

出國報告（出國類別：實習）

赴日本九州大學應用化學系進行燃料 電池技術國外實習報告

服務機關：核能研究所

姓名職稱：林泰男 副工程師

派赴國家：日本

出國期間：103年11月20日~103年12月19日

報告日期：104年1月19日

摘要

核能研究所化工組林泰男博士奉派於 103 年 11 月 20 日至 12 月 19 日赴日本福岡市九州大學石原達己教授(Tasumi Ishihara)實驗室進行燃料電池技術研習與合作討論。日本九州大學應用化學系石原達己教授(Tasumi Ishihara)為國際 SOFC 知名學者，其研究團隊在 LSGM-based 之固態氧化物燃料電池的技術開發在國際間極富盛名，石原教授與本所物理組李瑞益副組長同時擔任第 39 屆國際先進陶瓷與複合材料會議及展覽會(ICACC'15)中之第 12 屆國際固態氧化物燃料電池材料、科學與技術研討會的共同籌組學者(co-organizer)。本所人員過去在國際會議上有機會與石原教授及其團隊成員進行 SOFC 相關技術討論，筆者前於 103 年 8 月透過石原教授的聯繫安排，前往日本進行相關之業界參訪，包含千野(Chino corp.)、東陶(TOTO)、京瓷(Kyocera)、三菱日立電力系統(Mitsubishi Hitachi Power System)等廠家以及九州大學石原教授實驗室，針對家用型發電系統 ENE-FARM 或大型 SOFC 系統以及 SOFC 電池技術開發進行考察，參訪過程與石原教授建立良好互動關係。基於雙方在 SOFC 技術研發尋求未來合作機會，本次石原教授接受本所派員前往日本九州大學實習，針對固態氧化物燃料電池電極製作技術進行 30 天研習行程與技術合作討論事項。

目次

頁次

摘要	i
一、目的	1
二、過程	3
三、心得	15
四、建議事項.....	16
五、附錄	15
附錄一 九州大學邀請函	17
附錄二 石原達己教授實驗室簡介.....	18
附錄三 INER & KyushuU MOU 文件.....	23

圖目次

頁次

圖一	機場前往九大學研都市站之地鐵路線	5
圖二	伊都校區的訪問賓客會館(Ito campus guest house) (1)	5
圖三	伊都校區的訪問賓客會館(Ito campus guest house) (2)	5
圖四	石原教授辦公室一景 / 石原教授對產業界進行演講 (1)	6
圖五	石原教授辦公室一景 / 石原教授對產業界進行演講 (2)	6
圖六	九州大學燃料電池系統實地驗證場與多套燃料電池系統 (1)	7
圖七	九州大學燃料電池系統實地驗證場與多套燃料電池系統 (2)	7
圖八	石原實驗室 LSGM 固態反應法混合研磨過程 (1)	7
圖九	石原實驗室 LSGM 固態反應法混合研磨過程 (2)	7
圖十	石原實驗室 LSGM 壓錠製作過程	8
圖十一	筆者進行陰極材料研磨與陰極膏製作過程 (1)	9
圖十二	筆者進行陰極材料研磨與陰極膏製作過程 (2)	9
圖十三	電極網印製程 (1)	9
圖十四	電極網印製程 (2)	9
圖十五	電解質支撐元件成品外觀 (1)	9
圖十六	電解質支撐元件成品外觀 (2)	9
圖十七	燃料電池測試基座 (1)	10
圖十八	燃料電池測試基座 (2)	10
圖十九	SBSC 粉體之 XRD 與 SEM 結果	11
圖二十	(NiFe + CMF) LSGM SBSC 電池單元測試結果	11

一、目的

本所研發高效率固態氧化物燃料電池(SOFC)相關技術已卓有成效，固態氧化物燃料電池(SOFC)是一種完全由固態陶瓷氧化物，包括陽極-電解質-陰極等陶瓷結構所組成之電能轉換元件，可藉由陽極進料之燃料氣體與陰極進料之氧化劑產生化學反應，直接將化學能轉換為電能。SOFC 具有高能源轉換效率及燃料多元化之優點，基礎於 SOFC 單元所建構之發電系統具有非常之未來性，儼然已成為橋接化石能源至次世代能源之重要電力選項之一。而化工組在陶瓷基板支撐型之電池研製技術擁有中、美、歐、日四國共 31 項專利，並於 103 年度將電池單元研製專利技術授權予國內業界進行技術產業化推展。日本頂尖大學或研究機構在固態氧化物燃料電池技術開發居世界領導地位，同時在產品商業化的推展已然成形，具有相關技術與經驗可茲借鏡。派員赴日實習固態氧化物燃料電池製作與電性效能量測分析相關之技術，與相關學研單位保持聯繫及建立互動關係，有利於提升本所在 SOFC 領域之研發能量。日本九州大學應用化學系石原達己教授(Tasumi Ishihara)為國際 SOFC 知名學者，其研究團隊在低溫型固態氧化物燃料電池的技術開發在國際間極富盛名，石原教授與本所物理組李瑞益副組長同時擔任第 39 屆國際先進陶瓷與複合材料會議及展覽會(ICACC'15)中之第 12 屆國際固態氧化物燃料電池材料、科學與技術研討會的共同籌組學者(co-organizer)並發表邀請演講。筆者過去在國際會議上有機會與石原教授及其團隊成員進行 SOFC 相關技術討論，亦於 103 年 8 月受石原教授邀請前往日本進行專題演講與相關業界參訪行程，彼此建立良好互動關係。基於雙方在 SOFC 技術研發尋求未來合作機會，本次石原教授接受本所林泰男博士前往日本九州大學進行固態氧化物燃料電池電極製作技術進行 30 天研習行程與技術合作討論事項。本次實習行程在九州大學進行電池研製技

術觀摩研習與電池效能分析，瞭解石原教授實驗室的完整電池研製與分析流程，同時進行相關技術討論。藉由實驗室觀摩研習與相關技術討論，建立及強化與日本九州大學之學術合作關係，尋求未來可能之國際合作計畫推展，有助於提升本所在 SOFC 領域的研發能量。透過實質與密切的學術交流及人員互訪，本所與九州大學之 SOFC 技術研發合作意向書 (Memorandum of Understanding, MOU) 已於 104 年 1 月 20 日順利完成簽訂。

二、過程

日本九州大學，為日本聞名的國立大學，在日本以及世界上均佔有重要的學術地位。九州大學有文、教育、法、經濟、理、醫、齒、藥、工、農共 10 個學部，約有 16,000 名學生和約 4,500 名教職員工的國立綜合性大學。日本學術振興會(Japan Society for the Promotion of Science)的世界頂尖研究中心計畫(World Premier International Research Center Initiative, WPI)於 2007 年由文部科學省(MEXT)開始成立，鼓勵日本的大學與世界一流大學/機構合作在日本境內成立頂尖研究中心，提供大量經費，建構頂尖儀器設施與優良研究環境，吸納全球人才，其目的為促進日本之科技發展。九州大學於 2010 年加入此項 WPI 頂尖研究中心計畫，成立 International Institute for Carbon-Neutral Energy Research, I²CNER 研究中心。

