

出國報告（出國類別：考察）

赴日本考察氫能家用熱水器標準驗
證技術及出席 CPEEE 研討會技術交
流

服務機關：經濟部標準檢驗局新竹分局

姓名職稱：林韋杉技正、盧致宏技正

派赴國家/地區：日本

出國期間：中華民國 114 年 2 月 13 日至 114 年 2 月 17 日

報告日期：中華民國 114 年 5 月 5 日

摘要

氫能為我國 2050 淨零目標的關鍵戰略之一，各國也視其為能源轉型的重要支柱。經濟部於 112 年 7 月 4 日將氫燃料納入《能源管理法》定義，強化其在能源政策中的角色。在應用方面，燃燒設備的技術發展有助提升能源效率並減碳。日本在此領域領先，林內公司於 111 年開發出全球首款 100%氫氣燃燒的家用熱水器，顯示其技術優勢。

為掌握國際趨勢，計畫將赴日參訪林內公司與日本燃氣器具檢查協會(JIA)，瞭解氫能燃燒器具的技術、檢測標準及法規，並關注 NOx 排放規範與業界驗證制度。本次參訪期望深入了解日本氫能燃燒設備的發展，作為我國推動技術與法規的參考，加速氫能市場的成長。

另，赴電力、能源和電機工程國際研討會(International Conference on Power, Energy and Electrical Engineering, CPEEE 2025)，交流及蒐集國際間氫能與儲能技術發展，並進行戶外電池儲能系統專案驗證之論文發表。現行日本北九州市已開始進行氫能熱水器相關實證，規劃赴現地蒐集氫能熱水器實證情形，以作為我國未來發展氫能燃燒技術及標準制定的參考。

目次

壹、背景及目的.....	1
貳、活動行程及出席團員名單.....	2
一、活動行程簡述	2
二、出席團員名單	3
參、考察內容與過程	4
一、拜訪日本林內公司.....	4
二、考察財團法人日本燃氣器具檢查協會名古屋檢查所.....	9
三、參加 2025 年第 15 屆電力、能源與電機工程國際研討會	22
四、參觀日本北九州市氫氣市鎮	30
肆、心得與建議.....	35
伍、參考資料.....	37

壹、背景及目的

發展「氫能」為 2050 淨零路徑十二項關鍵戰略之一，全球各國紛紛將氫能技術視為實現低碳或零碳能源轉型的重要支柱。我國經濟部亦於 112 年 7 月 4 日公告，指定氫燃料為《能源管理法》第 2 條第 6 款所定義之能源，進一步確立氫能作為未來減碳燃料的重要性，並強化其在國家能源政策中的角色。

在氫能應用領域中，燃燒設備的技術突破對於提升能源利用效率、降低碳排放至關重要。日本作為全球能源技術創新的先驅之一，在氫能發展方面積極布局，特別是在家用與商用燃燒設備領域已取得顯著進展。日本家用熱水器大廠林內公司（Rinnai）於 111 年成功研發全球首款 100%氫氣燃燒技術的家用熱水器，展現其在氫燃燒技術上的領先地位，並為未來燃氣設備的氫能應用樹立新的標竿。

為掌握最新國際趨勢與技術發展，本次計畫規劃赴日參訪林內公司及日本燃氣器具檢查協會(Japan Gas Appliances Inspection Association, JIA)，蒐集並瞭解日本在家用氫能燃燒器具的檢測標準、技術推動情形及相關法規要求。此外，亦將關注當地燃氣器具燃燒排放 NOx（氮氧化物）之相關規範，並與日本業界交流燃氣器具驗證制度、檢測技術與設備應用經驗。另，赴電力、能源和電機工程國際研討會(International Conference on Power, Energy and Electrical Engineering, CPEEE 2025)，交流及蒐集國際間氫能與儲能技術發展，並進行戶外電池儲能系統專案驗證之論文發表。現行日本北九州市已開始進行氫能熱水器相關實證，規劃赴現地蒐集氫能熱水器實證情形，以作為我國未來發展氫能燃燒技術及標準制定的參考。

透過本次參訪，希望能夠深入了解日本在氫能燃燒設備領域的前瞻技術、標準化發展與市場應用經驗，進一步評估我國氫能產業的發展方向，並推動相關標準技術與法規的完善，以加速我國氫能應用市場在標準檢測技術的成熟與發展。

貳、活動行程及出席團員名單

一、活動行程簡述

本次出國期間為 114 年 2 月 13 日(星期四)至 2 月 17 日(星期一)，共計 5 日，行程及內容簡述如表 1 所示。

表 1 赴日本行程及內容

日期	行程	內容
2 月 13 日 (星期四)	搭機前往日本	台灣桃園國際機場搭機前往日本名古屋中部國際機場。
2 月 14 日 (星期五)	1.參訪林內公司 (Rinnai Corporation) 2.考察財團法人日本燃氣器具檢查協會 (JIA) 名古屋檢查所	1.赴日本林內公司(愛知縣大口町)觀摩檢測試驗室及聽取氫能熱水器發展簡報。 2.赴日本燃氣器具檢驗協會(愛知縣小牧市)觀摩檢測試驗室及天然氣調氣設備，並討論氫能器具及燃氣器具氮氧化物排放相關標準及驗證制度。
2 月 15 日 (星期六)	赴電力、能源和電機工程國際研討會	赴電力、能源和電機工程國際研討會(福岡縣福岡市)辦理報到及準備會議報告資料。
2 月 16 日 (星期日)	赴電力、能源和電機工程國際研討會	赴電力、能源和電機工程國際研討會(福岡縣福岡市)發表論文：建立戶外電池儲能系統專案驗證系統。
2 月 17 日 (星期一)	1.參觀北九州市氫能市鎮 2.搭機返台	1.赴福岡縣北九州市氫能市鎮參觀氫能相關基礎設施與示範場域。 2.日本福岡機場搭機返回台灣桃園國際機場。

二、出席團員名單

出席團員名單如表 2 所示。

表 2 出席團員名單

序號	單位	姓名	職稱
1	經濟部標準檢驗局新竹分局	林韋杉	技正
2	經濟部標準檢驗局新竹分局	盧致宏	技正

參、考察內容與過程

一、拜訪日本林內公司

(一)拜訪單位簡要介紹

林內公司創立於 1920 年，總部位於日本名古屋市，是全球領先的熱水器及燃氣器具製造商之一。其事業內容涵蓋家用與商用熱水器、廚房設備、暖房設備及氫能燃燒技術開發，並持續拓展至節能與低碳排放的能源應用領域。林內公司以「熱能科技創造更美好的生活」為理念，致力於提供安全、環保、高效的產品，改善人們的生活品質。

