

出國報告（出國類別：進修）

參加「應用鐵道事故調查訓練
(Applied Rail Accident Investigation)」
課程出國報告

服務機關：國家運輸安全調查委員會

姓名職稱：洪偉喆 / 鐵道調查組 / 調查官

游士漢 / 鐵道調查組 / 副調查官

派赴國家/地區：英國 / 克蘭菲爾德大學

出國期間：民國 113 年 7 月 5 日至 7 月 30 日

報告日期：民國 113 年 9 月 4 日

公務出國報告提要 系統識別號

出國報告名稱：參加「應用鐵道事故調查訓練(Applied Rail Accident Investigation)」
課程出國報告

頁數：30 頁 含附件：否

出國計畫主辦機關：國家運輸安全調查委員會

聯絡人：郭芷桢

電話：(02)7727-6228

出國人員姓名：洪偉喆、游士漢

服務機關：國家運輸安全調查委員會

單位：鐵道調查組

職稱：調查官、副調查官

電話：(02)8912-7388

出國類別：考察 進修 研究 實習 視察 訪問 開會 談判 其他

出國期間：民國 113 年 7 月 5 日至 7 月 30 日

出國地區：英國克蘭菲爾德大學

報告日期：民國 113 年 9 月 4 日

分類號/目

關鍵詞：鐵道事故調查、調查分析方法

內容摘要：

為強化鐵道事故調查能力，國家運輸安全調查委員會持續選派人員參加英國克蘭菲爾德大學（Cranfield University）所開設的「應用鐵道事故調查」（Applied Rail Accident Investigation）專業訓練課程。此課程涵蓋完整且豐富的調查理論與技術，並透過模擬調查及報告撰寫等實務演練，讓參訓人員全面掌握安全調查流程，將有效提升參訓同仁的調查專業技能。此外，透過參與國際訓練課程，也能瞭解其它國家鐵道安全調查運作的機制，並且學習到最新的調查測繪技術以及工具之運用，提升本會的鐵道事故調查技術。

目次

壹、目的	- 1 -
貳、過程	- 2 -
參、課程摘要與心得	- 7 -
肆、建議	- 29 -

壹、目的

為強化國家運輸安全調查委員會（以下簡稱運安會）鐵道調查組調查能量，本會持續派員參加英國克蘭菲爾德大學（Cranfield University）之「應用鐵道事故調查（Applied Rail Accident Investigation）」課程，除了提升調查技能外，也藉由參加國際訓練課程之機會，瞭解其它國家鐵道安全調查運作機制。

英國克蘭菲爾德大學以交通領域及安全研究聞名，該校另一特色是沒有一般大學部，僅提供碩士及博士學位課程，以及部分短期課程，因此教育資源都集中於專業領域上，本次參加的課程屬於該校每年在 7 月份開設的鐵道調查專業課程，擬透過本次訓練達到強化本會鐵道事故調查能量之目的。

貳、過程

課程規劃

本次應用鐵道事故調查課程細分有 4 個不同的 Workshop，分別為第一週的 Essential Rail Accident Investigation Skills（鐵道事故調查基礎技術），第二週的 Investigating Derailment Accidents（脫軌事故調查）與 Investigating Railway Operations Accidents（鐵道事故調查），以及第三週的 Rail Accident Investigation Simulation（鐵道事故調查現場模擬實務），詳細課程規劃如圖 1 至圖 3。

Applied Rail Accident Investigation Workshop Series					
Is Workshop 1 – Essential Rail Accident Investigation Skills 8 – 12 July 2024					
Mon 8 July	Tues 9 July	Wed 10 July	Thurs 11 July	Fri 12 July	
0900 Introductions <i>Janos Rozsa</i>	0900 Site investigation phase – management, H&S and evidence <i>Ian Capewell</i>	0900 Interviewing Techniques: the basics (recap) and practical exercises <i>Mark Robinson</i>	0900 Human factors and accident investigation <i>Zuzana Chin</i>	0900 Investigating Safety Management Systems <i>Bart Accou (ERA)</i>	
1000 Break			1000 Break	1000 Break	
1015 Accident Investigation approach <i>János Rózsa</i>	Break as required	Break(s) as required	1015 Continues	1015 Continues	
1115 Break	1115 Break		1115 Break	1115 Break	
1130 Accident Investigation Workshop <i>János Rózsa</i>	1130 Accident site management and evidence collection exercise <i>Ian Capewell</i> <i>Janos Rozsa</i>		1130 Applied Analysis Methods <i>Janos Rozsa</i>	1130 Continues	
1230 Lunch		1230 Lunch	1230 Lunch	1230 Lunch	
1330 Photography exercise <i>János Rózsa</i> (Accident Laboratory)	1230 Lunch & group photo	1330 Managing information and practical exercises <i>Mark Robinson</i>	1330 Analysis Methods Workshop <i>Janos Rozsa</i> LAPTOPS REQUIRED	1330 Report writing & formulating safety recommendations <i>Marc St-Laurent</i> <i>János Rózsa</i>	
Break as required	1330 Continues		Break(s) as required		
	Break(s) as required	Break(s) as required	1600 Workshop debriefing	1430 Break	
1545 Photography debrief	1600 Session ends			1445 Continues	
1615 Session ends			1700 Session ends	1545 Break	
		1700 Session ends		1600 Discussions and reflections	
EVE Welcome Social				Workshop ends	

圖 1 第一週課程

Applied Rail Accident Investigation Workshop Series				
Workshop 2 – Investigating Derailment Accidents 15 – 17 July 2024				
Workshop 3 – Investigating Railway Operations Accidents 17 – 19 July 2024				
Mon 15 July	Tues 16 July*	Wed 17 July	Thurs 18 July	Fri 19 July
0845 Introduction	0800 Bus to Northampton – Lamport Railway departs from Mitchell Hall	0845 Introduction to Workshop 3 attendees		
0900 Fundamental theory of vehicle steering <i>Mark Burstow (Network Rail)</i>	0930 Track Geometry Measurement – Practical Exercise <i>Network Rail</i>	0900 Investigating Crashworthiness and Survivability <i>Dominique Louis (UK RAI/B)</i>	0900 Investigating Software failures <i>Richard Brown</i>	0900 Investigating Light Rail (Tram) Systems <i>Carl Wilson</i>
1000 Break			1000 Break	1000 Break
1015 Investigating derailment – approach and case studies <i>Nigel Shaw (UK RAI/B)</i>	Break(s) as required	Break(s) as required	1015 Railway Operations Investigations – Part I <i>János Rózsa</i>	1015 Driverless Metro Systems <i>Carl Wilson</i>
Break(s) as required			Break(s) as required	1115 Break
1230 Lunch		1230 Lunch	1230 Lunch	1130 Accident Investigation and New Railway Technology <i>Carl Wilson</i>
1330 Continues	1330 Lunch	1330 Investigating Human Factors in Railway Operations <i>Dr Becky Charles (UK RAI/B)</i>	1330 Railway Operations Investigations – Part II (Workshops) <i>János Rózsa</i>	1230 Workshop ends Lunch
1430 Break	1430 Data processing, modelling and analysis <i>Network Rail</i>			1330 <i>For Workshop 4 attendees only:</i> Accident Investigation Simulation Briefing and Team Planning <i>János Rózsa</i>
1445 Wheel-rail interface <i>Mark Burstow (Network Rail)</i>		Break(s) as required	Break(s) as required	
1545 Break	Break(s) as required			1500 Ends
1600 <i>Continues</i>				
1700 Session ends	1700 Session ends Bus to Martell House, Cranfield University	1700 Workshop/Session ends	1700 Session ends	
EVE Gurkha Kitchen				
* Sessions will take place at and around Northampton & Lamport Railway (NN6 8BA)				

