

出國報告（出國類別：開會）

（裝訂線）

太陽光電與智慧型網路併聯之 電力品質問題研討

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：楊金石/十三等電機工程監

派赴國家：日本

出國期間：97/04/22~97/04/25

報告日期：97/06/12

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：太陽光電與智慧型網路併聯之電力品質問題研討

頁數 33 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話 台灣電力公司人資處/陳德隆/0223667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

楊金石/台灣電力公司/綜合研究所/電力研究室主任/02-80782269

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：97/4/22~97/4/25 出國地區：日本

報告日期：97/6/12

分類號/目

關鍵詞：太陽光電、智慧型電網、電力品質

內容摘要：(二百至三百字)

隨著未來小容量分散式電源佔比提高，如何兼顧安全及電力品質來進行整合運轉控制是近年來受到相當重視之議題，歐洲、美國及日本等國已紛紛針對所謂分散式微型電網進行模擬分析及驗證系統建置等。

分散式微型電網可獨立運轉或與電網相連接，其運轉與控制是一大挑戰，亦即如何進行微型電網之頻率調節、電壓控制、功率分配、孤島運轉檢出及電力品質保持乃相當重要技術。

日本在 NEDO 主導規劃下，進行頗多的分散型電源併網的現場實測驗證研究計畫，實證大量及不同分散型電源併入電網後，對電力品質影響及改善措施之驗證。目前台電公司亦提出智慧型電網里程規劃，並首先針對微型電網系統調度控制技術等進行研究、技術開發及模擬分析，為瞭解日本技術開發現況並進行交流，以作為國內參考，故安排前往日本仙台與前橋兩個不同場址進行研討及現場參訪。

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

出國報告審核表

出國報告名稱：太陽光電與智慧型網路併聯之電力品質問題研討		
出國人姓名（2人以上，以1人為代表）	職稱	服務單位
楊金石	13等電機工程監	台灣電力公司綜合研究所
出國期間：97年4月22日至97年4月25日		報告繳交日期：97年06月12日
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「目的」、「過程」、「心得及建議事項」） <input checked="" type="checkbox"/> 3.內容充實完備 <input checked="" type="checkbox"/> 4.建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 5.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 6.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 7.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"/> 內容空洞簡略或未涵蓋規定要項 <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"/> 8.本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表： <input 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"/> 9.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。

	單位	主管處	總經理
報告人：	主管：	主管：	副總經理：

出國報告目次

壹、目的與任務	4
貳、行程簡介	6
參、參訪仙台微型電網實證系統	7
一、NEDO 簡介.....	7
二、仙台不同電源供應不同電力品質測試場架構	10
三、仙台不同電源供應不同電力品質測試場測試結果.....	14
肆、參訪 Akagi Testing Center 實證系統	16
一、Akagi Testing Center 簡介.....	16
二、自發性配電系統	18
(一) ADAPS 基本架構.....	18
(二) 背對背迴路平衡控制系統	20
三、群聚式太陽光電模擬系統	23
(一) 模擬系統架構	23
(二) 孤島偵測系統	27
伍、Wakkanai 之 5 MW 太陽光電發電系統實證經驗	28
一、架構.....	28
二、測試結果	28
陸、心得與感想	31
一、心得.....	31
二、感想.....	31
柒、建議事項	32
捌、參考資料	33

壹、目的與任務

隨著未來小容量分散式電源佔比提高，如何兼顧安全及電力品質來進行整合運轉控制是近年來受到相當重視之議題，重要區域內建立微型電網以提高供電可靠度逐漸受到重視。歐洲、美國及日本等先進國家，已紛紛針對所謂分散式微型電網進行研究，包含模擬分析及驗證系統建置等。

分散式微型電網除可獨立由分散型電源(再生能源)供應電力外，另可與電網相連接，當電網發生故障停電時，微型電網將可維持系統獨立運轉，此時微型電網之運轉與控制便是一大挑戰，亦即如何進行微型電網之頻率調節、電壓控制、功率分配及電力品質乃相當重要技術，另將微型電網併入系統組成智慧型電網亦為重要議題。

日本微型電網的研究重點包括：以風能或太陽能等為主電力來源，將可控式分散型電源與儲能裝置一併整合，建立能源管理系統，進行孤島運轉測試，以最佳化電力品質，以及發展具有負載追蹤功能的微型電網。

微型電網的特色包括：（1）小型的發電機組種類繁多，其中微型渦輪機組所扮演的角色至為重要；（2）儲能裝置可以分成直流與交流兩種類型；（3）多功能的換流器裝置，微型電網中所使用的換流器裝置本身具有調整不平衡電源的能力；（4）微型電網中的發電機組與負載之間的距離較近，因此微型電網將對用戶與電力公司帶來優勢。

日本在 NEDO (New Energy and Industrial Technology Development Organization) 主導規劃下，進行一些實證研究計畫，主要研究實證大量及不同分散式電源(再生能源)併入電網後，對電力品質之影響，例如：頻率穩定、電壓控制、保護與其他電力品質問題，以及改善技術之開發及驗證。

對於太陽光電併網技術相關計畫包含兩個實驗子計畫以及一個研究子計畫。第一個實驗子計畫為群聚式太陽光電併網技術示範計畫，開發出可控制配電系統之電壓與電力潮流之設備。第二個實驗子計畫則為不同供電品質等級系統之示範計畫，係於仙台市建置試驗設施，包括：一組太陽光電、兩具氣輪引擎發電機、一具 MCFC，以及各種不同的補償設備，經由該措施測試以不同電力品質供應不同用戶以符合不同的電力品質需求。

併網研究子計畫於赤城試驗中心 (Akagi Testing Center) 進行，新的測試裝置包括：靜態虛功補償器 (SVC)、電壓調整器 (SVR)，以及環路平衡控制器 (LBC, Loop Balance Controller) 等安裝於赤城試驗中心之模擬配電系統上，該設備，SVC、SVR 用於配電線電壓之控制，並偶而實際應用於電力系統上，本計畫並檢驗該設備之整合控制效應。LBC

則是一種新型配電網路設備其使用背對背變流器來控制二條饋線之電力潮流，本計畫開發出兩種容量的 LBC，分別為 500kVA 及 1000kVA，500kVA LBC 含兩個變壓器。1000kVA LBC 不需變壓器，可減少重量以便安裝於電桿上。

目前本公司亦提出智慧型電網里程規劃，並首先對微型電網系統調度控制技術等進行研究、技術開發及模擬分析，並將於綜合研究所樹林所區建置一為電網示範系統。為瞭解日本技術開發現況並進行交流，以作為本公司參考，故前往日本研討與實地參訪微型電網實證系統之經驗。

本次在日本 NEDO 邀請下，將前往該機構位於仙台市與前橋市赤城試驗中心兩個示範場址進行現場考察及交流，以了解日本在因應系統併聯諸多分散式電源，建立維持電力品質之系統控制技術與驗證分析結果，另前往 NEDO 總部，研討其正進行之大型太陽光電（Mega-PV）計畫。

貳、行程簡介

- 97.4.22 去程（台北→東京）
- 97.4.23 赴仙台研討、參訪微型電網實證系統
- 97.4.24 赴前橋 Akagi Test Center 研討、參訪微型電網實證系統
- 97.4.25 上午：拜訪 NEDO (東京區辦公室)研討設置於 Wakkanai 之 5 MW 太陽光電發電系統等實證經驗
下午：回程（東京→台北）

參、參訪仙台微型電網實證系統

一、NEDO（新能源暨產業技術綜合開發機構）簡介

本次出國係受日本NEDO (The New Energy and Industrial Technology Development Organization) 邀請參訪仙台與赤城示範模擬系統，因此首先介紹該機構。

NEDO為日本最大公營R&D管理組織，於2003年10月1日成立，任務為促進先進的工業、環境、新能源與節能技術的開發，其由日本政府之經濟、商業與工業部門出資成立，主要成員包括：政府派任官員、各電力公司與各產業（例如三菱電機）調派人員（薪水由各公司支付）、派遣人員等組成，職員數約1000人。

NEDO於2003年啟動含分散型能源之區域性電網計畫（Regional Power Grid with Renewable Energy Resources Project），裡面包含三個子計畫，分別是：The Aomori Project in Hachinohe、The Aichi Project near the Central Japan Airport與The Kyoto Project at Kyotango。其中Aomori計畫中之微型電網架構僅利用風能、太陽能與生質能等再生能源發電，具有能源管理系統，因此有助於降低運轉損失、減少CO₂ 汙染以及維持共同耦合點電力潮流的穩定。成立分散型與再生能源併網計畫之背景如圖1所示。

NEDO的 R&D重要目標之一為解決分散型與再生能源併網之問題，內容包括：

1. 頻率穩定
 - 降低再生能源（例如風力發電）因輸出變化之不良影響
 - 盡量管理新能源，使達供需平衡。
2. 電壓控制
 - 降低群聚式PV系統之電壓昇，改善產生能源之使用效率
 - 發展配電級電壓控制設備
3. 保護：發展防止孤島運轉之保護系統。
4. 其他電力品質問題：
 - 檢測分散型電源是否可能提供高品質之供電系統
 - 提出改進諧波與不平衡之方法
5. 技術發展：
 - 燃料電池與生質能議題之解決
 - 發展低成本、輕型化、長壽命

NEDO併網相關計畫（Grid-Connection related Projects in NEDO）包括：（圖2）

1. 群聚式市電併聯型太陽光發電系統實證研究
2. 針對太陽光發電系統大規模集中導入時，進行電力系統之對策研究
3. 住宅用太陽光發電導入促進對策
4. 對於住宅用太陽光發電系統設置者加以補助計畫
5. 含分散型能源之多種電力品質供應之示範系統
6. 大型太陽光發電系統併網技術等

