

出國報告（出國類別：開會）

## 赴日本大阪參加 2024 亞洲電化學能源 科技會議

服務機關：台灣中油股份有限公司綠能科技研究所

姓名職稱：林鴻宇 化學工程師

派赴國家/地區：日本

出國期間：113 年 05 月 18 日至 113 年 05 月 24 日

報告日期：113 年 06 月 12 日

## 摘要

2024 亞洲電化學能源科技會議為第 12 屆會議，由京都大學 Takeshi Abe 主辦於日本大阪國際會議中心舉行，過程為期 4 天(2024-05-19 至 2024-05-22) 該會議包含了鋰離子電池、鈉離子電池等電池技術以及電化學相關技術，眾多儲能、用能相關研究人員參與此會議，本次聆聽多場演講及與壁報者討論最新電化學相關技術。本次行程另規劃拜訪日本住友電氣工業株式會社，日本住友電氣工業株式會社為國際知名鈎液流電池儲能系統廠商，已有眾多 MW 等級儲能案場，藉由拜訪液流電池系統廠商以了解液流電池未來規劃及觸媒提製電解液導入評估。本次具體成果為:1.參加亞洲電化學能源科技會議吸收與本所研究相關新知及技術，做為未來研究參考;2.了解液流系統商目前及未來規劃以及液流電池相關技術討論。

# 目次

摘要.....	2
目次.....	3
本文.....	4
一、目的.....	4
二、過程.....	4
三、具體成效.....	15
四、心得及建議.....	16

# 本文

## 一、目的

儲能材料及前瞻電池製程研究為綠能所重要之研究專題。今年亞洲電化學能源科技會議包含了鋰離子電池、鈉離子電池等電池技術以及電化學相關技術，眾多儲能、用能相關研究人員將參與此會議，期許能吸引新知推動所內研究。另外規劃拜訪日本住友電氣工業株式會社，日本住友電氣工業株式會社為國際知名鈎液流電池儲能系統廠商，已有眾多 MW 等級儲能案場案場，其中北海道實績規模達到 15 MW/60 MWh，且有將電解液異地循環再利用之經驗。目前本組正發展鈎液流電池且有規劃做為煉油廠之儲能應用，可藉由參訪住友電氣工業株式會社了解大型鈎液流電池儲能系統運作及營運。

## 二、過程

本次出國從 5 月 18 日由高雄國際機場起程前往日本大阪，5 月 24 日由日本大阪返程回到高雄國際機場，總行程為七天。於 5 月 19 日至 5 月 22 日前往大阪國際會議中心參加日本 2024 亞洲電化學能源科技會議，該會議包含了鋰離子電池、鈉離子電池等電池技術以及電化學相關技術，眾多儲能、用能相關研究人員將參與此會議，期許能吸引新知推動所內研究。於 5 月 23 日至住友電氣工業株式會社大阪製作所與相關人員技術交流，了解液流電池案場運作及系統廠商對於液流電池的未來規劃。參訪行程與時間安排如表 1 所示。

表 1、參訪行程與時間

日期	主要工作內容
113/05/18(六)	啟程：高雄小港國際機場 → 日本關西國際機場
113/05/19(日)	參加 2024 亞洲電化學能源科技會議
113/05/20(一)	參加 2024 亞洲電化學能源科技會議
113/05/21(二)	參加 2024 亞洲電化學能源科技會議
113/05/22(三)	參加 2024 亞洲電化學能源科技會議
113/05/23(四)	至住友電氣工業株式会社大阪製作所技術交流
113/05/24(五)	返程：日本關西國際機場 → 高雄小港國際機場

