

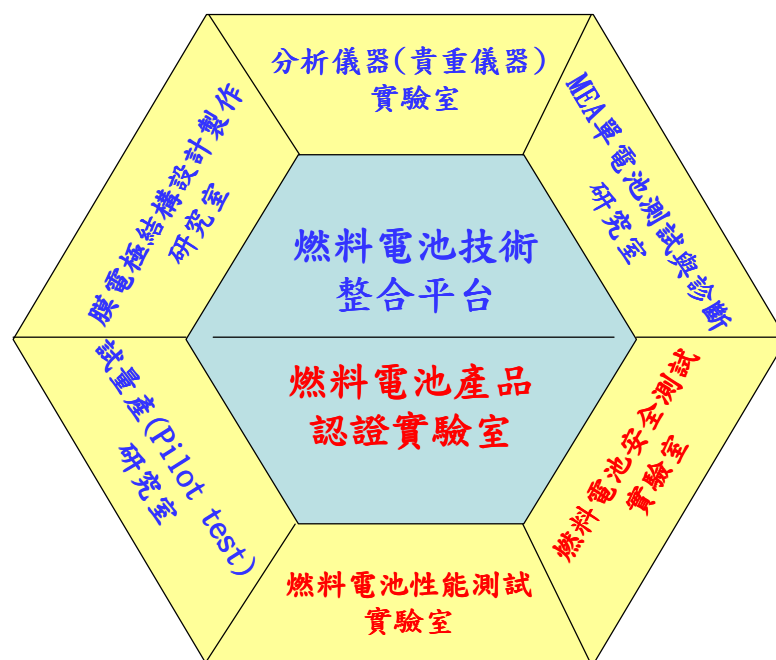
燃料電池頂尖研究中心重點領域發展策略

因應原油飆漲、京都議定書生效，建置「燃料電池頂尖研究中心」，培植高能源效率發電與 3C 產業應用之核心能量。本中心的發展策略在於技術研發和人才培育，策略為：

- ◆ 邀請國內外燃料電池專家學者，成立技術研發諮議委員會，確立中心研發短、中、長期技術 Road Map 與技術指標。規劃中心研究發展方向，人才專長延攬與研發資源投入。
- ◆ 薈萃國際專業人才，確立國際研發合作議題，人才與技術交流機制。加速研發議題與技術能力之國際接軌，建立研發人才升遷與獎勵制度，作育我國燃料電池領域頂尖人才。
- ◆ 創新研發核心技術，目標導向績效獎勵管理，提昇研究成果與效率。建立研發成果績效管理與應用之機制，使研發資源分配與產出更能密切結合，提昇研發資源使用效率。
- ◆ 建立燃料電池研發技術整合平台與共通性實驗室，提供產、學、研各界性能測試、基礎研究。進行關鍵技術成果之印證與產業合作、國際技術交流之整合介面。
- ◆ 落實產業應用技術開發，加強產學合作與產業人才培育。發展系統設計、整合和服務，擴散技術並開創新興產業，拓展國際市場。

(一) 建立國家級基礎研究實驗室

本中心自 2000 年成立以來，陸續建置燃料電池關鍵技術研究平台，基礎研究設施項目請參閱【附件六】。下階段規劃成為頂尖研究中心，建置(1)分析儀器實驗室；(2)膜電極結構設計製作研究室；(3)MEA 單元電池測試與診斷研究室；(4)試量產(Pilot test)研究室，如【圖三】所示，並設置燃料電池產品認證實驗室，要求加強實驗室達國際水準，及具國內之標準研究實驗室，重要儀器設備購置規劃，請參閱【附件七】，各重點項目分述如後文。

