

出國報告（出國類別：實習）

再生能源與微電網之電力品質改善 技術

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：周湘滢 電機工程師

派赴國家：德國

出國期間：105 年 4 月 23 日至 105 年 5 月 1 日

報告日期：105 年 6 月 15 日

出國報告審核表

出國報告名稱：再生能源與微電網之電力品質改善技術		
出國人姓名(2人以上,以1人為代表)	職稱	服務單位
周湘滢	電機工程師	台灣電力公司綜合研究所
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input checked="" type="checkbox"/> 實習 <input type="checkbox"/> 其他_____ (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	
出國期間：105年4月23日至105年5月1日		報告繳交日期：105年6月15日
出國計畫主辦機關審核意見	<input checked="" type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」) <input checked="" type="checkbox"/> 3.無抄襲相關出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 4.內容充實完備. <input checked="" type="checkbox"/> 5.建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 6.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 7.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 8.退回補正,原因: <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 9..本報告除上傳至出國報告資訊網外,將採行之公開發表: <input checked="" type="checkbox"/> 辦理本機關出國報告座談會(說明會),與同仁進行知識分享。 <input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 其他_____ <input type="checkbox"/> 10.其他處理意見及方式:	

說明：

- 一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

報告人		審核人		主管處 主管		總經理 副總經理
-----	---	-----	---	-----------	--	-------------



行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：再生能源與微電網之電力品質改善技術

頁數 36 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/02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

周湘滢/台灣電力公司/綜合研究所/電機工程師/02-80782302

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：105 年 4 月 23 日至 105 年 5 月 1 日 出國地區：德國

報告日期：105 年 6 月 15 日

分類號/目

關鍵詞：分散型再生能源(Distributed Energy Resource)、微電網(Micro Grid)、電力品質(Power Quality)

內容摘要：

因應全球節能減碳，以再生能源、微電網及智慧監控等組成的智慧電網儼然已成為國際間電力發展主流，然而再生能源與微電網所造成的電力品質低落，卻也是各國電力業者一致所遇到的難題。我國往後若要發展再生能源與微型電網，勢必須與國際間先進技術結合，因此實有其出國探討先進技術及研發成果之必要。

本計畫將至德國漢諾威工業展(Hannover Messe)實習五天，該展覽包含能源相關之所有新型技術與產品發表。實習期間走訪展區各項研究及相關產品，並將實習重點置於再生能源及電力品質最新技術研發、各國提升系統穩定度上之因應策略與實際作為、大型再生能源併網及微電網建置與維護經驗分享等議題，以借鏡我國發展適宜的再生能源及微電網併網電力品質解決方案。

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

再生能源與微電網之電力品質改善技術

目錄

壹、 出國目的	1
貳、 出國行程	1
參、 德國漢諾威工業展(Hannover Messe)	2
一、 展覽簡介	2
二、 展館介紹	2
三、 參展主題	4
四、 展場實景	7
肆、 實習成果	10
一、 再生能源及智慧電網現況與發展趨勢	10
二、 儲能市場與技術應用	13
三、 微電網及儲能建置案例	20
四、 電動車與燃料電池(Fuel Cell)之發展趨勢	25
五、 離岸風機發展	27
六、 新型設備與展商巡禮	28
伍、 出國心得與建議	33
陸、 出國期間所遭遇的困難與特殊事項	35

壹、出國目的

因應全球節能減碳，以再生能源、微電網及智慧監控等組成的智慧電網儼然已成為國際間電力發展主流，然而再生能源與微型電網所造成的電力品質低落，卻也是各國電力業者一致所遇到的難題。為求改善之道，國際間無論是電力業者、廠家或學界無不致力於此議題的相關研究，我國往後若要發展再生能源與微型電網，勢必須與國際間先進技術結合，因此實有其出國探討先進技術及研發成果之必要。加上台電公司於今年開始規畫執行烏來福山微電網之建置計畫，極須擷取國外微電網建置的相關經驗，實有其出國實習之必要性。

德國漢諾威工業展(Hannover Messe)為全球首屈一指的工業展覽會，來自全球 70 多國 6,500 家廠商都將展示其研發成果。尤其是今年展覽主題亮點之一的能源展(ENERGY)，展出項目更包涵整個能源市場及其所有的關鍵問題，如能源轉換面臨的挑戰、替代能源製造及如何以最高效率供應永續能源，並聚焦於未來的再生能源結構，透由此展實地勘察各大電力廠家的最新技術研發成果，除可了解先進電網改善技術外，更可從與廠商交流中瞭解各國目前在提升電力系統運轉穩定可靠之因應策略與實際作為，對公司未來在因應大量再生能源及微電網的電力品質提升上應有相當大的實質助益。

貳、出國行程

本出國計畫，自 105 年 4 月 23 日起至 105 年 5 月 1 日止，前後共 9 天，詳細行程如表 2-1 所示。詳細之參展項目、任務主題及相關參展照片等將詳述於本報告第參~肆章。

表 2-1 實習計畫行程表

起始日	迄止日	實習機構	實習內容
105.04.23	105.04.24		去程(台北-漢諾威)
105.04.25	105.04.29	德國漢諾威工業展(Hannover Messe) 全球 70 多國 6,500 家廠商除展示自家產品外，展區並依討論議題以論壇或研討會的方式發表國際學術研究上的重要研發成果	電力能源主要展示區為「能源展(ENERGY)」與「工業自動化展(Industrial Automation)」，實習項目包含： 1. 再生能源 2. 儲能技術 3. 智慧電網先進技術與設備
105.04.30	105.05.01		返程(漢諾威-台北)

參、 德國漢諾威工業展(Hannover Messe)

一、 展覽簡介

德國漢諾威工業展(Hannover Messe)是世界上最大的工業貿易展覽會，來自全球 70 多國 6,500 家廠商都將展示其研發成果。參展商將展示在整個產業價值鏈的新產品，包括：工業自動化和 IT、能源和環保技術、工業供應、生產技術和服務、以及研究和開發。

漢諾威工業展每年皆選在四月舉辦，展場地點就位在漢諾威市區南方的展覽中心，今年(2016)展覽期間為 4 月 25-29 日。每年漢諾威工業展皆會邀請一個國家作為夥伴國共同籌畫此展覽，而今年為美國，這也是第一次美國作為漢諾威工業展的夥伴國。漢諾威工業展多年來一直在加強與美國的工業技術更深層次的合作、舉辦商務峰會，並邀請美國代表團赴漢諾威推動跨大西洋的貿易關係，美國當局對此格外重視，今年更特邀美國總統歐巴馬與德國總理梅克爾共同揭開今年工業展的開幕儀式。



圖 3-1 2016 年漢諾威工業展夥伴國-美國
(圖片擷取自 <http://www.hf-taiwan.tw/hm16/10-plan.htm>)

二、 展館介紹

每年漢諾威工業展的展館主題皆不相同，例如今(2016)年展項為工業自動化展(Industrial Automation)、能源展(Energy)、工業零組件承包技術展 (Industrial Supply)、數位工廠展(Digital Factory)、研究與科技展(Research & Technology)；而明年(2017)年即為傳動控制展 (MDA-Motion Drive & Automation)、風力能源展(Wind)、空氣壓縮及真空技術展 (ComVac)、表面處理技術展(SurfaceTechnology)。



圖 3-2 2016 年漢諾威工業展展項
 (圖片擷取自 <http://www.hf-taiwan.tw/hm16/10-plan.htm>)

由於本展覽全球 70 多國 6,500 家廠商皆會參展，每個展項就擁有 2~3 個展館，分配圖如圖 3-3 所示。每個展館面積相當於我國一個世貿中心這麼大。今年展項分五大項，展館共十幾座，展場幅員可說是相當廣大。

