

出國報告（出國類別：其他）

參加 2013 年 國際飛航安全調查員年會出國報告

服務機關：飛航安全調查委員會

姓名職務：資深飛安調查官／王興中
副工程師／郭嘉偉

派赴國家：加拿大溫哥華

出國期間：民國 102 年 8 月 18 日至 8 月 24 日

報告日期：民國 102 年 11 月 1 日

目次

一、目的	2
二、過程	3
三、心得	4
四、建議	16

一、目的

為持續促進本會與世界各國飛安專家交流並吸取國際上最新飛安資訊訊息，由本會 2 名調查人員於本年度 8 月 18 日至 24 日，赴加拿大溫哥華參加年度國際飛航安全調查員年會，本屆大會主題為「新世代事故調查員的養成」。本會於此次大會中發表 1 篇論文：由新調查員的觀點論培育下一代之事故調查員。本次會議為期 4 天，討論主題除了新世代飛航事故調查員的養成外，其他內容尚包括：波音 787 客機電池失火事故探討、組織與管理因素調查指引、國際法規修訂以及飛航資料的演進等。

二、行程

日期	起訖地點	任務
8/18	台北 - 溫哥華	起程
8/19 ~ 8/22	溫哥華	報到及會議
8/23 ~ 8/24	溫哥華 - 台北	返國

8月20日議程主題

- 新世代事故調查員的養成

8月21日議程主題

- 增進組織面的調查技術
- 事故調查與安全管理系統
- 波音787客機鋰電池失火事故探討
- A320翼尖觸地事故與事故影片在社群網站的傳播
- 從飛機製造商的觀點來看衝出跑道事故

8月22日議程主題

- 飛航資料分析的演化與未來
- 將調查權轉交給外國調查單位之事故調查
- 使用安全資訊於現代事故預防與調查的甘苦談
- 重飛時對於航機姿態的狀況警覺

三、心得

本次行程圓滿且收穫豐富，出國報告心得分為以下幾點做說明：新世代飛航事故調查員的養成、波音 787 客機鋰電池事故、組織與管理因素調查工具、飛航資料演進與未來等。

● 新世代飛航事故調查員的養成

對於國內外多數飛航事故調查機關來說，事故調查員的來源大多為自業界尋找有工作經驗的從業人員，如民/軍航駕駛員、維修人員、航管人員等，他們可在接受關於事故調查規則相關訓練後即可將之前在業界工作的經驗貢獻在事故調查作業上；而另外一方面，部分事故調查機關亦會雇用直接自研究所畢業、具有航太或機械工程相關背景的學生來從事飛航資料的工程數據分析工作。然而對於後者而言，由於多數自學校畢業的學生並無任何航空實務經驗，雇用機關除了需要給予必要的事務調查規則訓練之外，也需要給予調查專業技術上的訓練。

在國際民航組織（ICAO）發行的第 298 號公告（Circular 298）中，除了說明事故調查員的人力來源外，也詳細的闡述了調查機關培訓一個新進調查員時的應具備的四階段訓練：

1. 初始訓練（Initial Training）：講授國內外有關飛航事故調查的法規，國際法規如 ICAO 第 13 號附約（Annex 13）與第 9756 號文件（Document 9756）等；國內法規如「飛航事故調查法」以及「民用航空器及公務航空器事故調查作業處理規則」等；另外課程也需包括事故調查機關內部標準作業流程及調查能量與裝備介紹等。
2. 在職訓練（On-the-Job Training）：新進人員由資深同仁帶領，進行指派調查任務的技術訓練，並熟悉調查報告寫作。

3. 事故調查基礎課程：在新進調查人員加入的第一年內參加由飛航事故調查訓練機構舉辦的基礎事故調查課程，內容除包括飛航事故調查法規，調查程序的啟動、進行與結案外，也會針對各項調查專業技術進行介紹，此旨在讓新進的調查員能夠對各調查面向有初步但廣泛的認識。此類課程通常透過國外大型事故調查機構轄下的訓練中心（如美國 NTSB 訓練中心與 FAA 訓練學院），學術研究機構（如美國南加大或英國 Cranfield 大學）或是業界附設的訓練單位（如 IATA 或是 L-3 Communications）進行施訓。
4. 進階事故調查課程：針對新調查員的調查專業進行的訓練，如紀錄器與飛航資料分析、人為因素調查等等。此項訓練通常在新調查員加入一年以上並已累積一些調查工作經驗後再行施訓。

