されたことから、同ロッドの破壊起点は、この表面であったものと認められる。破壊起点～約5 mmまでは粗い様相であり、それより先の深い亀裂領域では比較的平坦な様相であった。
- ④ 同ロッドの前方側破面の電子顕微鏡による高倍率観察により、破壊起点～約5 mmまでは、通常、疲労破壊の初期における比較的亀裂進展速度が遅い領域に観察される組織に依存した様相が全体的に観察され、一部にス

ストライエーション<sup>\*2</sup>も観察された。約5mm～約8.6mmは、ストライエーションが多く部分を占め、一部にディンプル<sup>\*3</sup>が混在する様相が観察された。約8.6mm～8.9mmの狭い部分は最終破壊のシャーリップ<sup>\*4</sup>領域であり、主にディンプルが観察された。以上のとおり、破面の大半は疲労破壊の様相が観察された。

- ⑤ ストライエーション間隔は1回の荷重による亀裂進展量に対応するので、仮に1μmのストライエーションが同ロッドの破面全体の8.9mmに形成されたとすると、繰り返し荷重回数は、8,900回となる。しかし、亀裂が破壊起点から約5mmより浅く、組織に依存した領域の亀裂進展速度はストライエーション領域より遅くなることを考慮すると、実際の繰り返し荷重回数は、8,900回より大きくなる。さらに、亀裂発生に要した繰り返し荷重回数も加わることを考慮すると、同ロッドに作用した繰り返し荷重回数は、数万回以上であったものと推定される。
- ⑥ 同ロッドの破断原因については、繰り返し荷重回数及び亀裂進展方向から、垂直成分及び水平成分が複合した振動による繰り返し曲げ荷重が作用し、疲労破壊したことによるものと考えられる。

(写真3 同ロッドの前方側破面 参照)

## (2) ボール・ピボットの固着原因

- ① 固着したボール・ピボットの半分をエポキシ樹脂で固定し、固定部と非固定部との境界に沿って水及び油を使用せずに切断し、非固定部を分解した。外側リングと内側リングは容易に外れた。
- ② 外観から、内側リングと外側リングとの接触面には腐食が観察されるが、リング外周部には特に目立った腐食の痕跡は認められなかった。
- ③ エポキシ樹脂で固定したリング接触面の断面を顕微鏡観察した結果、銅基合金である内側リングに腐食は観察されず、鉄基合金である外側リングにのみ腐食の痕跡が観察された。
- ④ 外側リング接触面の腐食原因は、異種金属接触腐食又は隙間腐食によるものと推定される。
- ⑤ これらのことから、ボール・ピボットの固着原因については、外側リング接触面の腐食により生成された赤さびが両リングの隙間で体積膨張

\*2 「ストライエーション (striation)」とは、疲労破壊の特徴として破面に観察される細かいしま模様のことである。

\*3 「ディンプル (dimple)」とは、引張強度を越えて延性破壊する際に生じた微小空洞の痕跡である細かい無数の穴のことである。

\*4 「シャーリップ (shear lip)」とは、延性破壊の最終部分に観察される引張方向に盛り上がった部分のことである。

したため、両リングの動きが拘束されたことによるものと推定される。  
(写真4 切断後のボール・ピボット 参照)

#### 2.12.4 TRコントロール・ロッドの疲労強度に関する製造者の見解

TRコントロール・ロッドの疲労強度に関する製造者の見解は以下のとおりであった。(要約)

##### (1) 解析

① 本事故後、振動計測飛行試験に基づき、ヨー・アクチュエーターの振動に関して、同型ロッドに対する疲労評価がなされた。

a 同系列型機の同型ロッドは、2004年5月、ねじ部の緩みと破損が見付かったため、2005年2月、新造機について、緩み発生防止を改善した新型ロッドに変更された。

同型ロッドは、ねじ部がアルミニウム合金製で、ロッキング・プレート端部を折り曲げて固定されていたが、新型ロッドは、ねじ部が鋼製で、接触面に溝が刻まれているリテーナー・ナット及びロッキング・ワッシャーを組み立てて固定されるものに変更された。

b 新型ロッド及びヨー・アクチュエーターの組立部品の固有振動数は、解析によると、ボール・ピボットが通常の状態では41Hz、固着した状態では56Hzである。

ボール・ピボットが通常の状態では新型ロッドが取り付けられた同系列型機を使用し、振動計測飛行試験を実施した。ヨー・アクチュエーターに加速度計を取り付け、計測した結果、26.3Hz(MR回転数の4倍)、52.6Hz(MR回転数の8倍)、60Hz(TR回転数)及び120Hz(TR回転数の2倍)に加速度のピークが計測された。

ボール・ピボットが通常の状態では、新型ロッド及びヨー・アクチュエーターの組立部品の固有振動数は上記の機体振動数のいずれのピークとも隔たりがあるが、固着した場合には、固有振動数が、上記の機体振動数52.6Hz及び60Hzに接近し、共振現象により荷重が増大する可能性がある。

なお、新型ロッド及び同型ロッドにおいて、質量はほとんど一致しており、剛性も同様であることから、両者は動力的見地から同等である。

c bに記述した計測値から最大振幅値が算出される。ボール・ピボットによる支持位置から同型ロッド後端部までをはりと仮定し、この最大振幅値が、このはりのねじ部位置でのたわみとなるものと仮定すると、この位置での集中荷重として曲げ荷重が算出される。この曲げ荷重による



同型ロッドねじ部の応力は疲労強度より小さい。

よって、同型ロッドねじ部は、ボール・ピボットが通常の状態にあつては、機体振動に対して十分な疲労強度を有している。

- ② 本事故後、ボール・ピボットは固着しているものと仮定し、TRコントロール・ロッドに対する疲労解析がなされた。

ボール・ピボットの固着は、TRコントロール・ロッドに付加的な曲げ荷重を作用させる。

- a 新型ロッド及びヨー・アクチュエーターの組立部品の水平方向変位荷重を測定するため、固着しているボール・ピボットを取り付けた同系列型機を使用して試験が実施された。

測定結果は、新型ロッド後端部を左右方向に20mm変位させたところ9Nであった。

- b aに記述した測定結果及びTRコントロール・ロッドのねじ部に使用されている材料のS-N曲線<sup>\*5</sup>から、製造者の安全寿命評価手法を適用して、高周波荷重及び地-空-地荷重の荷重スペクトル<sup>\*6</sup>に基づき、ボール・ピボットが固着しているものと仮定して、荷重スペクトルの対数正規分布<sup>\*7</sup>及びマイナー則<sup>\*8</sup>を用いて、TRコントロール・ロッドに対する疲労寿命を導き出した。

TRコントロール・ロッドのねじ部の疲労寿命は、ボール・ピボットが固着している場合、同型ロッドは3,211飛行時間と推算された。なお、新型ロッドは、同様の解析により53,696飛行時間以上と推算された。

- ③ ①bに記述した機体振動数との共振現象により同ロッドに作用する荷重が増大する可能性を考慮すると、同ロッドは、3,211飛行時間より短い時間で疲労破壊が進行し破断に至るものと推定される。

- ④ 同ロッドの破面の電子顕微鏡による観察結果から、破壊起点付近では、破壊の形態は腐食疲労による亀裂の進展を示している。破壊起点から約

---

\*5 「S-N曲線 (S-N curve)」とは、縦軸に応力振幅 (Stress amplitude)、横軸に繰返し回数 (N) の対数の目盛りで描いたグラフのことであり、材料がどれくらいの繰返し応力に耐えられるか、どれくらいの回数を与えるとどれくらいの応力で破断するのかを示している。

\*6 「高周波荷重及び地-空-地荷重の荷重スペクトル (The Load spectra for High Frequency Loads and Ground Air Ground Loads)」とは、製造者が疲労寿命を推算する解析に使用した各荷重振幅ごとに繰返し回数を配列したデータのことである。

\*7 「対数正規分布 (Log-normal Distribution)」とは、平均値の付近に集積するようなデータの分布を表した連続的な変数に関する確率分布のことであり、統計学、自然科学及び社会科学の様々な場面で広く見られる。

\*8 「マイナー則 (Miner's Rule)」とは、線形累積損傷則のことであり、疲労強度解析に広く用いられている解析手法である。

0.7mmの距離から、破壊の過程は疲労によるものに変化し、破壊起点と反対側の縁まで約0.4mmを残した距離までは、ストライエーションが観察できる。最後の約0.4mm幅の非常に狭い範囲でのみ、延性破壊を示している。また、破壊起点付近の破面の材料成分分析結果から、酸素及び塩素が検出された。

## (2) 同ロッドが破断に至った要因

同ロッドは、破面の解析から金属疲労により破断した様相を示していたが、ボール・ピボットが固着していない場合は、同ロッドのねじ部が緩んでいても、これらの荷重に対して十分な疲労強度を有しており、疲労破壊は起こらない。

ボール・ピボットが固着すると、操縦士が左ラダー・ペダルを踏み込みTRコントロールを高ピッチ角側に操作した状態でラダー操作した場合、同ロッドへの曲げ荷重は増大し、この状態においてヨー・アクチュエーターが作動することにより、同ロッドへの曲げ荷重は更に増大する。また、この状態では、同ロッドに機体振動による共振現象が発生し、同ロッドには疲労強度を超える繰り返し曲げ荷重が作用し、3,211飛行時間より短い時間で疲労破壊が進行し破断に至ったものと推定される。

### 2.12.5 同ロッドの破断に関する独立行政法人 宇宙航空研究開発機構の見解

2.12.3に記述したNIMSの調査報告書、及び2.12.4に記述した製造者からの入手資料を独立行政法人 宇宙航空研究開発機構（以下「JAXA」という。）に提示し、同ロッドの破断原因を推定するため、TRコントロール・ロッドの疲労強度に関する製造者の情報の確かさについて見解を聞いた。

その報告書によれば、同ロッドの破断に関する見解は以下のとおりであった。

(要約)

製造者の解析手法については、おおむね妥当であるものと考えられる。

製造者の解析によれば、同ロッドは、ボール・ピボットの固着及びねじ部の緩みが発生している条件では、3,211飛行時間の疲労寿命がある。これには、腐食環境による影響は考慮されていない。腐食による影響を考慮した場合、この疲労寿命が短くなる可能性があるが、検討資料がないため、疲労寿命が50飛行時間を下回るか否か<sup>\*9</sup>については判断することができない。

---

\*9 「疲労寿命が50飛行時間を下回るか否か」とは、2.6.1及び2.13.1(1)に記述している平成19年10月20日に実施されたTRコントロール系統の特別点検から事故発生までの飛行時間45時間35分以内の疲労寿命であったか否かのことを指しているものである。

(1) 破壊起点の形成原因

N I M S 及び製造者の破面観察結果によれば、破壊起点に腐食ピット等の腐食による損傷は見られないことから、破壊起点の形成に対して腐食環境が与えた影響は小さかったものと考えられる。同ロッドねじ部の破壊起点の形成原因については、ねじ部の緩みによる可能性が考えられる。

(2) 破壊起点形成後から目視可能な亀裂に至るまで

製造者の破面観察結果より、破壊起点近傍に腐食生成物が見られることから、目視可能な亀裂に至るまでの初期の亀裂進展に対しては、腐食環境により、通常では亀裂進展を生じない低い応力レベルでの亀裂進展、又は通常よりも急速な亀裂進展を生じた可能性が考えられる。

(3) 目視可能な亀裂から破断まで

破壊力学の観点から下記に示すように、約 50 飛行時間でも破断に至るものと考えられる。

① サイクル数

破面観察の結果から、亀裂進展を生じる応力レベルの振幅が少なくとも 8,900 サイクル程度加わっている。応力レベルが支配的となる操縦士の操舵が 25,000 回（1 飛行時間当たり 500 回<sup>\*10</sup> × 50 飛行時間）ということ を考慮すれば、8,900 サイクルは十分に発生し得る回数である。

② 応力レベル

破面の状態から、推定される応力レベル振幅は、下記を考慮し、製造者の資料に基づけば、十分に発生し得る応力レベルである。

- a 同ロッドねじ部の緩みによる応力集中
- b ボール・ピボットの固着による応力レベルの増加
- c 機体振動との共振による応力レベルの増加

製造者の解析から、ボール・ピボットが固着していない状態では同ロッドに作用する応力レベルは非常に小さいことが分かる。また、同ロッドのねじ部に緩みがないと応力集中が発生しない。よって、ボール・ピボットの固着及び同ロッドねじ部の緩みは、破断の原因となる応力レベルの発生の主要因と考えられる。

(4) 緩みの発生時期と同ロッドが破断した約 46 飛行時間前に実施された T R コントロールシステムの特別点検時期との関係についての考察

(3)に記述したように、目視可能な寸法の亀裂が破壊に至るまでに要する

---

\*10 「1 飛行時間当たり 500 回」とは、製造者の解析から引用したものである。

時間が、50飛行時間を下回る可能性がある。次に、(2)に記述したように、損傷の形成から目視可能な亀裂に至るまでの期間については、資料がなく判断することができない。(1)の記述から、破壊起点の形成要因としては、ねじ部の緩みによる可能性が考えられるが、破壊起点の形成及び目視可能な亀裂に至るまでの期間を推定することができないことから、緩みが発生した時期が、約46飛行時間前に実施されたTRコントロールシステムの特別点検時以前であったか否かについて断定することはできない。

