

出國報告（出國類別：其他）

# 參加飛航事故紀錄器調查員會議 出國報告

服務機關：飛航安全調查委員會

姓名職務：副飛安調查官／官文霖

副工程師／郭嘉偉

派赴國家：新加坡

出國期間：民國 103 年 8 月 11 日至 8 月 15 日

報告日期：民國 103 年 9 月 9 日

# 目次

一、目的.....	2
二、行程與會議議程.....	3
三、心得.....	4
3.1 波蘭空軍總專機失事調查 .....	4
3.2 馬航 370 第三階段偵搜 .....	8
3.3 ICAO 飛航紀錄器專家工作小組 .....	12
3.4 新式飛航紀錄器 FA5000 解讀 .....	14
3.5 座艙語音紀錄器相關議題 .....	18
四、建議.....	22

## 一、目的

本屆飛航紀錄器調查員年會 (Accident Investigator Recorder meeting, AIR) 於 8 月 12 至 14 日在新加坡民航學院舉行，會議行程圓滿且收獲豐富，約 30 位各國政府事故調查單位之飛航紀錄器調查員出席。相關議題討論熱絡，主要重點包括：各國調查單位概況更新、馬航 370 航班搜尋、印尼廉航獅子航空事故調查、行動穿戴裝置資料在普通航空業事故調查的應用、以及新一代飛航紀錄器解讀相關議題等。

我國飛安會這次也派調查實驗室兩名調查員出席會議，會中除向與會人士分享本會在過去這一年中的最新動態外，並提報了三篇論文，包括：商用衛星資料於事故調查初期的應用、座艙語音紀錄器資料之應用面向，以及甫發生之復興航空 GE 222 飛航事故飛航紀錄器解讀。

## 二、行程與會議議程

日期 / 時間	行程 / 議程	說明
08/11	台北→新加坡	起程
08/12	各國事故調查單位實驗室動態	
	MP4 影像格式影片復原	法國 BEA
	影像處理技術	美國 NTSB
	TU-154 事故調查：TAWS 與 FMS 解讀	波蘭 SCAAI
	手持 GPS 航跡、GPS 功能相機與雷達軌跡比較	日本 JTSC
	調查經驗分享	澳洲 ATSB
08/13	商用衛星資料於事故初期的應用	台灣 ASC
	ICAO 飛航紀錄器專家工作小組近況簡報	澳洲 ATSB
	AAIBS 新裝備介紹	新加坡 AAIBS
	香港民航局新大樓與飛航記錄器中心	香港 HKCAD
	CRJ 900 之 512wps 飛航資料解讀議題	加拿大 TSB
	TEAM 製之 CVR 資料異常問題探討	法國 BEA
	新的自製飛航動畫軟體	俄羅斯 IAC
	CVR 內交流電干擾議題	法國 BEA
	攝影學在普通航空業事故調查的應用	法國 BEA
	錯誤 glideslope 訊號的量測	荷蘭 DSB
	CVR 資料之應用面向	台灣 ASC
08/14	TAE 公司製 FADEC 議題	德國 BFU
	CS100 新式紀錄器 FA5000 系列	加拿大 TSB
	南韓 AS360 事故之 Honeywell 製 6021 紀錄器解讀	法國 BEA
	峇里島獅子航空事故調查	印尼 NTSC
	馬航 370 航班搜尋	澳洲 ATSB
	復興航空 GE 222 事故飛航紀錄器解讀	台灣 ASC
	損壞式 Universal 30A CVR 解讀	澳洲 ATSB
	開放討論	
08/15	新加坡→台北	返國

### 三、心得

本出國報告的心得區分為五項：波蘭空軍總統專機 TU-154 失事調查、馬航 MH 370 偵搜議題、ICAO 飛航紀錄器專家工作小組簡報、新式飛航紀錄器 FA5000 下載，及座艙語音紀錄器解讀相關議題。

#### 3.1 波蘭空軍總統專機失事調查

2010 年 4 月 10 日，波蘭空軍一架 TU-154M 客機執行波蘭華沙至俄羅斯斯摩棱斯克的總統專機任務。機上載有 8 名機組人員及 89 名乘客。乘客包括：波蘭總統及其夫人、波蘭前總理、波蘭外交副部長及多位高級高員，該航班主要是為出席卡廷大屠殺 70 周年的紀念活動(Zbrodnia Katyńska)。事故當日莫斯科時間 1056 時，該機於斯摩棱斯克最後階段時墜毀，機上所有成員全數罹難。

該事故地點距離斯摩棱斯克機場北方約 1.5 公里，當時有大霧，能見度約 50 公尺至 200 公尺。當時機場因大霧而臨時關閉，塔台管制員曾建議該機改降至莫斯科機場或明斯克機場。但機長仍然決定按原計劃執行落地，第一次落地前實施重飛，於第 2 次進場落地前發生事故。

該事故係由波蘭航空事故調查委員會負責(State Commission of Aircraft Accident Investigation, SCAA)調查，且俄羅斯 IAC、德國 BFU 及美國 NTSB 均參與調查。SCAAI 調查報告指出本事故直接肇因為飛航組員於低能見度條件下持續下降高度至最低下降高度(Minimum Descent Altitude)以下，失去目視參考仍持續下降高度而未執行第二次重飛或轉降。過快的下降率致航機左機翼與樹林發生碰撞，最後航機機體結構解體並發生劇烈燃燒。

本案的調查技術方面有三大挑戰：俄製飛航紀錄器解讀及時間同步、損壞的地形認知及警告系統(Terrain Awareness and Warning System, TAWS) 解讀，以及損壞的飛航管理電腦(Flight Management Computer, FMC) 解讀，詳圖 3.1-1 及 3.1-2。該型機航電設備極為新進，各有兩套 FMC 及 TAWS 對調查幫

助甚大。



圖 3.1-1 俄製飛航紀錄器(CVR, FDR, QAR)外觀圖



Figure 3-10 Top of CPU Board Serial Number 9908170



Figure 3-9 Top of NCU Serial Number 1577



Figure 3-2 Back Side of TAWS Serial Number 237 (Center of Photo)



Figure 3-7 Close-up of CPU Board Modification to U20 Chip

圖 3.1-2 TU-154M 機載 TAWS 及 FMC 外觀圖

該機損壞的地形認知及警告系統(TAWS)及飛航管理電腦(FMC)是透過 NTSB 聯繫送到美國原廠 Universal Avionics 公司，SCAAI 並邀請 NTSB、FAA、UASC 共同參與解讀工作。TAWS 對事故班機各種警告(Caution 及 Warning)的紀錄十分詳細，詳圖 3.1-3。例如，發生撞擊警告(編號 37)包括當時之經度、緯度、氣壓高度、無線電高度、航機姿態、下降率、速度、預測撞擊之距離、預測撞擊之經度，及預測撞擊之緯度等。圖 3.1-4 為 TAWS 記錄之告警座標及航跡紀錄。

該機飛航管理電腦(FMC) 記錄之各式設定參數及飛航組員的按鍵歷程，其中按鍵歷程對第一次重飛後操控駕駛員及監控駕駛員對 FMC 的導航參數設定及按鍵順序對調查極為重要，詳圖 3.1-5。每一套 FMC 的座標資訊來自兩套慣性導航系統及三套衛星導航系統，FMC 對每一套導航系統的狀態均記錄詳實。