由本會於大會發表有關新世代調查員養成的論文中提到，調查員無論經驗豐富與否，皆應該不斷自我充實學習並跟隨不斷進步的事故調查技術與時俱進。其中在調查技術的持續學習上，調查員除可藉由閱讀國外事故調查機關發布的調查報告增加在事故調查方面的經驗外，調查機關亦可由每年舉辦調查員技術複訓或是不定期的在職訓練提供調查員精進調查技術的機會。

此外，調查員也應具有清晰的邏輯與良好的技術寫作能力，並將其反應於調查報告的寫作品質上。由於多數事故調查機關並無像美國 NTSB 有專人負責撰寫調查報告，再加上調查報告所針對的讀者群乃包括高中程度以上的社會大眾，而多數均沒有任何航空相關知識的背景，因此如何將內容艱深的調查報告以深入淺出的方式表達出來，並同時滿足一般大眾與航空專業人員就格外的重要。增進技術寫作能力的方式除了靠調查員本身的邏輯思考能力外，也可藉由大學院校開設相近的科技論文寫作課程來加強報告寫作的的能力。

大會中除了針對新世代調查員的養成進行數場論文報告之外，亦有針對此議題進行兩場的小型論壇研討。與談人由來自事故調查機關、航空業界、學界的代表組

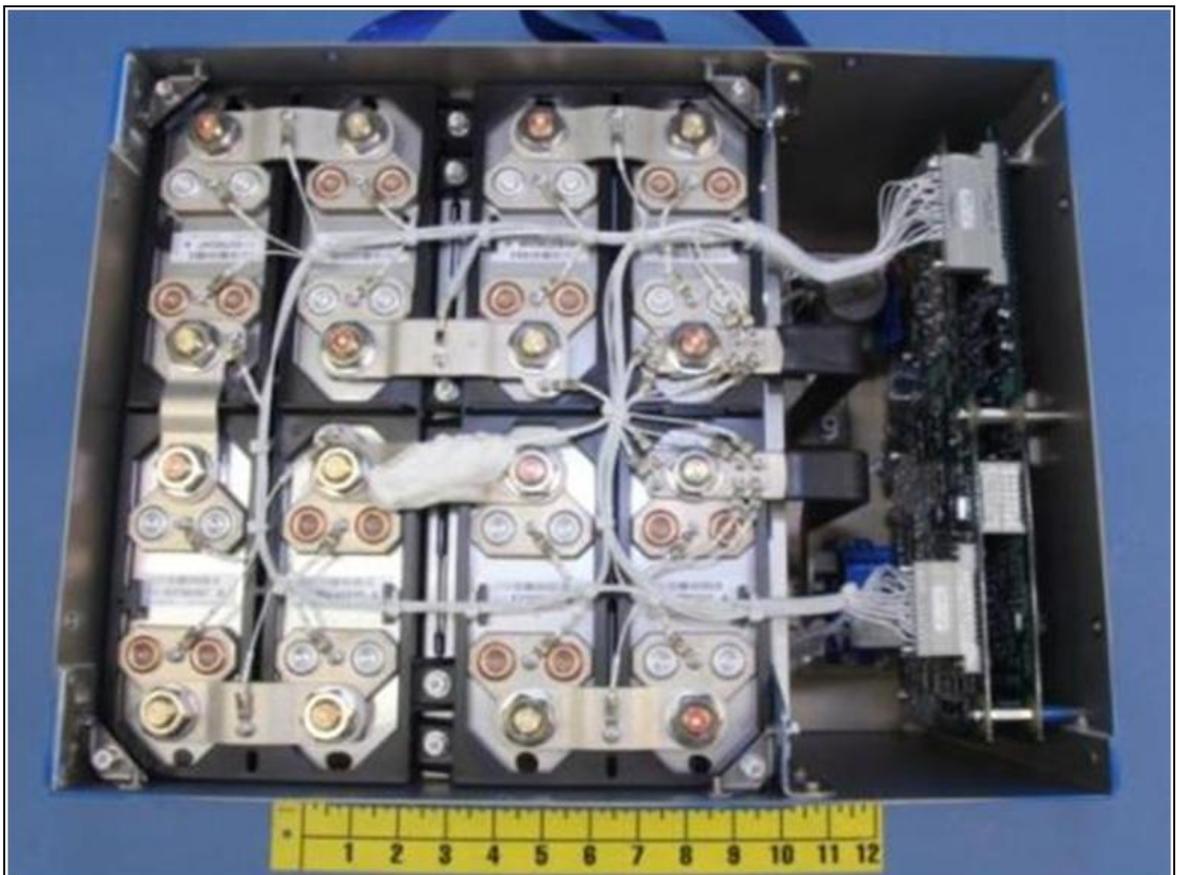
成，他們一致認為，針對大學/研究所畢業的學生實務經驗不足可藉由鼓勵他們參與暑假、甚至長期實習計畫來加以補強。在美國多數航空業者與 NTSB 本身，每年皆提供固定名額的大學學生實習機會，能讓將來有志於事故調查員生涯的學生能夠提前體驗並在資深同仁的帶領下累積工作經驗。