## 2.12.6 目撃者が撮影したビデオ映像による情報

### (1) 同機の飛行状態

目撃者Bが撮影したビデオ映像Aには、同機が樹木に隠れて見えなくなった後に、墜落した時の衝突音が録音されている。音速を約340m/sとすると、事故現場とビデオ映像Aの撮影位置との間の距離約450mから、衝突音がビデオ映像Aの撮影位置まで伝播する時間約1.3秒が算出されるため、ビデオ映像Aに撮影されている同機の状態は、墜落のおよそ何秒前であるかが特定できる。また、撮影している方位及び同機の推定飛行経路の方位から、ビデオ映像Aに撮影されている同機の機首方位等が特定できる。一方、目撃者Cが撮影したビデオ映像Bの同機の状態は、ビデオ映像Bの撮影位置からの同機の方位と、ビデオ映像Aの撮影位置からの同機の方位とを考慮した上で、ビデオ映像Aの同機の状態と比較することにより、墜落のおよそ何秒前であるかが特定できる。このようにして時間を特定した結果は以下のとおりである。

ビデオ映像Aは墜落約58秒前から撮影され、同機は右前方部をビデオ・カメラAに向け画面の右に向けて飛行している。同機は、徐々に機首方位を変え、墜落約48秒前にはビデオ・カメラAに正面を向け、その後、左側面をビデオ・カメラAに向けている。この間、同機の姿勢は機首下げであったが、その後、機首上げに変化し、再び機首が下がり始め、墜落約11秒前には大きく機首下げとなっているが飛行方向へは増速せず、緩やかに右への回転が始まっており、墜落約5秒前から右回転しながら急激な降下が始まっている。

この墜落約5秒前に急激な降下を開始するときの同機の高度は、見かけ上、画面に映っている樹木の約1.7倍の高さに見える。回転を開始してから墜落約2秒前に樹木に隠れるまでに約3.5回転している。

ビデオ映像Bは墜落約21秒前から撮影され、そのとき同機は、機首を右に偏向し横滑りしながらビデオ・カメラBに向けて飛行している。そのまま

の方位及び姿勢でゆっくり接近し、墜落約10秒前には大きく機首下げとなっているが高度一定のまま右への回転が加速している。高度一定のまま墜落約8.5秒前にはほぼ反転し、回転が加速していき墜落約4秒前に、同機の撮影を終了している。

(付図5 目撃者が撮影したビデオの画像 参照)

## (2) 墜落前の高度

(1)に記述したとおり、墜落約5秒前に同機が急激な降下を開始するときの同機の高度を、見かけ上、画面上の樹木の1.7倍とすると、事故現場と撮影位置との間の距離約450m、樹木と撮影位置との間の距離約95m、及び樹木の高さ約7.8mから、墜落約5秒前の同機の高度は、約63mと推算される。

## 2.12.7 同機の事故時のTR故障状態の操縦特性に関する調査

同機の事故時のTR故障後の操縦特性を調査するため、製造者の協力を得て、同系列型機による飛行調査及び模擬飛行訓練装置による調査を実施した。これらの調査結果は以下のとおりであった。

### (1) 同系列型機による飛行調査

機体構造の損傷又は墜落の危険が生じるおそれのない範囲で飛行調査を実施した。

① 同機はTR故障後TRピッチ角が最低ピッチ角にとどまっていたものと推定し、上空において右ラダー・ペダルを最大位置まで踏み込むことにより、同機の事故時のTR故障状態を模擬しているものと仮定した。約80～100ktで巡航飛行を実施した際、飛行方向に対して機首は右に約30°～45°偏向し、機体は左に約20°～30°傾いたが、飛行方向を目標に向ける操縦は可能であった。

② 製造者によるTR故障時の緊急操作訓練手順を確認した。

TRが故障した場合、まず第一に十分な高度を維持したまま、機体に発生した状況を解析する。そのためラダー・ペダルから足を離し、10kt刻みで徐々に減速していき、40ktまで減速したら300fpmで降下を開始し、機体の挙動を確認する。この状況で機首が左に偏向しているのであれば、低角度進入を継続し滑走着陸を選択する。機首が右に偏向しているのであれば、再度増速し、十分な速度及び高度を維持したまま滑走路上空まで進入し、オートローテーション着陸を選択する。

この飛行調査では、着陸地表面近くまで進入降下し、オートローテーションではパワー・リカバリーし、滑走着陸では復行した。

- ③ 製造者によれば、本来のオートローテーション着陸手順は以下のとおりである。なお、エンジンを停止する本来のオートローテーション着陸手順については説明のみであり、実施していない。

オートローテーション着陸では、着陸地表面近くでコレクティブ・レバーを引き上げてフレアし、降下率を減少する操作ができるように、オートローテーション降下中にエンジン停止操作を実施する必要がある。しかし、早い時期にエンジン停止操作を実施する必要はなく、滑走路上空で70ktでのオートローテーションを開始し、機体が安定して滑走路に着陸できることを確信してから、エンジン停止操作を実施する。もし、オートローテーションに移行した位置が悪く滑走路に着陸できそうにないと判断した場合は復行する。

- ④ 復行は、70ktを維持したまま緩やかにコレクティブ・レバーを引き上げる。本飛行調査のように右ラダー・ペダルを最大位置まで踏み込んだ状態で復行する場合、低速のままエンジン出力を大きく増加して上昇しようとすると、機首の右への偏向が大きくなり回転に移行するおそれがあるため、回転に移行せぬようエンジン出力を緩やかに増加することに留意しながら、まず十分に増速し、速度を保持したまま上昇する必要がある。

しかし、機体は横滑りしていることから、機体の受ける空気抵抗は大きく、速度を保持するためにより大きなエンジン出力を要することから、十分な上昇率を得ることが困難であり、復行には広い空域が必要であった。

## (2) 同系列型の模擬飛行訓練装置による調査

(1)に記述した実機による飛行調査で実施できない状況も含めて、模擬飛行訓練装置による調査を実施した。

模擬した状況は、無風の環境で、事故時の機体重量とし、右ラダー・ペダルを最大位置まで踏み込むことにより、同機の事故時のTR故障状態と仮定した。

- ① 約40kt～120ktの範囲で巡航飛行が可能であった。約120ktでは、飛行方向に対して機首は右に約30°偏向し、機体は左に約20°傾き、出力はほぼ連続最大出力を要した。40ktを切ると速度は急激に低下し右回転に移行した。
- ② 滑走路へのオートローテーション着陸を実施した。オートローテーションに移行すると横滑りがなくなり目標地点に向かう操縦が容易になった。
- ③ 70ktで低角度進入する滑走路へのパワー・オン滑走着陸は可能であったが、横滑り状態で、速度、出力、飛行方向を調整しながら滑走路への着陸進入は困難があった。

- ④ ヘリポートへのオートローテーション着陸は、定点への進入となり困難なため断念した。
- ⑤ 復行は、2.12.6(2)に記述したとおり、墜落約5秒前の同機の高度は約63mと推算されることから、40ktで進入中の約200ftの高度で実施した。徐々に出力を増加して約70ktまで増速した後、連続最大出力まで増加し、辛うじて上昇した。直進での上昇は、機体が左に約30°傾き、横滑りによる空気抵抗の増加により十分な上昇率が得られないため、この傾きを約10°に減じて緩やかに右旋回しながら上昇すると、約200fpmの上昇率が得られた。意図する飛行経路を描くのは困難であり、広い空域が必要であった。
- ⑥ 旋転移行後の回復操作を試みた。40ktから減速するとすぐに速度計は0近くまで低下し緩やかに右旋転に移行した。コレクティブ・レバーを下げてサイクリック・スティックを前に押し、機首を下げ、増速して旋転を止めるのに要する高度は、約30°旋転した後では約300ft、約40°では約500ft、約90°では約1,500ftであった。

## 2.12.8 フェネストロン・サーボ・アクチュエーターのインプット・レバーの作動力の調査

製造者において、同系列型機の整備訓練用モックアップ・モデルによるフェネストロン・サーボ・アクチュエーターのインプット・レバーの作動力の調査を実施した。

整備訓練用モックアップ・モデルの油圧システムを作動させてフェネストロン・サーボ・アクチュエーターのインプット・レバーの動きを手で確認したところ、インプット・レバーは極めて軽い力で動き、動き出すと手を離してもそのまま動き続けた。

## 2.13 同社の整備に関する情報

### 2.13.1 TRコントロールが円滑に動かなかった不具合に関する関係者の口述

#### (1) 同機の常駐基地の整備士

新潟空港にある同機の常駐基地で日常的に同機の整備を担当しているが、同機に搭乗した複数の操縦士から、運航を開始した直後にラダー・ペダルを操作したときに、一瞬何となく違和感を感じたという話を何回か聞いていた。記憶にある最初の情報は、平成19年7月に同機に搭乗したときの操縦士からの、ラダー・ペダルに一瞬だけ違和感を感じたが具体的な症状は分からないというものだった。また、同年8月18日には、A機長からラダー・

ペダルの操作が他機に比べて重く感じるという報告があった。その後は、たびたび他の操縦士からも報告を受け、その都度点検したが、地上では再現されず原因の特定には至らなかった。

同年10月18日、常駐基地でいつも同機に搭乗しているB機長の飛行において、左ラダー・ペダルを大きく踏み込んだ状態でのラダー操作時に円滑さに欠けガリガリし、いつもと違うという報告があった。この不具合の点検のため、地上でエンジンを回した状態で作動点検をしたが、再現できなかった。10月19日から20日にかけて、ハイドロ・デバイス<sup>\*11</sup>を同機に取り付け、フェネストロン・サーボ・アクチュエーターのインプット・レバー先端部に取り付けられている同ロッド後端部を取り外し、インプット・レバーの作動力を確認する点検を実施したが異常はなかった。また、この状態で、ラダー・ペダルの作動点検を実施したところ、異常な引っ掛かりというものではないが円滑に動かない感じがあった。そのため、ボール・ベアリング・コントロール・ケーブルの異常を疑い、これを交換することにした。しかし、この交換作業は、常駐基地では実績がなく耐空検査も控えていたため、耐空検査前の整備を行う同整備会社で実施することになった。

点検のため取り外していた同ロッド後端部とフェネストロン・サーボ・アクチュエーターのインプット・レバー先端部とを再び取り付けようとしたとき、同ロッド後端部が指先で軽く回り同ロッドとヨー・アクチュエーターとの締結部に緩みがあったので締め付けようと手で右に回した。結果的に、取り外す前の状態から右に回した状態に取り付けたかもしれない。この締結部にはロッキング・プレートが取り付けられているので、簡単には回らないと思われるが、そのときは手で回すことができた。なお、この締結部は、フェネストロンに覆われていることから外側から見るができない。

## (2) A機長

平成19年8月18日の飛行でラダー・ペダルの操作に違和感を感じた。その症状は、他の機体と比較して、ラダー・ペダルを踏んだ感覚が若干重いというもので、他の機体に比べると円滑さに欠けるといった程度のものであった。離陸上昇中の左ラダー・ペダルを大きく踏み込んだ状態でのラダー操作で感じたが、それ以外では感じなかった。

その後、何度か同機に搭乗したが、このような異常を感じる時と感じないときがあった。

\*11 「ハイドロ・デバイス」とは、機体のエンジンを停止した状態で油圧系統の点検を行うため、機体の油圧ポンプの軸を電動で駆動するモーターを備えた装置のことである。



### (3) B機長

新潟空港にある同機の常駐基地で日常的に同機に搭乗しており、平成19年6月ごろから、ラダーに油圧系統が装備されていない機体で感じる、ラダー・ペダルに振動が直接伝わって来るような症状を感じてはいたが、他の機体に搭乗して比較していないので異常だという認識は持っていなかった。8月18日にA機長の話を聞いて、初めてこの症状は異常だと認識した。

明らかに故障していると認識したのは、10月18日、離陸して右旋回を終了し、左側のラダー・ペダルを踏み込んだときに異常な引っ掛かりを感じたときである。上空でラダー・ペダルを最大に踏み込んで確かめてみると、異常な引っ掛かりはあるが固着はしていない症状が再現した。

この症状は、地上では再現せず、その後の飛行でも再現しなかった。

## 2.13.2 ボール・ピボット及び同ロッドのねじ部の点検

### (1) 平成18年3月9日に実施された定期点検

2.13.6(1)、(2)及び(6)に後述するように、ボール・ピボットの点検を含むTRコントロールの定期点検については、製造者が発行しているメンテナンス・マニュアル（英文）によれば、800飛行時間又は3年のいずれか先に到達した時期毎に実施することと記載されている。2.6.1に記述したとおり、前回のこの定期点検は、平成18年3月9日、事故発生の368時間25分前（飛行時間）に同整備会社により実施された。この点検記録を確認したところ、ボール・ピボットの点検は実施されており、ボール・ピボットに異常はなかった。

### (2) 平成19年10月20日に実施されたTRコントロール系統の故障探求

2.13.1(1)に記述したTRコントロール系統の故障探求については、2.6.1に記述したとおり、平成19年10月20日、本事故発生の45時間35分前（飛行時間）に実施されたが、2.13.6(3)及び(5)に後述するメンテナンス・マニュアルに記載されているTRコントロールの故障探求手順に従って実施されなかったため、2.13.6(6)に後述するメンテナンス・マニュアルに記載されているボール・ピボットの点検は実施されなかった。

2.13.6(4)に後述するように、同ロッドとヨー・アクチュエーターとの締結部が左ねじであることについては、メンテナンス・マニュアルのTRコントロール・ロッドの分解及び組立手順の項目に記載されているが、この項目は、定期点検時に実施が要求されている項目ではなく、部品交換等の必要が生じた場合に実施されるものであり、通常、定期点検時には実施されない。なお、同ロッドのねじ部の点検については、メンテナンス・マニュアルに記載さ