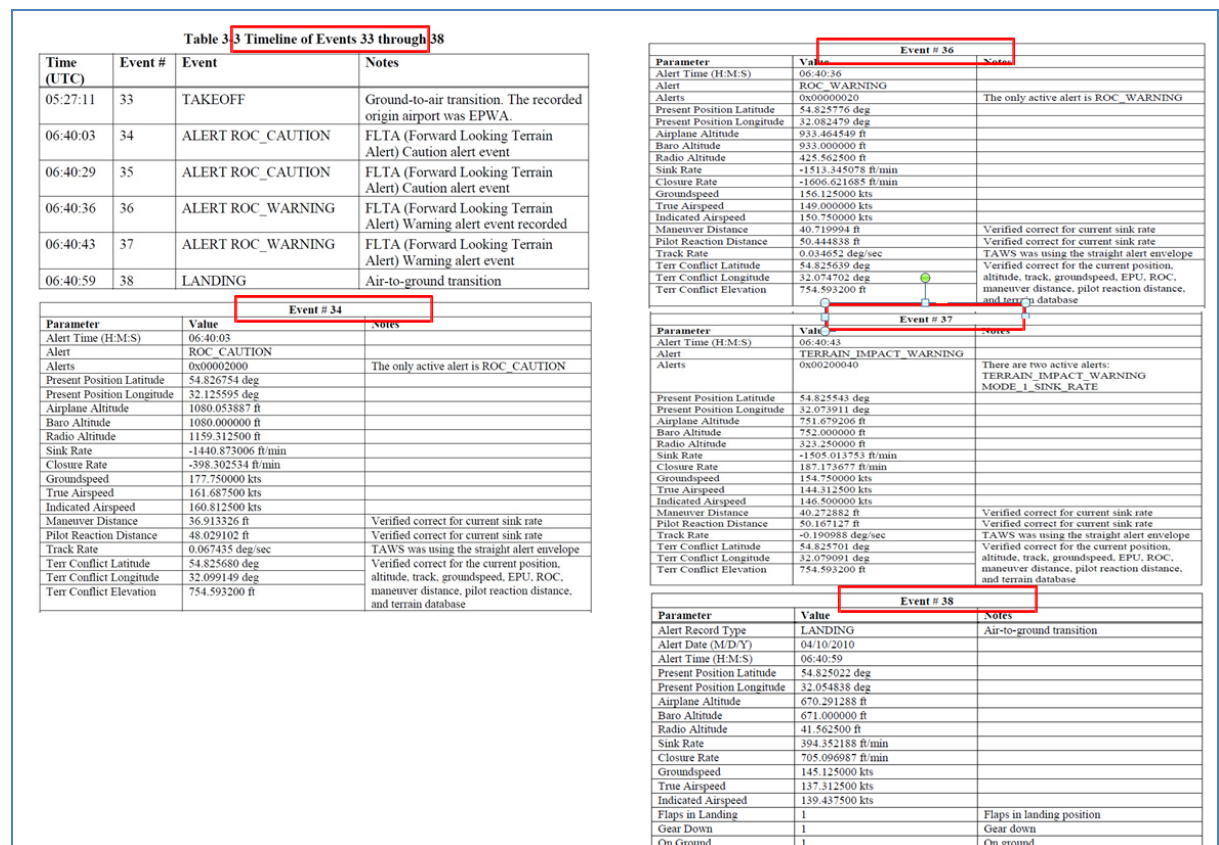


圖 3.1-3 TU-154M 機載 TAWS 記錄之告警資料



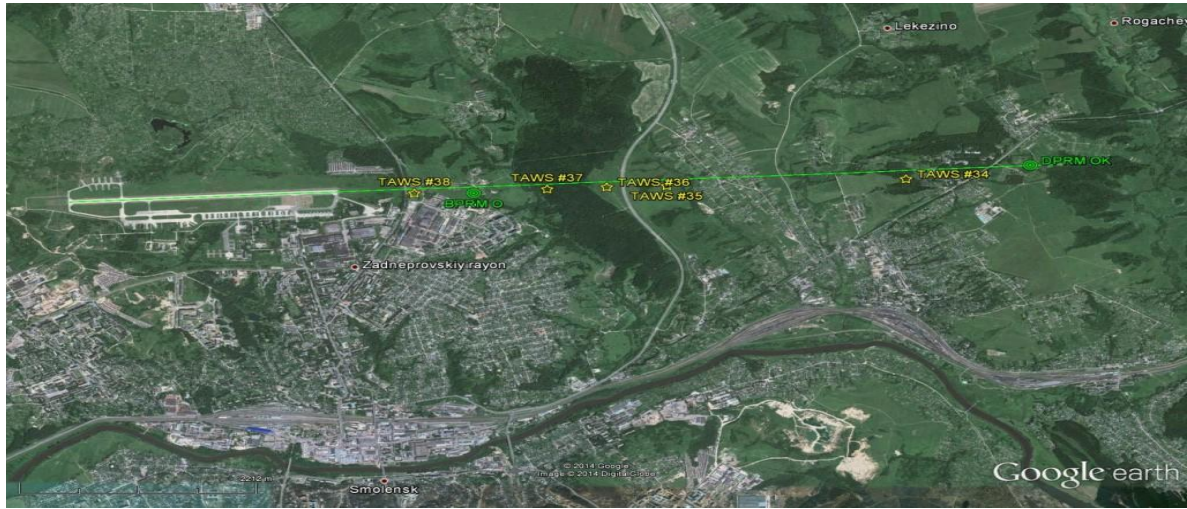


圖 3.41-4 TU-154M 機載 TAWS 記錄之告警座標及航跡紀錄

Table 3-4 Serial Number 281 System Status		
Parameter	Value	Raw Data
Date	10 April 2010	_DAY 0000C22C 00 63 _YEAR 0000C21E 0A
GMT	06:41:02	GMT 0000C225 00 00 0D FE
System Position	N 54-49-48.3 E 032-03.161	SYSLAT 0000D03A 26 FC 89 47 SYSLON 0000D03E 16 CB 03 2D
Altitude	47 ft	_ALTINFEET 0000C59C 00 00 00 2F
Altitude 1 second ago	120 ft	PREVALTINFEET 0000C5A8 00 00 00 78
Derived Vertical Speed (computed by FMS based on altitude change)	-2374 ft/min	DERIVEDVVS 0000EF14 F6 B9 2E 95
Filtered Derived Vertical Speed	-603 ft/min	FDERIVEDVVS 0000EF18 02 5B 34 8C
True Air Speed	73.281 m/s (142.45 kts)	TAS 0000C58E 12 52
Indicated Air Speed	145 kts	IAS 0000C594 05 AA
Ground Speed	71.609 m/s (139.20 kts)	GS 0000C9E2 11 E7
System Velocity	S 22.2391 m/s W 69.2235 m/s	_SYSVEL 0000D08E FF E9 C2 CA SYSVELE 0000D092 FF BA C6 C8
True Track Angle	252.2°	TRK 0000C9E6 B3 58
Magnetic Heading	Not Valid Last known heading value was 267.1°	HGDSBC 0000C58C 00 60 HDG 0000C584 BD ED
Magnetic Variation	E 7.61°	_MAGVAR 0000C9E0 05 6A
Wind	Not Valid (Note: This is expected because there is loss of heading, which is necessary for computation of winds.)	_WINDWAG 0000C9E8 81 D6 WANG 0000C9EA 12 10
Static Air Temperature	0° C	SAT 0000C590 00 00
Active From Waypoint	Flight Plan Leg number 19 DRL N 54-49.7 E 032-08.6 (DRL is a user-defined waypoint.)	26 FD 32 00 16 DB 84 90

Table 3-11 Serial Number 281 Cross-Side FMS Inputs		
Parameter	Value	Raw Data
GMT	06:41:0	DUGMT 0000C6D4 01 90 40 FC
Date	Day = 10 Month = 4 Year = 10	DUDATE 0000C6DC 08 10 40 FD
FMS1 Status	Airborne Mode. Flight plan available for cross fill. Approach Mode not active.	FMS275 0000C6E8 0D 80 00 FD
FMS1 Position	N 54-49.492 E 032-03.157	FMS 0000DABA 26 FC 90 00 16 CB 00 00
Heading	No Computed Data Last known heading value was 264.8°	DUFLG 0000C6D0 00 13 DUHDG 0000C6E4 BC 4D 00 00
Selected Heading	No Computed Data	XN_SEL_HDG 00132AD0 20 00 00 FF
Facility Frequency	No Computed Data	XFILL_FAC_FREQ 00108148 00 00
Time Air Speed	127 kts	XFILLSIAS 0000C768 60 FE 20 FE
Pressure Altitude	573 ft	XFILLSALT203 0000C770 60 11 E8 FE
Baro-Corrected Altitude	573 ft	XFILLSALT204 0000C778 60 11 E8 FE
Static Air Temperature	0.5° C	XFILLSAT 0000C780 60 04 00 FE

