

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：副工程師／郭嘉偉

副工程師／日智揖

派赴國家：法國

出國期間：民國 105 年 9 月 17 日至 9 月 24 日

報告日期：民國 105 年 11 月 24 日

目次

| | |
|------------------------------------|----|
| 一、目的 | 2 |
| 二、行程與會議議程 | 3 |
| 三、心得 | 4 |
| 3.1 國際民航組織飛航紀錄器專家工作小組與相關法規動態 | 4 |
| 3.2 簡式飛航紀錄器 | 8 |
| 3.3 海上飛航事故紀錄器打撈作業 | 11 |
| 3.4 埃及航空 MS804 航班損壞紀錄器解讀..... | 18 |
| 3.5 BEA 損壞紀錄器解讀裝備介紹 | 21 |
| 四、建議 | 24 |

一、目的

本屆飛航事故紀錄器調查員會議（Accident Investigator Recorder meeting, 以下簡稱 AIR）於 9 月 19 至 22 日在法國航空失事調查局（Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile，以下簡稱 BEA）舉行，會議行程圓滿且收獲豐富，約 40 位各國政府事故調查機構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：各國調查機構概況更新、過去一年間的重大航空事故調查、海上空難紀錄器打撈、簡式飛航紀錄器，以及損壞紀錄器解讀相關議題等。法國 BEA 也藉著這次會議在其巴黎總部召開的機會，安排與會各國代表參觀 BEA 實驗室，並展示解讀 Honeywell 損壞紀錄器所需用之相關設備與程序介紹，讓各國代表們對於 BEA 調查能量能有更進一步認識並留下深刻印象。

我國飛安會本年度派 2 名調查員出席會議，並提報 2 篇專題演講：1.由簡式飛航紀錄器記錄資料達到普通航空業之飛航監控；2.國際紀錄器調查員網站最新動態及新增之維基百科（MediaWiki）模組。

二、行程與會議議程

| 日期 | 行程 / 議程主題 | 說明 |
|-------------|--------------------|----|
| 9/17 – 9/18 | 台北至法國巴黎 | 啟程 |
| 9/19 | 損壞紀錄器解讀工作坊 | 會議 |
| 9/20 | 各國事故調查機構實驗室動態 | |
| 9/21 | 海上空難紀錄器偵搜 | |
| | 過去一年飛航紀錄器解讀之經驗分享 | |
| | 新型態之飛航資料來源 | |
| 9/22 | 國際法規、飛航紀錄器工作小組動態 | |
| | 普通航空業之飛航資料與簡式飛航紀錄器 | |
| | 飛航資料解讀平台相關議題 | |
| | 開放討論 | |
| 9/23 – 9/24 | 法國巴黎至台北 | 返國 |

三、心得

本次出國報告的心得區分為四項：飛航紀錄器專家工作小組與相關法規動態、簡式飛航紀錄器、海上空難之飛航紀錄器打撈，以及損壞飛航紀錄器解讀等議題。

3.1 國際民航組織飛航紀錄器專家工作小組與相關法規動態

本屆 AIR 會議中，照例由法國 BEA 針對國際民航組織內的飛航紀錄器專家工作小組動態與歐盟航空安全總署過去一年的動態提供簡報。

國際民航組織（ICAO）的航行委員會（Air Navigation Commission, 以下簡稱 ANC）於 1993 年同意成立飛航紀錄器專家工作小組（Flight Recorders Panel, FLIRECP），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。

ICAO 本項工作小組曾在前屆 AIR 會議後（2015 年 9 月底）於新加坡召開一次會議，主要推動的工作是在 ICAO Annex 6 Part I/II/III 內增加有關裝置飛航紀錄器的內容修訂(Amendment 40)，另外有關 UAV 的內容則置於 Part IV，而有關飛航紀錄器部分目前完成工作重點如下：

- **Extend CVR Recording duration**

已由 ICAO 轄下的航行委員會追認將座艙語音紀錄器的錄音時間由 2 小時延長為 25 小時，自 2021 年 1 月 1 日實施，並研議增加有關資料鏈結（data link）紀錄的規範。此項修訂最大的影響是明訂在 2021 年 1 月 1 日後取得認證的航機需要裝置具備 25 小時錄音長度的座艙語音紀錄器。

- **Automatic Deployable Flight Recorders (ADFRs)**

針對需要在緊急狀況可以自動可拋式的飛航紀錄器進行定義，並且制定相關法規，惟此構想目前尚未完全獲得飛機製造商如波音、空中巴士，及紀錄器製造商如 L-3 的支持。

- 因應法航 447 與馬航 370 航班搜尋時程曠日廢時，增訂航機遭遇緊急狀況時之定位與追蹤。

在自動可拋式飛航紀錄器的規範上，目前 ICAO ANC 的標準與建議作為 (Standard and Recommended Practices, SARPs) 計畫是預計規定超過 27,000 公斤以上、搭載超過 19 位乘客，並將在 2021 年 1 月 1 日後申請機種適航認證 (type certificate) 的航空器上，強制在機首近駕駛艙處裝置座艙語音資料紀錄器 (CVDR / combined recorder)，並在機尾處加裝一可拋棄式的飛航紀錄器。除自動可拋飛航紀錄器相關規定外，另有航機發生緊急狀況時的定位追蹤。目前 ICAO ANC 的標準與建議作為已追認將應用在 2021 年後出廠、最大起飛重量超過 27,000 公斤以上的民航機，應 (shall) 在發生其定義的緊急狀況時，能夠自動傳送至少每分鐘一次的資訊，使航空公司得以判斷航機位置。