九州大學石原達己 (Tatsumi Ishihara) 教授為此曾於 2005 年受邀來本所參訪新能源研發成果，2007 年與 2014 年在美國陶瓷學會舉辦之 ICACC 國際研討會上，其團隊成員亦與本所與會人員進行 SOFC 技術研發討論，其研究團隊在低溫型固態氧化物燃料電池(LSGM)的技術開發在國際間極富盛名。石原教授與本所物理組李瑞益副組長同時擔任第 39 屆國際先進陶瓷與複合材料會議及展覽會(ICACC'15)中之第 12 屆國際固態氧化物燃料電池材料、科學與技術研討會的共同籌組學者(co-organizer)並發表邀請演講。目前石原教授擔任九州大學 WPI 計畫之 I²CNER 研究中心副執行長，103 年八月底筆者曾奉派受邀至九州大學進行 SOFC 研發現況專題演說，同時進行實驗室參訪與技術合作討論，具體提出初期合作由本所派員前往九州大學實習，保持聯繫及延雙方學術交流互動關係，有利於促進雙方未來可能之國際合作計畫推展。

此次石原教授以 I²CNER 研究中心名義接受筆者至九州大學進行 SOFC

製作技術訪問實習，提供實驗室資源並延請其博士班學生協助筆者進行技術研習工作，初步規劃在 30 天時間內完成電解質支撐型電池單元製作與電性效能分析，具體項目則為本所研製新穎氧化物粉體，雙方共同進行性質研究與元件研製。整體實習過程與石原教授及其實驗室成員保持良好互動關係，此有利於本所與九州大學未來可能之國際合作計畫推展。

本次實習公差聯繫準備過程與實習行程簡述如下：

- 103/09/11-12(四、五) 與石原教授 email 聯繫赴日實習 30 日事宜並獲其同意
- 103/09/16(二) 獲得九州大學 I²CNER 研究中心邀請函
- 103/10/27(一) 完成實習計畫新增與獲得原能會同意函
- 103/11/07(五) 人事室確認派員出國實習計畫核定選送人員
- 103/11/12(三) 所內出國實習公差申請核准
- 103/11/20(四) 13:25 搭乘中華航空 CI 116 由桃園國際機場出發。
- 103/11/20(四) 16:30 抵達福岡機場。
搭車抵達九州大學伊都校區學人招待所 Ito Guest House
- 103/11/21(五) 與石原教授進行會議，討論實習期間工作規劃。
- 103/11/21(五) ~ 103/12/18(四)
執行 SOFC 技術實習工作事項。
- 103/12/19(五) 18:05 搭乘搭乘中華航空 CI 117 由福岡機場回台。
19:45 抵達桃園機場。

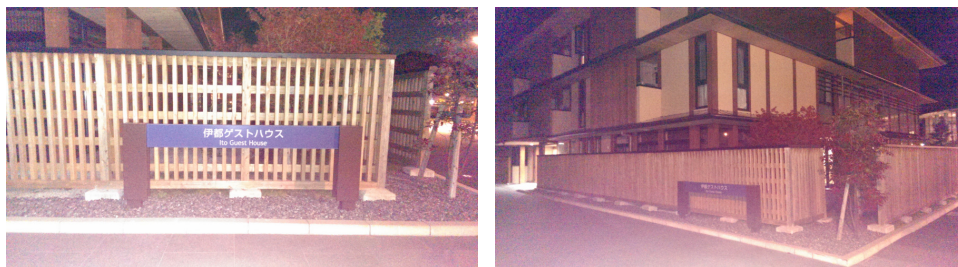
本次實習過程扣除周末與日本國定假日，實際可執行實驗工作天數為 19 天，先前的討論與準備工作相形重要，筆者於出發前已 email 與石原教授預先擬定研究計畫，利用本所研製之粉體材料，希望在有限的時間內完成電池單元製作並進行性質量測。

參訪工作內容說明如下:

(一) 11 月 20 日傍晚搭機抵達福岡之後，筆者逕行搭地鐵由福岡機場站前往九大學研都市站(圖一)，之後再等待前往九州大學伊都新校區之昭和巴士，於當晚八點左右抵達伊都校區的訪問賓客會館(Ito campus guest house，圖二 & 圖三)。



圖一、機場前往九大學研都市站之地鐵路線



圖二 & 圖三、伊都校區的訪問賓客會館(Ito campus guest house)

九州大學伊都新校區於 2005 年左右開始進行開發與建築物建置，起初是工學院的系所先遷入伊都校區，直到目前新校區的建設仍持續進行中。石原教授的團隊是最早進駐新校區的研究室之一，石原教授帶領的是一個非常龐大的研究團隊，總體研究人力資源超過 50 人，除了多套燃料電池製程設備與電性效能測試儀器之外，擁有多項精密材料分析設施，如 SIMS、XPS、STEM、ESR、XRD、q-Tac、FIB-SEM 等貴重分析設施，學術成就優良；石原教授目前為九州大學與美國伊利諾大學香檳分校合

作成立的 I²CNER 研究中心副執行長，I²CNER 研究中心鼓勵國際合作，因此石原教授與許多國際學者有密切的合作交流。石原教授亦與相關業界緊密結合，TOTO 與 Kyocera 等 SOFC 業者與石原教授也有相關合作計畫並進行頻繁的技術合作。

(二) 11 月 21 日上午筆者前往石原教授的辦公室與石原教授進行 2 小時左右 SOFC 技術相關的討論與實習規劃(圖四)。同時英國帝國理工學院資深教授 John Kilner 也在九大進行訪問即將返回英國，當日中午筆者有幸受邀與石原教授、John Kilner 教授以及其博士後同仁一同餐敘，與兩位國際級大師同桌午餐，並向其請益、提問及意見交換。下午石原教授請他的助理教授萩原博士以及博士生細井同學為筆者介紹實驗室，石原教授同時延請細井同學於後續實驗工作上進行協助與支援。隔日 11 月 22 日雖是星期六，11 月 22~24 為日本國定假日(三連休)，但是石原教授以及學生仍然在研究室進行會議討論與進行實驗，當日下午石原教授對產業界人士舉辦一場技術演講，筆者也一同聆聽(圖五)。演講中提到，日本燃料電池車 2015 年預計發表上市(日前 Toyota 公司已經發表)，惟目前加氫站數量不多，以福岡市為例僅有 3 座，其中 1 座位於九州大學內；九州大學同時也有一個燃料電池實地驗證測試場，提供多家業者的 ENE-FARM 系統進行測試驗證計畫(圖六、圖七)。

