

出國報告（出國類別：其他）

## 赴上海參加第 15 屆全國氫能會議暨第 7 屆兩岸三地氫能研討會出國報告

服務機關：核能研究所

姓名職稱：程永能 副研究員

派赴國家：中國大陸

出國期間：103 年 11 月 13 日~103 年 11 月 17 日

報告日期：103 年 12 月 13 日



## 摘要

本所積極投入新能源相關領域之研究，研發項目包括固態氧化物燃料電池 (SOFC) 發電系統、風能發電系統、太陽能發電系統、酒精產氫觸媒重組系統、化學儲能系統、電力控制管理技術與環境建構、生質廢棄物電漿氣化技術等。於 SOFC 部分，本所投入範圍涵蓋從粉末製作至電力輸出(from powder to power) 之各項技術，包括關鍵(陰陽極、觸媒、封裝、連接板及保護層)材料研究、電池片開發與測試、電池堆技術開發與測試、系統組件開發、與整體系統建置及測試，均陸續獲得顯著具體的研發成效。大陸亦感受 SOFC 之快速發展與前景，投入相當龐大的資源，致力相關技術發展，並展現了十分快速的研發成果，正致力於系統之發展，其發展態勢值得我們持續關注。國內於 SOFC 研發之規模雖遠小於大陸，但相關研發成果相當亮眼，本所正逐步將相關技術技轉國內公民營企業，藉由國內業者之系統開發與銷售，加速系統相關組件之研發與整合，輔以官方之輔導及研發經費之挹注，有效結合國內產、學、研之力量，方能為我國創造一新興綠能產業。大陸全國氫能會議暨兩岸三地氫能研討會為高水平的學術交流平台，建議本所可定期派員參加，有效掌握大陸各項技術發展現況，以為本所相關技術發展規劃之參考。

# 目 次

	頁碼
摘 要.....	i
一、目 的.....	1
二、過 程.....	2
三、心 得.....	5
四、建 議 事 項.....	11
五、附 錄.....	12
附錄一：大會第三輪通知.....	13
附錄二：大會分會場 D 議程表.....	17
附錄三：簡報檔案.....	20

# 圖 目 次

頁碼

圖 1、上海電力學院大門 .....	3
圖 2、研討會看板 .....	3
圖 3、廠商攤位及海報區 .....	4
圖 4、大會開幕式 .....	4
圖 5、1 kW 級 SOFC 發電系統 20 A 定電流放電曲線圖 .....	9
圖 6、1 kW 級 SOFC 發電系統的 I-V 曲線圖 .....	10

## 一、目的

本所積極投入新能源相關領域之研究，主要研發項目包括固態氧化物燃料電池(SOFC)發電系統、風能發電系統、太陽能發電系統、酒精產氫觸媒重組系統、化學儲能系統、電力控制管理技術與環境建構、生質廢棄物電漿氣化技術等。於 SOFC 發電系統部分，本所投入之範圍為從粉末製作至電力輸出(from powder to power)皆涵蓋，其項目包括關鍵(陰陽極、觸媒、封裝、連接板、保護層)材料研究、電池片開發與測試、電池堆技術開發與測試、系統組件開發、整體系統建置及測試等，均陸續獲得顯著具體的研發成效，並將於今年底完成 kW 級 SOFC 發電系統之中鋼技轉案及開始進行中油綠能所之技轉案，且預計於明年將系統技術技轉國內民間業者，相關技術也將陸續技轉業界，以促進國內 SOFC 產業鏈之形成。

近年每年舉辦之大陸全國氫能會議暨兩岸三地氫能研討會其主辦單位為中國可再生能源協會之氫能專業委員會，會議目的為促進科研合作和技術轉化，構築高水平的學術交流平台，展示最新成果以及促進學術與產業聯結互動，並藉與會的科學家及工程師共同努力，為朝向氫能經濟加速轉型之里程碑做出卓越的貢獻。今年第 15 屆全國氫能會議暨第 7 屆兩岸三地氫能研討會，協辦單位為上海電力學院及中國科學院上海高等研究院，舉辦地點在上海市上海電力學院，該大會之第三輪通知與分會場 D 之議程表如附件一及二。與會人員大多為台、港、陸之氫能領域之專家學者，以進行專題演講及學術研究論文發表為主，另有少數廠商參展以推廣其產品。

筆者目前參與本所「高溫燃料電池發電系統及產業平台建置」計畫，負責 SOFC 電池堆組裝與測試，且協助電池片測試及發電系統開發等相關工作。為汲取大陸及國際的研發經驗，與國際發展現況接軌，擬藉由參加本次之研討會與大陸學者交換心得，以瞭解其研發現況，作為本所未來 SOFC 研發工作及方向之參考。

## 二、過 程

個人於本(103)年 11 月 13 日至 17 日赴中國上海參加第 15 屆全國氫能會議暨第 7 屆兩岸三地氫能研討會，其簡要過程說明如下：

11/13 日:

去程，出發地點為松山機場，搭乘中華航空 CI 201 班機(12:30 起飛)，約於 14:20 抵達上海虹橋機場，14:45 左右出關，立即搭乘計程車前往甸園賓館，約於 16:20 到達並進行入住相關事宜，且預先到上海電力學院理解環境(圖 1 及 2)。

11/14-11/16 日:

11/14 為註冊及廠商與海報布置日，進行註冊報到並參觀廠商攤位，海報區幾乎皆尚未布置，大會之廠商攤位及海報區如圖 3。11/15 日為開幕式(圖 4)及口頭與海報論文發表，上午參加大會開幕式及大會邀請報告，下午則參加分會場 D 燃料電池技術及應用，並與南京大學劉建國教授共同擔任分會主持人。第 11/16 日為口頭與海報論文發表口頭及閉幕式，上午參加分會場 D 並進行分會邀請報告，題目為”The Development of Cell and Stack Tests at INER”(附件三)，下午仍參加分會場 D 並參觀海報區。

11/17 日:

回程，約於 08:20 退房，搭地鐵從 12 號線之龍昌路站至 2 號線之浦東國際機場，約於 10:20 到達，隨即進行行旅託運與入關相關事宜，飛機約於 12:10 出發並約於 14:10 回到桃園機場。



圖 1、上海電力學院大門



圖 2、研討會看板



圖 3、廠商攤位及海報區



圖 4、大會開幕式

### 三、心得

個人此次赴中國上海參加第 15 屆全國氫能會議暨第 7 屆兩岸三地氫能研討會，心得分項說明如下：

- (一) 目前中國大陸與燃料電池相關的主要公協會為「可再生能源學會」(原中國太陽能學會)下之「氫能專業委員會」(China Association for Hydrogen Energy; CAHE)，為此次會議之主辦單位。該委員會成立宗旨為致力於大陸產業的普及與發展，協調產、官、學、研各領域，推動氫能與燃料電池研究、開發、推廣及應用，並舉辦相關的學術交流、展覽會等，現階段主任委員為清華大學核能新能源技術研究院毛宗強教授，亦為此次大會之榮譽主席之一。「可再生能源學會」包括 7 個專業委員會，分別為熱利用、光伏、風能、生物質能、光化學、氫能、太陽能和建築專業委員會，涵蓋範圍相當廣泛，為環能領域之重要協會，對大陸該領域之發展有重大之影響；目前理事長為石定寰教授(國務院參事)。
- (二) 由於此次研討會，為數眾多之論文或海報來自中國科學院大連化學物理研究所(簡稱大連化物所)，令人不得不注意此單位之專長與能量。大連化物所在催化化學、工程化學、有機合成化學、化學雷射和分子反應動力學、近代分析化學和生物技術等學科領域獲得大量之重大科技成果。大連化物所參與中國載人太空計畫，擁有催化基礎和分子反應動力學兩國家重點實驗室，另籌建中(2007 年開始籌建)的潔淨能源國家實驗室，為大陸能源領域的第一個國家實驗室，其共規劃化石能源與應用催化、低碳催化與工程、節能與環境、燃料電池、儲能、氫能與先進材料、生物能源、太陽能、能源基礎和戰略、能源研究技術平台等 10 個研究部。該所已與三十多國建立了科技合作和交流關係，對其人才培育與國際知名度有所助益，合作領域集中於催化及燃料電池，加速相關技術發展，成為大陸燃料電池研發重鎮之一。另該所同時也是中國國務院學位委員會授權培養博士、碩士學位的單位，具有化學和化工一級學科博士學位授予權和博士生導師資格的審批權，該審批權有助於研發工作之進行。
- (三) 本次大會第一位邀請講者為衣寶廉院士，亦為此次大會之榮譽主席之一。衣

