

出國報告（出國類別：開會）

參加 2012-The International Conference on Renewable
Energy Research and Applications

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：周研究專員儷芬

派赴國家：日本

出國期間：101 年 11 月 10-15 日

報告日期：102 年 1 月 11 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：參加 2012-The International Conference on Renewable Energy Research and Applications

頁數 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

台灣電力公司/陳德隆/2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

周儷芬/台灣電力公司/綜合研究所/機械研究專員/8078-2286

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他(開會)

出國期間：101 年 11 月 10-15 日

出國地區：日本

報告日期：102 年 1 月 11 日

分類/號目：

關鍵詞：綠色能源資源與系統 (Green Energy Sources and Systems, GESSs)、電力電子(power electronics)、再生能源 (Renewable Energy)、儲能系統(Energy Storage system)、智慧電網(Smart Grid)、微電網 (Mirco Grid)

內容摘要：(二百至三百字)

1. 再生能源研究與應用國際會議(IERERA)的宗旨在探討各種綠色能源技術的開發、研究、設計與應用發展。2012 ICRERA 主題聚焦在綠色能源資源與系統，討論內容涵蓋一綠能資源與系統的新趨勢技術、綠能資源與系統的應用、綠能資源與系統的新型能源轉換研究、綠能系統控制技術、混合型綠能系統的互聯技術、再生能源系統的效能分析、綠能資源與系統的發展與挑戰等議題。
2. 目前本室除進行 PV 系統運轉維護監控平台技術開發，同時也進行風能及 PV 發電預測技術、儲能技術應用及分散型發電系統技術調查應用之研究，透過參與國際會議進行相關技術、資源與經驗的交流，了解先進再生能源應用之發展進程，並與國際先進再生能源電力技術接軌，有利於本公司在低碳發電、再生能源與智慧電網應用技術之開發與後續相關研究計劃的規劃與執行。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://open.nat.gov.tw/reportwork>)

目 錄

出國報告提要.....	I
目錄.....	II
圖表目錄.....	III
壹、緣起與目的.....	1
貳、行程與內容.....	2
參、研討會議內容	3
肆、結論與建議.....	31
參考資料.....	34

圖表目錄

圖1 風機能量轉換系統架構圖	9
圖2 PV電力系統架構圖	10
圖3 PV系統逆變器配置方式	10
圖4 電源供應設備及儲能裝置蓄電容量及交流輸出性能關係圖	13
圖5 調整尖峰負載的儲能系統	13
圖6 規格及系統配置	15
圖7 太陽能充電系統的運作模式	15
圖8 太陽能充電系統電力供給關係圖	16
圖9 微電網基本架構及測試系統方塊圖	16
圖10a 孤島模式優先，圖10b 併網定電力模式	17
圖11 Rokkasho-Futamata風場與儲能系統併網架構圖	19
圖12 Rokkasho-Futamata風場與儲能系統電力輸出波型圖	19
圖13 宮古島Mega-Sola示範系統圖	20
圖14 PV系統結合鈉硫電池的出力曲線	20
圖15 結合PV/風力/鈉硫電池系統的出力及頻率變化曲線	21
圖16 稚內市mega-solar系統架構	22
圖17 傳統與新提出之控制方法比較	22
圖18 智慧電網的架構圖	23
圖19 智慧電網的通訊階層	24
圖20 智能住宅能源系統架構圖	24
圖21 智能住宅能源系統的平均消耗電力及平均電價(2012.7.1-7.9)	25
圖22 矽薄膜經UVLDA側向晶粒成長SEM微觀組織	26
圖23 不同UVLDA掃瞄速度下的矽薄膜拉曼光譜分析	26
圖24 矽薄膜峰值半高寬與掃瞄速度之關係圖	27

圖25 以太陽能電池為主之LED燈驅動電路	28
圖26 驅動電路中5種不同功能的執行狀態	28
圖27 MEMS架構圖	29
圖28 微電網試驗平台單線圖	30
表1 會議中所發表論文內容及數量分析	5
表2 不同控制模式模擬試驗結果	17
表3 風機併網規範	19
表4 核心分配狀況	30

壹、緣起與目的

1. 再生能源研究與應用國際會議(IEERERA)的宗旨在探討各種綠色能源(風能、太陽能、生質能、生質燃料、地熱能、波浪能、氫能與燃料電池、鋰電池、電容器等)技術的設計、開發、研究與應用發展的重要成果。本屆 ICRERA 會議主題聚焦在綠色能源資源與系統(Green Energy Sources and Systems, GESSs)，討論內容含括－綠能資源與系統的新趨勢技術(New Trends and Technologies for GESSs)、綠能資源與系統的應用(Applications for GESSs)、綠能資源與系統的新型能源轉換研究(Novel Energy Conversion Studies for GESSs)、綠能系統控制技術(Control Techniques for Green Energy Systems)、混合型綠能系統的互聯技術(Grid Interactive Systems Used in Hybrid Green Energy Systems)、再生能源系統的效能分析(Performance Analysis of Renewable Energy Systems)、綠能資源與系統的發展與挑戰(Future Challenges and Directions for GESSs)等。

2. 台電公司綜研所執行「再生能源發電與分散式電源供應之系統應用技術」研究，除進行PV系統運轉維護監控平台技術開發，同時也進行風能及PV發電預測技術、儲能技術應用及分散型發電系統技術調查應用之研究，為能與國際先進再生能源電力技術接軌，藉由參與國際會議進行相關技術、資源與經驗的交流，了解先進再生能源應用之發展進程，以助於本所在低碳發電、再生能源與智慧電網應用技術之應用與開發，兼可提升相關研發能量。

本次出國案件係應用 101 年度出國計劃第 89 號，出國核定書為 EE101151 號，電人字第 10111003061 號函。

貳、行程與內容

2012 再生能源研究與應用國際會議(ICRERA)，於 2012 年 11 月 11-14 日在日本長崎舉行。

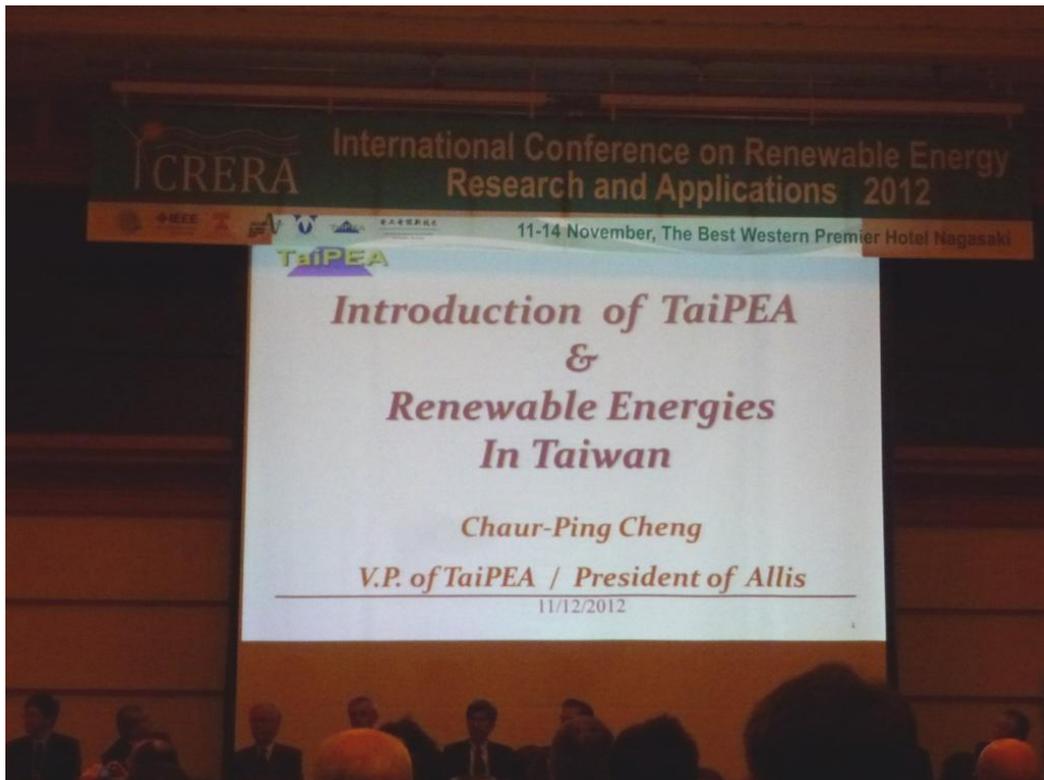
日期	活動內容	備註
11/10	台北→福岡→長崎(往程)	
11/11-14	參加2012再生能源研究與應用國際會議 (ICRERA)	
11/15	長崎→福岡→台北(返程)	