Table 3-5 Serial Number 281 Lateral Flight Plan			
Leg No.	Path	Terminator	Comment
1	Initial Fix	EPWA	Warsaw Frederic Chopin Airport
2	Course 291°	D289C	RW29 BAMSIG Departure
3	Course 291°	1000 ft Altitude	RW29 BAMSIG Departure
4	Heading 339°	Intercept next leg	RW29 BAMSIG Departure
5	Course 309°	Overfly WA706	RW29 BAMSIG Departure
6	Direct	WA798	RW29 BAMSIG Departure
7	Track	WA572	RW29 BAMSIG Departure
8	Track	BAMSO	RW29 BAMSIG Departure
9	Track	ASLUX	
10	Track	TOXAR	
11	Track	RUDKA	
12	Track	GOVIK	
13	Track	MNS	Minsk-2 VOR/DME
14	Track	BERIS	
15	Track	SODKO	
16	Track	ASKIL	
17	Track	DRL1	User-defined N 54-49.30 E 031-57.00
18	Track	10XUB	User-defined N 54-50.07 E 032-18.86
19	Track	DRL	User-defined N 54-49.70 E 032-08.60
20	Track	XUBS	User-defined N 54-49.50 E 032-01.60

Table 3-17 Key Press History					
Mode	Field	Page	Key	Crew Action	Result
FPL	43	1	R2	On the FPL page, pressed the INFO key.	Displayed information about the cursored waypoint.
WPT	255	0	FPL	On the waypoint INFO page, pressed the FPL key.	Returned from the INFO page to the flight plan page.
FPL	255	1	NEXT	On the FPL page, pressed the NEXT key.	Shown the next page of the flight plan.
FPL	255	1	L5	On the FPL page, brought the cursor over the 5th position on the page.	
FPL	43	1	D		
FPL	43	1	R		
FPL	43	1	L		
FPL	43	1	ENTER	Started to insert waypoint "DRL" into the flight plan. Completed insertion of waypoint "DRL" into the flight plan.	User-defined waypoint "DRL" is inserted into the active flight plan.
WPT	16	0	ENTER		

圖 3.41-5 TU-154M 機載 FMC 記錄之各式設定參數及飛航組員的按鍵歷程



### 3.2 馬航 370 第三階段偵搜

2014 年 3 月 8 日台北時間 0043 時，馬來西亞航空公司一架波音 777-2H6ER 型機(國籍標誌及登記號碼 9M-MRO)，執行馬來西亞吉隆坡至中國北京載客任務，班機號碼 MH370。約 0122 時，該機準備脫離馬來西亞航管中心並向越南胡志明航管中心聯絡時失去聯絡。機上共有 12 名機組人員及 227 名乘客。乘客包含 14 個國家，且以中國籍乘客為主。迄今，本案航機屬於失蹤狀態。

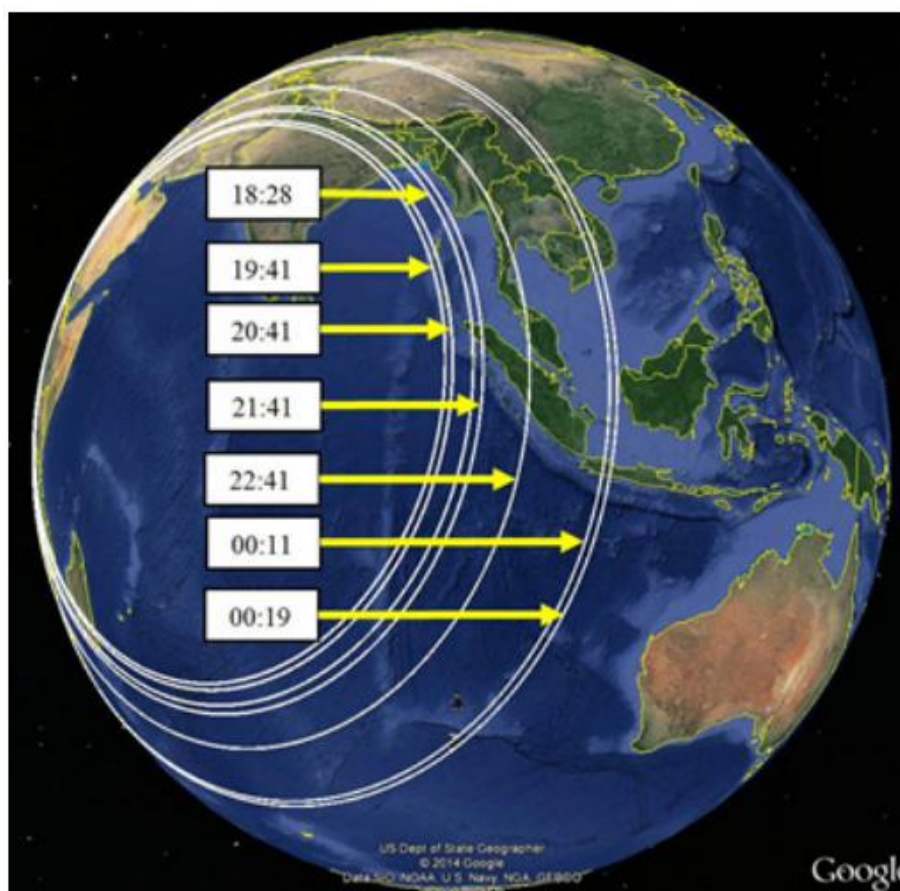


圖 3.2-1 Inmarsat 3F1 衛星及 MH37 航班 7 次的握手訊號及涵蓋航道

根據馬來西亞發布的 5 頁初步調查報告，該機機載通訊定址與回報系統 (Aircraft Communication Addressing and Reporting System, ACARS) 於 0106:43 時停止高度 35,000 呎；民用次級雷達最後偵測到 MH370 為 0121:13 時高度 35,000 呎(位於航點 IGARI 附近)，馬國軍用初級雷達持續偵測到 MH370 向西南轉彎降低高度再往西北移動，最後偵測到 MH370 為 0218 時。此期間，馬來

西亞航空地面管制中心曾於 0239 時至 0240 時，及 0714 時至 0715 時嘗試使用衛星電話與 MH370 通聯，機上衛星電話無人回應。0530 時，馬來西亞啟動搜尋及救援警鈴。本案調查進度遲緩迄今並未發現任何殘骸，然其調查過程仍有許多值得借鏡與深思之處。例如，按照國際民航組織( ICAO)規定民航機失蹤 30 秒後就要對外通報，馬來西亞政府卻於飛機失聯 4 小時後才宣布客機失蹤，正式展開救援。

3 月 10 日，英國 Inmarsat 衛星通信公司提供一份 MH370 與印度洋上空一顆 Inmarsat 3F1 衛星的握手訊號紀錄(handshaking ping)，共有 7 次握手訊號分別為台北時間 0228 時、0341 時、0441 時、0541 時、0641 時、0811 時、0819 時。其中沒有 0741 時的握手訊號是因地面撥打衛星電話時未接通，致機載衛星電話系統重置握手訊號的發射時間至每小時的 11 分，而產生 0811 時的紀錄。0819 時的握手訊號紀錄被稱為第 7 條南航道(7th Arc of South Track)，係因來自 2 號發動機的電力中斷才發射的訊號，詳圖 3.2-1。途中 7 條圓弧係由澳洲伯斯地面站、3F1 衛星及 MH370 之間的握手訊號的脈衝時間偏移(Burst Timing Offset, BTO)所計算出來，經比對 ACARS 位置訊號，BTO 的軌跡精準度為 10 公里半徑範圍。圖 3.2-2 為考量各種環境變數所推算出來的可能事故地點。

馬航 370 第一階段水面搜尋及救援任務係由澳洲海事安全局( Australian Maritime Safety Authority, AMSA)主導，執行期限為本年 3 月 18 日至 4 月 28 日。搜尋作業是用英國 Inmarsat 衛星通信公司的分析報告為主要參考資訊，沿著 Inmarsat 3F1 的 7 條南航道以船艦及飛機進行搜索作業。此期間澳洲運輸安全委員會( Australian Transportation Safety Bureau, ATSB)亦派員登艦使用水下聽音裝備標定黑盒子訊號，惟此階段作業一無所獲。馬航 370 第一階段水面搜尋及救援任務共有 26 國家參與動用 345 艘船艦及飛機，總搜索面積 4,600,000 平方公里。