院士為大連化物所研究員、燃料電池工程中心總工程師、大連新源動力股份有限公司董事長、國家 863(電動汽車重大專項)專家成員和燃料電池發動機責任專家，於 2003 年當選為中國工程學院之院士。其主要從事化學能與電能的相互轉化及其相關領域之研究。九十年代負責組織領導質子交換膜燃料電池、熔融碳酸鹽燃料電池和固態氧化物燃料電池的研究，在質子交換膜燃料電池技術方面取得突破性進展並形成自主知識產權；積極推動大連化物所與企業聯合成立了新源動力股份有限公司，研發批量生產技術並開拓市場。衣院士為大陸燃料電池界之元老，以”燃料電池技術發展現狀”為題簡述大陸於各種燃料電池之發展現況，演講內容豐富，生動活潑，其為人普獲各界後學之敬重。

(四) 此次參加會議台灣之最高層人員為台灣經濟研究院左竣德所長，以”台灣氫能燃料電池產業現況與兩岸合作發展建議”為題，介紹台灣產業界燃料電池發展現況。於百 kW 級 SOFC 系統，左所長介紹 Bloom Energy 提供國際大廠之穩定電源，該系統中許多重要組件皆為由台灣業者代工，顯示台灣業者在此一領域之技術能力與資金投入不容忽視；於 kW 級 SOFC 發電系統，左所長表示日本目前處於領先地位，預計 2030 年約有 500 萬台產量，約占世界總量之 10%。兩岸合作發展建議方面，左所長建議可在基地台、筆記型電腦及燃料電池機車三應用面向，其中筆記型電腦使用 DMFC，另兩種使用 PEMFC。若能落實該三面向之合作，對我國氫能燃料電池產業之發展將有所助益。

(五) 我國鹼性燃料電池之研發相關訊息較少，然大陸於該研發工作仍受到相當重視。該電池採用鹼性氫氧化鉀為電解液，大多用於航天或其他特殊用途（如導彈、宇宙飛船、衛星等空間飛行器），其優點則是電能轉換效率十分的高。此燃料電池因以氫氧化鉀作為電解質，若進氣口中進入電池的氣體中含有二氧化碳，氫氧化鉀會與二氧化碳反應形成碳酸鉀而堵住碳電極上的孔道，氫氣(陽極)或氧氣(陰極)無法與電解質接觸，將嚴重影響其發電效率。大陸航太工業實力雄厚，自然在此燃料電池將投入一定比例之研發能量，另 PEMFC 於潛水艇及 SOFC 於電訊電源等皆為燃料電池於國防之應用，其相關需求可支撐研發活動之所需經費，惟相關技術擬作為民生應用，仍有

一段相當遙遠的路需要努力。

(六) 燃料電池汽車也是大陸積極發展項目之一，主要目標市場為轎車及客車。大陸汽車產業發展策略為混合動力是短期目標，純電動車是中期目標，而氫燃料電池是新能源汽車的終極目標。燃料電池汽車與純電動車相比，其優點為重量輕且充氣速度快，但相對地其技術層次較高，所需技術研發之資金也相對的提高。上海汽車集團股份有限公司(上汽公司)投入燃料電池汽車研發多年，已有不錯之成果，也多次參加燃料電池車之展覽與競賽，該公司預計今年底前將有 55 輛車問世，通過租賃方式讓市民作體驗，並預期至 2015 年上汽將完成百輛級生產。雖上汽公司可生產燃料電池汽車，但在動力轉換效率、耐久性及成本方面仍需繼續努力。大陸投入相當多的人力與資金於燃料電池汽車之研發與驗證，然面對歐、美、日、韓各大車廠之競爭，其壓力可見一般。

(七) 人類目前製造氫氣的主要途徑仍然是以煤炭、石油、天然氣等化石資源為基礎的碳氫化合物為原料(佔 90% 以上)，通過水蒸氣催化重整反應(例如： $C + 2H_2O \rightarrow 2H_2 + CO_2$ ) 來獲得，然化石資源不可再生，因此開發再生能源製氫方法受到越來越多的關注。大陸鼓勵以再生能源製氫，尤其大陸之太陽能資源豐富且相關氫能產業逐漸成形，現在推展以太陽能製氫之技術是很好的時機。太陽能製氫其方式包含熱化學法製氫、光電化學分解法製氫、光催化法製氫、人工光合作用製氫和生物製氫等。太陽能-氫能轉化是未來氫氣工業化生產技術發展的方向，但是仍然有很多實際的問題有待研究及克服，若能有效使用該技術，潔淨再生之氫能技術方得以實現。目前以上各種方法仍處於研究階段，其中熱化學法製氫及光電化學分解法製氫經評估是比較可能商業化進展之方法。

(八) 於 SOFC 系統及電池堆研發方面，大陸主要研發單位現況如下：

(A) 寧波索福人能源技術有限公司，其創立於 2014 年 9 月，前身為中國科學院寧波材料所技術與工程研究所燃料電池與能源技術事業部，主要從事 SOFC 發電技術中電池單元、電池堆、和系統的研發、製造、銷售和服務等，其電池堆生產線實驗月產量可達 100 kW。寧波材料所研發的 NIMTE-A-Stack-301 標準 30 片裝電池堆在運行溫度 750°C 下，功率 $\geq$ 750

W@(0.75 V, F≥60%), 衰減速率≤2%/1000h, 運行條件下體積功率密度≥1000 W/L。NIMTE-A-Stack-601 為標準 60 片裝電池堆, 在操作溫度 750°C 下, 功率≥1500 W@(0.75 V, F≥60%), 衰減速率≤2%/1000h, 體積功率密度同樣≥1000 W/L。今年(2014)該團隊研發 1 kW 自熱式獨立發電系統, 並成功運行, 該發電系統以民用天然氣為燃料, 尺寸類似一台小型的電冰箱, 在 20 A 定電流放電時, 可以連續穩定地輸出約 780 W, 如圖 5 所示。該系統最高放電功率約 870 W(圖 6), 最大發電效率為 43%, 扣除系統自身耗電(約 90 W)後, 系統最大發電效率約 39%。

(B) 中國科學院上海硅酸鹽研究所(簡稱上海硅所), 去(2013)年宣布自主研發的 1kW SOFC 發電系統成功發電, 在大陸率先成功實現 1 kW 的 SOFC 發電系統, 該系統不依靠外部電源加熱, 而是依靠電池堆尾氣中的燃料燃燒提供熱量來保持工作溫度; 它不使用氫氣, 而是使用天然氣經水蒸汽重整後送至電池堆。其系統的設計功率為 1 kW, 使用 13x13 cm<sup>2</sup> 的電池片, 電池堆工作溫度 750°C, 功率密度約 0.2 W/cm<sup>2</sup>, 工作電壓 40 V, 發電效率約 35%; 在發電同時提供熱水, 總能利用效率約 65%。在此次會議, 其發表之 51 片裝電池堆(操作溫度 750°C), 電池片面積為 20x20 cm<sup>2</sup>, 其氫氣及空氣流量分別為 900 及 2250 cc/min, 電功率輸出為 2450 W (電流約 78 A), 發電效率大於 45%, 熱循環測試大於 30 次。系統方面則以該電池堆進行系統測試, 以液化天然氣為燃料, 功率輸出為 1500 W, 發電效率為 25%, 目前正朝 5 kW 系統努力。

