

AI2013-3

航空重大インシデント調査報告書

学校法人ヒラタ学園所属

ユーロコプター式EC135T2型（回転翼航空機） JA135E

発動機の破損

平成25年 9 月 27 日

本報告書の調査は、本件航空重大インシデントに関し、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、航空事故等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、本事案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」

学校法人ヒラタ学園所属
ユーロコプター式EC135T2型（回転翼航空機）
JA135E
発動機の破損

航空重大インシデント調査報告書

所 属 学校法人ヒラタ学園
型 式 ユーロコプター式EC135T2型（回転翼航空機）
登録記号 JA135E
インシデント種類 発動機の破損
発生日時 平成21年3月28日 10時20分ごろ
発生場所 沖縄県慶良間列島の北西約6nm（約11km）の海上

平成25年8月23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>

学校法人ヒラタ学園所属ユーロコプター式EC135T2型JA135Eは、平成21年3月28日（土）、救急患者輸送のため、久米島場外離着陸場を10時07分に離陸し、沖縄本島の首里場外離着陸場^{しゅり}に向け海上を飛行中の10時20分ごろ、慶良間列島の北西約6nm（約11km）、高度約800ft（約240m）において左エンジンが停止したため、目的地を那覇空港に変更し、10時46分同空港に着陸した。

同機には、機長及び整備士、医療関係者の医師及び看護師、並びに救急患者とその付添人の計6名が搭乗していたが、負傷者はいなかった。

同機の左エンジン内部は大破したが、火災は発生しなかった。

<原因>

本重大インシデントは、左エンジンの燃焼室の比較的下部に位置するインジェク

ターが閉塞したため、燃料噴射が燃焼室上部に偏り上部構造に集中的な過熱を引き起こしエンジン内部が破損したものと推定される。

インジェクターが閉塞したのは、燃料噴射口付近の加熱により粘性を帯びた殺菌剤に海塩が堆積したことによるものと考えられる。殺菌剤は不適切に使用されていた可能性が考えられるが、海塩の混入経路については、明らかにすることができなかった。

< 勧告等 >

○ 安全勧告

本重大インシデントの調査結果を踏まえて、欧州航空安全庁（EASA）に対し、次の措置を講ずることを勧告する。

ユーロコプター社とターボメカ社に対し、同型式回転翼航空機が使用される環境及び殺菌剤の特性を両者が協力して検証し、その結果に基づき殺菌剤の用法用量及び使用上の注意を同型式機の運航者に周知するよう指導すること。

報告書で用いた主な略語は、次のとおりである。

A M M : Aircraft Maintenance Manual
B E A : Bureau d'Enquetes et d'Analyses
E A S A : European Aviation Safety Agency
E M M : Engine Maintenance Manual
F L I : First Limit Indicator
R F M : Rotorcraft Flight Manual
T O T : Turbine Outlet Temperature
T R Q : Torque
V F R : Visual Flight Rules

単位換算表

1 ft : 0.3048 m
1 nm : 1,852 m
1 μ m : 10^{-6} m
1 Gal (UK) : 4.546 l
1 ppm : 0.0001 %

1 航空重大インシデント調査の経過

1.1 航空重大インシデントの概要

本件は、航空法施行規則第166条の4第6号に規定された「発動機の破損（発動機の内部において大規模な破損が生じた場合）」に該当し、航空重大インシデントとして取り扱われることとなったものである。

学校法人ヒラタ学園所属ユーロコプター式EC135T2型JA135Eは、平成21年3月28日（土）、救急患者輸送のため、久米島場外離着陸場を10時07分に離陸し、沖縄本島の首里場外離着陸場に向け海上を飛行中の10時20分ごろ、慶良間列島の北西約6nm（約11km）、高度約800ft（約240m）において左エンジンが停止したため、目的地を那覇空港に変更し、10時46分同空港に着陸した。

同機には、機長及び整備士、医療関係者の医師及び看護師、並びに救急患者とその付添人の計6名が搭乗していたが、負傷者はいなかった。

同機の左エンジン内部は大破したが、火災は発生しなかった。

1.2 航空重大インシデント調査の概要

1.2.1 調査組織

運輸安全委員会は、平成21年3月28日、本重大インシデントの調査を担当する主管調査官ほか1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、機体の設計・製造国であるドイツの代表とエンジンの設計・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21年3月29日～31日	機体調査及び口述聴取
同年4月6日及び7日	機体調査
同年4月6日～6月30日	燃料調査
同年6月2日～4日	エンジン分解調査
同年7月1日～31日	機体及び燃料の調査
同年9月17日	機体調査
同年9月18日～10月30日	フィルター及び殺菌剤の調査
同年9月29日	口述聴取
同年11月13日	口述聴取
同年12月11日	口述聴取

同 年 1 2 月 2 2 日	殺菌剤の調査
同 年 1 2 月 2 8 日	口述聴取
平成 2 2 年 3 月 1 5 日	口述聴取
同 年 3 月 1 7 日～ 3 1 日	エンジン洗浄水の調査
同 年 4 月 1 日、1 3 日、1 6 日	口述聴取
同 年 1 0 月 2 0 日～ 1 2 月 2 8 日	燃料系統部品の分析調査
同 年 1 2 月 2 8 日	口述聴取
平成 2 3 年 2 月 1 8 日～ 3 月 3 1 日	燃料系統部品の付着物と殺菌剤の調査
同 年 4 月 1 3 日	切断したインジェクターの観察調査
同 年 5 月 1 6 日	インジェクター内部の分析調査
同 年 5 月 3 0 日～ 6 月 7 日	燃料中の殺菌剤及び塩の堆積過程調査

1.2.4 経過報告

平成 2 2 年 7 月 3 0 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った。

1.2.5 原因関係者からの意見聴取

原因関係者から意見聴取を行った。

1.2.6 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

学校法人ヒラタ学園（以下「同学園」という。）所属で、同学園・航空事業本部が運営するドクターヘリ事業に供するユーロコプター式 EC135T2 型 JA135E（以下「同機」という。）は、平成 2 1 年 3 月 2 8 日、久米島の病院の要請に基づき、沖縄本島への救急患者輸送のため、右操縦席に機長、左操縦席に整備士、後部座席に医師と看護師が搭乗し、0 9 時 1 2 分に読谷場外離着陸場（以下「読谷基地」という。）を離陸し、0 9 時 4 0 分に久米島場外離着陸場（以下「久米島場外」という。）に着陸した。

その後、救急患者と付添人が搭乗し、同機は久米島場外を 1 0 時 0 7 分に離陸した。

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：久米島場外離着陸場

移動開始時刻：09時55分、巡航速度：120kt、巡航高度：VFR

経路：座間味^{ざまみ}

目的地：首里場外離着陸場、所要時間：0時間45分

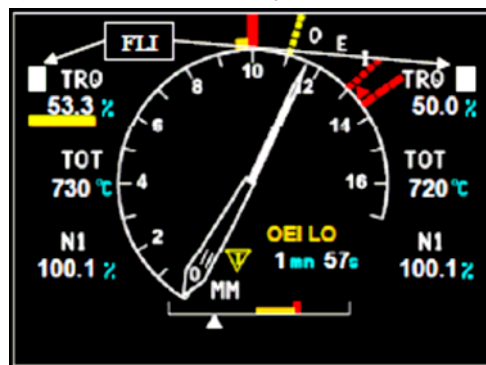
持久時間で表された燃料搭載量：1時間50分

本重大インシデント発生に至るまでの同機の飛行経過は、機長、整備士及び同機の緊急通報を受けた那覇空港の航空管制官（以下「管制官」という。）の口述によれば概略次のとおりであった。

(1) 機長

機長は、病院から救急患者輸送の要請を受け、読谷基地を09時12分に離陸し、09時40分に病院の敷地内にある久米島場外に着陸した。着陸後、同機のエンジンを停止するとともに医師、看護師と整備士が病棟に向かい、患者を引き受け、共に同機に搭乗し10時07分久米島場外を離陸した。同機が高度約1,000ft、速度約130ktで飛行中の10時16分ごろ、右エンジン計器のトルク（以下「TRQ」という。）に表示されていたFLI（図「同機のエンジン計器 表示例」の説明を参照）が、TRQとタービン出口温度（以下「TOT」という。）に交互に表示され始めた。機長は、左操縦席に座っていた整備士と一緒にエンジン計器を確認したが全ての計器表示が常用範囲にあったことから計器の不具合と考えた。しばらくすると左エンジン計器のTOTが880℃に上昇し、連続最大出力の限界値（879℃）を僅かに超えた。整備士からパワーを少し下げてくださいと言われ、パワーを絞った。

飛行経路に低い雲も出てきたので高度800ft、速度100ktに下げ飛行を継続していたとき、左エンジンが停止した。そのときの同機の位置は慶良間列島の北西約6nm（那覇空港の西約27nm）、時刻は10時20分ごろであった。左エンジンの再始動を試みたが反応がなかったので停止手順を実施した。右エンジン計器の表示は正常で、水平飛行も維持できた。機長は慶良間空港への着陸も考えたが、救急患者を輸送中で天気は崩れる傾向にあり、代替輸送の調整に時間を要することから、患者を地上の救急車両に引き継げる沖縄本島への着陸を考えた。



図「同機のエンジン計器 表示例」

TRQ, TOT, N1の各数値が、左エンジンは画面左側に、右エンジンは画面右側にそれぞれ表示される。

数値が最も運用限界値に近づいているパラメーターにだけ□（FLI）が表示され、操縦士に注目すべき数値を示す。

機長は、沖縄本島までの飛行経路に小島が点在していたことから、右エンジンの計器に僅かでも異常な兆候が現れたら、近くの小島に着陸する旨を医師と看護師にも伝え、目的地を沖縄本島的那覇空港へ変更した。

患者を病院へ搬送する必要があるため、機長是那覇空港の飛行場管制所に対して緊急事態を宣言し、救急車の手配を要請した。10時46分、那覇空港の誘導路に着陸し、待機していた救急車に患者を引き継いだ。

(2) 整備士

整備士は同機が久米島場外を離陸後、しばらくして右エンジン計器のFLIが、TRQとTOTに交互に表示され始めたのに気付いた。何かおかしいと考えていたところ、左エンジン計器のFLIの表示も同様の状態となり、TOTが上昇し最大連続出力の超過を示す黄色い下線が表示されたので、エンジン出力を下げるよう機長に伝えた。整備士はエンジンの状態が気になり、左右のエンジン計器のデータを取得した。左右TRQ(47.5%)、左TOT(865℃)、右TOT(795℃)、左N1(圧縮機回転速度88.9%)、右N1(89.6%)、外気温度(19.8℃)であり、TOT以外、両エンジンに大きな差違はなかった。その後急激に左エンジン計器のTOTが上昇し、左エンジンが停止した。

那覇空港に着陸するまで右エンジン計器の表示は正常で、TOTは少し高かったものの、許容範囲内にありTRQも正常であった。

(3) 管制官

管制官は10時25分ごろ、同機から「エマージェンシー」の通報を受けた。管制官が状況を確認すると、救急患者搬送中に左エンジンが停止したため那覇空港に緊急着陸したいとのことであった。同機の位置是那覇空港の西約22nmで高度800ftであった。管制官は着陸に際して、那覇空港の運用に影響のない誘導路に着陸させた。

本重大インシデントの発生場所は、慶良間列島の北西約6nm(北緯26度16分、東経127度10分付近)高度約800ftで、発生日時は、平成21年3月28日10時20分ごろであった。

(付図1 推定飛行経路図、写真2 エンジン計器の表示例 参照)

2.2 人の負傷

負傷者はいなかった。

2.3 航空機の損壊に関する情報

左エンジンの内部が大破していた。

(写真3 左エンジンの損壊状況 参照)

2.4 航空機乗組員に関する情報

機長 男性 58歳

事業用操縦士技能証明書(回転翼航空機)