另外，在 2021 年後出廠、最大起飛重量超過 5,700 公斤以上的航機，則是建議 (recommend) 在發生緊急狀況時，能夠自動傳送至少每分鐘一次的資訊，以供判斷航機位置。而自動發送位置的訊號應該在其定義的航機功能、姿態或軌跡出現異常時，於 5 秒內啟動並第一次發送訊號；在訊號作動上，可藉由發報識別器、ADS-B 或 ADS-C 訊號，或緊急定位傳送裝置送出。以上建議機制係參考歐洲的 EUROCAE 第 98 號工作小組所研議的 ED-237 規範，針對航機出現系統運作異常，如：不正常高度、速度、發動機全失效或近地警告系統作動時，對緊急定位裝置開始作動的機制所提出的建議。而 ICAO 針對本議題目前也正在研擬第 10054 號技術文件，預計年底可以有初版文件問世。

在座艙影像紀錄器 (Airborne Image Recorder，以下簡稱 AIR) 的議題方面，目前計畫是針對在 2023 年 1 月後出廠、最大起飛重量超過 27,000 公斤以上的民航機，應裝置可攝錄駕駛艙內飛行儀器之旋鈕、開關與飛航操作訊息之影像紀錄器；另外，在 2023 年 1 月後出廠、最大起飛重量超過 5,700 公斤以上的航機，則是建議 (recommend) 安裝此類影像紀錄器，目前這項措施仍尚待追認。

在歐洲航空安全總署 EASA 內另組有一歐洲飛航紀錄器夥伴小組 (European Flight

Recorder Partnership Group, 以下簡稱 EFRPG), 成員包含：歐洲各國事故調查機關、航空器製造商與民航業者：英國 AAIB UK、空中巴士公司、義大利航空、義大利 ANSV、法國 BEA、德國 BFU、波音、龐德海岸直升機公司、英國民航局 CAA、法國民航局 DGAC、歐洲直升機 Eurocopter 公司、歐洲機師協會、美國聯邦航空總署 FAA、聯邦快遞公司 (Fedex)、德航航太與 Pilatus 飛機製造公司等。來自上述機構的紀錄器專家們每年定期針對來自 EASA 發出的飛安改善建議與 ICAO Annex 6 的增訂產生的飛航紀錄器議題，如紀錄器規範、水下定位裝置、與航機追蹤裝置等，進行討論與產生初步的評估。

在工作成果上，EFRPG 跟隨 ICAO FLIRECP 的腳步，在民航機飛航紀錄器方面繼續持續完成以下數項工作：

- 現有航空器 CVR 應 (shall) 至少記錄 2 小時聲音長度
- 對於 2021 年 1 月後出廠的 27,000 公斤以上的航空器則應裝置 25 小時記錄能力的 CVR
- 在 2019 年 1 月 1 日前淘汰所有非固態式紀錄器 (如磁帶式紀錄器)
- 加強保護 CVR/ AIR 紀錄與飛航組員隱私權
- 要求所有航空器與旋翼機之紀錄器水下定位發報器需要改裝至 90 天
- 要求執行越洋航班的大型航空器需要加裝長距水下定位發報器
- 要求在役的大型民航機與新生產的大型民航機需要有航機追蹤裝置
- 要求在長期內發展準確的自動回報系統，以便航機嚴重損毀時，得以追蹤航機的最後位置

目前這個小組正在進行修訂 EASA CS-25/CS-29 條文，主要的議題為：

- 飛航紀錄器的額外 10 分鐘獨立電源供應 (RIPS)
- 研擬資料鏈結的記錄規範
- 在航機發生飛航事故後紀錄器自動停止記錄的方式，並防止因為撞擊而意外造成紀錄器資料遭覆寫
- 研擬確保紀錄器記錄功能正常運作的規範

- CVR 錄音品質的規範制定
- 研擬 CVR 與自動可拋式飛航紀錄器的規範
- ED112 紀錄器性能規範的研擬補充

另外，EASA 也持續推動簡式紀錄器或紀錄裝置，對此工作小組已經對 EASA 提出過八項有關在普通航空業的航機上加裝簡式紀錄器的改善建議，並且希望簡式紀錄器中可以清楚還原並重建航機飛航過程的相關資料，以供事故調查所需。這是由於以往進行飛航事故調查時，多數能夠搜集到的資料，如目擊者證詞、航管錄音、或是現場勘驗資料等，往往不是不夠精確，不然就是不足以正確判斷事故肇因，因此推廣簡式紀錄器/裝置實屬需要。

簡式紀錄器的裝置對象將針對起飛重量在 5,700 公斤以下的定翼機或 3,175 公斤以下的旋翼機（ICAO Annex 6 Part III 規範未來起飛重量在 2,250 公斤以上或搭載 9 人以上使用輕式渦輪發動機的旋翼機與普通航空業航空器亦需要資料紀錄裝置）；熱氣球也將在規範行列之中。EASA 簡式紀錄器工作小組的成員有：EASA、民航局（英、法、義）、事故調查機關（德、荷、英、法）、普通航空器製造商協會、空中巴士直升機部門、歐洲直升機協會、國際航空器所有人與駕駛協會、歐洲空中運動協會等，預計在 2017 年底前做出正式規範建議。