(C) 華中科技大學材料與工程學院, 其電池單元製作技術優秀, 電池單元之開發包括陽極支撐電池片(ASC)及金屬支撐電池片(MSC)。於 MSC 電池片, 其於 650°C 時之最大功率達 1.04 W/cm<sup>2</sup>, 於 600°C 經 5 次 redox 測試, 未發現性能衰退。於本次會議有一海報為 10 片裝電池堆測試, 該電池堆操作溫度為 750°C, 電池片尺寸為 11x11 cm<sup>2</sup>, 該電池堆 OCV 為 11.79 V, 當電流密度為 740 mA/cm<sup>2</sup> 之功率密度為 440 mW/cm<sup>2</sup>(360 W @ 60 A), 於 700 小時之耐久性測試, 性能衰減率為 17.6%/kh; 另於 30 片裝之電池堆, 於 750°C 功率達 1.24 kW, 並用相同之電池堆進行系統測試 100 小時。可見其電池堆技術已獲得突破並有長足之進展, 開始

進行系統測試。於此次會議，該校發表幾篇論文，除了電池堆外，也有連接板、電解質及電極材料之開發與應用，另外有系統之熱管理與分析部分，可見其積極為發展 SOFC 系統而準備。

中國大陸感受 SOFC 之快速發展與前景，投入相當龐大的資源，致力相關技術發展，並展現了十分快速的研發成果，於電池單元及電池堆之製作有令人印象深刻之成就，目前正致力於系統之發展。大陸投入巨大之人力及物力於 SOFC 之研發，其發展態勢值得我們持續關注。

(九) 國內於 SOFC 研發之規模雖遠小於大陸，但相關研發成果相當亮眼，目前本所相關技術正逐步技轉國內公民營企業，將吸引更多研究單位及企業資金投入相關研發，形成正面向上之力量。經由國內業者之系統開發與銷售，加速我國 SOFC 系統相關組件之研發與整合，如此之良性循環，激發更多有興趣業者之相繼投入，凝聚業者之內聚力，將對國內潔淨科技能源產業之發展及就業率之提昇有所助益。輔以官方之輔導及研發經費之挹注，有效整合國內產、學、研之力量，方能為我國創造一新興綠能產業並提升國家長期之競爭力。

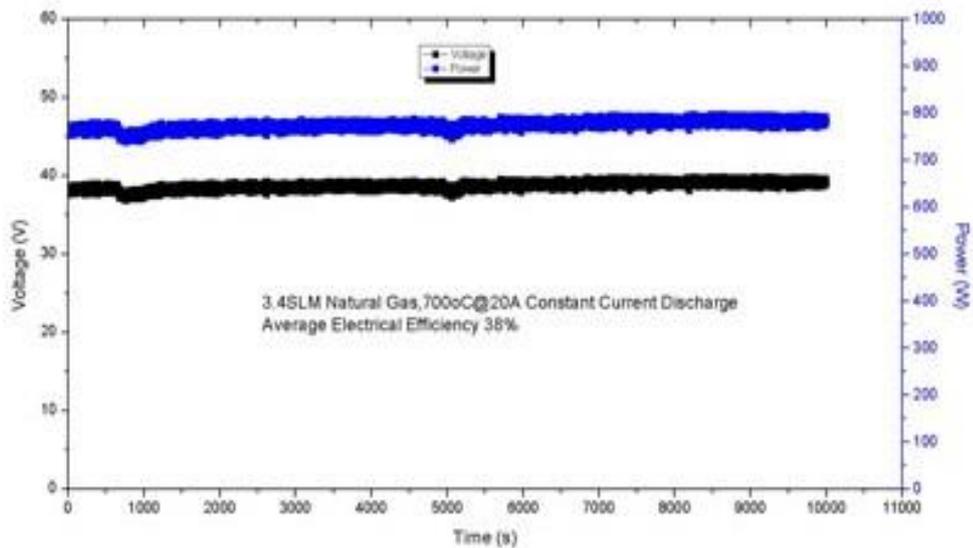


圖 5、1 kW 級 SOFC 發電系統 20 A 定電流放電曲線圖

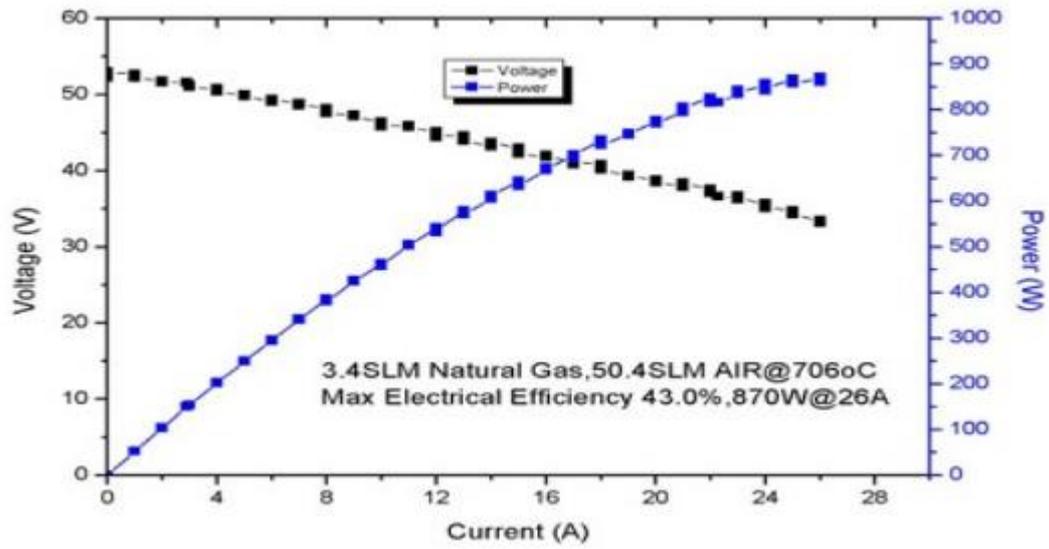


圖 6、1 kW 級 SOFC 發電系統的 I-V 曲線圖

## 四、建議事項

- (一) 本所於 SOFC 之研發成果豐碩，無論材料、電池片、電池堆與系統等研發皆有不錯之成效，參加國際之研討會或配合國內燃料電池聯盟進行國際展覽之參展，可提升同仁之國際觀及本所國際能見度。
- (二) 國際上 SOFC 技術之發展日益成熟，相關技術之發展與應用逐漸受到關注。國內除了本所全面性進行 SOFC 的相關研究外，目前其他研究單位及公民營企業也相繼投入，惟國內整體資源有限，建議應有單位負責全面性及系統性之規劃，以合作取代競爭，創造共贏的局面。
- (三) 國內正積極進行新能源之相關研發，氫能及燃料電池為重要項目之一。“大陸全國氫能會議及兩岸三地氫能研討會”原規劃為每兩年舉辦一次，近年來變成每年舉辦，顯示大陸對相關技術及應用之發展至為重視。建議本所可定期派員參加，有效掌握大陸各項技術發展現況，以為本所相關技術發展規劃之參考。

## 五、附 錄

附錄一：大會第三輪通知

附錄二：大會分會場 D 議程表

附錄三：簡報檔案

## 附錄一：大會第三輪通知

### 第 15 屆全國氫能會議暨第 7 屆兩岸三地氫能研討會 第三輪通知

由中國可再生能源學會氫能專業委員會主辦的第 15 屆全國氫能會議暨第 7 屆兩岸三地氫能研討會擬定於 2014 年 11 月 14-16 日在上海電力學院舉行。本次會議由上海電力學院承辦，中國科學院上海高等研究院協辦。