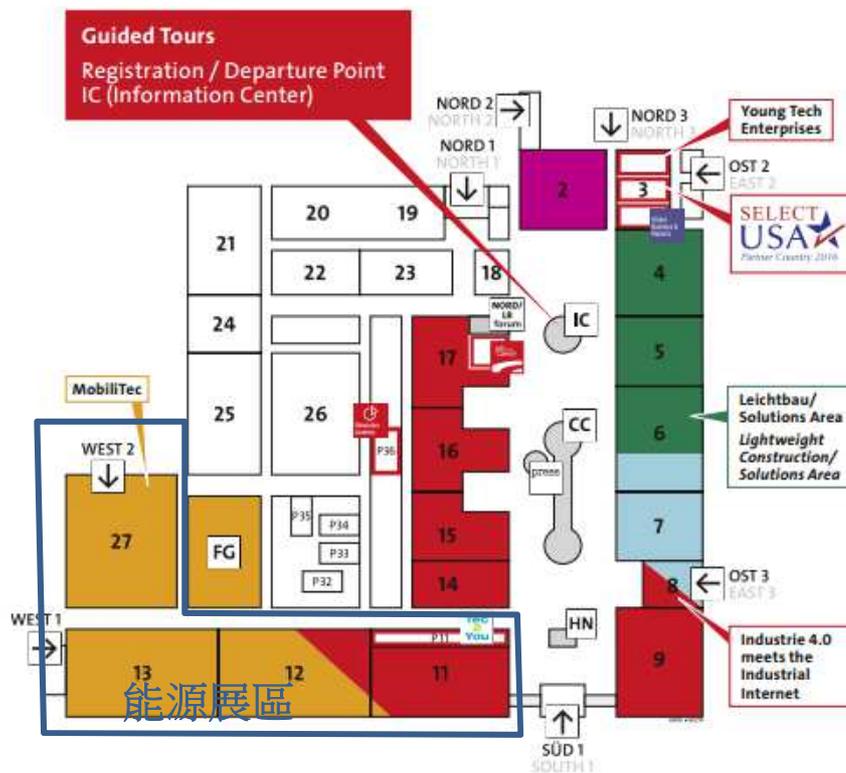


圖 3-3 2016 年漢諾威工業展五大展區展館配置圖

「能源展」為本計畫參展軸心，展館為 Hall 13、27(主要)及 Hall 11、12(與「工業自動化」一同展出)，展出項目涵蓋了整個能源市場及其所有關鍵問題，如能源轉換所面臨的挑戰、替代能源製造及如何以最高效率供應永續能源，與本公司的未來發展息息相關。

「能源展」更完整呈現所有能源生產鏈，聚焦於未來的能源結構。本次「能源展」展出主題包含：能源製造、供應及儲存、傳統發電、傳輸、配電、再生能源。在此展商展示了集中或分散方式提供能源發電及供電的技術、智慧電網的解決因應方案-從汽電共生系統及發電廠到最新的能源供應技術，同時在此呈現傳統的解決方案與再生能源技術的結合。今年展館更特別企劃了超導電城市、智慧電網主題園區、「生活需要能源」能源論壇、分散能源供應和承包、「氫+燃料電池團體展」、「再生能源」展示區等展示項目，完整呈現目前國際能源相關議題；更設有完整的能源資訊中心(EnergyEfficiencyCenter)，聚集各國專家學者針對全球性的能源發展與計畫進行說明。



圖 3-4 「能源展」Hall27 展場實景
(圖片擷取自 <http://www.hf-taiwan.tw/hm16/10-plan.htm>)

三、參展主題

本計畫依據公務行程共五天實習天數，在行程安排上，皆以「能源展」為參展主軸，由於此展覽為複合式(產業展覽+學術論壇)的展覽模式，除展商所展示的最新研發技術與產品外，每個展區更依據不同的探討議題舉辦論壇或團體討論，以發表交流最新科技研發及應用成果、市場現況、趨勢及展望等。

本計畫任務為瞭解國際間再生能源、微電網及智慧監控等智慧電網發展現況、建置案例及發展困境等，因此較著重在參與各類議題論壇及團體討論，在時間規劃上產品參觀費時較少，原則上安排每一天參觀一展館之展商產品。以下為本次出國實習參加的論壇、發表會簡要介紹：

1. HALL 13：智慧電網與儲能

(1) 「生活需要能源(Life Need Power)」能源論壇

主要說明歐洲對於能源發展的重大政策及未來挑戰，並提供技術解決方案，以達更有效益、友善環境且安全的能源供應。



圖 3-5 Hall 13 「生活需要能源(Life Need Power)」能源論壇會場

(2) 「智慧電網(Smart Grids)」智慧論壇

由德國推動能源發展的相關政府機關及研究機構(包含 German Federation of the New Energy Economy、the German Trade & Invest、the German Association for Electrical, Electronic & Information Technologies(VDE) 和 the German Electrical and Electronic Manufacturers)一同從政策面及產業面來針對智慧電網發展的看法，探討範圍涵蓋發電端、配電端、用戶端以及儲能議題。



圖 3-6 Hall 13 「智慧電網(Smart Grids)」智慧論壇會場

2. HALL 27：能源趨勢與電動車未來發展

(1) 能源資訊中心(EnergyEfficiencyCenter)

主要發表 UNIDO(United Nations Industrial Development Organization) 全球企業大型的跨國節能計畫內容與成效，其中與電力較為有關的為水力發電與能源管理(EMS)專案，並以目前節能剛起步的階段來觀察節能產業未來的發展淺力及經濟效益。



圖 3-7 Hall 27 「能源資訊中心(EnergyEfficiencyCenter)」會場

(2) 氫+燃料電池團體展(Hydrogen+Fuel Cells+Batteries Group Exhibit)

燃料電池產業最新產品及製程技術發表，以及全球市場應用情形及產業發展趨勢。



圖 3-8 Hall27 「氫+燃料電池團體展(Group Discussion)」討論會場

四、展場實景

以下為「2016 漢諾威工業展」展場周邊環境及展館外觀照片。

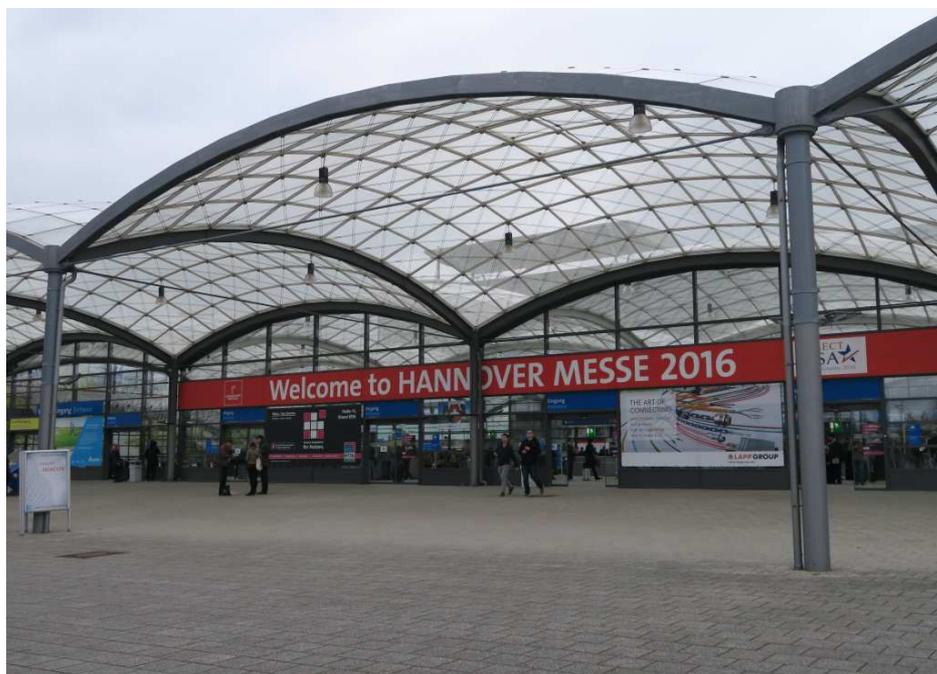


圖 3-9 展場實景 1-「漢諾威工業展」展場(西一出口)



圖 3-10 展場實景 2-「漢諾威工業展」展場(北一出口)



■Hall 13 展館外觀



■Hall 27 展館外觀

圖 3-11 展場實景 3-「能源展」主要展館：Hall 13& 27



■Hall 11 展館外觀



■Hall 12 展館外觀

圖 3-12 展場實景 4-「能源展」次要展館：Hall 11& 12

肆、實習成果

本次實習透過論壇參與、廠商交流所取得之相關資料，可分成以下幾個議題進行論述：

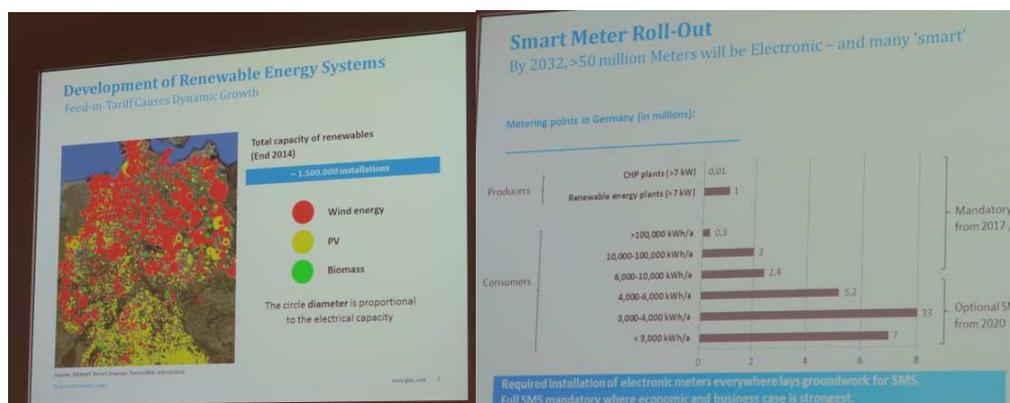
1. 再生能源及智慧電網現況與發展趨勢
2. 儲能市場與技術應用
3. 微電網及儲能建置案例
4. 電動車與燃料電池之發展趨勢
5. 離岸風機發展
6. 其他：新型設備與展場紀實