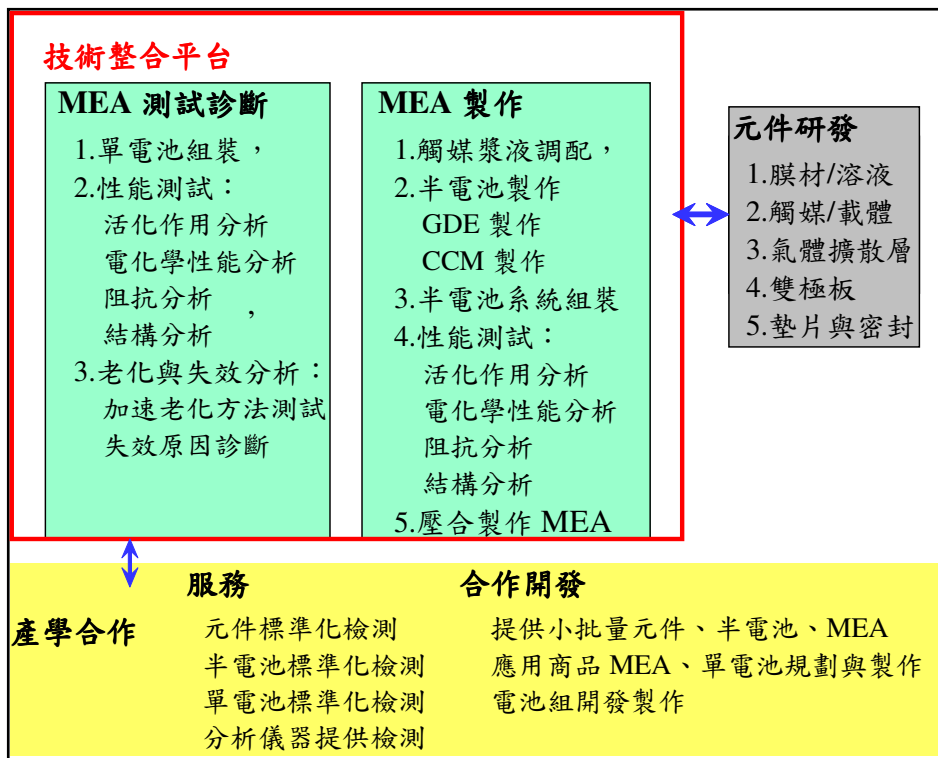


【圖三】燃料電池技術發展

(二) 燃料電池技術整合平台

燃料電池關鍵技術開發，可概略區分為三個階段：1 元件，2 膜電極組與單電池，與 3 電池組。元智燃料電池中心之前的研發主力著重在關鍵元件的製作，在製作膜電極組、單電池與電池組等技術整合方面著墨較少，雖然過去的研發工作中已有相關的技術嘗試經驗，但尚未深入探討其中相關的基礎作用機制；而在膜電極組與單電池的製作、分析與診斷測試，是攸關燃料電池各元件能否搭配整合，獲致最佳工作效率的關鍵重點。此部分研發工作是有進入門檻的，需有經驗累積後才能深入探討，此工作項目也是具有商業應用價值的，目前相關文獻資料中對此部分的探討亦屬零星片段，少見有詳細說明其中的微觀作用機制的科學文獻。因此在下一階段的發展工作中，元智燃料電池中心重新架構研究平台，將以膜電極組的製作與單電池製作、測試與診斷為二大主軸，規劃相關研究設施與技術整合

項目，另在功能規劃上，統合現有儀器建立分析儀器實驗室，以及試量產實驗室，以深化目前的研究能量與實力，成為國際水準頂尖研究中心。此技術整合平台與既有研發工作以及產學互動關係如下圖所示，各重點項目分述如後文。



1. 膜電極(MEA)結構設計製作研究室

任務：進行

- (1)既有元件製作高效率 MEA 的製程研究開發
- (2)MEA 製程條件與性能效率的關連性研究
- (3)新穎 MEA 微結構的設計製作。

工作項目：

- (1)觸媒漿液的調配與分析
- (2)觸媒漿液塗佈 GDE 或 CCM 的方法與參數分析
- (3)GDE 或 CCM 的熱處理與壓合方法與參數分析

設備建構：

- (1)漿液性質分析：流變性質分析、接觸角與表面張力分析、懸浮微粒粒徑分析
- (2)漿液塗佈製作裝置：旋轉塗佈、刮刀塗佈、網印塗佈、噴塗、熱壓機、烘箱
- (3)GDE 或 CCM 特性分析：粗糙度分析、導電度分析、氣體/液體穿透性分析、機械性分析，化學穩定性分析、表面光譜(e.g., IR、Raman, etc.)、孔洞結構分析、親疏水性分析
- (4)電化學性能測試裝置：GDE 或 CCM 半電池測試裝置、定電位儀、交流阻抗分析儀
- (5)電池元件與微結構阻抗理論模擬與電化學實驗分析的比對

2. MEA 單電池測試與診斷研究室

任務：進行

- (1)既有 MEA 製作高效率單電池的組裝與活化研究開發
- (2)單電池組裝與活化製程條件與性能效率的關連性研究
- (3)單電池失效的診斷分析研究。

工作項目：

- (1)單電池系統的組裝分析

- (2)MEA 的活化方法與參數分析
- (3)單電池性能的檢測分析
- (4)單電池失效的診斷分析

設備建構：

- (1)單電池組裝裝置：單一區域量測單電池組(5, 25, 50, 100 cm²工作面積)、多區域量測單電池組(100 cm²工作面積)、透明流道單電池組
- (2)阻抗分析裝置：元件阻抗分析、介面阻抗分析、單電池阻抗分析、溫濕控制箱
- (3)單電池電化學性能測試機台：200W PEMFC 測試機臺、1-3 kW PEMFC 測試機臺、200W DMFC 測試機臺、1~3 KW 高溫 PEMFC 測試機臺、100W DMFC 測試機臺、200 W~1KW 高溫 PEMFC 測試機臺
- (4)單電池的其他性能分析裝置：電極觸媒利用率氫氣吸附分析、MEA 燃料穿透分析、單電池的老化分析、單電池失效診斷分析
- (5)八通道燃料電池老化測試與電化學分析
- (6)加速老化機制標準測試程序

3. 試量產與雛型機製作研究室

任務：階段性任務導向，視產學合作工作規劃來訂定工作項目，人員設備依工作項目彈性任務編組。可以進行

- (1)元件（如膜材、觸媒、雙極板、氣體擴散層等）
- (2)膜電極組（或 GDE、CCM）
- (3)電池組等的試量產規劃與操作
- (4)測試分析方法與設備合作開發。最終目標，能將成熟之技術與產品，技轉與產業界，進行生產與銷售，由中心收取權利金。

主要工作項目：

- (1)PBI 系列高溫複合膜材與 MEA 之批次化製作
- (2)改質 Nafion/PTFE 複合膜之溶液成膜製作
- (3)擴散層電極 (GDE) 自動化塗布，膜電極(CCM)之轉印噴塗
- (4)MEA 之自動化標準壓製
- (5)燃料電池系統平台

規畫建置設備儀器：

- (1)PBI 電解質膜之批次化合成、純化、溶解、成膜之製程儀器設備
- (2)超音波振盪噴頭之自動化電極塗佈機
- (3)膜電極(CCM)轉印塗佈機，刮刀式電極塗佈機
- (4)批次量 MEA 壓合機
- (5)電池組之半自動組裝設備

4. 貴重儀器實驗室

任務：提供

- (1)燃料電池中心研究開發所需的儀器檢測工作
- (2)燃料電池中心參與研究人員的分析儀器操作訓練
- (3)適度開放儀器提供校內外研究工作的付費操作。

已有設備：穿透式電子顯微鏡(TEM)、質譜儀(MS)、氣相層析儀(GC)、熱重分析儀(TGA)、比表面積與孔隙分析儀(ASAP)、微重量儲氫分析儀

規劃新增或策略聯盟設備：軟性材料(如膜材、GDL)等表面粗糙度分析、微觀表面成分分佈分析、材料表面光譜分析。

此分析(貴重)儀器實驗室，將與國內外研究機構之貴重儀器中心進行策略結盟，如中原薄膜中心，國科會貴儀中心，進行燃料電池相關之基礎分析儀器之整合。藉由策略結盟，提升貴重儀器之服務利用率，以提升研發效率與品質。此基礎儀器建置，須長期資金投入，專業技術人員訓練養成，以及制度化營運管理建立。