本次會議日程為 11 月 14 日全天大會報到，11 月 15~16 日為會議報告時間。具體安排請登錄本次會議網站：<http://chec2014.csp.escience.cn/dct> 查詢。本次會議得到了眾多同仁的支持和熱烈響應，會議收到論文近 300 篇，預計參會人數超過 300 人，為做好本次會議的組織與接待工作，現將有關事項通知如下：

#### 一、 會議分組情況

根據投稿情況，本次會議設立以下五個分会场：

分会场 A：可再生能源制氫、化學制氫及其它制氫技術與應用；

分会场 B：氫的儲存、輸運和加氫站；

分会场 C：燃料電池電催化；

分会场 D：燃料電池技術及應用；

分会场 E：氫的安全與標準規範；

注：投稿時投遞“氫能汽車、備用基站、熱電聯供及其它氫能應用”方向的論文視相關性合併至以上五個會場，具體情況請與會時查詢會議指南中的分會報告。

#### 二、 會議日程

11月14日 8:30~20:00 会议报到注册、墙报及展览布展

11月15日 8:30~18:00 开幕式、论文报告、墙报及展览

11月16日 8:30~18:00 分会报告、墙报、展览及闭幕式

### 三、 论文报告形式

- 1、 大会报告，时间 40min (包括提问与讨论时间，下同)。
- 2、 分会邀请报告，时间 20min。
- 3、 分会口头报告，时间 15min。(会议网站可查，**请明确口头报告的报告人**，如有变动请邮件回复给：yuant@sari.ac.cn。)

说明：以上报告均采用 PPT 文件形式报告。

- 4、 墙报 (会议网站可查)

墙报将在会议期间全天展出，**墙报规格统一为80厘米（宽）×110 厘米（高），请务必遵守。**

展板要求采用喷绘制作，力求美观大方，图文并茂。墙报展讲的作者，须按照会议日程的安排在规定时间内、指定位置进行张贴，并按日程安排与其他参会代表进行交流。

为了鼓励墙报交流，会议将设立 15 个优秀墙报奖 (包括奖金和获奖证书)。

### 四、 食宿与会务费

#### 1、 食宿安排

会务组在主要宾馆以最优惠价格为参会代表预订了一定数量的房间，请代表们在会议网站 <http://chec2014.csp.escience.cn/dct> 选择合适的房间，下载并填写会议回执，宾馆客满为止。

会议期间食宿自理，无会议补助。

注：由于参会人数众多且宾馆资源有限，请您务必在 2014 年 10 月 25 日前将会议回执（回执可在会议网站上下载）发送至李巧霞老师邮箱：[hhxyshiep@163.com](mailto:hhxyshiep@163.com)。

## 2、会议注册费

为保证本次会议的顺利进行，参会人员需交纳会务注册费，**2014 年 10 月 25 日（含）前**（注册）缴费：一般代表每位 RMB 1200 元，学生代表每位 RMB 1000 元。**2014 年 10 月 25 日后**及现场注册缴费：一般代表每位 RMB 1400 元，学生代表每位 RMB 1200 元（凭有效学生证件，参会报到现场确认）。现场注册只接收现金。

会议注册费请汇至：

户名：上海电力学院 开户行：农行上海昆明路支行

帐号：033704-00801042136

注：请在汇款时务必注明“氢能会议+论文编号”，并将汇款存根保留，便于报到时查验。同时，请将汇款存根复印件发电子邮件给李巧霞老师（[hhxyshiep@163.com](mailto:hhxyshiep@163.com)），便于我们及时掌握信息，请在发送汇款存根时注明发票抬头。

## 五、大会奖励

此次会议，征稿阶段受到了各位同仁的积极响应，投稿人在投稿时选择口头报告的较多，由于会议时间紧凑，报告数量有限，征集的论文最终将由各分会负责人和大会学术委员会拟定口头报告和墙报。口头报告和墙报具有同等的学术地位。为鼓励与会者积极参与高质量学术交流，会议将评选优秀墙报奖，并颁发奖状和奖金。

### 一、联系方式

地址：上海市杨浦区长阳路 2588 号      邮编：200090

联系人：李巧霞、徐群杰      电话/传真：021-35303242/35303544

邮箱：[hhxyshiep@163.com](mailto:hhxyshiep@163.com)

**特别提醒：**由于会期正值上海旅游旺季，接待能力有限，考虑到房间预订、会场安排等因素，烦请各位代表在截止日期前注册并发送会议回执，以便各项活动安排，敬请协助。



2014年10月15日

## 附錄二：大會分會場 D 議程表

### 分会场 D：燃料电池技术及应用

分会负责人：朱新坚，潘牧，邵志刚 地点：行政楼 9 楼 1 号会议室

2014 年 11 月 15 日下午 13:30-17:50 分会报告、墙报交流						
报告时间	主持人	论文编号	论文题目	报告人	单位	报告类型
13:30-13:50	程永能、 汤浩	D-I-001	Stabilized and carbon resistant anodes for solid oxide fuel cells	李箭	华中科技大学	邀请报告
13:50-14:10		D-I-005	低温燃料电池用低铂膜电极	俞红梅	大连化学物理研究所	邀请报告
14:10-14:30		D-I-011	Toward the novel and highly durable alkaline anion-exchange membranes with wholly aliphatic skeletons for polymer electrolyte membrane fuel cells	乔锦丽	Donghua University	邀请报告
14:30-14:45		D-O-002	Study and Analysis of Electromechanical Coupling Modeling and Simulation	张智明	同济大学	口头报告
14:45-15:00		D-O-003	一种新型的交联偏氟聚芳醚噁二唑的阳离子交换膜	费哲君	清华大学	口头报告
15:00-15:15		D-O-004	Fabrication and Characteristics of the SOFC Anode by the Flame Spray with Various Raw Materials	Han-Che ng Tseng	National Taipei University of Technology	口头报告
<b>墙报交流时间</b>						
交流时间：15:15-16:10			地点：行政楼大厅			
报告时间	主持人	论文编号	论文题目	报告人	单位	报告类型
16:10-16:30	邵宗平、 俞红梅	D-I-003	德国北威州氢能技术的研究现状与规划	张惟博	德国 ZBT 燃料电池研究中心	邀请报告
16:30-16:50		D-I-004	大连化物所质子交换膜燃料电池研究进展	邵志刚	中科院大连化物所	邀请报告
16:50-17:05		D-O-005	Reinforced and self-humidifying composite membrane for fuel cell applications	杨加志	南京理工大学	口头报告