限定事項 陸上多発タービン機

平成4年8月7日

第1種航空身体検査証明書

有効期限

平成21年11月30日

総飛行時間

9,746時間11分

最近30日間の飛行時間

20時間49分

同型式機飛行時間

316時間12分

最近30日間の飛行時間

20時間49分

2.5 航空機に関する情報

2.5.1 航空機

型式

ユーロコプター式EC135T2型

製造番号

0443

製造年月日

平成17年11月23日

耐空証明書

第大-20-356号

有効期限

平成21年10月18日

耐空類別

回転翼航空機 普通N

総飛行時間

841時間18分

総飛行回数

2,521回

定期点検(100時間点検、平成21年1月8日実施)後の飛行時間

58時間19分

(付図2 ユーロコプター式EC135T2型三面図、写真1 重大インシデント機 参照)

2.5.2 エンジン

(1) 左エンジン

型式

ターボメカ式アリウス2B2型

製造番号

32225

製造年月日

平成17年7月21日

総使用時間

841時間18分

(2) 右エンジン

型式

ターボメカ式アリウス2B2型

製造番号
製造年月日
総使用時間

3 2 2 2 6
平成17年 7 月 2 8 日
8 4 1 時間 1 8 分

2.5.3 重量及び重心位置

本重大インシデント発生当時、同機の重量は、2,625 kg、重心位置は、前後方向で基準線から後方4,298 mm、横方向で基準線から左1 mmと推算され、いずれも許容範囲（最大離陸重量2,835 kg、重大インシデント発生当時の重量に対応する重心範囲は前後方向で4,215～4,415 mm、横方向で左100～右100 mm）内にあったものと推定される。

2.5.4 燃料及び潤滑油

燃料は航空燃料ジェットA-1、潤滑油はジェット・エンジン用のモービル・ジェット・オイルIIであった。

2.6 気象に関する情報

2.6.1 天気概況

平成21年3月28日09時の地上天気図によれば、東シナ海南部には低気圧があつて、東シナ海から大陸にかけて前線が停滞していた。同日10時30分の雲画像では、低気圧と前線に伴う雲域が中国大陸から東シナ海を経て沖縄地域を広く覆い、同機の飛行経路は雲域の南端にあつた。

本重大インシデント発生時刻ごろの、同日10時20分のレーダーエコー強度では、飛行経路周辺に降水域があり、降雨強度の強い降水域が飛行経路に向かって東進していた。

2.6.2 航空気象観測値

那覇空港における本重大インシデント発生関連時間帯の航空気象観測値は、次のとおりであった。

10時53分 風向 160°、風速 12 kt、卓越視程 10 km

天気 弱い雨

雲 雲量 2/8 雲形 積雲 雲底の高さ 1,500 ft

雲量 5/8 雲形 層積雲 雲底の高さ 4,500 ft

雲量 7/8 雲形 高積雲 雲底の高さ 7,000 ft

気温 22℃、露点温度 19℃

高度計規正值 29.90 inHg

2.7 エンジンの点検整備の経歴

2.7.1 エンジンの限界使用時間と同学園におけるエンジンの点検整備

エンジン製造者が発行した技術資料によれば、同エンジンの限界使用時間は、総使用時間3,500時間又は使用期間15年のいずれか早く到達した時間又は期間となる。

同機のエンジン航空日誌によれば、両エンジンは同機の製造時に装備され、本重大インシデントが発生するまでの総使用時間は841時間18分（残時間：約2,658時間）、使用期間は約3年8か月（残期間：約11年4か月）で、限界使用時間に達していなかった。

また、同機の整備記録によれば、主要な整備は神戸ヘリポート内の同学園の主整備基地で行われ、エンジン出力点検や潤滑油系統の点検など200時間以下（200時間点検、100時間点検、50時間点検、20時間点検）の各点検整備は、読谷基地など出先において、エンジン製造者が定めるエンジン・メンテナンスマニュアル（以下「EMM」という。）に基づき行われていた。

2.7.2 本重大インシデントの直近に実施された主要な点検整備

整備記録によれば、同学園の主整備基地において、本重大インシデント発生の約7か月前（平成20年9月13日）に、800時間と製造後から2回目となる400時間の点検整備が行われ、エンジン内部の内視鏡検査（400時間項目）と燃料系統部品であるプリファレンス・インジェクター、左右の燃料マニホールド及び燃料フィルターの交換（800時間項目）を実施したが不具合はなく、また、点検整備後のエンジン出力点検も正常な値が記録されていた。

2.8 同機の使用経歴

2.8.1 同機の使用経歴

同機の航空日誌によれば同学園は、同機の製造から約1年後に医療機器を装備し、読谷基地と長崎県の病院へ交互に配置し、救急医療輸送業務を行っていた。

読谷基地における同機の使用経歴は、概略次のとおりであった。

配置回数	3回
総配置期間	平成19年3月～平成21年3月の間で530日間
総配置期間の飛行時間	492時間05分（総飛行時間の約59%）
総配置期間の飛行回数	1,421回（総飛行回数の約56%）
平均飛行時間	約21分
飛行の特徴	飛行の約90%が沖縄本島と離島間の海上飛行であり、また、着陸地のほとんどが海岸線から1km以内

にあった。

2.8.2 燃料系統部品交換後の使用経歴

2.7.2に記述したとおり、同機の両エンジンの内視鏡検査と燃料系統部品の交換が行われた平成20年9月13日から本重大インシデントが発生するまでの期間は約7か月、飛行時間は154時間40分、飛行回数は517回であった。

また、同機は燃料系統部品の交換を行ってから長崎県の病院で救急医療輸送業務を行い、その後、神戸ヘリポートを経由して読谷基地へ空輸され、読谷基地では平成20年12月1日から救急医療輸送業務に伴う飛行が開始された。本重大インシデントが発生するまでの期間は約4か月、飛行時間は91時間22分、飛行回数は271回であった。

2.9 読谷基地における同機の日常運航に伴う事項

2.9.1 救急医療輸送業務に伴う同機の運用状況

読谷基地における救急医療輸送業務に伴う同機の運用状況は、読谷基地所長、複数の整備士、病院職員等の口述を総合すると、概略次のとおりであった。

読谷基地の運用時間は09時から17時である。運用時間が始まる前に同機を格納庫から出し、飛行前点検に併せて燃料タンクの水抜作業を行う。その後、出動要請に備え同機を離着陸帯で待機させる。同機には、離島を往復するための燃料として、飛行時間1時間40分に相当する約330kgの燃料が搭載され、この搭載量は容積換算で約423ℓ、燃料タンク容量710ℓに対して約60%の量である。

傷病者の輸送に当たっては、地上との大きな気圧差が生じないように1,000ft以下で飛行する。地上での傷病者の引受け又は引渡しに要する時間は約10分である。同機は着陸後、必ずエンジンを停止している。また、傷病者を輸送した後は、次の出動要請に備えるため直ちに読谷基地へ帰投する。1回の救急輸送業務を終えるまでに、計3回のエンジンの始動・停止を行っている。

エンジンの状態は日々確認しており、また平成21年2月に実施した100時間ごとのエンジン状態点検においても異常は認められなかった。

同機の飛行は海上が多く、読谷基地も海岸近くにあり、海塩粒子^{*1}が浮遊する環境で運用されることから、塩害を考慮し、輸送終了後は、エンジンのコンプレッサー洗浄を行っていた。また、機体表面に塩が付着したときは、表面の

*1 「海塩粒子」とは、海水のしぶきなど海面に発生する海水気泡が破裂する際に大気中に放出される3～18μm程度の塩分の微粒子のことをいう。

洗浄も行っていた。洗浄水は浄水器で精製したもので、作り置きはしていなかった。読谷基地の運用時間終了後は、同機を格納庫に入れ扉を閉めて保管していた。

2.9.2 施設と燃料貯蔵庫の燃料

読谷基地は、沖縄本島中部の西海岸にあり、海岸線から約50mの位置に離着陸帯、事務所、格納庫のほか燃料貯蔵庫が設置されている。

燃料貯蔵庫の燃料は、容量約200ℓの金属製ドラム缶（以下「燃料ドラム」という。）を未使用と使用中に区別して保管している。燃料ドラムは、ねじ込み式の蓋で密閉されている。また、燃料ドラムの搬入記録によれば、搬入頻度は、平均約9日間隔で10本単位（合計約2,000ℓ）であった。

2.9.3 同機への給油時機と給油手順

読谷基地における給油作業について、複数の整備士からの口述をまとめると、給油時機と給油手順は、概略次のとおりであった。

給油は日々の飛行終了後に実施するが、出勤頻度が多いときは必要に応じてその都度給油が行われていた。1回に給油する量は、おおむね燃料ドラム1本半（約300ℓ）で、未使用の燃料ドラムを開封したときは、燃料ドラムの中の目視検査と水分検査を行い、燃料に殺菌剤を加えかくはんしてすぐに電動給油ポンプにより同機へ給油していた。

燃料の目視検査では、本重大インシデントが発生する以前から燃料中に小さな異物の混入が何度か確認されていた。多量に混入している場合、その燃料ドラムは使用しなかった。

水分検査は、ペースト状の水分検査薬を検査棒の先端に塗布し、燃料中でかきまぜて行っていた。これまでの検査において、燃料中に水分が検出されたことはなかった。

(写真6 読谷基地の全景 参照)

2.10 読谷基地で使用していた殺菌剤（KATHON FP 1.5）

読谷基地における殺菌剤使用の経緯及び使用方法について、複数の整備士からの口述をまとめると、概略次のとおりであった。

同学園は、読谷基地における同機の運用において、エンジンの燃料フィルターを装着する容器にカビのような物質が付着していたため、平成20年12月1日から、読谷基地の燃料ドラムにEMMで承認されていた殺菌剤（米国Fuel Quality Service, Inc製「KATHON FP 1.5」）を加えた。しかし、本重大インシ

デントの発生以前には殺菌剤の使用に関する社内指示が明確ではなく、整備士は全ての燃料ドラムに殺菌剤を加えていたわけではなかった。さらに、EMMには、添加量を100ppmの濃度（200ℓの燃料に対して20mlの殺菌剤）にするよう記載されていたが、実際の添加量の記録は残されておらず、整備士が容量換算を間違えて使用していた可能性もあった。

読谷基地で使用されていた殺菌剤は、米国Fuel Quality Service, Inc製「KATHON FP 1.5」であった。当該殺菌剤は1Gal (UK) (4.55ℓ)の容器に入っており、容器には成分と化学薬品に関する取扱注意事項が記載されていたが、使用方法や添加量に関する記載はなかった。

なお、殺菌剤（KATHON FP 1.5）の製造会社の資料には用法に関する次の記載があった。

(抜粋)

Kathon™ FP 1.5 Microbicide is effective and economic to use and begins working within 5 hours. However, preferred soak time is 12-24 hours.

(仮訳)

(殺菌剤のケイソンFP 1.5は、効率的かつ経済的であり、5時間以内に作用し始める。しかしながら、12～24時間は浸しておくことが望ましい。)

2.1.1 殺菌剤に係るマニュアル類の記載

殺菌剤について、同機の設計を承認した欧州航空安全庁（以下「EASA」という。）のTCデータ・シート（設計の仕様をまとめた書類）によれば、同機に使用できる燃料、潤滑油及び添加剤は、EASAが承認したロータークラフト・フライトマニュアル（以下「RFM」という。）を参照するよう記載されている。しかし、同機のRFMの燃料添加剤の項目には殺菌剤の記載はなかった。また、同機の飛行規程及びエアークラフト・メンテナンスマニュアル（以下「AMM」という。）にも殺菌剤の使用に関する記載はなかった。

ところが、同機のEMMには、次のとおり殺菌剤の用法用量についての記述があり、予防処置 (Preventive treatment) と除去処置 (Curative treatment) に区分して使用量が定められていた。ただし、次の「4 Fungicide additives」の項の最初に記されている「Refer to the conditions given in the Maintenance Manual」については、上述のとおり、AMMにはそのような記載はなかった。

TURBOSHAFT ENGINE ARRIUS 2B2 MAINTENANCE MANUAL

(以下に関連する章を抜粋し、該当記載を下線で示す。)

71 POWER PLANT

71-00-02 FUEL/LUBRICANTS/SPECIAL PRODUCTS-GENERAL

(中略)

2 Fuels-Lubricants-Special products- General

(中略)

(c)Approved fuel additives

(中略)

4 Fungicide additives

Refer to the conditions given in the Maintenance Manual.

