

本報告書は、[令和4年6月30日に公表した報告書](#)を、[令和4年7月28日に公表した正誤表](#)により訂正したものです。

航空重大インシデント調査報告書

1. 所	属	公益財団法人日本学生航空連盟
	型	ダイヤモンド・エアクラフト式HK36TTCスーパーディモナ型 (曳航機) (動力滑空機)
	登録記号	JA01KY
2. 所	属	公益財団法人日本学生航空連盟
	型	アレキサンダー・シュライハー式ASK21型 (被曳航機) (滑空機)
	登録記号	JA2471
	インシデント種類	物件 (曳航索) が意図せず落下した事態
	発生日時	令和元年9月16日12時03分ごろ
	発生場所	小松飛行場付近上空、高度約150m

令和4年6月10日
運輸安全委員会 (航空部会) 議決

委員長	武田展雄 (部会長)
委員	島村淳
委員	丸井祐一
委員	早田久子
委員	中西美和
委員	津田宏果

1 調査の経過

1.1 重大インシデントの概要	令和元年9月16日 (月)、公益財団法人日本学生航空連盟所属ダイヤモンド・エアクラフト式HK36TTCスーパーディモナ型JA01KY (搭乗者1名) が、公益財団法人日本学生航空連盟所属アレキサンダー・シュライハー式ASK21型JA2471 (搭乗者2名) を曳航して福井空港を離陸し、小松飛行場において展示飛行を行っていたところ、12時03分ごろ、両機を繋ぐ曳航索の一部 (直径7mm、長さ約61m、重さ約1.7kg) が落下した。
1.2 調査の概要	<p>本件は、航空法施行規則の一部を改正する省令 (令2国土交通省令88) による改正前の航空法施行規則 (昭27運輸省令56) 第166条の4第15号の「物件を機体の外に装着し、つり下げ、又は曳航している航空機から、当該物件が意図せず落下し、又は緊急の操作として投下された事態」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。</p> <p>運輸安全委員会は、令和元年9月16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。</p> <p>本調査には、重大インシデント機の設計・製造国であるオーストリア共和国に航空重大インシデント発生の通知をしたが、その代表等の指名はなかった。</p> <p>原因関係者からの意見聴取及び関係国への意見照会を行った。</p>

2 事実情報

2.1 飛行の経過	公益財団法人日本学生航空連盟所属ダイヤモンド・エアクラフト式HK36T
-----------	-------------------------------------

TCスーパーディモナ型JA01KY（以下「A機」という。）及び公益財団法人日本学生航空連盟所属アレキサンダー・シュライハー式ASK21型JA2471（以下「B機」という。）の機長の口述並びに小松飛行場管制所の飛行場管制席（以下「タワー」という。）及び機体の運航者である一般社団法人東海・関西学生航空連盟（以下「同連盟」という。）の職員の口述によれば、飛行の経過等は概略次のとおりであった。

機長1名が搭乗したA機は、令和元年9月16日11時23分、小松飛行場（以下「同飛行場」という。）で行われていたイベントに参加するため、機長ほか1名が搭乗するB機を曳航して福井空港を離陸した。両機の機長は、飛行前、同飛行場の気象情報を入手し、展示飛行空域では風速16～18ktの北風があるが飛行に問題がないことを確認した。

A機の機長によれば、両機は、同飛行場において、12時00分から12時15分まで展示飛行を3回実施する予定で、当該飛行が始まる3分前までは、同飛行場南東の木場潟上空（同飛行場の南東約2.5nm）で待機した。両機は、1回目の展示飛行では12時00分に高度600ftで滑走路06進入端上空を進入して、高度500ftで滑走路に沿って直線飛行し、2回目の展示飛行では同高度で蛇行飛行を実施した。その後、A機の機長は、3回目の展示飛行を行うための左旋回中、ドンという衝撃を感じ、曳航索が破断したことを確認した。A機の機長は、タワーに対して、B機はそのまま同飛行場に着陸し、A機は福井空港に帰投する旨を連絡し、12時20分に福井空港に着陸した。