圖 2 第二週課程

Applied Rail Accident Investigation Workshop Series				
Workshop 4 – Accident Investigation Simulation Exercise 22 – 26 July 2024				
Mon 22 July*	Tues 22 July (2x Breakout Rooms)	Wed 24 July (2x Breakout Rooms)	Thurs 25 July (2x Breakout Rooms)	Fri 26 July (2x Breakout Rooms)
0800 Accident Investigation Simulation Exercise Field phase (Separate timetable) <i>Mark Robinson Craig Cattel Janos Rozsa Chris White John Curran Marcus Taylor</i>	0900 Accident Investigation Simulation Exercise Formal interviews Press conferences Analysis/Further Evidence Collection (Separate timetable) MARK ROBISON Media debrief <i>John Curran</i>	0900 Accident Investigation Simulation Exercise Analysis/Report Writing Phase – Day 1 Lunch provided 12.30-13.30	0900 Accident Investigation Simulation Exercise Analysis/Report Writing Phase – Day 2 Lunch provided 12.30-13.30	0900 Accident Investigation Simulation Exercise Analysis/Report Writing Phase – Day 3 1230 Submission of team accident report Lunch 1330 Discussion – Safety Recommendations 1430 Discussion – Reflection <i>Janos Rozsa</i> 1445 Workshop ends
	1700 Session ends	1700 Session ends	1700 Session ends	
			1900 End of Course Dinner	
* Sessions will take place at Northampton & Lamport Railway (NN6 8BA)				

圖 3 第三週課程

課程場地

本次訓練課程主要是在克蘭菲爾德大學(Cranfield University)的 Martell House 舉行，Martell House 是短期訓練課程的主要場地，也是部份安全領域教授的研究辦公室，本次訓練的室內課程以及最後一週的調查報告寫作，均是在 Martell House (圖 4) 辦理。

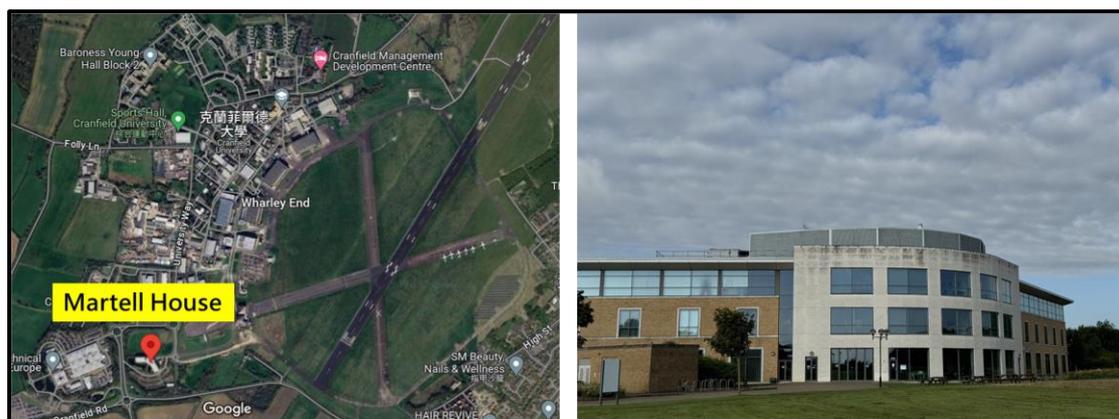


圖 4 Martell House

在克蘭菲爾德大學校內有一專屬的運具殘骸保存場域，現地包含有直升機殘骸、列車車廂殘骸(圖 5)、船隻殘骸等，證物蒐集、攝影技巧等課程，均在該場域進行。



圖 5 室外課程場地

參訓學員

本次課程總計有 11 位學員，除本會 2 位學員外，另包含來自瑞士運輸安全調查委員會（Swiss Transportation Safety Investigation Board）、瑞典事故調查局（Swedish Accident Investigation Authority）、比利時交通運輸部鐵道事故調查處（Rail Accident and Incident Investigation Unit）、新加坡交通安全調查局（Transport Safety Investigation Bureau）、新加坡地鐵有限公司（SMRT Trains Limited）以及塞爾維亞運輸事故調查中心（Center for Investigation of Accidents in Transport）等單位的學員參與（圖 6）。



圖 6 參訓學員、教官及工作人員合影（戴帽者為教官及工作人員）

課程師資

本次課程主任導師為匈牙利籍 János Rózsa (圖 7)，導師主要講授 Case study 並帶領學員進行討論，至於在其它專業課程中，除了有 Cranfield University 內部講師外，亦有英國鐵道事故調查局 (Rail Accident Investigation Branch)、英國鐵路網事業處 (Network Rail)、歐盟鐵道局 (European Union Agency for Railways) 等單位派員授課。



圖 7 導師 János Rózsa 向學員提示現場調查重點

參、課程摘要與心得

Workshop 1：鐵道事故調查基礎技術 7/8-7/12

第一週課程是在介紹調查技術，內容包含調查基礎、拍照技巧、現場蒐證、訪談技巧、分析方法及調查報告寫作等，重點摘述如下：

調查基礎

第一堂課，教官拋出第一個問題，為何要做事故調查？多數學員的回應都集中於預防下次事故、探究事故真因、找出潛在風險等，但教官在課堂中提醒，上述答案都是事故調查後的結論，而經由事故分析概念圖（圖 8）可以協助調查人員檢視事故過程中，是否做到全盤性的分析檢驗。

