

出國報告（出國類別：出國考察）

考察日本能源建設及智慧電網實務 出國報告

服務機關：經濟部能源局

姓名職稱：林局長全能、吳組長志偉

出國地區：日本

出國期間：106年2月5日至2月11日

報告期間：106年4月6日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：考察日本能源建設及智慧電網實務出國報告

頁數 33 含附件：是否

出國人員姓名 / 服務機關 / 單位 / 職稱 / 電話

林全能 / 經濟部能源局 / 局長 / (02) 27757704

吳志偉 / 經濟部能源局 / 電力組 / 組長 / (02) 27757750

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：106 年 2 月 5 日~2 月 11 日

報告期間：106 年 4 月 6 日

出國地區：日本

分類號 / 關鍵詞：電業自由化、天然氣接收站(LNG Terminal)、超超臨界(Ultra Supercritical)、燃氣複循環發電(Natural Gas Combined Cycle)、地區能源供應及管理系統(Area Energy Management System ,AEMS)

內容摘要

日本近年來大力進行電業自由化的進程，同時進行如再生能源、智慧電網基礎建設等工作，由於台灣與日本往來頻繁，且諸多之新技術均來自日本，故藉由本次日本交流協會安排，參訪日本東京及大阪地區主要能源供應事業，並與日本中央政府主管能源之經濟產業省能源資源廳就相關政策規劃、推動進程及配套措施進行研討及交換意見，安排參訪如風力電廠、智慧城等設施瞭解日本近年來推動相關基礎建設之成果，吸取相關推動之經驗，同時本次日本交流協會亦安排台灣向日本各業界說明台灣未來能源政策之走向，並接受與會各界提問，藉由公開演講型式，吸引日本有興趣加入台灣目前正進行的能源轉型工程。

同時，國內目前進行大型燃煤機組汰舊換新工程，由於台灣與日本相同，因地狹人稠，興建燃煤電廠屢遭民眾抗爭，日本近年來已有燃煤機組在橫濱都會地區改建新型高效率燃煤機組之經驗，實務上運作的情形可供台灣在後續推動之重要參採經驗，另外由於國內未來燃氣電廠比例將逐年提高，天然氣接收站勢必需擴大能量，本次參訪中亦有安排至日本最大天然氣接收站以實際瞭解其運作之情形。此外，國內目前正規劃沙崙科學城，日本已在環東京的千葉縣柏之葉市設置完成一智慧城，目前已運作中，此一開發案規劃的經驗亦可作為我國後續在規劃時之參考。

目 錄

	頁次
一、目的.....	4
二、參加人員.....	4
三、出國期間及主辦單位(行程記要).....	4
四、參訪單位相關資訊.....	9
五、心得及建議.....	33

一、目的

此次訪問行程主要參訪日本能源主管機關、相關事業機構及電廠，包含經濟產業省能源資源廳、東京瓦斯、J-Power 及關西電力公司，了解日本在 2016 年推動零售電力市場全面自由化後，對電業市場變革推動之進展、相關公司策略的變化及的影響，對於執法機關、能源公司對未來政策的發展進程的規劃，可從日本實施電力市場自由化的經驗中，明瞭在實際執行所遭遇的問題，以獲取經驗作為台灣在電業法修正後推動的參考。並藉由日本交流協會舉辦之「台灣情勢研討會」，說明台灣的能源發展政策及電業法的主要精神，並與日本各界進行交流，相互分享經驗，以使日方更加了解台灣電力市場發展方向。

在電力及能源政策的交流外，此行亦拜訪日立製作所、柏之葉智慧城市及日東電工，在風力發電機建置、智慧城市的能源管理及發展、節能技術等進行交流，並建立合作溝通的管道。尤其是柏之葉智慧城市的設計及展現方式，將可作為後續沙崙綠能科學城開發的參考，包含未來可應用於推動產業創新及開放式創新實驗室商業運作設計，可有助於在綠能科學城引入科技技術與商業應用，提供實際已經運作的參考模式。

二、參加人員

林全能、吳志偉

三、出國期間及主辦單位(行程記要)

出國期間：106 年 2 月 5 日至 106 年 2 月 11 日，行程、拜訪單位及重點摘要如表一所示。

表一、出國行程總表

日期	時間	參訪行程	地點	備註
2/5 (日)	下午	啟程	東京	台北松山至東京羽田
2/6	上午	東京瓦斯-袖之浦天然氣接收站	千葉	

(一)	下午	東京瓦斯-千住試驗場	東京	
		東京瓦斯-加氫站	東京	
2/7	上午	日立神栖風場	茨城	
(二)	下午	J-POWER 磯子火力發電廠	橫濱	
2/8	上午	經產省資源能源廳	東京	
	(三)	下午	台灣情勢研討會	東京
			日本太陽光發電協會 JPEA	東京
2/9	上午	柏之葉智慧城市	千葉	
	(四)	下午	日立製作所	東京
			東京→新大阪	大阪
2/10	上午	關西電力株式會社	大阪	
		堺市再生水複合利用	大阪	
(五)	下午	日東電工創新中心	大阪	
2/11	上午	返程		關西機場至桃園機場
(六)				

