

出國報告（出國類別：其他）

赴德國航空失事調查局
參加飛航事故調查員紀錄器會議
出國報告

服務機關：飛航安全調查委員會

姓名職務：調查實驗室主任／官文霖

派赴國家：德國布倫瑞克市

出國期間：民國 102 年 9 月 8 日至 9 月 14 日

報告日期：民國 102 年 10 月 1 日

目次

一、目的	2
二、過程	3
三、心得	6
3.1 各國調查機構之工程技術發展	7
3.2 破損飛航紀錄器及機載晶片解讀	12
3.3 波音 787 飛航事故涉及紀錄器議題	17
3.4 CVR 錄音品質問題	20
3.5 飛航紀錄器水下定位研究	23
3.6 Airbus A350 飛航紀錄器系統	27
四、建議	29

一、目的

本次 AIR 會議由德國航空失事調查局 (German Federal Bureau of Aircraft Accidents Investigation, BFU) 主辦，會議行程圓滿且收獲豐富，約 40 位各國的飛航紀錄器調查員代表出席，相關議題討論熱絡，主要重點包括：各調查機構之工程技術發展、破損飛航紀錄器及機載晶片解讀、飛航紀錄器水下偵查、雷達資料及錄像分析技術、A350 及 B787 飛航紀錄器特性、歐盟工作小組 WG-62，及飛航資料取樣率議題等。此外，參觀 BFU 殘骸棚廠及工程實驗室、歐盟空域內各種雷達資料之處理與應用，獲得許多寶貴的心得。

職於本次會議中提報兩篇論文，其一為「實驗室技術發展與挑戰」，以及「BN-2 空拍設備之解讀與應用」等。三天會議中，各國實驗室人員對於本會 BN-2 的調查技術及資料整合，獲得許多詢問及克服相關技術的細節問題。另外，對於本會近年參與 AsiaSASI 及 ISASI 的表現也獲得肯定。新加坡 AAIB、澳洲 ATSB 及香港 HKCAD 的代表均表示，他們的調查部門近期將仿效本會發展無人飛機的空拍系統。

二、過程

日期	起迄地點	詳細任務
09/08-09/09	台北→法蘭克福	起程
09/09	法蘭克福→漢諾威→布倫瑞克	轉火車
09/10	<p>上午 09:00~ 1300</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Agency Overview (roll call - voluntary decision) 各國調查機構之工程技術發簡介 ■ Flight Data Processing (BFU) 飛航資料處理的 30 年經驗分享 ■ take group photograph / Visit ATTRA at DLR 參觀德國航空太空中心 <p>下午 13:45 ~17:15</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Lessons Learned from a BN-2 Accident at Rugged Terrain (ASC) BN-2 空拍設備之解讀與應用 ■ SSUFDR data recovery process from a F100 accident (ATSB) FK-100 失事中破損紀錄器之解讀經驗分享 ■ A collection of new recorders for accident investigation (BFU)簡式飛航紀錄器之發展 ■ Debate: An increasing number of recorder manufacturers will offer ED112/ED155- recorders in future. Is a "golden chassis" still a contemporary solution?討論 ED112/155 與紀錄器有關之議題 	

09/11	<p>上午 09:00~ 1300</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Experiences with the 787 FDR (NTSB) 波音 787 飛航事故涉及紀錄器議題 ■ Boeing 787 EAFR findings (AAIB, UK) 波音 787 飛航事故涉及紀錄器議題 ■ 37.5 KHz beacon detection equipment (AAIB, UK) 飛航紀錄器水下定位信標研發 ■ L3 A200S readout experience: DAP fault (IAC) 損壞之 A200S CVR 解讀經驗分享 ■ RTCA/Eurocae update on GNSS recordings + Limitation on the use of GNSS and ATM data (BEA) 歐盟 WG-62 工作小組及 GPS 紀錄資料議題 <p>下午 13:45 ~17:15</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Chip recovery - Lessons learned from investigation into Avidyne PFD&MFD and Garmin G1000 (SCAAI) 破損航電晶片解讀經驗分享 ■ The New BEA memory reader with electrical tests (BEA) 破損航電晶片解讀經驗分享 ■ New IAC software developments - laboratory database, complex model animation (IAC) 俄國 IAC 實驗室新開發的工具及效能探討 ■ Signal sampling and reconstruction for FDR data analysis (BFU) 飛航資料取樣率議題 ■ X-Ray Exposure to FLASH Memory Devices (NTSB) X-Ray 照射對 Flash 記憶晶片之損害研究 	
-------	--	--

09/12	<p>上午 09:00~ 1300</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ CVR recordings evaluation for French manufacturers (BEA) CVR 錄音品質研究 ■ Iphone/Ipad discussions : case study (BEA) 破損之智能手機的解讀經驗分享 ■ Cassidian Combined Voice & Data Recorder and Accident Analysis for military aircrafts Cassidian 公司飛航紀錄器產品線介紹 ■ Electronic Flight Bags (AAIB, UK) 電子飛行包對事故調查之注意事項 <p>下午 13:00 ~ 17:00</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ A350 FDR data frame layout Airbus 350 飛航紀錄器系統簡介 ■ F4 - A writing aid for setting up CVR-Transcripts (BFU) 撰寫 CVR 抄件的好用工具 ■ Cutting of a Recorder-Flexcable, comparison of three methods (BFU) Honeywell CSMU 排線剪切工具 ■ EUROCAE WG-62 and RTCA SC-159 Working Group (BEA) 歐盟 WG-62 工作小組簡介 ■ Debate: Will there be terms of reference for IRIG? IRIG 網站的職權範圍及會員議題 ■ Next AIR 2014 meeting actions 下次會議地點 ■ Closing remarks 閉幕 	
09/12	下午 18:30~21:50 布倫瑞克→漢諾威→法蘭克福	轉火車
09/13~14	法蘭克福→台北	返國

三、心得

漢諾威市位德國北部，是該國鐵路的交通樞紐之一。布倫瑞克位於漢諾威東方 30 多公里，火車搭乘方式主要是從法蘭克福火車站到漢諾威，再轉車到布倫瑞克，市內有許多古老的教堂，該國許多航太工業及政府均設立在此。

BFU 主席於第一天會議開幕時蒞臨致詞，他表示本次來自世界各國專家 40 多人，透過三天的技術會議交流，談討的主題對飛航事故調查的技術發展極為重要，研討議題包括：新式飛航資料紀錄器之紀錄參數眾多、航電晶片低階解讀 (avionics chip recovery)、智能手機 (smart devices) 的應用及挑戰、CVR 聲音更深入的研究成果。

最近幾年內，他觀察到 AIR 會員國的技術合作更為廣泛而密切，從個別事故調查案例的相互支援，以至特定飛安議題間的跨部門研究，這是好的開始，仍有更多的議題需要大家集思廣益。

本次心得分為六段探討本次行程之心得，包括：(1)各國調查機構之工程技術發展、(2)破損飛航紀錄器及機載晶片解讀、(3)波音 787 飛航事故涉及紀錄器議題、(4)CVR 錄音品質問題、(5)紀錄器水下定位研究，以及(6)Airbus A350 飛航紀錄器系統等議題。

3.1 各國調查機構之工程技術發展

BFU

德國航空器失事調查局(BFU)隸屬於該國交通部，獨立行使飛航事故調查職權。透過飛航事故調查，鑑定事故之原因及風險，並提出飛安改善建議，以防止類似事故之再發生。BFU 的部門有三：事故調查，飛安預防及行政支援，共有 45 名。其中，調查員 16 名，實驗室有 5 名。每位主任調查官一年平均負責 12 件飛航事故。