馬航 370 第二階段水下搜尋任務主要依賴澳洲海盾號，執行期限為本年 4

月 5 日至 5 月 28 日。澳洲政府向美國海軍商借一套深海拖曳聲納(TPL-25)及自主式深海探測儀(AUV Bluefin-21)，TPL-25 最大水深 6,000 公尺，詳細規格如附件 1；AUV Bluefin-21 最大水深 4,500 公尺，電池耐力 25 小時，詳細規格如附件 2。此階段 TPL-25 分別於 4 月 5 日及 4 月 8 日探測到 4 次疑似黑盒子 37.5KHZ 訊號，作業水深 2,500 公尺至 2,800 公尺。4 月 11 日至 5 月 28 日期間，共派遣 30 次 AUV Bluefin-21 至海底執行側掃聲納作業，水下偵搜面積達 850 平方公里，此階段作業仍一無所獲。

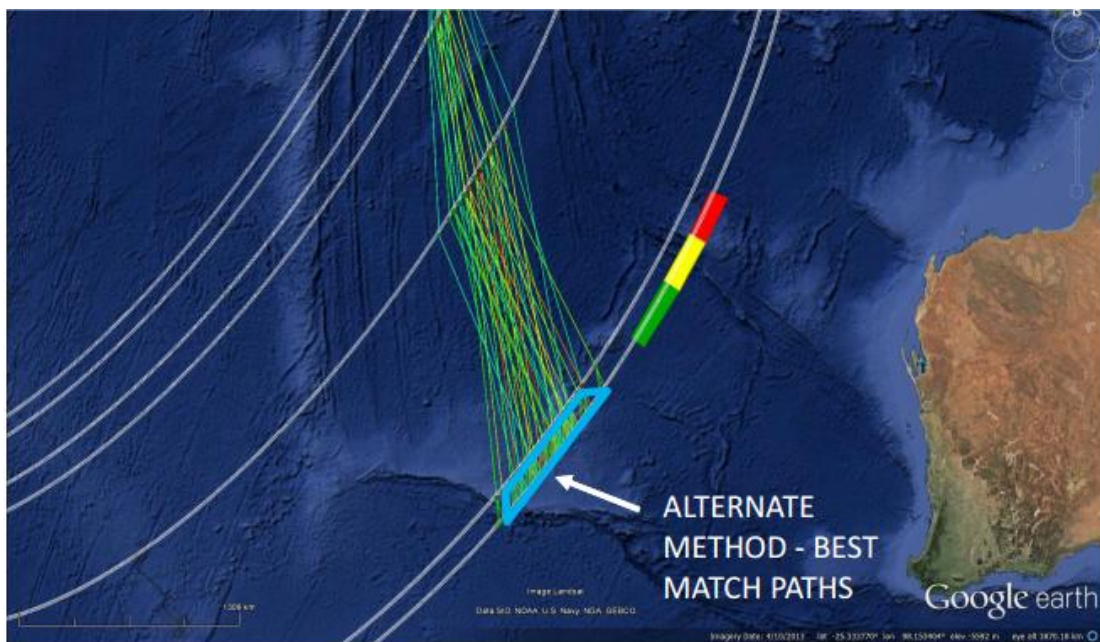


圖 3.2-2 馬航 370 的可能事故地點分析圖

按照澳洲 ATSB 專家說法，馬航 370 第三階段的水下偵搜是由澳洲運輸安全委員會(ATSB)主導，邀請英國航空失事調查局(AAIB/UK)、美國國家運輸安全委員會(NTSB)、美國波音公司、英國 Inmarsat 通信衛星公司、澳洲國防科技研發部門(DSTO)、馬來西亞民航局、澳洲 Thales 航電公司組成工作小組，訂定水下偵搜策略及研擬招標技術規格文件等。馬航 370 第三階段偵搜區域係由 Inmarsat 通信衛星的脈衝訊號、高空風場、航機速度及四次疑似黑盒子水下信標所劃定，共區分為三個區域，該地位於南印度洋參考水深介於 3,500 公尺至 7,000 公尺。第一區黃區約 650 公里 X 90 公里 (圓弧範圍 60,000 平方公里)；



第二區藍區約 1,400 公里 X 150 公里 (圓弧範圍 252,000 平方公里)；第三區灰區約 3,000 公里 X 380 公里 (圓弧範圍 1,175,000 平方公里)，詳圖 3.2-2 所示，圖中灰色圓圈為法航 447 的水下偵搜區域。

澳洲 ATSB 採用國際標(call for tender)來尋找合適的對象金額為 6,000 萬元澳幣(約新台幣 17 億元)，得標廠商為英國 Fugro 公司，執行期限為 12 個月。根據合約內容，Fugro 公司使用兩艘偵搜船艦( Fugro Equator and Fugro Discovery)並已於 8 月 6 日展開作業。至於第三階段的水下偵搜費用分擔問題，據聞馬國、美國及中國均未表態出錢。

MH370 的事故地點研判涉及衛星通信領域且為第一次使用，本會應持續關注且投入必要的初期研究工作。另外，本案沿用法航 447 的調查模式，籌組跨國工作小組及申請第二預備金也值得本會深入研究。未來幾個月中，如果 Fugro 公司發現殘骸，澳洲可能比照法航 447 再申請經費或轉由馬國主導第 4 階段打撈工作(兩具黑盒子)，更甚第 5 階段的打撈工作(主殘骸及遺體)。

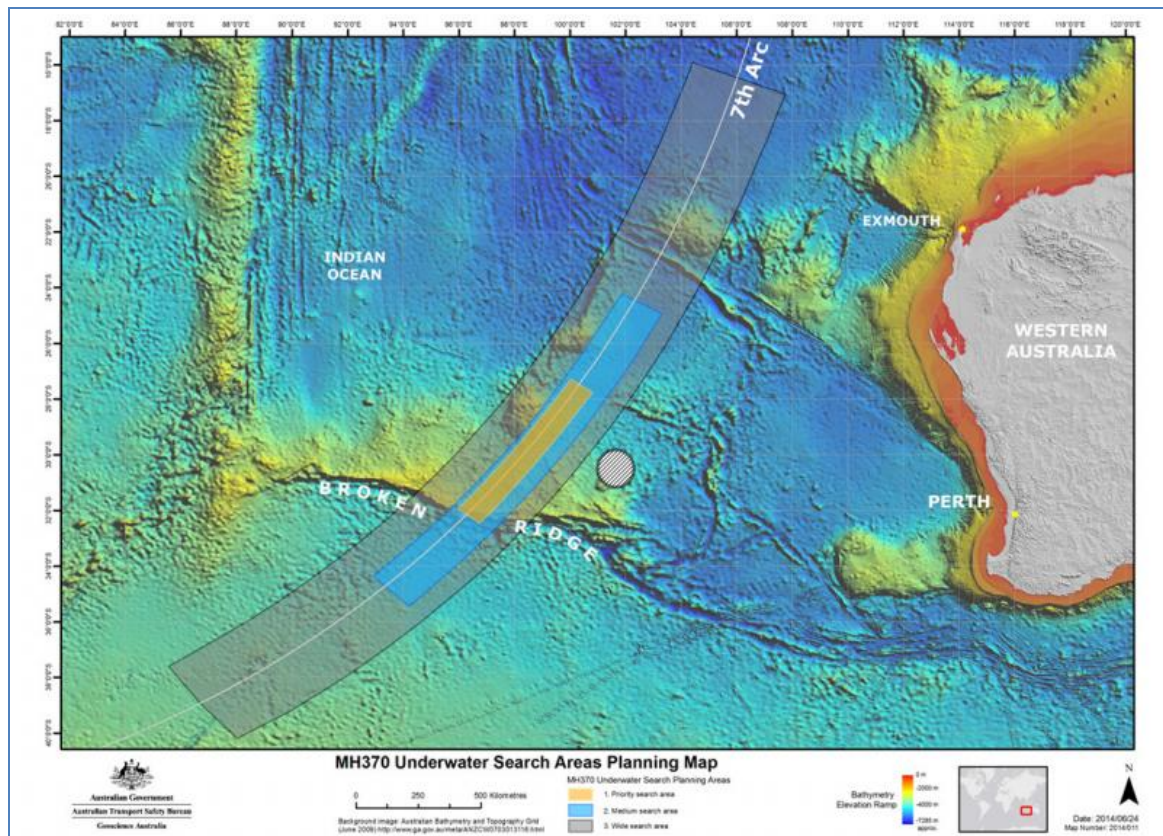


圖 3.2-3 澳洲 ATSB 所公布馬航 370 第三階段偵搜區域

### 3.3 ICAO 飛航紀錄器專家工作小組

國際民航組織(ICAO)的空中航行委員會(ANC)於 1993 年同意成立飛航紀錄器專家工作小組(Flight Recorders Panel)，平均 2 年召開一次會議。目前，會員國包括：美國 NTSB、澳洲 ATSB、加拿大 TSB、法國 BEA、德國 BFU、中國 CAAC、伊朗 CAA、義大利 ANSV。目前，主要推動工作有 7 項摘錄如下：