表二、行程摘要表

序號	日期	參訪行程	參訪重點摘要
1	0206	Tokyo Gas (東京瓦斯)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 參觀 LNG 接收站及基礎設施，了解接收站運作模式及其與東京電力(TEPCO)合作之模式。 2. 參觀加氫站設備及燃料電池車 (TOYOTA)，瞭解目前推動的情形。 3. 與交流東京瓦斯對於電力自由化議題及對未來市場發展的看法。
2	0207	日立神栖風場	參觀 Hitach 風機發電機組，日立在茨城縣神栖市沿岸設置試驗大型離岸風力發電系統，轉子直徑為 136 m，輸出功率 5.2 MW。風力機採用日立自主開發的下風式葉片設計方式，可降低工程費用及提高安全性。

3	0207	J-POWER 磯子火力發電廠	<ol style="list-style-type: none"> 1. 參觀磯子火力發電廠的整體設計及規劃。位於橫濱的磯子火力電廠為 JPower 的電廠,原為 530 MW 的火力電廠，以塔式鍋爐可以將發電量提高將近兩倍，以超超臨界技術，效率約為 40%，比改善前降低 17%的 CO₂ 產生，以靜電裝置及集塵裝置，99%的微粉塵，其在 de-Sox 的技術特殊排放量達 10ppm，NO_x 排放量亦達 13ppm，潔淨程度與 LNG 發電廠相似，具有全球最佳的汙染控制技術。 2. 日本電業自由化後，廠網分離的政策下，與 J-Power 針對未來在發電業務的因應措施進行交流
4	0208	經濟產業省資源能源廳	<ol style="list-style-type: none"> 1. 瞭解並討論日本電業自由化的進程、各項輔助措施及政策規劃，目前電業自由化運作情形。 2. 政府促使電業改革過程中的相關措施有效性，以及如何達到開放市場，同時避免寡占或壟斷的相關措施。 3. 針對零售電力供應商服務項目的管理及規範及供電穩定性的管理及相關罰則進行交流
5	0208	台灣情勢研討會	<p>主辦單位：日本交流協會 主講人：林全能局長 演講議題：台灣的能源變化與今後展望 參加者超過 120 人，針對台灣的再生能源政策、推廣目標及方法，與日本企業及研究單位進行交流。</p>
6	0208	日本太陽光電協會 JPEA	<ol style="list-style-type: none"> 1. 瞭解 JPEA 主要在日本太陽光電產業推動的活動及內容。 2. 相互交流日本太陽能產業的發展，再生能源政策的推動方向，對產業發展造成的影響。 3. 日本太陽能系統的回收與再利用的研究與實務進展，以及推動的瓶頸
7	0209	柏之葉智慧城市	<ol style="list-style-type: none"> 1. 柏之葉智慧城市以「環境共生」、「健康長壽」、「新產業創造」3 個城市建設主題，藉由此次參觀了解整體環境規劃及具體成效。

			<p>2. 柏之葉智慧城市設立 KOIL (Kashiwa-no-ha open Innovation Labs.)，了解 OIL 空間的規劃，強化互動交流及創新想法的空間設計，以及如何引領新產業創造。</p> <p>3. 參觀柏之葉智慧城市的能源供應及管理系統(Area Energy Management System ,AEMS)，將用水、天然氣及電力等使用視覺化。柏之葉 AEMS 將區域內的電力需求端及供應端，包含：太陽能發電、儲電及備用電源系統、電力線路全部連接，整合能源及用水等使用資訊一體化管理的目標。</p>
8	0209	日立製作所意見交流	瞭解日立集團在風力發電、電力系統業務的發展及未來規劃。
9	0210	關西電力株式會社	<p>1. 電業自由化後，開放用戶選擇權後，長期負載預測困難度增加，除經濟成長率、產業結構、能源價格等影響因素外，未來如何準確分析用戶量及未來需電量的變化，以及如何在營運成本及維持電力穩定取得平衡。</p> <p>2. 在電業自由化後，關西電力在相關因應方式與經營模式。</p> <p>3. 在增加再生能源占比的趨勢下，關西電力針對未來能源供需架構的規劃。</p> <p>4. 關西電力在智慧電網建置及 AMI 佈建上的推廣，提供目前的實施經驗進行交流。</p> <p>5. 關西電力的傳統火力發電比例很高，在二氧化碳減量上的規劃及措施，包含 CO2 捕獲等相關技術的應用。</p>
10	0210	堺市再生水複合利用	本案為關西電力結合堺市的污水廠，將污水回收的再生水進行熱回收，以供應當地大型賣場之空調及熱水供應之用，不但有效利用能源，同時亦是一個電力事業應用技術回饋鄉里的最佳模式。
11	0210	日東電工創新中心	<p>1. 參觀日東電工新建的 Innovation Center。</p> <p>2. 與日東電工針對潔淨能源技術、儲能</p>