5. 燃料電池產品認證實驗室

根據美國 IEC(International Electrotechnical Commission)頒訂之燃料電池發電系統測試規範，概分為可攜式(Portable)、定置型(Stationary)及微型(Micro)等三種。發電系統，包含燃料儲置安全、電池操作安全、電力轉換安全及自動控制等子系統。為保障消費者使用安全，燃料電池商用產品將列管為強制檢驗之商品。(目前考慮暫列為自願性檢驗項目，待試驗室等環境齊備後，改列為強制性檢驗。)

本中心具備為產品認證實驗室之資格與條件：

- (1) 本校為私立大學，商品檢驗法第十三條第二項規定，依「商品檢驗指定試驗室認可管理辦法」，取得經濟部標準檢驗局之認可，辦理應實施檢驗商品試驗之試驗室。
- (2) 本中心具備燃料電池設計、製作及組裝等完整技術。
- (3) 本中心具有完備之燃料電池設備與實驗程序書。
- (4) 待補備相關檢驗器材與品質認證文件，成立產品認證實驗室。

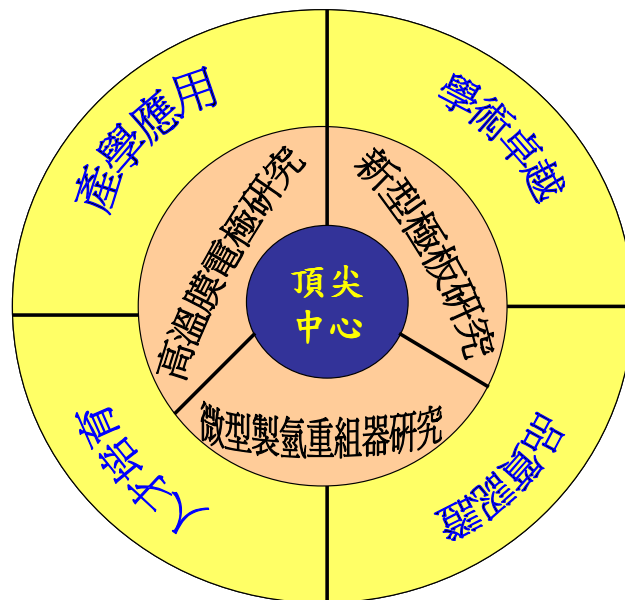
產品基本認證項目包含：

項次	測試項目	測試樣品
7.3.1	壓差測試 Pressure differential tests	燃料罐及電池系統 Fuel cartridge Micro FC power unit and/or power system
7.3.2	振動測試 Vibration test	燃料罐及電池系統 Fuel cartridge Micro FC power unit and/or power system
7.3.3	溫度循環測試 Temperature cycling test	燃料罐及電池系統 Fuel cartridge Micro FC power unit and/or power system
7.3.4	高溫測試 High temperature exposure	燃料罐 Fuel cartridge
7.3.5	跌落測試 Drop test	燃料罐及電池系統 Fuel cartridge Micro FC power unit and/or power system
7.3.6	荷重測試 Compressive loading test	燃料罐及電池系統 Fuel cartridge, partially filled cartridge, Micro FC power unit and/or power system
7.3.7	外部短路測試 External short-circuit test	燃料電池系統 Micro FC power unit or power system
7.3.8	表面及廢棄溫度測試 Surface and exhaust gas temperature test	燃料電池系統 Micro FC power unit or power system
7.3.9	長期儲存測試 Long-term storage test	燃料罐 Fuel cartridge
7.3.10	高溫連結測試 High-temperature connection test	燃料罐及電池單元 Fuel cartridge and micro FC power unit
7.3.11	內壓測試 Fuel cell power unit internal pressure test	燃料罐及電池單元 Micro FC power unit with a pressurized empty fuel cartridge
7.3.12	循環測試 Connection cycling test	燃料罐及電池單元 Fuel cartridge and micro FC power unit
7.3.14	釋放測試 Emission test	燃料電池系統 Micro FC power unit or power system

The following tests must be done in sequence, using the same system hardware:
Pressure difference → Vibration test → Temperature cycling test

(三) 核心研究團隊與研究主題

頂尖研究中心在學術卓越部分，因應評審委員意見，將原有五大研究領域聚焦為三大研究主題，如【圖四】所示，(1)新型高溫膜電極組及高溫電池技術研究；(2)新型極板研究；(3)微型製氫重組器研究，並持續推動產學應用、人才培育及品質認證等計畫。



【圖四】燃料電池頂尖研究中心研究主題及目標

1. 新型高溫膜電極組及高溫電池技術研究

Mehta et al [V. Mehta, J.S. Cooper, J. Power Sources, 14, 32-53 (2003)]整理評估列出最具發展潛力的16個非Nafion系列之質子交換膜。排名第一是部分含氟之 α,β,β -trifluorostyrene and PTFE/ethylene之copolymer。PBI/H₃PO₄被評比排名第二。排名第四，第八及第九是PBI的衍生物或PBI的聚參合物(polymer blend)。Gore Text Co.的PTFE/Nafion複合膜排名第七。由此說明了咪唑(imidazole)系列聚合物在非氟系質子交換膜燃料電池的發展潛力。Gore的Gore-Select™ membrane是以高機械強度的ultra-thin porous PTFE(15~18 μm)薄膜補強Nafion樹脂製成厚度約20 μm的Nafion/PTFE複合薄膜。因PTFE具高機械強度補強Nafion膜，厚度可降低，雖然Nafion/PTFE複合薄膜單位厚度質子傳導率下降，但整體薄膜的阻抗卻下降，燃料電池性能卻優於Du Pont之Nafion薄膜(thickness 50 μm~175 μm)。我們曾將Gore Select membrane之觀念引入PBI質子交換膜，以porous PTFE thin film補強PBI樹脂製成PBI/PTFE複合膜(thickness ~ 22 μm)。發現PBI/PTFE複合膜比PBI膜(thickness ~ 90 μm)之燃料電池性能優越。PTFE成本較PBI便宜，減少PBI使用量，可達到降低成本且俱有高性能之需求。因此使用PBI/PTFE複合膜之優點為：(1)優良機械性能；(2)低膜厚，質子傳導阻抗小；(3)低成本。