(中略)

KATHON FP 1.5

- Preventive treatment:50ppm

- Curative treatment:100ppm

2.12 試験及び研究

2.12.1 同機のエンジン内部調査

同機の両エンジンを製造者であるターボメカのフランス工場へ送り、フランスの航空事故調査当局（以下「BEA」という。）による立会いの下、分解調査を実施した。分解後、確認されたエンジン内部の状態は、概略次のとおりであった。

(1) 左エンジン内部の状態

- ① 燃焼室の内壁上部は、(エンジン前方から見て)時計方向の10時から04時(以下「上部構造」という。)にかけて黒く変色し、燃焼の偏りの跡が見られた。
- ② 燃焼ガスの流れを整えるハイプレッシャー(以下「HP」という。)ノズルガイドベーンは、上部構造にかけて過熱により変色し、ガイドベーンの後縁が損傷していた。
- ③ コンプレッサーを回転させるHPタービンは、全てのブレードが中間部分から破断し、燃焼ガスの流路を形成するタービンリングとリアベアリング・サポートの上部構造にかけて構造が破損していた。
- ④ プレッシャータービン(以下「PT」という。)ノズルガイドベーンは、上部構造にかけて構造が破損し、その後方のメインローターを回転させるパワータービンは全てのブレードが破断していた。
- ⑤ 排気ディフューザーは上部構造にかけて構造とその支柱が破断し、その破断面が溶解していた。

(2) 右エンジン内部の状態

HPノズルガイドベーンの一部（3枚のベーン）の後縁が過熱により損傷していたが、その他の内部構造に大きな損傷はなかった。

(3) 左エンジンの燃料系統部品の状態

10本あるインジェクターの燃料出口の全てに白色及び茶色の異物が付着していた。全てのインジェクターに燃料を流したところ、そのうち5本（No. 3からNo. 7）は燃料が流れず、1本（No. 9）が流量不足の状態であった。また、燃料マニホールドの燃料流路上流にある燃料フィルターには、燃料入口側表面に異物が堆積していた。

(4) 右エンジンの燃料系統部品の状態

右エンジンの全てのインジェクターの燃料出口にも左エンジン同様に異物が付着していた。全てのインジェクターに燃料を流したところ、4本（No. 3からNo. 6）は燃料が流れず、3本（No. 2、No. 9及びNo. 10）が流量不足の状態であった。また、燃料フィルターの燃料入口側表面には異物が堆積していた。

(付図3 エンジン構造と左エンジン内部の損傷箇所、写真4 左エンジン内部の状態、写真5 燃料系統部品の状態 参照)

2.12.2 同機のエンジン燃料系統部品等の調査

2.12.1(3)及び(4)に記述した両エンジンの燃料系統部品（インジェクターと燃料フィルター）は、BEAによりフランスの公的試験機関に送付され調査が行われた。その調査報告書によれば、結果は概略次のとおりであった。

(1) インジェクターの調査

左右のインジェクターの燃料出口及び表面の多くは、異物が堆積して詰まるか、狭くなっていた。堆積物の成分は主に塩素とナトリウムで、塩化ナトリウムの結晶を形成していた。

(2) 燃料フィルターの調査

左右の燃料フィルターは、共に表面の約50%が塩化ナトリウムで覆われていた。

(3) 燃料の調査

本重大インシデント発生後、那覇空港に着陸した同機の燃料タンクから採取した液体については、これを分析した結果、航空燃料ジェットA-1であり、塩分の痕跡は見付からなかった。なお、塩分は燃料に溶けることはないが、燃料内に混入した水分に溶けることはある。

(写真5 燃料系統部品の状態 参照)

2.12.3 同機に搭載されていた燃料の品質

本重大インシデント発生後、那覇空港に着陸した同機の燃料タンクから液体を採取し、品質検査と塩分検査を国内で実施したところ、液体は航空燃料ジェットA-1であり、品質規格を満足し、塩分は検出されなかった。

2.12.4 燃料ドラムの詳細点検と燃料中の異物

2.9.3に記述したとおり、本重大インシデントの発生以前から読谷基地に保管されていた燃料ドラムには異物の混入が確認されていたことから、燃料ドラムの詳細点検を実施した。

詳細点検の結果、複数の未使用燃料ドラムには、①細長い針金状の異物、②細かな薄板状の異物、③半透明なフィルム状の異物が沈殿していた。詳細点検の結果は次のとおりであった。

- ① 細長い針金状の異物は、鉄が主成分であり、形状等から燃料ドラムの天板に設けられた注入口又は注入口の蓋にあるネジ山の破片であることが判明した。
- ② 細かな薄板状の異物は、成分分析の結果、燃料ドラムの内壁の塗膜片であることが判明した。
- ③ 半透明なフィルム状の異物は、燃料ドラムの内壁皮膜を候補材として比較分析を行ったところ、同様の物質であることが判明した。

一方、使用中の燃料ドラムには、燃料と異なる透明な液体が沈殿していた。これを分析した結果は概略次のとおりであった。

有機化合物の測定に有効な赤外分光法^{*2}による赤外吸収スペクトルの分析を行った結果、燃料ドラムに添加されていた殺菌剤と同様の赤外線波数領域に吸収ピークが見られた。

なお、燃料の品質検査は全ての混入物を抜き取り実施したが、金属片等の固形物と液体の殺菌剤が混入していた燃料ドラムを含め、燃料の品質に問題はなかった。

(写真7 使用中の燃料ドラムから採取した透明な液体 参照)

2.12.5 電動給油ポンプの調査

2.9.3に記述したとおり、読谷基地における同機への給油は、電動給油ポンプで行われていた。この電動給油ポンプのフィルター（以下「ポンプ・フィルター」と

*2 「赤外分光法」とは、波長を連続的に変化させた赤外線を試料に照射し、吸収された赤外スペクトルを測定することによって物質の元素群の解析を行う方法で、主に有機物質の測定に用いられる。

いう。)は、本重大インシデントが発生する約1年前(平成20年3月)に交換され、本重大インシデントが発生する平成21年3月まで使用されていた。

回収したポンプ・フィルターは、シリコンコートが施された目の細かな紙製で、フィルターの燃料入口側表面には、多数の異物が捕捉されていた。異物の外観観察と成分分析を行った結果、燃料ドラムに由来する多数の金属片等であった。ただし、殺菌剤の成分は検出されなかった。

2.12.6 燃料に加えたときの殺菌剤の溶解状態

観察用の水槽に10ℓの燃料を入れ、2.11に記述したEMMに定められた50ppmの濃度となるよう、殺菌剤を加えてかくはんしたところ、直後は殺菌剤が燃料中に拡散し見えなくなったが、約20分静置すると水槽底部に透明な物質が沈殿した。そして、水槽を毎日1回かくはんし、7日間観察を行ったが、沈殿した透明な物質は無くならなかった。

水槽底部に沈殿した透明な物質を採取し、赤外分光法による赤外吸収スペクトル分析を行った結果、殺菌剤と同様の赤外線波数領域に吸収ピークがあり、沈殿物が殺菌剤であることを確認した。

(写真8 燃料に加えたときの殺菌剤の溶解状態 参照)

2.12.7 殺菌剤のポンプ・フィルター通過に関する調査

ポンプ・フィルターをフィルター支持台に装着し、まず殺菌剤のみをフィルター支持台に流し込んだところ、ポンプ・フィルターを通過しなかった。次に、この殺菌剤に燃料を加えてかくはんしたところ、混合液はポンプ・フィルターを通過し、下のフラスコに滴下した。通過したフラスコ内の混合液を別の容器に移して静置したところ、フラスコの底部に殺菌剤が沈殿した。

(写真9 殺菌剤のポンプ・フィルター通過の状況 参照)

2.12.8 加熱による殺菌剤の状態変化

殺菌剤を加えた燃料は、高温のインジェクターを経てエンジンの燃焼室内に噴射されることから、温度変化による殺菌剤の状態変化を観察した。殺菌剤を観察容器に入れて電熱器で加熱していくと、殺菌剤の粘度は徐々に高くなり、加熱温度が200℃を超えると茶褐色に変色して底部に固着した。

(写真10 加熱による殺菌剤の状態変化 参照)

2.12.9 インジェクターと燃料フィルターの再調査

両エンジンに装備されていたインジェクターと燃料フィルターをBEAから返送

された後に国内で分解し、燃料流路の堆積物とその分布について再調査を行った。

(1) インジェクターと燃料フィルターの堆積物

インジェクターと燃料フィルターに付着していた堆積物からは、塩素、ナトリウム、マグネシウム、カリウム、カルシウムが確認され、海塩に含まれている成分と同一であった。また、インジェクターの堆積物から粘着性の硫黄成分も検出された。

燃料と殺菌剤を単体で別々に加熱し、それぞれの残留物について分析を行った結果、燃料の残留物からは硫黄は検出されなかったが、殺菌剤の残留物からは硫黄が検出された。

(2) インジェクターの堆積物の分布状況

堆積物は、主にインジェクターの燃料噴射口内側付近に存在し、それ以外の部分には存在していなかった。

2.1.3 本重大インシデント発生後の燃料系統の経過観察

本重大インシデント発生後、同学園は同機に予備の同型式エンジンを装備し殺菌剤を使用せず、読谷基地において救急輸送業務を再開した。再開後の50飛行時間と100飛行時間を目安に実施した燃料系統の経過観察の結果は、次のとおりであった。

(1) 約58飛行時間後（平成21年7月1日読谷基地にて）の実施状況

① 同機から両エンジンのインジェクターを取り卸し、拡大鏡により燃料噴射口の目視検査を実施した。インジェクターに異物の付着はなく、燃料噴射口の閉塞やその兆候は見られなかった。

② 運用前に、同機の燃料タンク底部にあるドレイン・ポートから採取した液体を検査したところ、液体は航空燃料ジェットA-1であり、燃料規格に適合し、0.01%未満の水分が検出されたが、燃料中に分離・沈殿することではなく極めて微量で問題は認められず、塩分も検出されなかった。また、いずれの試料からも細菌は検出されなかった。

(2) 約123飛行時間後（平成21年9月17日神戸空港にて）の実施状況

① 同機の燃料タンクから燃料を抜いて、燃料タンク底部の残留燃料を吸収紙で拭き取り吸着物を観察した。金属片や塩の結晶はなかった。また、吸収紙で拭き取った燃料タンク底部の残留燃料を赤外分光法により赤外吸収スペクトルの分析を行った結果、殺菌剤の成分は検出されなかった。

② 同機の両エンジンから燃料フィルターを回収し、付着物の検査を行ったところ、ケイ素、カリウム、カルシウム及びマグネシウムが検出されたが、海塩の主成分である塩素とナトリウムは検出されなかった。

2.14 その他必要な事項

2.14.1 エンジン停止時の燃料の流れ

同機のエンジンは、停止の際にインジェクター内部の燃料が大気中に排出されることを防止するため、エンジン・メインスイッチをOFF位置にすると、燃焼室内の圧縮された外気によって噴射方向とは逆方向に燃料が押し戻され、燃料タンクに戻る。しかし、インジェクター内部の全ての燃料が燃料タンクに戻るわけではなく、一部は燃料流路内にとどまる。

