

出國報告（出國類別：考察）

拜訪歐美相關工具機等機械產業領域檢驗 及量測技術(英國、德國) 出國報告

服務機關：經濟部標準檢驗局
姓名職稱：陳簡任技正榮富、廖技正家彰
派赴國家：英國、德國
出國期間：中華民國 114 年 10 月 25 日
至 11 月 1 日
報告日期：114 年 12 月 16 日

摘要

本次出國報告彙整了對英國國家物理實驗室（NPL）、英國工具機公會（MTA）與驗證單位 Safenet 以及德國德凱技術中心（DEKRA Technology Center）的參訪內容。考察重點涵蓋量子計量與標準化、機械設備法規與綠色製造以及汽車安全檢測等三大面向。

在量子科技與計量方面，英國 NPL 作為英國的國家計量研究中心，正在積極推動量子技術的標準化與量測基礎設施建置。NPL 參與英國國家量子策略，並主導成立了量子計量學研究院（QMI）與英國量子標準網絡（QSNet），旨在將量子技術從實驗室推向產業。實驗室參觀內容包括量子密鑰分發（QKD）驗證平台、高溫超導約瑟夫森電壓標準（目標在 50 K 操作），以及採用石墨烯材料的量化霍爾電阻標準。

在機械設備安全與法規方面，參訪英國工具機公會與驗證單位 Safenet。Safenet 說明其作為英國政府指定「驗證機構」與歐盟「公告機構」的角色，提供 EU 及 UKCA 雙軌驗證服務。會議探討了歐盟新機械規範（預計 2027 年生效）的新增安全要素，例如軟體防駭。MTA 則介紹了英國製造業在航太、增材製造方面的發展趨勢。雙方一致同意，應加強技術對話與推動檢測驗證互認（MRA）以利臺英雙邊貿易與產業競爭力提升。

在德國 TÜV SÜD 檢測機構的交流，特別是針對未來將於 2027 年 1 月生效的歐盟機械法規進行因應準備。在交流過程中，TÜV SÜD 展示了其材料檢測實驗室及其多樣化的檢測設備。最關鍵的成果是財團法人精密機械研究發展中心(PMC) 與 TÜV SÜD 簽署了合作備忘錄 (MoU)。透過此 MoU，TÜV SÜD 未來可委託 PMC 執行相關測試工作，使我國業者能獲得在地服務，藉此降低測試費用並加速取得歐盟法規驗證證書的時程，提升國際競爭力。

在汽車安全方面，德國 DEKRA 技術中心是德國最大的獨立汽車測試場區，具備 ISO/IEC 17025 認證，可執行多國型式認證。本次參訪聚焦於 R129 兒童約束系統新法規的轉換，特別是動態側面衝擊測試的要求與技術細節（如使用 Q 系列假人、頭部加速度限制 75g/80g）。針對我國法規升級，雙方討論了設備升級、海外見證測試及 DEKRA 成為我國認可實驗室等三種合作方案。

目 次

壹、前言	4
一、 國際計量與檢測標準發展趨勢	4
二、 本計畫出國目的	4
貳、過程	5
一、 本次參訪行程	5
二、 主要參訪之詳細內容	6
(一) 參訪英國國家物理實驗室 (NPL)	6
(二) 參訪英國工具機公會 (MTA) 及驗證單位 Safenet	9
(三) 拜會德國 TÜV SÜD 檢測機構	10
(四) 德國德凱技術中心 (DEKRA Technology Center)	14
參、心得及建議	15

壹、前言

一、國際計量與檢測標準發展趨勢

全球高科技產業正經歷結構性轉型，其中，安全標準、能源效率與前瞻技術（如量子科技）的標準化是關鍵趨勢。在汽車領域，國際間正由 UNECE R44 轉向更嚴謹的 R129 法規，特別是新增的動態側面衝擊測試要求，旨在提升兒童約束系統(CRS)的安全性。在基礎科學與計量領域，英國 NPL 等頂尖機構正積極投入巨額資金推動量子科技的標準制定，以確保技術從實驗室走向產業時具備可信任的量測基礎。此外，歐洲機械設備法規正迎來全面更新，歐盟新機械規範將取代舊指令，並對設備的網路安全、電氣安全等提出更高要求，影響全球製造業供應鏈。我國作為全球供應鏈的重要成員，亟需掌握這些國際標準變動與技術趨勢，以確保產品的國際市場競爭力。與德國 TÜV SÜD 檢測機構的交流，特別是針對未來將於 2027 年 1 月生效的歐盟機械法規進行因應準備，另本次參訪關鍵的成果是財團法人精密機械研究發展中心(PMC) 與 TÜV SÜD 簽署了合作備忘錄 (MoU)。