參、研討會議內容

2012 The International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA) 由 International Journal of Renewable Energy Research (IJRER) 主辦，會議場地選擇在日本長崎舉辦，會議期間為 2012 年 11 月 11 日至 14 日。整個會議議程分為：大會專題演講、口頭及書面論文發表與 Lecture Session 及 Special Sessions 包含 Invited Special Sessions 等六個部份，計有專題演講 11 篇，口頭論文發表 152 篇，書面論文發表 38 篇，特別議題(含 Lecture Session、Special Sessions、invited Special Session) 有 49 篇論文參與討論。議題涵蓋小型水力發電、太陽光電、風能、生物燃料，燃料電池、電動車、照明技術等再生能源資源與系統的應用技術發展、並探討電力電子在再生能源與節能技術的應用、綠能與電力系統整合的控制技術、再生能源系統的效能分析及其政策發展與挑戰等領域。現場也同時有電動車充電設施、電動車電源供應器、模擬軟體、檢測設備、電動腳踏車等多項綠能應用商品展示。

近年來，綠能電子已是全球各國極重視之重點科技發展項目，本次會議中有許多的國際知名機構及學者(IEEE、EC...)均與會發表最新綠能趨勢及相關電力電子技術研究成果，日本工業界也有許多公司(MHI、NTT、Hitachi、Shin-Kobe、TOYOTA...)與會，參與論文發表相互交流研發現況，台灣的中華民國電力電子協會(TaiPEA)是本次國際會議的技術合作單位之一，國內也有多位知名學者參與會議主持及論文發表，包括台灣大學電機系電力電子專家陳德玉教授(IEEE Fellow)，中原大學電機系謝冠群教授、洪穎怡教授則是在電力電子設計、再生能源控制工程、微電網領域

皆有專精，還有台科大邱煌仁教授、北科大電機系賴炎生教授、中山大學莫清賢教授、東華大學謝耀慶副教授等等，同時在開幕式中亞力電機的鄭朝彬總經理代表中華民國電力電子協會介紹台灣的再生能源發展現況，同時也為明年將在台灣舉辦的國際會議宣傳，熱誠地邀請與會專家學者 2013 年來台參與該項會議。



在此次會議中共有 250 篇相關技術最新的研究成果論文發表，
各議題論文發表數分佈如表 1。

表1、會議中所發表論文內容及數量分析

議題	宣讀論文分類/內容
Keynote Speeches (11)	1.Power Electronics for Renewable Energy Systems: Wind Turbine and Photovoltaic Systems
	2.State of the Art and Future Trends in IGBT Gate Drive and Protection
	3.Japanese Renewable Energy Policy and MHI's Activities
	4.State of the Art of Renewable Technologies
	5.Long-Term Operability of the Primary and Secondary Battery under Micro-Gravity Conditions -Lessons Learned from the In-Orbit Operation of the Spacecraft
	6.Megawatt solar and microgrid systems developed by NTT FACILITIES
	7.Soft and Resonant Switching Power Electronics for a Small Urban Electric Vehicle
	8.Flexible, Reliable, and Fault-Tolerant Battery Energy Storage Systems for Grid Connections
	9.Renewables in U.S. Microgrid Research
	10.Proposal of Negawatt Cost and its extension to the Grid
	11.DC Power Distribution Researches of Residential / Commercial Buildings in Korea

(續)

表1、會議中所發表論文內容及數量分析（續一）

議題	宣讀論文分類/內容
Lecture Session (4)	Energy Storage and Conversion Devices and Related Materials :
	1.Research and Development of Cathode Catalysts for PEFCs
	2.Crystal Chemistry of phosphate and silicate-based positive electrodes of Li Batteries
	3.Energy Storage Batteries and their System Application: Prospects and Issues
Special Sessions (18)	SS-1: Dynamics of Electrical Machines and Systems for Green Energy Generation (I) (4)
	SS-2: Dynamics of Electrical Machines and Systems for Green Energy Generation (II) (5)
	SS-3: Power Electronics Applied to Renewable Energy and Energy Saving(5)
	SS-4: New Trends in Solar Energy (4)
Invited Special Sessions (27)	ISS-1: New Trends in Solar Energy (4)
	ISS-2: New Trend of High Performance Power Conversion Technologies (5)
	ISS-3: DC Power Technologies for Renewable Energy (5)
	ISS-4: Toward Establishing a Sustainable Society (4)
	ISS-5: New Technologies for Energy System (4)
	ISS-6: Environmentally Conscious Machining (5)

(續)

表1、會議中所發表論文內容及數量分析（續二）

議題	宣讀論文內容分類
Oral Sessions (152)	1. Power Electronics for Energy Saving (I) (II) (III) (IV) (V) (VI)
	2. Control Techniques for Green Energy Systems (I) (II) (III) (IV)
	3. Green Energy Systems (I) (II) (III) (IV)
	4. Green (Renewable) Energy Sources and Systems (I) (II) (III)
	5. Energy Transformation from Green Energy System to Grid (I) (II)
	6. Applications for GESSs (I) (II) (III)
	7. Performance Analysis of Renewable Energy Systems (I) (II)
	8. Vehicular Technology for Energy Saving (I) (II)
	9. Renewable Energy Research and Applications for Industries (I) (II)
	10. Artificial Intelligence Studies in Renewable Energy Systems
	11. New Approaches in Lightings
	12. Electric Machinery and Control for Energy Saving
	13. Energy Savings
	14. Power Devices for Green Energy Systems
Post Sessions (38)	Poster session (I)
	Poster session (II)
	Poster session (III)
	Poster session (IV)

從表 1 會議中所發表之論文內容及數量分析，綠能系統及其控制技術與節能相關之電力電子技術佔主要論文發表議題，綠能電子著重於「創能、節能、轉能、儲能」相關電子 IC 設計，將 IC 智慧應用於綠色能源開發、儲存、轉換與使用，含太陽能/電能轉換、電源管理晶片設計技術，高功率與高電壓元件模組封裝技術等。儲能系統的開發應用在會議中也有許多實例的探討。

職主要工作領域及任務在新能源材料及系統的應用開發研究，因此集中注意在太陽光電/風力發電/儲能為主題的相關議程，輔以探討綠能電力併網/能源效率之議題。會議過程中討論熱烈，不論是論文宣讀或海報展示，與會人員均熱切地與論文發表者進行深入的討論與交流，可以看出大家對於再生能源與節能應用的綠色趨勢主題日益重視，因此相關的電力電子應用市場未來在全球也將會有迅速的發展。

以下謹就研討會各議題主要研究成果，紀錄摘述如下：

大會專題演講部份：

Power Electronics for Renewable Energy Systems: Wind Turbine and Photovoltaic Systems^[1]

— Prof. Frede Blaabjerg (IEEE Fellow, Aalborg University, Denmark)

當再生能源發電技術的發展和規模在各國政府的政策補助之下持續擴大時，再生能源系統逐漸取代傳統化石能源已是全球綠能電力發展的趨勢，從全球綠能資源應用來看，風力發電與太陽光電的投入是再生能源領域的發展主流(2011 年全球新增風機容量達 41GW，全球風機累計裝置容量達到 238GW，2011 年全球太陽光電裝置容量約 69.7GW，發電量約達 85TWh (1TWh=10 億度電)，足夠供應 2,000 萬戶家庭的一年使用電能)。然而這類再生能源發電產生的電能並不穩定具有間歇特性，因此利用風力發電與太陽光電發電時，需要解決的問題將涵蓋電能的轉換、電能的儲存、電能的管理和電能的可靠度與品質控制。如再生能源產生大小變化的直流電或頻率變化的交流電，都需要電力電子轉換器將電能進行轉換。

電力電子技術主要用於電力的變換，近年來電力電子技術可作為再生能源發電應用的關鍵，主要原因有二：1.高功率及可快速切換半

導體元件的開發應用，如閘流體(Thyristor)、功率電晶體(Power Transistor)等電子開關元件，2.微電子控制器的發展，如整流二極體(Rectifier)等元件，依應用系統需求可對電能進行各種直交流變換與控制的技術；因此透過轉換與控制後不同用途的電能，可適應於不同的電力裝置，使電能的使用達到合理、高效能和節約，實現分散式再生能源系統電能的最佳化應用。

在風機系統的構造可分為機械、電氣二部份如圖 1 所示，而最佳風能的擷取可分 3 階段進行，第 1 階段為機械傳動，運用風機葉片的固定旋角、可變旋角及迎風轉向來控制風能的吸收轉換與輸出，第 2 階是機電段，透過控制馬達轉矩以控制馬達轉速及發電機的變速控制，以就是利用電力電子系統連接發電機來控制風機的功率牽引，而第 3 階電氣段是與市電連接的電力電子轉換器(換流器)的應用以產生三相電流使其適於併入電網之中。