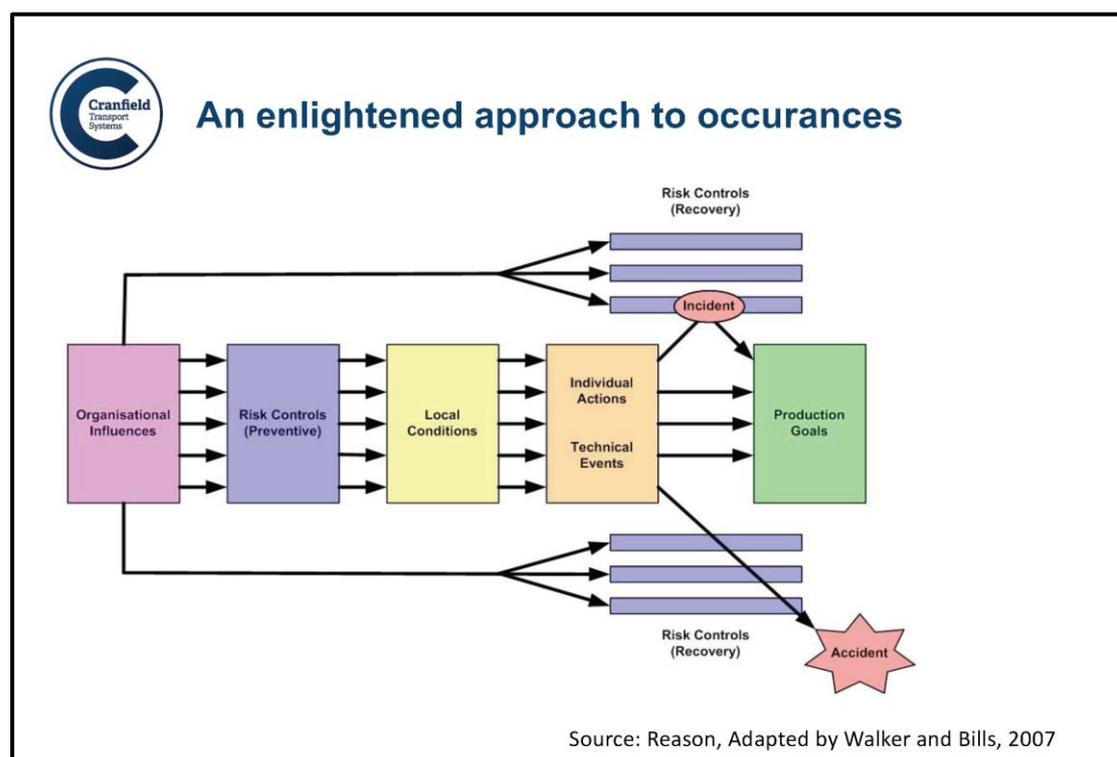


圖 8 事故分析概念圖

在調查過程中，因為每個人都有自己的偏見與盲點，因此調查作業通常都是由「團隊」所執行，而調查人員可能產生的偏差包括：

- 確認偏差 (Confirmation Bias)：傾向尋找和自己觀點一致的證據，而忽略或選擇性的解釋互相矛盾的證據，產生確認偏差會使調查人員傾向以自我認知的方式解釋證據。
- 基本歸因錯誤 (Fundamental Attribution Error)：過度觀察他人行為或是人格特質，反而低估情境因素對行為之影響。
- 結果偏差 (Outcome Bias)：只注重結果，而不考慮事件是如何發展的。
- 聚類錯覺 (Clustering Illusion)：一種認知上的偏誤，例如在隨機數據中感知到有群聚模式，即便實際上根本沒有該類型群聚。
- 啟發式可用性 (Availability Heuristic)：從個人記憶中最容易的假設來評價或判斷事情。
- 刻板印象 (Stereotyping)：通常被定義為群體信念，區分有偏見及歧視兩種樣態。
- 盲點 (Blind-spot)：認為自己不受認知偏差影響，反而是其他人容易受到認知偏差影響。

拍照技巧

事故現場拍照，對於跡證保存、事故分析、事故建構相當重要，因此在調查人員移動到現場前，腦海中就要開始不斷地建構拍照計畫，抵達現場後不論是評

估安全防護、拍攝範圍、拍攝列車編組、拍攝損害情形等作業，都是調查人員需要具備的重要技巧。

現今多數人隨身攜帶手機，教官並不反對使用手機進行取證，因為手機具備傳輸便利性，但相對應的，有關調查機密資訊或傷亡情形，往往會隨著手機傳輸輕易流出。

拍照技巧課程是在校內的運具殘骸保存場域進行，採用一節事故車廂進行實際演練（圖 9），教官先開放性的讓學員拍攝認為與事故有關聯性的資訊，最後回到教室讓各組展示拍照內容，並且說明拍攝之重點及原因，雖各組拍攝的成果及內容不太一致，但這門課的重點在於讓學員了解，在事故現場團隊合作的重要性，以及事故現場清理後的不可回復性。

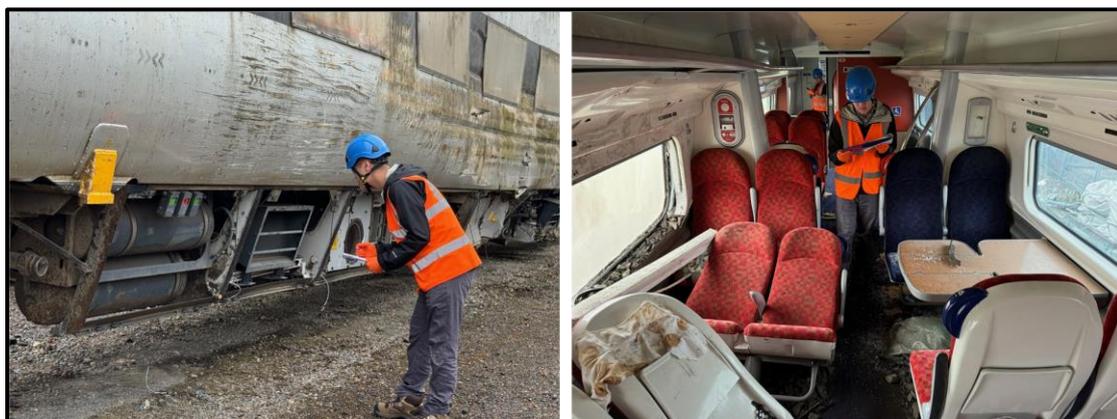


圖 9 事故現場拍照演練

現場蒐證

教官一再強調現場蒐證是事故調查的重要基礎，調查人員要把現場蒐證視為重要任務看待，因為證據是可以提供調查方向、還原事件順序、分析假設檢驗、支持改善建議等關鍵項目，因此必須謹慎蒐集證據，讓後續的事故分析可以被合理的論述與支撐。

而證據的收集包含但不限於以下四點：

- 物理 (Physical)：包含事故現場、重型機械設備、所有設備、與環境發生交互的任何事物等。
- 人 (People)：包含直接參與員工、間接參與員工、傷者、目擊者、緊急救護人員、維修人員、訓練人員、管理階層、外部承包商等。
- 數據 (Data)：包含電子紀錄資訊、儲存資料庫、CCTV、員工當下拍攝的照片、電子郵件等。
- 文件 (Documentary)：包含初步調查報告、維修日誌、人員班表、紙本資訊（例如簽到表）、訓練紀錄、操作手冊、政策或指導手冊、會議紀錄、檢查紀錄、員工資料表、員工健檢紀錄、傷者醫療資訊等。