各議題詳述如下。

一、再生能源及智慧電網現況與發展趨勢

歐洲與美國智慧電網市場發展

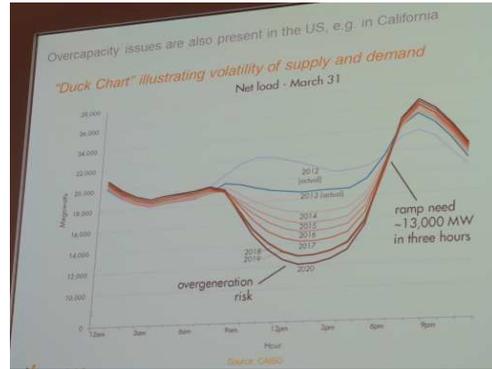
德國再生能源分布極廣，德北主要為風力、德南為太陽光電。為能掌握分散型再生能源的電力，且德國從國外買電的比率越來越高(由1998年的5%到2015年的32%)，因此智慧電表的市場相當廣大，預估德國在2023年前就約有5億顆智慧電表的需求。



圖說：德國再生能源與智慧電網市場發展

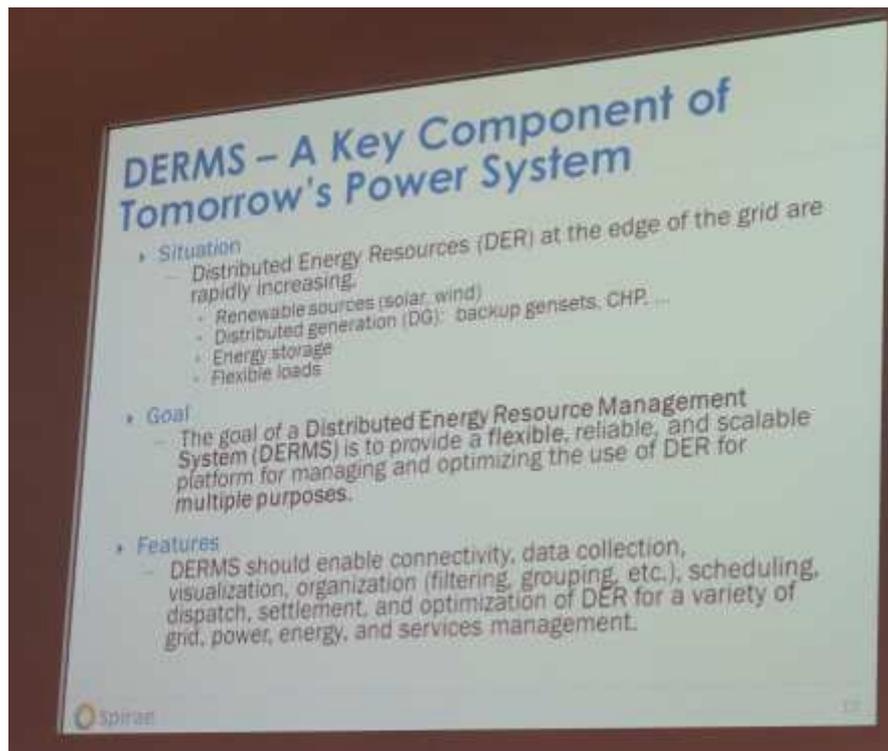
反觀美國目前再生能源發展趨勢重心落在低壓網路，尤其德州 (TEXAS)、加州(California)、夏威夷(Hawaii)、PJM 等調度機構(ISO)皆因為發展因素而需要特別的智慧電網解決方案，成為淺力市場。

- 德州(TEXAS)：擁有廣大的能源市場
- 加州(California)：壟斷的市場機制，2030 年將達到 50%的再生能源，且尖峰與離峰的用電比例相當懸殊，而且差距逐年拉大
- 夏威夷(Hawaii)：2045 年前將改由 100%再生能源發電
- PJM：儲能的淺力市場



圖說：美國智慧電網淺力市場與加州電力負載的鴨子曲線

比較美國與歐洲對於智慧電網的發展，由於歐洲乃是因為廢核政策、氣候因素、政府補助等，發展規模由小而大；而美國則是因為經濟效益、顧客需求等發展規模是由大變小，改由顧客取向發展。而未來再生能源增加的情況下，分散式能源管理系統(DERMS)將主導未來的電力能源配置，使各種分散式電源(如太陽能、風力、儲能、負載等)達到最佳化的運用，未來市場看好。



圖說：分散式能源管理系統(DERMS)將主導未來的電力能源配置

德國目前因應再生能源增量的措施

德國目前自家太陽光電用戶占總用戶的 21%，再加上燃料電池、生質能等等，德國聯邦經濟及科技部(The German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy)預估德國將會有三分之一的電力來自於乾淨

能源，考量持續攀高的電價以及其他因素，保守估計至少太陽光電的裝置容量也會有兩倍成長，因此再生能源議題在德國似乎是急需解決的問題。為達 2050 年 80% 再生能源發電目標，德國對於未來電網發展所推行的幾項措施如下：

1. 新建南北向的長程輸電線路仍然是必須的。
2. 推廣節能措施。使用節能技術每年可省下 27.5 萬億瓦小時的電力，因此德國致力於節能技術的研究，Darmstadt 大學目前正著手研究金屬加工業的能源效率工廠模型，包含如何進行能源管理、有效率的製程技術以及能源再利用等，若能實行將會節省 40% 的電力消耗。
3. 鼓勵大型工廠採用汽電共生發電。
4. 用戶自行裝設發電設備。TESLA 電池公司目前開發出適用於家庭的小型儲能鋰鐵電池，最大 3KW 的輸出電力足以供應一家四口晚上的居家用電。

維也納科技大學(Technology University Wien)對於智慧電網的看法

因應分散式及再生能源的大幅增加，似乎發展智慧電網就可以解決所有問題，然而願景雖美，實際上仍有許多問題待解決。

目前智慧電網主要面對的是複雜的資通訊(IT)及資安問題：對於未來電網架構，應該要破除舊有將電網以電壓等級、或是集中式電廠與負載的區分概念，而是以點及線的方式，將每個單元(包含發電業者、用戶、儲能設備等)皆視為一個元件，並以連接鏈連成一個電網。

這些元件必須要具備自我監控的能力，且能夠與鄰近的元件溝通，並判斷工作模式(例如發電、或受電、或孤島運轉等)。由於僅需要提供鄰近元件溝通的數據資料即可，監測數據無需要集中至電力中心，可有效解決個資問題。

世界第一個智慧電網示範城市-德國 Mannheim&Dresden

2008 年德國 Mannheim 和 Dresden 成為智慧電網的第一個示範城市，並完成 4 年的建置與測試。這個計劃簡稱為” moma ”。

參與計畫的約有 1000 家用戶，而這個計畫最重要的腳色為每家用戶所裝設的智慧中央控制器:Energy Butler，大小約一個 DSL 的路由器。透過智慧電錶的表計資料，Butler 可以了解用戶的用電情形，並透過每小時回傳的即時電力價格，來決定家電運作時間，例如當市場電價低時可從電網購買電力使冰箱預冷。利用家電來消峰填谷的計畫統計結果，每家用戶可彈性調配用電時間的家電用品約占總家庭消耗的 6~8%。

此外，於電網中各家電廠、變電站、甚至線路皆裝置與 Butler 功能相同的控制器來及時監測調控電力，並使用 PPC 公司(Power Plus

Communications)的電力線路寬頻通訊技術(Broadband Powerline Communications, BPL)，來達到高度的電網可靠度並提升資通安全。介紹影片可參考：https://www.youtube.com/watch?v=qWS_ptk3MUI

二、儲能市場與技術應用

德國儲能市場發展

儲能仍然是發展智慧電網中不可或缺的重要一環，但以目前德國的儲能推廣方向，由於大型儲能需要投資的成本很高，且客源又很少(大多為電力業者)，因此德國目前儲能市場逐漸轉向推廣小型的儲能設備：