また、燃料ポンプは、エンジンが停止するまで駆動し続け、燃料タンクからの燃料は低圧燃料ポンプの入口に戻される。燃料流路内にある燃料フィルターは、燃料ポンプの駆動状態には関係なく燃料タンクからの燃料に満たされている。

(付図4 エンジン始動時の燃料の流れ、付図5 エンジン停止時の燃料の流れ参照)

2.14.2 燃料タンクのベント

燃料タンクには、燃料タンク内の圧力を外気圧力と同じにするためベントが装備され、外気と通気されている。

2.14.3 飛行規程による飛行中の片エンジン故障時の対応手順

飛行中の片エンジン故障における操縦士の非常操作手順は、正常側エンジンの出力を片エンジン不作動の出力限界内で保持し、安全な片エンジン飛行状態を確保してから異常側エンジンの停止操作を実施する。その後は実状に即して速やかに着陸することが求められているが、着陸場所と飛行継続の決定は機長に委ねられている。

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、所定の点検及び整備が行われていた。

3.3 気象との関連

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

3.4 エンジン内部の状況

3.4.1 左エンジン内部の状況

2.12.1(1)及び(3)に記述したとおり、左エンジン内部の破損は、燃焼室後方のHPノズルガイドベーンから排気ディフューザーまでのホットセクションであった。回転部品は全周にわたりタービンブレードが破断し、その他の部品は上部構造にかけて過熱により破損していた。燃料マニホールドのインジェクターは、10本のうち6本が閉塞又は流量不足の状態であった。閉塞していないインジェクターは、燃焼室の上方に偏り、燃焼室後方のエンジン内部の破損位置に対応していた。

これらのことから、本重大インシデントの発生時、堆積物により燃焼室下方のインジェクター6本が詰まり、燃料の噴射が燃焼室上部に偏ったことで、HPノズルガイドベーンと排気ディフューザーの間の上部構造部が激しく過熱されたことにより破壊されたものと推定される。この破壊に伴い、回転部分であるHPタービンとパワータービンのブレードは全て破断したものと推定される。

3.4.2 右エンジン内部の状況

2.12.1(2)及び(4)に記述したとおり、右エンジン内部はHPノズルガイドベーンの部分的な破損のみであったが、燃料系統部品の燃料フィルターと複数のインジェクターに堆積物があり、左エンジン同様、閉塞していないインジェクターは燃焼室の上方であった。また、2.7に記述したとおり、両エンジンは、同機の製造時に装備されてから取り卸されたことはなく、同学園で行われた点検整備とこれまでの使用経歴も同一であることから、右エンジンの状況は、左エンジンと同様の破損に至る過程にあったものと考えられる。

3.5 燃料ドラムに加えられた殺菌剤が同機に流入した経路

2.12.4に記述したとおり、本重大インシデント発生後、読谷基地で実施した燃料ドラムの詳細点検において、燃料ドラムの燃料中に、燃料ドラムに由来する異物と給油の際に加えられた殺菌剤が沈殿していた。

2.12.5に記述したとおり、ポンプ・フィルターの燃料入口側表面には燃料ドラムに由来する多数の金属片等が捕捉されていたが、殺菌剤の成分は検出されなかった。

2.12.6に記述したとおり、殺菌剤は燃料中にかくはんしても静置すると沈殿し、燃料に完全には溶けなかった。

また、2.10に記述したとおり、殺菌剤は、本重大インシデント発生前から使用されていたが、読谷基地の全ての燃料ドラムに殺菌剤が加えられていたわけではなく量も明確ではなかった。2.9.3に記述したとおり、殺菌剤は、燃料ドラムに加えかくはんしてすぐに同機に給油されていたことから、2.12.7に記述したとおり、燃料に加

えかくはんした殺菌剤がポンプ・フィルターを通過して同機の燃料タンクに流入したものと推定される。

3.6 燃料フィルターとインジェクターの堆積物

次の(1)、(2)、(3)及び(4)から、本重大インシデント発生時の燃料フィルターの堆積物は、海塩と考えられ、インジェクターの堆積物は、殺菌剤と海塩と考えられる。

- (1) 2.12.2(1)及び(2)に記述したとおり、燃料フィルター及びインジェクターの堆積物は塩分が堆積したものであること。
- (2) 2.12.9(1)に記述したとおり、燃料フィルター及びインジェクターの堆積物の塩分は海塩に含まれる成分と同一であったこと。
- (3) 2.12.8に記述したとおり、殺菌剤の粘度は加熱によって徐々に高くなること。(インジェクター付近での燃料の温度は高まるが150℃を超えないとされ、殺菌剤は固化まではしないが粘度が相当高くなっていったものと考えられる。)
- (4) 2.12.9(1)に記述したとおり、加熱した殺菌剤の残留物から硫黄が検出されたこと、一方インジェクターの堆積物からも粘着性の硫黄成分が検出されたこと。

3.7 海塩の混入経路

3.6に記述したとおり、同機の燃料フィルター及びインジェクターの堆積物は、共に海塩であると考えられ、また、2.14.1に記述したとおり、燃料フィルターは燃料ポンプの駆動状態に関係なく燃料タンクからの燃料に満たされていること、及び燃料フィルターを通過した燃料はインジェクターから噴射されることから、同機の燃料タンクに混入した海塩が燃料と共に流れ、燃料フィルター及びインジェクターに堆積した可能性が考えられる。

しかし、2.12.2及び2.12.3に記述したとおり、同機の燃料タンクから採取した液体をフランス及び国内で検査したところ、共に海塩は検出されず、2.13に記述したとおり、経過観察においても海塩が検出されなかったことから、燃料タンクに混入したと考えられる海塩の混入経路を明らかにすることはできなかった。

なお、2.8及び2.9に記述したとおり、同機の駐機場所である読谷基地は、多量の海塩粒子が浮遊する環境にあり、日々の運航も海塩粒子が浮遊する海面上を低高度で飛行し、着陸後、エンジンを停止し、また再始動ということを頻繁に繰り返していた。また、2.14に記述したとおり、同機のエンジンは停止の際に、インジェクター内部の燃料が大気中に排出されることを防止するため、燃焼室内の圧縮された外気によって燃料噴射方向とは逆方向に燃料が戻される。これらのことから、インジェクターに堆積した海塩の一部は、燃焼室内の外気に含まれる海塩粒子である可能性も

否定できないと考えられる。

3.8 インジェクターの閉塞過程

2.14.1に記述したとおり、同機の燃料系統の設計は、エンジン・メインスイッチをOFF位置にすると、インジェクターにあった燃料を燃料タンクに戻すようになっている。この設計は、燃料系に過剰な燃料が残存することを防止している。しかし、燃料系統が汚染された場合には、燃料汚染とインジェクター劣化により還流機能が低下する。

燃焼室の比較的下部のインジェクターが閉塞したのは、2.14.1に記述したとおり燃料タンクに戻されず燃料流路内に残された一部の燃料が、燃焼室内の圧縮空気の圧力が低くなるに伴い、燃焼室下部のインジェクターに流れ込み、2.12.8に記述したとおり、燃焼噴射口付近の加熱により粘性を帯びた殺菌剤に海塩が堆積したことによるものと考えられる。

インジェクターに堆積していた塩分は、インジェクターの位置にかかわらずに均等に分布していたのではなく、下方のインジェクターに比較的多量に堆積していた。この不均等な分布は、残留燃料が重力によって比較的下方に多く流れたことによるものと考えられる。また、インジェクターの閉塞により、燃料を還流させるための差圧も必ずしも均等ではなかった可能性もある。

3.9 エンジンの内部損傷の兆候

2.7.1に記述したとおり、同学園におけるエンジンの点検整備はエンジン製造者が定めるEMMに基づき行われ、両エンジン共に限界使用時間に達していなかった。

2.7.2に記述したとおり、エンジンの分解調査において堆積物が付着していたインジェクターは、本重大インシデントが発生する約7か月前（平成20年9月13日）に交換され、交換後の日常点検及び100時間ごとのエンジン出力点検でも正常な値が記録されていたことから、殺菌剤を使用後（平成20年12月1日以降）、燃料噴射口の閉塞又は流量不足が発生したものと考えられる。しかし、2.9.1に記述したとおり、エンジン状態点検及び本重大インシデント発生までエンジン性能に異常はなく、事前にエンジン内部損傷の兆候を予測することはできなかったものと考えられる。

3.10 殺菌剤の不適切な使用

2.11に記述したとおり、同機のRFM（燃料添加剤の項目）には殺菌剤の記載はなかった。しかし、2.10及び2.11に記述したとおり、同機のEMMでは当該殺菌剤の使用が承認されていた。このため、同学園は当該殺菌剤を使用したものと推定されるが、2.10に記述したとおり殺菌剤の使用に関する社内指示が明確でなく、

EMMに指示されている用法用量も守らず基準値よりも濃い濃度で使用していた可能性が考えられる。

これらのことから、同学園がEMMの記載に従い適切な量の殺菌剤を燃料ドラムに加え、かくはんし、2.10に記述したとおり十分に時間が経過した後、同機へ給油していたならば、殺菌剤が粘性を帯びて海塩を堆積させインジェクターの燃料噴射口を閉塞させなかった可能性が考えられる。

4 原因

本重大インシデントは、左エンジンの燃焼室の比較的下部に位置するインジェクターが閉塞したため、燃料噴射が燃焼室上部に偏り上部構造に集中的な過熱を引き起こしエンジン内部が破損したものと推定される。

インジェクターが閉塞したのは、燃料噴射口付近の加熱により粘性を帯びた殺菌剤に海塩が堆積したことによるものと考えられる。殺菌剤は不適切に使用されていた可能性が考えられるが、海塩の混入経路については、明らかにすることができなかった。

5 再発防止策

5.1 本重大インシデント後に講じられた事故等防止策

5.1.1 同学園により講じられた措置

- (1) 殺菌剤の使用中止。
- (2) 日々の飛行終了後、機体を格納庫へ入れる際は、エンジンにカバーを取り付け、塩分を含む大気の流れを防止する。
- (3) エンジンのコンプレッサー洗浄はクランキング方式（燃焼させることなくスターターでエンジンを回転させる方式）とし、エンジン・メンテナンスマニュアルで承認された洗浄液を洗浄水に加えて実施する。また、飛行後のエンジン排気温度が70℃以上の場合は、翌朝にコンプレッサー洗浄を実施する。
- (4) 毎飛行時にエンジン出力点検を実施する。
- (5) エンジン・メンテナンスマニュアルに定められた間隔より短い期間でエンジンの燃料フィルターとエンジン内部の内視鏡検査を実施する。

5.2 今後必要とされる事故等防止策

同型式回転翼航空機における殺菌剤の使用は、現在もRFM及びAMMに記載されていないが、同機のEMMには記載されていることから、今後、機体並びにエンジンの設計・製造者として殺菌剤の使用を検討する際、本重大インシデントの調査結果を踏まえ、同型式回転翼航空機が使用される環境及び殺菌剤の特性を両者が協力して検証し、その結果に基づき殺菌剤の用法用量及び使用上の注意を同型式機の運航者に周知することが必要である。

6 安全勧告

本重大インシデントは、学校法人ヒラタ学園所属ユーロコプター式EC135T2型JA135E（以下「同機」という。）が救急患者輸送のため飛行していたところ左エンジンが停止したため、目的地を変更し着陸したものである。

同機の左エンジンが停止した原因は、エンジン燃焼室の比較的下部のインジェクターが閉塞したため、燃料噴射が燃焼室上部に偏り上部構造に集中的な過熱を引き起こしエンジン内部が破損したものと推定される。