二、本計畫出國目的

本次考察計畫旨在透過實地參訪國際領先的檢測機構與標準化單位，深入了解以下三個關鍵領域的最新發展、技術要求與國際合作模式：

1. 量子計量：參訪英國 NPL，瞭解其在國家量子策略下如何建立量子計量標準、單光子量測技術及 QKD 測試平台，並探討臺英雙方在量子標準互認上的合作潛力。
2. 機械法規與綠色製造：掌握英國在新歐盟機械規範與 UKCA 標誌制度下的因應策略，並就機械設備安全檢驗、能源效率標準（如 ISO 14955）推動等議題與 MTA 及 Safenet 進行交流，尋求未來雙邊合作契機。
3. 因應歐盟機械法規：該法規將於 2027 年 1 月生效，規定高風險機械設備必須通過歐盟認可的第三方機構進行驗證，才能在歐盟市場銷售。本次拜會與簽署合作備忘錄的具體目的，是希望讓 TÜV SÜD 在我國業者申請歐盟機械法規驗證時，能將相關測試工作委託給 PMC 執行。如此一來，PMC 便可在臺灣就近服務業者，達到縮短驗證時程、降低檢測成本的目標

4. 汽車安全：瞭解德國 DEKRA 技術中心在 R129 兒童約束系統檢測上的經驗與技術細節，評估國內檢測設備升級（R44 轉換至 R129）的可行性與國際合作方案。

貳、過程

一、本次參訪行程

本次行程赴英國拜訪英國工具機公會、英國檢測驗證機構 Safenet 及英國國家物理實驗室（NPL）瞭解歐盟新版機械指令英國作法及合作可能性、赴德國慕尼黑見證財團法人精密機械研究發展中心(PMC)與 TUV SUD 簽署 MoU 及赴德國柏林德凱(Dekra)技術中心參觀，瞭解兒童汽車座椅標準、檢測設備及相關資訊。參訪日程為 114 年 10 月 25 日至 11 月 1 日，完整行程如下(表 1)：

表 1 本次參訪行程表

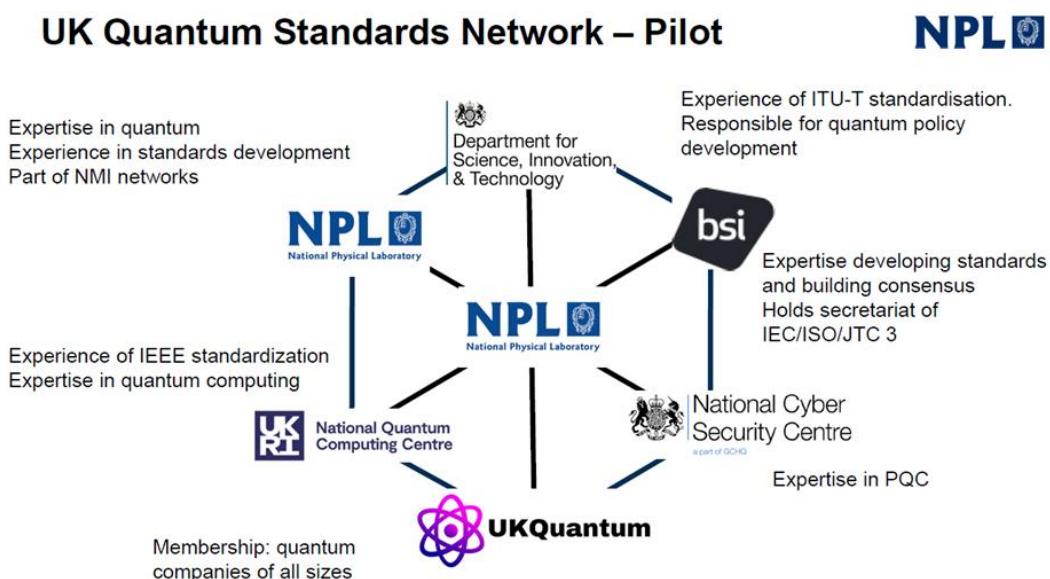
參訪日期	參訪地點與機構	參訪主題及實驗室
10/25~10/26	10/25 搭機啟程，10/26 抵達英國倫敦	
10/27	拜會英國國家物理實驗室(NPL)	瞭解其在國家量子策略下如何建立量子計量標準、單光子量測技術及 QKD 測試平台
10/28	拜會英國工具機公會及 Safenet	掌握英國在新歐盟機械規範與 UKCA 標誌制度下的因應策略，並就機械設備安全檢驗、能源效率標準（如 ISO 14955）推動等議題與 MTA 及 Safenet 進行交流。
10/29	拜會德國 TUV SUD	參訪 TUV SUD 機械實驗室、簽署歐盟機械法規檢驗合作 MoU
10/30	拜會德國 Dekra 技術中心	參訪汽座檢測實驗室，瞭解 R129 標準檢測設備及技術
10/31~11/1	搭機回程	