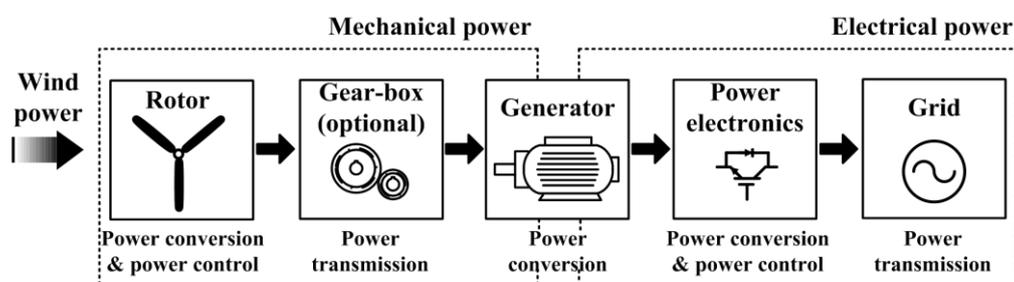


圖1 風機能量轉換系統架構圖

風機的低電壓承受能力(Fault ride-through):風力發電直接併聯至輸電系統後，電力品質如何維持和控制電力系統的穩定成為關注焦點。因此在電網法規(Grid-Code)中對於風機併入電網的主要要求是風機必須具有低電壓持續運轉能力(Low Voltage Ride Through, LVRT)，當電網出現故障時，風機仍能維持併聯運轉以協助電網快速恢復電壓，

且風機不可自行切離，避免造成電網崩潰或電力中斷，然而傳統定速型風機不具有故障承受能力電網一有問題就會切離，目前變速型風機發展為主流風機既因具有電力轉換器保護，在電網故障時仍可以保持併聯運轉。

圖 2 是典型 PV 電力系統架構圖，光電模組產生的直流電經 dc-dc 轉換器升壓，再透過 dc-ac 換流器轉換合適的電流值併入電網。太陽光電換流器包括電能轉換、電能控制及安全保護等三部分，也就是除直交流轉換功能外，在設計範圍內輸出電壓及電流不因負載變化動而變化，使輸出功率保持最大(MPPT)，同時具有抑制輸出電流諧波功能，並能自動進行電壓調節，使電壓維持在一定範圍內，並具有防孤島效應之能力。因系統配置的不同，可分為：1. Centralized inverter, 2. String inverter 3. Module inverter(Micro inverter) 4. Multi-string inverter.(如圖 3 示)

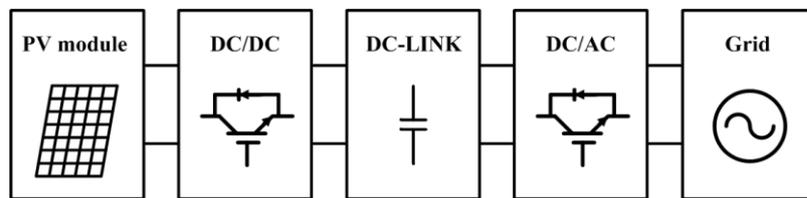


圖 2 PV 電力系統架構圖 Fig.2. Typical structure of PV systems.

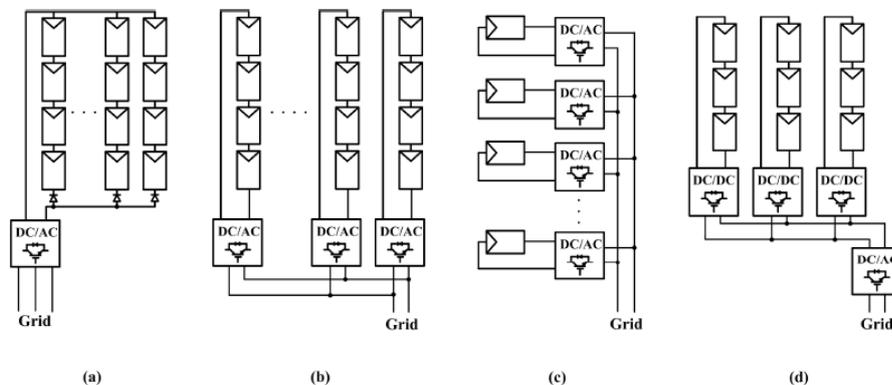


圖 3 PV 系統逆變器配置方式

(a)Centralized inverter (b)String inverter (c)Module inverter (d)Multi-string inverter.

孤島效應是指當電網的部分線路因故障或維修而停電時，停電線路由所連的併網發電裝置繼續供電，此時與系統拼接的周圍負載構成一個獨自供電的現象，其可能使維護人員發生感電事故或造成配電網路上其它設備的損毀。因此太陽光電換流器對於孤島現象偵測所訂定的標準如：(1)Anti-Islanding defined by IEEE Std. 1547.1 (2)Anti-Islanding defined by VDE 0126-1-1 (3)Anti-Islanding defined by IEC 62116，可分為：被動偵測電壓與頻率的變化、線電壓變化、諧波電壓變化（三次諧波為主）、頻率變化之速度等，另外也有主動變化變流器的頻率、輸出實功率、輔助負載等以檢測電壓與頻率之變化，以判斷是否發生孤島效應。併聯型發電系統之變流器偵測市電斷電後即須與市電解聯。

Lecture Session：

本次主題訂為 Energy Storage and Conversion Devices and Related Materials，主要在探討儲能及轉換元件(如鋰電池、燃料電池、電容器)系統端的應用及其相關之能源新材料。

Energy Storage Batteries and their System Application: Prospects and Issues^[2]
—Masahiko Hiratani Motoo Futami (Shin-Kobe Electric Machinery),

再生能源的發展近十年來已逐漸由創能開始逐步朝儲能系統發展，常用的儲能裝置包括鉛酸電池、鎳鎘電池、鎳氫電池和鋰離子電池，研發中的儲能技術分別有：電化學儲能的氧化還原電池，如鈉硫電池、釩液流電池和大規模鋰離子，電學儲能系統為超級電容器。目前風能及太陽能發電系統所廣泛使用的為膠體密封鉛酸電池，而鋰離子電池的應用除消費性電子產品外，在電動車(EV、HEV)與固定型儲能系統(Energy Storage Systems, ESS)等用途上也逐漸被採用；2011年東日本大地震後之福島的核電廠事故，在日本各地都出現了電力不足

現象，導致轉移尖峰負載電力的需求增大，因此對於固定型儲電系統的需求也在急遽增加。

由於各種領域所要求的性能互異，以往行動裝置用充電電池為市場主流，研發重點著重於高容量化，最重要的性能是充電一次能運作時間的長度。然而，電動車與固定裝置用的電池等，所要求的性能比較多樣化。如電動車（EV）和行動裝置一樣，充電一次須能行駛較長距離因此高容量化是基本要求，而油電混合車（HEV）在加、減速時需要用到極大的電力來產生動力交換必須採用高輸出的電池，電動車同時還必須具有更長的壽命與更高的安全性。對於做為電力系統尖峰負載轉移，或大樓與家用蓄電系統等固定儲電用的電池，在夜間蓄積電力供應白天使用，則要求具備相當大的容量。而針對大規模引進太陽能發電與風力發電，為抑制其輸出的變動，儲能裝置就必須具備對於輸出變動耐受性強的高輸出電池。

圖 4 為各式商用電源供應設備及儲能裝置(鋰電池、鉛酸電池、鈉流電池、鎳金屬電池)的蓄電容量大小及交流輸出性能關係圖，圖中直虛線代表 $1C(=W/Wh)$ 也就是以 1 小時的時間將電池完全放電。圖左上方鋰離子電容器 ESS 的放電速率可達 3-4C，其高輸出可適用在 HEV 與再生能源輸出變動的平準化的應用，而相較於鋰離子電池，氧化還原液流電池雖然能源密度較低，但若要達到高輸出化可增加電池組，若要高容量化增設含有鈳溶液的貯存槽就可以解決，容易達成大型化目的，而且具有正確測量充電狀態的特點。因此從穩定的電力供應而言，氧化還原液流電池具有相當優異的應用特性。圖 5 為調整尖峰負載的儲能系統。