- **波音 787 客機飛航事故**

近年鋰電池在各方面的應用都有迅速的發展，跟傳統鹼性電池或鎳氫電池相比，鋰電池除重量更輕，也提供最佳的電密度使得在能量釋放上效率更佳。在運輸業的應用上，鋰電池也因此逐漸成為主流。波音最新款的夢幻客機 B787 型機，便採用不同型式鋰電池來供給機上各項系統的電力；其中最主要經由鋰電池供給電力的兩類系統分別為 APU（動力輔助單元）啟動時所需的電力以及提供機上部分電力/電子系統在地面及空中所需的電力。

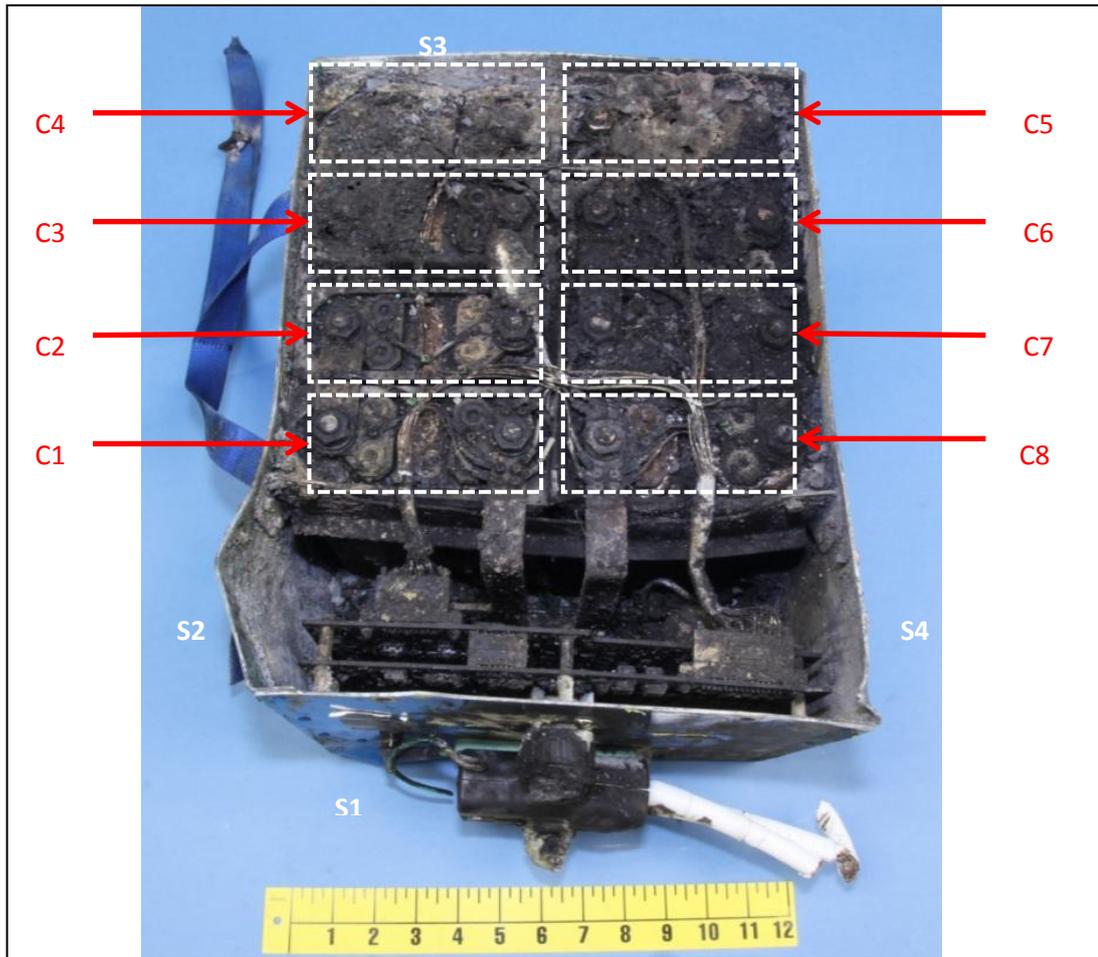
然而，波音 B787 客機在開始投入正式商業運行後不久卻接連遭受噩運。在今年初，分別有兩架波音 B787 客機因為鋰電池過熱冒煙造成飛航事故，並導致接續的全球 B787 機隊停飛，讓操作該型客機的航空公司與波音公司遭受巨額損失。美國 NTSB 主導了全球第一件 B787 事故調查，並在大會中由實驗室主管報告，向與會者分享調查心得。

今年的 1 月 7 日，日航一架 B787 客機在美國波士頓機場降落後，維修人員發現後電子艙冒出濃煙，APU 電池前端並有起火現象；九天後在日本有另一架全日空的 B787 客機在起飛後不久因為主電池過熱冒煙而緊急轉降，這兩架飛機所使用的鋰電池皆為同一廠牌的同一型號，因此儘管這兩件飛航事故的主管調查單位不同，美日兩國的單位在這兩件事務調查上採取了緊密合作與資料共享的態度。



圖一 B787 客機電池剖面圖

每個在波音 B787 客機上的主電池及 APT 電池均有 8 蕊彼此串聯（如上圖一），電池重 61.8 磅，在放電時提供電壓範圍為 20 至 32.2 伏特，電量約為 75 安培小時。在電池內部每蕊之間均有隔離膜。