本研究工作利用電紡技術製作磺酸化聚醚砜(sulfonated poly(ether sulfone); s-PSU)奈米纖維膜，磺酸化聚醚酮(sulfonated poly(ether ether ketone); s-PEEK)奈米纖維膜及聚苯咪唑(polybenzimidazole; PBI)奈米纖維膜。以s-PSU奈米纖維膜為基材製作s-PSU nano-fiber/PBI質子交換複合膜及s-PEEK nano fiber/PBI質子交換複合膜，及利用PBI nano-fiber補強Nafion製作PBI nano-fiber/Nafion製作複合膜。我們希望利用奈米纖維膜補強質子交換樹脂製作複合膜。提高質子交換膜機械強度，降低膜厚。進而降低質子交換模組抗，提升燃料電池性能。在研究過程中，我們也同時針對膜電極組(membrane electrode assembly, MEA)及電池製作技術作研發工作。研發之電極組及電池技術將與金屬極板及製氫重組團隊之研發成果結合，開發燃料電池成品應用。在研究過程中，我們將利用元智化工系貴儀中心，元智燃料電池中心及國科會貴儀中心之儀器作基礎之物理及化學研究探討。藉由學術基礎研究提升燃料電池技術研發。

(1) 研究計畫內容

計畫主持人：余子隆教授

協同主持人：尹庚鳴教授、林昇佃教授、林秀麗副教授、翁芳柏副教授、鐘國濱助理教授

博士後研究：柯世宗博士、徐俊英博士

1-1 膜電極組

(1-1-1) 高溫質子交換膜研發(余子隆)

(a)聚苯咪唑(polybenzimidazole; PBI)及其衍生聚合物質子交換膜

- (b) Porous PTFE 補強 PBI 及其衍生聚合物複合質子交換膜
- (c) Porous PTFE 補強 Nafion 及參合無基奈米粒子複合質子交換膜
- (d) 新型奈米纖維補強質子交換膜研發

(4-a) 磺酸化聚醚砜(sulfonated poly(ether sulfone)) 奈米纖維補強 PBI 複合質子交換膜; (4-b) 磺酸化聚醚酮(sulfonated poly(ether ether ketone)) 奈米纖維補強 PBI 複合質子交換膜; (4-c) 磺酸化聚亞醯胺(sulfonated polyimide) 奈米纖維補強 PBI 複合質子交換膜; (4-d) 聚苯咪唑(ploybenzimidazole; PBI) 奈米纖維補強 Nafion 複合質子交換膜.

(1-1-2) 高溫耐腐蝕觸媒研發(林昇佃)

- (a) 耐高溫碳粒觸媒載體研究
- (b) 耐高溫非碳粒觸媒載體研究.
- (c) 探討奈米顆粒製作低 Pt 含量電極的參數條件, 尋求最佳之奈米顆粒層 MEA 製備條件。
- (d) 探討 MEA 中碳黑顆粒層製作參數條件, 尋求最佳之碳黑顆粒層 MEA 製備條件。

(1-1-3) 觸媒漿料配方, 電極觸媒塗布技術, 與觸媒層結構設計研究(林秀麗)

- (a) 以漿液溶劑系統的調配為主要探討參數, 測試漿液性質。測試研究項目包括: 溶液光散射粒徑分佈分析, 溶液流變分析, TEM 電子顯微鏡觀察高分子經冷凍後在溶液中的分子形態等性質。
- (b) 漿液塗佈方法的測試, 測試最適當的漿液塗佈方法, 塗佈方法包括過濾轉印、刮刀塗膜、旋轉塗佈、與噴墨塗佈等。電極性能的測試包括; 導電度、觸媒分佈均勻性、觸媒層厚度、與電化學反應活性等。
- (c) 觸媒層微結構設計排列。

(1-1-4) 膜電極組加速老化及使用壽命評估技術(鐘國濱, 余子隆)

針對高溫膜電極組建立膜電極組之加速老化實驗測試能力。膜電極組加速老化實驗數據與膜電極組實際長時間操作數據作比對, 建立加速老化實驗預測膜電極組使用壽命。研究作項目如下:

- (a) 電池長時間操作之失誤診斷 I-V curve 量測.
- (b) 電池長時間操作之失誤診斷—斷電流法分析膜材及 MEA 阻抗。
- (c) 電池長時間操作, 陰極出口凝結水成分分析及 PH 值量測。
- (d) SEM 電子顯微鏡觀察膜電極組微結構形態變化。
- (e) 電池加速老化-開路電位測試法加速膜材老化。
- (f) 電池加速老化-start/stop 循環測試: 定電壓或定電流一段時間後, 停止負載一段時間, 連續循環操作, 觀察電池性能衰退。

(1-1-5) 膜電極組性能電腦模擬(尹庚鳴)

針對膜電極組觸媒層之微結構設計作電腦模擬尋找最佳觸媒層結構設計 供膜電極組製作觸媒層設計之參考。簡述如下:

- (a) 膜電極組觸媒微結構對電池放電效能影響。
- (b) 陰極觸媒反應動力與水氾濫分析。
- (c) 膜電極組乾燥失水效應。
- (d) 膜電極組與流道整合之最適化研究。

1-2. 高溫燃料電池

(1-2-1) 高溫燃料電池活化技術研究(鐘國濱)

一般燃料電池在運作前皆須經歷數小時至數十小時不等之前處理, 以使電池保持於最佳化之狀態下操作。PEMEAS 公司建議 PBI 之 MEA 於正常放電前須經 100 小時之小電流放電進行活化工作。因此縮短高溫電池之活化時間是一重要的研究課題。本研究工作項目包括:

- (a) 高溫 PEMFC 之活化機理研究.
- (b) 加速活化方法研究, 降低電池活化時間.