図1 推定飛行経路

	<p>B機の前席の機長によれば、B機は、午前中5回、A機の曳航で発航する飛行訓練を福井空港周辺で実施していた。A機の機長が、午前8時前に飛行前点検を実施した際、B機の機長と一緒に曳航索の外観を点検したが、ストップ・エッグ*1（卵型の金具）の中の曳航索の状態は確認しなかった。B機の機長は、曳航索が破断し衝撃を感じた際、B機側に残っていると思われた曳航索を切り離そうとしたが、後席の同乗操縦者から曳航索の落下による地上への被害を防ぐため、曳航索の離脱操作を行わないようにとのアドバイスを受けるとともに、後席の同乗操縦者と操縦を交代し、12時05分、B機は同飛行場の誘導路に着陸した。</p> <p>その後、曳航索の一部（約61m）が、滑走路24進入端の南310m付近の東側誘導路ショルダー横の草地に落下しているのが発見された。</p> <p>本重大インシデントの発生場所は、同飛行場滑走路24北東端付近（北緯36度23分52秒、東経136度25分12秒）で、発生日時は、令和元年9月16日、12時03分ごろであった。</p>
2.2 負傷者	なし
2.3 損壊	<p>(1) 航空機の損壊の程度 : なし</p> <p>(2) 地上施設の損壊 : なし</p> <p>(3) その他 : 曳航索が破断して落下</p>
2.4 乗組員等	<p>(1) A機機長 57歳 自家用操縦士技能証明書（滑空機：上級） 平成12年10月27日 特定操縦技能 操縦等可能期間満了日 令和2年1月26日 限定事項 動力滑空機 第2種航空身体検査証明書 有効期限：令和2年10月4日 総飛行時間 2,222時間14分 最近30日間の飛行時間 6時間05分</p> <p>(2) B機機長 64歳 事業用操縦士技能証明書（滑空機：上級） 昭和52年11月9日 特定操縦技能 操縦等可能期間満了日 令和2年2月20日 第1種航空身体検査証明書 有効期限：令和2年6月17日 総飛行時間 874時間34分 最近30日間の飛行時間 31時間30分</p> <p>(3) B機同乗者 69歳 事業用操縦士技能証明書（滑空機：上級） 昭和48年6月5日 特定操縦技能 操縦等可能期間満了日 令和2年4月9日 第1種航空身体検査証明書 有効期限：令和2年7月11日 総飛行時間 2,432時間40分 最近30日間の飛行時間 11時間25分</p>



図2 落下した曳航索

*1 ストップ・エッグとは、曳航索の曳航機側に装備する卵型の金具で、その金具内部に曳航索の結び目を作り収める。巻き取られている曳航索を最大に引き出した際、曳航機の機体側にあるストップ・エッグ・ディテントに当たり、曳航時の荷重を受ける為のものである。

2.5 航空機等

- (1) A機
 航空機型式：ダイヤモンド・エアクラフト式
 HK 3 6 T T Cスーパーディモナ型、製造番号：3 6 6 0 9、
 製造年月日：平成12年 4 月12日
 耐空証明書 第2019-33-14号
 有効期限 令和 2 年 4 月22日
 耐空類別 動力滑空機 実用U
 総飛行時間 2,970時間35分
 定期点検 (100時間点検、平成31年4月23日実施) 後の飛行時間 89時間15分
- (2) B機
 航空機型式：アレキサンダー・シュライハー式ASK21型、
 製造番号：21488、製造年月日：平成3年1月21日
 耐空証明書 第2019-35-05号
 有効期限 令和 2 年 2 月17日
 耐空類別 滑空機 実用U
 総飛行時間 4,516時間38分
 定期点検 (100時間点検、令和元年9月5日実施) 後の飛行時間 21時間51分
- (3) 本重大インシデント発生時、両機の重量及び重心位置は、いずれも許容範囲内にあった。



図3 A機



図4 B機

2.6 気象

同飛行場の当日12時の航空気象定時観測気象報は、以下のとおりであった。
 風向 020°、風速 12kt、卓越視程 10km以上、
 雲量 1/8、雲形 積雲、雲底の高さ 2,000ft、
 雲量 3/8、雲形 積雲、雲底の高さ 3,500ft、
 気温 28℃、露点温度 22℃、高度計規正值 (QNH) 29.67inHg

2.7 その他必要な事項

- (1) 曳航索脱落時の状況
 地上の目撃者が撮影した動画には、2回目の展示飛行後の左旋回中、曳航索が脱落した時点の様子が記録されていた。これによれば、A機側とB機側からほぼ同時に脱落した曳航索が、一気に収縮して真ん中に集まり、束のようになって落下していた。
- (2) 曳航索の状態
 落下した曳航索は、同飛行場滑走路24進入端の南310m付近の東側誘導路ショルダー横の草地で発見されたが、客席エリアからは離れていたため、地上へ