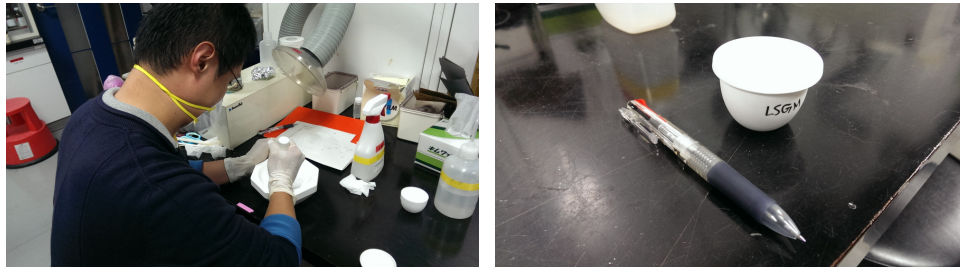


圖四 & 圖五、石原教授辦公室一景 / 石原教授對產業界進行演講



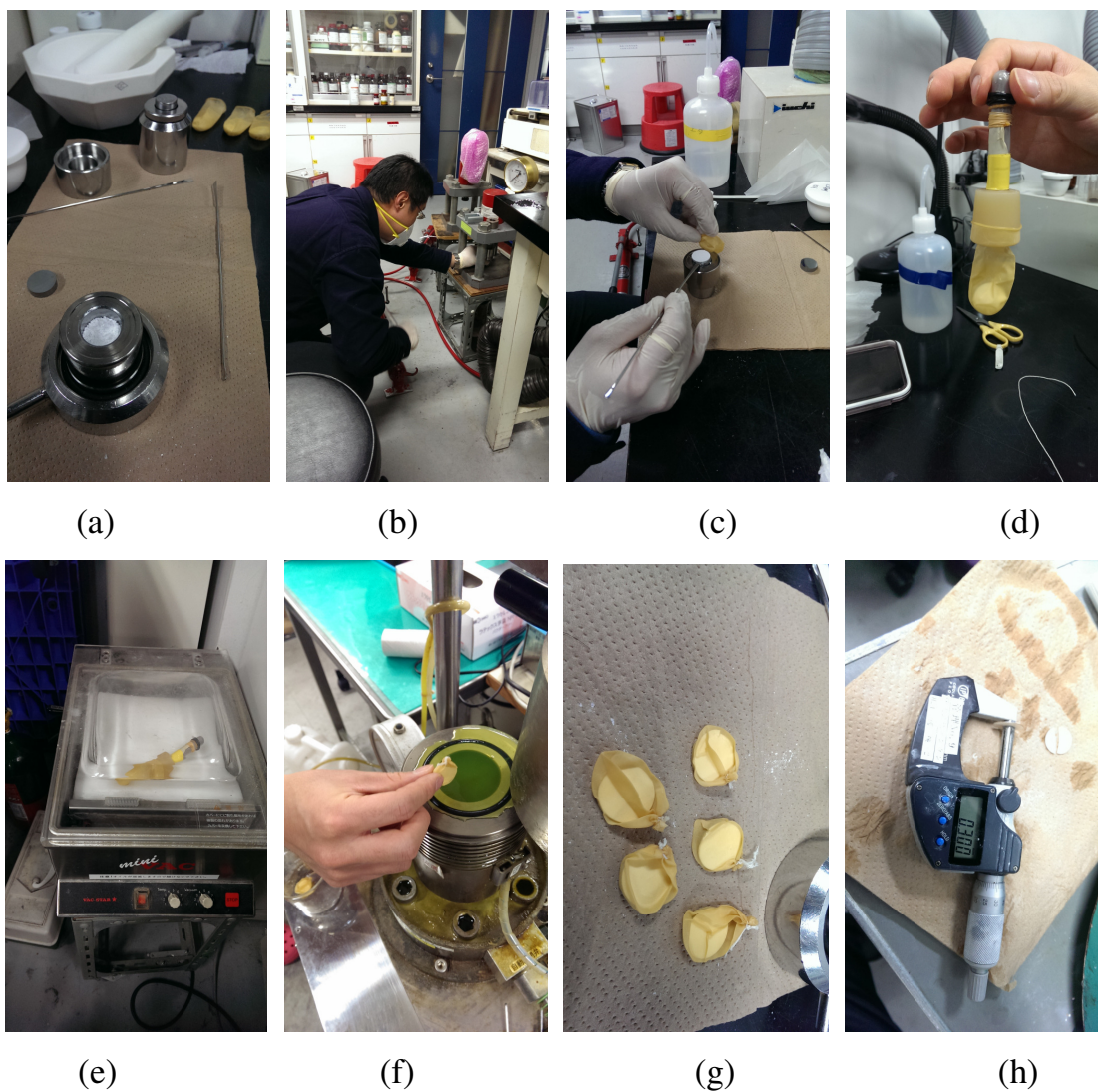
圖六 & 圖七、九州大學燃料電池系統實地驗證場與多套燃料電池系統

(三) 11 月 25 日開始筆者著手進行電解質支撐鈕扣電池(button cell)研製，博士生細井同學協助實驗設備與材料的使用，石原研究室主要是以 LSGM 系列的電解質支撐電池為主要 SOFC 發展方向，他們有一套完整且固定的程序來製作電池單元。筆者首先就從粉末合成開始，以固態反應法製備 LSGM (9182)粉末，經過 1000 °C 3hr 高溫處理後的粉末經由 XRD 確認晶相結構。



圖八 & 圖九、石原實驗室 LSGM 固態反應法混合研磨過程

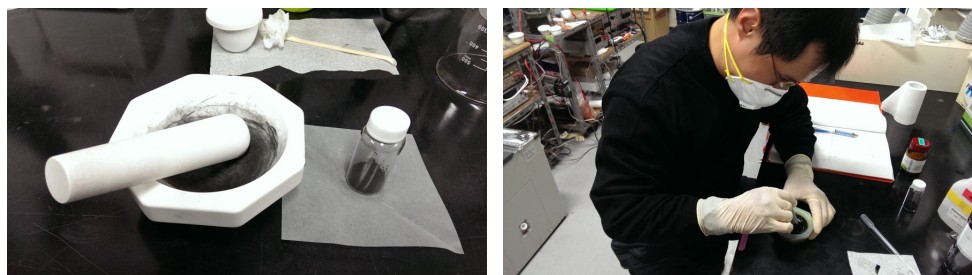
經由固態反應法得到的 LSGM(9182)粉末進行 30 分鐘的均勻研磨之後，取 5 g 粉末以壓錠的方式製作鈕扣型電池基板，基板生胚直徑為 3 cm，爾後經過真空封袋與油壓均壓成型可得到基板半成品，再經過 1500 °C 高溫處理後可得電解質支撐鈕扣電池基板，利用研磨盤將基板厚度減至約 300 μm 的厚度，圖十 (a) ~ (h)為基板製作過程。