れてないため、実施されてなかった。

### 2.13.3 ロッキング・プレート

#### (1) ロッキング・プレートの取り付け

2.9.2(3)に記述したとおり、事故後にロッキング・プレートが発見できなかったことから、本事故発生時、ロッキング・プレートが取り付けられていたか否かについて確認できないため、ロッキング・プレートの取り付けに関して、製造者、同整備会社及び同社に対して確認した。確認した結果は以下のとおりである。

##### ① 製造者

同機の製造時のTRコントロールシステムの組み立て記録を確認したところ、組み立て確認の検査は実施されており、組み立てに異常はなかった。

製造者によれば、製造者は、製造後の同系列型機について、ロッキング・プレートが取り付けられていない報告は受けてなかった。

##### ② 同整備会社

同整備会社によれば、作業を実施した作業員への聞き取りから、この作業員は、2.13.2(1)に記述した同整備会社による点検時、ロッキング・プレートは取り付けられており、同ロッドのねじ部に緩みはなかったと記憶しているとのことであった。

同整備会社によれば、作業記録及び作業を実施した作業員への聞き取りから、同整備会社により実施した点検時、同ロッドのねじ部の取り外し及び再締め付けの経歴はなかったとのことであった。

##### ③ 同社

同社によれば、同社において、同ロッドのねじ部を取り外した経歴はなく、同機の整備を同整備会社以外の整備会社に委託した経歴はなかった。

#### (2) 同型ロッドねじ部を緩めるのに必要なトルクの確認

2.13.1(1)に記述したとおり、「この締結部にはロッキング・プレートが取り付けられているので、簡単には回らないと思われるが、そのときは手で回すことができた。」と述べられていることから、ロッキング・プレートを取り付けた状態で、同型ロッドのねじ部を手で回して緩めることができるか否かについて確認した。確認を繰り返し行い、まとめた結果は以下のとおりである。

##### ① 平成20年2月13日、ねじ部を緩めるのに必要なトルク値を測定した結果は次のとおりであった。

同型ロッド及びヨー・アクチュエーターの間のねじ部にロッキング・プ

プレートを挟み込み、メンテナンス・マニュアルに記載されているトルク値（44～53lb-in）の範囲内である約50lb-inで締め付けた後、ロッキング・プレートの端部にポンチを当ててハンマーでたたき、折り曲げた端部を更にプライヤーでかしめた。両者の間に緩める方向に徐々にトルクを付加したところ、両者の締結部は約30lb-inで緩み、両者の端部の切り欠き部がロッキング・プレートの折り曲げた端部に当たった。更にトルクを付加したところ、約35lb-inで両者の端部の切り欠き部はロッキング・プレートの折り曲げた端部を乗り越えて回転した。

- ② 平成22年1月21日、ねじ部を手で回して緩めることができるか否かについて確認を行った結果は次のとおりであった。

同型ロッド及びヨー・アクチュエーターの間のねじ部にロッキング・プレートを挟み込み、メンテナンス・マニュアルに記載されているトルク値（44～53lb-in）の範囲内である約50lb-inで締め付けた後、ロッキング・プレートの端部にポンチを当ててハンマーでたたき、折り曲げた端部を更にプライヤーでかしめた。この状態で同型ロッドのねじ部を手で回して緩めることができる場合があった。この状態から、再度、ねじ部を約50lb-inで締め付けると手で回して緩めることはできなかった。ここから更に折り曲げてあるロッキング・プレートの端部にポンチを当ててハンマーでたたき、折り曲げてある端部を更にプライヤーでかしめると、同型ロッドのねじ部を手で回して緩めることができる場合があった。

以上のように、同型ロッドのねじ部を約50lb-inで締め付けたままでは、ねじ部を手で回して緩めることはできないが、その後にロッキング・プレートの端部にポンチを当ててハンマーでたたき、折り曲げた端部を更にプライヤーでかしめると、ねじ部が手で回せる状態になる場合があった。また、同型ロッド及びヨー・アクチュエーターの端部の切り欠き部は、ロッキング・プレートの折り曲げた端部を乗り越えて回転し、一度回転してしまうと折り曲げた端部が開いてしまい、引っ掛かりなく容易に回転するようになった。

- ③ ②に記述した確認結果について、製造者に見解を聞いた。製造者は自ら同じ確認を行った結果、緩めるトルクが締め付けトルクより少し小さいことはあっても、いかなる状況下であっても手で緩めることはできず、基本的に、我が国における確認結果は再確認できないとの見解であった。

このように、②に記述した同社協力の下での確認結果と製造者の見解に相違があることが判明したため、製造者からの提案により、製造者の我が国総代理店（以下「代理店」という。）及びその指定整備会社である同整

備会社の協力を得て、平成22年5月13日、再度、確認を行った。

製造者が自ら確認を行ったときのロッキング・プレートの折り曲げ方は、製造者から提供のあった写真では、②に記述した確認を行ったときのロッキング・プレートの折り曲げ方と比較して、同型ロッド及びヨー・アクチュエーターの切り欠き部に十分密着するように折り曲げられていた。このため再確認では製造者と同等に折り曲げたものを使用した。

なお、確認の際、ロッキング・プレートの端部にポンチをあててハンマーでたたくことによりねじ部に加わる衝撃でトルク値が低下する可能性を考慮して過度にたたかないように注意し、ロッキング・プレートによる同型ロッドの回転防止効果及び同型ロッドのねじ部を手で回す力の程度に留意した。

また、ねじ部を緩めるのに必要なトルク値についても再度計測した。

a 1回目

ロッキング・プレートの端部にポンチを当ててハンマーでたたき、折り曲げた端部を更にプライヤーでかしめることにより、製造者と同等に折り曲げることができた。ねじ部を手で緩めることはできなかった。

次に、工具を使用してトルク値を0lb-inに緩めた後、ロッキング・プレートのみの回転防止効果を確認したところ、指先の力では回すことはできなかったが、同ロッドを両手で握って力を入れると回すことができた。

b 2回目

ロッキング・プレートの端部にポンチを当ててハンマーでたたき、折り曲げた端部を更にプライヤーでかしめて製造者と同等に折り曲げた。ねじ部を手で注意深く確認するとガタがあり緩んでいた。

a 及び上記の確認結果から、ロッキング・プレートの端部にポンチを当ててハンマーでたたき、折り曲げた端部を更にプライヤーでかしめると、ねじ部が緩む場合があることが確認できた。この確認結果は、②に記述した確認結果と同じであった。

次に、ロッキング・プレートのみの回転防止効果を確認したところ、指先の力では回すことはできなかったが、両手で握って力を入れると回すことができた。

c 3回目

ロッキング・プレートの端部にポンチを当ててハンマーでたたくと衝撃によりねじ部が緩むものと仮定し、一切たたかずにプライヤーでかしめ折り曲げた。

プライヤーのみを使用して、ロッキング・プレートの端部を製造者と同等に折り曲げることができた。ねじ部は緩んでおらず、手で緩めることはできなかった。

d ねじ部を緩めるのに必要なトルク値の再計測

次に、プライヤーのみを使用して折り曲げ、ねじ部が緩んでいない同型ロッドについて、ダイヤル式トルクレンチで、ねじ部を緩めるときのトルク値を計測したところ、約30 in-lbであった。更にトルクを付加したところ、トルクが抜けて一度読み値が下がった後、ロッキング・プレートの折り曲げた端部を乗り越えるときに再度読み値が上がり、折り曲げた端部を乗り越えて回転するときには約30 in-lbであった。

この確認結果は、①に記述した確認結果とほぼ同じであった。

次に、ロッキング・プレートを折り曲げずに、約50 in-lbで締め付けただけのものについて、ダイヤル式トルクレンチで、緩めるときのトルク値を計測したところ、約35 in-lbであった。

e 確認結果のまとめ

(a) ロッキング・プレートによる回転防止効果

ロッキング・プレートの端部を製造者と同等に折り曲げても、トルク値が0 lb-inに緩んでいると、ねじ部を指先の力では回すことはできないものの、同ロッドを両手で握って力を入れると、同型ロッド及びヨー・アクチュエーターの端部の切り欠き部はロッキング・プレートの折り曲げた端部を乗り越えて回転することが確認できた。

(b) プライヤーによる折り曲げ

ロッキング・プレートの端部にポンチを当ててハンマーでたたくことによるねじ部に加わる衝撃を回避するため、プライヤーでかきめて折り曲げても、ロッキング・プレートの端部を製造者と同等に折り曲げることができることが判明した。

以上、新たに判明した(a)及び(b)に記述した2点以外の確認結果については、①及び②に記述した確認結果をほぼ再現することができた。

④ ③に記述した確認結果について、代理店及び製造者の見解を聞いたところ、以下のとおり回答があった。

ハンマーでたたくことは、部品に過度の衝撃を与えることが明らかにされており、したがって、この折り曲げ作業を実施するには正しい方法ではない。

ロッキング・プレート折り曲げの正しい手順が確認された。ロッキング・プレートの折り曲げは、ハンマー及びポンチを使用するのは最初だ

けに限定され、後の折り曲げは、プライヤーを使用して実施されなければならない。

ハンマーでたたくような手順は、部品に過度の衝撃を与え、正しい作業方法ではない。締め付けられたねじ部に衝撃を与えられてはならないことは、標準作業手順とみなされる。

ロッキング・プレートはプライヤーのみでも曲げられることが明らかにされた。

以上のことから、トルク確認及びロッキング・プレート折り曲げの確認に関する結論は、以下のとおりである。

本件に関して、2010年の早い時期に製造者の工場において実施された確認及び本件に関する製造者が有する一般的な経験から、適切な手順が適用されている限り、同ロッドとヨー・アクチュエーターとを適切に締め付けることは可能であり、当初のトルク値が時間を経過しても緩まずに持続することが示された。

ヨー・アクチュエーターは敏感な電気装置としてみなされるべきことから、過度にたたくことは避けなければならない。

#### 2.13.4 同系列型機に関するボール・ピボット及び同型ロッドねじ部の情報

##### (1) 同社

同社は、本事故発生時、同機以外に6機の同型機を管理していた。

本事故発生後、同社が6機の同型機に対して実施したボール・ピボット及び同型ロッドねじ部の点検による、ボール・ピボット及び同型ロッドねじ部の状態については、同社によれば以下のとおりであった。

ボール・ピボットについては、1機について腐食が発見され交換された。

同型ロッドねじ部を点検したところ、6機とも、手で回して緩めることはできずガタもなく、また、ねじ部を取り外したところ損傷もなかった。

##### (2) 製造者

本事故発生後、全世界の同系列型機の運航者により、自らの管理機に対するボール・ピボット及び同型ロッドねじ部の点検が実施された。各々の運航者から製造者に報告のあったボール・ピボット及び同型ロッドねじ部の状態については、製造者によれば以下のとおりであった。

ボール・ピボットについては、30～40機について固着していたとの報告を受けた。

同型ロッドねじ部については、飛行による緩み、又は損傷の報告はなかった。

(3) 代理店

代理店によれば、平成22年8月10日現在、我が国に登録されている同系列型機53機は全て新型ロッドを装備しているとのことであった。また、ボール・ピボットについては、1機を除き、他の52機は全て新型ボール・ピボットを装備しているとのことであった。

2.13.5 同機の常駐基地

同機は、新規製造機として同社に導入された後、同社によれば、内陸に位置する名古屋飛行場にある同社の基地に配備され、平成17年11月23日、海沿いに位置する新潟空港にある同社の基地に配置換えされた。

2.13.6 メンテナンス・マニュアル

製造者が発行しているメンテナンス・マニュアルに以下の記載がある。(抜粋)

(1) 定期点検

*Time Limits - Scheduled Inspections*

*6-5 Periodical Inspection - Time Limits*

*A. A Periodical Inspection is to be performed according to section 05-24-00:*

(省略)

*- then every 800 flight hours or every three years, whichever occurs first.*

(2) 整備要目

*Periodical Inspection*

*6-1 Periodical Inspection*

*Rotor Flight Controls*

(省略)	<i>Required measures</i>	<i>References</i>	(省略)
(省略)	(省略)	(省略)	
	<i>(5) Remove yaw actuator. Inspect tail rotor flight controls.</i>	(省略) <i>67-20-00, 6-1</i> (省略)	
	(省略)	(省略)	

(3) TRコントロールの故障探求

*67-20-00, 1-1 Tail Rotor Controls - Troubleshooting*

*D. Procedure:*

2. *If admissible breakout forces on the pedals are exceeded, perform troubleshooting of tail rotor control i.a.w. table 1:*

*table 1. Troubleshooting - Tail Rotor Control*

<i>Trouble Symptom</i>	<i>Possible Cause</i>	<i>Corrective Action</i>
<i>Stiff tail rotor control</i>	(省略)	(省略)
	<i>Stiff aft ball pivot.</i>	<i>Check ball pivot for stiffness (67-20-00, 6-1). If necessary, replace ball pivot (67-20-00, 8-5).</i>
	(省略)	(省略)

(4) TRコントロール・ロッドの分解及び組立

*67-20-00, 4-12 Disassembly / Assembly - Yaw Actuator*

*D. Procedure:*

2. *Disassemble yaw actuator*

*c.*

*NOTE*

*The thread with which the control rod is screwed into the actuator is a left-handed thread.*

*d.*

*NOTE*

*The rod end bearing of the control rod is adjusted when the non-boosted section of the tail rotor controls is adjusted. When the control rod is disassembled, the non-boosted section of the tail rotor controls must be newly adjusted following installation.*

3. *Assemble yaw actuator:*

*c. Screw control rod with locking washer into actuator. Tighten control rod to a torque of 5-6 Nm (44-53 lb. in) and secure it with locking washer.*

