

出國報告（出國類別：參訪）

「赴日考察產氫及氫能發電技術與標準
檢測驗證」出國報告

服務機關：經濟部標準檢驗局

姓名職稱：謝翰璋 副局長

陳振雄 簡任技正

派赴國家：日本

出國期間：中華民國 113 年 2 月 25 日至 3 月 2 日

報告日期：中華民國 113 年 5 月 1 日

摘要

為了達到 2050 年淨零排放(net zero)之目標，全球已有 136 個國家致力於低碳排放技術研究，近期氫能源在國際上也逐漸成為發展重點之一。為參考日本氫能產業發展經驗，及其在氫氣生產、發電及儲存等領域之推動，並了解國際間氫能產業脈動，故本次行程結合「台灣氫能與燃料電池夥伴聯盟」所舉辦的參訪行程，規劃參觀日本松下草津工廠、三菱重工高砂園區(TAKASAGO)兩家大力投入氫能源發展的日本企業，前者為擁有全球首座 RE100 示範驗證場域，後者則建立氫能園區(Hydrogen Park)是目前國際上第一個可以驗證氫氣生產、儲存和發電的完整價值鏈的綜合設施。透過本次參訪了解日方產業界致力於氫能技術研究與設備開發。

此外行程中亦參與亞洲地區規模最大的智慧與再生能源展-SMART ENERGY WEEK，透過展會的參與了解產業/產品現況發展階段(眾多商品包含儲存鋼瓶、各類閥件、流量計、燃料電池、民生需求產品等)；另透過展會專題演講，可了解公部門間與產業間需由公部門投入支持，並與產業間緊密結合以成為良好夥伴關係。

另位於福島櫛葉遠端技術開發中心(Naraha Center for Remote Control Technology Development, NARREC)，係日本原子能研究開發機構(Japan Atomic Energy Agency, JAEA)旗下研究機構，係協助 311 日本核能發電災害重建發展遠端監控系統，包含 VR 檢測及機械人探測技術，協助核能反應爐燃料清理及應用，相關遠端監控及遙控技術可做為其他風險較高如氫能發電及儲能系統監測作業，維護人員及設備安全。

福島可再生能源實驗室(FREA)以“促進向世界開放的可再生能源研究開發”和“通過新產業的積累為重建做貢獻”為主要使命。2014 年 4 月日本國家先進工業科學技術研究院 (AIST) 旗下福島可再生能源實驗室 (FREA) 在福島縣郡山市成立。FREA 作為 AIST 的一部分，主要任務為推動國際認可之再生能源研發技術，其研究內容同

時包括太陽光電、地熱、氫能及風力等再生能源發電系統的測試技術，本次主要考察氫能技術發展現況，作為後續標準制定評估。

目錄

壹、背景及目的	1
貳、參訪行程內容	5
參、出國內容概述	6
一、松下草津工廠	6
(一)簡介.....	6
(二)參訪紀要.....	7
二、三菱重工高砂氫能園區	11
(一)簡介.....	11
(二)參訪紀要.....	12
三、參加 SMART ENERGY WEEK 展會	21
(一)簡介.....	21
(二)展會紀要.....	22
(三)Smart Energy Week 攤位資訊彙整.....	30
(四)Smart Energy Week 其他說明.....	37
四、檜葉遠端技術開發中心(Naraha Center for Remote Control Technology Development, NARREC).....	40
(一)簡介.....	40
(二)參訪紀要.....	41
五、福島可再生能源研究所(Fukushima Renewable Energy Institute, FREA).....	46
(一)簡介.....	46
(二)參訪紀要.....	47
肆、心得與建議	51

圖目錄

圖 1 松下草津工廠 H2 KIBOU FIELD.....	9
圖 2 松下公司簡報.....	9
圖 3 參訪團與松下陳子鵬主務於 H2 KIBOU FIELD 看台合影.....	10
圖 4 三菱重工高砂園區-氫能源區位置與分區圖.....	12
圖 5 三菱重工高砂園區-氫能源區細部應用流程圖.....	14
圖 6 三菱重工現地巡禮路徑圖.....	16
圖 7 三菱重工 Gas Turbine 組立工廠示意圖.....	17
圖 8 三菱重工 PR Room 示意圖.....	17
圖 9 三菱重工 T-point 2 循環示意圖.....	18
圖 10 三菱重工氫氣燃燒器設計示意圖.....	18
圖 11 參訪團與三菱重工人員於大廳合影.....	19
圖 12 參訪團於 Gas Turbine 組立工廠外與三菱重工人員合影.....	20
圖 13 三菱重工簡報.....	20
圖 14 2024 Smart Energy Week 春季展- H2 & FC Expo 展區地圖.....	21
圖 15 2024 Smart Energy Week 演講參與場次.....	22
圖 16 2024 Smart Energy Week 演講參與(SEW-K).....	23
圖 17 東京都氫能 Road Map.....	24
圖 18 2024 Smart Energy Week 演講參與(FC-K).....	25
圖 19 2024 Smart Energy Week 演講參與(ZET-K).....	26
圖 20 2024 Smart Energy Week 演講參與(SG-K).....	27
圖 21 2024 Smart Energy Week 演講參與(FC-S1).....	28
圖 22 2024 Smart Energy Week 演講參與(FC-4).....	29
圖 23 2024 Smart Energy Week 演講參與(CE-K& FC-S2).....	29
圖 24 TOKICO 展場照片-加氫機.....	30
圖 25 TOKICO 展場照片-氫氣先端技術中心與計量說明.....	31
圖 26 NIKKISO 展場照片-事業 Net Zero Map 說明.....	31
圖 27 NIKKISO 展場照片-事業說明.....	32
圖 28 PDC Machines 展場照片-事業與加氫機(SimpleFuel™).....	32
圖 29 TATSUNO 展場照片-科氏力流量計.....	33
圖 30 TATSUNO 展場照片-加氫機設備與安全裝置.....	33
圖 31 AISIN 展場照片-ENE FARM 與氫能源產品.....	34
圖 32 CHIYODA 展場照片-事業介紹與 MCH 介紹.....	35
圖 33 HONDA 展場照片-氫能車.....	36
圖 34 參訪團於 Smart Energy Week 展會攤位前合影.....	37
圖 35 名片交換.....	38
圖 36 名片交換(續).....	39
圖 37 規畫各種遠程控制技術(包括核燃料殘骸搜尋)並進行驗證,確保 1F 的除 役安全.....	42

圖 38 高速動作攝影紀錄設備.....	43
圖 39 遠距機器人模擬爬梯及機械手臂作業.....	43
圖 40 遠距操作機器人及模擬水池.....	44
圖 41 操作機器人手臂模擬試驗(取自 NARREC).....	44
圖 42 JAEA 外觀鳥瞰圖(取自 NARREC).....	45
圖 43 參訪團與 JAEA 代表合影.....	45
圖 44 FREA 實證場域配置圖.....	46
圖 45 地熱節能示範案場.....	47
圖 46 AEM 鹼性電解製氫設備.....	49
圖 47 不同形式之氫氣儲存體積大小.....	50
圖 48 參訪團於 FREA 合影.....	50

壹、背景及目的

為了達到 2050 年淨零排放(Net Zero)之共同目標，全球已有 136 個國家致力於低碳排放技術研究，且國際上針對氫能源也逐漸成為發展重點之一。考量日本在氫能領域已投入多年，也具備相當成果與經驗可供各國取經，為汲取日本產官學研界之氫能領域之發展經驗，及國際間氫能產業脈動現況，爰組團赴日考察氫能產業與新興能源發展現況，蒐集日本相關檢驗機構建立合作契機，作為國內未來規劃氫能產品之驗證環境參考依據。

本參訪團由標準檢驗局計畫團隊及台灣經濟研究院所組「台灣氫能與燃料電池夥伴聯盟」共同組團前往，其中「台灣氫能與燃料電池夥伴聯盟」也在本次 SMART ENERGY WEEK(智慧與再生能源周)展會設置攤位，協助國內氫能業者至國際展會曝光機會，本次行程除了參訪日本松下草津工廠(NEDO)、三菱重工高砂園區(TAKASAGO)日本氫能產業大廠，並參與亞洲地區規模最大的智慧與再生能源展-SMART ENERGY WEEK，另規劃參訪位於福島地區櫛葉遠端技術開發中心(NARREC)與發展再生能源技術為主的福島再生能源研究所(FREA)。

以日本松下公司為例，其在綠色低碳領域具有雄厚技術能力，於氫能技術發展與研發已超過 20 年。其中，草津市的松下草津工廠為全球首座廠內所使用的電力 100%都來自於再生能源所供應，發電來源主要包括工廠腹地排列的太陽能板以及純氫燃料電池組，最大電力供應可達 690kW，這也是世界上第一個利用氫 hydrogen 發電的燃料電池組，並且是以家庭用燃料電池為基礎進行開發，故藉此可了解氫能發電技術與分散式能源系統間的整合管理與運行。

隨著日本推動氫能發展，瀨戶內海周邊已發展出氫能源發展的產業聚落，未來將成為氫能在「製造」、「運輸」、「儲存」及「使用」的集散地。其中三菱重工在全球燃氣渦輪機市場占有率位居首位，其高砂氫能源區(兵庫縣高

砂市)，研發具關鍵技術的燃燒渦輪，並正在建造一個通過電解水生產氫氣的廠房，廠區主要分為氫氣生產、儲存及利用三大功能區，是世界上首座可同時實證氫氣生產、儲存與發電完整供應鏈的綜合設施，於 2023 年底發表已成功以 30 % 的比例進行混氫燃燒，其終極目標為達成燃氣機 100 % 氫燃燒之驗證。藉由參訪三菱重工氫能相關技術能量，以了解相關氫能燃燒的參考與整體廠區運作。

日本智慧能源週(Smart Energy Week)屬少數重要且具國際規模綜合性能源展，常吸引各國相關領域之產學研界參訪。該展會依慣例每年於 2~3 月期間(春季展)在日本東京 Big Sight 國際展覽會場展出，以及於每年 9 月期間(秋季展)於千葉市幕張國際展覽中心舉辦。本次春季展會規模相較上次展覽約 1.3 倍，舉辦約 200 場專業講座。智慧能源週匯集了氫能及燃料電池、太陽能、儲能電池、智慧電網、風力發電、生質能、零排放火力發電等再生能源技術議題。除展覽外，能源週亦舉辦多場主題演講，包括日本經濟產業省的日本能源政策、東京都產業勞動局的氫能普及化現況、川崎重工於碳中和的努力、川崎市的氫戰略議題等。本次參訪以氫能展區域演講為主要參訪目標，了解各單位於氫能之製造、獲得、儲存與使用面之技術發展現況。

檜葉遠端技術開發中心(Naraha Center for Remote Control Technology Development, NARREC)，係日本 311 大地震引發海嘯及福島核災後，JAEA(日本原子力能源機構)為加速當地重建及建立相關遠端遙控技術於 2014 年設立該研發單位，建立全尺寸模擬試驗專區、遠端遙控機器人及實境 VR 監測技術，協助福島核電廠災區復原及正常運作，並提供一系列的設備租用與對外訓練課程服務，及機器人與無人機控制技術研發及發展等項目，進一步促進當地就業與產業發展。

福島可再生能源研究所(Fukushima Renewable Energy Institute, FREA)以“促進向世界開放的可再生能源研究開發”和“通過新產業的積累為重建做貢獻”為主要使命。2014 年 4 月國家先進工業科學技術研究院(AIST)福島

可再生能源實驗室(FREA)在福島縣郡山市成立，即日本大地震發生三年後，以促進再生能源的研發為目標。日本 311 大地震而引發海嘯及福島核災後，政府並決心發展再生能源並振興福島地區，因此設立此研究所，希望在不使用核能後，將再生能源的使用效率發揮到最大。

福島再生能源研究所(FREA)作為 AIST 的一部分，主要任務為推動國際認可之再生能源研發技術，其研究內容同時包括太陽光電、風力發電、地熱及氫能等再生能源發電系統的測試技術。而試驗室整體的規劃由 AIST 負責，與國內外合作夥伴合作開發創新技術的研究基地，其中包含美國(UL、CSA)、中國大陸及歐盟地區等國家的驗證單位皆曾委託 FREA 執行相關試驗。同時，透過與研究機構、企業、大學等的技術合作，進而擴散 FREA 的再生能源技術成果。

本次行程藉由參訪松下及三菱重工等日本知名企業示範氫能發電應用及推廣，以及 FREA 等重要研究機構投入再生能源整合應用，除了展現日本推動再生能源技術的決心，可提供國內規劃氫能產業發展，也宣示其早日達成 RE100 實現企業企圖心，早日達成 2050 淨零目標。