DSB

目前，荷蘭運輸安全委員會(DSB)負責多模組運輸安全調查機構，涵蓋：航空、軌道、海運、建築物倒塌，以及涉及公共安全議題。每年預算約 110 萬歐元，員工 65 名，調查員 30 名，其中航空調查員 8 名。去年，執行 20 件飛航事故調查，10 件海運事故調查。

DSB 指出，涉及多模組運輸安全的事務調查中，透過地面公共設施(如網路，監控錄影等)取得相關證據的需求日益增加，但常發生時間錯置，錄影品質不良等問題，相關技術問題需要更進一步討論。

AAIB, Singapore

目前，新加坡航空事故調查局(AAIB)有 9 名調查員及 1 名行政支援。另有 13 名自願性質的調查員。最近兩年主要技術發展，包括：強化 CVR 頻譜分析能量、購買波音 787 飛航紀錄器下載裝備及 GLODEN CHASSIS 工具、購買小型 UAV 發展事故現場空拍能量、購買 3D LASER SCANNER；另推動與學校的合作計畫，如：大型事故現場殘骸資料庫及 GIS MAPPING、水下定位信標(ULB)的偵測程式開發等。

SCAAI

2007 年，波蘭政府成立飛航事故調查委員會(State Commission on

Aircraft Accident Investigation, SCAAI), SCAAI 隸屬於交通部。2011 年成為獨立的運輸安全調查機構，負責航空、海運及建築物等事故調查。以 2011 年為例，該國發生 100 多件飛航事故。

NTSB

近期美國國家運輸安全委員會(NTSB)主導調查數起重大飛航事故，人力嚴重不足，今年只派一名紀錄器專家參與會議。會中，Joe Gregor 提出去年 NTSB 實驗室 12 位紀錄器人員，去年共執行 700 件紀錄器及航電裝備的下載及解讀工作。其中，CVR 11%，FDR 12%，機載影像及地面監控錄像 16%，輪船紀錄器 1%，軌道紀錄器 4%，另屬非標準化航電設備 56%，詳圖 1。

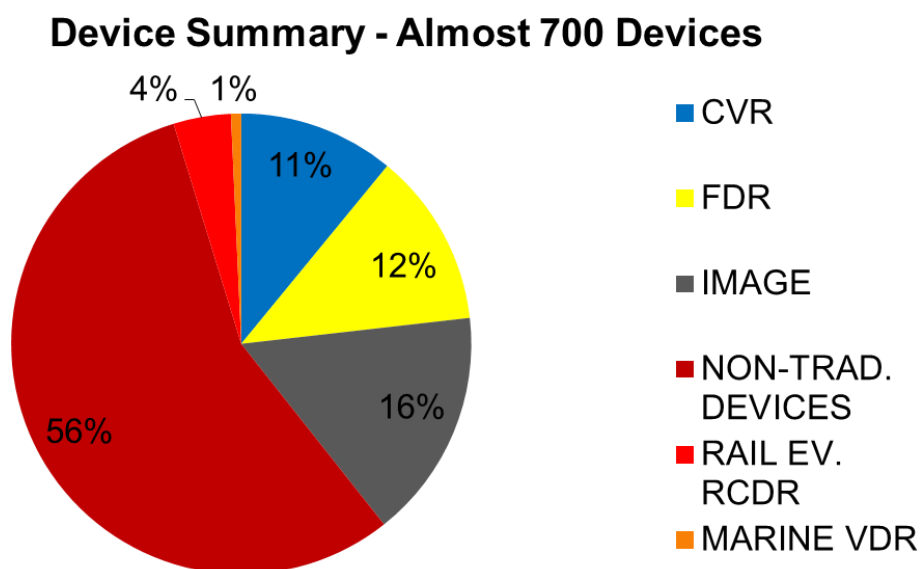


圖 1 2012 年 NTSB 執行各式紀錄器及晶片解讀比例圖

廣義而言，蝕刻(Etch)是將材質表面均勻移除及圖案(Pattern)選擇性部份去除的技術。蝕刻通常是利用腐蝕性物質移除部份薄膜材料，以達到產生所需圖案之技術。蝕刻技術可區為濕式蝕刻(Wet Etching)與乾式蝕刻(Dry Etching)兩種技術。乾式蝕刻又稱為電漿蝕刻(Plasma Etching)且屬於非等向性蝕刻，屬最常使用的蝕刻方式。濕式蝕刻化學反應來去除薄膜，化學反應本身不具方

向性，因此濕式蝕刻過程為等向性。它被廣泛的採用乃由於其具有低成本、高可靠性、高產能及優越的蝕刻選擇比等優點。

NTSB 最近兩年主要技術發展，包括：微噴砂(Micro Sand Blasting)，電漿蝕刻(Plasma Etching)，雷射刻蝕(Laser Etching)，電子封裝打線(Wire-Bonding，或稱絲焊)技術，詳圖 2。相關特性如下：

微噴砂(Micro Sand Blasting)

- VANIMAN 公司生產之微噴砂設備
- 型號 Master Problast 3 - 80060
- 主要用途：拋光 (Polishing)、去毛刺 (Deflashing)、去毛刺 (Deburring)、玻璃蝕刻(Glass Etching)等。

電漿蝕刻(Plasma Etching)

- Plasma Etch 公司生產之電漿蝕刻設備
- 型號 PE-25-JW
- 主要用途：受損航電電路板修補焊接導線前的表面處理
- 容箱尺寸 5” x8” x2.5” ，具備 2 個 gas controllers，PLC 微控功能
- Durable Welded 6061 T6 Round Aluminum Vacuum Chamber.
- 150 Watt, 50KHz Continuously Variable RF Power Supply.

雷射刻蝕(Laser Etching)

- EPILOG 公司生產之雷射刻蝕設備
- 型號 Zing 16 Laser System
- 主要用途：雷射劃線、雕刻、焊接、鑽孔等
- 工作區 16” x 12” ；30W CO2 Laser

電子封裝打線(Wire-Bonding)

電子封裝打線是利用超音波將微小的金屬導線(Au)與受損航電電路基板上的接腳(FINGER)連結，銲線將晶粒上的接點以極細的金線（18~50 μm ） 連接到導線架之內引腳，進而藉此將 IC 晶粒之電路訊號傳輸至外界。

鑒於普通航空器及商務航空器的事故中，較常出現各式受損的航電設備及智能手機，經過修復後該設備可以提供事故的飛行軌跡，甚至有用的證據(如拍照，飛行員的簡化航圖等)。本會應盡早籌畫此方面的能量，及替代方案。