本次會議另有討論各國對於座艙語音紀錄器是否在歸還航空器使用/所有人前先行將資料消除的議題。由於近期在 ICAO 之第 13 號附約的第 15 次增修訂條文中，明確規定座艙語音紀錄器資料、機載影像紀錄器資料及此等資料之抄件，事故調查機關應確保其不被事故調查目的以外之用途所取得，因此各國在保護座艙語音紀錄器資料的作為，也就是在是否歸還 CVR 給航空器使用人前將紀錄器內資料刪除，引起了與會人員的熱烈討論。

經現場調查後，絕大多數國家現行的做法均是將 CVR 內資料刪除後才歸還，如我國、法國、英國等；而解讀下載後就直接歸還 CVR 的國家，除了本身解讀能量有限，如瑞典外，美國 NTSB 因本國法律規定紀錄器內容亦屬航空器使用/所有人財產，因此歸還時不得刪除語音資料。而澳洲 ATSB 雖過去均採取刪除 CVR 內資料後才歸還的作法，但近年也

採納類似美國 NTSB 的思維，不刪除語音資料，但是會在調查案結案後才歸還座艙語音紀錄器給航空器使用人。

建議本會應持續積極尋求參加 ICAO 飛航紀錄器專家工作小組相關會議或取得相關資料的管道。

3.2 簡式飛航紀錄器

據統計，在民國 94 年至 103 年間，國籍航空器飛航事故 70 件中，26 件屬普通航空業航空器、公務航空器、超輕型載具事故。大多數民用航空運輸業的航空器均裝置飛航資料紀錄器及座艙語音紀錄器，發生意外事件及飛航事故後可下載飛航紀錄器之資料，以研判發生經過與事故可能肇因。然而，我國之普通航空業航空器及公務航空器絕大多數未安裝飛航紀錄器，因而無法進行日常性的任務監控；且多數事故發生地多屬偏遠山區，缺乏地面助導航設之相關證據，亦造成事故調查的困難。在普通航空業近 10 年發生的 8 件飛航事故中，平均事故率為 18.34 次/10 萬小時，致命事故率為 6.88 次/10 萬小時，全毀事故率為 9.17 次/10 萬小時；公務航空器近 10 年發生 6 件飛航事故，其中死亡事故為 1 件，機身毀損事故為 4 件（其中 1 件為死亡事故），人員受傷為 2 件。因此，提升我國普通航空器及公務航空器之飛航安全實刻不容緩，而本會歷年也曾對普通航空業及公務航空器加裝簡式飛航紀錄器的議題發出過數次飛安改善建議。

根據 ICAO Annex 6 Part II 有關普通運輸業安裝飛航紀錄器之規定，建議 2016 年 1 月 1 日後首次頒發單機適航證的所有最大起飛重量不超過 5,700 公斤（含）的渦輪發動機飛機應裝備有：(a) II 型飛航資料紀錄器（必要紀錄參數計 16 項）；或 (b) 能夠記錄朝向駕駛員顯示的航跡和速度參數，C 級機載影像紀錄器（能拍攝到駕駛艙儀表和操控面板）；或 (c) 能夠記錄附錄 3.1 表 A3.1-3 規定的重要參數的航空器資料記錄系統（紀錄參數計 37 項）。另外歐盟在簡式紀錄器的規範上，另有 ED-155 技術文件供抗墜殘存（crash survivable）標準的參考。

目前，簡式飛航紀錄器製造商眾多，然而兩大民航機飛航紀錄器大廠 Honeywell 及 L-3 的相關產品甚少。例如，Honeywell AR 系列紀錄器適用於中小型航空器，且符合簡式飛航紀錄器的特性；L-3 則只推出 LDR 1000 型紀錄器，具備紀錄飛航資料、座艙語音、機載影像和數據鏈通信資料。但安裝兩大廠的簡式飛航紀錄器除購置成本高外，對於加裝在現有普通航空器上也牽涉到改裝線路，因此並非能馬上適用到每架航機。

由於 NTSB 在本年度的「Most Wanted List」將擴大飛航紀錄器的使用列為其中一個項目，而其中包括適用於普通航空業、具有影像紀錄功能的簡式紀錄器。因此，本次會議另外一個引起熱烈討論的議題就是簡式紀錄器的相關應用。現今另有數間新興的簡式紀錄器製造商，其產品符合簡式紀錄器所稱體積小、重量輕的優勢；此外紀錄器本身除電源外，所有飛航參數皆為自行偵測記錄，不透過機上資料傳輸機制，節省了改裝線路的麻煩。簡式紀錄器雖未滿足 ED-155 規範之抗墜殘存之嚴格條件，但其記錄方式除使用較容易下載的外插式儲存裝置如 SD 卡，另外紀錄器本身也有一強化外殼之內建記憶體，提供在航空器發生飛航事故時記錄飛航資料的基本保護。

美國 Appareo 公司所發展的簡式飛航紀錄器，型號 Vision 1000，符合美國聯邦航空總署的 135.607 HEMS 法規，已被大量應用於許多普通航空器（包括定翼機與旋翼機），2011 年 Appareo 公司被空中巴士集團收購。以美國的醫療救護用途直升機為例，美國聯邦航空總署法規 FAR PART 135.607 規範 2018 年 4 月 23 日起均應安裝飛航資料監控系統，以記錄直升機的運作狀態及性能等相關參數。迄今，Vision 1000 已取得的型別檢定證（Type Certificate, TC）包括：空中巴士直升機公司之 AS 350、AS 365、EC 135、EC 145、EC 155、H225、H225e 系列等飛機；另取得補充型別檢定證（Supplemental Type Certificate, STC）包括：Bell 2006 B1/L1/L3/L4、AS350 B1/B2/B3/BA、A109 A/II/E/K2/S、A119 MKII、DA-40F、Cessna 172 等飛機。