表 1、本次參訪行程人員

編號	姓名	單位	職稱
1	謝翰璋	經濟部標準檢驗局	副局長
2	陳振雄	經濟部標準檢驗局	簡任技正
3	左峻德	台灣氫能與燃料電池夥伴聯盟	召集人
4	林若蓁	台灣氫能與燃料電池夥伴聯盟	執行長
5	陳秉奇	台灣氫能與燃料電池夥伴聯盟	副組長
6	鄧祥寧	台灣經濟研究院	助理研究員
7	武威宏	財團法人金屬工業研究發展中心	處長
8	陳鍾賢	財團法人金屬工業研究發展中心	副處長
9	張慈芬	財團法人金屬工業研究發展中心	副組長
10	簡福添	財團法人台灣大電力研究試驗中心	董事長
11	藍培修	財團法人台灣大電力研究試驗中心	高工師
12	蔡麗端	工業技術研究院材化所	組長
13	賴建銘	工業技術研究院材化所	博士
14	邱欣瑜	工業技術研究院量測中心	工程師
15	石蕙菱	工業技術研究院產科國際所	研究經理
16	李金環	名間電力股份有限公司	董事長
17	蔡世祿	名間電力股份有限公司	總經理
18	王益方	金全益股份有限公司	董事長
19	余昱暄	漢鍾精機股份有限公司	董事長
20	薛良田	良聯工業股份有限公司	董事長
21	黃治文	錫力科技股份有限公司	總經理
22	李炳仁	錫力科技股份有限公司	經理
23	李唯甄	群翌能源股份有限公司	專案經理
24	陳建伸	瑋達國際股份有限公司	商務開發經理
25	嵇泓茵	栢營有限公司	業務副總

貳、參訪行程內容

參訪日期：113 年 2 月 25 日(日)至 3 月 2 日(六)共計 7 日，

參訪行程內容簡述如下：

日期	行程	行程內容
2 月 25 日 (日)	搭機赴日	搭機至日本大阪
2 月 26 日 (一)	松下草津工廠	考察綜合再生能源及氫能發電 RE100 示範案場
2 月 27 日 (二)	三菱重工高砂氫能園 區	考察混氫燃燒發電技術
2 月 28 日 (三)	SMART ENERGY WEEK	國際氫能及再生能源博覽會
2 月 29 日 (四)	參訪福島楢葉遠端技 術開發中心(NARREC)	考察遠距監控技術
3 月 1 日 (五)	參訪 FREA	考察再生能源及氫能源發展技術
3 月 2 日 (六)	搭機返臺	由東京搭機返臺

參、出國內容概述

一、松下草津工廠

(一)簡介

企業總部位於日本大阪的松下電器（Panasonic），正式全名為 Panasonic 控股株式會社（日語：パナソニックホールディングス株式会社，英語：Panasonic Holdings Corporation）是源自日本的跨國電機製造商，也是日本前八大電機企業之一，總部位於大阪府門真市。美國《財富》雜誌「世界 500 強」評選排名第 110 位（2017 年）。

松下的「起家厝再生」，是日本企業再生的典範。1959 年啟用的草津廠，是松下在昭和經濟大起飛時代所創設的生產基地，至今已經 64 年，當時就採用先進的自動化生產流程，而且因為工廠就在琵琶湖所在的滋賀縣，五十餘年前就享有「深受當地居民喜愛的公園工廠」美譽。如今，起家厝的工廠獲得 100 億日圓的再投資，不只產能擴增三倍，更在壓縮機組裝、品管檢驗、後段包裝等流程，打造先進的智慧製程，以及設立全新的產品研發中心。

日本松下為全球知名的燃料電池製造商之一，旗下的草津工廠位於滋賀縣草津市，距離京都市區約 50 分鐘車程。有鑑於全球脫碳趨勢下，日本宣布 2050 實現碳中和目標，並且公布多項綠色發展策略，因此面對減碳議題發酵之下，為了能實現碳中和社會，松下公司投入氫燃料電池(ENE-FARM)、純氫燃料電池(H₂ KIBOU)的研究。長期以來係為氫能創新基地，並且建立全球首創 RE100 氫氣再生能源示範工廠，即示範實驗工廠使用的所有電力都使用可再生能源進行供應。以下先針對松下的燃料電池進行說明：

ENE-FARM 自 2009 年發售第一代商品後，以每 2 年推出新一代的產品，至 2023 年已推行至第七代商品。其主要係以燃氣透過燃料處理器產氫發電，其發電功率、壽命、安裝面積、重量自第一代的 300-1000 W、40,000 小時、3.9 m²、125 kg，逐漸優化至第七代的 200-700 W、90,000 小時、1.5 m²、59 kg，朝向高壽命與低重量的使用產品發展。該產品發電效益(發電效率約 40 %

+發電餘熱使用率 57%)可達 97%。

純氫燃料電池(H₂ KIBOU) PH1 於 2021 年 10 月間開始販售，其優點在於沒有燃料處理器，比起 ENE-FARM 的優點在於可以提供多台併聯發電，且於設備運行期間較為安靜(60 分貝以下)，並且可獨立運行，在維護下其他並聯機台可照常運行不受影響。而新一代機種 PH1+ 最大可並聯至 250 台。兩機型的氫氣使用量約為 3 Nm³/h 發電效益(發電效率+熱回收效率)可達 95~96%，額定功率為 5,000 W。

上述兩類型燃料電池實證場域，已應用在 Panasonic 東京展廳、東京 2020 奧運村用地“HARUMIFLAG”，前者係應用 20 支 7 m³ 氫氣鋼瓶供給氣源、後者係利用燃氣重整製氫後，並藉由該區域 1 公里長的燃氣中低壓管道，提供氫氣予燃料電池使用。

(二) 參訪紀要

松下草津工廠較為著名的即為該處為全球首創 RE100 氫氣再生能源示範工廠，而 RE100 為一項國際倡議，旨在提倡公司的消耗電力由 100%可再生能源來提供。松下草津工廠中，燃料電池工廠佔地面積約 4000 m² (係以屋頂面積進行計算)，RE100 實證場域占地約 6000 m²。RE100 實證場域之電力來源組成包括有(a)太陽能板 1,820 張 (315 W/張)，系統總容量約為 570 kW；(b)純氫燃料電池 PH1 有 10 台(5 kW/台)，系統總容量約為 55 kW；(c)氫燃料電池(ENE-FARM)有 88 台(700 W/台)，系統總容量約 62 kW；共同擔任廠區發電營運角色。當遇太陽能發電不足情況下，氫燃料電池則作為備援電力來源。此外，廠區內未超過 100 台的燃料電池係受限於日本境內的法規規定。

於 RE100 場域內，亦具備一座監控創能、儲能、用能的系統，即時進行監控，並且約 30 秒會更新一次場內的能源需求量；系統上亦有進行現場氣體存料監控，當殘量低於 40%即會通知岩谷產業會社以槽車方式運送液化氫進行填充，並儲存於現場的液氫儲罐(78,000 L)，平均約一周由岩谷至廠區補充一次。另外，針對日本為地震頻繁的地區，惟現場沒有針對地震來臨時進行氣體與系統截斷功能。

由於現階段 ENE-FARM 係以燃氣重組(reformer)方式製氫，仍屬於使用灰氫階段，待未來採用綠氫來源產氫後，始能達到 RE100 實證場域。參訪過程與簡報資料請見圖 2、圖 3 與本報告附件一所示。



(A) H2 KIBOU FIELD 觀測室



(B) H2 KIBOU FIELD 現場照片



(C) ENE-FARM 機組區域



(D) PH1 機組區域



(E) 太陽能板區域



(F) 觀測室監控畫面



(G) 液態氫槽內部壓力監控



(H)現場輸氫鋼管狀態

圖 1 松下草津工廠 H2 KIBOU FIELD



(A)會議室



(B)H2 KIBOU FIELD 觀測室

圖 2 松下公司簡報



圖 3 參訪團與松下陳子鵬主務於 H2 KIBOU FIELD 看台合影

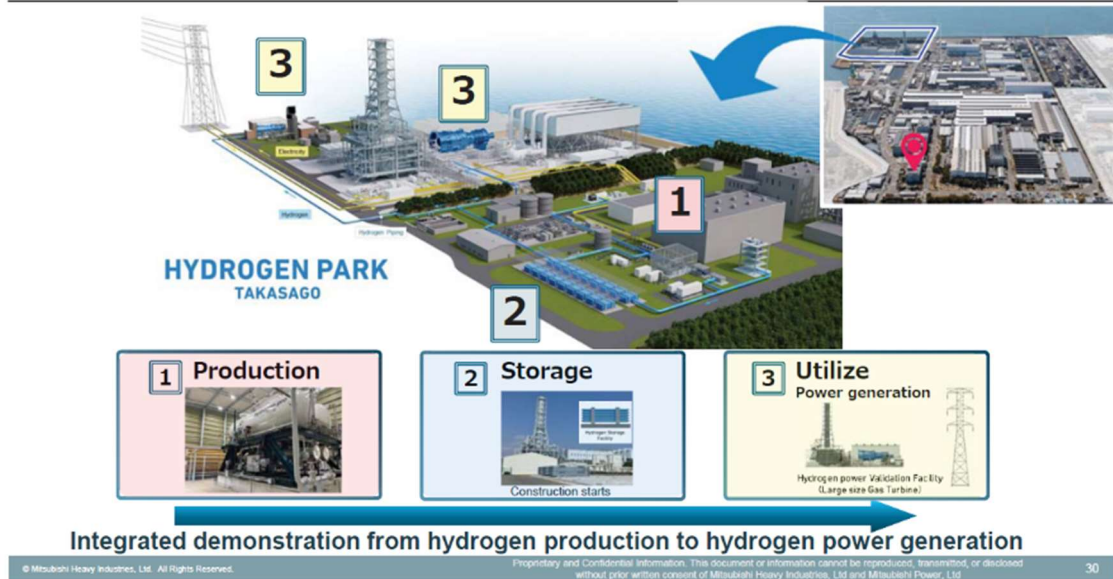
二、三菱重工高砂氫能園區

(一)簡介

三菱重工業株式會社 (Mitsubishi Jūkōgyō Kabushiki-kaisha, MHI；簡稱三菱重工) 是日本綜合機械製造商，其業務範圍廣泛，涵蓋交通運輸、船舶、航空、航太、鐵路車輛、電動馬達、發動機、能源、空調設備等各種類型機械機器設備之生產製造。於 1964 年始成立高砂工廠，該工廠位於神戶以西約 50 公里處，在高砂工廠主要以生產發電用燃氣渦輪機、蒸汽渦輪機、泵浦等產品，早期(1984 年)產線係以核能與電力的燃氣機組與設備為為主，至今係以燃氣渦輪機組與設備為主要產線產品。根據三菱重工截至 2023 年第三季的統計結果，目前全球銷售已累積 1,121 部燃氣渦輪機組，其中大型渦輪機組 (M Series) 已銷售 890 部，中小型渦輪機組 (H Series) 已銷售 231 部，全球市佔率達 31%，

因應減碳議題，三菱重工於 2020 年開始建立燃氣渦輪機聯合循環 (Gas Turbine Combined Cycle, GTCC) 示範發電設施 (俗稱第二 T 點)，採用最先進高效的 JAC 型燃氣渦輪機，額定輸出功率為 566,000 kW (566 MW)；測試期間，不斷監測燃氣機組的負載、可靠性、效能、排放廢氣等，以符合實際商業工廠所需的功能測試；於 2023 年底高砂氫能源區開始進行燃氣製氫、儲存和氫燃燒技術等示範運作工作。整個園區可略分為四大區域，分別為設計 (Design)、研究 (R&D)、驗證 (Verification)、製造組裝 (Manufacture) 區域，而氫能源區即位於驗證區域，廠區內所有的燃氣渦輪機皆透過雲端進行監控，也因此高砂工廠也邁向自開發到示範驗證的一體化系統。於靠近海邊 (填海造陸區) 的氫能源區，又細分為三大區域，包括氫氣的製造、儲存與應用，如 資料來源：三菱重工參訪簡報

圖 4。



資料來源：三菱重工參訪簡報

圖 4 三菱重工高砂園區-氫能源區位置與分區圖

(二)參訪紀要

本日參訪行程第一階段，係由三菱重工進行公司與燃氣機組介紹。整個發電機組係透過壓縮機(Compressor)、燃燒器(Combustor)與渦輪機(Turbine)為主要部件，在使用單一機組發電時其發電效能約 40%，但是在渦輪機部件尾端排氣溫度可達 600℃，若將後端尾溫廢熱再透過蒸氣渦輪機使用，可增加額外的電力，使得整體發電效能可達到 64%，意即透過提高燃氣渦輪機的渦輪入口溫度，可以提高複合循環的效率。

由於燃氣渦輪機聯合循環(GTCC)示範發電設施(T2 Point)係採用全球首台入口溫度可達 1650℃的新一代高效大型燃氣渦輪機 JAC，因此簡報中對相關開發技術與長期可靠性驗證進行說明。其中，JAC 屬於三菱重工的大型渦輪機組，其代號 JAC 的 J 表示其入口溫度可達到 1600℃以上者；AC 則表示 Air Cooling，係透過空氣進行降溫動作。目前本款大型渦輪機組以燃燒甲烷為主，大多為發電廠進行使用，應用於氫氣燃燒為後續發展目標。中小型渦輪機組(H-25 系列)，多使用於汽電共生，並可適用於氫氣與氨氣燃燒使用，惟氨氣機組目前仍持續開發中。