### 亞洲電化學能源科技會議

亞洲電化學能源科技會議為邀請亞洲區學研單位針對電化學及能源相關技術及研究進行交流，圖一為會場照片。本次由京都大學 Takeshi Abe 教授舉辦於大阪中之島大阪國際會議中心，展期期間包含了 120 多場的演講及百篇左右的壁報。演講除了特邀演講外，其他演講分拆於四個會議室進行，聽眾可依與本身需求及興趣聽取個別演講。內容涵蓋鋰離子電池、鈉離子電池、鋅離子電池、液流電池、燃料電池等電池技術，以及超級電容、燃料電池及碳捕捉等技術。整體而言，鋰電池相關討論最多，其中又以探討固態電解質極電解液添加劑的研究佔比較高，這應與近期國際上鋰電池產生工安議題有關，研發者期許能藉此提高鋰離子的安全性及穩定性。

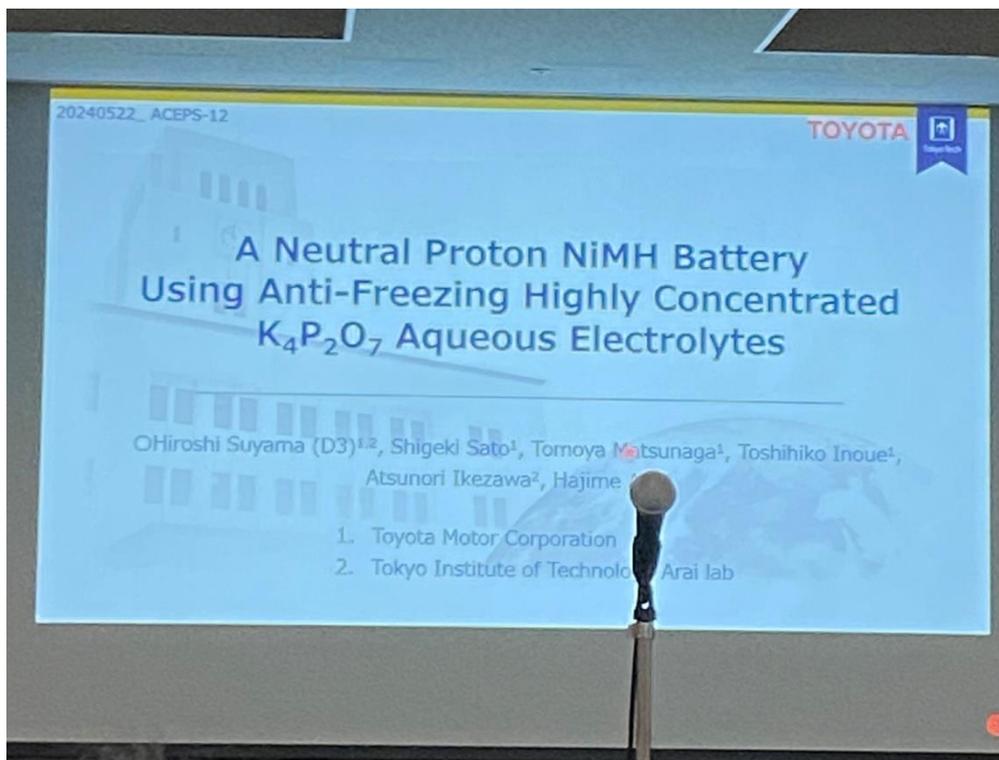


圖一 亞洲電化學能源科技會議會場照片

本次參與會議針對與本所相關及未來技術開發相關議題，彙整所聆聽演講及壁報重點如下：

A Neutral Proton NiMH Battery Using Anti-Freezing Highly Concentrated Potassium Pyrophosphate Aqueous Electrolytes (Reporter: Hiroshi Suyama)