図5 曳航索脱落時の映像

の被害はなかった。落下した曳航索の長さは、約6.1m、重さは、約1.7kgであった。

A機側に残っていた曳航索（約5.5m）は、ストップ・エッグの中の結び目がちぎれるように破断していた。（図6 参照）

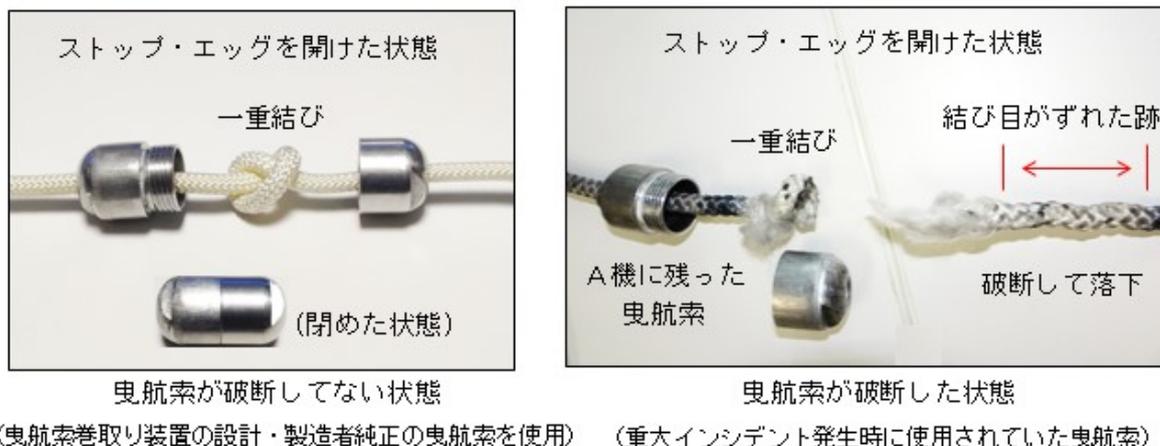


図6 曳航索の破断状況（A機）

一方、B機に取り付けられていたエンドピース^{*2}からは曳航索が外れてなくなっており、末端処理テープだけが保護カバーの中で発見された。エンドピースに装着されていたブレーキング・ピース^{*3}は切れていなかった。また、落下したA機側曳航索の一端は、ちぎれるように破断（図6の右図 参照）し、B機側は結び目が解けていた（図7 参照）。

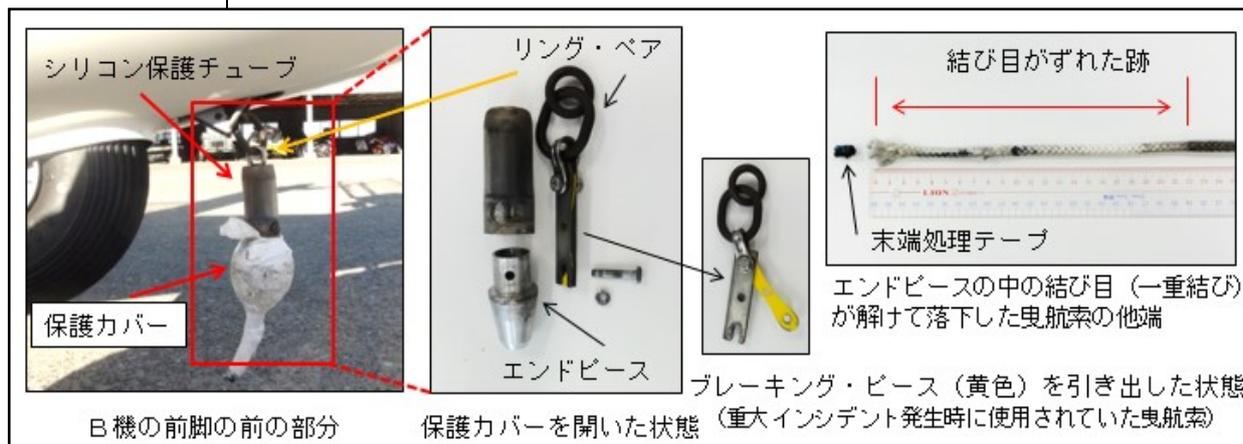


図7 エンドピースと結び目が解けた曳航索の状況（B機側）

(3) ストップ・エッグ（A機側）及びエンドピース（B機側）の概要

A機は、滑空機の離脱後に曳航索を巻き取るための曳航索巻取り装置を装備している。曳航索のA機側には、曳航中に働く張力により当該装置から一定長さ以上の曳航索が引き出されないよう、曳航索にストップ・エッグが装着され、機体側に装着されたストップ・エッグ・ディテントで曳航索が止まるようになっている。