(1-2-2) 高溫燃料電池測試系統建立(翁芳柏, 柯世宗)

- (a) 高溫燃料電池單電池設計。

- (b) 高溫燃料電池單電池零件材料尋求與測試。
- (c) 高溫燃料電池單電池測試機台建構與電池測試方法標準化建立。

(1-2-3) 高溫燃料電池堆技術(翁芳柏, 柯世宗)

以 33 cm^2 自製單電池體為設計基礎，將單電池串聯製作電池堆(4-10 cells, 50-100 W)。電池堆設計參數包括：溫度、溼度、燃料濃度分布均勻性，碳紙、墊圈、雙極板的尺寸精度與平整度，及鎖緊螺絲壓力等。

(2) 研究計畫目標

- (a) 以高溫燃料電池之技術為目標 針對各項關鍵零組件及技術作學理探討及學術基礎研究,期望對高溫燃料電池之技術作基礎學理之整合。
- (b) 與觸媒與微型製氫重組器研究團隊結合，研發適用於小型發電機之燃料電池。

(3) 國內外合作研究單位

- (a) 新型高溫質子交換膜研發
 - (i) 紡織研究所, 產業用紡織品組
 - (ii) 工研院材化所, 儲能材料及技術研究組
 - (iii) 美國 Princeton University, Dept of Chemical Engineering, Prof. A.B. Bocarsly
- (b) 高溫耐腐蝕觸媒研發
 - (i) 加拿大 NRRC, Institute of Fuel Cell Innovation, Dr J.J. Zhang
 - (ii) 中央研究院,凝態中心陳貴賢教授
 - (iii) 台科大化工系黃炳照教授
- (c) 高溫燃料電池與產氫器整合應用
 - (i) 元智燃料電池中心觸媒與微型製氫重組器研究團隊
 - (ii) 中科院,材料所電能組

2. 新型替代性雙極板與電池診斷微感測器開發研究

計畫主持人：李碩仁教授

協同主持人：馬振基教授、葛明德教授、翁芳柏副教授、李其源助理教授

博士後研究：紀丕鴻博士

Woodman (Woodman AS, Anderson EB, Jayne KD, Kimble MC, Development of corrosion-resistant coatings for fuel cell bipolar plates. AESF SUR/FIN '99 Proceedings, vol. 6, pp. 21-4.)研究指出，燃料電池雙極板佔整個電池整體重量及體積達80%以上，以一33kW的燃料電池堆而言，傳統石墨雙極板重量達40kg。而替代性雙極板以金屬為例，重量僅達24kg。因此發展替代性輕量、低成本及高強度之雙極板已是無可避免。

目前替代性雙極板開發主流可分為金屬材料與複合材料。金屬材料機械性質優良，導電性良好，但腐蝕是其最大缺陷。目前常見的開發方式不外乎是以表面鍍膜或從冶煉特殊新材料上下手。鍍層品質好壞、附著性與價格一直是表面鍍膜的研究重點。而新材料的開發則有價格上與材料應用上的問題。複合材料之發展趨勢為高導電、輕、薄，過量的導電添加劑雖然提升其導電性質，但卻會影響雙極板之機械性質，因此，如何在導電度、機械性質取得最佳化，以及雙極板重量厚度的減少，目前仍是研究上的重點。

因此，本研究重點開發項目為：(1)發展低成本、高效能金屬雙極板及其表面改質與合金鍍膜關鍵技術，(2)薄型高品質複合多層雙極板、材料配方與量產化開發。

- (1) 金屬雙極板與表面改質、合金鍍膜關鍵技術：研發電化學表面改質關鍵技術以及合金鍍膜表面技術針對不銹鋼與鋁合金雙極板表面處理，使金屬極板耐腐蝕，導電性優異，電池效率、壽命高。表面關鍵技術與金屬材料基礎研究除可提供給燃料電池雙極板使用之外，更可擴展至其他產業如半導體流體管閥運用，提升基礎研究的運用價值。
- (2) 複合多層雙極板、材料配方與量產開發：主要目標為開發高導電、良好機械性質及適合商品化之薄型奈米複合多層雙極板，以符合未來燃料電池產業需求。研究項目包含複合配方開發，多層板製程與低成本量產技術研究，使燃料電池雙極板達到耐用低成本可量產之目的。

另外，電池診斷向來是燃料電池研究的重點，如電池內部溫溼度的分布變化，水分分布、產生與移除，內部燃料流動變化，都是影響電池性能的主要原因。目前多半僅能以電池外部量測或是製作成 segment cells 以及模擬的方式討論上述因素對電池性能的影響，不僅資訊部完整，同時 segment cell 的反應仍無法代表完整電池的真實反應情形。

電池內部微觀診斷已逐漸受到重視。國外，賓州州立大學曾將熱阻式感測器製作在燃料電池的膜電極組裡，即時量測燃料電池內部溫度，但僅是初步研究，需二片 MEA，僅有進出口的溫度值，並無流道中間部份的溫度數據，故無法真正量測到流體流經微流道的溫度分佈。感測器所佔的面積太大，減小了膜電極組的反應面積，使電池之性能比原本未置入感測器還差。