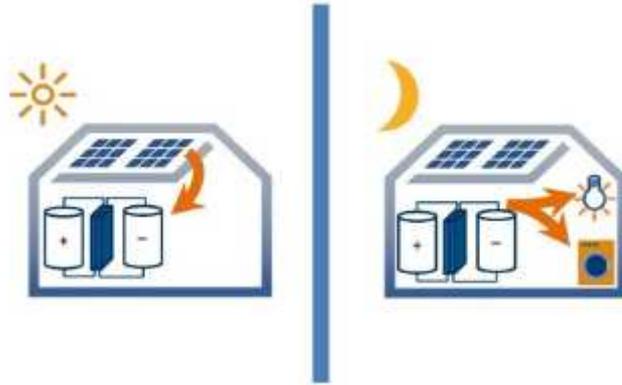
1. 對於小型儲能的看法

- (1) 鼓勵自家用戶裝設太陽能+儲能設備，並搭配能源管理系統(EMS)，當電力價格低時先儲存電能，待電力價格高時就可採用儲能電池裡的電力。能源管理系統(EMS)可取得最佳的能源配置及降低用電成本儲能設備確實能為客戶省下更多的能源並進行更佳的能源調配與利用。
- (2) 目前裝設太陽光電(PV)+儲能電池的成本花費仍比單就裝設太陽光電(PV)還要高出 2~2.5 倍，看似不值得投資，但在德國電價持續升高&設備裝設成本逐年降低的情況下，預估西元 2017~2018 年以後電價超過一度電 0.3 歐元(約台幣 11 元)時，裝設太陽光電(PV)+儲能電池的混合式發電系統就會比購電還來的便宜，推估未來德國市場在 2033 年超過 100 萬的 PV 發電用戶會加裝小型的儲能設備，因此前景看好。
- (3) 小型分散型儲能大多採用鉛酸電池或鋰電池，比較兩者的成本，目前鋰電池的成本仍比鉛酸電池的成本高，但比較兩者的價格趨勢，可以發現鋰電池的降幅較鉛酸電池來的高，因此採用鋰電池似乎較有發展潛力。

電池種類 年度	鉛酸電池	鋰電池
2013	1500 歐元(約 6 萬)	3000 歐元(約 11 萬)
2015	1350 歐元(約 5 萬)	2500 歐元(約 9 萬)
兩年內降幅	10%	18%

- (4) 此外，除了鋰電池與鉛酸電池外，NEXT ENERGY 下的 EWE 研究中心更開發出新型的全鈮氧化還原液流電池 (Vanadium Redox Battery，縮寫為 VRB)，以改善鈮氧化還原技術較差的能量-體積比率、系統複雜性的兩項缺點。新型全鈮氧化還原液流電池，

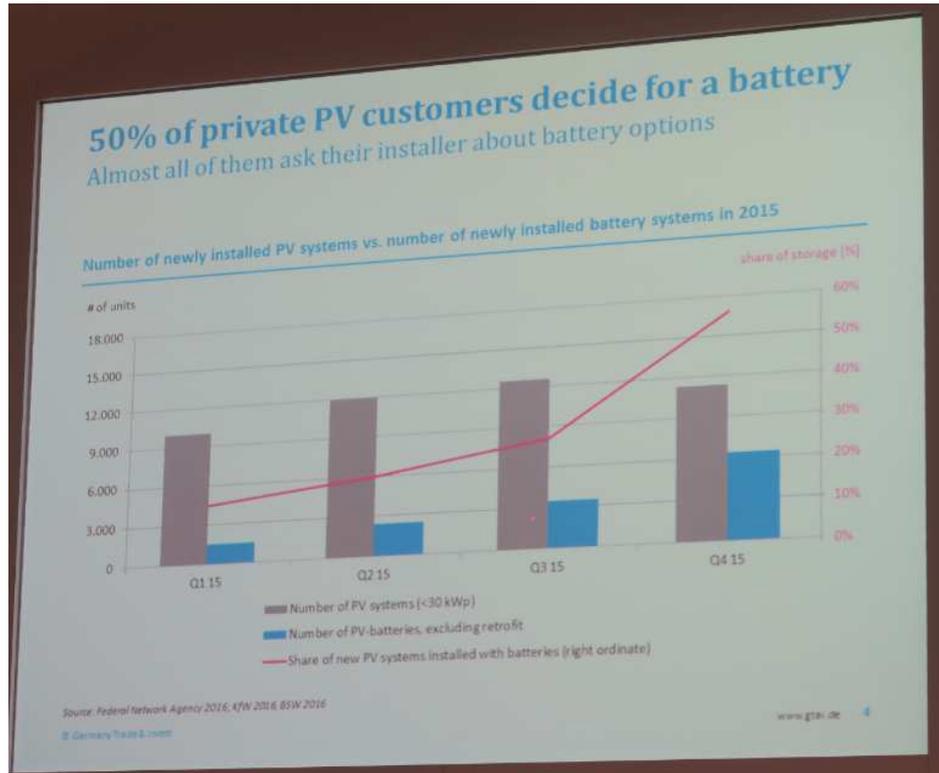
可降低能量-體積比率，且僅需考量直/交流轉換器的問題，即可拿來使用在自家屋頂發電的太陽光電用戶，可將早上多餘的電力儲存供晚上家庭負載使用。



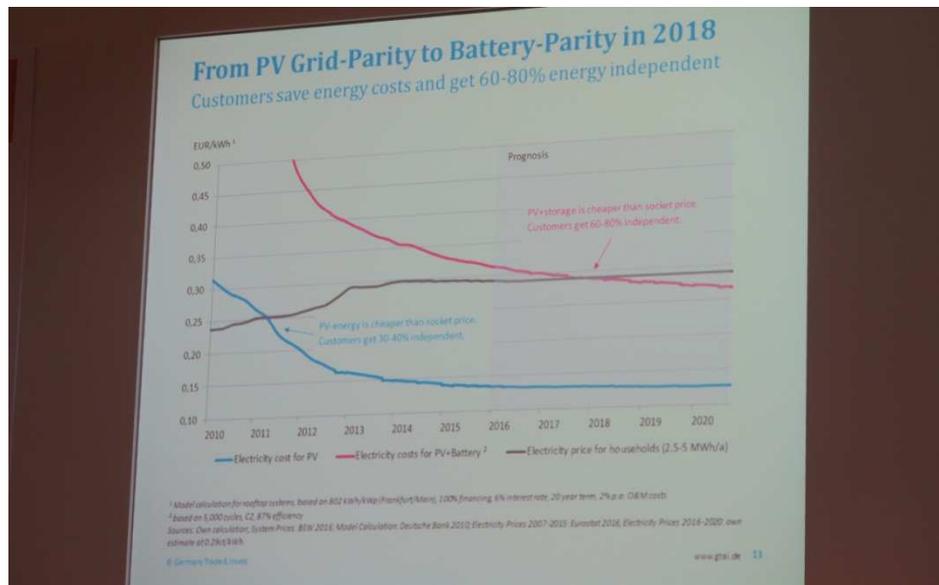
圖說：新型全鈳氧化還原液流電池可將早上多餘的電力儲存至晚上使用

2. 對於大型儲能的看法

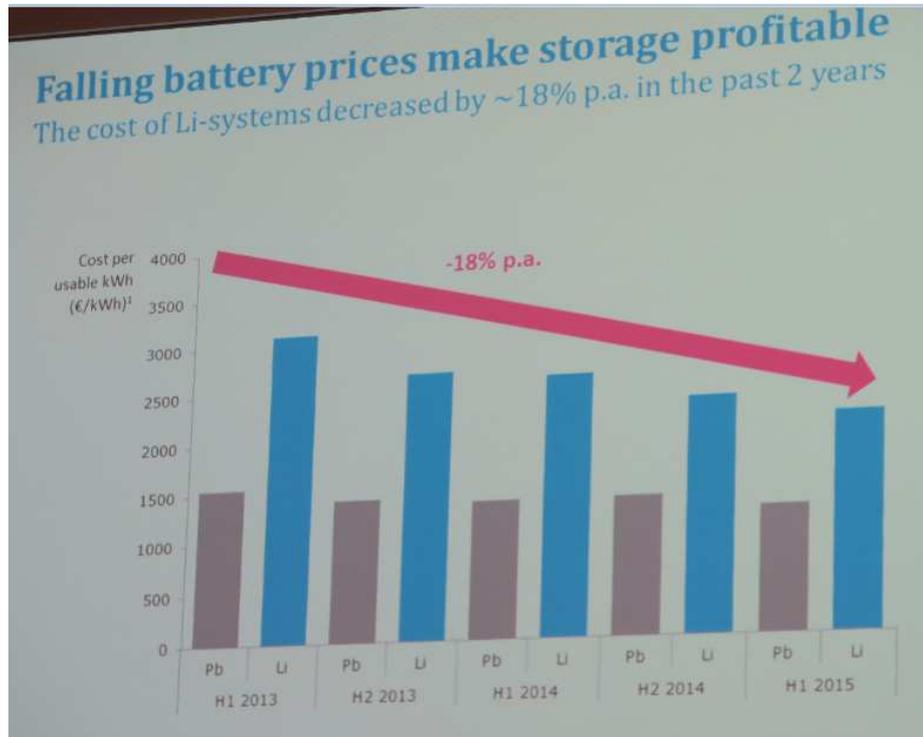
- (1) 大型儲能系統主要用來消峰填谷，並且作為電力系統不穩時及時電力輸出。
- (2) 由於德國晚間的時間電價較高，使用儲能設備能使發電成本降低，此亦為大型儲能發展的誘因之一。
- (3) 2016 年及 2017 年德國 MW 等級以上的大型儲能總裝置容量為 141MW，其中在 2016~2017 年間就建置了約 115MW 的大型儲能設備，且單一設備的裝置容量亦提高許多，由原本 2014 年最大的 5MW 到 2017 年最大 15MW。推估是為德國再生能源占比大幅提升預作準備。
- (4) 由於發展大型儲能需可觀的投資成本，在效益上並無明顯利基，因此效益不明確為目前大型儲能發展停滯不前的主要原因，市場仍待突破。