曳航索の末端には、エンドピースを装着し、リング・ペアを介して曳航索を滑空機（B機）に取り付ける。また、エンドピースの中にはブレーキ

*2 エンドピースとは、曳航索の滑空機側（被曳航機側）の先端に装着される金具であり、リング・ペアを介して、滑空機に接続するもの。曳航索はエンドピースに通し、先端に結び目を作り、エンドピース内に収める。

*3 ブレーキング・ピースとは、過大な荷重が曳航索にかかった際に破断して曳航索と滑空機を切り離す金属製の板のこと。

グ・ピースを装着し、曳航時に過大な張力（最大荷重 400 daN*4 ± 40）が加わった場合にはブレーキング・ピースが切れて、自動的に滑空機が曳航索から離脱する仕組みになっている。（図8 参照）

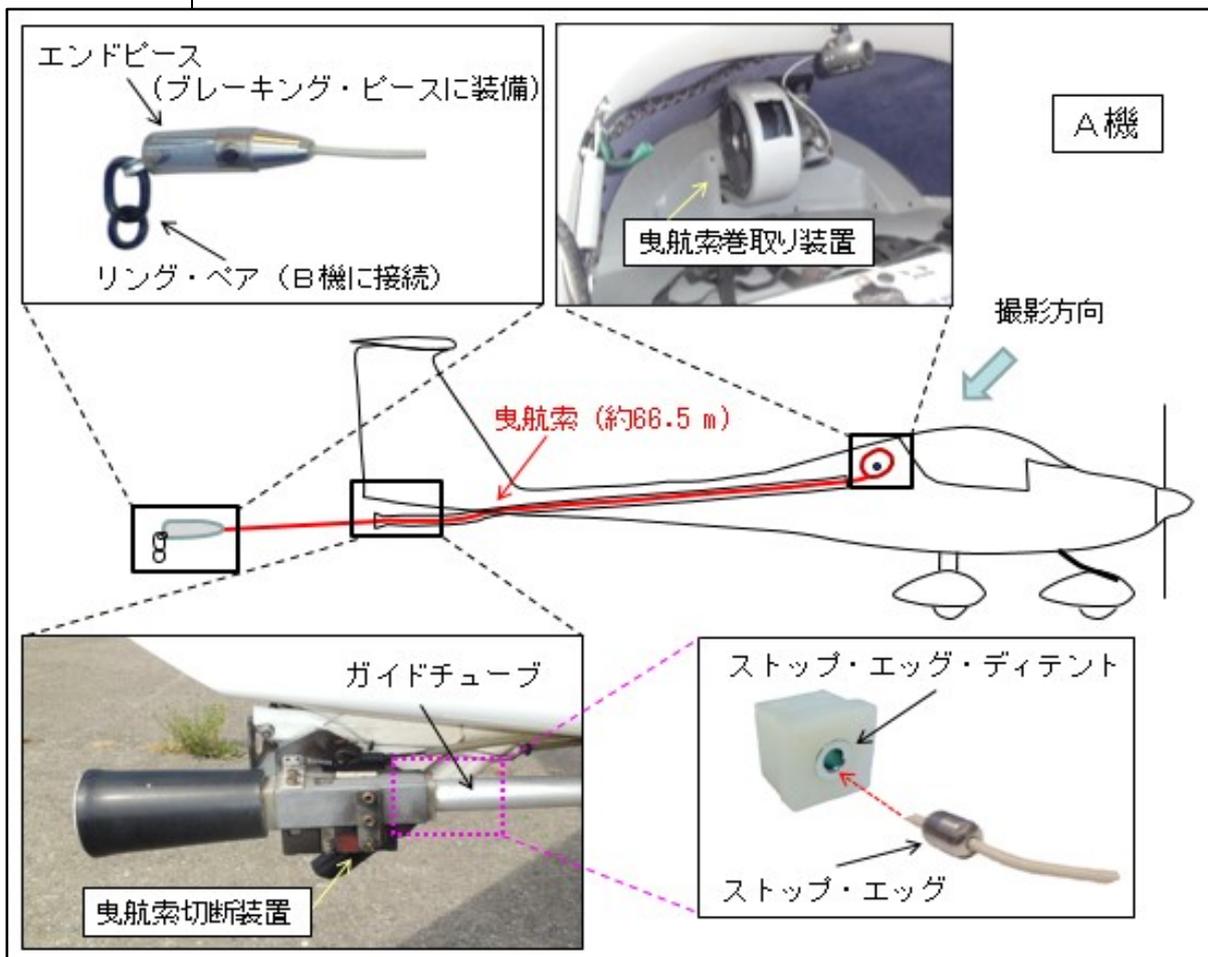


図8 曳航索の取付け方法

(4) 追加飛行規程及び関連技術文書

① 追加飛行規程

A機に搭載されていた個別追加飛行規程 No.9「曳航索巻取り装置の運用」には、曳航索の仕様及び検査間隔について以下のとおり記載されていたが、ストップ・エッグ内の曳航索の損傷の有無、及びエンドピース内の曳航索の結び目のずれを確認することについての記載はなかった。

6.9 装備品リスト

曳航索は、長さ 30~50m(98~164ft)、PVC 又はポリアミド製、最大径 6.3mm(0.25in)、DAI-WI No. 27 による緑色のマーキング。

8.2 検査間隔

曳航飛行において着陸回数が 2000 回に到達した後、新品の曳航索と交換すること。

② 関連技術文書