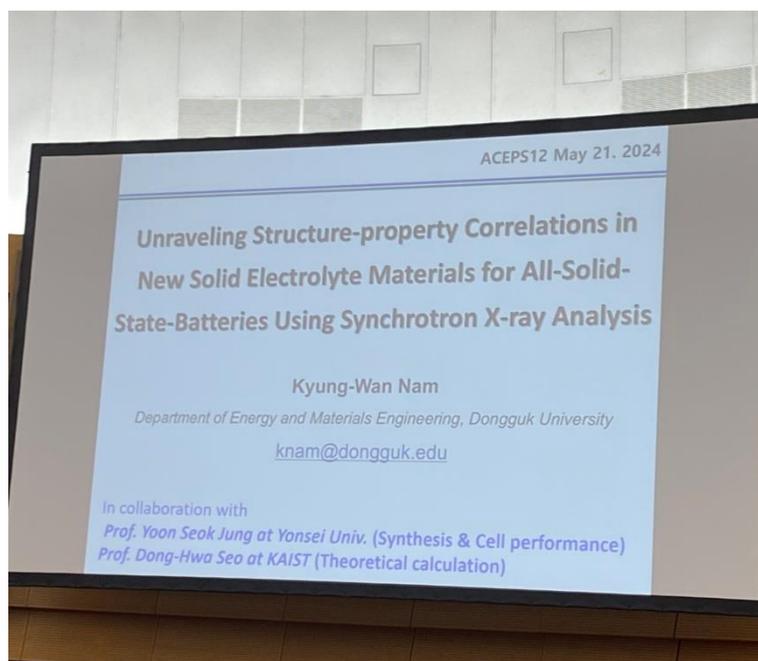
在眾多學校教授及學生發表研究中，此為少數來自業界的演講者。該演講者來自 TOYOTA，該演講內容為將高濃度  $K_4P_2O_7$  耐凍電解液應用在鎳氫電池，演講簡報封面如圖二所示。水性電解質比起傳統電解液具有相對安全及低成本的優勢。在選擇電解液材料中，鹽類應具有高溶解度、非強鹼、耐低溫，而  $K_4P_2O_7$  可兼顧前述之特性。經測試， $K_4P_2O_7$  濃度高於 4M 以上之電解液在攝氏 60 度下 6 小時仍可以不會結凍。並以  $Ni(OH)_2$  為正極以 Metal hydrides (MH) 為負極進行充放電測試，其放電克電容量約 200 mAh/g。最後分享抗結凍之機制為水與  $P_2O_7^{4-}$  形成氫鍵進一步形成網狀結構，網狀結構的生成抑制水和  $K_4P_2O_7$  的聚集(結凍)。



圖二 抗凝結電解液演講簡報封面

Unraveling Structure-property Correlations in New Solid Electrolyte Materials for All-Solid-State-Batteries using Synchrotron X-ray (Reporter: Kyung-Wan Nam)

近年許多研究使用固態電解質來解決固態電解質的問題，過去有金屬氧化物或是硫化物作為固態電解質材料，前者雖然穩定但有易碎的問題後者則化學性佳但不穩定且有產生硫化氫的疑慮。而鹵素固態電解質有還不錯的電導度(1 mS/cm)且有化學性穩定及沒有產生硫化氫的疑慮，故非常適合作為固態電解質。為了瞭解固態電解質的特性，演講者介紹了如何用同步輻射進行分析，演講簡報封面如圖三所示。演講中分享可採用X光吸收光譜(XANES或EXAFS)進行電子能態、幾何結構及價數分析；而Pair Distribution Function可以從訊號峰值位置、強度及半高寬對材料進行分析，若材料為奈米材料或結晶性較差的材料都可使用此方法；最後則是X光繞射分析材料的晶格常數、熱位移。