圖 1 Appareo Vision 1000 簡式紀錄器

Vision 1000 重量約 250 公克，可記錄共 4 小時之影像及語音，200 小時之 16 項、記錄頻率 4Hz 飛航參數。記憶方式除使用 SD 卡外，另外有一內建強化記憶體，下載的飛航資料可以透過 Appareo 公司的資料分析系統進行資料繪圖、產生 Google Earth 套疊航跡並可產生飛航操作品質保（Flight Operational Quality Assurance, FOQA）事件報表等。

由於 Vision 1000 已逐漸應用在歐美普通航空業中，因此相對地不少與會國家的事務調查單位也累積了一些飛航事故調查上的經驗與心得；本次會議中，包含我國 ASC、美國 NTSB 與法國 BEA 也分別針對 Vision 1000 相關議題提出了專題報告。

以目前各國處理 Vision 1000 飛航資料的經驗，美、法兩國均反映在普通航空器發生重大飛航事故的時候，曾出現過事故前近 10 秒的資料遺失；針對此點，美國 NTSB 後來補充，可使用原廠 Appareo 公司提供的工具在內建記憶體中修補重建。另外德國 BFU 也慷慨解囊，願意負擔原廠開發原始資料復原工具的費用，取得後並將授權各國事故調查機關使用。另外，Vision1000 的語音匯出功能也被不少國家詬病，原是因為其資料播放軟體（Playback Utility）在匯出音訊功能的時候僅能匯出每 0.5 秒一段的音訊，除非進行匯出音訊檔的重組，不然這些 0.5 秒一筆的音訊檔對於頻譜分析上並沒有任何利用價值。儘管原廠目前並沒有任何改進的計劃，但是加拿大國家研究院 (National Research Council, NRC) 及法國 BEA 均自行開發工具軟體，以重組音訊檔案；而我國 ASC 調查實驗室目前則是以影片轉錄的方式另外將影像與音訊分離錄製，再利用於影像分析或是頻譜分析。

本會實驗室目前仍持續針對 Vision 1000 飛航資料在普通航空器與公務航空器飛航資料監控 (Flight Data Monitoring, FDM) 的應用進行研究，預期明年將會有更多豐富的成果提報。

另外加拿大 TSB 也提到一起牽涉到另外一款簡式紀錄器，Wi-Flight GTA02 FDR，的普通航空業事故調查，這款簡式紀錄器具備功能跟 Vision 1000 相當相近，如：每秒 4 筆的 GPS 紀錄、駕駛艙影像與聲音紀錄功能、航機各類姿態等，此外這款紀錄器也具備無線傳輸資料的功能。不過，與 Vision 1000 未達滿足 ED-155 之規範情況類似，此款簡式紀錄器在進行資料解讀時，亦遇到事故前數秒飛航資料遺失的問題。但總括來說，簡式紀錄器所記錄的飛航資料、聲音和影像，對於事故調查單位在進行普通航空業飛航事故調查時，除提升了效率外，對於了解事故發生肇因提供了莫大的幫助。

3.3 海上飛航事故紀錄器打撈作業

2016 年 5 月 18 日埃及航空一架 A320，班機號碼 804 (MS804)，執行法國巴黎至埃及開羅之飛航任務，該航班進入埃及空域約 130 公里處，飛行高度為 37,000 呎時，從雷達上消失，墜毀於地中海附近。事故發生後由埃及航空事故調查局 (Directorate of Aircraft Accident Investigation, 以下簡稱 DAAI) 主導事故調查工作，法國為飛機製造國，故法國航空失事調查局 (BEA) 作為本事故之授權代表，由於法國擁有豐富的事務調查方面經驗，故航機的定位、搜尋及打撈作業甚至後續損壞式紀錄器解讀多為法國 BEA 所主導。圖 2 為事故機照片。



圖 2 事故機照片

法國 BEA 於事故發生後分 3 個階段進行水下打撈作業。

第 1 階段：資料收集

事故發生之初，BEA 收集了緊急定位發報器（ELT）遇險訊號資料、Flightradar24 之廣播式自動回報監視（Automatic Dependent Surveillance-Broadcast, ADS-B）軌跡資料、海面上部分來自於航機之殘骸、海面上之燃油以及來自於英國、希臘與埃及之雷達資料，以進行航機墜海位置之判斷。

ELT 遇險訊號資料方面，法國任務管制中心（France Mission Control Center）於事故後接收到來自於 COSPAS-SARSAT 系統中頻率為 406MHz 之 ELT 訊號，該訊號由 LEO 及 GEO 兩顆衛星所接收並傳送。COSPAS-SARSAT 系統中另有 MEO 衛星，此 MEO 衛星目前處於測試階段，預計於 2025 年取代 LEO 及 GEO 衛星，此次事故 MEO 衛星亦接受到 2 個 ELT 遇險測試訊號，其中第 2 個 MEO 所接收之訊號有較佳之訊號品質，法國國家太空研究中心（Centre National d'Etudes Spatiales, CNES）取得此資料後計算出 ELT 遇險訊號之位置。