二、主要參訪之詳細內容

(一) 參訪英國國家物理實驗室 (NPL)

1. 國家量子策略與計量標準建置

NPL 是全球領先的計量與標準研究機構，也是英國的國家計量研究中心。根據英國政府 2023 年發布的《國家量子策略》，英國承諾在未來十年內投入 11 億英鎊推動量子科技，目標包括建立百萬量子位元規模的量子電腦及部署全球最先進的量子網絡。NPL 的核心角色是連接科學與產業，透過建立量測技術、認證體系與標準化，讓量子技術成為可信任的產業力量。NPL 成立了「量子計量學研究院 (QMI)」，並主導成立了「英國量子標準網絡 (QSNet)」，協助中小企業參與標準制定與市場驗證，並推動量子產品的市場驗證(如圖一)。藉由 QSNet 的成立，讓英國產業界能以標準化語言參與量子技術發展。除此之外，NPL 亦參與 IEC/ISO JTC 3 與 CEN/CENELEC JTC 22 的量子標準制定，負責制定術語、量測指標與性能標準。這些規範將確保量子運算設備能跨國相互認可，並推動量子商業化進程。NPL 亦是 G7 國家成立的「Network of Metrology Institutes for Quantum (nmiQ)」的核心成員之一。



圖一、NPL 主導成立之 UK Quantum Standards Network

2. 量子通訊與單光子計量實驗室參觀

該實驗室負責建立「量子密鑰分發 (QKD)」驗證平台與單光子探測器校正鏈。實驗室負責人指出，量子網絡的信任建立在量測的可靠性上。NPL 的 QKD 測試平台

可模擬多節點網絡，支援多種協定，使用超導奈米線單光子探測器（SNSPD），工作溫度為 800 mK，靈敏度極高。然而，QKD 在實際應用中面臨三大挑戰：硬體設備穩定性、傳輸距離受限於光纖損耗，以及設備價格高昂，建置與維運成本高於傳統加密系統。NPL 亦與產業界合作建立「量子通訊測試場域（Q-TEST）」用於產品驗證。

3. 高溫超導與電壓標準實驗室參觀

在量子電學領域，NPL 致力於實現標準系統的小型化與商業化。傳統的約瑟夫森電壓標準需在 4.2 K 的液態氮溫度下運作。NPL 的目標是能實現在 50 K 溫度條件下操作高溫超導約瑟夫森陣列，以穩定輸出 10 V 電壓，準確度可達 10^{-9} 等級，這將大幅降低系統維護成本。

在電阻標準方面，NPL 於 2018 年率先採用了石墨烯量化霍爾電阻標準（G-QHRS），取代傳統的砷化鎵（GaAs）材料標準。石墨烯標準可在較低的磁場（5 T）及較高溫度（4 K）下操作，相較於傳統 GaAs 標準（需 2 K 以下溫度和 10 T 高磁場），此項革新大幅簡化了系統設備，量測不確定度可低至 1×10^{-9} 。