圖三 利用同步輻射對固態電解質分析演講簡報封面

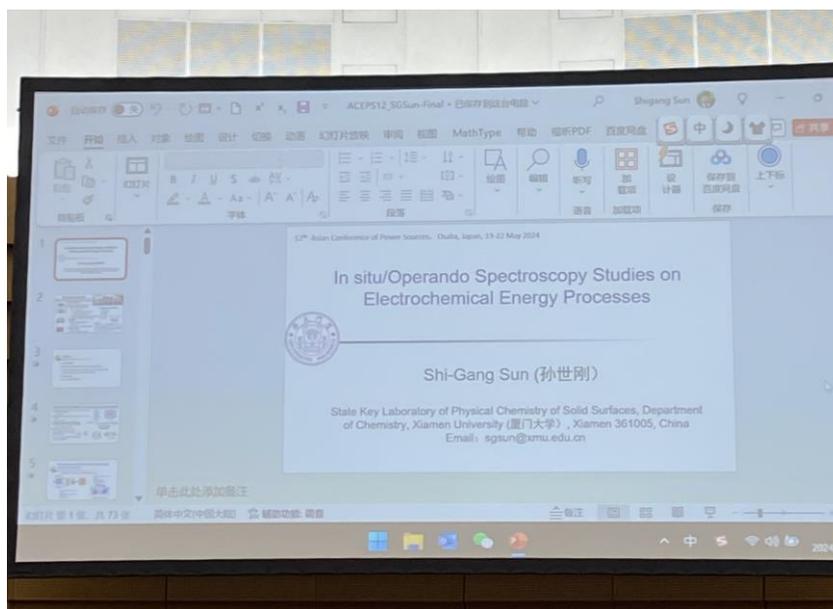
### In-situ/Operando Spectroscopy Studies on Electrochemical Energy Processes

(Reporter: Shi-Gang Sun)

該演講介紹數種原位或即時分析方法應用在電化學研究上，演講簡報封面如圖四所示。一開始演講者介紹全球鋰電池在2022年約有1728 GWh，預估在2025年會成長到4534 GWh到了2035年規模將達到9167 GWh，為了發展能量密度更高、更安全且效率更好的電池，研究上必須進一步了解材料介面反應、反應機制及動力學，所以新型的分析方式是有其必要。演講者分享了線上電化學質譜儀(Online Electrochemical Mass Spectroscopy, OEMS)分析直接乙醇燃料電池的介紹，利用即時線上分析可知道燃料電池排出的氣體比例分布，其中乙醛濃度隨著電流密度增加有線性增加的趨勢，而乙酸則在高電流密度下濃度增加速度提高。並分析其反應機制為乙醇轉變為乙醛再轉變成乙酸。

另一個分析為原位傅立葉紅外光譜儀(In-situ FTIR)分析不同觸媒晶相對於乙醇反應機制的影響，藉由分析光譜中COOH和CO<sub>2</sub>的訊號來了解反應機制是醇反應成酸抑或是

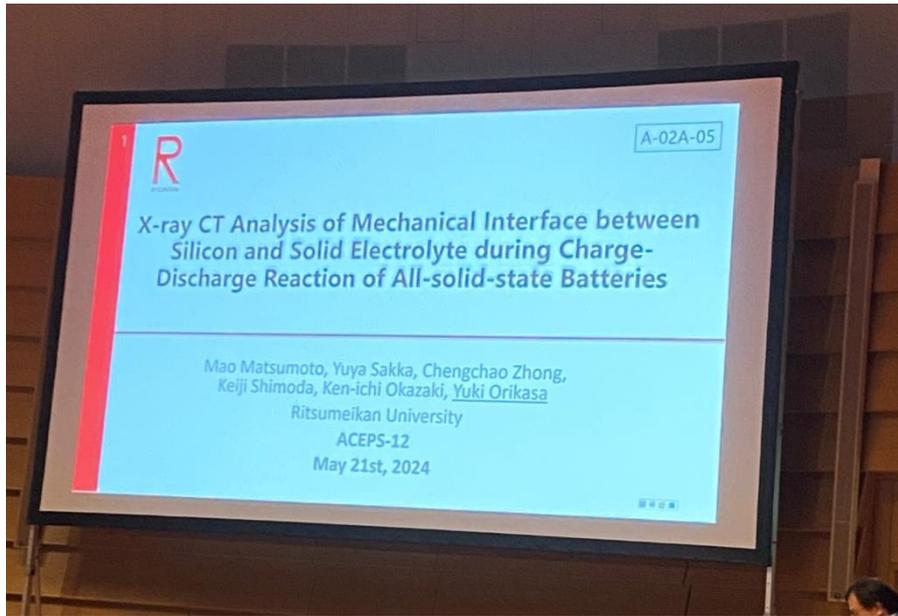
醇反應成二氧化碳。研究發現使用不同的觸媒其CO<sub>2</sub>選擇率可以從0.47提高到1.06。最後分享利用黃光微影的方式製作In-situ TEM樣品用來分析Li-S電池，分析發現Li<sub>2</sub>S的沉積主要受電荷傳遞影響，依此概念在電極表面導入Mo作為反應中心，可有效提高電量維持率(約2.07倍)，因此可製作出壽命更長的Li-S電池。