有鑑於日本淨零碳排的目標，各企業間也陸續建立各自的減碳路徑規劃，三菱重工期望於 2040 年可提供產品與技術，使相關客戶於 2050 年之前實現碳中和的目標。因此在能源系統端的目標包括火力發電的能源轉型、有效利用工業能源與建立氫價值鏈等面向。火力發電主要可分為兩種型態，包括蒸氣發電與 GTCC，前者屬於燃煤火力發電系統，可透過生質與氫氣共燃技術來減少排碳 20 %；若未來燃煤被高效的 GTCC 取代，則可減少 65 % 的排放量，更進一步若可透過混和氫氣與氫氣燃燒，則可減少更多的排放量，加上二氧化碳的捕捉與再利用的技術搭配下，整體減碳效益可達到 90 % 的目標。

為了達到上述目標，三菱重工持續研究開發燃氣機組的燃燒器 (Combustor)，期望未來透過更換燃燒器 (Combustor) 部件，來協助相關產業於燃氣機組的研發，並使其可應用於天然氣、氫氣與氫氣燃燒。以氫氣為標的之 Combustor 主要分為三種型態：(a) Type 1 Diffusion (擴散型燃燒器)；(b) Type 2 Pre-mix, DLN (預混型)；(c) Type 3 Multi-Cluster。以 Type 2 目前已可混燒 30 ~ 50 % 氫氣使用 (目前已於 2023 年完成 30 % 氫氣混燒確認，目前正在進行混燒 50 % 的確認)。若未來要採用高比例的混氫或是純氫燃燒，則須仰賴 Type 3 的燃燒器，預計於 2050 年可完成其技術與產品建立。

以氫氣為標的之 Combustor 分為兩種型態：(a) 液氫直接汽化為氫氣後，混和空氣進行燃燒，(b) 液氫進行裂解為氫氣、氫氣與氫氣。前種型態造成的尾氣溫度低，後者型態尾氣的溫度高，可達 600°C。由於該種方式會產生 NO_x 有毒氣體，因此後需增加相關脫硝裝置，目前正在進行研究與檢測試驗。

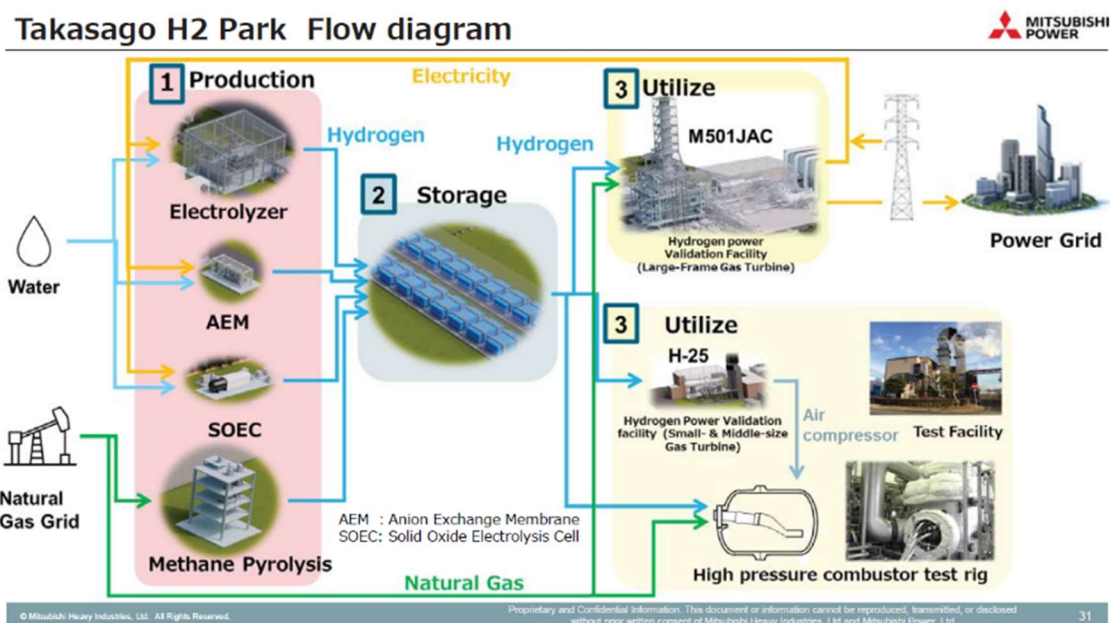
1. 高砂園區暨氫能源區介紹與巡禮

本日參訪行程上午第二階段係進行園區巡禮。因應減碳議題下，由於園區內進行驗證與實證過程具有氫氣使用需求，故園區內亦設有製造氫氣設備，其製造氫氣的方式含括水電解 (Electrolyzer)、固態氧化物電解電池 (SOEC)、陰離子交換膜電解槽 (AEM) 與甲烷裂解 (藍綠氫) 等方式取得，如圖 5。

其中水電解裝置以於 2023 年 9 月完成裝設，生產能力為 1,100 Nm³/h；AEM 目標能量為 5 MW，目前仍處於開發階段；SOEC 的 demo 機組。然而

生產後的氫氣係儲存於鋼瓶內，於氫能源區的儲存區現場，共計有 14 組 (bundle)，每組各有 650 L 的鋼瓶 50 支，總計 700 支鋼瓶，未來將會持續增加至 1,000 支。(目前總裝置儲量為 39,000 Nm³；氫氣加壓至 200 bar 進行儲存)。

氫能園區中，已採用中小型的燃氣機組(H-25)與大型燃氣機組(M501JAC)，且於 2023 年 11 月完成 30 %混氫燃燒成功，截至參訪當天(3/27)，整部機組總運行時間累計 5 天共計 5 小時(每日僅運轉 1 小時)。



資料來源：三菱重工參訪簡報

圖 5 三菱重工高砂園區-氫能源區細部應用流程圖

於現場參訪階段(參觀路徑如圖 6)，依序參訪渦輪機組組裝工作站(圖 7)、氫能源區的公關室(PR room)(圖 8)、氫能源區水電解區、氫能源區 T-Point 2 燃氣機組運轉區(圖 9)、高砂園區的總合研究所。其中，渦輪機組工作站內可同時組裝 3 具，平均一個月可組裝 3 組，年組裝 36 具。組裝過程將渦輪機組分為上半段與下半段組裝後再進行結合，因此對於銜接端縫隙極為要求，僅約 2 mm~3 mm 差距，整體由組裝、測試至出廠交給客戶端的時程需 18~20 個月。

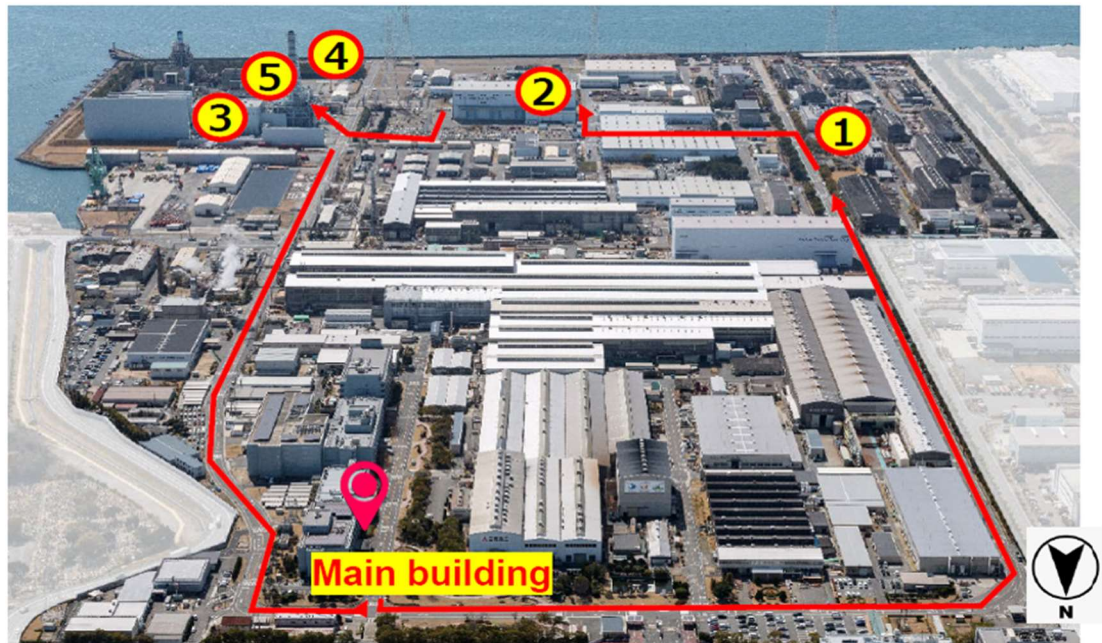
參訪氫能園區的公關室階段，原設想透過海水來進行冷卻，但因為地屬

國家公園範圍，因此改用空氣冷卻的方式進行。整個園區用電運行係配合國內用電習慣，一年之中以夏冬兩季用電量通常較高，因此園區內配合電力公司調度進行供電，春秋兩季用電量較小時，公司才進行相關法規討論驗證、研究開發與測試實證的活動，依據參訪當時 T-point 2 接近滿載。此外，針對氫氣製造面向，針對 SOEC 現況為 3 MW (製氫規模 150 m³/h)；2025 年目標為使自行開發的 AEM 水電解達到 3.1 MW (製氫規模 750 m³/h)，經現場詢問其所使用的膜片，係自海外購買；2026 年預計完成去碳燃氫技術，期望製氫規模目標為 1000 Nm³。

參訪 T-Point 2 燃氣機組運轉區階段，現場狀態如圖 9 左下角，現場路線由照片左側至右側，分別為蒸氣渦輪機(Steam Turbine)、發電機組(Generator)與燃氣輪機(Gas Turbine)，現場蒸氣渦輪機配置具備低壓(6 bar)、中壓(35 bar)與高壓(150 bar)型式，於燃氣輪機尾端有個銜接往外的廢氣管，其工作溫度高達 650°C 以上。

參訪總合研究所階段，現場由先進空力技術部門的齊藤先生解說研究成果。該單位現況主要係針對氫氣(H₂)燃燒與氨氣(NH₃)燃燒、模擬二氧化碳捕獲再利用技術進行相關研究，目前遇到的技術挑戰係在於氫氣燃燒的回火、氫氣與氨氣燃燒時所排放的 NO_x、以及渦輪機組的整體穩定性。

針對氫氣燃燒器於燃燒燃料入口噴嘴設計上，設計安裝了 8 個預混噴嘴及 1 個位於中心的引燃燃料噴嘴，藉以穩定燃燒。每個預混噴嘴皆加裝了旋轉器，透過漩渦的空氣與注入的燃料能更加均勻混合；而噴嘴通常會發生回火的部分係位於低流速區即漩渦流中心，因此在新燃燒器中，會設計從噴嘴尖端注入空氣，透過增加中心流速來避免回火狀況。未來若要執行氫氣專燒將面臨更嚴苛的回火議題，因此在燃燒器的設計上則有不同的設計模式(圖 10)。最後由於氫氣燃燒所造成微量 NO_x 懸浮物，將是後續研究的議題。



1. Research & Innovation Center (綜合研究所)
2. Gas Turbine Assembly Shop
3. Validation Plant (T-point 2)
4. Takasago Hydrogen Park
5. PR room.