(5) TRコントロールの操舵力の点検

*67-20-00, 5-2 Ease of Movement Check - Tail Rotor Control*

*Effectivity: without 3-Axis Autopilot System*



*D. Procedure*

1. *Connect external pump drive to pressure system 2 and switch on.*
4. *Move pedal from center position by using the spring balance 2-3 cm (0.8-1.2 in), read out breakout force occurring from spring balance and note. Carry out the measurement three times and calculate the mean value from all three measured values.*

*Breakout force on the LH pedal may not exceed a mean value of a maximum of 60 N (13.5 lb). If the breakout force exceeds this maximum value, perform troubleshooting of tail rotor control.*

6. (省略)

*The breakout force on the RH pedal may not exceed a mean value of a maximum of 45 N (10.1 lb). (省略)*

(6) ボール・ピボットの点検

*67-20-00, 6-1 Inspection - Tail Rotor Controls*

*D. Procedure:*

7. *Inspect aft connection end of the ball bearing control:*
  - b. *Inspect ball pivot for corrosion and stiffness of movement. If corroded or stiff: replace ball pivot.*

2.1.4 機長の操縦に関する情報

2.14.1 同社の技能審査担当操縦士の口述

機長に対する定期訓練・定期審査において、私は技能審査担当操縦士として、平成19年2月、機長が同社の機長として適格であるものと認め合格とした。この定期訓練・定期審査において、TR故障の科目を実施しなかった。

機長は、過去に同ヘリポートの基地に勤務した経歴があり、平成15年2月、双発機であるアエロスパシアル式AS355F2型ヘリコプターで飛行中、No.1エンジンが故障したため、同ヘリポートの駐機場に06方向へ約1m滑走しながら着陸した経験があった。同ヘリポートは駐機場が広いため、駐機場が空いていれば滑走着陸も可能かと思う。同ヘリポートの北側、東側及び西側は、近くに迫った山に囲まれており南側のみ開けている。同機は、事故時の飛行では同ヘリポートに南側から進入した。事故後に同社が行った同型機の訓練により、同機のTR故障状態では復行するのに広い空域が必要となることが分かった。このことから、今考えると、この地形において、エンジン出力を十分使えない事故時のTR故障状態で、同機が復行することは困難であるものと考えられ、同ヘリポートが適切な着陸場所であるとは思えない。

同機は、最終進入経路上の同ヘリポートの約800m手前で減速したが、同ヘリポートまでの距離がまだ遠いことから、着陸のための減速ではなく、機長は復行を行うのに十分な余裕のある高度で、着陸のために減速したときの機体の挙動を事前に確認しようとしたのではないかと思う。

## 2.14.2 不具合発生場所付近の着陸場に関する情報

2.1.2に記述した、同乗整備士が同機に不具合が発生したと述べている芦ノ湖上空付近を過ぎたところから、同機の持久時間で表される推定残燃料量約1時間50分で到達可能な飛行場、滑空場及び場外離着陸場は、以下のとおりである。

### (1) 富士川滑空場

同ヘリポートの東北東約13nm、標高2ft、滑走路方向18/36、滑走路長850m、滑走路幅30m、社団法人静岡県航空協会管理

### (2) 静浜飛行場

同ヘリポートの南西約14nm、標高23ft、滑走路方向09/27、滑走路長1,500m、滑走路幅45m、航空自衛隊管理

### (3) 三保場外離着陸場

同ヘリポートの東約6nm、標高9ft、滑走路方向15/33、滑走路長500m、滑走路幅20m、社団法人日本飛行連盟管理

### (4) 浜松飛行場

同ヘリポートの西南西約39nm、標高150ft、滑走路方向09/27、滑走路長2,550m、滑走路幅60m、航空自衛隊管理

(付図1 推定飛行経路図 参照)

## 2.14.3 飛行規程

TR故障に関し、以下の記載がある。また、同社の運航規程及び同機に搭載してあったアブノーマル・チェック・リストにも同様の記載がある。(抜粋)

### 第3章 非常操作

#### 3.1 一般

##### 3.1.1 基本事項

この章の操作手順は一般的な非常操作方法である。従って、この章の内容は操縦士が非常事態から脱するために必要な追加処置を妨げるものではない。本章の操作手順は最良の方法ではあるが、非常事態に直面している操縦士が行う正しい判断が優先する。

飛行中の非常事態に対処する操縦士のために、次の3つの基本事項がある：

##### 1. 機体を的確にコントロールする

2. 状況を把握し、分析する

3. 正しく対処する

注：すべての状況を想定し、事前に対処要領を規定することは不可能である。

### 3.1.2 記憶事項

本飛行規程、または操縦士用チェック・リストの中で網掛けを付して記されている項目（本項目のように）は早急に実施しなければならない非常操作手順であり、飛行規程やチェック・リストを見ずに記憶して行うべき項目である。

その他の手順は、時間と状況が許す限り、本飛行規程を参照しながら行うこと。

## 3.6 TAIL ROTOR故障

### 3.6.2 前方飛行中の Tail Rotor Drive の故障 / ピッチの固着による Tail Rotor Control の故障

故障の状態

- Yaw Control Pedal を操作しても、機首方位の変化が得られない。および/または、
- Tail Rotor の推力が完全に喪失している。および/または、
- Yaw Control Pedal が固着している。

注：操作手順は飛行状態、出力設定および機体重量によって変化する。

操縦士の操作

1. Collective Pitch Lever—ピッチを下げて、横滑り角を最小にする

2. 対気速度 —機速 70 KIAS またはそれ以上に維持する

3. 適当な着陸場所 —選択する

注：・ 着陸地表面は、硬く（即ち、コンクリート、アスファルト）そして、平らであること。

・ 左からの横風は、効果的である。

4. 機首を左に振り、浅く進入—開始する

機首を左に振ったままで、対気速度を 40 kt 未満に下げることができる場合：

5. 対気速度 —機首が飛行方向に一致するまで地上に接近して対気速度を減ずる

6. 着陸 —実施する

40 kt より速い速度で、機首が左から右に移動する場合：

5. 対気速度 —増加する

6. 進入 —進入を中止し、オートローテーションのために十

分な高度まで上昇する

注：正対風が効果的である。

#### 7. オートローテーションー実施する

- 注：・ オートローテーションによるサイドスリップのない状態は、約60から70ktにおいて得られる。
- ・ 接地前に対地速度を減じて最小にする。
  - ・ フレアーの最終段階で、機体は(MGBの)フリクション・エフェクトにより左方向に揺れることがある。

## 3 分析

### 3.1 航空従事者技能証明等

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 同機の耐空証明等

同機は、有効な耐空証明を有していた。

2.13.1(1)及び2.13.2(2)に記述したとおり、TRコントロール系統の故障探求が2.13.6(3)及び(5)に記述したメンテナンス・マニュアル(英文)に記載されているTRコントロールの故障探求手順に従って実施されなかったため、2.13.6(6)に記述したボール・ピボットの点検は実施されなかった。

また、2.13.1(1)に記述したとおり、フェネストロン・サーボ・アクチュエーターのインプット・レバーから取り外した同ロッドを再び取り付けるとき、同ロッドとヨー・アクチュエーターとの締結部に緩みがあったので締め付けようと手で右に回したと述べられている。

なお、2.13.6(4)に記述したとおり、締結部が左ねじであることはメンテナンス・マニュアルのTRコントロール・ロッドの分解及び組立手順の項目に記載されている。しかし、この項目は、通常の定期点検時には実施されず、部品交換等の必要が生じた場合に実施されるものである。

上記を除く所定の整備及び点検は行われていた。

### 3.3 気象との関連

事故当時の気象状態は、本事故の発生に関連はなかったものと推定される。

### 3.4 TR故障

#### 3.4.1 TRコントロールが円滑に動かなかった原因

以下の理由から、事故前に発生していたTRコントロールが円滑に動かないという不具合の原因は、ボール・ピボットが腐食し固着していたことによるものと推定される。

- (1) 2.13.1に記述したとおり、運航を開始した直後に左ラダー・ペダルを大きく踏み込んだ状態でのラダー操作時に重い、又は円滑さに欠けるという状態が発生するものの、その後は症状が再現しないTRコントロール系統の不具合が事故前に発生していた。
- (2) 2.9.2(3)に記述したとおり、ボール・ピボットは固着していた。
- (3) 2.12.2に記述したとおり、ボール・ピボットが固着していた位置は、フェネストロン・サーボ・アクチュエーターの油圧が不作動のときの位置におおむね一致していた。また、ボール・ピボットが固着していた位置からの同ロッドの後端部の左右方向への変位量及び同ロッドに作用する曲げ荷重は、TRピッチ角が高ピッチ側へ変位したときに増大した。
- (4) 一般に、腐食によるしゅう動部の固着の不具合は、腐食が進行するのに必要な期間、しゅう動させることなく放置した場合に発生し、強制的にしゅう動部を動かして固着から開放されると、その後は再現しにくい。
- (5) 2.13.6(3)に記述したメンテナンス・マニュアルに記載されているTRコントロールの故障探求手順において、TRコントロールが円滑に動かない症状は、ボール・ピボットの固着が原因として考えられるため、固着しているかどうかを点検し、もし必要なら、ボール・ピボットを交換することとされているが、2.13.2(2)に記述したとおり、平成19年10月20日の故障探求では、ボール・ピボットの点検は実施されなかった。

#### 3.4.2 TR操縦不能の原因

以下の理由から、同ロッドの破断は墜落時の衝撃ではなく飛行中に起きたものと推定されることから、10時30分過ぎごろ、同機が芦ノ湖上空付近を過ぎたところで突然TRの操縦が不能となった不具合は、同ロッドの破断によるものと推定される。

- (1) 2.1に記述したとおり、同機は、10時30分過ぎごろ、芦ノ湖上空付近を過ぎたところで突然TRの操縦が不能となり、やがて、機首を右に偏向し左に傾いた姿勢で飛行した。
- (2) 2.9.2(3)に記述したとおり、TRドライブ・シャフトはメイン・ギアボックスから分離し、フレックス・カップリングは変形していたが、この損傷が

発生したのは、墜落時の衝撃によりTRドライブ・シャフトに軸方向の引張荷重が作用したことによるものであり、墜落時まではTRドライブ・シャフトは破損していなかったものと推定される。

- (3) 同ロッドは破断していたが、2.9.2(1)に記述したとおり、テール・ブームから後方部分の損壊の程度は、胴体の損壊の程度と比較すると相対的に小さかった。また、2.9.2(3)に記述したとおり、ボール・ベアリング・コントロールは、同機から取り外して作動することができ、破断していなかった。
- (4) 2.12.3(1)及び2.12.4(1)④に記述したとおり、同ロッドの破面観察の結果から、同ロッドは疲労破壊したものと推定される。

### 3.4.3 同ロッド破断後のTRピッチ角

- (1) 以下の理由から、フェネストロン・サーボ・アクチュエーターのインプット・レバーは、同ロッドの破断後、TRピッチ角が最低ピッチ角である最後方位置まで変位し、その位置にとどまっていたものと推定される。
  - ① 2.1.2に記述したとおり、同乗整備士は、突然、同機が揺れ始めた後、やがて、同機は機首を右に偏向し左に傾いた姿勢になったと述べている。
  - ② 2.6.6(5)に記述したとおり、フェネストロン・サーボ・アクチュエーターのインプット・レバーは左側に突き出ており、後方側に変位したときにTRブレードは低ピッチ角となる。
  - ③ 2.12.1に記述したとおり、同ロッドの直線の筋状の擦過痕の最後方は、最低ピッチ角の位置から同ロッドの前後方向に約42%に相当する位置であったことから、同ロッドが破断したときのTRピッチ角は、最低ピッチ角の位置から同ロッドの前後方向に約42%高ピッチ側の位置であったものと推定される。また、TRのピッチ角が最低ピッチ角の位置で、同ロッドの塗料が剥げ落ち地金が露出していたことから、同ロッドは、塗料が剥げ落ち地金が露出するまで、TRのピッチ角が最低ピッチ角の位置で、フェネストロン貫通孔の端部に接触したまま、とどまっていたものと推定される。
- (2) 2.12.8に記述したとおり、整備訓練用モックアップ・モデルの油圧システムを作動させて確認したところ、フェネストロン・サーボ・アクチュエーターのインプット・レバーは、極めて軽い力で動き、動き出すと手を離してもそのまま動き続けた。このことから、(1)に記述したように、同ロッドの破断後、インプット・レバーが、TRピッチ角が最低ピッチ角である最後方位置まで変位し、その位置にとどまっていたのは、インプット・レバーが前進飛行により発生する風圧を受けて最後方位置まで変位し、その位置に保持されていた

たことによるものと推定される。

- (3) 2.1.2に記述したとおり、同乗整備士は、「機長は、左のラダー・ペダルを一杯まで踏み込んだまま操縦していたが、それを少し戻してみると姿勢が悪化した」と述べている。このことから、同ロッドの破断後、(2)に記述したように、風圧を受けてTRピッチ角が最低ピッチ角になる前に、機長がラダー・ペダルを動かしたため、破断した同ロッドの前端部が、ヨー・アクチュエーターの後端部により後方へ押され、フェネストロン・サーボ・アクチュエーターのインプット・レバーが後方に動き出し、TRピッチ角が低ピッチ側に変位した可能性が考えられる。