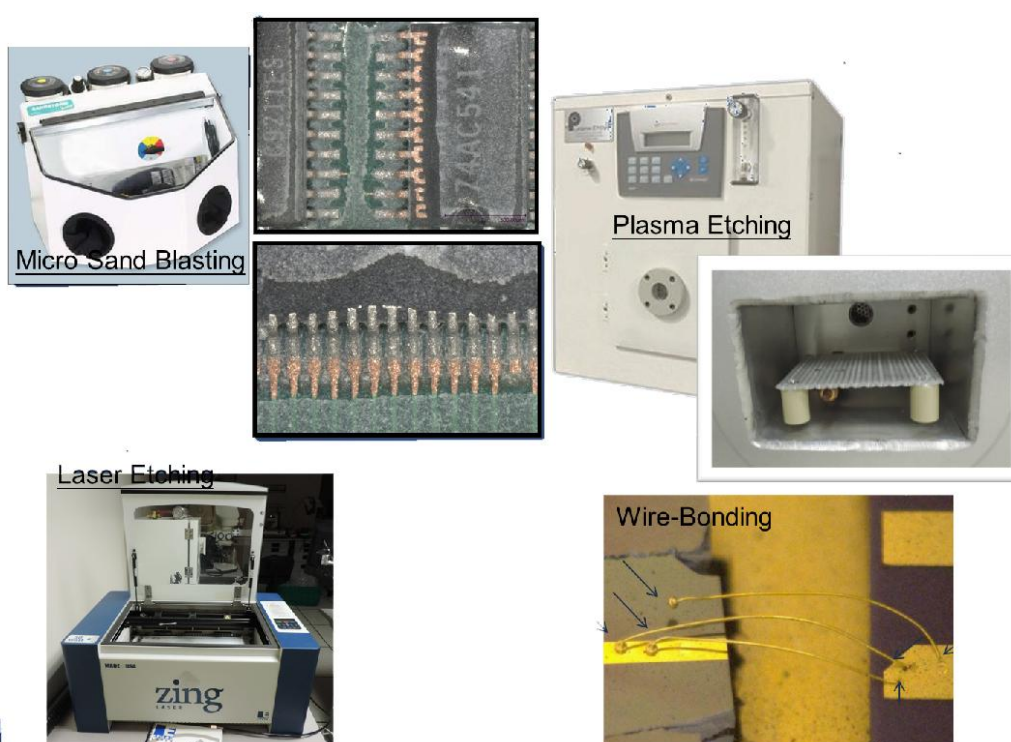


圖 2 NTSB 對受損航電晶片之相關處理裝備

JTSB

目前，日本運輸安全委員會(JTSB)調查員計 105 名，飛航事故調查員共 22 名，含 3 名飛航紀錄器調查員。最近 3 年的航空器失事案件數量已從 35 件減為 26 件，平均一年各下載解讀 30 具 CVR 及 30 具 FDR，各年統計資料詳圖 3。飛航紀錄器調查員年齡偏高(日本公務員退休年齡為 60 歲)，係為 JTSB 經驗傳承的一大隱憂，因為 51 至 60 歲佔 59%，3 名飛航紀錄器調查員的平均年齡為 55.6 歲。

亦即，JTSB 正面臨世代交替，飛航紀錄器調查員之經驗傳承時刻，這是每一個調查機構可能面臨的問題，值得本會借鏡。

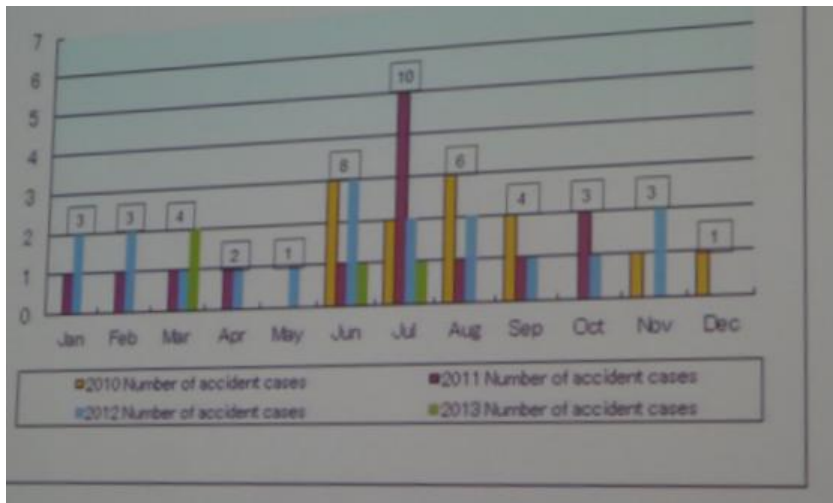


圖 3 JTSB 年度飛航紀錄器解讀統計圖 (2010~2013 年)

3.2 破損飛航紀錄器及機載晶片解讀

本次會議中，歐美地區的調查機構發表數篇論文研討普通航空器事故中，因機載航電晶片受損，需要透過低階解讀才能獲取飛航資料的議題。最常見的機載航電設備，包括：Appareo GAU 2000、Garmin 1000、AVIDYNE 等三種。本節探討固態晶片式飛航紀錄器，及各式機載晶片的下載與解讀。關注的焦點：

- (1)取得適航認證的飛航紀錄器(固態晶片)、
- (2)未取得適航認證的航空導航裝置(如：可攜式 GPS、IPAD、IPHONE 等)、
- (3)取得適航認證的航空導航裝置(如：Avidyne MFD, PFD)。

ATSB (FK-100 Accident)

澳洲運輸安全委員會(ATSB)提報蒲甘航空(Air Bagar) 一架 FK-100 的飛航事故，該事故主要的困難在於大火將 FDR 燒毀，必須進行晶片低階解讀的程序。該事故是緬甸民航局委託 ATSB，授權代表荷蘭參與解讀工作，另新加坡 AAIB 亦派一名調查人員以觀察員身分參與調查。

該具受損飛航資料紀錄器型號為 Honeywell 980-4120-DXUN，因撞擊及火燒導致其防護層嚴重受損且部分電路板龜裂。主要處理程序，包括：根據 Honeywell 損壞紀錄器 Recovery 程序進行拆解、去除附著於 CSMU 上防護層、詳加紀錄及評估損壞情況、根據相關手冊確認 CSMU 上面 flash memory 的規格及資料寫入順序、以刻蝕設備取下 9 顆 flash memory，透過晶片燒錄模組 (Xeltek Reader/Programmer) 個別下載原始資料，以 Honeywell CHIPS Utility(p/n:998-3419-501)程式重新封裝 9 個 flash memory、重組為單一原始資料檔(*.dlu)。該程式只提供給具有晶片低階解讀能量的調查機構，程式是免費的。

SCAAI (Cirrus SR22/ Liberty XL2/Cessna T182/ Pipper SV Accident)

波蘭飛航事故調查委員會(SCAAI)，雖然調查人力有限，加入 AIR 只有兩

年，但表現積極。本次會議中提報四件飛航事故所涉及破損機載晶片的解讀案例，會中獲得許多詢問及技術發展問題。

美國 AVIDYNE 公司生產許多種航電設備，以提供小型航空器的導航用途，其產品概分為四類：

一、 Panel Mounted

1. AMX240 Audio Panel (具備駕駛艙內機組的通話模組)
2. AXP340 Mode S Transponder (Mode S 轉發器，ADS-B 輸出)
3. IFD510 Touch Screen GPS Navigation System(觸控式 GPS 導航模組)
4. IFD540 & IFD440 Touch Screen FMS/GPS/NAV/COMs (觸控式 GPS 導航/FMS 導航及無線電通信模組)

二、 Integrated Flight Deck

1. Entegra Release 9 (新式駕駛艙的整合儀表系統，包括高分辨率顯示器、雙大氣數據和姿態航向參考系統 (ADAHRS)、FMS 及 VHF 無線電通信、雙星系 GPS 模組)

三、 PFD Serious

1. EXP 5000 (適用於多數普通航空器及商用航空器的主要飛行儀表改裝，採用 10.4” 液晶顯示器，可以顯示導航資料，氣象圖層及數位資料鏈等資訊)
2. PFD 4000 (適用於多數普通航空器，採用 9.5” 液晶顯示器，可以顯示導航資料)

四、 MFD Serious

1. EX600 (液晶顯示器，可以顯示航圖，航路，航跡，及即時氣象資訊；內建 Garmin GTN 650/750 Series；Avidyne TWX670 Tactical Lightning Detection；L3 WX-500 Stormscope® Weather Sensor)

資料是儲存在一片 SD 卡(屬 TSOP NAND Flash Chip)，經過解讀後所有飛航軌跡對於失事經過提供了重要資訊。

BEA (Smart Devices- Ipad, Iphone)