訪談技巧

在訪談技巧課程中，教官講解英國 RAIB 使用的 GEMAC 訪談技巧，內容包含 Greeting、Explanation、Mutual Activity 及 Close 四個步驟：

- Greeting (問候)：在訪談開始前建立友好及輕鬆的氣氛，通常可透過簡單的問候及寒暄，並藉由握手拉近彼此距離。
- Explanation (說明)：清楚表達訪談的目的及重點，而且要使用簡單易懂的文句，避免艱澀的法律及專業術語，尤其在運輸安全調查訪談中，向受訪者說明調查目的是非常重要的。
- Mutual Activity (共同活動)：可以透過想法分享、議題討論等方式進行，促

進訪談者與受訪者的共同參與。

- Close（總結）：總結在訪談中是很重要的環節，除了讓受訪者感受到內容有確實被聆聽外，也是確認雙方達成某種共識，並且可以在總結時提出後續行動方案或安排下一次訪談時間。

在說明訪談技巧的理論基礎後，教官將學員分組，一組學員在教室內觀看事故影片，並擔任目擊者之角色，另一組學員擔任調查員，嘗試利用 GEMAC 方法進行訪談，瞭解事故狀況，最後再回到教室觀看事故影片，此目的是要讓學員檢視訪談過程中的遺漏處，並且瞭解目擊者回想、建構事故的困難及差異性。

分析方法

這門課一開始，教官請學員思考「調查」與「研究」有何差異？調查通常係指對特定事件進行深入探究，目的在於查明事實真相，其方法集中且專門；至於研究通常指對單一領域、現象或行為，進行系統性探討與解釋，目的相對多元，方法多樣且範疇廣泛。

為了在調查中得出結論，我們需要一個前提，前提主要是由「證據」及「假設」所組成。其中「證據」是與結論相關的數據或資訊，藉由分析證據瞭解其與結論的相關性；如果要在調查過程中做「假設」，該假設必須相當明確且有證據支撐，否則其合理性可能不明顯，其架構如圖 10。

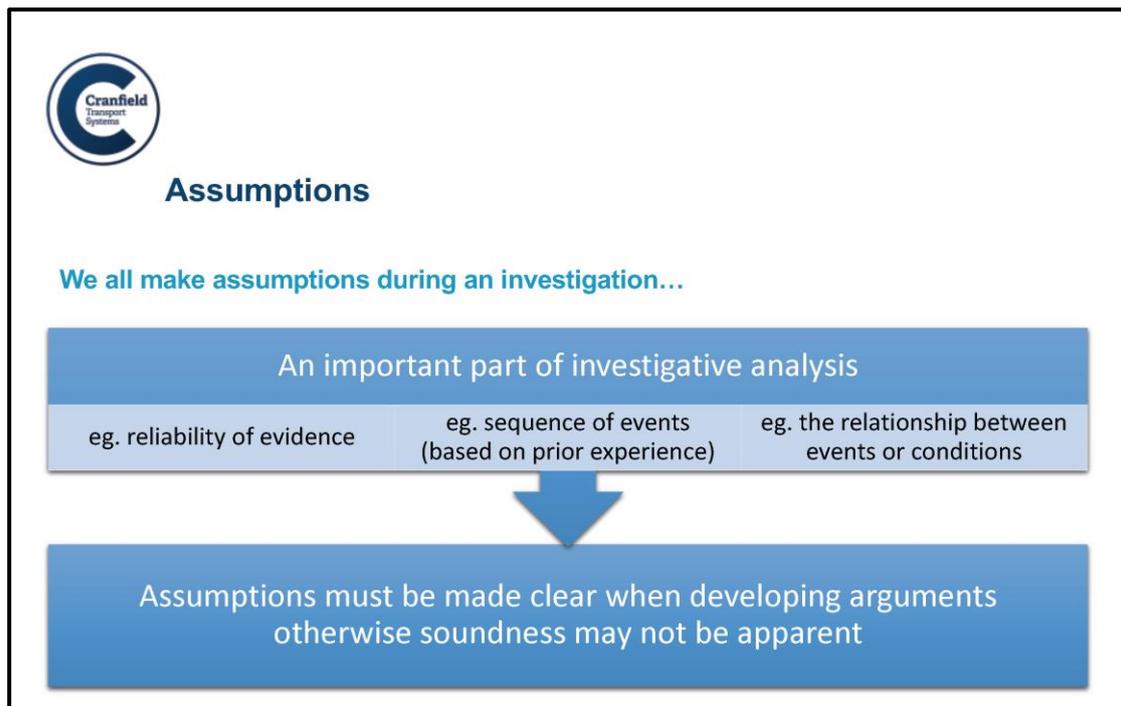


圖 10 分析過程中進行假設

分析旨在幫助調查人員發現：

- 發生了什麼；
- 什麼時候發生；
- 為什麼會發生。

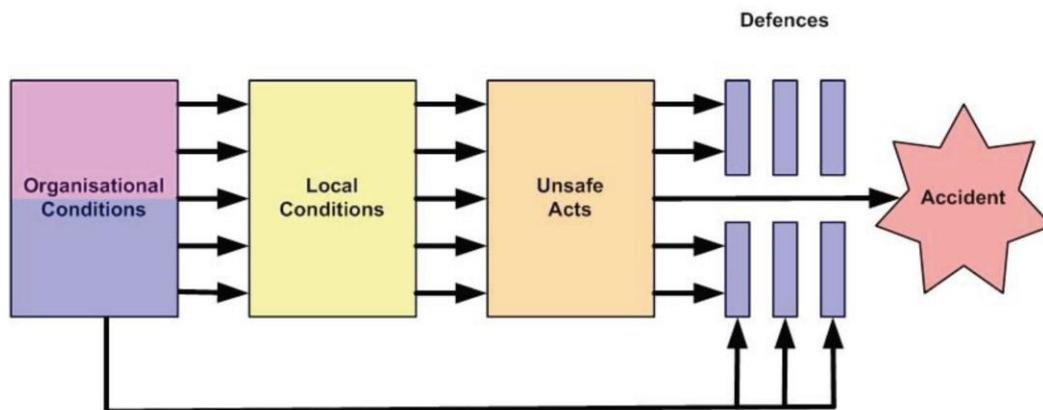
而澳洲 ATSB 在瑞士起司模型基礎上，為航空、水路、鐵道事故調查開發出一種更細緻的事故模型，稱為組織型事故模型（圖 11），可以更輕易的識別潛在安全因素，藉由識別安全因素，此種模型是導向主動式安全管理，目標是預防事故的發生，而不是事後解釋事故原因。



Organisational Accident Model (refined)



- Based on refined Swiss Cheese model in order to (ATSB, 2008):
 - Provide a more generic method that would be more applicable to a wider range of investigations
 - Better fulfil the role of identifying potential safety factors