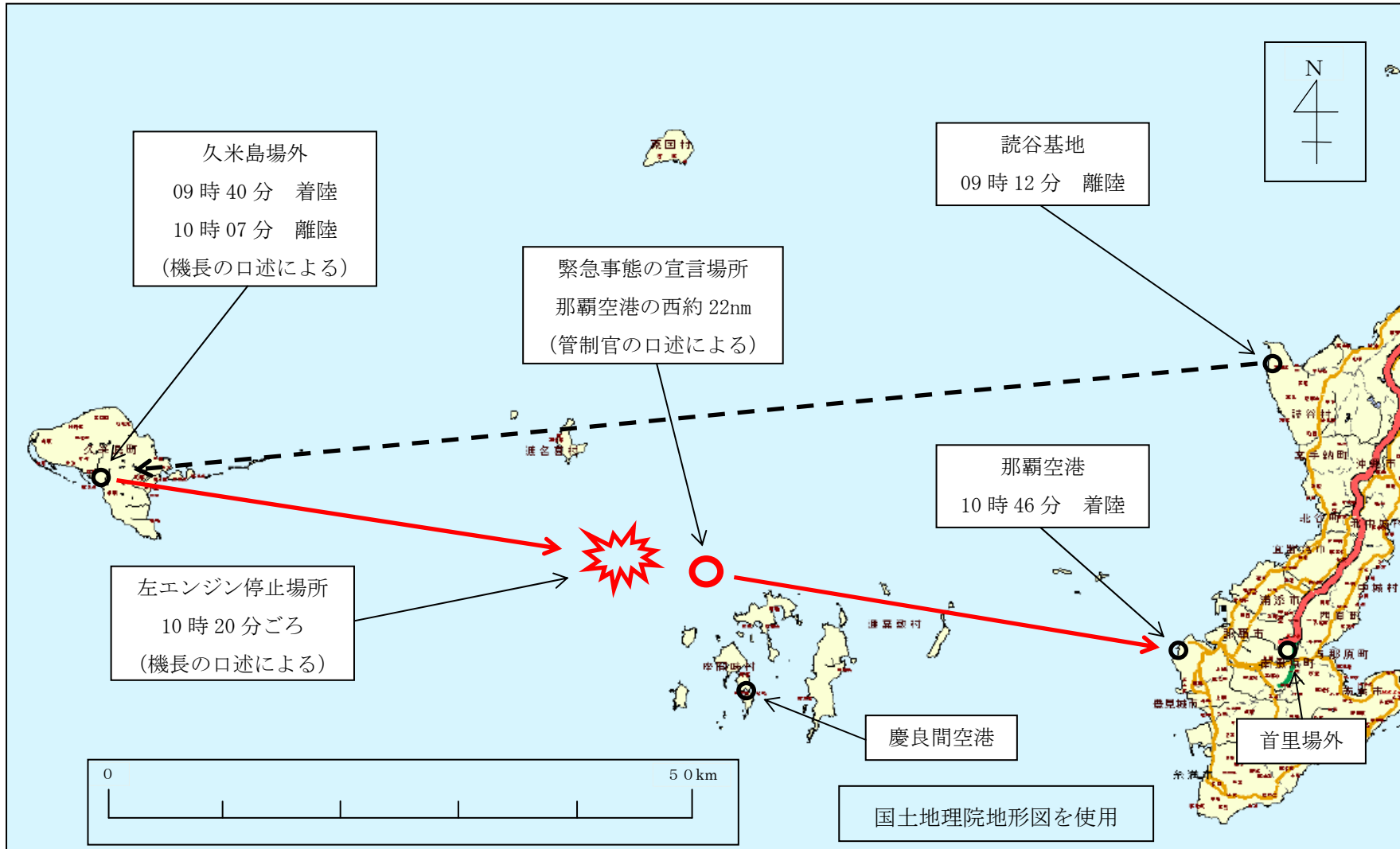
インジェクターが閉塞したのは、燃料噴射口付近の加熱により粘性を帯びて固着した殺菌剤に海塩が堆積したことによるものと推定される。

殺菌剤が粘性を帯びて固着したのは、同型式回転翼航空機のEMM（エンジン・メンテナンスマニュアル）で承認している基準値より多い量を燃料ドラムに加え、かくはん後すぐに同機へ給油したことが関与した可能性が考えられる。なお、同型式機のRFM（ロータークラフト・フライトマニュアル）で使用が認められている燃料添加剤の中には殺菌剤の記載がない。

これらのことから、運輸安全委員会は、本重大インシデントの調査結果を踏まえて、欧州航空安全庁（EASA）に対し、次の措置を講ずることを勧告する。

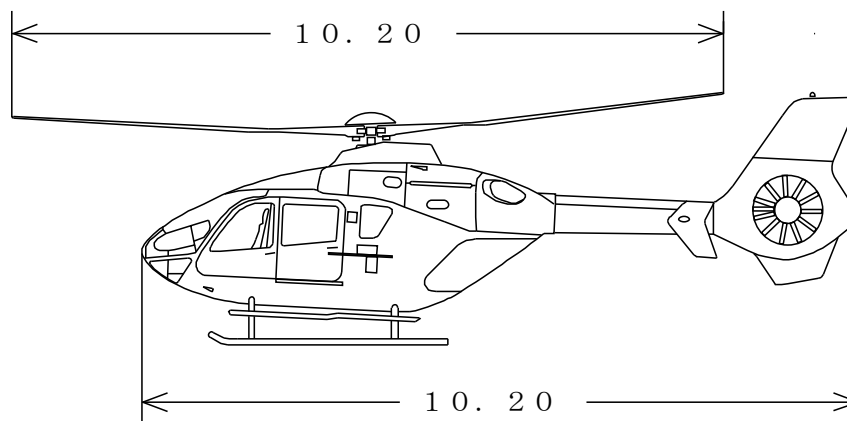
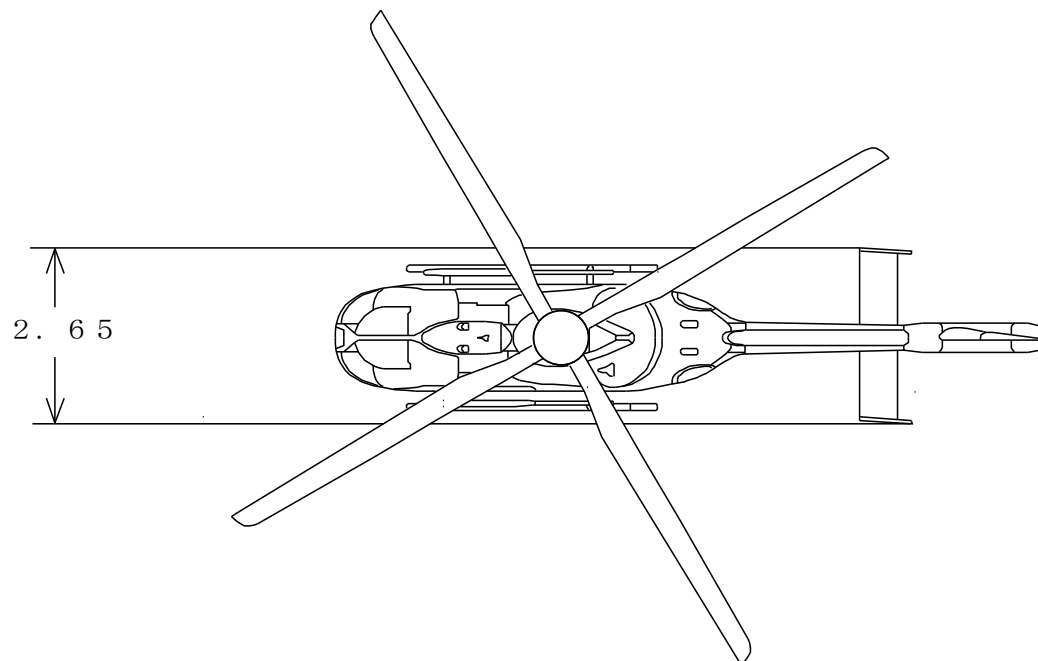
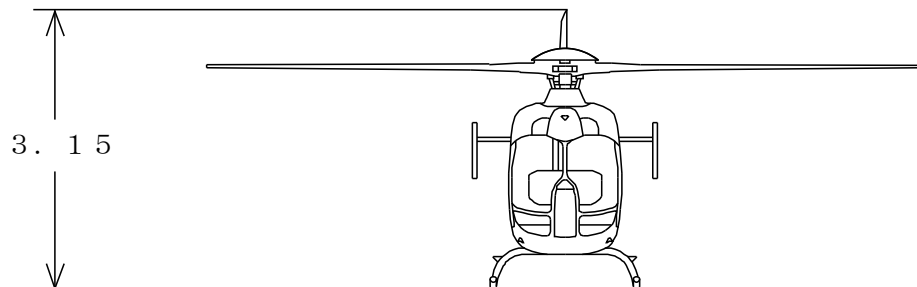
ユーロコプター社とターボメカ社に対し、同型式回転翼航空機が使用される環境及び殺菌剤の特性を両者が協力して検証し、その結果に基づき殺菌剤の用法用量及び使用上の注意を同型式機の運航者に周知するよう指導すること。