- Feasibility of Airborne Image Recorders

詳 ED-112A 及 ED-155 規定及 ICAO Annex 6 Part I/II/III 相關章節。

- Extend during CVR Recording

擬將座艙語音的錄音時間由 2 小時延長為 50 小時，後經討論為 15 小時。

詳圖 3.3-1，預定完成時間為 2015 年 3 月。

- Provisions for Lightweight Recording System

詳 ED-155 規定及 ICAO Annex 6 Part I/II/III 相關章節。相關適航裝備逾 10 種，本會均未建置對應的解讀能量。

- Recovering Flight Data After An Occurrence

因應 AF447 及 MH370，主要考量方案有 3 項：航機遇險時緊急定位及追蹤、自動可拋式飛航紀錄器(詳 ED-112A 及 ED-155)、要求航機機身安裝 ULB 及延長紀錄器 ULB 的電池壽命等。

法航 447 的第二份期中報告曾建議 ICAO 修訂第六號附約有關水下定位信標的相關內容，將現有 37.5 kHz ULB 的電池壽命提升至 90 天，並於航空器機身安裝一具較低頻的 ULB (8.8 kHz) 電池壽命 30 天，其特點為增加可偵蒐範圍約 6 海哩。

因應馬航 370 事故，ICA0 於今年 5 月 12 日及 13 日召開全球民航機飛行監控規劃會議，主要檢討現有可行的監控技術、技術限制及其他非技術性困難等議題，其短期與長期規劃如下：(1) ICAO 將成立全球民航機飛行監控專家工作小組(Aircraft Tracking Task Force)。(2)國際航空運輸協會(International Air Transport Association, IATA)及民航業者將一起積極努力尋求新技術來



實現民航機的即時監控能量。(3) ICAO 將提出指導性文件來規範民航機的即時監控技術。

- **Guidance Material Relating to Flight Recorders**  
 歐美國家陸續於飛航事故調查中發現，飛航紀錄器未按適航要求記錄資料。飛航紀錄器專家工作小組正研擬技術文件作為年度檢查的指導性文件。
- **Developing of Flight Record Provisions for Unmanned Aerial systems**  
 因應無人載具加入民航管制空域活動，飛航紀錄器專家工作小組正研擬適用於無人載具的安裝飛航紀錄器的相關要求及技術文件。
- **Future Flight Recorder Provisions**  
 例如：波音 787 使用 GE Aviation 紀錄器所衍生的問題、全面性清查 g-switch 問題等。

Category	Safety	Sustainability	Implementation	Reference: FLIRECP05
Title	Duration of CVR recordings			
Proposed by	ANC (193-13)			
Problem Statement	To exploit the use of technology that allows extended recording time, the most suitable and viable duration of a CVR recording has to be determined			
Specific Details (including impact statements)	IPS of AN-WP/8697 PDP outlined a proposal to extend the duration of CVR recordings beyond the present two-hour duration. The ANC did not agree to the proposed "last 15 hours of its operation". Technology may permit a considerable length of time; however a suitable length would need to consider the length of a flight(s), number of (shorter) flights recorded, retention, erasure (over-recording) and protection of the information. In some cases, previous flights contained key information on what happened during the accident flight, however many short haul flights could be captured on a 15 hour recording. More work was required on the long-term objectives, recording/erasing procedures and intentions of the proposal. Additionally the recommendations for the protection of safety information made by the SIPTF should be considered.			
<b>PART B</b>				
Rating	High	Medium	Low	
Rationale for acceptance/rejection				
Action already in progress	AN-WP/8697 PDP, DP1 to AN-WP/8697 PDP; ANC minutes 193-13			
Interdependencies/References	AN-WP/8697 PDP, DP1 to AN-WP/8697 PDP; ANC minutes 193-13		By Whom/Resources	Deliverables
Required Action				Timescales (for deliverable)
1	Develop provisions for the use of extended duration recording (greater than 2 hours) by cockpit voice recorders		FLIRECP	Proposed amendment to Annex 6 Q1 2015
2	Develop operational procedures for the use of cockpit voice recorders with extended (greater than 2 hours) recording time		FLIRECP	Proposed amendment to flight recorder Appendices of Annex 6 Q1 2015
3				
4				
Issue Date: 27 February 2014	Date Assessed by SRP: 6 March 2014	Date Approved by ANC: 12 March 2014	Next Review Date: March 2015	Completed Date:

圖 3.3-1 延長 CVR 紀錄時間管制單格式

2014 年 9 月飛航紀錄器專家工作小組會議討論重點至少包含：機載影像紀錄器、延長座艙語音紀錄器之記錄時間、事故現場定位及量測技術、發展飛航

紀錄器之養護指引文件、訂定無人載具之飛航紀錄器規格，通盤檢討飛航紀錄器未來的相關法規。

本會應積極尋求參加會議或取得相關資料的管道。

### 3.4 新式飛航紀錄器 FA5000 解讀

加拿大 TSB 於會中提報美國 L-3 通訊公司所製造之下一代飛航紀錄器 FA5000 系列之解讀。我國目前雖然並無任何航機配備此款紀錄器，但長遠來看，由於 L-3 公司目前所生產之飛航紀錄器在世界商用客機之佔有率超過六成，其主力紀錄器 FA2100 系列並將在約五年後停產，全面改產 FA5000 系列紀錄器。因此 TSB 之解讀經驗除具有參考價值外，另可作為本會在預作未來紀錄器解讀能量規劃時的重要參考。

加拿大龐巴迪（Bombardier）公司之 CS100 系列客機為該公司積極進軍一百至一百二十人座客機市場的首發產品，目前雖仍在適航認證階段，但此款飛機因為配有最新的航電系統及美國普惠公司最新款的 GTF（Geared Turbo Fan）發動機，燃油效率較目前同級之發動機高出近 15%，因此被認為是可以挑戰美國波音與歐洲空中巴士公司在小型單走道客機（B737-600、B737-700 與 A318、A319）雙雄鼎立地位的重要利器。然此款客機在日前進行適航認證時發動機卻發生了零組件脫離的重大意外事故（uncontained failure），因而加國 TSB 展開了調查。

由於 CS100 原型機配備了美國紀錄器大廠 L-3 公司最新之 FA5000 紀錄器，並同時也是該款紀錄器之世界第一個客戶（另外客戶為巴西 Embraer 製之 E2 區間客機與空中巴士 A350），之前沒有任何事故調查機關有相關的解讀經驗，因此事故發生初期，TSB 與 L-3 公司密切配合以確保飛航資料與座艙語音皆能順利下載解讀。FA5000 系列包含 FA5000、FA5001 與 FA5003 三款紀錄器，其中 FA5000 本身為 FA5001 與 FA5003 生產前之過渡型號（pre-production

model)，其仍使用 FA2100 系列之 CSMU。日後正式投入商用市場的僅有 FA5001 與 FA5003 兩款紀錄器。FA2100、FA5000、FA5001/FA5003 外觀比較如下圖所示。FA5000 系列均備有可快速拆卸的紀錄器獨立電源供應模組（Recorder Independent Power Supply, RIPS），提供十分鐘的額外電力。



圖 3.4-1 (左) FA2100 CVR，(中) FA5000 CVR，以及 (右) FA5001 座艙語音與資料紀錄器 (CVDR) 之外觀比較

FA5000 系列紀錄器除了提供至少兩小時的座艙語音錄音以及資料鏈結 (Data Link) 外，飛航資料部分則可記錄 50 小時、最高每分 2048 字元 (2048 wps 為選配，標準為 1024 wps) 的數據。由於 FA5000 系列內的快閃記憶體已採用存取速度更快的 NAND，因此原廠資料下載軟體均要求使用最新版本，包括解讀 FDR 用的 ROSE 4.7 版以及解讀 CVR 用的 ADLP 3.3 版；在硬體方面，除使用 L-3 之第二代攜帶式界面 (Portable Interface 2, PI/2) 外，亦可直接使用 RJ45 接頭的網路跳線連接筆電進行下載。然而 TSB 在使用以上兩軟體進行資料下載時一開始就遇到紀錄器無法順利以 28 伏特直流電上電的困難，在經與原廠討論後，發現此款紀錄器需要另外將 Pin 3 與 17 接地，之後紀錄器就可順利上電啟動下載程序。