Source: ATSB 2008 www.atsb.gov.au/media/27767/ar2007053.pdf

圖 11 組織型事故模型

調查報告寫作

課堂上，教官首先詢問參訓學員國家的運輸事故調查報告篇幅量，多數國家調查報告包含附錄介於 50 至 100 頁，因此教官聽聞我國 2018 年發生的 1021 普悠瑪出軌事故補強報告達 300 頁，顯得有點不可置信。教官認為調查報告不在多而在於精準，調查報告在於提供讀者發生什麼事、如何發生以及為何發生，不需要太多餘的額外資訊，以及支撐結論與建議相關之證據並且掌握透明、誠實、基於事實、準確、委婉、可讀性高、清晰、易懂、邏輯等要項。

通常報告第一版不會是最終版，教官引用美國作家 Octavia Butler 說過的一段話「剛開始寫作的時候，你的作品可能不會很出色，你可能會寫出很多糟糕的東西，還自以為寫得不錯。不過隨著時間的推移，你會逐漸變得更好，這就是為什

麼我總是說，堅持是最重要的特質之一」，因此調查人員在面對報告被修改時要保持冷靜。

教官另外提醒，自我檢查或修改調查報告並不容易，因此調查人員應該在報告撰寫與修改間，保留幾個小時甚至幾天的間隔，教官也建議，在報告提交前可以實施同儕審查（peer review）也是一個不錯的選擇。

最後，教官提供一些英文片語及單字範例，因有不確定性、主觀性以及模糊性，可能會降低調查報告的客觀性和精確性，因此應儘量避免出現在報告中，併同中文臚列如下：

- it is considered：被認為、被視為
- raised doubt：引起懷疑、產生質疑
- it is understood：據了解、據悉
- obviously：顯然、明顯地
- assume：假設、推定
- appears：似乎、看來
- apparently：顯然、表面上看來

Workshop 2：脫軌事故調查 7/15-7/17

Workshop2 課程集中於介紹脫軌事故調查，首先教官彙整了脫軌事故的 7 種主要機制：

- 輪緣爬升
- 鋼輪抬升
- 軌距擴大
- 鋼軌失效
- S+C 事件（轉轍器方向與人為操作）
- 輪對組或懸吊失效
- 超速

當脫軌事故發生後，調查人員可先初步判斷脫軌是何種機制所造成，以先行規劃事故現場證據蒐集的重點。根據英國鐵道事故調查局統計資料，在歷年計 98 起脫軌事故調查中，以輪緣爬升、鋼輪抬升以及轉轍器方向與人為操作等 3 種類型，為造成脫軌事故之主要機制（圖 12）。

RAIB derailment investigations

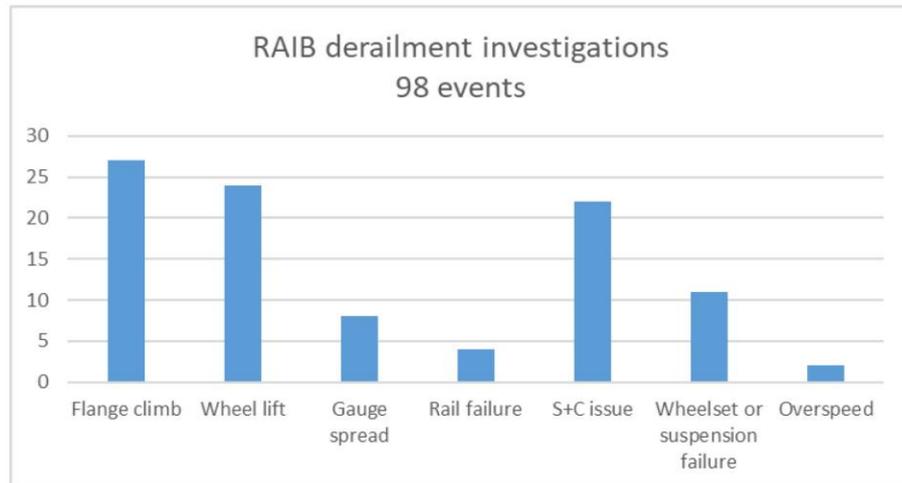


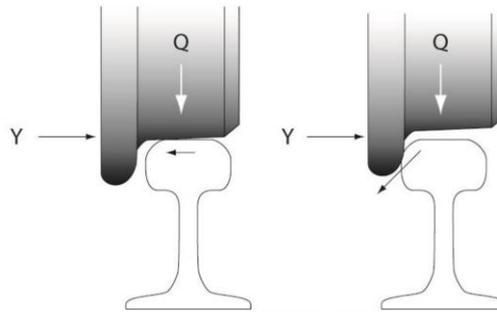
圖 12 英國鐵道事故調查局脫軌調查案統計

而針對輪緣爬升機制，講師介紹 Nadal's 公式的垂直力（Q）與橫向力（Y）的交互影響關係， Y/Q 為脫軌係數，該係數極限值會隨著輪緣與鋼軌的接觸角及摩擦力而隨時變化（圖 13），當發生輪緣爬升的脫軌事件時，必須考量輪軌介面是否存在高橫向力或低垂直力。

輪軌介面可能提高脫軌係數 Y/Q 之因素，包含：

- 高橫向力：小半徑曲線、超高不足、軌道橫向缺陷、轉向架扭矩、懸吊系統縱向限制、橫向緩衝器橫向力等。
- 低垂直力：軌道扭曲、轉向架扭曲、懸吊系統垂直限制、車輛偏載等。

Wheel flange climb – flange climb process



Q = vertical force on wheel/rail interface

Also referred to as V or F_V force

Y = lateral force on wheel/rail interface

Also referred to as L or F_L force



圖 13 垂直力與橫向力的交互影響

講師進一步介紹脫軌痕跡識別實務，當發生脫軌事故後，鋼輪會在軌道上留下損傷，藉由損傷可以判斷脫軌初始點（Point of Derailment, POD），將脫軌點定義出來後，即可向軌道側、車輛側展開後續的證據蒐集，學習脫軌痕跡識別，可以幫助調查人員在事故初期判斷脫軌機制。

當鋼輪爬上鋼軌側面，並持續越過鋼軌頭部且掉落至鋼軌外側時，鋼輪輪緣會在鋼軌頭部留下輪緣痕跡（Flange marks）；當輪緣掉落至鋼軌外側時，另一側的鋼輪落掉落至鋼軌內側，踏面角會在鋼軌上形成踏面角痕跡（Tread corner marks）（圖 14）。



圖 14 輪緣痕跡與踏面角痕跡

當輪緣痕跡與踏面角痕跡被識別出後，調查人員就可以判別出脫軌車廂走向及行走動向，此判別方法對於身處複雜的事故環境中相當有助益；此外依據輪緣痕跡長度，也可以初判垂直力與橫向力影響，當輪緣痕跡較長時，顯示橫向力較小，脫軌可能是因為軌道扭曲或車輛偏載造成，如果輪緣痕跡較短時，可能存在相當大的橫向作用力（圖 15）。

Derailment data analysis and simulation NetworkRail

Flange climb marks: what can we learn



Long flange mark:
Low lateral forces acting- flange climb due to reduced vertical load: possible track twist or vehicle imbalance?