#### 3.4.4 同ロッドが破断したことによる操縦への影響

- (1) 以下の理由から、2.1に記述したように、同機が、同ロッド破断後、機首を右に偏向し左に傾いた姿勢で飛行を継続していたのは、TRが機首を右に偏向する推力を発生していたことによるものと推定される。
- ① 3.4.3に記述したとおり、フェネストロン・サーボ・アクチュエーターのインプット・レバーは、同ロッドの破断後、TRピッチ角が最低ピッチ角である最後方位置まで変位し、その位置にとどまっていたものと推定される。
- ② 2.6.5に記述したように、同機のTRはオートローテーション飛行中に機首を右に偏向する推力を発生する能力があり、2.6.6(5)に記述したように、TRブレードの最低ピッチ角位置でのブレード・ピッチ角については、パワー・オン飛行中に発生する推力と逆向きのピッチとなっている。
- ③ 2.12.7に記述したように、製造者において、同系列型機による飛行調査及び模擬飛行訓練装置による調査を実施し、右ラダー・ペダルを最大位置まで踏み込むことにより、機首を右に偏向した、同機の事故時のTR故障状態を再現できた。
- (2) 同機は同ロッド破断後、事故現場上空付近に到達するまでの巡航飛行中は、機首を右に偏向するトルクの大きさは、前進飛行が可能な範囲内であった。前進速度が低下することに従い機首を左に偏向する垂直安定板の揚力が減少し、エンジン出力が増加することに従い機首を右に偏向するMRの反作用トルクが増加することから、(1)に記述したTRが機首を右に偏向する推力を発生する故障状態においては、前進速度が低下しエンジン出力が増加することに従い、ついには前進飛行の均衡が崩れ右回転に移行し操縦不能となるものと推定される。

このことから、同ロッドが破断した同機の操縦を継続するためには、エン

ジン出力及び速度の均衡を保持して操縦する必要があった。

### 3.5 同ロッド破断後の着陸

#### 3.5.1 着陸場所の選択

(1) 2.1.2に記述したとおり、同乗整備士は、「同ヘリポートに着陸するよりも長い滑走路や河川敷に着陸する方が良いと機長に言ったが、機長は、同ヘリポートに滑走着陸かオートローション着陸を試みようと思うと言った」と述べている。同乗整備士が助言したにもかかわらず、機長が同ヘリポートへの着陸を選択したのは、以下の理由が考えられる。

- ① 2.1に記述したとおり、同ヘリポートは飛行計画上の目的地であった。
- ② 2.14.1に記述したとおり、機長は、過去に同ヘリポートに勤務した経歴があり、同ヘリポートの駐機場に緊急滑走着陸を行った経験を有していたことから、本事故時の飛行についても、同ヘリポートへの滑走着陸又はオートローション着陸ができる可能性があると判断した可能性が考えられる。
- ③ 同ヘリポートには同社の基地があることから、機長は、同社の基地がない他の着陸場より同ヘリポートの方が着陸後の支援が有利であることを考慮した可能性が考えられる。

(2) 2.1に記述したとおり、同機は事故現場上空付近で減速している。復行するには、2.12.7及び3.4.4に記述したとおり、前進速度が低く大きなエンジン出力を必要とする操縦は困難となることから、着陸場周辺に広い空域が必要である。しかし、2.8に記述したとおり、同ヘリポートへの同機の進入方向の地形は、前方及び左右の3方向を山に囲まれており、機長がこのような場所に着陸を試みようとしたのは、同機が復行を行う場合、エンジン出力及び速度の均衡を保持して操縦しなければならないために広い空域が必要であるという認識がなかったことによるものと考えられる。

(3) 2.14.3に記述したとおり、飛行規程には「TAIL ROTOR故障」時の「適当な着陸場所」として「着陸地表面は、硬く（即ち、コンクリート、アスファルト）そして、平らであること。」及び「左からの横風は、効果的である。」と記載されていることから、機長は飛行規程に従った着陸場所を選択したものと推定される。

2.12.7及び3.4.4に記述したとおり、事故後に行った、製造者における飛行調査及び模擬飛行訓練装置による調査から、同機のこのTR故障状態では、復行するのに広い空域が必要であることが判明したことから、飛行規程の「TAIL ROTOR故障」時の「適当な着陸場所」の記載に、復行には



広い空域を要する旨を加えることが望ましい。

### 3.5.2 墜落直前の操作

- (1) 2.1に記述したとおり、同機が、同ヘリポートの手前約800mの事故現場上空付近で減速したことについては、同ヘリポートまでの距離はまだ遠いことから、着陸のための減速ではなかったものと考えられ、2.14.1に記述した同社の技能審査担当操縦士の口述にもあるとおり、機長は復行を行うのに十分な余裕のある高度で、着陸のために減速したときの機体の挙動を確認しようとした可能性が考えられる。
- (2) しかし、2.1.2の同乗整備士の口述に記述したとおり、同機は、同ロッドの破断後、事故現場上空付近に到達するまでの巡航中、既に機首を右に偏向した飛行をしており、2.14.3に記述した飛行規程の「40ktより速い速度で、機首が左から右に移動する場合」の記載に該当する状態であり、減速するべきではなかった。
- (3) 2.12.6(1)に記述したとおり、墜落約11秒前には、大きく機首下げとなっているが飛行方向へは増速せず、緩やかに右への回転が始まり、墜落約10秒前には、高度一定のまま右回転は加速していることから、機長は、復行しようとして機首下げ姿勢に移行し、エンジン出力を増加する操作をしたものと推定される。
- (4) 3.4.4の記述から、同機のTR故障状態において低速のままエンジン出力を増加する操作は、最も右回転を加速させる操作であり、この結果、操縦不能となり、急激に高度を失ったものと推定される。
- (5) 2.14.1に記述したとおり、同社の技能審査担当操縦士は、機長に対する定期訓練・定期審査において、TR故障の科目を実施しなかったと述べている。
- (6) 同機のTR故障状態については、2.14.3に記述した飛行規程の「40ktより速い速度で、機首が左から右に移動する場合」に該当し、増速し、十分な高度まで上昇した後、オートローテーション着陸を実施することと記載されている。
- (7) 2.14.3に記述した飛行規程には、TR故障の非常操作手順は、「早急に実施しなければならない非常操作手順であり、飛行規程やチェック・リストを見ずに行うべき項目」であり、「記憶事項」として記載されている。
- (8) 2.1.2に記述したとおり、同乗整備士は、同機が飛行中にTRの操縦が不能になった後、機長及び同乗整備士は、飛行規程に記載されているTR故障の非常操作手順を見ることはなかったと述べている。

これらのことから、機長は2.12.7に記述した同機のTR故障状態における操縦特

性に対応した操縦操作を行わなかったものと推定される。

機長は、同機のTR故障後、同機のTR故障状態が該当する、飛行規程に記載されている「記憶事項」のTR故障の非常操作手順に従って増速し、十分な高度まで上昇した後、オートローテーション着陸を実施するべきであった。

### 3.6 墜落時の生存要因

#### 3.6.1 墜落場所

2.9.1に記述したように、同機の墜落場所は沼地であったことから、固い地面に墜落した場合と比較して同機への衝撃は緩和されたものと推定される。

#### 3.6.2 ショルダー・ハーネスの装着

2.1.3(3)に記述した目撃者Cの口述、及び2.9.2(6)に記述した同機の座席の状況から、機長は、シート・ベルトを装着していたが、ショルダー・ハーネスは装着していなかったものと推定される。2.10(1)に記述したとおり、機長の死因が心臓損傷であったことについては、ショルダー・ハーネスを装着していなかったため、墜落の衝撃により上体が前屈し、サイクリック・スティックに胸部を強打したことによるものと推定される。もし機長がショルダー・ハーネスを装着していれば、サイクリック・スティックに胸部を強打することはなく、死亡には至らなかった可能性が考えられる。

### 3.7 ボール・ピボットの固着原因

2.12.3(2)に記述したNIMSの見解から、ボール・ピボットの固着原因は、銅基合金である内側リングと鉄基合金である外側リングとの接触面における異種金属接触腐食又は隙間腐食により、鉄基合金である外側リング接触面が腐食し、腐食により生成された赤さびが両リングの隙間で体積膨張したため、両リングの動きが拘束されたことによるものと推定される。

### 3.8 同ロッドが破断に至った要因

2.12.3、2.12.4(2)及び2.12.5に記述したNIMS、製造者及びJAXAの見解から、同ロッドが破断に至った要因は、以下のとおりであったものと推定される。

ボール・ピボットが固着すると、操縦士が左ラダー・ペダルを踏み込みTRコントロールを高ピッチ角側に操作した場合、同ロッドへの曲げ荷重は増大し、この状態においてヨー・アクチュエーターが作動することにより、同ロッドへの曲げ荷重は更に増大する。また、この状態では、同ロッドに機体振動による共振現象が発生する。

さらに、3.2に記述したように、同ロッドとヨー・アクチュエーターとの締結部に緩みがあったものと推定されることから、同ロッドねじ部に応力集中が発生したため、同ロッドねじ部には疲労強度を超える繰り返し曲げ荷重が作用し、疲労破壊が進行し破断に至ったものと推定される。

### 3.9 同ロッドねじ部

#### 3.9.1 緩み発生時期

(1) 2.13.1(1)に記述したとおり、平成19年10月20日に実施されたTRコントロールシステムの故障探求において、同ロッドとヨー・アクチュエーターとの締結部に緩みがあったので締め付けようと手で右に回したと述べられていることから、故障探求を実施する前から、同ロッドとヨー・アクチュエーターとの締結部には緩みがあったものと推定される。

また、2.13.3(1)②及び③に記述したとおり、同整備会社により実施した点検時、作業を実施した作業者は、ロックング・プレートは取り付けられており、同ロッドのねじ部に緩みはなかったと記憶しており、同ロッドのねじ部の取り外し及び再締め付けの経歴はなかった。また、同社において、同ロッドのねじ部を取り外した経歴はなく、同機の整備を同整備会社以外の整備会社に委託した経歴はなかった。これらのことから、平成18年3月9日、事故発生の368時間25分前（飛行時間）に同整備会社により実施された定期点検後のいずれかの時期に、同ロッドとヨー・アクチュエーターとの締結部に緩みが発生したものと考えられる。

(2) 2.13.1(1)に記述したとおり、故障探求において、フェネストロン・サーボ・アクチュエーターのインプット・レバーから取り外した同ロッドを再び取り付けるとき、同ロッドとヨー・アクチュエーターとの締結部を取り外す前の状態から緩める方向に回した状態で取り付けたかもしれないと述べられている。これについては、2.13.3(1)に記述した、ロックング・プレートの取り付けに関して、製造者、同整備会社及び同社に対して確認した結果から、事故発生時、ロックング・プレートは取り付けられていたものと推定されることから、ロックング・プレートが取り付けられていたにもかかわらず、取り外す前の状態から緩める方向に回した状態で取り付けられた可能性が考えられる。

なお、2.9.2(3)に記述したとおり、事故後にロックング・プレートが発見できなかったのは、以下の理由によるものと考えられる。

2.6.6(4)に記述したとおり、ロックング・プレートは、破断した同ロッドのねじ部に位置していることから、同ロッドが破断すると脱落し、フェ

ネストロン内部に落下するものと考えられる。また、フェネストロン内部に落下していたロッキング・プレートは、2.9.2(1)に記述した墜落時の衝撃により生じたものと認められるフェネストロン下部に開いた穴から沼地に落下したものと考えられる。

- (3) 2.13.3(2)の記述から、同型ロッドのねじ部を約50lb-inで締め付けた後に、工具を使用してロッキング・プレートの端部を折り曲げて固定する作業を行うことにより、作業による衝撃等によりねじ部が緩む場合があるものと考えられる。

しかし、(1)に記述したように、同整備会社により実施された定期点検後、同ロッドねじ部の取り外し、及び再締め付けの経歴はなかった。また、2.13.4に記述した同社及び製造者による同型ロッドねじ部の状態に関する情報から、飛行によりねじ部が緩んだ報告はなかった。これらのことから、同整備会社により実施された定期点検後のいずれかの時期にねじ部が緩んだ理由を明らかにすることはできなかった。

- (4) 2.13.3(2)④に記述したように、ロッキング・プレート折り曲げ手順に関する製造者の見解は、適切な手順を適用する限り、同ロッドとヨー・アクチュエーターとを適切に締め付けることは可能であり、当初のトルクは時間を経過しても緩まずに持続するというものである。

しかし、2.13.3(2)に記述した確認試験で示されたように、作業手順によっては緩みが発生する可能性がある。ロッキング・プレート折り曲げ作業は、製造者ばかりでなく運航者により必要時に実施される場合があるものと考えられるが、2.13.6に記述したように、メンテナンス・マニュアルには、作業手順についての注意事項はない。作業の際には過度の衝撃を与えぬよう留意を必要とするが、運航者がたたくような過度の衝撃を与える手順を行う可能性を完全に排除することは困難であるものと考えられ、したがって、ロッキング・プレートがねじ部の回転を防止できなくなる可能性も排除できないものと考えられる。

### 3.9.2 亀裂発生時期

以下の理由から、平成18年3月9日、事故発生の368時間25分前（飛行時間）に同整備会社により実施された定期点検後のいずれかの時期にボール・ピボットが固着する症状が起り、同ロッドのねじ部に亀裂が発生したものと推定される。

- (1) 2.12.4(2)に記述したとおり、製造者は、同ロッドが破断に至った要因について、ボール・ピボットが固着していない場合は、同ロッドのねじ部が緩んでいても疲労破壊は起らないが、ボール・ピボットが固着すると、同

ロッドには疲労強度を超える繰り返し曲げ荷重が作用し、疲労破壊が進行し破断に至ったものと推定されると述べている。

- (2) 2.12.4(1)④に記述したとおり、製造者は、同ロッドの破面の観察結果から、破壊起点付近では、破壊の形態は腐食疲労による亀裂の進展を示しており、また、破面の材料成分分析結果から、酸素及び塩素が検出されたと述べていることから、破壊起点付近の破面では、塩分が介在する酸化の様相を示しており、疲労破壊は海岸に近い地域で進行したものと推定される。