A機の点検整備を行っていた同連盟の関係者によれば、DAI-WI (Work Instruction) No. 27 を入手しておらず、これら Work Instruction の内容を把握していなかった。なお、本調査において、設計・製造者に同 No. 27

*4 1daN=10N≒1.02kgf

の内容を問い合わせたところ、同 No. 27 は同 No. 28 の間違いであることが判明した。DAI-WI No. 28 には、曳航索の処置について以下の内容が記載されていた。(図9 参照)

・ストップ・エッグの取付け (仮訳)

スリーブをねじって二つに分離し、ストップ・エッグ半分のスリーブを曳航索に通す。8の字結びで結び目を作り、この結び目がスリーブの中に収まるようにしながら、もう半分のスリーブにねじ込んで結合する。

・エンドピースの取付け (仮訳)

エンドピースのアルミニウム部分に曳航索を通し、エンドピース内で8の字結びで結び目を作り曳航索がエンドピースから抜けないようにする。

③ 曳航索の処置 (結び目の作り方)

本調査において、曳航索巻取り装置の設計・製造者純正の曳航索 (以下「ロープA」という。) に8の字結びによる結び目を作り、ストップ・エッグ及びエンドピースの中に結び目が入るかどうか調べたところ、ストップ・エッグの中に8の字結びで結び目を収めることは難しいことが確認された。一重結びであればストップ・エッグの中に収めることは可能である。なお、エンドピースの中に8の字結びによる結び目を収めることは可能である。

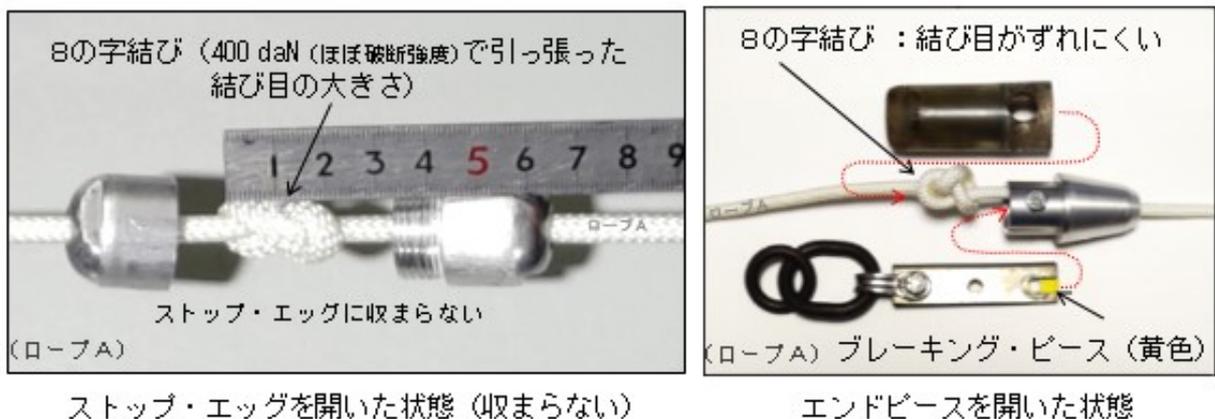


図9 DAI-WI No. 28 に基づく曳航索の処置(ロープA)