Very short flange mark:
Very high lateral forces acted on wheels

A better railway for a better Britain M Burstow / 5

圖 15 依據脫軌痕跡初判垂直力與橫向力影響

翌日，上課場地移至北安普頓和蘭波特鐵路 (Northampton & Lamport Railway) 車場，這條路線目前僅有在週日開行蒸氣或柴油專列，且曾在部分停用之路線上發生過脫軌事故，相關脫軌痕跡被保留了下來，因此適合讓學員實際探查脫軌痕跡。

當找到脫軌痕跡後，即開始標示 POD (圖 16)，並依照課程所學將前後方軌道進行標示註記，並依序進行軌距尺操作、半徑曲率量測、AMBER 小型軌檢推車操作等實作教學。



圖 16 依據脫軌痕跡尋找並註記 POD

在軌距尺操作及半徑曲率量測方面，是自出軌點起向前後量測各枕木點位的相關數值，與本會實務上的做法相同，相關量測數據都是做為後續軌道扭曲 (Track twist) 計算使用 (圖 17)，教官並補充說明沉陷量校正、人工計算誤差等量測注意事項。

Track twist calculation

Difference in crosslevel between 2 positions

- Usually measured 3m apart
- But, consider the twist seen by the vehicle:
 - Do a calculation using the distance between the wheelsets of the first vehicle to derail

Understand and state the sign convention you use

- Does a positive track twist lead to unloading or increased loading on the outer wheel of the curve (so need to know the direction of the curve too)

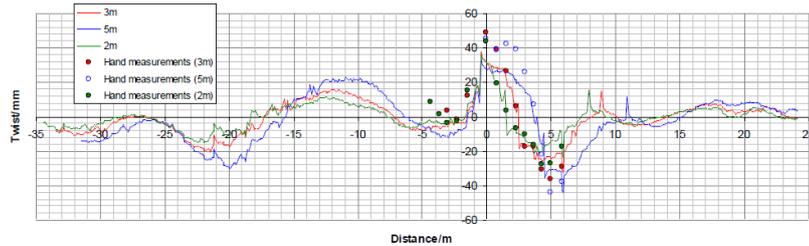
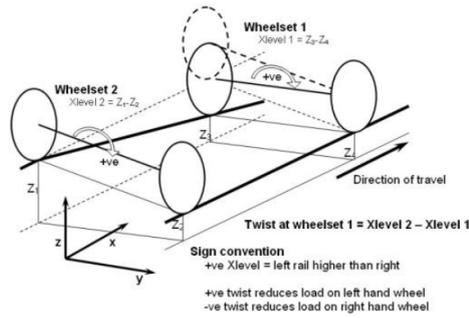


圖 17 軌道扭曲理論及計算

而另外在教官的課程簡報中，針對於鋼輪與軌道缺陷，有許多不錯的圖片呈現方式（圖 18），都可以做為未來本會調查報告使用的圖示參考。

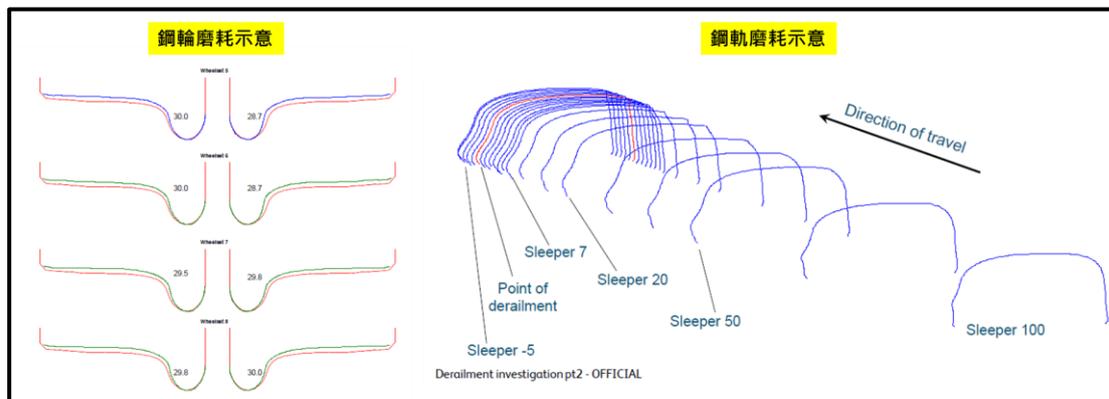


圖 18 鋼輪與鋼軌磨耗示意圖

Workshop 3：鐵道事故調查 7/17-7/19

Workshop3 是針對較常見的鐵道事故樣態，包括冒進號誌事故、平交道事故等，另外對於非傳統鐵路事故調查進行介紹，包括輕軌系統、無人駕駛捷運系統、鐵道新穎技術系統等，摘錄重點如下：

冒進號誌事故調查

教官針對冒進號誌（Signal Passed At Danger）事故之原因，區分為 4 種類型，包括：

- 類型 A：駕駛失誤
- 類型 B：因人員操作或設備故障造成號誌突變為險阻
- 類型 C：因緊急狀況變更號誌為險阻，但列車速度過快無法於號誌機前停車
- 類型 D：因列車煞車性能因素，列車無法在顯示險阻的號誌機前停車

在英國，只有類型 A 會被歸類為典型的冒進號誌事故，其它類型都視為操作性事件（incidents），當發生冒進號誌事故後，教官歸類出 5 個調查重點做為調查人員證據蒐集的考慮方向，包含駕駛人員認知與行動、疲勞與健康問題、駕駛人員對路線熟悉度、號誌機設置位置與可視性、安全防護系統及煞車系統運作機制等。

而在冒進號誌事故調查過程中，駕駛人員往往是此類事故的關鍵人員之一，為了系統性進行安全調查，同時也避免調查過程中過於集中探討駕駛人員表現，教官特別列出會影響駕駛人員表現的因素，包含工作負荷、駕駛室環境、疲勞狀

況、訓練機制（包含路線熟悉與車種經驗）、駕駛人員管理制度等等。

而在號誌機的可視性方面，教官提供一簡易視距計算公式（圖 19），可以做為調查人員現場的初步參考，其公式為 $I = \frac{(10 \times v)}{3}$ （其中 I 為基礎視距要求，單位為公尺；v 為車速/單位為公里小時），惟此基礎視距要求僅提供現場初判，仍需要針對駕駛室條件、號誌機設置條件、路線條件等因素進行全面性的調查與分析。



Signal sight distance



- Standard requirement: $I = 10v/3$
 - $(70 \times 10)/3$
 - $700/3$
 - 233m (12sec)

- Actual: 133 m (6 sec)