近期，歐美地區的普通航空器常出現智能手機，如：Iphone、Ipad、Ipod。為了獲得智能手機內的飛航軌跡及航圖資料，主要的處理程序有四：1. 使用密碼[破解程式](#)猜出主機密碼；2. 以[工具軟體](#)由 PC 連接智能手機以遠端同步取得其儲存目錄及資料；3. 如有不同程度損壞，需要進行修復程序才可以開始破解與下載；4. 如需進行細部拆解與修復，可以查相關[網路](#)。

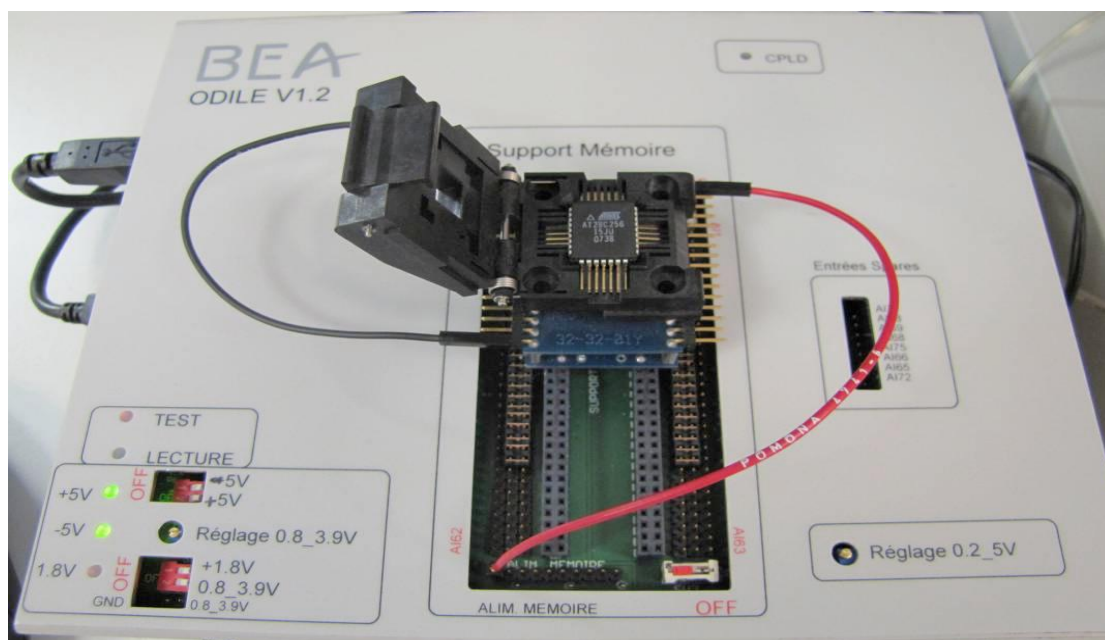


圖 6 BEA 所研發之 TSOP 及 BGA 電路模組及資料下載裝備

為確保受損晶片的資料，BEA 正展開一項研究計畫(Outil Diagnostique et de Lecture, ODILE)，主要目的為發展 TSOP 及 BGA 電路模組測試晶片所有腳位是否導通，評估晶片內的受損情況，避免解讀過程的二次傷害，詳圖 6。該計畫已初步完成，BEA 正花錢找廠商將程式及硬體優化，完整的航電晶片解讀系統(軟體部分)稱為 LOLA。目前，BEA 測試過的晶片列表如下：

- AT28HC256 *PLCC32* (VEMD...)
- AT28HC256 *DIP28* (DECU...)

- AM29DL323 *TSOP48* (GPSMAP196, GPSMAP295,
- FDR and CVR from Honeywell components)
- A160CB12V *BGA48* (GPSMAP296…)
- M58WR064/128 *BGA56* (GPSMAP96, GPSMAP495…)
- I128L18 *BGA56* (GPSMAP496, GPSMAP695…)
- AT45DB161 *CASON8/SO8* (Flarm…)

BEA 調查員表示，近期歐盟很多飛航事故調查中涉及機載 GPS/GNSS 的定位精度及紀錄資料不足等問題，BEA 正籌組 EUROCAE WG-62 工作小組，並協助 RTCA SC-159 的技術規範修訂工作。該小組的成果最後也會提報 ICAO 相關工作小組，以修改 ICAO 的標準及建議措施(SARPs)，歡迎 AIR 會員參與討論。

3.3 波音 787 飛航事故涉及紀錄器議題

本次會議中，AAIB 及 NTSB 均提報近期四件波音 787 飛航事故涉及紀錄器的議題。四件飛航事故分別為：1. 2012 年 7 月 28 日，地面滑行事故；2. 2013 年 1 月 7 日，APU 起火事故；3. 2013 年 1 月 15 日，主電池起火事故；4. 2013 年 7 月 12 日，ELT 電池導致機身起火事故。

波音 787 型機配屬新式飛航紀錄器，該型機飛航紀錄器系統區分為三大次系統：兩具 GE 公司之加強型空載飛航記錄器(Enhanced Airborne Flight Recorder, EAFR)，型號 2100；一具獨立電源供應系統(Recorder Independent Power Supply, RIPS)，型號 2100；一具駕駛艙區域麥克風及放大器(Area Microphone & Preamplifier)，型號 2100。



圖 7 波音 787 安裝在前機身的加強型空載飛航記錄器

加強型空載飛航記錄器(EAFR)具備儲存飛航資料 25 小時、座艙四軌聲音 2 小時、將 CNS/ATM 訊息(飛航情報區通訊、導航、監視與飛航管等)轉為管制員-飛行員數據鏈通信(Controller-Pilot Data Link Communications, CPDLC)的編碼標準並寫入 CSMU 晶片內。787 各式航電訊號採用 ARINC-767 編碼方式，飛

航資料的解讀文件採用數位資料庫 (Flight Recorder Electronic Documentation, FRED) 標準 ARINC 647A-1 寫入飛航記錄器的 CSMU 晶片內，紀錄參數 2,000 多項。

EAFR 的紀錄時間系統為 GPS 時間，個別的飛航資料透過機載電腦的整合式飛航資料擷取功能(Integrated Flight Data Acquisition Function, FDAF)將其排程寫入 CSMU 晶片內。機身前後各一具紀錄器(CVR 及 FDR 原始資料寫入同一具紀錄器內)，只有前方的 EAFR 具備 RIPS 獨立 10 分鐘的紀錄機制，詳圖 7。圖 7 中，左方黑色盒子為獨立電源供應系統。