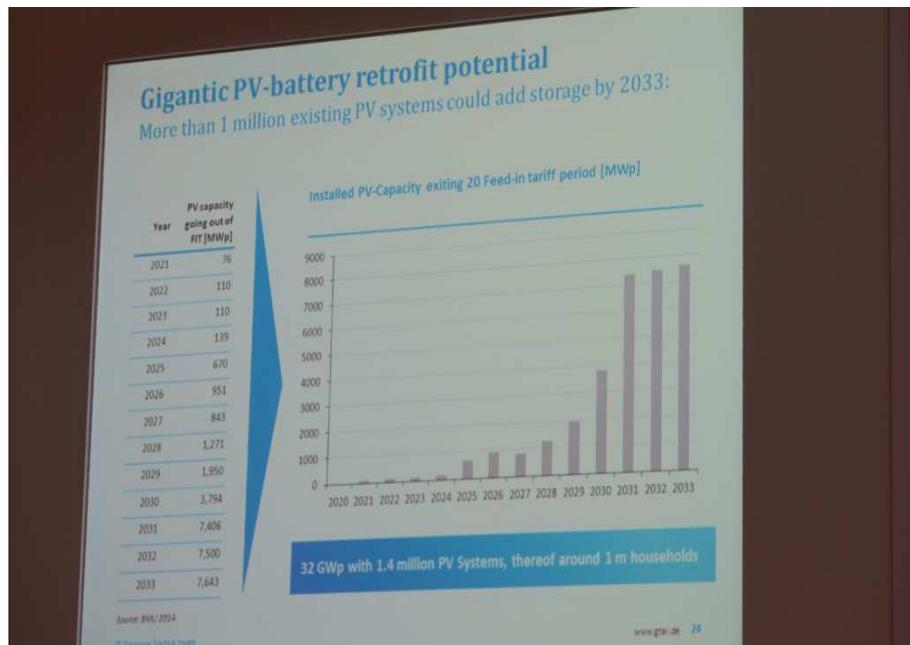
圖說: 目前德國小型儲能的市場, 50%個體戶有裝設儲能的決定權, 代表個體戶已成為主要客源。



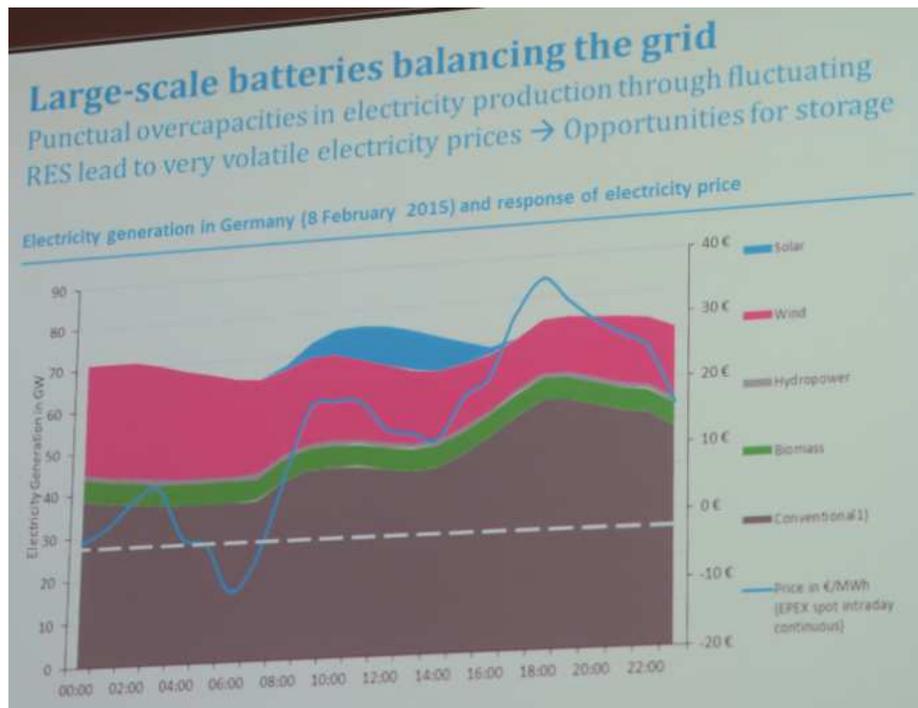
圖說: 雖然目前在德國小型儲能的市場尚未存有經濟效益, 但未來若當電價越來越高時將可以由虧轉盈。



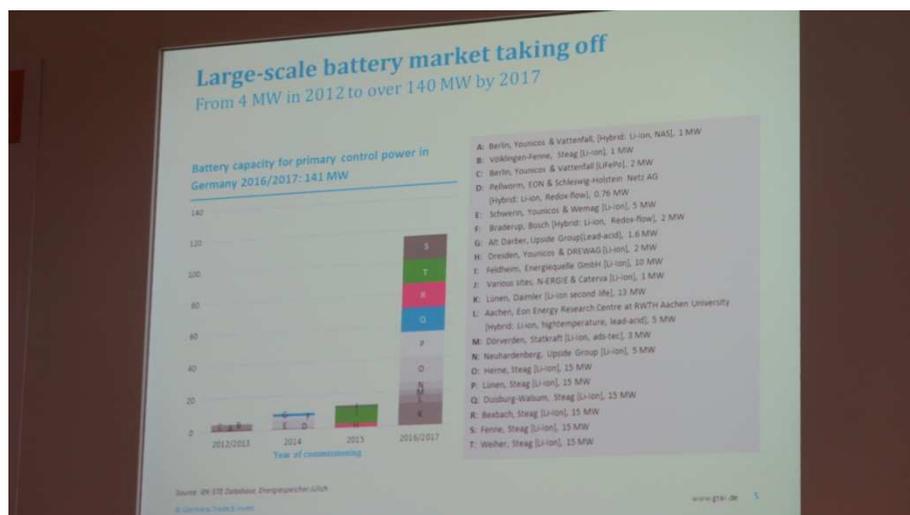
圖說: 比較鉛酸電池與鋰電池的成本，鉛酸電池本身成本較低，但鋰電池的逐年成本降幅較大(約 18%降幅)。



圖說: 推估德國市場在 2033 年 PV 裝置容量約為 140 GW，其中儲能佔約 32GW，約 30%，儲能裝置將大幅增加，前景看好。



圖說：大型儲能系統可作為消峰填谷之用



圖說：近年德國各地裝設大型儲能設備的地點與裝置容量

儲能的創新發展：Power To Gas

本次參展發現有許多展商展示新型的儲能技術模型：將風力轉換為氫氣儲存，以下為此項新型技術的相關說明：

1. Power To Gas 利用產出氫氣作為臨時的儲能系統(也就是能源緩衝器的概念)，在多餘電力時利用電力將其水解為氫氣儲存(或視需求再加工成為甲烷氣體以供其他用途)，而在需要電力時將氫氣利用 PEM 反應再轉換成水並釋出電力。
2. 目前已應用此項新型儲能的公司(建置地點)分別為 Audi (Werlte)、

Enertrag AG (Dauerthal)、Siemens (Mainz)、E.on (Hamburg-Reitbrook) 和 GP Joule (region of North Friesland)：