圖 19 號誌機基礎視距計算簡式

平交道事故調查

教官將平交道事故調查的關鍵重點彙整為以下三大類：

- 平交道防護設備運作情形：包含告警時間以及柵欄作用時間，此外柵欄下降與列車到達時間需要相互匹配。

- 列車運行情形：包含列車速度、車前標誌及亮度、警笛作用時間及音量、駕

駛室視角與平交道的相對性位置。

- 道路車輛運行情形：交通號誌標誌的顯眼度及可視度、標誌位置合理性、平交道口水平幾何及道路狀況。

特別的是，在英國地區仍存在有被動式平交道，在平交道現場只有標誌來引導公路用路人通行，用路人需要以電話聯繫號誌中心確認是否有火車通過，也要自行操作平交道柵欄或閘門，通過平交道要對自己的安全負責，且並非所有平交道都設置有 CCTV，因此易流失的證據包含目擊者、天氣狀況、鐵公路駕駛視角、現場煞車痕跡等等，都是調查人員在第一時間要蒐集的資料（如圖 20）。



Evidence

Perishable evidence:

- Witnesses to the accident, or users that recently used the crossing
- Weather conditions, including sun position, road surface condition (ice/rain/oil etc – use Suncalc)
- Crossing user and train driver's perspectives (eg, vegetation/lighting/noise influences)
- Road and rail markings; skid marks, impact marks, rail marks

Vulnerable evidence:

- Level crossing data loggers, on and off site
- Crossing CCTV and CCTV from locations near the crossing
- Train CCTV; including previous trains over the crossing in all directions
- Telephone voice recordings
- Train data loggers



8

圖 20 平交道事故應蒐集之證據

在課堂中，教官利用一起實際的平交道事故讓學員進行分組討論，在這起事故案件中，因為涉及的是被動式平交道，需要由用路人透過平交道附設的電話詢

問號誌中心是否可以通過，號誌中心告知路線尚未開放，但因為用路人不熟稔英文，誤會成平交道閘門可以開啟，造成出軌事故，因此 Network Rail 持續將被動式平交道升級視為組織重要的安全政策項目之一。

輕軌系統事故調查

因輕軌系統會與公路車流產生平面性交織，因此與一般鐵道事故調查較為顯著的差異風險，包含路口輕軌號誌與交通號誌的連動、與行人發生碰撞等事故樣態（圖 21）。

The slide titled "Investigation Considerations – Collision With Pedestrians" features a background image of a tram at a street intersection. On the left, there are two inset photographs: the top one shows a blurry night scene of a collision, and the bottom one shows a clear night view of a tram at a crosswalk. A list of investigation points is centered on the slide, and the Cranfield University logo is in the bottom left corner.

Investigation Considerations – Collision With Pedestrians

- Driver Drugs and alcohol
- Driver training and competence.
- Driver roster, fatigue index and lifestyle.
- Time and location of the incident.
- Weather and visibility, inc. sun.
- Street lighting condition.
- Signage.
- Sighting tram driver and pedestrian.
- Pedestrian/ tram signal status and visibility, including sequence.
- Assess tram damage.
- Tram windscreen clarity.
- Tram horn/bell functionality.
- Tram lighting status.
- Pedestrian injuries initial collision.
- Pedestrian injuries secondary impacts with road furniture.
- Pedestrian visibility of the approaching tram.
- Effect on tram service.
- Tram data logger download.
- CCTV downloads. [note that CCTV may not reflect what the driver sees].
- Pedestrian details.
- Witness names and details.

Cranfield UNIVERSITY

圖 21 輕軌與行人發生碰撞之調查重點

因為輕軌駕駛在通過路口時需要觀察輕軌號誌與交通號誌的顯示，在這樣情況下，容易分散駕駛的注意力，進而產生冒進號誌的風險；而道路及行人穿越道的設計，也是影響用路人對於輕軌列車接近的可視性，倘設計不當，容易使公路車輛或行人停滯於列車行駛範圍內。而這兩類型的風險，突顯了輕軌營運需要特別關注的領域，也是進行輕軌事故調查時所需要注意的重點。

Workshop 4：鐵道事故調查現場模擬實務 7/22-7/26

最後一週是為期 5 天的事故調查模擬演練，所有學員被打散分為 A、B 兩個團隊，並指定其中一人擔任主任調查官（Investigator In-Charge），在這一週內學員必須扮演英國國家調查局的調查員辦理事故調查，從事故通報、趕赴事故現場、現場蒐證、文件蒐集、現場目擊者訪談、現場媒體採訪、當事人訪談、記者會、報告撰寫等一整個完整事故調查流程，並且需要在最後一天中午 12 點前繳交調查報告。

第一日清晨 05:45，主任調查官的手機響起，通報者通報了一起鐵道事故造成 1 人死亡及 1 人受傷，主任調查官必須召集所有調查團隊成員，搭乘公務車前往事故現場，本次的事故現場是位於 Long Marston 的 Honeybourne 平交道，從克蘭菲爾德大學前往之路程約 1.5 小時（圖 22），在公務車上學員都帶著緊張的心情持續討論著現場分工。

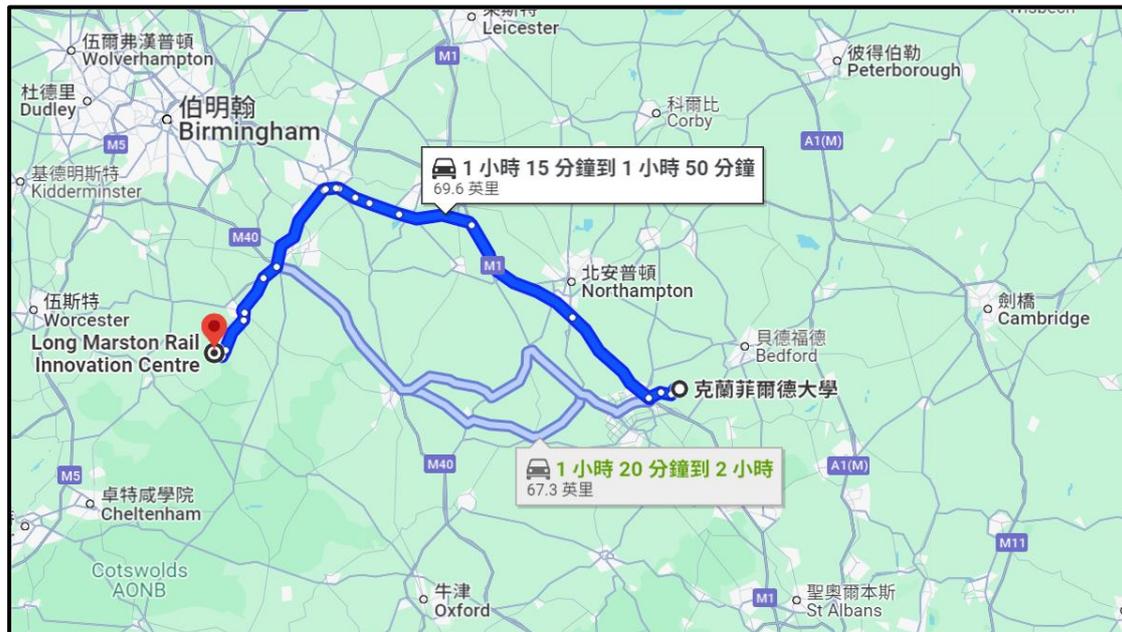


圖 22 事故模擬地點

抵達現場後，學員即依主任調查官工作分配進行現場蒐證（圖 23、圖 24），在調查過程中，包含了與警方工作界定與合作、現場記者採訪等突發事件，所有學員都要與警察、記者進行互動，講師事後解釋這樣的安排是要讓所有學員練習與外單位及媒體之應對。