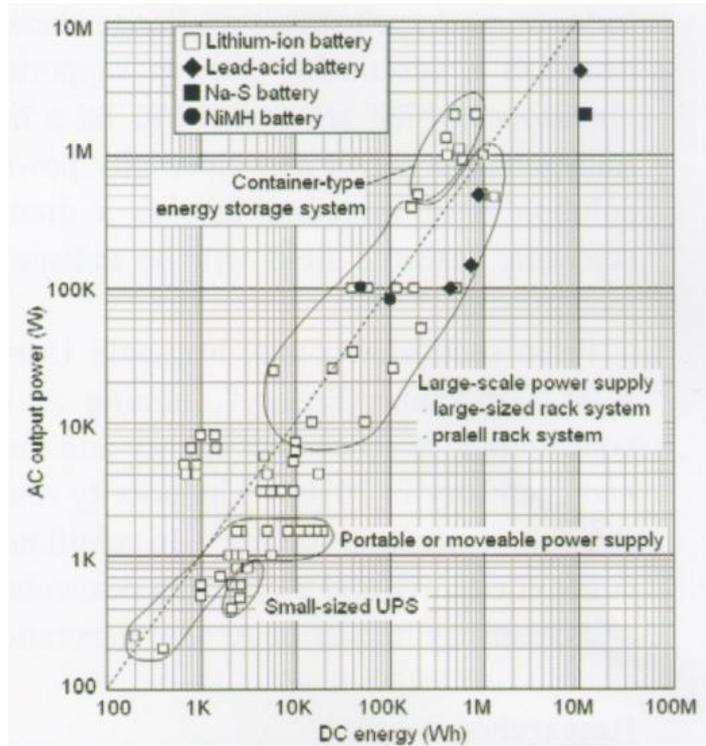


圖 4 各類電源供應設備及儲能裝置蓄電容量及交流輸出性能關係圖

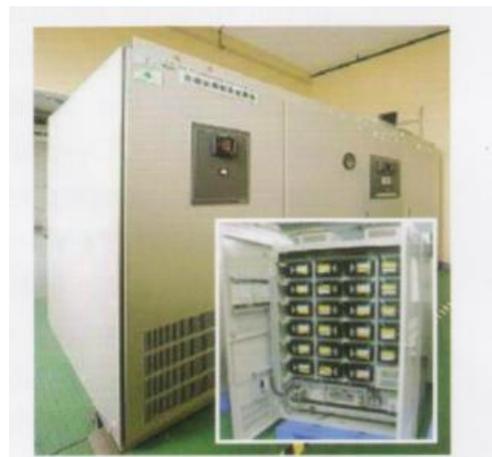


圖 5 調整尖峰負載的儲能系統

然而隨著再生能源儲能系統的廣泛應用，未來 ESS 的發展所需解決的課題包括：1.高安全性更重於高能量，2.在滿充(fully-charged)狀態下的使用壽命，3.多電池組在充放電循環下的熱效率管理及故障電池的偵測，4.併網的調協控制；也就是說在儲能系統中系統管理的重要性更甚於對於功率及能量密度的考量。

Special Sessions :

議題分為 3 大領域：Dynamics of Electrical Machines and Systems for Green Energy Generation、Power Electronics Applied to Renewable Energy and Energy Saving、New Trends in Solar Energy。

Development of Solar Charging System for Plug-in Hybrid Electric Vehicles and Electric Vehicles^[3]

—Mitsuharu Muta (TOYOTA INDUSTRIES CORPORATION)

近年來，各國在討論都市節能減碳議題時都朝向推動生態城市發展。日本在 1994 年就開始“Eco-city”的建設以執行“小環境負荷城市”為規劃。2008 年日本政府為加速邁向低碳社會，以建設生態城市應考量節能、廢棄物減量與資源回收再利用及城市綠化等三個面向，選定 13 個城市來執行「生態模範城 (Eco Model City)」的計畫。豐田市 (Toyota City) 獲選為日本 13 個模範城市代表之一。

豐田市是以運輸、工業、森林的概念來建構連結居民、環境與科技的混合生態城 (Hybrid City Toyota)。在運輸城市的方面，2009 年起該城即致力於推動 PHEV 計畫，並廣設太陽能系統之充電站提供市政中心周圍 20 公里範圍的 EV 充電服務。而豐田工業公司開發太陽能充電系統 (規格及系統配置如圖 6，系統的運作模式如圖 7) 應用於這座生態城市的主要考量方向有三：

1. 能源自產自銷：PHEV 所需能源完全來自太陽光電系統與儲電器，儲電器 8.4KWh 的電力足以提供 TOYOTA Prius PHEV 充電 2 次。
2. 太陽能充電系統與市電併聯，在天候不佳或儲電器無法供應電力時充電系統仍可以正常運作。同時為防止利用夜間低價市電充電並於日間電力需求高峰時賣出，在逆變器及儲電器會設計制約條件控制。
3. 儲電器的應用可以彌補太陽光電發電系統的間歇出力特性，因此當市電在緊急事故時無法供給電力，這個太陽能充電系統將可以

輸出 1.5KW，110V 穩定的電力，以提供家庭廚房的用電需求。

Parameter		Specification
Solar cell	Maximum output	1.9kW
Power conditioner	Rated output	3.2kW/AC202V
Power storage unit	Battery	Lead acid battery
	Nominal voltage	348V
	Capacity	8.4kWh
Display		15-inch LCD
Charging stand	Rated output	3.2kW



圖 6 規格及系統配置

2010 年系統建置後，蒐集豐田市政廳附近的 8 座充電站於 2010.4~2012.4 期間供應 PHEV 用電資訊的統計發現，1.在 25 個月間，每個 PV 充電站發電量約為 1440~1680kWh/年，8 個充電站相當於可減少 7980 公斤的 CO₂ 排放。2.PV 系統產生的電力約有 36~50%是用於對儲電器充電，而應用於 PHEV 的充電佔比約有 77~85%，其餘不足部份約 20%是由市電於夜間或氣候不佳時所提供(如圖 8 所示)，換算 CO₂ 減量可達 23048 公斤。因此藉由太陽能充電系統做為 PHEV 的電力供應源，確實可達到 Eco-city 的低碳社會發展之需求。

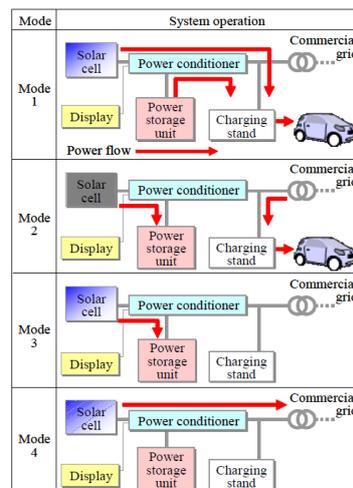


圖 7 太陽能充電系統的運作模式

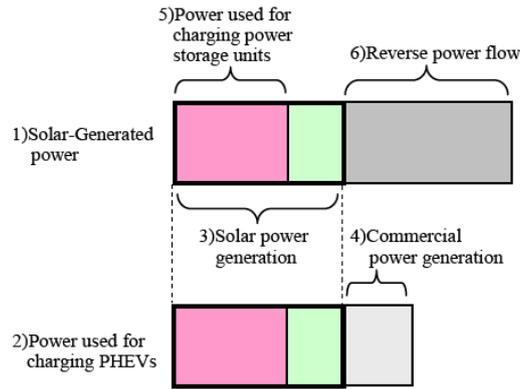


圖 8 太陽能充電系統電力供給關係圖

口頭論文：

分為 14 項議題探討綠色能源資源與系統的技術與應用，在此節錄與微電網、儲能系統、太陽電池相關論文如下：

1. Microgrid using Parallel Processing Uninterruptible Power Supply^[4]
 – Tomohito Ushirokawa (NTT Facilities Inc.)

在東日本大地震後能夠自給自足的微電網系統開始在日本各地受到重視，圖 9 為微電網基本架構，包含市電、分散型電力(PV、風力)、儲能系統及用戶端。由於不同的電力能源與儲能裝置產生之直流電壓或交流電壓會有不同的振幅或頻率變動，須要經由電力轉換器才能連入電網，因此微電網應用主要的問題是如何平穩的導入分散式發電及維持高品質電力供應。

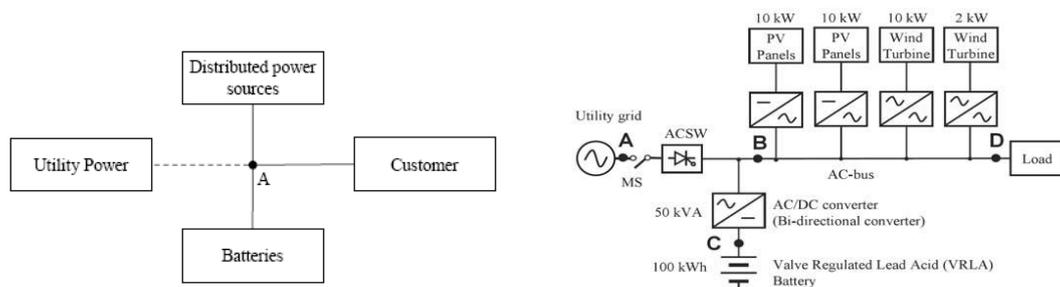


圖 9 微電網基本架構及測試系統方塊圖

本文是由 NTT 設備公司提出以 2 種運轉型態來探討如何提供穩定高品質的微電網電力系統。其一是以市電連接時間的最小化設計，另一是以降低來自市電的尖峰負載並使電池壽命最大化為設計，來解決微電網電力分散式潮流分配問題，二種型態均能於孤島模式及併網模式下提供電力。圖 10a、10b 分別為孤島模式優先及併網定電力模式優先之模擬分析，試驗結果(表 2)顯示，孤島模式優先可使系統的充電時間最小化，而在併網定電力模式下可抑低電網的尖載輸出及維持電池充電狀態在一定的範圍(40-80%)以延長電池的壽命。而模擬結果也顯示，以孤島模式優先的運作模式，在晴天時可以節省電費支出 90%，但在天候不佳時並無明顯效益，因此上述的 2 種運轉控制模式仍需再經最佳化調整，以獲得最佳的經濟效益模式來執行微電網的運作。