與其他所收集之資料套疊後，如圖 3，其中白線為希臘初級雷達軌跡圖。依據此套疊圖規畫下個階段之聽音作業區域，如圖 3 中之綠色棋盤方格範圍。

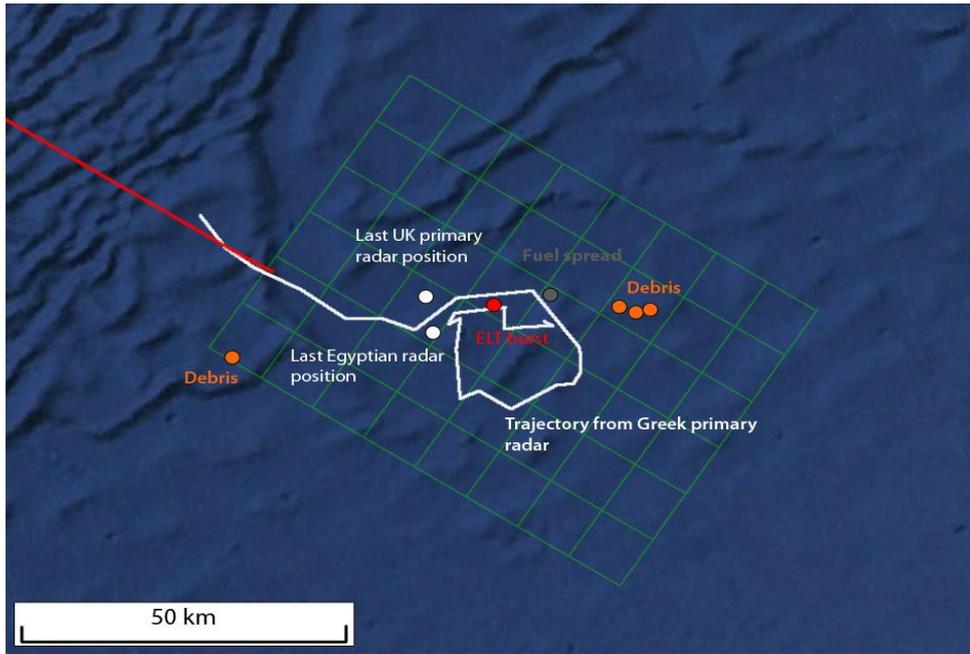


圖 3 飛航軌跡及所收集之資料套疊圖

第 2 階段：聽音作業

第 2 階段的主要目標是對於航機機載紀錄器之偵搜及定位。主導事故調查的埃及 DAAI 將第 2 階段作業授權給法國 BEA 進行，BEA 調查人員搭乘法國海軍 Laplace 號水文研究船，攜帶 Alseamar 公司之主動式聽音系統（Detector 6000）前往事故海域依據第 1 階段所規劃的作業區域進行紀錄器水下定位，裝備如圖 4 所示。



圖 4 Laplace 號及主動式聽音系統（Detector 6000）

規劃之偵搜區域水深約 3,000 公尺，Alseamar 公司之主動式聽音系統可偵測 4 至 5 公里外之紀錄器水下發報器 37.5Khz 訊號，作業深度約 1,000 公尺，於船艦上投放，接

收訊號後回收以進行資料處理，藉此判斷是否記錄到紀錄器水下發報器所發出之音頻訊號。

總計於搜尋區域規劃了 171 個偵測點，實際執行了 121 個偵測點，每次投放需費時 1.5 小時，共進行了 153 次的投放及回收作業，共歷時 12 天。第一次投放及回收後即順利發現偵測到一個紀錄器水下發報訊號，但之後於搜尋區域未偵測到第 2 個紀錄器水下發報訊號，規畫搜尋區域如圖 5 所示。BEA 表示 Alseamar 公司之主動式聽音系統 Detector 6000 對於此次作業環境有很好的偵搜效果，但無法得到高精度定位結果。

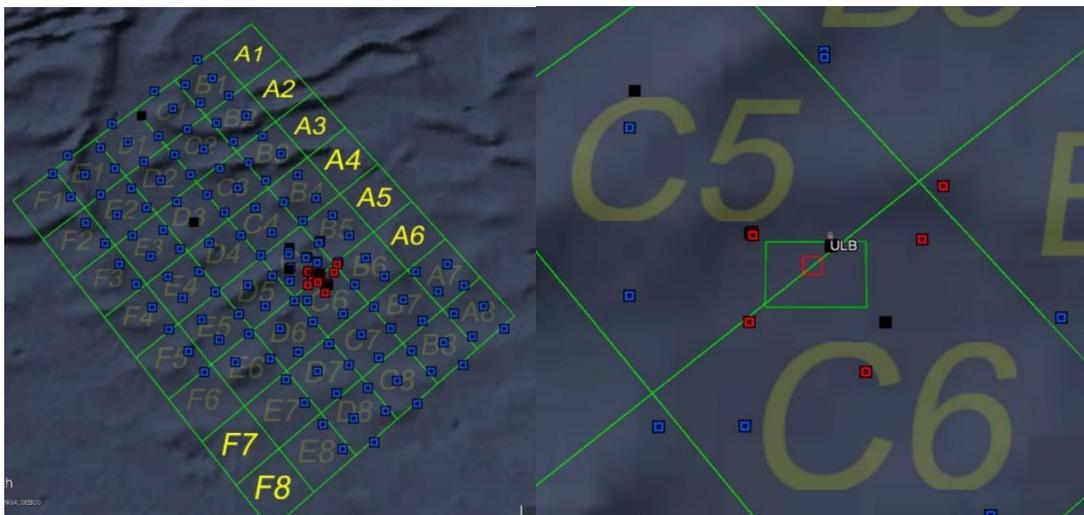


圖 5 第 2 階段搜尋區域規劃圖

第 3 階段：聲納及 ROV 作業

第 3 階段打撈作業由埃及 DAAI 主導，與 Deep Ocean Search 公司訂定合約，該公司擁有深海作業能力，作業深度可達 6,000 公尺，飛航紀錄器定位及打撈所使用之裝備為聲納及水下無人載具(Remotely Operated Vehicle, 以下簡稱 ROV)，此階段紀錄器打撈費用由埃及與法國共同負擔。圖 6 為此次打撈作業船隻。