- (1) Audi 公司在德國 Werlte 建置 P2G 儲能設備，6MW 的風力可以轉換出 1300 立方公尺的氫氣，其所產出的氣體可供該公司電動車做為燃料使用。雖然 Audi 的引擎目前仍無法直接使用氫氣，但此項計畫顯示了燃料可多重利用的目的。
 - (2) Siemens 公司研發的儲能系統產品：Silyzer，採用 PEM 技術，每塊模組容量為 1.25MW，可組成 20MW 或以上等級的系統，循環次數超過 80,000 小時。2015 年在德國 Falkenhagen, Frankfurt and Mainz 建置了一座 P2G(Power to Gas)電廠，主要是用來當重載時作為緊供電力使用。一年的試驗結果下來，平均每小時 2MW 的風力可以轉換出 360 立方公尺的氫氣。這些氫氣將透由管路送往至其他用戶，有一部分亦送至瑞士提供緊供時的電力使用。在 Frankfurt 有 12 家業者共同投資 1 億 50 萬歐元來建造一座 P2G 電廠，平均每小時 320kW 的電力可以產生 60 立方公尺的氫氣。
 - (3) E.on 在 2015 年由 HanseWerk 委託建造 P2G 電廠將風能轉換為氣體儲存。此氣體可以再次轉換為電能發電、充當巴士或交通工具的燃料使用、或材料加工用途，其轉換效率為 72%。
 - (4) GP Joule 公司的儲能系統主要發展小型分散式能源應用，然而 GP Joule 公司仍在 Schleswig-Holstein 設有大型儲能計畫，其系統轉換效率可達 95%以上。
3. 氫氣發電比太陽能及風能更沒有氣候及時間問題，然而產出的氣體必須及時輸送至其他地方或需額外建置氣體儲存槽或封存設備，此外要能有效利用這些氣體還需其他繁複的轉換步驟。
 4. 目前 P2G 儲能電廠的建置成本相當昂貴，尚未足以提供經濟上的利基。以目前歐洲電價來評估，一般燃氣電廠都有可能虧錢運轉，更何況 P2G 電廠的建置成本為一般燃氣電廠的好幾倍。因此目前的 P2G 儲能技術仍以政策走向，德國聯邦經濟及科技部(Federal Ministry for Economic Affairs and Energy)將砸下 2 億 3 千萬歐元來研發風力、太陽能及生質能的儲能新技術。



圖 4-1 GP Joule 公司展示「氫氧燃料儲能電池」

新開發之小容量儲能電池-FastStorageBW II

電池特性可以吸收較大的能量，並保留較長的時間，但其充電時間較慢，且充電次數有限；相反的，電容器具有充電快速、使用時間長等優點，但不具耐力以及受限於儲存能量。因此，產業與學界合作研發出一套工業用的儲能設備：FastStorageBW II，兼具電池與電容的優點，主要使用在電力需求較高的工廠(例如科學園區)、或作為頻率控制使用。FastStorageBW II 主要為鋰鐵電池架構搭配 PEM 水解技術，使用 FastStorageBW II 可以以較小的裝置容量達到與其他設備相同的效果，大幅降低裝置容量以節省成本。

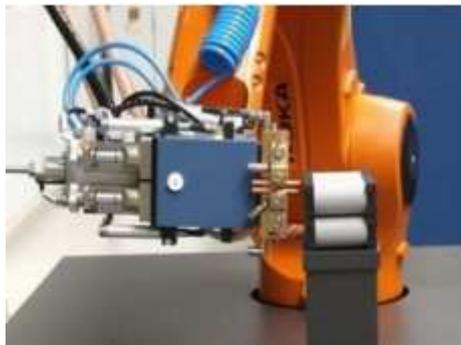


圖 4-2 兼具電池與電容特性的新型儲能電池-FastStorageBW II

三、微電網及儲能建置案例

許多廠家皆有豐富的微電網建置經驗，微電網的建置規模從小到大都有，電網內的能源組成亦不盡相同，而建置計畫的原因不外乎因應廠商試驗、解決公司能源問題或因應國家推廣再生能源。

美國愛依斯電力公司(AES)儲能設備經驗分享

美國愛依斯電力公司(AES)為世界上最大的獨立電力公司(IPP)之一，提供該公司往年於各國大型儲能裝置地區與容量，如圖 4-3，並統整如表 4-1。其中 AES 提到在這麼多的建置經驗中也面臨了許多挑戰，例如在加州的儲能裝置經驗中，於系統裝設 50MW 的儲能設備，相當於提供了 100MW 的調度彈性，然而卻也必須解決調度人員教育訓練、當地政府核可與環評等其他非技術性的問題。

表 4-1 美國愛依斯電力公司 (AES)大型儲能裝置地區及容量

裝置年分	裝置地區	裝置容量
2008	Carina	2MW
2009	Los Andes	24MW
2011	Laurel Mtn.	64MW
2012	Angamos	40MW
2013	Tait	40MW
2015	Warrior Run	20MW
2015	Kilroot	20MW
2015	Cochrane	20MW
2015	Netherlands	20MW
2016	IPL	40MW



圖 4-3 美國愛依斯電力公司(AES)大型儲能裝置經驗



圖 4-4 AES 加州裝置儲能經驗中所面臨的問題與挑戰

BOLT-Battery 公司儲能設備經驗分享

BOLT-Battery 公司特別針對各項儲能電池所產生的問題進行改善，其中一例在海南島，BOLT-Battery 公司針對海南島的電池問題規畫出適合的電池特性，如可裝置於室外(無氣溫調節系統)、至少一星期可充放電容量約 70~80%等。另一例在非洲，改善方案可使電池具備 100%放電能力、無記憶充電功能、在充放電 50%的條件下擁有 1200 以上的循環次數。

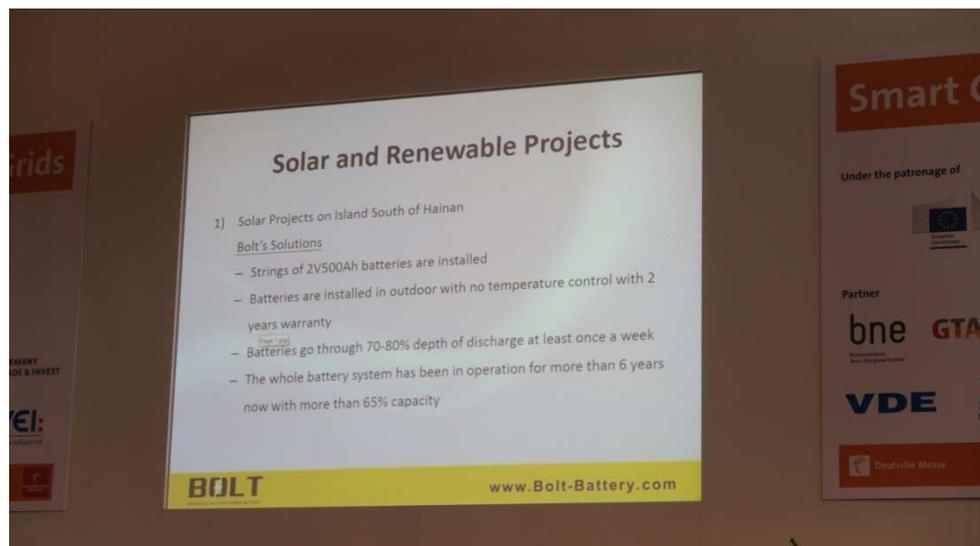


圖 4-5 BOLT-Battery 公司電池改善方案案例 1-海南島

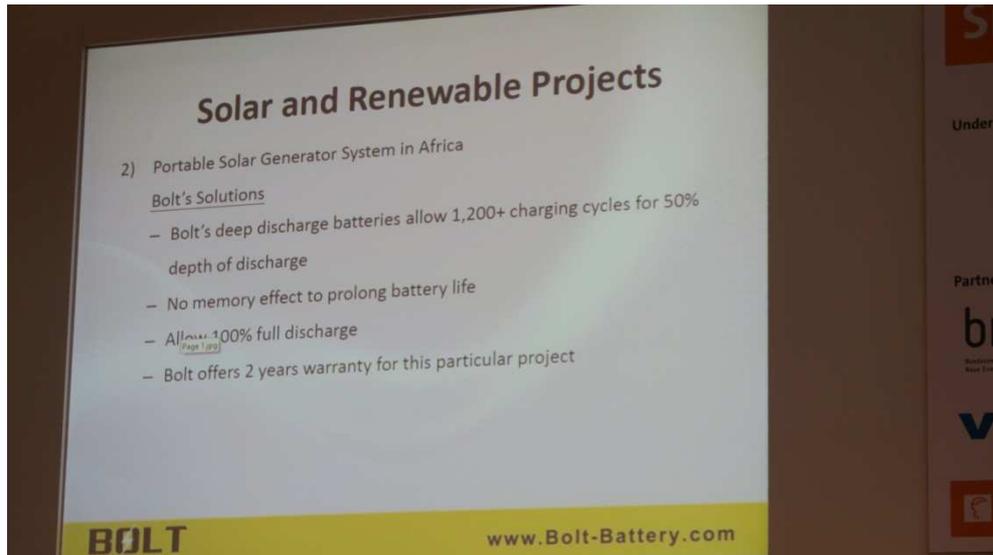
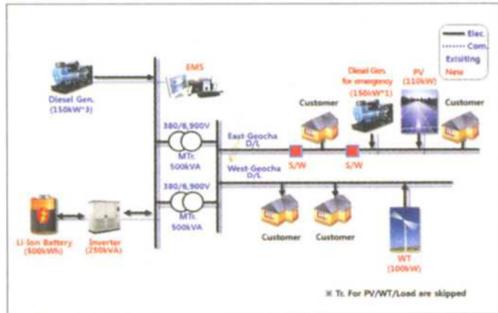