資料來源：三菱重工參訪簡報

圖 6 三菱重工現地巡禮路徑圖



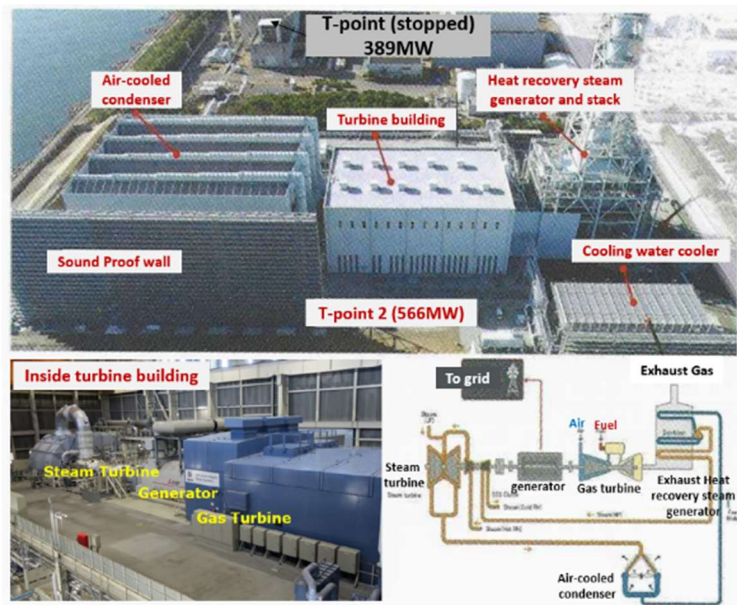
資料來源：Hydrogen power generation handbook (4th Edition) 、<https://thailand-construction.com/mitsubishi-hitachi-power-systems-ships-jac-turbines-for-gulf-energy-mitsui-ccgt-plant-in-thailand/>

圖 7 三菱重工 Gas Turbine 組立工廠示意圖



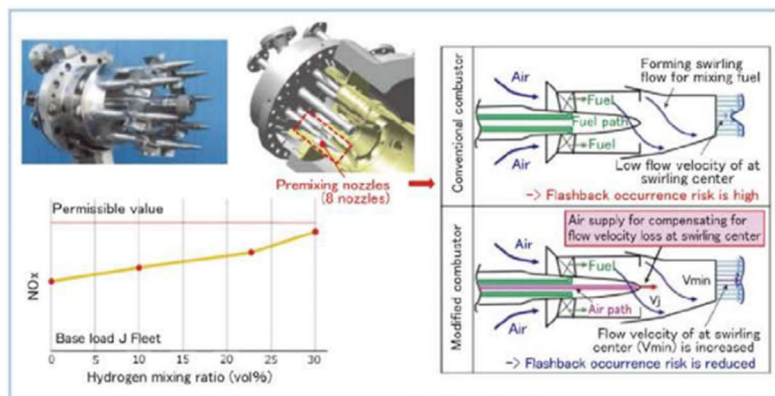
資料來源：三菱重工參訪簡報

圖 8 三菱重工 PR Room 示意圖

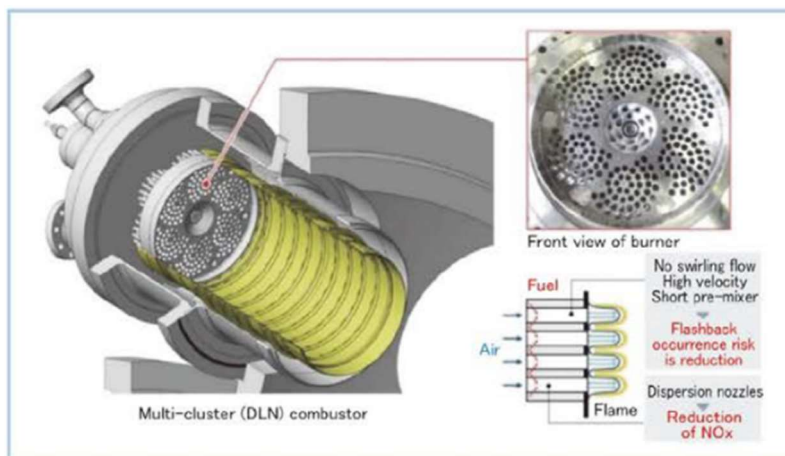


資料來源：Hydrogen power generation handbook (4th Edition)

圖 9 三菱重工 T-point 2 循環示意圖



(A) 混燒噴嘴設計



(B) 專燒燃燒器設計

資料來源：Hydrogen power generation handbook (4th Edition)

圖 10 三菱重工氫氣燃燒器設計示意圖

2. 三菱重工的氫價值鏈開發

本日參訪行程下午階段係由三菱重工柴田部長，進行三菱重工對於整個氫能源轉型的氫價值鏈說明。能源轉型階段歐美進程相較為前端，目前日本也於 2022 年發布 Green Transformation (GX) Basic Policy，也因此三菱重工截至目前為止也進行 2040 年淨零宣言，Scope 1 & Scope 2 將以 2014 年作為比較基準，預計在 2030 年於可降低 50 %；Scope 3 將以 2019 年作為比較基準，預計在 2030 年於可降低 50 %。至 2022 年，Scope 1 & Scope 2 已降低約 47 %，Scope 3 已降低約 15 %。

接續由小川先生(Kazuhito Ogawa)針對三菱重工於各面向的淨零努力進行簡要介紹，包括氫氣減碳路徑、循環經濟、加氫站 90 MPa 液氫增壓泵開發、以氫作為氫載體的海洋運輸技術開發、氫氣燃氣機組研發、與關西電力公司於姬路發電廠所合作之碳捕捉工廠等。相關簡報請參閱附件三。最後，本次該公司的參訪與聽取簡報過程皆無法拍照，故照片皆由三菱重工拍攝後提供，參訪情形如圖 11 至圖 13 所示。



圖 11 參訪團與三菱重工人員於大廳合影



圖 12 參訪團於 Gas Turbine 組立工廠外與三菱重工人員合影



圖 13 三菱重工簡報

三、參加 SMART ENERGY WEEK 展會

(一) 簡介

本次的日本智慧能源週(Smart Energy Week)春季展，展期為 2024/2/28 至 2024/3/1，於日本東京國際展示場(Tokyo Big Sight)舉行。同展會亦包括 H2 & FC Expo (21st)、PV Expo (18th)、Battery Japan 二次電池展(16th)、Smart Grid Expo(15th)、Wind Expo 風力發電(13th)、Biomass Expo 生質能展(9th)、Zero-E Thermal Expo 零碳火力發電展(8th)、脫碳經營展(4th)及循環經濟展(2nd)等，展場橫跨東京展示場的東西兩大展示區(圖 14)。本次係以氫能議題為主要參訪標的，因此參觀重點皆著重於 H2 & FC Expo 展區與 Zero-E Thermal Expo 零碳火力發電區(圖 14)，光上述兩區域之參展廠商即超過 200 多家，包括三菱重工、川崎重工、IHI 石川島公司、JERA、CHIYODA(千代田)、本田(Honda)汽車、豐田(Toyota)汽車等大廠；現場亦包括氫氣閥件與氫氣流量計製作廠商，如 TATSUNO、TOKICO、KITZ、SICK、FUJIKIN、IWATANI。此外本次展覽會共計舉辦 44 場次的演講活動(包括 28 場免費與 16 場付費演講)，本次共聆聽 10 場與氫能源及循環經濟議題相關之演講，參與議程請參見圖 15 所示。



圖 14 2024 Smart Energy Week 春季展- H2 & FC Expo 展區地圖

SESSION ID	講演内容/SESSION DETAILS	講演日/DATE	講演時間/TIME	講演会場/VENUE
SEW-K	講演企業：経済産業省	02月28日（水）	10:30~11:15	東7ホール【東-Q】
FC-K	講演企業：経済産業省／東京都産業労働局	02月28日（水）	12:30~13:30	西展示棟1階【西-A】
ZET-K	講演企業：経済産業省/JERA	02月28日（水）	14:30~15:30	西展示棟1階【西-A】
DCM-S2	講演企業：Univers／熊谷組／ジャパン・リニューアブル・エナジー	02月28日（水）	16:30~17:20	東3ホール【東-H】
SG-K	講演企業：経済産業省／東京電力パワーグリッド	02月29日（木）	10:30~11:30	東7ホール【東-Q】
FC-S1	講演企業：米国エネルギー省（DOE）/NOW - National Organisation Hydrogen and Fuel Cell Technology GmbH	02月29日（木）	12:30~13:30	西展示棟1階【西-A】
FC-4	講演企業：横浜市港湾局／川崎市	02月29日（木）	14:00~15:30	西2ホール【西-B】
CE-K	講演企業：経済産業省/環境省	03月01日（金）	10:30~11:30	東7ホール【東-Q】
FC-S2	講演企業：ENEOS／川崎重工業	03月01日（金）	12:30~13:30	西展示棟1階【西-A】
ZET-S2	講演企業：関西電力／Doosan Enerbility	03月01日（金）	14:30~15:30	西展示棟1階【西-A】

お客様情報/Your Information

受付番号/Registration No.	3006817
氏名/Name	CHIU HSINYU
会社名/Company	一般財団法人 ITRI
部署名/Department・Division	

圖 15 2024 Smart Energy Week 演講參與場次

(二) 展會紀要

1. SEW-K：Energy Policy in Japan

本場次由日本經濟產業省資源能源廳新能源部-井上博雄部長進行演講。主要介紹日本的相關能源政策(GX)。由於日本的碳排放量為世界前5大排放國，國際間皆已陸續定義碳中和政策，其中以2050年做為碳中和目標已有144國家，同時受到俄烏戰爭等影響，原油價格與產量波動，對於日本化石燃料仰賴進口，則必須強化日本國內能源自給率提高的必要性，才能達到碳中和的目標。此外也介紹了各國針對淨零所提供的各項發展投資與支援補助。

由於2050年碳中和議題，氫能源使用逐漸受到矚目，且應用面向將更為寬廣，也因此預估至2050年全世界氫氣的需求量會到達現況的5倍，約4.3億噸。也因此日本訂立氫能基本戰略，希望於2030年要達到產製300萬噸，

2040 年達 1200 萬噸，2050 年達 2000 萬噸的目標；為了達此目標從製造、儲存與使用三個面向導入實用尖端技術介紹說明。同時演講中簡要介紹日本水素社會推進法的方針，包含價格、整個氫能 Roadmap 的支援、定義製造許可與自主檢查規定。此外日本自 2012 年至 2020 年間，再生能源的導入由 309 億 kWh，以 4 倍的速度增長至 1,199 億 kWh，成長速度位居世界第 6 位。此外，政府部門投入了 2.8 兆日圓支援了近 20 個相關創新技術開發專案，如川崎與 IHI 等，演講中針對政府支持的能源成果進行簡要說明。

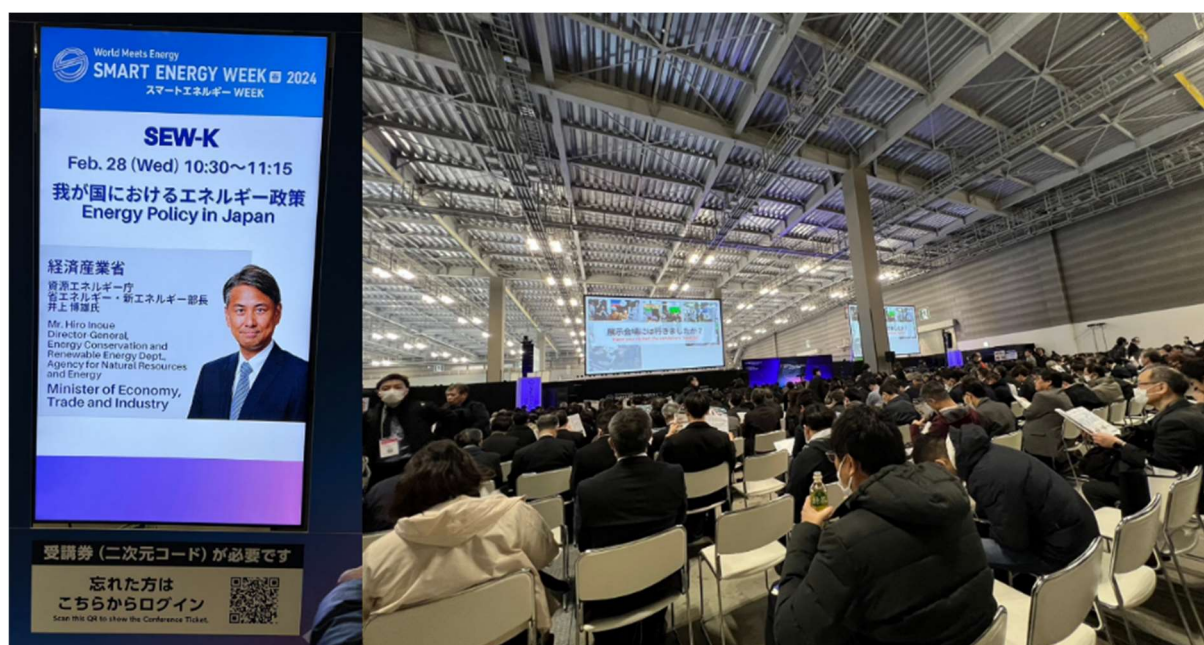


圖 16 2024 Smart Energy Week 演講參與(SEW-K)

2. FC-K：Japan’s Efforts to Achieve a Hydrogen Society.

本場次共有兩個短演講，分別由日本經濟產業省與東京都產業勞動局進行演講。上半場次，主要與 SEW-K 場次的演講內容皆聚焦在日本氫能政策與發展路徑。下半場次主要係說明東京都內，對於東京都內如何實踐氫能社會願景進行說明。

下半場東京都產業勞動局的簡報中，說明為了達到 2050 年淨零的目標，整體來說整個政策於 2025 年前將逐漸累積引入綠色氫氣的案例，至 2030 年中程階段將應累積更多氫能相關基礎設施與技術，遠程階段至 2050 年則是要於社會上大量應用氫能源，依據三個階段目標下，進行東京都實踐的藍圖規