NEDO自2008年起有關新能源的研究計畫包括：

- 次世代風力發電技術研究開發（基礎・應用技術研究開發）
- 次世代風力發電技術研究開發事業（自然環境對應技術等）
- 集中連系型太陽光發電system成果普及事業
- 單獨運轉檢出裝置之複數台連系試驗技術開發研究
- Biomass energy—先導技術研究開發
- 超導體電力機器技術開發
- 地域biomass熱利用field test事業
- 太陽光發電system實用化促進技術開發
- 風力發電電力系統安定化等技術開發事業
- 太陽光發電新技術等field test事業
- 太陽熱高度利用system field test事業
- 革新的太陽光發電技術研究開發
- 離岸風力發電技術研究開發事業
- 風力發電field test事業（高海拔風況精查）

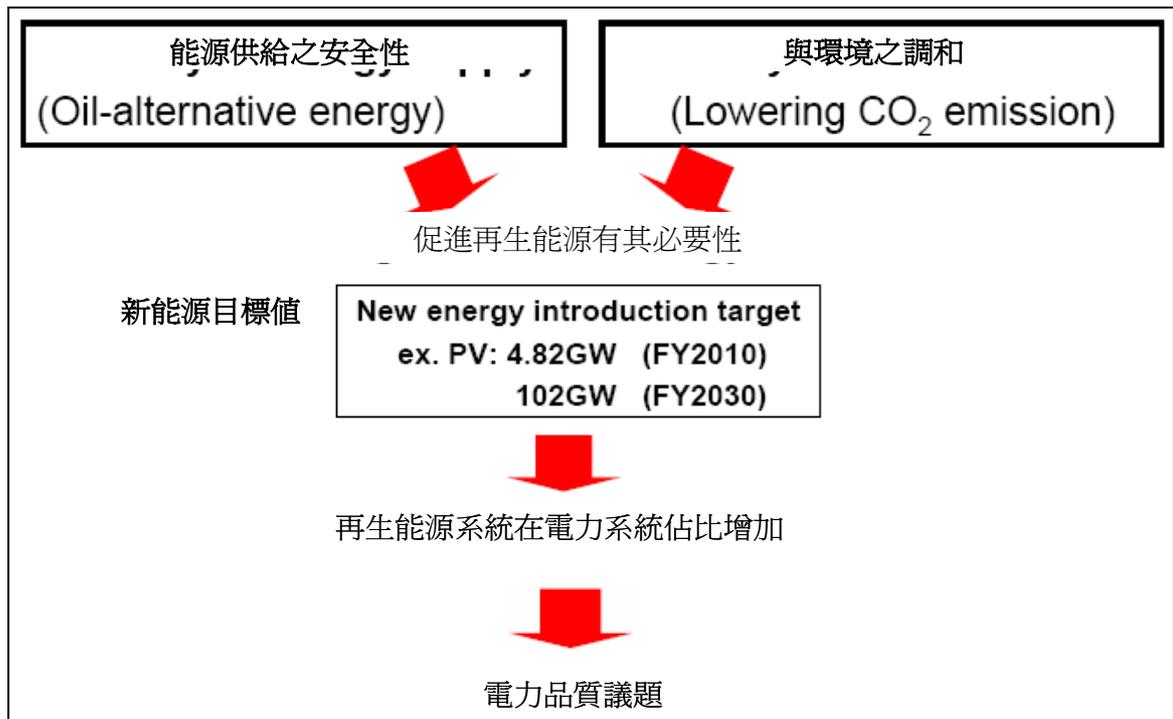


圖1 NEDO成立分散型能源併網計畫背景



圖2 NEDO併網相關計畫 (2002-2010)

二、仙台不同電源供應不同電力品質測試場架構

該示範系統使用不同分散型電源供應用戶不同等級之電力品質，由NEDO委託NTT FACILITIES執行，參與機構並包括：東北福祉大學、仙台市政府及NTT綜合研究所，時程4年，花費約24億日圓。

當許多分散型能源加入系統時需保持電力品質，而用戶需要高品質電力，因此當分散型能源加入系統時，需建置系統控制技術以保持電壓等電力品質，並以分散型能源及補償器建置電力品質（停電與電壓驟降）控制技術，提供用戶所需不同供電品質之電力。該計畫應用模型化配電網來展示有效的系統控制技術，並以私有配電線路展示不同供電品質系統。

展示之電力品質分成：

高品質A：不斷電

高品質B：補償至正常電壓，15msec內將故障移除

標準品質C：1分鐘內將故障移除

DC 不斷電：DC 供電、不斷電本計畫之運轉模式分成：time schedule、minimum cost、receiving power、minimum CO₂ 等。

圖3是仙台微型電網位置圖，示範區域包括東北福祉大學與仙台市，其間以道路分隔。

圖4為仙台微型電網控制中心架構，該電網之電源包括：一台250 kW 的燃料電池、二部350 kW 的天然氣機組、50 kW 太陽光發電，以及一個50 kW 太陽光電的蓄電池組所組成，並直接供應部分直流負載與提供四種不同等級之交流供電品質給一所大學和市政府污水處理廠，圖5為單線圖。此一計畫之研究目標有二，第一為確保微型電網內所有的複合式能源共同運轉時，必須能夠提供穩定的電力品質；第二為比較複合式能源的電力品質與傳統不斷電系統設備之間的經濟可行性。

圖5為整合式電力供應器（Integrated Power Supply），包括：AC/DC、DC/AC、DC/DC等換流器，並有600AH蓄電池、DC匯流排，以及旁通線路等。圖6為MCFC外觀與規格，額定電壓420V，功率因數0.9，總效率（電及熱）高達65%，其中熱的利用為地處較高緯度之仙台市所需。若在台灣因氣候較熱，對於燃料電池或引擎發電機所產生之熱的應用則較少。

表1為仙台計畫所使用之電力電子裝置的規格，使用之換流器可進行AC/DC、DC/AC及DC/DC變換。表2為串聯補償器（DVR）之規格，包括200kVA與600kVA兩種額定，可補償100%壓降 200mSec。

表 3 為仙台多供電品質併網計畫中負載之電力品質等級及需求，DC 與 A 等級平時由變流器供電，對電壓變動與頻率之變動均有補償；B 等級有 3 類，對電壓驟降加以補償，但仍會發生停電；C 等級電力品質於停電時，使用備用發電機供給電力。

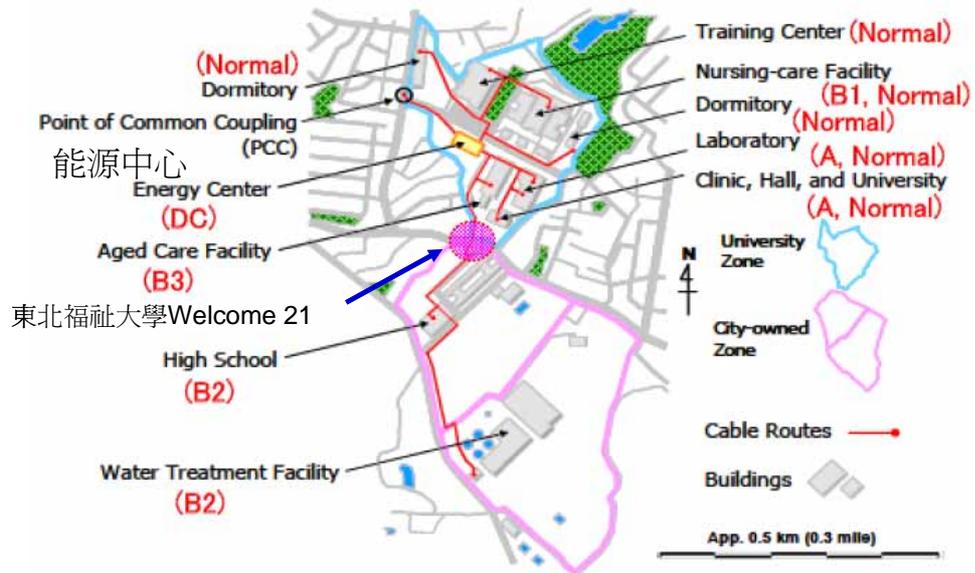


圖3 仙台微型電網能源中心位置（攝於東北福祉大學Welcome 21之頂樓）



圖 4 仙台微型電網能源控制中心架構

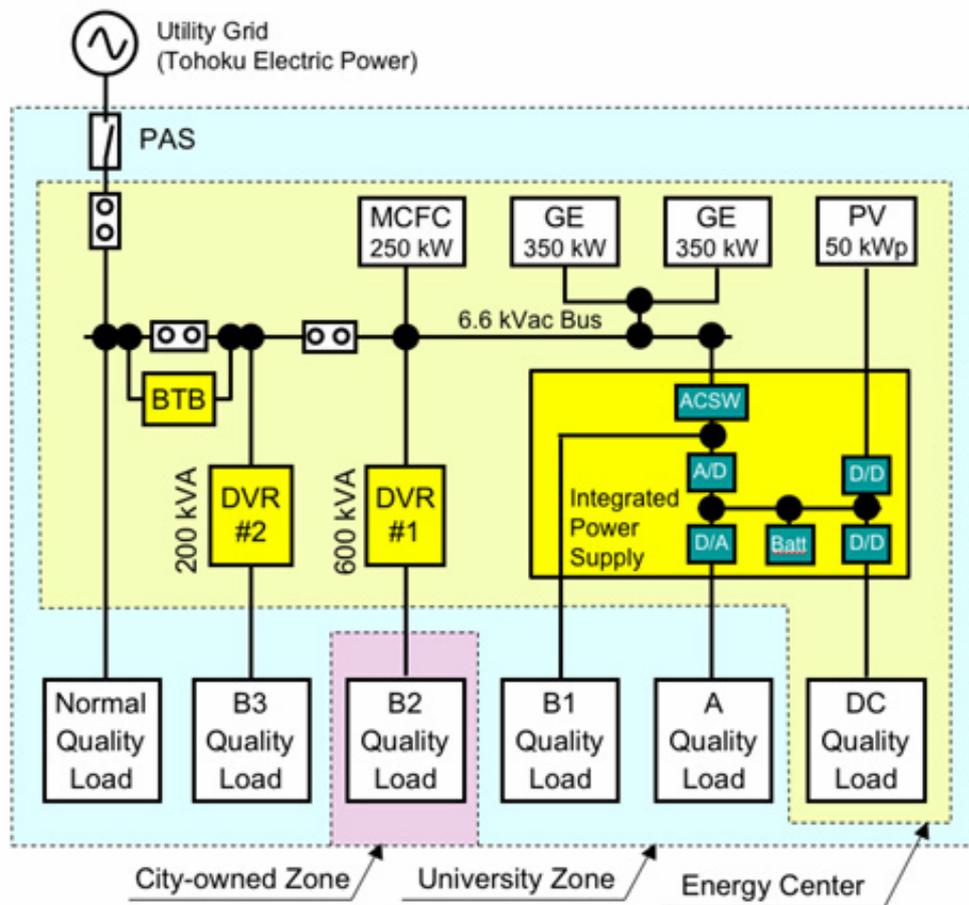


圖 5 仙台微型電網單線圖



AC output: Rated power 250kW
 Frequency: 50Hz
 Rated voltage: 420V
 Power factor: 90% (lag)
 Efficiency: 47.0% Heat: 18.0%
 Total: 65.0%