圖 6 第 3 階段打撈作業船

所配備的拖曳式側掃聲納（side scan sonar）為雙頻規格，型號為 Mak-IK，如圖 7 所示，作業頻率分別為 30kHz 以及 100kHz，因 30kHz 作業時頻率與紀錄器發報器所發出的 37.5kHz 頻率相近，可偵測紀錄器所發出的訊號，涵蓋範圍也較廣，100kHz 作業時頻率較高，涵蓋範圍小，但可有較佳的解析度。

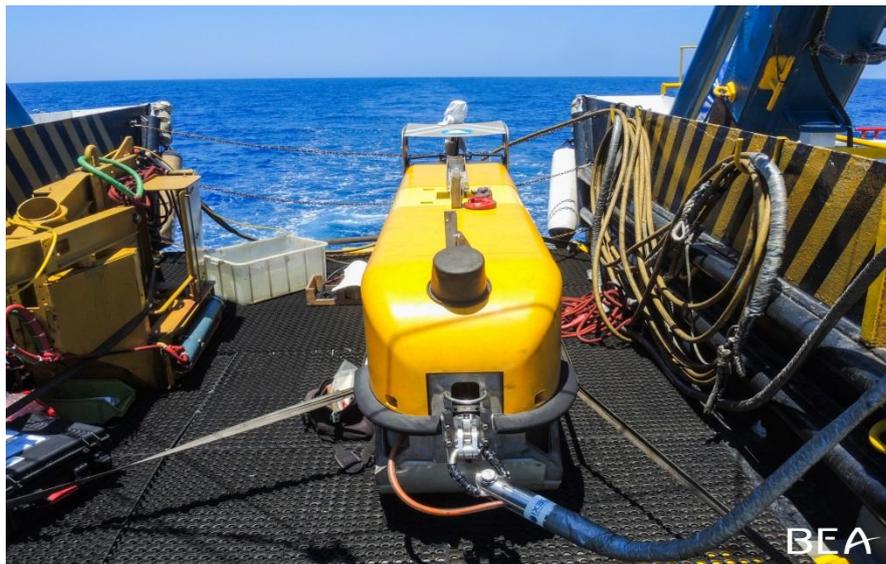


圖 7 Mak-IK 側掃聲納

30kHz 頻率共進行 2 條測線，範圍大但訊號反射低，有偵測到一紀錄器水下發報器訊號，得到該水下發報器初估的位置，但未能偵測第 2 個水下發報器訊號。100kHz 共進行 5 條方向不同的測線，未能辨識出事故機殘骸。圖 8 為 100kHz 頻率作業套疊圖。