圖十 (a) ~ (h)、石原實驗室 LSGM 壓錠製作過程

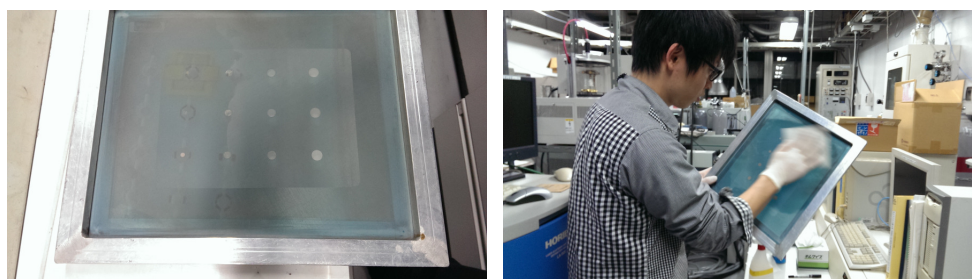
(四) 103 年 8 月底訪問時原實驗室時，筆者曾與石原教授討論到後續合作進行的方式，當時得到共同的想法是先從材料合成與應用為開端。化工組奈米粉體研製技術開發已久，所研製之粉體可應用於 SOFC 電池效能提升，因此本次在實習之前，已於所內研製而得奈米陰極材料粉體一批，11 月 26 日本所同仁將陰極材料寄達日本石原教授實驗室，筆者即著手進行陰極膏研製，博士生細井同學非常熱心協助實驗設備與材

料的使用。圖十一 & 圖十二為筆者進行陰極材料研磨與陰極膏製作過程。

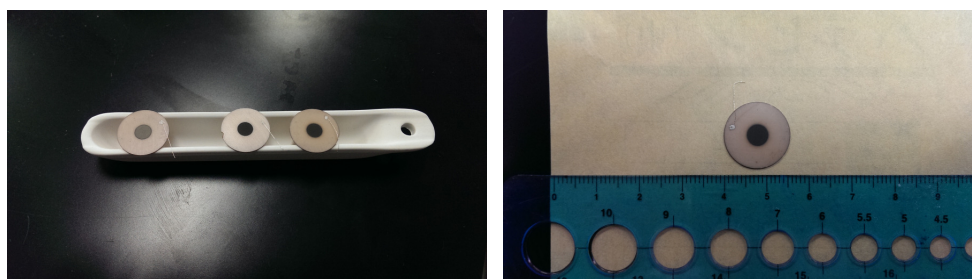


圖十一 & 圖十二、筆者進行陰極材料研磨與陰極膏製作過程

(五) 有了電解質支撐基板與電極膏之後，接下來進行電極的塗佈，陰、陽極電極利用網印製程(screen-printing)先後製作於電解質基板之兩側。爾後烘乾後置入高溫爐進行 $1000\text{ }^{\circ}\text{C} / 3\text{ hr}$ 煅燒即可得完整之電解質支撐電池單元。圖十三 & 圖十四為電極網印製程；圖十五 & 圖十六則為電解質支撐元件成品外觀。

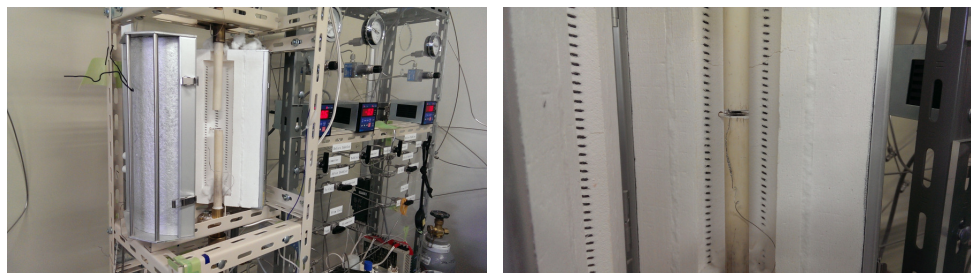


圖十三 & 圖十四、電極網印製程



圖十五 & 圖十六、電解質支撐元件成品外觀

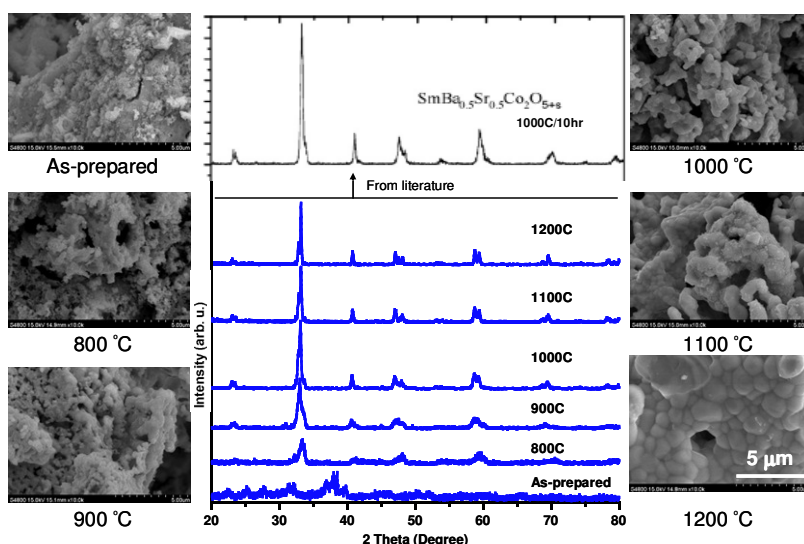
(六) 石原研究室每位研究人員與學生都有一套自行組裝架設的燃料電池測試系統，石原教授認為做中學才能得到完整知識，因此要求學生在入學後要能自行規劃、設計與製作一套測試系統。本次實習過程感謝細井康平(Kohei Hosoi)同學提供他的測試機台協助筆者進行電性測試。在 30 天的實習過程中，筆者完成了 2 組電池單元測試與結果，後續仍須與石原教授團隊進行討論與合作，期能有進一步的合作成果出現。圖十七 & 圖十八為自行組裝之燃料電池測試基座。本次實習計畫，初步達成技術交流合作目的，除了研習 LSGM 系列之 ESC 電池研製過程，同時進行上述電池單元電性效能驗證測試。