17:05-17:20		D-O-006	熔融碳酸盐燃料电池中盐膜的研制及性能测试	王鹏杰	华能清洁能源技术研究院有限公司	口头报告
17:20-17:35		D-O-007	通信基站用燃料电池备用电源供氢方案分析	刘绍军	上海舜华新能源系统有限公司	口头报告
17:35-17:50		D-O-008	固体氧化物燃料电池研究进展	占忠亮	中国科学院上海硅酸盐研究所	口头报告
<b>2014年11月16日上午8:30-12:00 分会报告</b>						
<b>报告时间</b>	<b>主持人</b>	<b>论文编号</b>	<b>论文题目</b>	<b>报告人</b>	<b>单位</b>	<b>报告类型</b>
8:30-8:50	张惟博、 马天才	D-I-002	Characterization of an air-breathing microfluidic fuel cell with an array of cylinder anodes operating in the acidic and alkaline electrolytes	李俊	重庆大学动力工程学院	邀请报告
8:50-9:10		D-I-006	The Development of Cell and Stack Tests at INER	程永能	核能研究所	邀请报告
9:10-9:25		D-O-009	质子交换膜燃料电池混合动力系统的设计和建模	吕学勤	上海电力学院	口头报告
9:25-9:40		D-O-010	分布电流法研究质子交换膜燃料电池中微孔层对水管理的影响	陈桂银	西安交通大学多相流国家重点实验室	口头报告
9:40-9:55		D-O-011	面向提高燃料电池工作寿命的系统控制方法	刘志祥	西南交通大学	口头报告
9:55-10:10		D-O-012	PEM 燃料电池膜电极氢气渗透电流测量方法研究	裴普成	清华大学	口头报告
10:10-10:25		D-O-019	Development of a performance and lifetime simulator for PEMFC	隋邦傑	University of Victoria, Canada	口头报告
<b>茶歇</b>						
10:35-10:55	邵志刚、 李俊	D-I-007	燃料电池技术固定式应用设计与开发-基于通信领域的燃料电池开发与应用	顾荣鑫	同济大学	邀请报告
10:55-11:15		D-I-008	聚合物电解质膜燃料电池有序化电极的研究	王素力	中国科学院大连化学物理研究所	邀请报告
11:15-11:30		D-O-013	Study of Bismuth carbon	Yi-Ta	國立宜蘭大	口头报告

			electrode catalytic effect of microbial fuel cell feasibility	Wang	學機械與機電工程學系	
11 : 30-11 : 45		D-O-014	Self-pumping Glucose Oxidase Enzymatic Fuel Cells	Hsihamg Yang	National Chung Hsing University	口头报告
11 : 45-12 : 00		D-O-015	基于 AAO 模板的高离子传导率阴离子交换膜的制备与表征	张雪飞	北京化工大学	口头报告

**2014 年 11 月 16 日下午 13 : 30-15 : 30 分会报告及墙报交流**

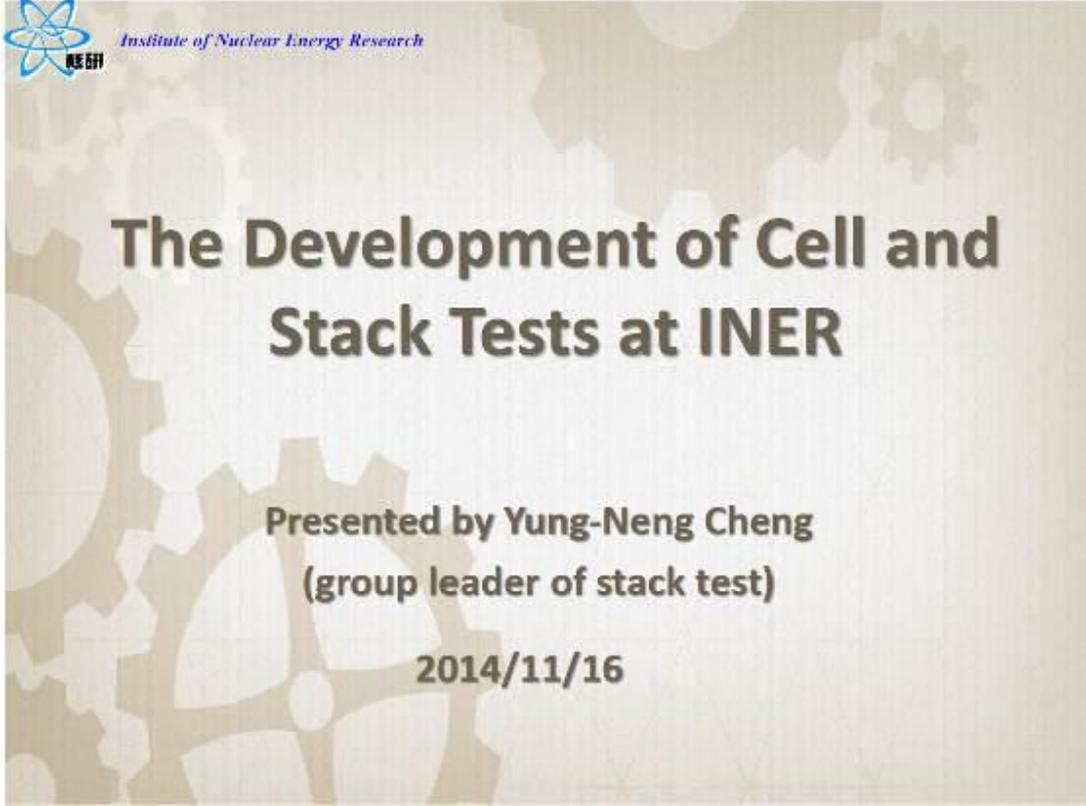
报告时间	主持人	论文编号	论文题目	报告人	单位	报告类型
13 : 30-13 : 50	王素力、袁婷	D-I-009	Nano $\text{La}_{0.6}\text{Ca}_{0.4}\text{Fe}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$ decorated porous doped ceria as a novel cobalt-free	邵宗平	南京工业大学	邀请报告
13 : 50-14 : 10		D-I-010	Carbon black and carbon nanotubes supported platinum catalyst for air-breathing PEMFC with enhanced performance	廖世军	华南理工大学	邀请报告
14 : 10-14 : 25		D-O-016	侧链磺酸型聚苯并咪唑的合成及其质子交换膜的性能研究	崔梦冰	中国科学技术大学	口头报告
14 : 25-14 : 40		D-O-017	Vitamin E Assisting Polymer Electrolyte Fuel Cells	刘建国	南京大学	口头报告
14 : 40-14 : 55		D-O-018	$\text{BaZr}_{0.1}\text{Ce}_{0.7}\text{Y}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$ mixed with a lkalicarbonates for low temperature SOFC applications: insight in to stability	黄建兵	西安交通大学	口头报告

**墙报交流时间**

交流时间：14 : 55-15:30

地点：行政楼大厅

## 附錄三：簡報檔案

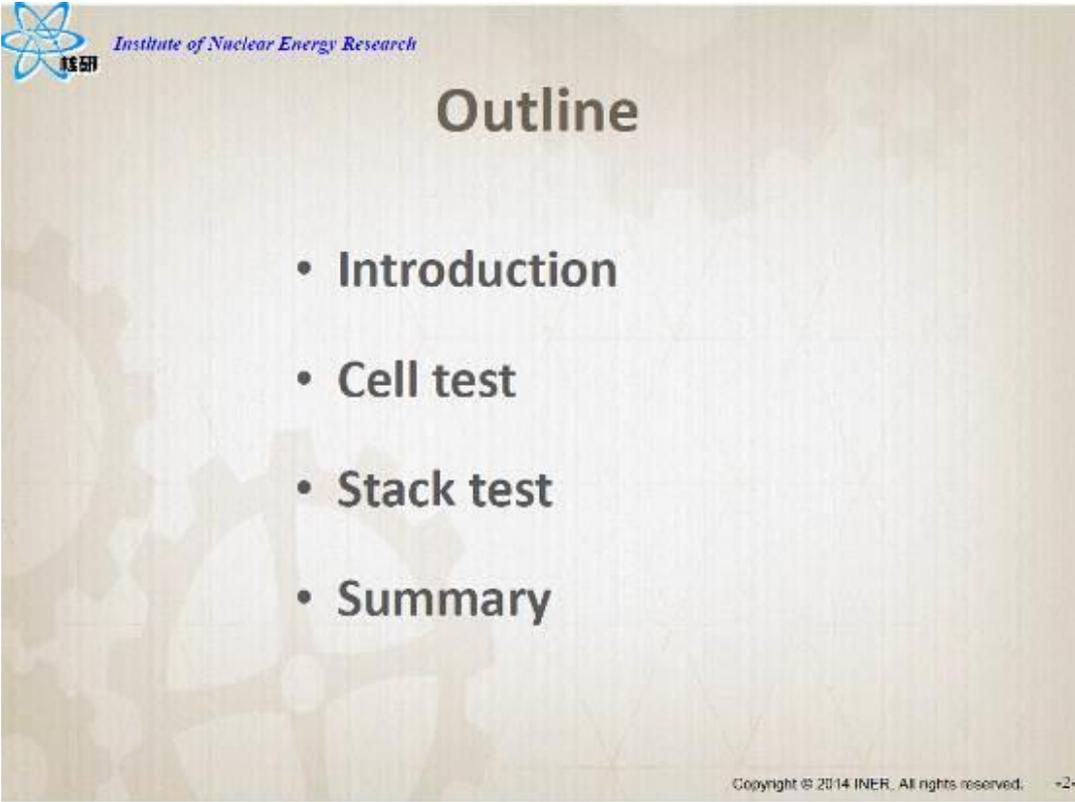


 Institute of Nuclear Energy Research

# The Development of Cell and Stack Tests at INER

Presented by Yung-Neng Cheng  
(group leader of stack test)