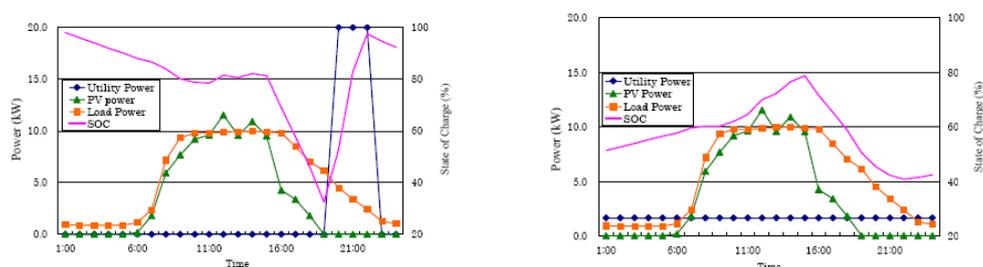


圖 10a 為孤島模式優先，圖 10b 為併網定電力模式

表 2 不同控制模式模擬試驗結果

	Max utility power [kW]	Day time spent on charge mode (8:00-22:00)	Night time spent on charge mode (22:00-8:00)	Variation range of SOC [%]
Prioritize island mode	20	1:16	0:29	30.0 - 100.0
Prioritize steady use of utility power	1.7	14:00	10:00	40.8 - 78.7

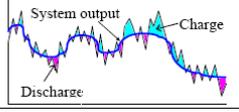
2. Overview of battery energy storage systems for stabilization of renewable energy in Japan^[5]

—Noriko Kawakami (TMEIC)

針對再生能源(風機、PV)之間歇特性利用能源儲存的概念是可以有效解決其波動性出力對電網的衝擊，本文是由東芝三菱電機產業系統公司提出目前在日本搭配風力發電、太陽光電的電池儲能系統(BESSs)的應用及相關驗證實例。

在日本東北地區風能條件相當好，因此東北電力公司在大型風場併網的同時，為避免風機輸出的波動造成電網調頻能力的不足也導入相關電網規範(表3)。此規範第1種情形是當電力系統調頻容量不足時將風機切斷併聯；第2種情形是利用電池來降低風機輸出的波動性，其平穩操作的準則是降低每分鐘最大最小出力的差值使得每20分鐘的差異可維持在契約發電量的20%，此條件下系統所需的電池容量約為風機輸出的20%，如秋田縣的西目風場結合鉛酸電池及電雙層電容器為儲能系統運轉，北海道的Tomamae風場是採用6MW/6MWh的鈦液流電池做為儲能系統；而第3種類型是定額出力，利用電池系統使風機輸出在每小時維持定額的出力，而其計畫契約容量輸出的變化值需維持在 $\pm 2\%$ ，因此所需的電池大小約為風機容量的60%，目前全球最大的定額輸出儲能系統的應用是在青森縣的Rokkasho-Futamata風場51MW，搭配34MW的鈉流電池使用，其電廠系統架構如圖11，含34組1.5MW的雙饋式(DFIG)風機併聯至22KV匯流排，17組2MW的鈉流電池連接至6.6KV匯流排，電網併接點(common coupling point, CCP)為154KV。圖12為該系統於2008/10/23的運轉波型，CCP的輸出功率藉由鈉流電池的充放電控制可維持定額輸出而不致受到風機波動變化的影響，因此本系統目前可做為負載平衡之用，並可提供238 MWh的熱機備載容量。

表3 風機併網規範

Type	Details	Battery
Cut-off operation	Cut off wind turbines from the grid when the frequency adjustment capacity is small	None
Fluctuation reduction control		Approx. 20% of output of WT
Constant-output control		Approx. 60% of output of WT

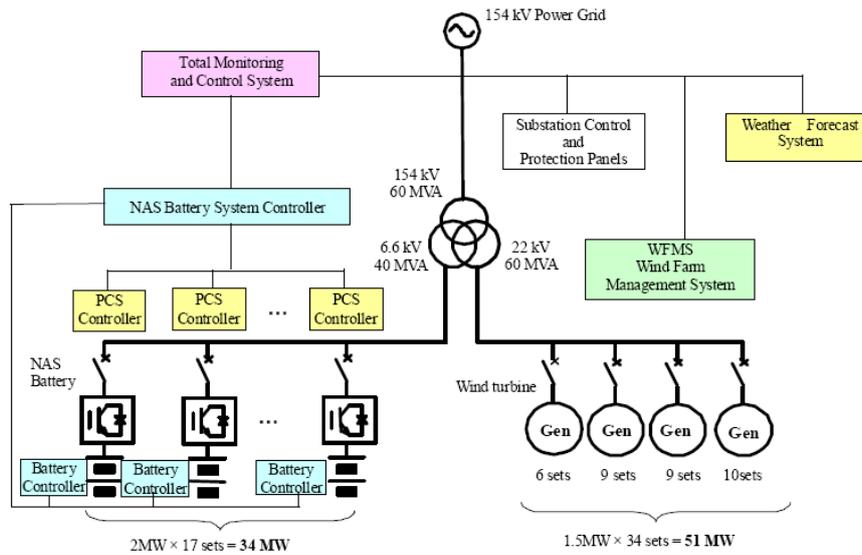


圖11 Rokkasho-Futamata風場與儲能系統併網架構圖

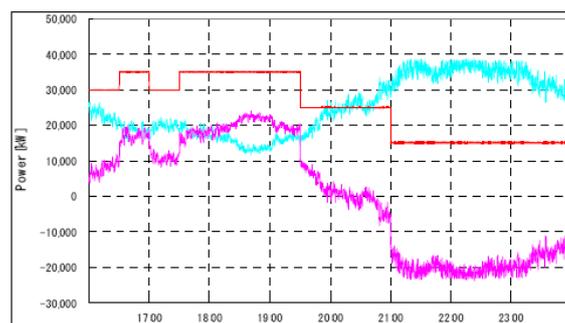


圖12 Rokkasho-Futamata風場與儲能系統電力輸出波型圖(2008.10.23)

PV 電廠與儲能系統搭配應用的案例則有：

1. 沖繩電力公司在宮古島的 Mega-Sola 示範計畫(如圖 13)－由於宮古島屬獨立電網(約 50MW)運作系統，PV 佔 4MW，風力佔 4.2MW，

柴油發電機 59MW，氣渦輪機 15MW，其中再生能源對電網的佔比約 16%，相當於日本本土在 2030 年所預估的再生能源佔比，因此當大量 PV/風力導入電網時其衝擊及控制系統皆需深入探討；示範計畫中利用鈉硫電池儲能系統(3MW-7.2hr)來平準化 PV 電力輸出的波動特性(圖 14)並評估所需電池容量大小，同時也結合 PV/風力/鈉硫電池系統的出力進行頻率變化的控制。

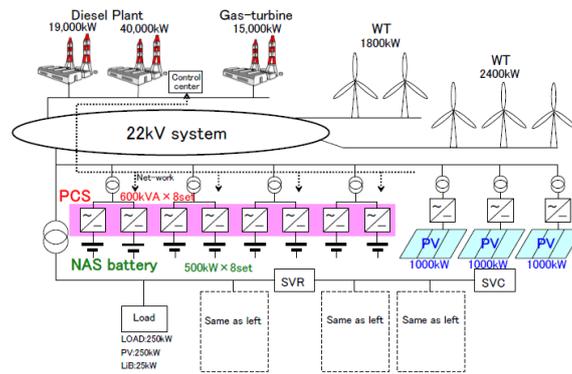


圖 13 宮古島Mega-Sola示範系統圖

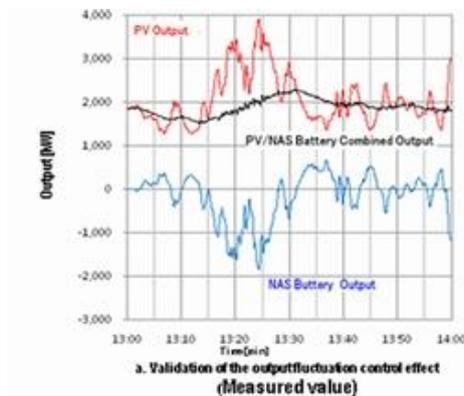


圖 14 PV系統結合鈉硫電池的出力曲線

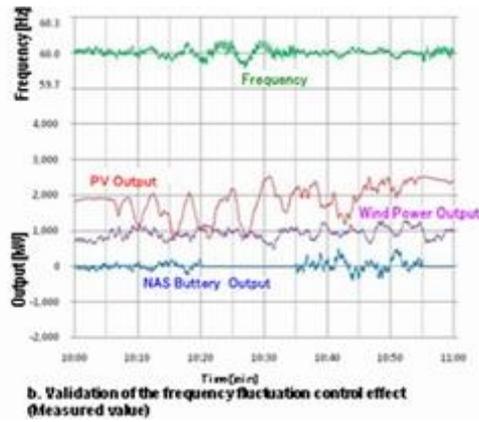


圖15 結合PV/風力/鈉硫電池系統的出力及頻率變化曲線

2.北海道稚內市的 Large-Scale PV 發電計畫：計畫由 NEDO 主持，於 2006-2010 年在日本最北邊的稚內市探討大型 PV 系統併網的衝擊，同時利用儲能系統及太陽日照量的預測來開發相關的控制技術應用。圖 16 為稚內市 mega-solar 系統架構，有 5.02MW 的 PV 和 1.5MW-7.2h 的鈉硫電池，系統併接至 33kV 電力線。在這個系統中儲能電池容量僅佔 PV 系統的 30%，因此當 PV 輸出容量超出電池系統時，新的控制策略必須改變舊有僅以 PV 輸出的移動平均值作為抑制波動控制的目標值，而是以 PV 波動度的中心值為控制目標，以減緩有限儲能容量下 PV 輸出功率的波動(圖 17)。另本計畫所開發的日照量預測系統結合了氣象觀測及數值預報資料，提供次日、每小時、每 10 分鐘的預測日照量，以修正每日排程輸出的電力值，相較於舊有預測系統可提升 30%的預測準確度。