圖 4-6 BOLT-Battery 公司電池改善方案案例 2-非洲

KEPCO 公司微電網建置案例

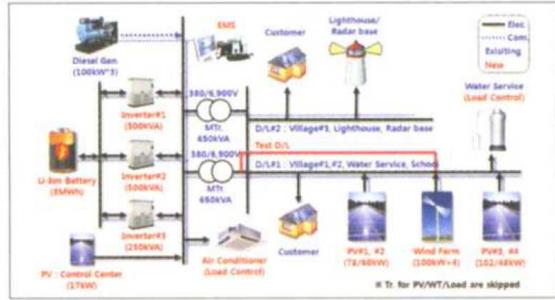
此次參展取得韓國 Kepco 電力公司為電網的建置資料，Kepco 在韓國、非洲、加拿大等皆建有微電網示範區。

微電網建置地區	組成元件	目的
韓國 Geocha 島	110kW 太陽能、 100kW 風機、 500kWh 鋰鐵電池、 150kW 柴油發電機(緊供)、 能源管理系統(EMS)	1. 降低發電成本 2. 提升柴油發電機運作效率
韓國 Gasa 島	305kW 太陽能、 400kW 風機、 3MWh 鋰鐵電池、 可控負載(空調&水力)、 能源管理系統(EMS)	孤島運轉，可進行頻率/ 電壓控制
非洲 Mozambique	50kW 太陽能、400kW 風機、 100kW 鋰鐵電池、20kW 柴 油發電機、可控負載(水 力)、一般負載、電力管理 系統(PMS)	1. 可孤島運轉 2. 使用 DMS 控制 3. 孤島運轉保護機制 4. 消峰填谷
美國加拿大 (Canada)	Penetanguishene 配電變電所 下的 MS-422 饋線建置微電 網，組成包含電池、太陽 光電、負載等	具備電網併聯/孤島運 轉模式，主要示範 DMS (DistributionManagement System)監控成果



System Configuration

Geocha 島



System Configuration

Gasa 島

圖 4-7 KEPCO 微電網建置案例 1&2-韓國 Geocha 島、Gasa 島



圖 4-8 KEPCO 微電網建置案例 3-非洲 Mozambique

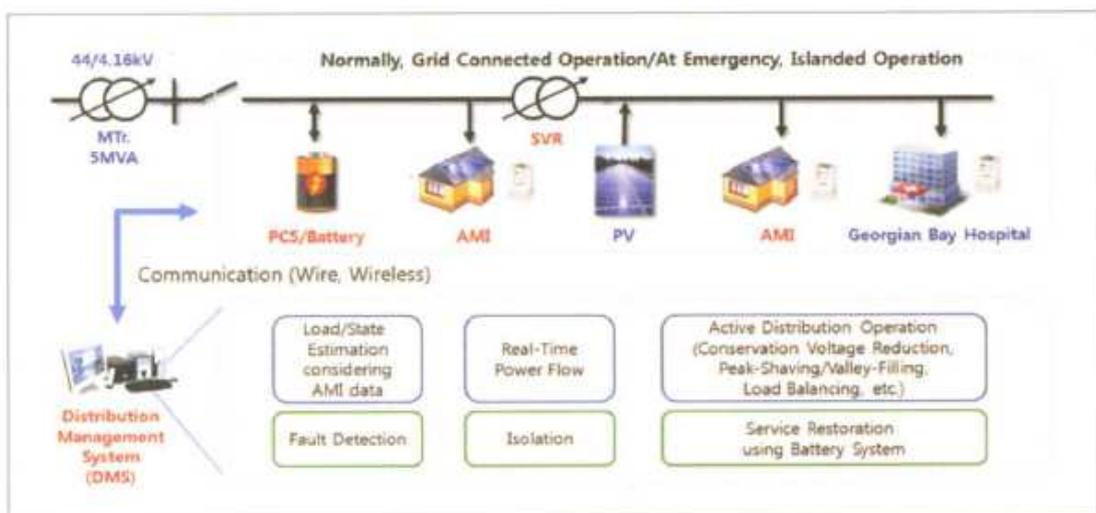


圖 4-9 KEPCO 微電網建置案例 4-美國加拿大(Canada)



ABB's all-in-one innovation makes microgrid control smarter

- Protection
- Connectivity
- Logic
- Management

Emax 2 with automatic transfer switch manages microgrid power sources

- Emax 2 low voltage air circuit breaker with programmable logics for automatic transfer switching integrated
- Compact solution by 800 mm switchgear column
- Check of voltage, frequency and phase angle synchronism conditions enable fast transition to manage off/on grid situations

圖 4-11 ABB 公司開發的微電網管理系統- EMAX2

四、 電動車與燃料電池(Fuel Cell)之發展趨勢

燃料電池(Fuel Cell)在歐美的發展逐漸成熟，目前已由技術研發階段邁向量化階段，大多數都是政府推廣並使用在交通工具(例如 Shuttle Bus、Truck、Cargo van)上，以達到零排放的綠能環境。

以 Ballard 公司的零排放電動車來說，該公司目前電動車有各種類型：如單純採用電池、電池與燃料電池混合、直接由線路供電(需建置巴士軌道及架空線路)等。目前燃料電池引擎的壽命可達到 22,500hr 以上，且可靠度及穩定度極高(>85%)，且價格也較早期下降 75% 以上。因此在 Ballard 公司的簡報中，對電動車的發展相當看好，尤其燃料電池電動車，其可達到零排放的優點，目前 90 台燃料電池引擎的巴士正在運行中，而 2016 年更有大型計畫在運行，將砸下 3.2 千萬歐元引進超過 100 台的燃料電池巴士。



圖 4-12 Ballard 公司零排放電動車類型

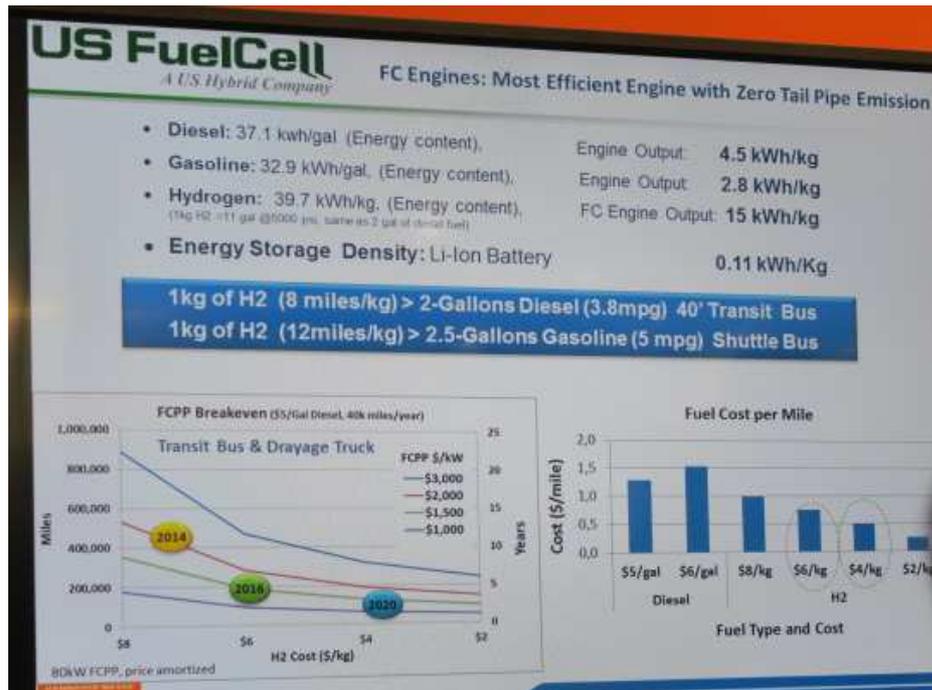


圖 4-13 Ballard 公司零排放電動車效益分析

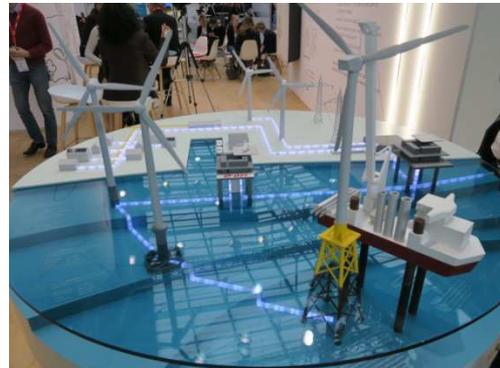


圖 4-14 Ballard 公司對於歐洲電動車的市場發展結論

五、離岸風機發展

由於我國再生能源總體規劃上將離岸風機定為風能發電的發展重點，因此參觀風機廠商如 E.on、ENERCON、Wpd 等大廠欲取得風機產品型錄或更詳細的資訊。然而洽詢多家展商皆展示陸域風機，儘管廠商有離岸風場的建置計畫，但大多為規劃或建置中，較難取得離岸風機之相關資訊，於展場中取得的最大容量的風機廠商/型號為 ENERCON E-126：7.58MW，其次為 ENERCON E-126 EP4：4.2MW。