圖6 MCFC外觀與規格

表1 仙台計畫使用之電力電子裝置規格

Type of power electronics	Capacity	Input voltage	Output voltage	Remarks
Bidirectional converter	300kVA	AC400V	AC200V DC428V	Power quality B1
High quality A inverter	20kVA	AC400V DC 428V	AC400V	High quality A
PV connection converter	50kW			
DC-DC	20kW	DC 428V	DC 300V	DC Output
Battery	600Ah			

表2 串聯補償器 (DVR) 之規格

Terms	Specification
Input-output voltage	AC 6600V
Capacity	200kVA and 600kVA
Compensating length	Compensating 100% drop in 200msec
Compensation condition	Starting compensating within 10msec by detecting 8% of voltage drop
Connected consumer	Consumer class B2 and B3

表3 負載之電力品質等級及需求

需求	分類					
	DC Power	AC Power				
		Level A	Level B1	Level B2	Level B3	Level C
停電	NI	NI	< 15ms			1 min.
電壓驟降	Y	Y	Y	Y	Y	-
跳脫	Y	Y	Y	Y*1	-	Y
電壓變動	Y	Y	Y*2	Y*2	Y*2	-
電壓諧波	Y	Y	-	-	-	-
電壓不平衡	N/A	Y	-	-	-	-
頻率變動	N/A	Y	-	-	-	-
備援之時間	設備能安全關機之所需時間		200ms以上			根據分散型能源之能力
所需電力品質之潛在用戶	電腦伺服器設備	電腦伺服器設備	電腦工作站 高壓水銀燈具 半導體製造設備			抽水設備

三、 仙台不同電源供應不同電力品質測試場測試結果

本計畫特別以背對背電壓源型換流器（Back-to-back voltage source converter）來產生人為的電壓驟降測試補償設備的功能。圖 7 為背對背電壓源型換流器控制盤與顯示畫面（Simulator and BTB control board），由於係背對背架構，因此電壓驟降試驗時不影響電力公司之供電。背對背電壓源型換流器之規格如下：

輸入(Input capacity)：1100Kva	輸出(Output capacity)：1000kVA
電壓額定(Input/Output voltage):AC 600V	效率(Efficiency)： more than 90%
頻率(Frequency)：50Hz±5Hz	諧波(Harmonics)：1 kHz（ up to 20th ）
尺寸(Size)：12000×2300×3100 mm	

圖 8 為利用背對背換流器產生人工電壓驟降之測試波形，壓降至 0.8pu，持續 100ms。測試結果顯示 A 級與 DC 級供電之負載幾無影響，B2 級負載之電壓補償較不足。

另經一段時間實測顯示，除尚有 2 次之常態供電品質落於 ITIC 範圍內，其餘均符合 ITIC 規範。

經由此微電網示範計畫，所獲得之技術可得較佳之電壓管理，提供用戶穩定的電力品質，解決再生能源併網之限制。另 PQ 補償效果亦獲證實。



圖 7 背對背電壓源型換流器控制盤與顯示畫面（Simulator and BTB control board）

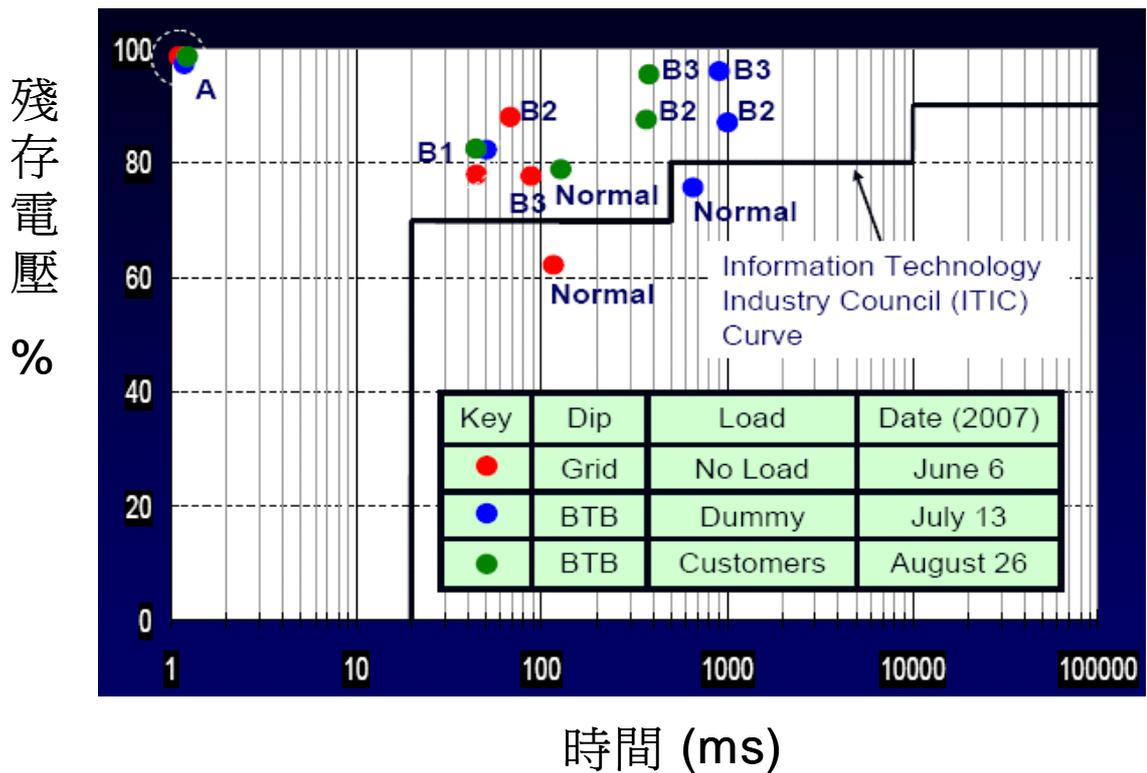
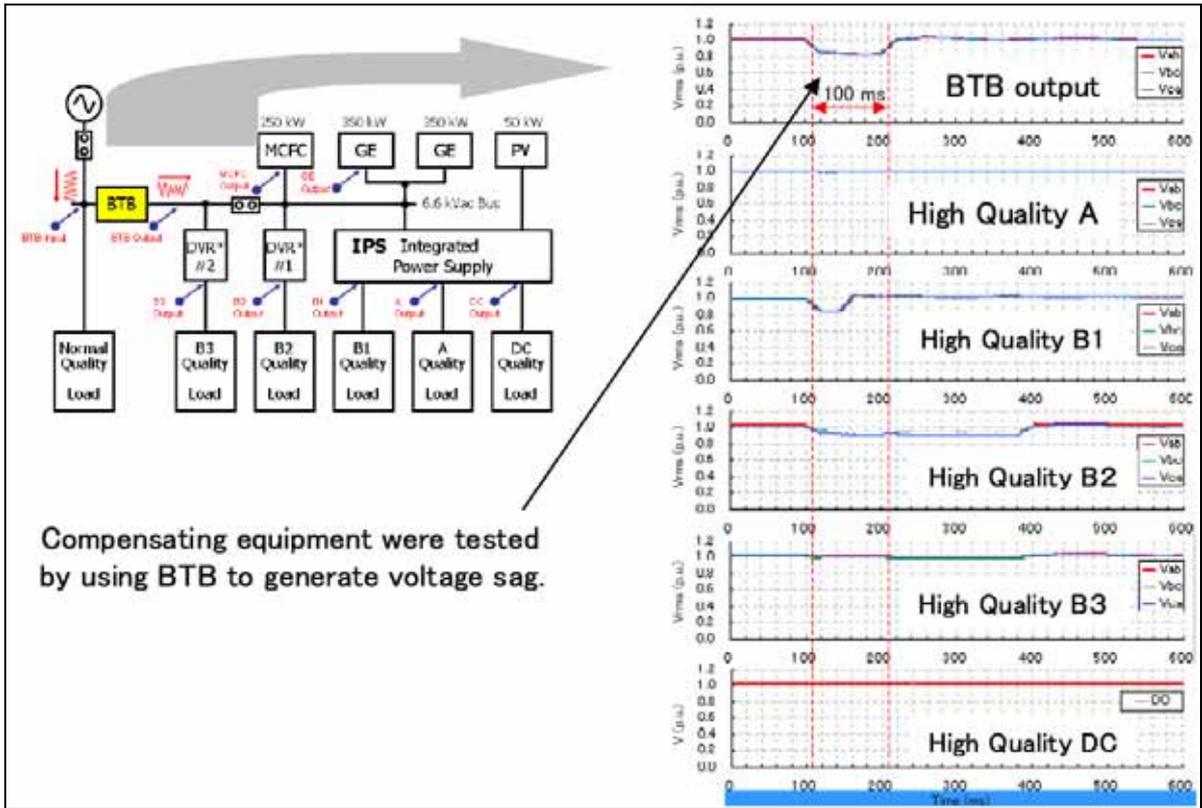