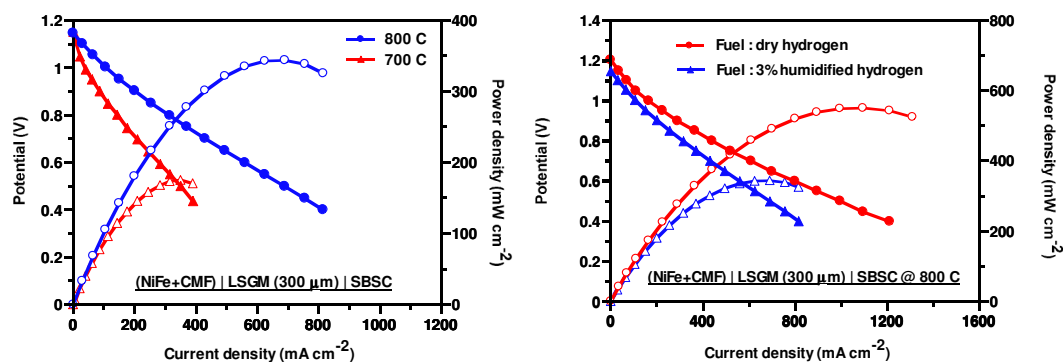
圖十七 & 圖十八、燃料電池測試基座

(七) 實習過程中共計完成五組電解質支撐電池的研製並進行電化學效能測試，在電池單元製作過程中因為研究設備狀況造成之實驗誤差的緣故，有些樣品在製作過程中損壞，有些則是在測試過程中破裂，因此筆者盡力在短時間內克服種種實驗上主客觀不利因素，製作成功並得到量測數據，特別要感謝石原達已教授與細井康平同學的全力協助。SBSC(鈰鋇鈦鈷氧化物陶瓷粉體)是筆者在出國前預先於所內製備之陰極材料，LSGM(鏷鋇鎂鎂氧化物)、NiFe(鎳鐵)以及 CMF(錳鐵參雜之氧化鈣)等材料是筆者在九州大學利用固態反應法合成而得之電解質與陽

極材料。圖十九為筆者利用甘胺酸-硝酸鹽合成法(Glycine Nitrate Combustion method, GNC process)研製之 SBSC 陶瓷粉體的基本 XRD 與 SEM 結果，GNC 法可成功合成 SBSC 粉體，其完整結晶結構燒成溫度在 1000 °C。筆者於九州大學製作之電池單元的結構為(NiFe + CMF) | LSGM | SBSC。電池單元測試的條件如下：燃料端 humidified hydrogen (3% H₂O, 100 mL min⁻¹)，空氣端 oxygen (100 mL min⁻¹)，測試溫度 700 及 800 °C。圖二十為筆者得到的電性結果，LSGM 電解質支撐電池



圖十九、SBSC 粉體之 XRD 與 SEM 結果



圖二十、(NiFe + CMF) | LSGM | SBSC 電池單元測試結果

經過還原後電池的開路電位(open circuit voltage, OCV)大於 1.1 V, 顯示電解質之緻密性與結構穩定性良好(此次製作之電解質支撐電池厚度為 300 μm), 在 700 及 800 $^{\circ}\text{C}$ 時電池最大發電功率(maximum power density, MPD)為 170 及 352 mW cm^{-2} , 效能良好; 進一步將陽極進氣燃料改為純氫後, MPD 提昇為 582 mW cm^{-2} , 再經過一定時間定電流操作之後(200 mA cm^{-2} , 2hr), MPD 為 630 mW cm^{-2} 。筆者希望後續能針對這個研究方向繼續進行合作探討, 而本次實習所得之初期研究成果已與九州大學石原達已教授共同發表國際會議海報論文全文投稿, 並於 4 月 18 日接獲主編來函通知接受, 將於 7 月 26 日刊登於 the Solid Oxide Fuel Cells XIV (SOFC-XIV) issue of "ECS Transactions" (ECST) from the ECS Glasgow meeting: 「Fabrication of $\text{SmBa}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{Co}_2\text{O}_{5+\delta}$ cathode material and its application for Sr- and Mg-doped LaGaO_3 electrolyte-supported solid oxide fuel cell」。

- (八) 本次實習期間與筆者前次參訪時間點接近, 相關研發資訊收集差異不大, 茲統整列出以下幾點:
- (1) 根據文獻資料日本有關 SOFC 的技術開發應用由新能源及產業技術發展組織 NEDO (1980 年成立) 主導, 2004~2007 發展目標為驗證系統耐用性及可靠度評估; 小型 kW 級 SOFC 家用熱電共生系統(Combined Heat & Power, CHP)在於 2007 年以後進行小規模測試。
 - (2) NEDO 投入燃料電池&氫能研發工作 30 年, 2014 年首將氫能燃料電池定為日本重要之 Future Secondary Energy, 2014 年中日本經濟產業省 (METI) 亦制定「氫能、燃料電池戰略藍圖, 第一階段自即日起至 2025 年, 主要為安裝微熱電燃料電池系統、燃料電池車及大型熱電燃料電池系統; 第二階段於 2020~2030 年建構氫氣供電系統及氫氣量產產業

鏈；第三階段自 2040 年起，建構無二氧化碳排放之氫能供應系統。
NEDO 同時並進行 SOFC 之商品化推展(2013~2017)。

- (3) 日本自 2009 年透過補貼政策推動家用型熱電共生燃料電池發電機組，原定之補貼期程由於 2011 年發生福島事件而進行延長，其補貼的總金額於 2013 達到最高值 250 億日圓，2014 補貼仍達 200 億日圓，預定 2015 年將終止對 ENE-FARM 的補助。藉由階段性的實證測試及補貼措施，蒐集必要的測試數據、建構軟硬體設施及建立民眾採用燃料電池的信心。
- (4) 日本在 SOFC 技術的發展上，有著周延的燃料電池發展規劃，涵蓋大中小型 SOFC 發電系統開發。其小型 SOFC 發電系統主力為 700W，適於日本居家使用。在 NEDO 計畫推動下，已有數百台的機組進行長期的實地驗證，參與的廠家包含：東京瓦斯、大阪瓦斯、東邦瓦斯、西部瓦斯、新日本石油公司等等。在 SOFC 產品部分，日本吉坤日礦日石能源公司於 2011 年十月上市推出 SOFC 機組。大阪燃氣公司陣營於 2012 年四月推出家用 SOFC 系統。二者主力均為 700W 的 SOFC 發電系統。日本廠家並預估在 2016 年將進入年產數十萬台的市場規模，發電機組的機組售價將由原先的 270 萬日元下調至 50-80 萬日元。此外，2013 年 7 月日本第三大電信業者 SoftBank 公司與 BE 公司各出資 50 % (1 千萬美元)，引入 BE 公司開發的 SOFC 發電系統，搶攻日本能源市場。2013 年 11 月 25 日，BE 及 SoftBank 公司宣布，BE 第一套國際合作 200kW 發電系統成功安裝於福岡(Fukuoka) SoftBank 公司的 M-Tower 上。
- (5) ENE-FARM 商品 PEFC 佔 90 %，SOFC 佔 10 %，而京瓷公司(Kyocera) 為大部分的 ENE-FARM SOFC 系統的電池產品供應廠家，其設計為平