林內公司在日本各地設有多處生產與研發基地，並於全球超過 15 個國家設立子公司或營運據點，產品銷售遍及全球。此次參訪的「大口町工廠」位於愛知縣大口町，是林內公司核心的研發與檢測中心，專責於燃氣熱水器產品的創新設計、性能測試及安全驗證。

林內公司於 2021 年提出「RIM 2050 (Rinnai Innovation Manifesto 2050)」願景，明確揭示致力於開發不排放 CO₂ 的潔淨能源產品，並於 2022 年成功研發全球首款 100% 氫氣燃燒的家用熱水器，展現其在氫能應用技術領域的領導地位。該產品搭載多項創新安全技術，為氫能設備的實用化樹立重要里程碑。

透過本次參訪，深入了解林內公司在熱水器與氫能燃燒設備的研發流程、品質檢測與國際驗證標準，期能作為台灣未來發展氫能燃燒技術與相關法規的重要參考依據。

本次拜訪行程，日本林內公司接待人員如表 3 所示。

表 3 日本林內公司接待人員

姓名	單位	職稱
落神啓太	海外事業本部-第 2 營業統括部	組長
福田勝一	海外事業本部-第 2 營業統括部	課長
宮田 充	開發本部-技術開發部	課長
小澤太郎	開發本部-第一商品開發部	課長
北村尚之	開發本部-第一商品開發部	課長



圖 1 團員與日本林內公司之合照

(二)拜訪重點紀要

本次拜訪日本林內公司主要交流內容為燃氣熱水器檢測實驗室觀摩與聽取氫能熱水器發展簡報，因日本林內公司婉拒參訪人員於拜訪過程中拍照，故本段僅以文字及圖表資料進行報告。

1、燃氣熱水器檢測實驗室觀摩

因 CNS 13605「家庭用燃氣器具試驗法」[1]與 JIS S 2093「家庭用瓦斯燃燒機器試驗方法」[2]內容有高度重複，所以日本林內公司之燃氣熱水器檢測項目與本局檢測項目幾乎相同。

除了噪音試驗的專用無響室以及規模龐大的有風狀態試驗設備之外，特別令人留下印象的試驗項目是極低溫環境下的檢測。JIS S 2093 之試驗環境要求為常溫，溫度範圍為 5°C 至 35°C，但因應日本位於高緯度之氣候條件，日本林內公司另外以零下 20°C 甚至更低溫的環境對熱水器進行測試，展現出充分考量在地使用需求的設計與驗證精神。

2、聽取氫能熱水器發展簡報

傳統燃氣器具使用之燃氣主要成分為甲烷，燃燒後會產生水與二氧化碳等溫室氣體；相較之下，氫氣燃燒的唯一產物為水，不產生任何碳排放。因此，採用氫氣作為燃料，可有效實現「淨零碳排」的目標，對於促進環境永續與能源轉型具有重大意義。若比較甲烷與氫氣的燃燒特性，例如：發熱量、最大燃燒速度、可燃範圍、引燃能量及火焰可見性（如圖 2），可發現氫氣具有燃燒速度快、可燃範圍廣、引燃能量低的特性，很容易被點燃也容易發生逆火（燃料的噴出速度低於燃燒速度，導致火焰倒灌進入燃燒器內部的現象）。除此之外，燃燒氫氣的火焰是無色，應用上可說是極具挑戰性。

	發熱量(MJ/m ³)	最大燃燒速度(cm/s)	可燃範圍(%)	引燃能量(mJ)	火焰可見性
甲烷	39.9	43	5.3 ~ 15	0.29	青色
氫氣	12.8 (1/3以下)	346 約8倍	4.1~75	0.02 (1/10以下)	無色
	所需氣體量約3倍	容易發生逆火	容易燃燒	容易燃燒	

圖 2 甲烷與氫氣之比較[3]

2022 年 5 月，林內公司宣布在全球率先成功開發出家庭用氫氣 100%燃燒熱水器。林內公司憑藉百年累積的燃燒與氣體控制技術，成功解決上述技術障礙。其所開發之氫氣燃燒器結合燒結金屬與金屬狹縫板結構，有效防止逆火發生，並能穩定對應不同水量與水溫需求。為提升安全性，林內公司亦開發出雙重防護機制（如圖 3），包括火焰阻斷裝置與最小化機內可燃氣體容積設計。即使在發生逆火時，系統亦能自動關閉並快速重啟，確保家庭使用之安全性與穩定性。

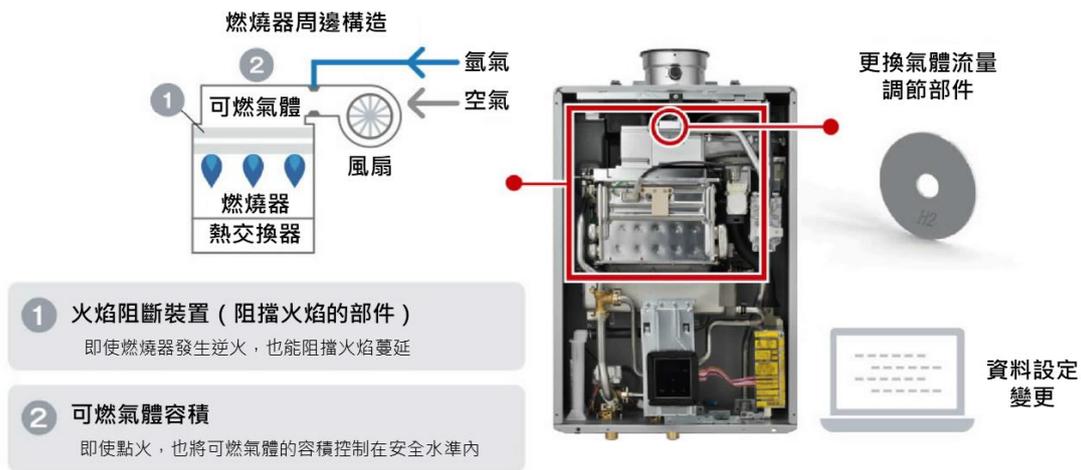


圖 3 具有雙重防護機制的氫能熱水器[3]

林內公司已於日本福岡縣北九州市以及在國外(如澳洲)展開海外實證計畫，以因應全球氫氣基礎設施普及趨勢，但目前在日本與澳洲，家用氫氣管線基礎建設尚未普及或正式展開，因此氫氣作為家庭用燃料的實際應用仍處於示範與實驗階段。受限於供應氫氣環境不足，家用氫能熱水器尚無法大規模推廣，相關產品的商品化進程也受到一定限制。此外，針對氫氣燃燒器具的檢驗與驗證制度尚未完備，特別是在住宅用途領域，缺乏明確且系統化的檢測標準與法規依據，也成為推動氫能設備普及的另一項重要挑戰。儘管如此，林內公司仍以 2050 年達成二氧化碳零排放為目標，持續研發各種兼顧環境永續與能源效率的燃氣器具。