圖 8 以背對背電壓源型換流器產生人工電壓驟降之測試波形

肆、參訪Akagi Testing Center實證系統

一、 Akagi Testing Center簡介

NEDO 委託關電工公司於群馬縣太田市建置之群聚式太陽光電示範系統，另在日本電力中央研究所（CRIEPI）之赤城試驗中心（Akagi testing center）建置 30 個用戶之模擬系統，因此前往赤城試驗中心觀摩研討。

首先由栗原博士（Dr. Kurihara）簡報次世代電網需求，包括：

- 最小化大區域停電風險- 彈性與自癒系統
- 整合需求與供應兩側- 節能與能源有效運用
- 加入佔比高之分散型能源，並有效使用。
- 高度的資產管理及使用符合社會需求之進步型電力設備

表 4 為分散型能源不同之佔比可能產生的問題，佔比低於 20%時會有電壓變動問題，佔比高於 20%則在配電線故障時會產生安全性問題，例如孤島運轉。

其次由小林博士（Dr. Kobayashi）介紹赤城試驗中心自發性需求區域電力系統（ADAPS）架構與功能。建置 ADAPS 之背景為分散型電源佔比的上升，例如日本之 PV 將增加至 100GW，因此在配電系統上之電力品質安全、可靠問題可能無法維持，因此需發展分散型電源併網的技術來解決，另需建置技術可適應到配電系統側，以便有效的應用增加之分散型電源。

圖9為赤城試驗中心開關場外觀，圖10為赤城試驗中心開關場控制室模擬盤。

表4 分散型能源不同之佔比可能產生的問題

技術問題	DG佔比達下述值時 可能產生問題 (worst case)
✓ Voltage variation on distribution line due to reverse power flow. 電壓變動問題	More than 5 to 20%
✓ Deterioration of safety in case of distribution line fault. 配電線故障時 - Increase short circuit capacity 安全性 - Give a bad influence to the grid protective relay operation 會惡化 -Cause islanding phenomena	(Note) Penetration rate ; Ratio to distribution line capacity More than 40% More than 20% More than 20 to 30%



圖9 赤城試驗中心開關場

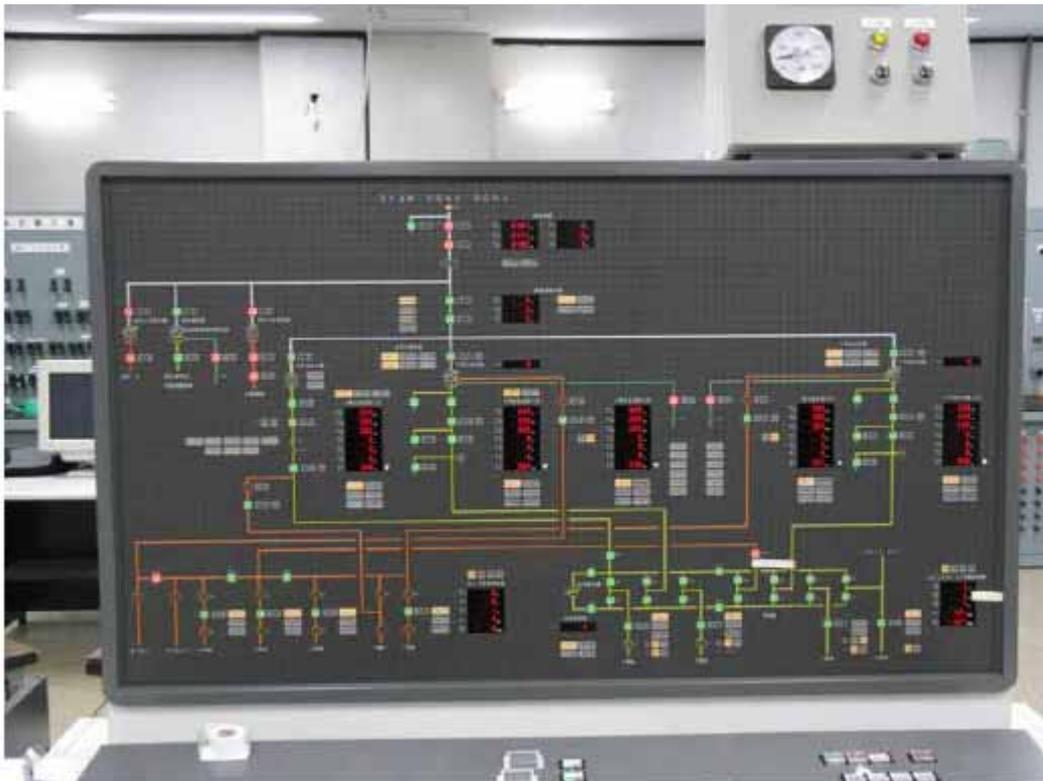


圖10 赤城試驗中心開關場控制室模擬盤

二、自發性配電系統

ADAPS (自發性需求區域電力系統, Autonomous Demand Area Power System) 為未來電力需求區域結合高佔比的分散型能源, 如 PV 系統的一種新觀念, 其結合 PV 系統、通訊系統及環路電力控制器 (LPC or LBC), 可在配電線發生事故時, 在限定之時間內例如 1 sec., 跳脫事故區間內電源, 而鄰近之非故障區間線路則不停電。另對於連接至故障高壓線區間之低壓配電系統則能連續有效使用 PV 與蓄電池電源而執行孤島運轉。

本項實證測試目標:

1. 實證平滑引入分散式發電, 且不管其對配電系統容量之佔比
 - 保持配電系統之電力品質、安全與可靠
2. 實證用戶與電業之有效使用分散式發電

計畫之基本核心技術包括: 電力電子、通訊系統。

(一) ADAPS 基本架構

圖 11 為 ADAPS 基本架構, 含故障感測器之分斷開關、通訊網路、運轉控制子系統、運轉中控系統、迴路控制器 (LPC)、供需介面 (SDI) 等, 用戶測能以自發性方式偵測並移除故障。

ADAPS 混合式實驗設施包括: 數位與介面裝置: 即時數位計算機模擬用電系統、1600kVA back to back loop balance controller, 類比/數位結合模擬。

示範項目包括:

- 其它電網例如輸電系統發生事故時分散型電源所併接配電系統之影響, 包括: 暫態電壓相角變化、頻率變化、電壓驟降等現象
- 分散型電源或負載發生暫態變化時對穩定度的影響
- 配電線電壓控制方法

計畫成果:

- 計畫所獲得之技術可得較佳之電壓管理
- 對多種分散型電源例如 PV 併接配電系統時應用該技術可有效的控制電壓
- 當設備分散於配電線上時, 集中式控制較分散控制能得較佳運轉結果
- 對於集中式控制, 若裝設相當多的設備, 則因慢速響應可能引起電壓閃爍

圖 12 為赤城試驗中心 ADAPS 測試設備現場佈置情形, 圖 13 為小林博士於赤城控制室解說 ADAPS, 圖 14 為控制室 150kW M-G set, 圖 15 為控制室佈置與解說情形。

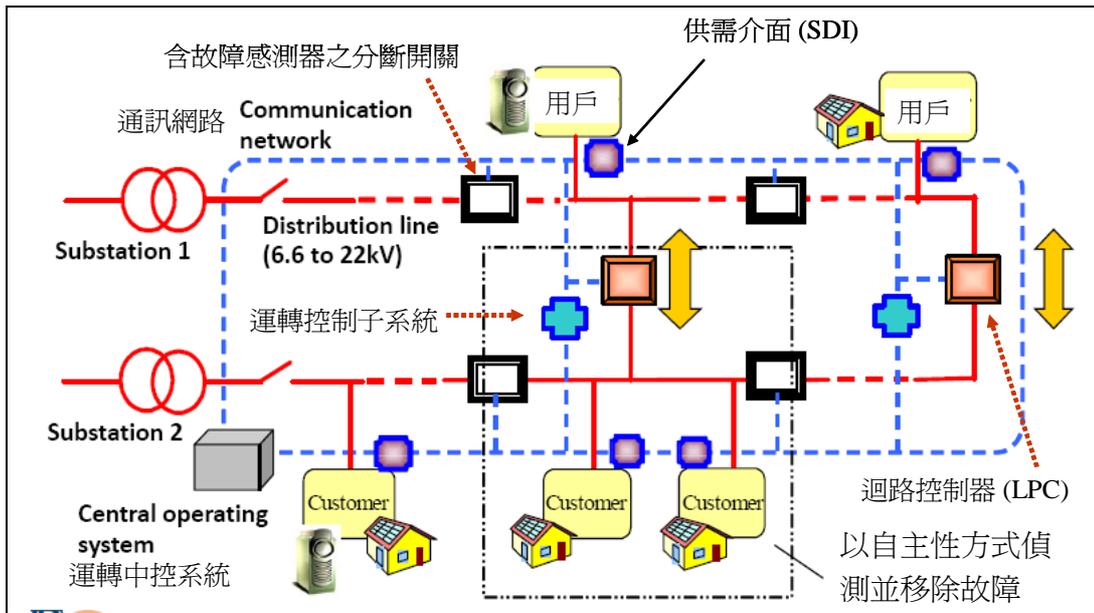
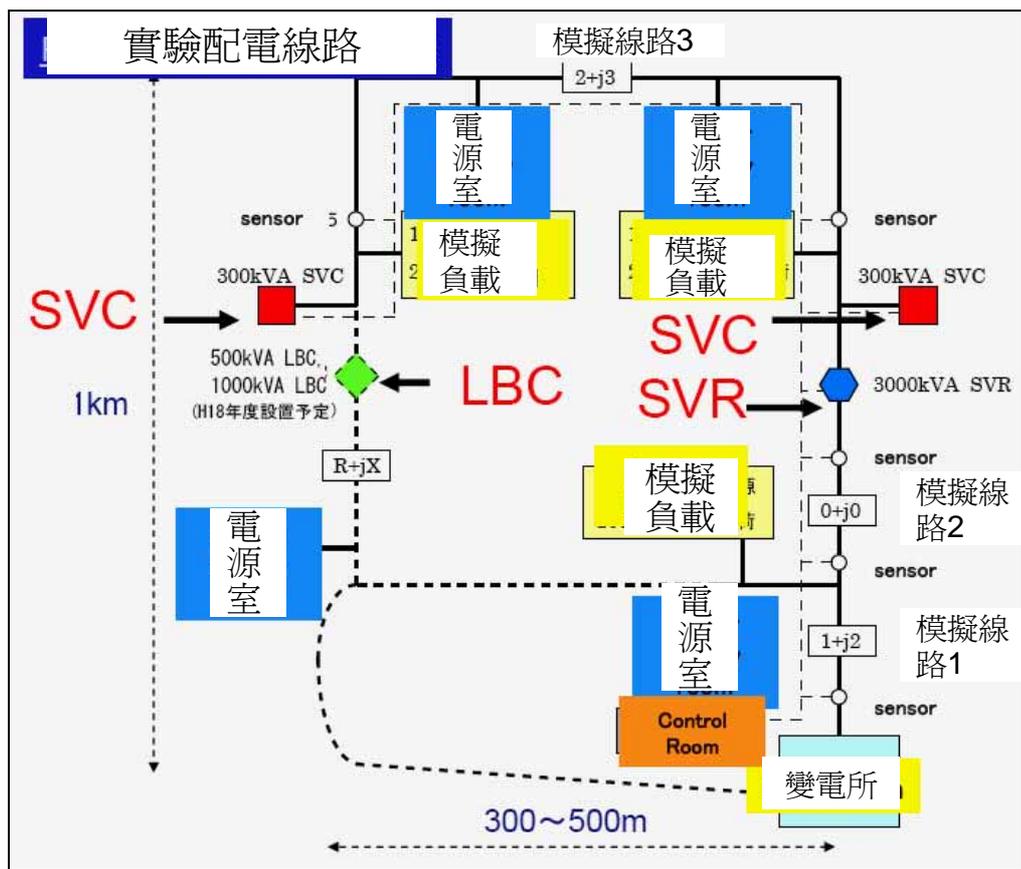