本研究研發重點項目為：(1)燃料電池內部微感測器開發與(2)電池內部診斷研究。

- (1) 燃料電池內部微感測器開發：以先進技術，首創國內燃料電池學術界，在雙極板內部研發微感測器，使電池內部反應狀況能掌握修正。此外，本研究之創新重點在微溫度感測器部份除了感測溫度外，尚可當微加熱器使用，改善電池內部溫度均勻度，使燃料電池發揮最大功能，並達到智慧型燃料電池。進一步製作微型溫度、濕度感測器於可撓性基材上，有助於將感測器置入燃料電池中之任何部位，如流道上方、肋條或 MEA 中，其功用即能監控燃料電池內部任何位置之溫度與溼度。
- (2) 電池內部診斷分析：結合開發之雙極板與微感測器，分析電池內部燃料流動、溫溼度及電壓電流變化與均勻性，建立更精確的燃料電池反應理論與模型，提升國內燃料電池基礎研究。

上述替代性雙極板與微感測器研究，除了提昇國內燃料電池研發能力外，國外方面已與賓州州立大學合作研究。此外微感測器部分，國際大廠 GM 公司已表達有意將元智大學燃料電池中心團隊初步所開發出之可撓性感測器應用於大型燃料電池中，並簽訂合作備忘錄。

(1) 研究計畫內容

本研究內容如圖所示，研究分為替代性雙極板開發、電池內部診斷與微感測器開發，說明如下。

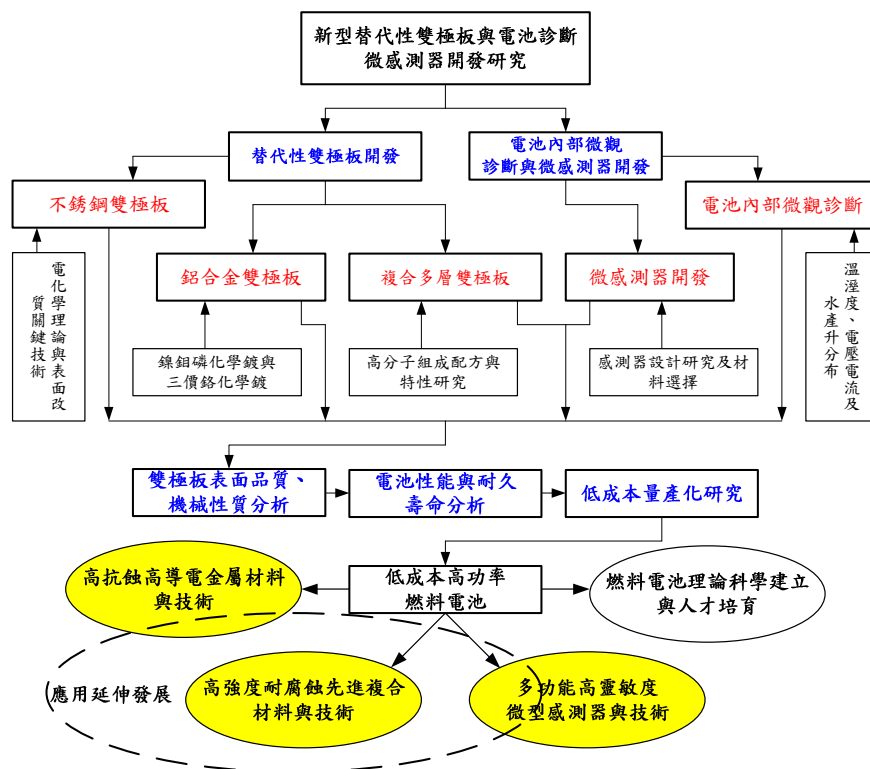
1-1 替代性雙極板

(1-1-1) 不銹鋼雙極板(李碩仁)

以電化學或化學鍍法開發高導電性高抗蝕不銹鋼雙極板。電化學法藉由材料表面電化學反應，使表面產生一層潔淨光亮，達準鏡面水準的鈍化薄膜，可將原始素材氧化物與雜質去除大幅提升材料抗蝕性，且屬材料本身形成，因此無論是附着力或機械性質與原始材料相同。但由於是電化學反應，因此要控制此層的反應機制較為複雜。此外，由於反應後表面平整度大幅提升，因此可能間接降低雙極板與 GDL 的接觸面積使接觸阻抗提升。故此次除了針對電化學表面關鍵技術的控制機制與理論的研究外，針對材料表面形貌、成分分析外，還將針對表面處理前與處理後表面形帽與 GDL 之間的介面或接觸阻抗進行基礎理論的研究，建立雙極板基礎科學，提升雙極板品質。建立之理論與技術可全面應用至產業界。

(1-1-2) 鋁合金雙極板(葛明德)

以化學鍍(無電電鍍)法開發(1)鎳鉬磷合金及電鍍或置換金薄膜、(2)非均溫化學鍍含高鉬高磷的鎳鉬磷合金薄膜及(3)具半導體特性的三價鉻氧化鋅薄膜，增加鋁合金導電性與抗蝕性。鎳鉬磷合金薄膜表面鍍金可增加金和鋁基材的附着力，使雙極板表層鍍層穩定不脫落；含高鉬高磷的非晶態鎳鉬磷金屬鍍層的優點在於本身晶粒非常細緻、孔隙率少、無晶界，抗腐蝕的表現比一般晶態金屬鍍層優異，導電能力上也與純金屬無異；而三價鉻氧化鋅化成膜處理則是由六價鉻化成膜處理的創新而來，三價鉻化成膜本身除了與六價鉻化成膜一樣具有優秀的導電特性及高抗蝕能力外，還具有無毒性。上述提及之表面改質關鍵技術基礎研究與研發，除了製程快速成本低廉外，開發之技術除了完全符合金屬雙極板的需求外，更可廣泛運用至業界，提升國內表面鍍膜產業技術與水準。



(1-1-3) 複合多層雙極板(馬振基)

本研究未來研發主軸為高性能、低成本薄型化複合材料雙極板配方及技術之開發，輔以組裝燃料電池驗證其性能及可行性；另外，配合加工成型技術的精進發展連續量產技術，此方向完全符合燃料電池產業技術層次兩大發展主軸：1. 低燃料電池材料成本：由於雙極板佔燃料電池材料成本的15-29%，所以透過複合材料雙極板薄型化及連續量產技術的建立，可大幅降低複合材料雙極板生產成本，使燃料電池雙極板元件成本下降。2. 低發電成本：透過複合材料雙極板薄型化及新材料配方開發，可提升燃料電池發電性能，進而降低發電成本。因此，未來主要工作如下：