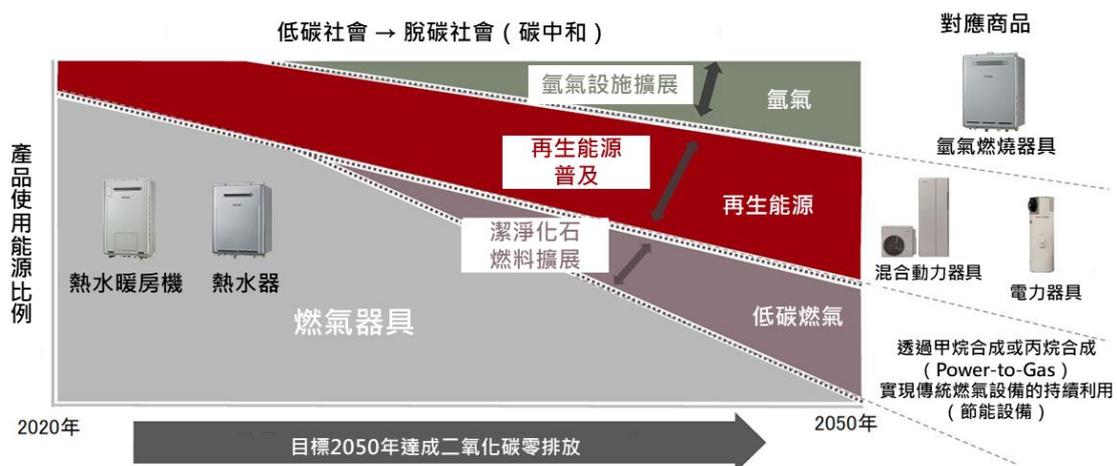


圖 4 林內公司 2050 淨零排放商品進程[3]

3、本局提問問題與林內公司回復

(1)問：日本家用氫能熱水器應用情形？

答：未展開到一般家庭用。正在日本國內進行實證試驗。(已在北九州安裝 2 台)。

(2)問：日本氫能熱水器相關檢測方法及標準。

答：氫能熱水之測試方法，與一般的燃氣器具沒有差異。另外，目前尚未制定氫氣的檢測標準。

(3)問：日本燃氣器具 NOx 排放之相關規定。

答：依據 JIA G 015-91 瓦斯熱水器具廢氣中氮氧化物濃度檢測規程，適用於瓦斯消耗量 30,000 kcal/h 以上的戶外式強制燃燒型瞬間熱水器及具備供熱水功能的瓦斯浴爐之檢測，NOx 排放濃度在 60 ppm 以下。

(4)問：貴公司燃氣熱水器是否有通過 NOx 之檢測？

答：有，燃氣熱水器之 NOx 皆經由 JIA 檢驗合格。

(5)問：日本家用之天然氣種類有哪些？

答：供應的天然氣皆以甲烷為主要成分，但也含有空氣、乙烷、丙烷等。實際成分因地區而異。作為產品的基準，設定了極限氣體如下：

a.不燃氣體：13A-1 (甲烷：85%，丙烷：15%)

b.浮升氣體：12A-3 (甲烷：93%，氫氣：7%)

二、考察財團法人日本燃氣器具檢查協會(Japan Gas Appliances Inspection Association, JIA)名古屋檢查所

(一)單位介紹

財團法人日本燃氣器具檢查協會成立於 1967 年 9 月，是一家對燃氣器具進行檢查驗證的第三方機構，JIA 除提供燃氣器具檢查，還提供 ISO 驗證和森林驗證。

JIA 組織中負責檢查驗證的單位是「檢查驗證事業部」，該事業部於東京、大阪及名古屋皆設有檢查所(JIA 組織圖如圖 5)，該些檢查所皆可辦理燃氣器具的檢查驗證。

名古屋檢查所係位於名古屋愛知縣小牧市，檢查所外觀如圖 6，檢查所之檢查業務概述如下：

- 1、家庭用燃氣器具及商業用燃氣器具的檢查等相關業務。
- 2、用於燃氣燃燒器具的零件(如燃氣閥)的檢查業務。
- 3、雙金屬溫控開關的檢查業務。
- 4、在電波半無響室中，進行設備等所產生之電磁波的分析，以及來自其他設備等所放射之電磁波對其所造成影響的評估業務。