2014/11/16



 Institute of Nuclear Energy Research

## Outline

- Introduction
- Cell test
- Stack test
- Summary

Copyright © 2014 INER. All rights reserved. -2-



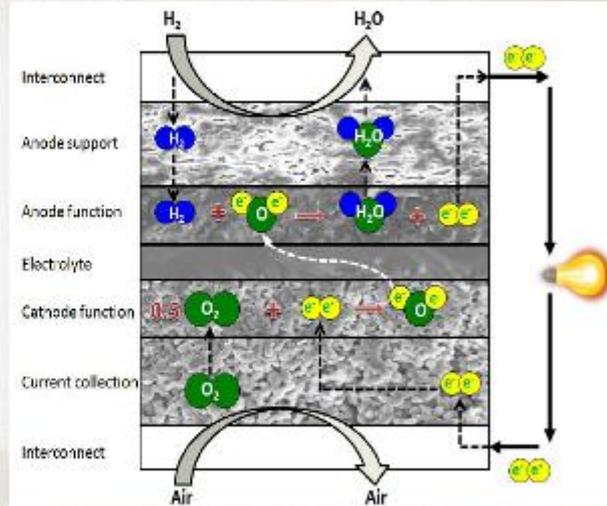
# Introduction-working principle of SOFC

## Motivation for INER

- Energy security
- Economic growth
- Environmental protection

## Why SOFC?

- High electrical efficiency
- Low heat to power ratio
- Diversity of fuel
- High quality of residual heat

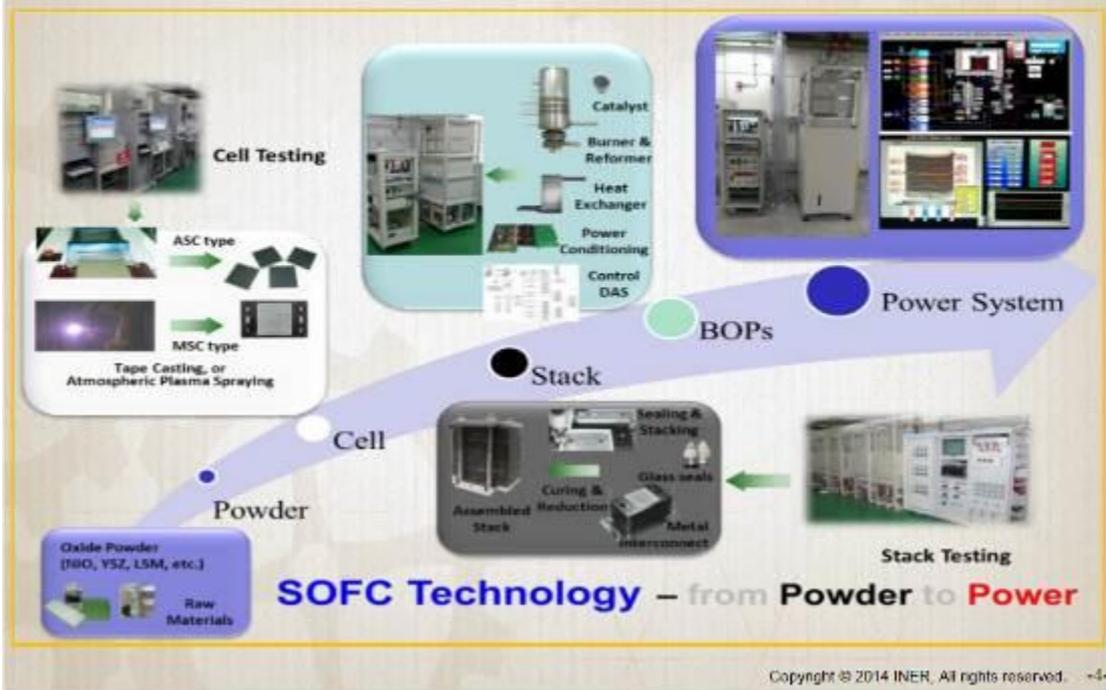


working principle for solid oxide fuel cell (SOFC)

Copyright © 2014 INER, All rights reserved. -3-



# Introduction-SOFC related activities at INER



Copyright © 2014 INER, All rights reserved. -4-



# Cell test-test facilities

## Test stations

- Control and provide gases
- Control electrical output
- provide test environment



Photo of the cell test facilities

## Test rigs and features

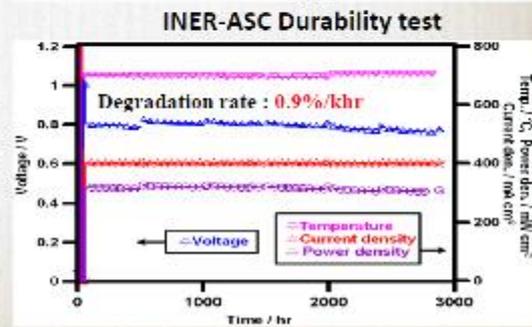
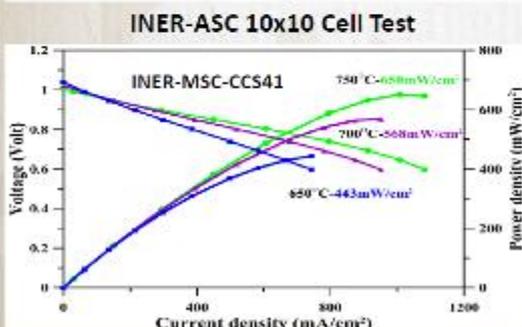
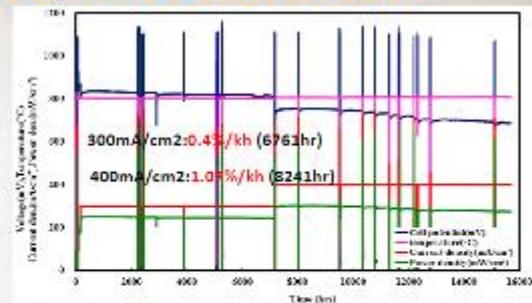
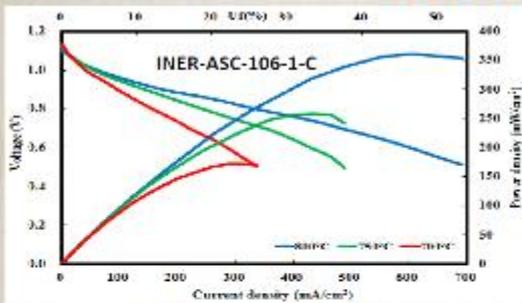
- Oven
- Ceramic cell housing
- Current collecting meshes
- Flow direction
- Loading

## Other tests:

- Local performance
- Fuel composition
- Fuel utilization
- Instant on/off of loading
- Heating rate