2.13.5に記述したとおり、同機の常駐基地は、平成17年11月23日、内陸に位置する名古屋飛行場の基地から海沿いに位置する新潟空港の基地に変更された。

- (3) 2.12.5に記述したとおり、JAXAは、同ロッドねじ部の亀裂発生時期について、以下のとおり述べている。

損傷の形成から目視可能な亀裂に至るまでの期間については、判断することができない。

製造者の解析によれば、同ロッドは、ボール・ピボットの固着及びねじ部の緩みが発生している条件では、3,211飛行時間の疲労寿命がある。これには、腐食環境による影響は考慮されていない。腐食による影響を考慮した場合、この疲労寿命が短くなる可能性があるが、疲労寿命が50飛行時間を下回るか否かについては判断することができない。

- (4) 2.13.6(1)及び(2)に記述したとおり、ボール・ピボットを含むTRコントロールシステムの定期点検は、800飛行時間又は3年のいずれか先に到達した時期毎に実施することとメンテナンス・マニュアルに記載されており、2.6.1に記述したとおり、平成18年3月9日、事故発生の368時間25分前（飛行時間）に同整備会社により実施されたが、2.13.2に記述したとおり、当該定期点検の記録によれば、ボール・ピボットに異常はなかった。

### 3.9.3 亀裂が発見できた可能性

2.13.2に記述したとおり、メンテナンス・マニュアルには、2.13.6(1)、(2)及び(3)に記述したメンテナンス・マニュアルに記載されている800飛行時間又は3年のいずれか先に到達した時期毎に実施することとされているTRコントロールシステムの定期点検、及びTRコントロールシステムの故障探求手順も含めて、同ロッドのねじ部の点検は求められてない。

このことから、平成19年10月20日に実施されたTRコントロールシステムの故障探求により、同ロッドねじ部の亀裂が発見できた可能性は低かったものと考えられる。

## 4 結 論

### 4.1 分析の要約

#### (1) 同ロッドの破断

① TRコントロールの定期点検は、メンテナンス・マニュアルにボール・ピボットの点検も含めて、800飛行時間又は3年のいずれか先に到達した時期毎に実施することと記載されており、平成18年3月9日、事故発生の368時間25分前（飛行時間）に同整備会社によりこの点検は実施されたが、同ロッドねじ部に緩みはなく、またボール・ピボットにも異常はなかった。

しかし、平成19年10月20日、事故発生の45時間35分前（飛行時間）に実施されたTRコントロールシステムの故障探求において、同ロッドねじ部を手で回すことができたと述べられている。

このことから、同整備会社による点検後のいずれかの時期に同ロッドねじ部が緩み、またボール・ピボットが固着する症状が起り、同ロッドのねじ部に亀裂が発生したものと推定される。

② 同整備会社により実施された定期点検後、同ロッドねじ部の取り外し及び再締め付けの経歴はなかった。また、同社及び製造者による同型ロッドねじ部の状態に関する情報から、飛行によりねじ部が緩んだ報告はなかった。これらのことから、同整備会社により実施された定期点検後のいずれかの時期にねじ部が緩んだ理由を明らかにすることはできなかった。

③ 複数の操縦士から報告されていたラダー・ペダルを操作したときの違和感の原因について、平成19年10月20日、故障探求が行われたが、メンテナンス・マニュアルに記載されている故障探求手順に従って実施されなかったため、ボール・ピボットの固着が発見されなかった。また、故障探求後、同ロッドのねじ部が緩んだまま同機は飛行していたものと推定される。

④ 事故後、同ロッドはねじ部で破断していることが判明した。破面観察の結果から同ロッドは繰り返し荷重により疲労破壊したものと推定される。

⑤ 事故後、ボール・ピボットは腐食によりしゅう動部が固着していることが判明した。このことから、事故発生前に複数の操縦士から報告されていたラダー・ペダルを操作したときの違和感については、メンテナンス・マニュアルの記載からボール・ピボットの固着によるものと推定される。

⑥ ボール・ピボットのしゅう動部が固着したことについては、銅基合金である内側リングと鉄基合金である外側リングとの接触面における異種金属接触腐食又は隙間腐食により、鉄基合金である外側リング接触面が腐食し、腐食

により生成された赤さびが両リングの間で体積膨張したため、両リングの動きが拘束されたことによるものと推定される。

- ⑦ 同ロッドが破断したことは、同ロッドとヨー・アクチュエーターとの締結部の緩み及びボール・ピボットの腐食による固着から、ラダー・ペダルの操作及びヨー・アクチュエーターの作動により同ロッドへの曲げ荷重が増大し、同ロッドの機体振動との共振現象及び締結部の緩みによる応力集中もあって、同ロッドに疲労強度を超える繰り返し曲げ荷重が作用したことによるものと推定される。

## (2) 操縦

- ① 同機は飛行中に同ロッドが破断したため、TRの操縦が不能となったものと推定される。
- ② 同機は、同ロッドの破断後に機首を右に偏向した飛行をしていたこと、及び同ロッドの塗装面の痕跡から、同ロッドが破断した後、前進飛行により発生する風圧により、フェネストロン・サーボ・アクチュエーターのインプット・レバーはTRピッチ角が最低ピッチ角である最後方位置まで変位し、その位置に保持されていたものと推定され、TRは機首を右に偏向する推力を発生していたものと推定される。
- ③ 機長は、同機のこのTR故障状態での着陸場として、周辺に広い空域を有する滑走路を有した着陸場を選択せず、飛行計画上の目的地である同社の基地がある同ヘリポートを選択し着陸する判断をした。同ヘリポート周辺の地形は、北側、東側及び西側を低い山に囲まれており南側のみ開けている。同機は、事故時の飛行では同ヘリポートに南側から進入した。
- ④ 同機は、飛行中に同ロッドが破断してから約20分後に機首を右に偏向した姿勢のまま、同ヘリポート手前約800mの進入経路上の事故現場上空付近まで到達した。
- ⑤ 同機は、減速したところ緩やかに右回転に移行し、機首下げ姿勢に移行し高度一定のまま右回転が加速した後、急激に高度を失って墜落した。
- ⑥ 同機がこのような挙動をしたことについては、機長は、減速操作したところ緩やかに右回転に移行したため、復行しようとしてサイクリック・スティックを前方に押し機首下げ姿勢に移行し、コレクティブ・レバーを引き上げてエンジン出力を増加する操作をしたことによるものと推定される。
- ⑦ この操作により、同機は、前進速度が低く垂直安定板による機首を左に偏向する揚力が少ない状態で、エンジン出力の増加によりMR回転の反作用トルクが増加したため、右回転が加速して操縦不能となったものと推定される。
- ⑧ なお、事故後に行った、製造者における飛行調査及び模擬飛行訓練装置に

よる調査から、同機のこのTR故障状態では、復行するのに広い空域が必要であることが判明した。

### (3) 墜落時の衝撃

- ① 同機は沼地に着陸装置から墜落したことから、固い地面に墜落した場合と比較して同機への衝撃は緩和されたものと推定される。
- ② 機長が心臓損傷により死亡したことについては、機長は事故時にショルダー・ハーネスを装着していなかったため、墜落時の衝撃により上体が前屈し、サイクリック・スティックに胸部を強打したことによるものと推定される。一方、ショルダー・ハーネスを装着していた同乗整備士は重傷を負った。

## 4.2 原因

本事故は、同機が飛行中に同ロッドが破断したため、TRの操縦が不能となり、事故現場付近上空まで飛行し、減速後、右回転に移行し、急激に高度を失って墜落し、機長が死亡し、同乗整備士が重傷を負ったものと推定される。

同ロッドが破断したことについては、同ロッドとヨー・アクチュエーターとの締結部の緩み、ボール・ピボットの固着及び固着による共振現象により、同ロッドに疲労強度を超える繰り返し曲げ荷重が作用したことによるものと推定される。

ボール・ピボットが固着していたことについては、内側リングと外側リングとの接触面における腐食により生成された赤さびが両リングの隙間で体積膨張したため、両リングの動きが拘束されたことによるものと推定される。

同機が墜落したことについては、機長が、減速操作したところ右回転に移行したことから、復行しようとしてエンジン出力を増加する操作をしたため、同機は、右回転が加速して操縦不能となり、急激に高度を失ったことによるものと推定される。

機長が死亡したことについては、ショルダー・ハーネスを装着していなかったため、墜落時の衝撃により上体が前屈し、サイクリック・スティックに胸部を強打して心臓を損傷したことによるものと推定される。

## 5 意見

運輸安全委員会は、本航空事故調査の結果に鑑み、航空の安全を確保するため、国土交通大臣に対して、運輸安全委員会設置法第28条の規定に基づき、以下のとおり意見を述べる。



### 5.1 マニュアルに従った確実な整備作業の実施

本事故においては、次のように必ずしも航空機製造者の英文メンテナンス・マニュアルに従った整備作業が実施されていなかった。

テール・ローター・コントロール系統の故障探求が航空機製造者の英文メンテナンス・マニュアルの故障探求手順に従って実施されなかったため、ボール・ピボットの点検が実施されず、その固着が発見されなかった。また、テール・ローター・コントロール・ロッドとヨー・アクチュエーターとの締結部が左ねじであることが航空機製造者の英文メンテナンス・マニュアルに記載されているが、締め付けるつもりで反対の緩める方向に回された可能性が考えられる。

本事故以外にも航空機製造者の英文メンテナンス・マニュアルの不遵守が関与した航空事故が発生していることから、国土交通省航空局は、回転翼航空機、小型飛行機等を整備する者に対し、航空機製造者のマニュアル等の内容を十分に把握するよう指導を再徹底するべきである。

### 5.2 操縦訓練における非常操作等の操縦訓練科目の適切な選定

本事故においては、機長は飛行規程に記載されているテール・ローター故障状態に対応した非常時の操縦操作を行わなかったものと推定される。これについては、定期訓練においてテール・ローター故障の科目が実施されていなかったことが関与したものと考えられる。

このことから、国土交通省航空局は、回転翼航空機、小型飛行機等を運航する者に対して非常操作等の操縦訓練科目を適切に選定するよう指導するべきである。

### 5.3 ショルダー・ハーネスの装着

本事故において機長が死亡したことは、ショルダー・ハーネスを装着していなかったため、墜落時の衝撃により上体が前屈し、サイクリック・スティックに胸部を強打したことによるものと推定される。

ショルダー・ハーネスの装着は、墜落等による衝撃発生時において傷害を負うことを防止することに有効であることから、国土交通省航空局は、回転翼航空機、小型飛行機等を運航する者に対し、離着陸時以外も状況に応じて適切にショルダー・ハーネスを装着するように周知徹底するべきである。

## 6 参考事項

### 6.1 本事故発生後、国土交通省航空局が講じた措置

- (1) 平成19年12月11日付けで、耐空性改善通報TCD-7194-2007及びTCD-7194-1-2007を発行し、同型ロッドの目視検査を指示した。
- (2) 平成19年12月14日付けで、耐空性改善通報TCD-7194A-2007を発行し、同型ロッド及びボール・ピボットの検査を指示した。
- (3) 平成19年12月25日付けで、耐空性改善通報TCD-7194B-2007を発行し、同型ロッド及びボール・ピボットの50飛行時間毎の繰り返し点検を指示した。
- (4) 平成20年4月16日付けで、耐空性改善通報TCD-7194C-2008を発行し、同型ロッドの100飛行時間毎の繰り返し検査、ボール・ピボットの100飛行時間毎の繰り返し検査及び防錆処置等、並びに新型ボール・ピボットの400飛行時間又は12か月のいずれか先に到達した時期毎の繰り返し検査を指示した。
- (5) 平成22年11月15日付けで、耐空性改善通報TCD-7194D-2010を発行し、同型ロッドを新型ロッドと交換することを指示した。

## 6.2 本事故発生後、製造者が講じた措置

- (1) 2007年12月13日付けで、技術通報ASB EC135-67A-017、2008年3月17日付けで、Revision 02を発行し、同型ロッドの100飛行時間毎の繰り返し検査、ボール・ピボットの100飛行時間毎の繰り返し検査及び防錆処置等、並びに新型ボール・ピボットの400飛行時間又は12か月のいずれか先に到達した時期毎の繰り返し検査を指示した。
- (2) 2008年3月31日付けで、技術通報SB EC135-67-018、2008年5月15日付けで、Revision 01を発行し、新型ロッド及び新型ボール・ピボットへの交換を紹介したが、交換を義務付ける指令事項としなかった。

同型ロッドは、ねじ部がアルミニウム合金製で、ロッキング・プレート端部を折り曲げて固定されていたが、新型ロッドは、ねじ部が鋼製で、接触面にみぞが刻まれているリテーナー・ナット及びロッキング・ワッシャーを組み立てて固定されるものに変更された。

ボール・ピボットは、内側リングが銅基合金製、外側リングが鉄基合金製であったが、新型ボール・ピボットは、両者とも鉄基合金製に変更され、リング接触面をテフロンにより皮膜された。

- (3) 2010年7月26日付けで、技術通報ASB EC135-67A-017 Revision 03を発行し、同型ロッドを新型ロッドと交換することを指

示した。

### 6.3 本事故発生後、同社が講じた措置

#### (1) 安全意識の高揚

全社員に対し、幹部は安全確保の重要性について機会あるごとに訓示することとし、本事故の事例紹介を通してグループ・ディスカッションを行い、安全意識の再徹底を図ることとした。また、本事故及びディスカッションの結果等を今後の継続的な啓蒙に活用していくこととした。

#### (2) 整備管理体制の充実

重要なシステムに関する不具合及び不具合につながる可能性があると考えられる兆候については「指定調査事象」として位置付け、運用要領を規定化するとともに、本部長及び運航整備本部内の各部長で構成する「運航整備本部会議」を毎月定期的で開催し、不具合管理の強化を図ることとした。