圖二 日航事故航班的鋰電池

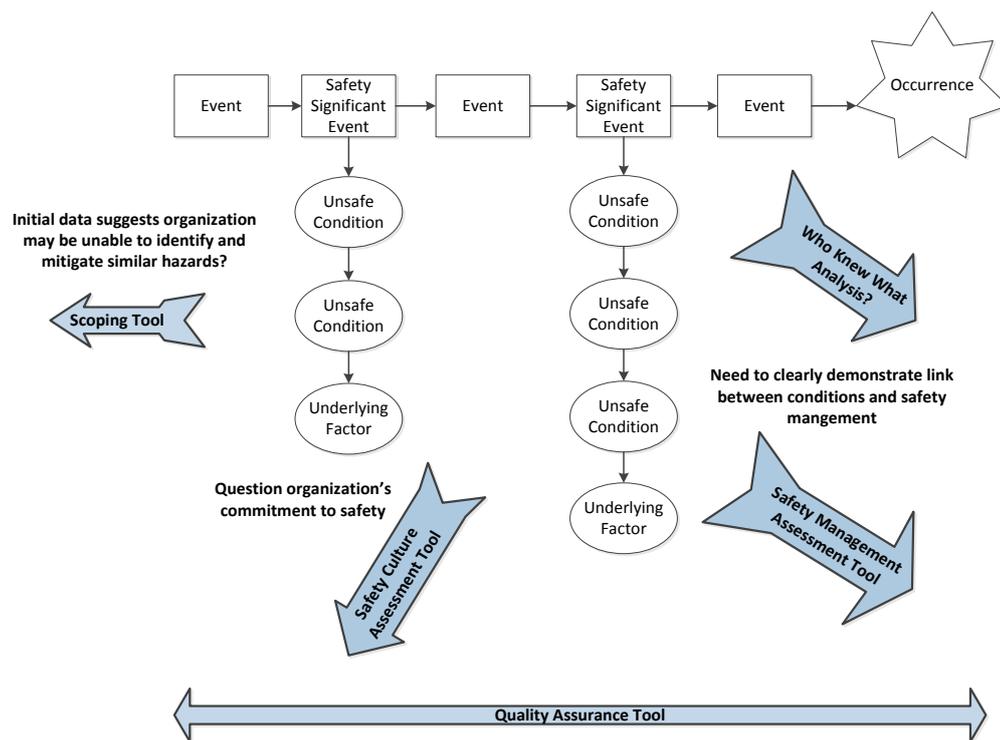
NTSB 藉由本身材料實驗室設備以及借用美國海軍實驗室設備對日航 B787 的 APU 電池進行了一系列的光學與掃描式電子顯微鏡 (Scanning Electron Microscope, SEM) 分析、能量散佈分析 (Energy Dispersive Spectrometer, EDS)、放射性分析 (如電腦斷層掃描)、與微小硬度測試。初步分析結果顯示，用來啟動 APU 的鋰電池在事故時遭遇了熱流失 (thermal runaway) 的現象。追根究底熱流失的來源為六號電池蕊因為內部短路的關係產生大量熱能傳遞至其他電池蕊進而造成整個電池失效。這項推論也可由六號蕊附近的電池結構遭受最多的破壞以及熱損傷而應證。目前 NTSB 仍持續研究造成六號蕊內部短路的原因。

在這起事故調查中因為需要大量的鋰電池專業知識，因此雖然電池的拆解跟分析仍由 NTSB 材料實驗室的人員主導，但其實借助了許多調查專業外的人力提供協助

與諮詢。隨著下一代運用更多新科技的航機陸續投入市場，調查員本身對於特定系統的知識可能不足以應付調查所需時，NTSB 進行本案事故調查的模式值得本會參考並學習。

● 增進組織與管理因素調查的能力

加拿大的事故調查單位 TSB 自 2002 年起便著手設計用來作為組織因素調查用的工具，在經歷多年來的使用經驗與改良後，近來這套工具已發展至第二版。所有 TSB 的調查人員均需接受整合式安全調查方法（Integrated Safety Investigation Methodology, ISIM）的訓練，而 TSB 的組織與管理因素調查工具即在這套訓練的基礎上進行架構。



圖三 組織與管理因素調查建立在 ISIM 的架構

由上圖可知，以一件事故為例，ISIM 始於對該事故進行一系列事件的描述，而後再逐件去解釋該事件發生的原因，並指認出造成該事件之不安全條件（unsafe

conditions) 或隱藏因素 (underlying factors)；然後再建立一個藉由風險管理而進行改善的論點 (argument)。而在組織及管理因素的調查上，可分為以下幾項：

- 規模工具：提出一系列有關組織因素調查工作應包含範圍的問題藉以決定調查工作的規模，並訂定計畫。
- 「誰知道什麼」的分析：指出在調查上的不安全條件後再指出誰可以在事故發生前就得知此狀況，以及是否對此有任何做為與該做為是否合理得當並與現有程序一致。
- 組織管理因素評估工具：檢視不安全條件與未能被降低的危害/風險之間的因果關係。
- 安全文化評估工具：由調查作業過程中收集的資料去勾勒出組織內可以建立的安全計畫，最終目的是為了發展出組織的安全文化，即組織本身要能夠培養出安全運作及有效安全管理的計畫。
- 品質保證工具：提出一系列的問題來確保前述的組織因素與管理因素分析妥當且令人信服。