(5) 曳航索の使用実績

A機の重大インシデント発生時に使用されていた曳航索 (以下「ロープB」という。) は、曳航索巻取り装置を装備した当初から装着されていたものではなく、それ以降に国内で購入した長さ約66.5m最大径7mmのポリエステル製のものであった。当該曳航索は、納入業者により強度試験が行われていたが、実際に使用される形態での結び目の強度ではなく、結び目を作らない直線強度の引張試験のみの評価で十分な強度があると判断されていた。平成30年6月21日に初めてA機に装着されてからの曳航飛行による着陸回数は、669回であった。

(6) 曳航索等の引っ張り強度試験

結び目のない曳航索の引張強度 (直線強度) と結び目のある曳航索の結び目部分の引張強度 (結び目強度) を比較するため、ロープA、ロープB、及び新品の曳航索 (以下「ロープBnew」という。) による試験を行なった。結び目を作らない直線引張強度試験以外は、曳航時に使用するストップ・エッグ又はエンドピースを装着した状態とした。

ロープAとロープBについて、一重結び（単純な止め結び）による結び目を作って引張試験を行い、結び目部分が破断する荷重（結び目の強度：3回計測した平均値）を計測した。その結果、ロープAは約500 daN、ロープBは約350 daN（ロープAの約70%）であった。なお、ロープBnewについても試験した結果、ロープBとロープBnewでは結び目の強度に大きな差は見られなかった。（表1 参照）また、最初に10 daNで結び目を作成し、ヒューズの耐負荷以下の荷重（100～300 daN）をかけたところ、いずれの曳航索も結び目部分の移動（3～5 cm）が確認された。（表3 参照）

DAI-WI No. 28に記載されている要領で8の字結びを作って引張試験を行ったところ、いずれの曳航索も、一重結びと同様に、8の字結びの時も、直線強度より50%近く引張強度が低下することが認められた。（表1 参照）また、最初に10 daNで結び目を作成し、8の字結びによる荷重ごとの結び目部分の移動試験をしたところ、いずれの曳航索も1 mm以下のずれで安定していたことが確認された。（表4 参照）

表1 ロープの引張強度試験

試験項目	ロープ A	ロープ B	ロープ Bnew	ロープ B/A	ロープ Bnew/A
直線強度(3回の平均: daN)	1108	649	610	59%	55%
(一重結び)結び目強度(3回の平均: daN)	○517	▲351	▲374	68%	72%
結び目強度/直線強度	47%	54%	61%		
(8の字結び)結び目強度(3回の平均: daN)	○486	▲348	▲391	72%	80%
結び目強度/直線強度	44%	54%	64%		
ストップ・エッグ正対(3回の平均: daN)	○447	▲348	▲361	78%	81%
ストップ・エッグ逆向き(3回の平均: daN)	○470	▲344	▲366	72%	78%
ストップ・エッグ逆向き/正対	105%	99%	101%		

○:ブレーキング・ピース(使用品)の強度 (392 daN) 以上

▲:ブレーキング・ピース(使用品)の強度 (392 daN) 未滿

表2 ブレーキング・ピースの引張強度試験

新品(daN)	使用品(daN)
378	392

表3 結び目部分移動試験(一重結び)

荷重	ロープ A	ロープ B	ロープ Bnew
100daN(3回の平均:mm)	32	26	34
200daN(3回の平均:mm)	41	38	46
300daN(3回の平均:mm)	49	46	55

表4 結び目部分移動試験(8の字結び)

荷重	ロープ A	ロープ B	ロープ Bnew
100daN(3回の平均:mm)	0.5	0.7	0.7
200daN(3回の平均:mm)	0.7	0.8	0.8
300daN(3回の平均:mm)	0.7	0.8	0.8