名古屋檢查所的人員編制共 19 員，而本次考察行程，接待人員如表 4 所示。

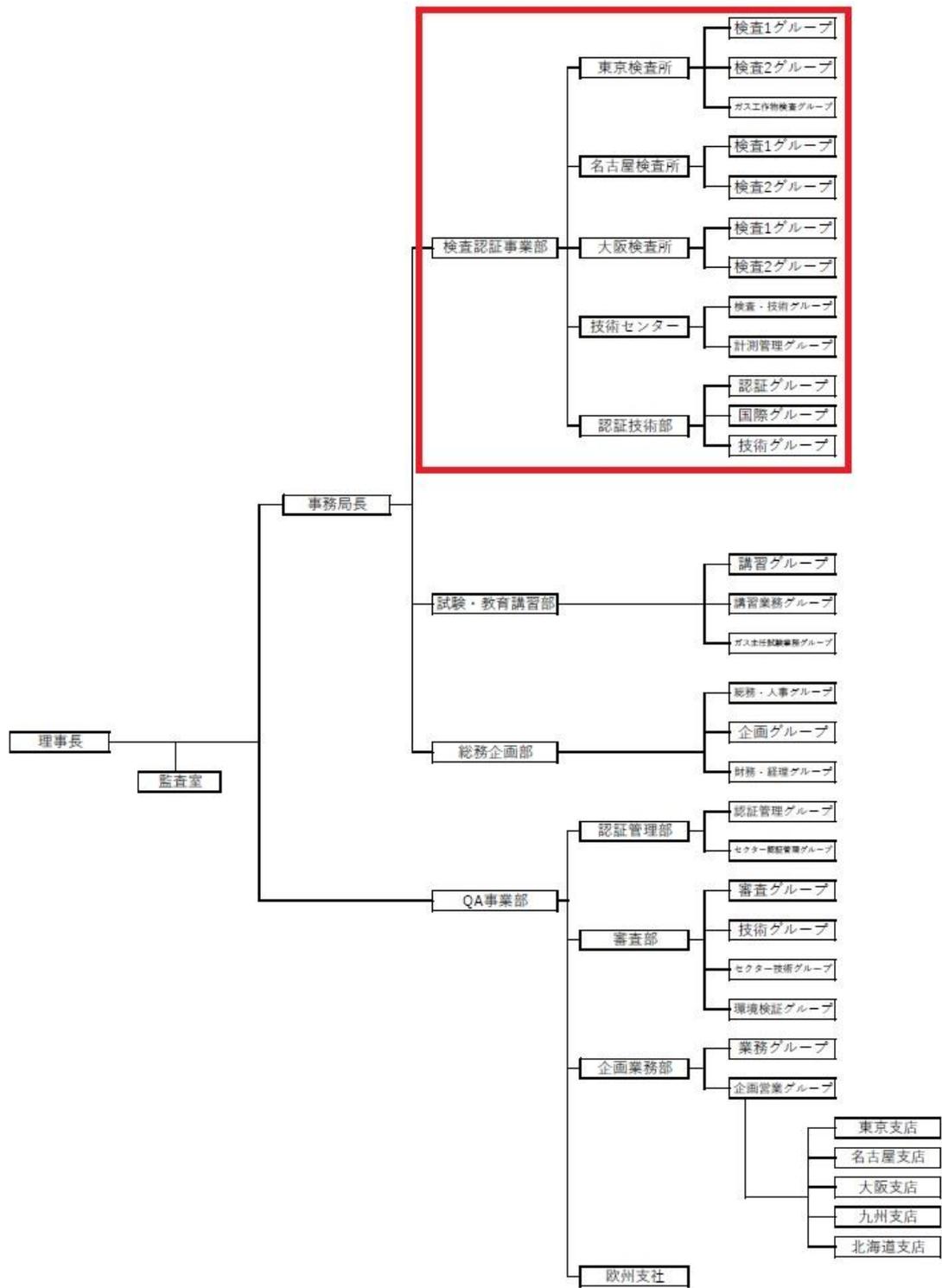


圖 5 JIA 組織圖[4]



圖 6 JIA 檢查所外觀[4]

表 4 JIA 接待人員名單

姓 名	單 位	職 稱
森下浩二	檢查認證事業部-名古屋檢查所	所 長
圓福貴光	檢查認證事業部-名古屋檢查所檢查 1 組	組 長
吉富達雄	檢查認證事業部-名古屋檢查所檢查 2 組	組 長
松浦 理	檢查認證事業部-認證技術部-國際組	組 長
添田早貴	檢查認證事業部-認證技術部-國際組	副組長



圖 7 人員合影

(左 1：國際組組長松浦理、左 2：新竹分局林技正韋杉、左 3：新竹分局盧技正致宏、中間：所長森下浩二、右 1：檢查 2 組組長吉富達雄、右 2：國際組副組長添田早貴、右 3：檢查 1 組組長圓福貴光)

(二)考察紀要

1、檢查驗證業務介紹

JIA 提供的檢查驗證種類繁多，如：法定適合性檢查、JIA 驗證、JIS(Japanese Industrial Standards, JIS)驗證、供水設備驗證(如熱水器、水龍頭和閥門等產品)、防火性能等級等。

(1)法定適合性檢查

在日本，《燃氣事業法》、《液化石油氣安全保障及貿易促進法》等 2 部法規規定了燃氣器具的製造、輸入與銷售，而燃氣器具的製造商或進口商須確保產品通過檢驗，確保其符合法律所規定的標準，才可進行銷售。

其中，有些特別指定的燃氣器具產品(特定產品)，須經由經國家登錄的第三方檢查機構(即 JIA)進行的檢驗(即適合性檢查)，取得合格證明書後，才可銷售該產品。而非特定產品，由製造商或進口商進行檢驗即可，相關產品如表 5 所示。本局燃氣器具應施檢驗商品如表 6。

表 5 日本法定適合性檢查之燃氣器具產品(強制性)

適用法規	產品		標誌
燃氣事業法	特定燃氣器具產品 (須經 JIA 適合性檢查)	1. 即熱式熱水器(半密閉式) 2. 燃氣暖爐(半密閉式)	
	非特定燃氣器具產品 (可由製造商自行檢測)	1. 即熱式熱水器(開放式、屋外式、密閉式) 2. 燃氣暖爐(開放式、屋外式、密閉式) 3. 台爐	
液化石油氣安全保障及貿易促進法	特定燃氣器具產品 (須經 JIA 適合性檢查)	1. LPG 即熱式熱水器(半密閉式) 2. LPG 燃氣暖爐(半密閉式) 3. 卡式爐	
	非特定燃氣器具產品 (可由製造商自行檢測)	1. LPG 即熱式熱水器(開放式、屋外式、密閉式) 2. LPG 燃氣暖爐(開放式、屋外式、密閉式) 3. 台爐	

表 6 本局燃氣器具應施檢驗商品

適用法規	產品		標誌
商品檢驗法	應施檢驗商品	即熱式燃氣熱水器、燃氣台爐、卡式爐	 或  R 30001
-	非應施檢驗商品	燃氣暖爐	-

(2) JIA 驗證

「JIA 驗證」是 JIA 基於 JIA 標準的自願性產品驗證，JIA 驗證分為兩個階段：一是針對產品設計進行的檢查(型式檢查)，二是對製造工廠進行的檢查(後續檢查)，以確認產品是否依設計製造。通過這兩個階段檢查的產品將會獲得證書，並且可以在產品上標示 JIA 標誌(如圖 8)，作為符合檢查標準的證明，JIA 驗證的產品種類繁多，如：家用瓦斯器具(熱水器、暖氣器具等)、商用瓦斯廚房設備。另，自 2024 年 11 月 18 日起，JIA 制定《商用氫氣廚房設備檢查規則》，並首次在日本開始對使用氫氣作為燃料的商用廚房設備進行檢查和驗證，目前僅有商用燃氣烤爐取得驗證，其驗證標誌如圖 9。

JIA 驗證流程概述如下：

- a、申請：提供產品資訊，JIA 進行初步審核與報價。
- b、檢查：提交樣品，由 JIA 進行安全與標準符合性測試。
- c、工廠審查：通過檢查後，JIA 會派檢查員至製造工廠確認品質保證機制。
- d、認證授予：合格產品可貼 JIA 驗證標誌。
- e、維持驗證資格：每年 1~2 次定期工廠審查，確保持續符合標準。



圖 8 JIA 驗證標誌



圖 9 商用氫氣廚房設備之 JIA 驗證標誌

(3) JIS 驗證(自願性)