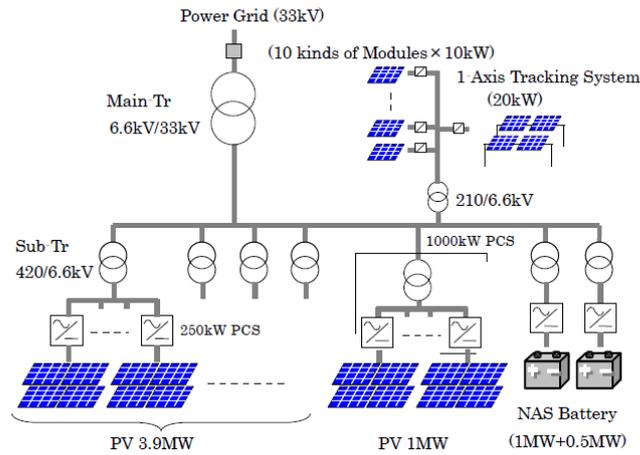


圖16 稚內市mega-solar系統架構

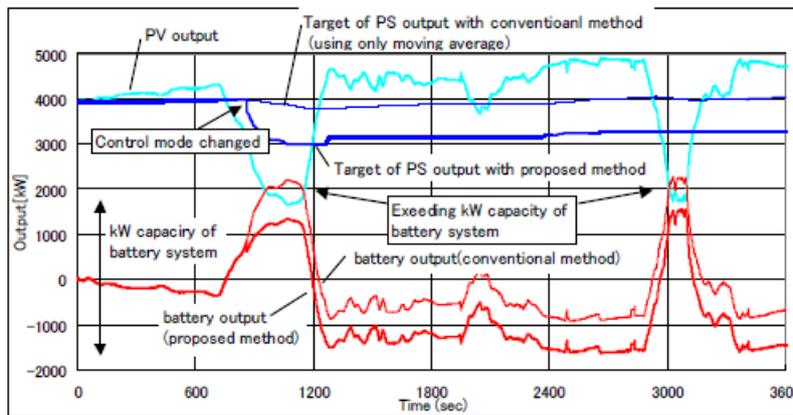


圖17 傳統與新提出之控制方法比較

3. Analysing the Efficient Use of Energy in a Small Smart Grid System^[6] – Ilhami Colak (European Comission)

近年來國際間對環保議題的重視及全球資源的耗竭，使得新能源的開發及節流應用已成為綠能發展的趨勢；由於集中型發電廠的建設及輸配電線路的興建投資金額高，且電能在輸送過程會產生損耗，因此在負載中心附近設置PV、風力發電等再生能源系統，可提高電能的使用效率及降低電能在輸送過程中的損耗，此種分散型發電系統應用也逐漸普及。然而由於再生能源發電的間歇特性，電力系統中可承受再生能源發電的佔比會因電網結構及電力公司對於電力系統的控制

制能力而有所不同，因此歐盟、美國、日本等為了將發電不穩定的再生能源應用在電力系統上，同時要能維持電網系統的穩定度，提出了智慧電網的架構以整合大量併網的分散型能源系統。

由於智慧電網結合資通訊(ICT)技術，可有效整合電網中再生能源系統、提高電網效率、降低大區域停電的風險，並提供用戶端之能源消費與節能的資訊運用，得以建構高品質、高可靠度的電力系統。因此在討論智慧電網的潛在效益時，其相關的組件(從能源端到消費端)，包含資通訊設備及系統內的電力潮流等等皆需納入考量。圖 18 為智慧電網的架構圖，含傳統能源、再生能源、智能住宅、智能大樓、電動車等，通訊及電力線連接至所有設施及管控中心，圖 19 為智慧電網的通訊階層(Home Area Network、Neighborhood Area Network、Wide Area Network)；藉由通訊的連接，可以應用不同的操作控制情境生產電能、持續監測用戶端的能源使用情形、即時計算電費，監測電網中不當的能源使用及變化。

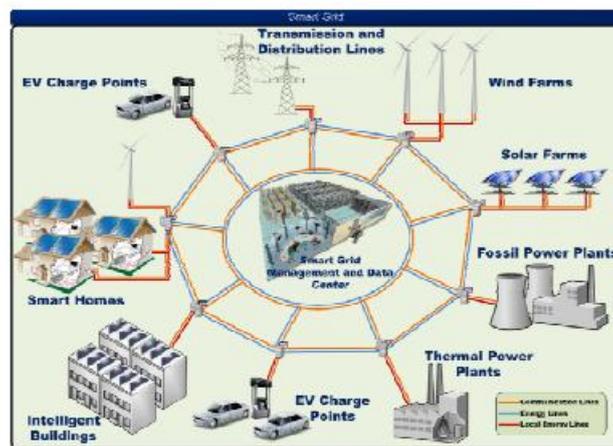


Figure 1. Block diagram of the designed smart grid management center

圖 18 為智慧電網的架構圖



圖 19 為智慧電網的通訊階層

本文中建置智能住宅系統(含能源管理中心，圖 20)以驗證小型智能系統的運作情形。其監測的項目包含電器元件的耗電率、各型式能源的發電率、各型式能源與電力系統的互聯特性，同時也即時監測的能源價格、分析用戶的消費能源的習慣、能源需求量的預測及追蹤紀錄消費者使用能源的狀態。圖 21 紀錄了 2012.7.1-7.9 智能住宅能源系統的平均耗電力及平均電價，透過監測資訊顯示電器的負載用電會朝向電價低時運作(2012.7.1)，而電價高時電器的平均用電消耗將減少(2012.7.3)，因此透過智慧型能源管理系統可以使能源的消費更具有經濟效益，也使得再生能源併入電網的應用更加容易。

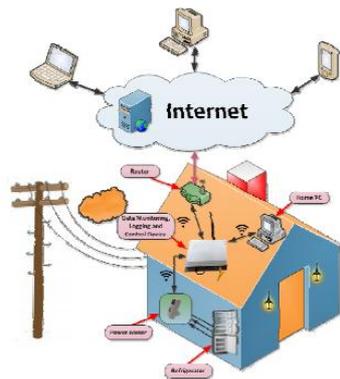


圖 20 智能住宅能源系統架構圖

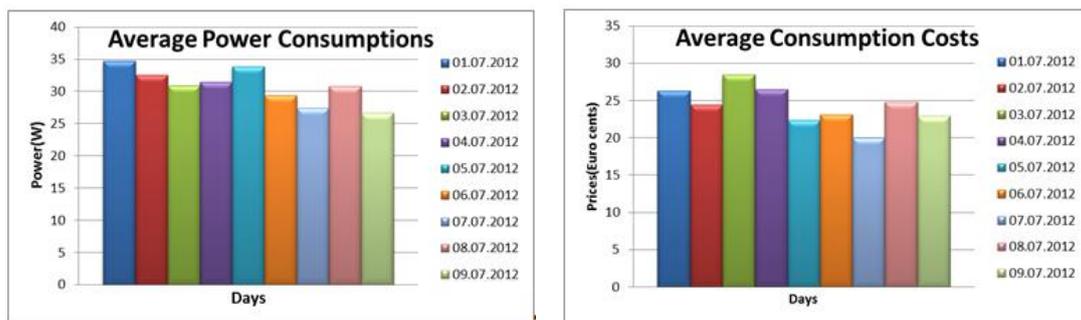


圖 21 2012.7.1-7.9 智能住宅能源系統的平均消耗電力及平均電價

4. 376nm Ultra-Violet Laser Diode Annealing of Si Thin-Films^[7]

– Wenchang Yeh (Shimane University)