民航的安全管理系統 (Safety Management System, SMS) 近年來才開始於國籍航空公司起步，業者如能藉由規劃良好的 SMS，可順利的找出運作上的危害因子、進一步管理風險並發展出有效的安全運作程序；但是本會對於各家業者的 SMS 計畫內容並無有效的監督能力，更不用提及某些公司不需要實施 SMS 計畫。因此對於本會來說，如能以這套調查工具為鏡並發展出自己的一套組織因素調查工具，日後更可以在組織因素的調查作業上能有所助益。

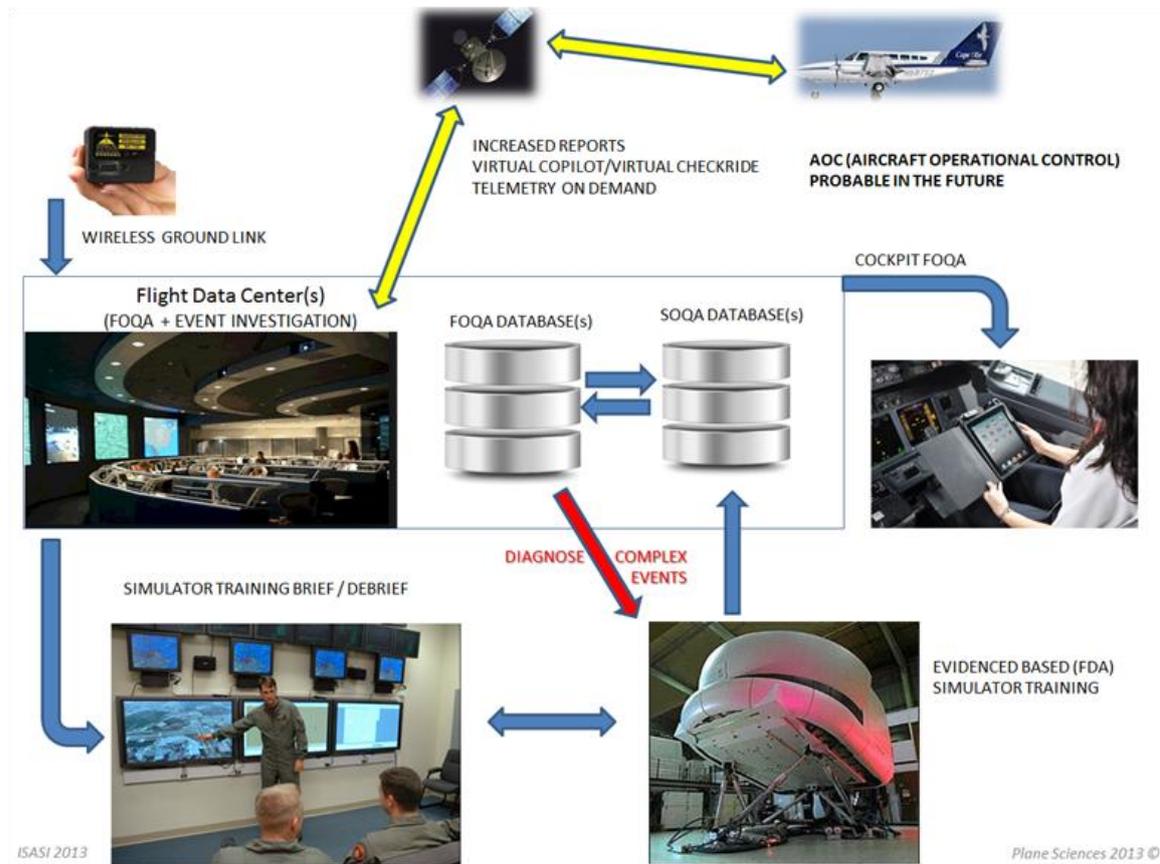
● 飛航資料的演進與未來

本文講者為一資深飛航資料紀錄器專家，過去曾在加拿大 TSB 實驗室服務超過 20 年，並以紀錄器分組召集人與性能分組召集人身分參與多起重大飛航事故調查，

同時也是 ICAO 內飛航紀錄器小組的成員。在離開 TSB 之後自行創業並將其之前於 TSB 開發的飛航資料分析軟體 RAPS 商用化 (Insight, 本會實驗室目前也有使用), 近來並自行創辦飛航資料分析顧問公司。演講內容除了帶領現場聽眾回顧飛航資料的演進之外, 也對未來可能出現的發展作預測。

在下一代客機 (如波音 B787、空中巴士 A350) 的飛航資料紀錄器 (Flight Data Recorder, FDR) 內, 即有可能結合每種飛航資料擷取單元專屬的 datamap 使得線上人員更加方便的讀取飛航資料。此外, FDR 可以最佳的記載頻率及解析度記載的航機 GPS 高度與位置以方便於產生更正確的飛航動畫。另外, 飛航品保 (FOQA) 將會有更廣泛的應用並持續的用來建立飛航操作的全球性單一標準; 事故調查單位也將在建立單一 FOQA 的標準上有扮演更積極的角色。