JIA 對符合 JIS 標準的產品進行驗證。JIS 驗證包括產品檢測和工廠檢查，每次檢查和測試後，如果確定產品符合 JIS 標準，

就會頒發 JIS 證書，獲得 JIS 驗證的產品必須標示 JIS 標誌（如圖 10）。



圖 10 JIS 驗證

2、實驗室參觀

名古屋檢查所為 3 層樓的建築物，各樓層實驗室的參觀情形如下：

(1)1 樓實驗室

包含有商用產品檢測實驗室及有風試驗室。商用產品檢測實驗室檢測產品如商用烤爐、商用煮飯器、商用烤箱等，現場具有燃氣消耗量、溫升及 CO 濃度的檢測設備，與家用燃氣器具之檢測設備並無太大差異。另現場配有檢測氫能烤爐的氫氣管線（如圖 11），為 0.3 MPa 的氫氣。JIA 表示氫能烤爐的檢測項目與燃氣烤爐檢測項目基本上相同，惟氫氣燃燒不產生 CO，故無須測試 CO 濃度。

有風試驗室的有風試驗機如圖 12，最大風速可達 30 m/s，而新竹分局之有風試驗機最大風速為 15 m/s。

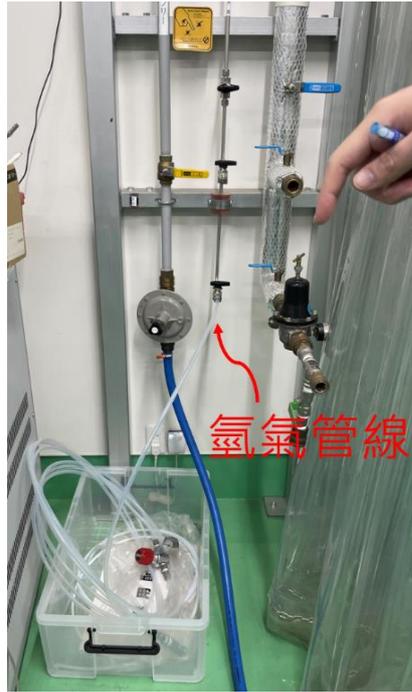


圖 11 氫氣管線



圖 12 有風試驗機

(2)2 樓實驗室

主要為燃氣熱水器的檢測實驗室，其檢測產品包含商用熱水器與家用熱水器，JIA 展示熱水器試驗架(如圖 13)、溫升試驗架(如圖 14)、試驗浴槽(如圖 15)、環境試驗室(如圖 16)、NOx 試

驗室(如圖 17)、天然氣調氣設備(混合機)(如圖 18)及試驗氣體儲槽(如圖 19)。

試驗浴槽為測試熱水器的自動加熱功能是否正常操作，即浴缸中的水溫降低時，熱水器可自動對水進行加熱。目前只有日本的熱水器有自動加熱功能，其他國家皆無。

環境試驗室為針對小型燃氣器具(例如：廚房用的熱水器)測試自動熄火功能的實驗室，小型熱水器因在室內吸氣與排氣，當環境 CO 濃度達到一定值時，熱水器須自動熄火，以保護消費者安全。

NO_x 試驗室為測試熱水器 NO_x 濃度的試驗室，因須在溫度 20℃、濕度 60%的環境條件下進行測試，故 NO_x 試驗室是一間恆溫恆濕室。JIA 表示約莫三十幾年前就已經在進行 NO_x 測試。

在日本，天然氣成分主要以 13A 與 12A 為主，而依據 JIS S 2093:2019 家用燃氣器具的測試方法，試驗用氣體有一定的成分比例，因此須配備有天然氣調氣設備調製測試氣體，以滿足檢驗需求。

(3)3 樓實驗室

燃氣爐具(如台爐)，或是小型燃氣設備(如燃氣暖風機)的實驗室。



圖 13 試驗架



圖 14 溫升試驗架



圖 15 試驗浴槽



圖 16 環境試驗室



圖 17 NOx 試驗室



圖 18 天然氣調氣設備(混合機)



圖 19 試驗氣體的儲槽

3、本局提問問題與 JIA 回復

(1)問：日本家用氫能熱水器應用推廣情形？

答：無。日本的都市燃氣公司在推動減碳目標時，預計會利用通過甲烷化(Methanation)技術製造的合成甲烷(e-甲烷)。由於這種 e-甲烷對現有燃氣設備幾乎沒有影響，因此無需更換燃氣設備，能夠節省費用與人力，這是其優勢之一。

(2)問：日本氫能熱水器相關檢測方法？

答：無。因預計將使用 e-甲烷，且由於可以依照現有城市燃氣用熱水設備的檢驗規程進行測試，因此目前尚未規定針對氫能熱水器的測試方法。

(3)問：日本氫能熱水器檢驗標準制定情形？

答：無。

(4)問：日本燃氣器具燃燒產生 NO_x 之相關規定？

答：家庭用燃氣熱水器、燃氣熱泵等並不屬於商品安全法規強制要求的對象。然而，環境省已制定了針對氮氧化物(NO_x)排放量的建議指導方針，且在部分地方自治體，也制定了推廣與普及低 NO_x 型燃燒設備的相關指針，基準值為「60ppm 以下」(例如：東京都的認證制度[5]等)。另外，這項基準值與業界自行制定的標準值相同。

(5)問：日本家用之天然氣種類有哪些？

答：日本的都市燃氣公司依據「標準熱量制」，規定每單位體積燃氣的標準熱量(每月算術平均最低值)，作為燃氣製造及供應依據。表 6 為東京瓦斯與大阪瓦斯目前供應 13A 燃氣的主要成分比例。

表 6 13A 燃氣範例

成分	東京瓦斯	大阪瓦斯
甲烷	89.60%	88.9%
乙烷	5.62%	6.8%
丙烷	3.43%	3.1%
丁烷	1.35%	1.2%

(6)問：日本瓦斯機器檢查協會有關氫能相關的研究或檢測技術？

答：

- a、日本的都市燃氣公司整體上預計並非使用純氫，而是供應透過甲烷化製造的城市燃氣(以下稱為 e-甲烷)。在家庭用燃氣設備方面，由於 e-甲烷可以直接使用現有產品，因此認為無需針對設備的規格或標準進行特別設定。不過，若未來開發出純氫型產品，將會制定 JIA 檢驗規程，並進

行產品認證。

- b、作為國家計畫的一部分，我們進行了一項實驗，以評估在現有燃氣設備中使用氫混合氣體的安全性。雖然在使用過程中存在一些問題，但我們能夠確認沒有安全性問題。
- c、目前尚未開發家庭用氫燃燒設備的檢驗規範，但商用氫氣燃氣廚房設備的檢驗規範已於 2024 年 11 月發布，並已有產品於同年 12 月底取得驗證。

三、參加 2025 年第 15 屆電力、能源與電機工程國際研討會

(一)CPEEE 2025 介紹

CPEEE 2025 研討會為研究人員、工程師和產業專業人員提供一個全球舞台，交流見解、分享研究突破和深入研究該領域的尖端技術。會議涵蓋廣泛的主題，包括電力系統、再生能源、儲能、馬達、控制系統和電氣工程領域的新興技術。本次研討會訂於 114 年 2 月 15 日至 2 月 17 日在日本福岡舉行，研討會地點位於博多 TKP Garden City 的 5 樓會議室，研討會參加人員約莫 1 百多人，研討會人員合影照片如圖 20。