付図1 推定飛行経路図

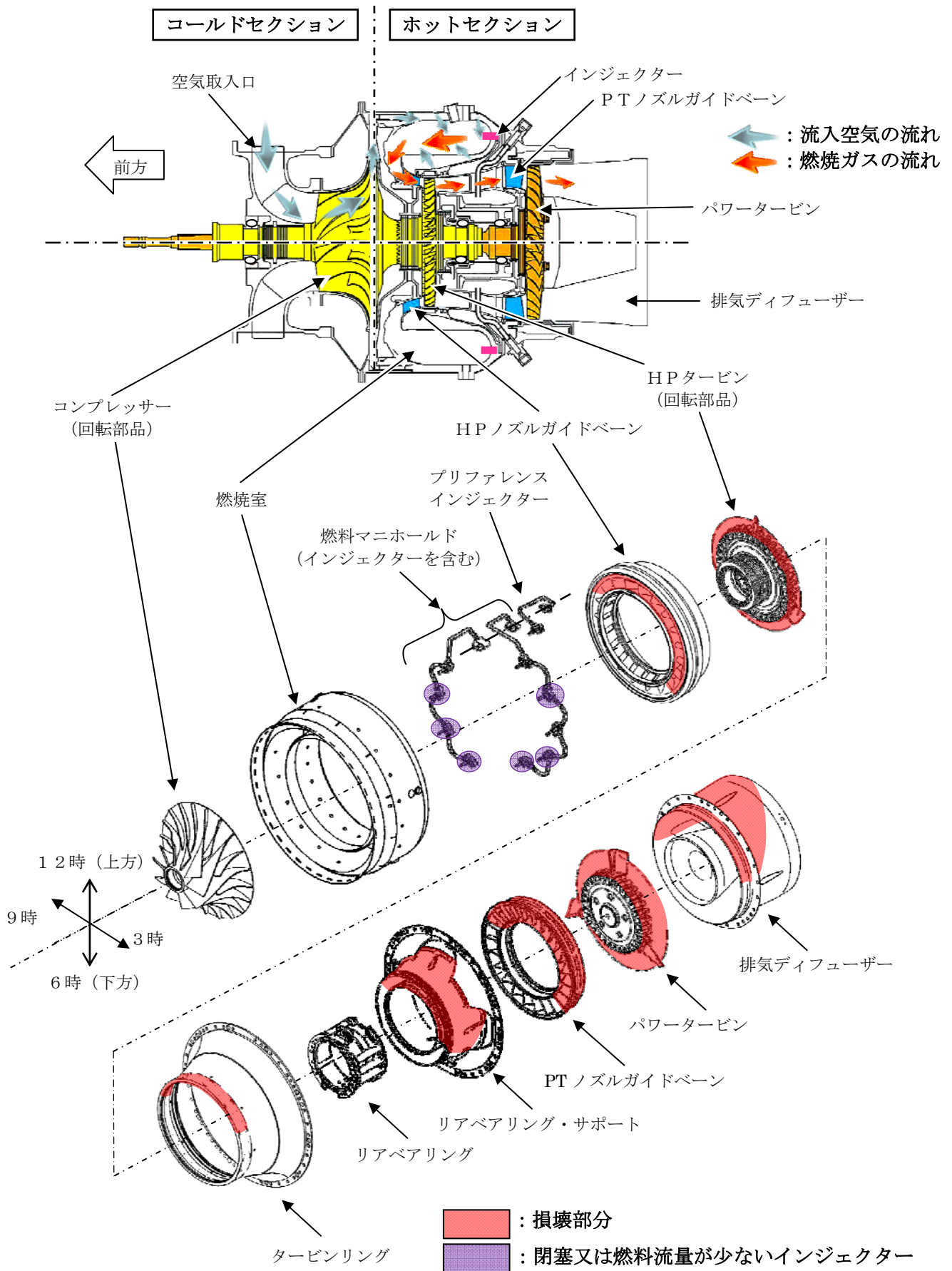


付図2 ユーロコプター式EC135T2型三面図

単位：m

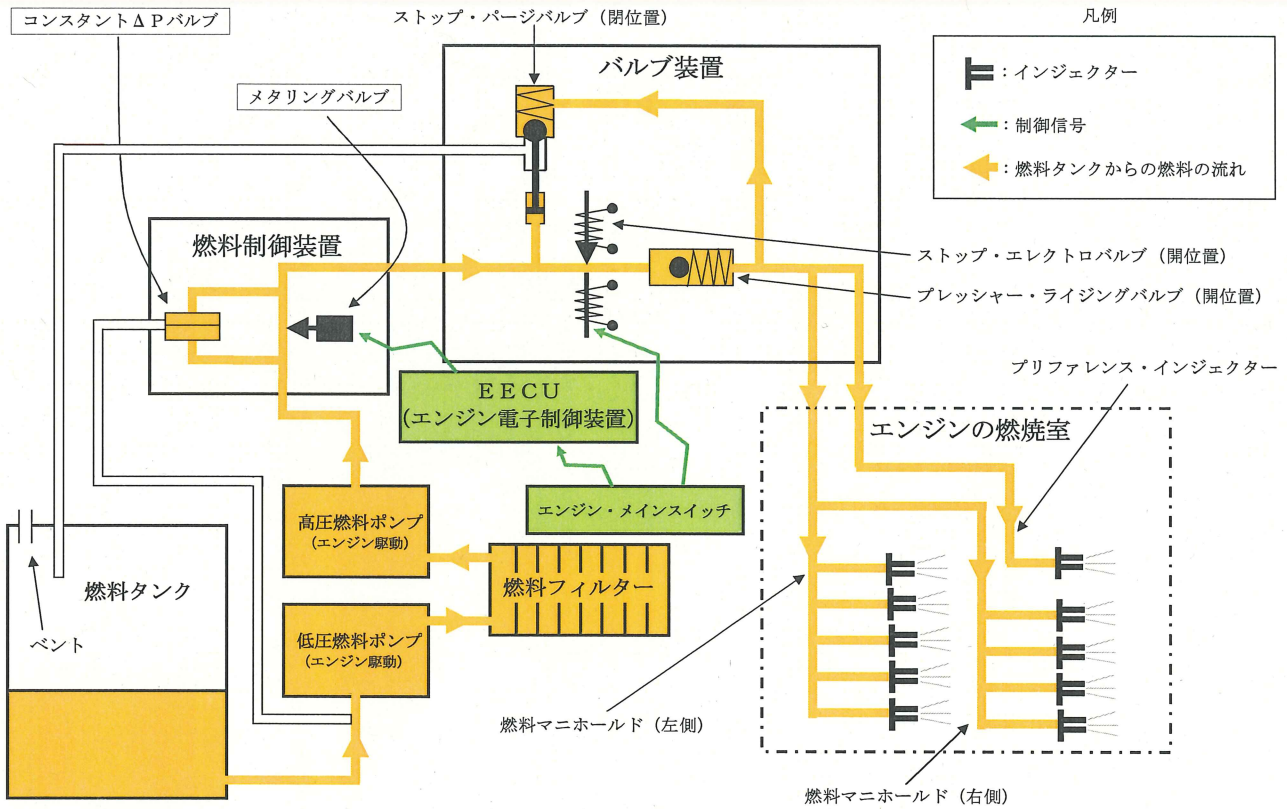


付図3 エンジン構造と左エンジン内部の損傷箇所



付図4 エンジン始動時の燃料の流れ

(※ この付図は燃料系統の簡易図であり全ての系統と機能を示すものではない)



付図5 エンジン停止時の燃料の流れ

(※ この付図は燃料系統の簡易図であり全ての系統と機能を示すものではない)