完整飛航資料可在飛機降落後經由無線傳輸方式傳送至地面的飛航資料控制中心, 而全球各地的飛航資料中心均彼此連線。在出現 FOQA 事件時, 僅管各航空公司間的 FOQA 單位並無連線, 但是任一業者出現的 FOQA 事件均可在資料傳送至飛航資料控制中心後再與其他地區/國家的中心分享。此外, 模擬機訓練中心亦可由附近之飛航資料控制中心取得 FOQA 事件資料並隨即用於飛航組員訓練用; 更進一步地, 可逐漸建立模擬機訓練的飛航品保 (SOQA), 以評估飛行員在模擬機訓練時的表現並自動找出訓練時的 SOQA 事件。SOQA 資料庫日後可與 FOQA 資料庫比對, 作為飛行員在模擬機訓練時與實際飛行時飛行行為的比較。



圖四 未來運用飛航資料想像圖（摘自 Plane Sciences Inc.）

在飛機落地後，飛航資料除了可以以無線傳輸至資料中心外，飛航品保相關資料也將可在機上自動生成並且直接顯示在組員的電子飛行包（Electronic Flight Bag, EFB）或是平板電腦上讓組員得以馬上了解前一航段的飛航操作狀況，並當作下一航段飛行時的參考。飛機在飛行時，即時飛行資料可以利用 Satcom 傳至資料處理中心，在將來則可以更進一步出現的情形則是，如航機出現故障或是緊急狀況的時候，飛機與地面的資料處理中心可以即時上下傳資料協助組員處理緊急狀況直到飛機平安落地為止。如此的即時飛航資料處理模式，也許可以避免在現代許多重大意外事故的發生（如法航 AF447 空難）。

最後，講者提出一較有爭議性的觀點，即以目前無人飛行載具的技術發展日益成熟，加上在軍事飛行的用途逐漸廣泛，也許在未來可以見到民航機只需要一名駕

駛員操作即可；在遇到駕駛員失能的情形下，飛機可由地面的控制中心操縱落地。以現在科技進展的程度來說，這項觀念或許尚屬不實際，但是過去許多被人稱為不切實際的創新概念到後來卻一一實現；因此，以目前飛航工程師處理龐大飛航資料的能力，再加以導入主動式利用飛航資料以促進飛航安全的觀念與行動，未來更安全的商業飛行是指日可待。