劃(圖 17)。未來進口氫能源期望能以大量且低價的方式輸入使用，現階段於東京將會於部分地區鋪設新管線，以因應後續能源進口的需求。同時，東京也都於 2023 年 11 月辦理了 HENCA TOKYO 氫能行動會議。另外，東京也都針對氫氣的使用對象進行相關補助計畫(補助期間為令和 3 年至令和 7 年)並簡介了東京於氫能源上的應用，包括應用於 2020 年東京奧運上的聖火、選手村等。

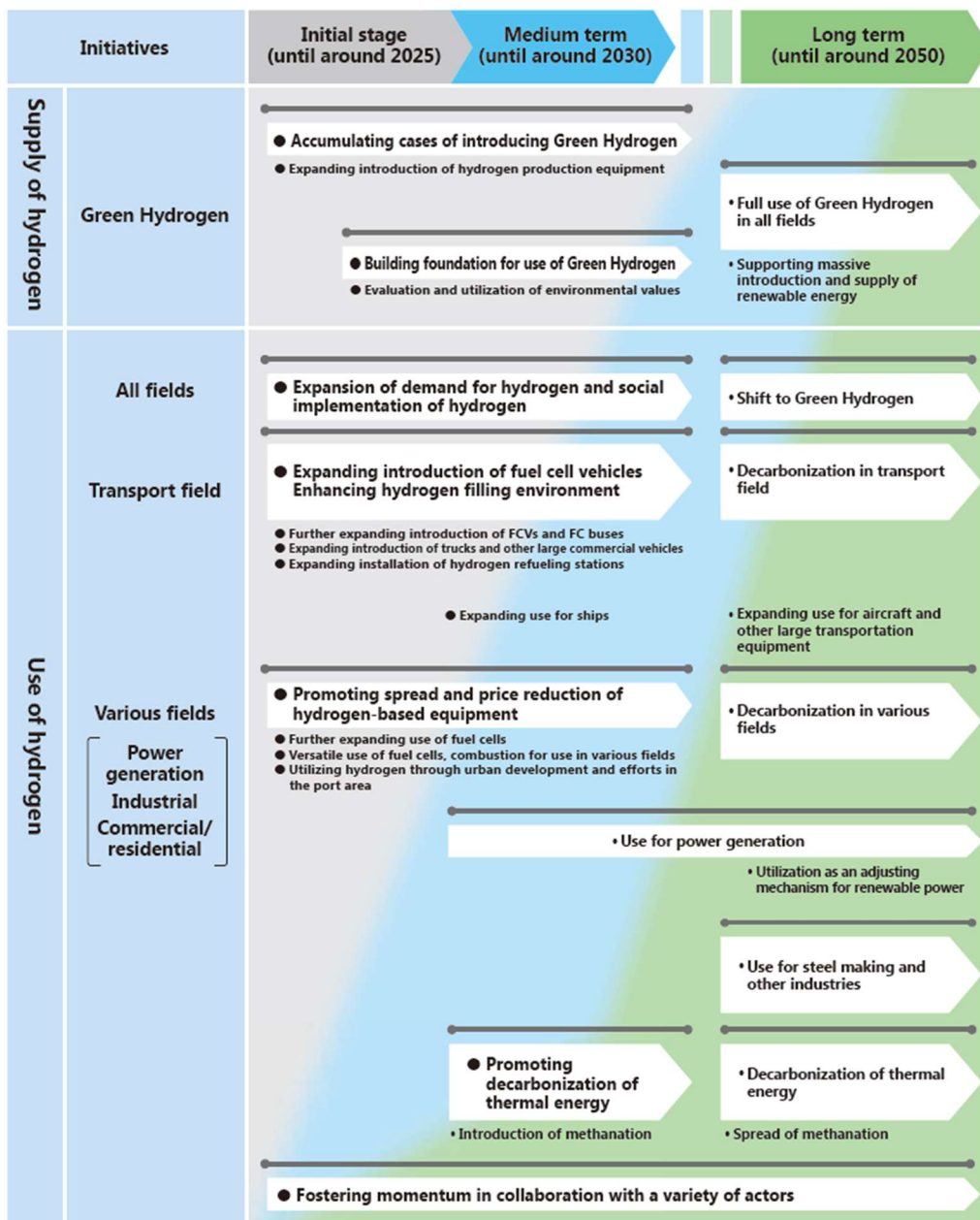


圖 17 東京都氫能 Road Map



圖 18 2024 Smart Energy Week 演講參與(FC-K)

3. ZET-K：Prospects for zero-Emission Thermal Power Generation.

本場次安排兩場短演講，上半場主要由經濟產經省電力課說明未來火力相關政策，下半場係由 JERA 公司說明其公司未來挑戰進行說明。

JERA 是日本一家知名的能源公司，成立於 2015 年，是由東京電力公司 (TEPCO) 和中部電力公司 (Chubu Electric Power) 合併而成。為了因應零碳社會，JERA 於 2020 年 10 月制定了 JERA 2050 Roadmap，未來將以氫與氨作為新世代的電力能源，訂定於 2050 年能達成以再生能源供給 5 GW 的目標。氫氣混燒部分，預計開發新型高氫混燒燃燒器，安裝在碧南火力發電廠(屬燃煤發電)機組進行改造，使其得以氫氣(NH_3)進行混燒，目標於 2030 年前完成實證與 20 % 氫氣混燒運轉(預期於 2027~2028 年間可達成)，至 2028 年達到 50 % 示範驗證，至 2040 年前達到 50 % 氫氣混燒運轉，目標至 2050 年達成氫氣專燒的目標；而 NH_3 來源將透過運輸船運輸，儲放於 2000 mL 的儲存槽內，後續更需藉由專管來達成上述目標。相關運輸船也於 2/23 首先達成 1,350 噸運輸示範，預計於 3/26 將有 23,000 噸的運輸量到港，5/24 有第 2 船次 15,500 噸的運輸量到達。氫氣混燒部分，則以甲烷的燃燒機組進行改造，並同樣透過運輸船方式載運氫氣，至 2030 年將先完成實證以及運輸船(氫氣載體)的決

定，2050 年擴大混燒的運轉能力。



圖 19 2024 Smart Energy Week 演講參與(ZET-K)

4. SG-K : Prospects for the Construction of the Next generation electric power system.

本場次共有兩個短演講，分別由經濟產經省電力事業部政策課以及東京電力公司說明次世代電力系統規劃。上半場主要說明日本如何實現綠色轉型 Green Transformation (GX) 的做法，包括在能源穩定供給面、實現成長型碳定價/金融政策、再生能源導入等面向進行說明。自從 2019 年地震後，日本境內石油及 LNG 使用量上升，加上 Covid-19 影響，整體瓦斯與燃煤價格隨之上升，且進口量能也隨之受限；預期未來半導體產業發展的需求下，日本用電需求量評估於 2024 年會增加 48 萬 kW、2028 年需求將增至 376 萬 kW、2033 年需求將增至 537 萬 kW，隨即須面臨的即是能源基礎來源。因此，各部會通力合作，確保 2030 年再生能源占發電量的 36-38%。含括以太陽光電、風力發電、氫氣與氨氣的擴大應用、合成燃料等模式，並導入 AI 人工智慧和物聯網等技術應用。

而為了達成綠色轉型(GX)目標，因此中央部門將先投資 20 兆日圓債券

的規模，並預期在 10 年內投資超過 150 兆日圓的規模來促進整體公私部門間的夥伴關係，其中 150 兆日圓將分配在能源供給側 50 兆日圓、需求側供給 100 兆日圓的規模。能源供給側將優先提供 20 兆日圓的投資於再生能源端，其次則是投資 10 兆日圓於次世代能源。會中也說明，於再生能源導入的狀態下(含全國各地電網/海纜)，全國電力系統的必要投資將落在 6~7 兆日圓。下半場由東京電力(TEPCO)針對能源產業革命歷程與數據轉換推動業務結構轉型進行說明。

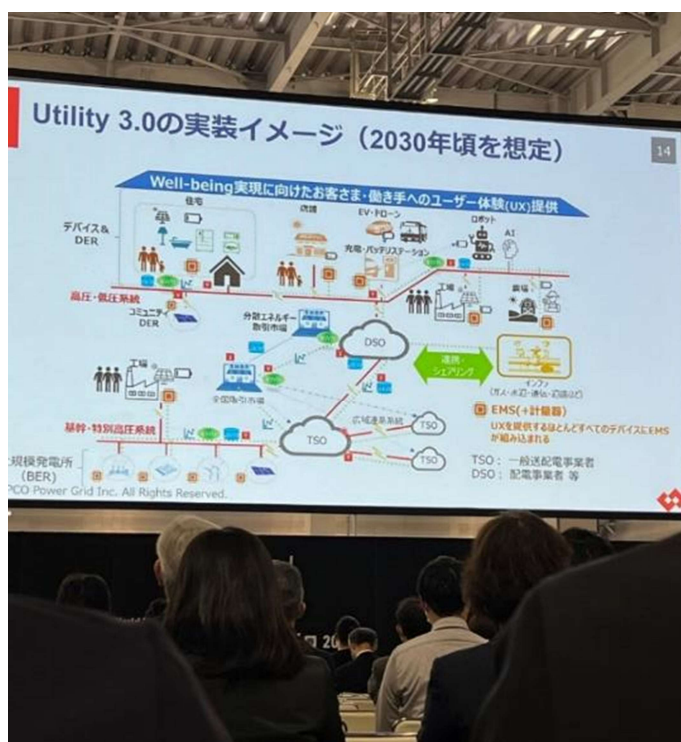


圖 20 2024 Smart Energy Week 演講參與(SG-K)

5. FC-S1：The Future of Hydrogen Society

本場次兩個演講，分別由美國能源部(Department of Energy, DOE)氫與燃料電池辦公室以及德國 NOW—國家氫能和燃料電池技術組織進行。上半場主要說明美國從 1980 年起至 2022 年，全球因地球暖化，溫度已升高了 0.89°C。同時，美國目前主要能源消耗以石化能源居多，而再生能源僅占 13% (細分各再生能源，風力佔 29 %、生質能 37 %、太陽光電 14 %、地質 2 %、水電解 18 %)。政府部門以 The Hydrogen and Fuel Cell Technologies Office (HFTO) 為氫能推動的核心，分為氫能技術(Hydrogen Technologies)、燃料電池技術

(Fuel Cell Technologies)及系統開發及整合(Systems Development & Integration)三大發動主軸。針對淨零減碳願景推動，美國能源部提出一項 Hydrogen Shot”1, 1, 1”計畫，預計 10 年內氫氣價格下降至每公斤 1 美元；並且預計綠氫產出能量至 2030 年達到每年 1,000 萬噸、2040 年達 2,000 萬噸、2050 年達 5,000 萬噸；後續即針對燃料電池進行介紹。



圖 21 2024 Smart Energy Week 演講參與(FC-S1)

6. 其他：

- (1) FC-4：Recent Development in the Regional Hydrogen Supply Chain
- (2) CE-K：Prospects for the circular Economy in Japan.
- (3) FC-S2：The Forefront of Hydrogen Supply Chain Construction by Industry Leaders.