圖 23 事故模擬運具



圖 24 事故現場作業

現場調查結束後，會在現地尋找適宜地點進行臨時訪談，主任調查官也要規劃隔日辦公室的正式訪談，受訪者包含司機員、號誌員、號誌經理、目擊者、事故小客車後方駕駛、事故小客車生還乘客，教官限制每次的訪談只能 2 位學員擔任主訪，其他學員僅能在旁觀摩且不得出聲干擾，目的主要是讓學員盡可能獨立完成訪談作業。

有趣的是，受訪者會根據其角色設定融入事故情境中，受訪者會實際表現出憤怒、悲傷或恐懼等情緒，更有受訪者在訪談過程中哭泣，這些突發狀況都是讓學員學習如何應對當下情形，而每一次訪談後，教官會立即講解學員在訪談過程中的優缺點。

在現場蒐集以及訪談執行完畢後，學員可以根據調查需求，列出調查資料需求清單，教官會視列出的資料清單給學員是否適當的建議，這些資料包含：號誌系統圖說、路線地圖、平交道配置圖說、列車操作與維護手冊、平交道操作與維護手冊、列車維修紀錄、平交道維護紀錄、號誌室日誌及故障紀錄、通聯紀錄、事故 24 小時前平交道列車通過紀錄、軌道及號誌施工紀錄、號誌員及司機訓練紀錄、號誌員及司機班表、小客車檢測技術報告、平交道故障統計、疲勞管理報告、平交道故障處置 SOP、警方事故報告、酒精和藥物測試紀錄等。

在進入事故分析前，教官安排了一場模擬記者會，學員必須要向社會大眾及媒體說明事故概況及調查進度（圖 25），現場記者將隨機發問，發問的內容包羅萬象，也會模擬較和善以及較偏激的記者。教官說明，辦理記者會的目的，主要是讓學員瞭解記者會的前置準備相當重要，發言內容稍有不當，容易被挑語病或被放大解讀。

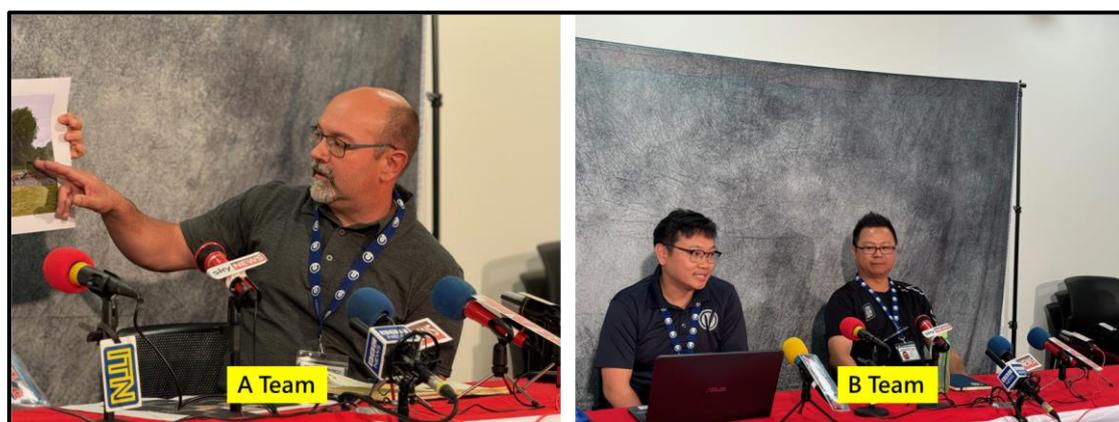


圖 25 模擬記者會

在記者會結束就正式進入調查分析階段及報告撰寫，在報告撰寫過程中，可以感受到不同國家的調查人員，切入事故的角度都會有所不同，因此偶有激烈的討論與辯論，不過在第一週的課程中，講師就提到調查過程一定是團隊合作，要能夠排除偏見及找出盲點，才是一名合格的調查人員。

學員實際藉由團體討論，可以排除個人盲點及主觀因素，以便於更客觀的分析事故成因，也才能夠提出有效的結論及改善建議，這次在克蘭菲爾德大學體驗了完整的模擬事故調查流程，確實增進了參訓人員的溝通及協調能力，並且更深化團隊合作的經驗及技巧。

肆、建議

這次參與英國克蘭菲爾德大學之「應用鐵道事故調查（Applied Rail Accident Investigation）」課程，不但與多國鐵道事故調查單位人員進行經驗交流，也在事故調查現場模擬實務上，學習到許多寶貴的實務經驗，更從課堂 Case Study 中突破本身的思考框架。這次訓練課程共計三週，因此課程安排上相當餘裕且具系統性，從調查基礎、訪談理論及實務、現地規劃、測繪工具操作實務、事故調查模擬直至報告撰寫，讓學員歷經完整調查流程，將理論與實務相結合，實為豐富且嚴謹的鐵道事故調查訓練。

為提升本會鐵道調查業務能量，建議未來持續派員參加此類訓練，除了強化調查人員知識與技術外，也可在訓練過程中，學習講師、其他國家學員之寶貴實務經驗，以做為本會未來調查實務上的參考與借鏡。

此外在測繪工具的使用上，本次在課程中所使用的脫軌痕跡模擬治具，可以準確的模擬出軌方向及路徑，有效提升現場工作效率，值得本會做為未來調查工具採購之參考項目。

參加「應用鐵道事故調查訓練(Applied Rail Accident Investigation)」

課程出國報告

服 務 機 關：國家運輸安全調查委員會

出 國 人 職 稱：鐵道調查組調查官 / 副調查官

姓 名：洪偉喆 / 游士漢

出 國 地 區：英國 / 克蘭菲爾德大學

出 國 期 間：民國 113 年 7 月 5 日至 7 月 30 日

報 告 日 期：民國 113 年 9 月 4 日

建議事項

	建議項目	處理
1	課程中使用脫軌痕跡模擬治具，可準確模擬出軌方向及路徑，有效提升現場工作效率，可做為未來調查工具採購之參考項目。	<input checked="" type="checkbox"/> 已採行 <input type="checkbox"/> 研議中 <input type="checkbox"/> 未採行
2	建議參訓人員將課程內容進行重點整理，並以簡報說明之方式，與會內同仁進行知識分享。	<input checked="" type="checkbox"/> 已採行 <input type="checkbox"/> 研議中 <input type="checkbox"/> 未採行