由於風機發展在歐洲已相當成熟，因此目前風機廠商多半朝向發展風力發電監控或系統整合。對於歐洲風機市場而言，雖然離岸風場為未來發展趨勢，但由於歐洲地大物博，加上陸域風機又具備容易維護等優點，因此現行來講陸域風機仍是歐洲風場的主流。



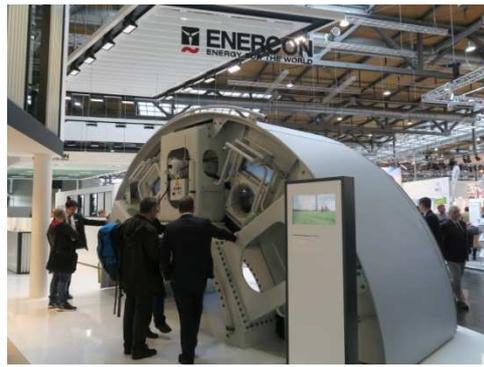


圖 4-15 風機展商展場與產品

六、 新型設備與展商巡禮

電力品質測與分析儀器

目前本公司綜合研究所量測電力品質所使用的儀器為 HIOKE 公司製造，然而本台儀器較為笨重、體積較大、且常有記憶卡不相容的問題，因此本次參展亦參考其他廠牌的電力品質分析儀器，本次洽詢兩家廠家的電力品質分析儀，其一 PLA、另一家為 METRAL。



PLA 廠牌 power quality Analysers



METRAL 廠牌

圖 4-16 PLA、METRAL 電力品質分析儀

各式電動交通工具



電動重型機車



利用太陽能板發電的電動賽車



電動滑板車(16V、8.8Ah 鋰鐵電池)

展場紀實

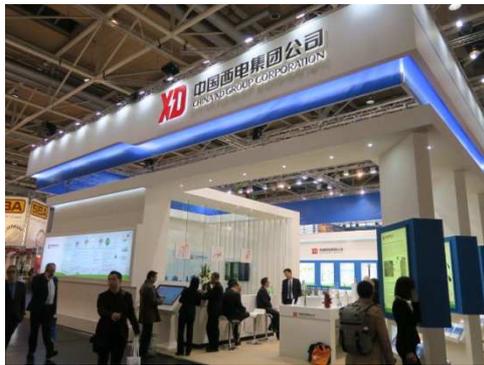






圖 4-17 其他大廠巡禮

伍、出國心得與建議

本次實習參觀國際各大能源廠商的最新技術與研發成果，並從中瞭解未來的能源發展趨勢，許多經驗與看法可借鏡於我國智慧電網發展規劃之參考。本章節彙整實習期間所得之心得與提出我國智慧電網發展及電力品質解決方案之建議。在能源發展趨勢方面，心得如下：

1. 對於國際間能源發展趨勢，「智慧電網」、「虛擬電廠」以及「再生能源」為新能源發展主軸，此點是無庸置疑的。但除了積極開發新能源，亦須尋求既有能源的最大利用，例如汽電共生具有節能減碳、能源再利用等優點，並可進行需量反應，亦可算是一種分散式能源，因此德國規劃在2020年前汽電共生的發電比率要達到25%以上。相較於本國目前汽電共生發電比率較低，應可評估是否效仿德國推廣汽電共生發電。
2. 對於未來電力能源架構，應要捨棄以往對於集中式電力系統(電廠、線路、用戶)的舊有概念，而是以分散式的系統結構：以點(發受電單元)、線(電力及通訊線路)、面的方式來思維。甚至有講者認為往後的大型電力公司已不敷存在，取而代之的是各種分散式的小型電業以及資料控管的網路公司。
3. 要能發展健全的智慧電網：仍須著重於資通訊、巨量資料整合、以及良好的監控設備。由於未來的電力系統將不再侷限在電力問題，同時亦須解決通訊與資料處理問題。此外為解決資安問題，學者更提出另一項新思維：監控資料其實並不需要集中管理，而是以每個發受電單元所裝設的能源管理系統擔任資料處理腳色，僅需要將溝通協調的資料共享即可，此舉可保留許多不需要共享的機密資料。

另外在因應再生能源增加以及增強電力品質方面，心得如下：

1. 無論是風機或是太陽能，皆傾向業者須自行裝設電力調控設備，以維持電網穩定度。此外風機本身的控制技術似乎已相當成熟(例如現在風機大多已具備低電壓穿透能力(LVRT))，因此許多風機廠家紛紛開始轉往叢集式的風力能源管理系統發展。
2. 雖然目前儲能推廣範圍有限，但產家仍呼籲儲能是達到智慧電網不可或缺的重要項目。由於大型儲能的投資成本相當昂貴，因此德國儲能市場已改由向分散式再生能源發電用戶推廣小型儲能。而且儲能還須搭配家庭能源管理來取得最佳的家庭用電配置，以節省用戶的電力花費。然而業者也強調儲能推廣非常困難，歐洲因為電價因素(電費相當昂貴且逐年攀升)還可能有用戶願意投資小型儲能，具有市場利基；然而對於我國極低的電價而言，完全不具備小型儲能的發展市場。電價可左右全國的用電行為，因此仍建議我國考量能源成本下合理的調高電價，以符合正常的市場機制。
3. 國際間各國微電網的建置經驗都已相當豐富且成熟，各個微電網的配

置皆因應各地方需求、或為達到特定目的，而在設計架構上有所不同，可說是每個案例皆是個案。於展場中亦口頭詢問廠家該如何有效規畫合理的微電網組成元件(例如風機、太陽光電或儲能等)，廠家回應這仍需依預算、環境條件等來評估，並無一定的評估標準。

4. 以目前微電網的發展，已從示範功能逐漸轉向實際應用來解決各地能源問題，以作為電力系統解決方案之一。而無碳島微電網的成功案例亦不少，因此我國需積極推廣複合功能型的微電網，且亦可考慮開發無碳發電的電力系統。

從本次參展的能源整體產業趨勢來看，大型電力補償設備(如 SVC、FACTS 等)因投資成本過高、較無市場遠景，展商似乎不太展示與推廣運用於大系統的補償設備或是產品，取而代之的是適用於分散型電網的小型設備。這似乎代表著整個智慧電網、再生能源或電力補償設備之走向慢慢朝往顧客導向為主的商品發展，分散式的小型用戶已成為市場發展重心。

由於本展覽主要是從產業角度端看整個能源市場，較難以從國家政策面來取得能源發展政策或是實際執行狀況及困境等資料；此外，本次實習走訪大廠的結果發現，展商對於商品的公開資料大多可在該公司網站上查詢的到，然而更詳盡或較為機密的資訊(如價格、成本、實際運行狀況或該產品可能引發的問題等)，儘管口頭詢問亦難以取得。因此建議要取得廠商內部的詳細資訊，仍需透過直接拜訪廠家深入交談、或透由買賣及合作關係等管道較有助益。

陸、 出國期間所遭遇的困難與特殊事項

本次參展期間總體來說大致順利，但仍遇到幾個突發狀況，主要都是遇到交通問題：

1. 5/25 開幕當天由於美國總統歐巴馬蒞臨，因此維安拉到最高等級，戒備相當森嚴。當日前往展場途中即因交通管控而使捷運無法開往展場，中途強制旅客下車，由於下站地點離展場距離仍相當遙遠，改搭其他交通工具仍有交通管控的問題，因此僅能選擇原地等待可達展場的班次。所幸約 20 分鐘後即有一班車可抵達展場。抵達展場後又因進場人數限制無法進入，因此改以步行前往其他門口進入展場，經過幾次波折後抵達展場已將近中午時分，導致原定要聆聽的論壇被迫取消，稍嫌可惜！



圖 6-1 2016/05/25 歐巴馬總統蒞臨展場

2. 5/26 又遭遇漢諾威交通聯營公司(GVB)罷工遊行，捷運停駛一天。所幸當日仍有火車可以搭乘，因此當機立斷改從住宿地步行約 40 分鐘到漢諾威火車站搭火車前往展場，工作結束後再返回住宿地點。



圖 6-2 2016/05/26 GVB 罷工遊行導致交通停擺

參展期間亦須感謝台灣 Beckhoff 代理商提供充足的展覽資訊、漢諾威工業展台灣辦事處提供門票等，讓參展計畫得以順利進行，並在參展期間也與許多台灣廠商交流、巧遇台科大留德的參展學生，豐富參展行程。



圖 6-3 與台灣廠商、及留德的台灣學生合影