本次參訪亦蒐集了部分演講簡報資料，請參見附件四所示。



圖 22 2024 Smart Energy Week 演講參與(FC-4)



圖 23 2024 Smart Energy Week 演講參與(CE-K& FC-S2)

(三) Smart Energy Week 攤位資訊彙整

1. TOKICO

現場主要展示內容包括加氫站的加氫機設備(現場展示機種流量範圍：0.1~3.6 kg/min，最高填充壓力為 82 MPa)、加氫槍。加氫機內部採用科氏力流量計，並具有緊急脫離設備，並採用 Thermocouple Type K 溫度計進行溫度量測，該機型可同時填充兩台燃料電池載具車(Fuel Cell Vehicle, FCV)，如此一來可減少用地等設置成本。未來正朝向大型車載所使用的加氫機進行技術開發中，預期最大流量範圍可達 100 kg/10~15 min。

此外，詢問現場人員，該公司如何進行流量計或是加氫機的校正，其公司具備計量車，並搭載稱重平台以秤重法進行現地校正活動；並解釋流量計/計量車係該公司於 2022 年 9 月所設立之氫尖端技術中心，進行純氫氣體校正；惟再次尋找網路相關資訊，該中心主要角色著重於具備商用氫氣站同等以上的裝置，得以進行大容量相關要件、氫分配器的填充試驗或與水相關的產品的開發或測試需求，故針對計量端，此部分資訊仍有待商榷。



圖 24 TOKICO 展場照片-加氫機



圖 25 TOKICO 展場照片-氫氣先端技術中心與計量說明

2. NIKKISO 日機裝公司

為了脫碳社會議題，該公司主要產品為幫浦、工業設備、航太與醫療。並參與氫能飛機與氫泵浦等實用化進行開發，展會上主要進行工程的加氫站業績、適用於液氫的幫浦與二氧化碳分離回收所採用的相關技術展示。

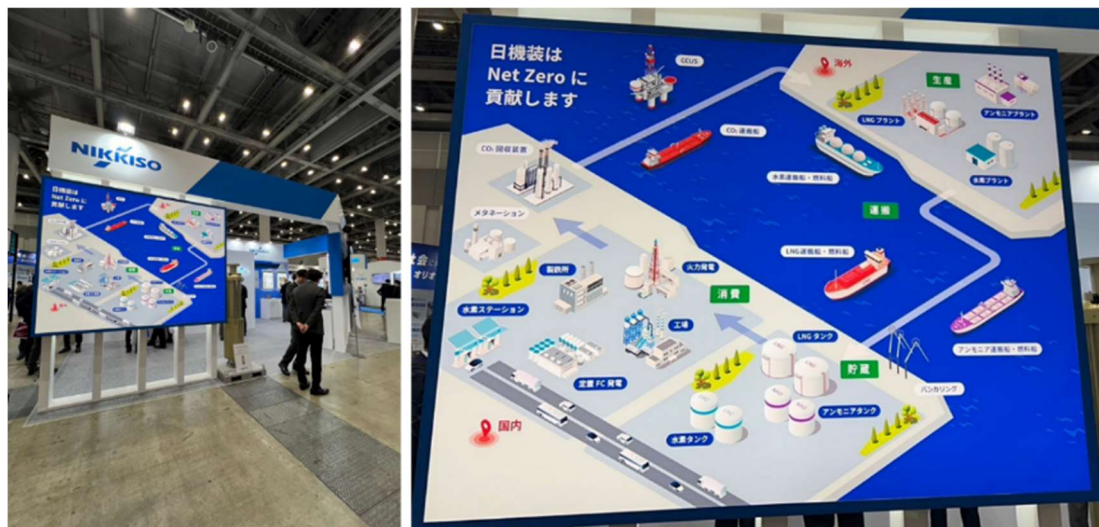


圖 26 NIKKISO 展場照片-事業 Net Zero Map 說明



圖 27 NIKKISO 展場照片-事業說明

3. PDC Machines

PDC 主要為開發壓縮機的廠家，產品為天然氣公司的主力使用對象，為了因應氫淨能源，PDC 開發氫氣壓縮技術、加氫站設備(氫氣壓縮機)、加氫機(SimpleFuel™)。其加氫機(SimpleFuel™)可提供現場氫氣、壓縮、儲存和加氫系統，利用水和電力每天生產 20 kg 高純度燃料電池級的氫氣。目前該公司於日本所設立的加氫設備與範圍如圖 28 所示。



圖 28 PDC Machines 展場照片-事業與加氫機(SimpleFuel™)

4. TATSUNO 龍野株式會社

TATSUNO 主要產品為各種石油設備的製造和銷售、加油站設備製造等

事業廠商。展會中，主要展出內容有高壓氫氣分配器「LUMINOUS H2」與「HF」、氫氣加注噴嘴與氫氣科氏力流量計。現場展示了三款科氏力流量計(HF 用 H70 型、NF 與 MF 兼用的 H70 型、MF 用 H35 型；NF 表示一般轎車 Normal Flow，MF 為 Middle Flow；HF 為 High Flow)，其流量計精度達 $\pm 0.5\%$ ，流量計應用範圍與實體照片如圖 29。經詢問現場人員，其氫氣流量計如何執行校正，該廠是利用水進行校正作業。

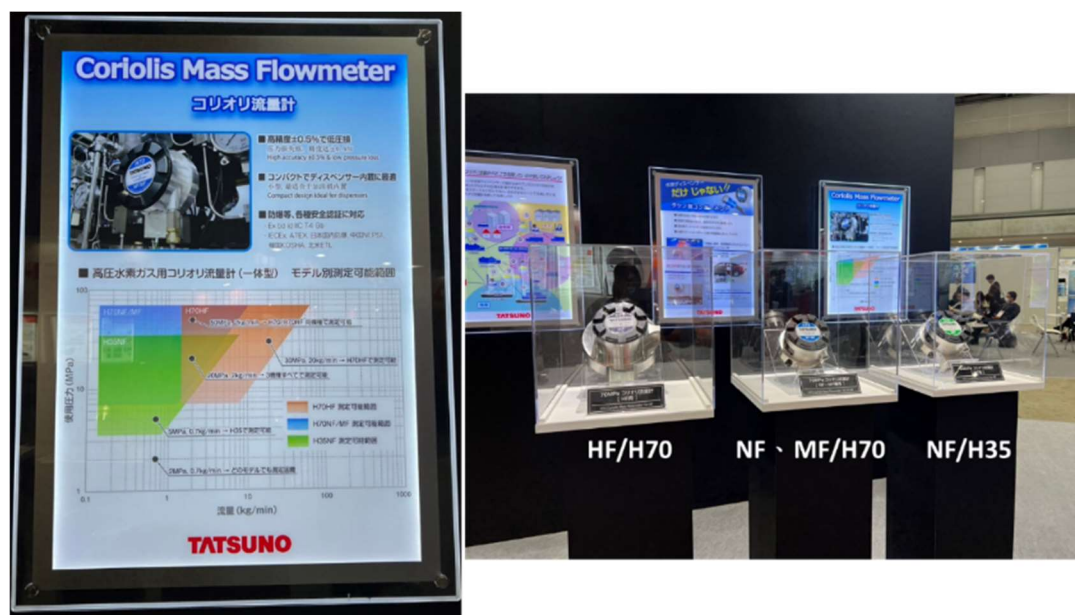


圖 29 TATSUNO 展場照片-科氏力流量計

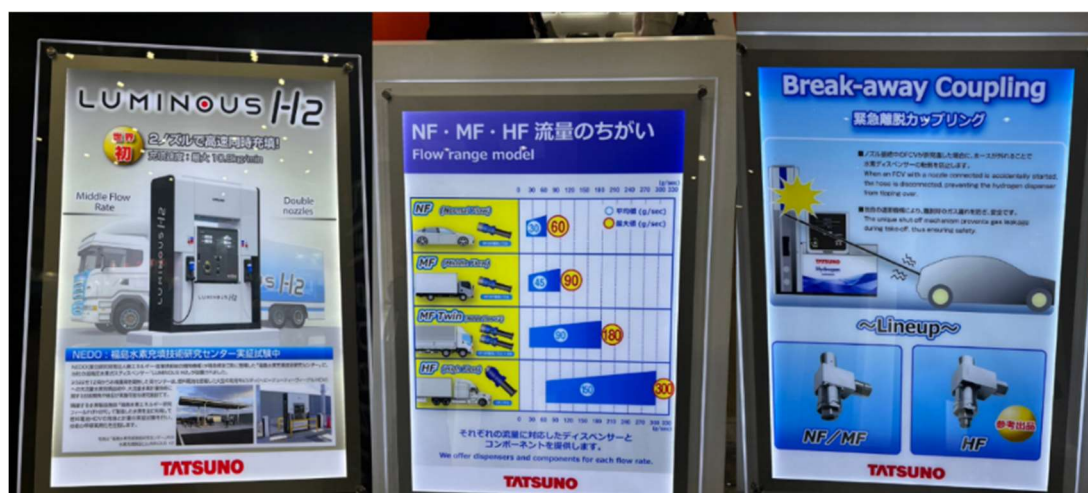


圖 30 TATSUNO 展場照片-加氫機設備與安全裝置

5. AISIN 愛信精機株式會社

AISIN 是日本一家汽車零配件生產商(汽車引擎、汽車車體製造)，為豐田 (Toyota)集團旗下公司。事業近期跨足氫能源事業，發展 ENE-FARM 與燃料

電池車之燃料電池堆(FC Stack)開發(如 Toyota MIRAI)。所開發的 ENE-FARM (Type S)是屬於燃料電池中的 SOFC 類別進行發電，透過其提供家庭用電；而發電中所產生的餘熱可提供給熱水器進行後續使用。

於 ENE-FARM 旁邊亦擺放 Rinnai(林內公司)於 2022 年 5 月所發表的 100 %氫燃燒熱水器模型，進行靜態展示。於 2023 年 9 月陸續開始與澳洲天然氣公司 AGIG(Australian Gas Infrastructure Group)於澳洲，以及日本岩谷產業株式會社於北九州氫能城等地進行實證試驗；預計於 2030 年可以進行實用驗證。



圖 31 AISIN 展場照片-ENE FARM 與氫能源產品

6. CHIYODA 千代田化工建設株式會社

千代田總部位於日本東京，為國際性工程公司。主要涉及石油化工、能源、環境和基礎設施領域產業，如石油和天然氣加工廠、液化天然氣(LNG)終端、化肥廠、石油精煉廠、發電廠等。近期也積極參與氫能源生產、儲存、運輸和利用項目，包括建造氫能生產設施、氫氣儲存和運輸系統，以及開發氫能應用技術，如燃料電池車輛和氫能供熱系統等。

現場除了展示千代田公司於 MCH 船的實績外，亦展示了 MCH(甲基環己烷)實體(圖 32)，展場中，詢問現場人員有關校正與安全性防護設備等相關事宜，現場人員解釋，MCH 優點是其高氫容量和相對較低的壓力和溫度要求，

其形態類似 CH₄。同時間，千代田資深同仁主動將 MCH 打開，請參訪人員試聞其味道，其味道聞起來接近較為濃郁的醫院消毒水味道。關於 MCH 運輸船於 2019 年為首次國際氫氣運輸計畫(由汶萊到日本-圖左)，其整體運輸計畫係透過先進氫能鏈技術開發協會(AHEAD)與新能源和產業技術綜合開發機構(NEDO)共同合作，其中 AHEAD 參與企業包括千代田(CHIYODA)、三菱(MITSUBISHI)、三井物產株式會社(MITSUI)、日本郵船株式會社(NYK)。

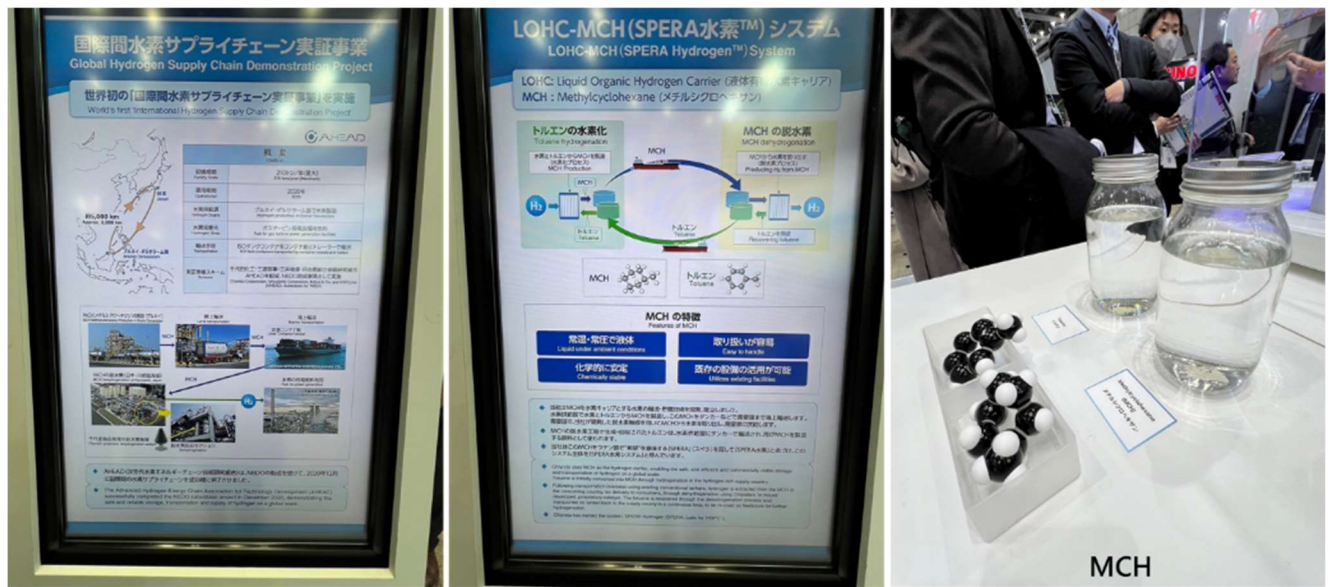


圖 32 CHIYODA 展場照片-事業介紹與 MCH 介紹

7. HONDA 本田汽車

本田汽車於展會現場，首度公開 CR-V FCEV 氫能車款，是一款使用燃料電池驅動的電動車型；燃料電池位於車頭，氫能儲存瓶置放於後座正下方的位子，車子側邊具備兩孔，左後方為氫注入口，左前方為電池充電口(J-1772)，其氫氣瓶具有 4.3 kg 儲氫量。每次加氫僅需要 3 分鐘，並且可行駛里程約 600 km，若以純電行駛里程則約 60 km。

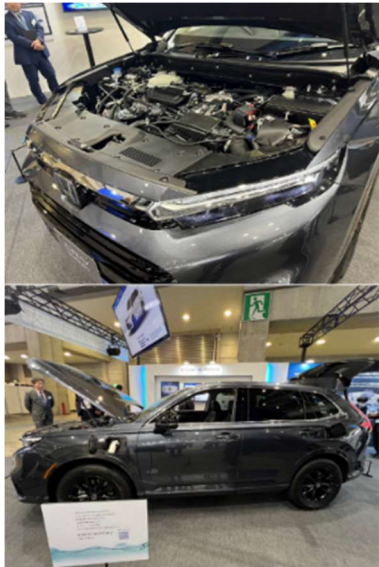


圖 33 HONDA 展場照片-氫能車

(四) Smart Energy Week 其他說明

本次行程係結合台灣氫能與燃料電池聯盟的參展行程，於展會第一天正式對外開放之前，參訪成員於展場內的攤位與各產業先進合影(圖 34)，本次參訪團名冊如表所示。並於這趟參訪過程中，與各界菁英交換名片(圖 35)。



圖 34 參訪團於 Smart Energy Week 展會攤位前合影



圖 35 名片交換




左峻德博士
副院長
研究員

財團法人台灣經濟研究院
台北市104230德惠街16-8號7樓
電話：(02) 2586-5000 Ext.908
(02) 2594-6818
傳真：(02) 2594-6845
E-Mail: d1948@tier.org.tw
http://www.tier.org.tw
統一編號：04144198



錫力科技股份有限公司
YC SYNERGY Co., Ltd.