圖 11 ADAPS 基本架構



註：SVC：static var compensator，SVR：step voltage regulator，LBC：loop balance controllers

圖 12 赤城試驗中心 ADAPS 測試設備佈置情形



圖 13 小林博士於赤城控制室解說 ADAPS



圖 14 赤城控制室 150kW M-G set



圖 15 控制室佈置與解說情形

(二) 背對背迴路平衡控制系統

圖 16 環路控制器 (LPC, Loop Power Controller) 架構與外觀-100kVA，控制線路潮流與電壓。

- 以兩變流器於 DC 部分相聯 (背對背形式 *BTB type*)
- 控制兩端配電線之電力潮流與電壓
- 允許連結不同電壓與相角之兩線路
- 限制因環路所增加之短路容量值
- 電網側不需額外的保護裝置

圖 17 為環路平衡控制器 (Loop Balance Controller)與外觀 -左 500kVA、右 1000kVA，

圖 18 為 CRIEPI 赤城試驗中心使用之背對背換流系統架構，使用即時數位演算裝置運算系統資料，其使用數位計算機為 Hypersim，可作電力系統的即時模擬，該計畫結合背對背換流器 (BTB) 介面裝置與類比/數位轉換器，以執行系統的模擬，例如控制實驗設備加入的電壓值。

圖 19 為同步發電機與換流器型發電機對電壓驟降之響應波形，同步發電機故障電流呈指數衰減，而換流器型故障電流約維持一定值。

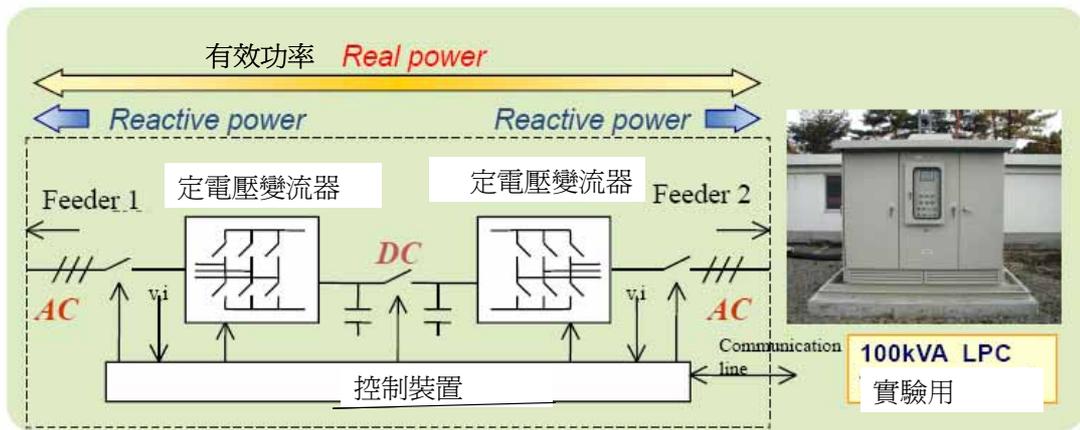


圖 16 環路控制器 (LPC, Loop Power Controller)架構與外觀-100kVA



圖 17 環路平衡控制器 (Loop Balance Controller)與外觀 -左 500kVA、右 1000kVA

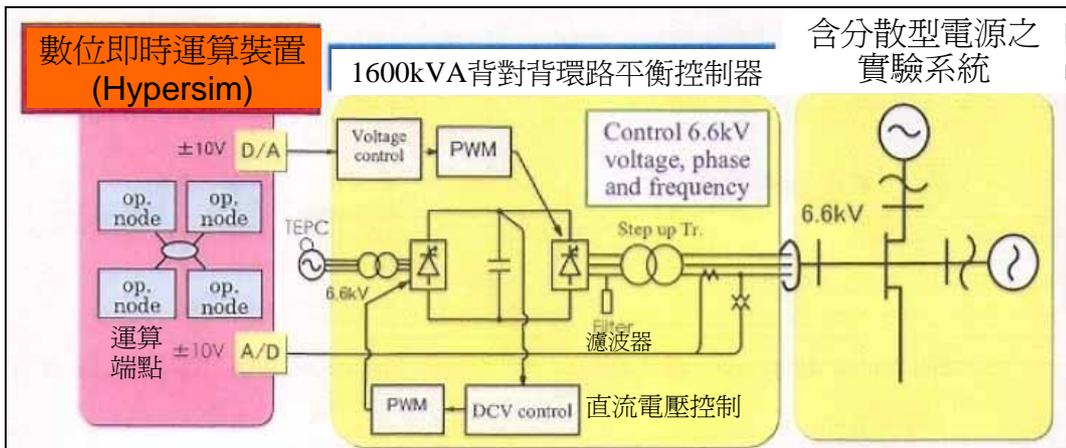


圖 18 CRIEPI 赤城試驗中心使用之背對背換流系統架構

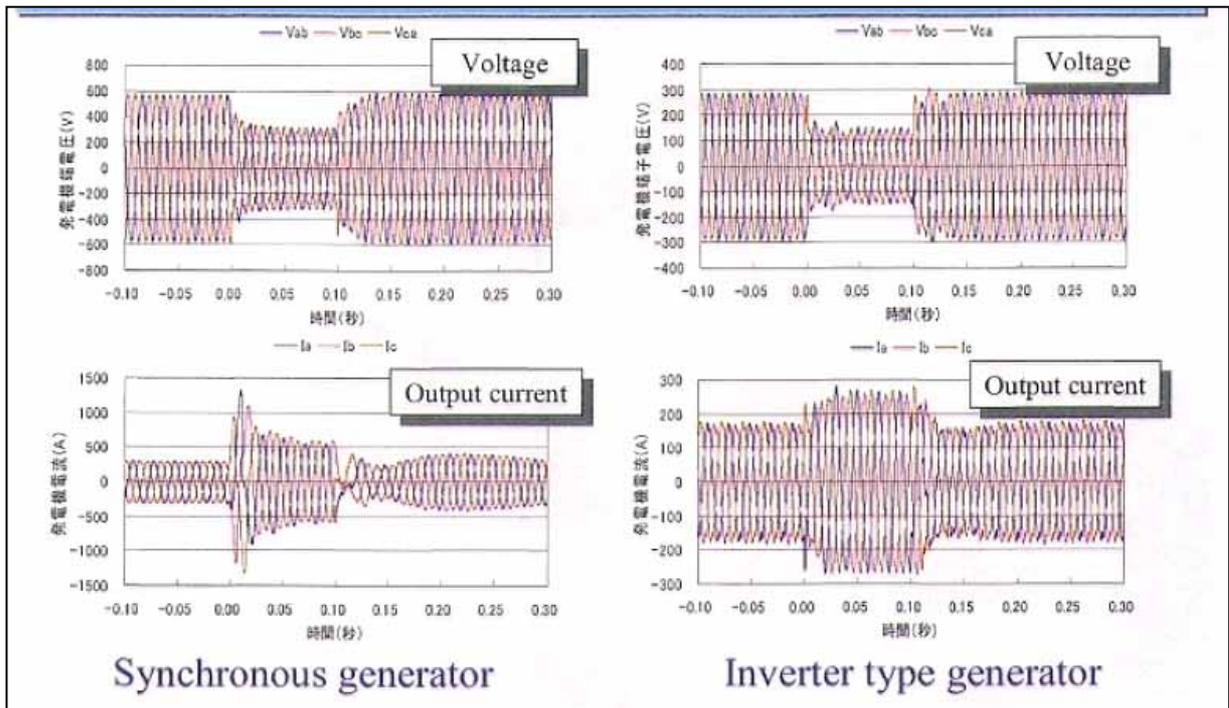


圖 19 同步發電機與換流器型發電機對電壓驟降之響應波形

三、群聚式太陽光電模擬系統

日本群馬縣太田市(Ota City)之群聚式太陽光電系統計畫為 NEDO 委託關電工所建置(圖 20)，共裝置 553 戶，總裝置容量 2129kW，每戶平均 3.85kW。