承前段，FA5000 紀錄器可使用 Windows XP 或 Win 7 筆電以跳線連接紀錄器後進行資料下載。有關 Windows 網路的設定原廠建議為：TCP/IP IP 地址是 192.168.1.103；子網路遮罩 subnet mask 地址是 255.255.255.0。之後以任何瀏覽器開啟網路位置 192.168.1.102，即可進入紀錄器內建之功能畫面如下圖。CVR 主畫面左側之功能選單有六項，分別為「Home」、「Status」、「Config」、「Setup」、「Download」、與「Tests」；FDR 主畫面左側之功能選單

則有八項，分別為「Home」、「Status」、「Config」、「Setup」、「Download」、「Tests」、「A717 Hex Data」與「A717 Dec Data」。



圖 3.4-2 FA5000 CVR 之內建功能畫面主頁

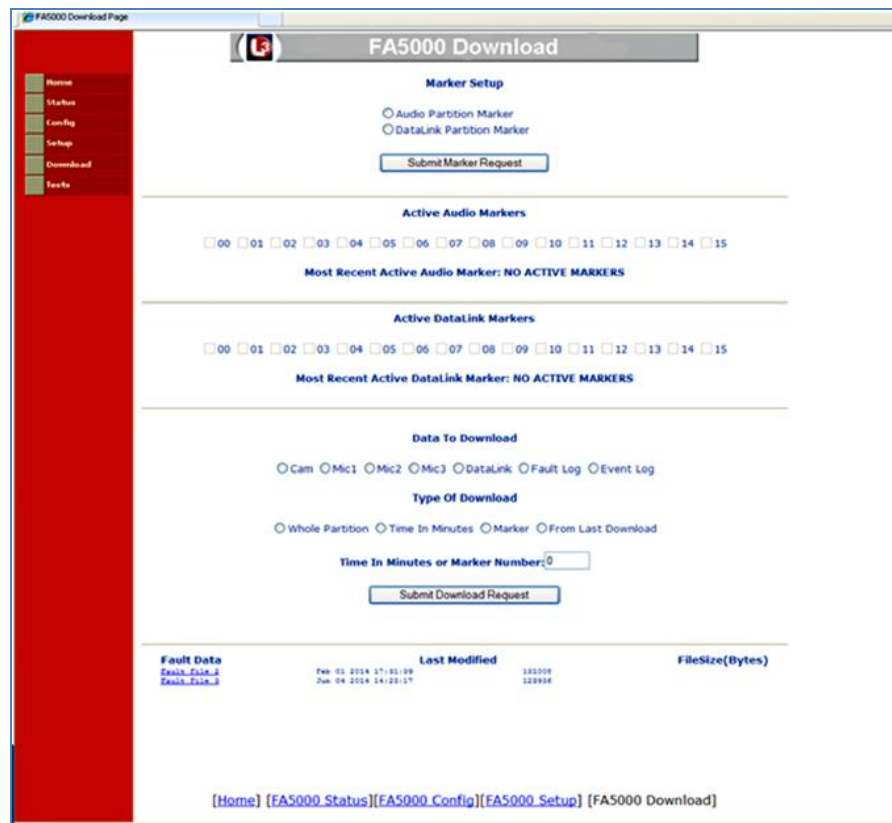


圖 3.4-3 FA5000 CVR 之資料下載畫面

與 FA 2100 紀錄器資料下載不同的地方是，FA5000 紀錄器 CVR 下載的壓縮錄音檔格式已清楚分為「.mic1」、「.mic2」、「.mic3」、「.cam」而不是打包在一起的.cvr 或.crr 格式。FDR 下載下來的原始資料則是「.dfd」檔而不是 FA2100 系列所用的.fdr 格式，此為舊版 ROSE 無法識別的格式。在 CVR 原始資料下載後，使用 ADLP 即可直接播放壓縮之錄音檔，亦可先使用 ADLP 將檔案解壓縮至 wave 格式後，以第三方軟體分軌播放。在 FDR 資料處理方面，使用 ROSE 應可將原始檔案解壓縮至 dat 格式供 ROSE 產生報告使用或原始二進位 bin 格式供第三方飛航資料分析軟體使用。然而 TSB 在實際操作時，ROSE 卻無法將 dfd 檔解壓縮，因此 L-3 公司另外提供 TSB 一獨立程式進行下載，方才解決問題並解讀飛航資料。

圖 3.4-4 FA5000 FDR 資料下載畫面

雖然 FA5000 紀錄器尚未有任何商轉中的客機機型使用，但假以時日將成為航空公司購買的下一代新機種（如空中巴士 A350、龐巴迪 CS100）所使用飛航



紀錄器的主力。以加拿大 TSB 這次的事務調查經驗來看，本會已購置 ROSE 與 ADLP 的最新版本軟體，除了具備 L-3 公司配備 NAND 記憶體之 FA2100 紀錄器之解讀能力外，將來對於 FA5000 系列紀錄器也已有資料下載的能力。

### 3.5 座艙語音紀錄器相關議題

本次會議法國事故調查局 BEA 提報兩篇有關座艙語音紀錄器的報告，主題分別為固態式座艙語音紀錄器的語音資料錄音速度的異常導致無法與飛航資料紀錄器資料同步的問題；以及發現在 ATR 型機上 CVR 錄音資料因交流電供電可能導致有低頻噪音干擾的情形。雖然本會實驗室到目前尚未遇到以上兩種情況，但 BEA 的處理經驗仍值得參考。

一般而言，磁帶式紀錄器較容易出現記錄/播放速率不正常的問題，而處理方式只能藉由地面支援裝備 (Ground Support Equipment, GSE) 來做調校。第一步是利用頻譜分析的方式將 1,000Hz 以下的聲音視覺化，並辨認機上電源供應的頻率 (通常介於 300 至 500 Hz 之間)。而正常的磁帶錄音速度則應該在 400Hz，因此藉由聲音處理軟體將錄音播放速度修正即可。

法國 BEA 在近來調查一件法航 A319 的事故，固態式 CVR 由一間法國當地的製造商「TEAM」所製造，資料在順利下載後，調查人員發現這個固態式 CVR 的錄音資料無法和 FDR 順利時間同步。之後使用 FSK (Frequency Shift Keying) 解碼的方式做進一步分析，發現這具紀錄器的 FSK 是以每 4.12 秒的頻率進行錄音，而一般正常的速度是每 4 秒 ( $4 \pm 0.002$  秒)，因此這具紀錄器的錄音存在著百分之三的誤差，意即比正常紀錄器錄音速度慢了百分之三，這也就是該具 CVR 錄音資料無法順利與 FDR 資料同步的主因。

FSK 每四秒會記錄在 CVR 的客艙廣播音軌，是一種利用頻率差異的訊號來記錄資料的調變 (keying) 方式。最常見的是二進位 FSK，其解碼的原理為，Bit 1 頻率為  $4,193 \pm 30$  Hz，Bit 0 頻率為  $3,607 \pm 30$  Hz。在 ARINC 429 的記錄

格式裡面記錄 FSK 的字元除檔頭外，第 12 至 17 個位元用來記載秒數；第 18 至 23 位元用來記載分鐘數；第 24 至 28 位元用來記載小時數，記載的時間為 UTC 時間。

此具 CVR 在經 BEA 調查人員調整播放速度後，原本應有的 2 小時錄音因為錄音速度過慢而變成僅有約 1 小時 56 分鐘。BEA 在發現該具 CVR 的瑕疵後，立即對 TEAM 公司生產的固態式 CVR 進行了追蹤統計，發現在自 2001 年以來處理過的 20 件 TEAM 製固態式 CVR 解讀中，僅有半數成功自行解讀，另外有 5 件需要原廠提供技術援助才能成功解讀，2 件部分資料流失，2 件全部資料流失，1 件因為錄音速度異常需進行後處理（即本案件）。進一步的追查後發現該公司使用的記憶體存在有嚴重瑕疵，使得飛行員在飛行任務前進行的測試結果往往是不可靠的。而原廠無法針對這個嚴重問題提出任何解決方案，於是 EASA（European Aviation Safety Agency）已經將該公司的固態式 CVR 適航認證取消，並且公告在 2015 年 10 月 29 日之後不得再裝置在任何歐洲境內飛行的飛機上。