# Cell test-INER-ASC/ MSC test result

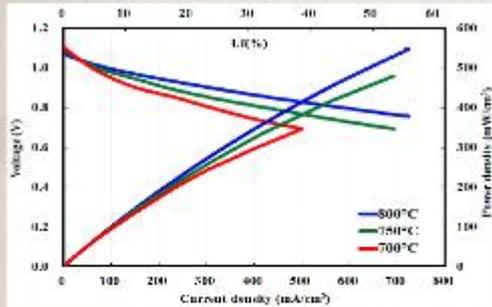


INER-ASC 10x10 Cell Test

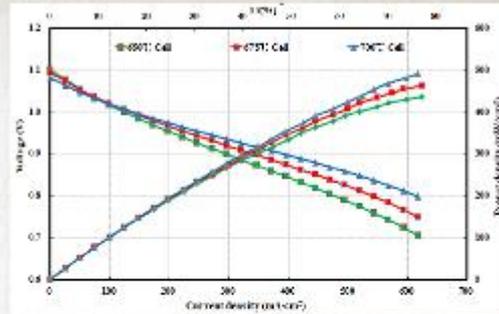
INER-ASC Durability test



# Cell test-Commercial cell test result



V-I-P curves of cell A tested at various temperatures



V-I-P curves of cell B tested at various temperatures

	800°C	750°C	700°C
OCV (V)	1.070	1.092	1.105
Power	37.7W@ 0.8V	26.8W@ 0.8V	19.7W@ 0.8V
Uf (%)	44.1	31.9	23.4
Ef (%)	28.4	20.5	15.1
R <sub>Ω</sub> (Ωcm <sup>2</sup> )	0.07	0.09	0.1
R <sub>p</sub> (Ωcm <sup>2</sup> )	1.24	1.60	2.30

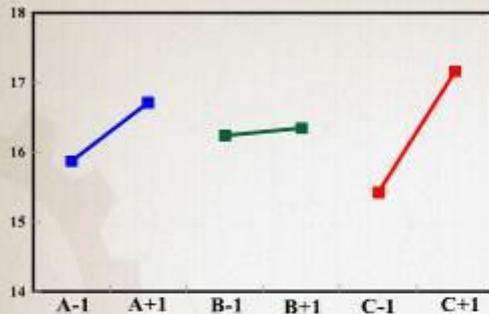
800 and 2000 ml/min for cell A

	700°C	675°C	650°C
OCV (V)	1.081	1.093	1.099
Power	39.9W@ 0.8V	35.1W@ 0.8V	30.6W@ 0.8V
Uf (%)	76.1	67.6	58.4
Ef (%)	48.7	43.3	37.7
R <sub>Ω</sub> (Ωcm <sup>2</sup> )	0.23	0.29	0.33
R <sub>p</sub> (Ωcm <sup>2</sup> )	0.67	0.77	0.84

500 and 1500 ml/min for cell B



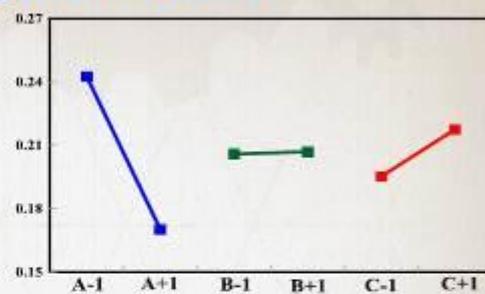
# Cell test-Taguchi method



Main effect of power

### ANOVA analysis (Power)

Factor	Contribution
A	31.93%
B	8.79%
C	54.91%
Error	4.36%
Total	100.00%



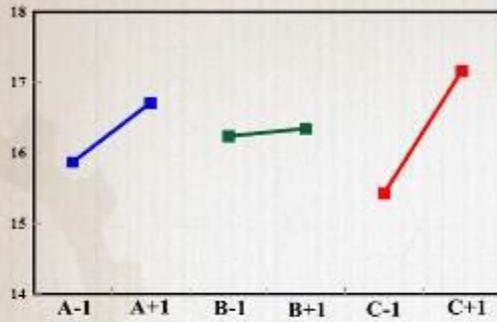
Main effect of fuel efficiency (Ef)

### Parameters

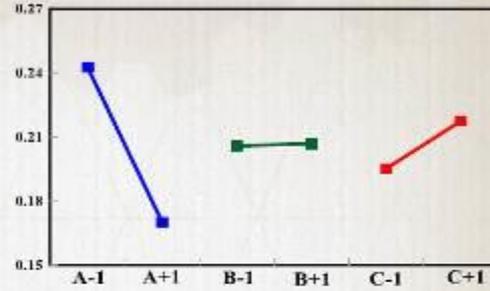
- Anode flow rate (400-600 ml/min)
- Cathode flow rate (1000-2000ml/min)
- Temperature (650-700 °C)



## Cell test-Taguchi method



Main effect of power



Main effect of fuel efficiency (Ef)

### ANOVA analysis (Power)

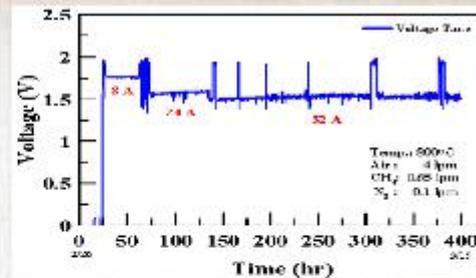
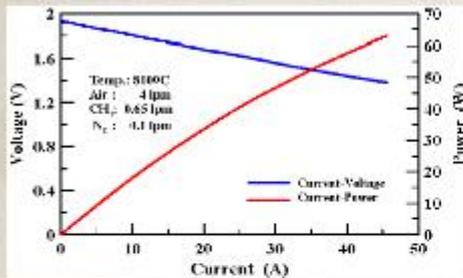
Factor	Contribution
A	31.93%
B	8.79%
C	54.91%
Error	4.36%
Total	100.00%

### Parameters

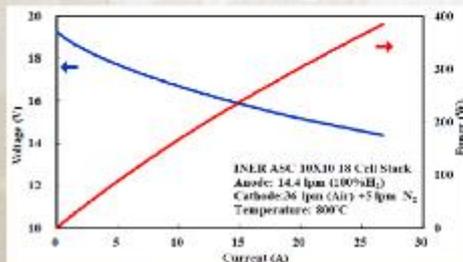
- Anode flow rate (400-600 ml/min)
- Cathode flow rate (1000-2000ml/min)
- Temperature (650-700 °C)



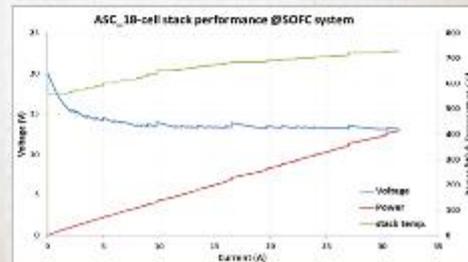
## Stack test-INER-ASC test result



INER-ASC 2-cell stack tests at 800°C and the fuel inlet of 650c.c./min CH<sub>4</sub> and 1.2c.c./min water, with the power output of 60W at the voltage of 1.4V.