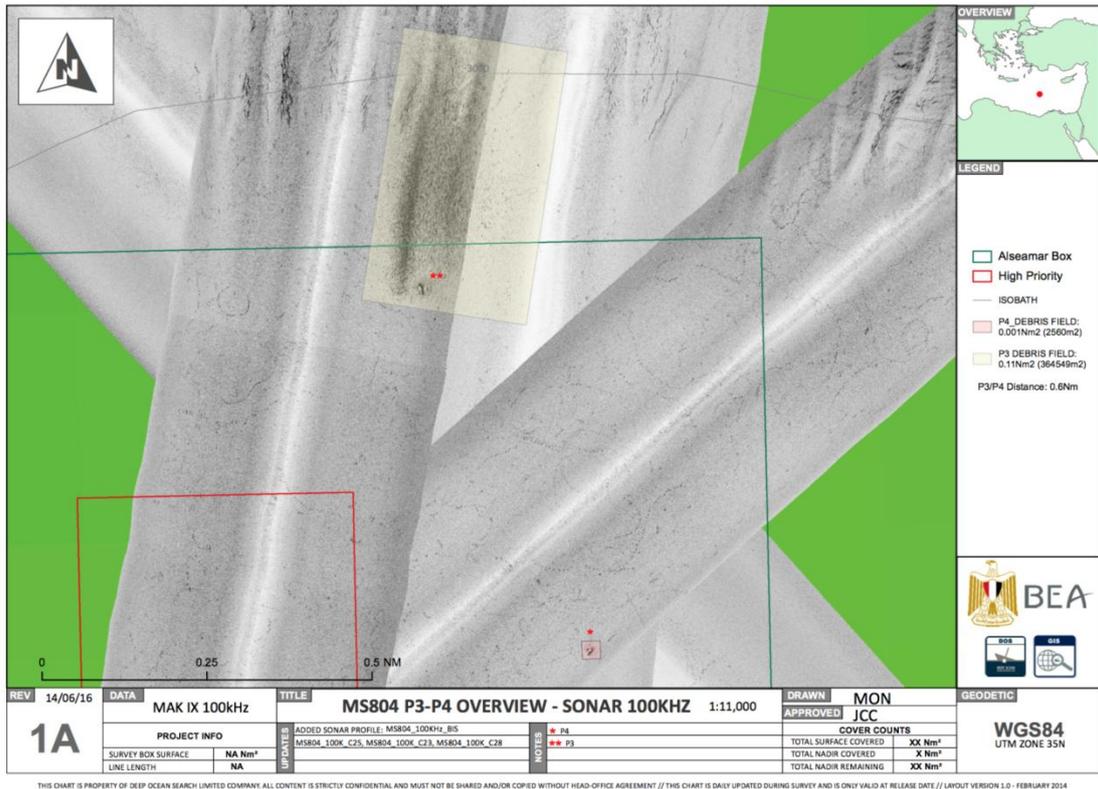


圖 8 頻率 100kHz 之側掃聲納作業套疊圖

紀錄器打撈作業所使用的 ROV 型號為 Comanche，如圖 9 所示，具備攝影機、機械手臂及水下定位（ROV Homer）等功能，其中水下定位功能是指 ROV 本體上具備指向性聲納，在施放詢答機（Transponder）後，可在水下能見度不佳時，快速導引操作人將 ROV 行駛至至特定地點進行作業。ROV 在作業 4 天及 5 天後分別將 FDR 及 CVR 打撈上船，其中 CVR 作業如圖 10 所示，其中一直未能偵搜到的第 2 具紀錄器水下發報器被發現嵌入於機尾殘骸中，如圖 11 所示。



圖 9 Comanche ROV



圖 10 ROV 操作情形



圖 11 未能偵測訊號之紀錄器水下發報器

MS804 飛航事故發生於 2016 年 5 月 19 日，調查作業仍在持續進行中，主導調查的埃及與授權代表法國 BEA 共同合作，於事故後第 12 天偵搜到第 1 個紀錄器水下發報器訊號，第 28 天完成 FDR 打撈作業，第 29 天完成 CVR 打撈作業，事故機殘骸及紀錄器位於水域深度約 3,000 公尺處，可說是一次相當有效率及成功的紀錄器打撈作業。

本次 AIR 會議中另有美國 NTSB 與澳洲 ATSB 等提報水下打撈相關議題，據此，將更新本會國外打撈普查資料庫資料。

3.4 埃及航空 MS804 航班損壞紀錄器解讀

MS804 航班之 FDR 及 CVR 分別於今年 6 月 16 日與 17 日打撈上船，兩具紀錄器被存放至清水中，隨即送往位於開羅的埃及航空事故調查局 (DAAI)，法國 BEA 則派出調查員前往進行紀錄器解讀作業。

兩具紀錄器製造商皆為 Honeywell，型號及件號分別為 FDR 980-4700-0042/SSFDR-12786，CVR 980-6022-0041/120-06094。

過程中皆在防靜電的環境下進行作業，解讀步驟如下：

1. 打開抗墜殘存記憶體單元 (Crash Survivable Memory Unit, 以下簡稱 CSMU)。
2. 取出 CSMU 內之記憶模組。
3. 去除記憶卡上之橘紅色矽膠 (Room Temperature Vulcanizing, RTV)。
4. FDR 為單層記憶模組，CVR 為雙層記憶模組，將 CVR 之記憶模組分離。
5. 清理記憶模組。
6. 目視檢查記憶模組。
7. 使用烤箱烘乾記憶模組，由室溫將烤箱溫度以每分鐘 2°C 增加溫度至 60°C，以 60°C 溫度烘 8 小時後，再降低溫度至室溫。
8. 剪斷 CSMU 之資料傳輸線 (Flex Cable)，並將斷面拋光，以避免通電時短路。
9. 依照原廠 Honeywell 之手冊 (手冊由 Honeywell 提供)，進行記憶模組上接腳之

電性阻抗量測（Electrical Impedance Test）。結果發現 FDR 無短路，CVR 有資料傳輸線之記憶模組通過電性阻抗量測，CVR 無資料傳輸線之記憶模組有 2 隻接腳短路，2 隻接腳有低阻抗現象。

10. 分別使用原廠紀錄器解讀裝備（HHDLU）及非原廠之紀錄器解讀裝備（HHMPI）進行 FDR 資料下載，無法成功下載資料。
11. 以電子顯微鏡檢查 FDR 記憶模組，發現一顆管理記憶體之 IC（PAL）接腳有從焊接處斷裂之情形。DAAI 決定先停止 FDR 解讀，開始進行 CVR 解讀。
12. 為了解決 CVR 無資料傳輸線之記憶模組之電性阻抗量測問題，移除接腳處之 RTV 矽膠，使用酒精進行 10 小時之超聲波清洗（Ultrasonic bath）以嘗試去除電路板上之助焊劑殘渣，再使用電子顯微鏡觀察電性阻抗量測有問題之 U29 晶片，電性阻抗量測未通過之狀況仍然存在，DAAI 決定暫時停止 CVR 解讀。

與法國 BEA 調查員討論後決定將紀錄器運送至法國 BEA 實驗室進行後續解讀作業。埃及 DAAI 派實驗室人員將飛航紀錄器運送至法國 BEA 實驗室，處理過程如下：

FDR 記憶模組：

1. 以 X 光掃描儀進行 PAL 接腳檢查，在與電路板連接處發現並確認有斷裂之情形，對 PAL 接腳重新焊接，再進行電性阻抗量測。
2. 使用 BEA 客製化之記憶體解讀裝備確認 EEPROM 狀況，確認記憶體內部資料結構無問題。
3. 將記憶模組安裝至紀錄器基座上（golden chassis）上，以 Honeywell 原廠解讀裝備 RPGSE 下載資料。
4. 完成 FDR 參數確認作業。