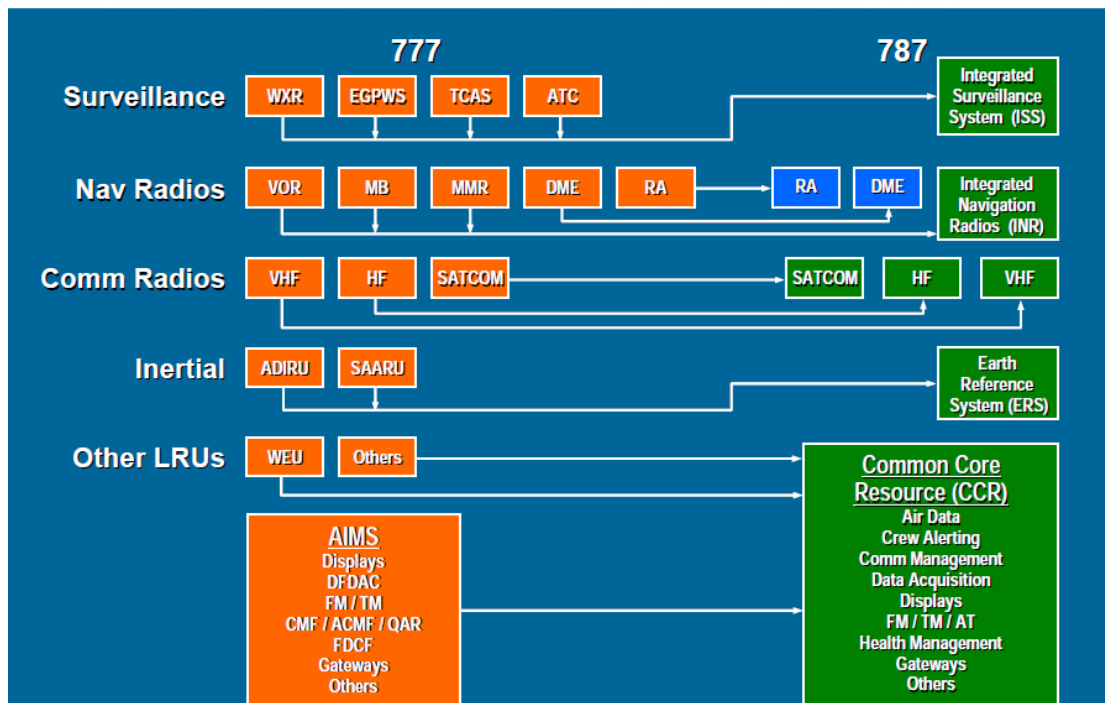


圖 8 波音 777 及 787 主要航電系統的演化程序

波音 787 型機的飛航紀錄器原始資料經過編碼壓縮約 200MB，匯入解讀軟體之原始資料約 800 MB。此外，波音 787 型機的快速擷取紀錄器(QAR)設計與 A380 類似，它不是一具實體的資料紀錄裝備，它透過機載電腦模擬成為一具虛擬的資料紀錄器，波音把它稱為連續式參數採集(Continuous Parameter Logging, CPL)，圖 8 為波音 777 及 787 的航電系統邏輯圖及演化程序。

波音 787 型機的紀錄器型號為 GE EAFR 2100，紀錄邏輯包括：開始紀錄及停止紀錄。開始紀錄邏輯：1. 起始設定機場(經緯度)資料與資料庫匹配；2. 任

何發動機開始運轉；3. AIR/GND Switch 進入 Air Mode；4. 駕駛艙內的紀錄器測試按鈕致於作動位置，上述四條件任一項滿足即進入紀錄模式。上述四條件均不滿足下，紀錄器再在紀錄 10 分鐘後停止。

此四件事務涉及紀錄器議題，主要包括：1. FRED 格式的 FDR 資料庫中，涉及正/負號的參數，偶有遺漏造成資料少 1 個位元(解讀後工程資料差一倍)；2. EAFR 延長 10 分鐘紀錄邏輯與 RIPS 紀錄邏輯不同，造成涉及電池事故中的 FDR 部分資料流失；3. DFDAU 排程寫入 CSMU 的機制，偶會出現錯誤造成部分參數未更新；4. GE 的解讀設備昂貴，且教育訓練課程也要收費，解讀軟體 IGS 仍有一些瑕疵有待改正；IGS 將 FDR 原始資料比對 FRED 後直接以 32 Hz 輸出，造成 csv 檔案過大，進一步分析及繪圖困難。5. 目前，EAFR 的下載裝備無法取出被消除的 CVR 原始資料，調查機構要另外購買一條排線，或自行改裝。

英國 AAIB 表示，2013 年 7 月 12 日一架波音 787 的客艙冒煙及著火事故(航機編號 ET-AOP)正在著手調查，根據有限的事實資料該機的客艙冒煙及著火，最可能的原因是緊急定位發報器(ELT)的電池著火所導致的¹，詳圖 9。該事故後方 EAFR 因遭遇火燒，亦造成紀錄器無法正常下載，並以晶片解讀方法獲取原始資料。



圖 9 某架 787 型機因 ELT 電池著火導致客艙冒煙及著火的事故

¹ AAUB Bulletin S5/2013 SPECIAL

3.4 CVR 錄音品質問題

BEA 長期協助法國民航業者執行 CVR 的年度檢查，統計資料顯示，計有八類 CVR 錄音品質的問題：

1. Erroneous memory management (造成四軌聲音訊號變形；偶偶出現電子雜訊及空白錄音區塊)
2. Level imbalance between tracks(同一時間內，部分四軌錄音音強不平衡，主要來自於ATC及Flight crew個別聲源的輸入差異)
3. Poor quality of the CAM recording(駕駛艙區域麥克風因感測器故障或出現其他電子訊號的串音)
4. CAM channel pollution by aircraft power supply (CAM音軌內存在飛機電源供應所產生的雜訊，特徵頻率約426Hz，詳圖10)
5. CAM pollution by CVR power supply(CAM音軌內存在CVR電源供應所產生的雜訊；於飛行過程中該雜訊介於3.7 ~4.3 KHz，詳圖11)
6. CAM audio popping (CAM音軌內存在飛機靜電的放電雜訊，出現不連續的碰碰聲響)
7. CAM pollution by GSM pulses (CAM音軌內存在手機的GSM通信干擾訊號，不連續的哼哼及戚戚聲響)
8. CAM recording saturation (CAM音軌因低頻訊號過於靈敏，導致V訊號飽和的雜訊)