板管式電池產品(Flat Tube Cell)，強調全陶瓷組成電池以及共燒技術 (All ceramics cell / co-firing technique)。其所提供的 ENE-FARM 產品 (700 W)可提供一個家庭每日 75 % 的用電需求，主要為 SOFC 產品製作基地為京瓷國分工廠，同時擁有完整的材料分析設備作為技術研發後盾。日本燃料電池車已發表，惟目前加氫站數量不多，以福岡市為例僅有 3 座(1 座位於九州大學內)，日本東京將於 2020 年舉辦奧運會，屆時東京預估將建造完成 200 座加氫站提供燃料電池車輛使用。

三、心得

筆者於 103 年度兩次前往九州大學參訪與實習，綜合前次參訪與此次實習行程獲致心得簡述如下：

- (一) 九州大學於 2010 年加入日本學術振興會(Japan Society for the Promotion of Science)的世界頂尖研究中心計畫(World Premier International Research Center Initiative, WPI) WPI，秉持「九大百年邁向百大」的精神持續推對各項學研計畫；石原教授研究室學術風氣鼎盛，每兩週進行工作進度檢討，強調 core hours / hard working，執著的研發精神值得研究人員借鏡。
- (二) 日本在 SOFC 技術的發展上，有著周延的燃料電池發展規劃，涵蓋大、中、小型 SOFC 發電系統開發。本所在 SOFC 的研發歷程經過長期努力，擁有完整的 From powder to Power 的研發技術能量，目前已有提供 kW 級的電池堆與系統的能力。本所化工組陶瓷基板型電池單元製作技術已於 103 年以專利技術授權的方式提供國內業界，進行實質產業化推廣應用，唯整體 SOFC 產業化除了電池單元本身之外，周邊技術如電池堆、封裝，連接板，系統整合等，仍有賴相關業界的加入，以本所自有技術為基石，提供國內業者技術後盾，以促進 SOFC 產業型態與規模的建立。

四、建議事項

此次日本實習行程，可視為前次參訪後續的技術交流延伸，他山之石，可以攻玉，深感頗有收穫。幾點淺見建議如下：

- (一) 本次實習能夠成行主要是因為所裡持續參與相關 SOFC 國際研討會，建立人脈與合作管道，因此建議除了持續鑽研本所自有技術，提供機會給予研究人員出國參加國際會議，不但可展現本所研發成果，也可透過國際合作交流提升本所技術水準。
- (二) 日本在燃料電池的發展主要以實際生活應用面為主，如家用型系統予燃料電池車等，建議所裡與國內業者應考慮我國之優勢進行產業布局。
- (三) 本次赴九州大學實習，具體提出初期合作項目，雙方共同進行性質研究與元件研製。已於 104 年 1 月順利完成本所與九州大學針對 SOFC 技術研發簽訂合作意向書(MOU)；本次實習所得之初步研究成果徵得石原教授同意，將投稿本年於英國舉辦之 SOFC-XIV 國際研討會，並於 4 月 18 日接獲主編來函通知接受，將於 7 月 26 日刊登於 the Solid Oxide Fuel Cells XIV (SOFC-XIV) issue of "ECS Transactions" (ECST) from the ECS Glasgow meeting：「Fabrication of $\text{SmBa}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{Co}_2\text{O}_{5+\delta}$ cathode material and its application for Sr- and Mg-doped LaGaO_3 electrolyte-supported solid oxide fuel cell」。未來持續與其保持聯繫及建立極佳互動關係，有利於促進雙方可能之國際合作計畫推展。

附錄一 九州大學邀請函



Kyushu University

*International Institute for Carbon-Neutral
Energy Research*

Motooka 744, Nishi-Ku, Fukuoka 819-0395
Phone +81-92-802-6935, Fax:+81-92-802-6939



November 16, 2014

Dr. Tsi-Nan Lin,

SOFC-MEA Project Manager
Associate Engineer and Nano-tech group
Institute of Nuclear Energy Research (INER),
Taiwan.

Dear Dr.Lin,

I am writing this letter for officially informing you to invite you to International Institute for Carbon Neutral Energy Research, Kyushu University as a Visiting Scholar in a period from November 20 to December 19, 2014. The objective to visit is to start collaboration work on Solid Oxide Fuel Cell Development and the all costs for your visit are supported by Institute of Nuclear Energy Research (INER).

Sincerely Yours,

A handwritten signature in cursive script, appearing to read 'Tatsumi Ishihara'.

Tatsumi Ishihara
Associate Director
Professor
International Institute for
Carbon-Neutral Energy Research
Kyushu University

附錄二 九州大學石原達已教授實驗室簡介

Staff and Member



Prof. Tatsumi Ishihara
Research Subjects : Advanced battery and fuel cells
Environmental catalyst



Ass. Prof. Shintaro Ida
Research Subjects; Photocatalyst, Nanosheet
Photoluminescent nano sheet



Assistant Prof. Takaaki Sakai
Research Subjects; Proton conductor



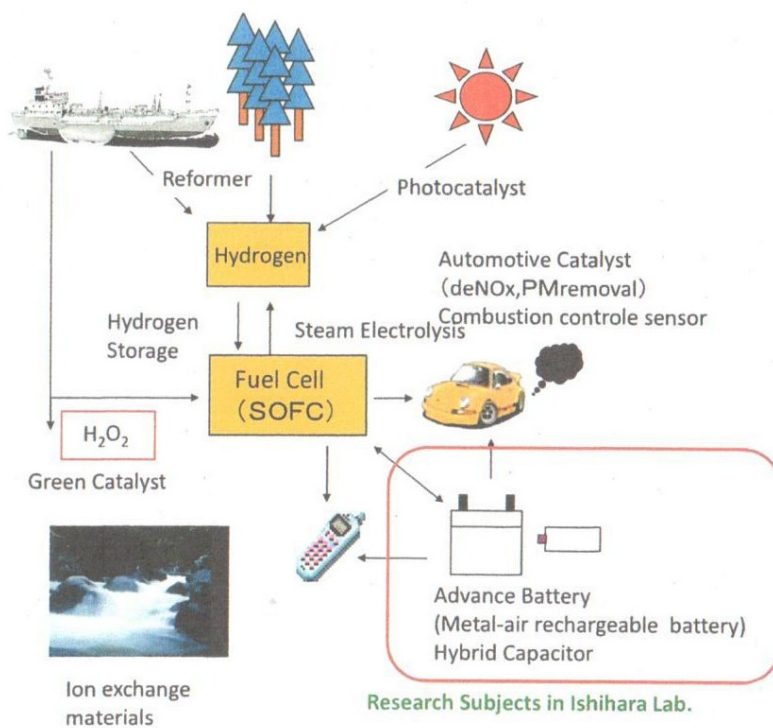
Associate Prof. Hidehisa Hagiwara
Research Subjects; Photo catalyst