在此次的議程中本篇論文是唯一有關矽太陽電池材料的研究，主要內容是探討矽薄膜的結晶化技術研發。多晶矽薄膜材料應用於太陽電池時，小的結晶粒薄膜因材料內有許多的晶界結構，形成捕捉電子的中心而影響太陽電池的效率，因此一般會利用固相結晶法、雷射退火、電漿噴射退火、閃燈退火等製程技術使多晶矽材料的晶粒成長，減少晶界的缺陷以提高太陽電池的轉換效率。雷射退火由於是將矽薄膜完全熔融再由矽熔池側邊開始結晶，因此可獲得 $>1\mu\text{m}$ 的結晶矽組織。雷射退火又可分為氣體源準分子雷射及固態雷射；準分子雷射光子能量屬紫外光波長範圍，矽在該波段的吸收係數值高，因此矽薄膜退火利用準分子雷射可提高雷射的能源效率，但其脈衝式氣體雷射無法使矽薄膜晶粒在側邊連續成長且其光源穩定性不佳，然而使用連續式固體雷射的優點除可使矽薄膜晶粒沿側邊連續成長且雷射光源的維護成本也低，缺點是高功率的雷射波長僅在可見光波長範圍，該波段矽吸收係數低，退火時無法得到厚度超過30nm的矽晶薄膜。

在本研究中利用新開發的376nm連續式固體雷射光源，對矽薄膜進行紫外光雷射退火(UV laser diode annealing, UVLDA)，圖22為矽薄膜經過UVLDA後呈現側向晶粒成長的SEM微觀組織，晶粒沿雷射掃

描方向結晶生長；雷射退火掃描速度由0.3m/s→5.2m/s，其矽薄膜的拉曼光譜分析顯示在519cm⁻¹皆有明顯的矽晶(520cm⁻¹)波峰出現，如圖23所示，在此薄膜中並沒有非晶矽TO模(480cm⁻¹)及奈米晶相(510-515 cm⁻¹)的出現，可得知經過紫外光雷射退火製程結晶性佳；另由拉曼光譜吸收峰的半高寬(FWHM)的分析(圖24)，紫外光雷射退火製程所得的半高寬值約為5.1-5.4cm⁻¹，而矽晶圓的半高寬為3.9cm⁻¹，準分子雷射退火製程的半高寬為5.3-5.7cm⁻¹；因此利用設備成本較低的紫外光固體雷射退火已可獲得品質優於準分子雷射退化製程的矽晶薄膜材料。

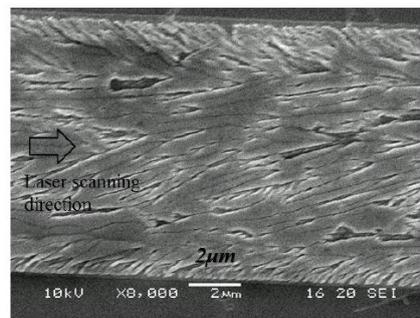


圖 22 矽薄膜經 UVLDA 側向晶粒成長 SEM 微觀組織

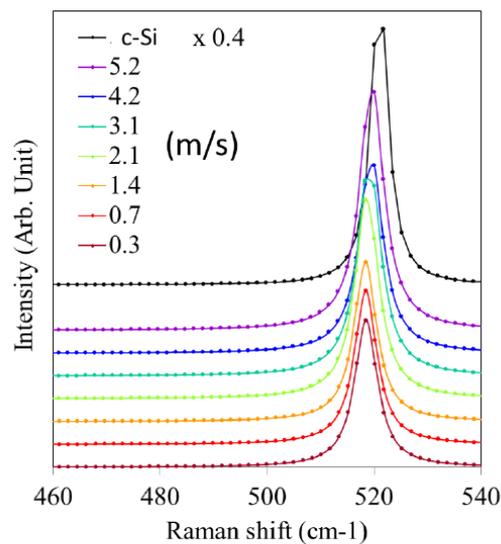


圖 23 不同 UVLDA 掃描速度下的矽薄膜拉曼光譜分析

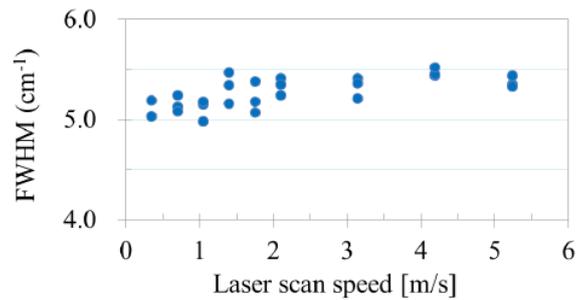


圖 24 矽薄膜峰值半高寬與掃瞄速度之關係圖

書面論文：

1. A Solar-Cell Based Power Conversion Circuit for LED Lighting^[8,9]

– Wen-Hsuan Chang (National Sun Yat-sen University)

本篇研究是應用於高山氣象站和航空障礙燈用途的LED照明，該照明系統無市電網路可以利用，因此以獨立型太陽能電池光電系統做為電源。為了提供穩定的電源，使LED照明在夜間或陰雨天時均可正常運作，一般均以蓄電池當作輔助電源。由於太陽能電池為單向輸出功率，蓄電池可充放電雙向運用能量，因此蓄電池於日照充足時可儲存太陽能電池所產生的多餘能量，但此時必須額外增加一級的轉換電路來控制蓄電池的充電或放電，將導致裝置成本的增加，同時能量經過多次轉換造成電路損耗。

為了有效地利用太陽能，本研究設計一以太陽能電池為主之LED燈驅動電路(圖25)。此電路整合了太陽能電池轉換電路與蓄電池充放電電路，可執行多方面的功能，包含負載功率調節、最大功率點追蹤，並在適當時機將太陽能電池所產生多餘的能量儲存到蓄電池，及在太陽能不足時，由蓄電池提供不足的部分(圖26)。電路結構設計是由一升壓轉換器和兩個升降壓轉換器組成，兩個升降壓轉換器互補驅動，互為同步整流，共用一電感。藉由調整三個主動功率開關的導通率，可有效利用太陽電池產生的功率，並調節太陽電池、蓄電池和負載間

的功率流向，在陽光能充足時可儲存太陽電池多餘的能量；當太陽能不足時，以蓄電池作為輔助電源補足負載所需不足的部分。此外，亦可藉由調整主動功率開關的導通率，達到調節LED亮度之功能。研究中也實際製作一組電能轉換電路，輸出至由16顆白光LED串聯而成18W的負載，實驗結果顯示轉換電路可有效地分配、儲存與傳遞太陽電池、蓄電池和LED負載間的功率。電路操作於額定負載時，在各狀態下電能轉換效率皆達到94%以上。

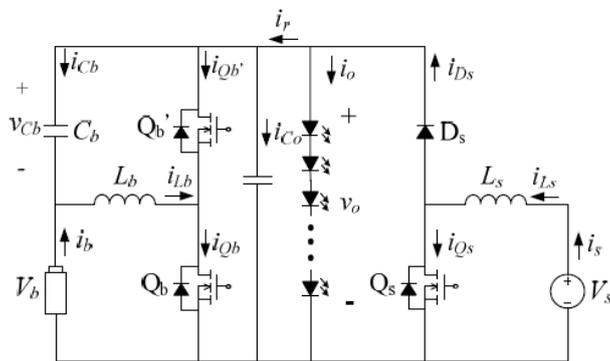


圖25 以太陽能電池為主之LED燈驅動電路

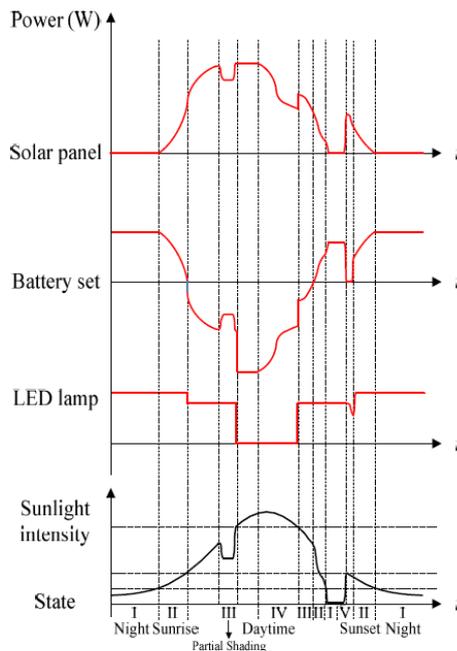


圖26 驅動電路中5種不同功能的執行狀態

2. Real-time and Synchronous Simulation in Microgrid Control Center^[10,11]

— Ying Yi Hong (Chung Yuan University)

智慧電網涵蓋發電、輸電、配電系統及需求面，是現今電力、能源、資訊與通訊工程的研究主軸。而增加智慧電網中配電系統內分散式發電滲透力則可以藉由微電網運作的方法而達成；微電網可以是直流或交流的電網，如果在共同耦合點(PCC)的電力潮流可由電力公司的操作者來調度，則這個微電網可被視為一個虛擬電廠。從控制策略來看，在微電網內的分散式發電可以藉由控制中心、多重代理人或自主控制來運轉。微電網之潮流、電壓與頻率的控制可在中央控制中心內被調度，在微電網中之每個元件上的資料利用監控與資料擷取 (SCADA) 系統進行監控；SCADA的核心技術就是一個集中型微能源管理系統 (Micro-Energy Management System, MEMS)。MEMS 包含資料庫、執行動態時域模擬的動態即時模擬器 (Opal-RT eMEGAsim) 與執行微電網靜態分析之伺服器PC。eMEGAsim與伺服器PC透過同步資料連結技術的AD-LINK資料擷取卡來達到即時的效能，如圖27 MEMS之架構圖所示。本文主要探討的即是在微電網控制中心的即時與同步模擬技術。利用Opal-RT公司所開發的eMEGAsim建構微電網測試平台來進行即時模擬技術。eMEGAsim是由個主機與8核心CPU之目的主機來執行，其I/O連結至另一台伺服器PC執行微電網靜態分析，其連結透過AD-LINK資料擷取卡來達成；AD-LINK提供一個介於eMEGAsim與伺服器PC之間的可同步資料通訊來取代非同步通訊。