製造者及び整備委託会社との定期的な会議を開催し、機材の管理強化、信頼性向上に努めることとした。

整備管理体制を強化すべく、平成20年4月、整備管理要員を1名増員した。

整備士への技量維持向上策として、技量維持訓練のプログラムを改善し、耐空検査前整備時に実効的な訓練を実施することとした。

#### (3) 新型部品への交換

同社の同型機全機について、同型ロッド及びボール・ピボットを新型の部品に交換した。

#### (4) 事故機と同型機に関する操縦士の緊急操作能力の確認及び維持向上

TRコントロール系統不具合の緊急操作に関わる手順等について、座学及び実機による再訓練を実施し、機長の緊急操作に関わる知識・能力を確認し、当該訓練内容を社内規定「訓練・審査規則」に反映させ、定期訓練・定期審査を通して技量維持・向上に努めることとした。非常用チェック・リストを作成し、機体に搭載することとした。

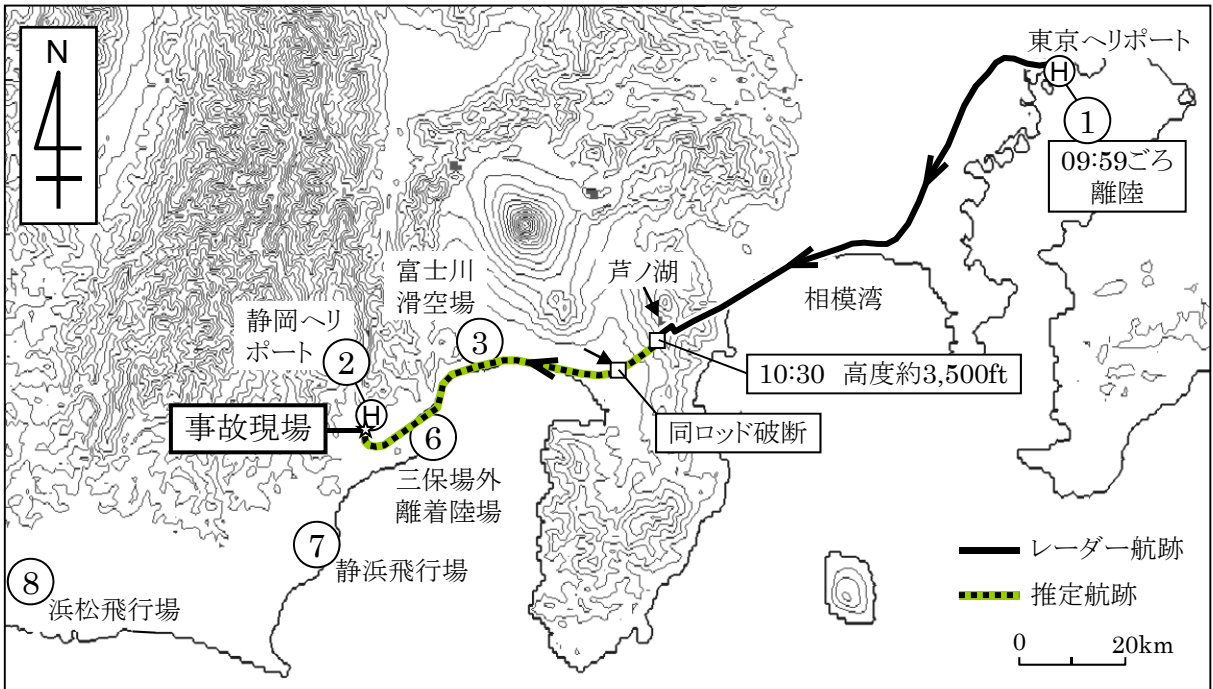
#### (5) 安全運航管理体制全体の強化

実効的な内部監査を実施すべく、平成20年4月、「安全監査室」を新設し、平成21年4月に安全管理システムを導入した。

#### (6) 運航管理体制の充実

運航管理部が運航中の機体の位置をリアルタイムに把握し管理できるよう、衛星電話を全機に装備し、一元化した運航管理体制の充実を図るため、平成20年1月、運航管理要員を1名増員した。

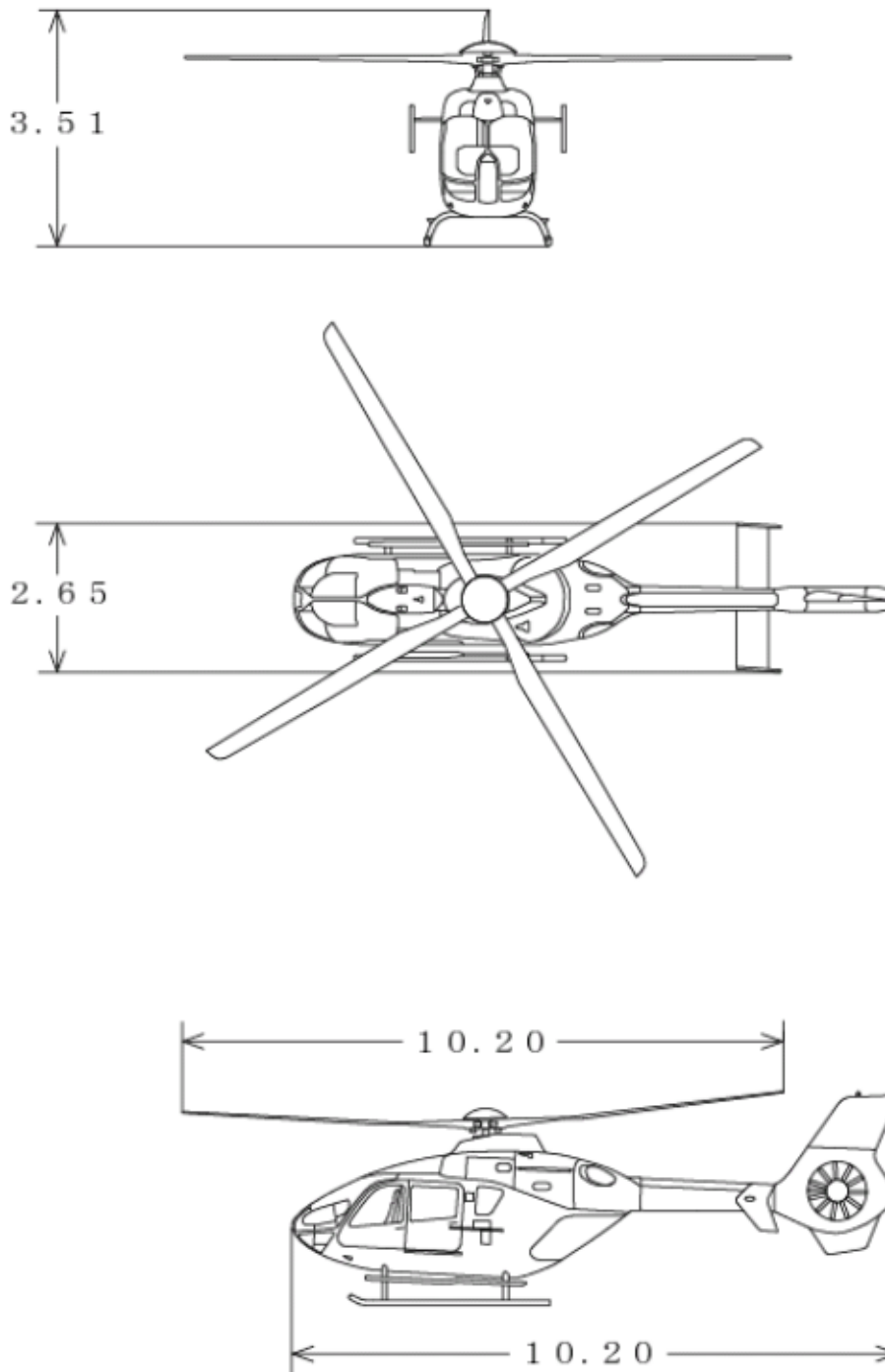
付図1 推定飛行経路図



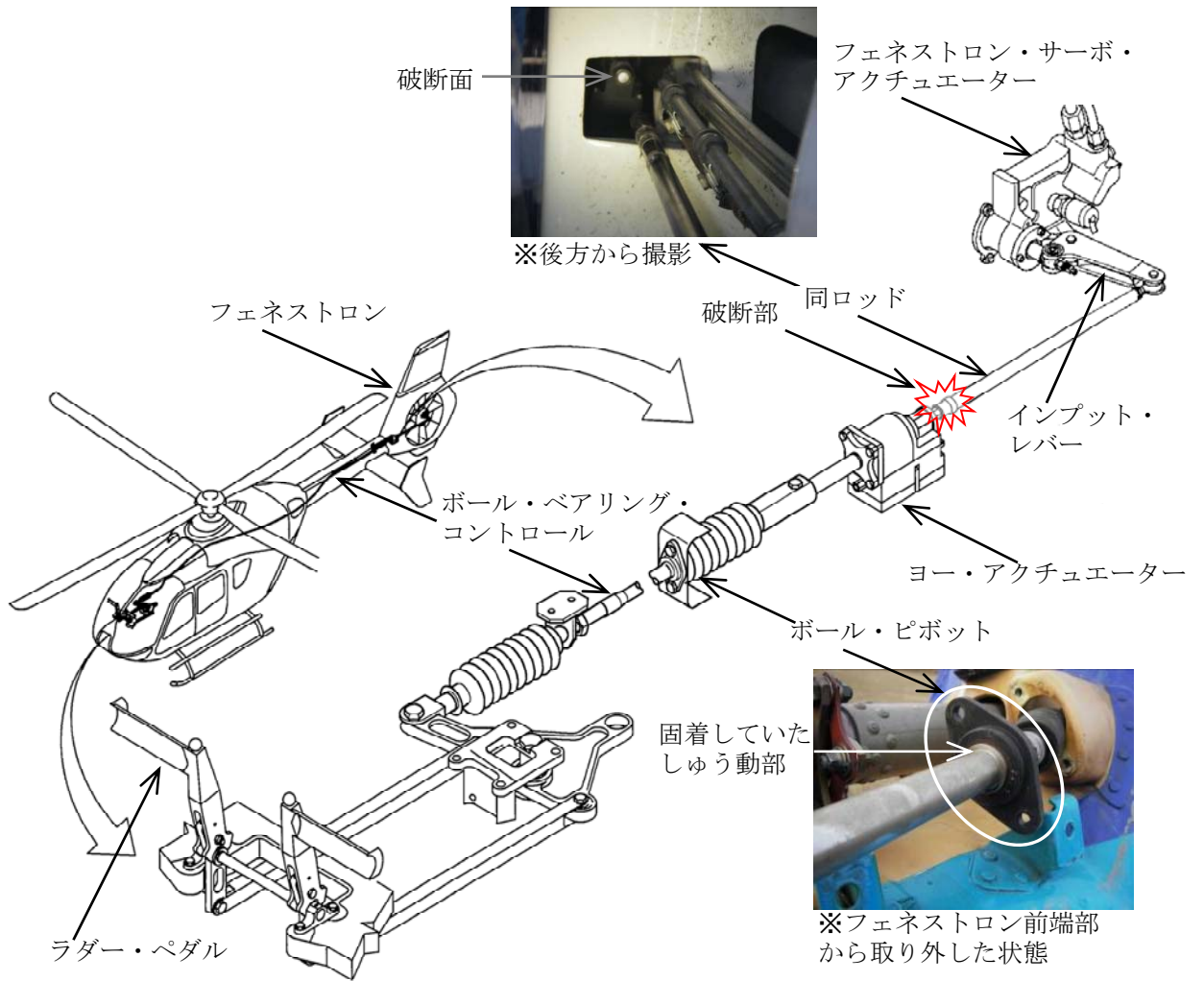
- ① 東京ヘリポート
- ② 静岡ヘリポート
- ③ 富士川滑空場、目撃者A
- ④ 目撃者B、ビデオ映像A撮影位置
- ⑤ 目撃者C、ビデオ映像B撮影位置
- ⑥ 三保場外離着陸場
- ⑦ 静岡飛行場
- ⑧ 浜松飛行場