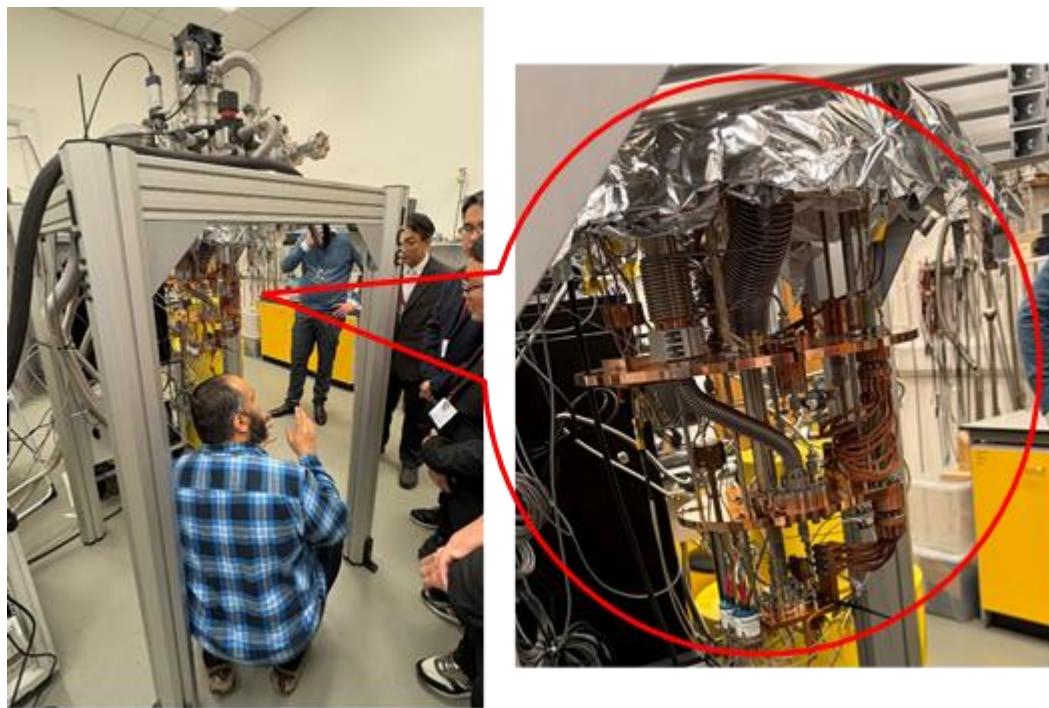


圖二、高溫超導約瑟夫森電壓標準系統

4. 量子電腦電路實驗室參觀

該實驗室的研究重點涵蓋超導電路、低溫放大器、微波量測控制電路。實驗室使用免液氮的低溫系統，可在 300 mK 溫度下量測量子電路特性。研究範疇包括參數

放大器（可實現 20 至 25 dB 增益）以及將量子訊號轉換為光學訊號的 Microwave-to-Optical Transduction 模組，這是分散式量子運算的關鍵技術。



圖三、量子電腦電路量測用之低溫冷卻系統

最後，我方團員與英國 NPL 代表共同於接待中心合影留念，如圖四。



圖四、我方團員與英國 NPL 代表共同於接待中心合影

(左起為 PMC 葉明宗經理、李益昇處長、本局廖家彰技正、陳榮富簡任技正)

(二)參訪英國工具機公會 (MTA) 及驗證單位 Safenet

1.單位簡介及臺英合作現況

本次參訪旨在瞭解新歐盟機械規範生效後英國的因應措施，並探討臺英雙方在設備安全檢驗與綠色製造上的合作機會。Safenet 是一家英國政府指定的「驗證機構（Approved Body）」，負責機械與電磁相容（EMC）相關產品的安全驗證。Safenet 在英國脫歐後在愛爾蘭設立分公司，成為歐盟「公告機構（Notified Body）」，提供 EU 及 UKCA 雙軌制度之驗證服務。Safenet 已與我國精密機械研究發展中心（PMC）合作執行部分檢查作業，形成了跨國驗證與文件互信機制。

2.英國製造業發展趨勢與經濟情勢

MTA 提供了英國市場情報，預期 2025 年英國 GDP 成長率將降至 0.9 %。儘管經濟動能有限，英國製造業在航太、高階機械與綠色製造等領域仍具強勁發展潛力。航太產業產值已恢復至疫情前水準，其擴張帶動了精密加工、測試量測及節能生產技術的應用。汽車產業則受全球電動化趨勢影響，正加速向混合動力與純電動車轉型。

3.歐盟新機械規範與 UKCA 標誌制度因應

英方說明，歐盟新機械規範將取代現行機械指令，技術要求變化不大，但新增了若干關鍵安全要素，例如軟體防駭與架空電線偵測。脫歐後英國推動 UKCA 驗證體系，目前仍與 CE 標誌並行且高度重疊，短期內英國仍接受 CE 認證產品輸英。Safenet 建議我國業者須提前因應，強化與英方的技術對話，以確保產品文件符合英歐雙邊要求。