- (a) 複合材料雙極板之製程技術（特別是低成本連續生產技術）及新配方材料(特別是薄型高強度、低介面阻抗材料)開發。
- (b) 複合材料雙極板/燃料電池性能驗證。
- (c) 燃料電池循環壽命驗證測試(Life test)。

複合材料雙極板與商業化雙極板成本比較

製造商	NTHU	Schunk	Poco	Topco	Graf tech.
規格 (cm ³)	10x10x0.3	10x10x0.3	10x10x0.3	10x10x0.3	10x10x0.3
成本 (N.T.D.)	6.25	328	1122	841	309

複合材料雙極板與商業化雙極板性質比較

性質	製造商				指標
	NTHU	Schunk FU 4369 ^a	BMC I 940-8649 ^a	SGL PPG86	
加工方式	熱壓成型	熱壓成型	熱壓成型	射出成型	
密度 (g cm ⁻³)	1.80	1.90	1.82	1.85	< 5
體電阻 (mΩ cm)	3.4	9	10	18	< 10
機械強度 (MPa)	50.1	40	40	40	> 50

1-2 電池內部診斷與微感測器開發

(1-2-1) 微感測器開發(李其源)

預期在金屬雙極板上開發出微型感測器，達到自我監控燃料電池內部等多功能目標，並進一步製作於可撓性基材上，以期能放置於燃料電池內之任何位置。此外，如微溫度感測器不僅具有感溫功能，還可針對電池內溫度不均勻處適時提供溫度補償，使電池發揮最大效能。此法國內外研究極為稀少，開發潛能極大。微感測器設計與製作原理及方式主要以微機電製程技術進行，分別在雙極板內部流道之肋條上位置安排數個至數十餘個感測器，使感測器所測得之溫度較均勻準確，並且方便就溫度不均勻處進行加熱。完成之感測器體積小、靈敏度高，可在不妨礙電池運作的情形下有效監控電池反應與補償。

(1-2-2) 電池內部微觀診斷(翁芳柏)

電池反應時，內部反應均勻性僅能以segment cells了解或是模擬推論。但與真實反應仍有一定程度的差異。反應的不均勻，造成膜電極組的局部Pt氧化、carbon corrosion或水傳遞影響，僅以外部量測，實難理解。本研究藉由開發之雙極板與微感測器進行電池內部微觀診斷，分析內部各部溫溼度、水生成、電壓電流分布。藉由這些資訊的掌握，配合外部整體性能的比較，建立燃料電池內部反應機制與理論，提升對燃料電池的控制掌握，並對相關膜電極與雙極板設計上做出正確的回饋與建議，在燃料電池的基礎理論與科學作出卓越的貢獻。

(2) 國內外合作研究單位

(a) 金屬雙極板

- (i) 國防大學中正理工學院應用化學系，葛明德教授。
- (ii) 精亞科技有限公司，林鶴年總經理。
- (iii) 美國Pennsylvania State University, Dept of Mechanical Engineering, Prof. Chao-Yang Wang

(b) 複合式雙極板

- (i) 清華大學化學工程系，馬振基教授。
- (ii) 金屬工業研究發展中心，崔海平副處長。

(c) 電池內部診斷與微感測器開發

- (i) 美國Pennsylvania State University, Dept of Mechanical Engineering, Prof. Chao-Yang Wang
- (ii) 美國 General Motors 公司

(3) 具體研究項目說明

(3-1) 材料開發

- (a) 金屬極板：雙極板表面改質關鍵技術研究。電化學改質、表面批覆開發研究。
- (b) 複合極板：碳基複合材料開發，基材複合結構開發。
- (c) 微型感測器：發展硬性及軟性基材微型感測器，利於放置電池中。

極板金屬材料	極板複合材料	微型感測器
電化學改質 - 電解拋光	複合配方開發 - 碳基複合材料合成配方組成 - 熱固材料、熱塑材料	硬性基材 - 可直接在雙極板上 依需求製作感測器
表面批覆(化學鍍膜) - 三元合金化學鍍膜 - 三價鉻化學鍍膜	複合配方混合成形開發 - 熱熔融成型 - 熱固性成型	軟性基材 - 於軟性材料上製 作，可放置於電池內 部任一位置，彈性大
表面批覆(物理鍍膜) - 表面濺鍍 - 電子束蒸鍍	多層複合雙極板 - 搭配金屬與複合碳基材料，開 發高強度薄型多層板	

(3-2) 設計模擬

- (a) 電池組裝設計：電池組裝設計與組裝模擬最佳化分析。
- (b) 極板製程加工：雙極板加工製程分析，量產化製程分析。
- (c) 微感測器設計：依電池與極板大小，設計相關微型感測器。

質傳流力、電場分布分析	FLUENT, FEMLAB
組裝固力分析	ANSYS
雙極板電化學加工模擬分析	Plating Master

(3-3)極板成型開發

- (a) 新型設計：雙極板外型與內部流道設計模擬分析。
- (b) 雙極板成型：非傳統精密加工製程，高效率可量產。

電化學精密製造	微機電製造	其他
微電解加工 電鑄成型	MEMS UV-LIGA 晶圓切割	Screen Printer Wet Etching CNC W/EDM
微機電製造 MEMS -黃光、微影 -蒸鍍、濺鍍 -乾、溼蝕刻 -導線連接		

(3-4)性質檢測

雙極板：

電化學特性分析：抗均勻腐蝕、孔蝕能力分析。

電性分析：材料導電性、介面或接觸阻抗分析。

機械性質分析：表面型貌特徵分析、表面粗糙度、表面結構組織分析。

雙極板電化學特性分析	電性分析	機械性質分析
G5 均勻腐蝕測試 G94 孔蝕腐蝕測試	雙極板與電池 -材料基材阻抗分析 -組裝接觸阻抗分析 -電池反應高頻阻抗分析 微感測器 -反應靈敏度分析 -量測校正分析	表面形貌分析 -OM, SEM, AFM 表面品質指標 -表面粗糙度 材料強度與耐熱分析 -應力測試 -熱衝擊測試