研討會由豐田工業大學(Toyota Technological Institute)、IEEE 電力與能源協會(IEEE Power and Energy Society, IEEE PES)及國際電機電子工程師學會(Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)共同贊助，日本大學(Nihon University)共同主辦，並獲得日本工學院大學(Kogakuin University)、九州產業大學(Kyushu Sangyo University)及東京工科大学(Tokyo University of Technology)等大學的支持。研討會主席為來自豐田工業大學的 Masafumi Yamaguchi 教授(如圖 21)。

本次研討會議程包括 10 個主題的口頭發表(共有來自 34 個國家的 87 篇論文進行發表)、1 個海報展覽和 5 場次主題演講，會議議程表如表 7。



圖 20 研討會人員合影



圖 21 研討會主席致詞

(二)參加 CPEEE 2025 重點紀要

本次參加研討會係進行論文發表(如圖 22)，及蒐集有關氫能與儲能驗證相關資訊，並與會人員進行交流。發表論文題目為建立戶外電池儲能系統專案驗證系統(Establishing a Certification System for the Field Project of Outdoor Battery Energy Storage System)，其被歸類為口頭發表 3-先進電池設計與儲能技術，而現場與會人員對於論文所提出的問題為：驗證所需費用?本分局回復約略金額後，提問人員無表示相關意見。



圖 22 論文發表

本次研討會選出的最佳論文，其概述如下：

- 1、退役電動車電池在能源儲存市場中的博弈理論分析(A Game-Theoretical Analysis of Retired Electric Vehicle Batteries in Energy Storage Markets)

本論文使用雙層 Stackelberg-Nash 模型來描述發電站、儲能聚合商(energy storage aggregator)和儲能服務營運商(energy storage service operators)之間的相互作用，調查了退役電動汽車電池儲能系統引入儲能市場的情況。基於香港案例的數值模擬表明，

基於退役電動汽車電池的儲能系統，由於投資和營運費用較低而降低了成本，從而儲能聚合商能夠透過改善套利機會獲得更高的利潤。然而，標準儲能系統的營運商，在退役電動汽車電池情境下可能會採用不那麼激進的放電策略，因為退役電動汽車電池系統更具成本效益，營運成本更低。[6]

2、電動公車低碳充電計畫：丹麥和日本案例研究(Low Carbon Charging Schedule of Electric Buses: Case Study in Denmark and Japan)

本論文探討了日本和丹麥電力系統二氧化碳排放量隨時間變化的區域差異，以及充電站分佈對公共交通電動巴士低碳充電排程的影響。由於變動性再生能源，特別是風力發電的滲透率不同，兩國在時間變化排放特性上呈現明顯差異。

數值模擬結果顯示，在「僅在車庫設置充電站」的情境下，丹麥在最佳化充電排程下的總 CO₂排放量，在夏季比日本低 81%，整體則低 71%。此外，當充電站分佈於每個巴士終點站時，最佳化排程能確保冬季運行的可行性。在這種情況下，由於充電時間的彈性增加，可更靈活配合全天的變動性再生能源供應，因此排放量也隨之下降。

這次國際比較表明，在可變可再生能源滲透率較高的系統中，優化充電計畫變得越來越重要，因為在這種系統中，二氧化碳排放量在一天內波動很大。[6]

本次研討會與氫能及儲能系統有關論文，其概述如下：

1、氫能儲存與負載柔性管理對電網減碳的影響(Impact of Hydrogen Storage and Flexible Load Management on Grid Emission Reduction)

本論文強調氫能儲存與彈性需求側管理在提升現代電力系統效率與永續性方面的關鍵角色。透過將氫能資源與再生能源整合，所提出的架構在維持系統可靠性的同時，展現出營運成本與溫室氣體排放顯著下降的效果。模擬結果顯示，引入低成本再生能源可使營運成本降低約 13%；而導入 20%的彈性負載，透過有效的負載管理與需求移轉，可進一步節省 10%的成本。此外，將需求彈性比率由 0 提升至 0.3，約可降低 7.8%的成本，突顯需求側管理策略的經濟價值。

氫能儲存與電轉熱 (Power-to-Hydrogen, P2H) 系統的納入，有助於緩解再生能源的波動性，確保能源供應的穩定與高效率。儘管氫能整合會因額外的電網負載而略微提高成本，但卻大幅提升系統的彈性，並促進再生能源的導入。情境分析進一步凸顯減少碳排放與成本效益間的平衡重要性，其中氫能生產成本的降低，能使總營運成本減少約 3%，P2H 相關費用則下降約 6%。[6]

2、壓縮空氣儲能系統參數研究及財務可行性分析(parametric study of the compressed air energy storage system and analysis of financial feasibility)

本研究從工程與財務兩個角度分析壓縮空氣儲能 (Compressed Air Energy Storage, CAES) 系統在台灣的可行性，聚焦於苗栗地區一處潛在場址的設計與財務評估。第一部分建立並驗證了一個 CAES 系統的性能分析模型，其系統效率與文獻數據相比，誤差約為 1.33%。研究中模擬了空氣注入與釋放的過程，並根據特定的空氣流量與儲氣壓力進行調整，以確保系統運作穩定。

在財務可行性方面，研究透過計算資本電力成本與平準化成本，評估所選案例的經濟性。2 MW 案例與其他情境分析顯示，除了地質特性之外，地表設施、操作參數與成本等因素也需綜合考量。若某些改善措施雖可優化特定性能，但導致整體成本上升，則可能反而降低整體效率。因此，在設計過程中，同時評估工程可行性與財務因素是達到最佳設計條件的關鍵。

研究結果亦指出，大型系統在成本上更具效益；然而若使用儲氣罐進行儲存，則資本成本與平準化成本將大幅上升。雖然示範案的初期投資可能偏高，但隨著系統擴大規模，成本預期會逐漸降低。[6]

表 7 會議議程表

日期	時間	內容
2月15日 (星期六)	10:00 ~ 17:00	會議報到及資料領取
2月16日 (星期日)	09:00 ~ 09:10	開幕致辭 Prof. Masafumi Yamaguchi, Toyota Technological Institute, Japan
	09:10 ~ 09:50	主題演講 I - Multi-Agent Based Self-Healing Intelligent Power Systems Prof. Emeritus Takashi HIYAMA, Kumamoto University, Japan (IEEE Life Fellow, AAIA Fellow, IEEJ Life Member)
	09:50 ~ 10:30	主題演講 II - Development of Quantum Evolutionary Computation for Power Systems Prof. Hiroyuki Mori, Meiji University, Nakano-Ku, Japan
	10:30 ~ 10:50	合照及休息
	10:50 ~ 11:30	主題演講 III - Operator Based Nonlinear Control Design on Wireless Power Transfer Systems Prof. Mingcong Deng, Tokyo University of Agriculture and Technology, Japan (IEEE Fellow)
	11:30 ~ 12:10	主題演講 IV - Importance of Solar-powered Vehicles toward Creation of Clean Energy Society Prof. Masafumi Yamaguchi, Toyota Technological Institute, Japan
	12:10 ~ 13:30	午餐