Technician Yuko Misumi
 Secretary; Noriko Nishiyama
 Yukiko Mitoma

Post doc. 6
 Researcher : 5
 Phd student : 9

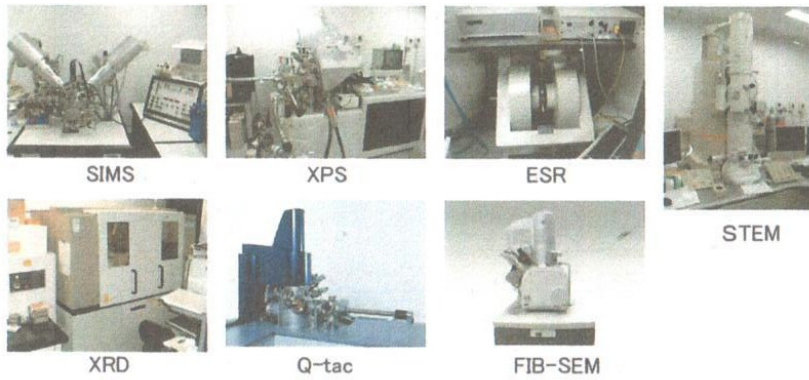
Master Course : 18
 Bachelor course : 6

Total 51



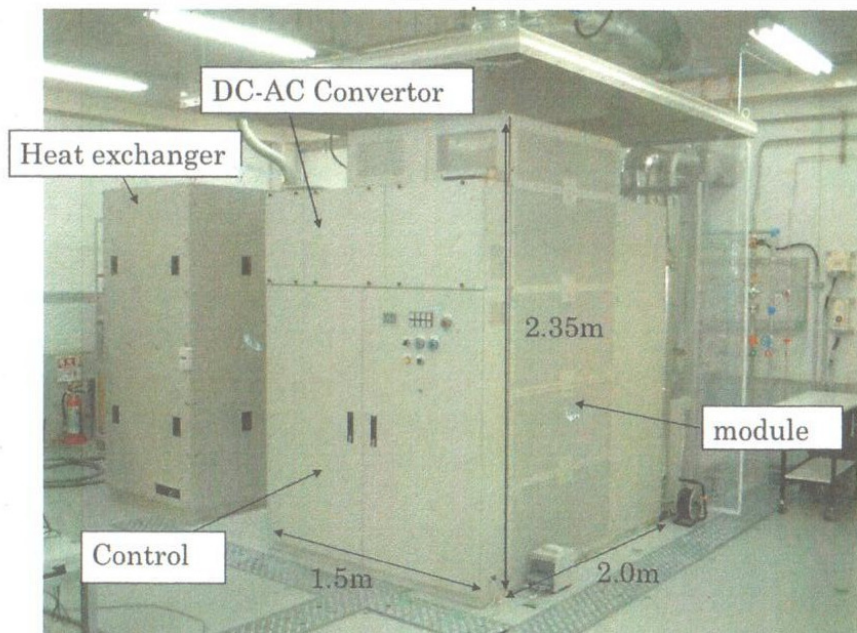
Research Environmental

©The main equipments in Ishihara Laboratory.



(Only one in the world)

10kW combined heat and power generation



NEDO project

Collaborated work with Mitsubishi Material and Kansai Electric Pow

Oxide Ion Conductivity in LaGaO₃ Oxide

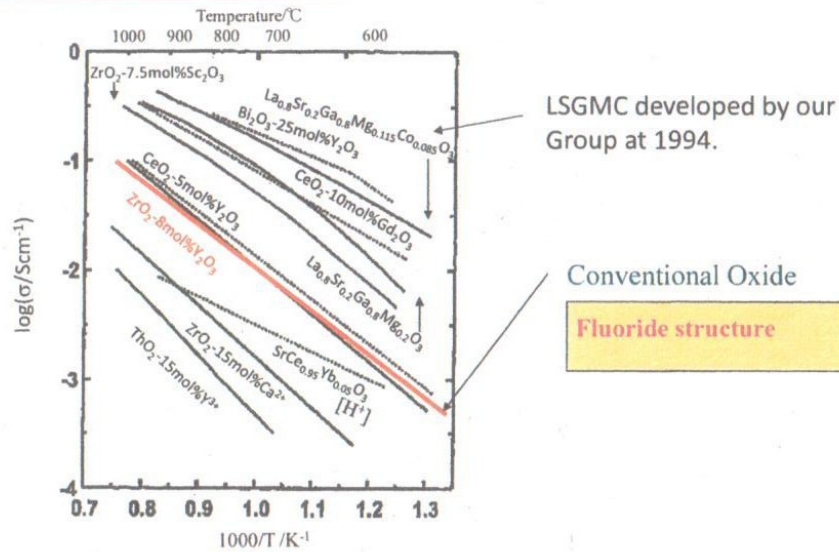


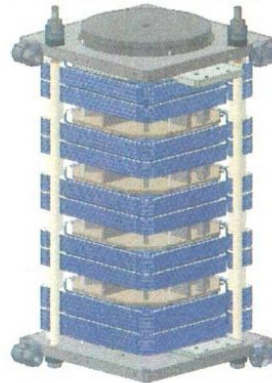
Fig. Comparison of the oxide ion conductivity in the various oxides.

10kW combined heat and power generation system

Stack design



a) Conventional



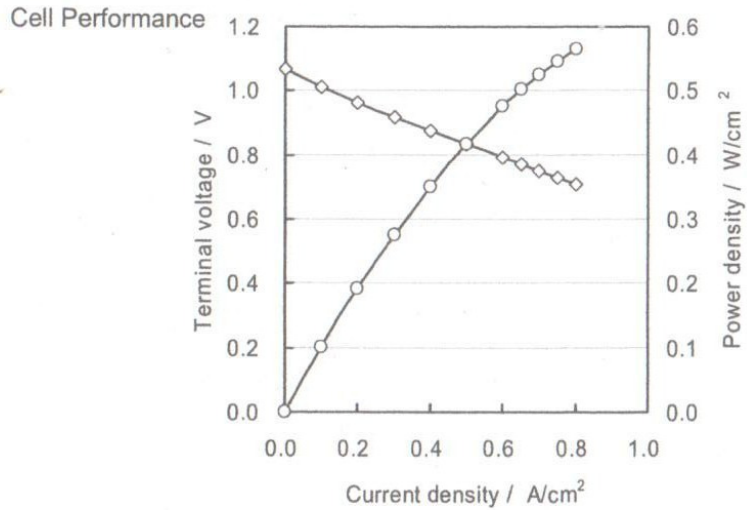
b) High power stack

Figure 2-27 Schematic drawings of stacks.