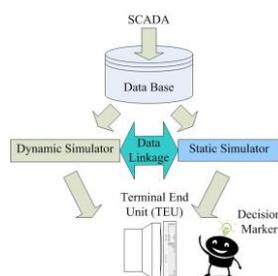


圖27 MEMS架構圖

為探討測驗平台系統的適用性，建置了14個匯流排的微電網進行驗證。圖28為微電網試驗平台的單線圖。包括兩台柴油同步發電機 (SG)，一台固定的速度感應風力發電機 (FSIG) 和一台雙饋感應發電機 (DFIG)；最大總負荷為 $15\text{kW} + j15\text{kVAR}$ ；電容器位於匯流排3、9、11，在有載分接頭變壓器位於匯流排5-8、6-9、12-13。表4顯示 eMEGAsim 對微電網元件建模的核心配置。所提出的即時和同步模擬，使動態和靜態的結果相互作用。虛功最佳化控制問題探討尋求最佳發電機電壓、電容器和抽頭設置的方案，同時盡量減少系統中的實際功率損失。實驗室建立的微型電網測試平台也驗證了即時和同步模擬相結合的可行性。

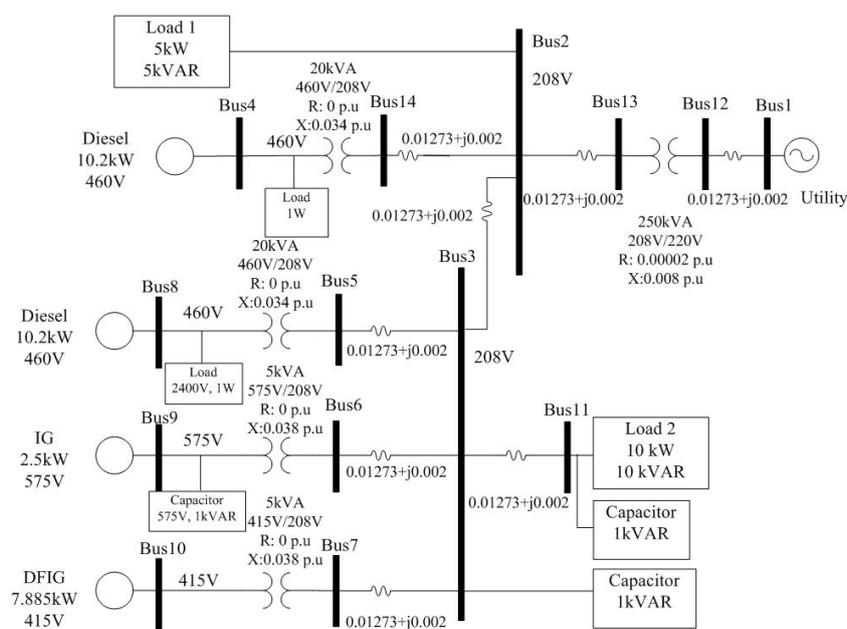


圖 28 微電網試驗平台單線圖

表 4 核心分配狀況

Cores	Models (subsystems)
1	Two Diesel Exciters and Governors
2	DFIG Controller
3	DFIG Model, Rectifier and Inverter
4	FSIG Model and SG
5	SG Model and Utility
6	managing all subsystems

肆、結論與建議

1. 近年來綠能電子的發展在各國皆是受到矚目的科技發展項目，其中電力電子的發展是再生能源應用的關鍵，如太陽光電系統、風力發電機之再生能源資源，以及燃料電池、電動車、電池儲能系統、監控系統等都需要藉由電力電子元件的控制與電力調節才能順利併入電網應用。
2. 智慧電網為容納更大容量的太陽光電和風力發電等再生能源併網，提高分散式電源於系統之滲透率，必須藉由先進電力電子設備及技術，來達到控制電力系統可靠度及電力品質之要求。
3. 從節能角度來看，歐美、日本及中國大陸等都在推動建築能源管理系統(BEMS)及家用能源管理系統(HEMS)計畫，帶動大量儲能設備需求，另在電動車(EV)、儲能系統等大容量儲能系統的應用因可結合再生能源發電系統，平準化電網負載的應用服務，因此未來儲能電池的開發趨勢將呈現更多樣化的發展，不僅是鋰離子電池，還有鋰離子電容器、新型鉛酸電池、鈉流電池、氧化還原液流電池 (Redox Flow Battery, RFB) 等新型儲能裝置也都逐漸應用在電網中。
4. 位於負載中心附近的分散式電力系統(風力發電、太陽能發電、燃料電池發電)與分散式儲能裝置的普遍使用，使得微電網的建構成為電力系統的發展趨勢；微電網應用主要的目的是平穩的導入分散型電力，以滿足用戶端對電力品質和供電安全的需求。同時若微電網在共同耦合點(PCC)的電力潮流、電壓與頻率的控制可由電力公司來調度運作，則微電網可被視為是一個虛擬電廠，因此藉由微電網可以增加智慧電網中分散式發電應用的滲透率。

5. 全球在城市減碳的策略規劃之一，是推動對環境負荷較小的電動車發展。在國內，經濟部也有智慧電動車發展策略與行動方案來促進國內電動車的普及，然而目前電動車主要充電來源為電網，由於其充放電功率比家用設備大，勢必對配電系統的運轉帶來衝擊，公司對此影響有必要進行探討及規劃因應策略。另電動車的應用是以節能減排為考量，因此電動車充電設施也建議應結合再生能源發電與儲能系統，除可減少電網負載的負面影響之外，也確實符合綠色城市的建設發展。
6. 透過資通訊技術與電力電子控制技術結合，全球智慧電網的技術發展與應用進展快速，其相關成本效益與系統效能仍持續在評估與驗證中，因此參考先進國家的發展經驗及結合相關電力產業、研究機構，共同研發適合台灣電力系統的新型智慧電網技術，對國內智慧電網發展方向、策略推動及執行應用應具相當參考價值。

參考資料

- [1] "Power Electronics for Renewable Energy Systems: Wind Turbine and Photovoltaic Systems"; Frede Blaabjerg; 2012 ICRERA – Nagasaki, Japan,2012.
- [2] "Energy Storage Batteries and their System Application: Prospects and Issues";Masahiko Hiratani, Motoo Futami, Mitsuhiro Kishimi, Kenji Takeda; 2012 ICRERA – Nagasaki, Japan,2012.
- [3] "Development of Solar Charging System for Plug-in Hybrid Electric Vehicles and Electric Vehicles"; *Naotaka Kawamura,Mitsuharu Muta*; 2012 ICRERA – Nagasaki, Japan,2012.
- [4] "Microgrid using Parallel Processing Uninterruptible Power Supply"; *Tomohito Ushirokawa, Keiichi Hirose, Kazuto Yukita,Katsuhiro Ichianagi ,Yoshiaki Okui ,Hisaaki Takabayashi* ; 2012 ICRERA – Nagasaki, Japan,2012.
- [5] "Overview of battery energy storage systems for stabilization of renewable energy in Japan"; *Noriko Kawakami,Yukihisa Iijima*,; 2012 ICRERA – Nagasaki, Japan,2012.
- [6] "Analysing the Efficient Use of Energy in a Small Smart Grid System"; *Ilhami Colak,Heinz Wilkening,Gianluca Fulli,Julija Vasiljevska,Fatih Issi ,Orhan Kaplan*; 2012 ICRERA – Nagasaki, Japan,2012.
- [7] "376nm Ultra-Violet Laser Diode Annealing of Si Thin-Films"; *Wenchang Yeh,Ryota Morioka*; 2012 ICRERA – Nagasaki, Japan,2012.
- [8] "A Solar-Cell Based Power Conversion Circuit for LED Lighting"; *Wen-Hsuan Chang,Tsung-Hsi Wu ,Chin-Sien Moo*; 2012 ICRERA – Nagasaki, Japan,2012.
- [9] "太陽光電池之 LED 照明驅動電路";張文瑄、莫清賢; 第 33 屆電力工程研討會-台北市,台灣,2012
- [10]"Real-time and Synchronous Simulation in Microgrid Control Center"; *Ying Yi Hong*, Yu-Ting Yeh, Fu-Yuan Hsu,Ya-Li Chiu,Shi-Lin Chen*; 2012 ICRERA – Nagasaki, Japan,2012.
- [11]"微型電網控制中心之即時與同步模擬";洪穎怡、葉育廷、許富淵、邱雅俐、賴沅泯;第 33 屆電力工程研討會-台北市,台灣,2012