23148 新北市新店區中正路560巷4號1樓
電話：(886) 2 2218 6683
傳真：(886) 2 2218 0732
電子郵件：markhuang@ycsynergy.com.tw
統編：53741664

燃料電池的專家



黃治文 +886-939-618-576
總經理 +86-183-2157-9175(CN)



工業技術研究院
Industrial Technology Research Institute

石蕙菱博士 Kate Shih, Ph.D.
研究經理 Research Manager
產業科技國際策略發展所(產科國際所) / 能源研究組 / 新能源產業與政策研究部
Renewable Energy Industry & Policy Research Department
Energy Research Division
Industry, Science and Technology International Strategy Center (ISTI)

T : +886 3 591 3662 F : +886 3 582 0449 E : katesh@itri.org.tw
統一編號：02750963

ycsynergy.com.tw



董事長暨執行長
吳誌雄

高力熱處理工業股份有限公司
320030 桃園市中壢區吉林北路5-2號
電話：(03) 4527005
傳真：(03) 4527136
網址：www.kaori.com.tw
E-Mail: allenwu@kaori.com.tw
統一編號：35319185

創新、品質、責任、榮譽



工業技術研究院
Industrial Technology Research Institute

邱欣瑜 流量與綠色能源計量研究室 工程師
量測技術發展中心 標準與永續工程計量技術組
300065 新竹市大學路30號

電話：03 574 1232
傳真：03 571 0335
電子郵件：shannonchiu@itri.org.tw
統一編號：02750963
客服專線：0800 458899

www.itri.org.tw



陳建伸 Jason Chen
Manager
Business Development
Applied Chemistry & Green Energy Dept.
E-mail: jason@weita.com
Mobile: +886-968-786-913

瑋達國際股份有限公司
Weita International Corporation, since 1981

104090 台北市松江路66號10樓
10Fl. No.66, Song-jiang Road, Taipei 104090, Taiwan
TEL +886-2-2511-9568 ext. 809
FAX +886-2-2511-5878
統一編號 (Tax No.) 00682547



www.weita.com

栢營有限公司
CAIYIN CO., LTD.
SIAD Service Center Taiwan

工業設備、工程及現場服務
Industrial Equipment Engineering & Site Service

33392 桃園市龜山區南上路350巷38號
No.38, Ln. 350, Nanshang Rd., Guishan
Taoyuan, Taiwan (R.O.C.), 33392
Tel:+886-3-3211511 Fax:+886-3-3520588
e-mail:vicaco@hibox.hinet.net
統一編號：22739777

嵇泓茵
Louisa Chi
+886-921-893394

股票代碼 002158
HANBELL

余昱暄
董事長

漢鐘精機股份有限公司
32853-桃園市觀音區工業三路五號
Office: +886-03-4836215

上海漢鐘精機股份有限公司
上海市金山區楓涇鎮亭楓公路8289號
Office: +86 021-31106868 57350280
www.hanbell.com.cn



汉钟公众号



Asia Hydrogen Energy

亞氫動力股份有限公司

Tel: +886 3 666 8255
Fax: +886 3 666 8265
Mob: +886 961 089890
Mail: deanyang@ah2e.com
統編: 83735041

楊德洲
Dean Yang
副總經理

良聯工業股份有限公司 董事長
白灣鋸接協會 理事長
高雄市港都警察之友會 理事長

薛良田

林國區 林國區 林國區 林國區 林國區 林國區 林國區 林國區 林國區 林國區
電話：0937647611
電話：0937647611
電話：0937647611
電話：0937647611
電話：0937647611
電話：0937647611
電話：0937647611
電話：0937647611
電話：0937647611
電話：0937647611

E-mail: tien@lianglian.com.tw
http://www.lianglian.com.tw
服務熱線：89436978

圖 36 名片交換(續)

四、櫛葉遠端技術開發中心(Naraha Center for Remote Control Technology Development, NARREC)

(一) 簡介

福島日本原子力能源機構（簡稱 JAEA，以下簡稱福島中心）是日本在核能領域的重要機構之一。該中心成立於 1960 年，位於日本福島縣的福島市，致力於核能發電技術的研究、開發和應用。福島中心的業務範圍涵蓋了從基礎科學研究到核能設施安全管理的多個領域，並且在國際上享有盛譽。

1. 業務簡介

- (1) 核能技術研究與開發：福島中心通過持續的技術研究和開發，致力於提高核能技術的效率和安全性。該中心專注於核能發電技術、核燃料循環技術、輻射防護技術等方面的研究，以應對日益增長的能源需求和環境挑戰。
- (2) 核能安全管理：福島中心致力於提高核能設施的安全性，並開發相應的安全管理技術。該中心通過風險評估、事故應急方案制定、安全監控技術等手段，確保核能設施執行期間的安全可靠性。
- (3) 核能政策研究：福島中心積極參與核能政策的制定和評估，為政府和相關機構提供專業的技術支持和建議。該中心通過分析行業發展趨勢、評估技術風險和社會影響等，為核能政策的制定提供科學依據。
- (4) 國際合作與交流：福島中心積極參與國際核能領域的合作與交流，與世界各地的科學研究機構、大學和企業建立合作關係，共同開展科學研究、技術開發和人才培養等活動，促進核能技術的全球發展。

2. 技術研發

福島中心在核能技術研發方面取得了豐碩的成果，主要包括以下方面：

- (1) 核能發電技術改進：福島中心致力於提高核能發電技術的效率和安全性，研發了一系列先進的反應堆技術和控制系統，包括高效率壓

水堆反應堆、永久性冷停系統等，以應對核能設施執行中可能出現的各種情況。

- (2) 核燃料循環技術研究：福島中心積極開展核燃料循環技術的研究，包括核燃料再處理、核廢料處置等方面，以實現核能資源的充分利用和核廢料的安全處置。
- (3) 輻射防護技術創新：福島中心不斷創新輻射防護技術，包括人員防護裝備、輻射監測設備等，以保障工作人員和公眾的安全健康。
- (4) 核能安全管理系統開發：福島中心研發了一系列先進的核能安全管理系統，包括事故預警系統、風險評估系統等，以提高核能設施的安全性和可靠性。

(二) 參訪紀要

NARREC 係配合日本第一核電廠(簡稱 1F)退役相關的測試、評估、培訓等技術培訓機構，由 JAEA 規劃於 **Naraha(楢葉町)** 建置遠距操作(Remote Control)機器人研發訓練中心，針對處理災難現場清理或救援事宜，提供一座實境現場與封閉環境進行測試，該中心自 2016 年 4 月起開始營運。可供外部單位使用 NARREC 的基本設備，除可一般用途使用，也提供一個完整的演練設施。

此外，NARREC 本身也透過開發與這些設施的使用相關的技術並改善其使用，並將獲得的結果回饋到設施的使用中，從事有助於促進 1F 退役的活動，也進行了為地區社會做出貢獻的活動，例如培養負責未來數十年的 1F 退役工作和產業復甦的人力資源。以下介紹本次參訪介紹重要設備。

1. 虛擬實境維護(Data Acquisition)

為加速清理日本於 2011 年 3 月 11 日受地震與海嘯影響導致在福島第一核電廠發生的核事故後續清理作業，NARREC 機構結合 VR 技術，配合 CAD 建模建立待分析場域虛擬實境，目前使用於重建福島第一核電廠(簡稱 1F)廠區實境，藉由操作 VR 系統模擬可以幫助減少進行退役核電廠清除工作時的輻射暴露，提供安全且有效率的工作訓練。利用開發沉浸式 (CAVE) 型 VR

系統，支援 1F 參與退役工作人員提供虛擬空間，並在大螢幕上再現事故發生後 1F 反應爐建築內部的結構和輻射環境，讓操作者更了解現場的環境，可以對核反應器安全殼底部安全作業，進行完整教育和培訓。後續進行殘留核廢料清除作業，規劃配合遠距控制機器人進行清除作業程序，以加快清除作業時間。



圖 37 規畫各種遠程控制技術(包括核燃料殘骸搜尋)並進行驗證，確保 1F 的除役安全

2. 高速動作紀錄(Motion Capture)

設有 15m(L)x15m(W)x7m(H)高速拍攝物體運動記錄設備，內部可記錄範圍尺寸 10m(L)x10m(W)x2m(H)，配合 200 萬畫素高精度攝影機，可提供記錄機器人及無人機等動態物體移動路徑，藉以評估機器人等動作操控靈敏度。可廣泛應用於軍事、娛樂、體育、醫療應用、電腦視覺以及機器人技術等諸多領域。



圖 38 高速動作攝影紀錄設備

3. 性能測試(Performance Evaluation)

位於全尺寸模擬實驗專區，可以依複雜地面等需求設計不同作業環境，提供遠端遙控機器人實地演練，模擬爬梯及爬坡等高難度動作，透過實地模擬，可強化人員操作訓練及熟練度，加速災區等危險區域作業時效，有效達成任務目標。



圖 39 遠距機器人模擬爬梯及機械手臂作業

4. 樓梯模擬及測試池(Mockup Stairs& Test Pool)

為能順利協助救災事宜，NACREC 建立實境階梯，訓練機器人模擬爬梯

行動及搬運荷重時性能任務，可協助機器人研發作業，可依任務需求制定機器人規格；另建置有 5m 深水池，提供機器人在常溫~60°C 及濁水或工業用水等不同水質條件水域中進行清理作業等模擬與訓練。



圖 40 遠距操作機器人及模擬水池

5. 機器手臂(Robot Arm Test)

該中心建置全長 12m 螺旋機器手臂，藉由自重補償多關節機械手臂進行運動測試，以及藉由操控移動及轉動關節增加其驅動性，救災時機械手臂搭配海床底質剖面 (Sub-Bottom Profile, SBP)，探測搜尋反應爐內燃料碎片。該設備亦可作為橋樑檢查、農藥噴灑作業等用途。



圖 41 操作機器人手臂模擬試驗(取自 NARREC)



圖 42 JAEA 外觀鳥瞰圖(取自 NARREC)

6. 為活用中心相關設備，該中心相關模擬設備可提供外部單位申請使用，如有其他需要機器人操作等訓練等相關協助，可對外提供租借服務。



圖 43 參訪團與 JAEA 代表合影

五、福島可再生能源研究所(Fukushima Renewable Energy Institute, FREA)

(一) 簡介

日本福島再生能源研究所 (Fukushima Renewable Energy Institute, FREA) 隸屬於日本產業技術綜合研究所 (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, AIST) 的分支機構，成立於 2014 年。其總部位於福島縣郡山市，是日本政府在核災之後推動再生能源研究和發展的重要機構之一。

FREA 的使命在於研究和推廣各種再生能源包括太陽光電、風力發電、地熱、氫能等產業應用技術發展，協助日本能源轉型的政策，及參與能源政策的制定和評估，提供政府專業的技術支援和建議，以促進日本的能源轉型和可持續發展，持續透過技術轉移、產業培訓和創新支持等方式，促進日本再生能源產業的發展。



圖 44 FREA 實證場域配置圖

(二) 參訪紀要

1. 地熱節能技術

本次參訪 FREA 地熱實證案場，該案場藉由挖掘 40 米井深，將地面上室內的空氣，引入地底後，利用地熱全年恆溫 14°C 特性，透過導入的空氣與地熱源透過熱泵(heat pump)進行熱交換後，將空氣回送室內，可達到冬暖夏涼的效果，並可節省空調電力開銷。