	13:30 ~ 18:00	<p>平行現場會議</p> <p>□頭發表 1 - Modeling and Fault Analysis of New Power Appliances and Equipment</p> <p>□頭發表 2 - Power Generation and Energy Conversion Analysis of Power Machinery</p> <p><u>□頭發表 3 - Advanced Battery Design and Energy Storage Technology</u></p> <p>□頭發表 4 - New Energy Generation and Utilization</p> <p>□頭發表 5 - Power Operation, Low-Carbon Power Trading and Energy Consumption Prediction</p> <p>□頭發表 6 - Renewable Energy and Energy Management</p> <p>□頭發表 7 - Digital Operation and Decision Analysis of Modern Power Grid</p> <p>□頭發表 8 - Photovoltaic System and Solar Energy Utilization</p> <p>□頭發表 9 - Distributed Energy Collaborative Optimization and Advanced Energy Storage Systems</p> <p>□頭發表 10 - New Control Models, Equipment Reliability and Safety Assessment in Smart Grids and Power Systems</p> <p>海報展覽</p>
	-	一日遊
2月17日 (星期一)	13:30 ~ 14:10	<p>線上發表</p> <p>主題演講 V - Tidal stream turbines grid-connection: Meeting the challenges and capitalizing on the opportunities of tidal energy production</p>

		Prof. Mohamed Benbouzid, University of Brest, France (IEEE Fellow)
	14:30 ~ 18:15	線上會議 1 - System Control Model and Equipment Functional Analysis in Modern Power Integration System 線上會議 2 - Intelligent Power System and Energy Development

四、參觀日本北九州市氫氣市鎮

(一)北九州市氫氣市鎮介紹

日本北九州市於八幡東區東田地區推動「北九州氫氣市鎮實證計畫」，在市區內鋪設約 1.2 公里的氫氣管線，實現從工廠至住宅的穩定氫氣供應（如圖 23）。此基礎設施不僅供應氫氣，亦作為企業與大學等研究機構的實證平台，支援各種氫氣相關產品的技術驗證與研發。

此示範計畫由許多單位共同合作：岩谷產業株式會社負責氫氣管線的供應管理與安全措施，北九州市政府負責整體計畫的統籌與協調，日本製鐵株式會社提供氫氣供應的協助，以及經濟產業省、福岡縣政府及其他地方非營利組織。

目前進行中的實證項目包括：未添加臭味劑的氫氣供應，以確保安全且低成本的供應方式、開發能即時檢測氫氣中雜質的裝置、開發測量管線內氫氣流量的計量器、進行氫氣專用管件的耐久性測試、100%氫氣燃燒熱水器的運行性能等。未來，將根據企業參與情況與技術進展，擴展更多實證項目。

此實證計畫為全球少數在市區內鋪設氫氣管線並供應至住宅的案例，對於推動氫能應用與實現碳中和社會具有重要意義。

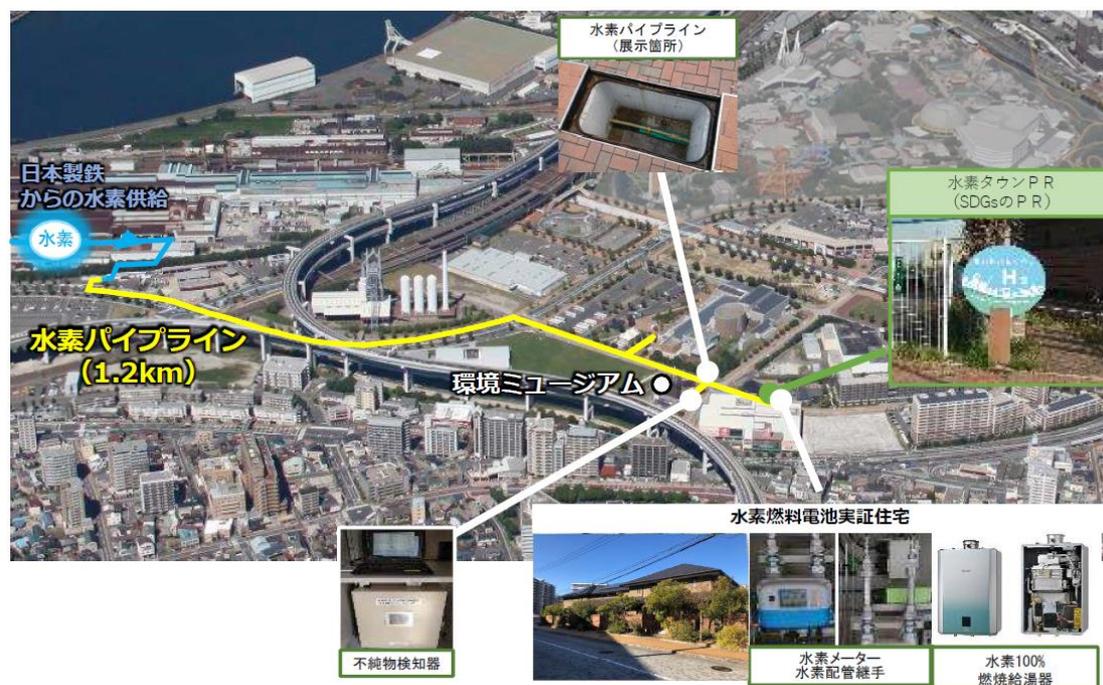


圖 23 北九州氫氣市鎮實證計畫[7]

(二)參觀重點紀要

本次參觀北九州市的主要內容為觀摩實證住宅運作的氫能熱水器以及其他氫氣應用裝置，其內容概述如下：

1. 氫能熱水器於住宅應用狀況

林內公司於北九州市氫氣市鎮實證住宅設置的氫能熱水器相關設備如圖 24 所示，分為氫能熱水器、燃氣熱水器及除臭裝置。

林內公司開發的氫能熱水器，專為家庭使用設計，能夠提供廚房、洗手盆及浴室等日常生活所需的熱水。這些熱水器在實際使用環境中全年運行，並接受性能與安全性的評估，以期未來能夠商業化推廣。考慮到氫氣供應可能出現中斷的情況，示範住宅中亦設置了使用液化石油氣的熱水器作為備援裝置。這種雙重配置確保了熱水供應的穩定性與可靠性，避免因氫氣供應問題而影響居民的日常生活。