● 政府所屬飛航事故調查員工作小組會議

在歷屆的大會中，政府所屬飛航事故調查員工作小組（Government Air Safety Investigators Group, GASIG）會擇一日議程結束後另外進行一場會議，討論過去一年中發生的重大飛安事故調查進展以及國際飛航事故調查相關法規的推行。我國身為此一工作小組成員之一，每年均派代表出席此項工作會議；本屆會議本會由王資深飛安調查官代表出席，以下為此次閉門會議討論項目與摘要：

- 韓亞航波音 777 飛航事故（美國運輸安全委員會提報）：事故機前 2/3 由於遭受火燒受損，僅有後段機身可做客艙重建。右側一號及二號門的逃生筏有擊發但是卻向客艙內伸展。已針對生還乘客發出問卷希冀能獲得有用資訊；另第三名死亡乘客的死因仍在鑑定中。
- 日航波音 B787 飛航事故（美國運輸安全委員會提報）：調查新式鋰電池時遭遇的困難及發現（詳前文），並且需要大量外部專業人士的協助以完成電池的細部分析。
- 無人飛行載具（UAV）事故調查經驗分享（芬蘭安全調查署提報）：芬蘭航空事故調查單位多數為兼職人員（約 40 人），迄今已調查 4 件無人飛行載具事故調查，航空器所有人均為軍方。顧慮國家機密問題，因此事故主任調查官均由軍方人士擔任，並擁有美國海軍及芬蘭空軍的事故調查訓練經驗。在 UAV 事故的調查上，最重要的一件事可說是保全地面控制電腦，由

此可以獲得航機飛行的影像或聲音。該署並認為，對於 UAV 也應強制安裝類似語音記錄器與飛航資料紀錄器的裝置；另外航機操作與人員訓練手冊、操作人員的證照與體檢資格紀錄也應當妥善保存。

- 優比速（UPS）波音 B747-400 貨機飛航事故（阿拉伯聯合大公國事故調查單位提報）：這起因為貨艙內鋰電池起火造成後續意外的事故調查報告已於日前公布，報告者提及在航機返航過程當中機長顯然已經失能，再加上航管單位無法直接與航機通話而須經由他機中繼傳達，造成通訊上的複雜甚至指令無法精準傳達，復以飛機操縱盤與升降舵的控制連結已經受損，加深了機員返回杜拜迫降時的困難度。另外，測試顯示，貨櫃內的火警在達到可以被偵測到的程度時，火勢其實都已經過於兇猛而無法控制。因此，聯邦快遞已於機隊中裝置新型的滅火系統。另外，11 個月後另外一起的韓亞航貨機墜海事故中，打撈到的貨艙艙門也發現了如同這起 UPS 事故類似的火燒殘留證據。
- ICAO 第 9756 號文件（ICAO 提報）：第四部份有關調查報告的內容已經更新，其中附錄六包含了草擬與辦理飛安改善建議的指引。

- 其他

任職於 ICAO 飛航事故調查部門的負責人於大會中報告，打算修訂 13 號附約附件 C 中 serious incidents 範例有關文字如下（有底線為增加文字），此訊息可作為本會日後修訂相關法規之參考：

- Near Collisions requiring an avoidance maneuver to avoid a collision or an unsafe situation or when an avoidance action would have been appropriate.

Collisions not classified as accidents.

- Fire and/or smoke in the cockpit, in the passenger compartments or engine fires, even though such fires were extinguished by the use of extinguish agents.
- Fuel quantity level or distribution situations requiring the declaration of an emergency by the pilot, such as insufficient fuel, fuel exhaustion, fuel starvation, or inability to use all usable fuel on board.
- System failures, weather phenomena, operation outside the approved flight envelope or other occurrence which caused or could have caused difficulties controlling the aircraft.
- The unintentional or, as an emergency measure, the intentional release of a slung load or any other load carried external to the aircraft.

四、建議

本次會議行程圓滿且收穫豐富，據此提出 2 項建議：

1. 由本會調查組正式向加拿大運安會提出組織與管理因素調查訓練要求，邀請該單位派員於明年來會對調查員進行複訓。
2. 持續追蹤國際民航組織 Annex 13 及 Annex 19 的修訂及相關頒布內容，以修訂本會相關主管法規及程序。