CVR 有資料傳輸線之記憶模組：

1. 拋光資料傳輸線，以電子顯微鏡檢視是否有斷路情形，發現無短路現象。

2. 使用 BEA 客製化之記憶體解讀裝備確認 EEPROM 狀況，確認記憶體內部資料結構無問題。
3. 使用 BEA 客製化軟體重組資料。
4. 產生紀錄器原始資料 (DLU) 檔案，以 Honeywell 解讀軟體 playback32 進行資料解壓縮。
5. 確認紀錄資料正確。

CVR 無資料傳輸線之記憶模組：

1. 以 X 光掃描儀及電子顯微鏡檢查電路板，發現其中兩個 IC (U29 與 R2) 有斷裂之情形。
2. 對記憶模組進行 40 小時之 90°C 烘乾作業。
3. 對 U29 進行解焊，並移除 R2，進行電性阻抗量測發現接腳仍有短路及低阻抗之情形。
4. 以電子顯微鏡檢查發現部份元件表面有刮痕，更換損壞之元件，再進行電性阻抗量測，通過電性阻抗測試。
5. 使用 BEA 客製化之記憶體解讀裝備確認 EEPROM 狀況，確認記憶體內部資料結構無問題。
6. 使用 Honeywell 原廠解讀裝備 RPGSE 下載 2 塊 CVR 之 DLU 資料。
7. 確認 CVR 語音資料解讀無誤。

埃及 DAAI 實驗室人員從本次於 BEA 之損壞飛航紀錄器解讀過程中得到以下經驗：

- 在進行損壞式飛航紀錄器解讀前，至少須要先對記憶模組電路板進行目視檢查與電性阻抗量測。
- X 光掃描儀及電子顯微鏡可以幫助發現目視檢查無法發現的電路板損壞。



圖 15 記憶體解讀軟體



圖 16 資料排線拋光裝備

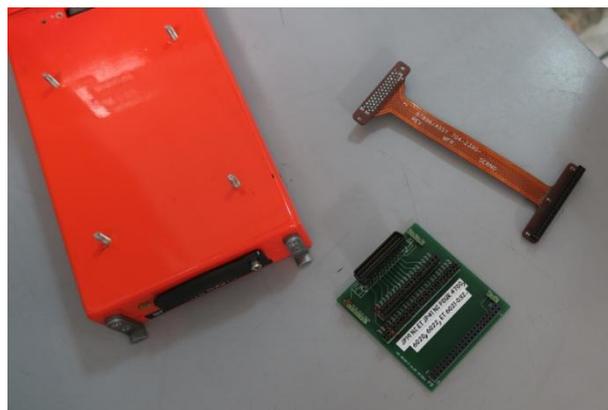


圖 17 解讀裝備-排線、基座與排線插座

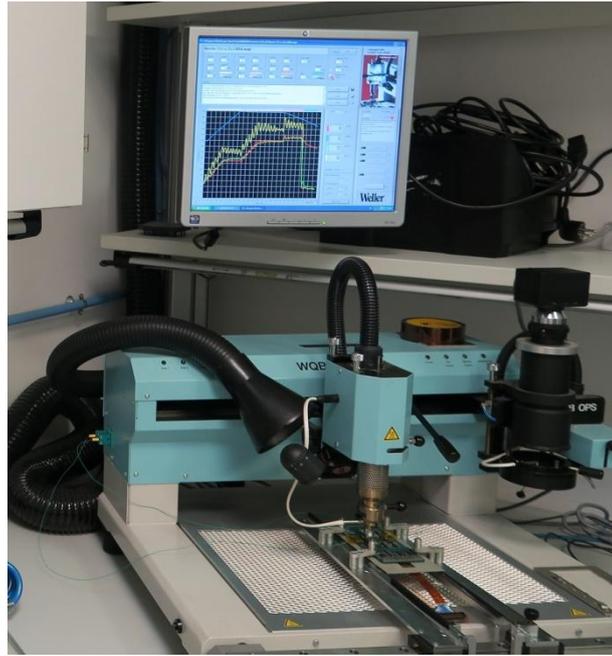


圖 18 解焊及溫控裝備

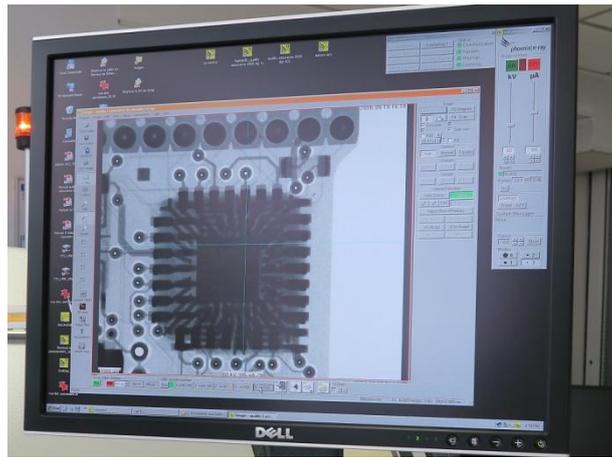


圖 19 X 光掃描儀-晶片檢視

四、建議

本次會議行程圓滿且收穫豐富，據此提出以下 3 項建議：

1. 持續尋求參與 ICAO 飛航紀錄器專家工作小組活動或取得相關資料的管道。
2. 更新本會所建立之國外打撈普查資料庫資料。
3. 持續完善損壞飛航紀錄器之解讀程序，並編列預算升級內含 NAND 記憶體之損壞航電裝置調查員專用套件。