群聚式併網太陽光電系統乃指一群太陽光電系統用戶，一個一個沿著饋線低壓側分別併網，其對配電系統之影響範圍較廣，這些用戶也會彼此影響，因此需要探討不同之改善 PV 輸出方法，例如使用些蓄電池儲能運轉模式來減少對 PV 輸出之抑制。

圖 21 為用戶裝設蓄電池箱及變流器箱情形(含控制端末)，該設備安裝於外牆上以方便維修測試，而電力通訊控制線路採地下化。箱內包括 PV 變流器、蓄電池、量測與控制單元、孤島偵測設備等。

圖 22 為通訊控制網路，採地區乙太網路架構，將控制與量測資料分送至中央控制伺服器與資料蒐集伺服器。

對於群聚式太陽光電系統併網問題，最受關心的衝擊因素包括：

- (1)太陽光電系統輸出增加所引起的電壓昇(Voltage Swell)：當太陽光電系統的輸出增加至某一個程度，饋線路上的電壓就會超出限制值，尤其在饋線末端，此時附近用戶的太陽光電系統的輸出就會受到限制或切斷。
- (2)非計畫性的孤島運轉(Islanding)所引起的安全問題
- (3)電力諧波的汙染(在配電饋線高壓側須小於 5%)。

(一) 模擬系統架構

圖 23 為群聚式太陽光電模擬驗證系統，該系統置於前橋市 CRIEPI 赤城試驗中心(Agaki Testing Center)，模擬群馬縣太田市群聚式太陽光電系統。為了為模擬該系統之電壓升、諧波與孤島系統之偵測，以解決上述問題，NEDO 結合關電工在日本中央電力研究所(CRIEPI)的赤城試驗中心建置一含 30 家用戶之模擬系統，進行相關測試以及相關技術之開發，例如加裝蓄電池儲能解決電壓生問題，以及測試新型孤島偵斷系統。

圖 24 為 PV 模擬驗證系統測試設備，將 30 家用戶之系統一列排開。

圖 25 為 PV 用變流器(4-5kVA)外觀，可用來驗證各廠家所製造之變流器特性。

圖 26 為群聚式太陽光電模擬系統架構，30 家用戶分成 3 組，每組均有模擬負載，並經由變壓器升壓至 6.6kV 之配電電壓。若模擬以蓄電池解決 PV 輸出之抑制功能時，配電線路加上電壓調整器及模擬電阻、電感器。



圖 20 群馬縣太田市群聚式太陽光電示範系統

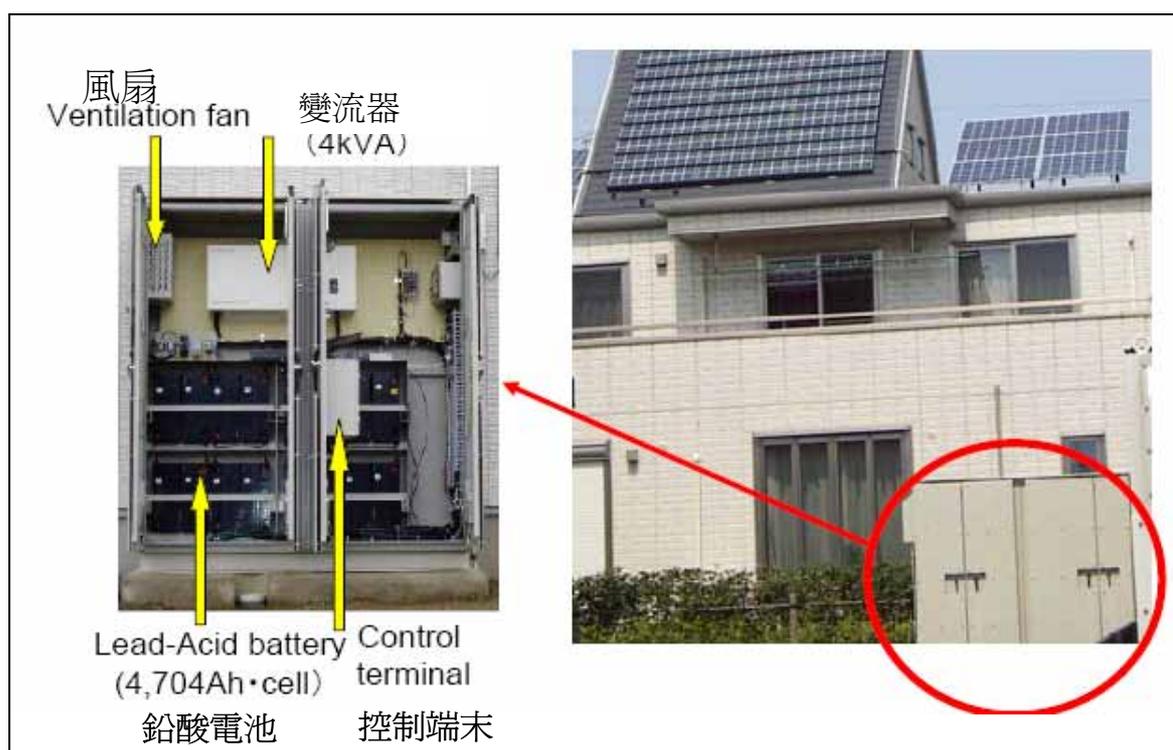


圖 21 用戶裝設蓄電池箱及變流器箱情形（含控制末端）



圖 24 PV 模擬驗證系統測試設備

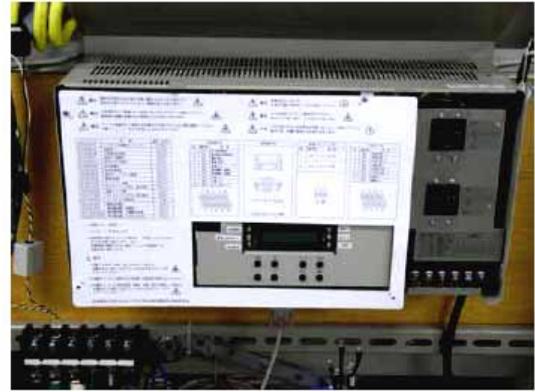


圖 25 PV 用變流器(4-5kVA)