	<p>なお、ストップ・エッグを手順書どおりの方向に取り付けたものと逆方向に取り付けたものについて引張試験を行った結果、大きな差は見られなかった。(表1 参照)</p> <p>(7) 曳航索に結び目を作った場合の強度に関する参考文献 米国連邦航空局 (Federal Aviation Administration” FAA”) 発行「Glider Flying Handbook (グライダー・フライング・ハンドブック) 」の6-6 頁によれば、「曳航索に結び目があると強度は最大50%低下する(仮訳)」と記述されている。</p> <p>(8) 曳航索の材質試験 追加飛行規程によれば、曳航索は、「PVC又はポリアミド製」と指定されていた。</p> <p>試験機関においてATR法(全反射測定法)による繊維鑑別試験を実施したところ、重大インシデント発生時に使用されていた国産曳航索は、ロープBもロープBnewも材質はポリエステル製と判定された。一方、ロープAについては、表層、中層はポリエステル製で、芯のみポリアミド(ナイロン)製という試験結果であった。(図10参照)なお、PVC、ポリアミドの他にポリエステル製であっても使用可能なことをA機の設計・製造者に確認し、その後、追加飛行規程No.9に反映された。</p>
--	---

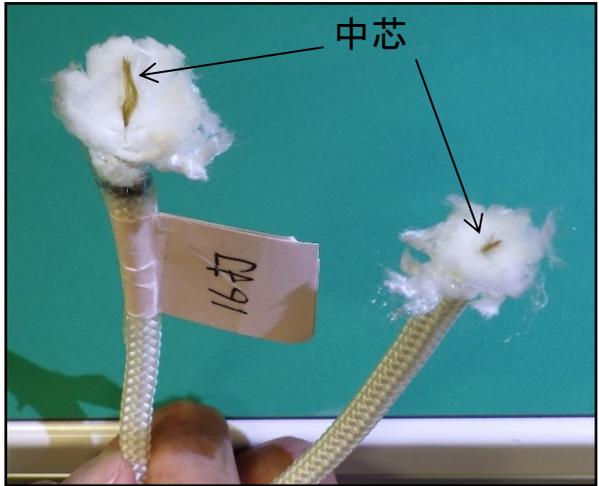


図10 ロープA断面

3 分析

3.1 気象の関与	なし
3.2 操縦者の関与	なし
3.3 機材の関与	あり
3.4 判明した事項の解析	<p>(1) 曳航索脱落時の状況 A機及びB機は曳航飛行中に何度か蛇行飛行や旋回を行っていた。曳航索脱落時の映像及び回収された曳航索の端部の状況から、3回目の展示飛行を行うためにA機が左旋回した際に、曳航索に過大な張力が働き、A機側ストップ・エッグ内の結び目部分で破断したものと推定される。さらに、ほぼ同時にB機側エンドピース内で、結び目が解けたことにより、曳航索は、高度約500ftを飛行中に落下したものと推定される。</p> <p>(2) A機側ストップ・エッグ内の結び目部分での破断 曳航索の引張強度試験によれば、ロープAは、曳航索に結び目を作ったことで強度が低下しても、ブレーキング・ピースの強度(400daN)以上の十分な強度があることが判明した。一方、ロープBは、曳航索に結び目を作るとブレーキング・ピースの強度未滿に低下することが判明した。</p> <p>この曳航索は、同連盟に納入する際に、実際の運用形態である結び目を</p>

作った上での強度試験ではなく、結び目を作らない直線強度試験のみの評価に基づき使用されていた。このためストップ・エッグ内の結び目によって強度不足となり、ブレーキング・ピースが働く強度以下で破断したものと考えられる。同連盟は、飛行規程に合致した強度を有する曳航索（曳航索巻取り装置の設計・製造者純正のポリエステル製曳航索又は同等の）を使用する必要があった。F A A発行「グライダー・フライング・ハンドブック」の6-6頁において、「曳航索に結び目があると強度は最大50%低下する」と記述されているとおり、曳航索は、飛行規程に従った装着方法により曳航索に結び目を作った状態で、ブレーキング・ピースが働く強度に十分な余裕をもたせたものを使用することが重要である。