4.綠色製造與國際合作展望

雙方就歐洲「綠色工具機」政策進行交流，例如義大利政府使用 ISO 14955（工具機能源效率標準）作為補助條件，有效促進節能技術導入。我方表示可借鏡歐洲經驗，結合能效標準與綠色製造標章，推動工具機產業低碳轉型。英方建議雙方可定期舉辦研討會與技術論壇，促進標準協調，並持續推動檢測驗證互認（MRA）機制，以降低雙邊市場法規障礙，提升供應鏈信任。

最後，我方團員與英國 Safenet 代表共同於會議室合影留念，如圖五。



圖五、我方團員與英國 Safenet 代表共同於會議室合影

(三) 拜會德國 TÜV SÜD 檢測機構

1. 實驗室參訪

TÜV SÜD 的材料檢測實驗室導覽由材料技術部門主管 Andreas Stäblein 和工業機械部門經理羅勝凱進行。TÜV SÜD 除了提供各式材料標準檢測外，還能依據業者的需求規劃檢測項目，以協助業者改善產品製程與品質。

參訪中導覽的關鍵檢測設備及用途如表 2:

設備外觀	說明
	設備名稱：電子式顯微鏡 用途：用來觀測原始產品或是經特別處理後之切面是否有瑕疵或缺陷；螢幕中為輪圈之切面。
	設備名稱：化學耐性試驗箱 用途：它用來模擬材料(如塗料、塗層等)在特定化學環境中的暴露情況，以評估其耐化學品腐蝕、老化、脆化或變質的能力。

	<p>設備名稱：摩擦磨損試驗機</p> <p>用途：輪子對塗層表面進行摩擦，並施加垂直壓力來模擬實際使用中的磨損情況，用來測試塗層或材料表面的抗磨損能力。</p>
	<p>設備名稱：加速老化測試機</p> <p>用途：模擬材料在自然環境中受到紫外線、濕度、溫度等因素影響，常用於測試塗料、塑膠、橡膠等材料在戶外環境中，特別是對紫外線與潮濕的耐受性。</p>
	<p>設備名稱：臭氧老化試驗箱</p> <p>用途：測試材料在臭氧環境下的耐受性和老化性能，尤其是用於評估橡膠、塑膠等材料是否會因長時間暴露於臭氧中而發生裂解或其他劣化現象。</p>
	<p>設備名稱：熱重分析儀</p> <p>用途：用來測量材料在加熱過程中質量變化的設備，分析材料的熱穩定性、組成及分解行為，以了解材料在加熱過程中之分解、揮發或其它物理或化學變化。</p>
	<p>設備名稱：X 射線螢光分析儀</p> <p>用途：利用 X 射線激發樣品中的原子，使其釋放出特徵螢光 X 射線，通過分析這些螢光輻射可以確定樣品的元素組成</p>
	<p>設備名稱：燃燒試驗箱</p> <p>用途：模擬材料在火災中的燃燒行為，並測試其燃燒特性及耐火性，應用於材料測試、建築防火、電子產品等領域。</p>

	<p>設備名稱：熱變形與軟化測試儀</p> <p>用途：測定塑料、橡膠及複合材料等材料在加熱過程中，在受重下的變形特性，以評估材料在不同溫度下的熱穩定性及機械性能。</p>
	<p>設備名稱：動態機械分析儀</p> <p>用途：用於測量材料在不同溫度及應力頻率的機械行為，主要應用於測定塑料、橡膠、複合材料之彈性、黏彈性、熱穩定性等物理性能。</p>
	<p>設備名稱：微波燒結爐</p> <p>用途：結合微波加熱與傳統燒結爐功能，能夠提供更快的加熱速度和更均勻的溫度控制，專門用於進行高溫燒結、灰燼化和有機材料的燃燒測試。</p>
	<p>設備名稱：多用途材料試驗機，</p> <p>用途：用於測量各種材料(如金屬、塑料、橡膠、纖維和複合材料)的力學性能，包括拉伸、壓縮、彎曲和剪切等測試。</p>
	<p>設備名稱：衝擊試驗機</p> <p>用途：測試材料在瞬間加載下的抗衝擊能力，對於金屬、塑料、鋼鐵等材料是非常重要的性能測試。</p>