然而另外一個問題是，儘管歐洲境內的問題 CVR 已獲得解決方案，但是另外有 50 具 CVR 是由歐洲以外的業者使用中，在無法確認是否這些業者所屬國家的民航機關有針對此一批瑕疵 CVR 採取任何改善措施前，這些使用 TEAM 製 CVR 的航機在運行中是有一定的風險存在。

BEA 提報的另外一個主題是有關 ATR 航機上因為變頻交流電源（AC wild）供應造成 CVR 有低頻噪音的問題。在 BEA 歷年的解讀紀錄中，超過一半（32/64）來自 ATR 航機的 CVR 的駕駛艙區域音軌存有該噪音干擾的問題。AC wild 跟一般交流電源不同的地方是，儘管電壓都是 115 伏特，但電流的供應頻率可在 341 Hz 至 488 Hz 之間波動，主要是提供螺旋槳的齒輪箱運作使用。此低頻噪音另一特徵是，惟有在螺旋槳轉速  $N_p$  超過 66%時才會出現，與發動機型號、紀錄器型號、區域麥克風型號或是飛行的階段無任何關係。

利用頻譜分析可以將此問題視覺化：由以下數圖為範例，其中螺旋槳旋轉

的基礎頻率為 99Hz，而 AC wild 的基礎頻率則在 394 Hz 與 426 Hz，而 AC wild 可突然引發基礎頻率在 346 Hz 的低頻噪音（圖 3.5-1 至 3.5-3）。

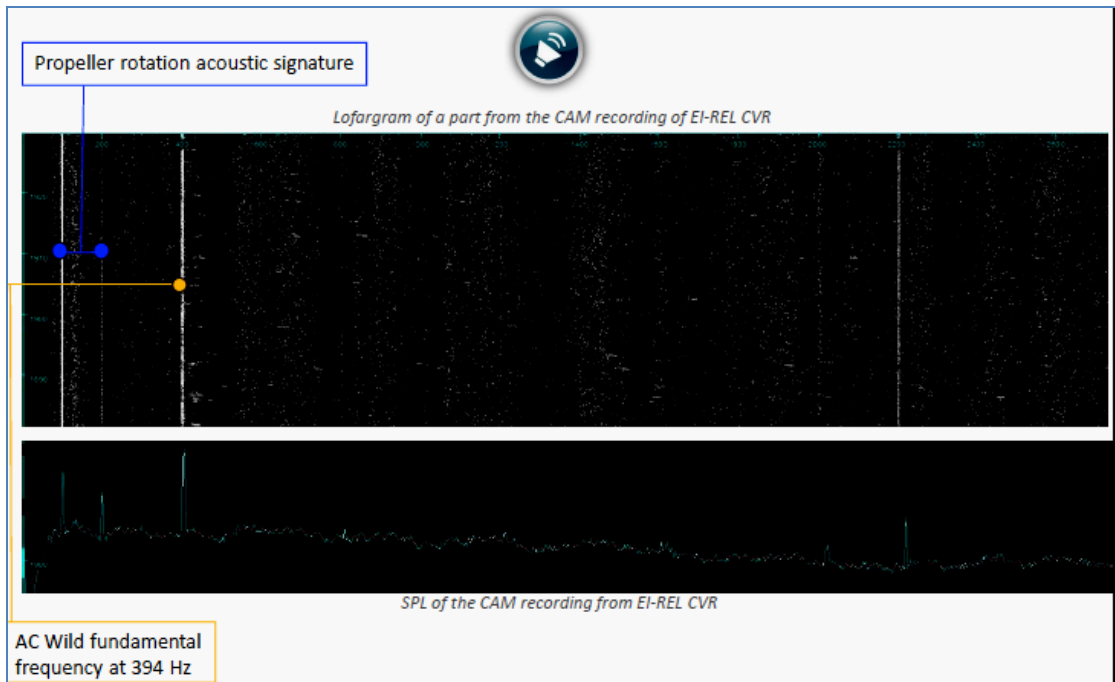


圖 3.5-1 ATR 型機之 CAM 頻譜

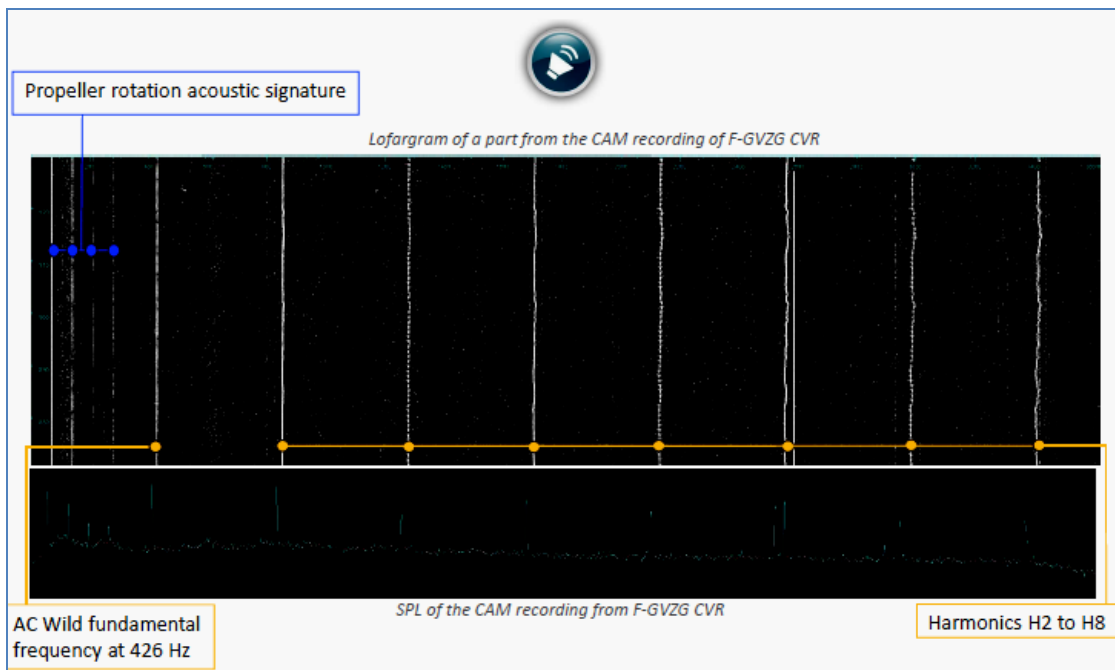


圖 3.5-2 ATR 型機螺旋槳與 AC wild 之合諧音頻之頻譜

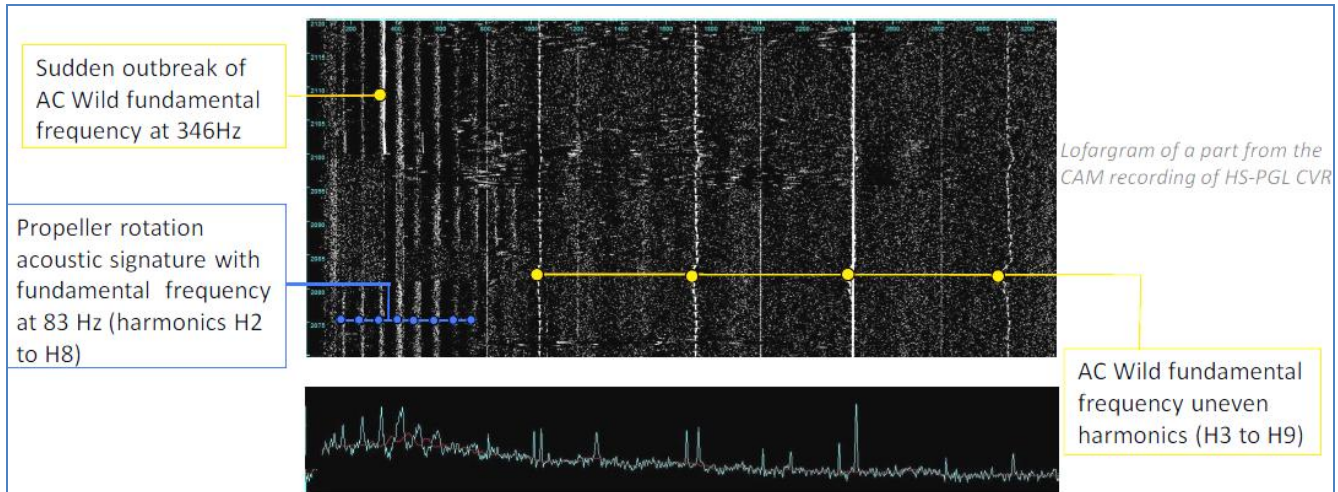


圖 3.5-3 AC wild 引發之低頻 346 Hz 噪音

引發此低頻噪音的主因，根據 BEA 在報告中所述，為在駕駛艙內靠近區域麥克風位置附近使用 AC wild 驅動的開關組件，但由於移動該組件至離麥克風較遠處牽涉到整體駕駛艙儀表的配置，加上此低頻噪音問題並非嚴重到干擾區域麥克風音軌之錄音品質，故尚未有解決方案。