圖四 即時分析應用於電化學研究演講簡報封面

### X-ray CT Analysis of Mechanical Interface between Silicon and Solid Electrolyte during Charge-Discharge Reaction of All-solid-state Batteries (Reporter: Yuki Oriksa)

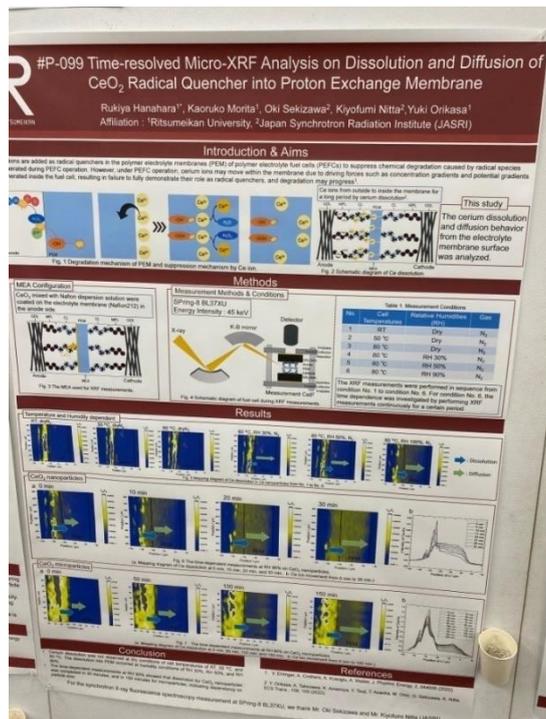
該演講介紹利用X光對固態電解質作截面分析，以了解電池在充放電時的狀況，演講簡報封面如圖五所示。演講者分享他們利用X光分析以不同壓合壓力之鋰離子電池，發現電極和電解質在壓力方向容易形成連接但其他方向則較不易形成連接，有時會產生空洞。當電池進行充電時，材料會膨脹所以空洞縮小，但放電後材料所小而空洞反而變得比一開始更大，進而增加固態電解質的阻抗。



圖五 X光截面分析演講簡報封面

Time-resolved Micro-XRF Analysis on Dissolution and Diffusion of CeO<sub>2</sub> Radical Quencher into Proton Exchange Membrane (Reporter: Rukiya Hanahara)

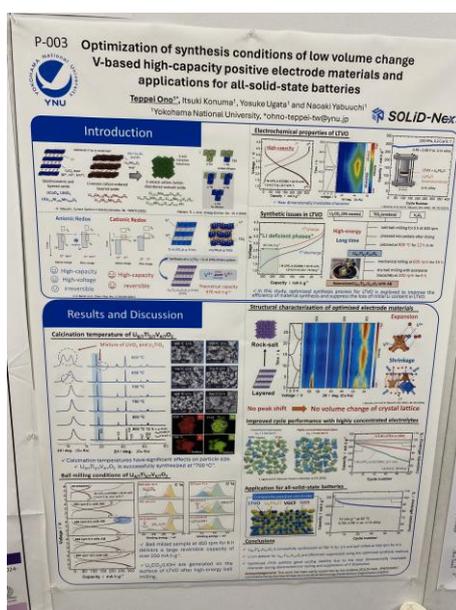
此為探討Ce溶解及穿過質子交換膜的行為，在環境條件上研究者提供不同溫度及濕度，結果顯示高溫且高濕環境下Ce的溶解及擴散行為都比較明顯，在攝氏80度相對濕度90%下Ce可穿越質子交換膜。Ce層的粒徑也會影響擴散現象，若粒徑為奈米等級則30分鐘即可穿過質子交換膜，若粒徑為微米等級則需要150分鐘。