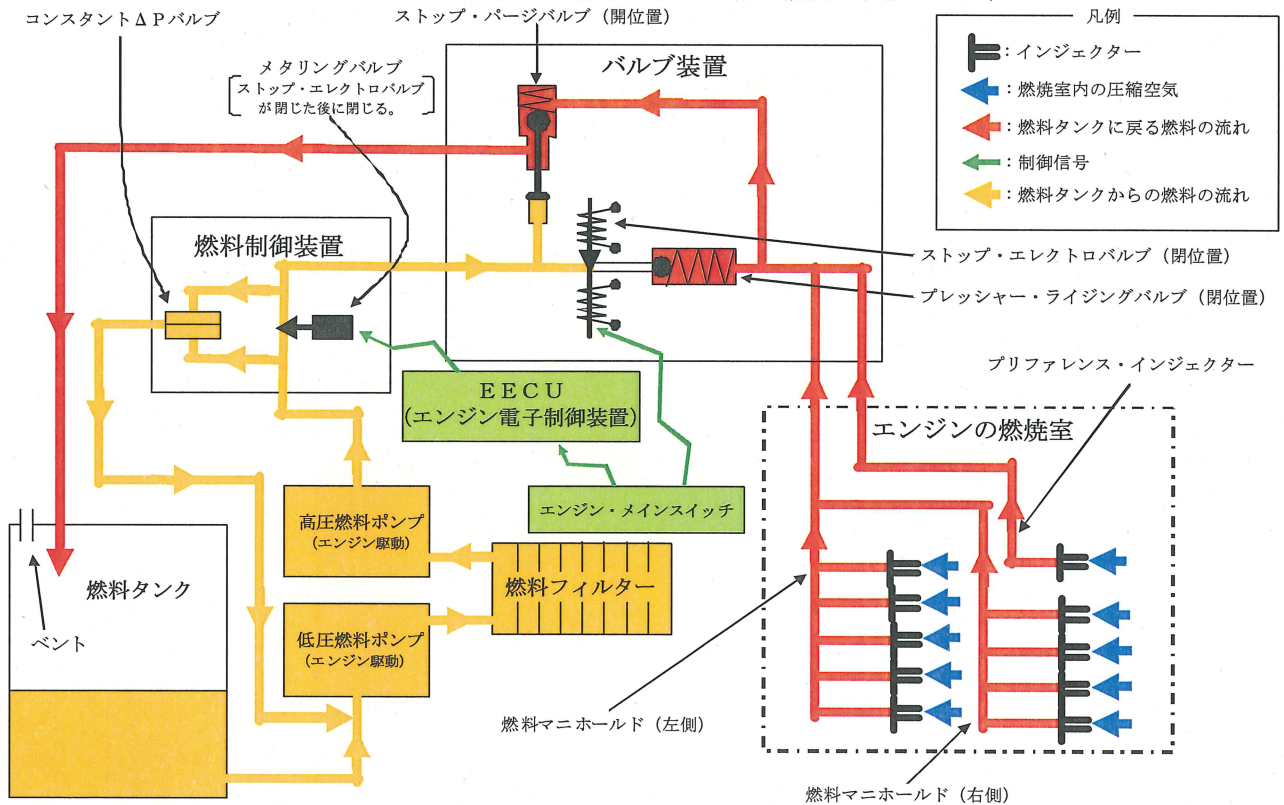


写真1 重大インシデント機



写真2 エンジン計器の表示例



※ 写真のエンジン計器の情報はインシデント発生当時を再現したものではない。

写真3 左エンジンの損壊状況

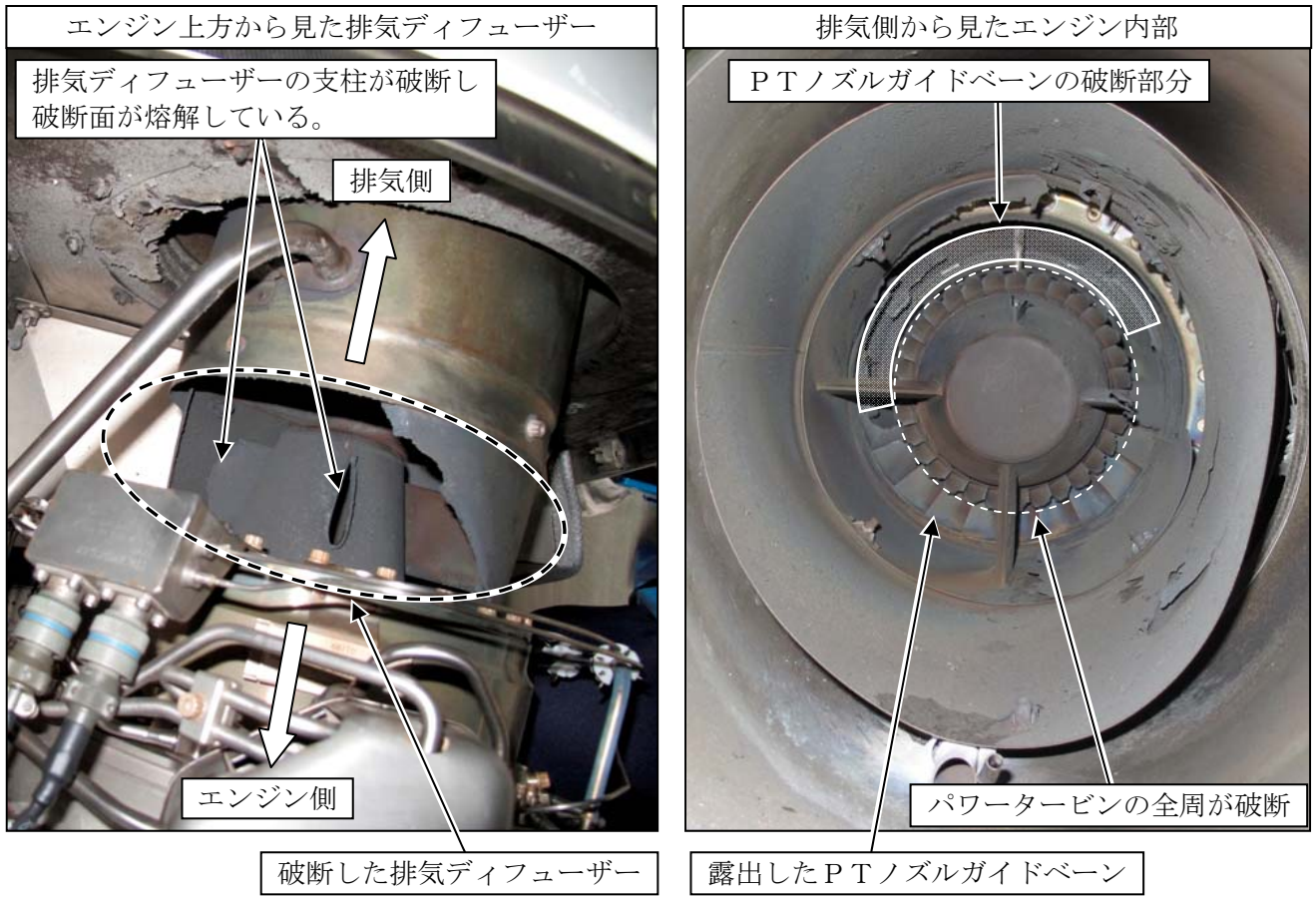

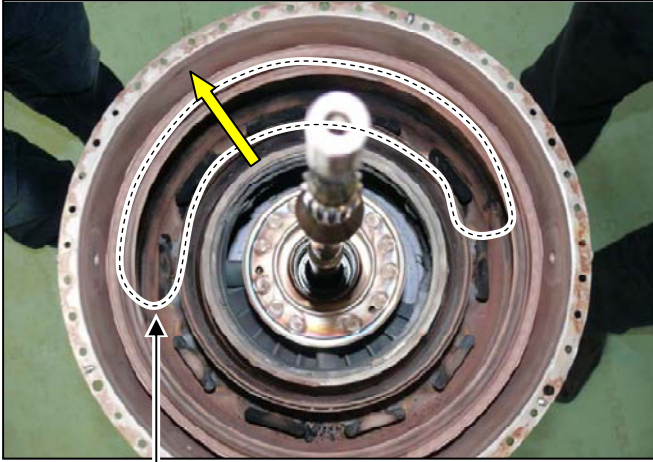


写真4 左エンジン内部の状態

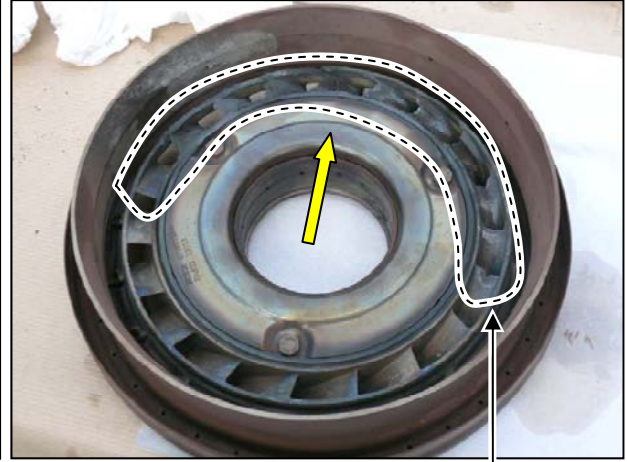
写真の矢印  はエンジン構造の上部方向を示す。

燃焼室



燃焼室の内壁上部が黒く変色し過熱の跡が見られる。

HP ノズルガイドベーン



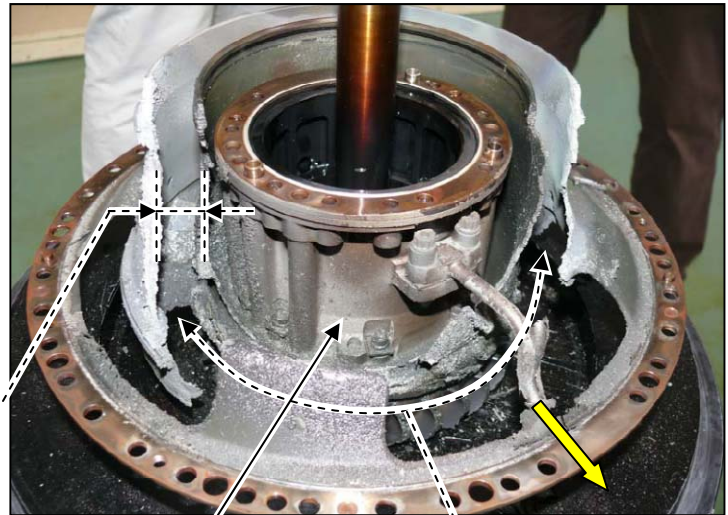
上部構造が過熱により変色しベーンの後縁が損傷している。

HP タービン (回転部品)



全てのブレードが中間部分から破断している。

リアベアリング
リアベアリング・サポート

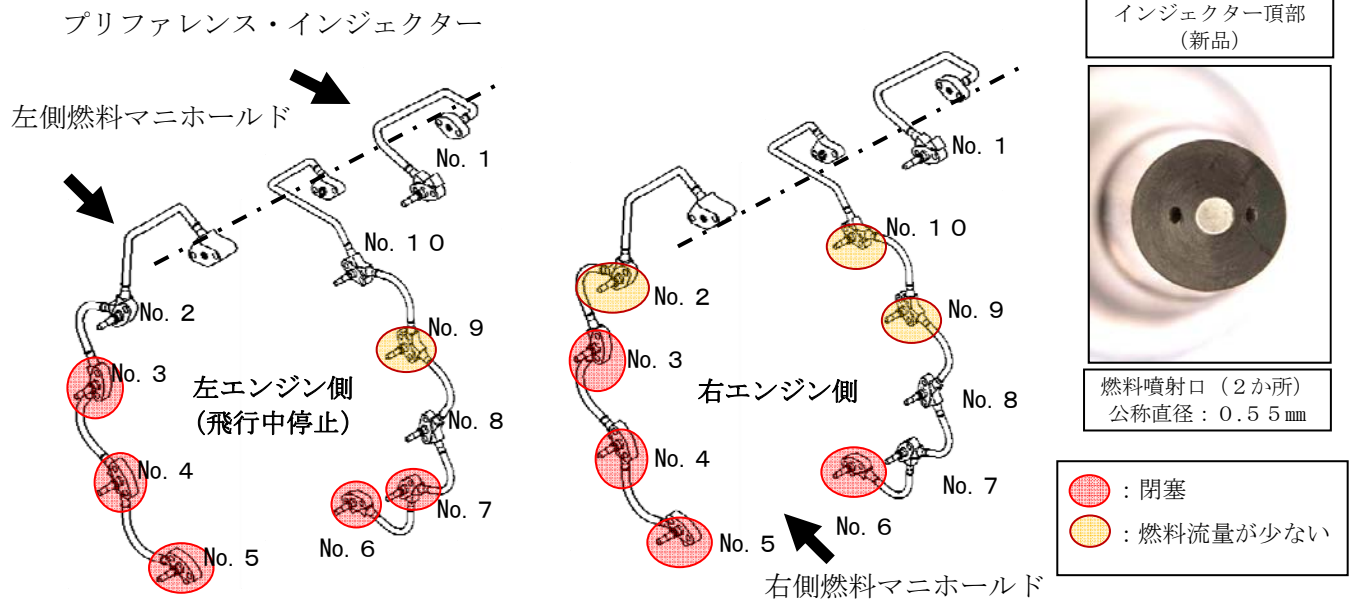


燃焼ガスの流路

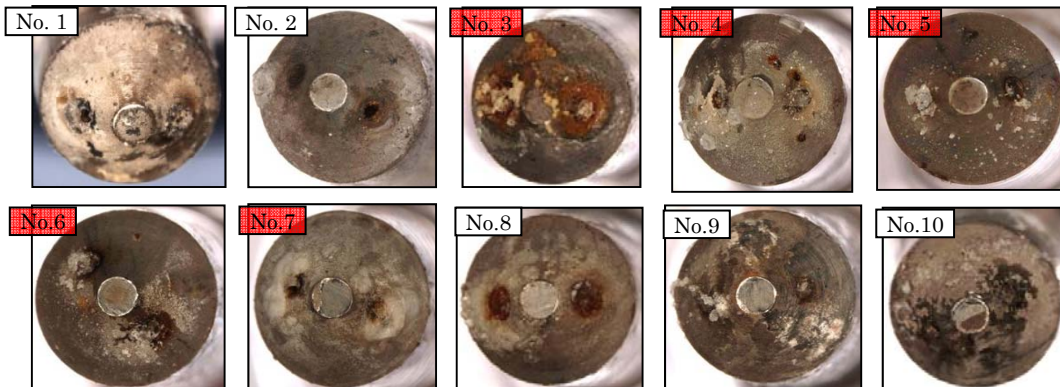
PTノズルガイドベーンが破断している範囲

破断したリアベアリング
〔リアベアリング・サポートが破断し〕
〔リアベアリングが露出している。〕

写真5 燃料系統部品の状態 《左右エンジンのインジェクター》



《左エンジン側 (飛行中停止) のインジェクター先端の堆積物及び燃料噴射口の閉塞 (■■■ 状況)》



インジェクターの先端は茶褐色に変色し白い堆積物があり、分析の結果、塩化ナトリウムであった。

同機の燃料フィルターの堆積状況



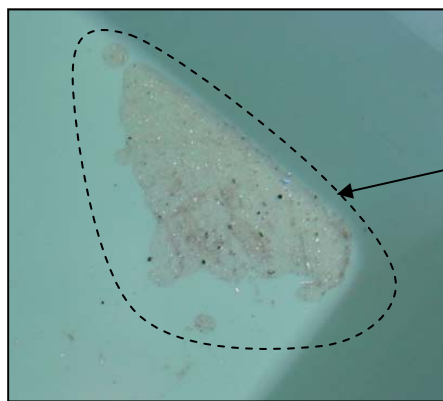
フィルターの燃料入口側には堆積物があり、分析の結果、塩化ナトリウムであった。

※ 燃料入口側表面は金属メッシュで覆われており、その中には20 μ mメッシュのグラスファイバー製のフィルター素子がある。

写真6 読谷基地の全景



写真7 使用中の燃料ドラムから採取した透明な液体



《赤外吸収スペクトルによる吸収ピークの比較》

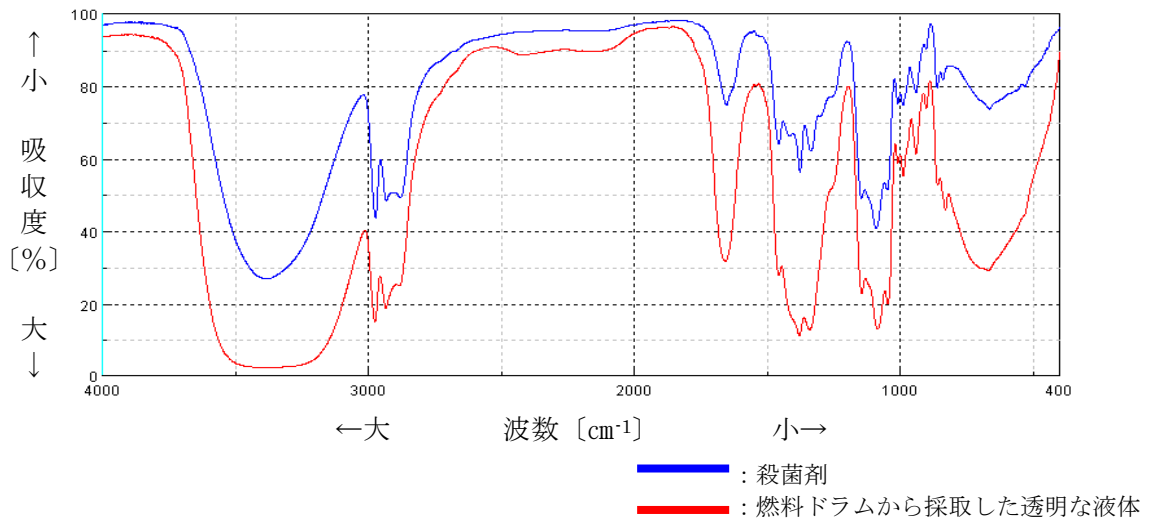
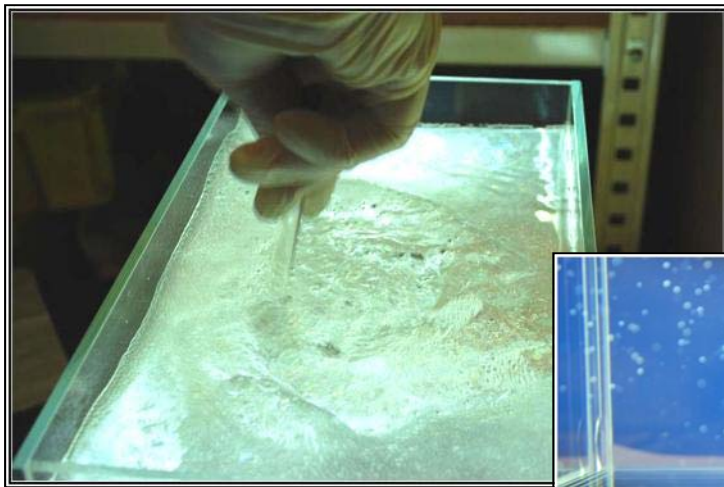
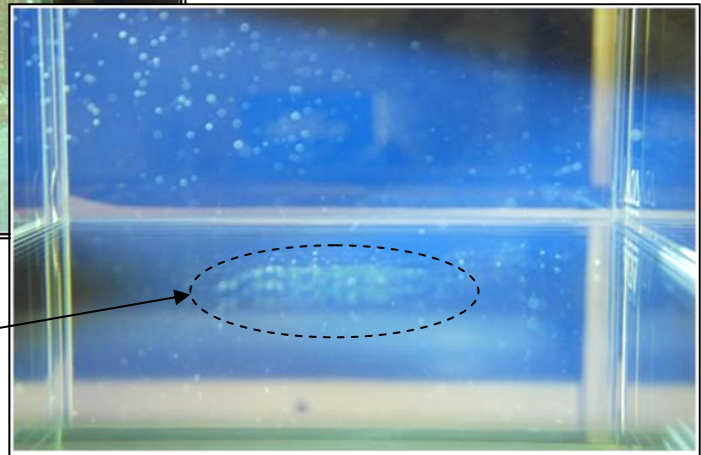