## 四、建議

本次會議行程圓滿且收穫豐富，據此出以下 3 項建議：

1. 擘劃本會於損壞飛航紀錄器之解讀能量需求，規畫未來資源取得與發展方向之時程。
2. 審慎評估發展損壞之穿戴式錄影裝置或手持式 GPS 裝置資料復原的能量需求。
3. 積極尋求參與 ICAO 飛航紀錄器專家工作小組活動或取得相關資料的管道。



## 附件 1 TPL-25 規格

# Towed Pinger Locator 25 Specifications



## FEATURES

The Phoenix Towed Pinger Locator 25 (TPL-25) System provides the capability to detect and locate emergency relocation pingers on downed aircraft to a maximum depth of 6,000 msw anywhere in the world. Commercial aircraft pingers are mounted directly on the flight recorder, the recovery of which is critical to an accident investigation.

The system consists of the tow fish, tow cable, winch, hydraulic power unit, generator, and topside control console, although not all of these components are required on every mission. The tow fish carries a passive listening device for detecting pingers that automatically transmit an acoustic pulse. Most pingers transmit every second at 37.5 kHz, although the TPL can detect any pinger transmitting between 3.5 kHz and 50 kHz at any repetition rate.

## SPECIFICATIONS

### Subsea Unit

Weight in Air: 64 lb / 29 kg  
Length: 28 in / 712mm  
Width: 36 in / 914mm  
Height: 18 in / 457mm  
Max Operating Depth: 6,000 msw

### Topside Link

Any tow cable with 2 conductors (ideally coax)  
Max Cable length: 18,000m / 55,000 feet  
Ports: Telemetry: Subconn MCBH8M  
Pinger: Subconn MCBH3M

### Topside Unit

Control Unit: Standard 4U, 19" Rack Mount  
Transit Case Dim.: 21" (533mm) W x 26" (660mm) D x 10.75" (273mm)T  
Weight: 63.5 lb / 28.8 kg  
Power Input: 110VAC-230VAC 50/60Hz  
Power Consumption: 45w  
Outputs: Unfiltered Hydrophone, Filtered Hydrophone  
Speaker, Headphones (x2)  
Power Supply Status  
Indicators: Data Link  
Towfish Telemetry  
Current and Voltage Monitoring

### Offices

9301 Largo Drive West  
Largo, MD 20774

375 Hwy. 182  
Bayou Vista, LA 70380

10111 Richmond Avenue  
Suite 310  
Houston, TX 77042

5409 Beamon Road, Suite B  
Norfolk, VA 23513

5334 Banks Street  
San Diego, CA 92110

96-1383 Waihona Street  
Pearl City, HI 96782

### Point of Contact

Pete LeHardy  
plehardy@phnx-international.com  
Office: 301.341.7800  
Fax: 301.499.0027



Phoenix International

www.phnx-international.com



**Towfish Telemetry**

3 Axis Compass Module (Pitch, Roll, Heading)  
 Internal Temperature  
 Pressure Sensor Input.  
 Data Update every 0.5 seconds

**Pressure Transducer**

Full Scale Pressure: 10,000 psi  
 Accuracy: ±0.25% Full Scale  
 Proof Pressure: 30,000 psi

**Hydrophone**

Type: Hemispherical pattern passive  
 Frequency: 1.0 to 50 kHz  
 Sensitivity: -175 to -180 dB re 1v/μpa

**Subsea Environmental Filter**

Type: Selectable (HF / LF) 16th Order  
 LF Band: 3kHz to 9 kHz  
 HF Band: 25kHz to 50kHz  
 None: Option to Bypass for non-standard frequencies

**Self Test / Emergency Pinger**

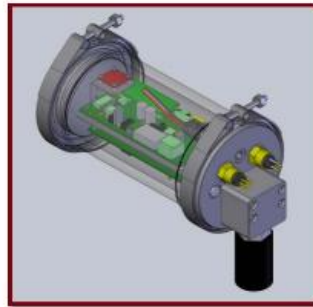
Type: Teledyne Benthos Model #: ELP-362A/PL  
 Frequency: 37.5 kHz, ± 1 kHz  
 Operating Depth: 0 to 6,000 msw  
 Pulse Length: ≥ 9 ms  
 Repetition Rate: ≥ 0.9 pulses per second

**Console Filter Bands**

3.5 kHz: Passband 2 kHz to 4.5 kHz  
 8.5 kHz: Passband 6.5 kHz to 10.5 kHz  
 27 kHz: Passband 25 kHz to 29 kHz  
 37.5 kHz: Passband 35.5 kHz to 39.5 kHz  
 45 kHz: Passband 43 kHz to 47 kHz  
 None: All frequencies passed

**Detection Range** (For Dukane Model #N15F210B)

Max. Range: Greater than 3km



## 附件 2 Bluefin 規格

The Bluefin-21 is a highly modular autonomous underwater vehicle able to carry multiple sensors and payloads at once. It boasts a high energy capacity that enables extended operations even at the greatest depths. The Bluefin-21 has immense capability but is also flexible enough to operate from various ships of opportunity worldwide.

**FREE-FLOODED MODULARITY** - The vehicle design includes swappable payload sections and battery modules for in-field mission reconfiguration. Subsystems can be quickly accessed for rapid turnaround between missions and also allow for in-field maintenance, accelerating operational tempo.

**EFFICIENT WORKHORSE** - The Bluefin-21 is an efficient, deep-rated AUV able to execute surveys with demanding requirements typically addressed by larger, more cumbersome platforms. Its small size and ability to be launched and recovered from a simple A-frame or docking head allow it to take advantage of ships of opportunity.

**ACCURATE NAVIGATION** - The Bluefin-21 uses an INS to provide the best possible navigation accuracy. Dead reckoning drift is typically less than 0.1% of distance traveled, yielding higher quality data. USBL aiding further improves navigation accuracy.

**AIR-SHIPPIABLE** - The vehicle, batteries and support equipment can be broken down and packaged into easily transportable sections, making the system ideal for time-critical and remote operations.



### Applications

- Offshore Survey
- Search and Salvage
- Archaeology and Exploration
- Oceanography
- Mine Countermeasures (MCM)
- Unexploded Ordnance

## Specification

Diameter	21 in (53 cm)
Length	16.2 ft (493 cm)
Weight (Dry)	1,650 lb (750 kg)
Buoyancy	~ 16 lb (7.3 kg) net positive
Lift Points	1 (located mid-vehicle)
Depth Rating	14,763 ft (4,500 m)
Endurance	25 hours @ 3 knots with standard payload
Speed	Up to 4.5 knots
Energy	13.5 kWh of total energy Nine 1.5 kWh battery packs Lithium-polymer, pressure-tolerant

Propulsion	Gimbaled, ducted thruster for propulsion and control
Navigation	Real-time accuracy $\leq 0.1\%$ of D.T. CEP 50 INS, DVL, SVS and GPS USBL tracking with vehicle position updates
Antenna	Integrated — GPS, RF, Iridium and strobe
Communications	RF, Iridium and acoustic; Ethernet via shore power cable
Safety Systems	Fault and leak detection, drop weight, acoustic tracking transponder, strobe, RDF and Iridium (all independently powered)
Software	GUI-based Operator Tool Suite
Data Management	4 GB flash drive for vehicle data Plus additional payload storage
Standard Payloads (others available)	EdgeTech 2200-M 120/410 kHz side scan sonar (option: EdgeTech 230/850 kHz dynamically focused)  EdgeTech DW-216 sub-bottom profiler  Reson 7125 400 kHz multibeam echosounder