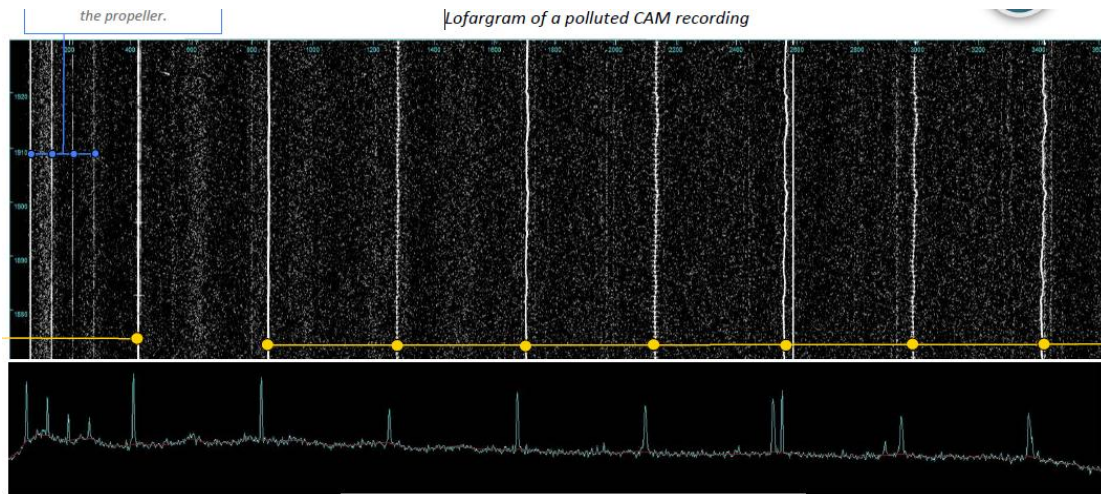


圖 10 CAM 音軌內存在飛機電源供應所產生的雜訊

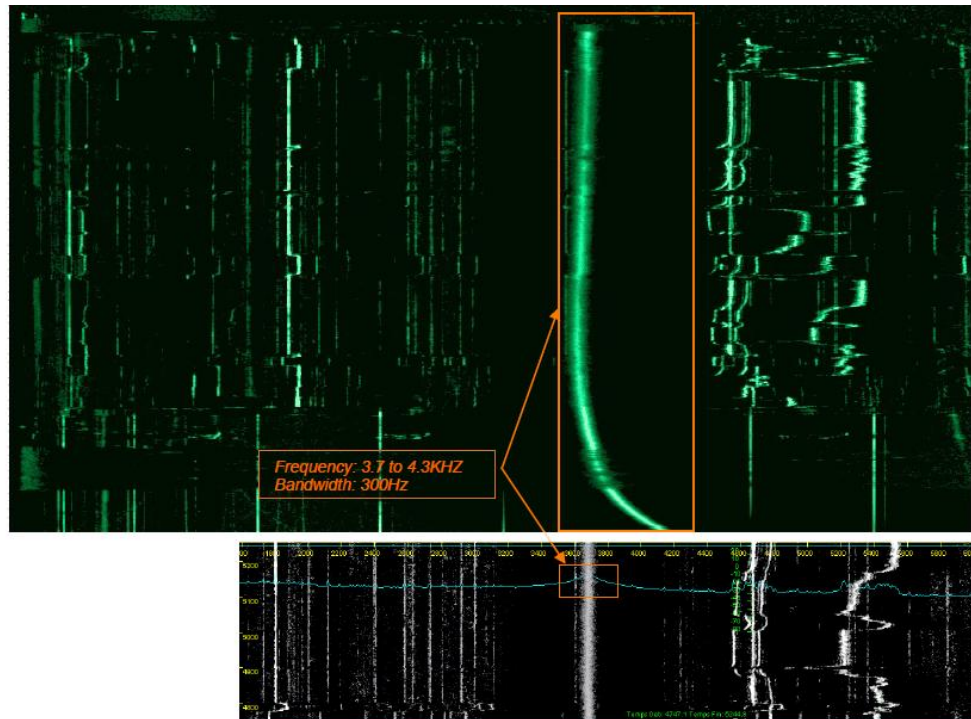


圖 11 CAM 音軌內存在 CVR 電源供應所產生的雜訊

有鑑於座艙語音的錄音品質問題，BEA 向 EASA 提出改善建議。2012 年 6 月 12 日，EASA 做出回應並頒布一項適航備忘錄(EASA CM - AS - 001 Issue:

01²)，以提供民航監理機構及民航業者作為飛航紀錄器年度檢查的規範。

本會過去的調查中亦曾出現類似問題，BEA 的相關研究值得本會學習。

² EASA CM - AS – 001 Issue: 01, Quality of Recording of Cockpit Voice Recorders

3.5 飛航紀錄器水下定位研究

英國航空失事調查局 (Air Accident Investigation Branch, AAIB) 的黑盒子水下定位裝備為自行開發，與一般商用的水下聽音器配合耳機 (Pinger Receiver) 判斷方式不同。黑盒子水下定位時輪船不用停止，因為它採用類似網拖信標 (TOWED-FISH) 的方式，它單根或多根繩索 (長度 130 公尺、300 公尺、700 公尺)，後端接上信標接收器，並測量水壓與水溫，透過繩索將探測訊號傳回船上，船上的電腦配有類似 GIS 的軟體，它可以根據預先規畫的行進路徑指揮船行方向 (半井型路徑，間格為 50~1,000 公尺，視水深而定)，並即時處理網拖信標之定位資料。

2006 年 12 月 27 日，一架海豚直升機 (AS365N2) 於英國北部莫克姆 (Morecambe) 外海失事。當時風速 60 節，浪高 6 公尺。AAIB 依據雷達資料 (PSR, SSR)，衛星電話通聯訂定飛航紀錄器打撈計畫，5 天後完成定位及打撈工作。

英國 AAIB 的黑盒子水下定位裝備優點有三：設備價格低廉，快速探測大區域，易於組裝及施放；缺點有三：體積龐大又重，未完全自動化處理音頻訊號耗費大量人力，定位精度約 100 公尺。經過多年的改良，該水下定位系統具備即時音頻訊號處理功能，且能即時顯示 GPS 航跡、ULB 音訊訊號強度、自動標示輪船位置、並預測黑盒子水下位置等。圖 13 為該 ULB 音頻訊號的頻域響應圖。

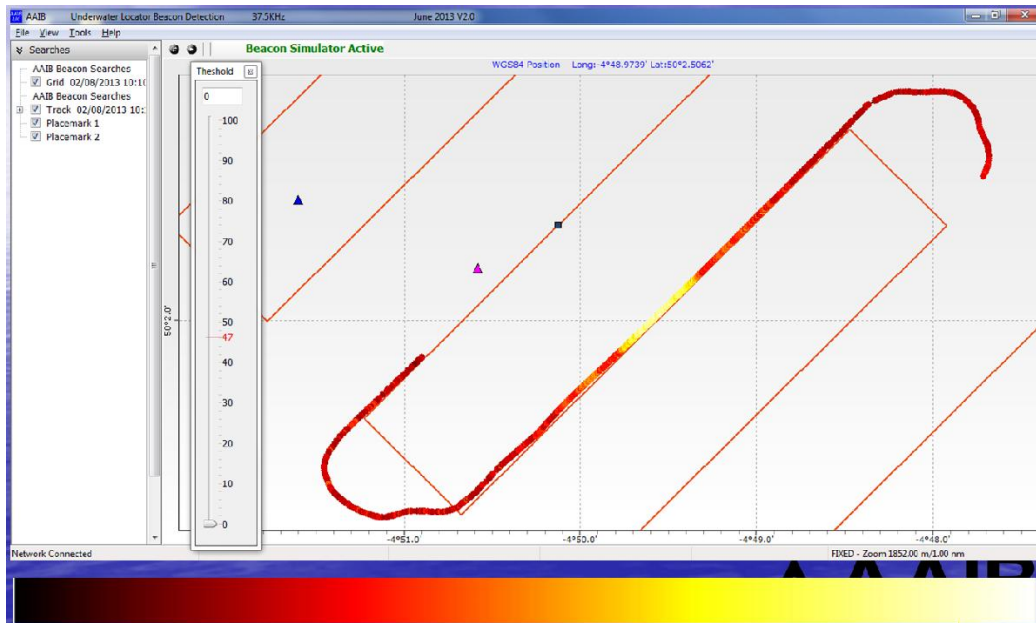
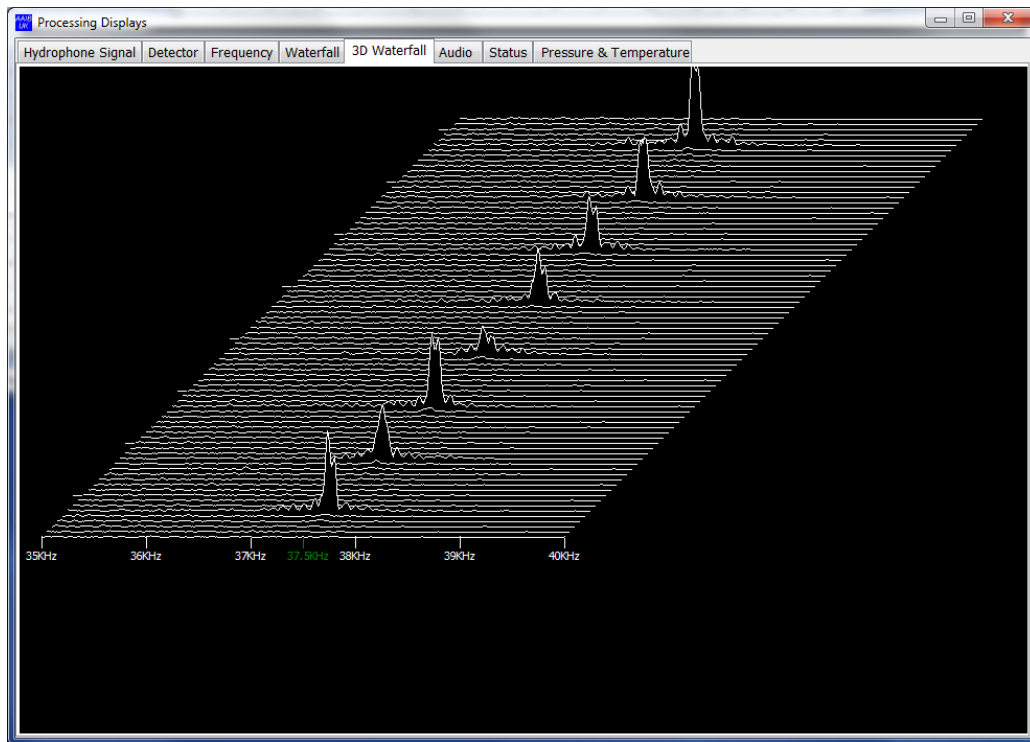