圖六 Ce於質子交換膜探討研究海報

## Optimization of synthesis condition of low volume change V-based high-capacity positive electrode materials and applications for all- solid-batteries (Reporter: Teppei Ono)

此為探討如何製備LTVO及其製備條件最佳化，LTVO具有高能量密度且穩定的優勢，過去製作流程為將 $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ 以300 rpm進行球磨5小時後，在氬氣環境進行攝氏900度12小時的燒結，最後先以600 rpm球磨36小時後再與碳黑混合300 rpm;6小時。經過參數最佳化研究，研究者發現在攝氏700度下燒結可以消除雜相且能獲得粒徑較小之LTVO。在混合條件上，以450 rpm混合6小時有最佳表現，因為既可有效混合且不會再形成 $\text{Li}_2\text{CO}_3$ 。經測試，所製備的LTVO有高電量維持率且V不易溶解。



圖七 LTVO製程最佳化研究海報

## 拜訪日本住友電氣工業株式会社

日本住友電氣工業株式会社為國際知名鈎液流電池系統廠商，在台電綜合研究所及沙崙皆有實績。本次參訪為前往住友電氣工業株式会社大阪製作所與相關人員進行技術交流。當天前往負責液流電池相關組裝的大阪製作所西工廠參觀，圖八為液流電池製作工廠實景，示範場域現場有三套液流電池系統模組，其中兩套系統正進行運作驗證。第一套系統為設計 44kW 運作時間 4 小時的中型系統，由於系統核心如電堆、

BMS、幫浦位於貨櫃中間，所以維修窗口設計貨櫃在中間，貨櫃兩側為電解液桶槽區。貨櫃旁為 PCS，作為系統貨櫃與外部電力連接使用。第二套系統為設計 250 kW 之儲能貨櫃兩組共可提供 500 kW 的電力，系統核心放置於上方貨櫃中，電解液置放於下方兩個貨櫃裡，貨櫃照片如圖九所示。由於釩液流電池有安全性高的優點，所以可以進行貨櫃堆疊。參觀完示範系統後，由於目前主流液流電池廠商大多位於歐洲及東北亞，所以進一步詢問以台灣緯度較低的國家來說，是否需要額外的冷卻系統?廠商解釋目前大阪室溫最高可達攝氏 37 度，所展示的系統僅使用系統本身的風扇強制排風進行冷卻，即可進行數年的充放電驗證且充放電頻率可達一天一次，因此液流電池儲能系統建置於台灣無須額外建置冷卻系統。



圖八 液流電池製作工廠實景



圖九 液流電池試驗場域實景 (a)44 kW 儲能系統;(b)250 kW 儲能系統

因應再生能源比重增加，長時間儲能(Long Duration Energy Storage, LDES)益趨重要，所以第三套系統住友為設計作為長時間儲能所使用，長度 13 米長的貨櫃可容納提供 8 小時之電量，如圖十(a)所示。除了系統貨櫃外，為了避免電解液於驗證過程中洩漏污染環境，系統下方設有防液提，防液提的排水系統會於排水前檢測液體的導電度，若導電度過高則會推測含有電解液並停止排水，反之則會將雨水進行排出，如圖十(b)所示。



圖十(a)長時間儲能貨櫃;(b)防液提及排水系統

日本住友電氣工業株式会社以液流電池儲能系統案場著名，根據住友電工的介紹在北海道建置一 17MWx3h 之大規模儲能系統用來平滑穩定再生能源，該案場為 2022 年開始商業運轉。除了在日本，過去也曾在美國、摩洛哥建置案廠，其中摩洛哥案廠為驗證在高溫及砂土環境下，液流電池也能正常運作。另外，由於液流電池有電量儲存於電解液的特性，因此可以藉由卸載電解液至新的案場作運用，發展循環經濟。