付図2 ユーロコプター式EC135T2型三面図

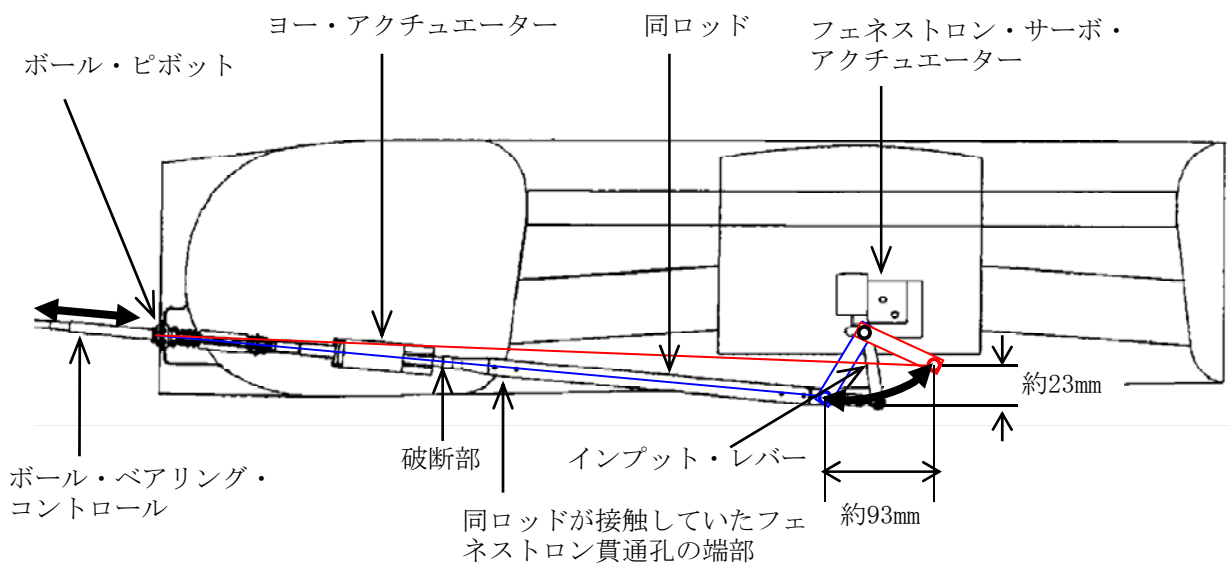
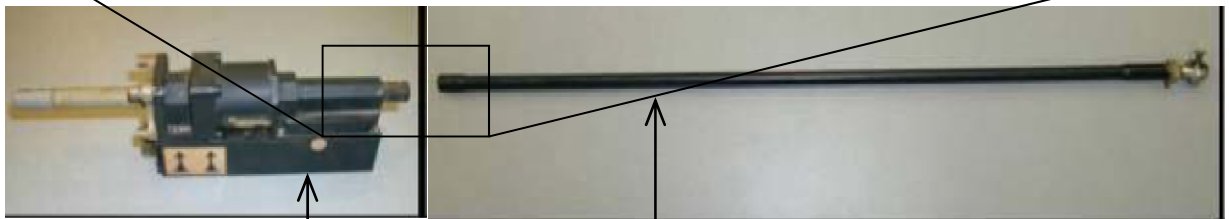
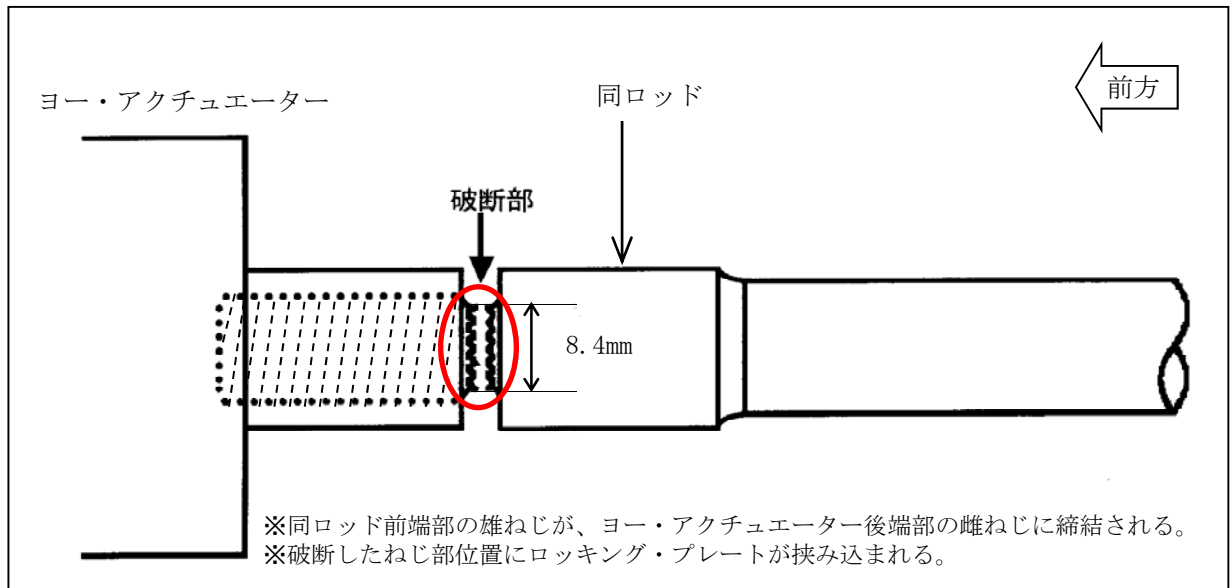
単位：m



### 付図3 TRコントロール系統



付図4 同ロッドの破断部及び作動範囲



前方

赤色：TRが0%最低ピッチ角の位置  
 青色：TRが100%最高ピッチ角の位置

※上方から見たフェネストロンの水平方向断面図



## 付図5 目撃者が撮影したビデオの画像

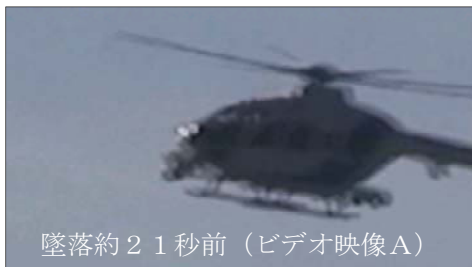
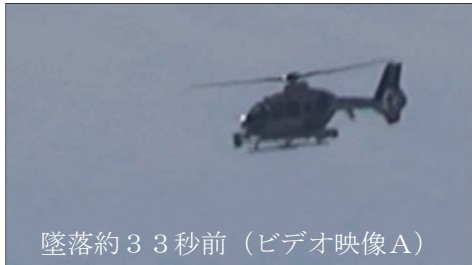
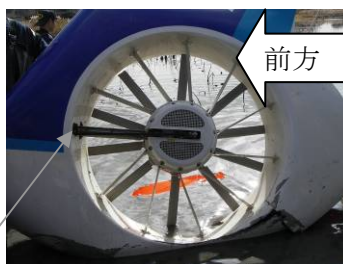
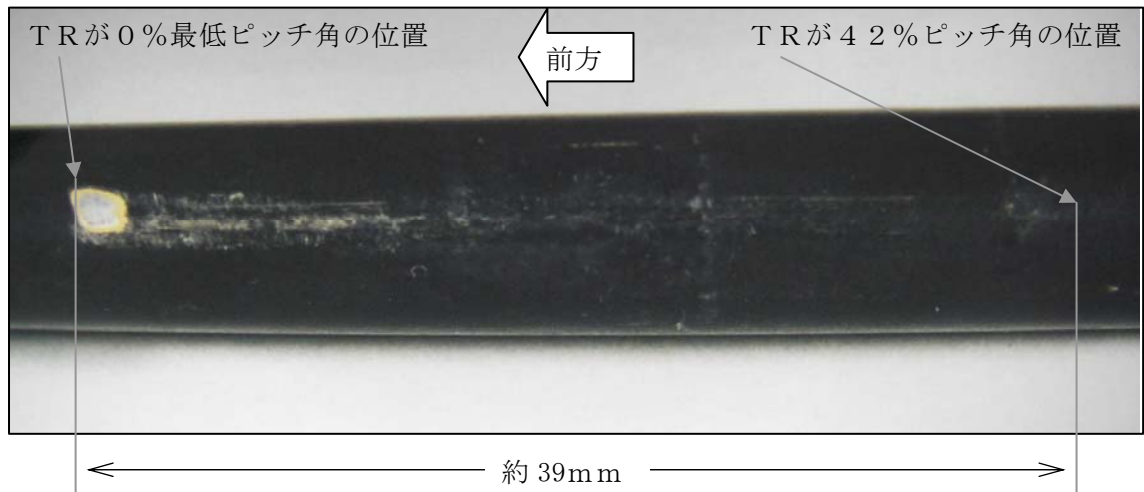




写真1 事故機



写真2 同ロッドの痕跡



同ロッドが接触していたフェネストロン貫通孔の端部

写真3 同ロッドの前方側破面

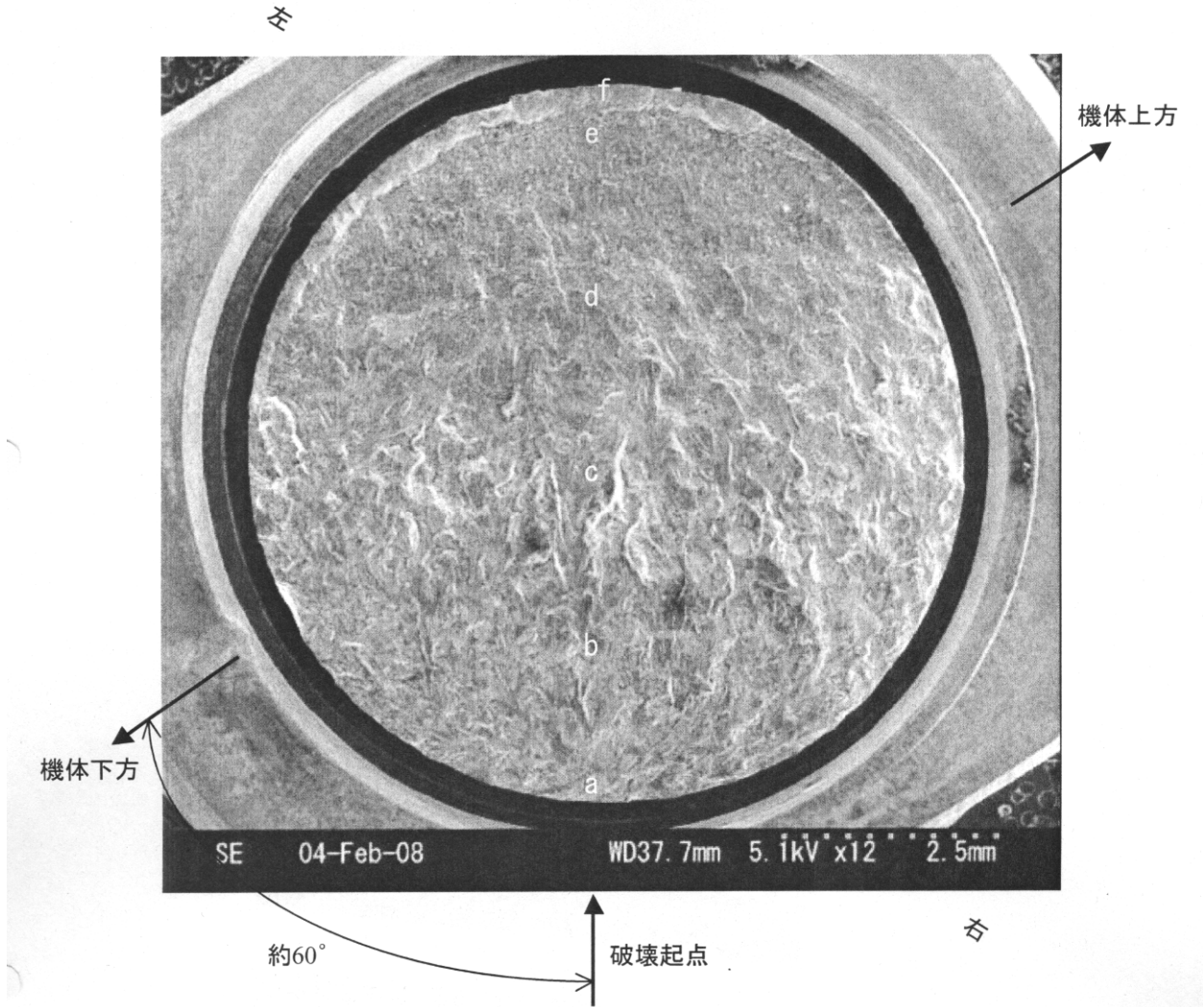
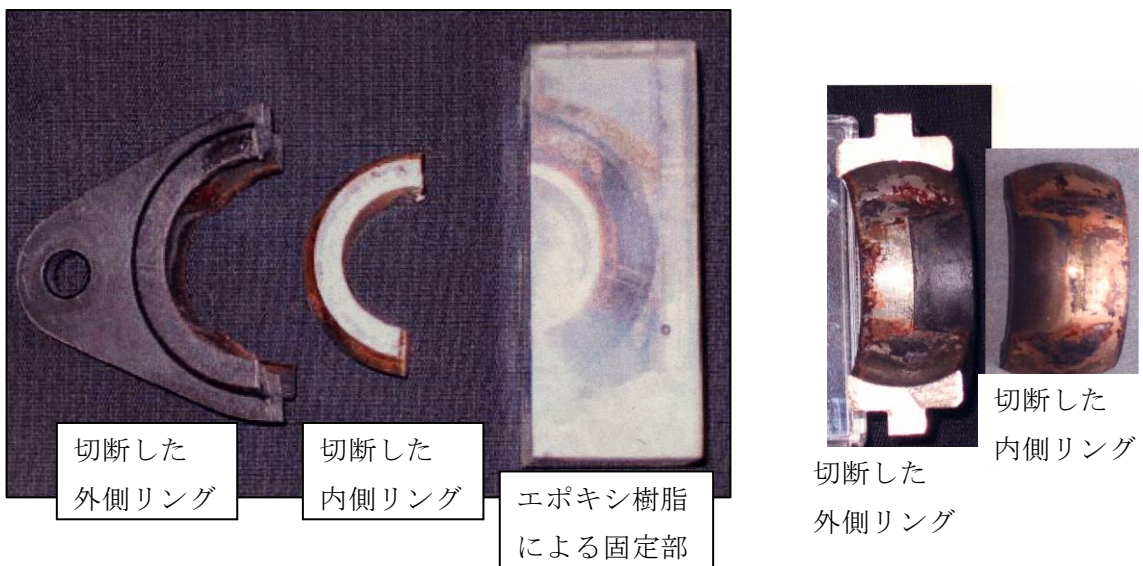


写真4 切断後のボール・ピボット





## 写真5 ロッキング・プレート



※ヨー・アクチュエーター側へのロッキング・プレートの折り曲げについては、画面の切り欠き部と反対側の切り欠き部においてなされている。



※ロッキング・プレート  
(折り曲げ前)

※上の写真の状態からヨー・アクチュエーターを手前側へ倒して撮影した。