圖 12 英國 AAIB 的黑盒子水下定位系統的測試結果圖(1)

圖 13 英國 AAIB 的黑盒子水下定位系統的測試結果圖(2)



AAIB 人員強調法航 447 事故發生後，現行 37.5 kHz ULB 的訊號規範已改為 SAE AS8045A³，操作頻率 37.5 kHz 正/負 1 kHz，最大有效偵測範圍為 20,000 呎(原來為 1 哩 1,852 呎)，ULB 電池壽命延長至 90 天(原來為 30 天)，

³ Minimum Performance Standard for Underwater Locating Devices (Acoustic) (Self-Powered)

詳表 1。圖 14 為 37.5 kHz 及 8.8 kHz 的訊號衰減比較圖。

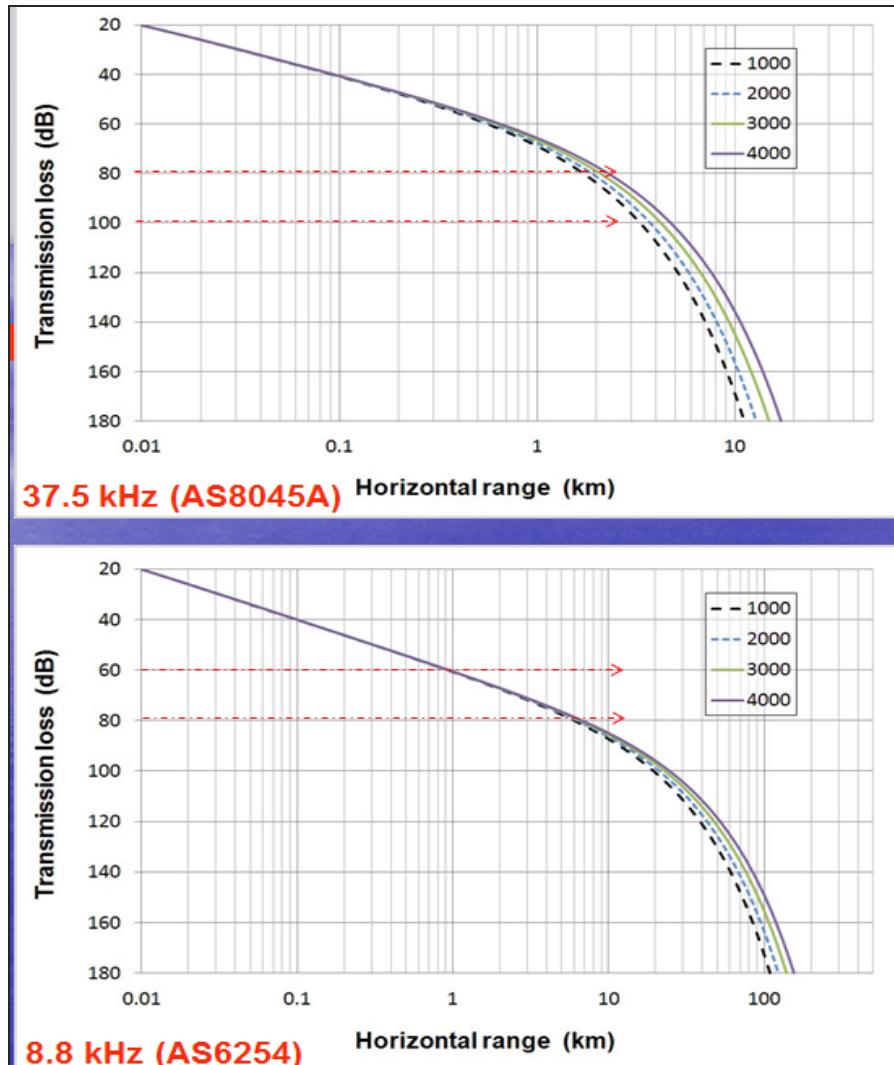


圖 14 民用航空器安裝 ULB(37.5 kHz 及 8.8 kHz)的訊號衰減比較圖

表 1 ULB 特性表

Operating Frequency:	37.5 kHz \pm 1 kHz
Operating Depth:	From the surface down to 6,096 m (20,000 ft)
Pulse Length:	Not less than 9 ms
Pulse Repetition Rate:	Not less than 0.9 pulse/s
Operating Life:	Not less than 90 days
Acoustic Output (initial	Not less than 160.5 dB re 1 μ Pa at 1 m

operation):	
Acoustic Output (after 30 days continuous operation):	Not less than 157 dB re 1 μ Pa at 1 m
Operating Temperature:	2°C to +38°C
Radiation Pattern:	The free-space rated acoustic output should be radiated over at least 80% of a spherical pattern

按照 ICAO Annex 6 Part 1 6.5.3 節內容，大型民用航空器(MTOW 大於 27,000 公斤)於 2018 年 1 月 1 日前執行越水飛行時，應安裝一具 8.8 kHz ULB 於機身，遇到水能自動擊發 ULB 訊號，電池壽命至少 30 天。8.8 kHz ULB 的訊號規範為 SAE AS6254⁴。

迄今，調查機構的 ULB 水下定位接收系統應該可以同時接收 8.8 kHz 及 37.5 kHz 的訊號，但偵蒐範圍已大幅增加，具備 GPS 定位及 GIS 圖資是必然的發展方向，且沒有商用軟體可以滿足調查需求，此為調查機構工程部門應值著手研究的議題。

⁴ Minimum Performance Standard for Low Frequency

3.6 Airbus A350 飛航紀錄器系統

於 A350 研發過程中，為執行各種飛行測試項目，Airbus 在 A350 機身內安裝飛行測試工程用途工作站(Flight Test Engineer Station，FTES)，該套 FTES 具備即時紀錄 350,000 項參數的能力。

根據 Airbus A380 及 A350 飛航紀錄器的設計工程師證實，Airbus A350 的飛航紀錄器系統與 A380 極為相似，涉及一些機密資料不便大幅公開探討，詳圖 15。所有的飛航資料係透過集中式訊號擷取單元(Centralized Data Acquisition Unit，CDAU)來收集並寫入 L-3 的 FA2100 系列紀錄器的 CSMU 晶片中。圖 16 為 Airbus A350 飛航紀錄器系統架構圖。

Airbus A350 採用 Thales 發明的通用性遠端資料集中器(Common Remote Data Concentrators，CRDC)及核心訊號輸出/輸入模組(Core Processing Input/Output Modules，CPIOM)作為機載航電網路的主架構。CRDC 主要用途為遠端存取所有感測器訊號(類比、數位、電門狀態)、並透過航機全雙工乙太網路(aircraft's Avionics Full Duplex Switched Ethernet Network，AFDX)將相關資料與機載電腦交換。整個 A350 裝置 27 套通用性遠端資料集中器，及 16 套全雙工乙太網路。Airbus A350 的核心訊號輸出輸入模組，採用 ARINC 653 標準，全機安裝 35 項 CPIOM(A380 21 項)，它大幅提升 A350 的訊號處理效能。