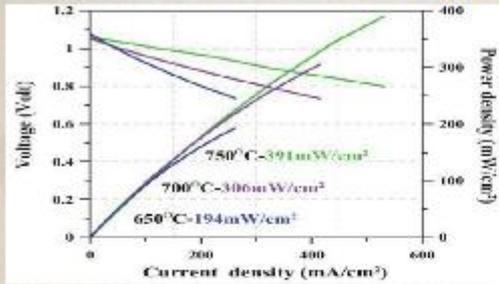
I-V-P curves for an INER-ASC 18-cell stack



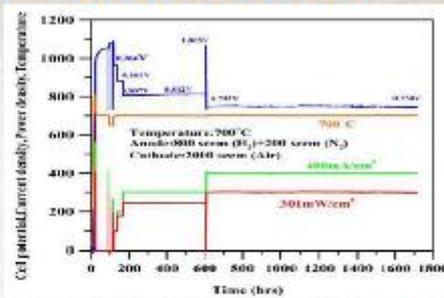
18-cell stack tested in an SOFC system



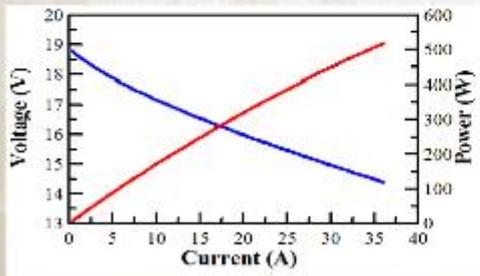
# Stack test-INER-MSC stack result



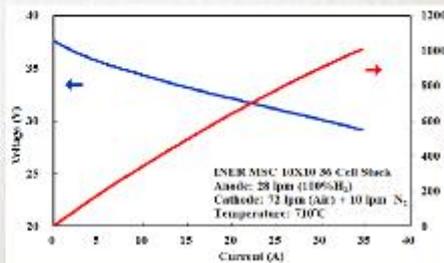
I-V-P curves of single-cell MSC stack



Durability test for the single-cell stack



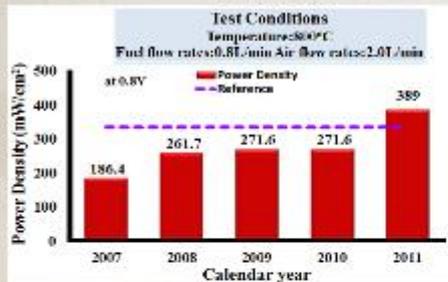
The performance of an INER-MSC 18-cell stack



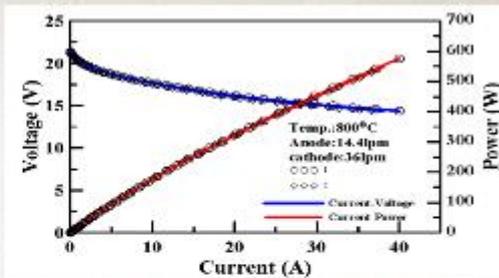
The performance of an INER-MSC 36-cell stack



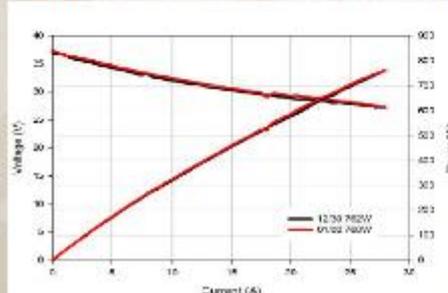
# Stack test-Commercial stack test result



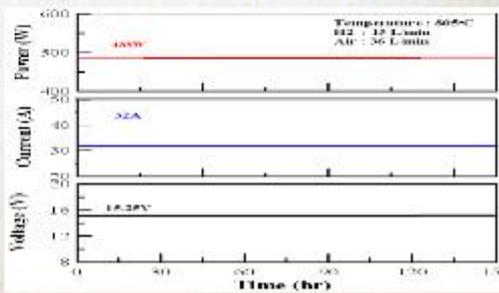
Annual progress on power for single-cell stacks



I-P-V curves for two 18-cell stacks



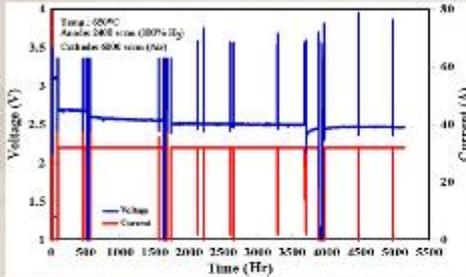
36-cell stack I-V-P curves in an SOFC power system



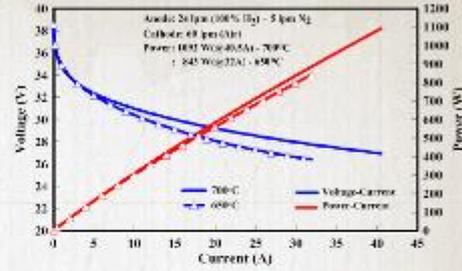
Durability test for an 18-cell stack



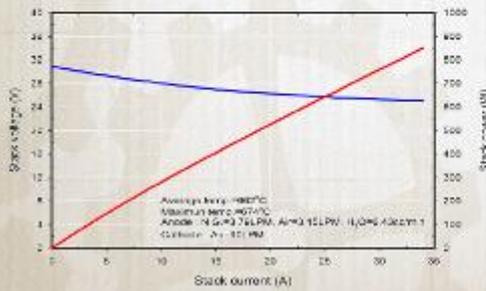
# Stack test-Commercial stack test result



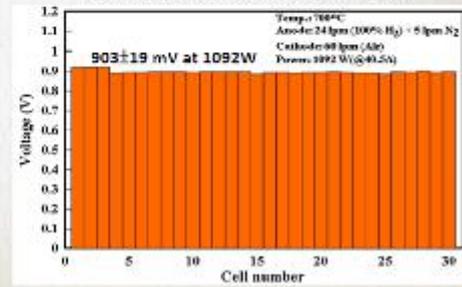
Durability test for a 3-cell stack



Performance for a 30-cell stack



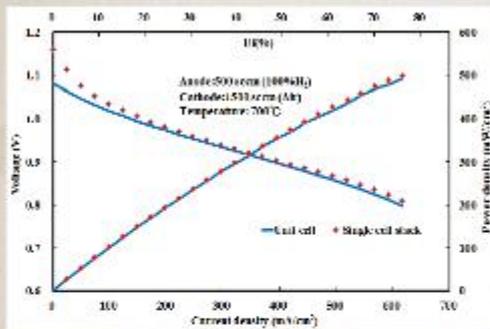
30-cell stack in an SOFC power system



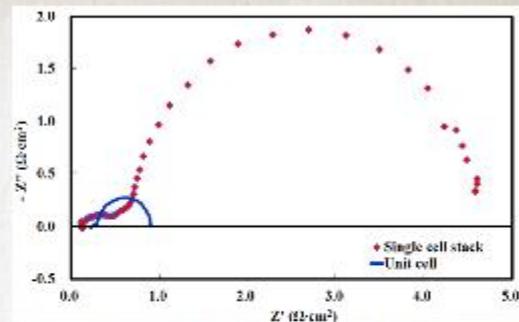
The voltage distribution for a 30-cell stack



# Stack test-Comparison with cell test result



I-V-P curves for a unit cell and single-cell stack tests using cell B



Impedance spectra for a unit cell and single-cell stack tests using cell B

	Cell	Stack
OCV (V)	1.081	1.16
Power	39W@ 0.81V	40.4 W@ 0.81V
Uf (%)	73.8	76.1
Ef (%)	48.1	49.4
R <sub>n</sub> (Ωcm <sup>2</sup> )	0.23	0.13
R <sub>p</sub> (Ωcm <sup>2</sup> )	0.89	4.58

The results of the cell and single-cell stack tests using cell B (500H<sub>2</sub>/1500Air 700°C)



## Summary

- INER has **built up the facilities and standard procedures** for the cell and stack tests and **conducted tests with various cells**.
- **Consistent and repeatable results are achieved** for numerous cell and stack tests.
- The **Open Current Voltage (OCV) is lower under higher operating temperatures** for both cell and stack tests.
- The **Taguchi method** is an effective way **to evaluate the contribution of parameters to the power output and fuel utilization** for the cell and stack tests.
- The **OCV of the stack test is typically higher than that of the cell test** caused by the **distinct partial pressure of  $H_2$  and  $O_2$  in non-sealed and/or closed test facilities**.



*Thank you for your attention!*