2. PMC 與 TÜV SÜD 簽署合作備忘錄 (MoU)

本次拜會的主要目的是 PMC (由處長李益昇代表) 與 TÜV SÜD (由執行長 Wolfgang Hübl 代表) 簽署合作備忘錄 (MoU)。

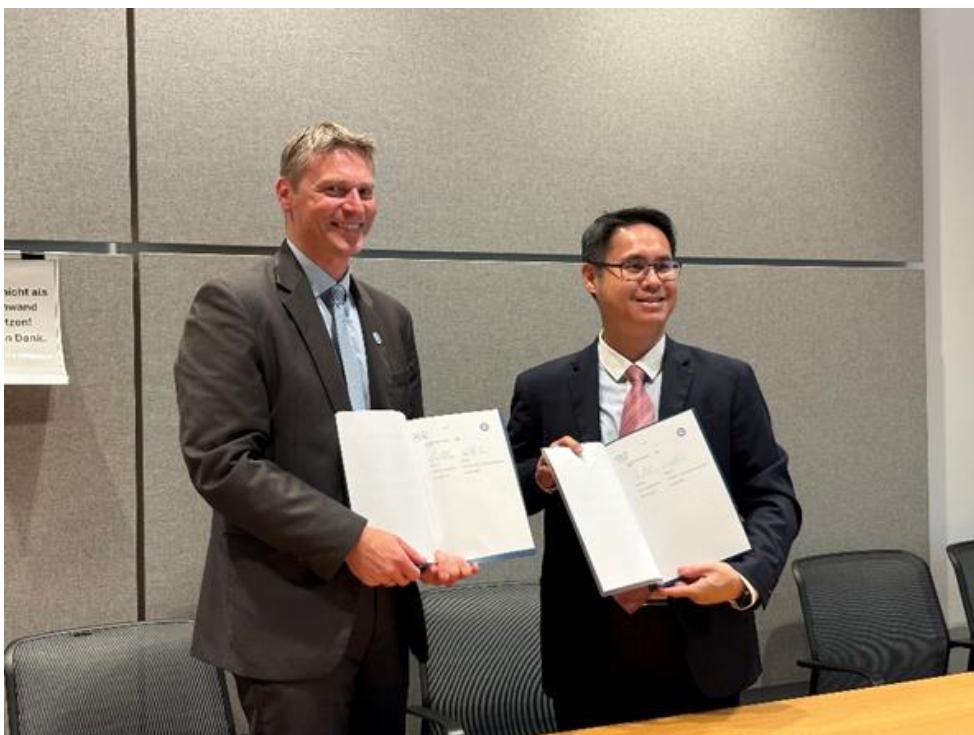
TÜV SÜD 是首批獲得歐盟認可執行機械法規的驗證機構之一。由於歐盟機械法規將要求高風險機械設備必須通過歐盟認可的第三方機構驗證，而設備運送至歐盟檢

測有體積龐大、不符標準無法即時修正等困難，因此，這次 MoU 的簽署具有重大意義。

透過這項合作備忘錄，未來我國業者在申請歐盟機械法規驗證時，TÜV SÜD 可將相關測試工作委託給 PMC 在地執行。這項在地服務將能有效降低業者的測試費用，並加快取得歐盟法規驗證證書的時程



圖六、本局訪團拜會 TÜV SÜD



圖七、PMC 李益昇處長與 TÜV SÜD Wolfgang Hübl 執行長簽署 MoU

(四)德國德凱技術中心 (DEKRA Technology Center)

1.單位簡介與服務內容

DEKRA 技術中心位於德國布蘭登堡州，是德國規模最大的獨立且中立的汽車相關測試場區，佔地超過 540 公頃。該中心具備 ISO/IEC 17025 實驗室認證，並可依據聯合國法規 (UN Regulations) 執行整車及零組件的型式認證 (Homologation) 服務。其主要業務涵蓋整車與零組件型式認證、品質管制、被動與主動安全測試（包括碰撞測試與 ADAS 驗證）、高壓電池測試，以及永續性與排放測試。

2.R129 側面碰撞測試要求與技術交流

DEKRA 技術專家詳細說明了 UN R129 法規針對側面碰撞的要求。該法規主要規範「頭部加速度」限制，小型假人上限為 75g，大型假人上限為 80g (1g 為 9.81 m/s^2)。側面碰撞測試的衝擊速度設定為 24 km/h。在測試過程中，車門僅可與兒童約束系統 (CRS) 接觸，且測試中假人頭部不應超出約束結構外。測試需使用 Q 系列假人（取代 R44 的 P 系列）。DEKRA 建議使用 3D 感測器，因其耐用度較高，雖然成本較高，但具備更佳的長期效益。