(3) B機側エンドピース内で解けた結び目

B機に取り付けられたエンドピース内で曳航索の結び目は、本事案が発生した飛行までの曳航索の使用中に、繰り返しの引っ張り荷重を受けて徐々に索の末端方向に移動していたものと推定される。そして、A機側のストップ・エッグ内で曳航索が大きな張力の負荷の下で破断したことにより、B機側に残った索が張力から解放されて急激に不規則な動きをしたためエンドピース内で結び目が解けたものと考えられる。

DAI-WI No. 28によれば、曳航索の結び目は8の字結びで作ることになっていたが、同連盟はDAI-WI No. 27及びNo. 28を入手しておらず、これらの内容を把握していなかった。また、結び目部分の移動試験の結果から、8の字結びに比べて一重結びの場合、結び目が移動しやすいことが確認された。このことから、本重大インシデント機で使用されていた曳航索について、B機側のエンドピースに通された曳航索の端に作られた結び目は、8の字結びではなく、一重結びであった可能性が考えられる。

(4) 飛行規程に基づく装備品の取り付けと点検の遵守

曳航索にストップ・エッグを装着する際には、DAI-WI No. 28に従って、適切にこれを行う必要がある。しかし、今回の調査において、ロープAの8の字結びによる結び目の大きさではストップ・エッグの中に入れることは難しいことが判明した。これについて、A機の設計・製造者に問い合わせたところ、ストップ・エッグの結び目は一重結びにするようにDAI-WI No. 28が改正された。

また、曳航索にエンドピースを装着する際には、DAI-WI No. 28に従って確実に8の字結びで結び目を作った上で、結び目をエンドピース内に収める必要がある。

飛行規程の作成・管理者は、安全運航に必要な情報を収集確認する体制を整えて適時飛行規程を変更するとともに、同型式機の所有者に適時適切な方法により伝達することが重要である。

A機の機長によれば、当日の最初の飛行前点検では、ストップ・エッグ及びエンドピース内の曳航索の結び目の状態の確認は行われておらず、また過去にこれらの点検を行った記憶はなかった。

曳航を繰り返し実施する間に、ストップ・エッグ内において曳航索に損傷が生じることや、エンドピース内において最初に作った曳航索の結び目が維持されず、結び目が移動して解ける可能性があることを考慮し、曳航索の使用状況に応じた適切な頻度で、ストップ・エッグ内の曳航索の損傷の有無や、エンドピース内の曳航索の結び目の位置や締め付け状態について点検す

ることが重要である。

4 原因

本重大インシデントは、A機がB機を曳航して飛行中、両機をつなぐ曳航索がA機側で破断し、ほぼ同時にB機側のエンドピース内に作られた結び目が解けたため、飛行場の草地に落下したものと推定される。

5 再発防止策

(1) A機的设计・製造者により講じられた措置

追加飛行規程 No.9「曳航索巻取り装置の運用」において引用されている設計・製造者が作成した Supplement Aircraft Flight Manual を「DAI-WI No.27」から「DAI-WI No.28」に変更した。

追加飛行規程 No.9「曳航索巻取り装置の運用」6.9 EQUIPMENT LISTにおいて、曳航索に使用する材料を、「PVC又はポリアミド製」から「ポリエステル、PVC又はポリアミド製」に変更した。

また、設計・製造者は、DAI-WI No.28 を改正し、ストップ・エッグの結び目は一重結びにするという規定に変更した。

(2) 一般社団法人東海・関西学生航空連盟により講じられた主な措置

本重大インシデント発生後、次の再発防止策を講じるとともに、必要に応じてこれを見直すこととした。なお、③～⑥の対策を講じることにより、①と②の措置は解除された。

① 空港内の展示飛行のようなレベルフライトでの曳航は、発航時の曳航と比較すると曳航索の弛みを発生させやすいため、本航空重大インシデントの原因が究明されるまでの間、曳航中のレベルフライト、蛇行飛行等を中止した。

② 本航空重大インシデントの原因が究明されるまでの間、曳航索巻取り装置の使用を中止した。

③ A機に使用する曳航索は、追加飛行規程 No.9 の曳航索の要件を満たす曳航索巻取り装置の設計・製造者純正のものとする。

④ ストップ・エッグ及びエンドピース内の結び目は、DAI-WI No28/3 に従って適切に結び目を作る。

⑤ エンドピース内の結び目は、結んだ残りを長くし移動があれば目視で確認できるようにする。



⑥ 最新の技術情報（AFM、WI など）を確認し飛行規程に反映する。また飛行規程に従い安全な運航を行う。