写真8 燃料に加えたときの殺菌剤の溶解状態

《① 燃料に殺菌剤を加えかくはんした》



水槽側面からの観察

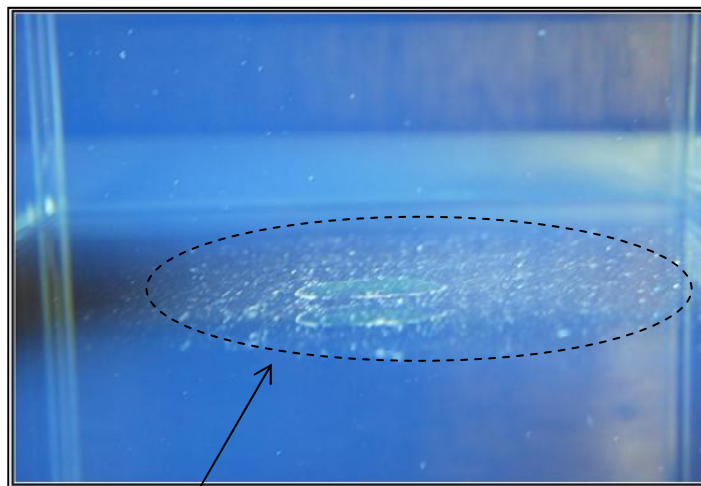


燃料に殺菌剤を加えかくはん後しばらく静置すると殺菌剤が沈殿した。

《② 殺菌剤を加えてから7日経過後》

※ 燃料は毎日1回かくはんを行った。

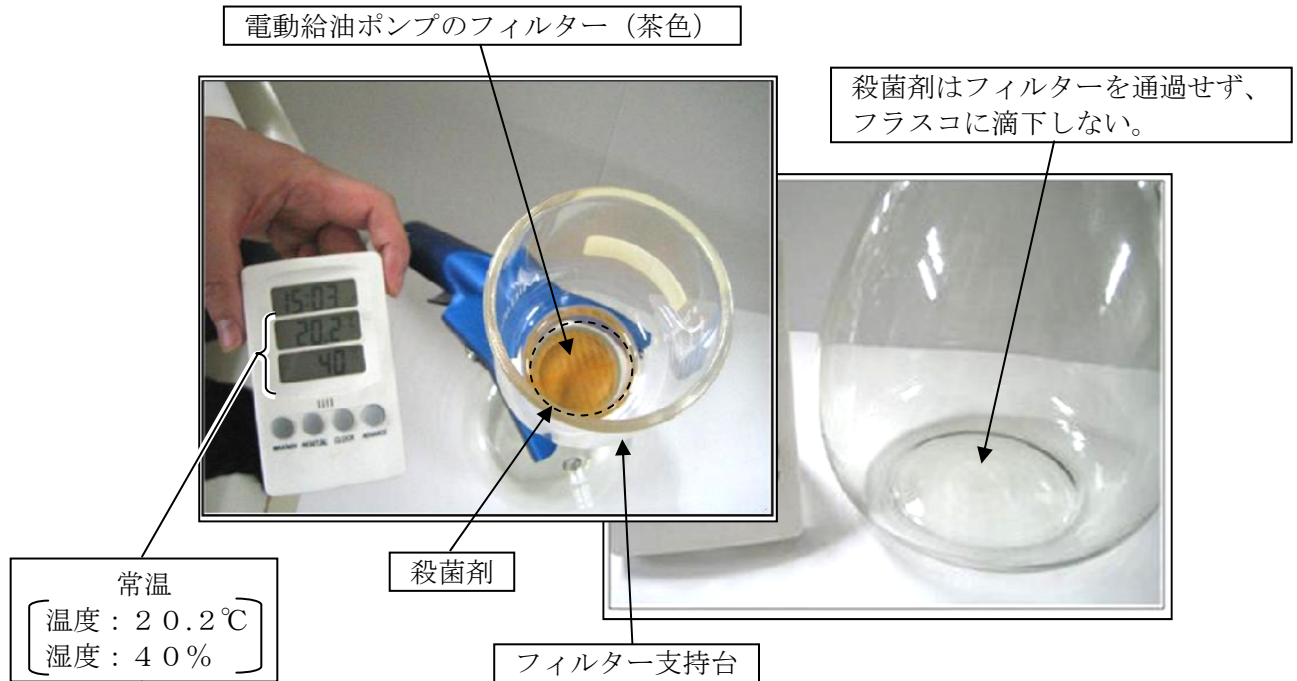
沈殿した殺菌剤の状態



殺菌剤は燃料に溶解していない。

写真9 殺菌剤のポンプ・フィルター通過の状況

《1. 殺菌剤のみではポンプ・フィルターを通過しない》



《2. 殺菌剤と燃料の混合液はポンプ・フィルターを通過する》

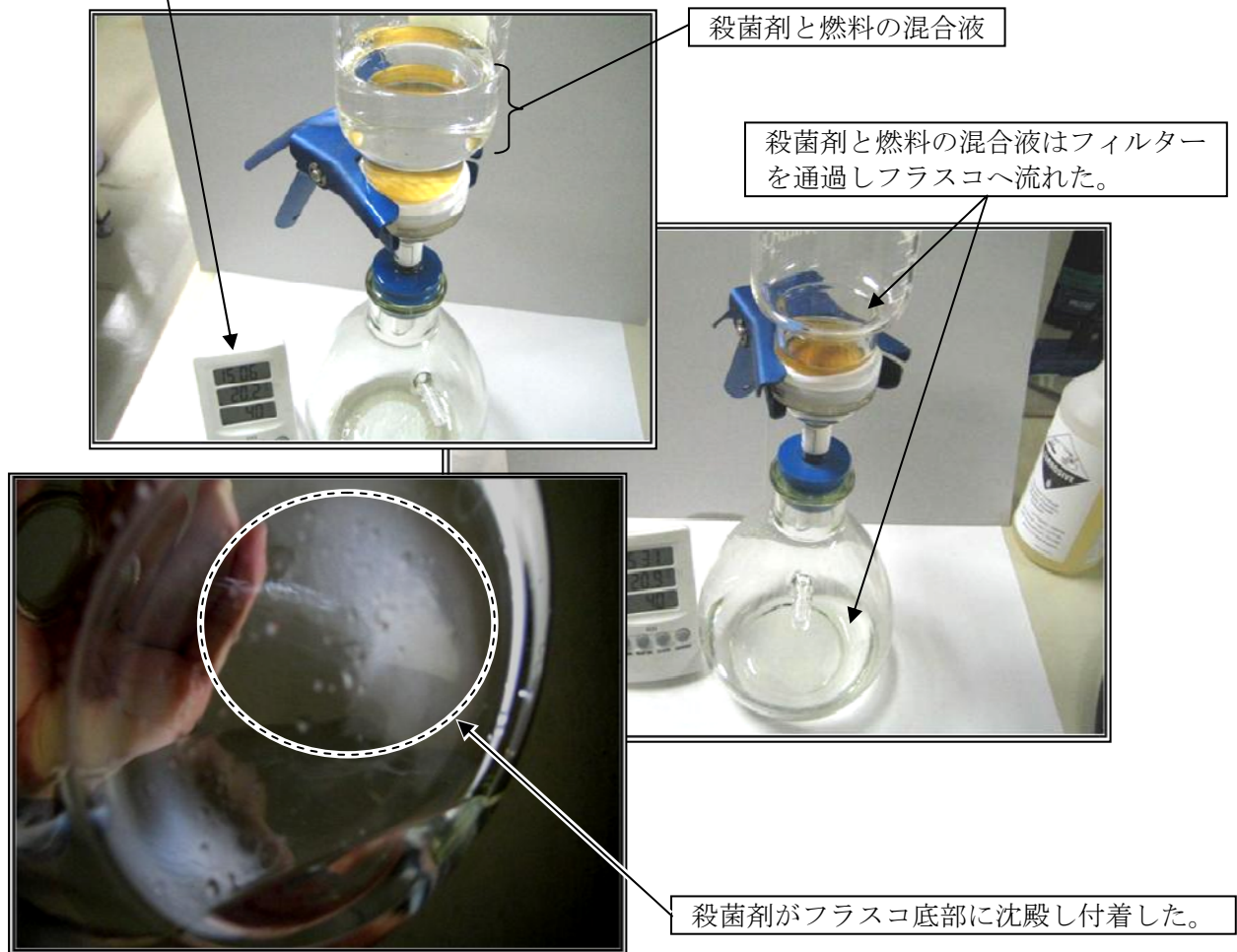
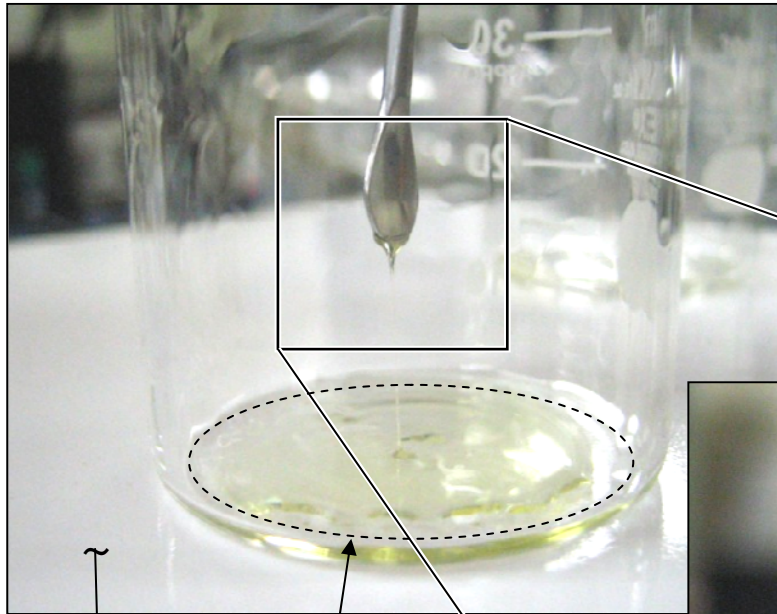


写真10 加熱による殺菌剤の状態変化



殺菌剤を加熱すると粘性が増した。

写真は加熱途中の100℃における殺菌剤の状態。



ヒーター

殺菌剤



加熱を継続し200℃を超えると、殺菌剤は茶褐色に変色しビーカーの底に固着した。

写真は200℃における殺菌剤の状態。