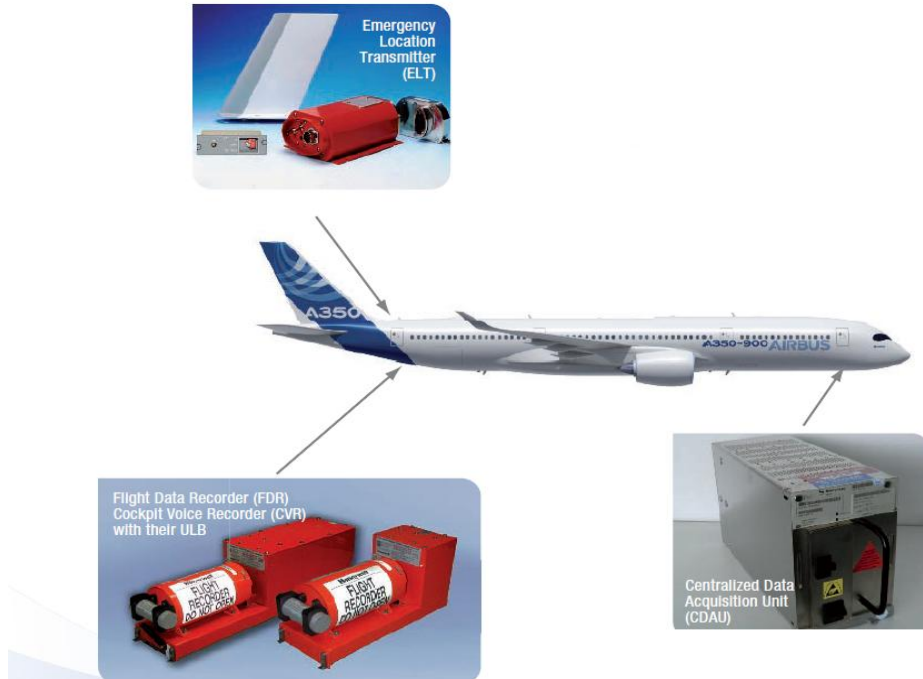


圖 15 Airbus A350 飛航紀錄器系統及集中式訊號擷取單元相對位置圖

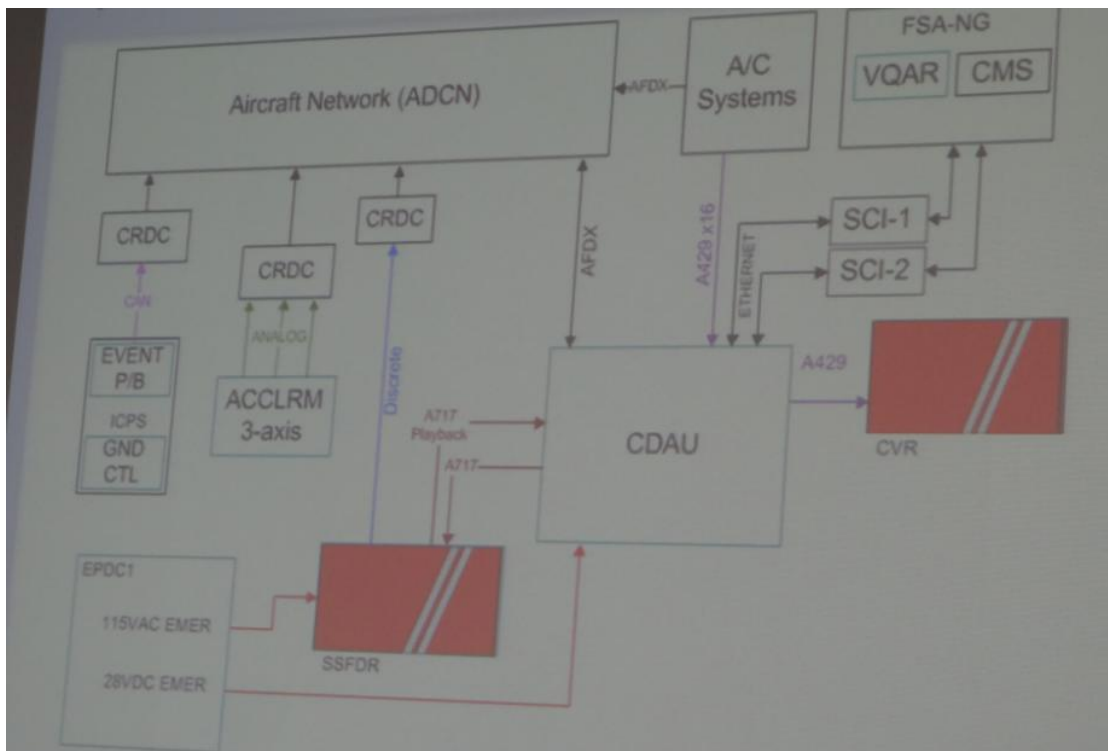


圖 16 Airbus A350 飛航紀錄器系統架構圖

四、建議

本次參加飛航事故調查員紀錄器會議(AIR)，行程圓滿且收獲豐富。各國的飛航紀錄器專家 40 餘人出席，相關議題討論熱絡。會議重要結論有四項：

1. 固態式飛航紀錄器偶有損壞致解讀困難，此議題並非原廠的訓練課程及調查工具(AIK)可全部解決，唯有持續的實作經驗及學習方能掌握種種技術方案。現行 L3-Com 及 Honeywell 公司的解讀軟體均有改善空間，AAIB、BEA、BFU 及 NTSB 都自行發展專屬程式來應急解決。
2. 針對普通航空業及超輕型載具事故調查，損壞機載晶片及智能手機晶片之解讀越來越普及。歐美英澳加法等調查實驗室，透過自行發展的 Golden Chassis 基座套裝 TSOP 及 BGA 等晶片的下載介面，至於下載及解讀軟體亦百花爭鳴且不一而足。
3. ICAO Annex 已發布大型民用航空器安裝另一具 8.8 kHz ULB 的標準及建議措施，作為海上空難的主殘骸定位用途。調查機構現有的 ULB 水下定位接收系統應該可同時接收 8.8 kHz 及 37.5 kHz 的訊號，但偵蒐範圍已大幅增加，具備 GPS 定位及 GIS 圖資是必然的發展方向，調查機構工程部門應盡早研究此議題。
4. 參觀德國航空太空中心(DLR)後，粗淺理解德國對歐盟航太工業的貢獻；參觀 BFU 的殘骸棚廠及實驗室甚為震撼，有限的調查人力及資源下，管理得盡善盡美。每位主任調查官一年至少有 12 件案子，殘骸棚廠內擺設著調查中(含冷案沒證據結案的)，及過去重大調查案的主要證據(作為教育及參訪

解說用途)。實驗室空間不大，裝備不算新；但是過去民航發展 50 年內的各式飛航紀錄器解讀設備，軟體及程序均保存良好。這對本會長期培養人才，及是否搭建殘骸棚廠都是重要的線索。

據此職提出以下三項建議：

1. 參考 AAIB 及 BEA 飛航紀錄器水下定位系統，逐步完善本會 FRULS 系統功能。
2. 審慎評估破損飛航紀錄器及機載晶片的解讀能量，規畫未來的發展方向及資源需求。
3. 積極參與 EUROCAE 及 ICAO 轄下工作小組(如 WG-62)，擴展我國的事故調查能量。