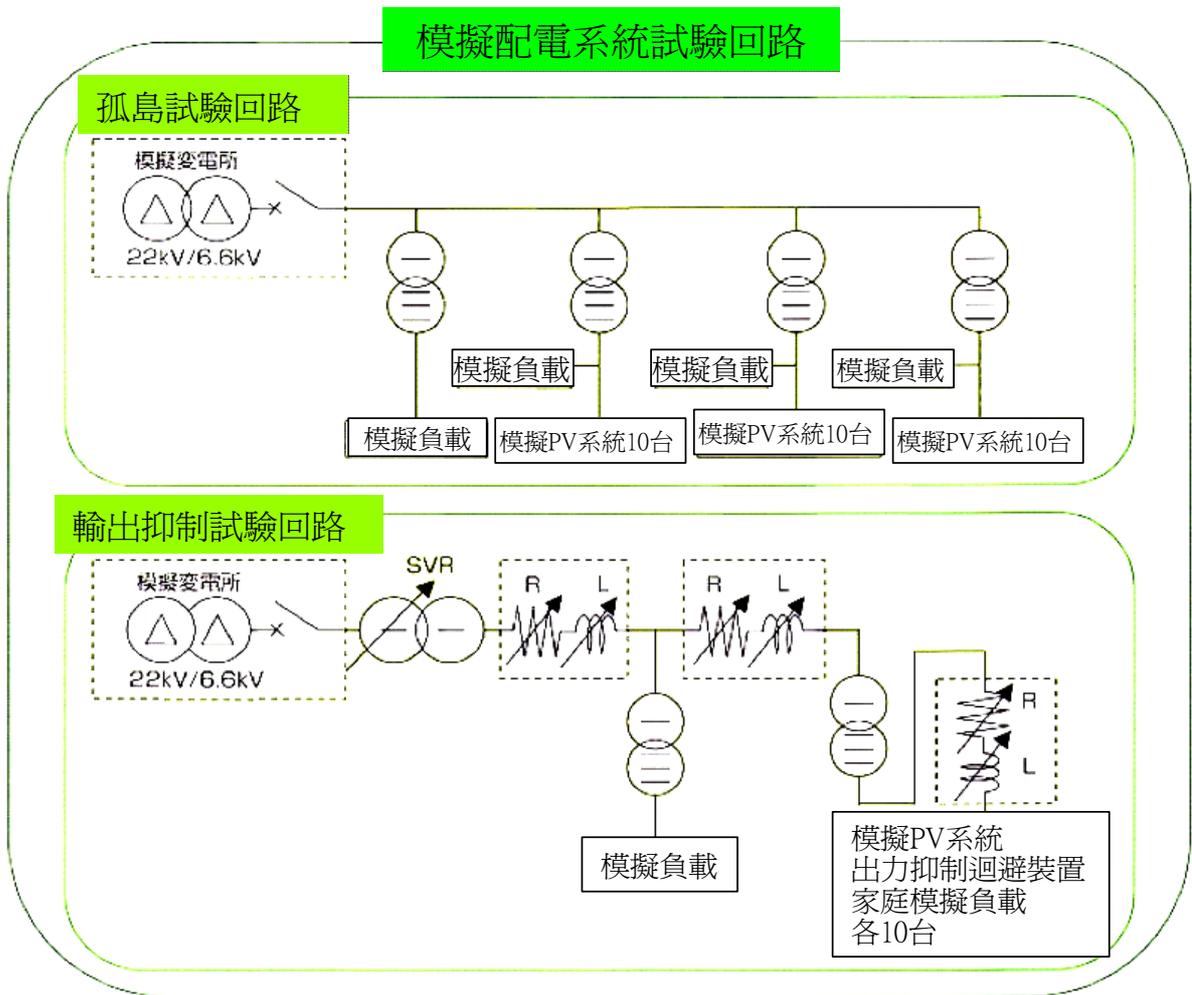


圖 26 群聚式太陽光電模擬系統架構

(二) 孤島偵測系統

本計畫爲了偵測群聚式 PV 系統於配電線故障跳脫下有無孤島運轉情形而開發，以免因逆送電情形造成安全顧慮。

圖 27 爲孤島偵測設備外觀，先於前橋模擬中心測試，再應用於現場。

圖 28 爲 PV 分散型能源孤島偵測原理，其於變流器上輸出虛功率並予同步，而後加總虛功率值來判斷有無孤島運轉。



圖 27 孤島偵測設備外觀

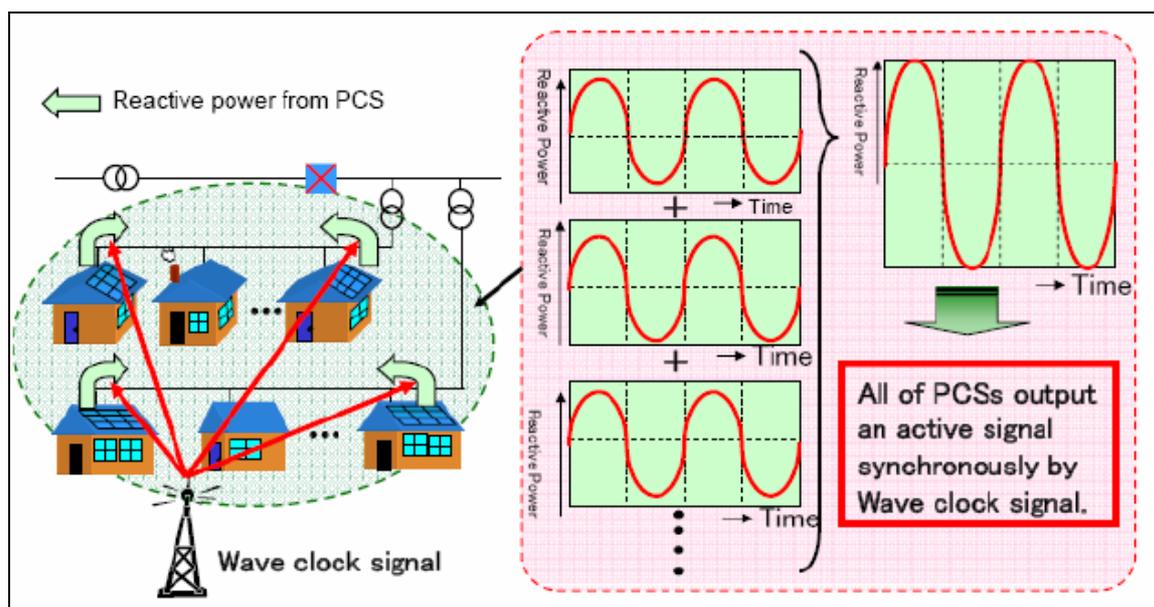


圖 28 PV 分散型能源孤島偵測原理

伍、Wakkanai 5MW 太陽光發電系統實證經驗及相關計畫

一、 架構

NEDO 主導之大型太陽光電發電系統有兩個（圖 29），一個位於北海道最北端之 Wakkanai（最終發電量 5MW），一個位於離東京較近之 Hokudo（最終發電量 2MW），作為確認當有大型光電系統加入時，電網是否穩定。

Wakkanai 大型太陽光電發電系統之規劃時程如表 5 所示，預計 2010 年完成，目前（2008 年 4 月）已裝設 2MW PV 及 500kW NAS 蓄電池，而雙層電容器（超級電容，可快速補償 PV 輸出之變化量）是否加入，則尚評估中。

圖 30 為 Wakkanai site Mega-PV 控制系統架構，包括輸出控制系統、量測系統、操作端末，以及太陽輻射預測系統等。

Wakkanai 5MW Meg-power PV 位於日本最北領土屬寒帶氣候，因冬天下雪（圖 31）而將 PV 支架提高至 2m，另可模擬夏天有太陽之時間較長對系統影響。

本計畫將以 5 年期間完成系統安裝與研究，第一年：PV 模組評估與輸出控制系統之開發；第二年：PV 模組開始安裝，並繼續第一年之研究；第三年：PV 模組與 NAS 蓄電池安裝，並評估 PV 模組與建置輸出控制系統；第四年：繼續第三年作業，第五年：計畫完成。

二、 測試結果

圖 32 為現場測試太陽光電場之輸出控制情形（考慮蓄電池），為 2008 年 2 月 10 日 Wakkanai mega-solar 實際運轉情形，其將總輸出控制在設定值 500kW，PV 與蓄電池之輸出/入波形如圖之上、下兩條線所示，中午時 PV 與蓄電池輸出/入變化大，此時電池屬充電狀態。

本計畫可提供未來建構適合於台灣地區大型 PV 之參考，共謀再生能源併解聯運轉衝擊之減少及整體效益之提升，促進國內再生能源應用之順利推展。

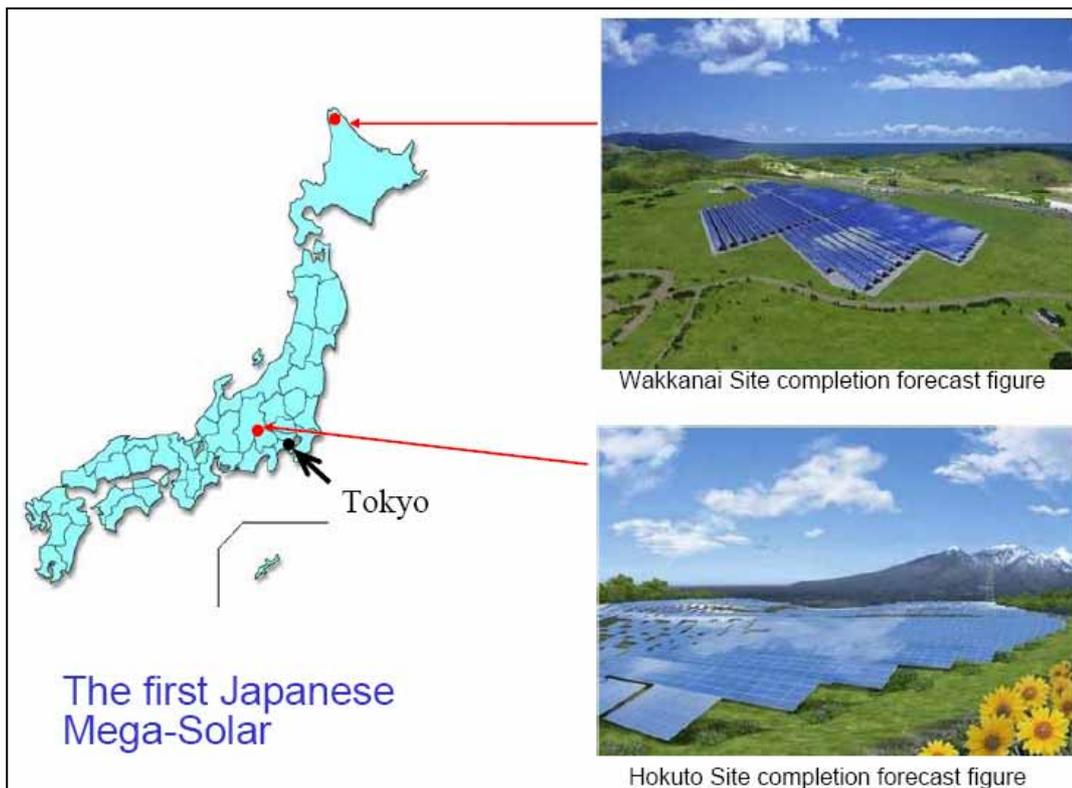


圖 29 NEDO 主導之大型太陽光電發電計畫位置

表 5 Wakkanai 5MW 太陽光發電計畫之時程表

Fiscal Year		2006	2007	2008	2009	2010	
系統安裝	PV		80kW	2.0MW	4.0MW	5.0MW	
	NaS Battery			0.5MW	1.5MW		
	Electric Double Layer Capacitor	雙層電容				pending	
	Connection to the Grid		6.6kV	33kV			
研究	PV模組特性評估	→		→			
	發展輸出控制系統	→					
	建立輸出控制系統			→			