關於未來規劃，日本住友電氣工業株式会社對於 2030 年的願景為提供社會一個除了安全以及具有高速反應及大容量的產品外，該產品還能兼顧效率高損失小的特性。其中液流電池除了材料開發及因應使用情境進行設計外，藉由將系統組裝交由台灣廠商製作以降低生產成本是最近執行的項目。關於電解液，釩液流電解液可由廢棄含釩觸媒提製，可以將廢棄物轉成有價資產，但由於自觸媒提製釩電解液需要作純化以降低雜質，以避免雜質導致副反應產生氫氣和氧氣進而惡化電解液。



圖十一 與住友電工相關人員於液流電池系統前合影

### 三、具體成效:

本次參訪 2024 亞洲電化學能源科技會議了解目前電化學研究題目仍是以鋰電池為主，其中又以固態電解質為主要研究題目。為了研究及開發固態電解質，研究學者發展了許多材料分析方法。其中許多關於原位、即時的量測手法，以探討微觀下的電池電極材料變化。除了鋰電池材料開發，開始有研究人員發展原料含量較多的鈉離子、鋅離子電池的電極材料開發。本次以液流電池為主題的是以有機液流電池進行研究開發，有別於鈳液流電池受限於工作溫度上升容易導致五氧化二鈳沉澱，有機液流電池致力於降低黏稠度及提高溶解度。除了上述電極及電解質相關資訊，本次有看到許多研究學者針對隔離膜進行即時分析，代表未來隔離膜仍是電池的主要關鍵材料。未來將根據本次參訪內容作為鋰電池及液流電池研究參考。

拜訪日本住友電氣工業株式會社了解液流電池系統大廠仍對液流電池抱著希望，試驗案場展示出該公司液流電池貨櫃設計，並且了解如何對電解液進行降溫以及防漏液設計。日本住友電氣工業株式會社看到了未來長時間儲能的應用因此開發出可支援 8 小時充放電的大型儲能貨櫃，可作為未來液流電池儲能應用之參考。在技術交流上，了解日本住友電氣工業株式會社對於電解液的要求及其原因，後續將另行研究探討其影響。基於液流電池目前成本過高的問題，了解日本住友電氣工業株式會社將藉由委由台灣廠商進行貨櫃組裝以降成本，期許未來液流電池系統能比目前更加有競爭力。

#### 四、心得與建議:

本次參訪 2024 亞洲電化學能源科技會議以及日本住友電氣工業株式会社了解學、研、業界最新的電化學相關分析技術及液流電池系統廠商在液流電池的運作設計及未來規劃。根據本次參訪內容心得與建議如下:

1. 2024 亞洲電化學能源科技會議上雖為邀請亞洲學、研、業界的專家學者進行討論及分享，但其中不少非亞洲人面孔是來自日本學校進行研究成果分享。代表日本廣納許多國際人才，未來台灣學校及公司業界可以了解日本相關做法進行參考。
2. 電化學領域的發展推陳出新，我過去所運用的材料分析方式大多為微結構觀察、取樣物化性檢測及元件驗證。這次於會議中特別了解一些原位及即時分析手法，可做為未來先進材料開發時使用。
3. 承 2，液流電池關鍵材料隔離膜目前的分析大多為巨觀分析，如離子擴散分析、電導度分析等，未來可參考如 Ce 於質子交換膜探討研究的相關手法進行分析，以進一步了解擴散相關機制及參數影響。
4. 本次藉由參訪實際案場瞭解液流電池系統規畫及運行模式。建議研究人員都可以前往與自己研究題目相關的系統的廠家進行了解，讓自己更了解目前所研究項目是否對於該產業有幫助即從廠商了解目前該產業的市場規劃。
5. 儲能技術探討上，固態電解質為目前鋰電池主流，再經數年開發研究後，未來鋰電池將更為安全，因此短期鋰電池仍應為儲能主流。目前已有學研單位針對其他電池如鈉離子電池進行開發研究，不過仍難以與鋰電池批敵。液流電池雖本質安全但有成本過高缺點，因此近年朝向降低成本作為目標。