燃料電池：

電池性能分析：發電功率、長效壽命分析

電池內部診斷分析：水產生分布、電壓電流分布、溫溼度分布診斷

效能測試	內部診斷
最佳性能分析 -IV, IP 曲線 壽命測試 -長時間放電測試	水傳遞與分布機制觀察 電壓電流分布量測 溫度濕度分布量測

3. 微型製氫反應器研究

計畫主持人：葉君棟教授

協同主持人：蘇艾教授、林昇佃教授、林錕松副教授、劉英傑研究員

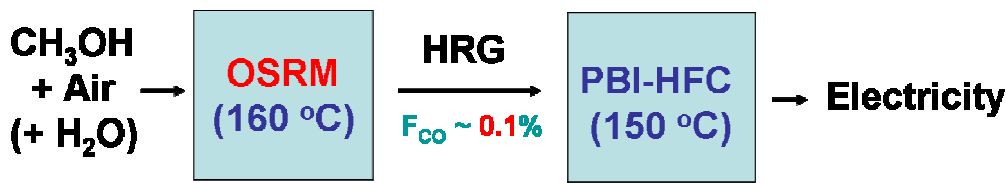
博士後研究員：沈家傑博士

研究主題：

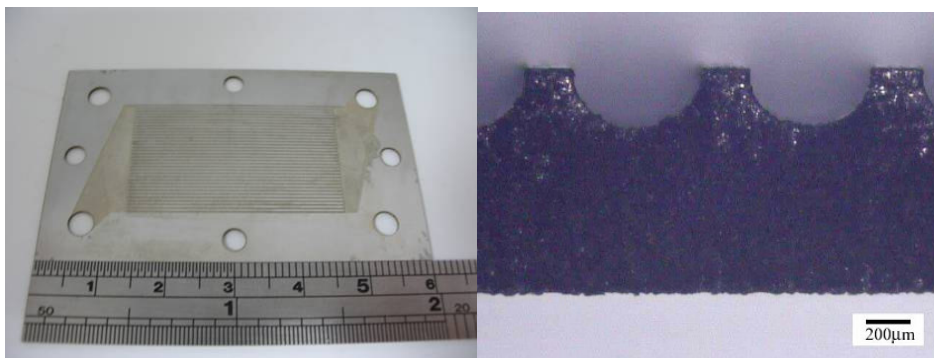
- 燃燒反應器效率(蘇艾、劉英傑)
- 開發低溫高效能觸媒(葉君棣、林昇佃)
- 微流道特性研究(沈家傑、劉英傑)
- 觸媒洗積研究(林錕松、沈家傑)
- 重組與燃燒反應器系統效能研究(林昇佃、沈家傑、劉英傑)
- 微小化設計與可行性研究(沈家傑、劉英傑)

本團隊旨在研發具綠色特質之「微型製氫反應器」。將選用自行開發並已受專利保護的高活性催化劑，對低碳醇(甲醇為主)進行重組反應製備氫氣，產出的富氫氣體將可提供燃料電池作為燃料，並應用於台灣重要的工業產品，如筆記電腦(20 We)及電動機車(2 kWe)等裝置，當作能源。為了能縮小製氫器的尺寸及提昇熱傳與質傳的效率，反應器將由不銹鋼材質的微流板組裝合成。本團隊是一個跨領域的科技研究，主持人分別來自化學(催化劑研發)、材料(洗積技術)、化工(製程評估)、機械(微流道、微感測器與封裝)等不同的領域，將以「微流道製程與反應器組研究」、「觸媒洗積研究」與「微型重組與燃燒反應器研究」等子計畫進行研究，預期組裝出的製氫器將具備低反應溫度、高轉換率、高選擇性、快速反應及較低一氧化碳污染等優點，具很強的國際競爭力。研發的製程也符合低污染、低耗能及對環境友善等『綠色產業』的研究宗旨。

本研究計畫的最大挑戰技術為低溫高效能觸媒，觸媒反應溫度由一般習用之 260°C，降低為 160°C，可大幅減少加溫耗能及熱防護措施，且出口產物氫氣的溫度條件，適可提供高溫型 PEM 燃料電池，進行電能轉換反應。



微小化技術升級，預期可成功製備不銹鋼材質的微流道板，微流道的寬度與深度分別約為 400 μm 與 200 μm ，微流道長度約為 40 mm，如【圖五】所示。催化活性的微流板組裝成製氫器，選用的氣密材質具有低漏氣率、高熱穩定性與極低觸媒毒化性，可拆卸的組裝設計更可提供觸媒層之晶體結構分析(顆粒大小與晶體結構)與型貌和成份分析，作為製氫性能改善依據。



【圖五】微流道設計與觸媒洗積

預期成果：

第一年

- (1) 研發高活性微流板的觸媒洗積技術。
- (2) 研發不銹鋼材質微流道板製作技術。
- (3) 研發 SRM 微型製氫器(20 We)。

第二年

- (1) 研究溶膠種類對觸媒活性影響。
- (2) 研究觸媒洗積反應機制。

- (3) 研究智慧型微流道板，以微溫度感測與一氧化碳元件觀察製氫器內的製氫反應行為。
- (4) 研發具快速啓動反應的 POM 微型製氫器(20 We)。

第三年

- (1) 觸媒洗積技術的推廣應用，例如：太陽能電池、光電解水與可撓性電子元件等。
- (2) 研發新穎電化學技術製備微流道板，提昇製程精度控制與效率。
- (3) 研發微型製氫器的銲接封裝技術。
- (4) 研發具低溫反應的 OSRM 微型製氫器(20 We)。