地熱為潔淨再生能源，具穩定性和可預測特性，未來極具發展潛力。FREA 積極開展地熱能源的研究和開發工作，主要包括以下幾個方面：

- (1)地熱資源評估與開發：FREA 通過地勢、地質、地溫等因素的評估，尋找合適的地熱資源，並進行地熱示範案場。該研究所致力於提高地熱能的開發效率和利用率，並探索新的地熱能開發技術。
- (2)地熱發電技術研究：FREA 開展多種地熱發電技術的研究和開發，包括水蒸氣地熱發電及二氧化碳地熱發電等。該研究所尋求提高地熱發電的效率和穩定性，並降低成本，以促進地熱的大規模應用。
- (3)地熱利用技術研究：除了發電外，地熱能還可以應用於暖通空調、溫室加熱、溫泉浴場等領域。FREA 致力於開發多種地熱能利用技術，滿足各方使用者的能源需求，實現地熱的綜合利用。



圖 45 地熱節能示範案場

2. 發展再生能源業務

- (1) 太陽光電研究與開發：FREA 在太陽光電領域進行了多樣的研究工作，現場建立 500kW 實證 PV 案場，提供 FREA 進行包括太陽能電池技術、太陽光電模組及發電系統改善技術、太陽能發電案場建置等。該研究所致力於提高太陽能轉換效率、降低成本、延長設備壽命，以滿足日益增長的太陽能市場需求。
- (2) 風力發電技術研究：FREA 積極投入風能技術的研究和開發工作，現場建立 300kW 實證風機，提供 FREA 進行包括風力發電機設計、風場選址改善、風能預測技術等。該研究所致力於提高風能利用效率、降低設備成本、提高風能發電的穩定性和可靠性。
- (3) 智慧系統研究：FREA 除規劃再生能源實證案場，並建立日本最大 EMC 電波暗室(34m(L)x34m(W)x7.8m(H))，具備 1.5MW 電源供應待測物進行 EMC 測試，另具備 3MVA RLC 負載，同時驗證太陽光電變流器及 PCS(電力調節器)等產品併網及安規設備，包含併網安全及性能測試、環境測試、EMC 及電氣安全試驗，另也整合再生能源、儲能及氫能等分散式電源(Distributed Energy Resources, DER)，進行能源管理系統(Energy Management System, EMS)相關檢測研究，致力達成能源多元化目標。

3. 再生能源電解水製氫

本次參訪 FREA 電解製氫實證案場，該案場採用鹼性電解法(AEL, Alkaline Electrolysis) 採用再生能源進行製氫，製氫規格為 150kW，產量為 30Nm³/hr，FREA 在園區規劃氫氣產、輸、儲及發電等完整氫氣載體實證案場，礙於觀摩時間有限，僅能提供電解製氫案場，目前市面尚有質子交換膜電解法及固態氧化電解法等各種製氫方式研發中。

氫能亦為潔淨再生能源，提供再生能源過剩另一種儲存方案，產氫可提供混燒或燃料電池發電或製造肥料等其他產業使用，應用仍待後續開發。



圖 46 AEM 鹼性電解製氫設備

4. 氫能儲存技術研究

氫氣存放在不同化合物下體積會有差異【如圖 47，底部白色樣塊為 1 大氣壓氣態氫體積，放置上方之色塊體積皆係與白色樣塊進行對比後體積，上方紅色為 70MPa 環境下氣態氫體積，橘色為 35MPa 環境下氣態氫體積，淺藍色塊為 MCH 化合物體積，深藍色塊為液態氫體積，粉紅色塊為金屬儲氫材料，綠色塊為液態氫體積】，目前 FREA 開發金屬吸氫方式進行儲存氫氣。FREA 另積極投入相關研究如下：

- (1) 氫氣儲存技術：利用氫氣作為載體分解產氫原理，1L 氫可儲存 1,300L 體積氣態氫，目前氮化物儲氫相較液態儲氫為安全，目前正在研究當中。
- (2) 液態氫儲存技術：將氫氣壓縮成液態氫進行儲存，1L 液態氫可產製 800L 氣態氫，是一種高效的氫能儲存方式。FREA 致力研究於提高液態氫儲存技術的能量密度和安全性，以滿足不同應用場景的需求。
- (3) MCH 儲存技術：藉由載體甲基環己烷(methylcyclohexane)具有大量氫元素，可提供 500 倍體積氣態氫，是一種高效的氫儲存方式
- (4) 合金儲存技術：將氫氣與金屬或合金形成氫化物進行儲存，是一種安全可靠的氫能儲存方式，目前仍在研發中。

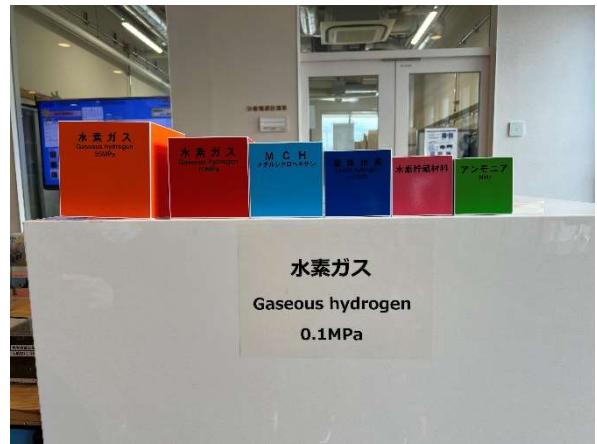


圖 47 不同形式之氫氣儲存體積大小

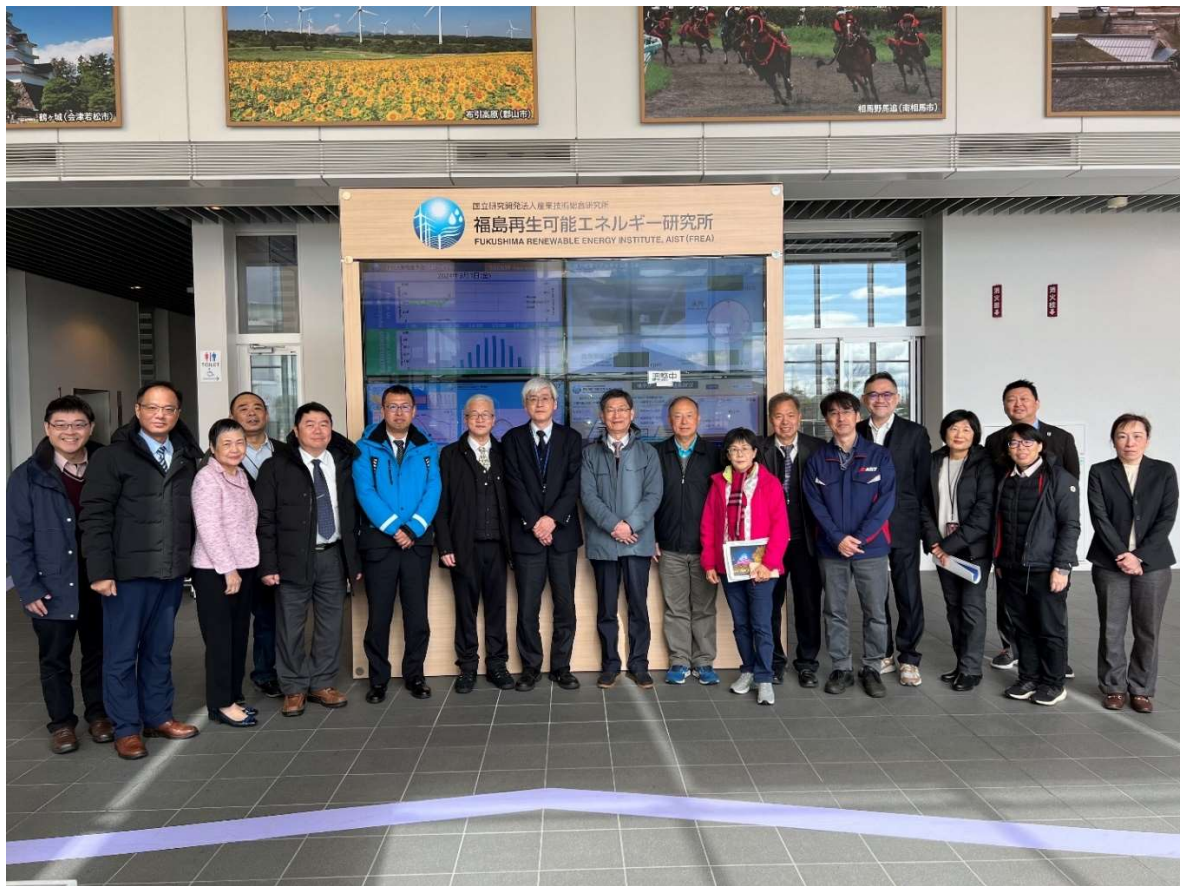


圖 48 參訪團於 FREA 合影

肆、心得與建議

- (一)松下草津廠運用太陽光電及氫能發電提供廠區用電，建立 RE100 示範案場，未來可以不同再生能源組合作為後續案例展現，也可以搭配儲能案場整合提升供電效能，本局可評估規劃 RE100 案場驗證方案，以提供驗證案場綠電 100%符合性及案場安全性。
- (二)三菱重工發展氫氣混燃發電技術，以其在燃氣渦輪專長，發展氫氣混燒發電技術，進而達到 100%氫能發電，目前台電正規劃投入相關混氫發電示範計畫，其中有關氫氣不純度與計量技術，本局技術團隊可進一步了解氫不純物分析與計量分析需求及適時提供相關協助。
- (三)本次參訪松下公司、三菱重工公司、FREA 及 SMART ENERGY WEEK 展會中，發現日本政府與各大企業在綠色能源政策與研究已投入多年，從製造、運輸、儲存、應用、政府支助/補助皆有上下游完整的規劃，各階層(廠商)對各自專業技術(Road Map 中的螺絲釘)也有明確開發規劃，且各廠商間及政府部門間，已形成一個緊密的網絡並相互合作，建議後續國內可參考該模式建立交流平台，以加速國內產業發展。
- (四)本次參訪團隊，成員包含國內氫能相關計畫產研法人及氫能業者，在本次 SMART ENERGY WEEK 展場中與加拿大氫能業者進行交流與互動，本局也向加國業者提供國內發展氫能標準檢測驗證規劃，並建立後續技術交流管道，提供後續計畫合作的契機，加國業者也歡迎我方組團到加國參訪其氫能產業發展。
- (五)氫能產品面，於展會現場各流量計、閥件、加氫站、儲存鋼瓶、鋼管件，各大廠如 SICK、FUJIKIN、TATSUNO、TOKICO、NIPPON STEEL，皆已有成熟可用於氫氣/氨氣的相關產品與供應鏈，惟目前國內在地零組件廠商，於氫能應用相關的硬體開發尚不活躍，可藉由參與本次展會日方成果，提供國內廠家輔導參考，加速國內相關產業能量建立，並拉近彼此氫能技術之落差。

- (六)於計量標準方面，於展會現場詢問開發/使用計量設備的廠家，部分廠家表示係採用水進行校正工作，僅詢問到一家 TOKICO 係採用移動式氫氣稱重法標準系統，該方法為目前國際間應用於加氫站計量準確性確效的方法，據了解 TOKICO 為 TATSUNO 旗下子公司，同時日本 NMIJ/AIST 實驗室亦提供該公司相關技術協助，加上 NMIJ/AIST 國家實驗室皆已投入相關研究多年，建議可持續與其建立研究合作關係，加速國內檢測技術發展。
- (七)觀察本次展會，日本在氫能應用已逐漸延伸至民生產品應用端，包括 Honda 氫能電能車、Kawasaki 氫能重型機車、氫氣熱水器、氫能石窯，皆已為成熟上市商品或是實證中產品，故可瞭解未來民生氫氣使用與公平交易議題將是需求重點，建議國內已可由小流量氫氣標準系統開始進行發展研究，待掌握相關技術後可再研發大流量氫氣流量標準系統，已銜接未來的氫能社會。
- (八)JAEA 旗下 NARREC 發展遠距遙控機器人技術，應用於福島核災應變機器人標準測試中，成功開發遙控機器手臂可用於攀爬牆壁狀障礙物並接近目標物成果，該中心對於機器人研發及應用機器人於核能反應爐維修及救難等經驗，可提供國內借鏡，未來可思考應用於氫能及儲能系統案場較具風險性任務，如儲能燃燒試驗分析等。
- (九)FREA 積極從事再生能源技術及整合應用研發，並建立再生能源產製氫氣、氫氣儲存及氫氣發電等實證場域，實現氫能社會模型，並進一步結合再生能源進行產製綠氫，積極達成減碳目標。
- (十)FREA 再生能源具備多項再生能源及儲能產品檢測能量展示，實有利國內發展借鏡，目前本局正推動儲能系統驗證，規畫 PCS 相關驗證制度，目前已完成建置 1MW PCS 檢測能量，未來可進行併網及 EMC 檢測業務合作，協助國內廠商進行產品驗證。