Table 2-7 Specification of the stacks, conventional and high power stack








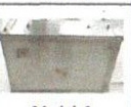


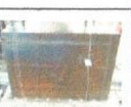
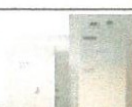
	Unit	Conventional	High power stack
Diameter	mm	120	170
Thickness of electrolyte	μ m	200	160
Output power	W	23	98
Power density	W/cm ²	0.203	0.434
Current	A	30	133
Current density	A/cm ²	0.27	0.59

10kW combined heat and power generation system



Fuel utilization: 0.75 Operating Temp: 750 °C

Collaboration work with TOTO

year	Stack	Module	System	Results
2008	 Stack1	 Module1		Stack Power : 73W@973K, 7A, U _f 75% Module Power : 732W, 87°K, 7A, U _f 68% Module Efficiency : DC37.1% (rated power) System Efficiency : AC32.0% (rated power)
2009 The first half of the year	 Stack2	 Module2		Stack Power : 86W@973K, 7A, U _f 75% Module Power : 815W, 87°K, 7A, U _f 75% Module Efficiency : DC46.1% (rated power) System Efficiency : AC40.8% (rated power)
2009 The second half of the year	 Stack3	 Module3		Stack Power : 81W@973K, 7A, U _f 75% Module Power : 797W, 890K, 7A, U _f 75% Module Efficiency : DC45.1% (rated power) System Efficiency : AC42.0% (rated power)
2010	 Stack4	 Module4		Stack Power : 87W@973K, 7A, U _f 75% Module Power : 852W, 946K, 7A, U _f 77% Module Efficiency : DC53.5% (rated power) System Efficiency : AC47% (rated power)

NEDO Target & Results of 10 kW CHP System

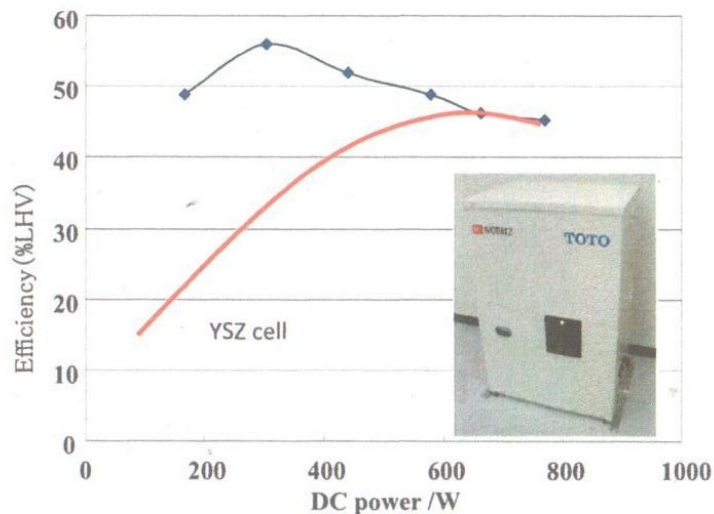
		Target	Results	
			60°C hot water	90°C hot water
Fuel	—	Town Gas	Town Gas(13A)	
DC Power Output	kW	—	12.4	12.4
DC Electrical Efficiency	%HHV	—	50	50
AC Power Output	kW	10	10.1	10.1
AC Electrical Efficiency	%HHV	40	41	40
Overall Efficiency	%HHV	80* ¹	82	79
Long-term Stability	%/1000h	0.25* ²	Under Operation	-

*1 Exhaust heat is recovered as 60°C hot water.

*2 Voltage degradation rate per 1,000 hours after 3,000-hour operation at the rated output.

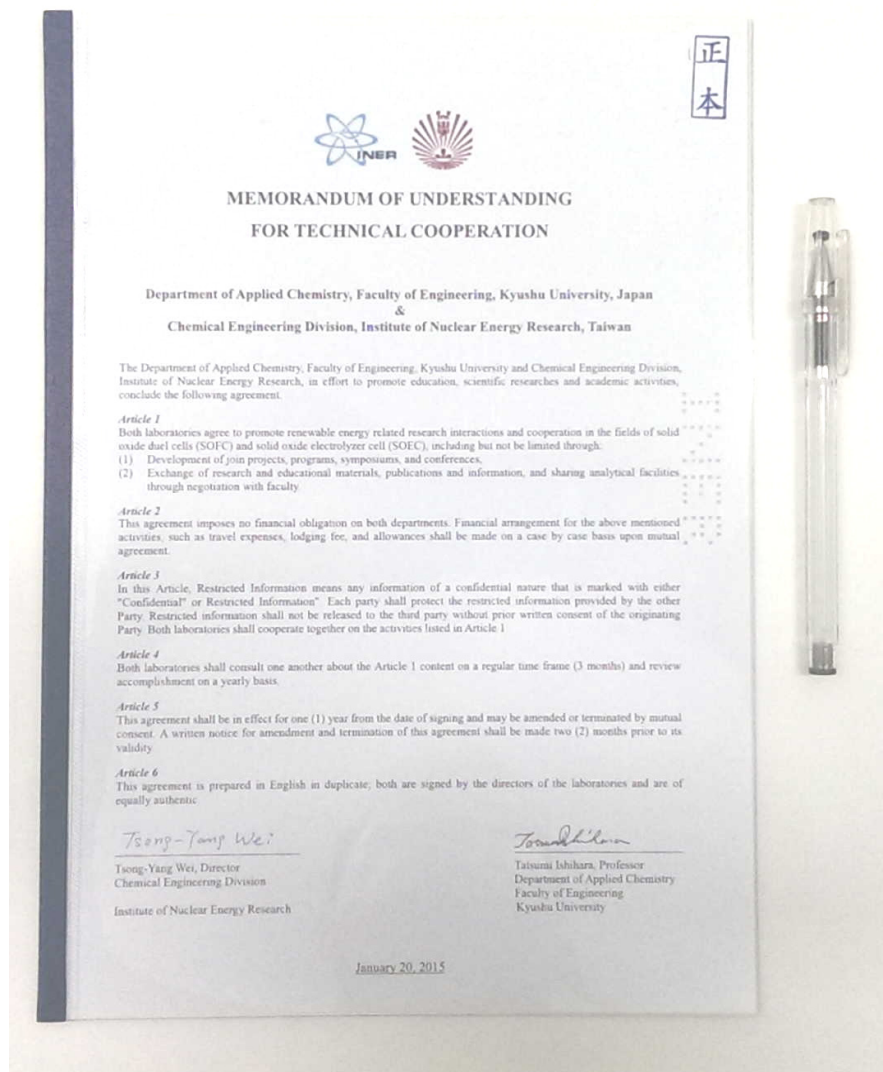
NEDO Project

Introduction SOFC using LSGM



At DC770W, efficiency is achieved to 45% (LHV) and high efficiency could be sustained.

附錄三 核能研究所與九州大學 SOFC 技術研發合作意向書(Memorandum of Understanding , MOU)



1.文字修改如附檔。 2.三、心得，看起來是你在九州大學實習的發現，請修改 3.實習 30 天，報告
只有 24 頁，內容不足，請補充，建議將在九州大學的實習製作程序多家描述。