氫氣本身是無色無味的氣體，一旦發生洩漏極難察覺，存在明顯的安全風險。為了洩漏時能被嗅覺偵測到，在供應過程(尤其是管線輸送階段)會添加臭味劑(類似天然氣中使用的硫醇類物質)，這稱為「加臭(odORIZATION)」。然而，這些臭味劑(如硫化物)不適合直接進入燃燒器具，可能造成燃燒不完全、設備腐蝕或不良氣味殘留。因此在進入用戶端設備(例如氫能熱水器)之前，會進行除臭處理(deodorization)，以去除臭味劑並保證燃燒品質與設備壽命。



圖 24 林內公司於實證住宅設置的氫能熱水器相關設備

2. 其他氫氣應用裝置

(1) 住宅用純氫燃料電池熱電聯供系統

系統由燃料電池發電單元、熱交換模組與儲湯槽所構成(如圖 25 所示)。該系統提供氫氣與空氣給燃料電池進行反應，產生直流電後經由逆變器轉換為家庭可用的交流電，同時回收反應過程中的熱能，透過熱交換器加熱水源並儲存於儲湯槽，供住宅日常熱水使用。

該系統的特性包括不會排放二氧化碳（僅排出水蒸氣）、發電效率高、啟動時間短（約 5 分鐘）以及體積小巧，提供熱水溫度約為 60°C，具高度實用性與擴展潛力，為未來氫能家庭能源解決方案提供具體實踐方向。



圖 25 住宅用純氫燃料電池熱電聯供系統設備



圖 26 住宅用純氫燃料電池熱電聯供系統運作示意圖

(2)燃料電池車用 V2H 電力供應系統（如圖 27、圖 28）

北九州市 ECO HOUSE 自 2013 年 4 月起，作為日本首次實施燃料電池車供電至家庭（Vehicle to Home, V2H）實證實驗的示範據點，採用本田 CLARITY 燃料電池車，將車輛產生之電力輸出並供應給住宅使用。

燃料電池車（Honda Clarity Fuel Cell）透過氫氣與氧氣的化學反應發電，產生直流電（DC）輸出至外部，並透過「Power Exporter 9000：提供臨時用電（V2L）」或是「Power Manager：穩定輸出至家庭供電系統（V2H）」等設備，最終轉換為家庭可使用之交流電（AC）。最大輸出功率：4kVA，輸出電壓：交流 100V / 200V，並結合家庭能源管理系統（HEMS）達成高效率的能源調配。



圖 27 燃料電池車用 V2H 電力供應系統設備



圖 28 燃料電池車用 V2H 電力供應系統運作示意圖

肆、心得與建議

- 1、林內公司為達成 2050 二氧化碳零排放目標，因氫氣燃燒後只產生水，不產生二氧化碳之優點，積極開發出家用氫能熱水器及商用氫能烤爐等商品，後續應持續關注該些產品標準之發展及檢測驗證方式，以協助我國檢測驗證發展接軌於國際。
- 2、日本現行氫能熱水器仍處於初步實證階段，尚未有制定專用標準，目前氫能熱水器的安全與性能測試項目，多參考家庭用燃氣熱水器的檢驗標準，如 JIS S 2109 家庭用燃氣熱水器、JIS S 2093 家庭用燃氣器具的檢測方法，惟氫能熱水器因氫氣特殊性(如易燃性、易洩漏性)，建議仍須制定專用標準，如要求熱水器須具備高靈敏度氫氣偵測器，並設定氫氣洩漏濃度閾值、自動斷氣裝置的強制安裝或燃燒器的耐用性要求等標準要求。
- 3、JIA 於 2024 年 11 月已開始進行商用氫能燃氣烤爐檢測驗證，而家庭用燃氣烤爐為本局應施檢驗品目，建議本局認可之燃氣器具指定試驗室(財團法人台灣燃氣器具研發中心)或燃氣器具專業實驗室可持續與 JIA 進行交流檢測驗證，以提升實驗室能力。
- 4、本局認可之燃氣器具指定實驗室或燃氣器具專業實驗室，若要進行氫能熱水器檢測，因氫氣具有易洩漏及易爆炸之特性，建議更新以下設備，以確保實驗室之安全性及滿足檢驗要求。
 - (1)氣體供應系統：氫氣鋼瓶、氫氣專用不銹鋼管件、氫氣高壓調壓閥、氫氣的流量控制器及加裝高靈敏氫氣檢測器。
 - (2)實驗室安全裝置：氫氣偵測器、緊急切斷電磁閥。
- 5、在日本，家庭用燃氣熱水器為強制性檢驗商品，其檢驗制度為適合性檢查，而我國，家庭用燃氣熱水器屬應施檢驗品目，惟其檢驗制度為型式認可逐批檢驗或驗證登錄(模式二加四、五或七)，與日本略微不同，建議持續維持現行檢驗制度，以確保商品品質及保護消費者安全。
- 6、JIA 對於通過驗證的商用氫氣烤爐給予氫氣的驗證標誌，建議總局對有關氫能燃氣器具未來亦可推出氫氣驗證標誌，提升消費者信任。
- 7、日本地方政府針對燃氣熱水器推動有低 NO_x 排放量檢驗制度，建議總局先與環境部討論規範燃燒副產物的排放標準，降低有害氣體 NO_x 濃度。

- 8、參照日本北九州實證計畫方式，推動政府與產業協作，建議未來總局與本分局與國內燃氣熱水器製造商合作，進行試驗性導入，蒐集國內環境實際使用數據，並在特定社區或公共設施試驗氫能熱水器，模擬不同使用情境，驗證標準的可行性。
- 9、本次出席CPEEE國際研討會，透過論文發表與各國專業人員進行意見交流，並蒐集氫能與儲能系統相關論文，可提升人員對未來技術趨勢的敏感度及視野拓展，後續亦持續關注氫能與儲能系統相關議題，作為相關制修訂標準參考。

伍、參考資料

- 1、經濟部標準檢驗局，CNS 13605:2011 「家庭用燃氣器具試驗法」。
- 2、日本標準協會，JIS S 2093:2019 「家庭用瓦斯燃燒機器試驗方法」。
- 3、林內公司官網，<https://www.rinnai.co.jp/>
- 4、JIA 官網，<https://www.jia-page.or.jp/guide/office/nagoya/>
- 5、東京都環境局網頁，https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/air/air_pollution/torikumi/nox_co2/recognition_standard
- 6、Proceedings of 2025 15th International Conference on Power, Energy, and Electrical Engineering (CPEEE 2025)
- 7、北九州市政府網頁，<https://www.city.kitakyushu.lg.jp/contents/00200164.html>