註：本計畫經評估尚未需要使用到雙層電容器（超級電容）。

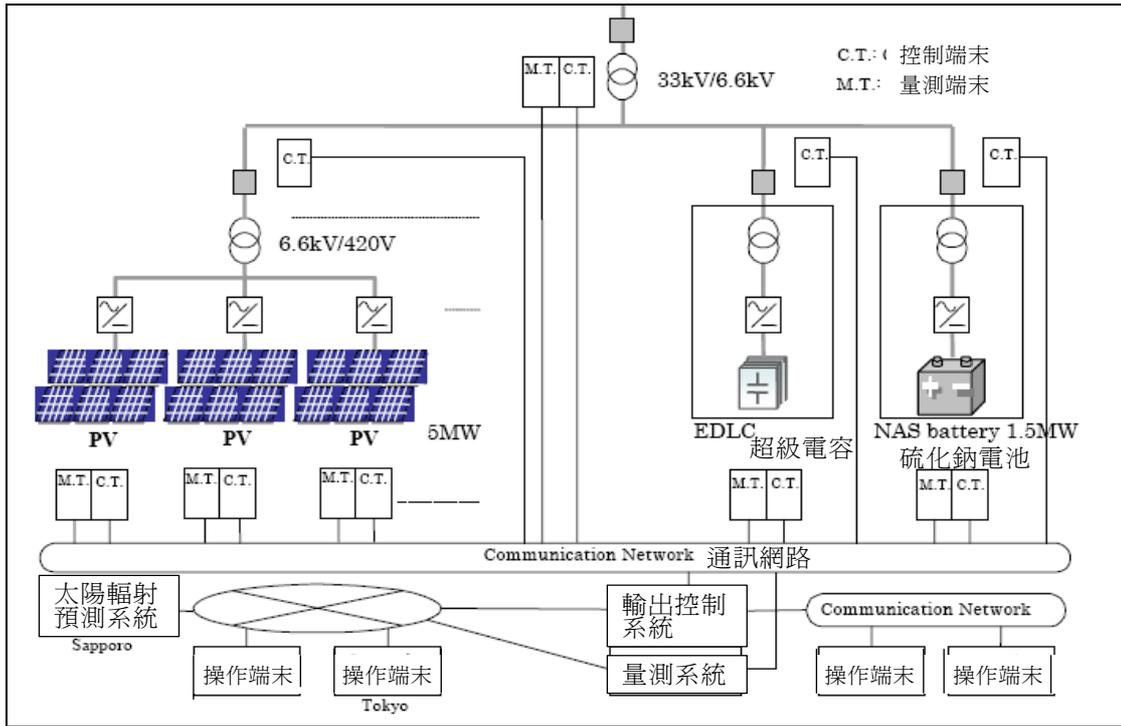


圖 30 Wakkanai site Mega-PV 控制系統架構

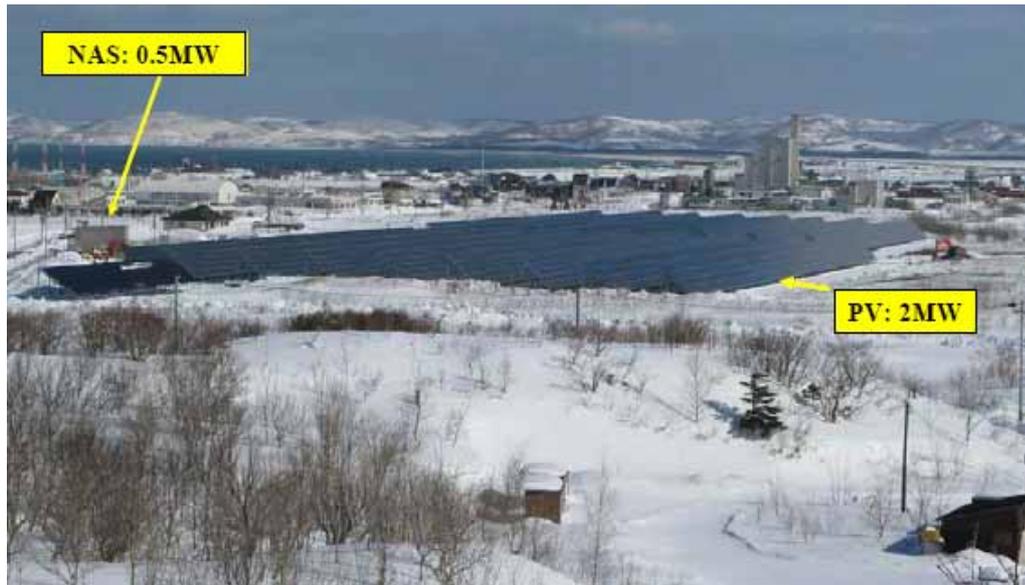


圖 31 Wakkanai 大型光電場實景照片 (2008.2.19)

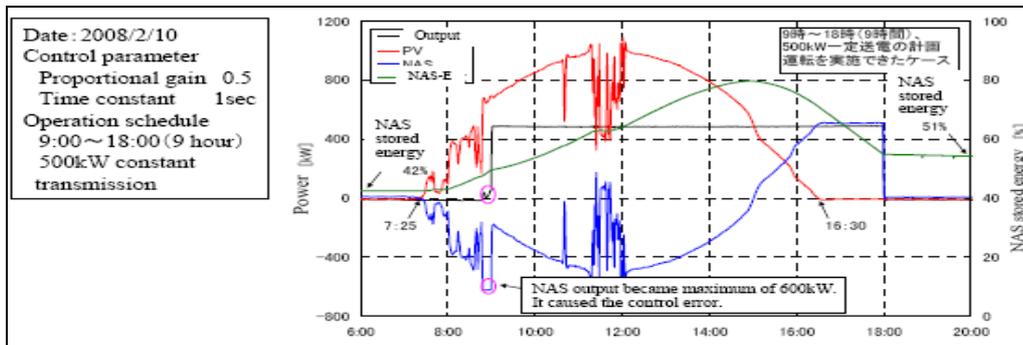


圖 32 現場測試太陽光電場之輸出控制規劃 (考慮蓄電池)

陸、心得與感想

一、心得

再生能源發電因具有低污染、低輸電損失之優點,為世界趨勢,台灣為CO2減量政策亦積極發展智慧電網,但此類電源之電力輸出並不穩定,且因散佈各地獨立或與公共電網併聯運轉,並隨著尖離峰電力需求的變化而有不同運轉方式,本次前往日本仙台與前橋兩個不同場址進行研討及現場參訪,對該示範計畫中分散型電源併網、儲能設備的安排程有進一步了解,可作為本公司解決分散型電源之參考。

因資訊與通訊技術(ICT)之進展為智慧電網能夠快速發展之基礎,將來規劃分散型電源併網時,須將此兩項技術予以納入整合。

市電併聯型PV系統一般採過電壓電驛、欠電壓電驛、過頻電驛及欠頻電驛等判斷換流器端之電壓振幅及頻率超出限制範圍而進行切離之動作,以避免孤島效應之發生。若於孤島中光伏發電系統輸出之功率能與阻抗所需之功率相近,則可能在負載與發電系統平衡時產生無法檢測區域(Nondetection Zone)的存在。赤城試驗中心之群聚式PV模擬系統發展以注入同步虛功率的方式來偵測是否有孤島發生,可改善傳統電驛發生無法檢測區域之情形。

二、感想

- 本次參訪行程僅 4 天,以東京為據點分別搭新幹線前往仙台市與前橋市等地,起初對於新幹線須購買兩種票不熟造成困擾,其系可由東京之 JR 任何站上車,再於東京車站轉搭新幹線(不用出站),相當方便。
- 本次參訪對電力電子在微電網之應用相當廣,包括仙台與前橋兩個不同場址均裝設背對背換流器(BTB)系統作各種測試用,本公司可將評估引進一套 BTB 系統來實際測試應用。
- 現今家電用品之供電與控制方式逐漸地在改變,近年來逐漸地以直流來供電,例如電腦、變頻式電機、電子式照明等皆都將交流整成直流而達到較佳的操作特性,因此如果配電系統能採直流系統之供電,則上述電器前端電能處理器中的整流器可以省略,因此能減低損耗。仙台系統即裝有直流系統供給高品質的電力,可供參考。
- Wakkanai mega-solar 實際建置與運轉經驗可提供本公司未來建構適合於台灣地區大型 PV 之參考,共謀再生能源併解聯運轉衝擊之減少及整體效益之提升。

柒、建議事項

- 一、仙台微電網系統承辦機構 NTT Facilities 將該系統之建置與運轉情形上網，其為日本首例，因此吸引參觀者頗多，此對 NTT Facilities 之推廣助益頗大，可供參考。
- 二、NEDO、CRIEPI 在分散型電源併網研究頗深入，並持續進行，因此可與其做資料與技術交流；另 NTT Facilities 談及將來台召開研討會，若是則可趁此機會詢問仙台示範計畫之測試結果與細節。
- 三、目前能源局大力推動群聚式太陽光電住宅計畫，因此日本太田市的經驗可供參考，另因日本屬純住宅區，其與台灣的住商混合（例如有便利商店）不同，是否每家均裝設蓄電池來抑制電壓過高情形須再評估；而電池儲能技術於再生能源之應用亦相當重要。
- 四、CRIEPI 赤城試驗中心於 97 年 5 月初辦理開放外界參觀，並於所外圍牆以拉布條方式告知外界，此種方式應可拉近與鄰近民眾的距離，可供本所樹林所區參考。
- 五、以 Hypersim 電力系統即時數位模擬系統即時送出數位/類比信號控制 Back-to Back 換流器以產生電壓驟降等所需之模擬信號。目前公司評估電力電子設備於電力系統之應用，例如 SVC、STATCOM 以及 HVDC 海纜，而小型 Back-to-Back 換流器（例如 100kVA 級）可用來熟悉該等大型電力電子設備功能，因此值得引進。電力電子在微電網之應用相當廣，將評估引進一套 BTB 系統應用，使用 Back-to Back 換流器於分散型電源側產生電壓驟降波形，用來測試各種補償器之補償功能等。

捌、參考資料

1. NEDO, *Outline of NEDO – 2007-2008*, April, 2008.
2. NEDO Environment and Energy Booklet 2007-2008, *The Earth and Our Future-Advanced Technologies for a Better Future*, April, 2008.
3. Ke i ich i H irose, *Field Demonstration on Multiple Power Quality Supply System in Sendai, Japan*, April, 2008. (簡報資料)
4. Ke i ich i H irose, *Company Profile - NTT Facilities* , April, 2008. (簡報資料)
5. Ikuo Kurihara, *Requirements of Next Generation Grid*, April 2008. (簡報資料)
6. Hiromu Kobayashi, *Development of Autonomous Demand Area Power System in CRIEPI*, April, 2008. (簡報資料)
7. NEDO, *Large scale PV related project in NEDO*, April, 2008. (簡報資料)