3.國內檢測能量升級與國際合作方案討論

針對我國正規劃將檢測標準自 R44 轉換至 R129 的需求，雙方交流了以下三種合作模式：

- (1)方案 A—升級現有 R44 試驗台車：DEKRA 表示其具備將減速度試驗台車系統自 R44 升級至 R129 的經驗，並可依據我國現有設備的技術資料進行分析與提供技術顧問支援。
- (2)方案 B—於德國 DEKRA 設施進行 R129 見證型式認證測試：考量過渡期間，臺灣 ARTC 人員可赴 DEKRA 實驗室見證 R129 動態測試，並據以發給國內測試報告，DEKRA 回應表示可行。
- (3)方案 C—德國 DEKRA 成為我國認可之 R129 測試實驗室：DEKRA 對於參與臺灣每年約 17 件兒童安全座椅 (CRS) 型式認證案件具高度興趣，並願意評估取得我國官方認可測試實驗室資格的可行性。此方案下又可細分為：僅於德國執行 R129 動態測試 (C1)，或執行 R129 全項動態及靜態測試 (C2)。



圖八、我方團隊與德國 DEKRA 成員合影

參、心得及建議

一、深化量子計量技術交流，建立產業信任基礎

英國 NPL 在國家級策略的支持下，已建立涵蓋量子電學、光學的完整量測鏈，特別是石墨烯量化霍爾電阻標準的應用，代表計量技術正邁向更實用化階段。考量我國在量子電子與半導體技術上的強大實力，建議未來雙方可從石墨烯量化霍爾電阻標準、單光子量測與低溫放大器量測等技術方向展開交流與合作。這將有助於我國未來建置量子元件的量測與驗證能力，並在全球量子供應鏈中取得標準化話語權。

二、積極應對歐洲新法規變革，並推動綠色製造標準：

面對歐盟新機械規範（2027 年生效）對機械設備新增的軟體安全要求，以及英國 UKCA 標誌制度的實施，國內製造業者須強化與 Safenet 等驗證機構的技術對話，確保產品文件與測試數據能符合英歐雙邊要求。同時，我國可借鏡義大利利用 ISO 14955 作為補助條件的經驗，在國內推動智慧機械與節能政策時，將能效標準、製程評鑑與綠色製造標章結合，以加速產業低碳轉型。長遠來看，雙方應持續推動建立檢測驗證互認（MRA）機制，以降低市場障礙，促進技術流通。

三、加速兒童安全標準 R129 的轉換與技術能力建置：

我國應借鏡德國 DEKRA 技術中心的專業經驗。鑑於歐盟已全面轉向 R129，我國須加速評估升級現有 R44 測試設施，以符合 R129 對正面與側面碰撞的技術要求。同時，應規劃導入 Q 系列假人及三維感測技術，以確保測試精度與國際比對

性。在設施升級完成前，可考慮透過與 DEKRA 等國際認證機構合作進行海外見證測試，以縮短技術落差並維持產品的國際競爭力。

- 四、本次考察的各項標準化工作，如同為未來的高速公路鋪設精密的路標和交通規則。例如，NPL 建立的量子計量標準，就像是為極微小且敏感的量子信號所制定的統一標準與規範。如果沒有這些精確的計量標準，量子產品的性能和安全性就無法被互相信任，就像兩輛車（量子電腦與量子網路）無法使用同一套導航系統一樣，產業化將無從談起。同樣地，R129 法規的側撞測試要求更高，就像是將兒童汽車安全座椅的防護等級從一般道路提升到賽車標準，確保在更嚴苛的條件下（24 km/h 側面衝擊）仍能最大限度地保護脆弱的頭部。透過這些國際合作與標準的導入，才能確保我們的產品和技術與國際「高速公路」無縫接軌。
- 五、簽署合作備忘錄的行動，就像是為高風險機械設備進入歐洲市場鋪設了一條「在地快速通關」專屬通道。過去業者可能需要將龐大的設備運到海外進行檢測，耗時且成本高昂，就像國際貿易中需要跨越重洋才能通關；現在透過在地授權合作，業者可以在家門口完成必要的檢驗手續，大幅提升了市場競爭力。