			技術、AMB Chiller 技術進行交流，並介紹綠能科學城之規劃，建立後續技術合作的機會。
--	--	--	--

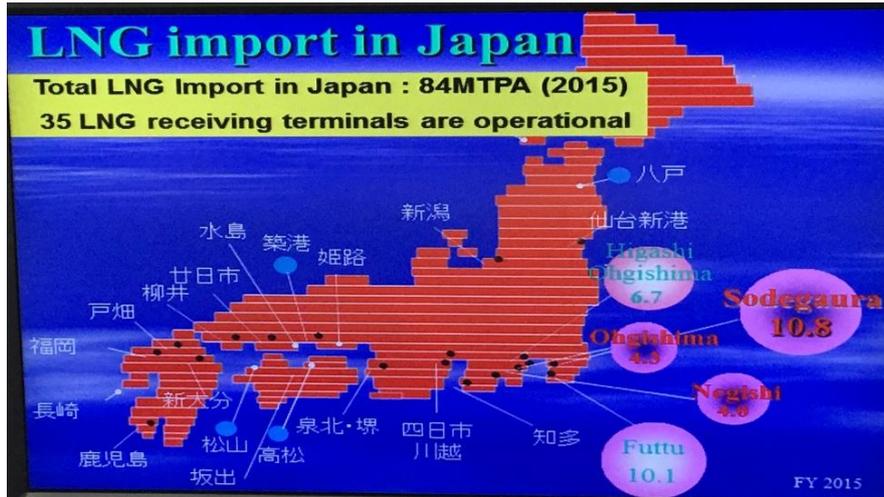
四、參訪相關資訊

1. 東京瓦斯

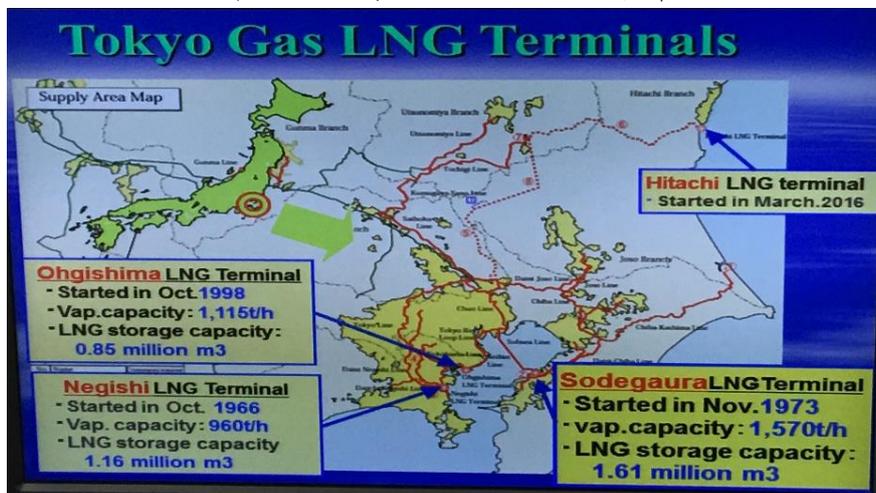
(1) 袖之浦天然氣接收站

東京瓦斯以發展 Total Energy Business with natural gas 為其經營核心，全日本目前更有 35 個天然氣接收站，其中東京瓦斯有四個 LNG 接收基地(圖一)，其中三個都在東京灣，只有 2016 年完成的 Hitachi 不在東京灣；該四個工作站中又以袖之浦(Sodegaura)最大。袖之浦 LNG 接收站 1973 年開始運行，為東京瓦斯的第二個接收站，但是為東京瓦斯第一個 LNG 專用接收站，且為全日本最大的 LNG 接受站，2016 年接收約 200 艘的 LNG 運輸船，約 150 億立方米，接收的天然氣有 50% 給都市瓦斯，50% 給東京電力(TEPCO)。東京去年約使用 150 億立方米的天然氣，其中 44% 由此接收站供應。場內共有 35 儲存槽，20 個在此廠區，另外 15 設置於相鄰的東京電力公司發電廠區內，2015 年東京區域需要的都市瓦斯 43% 由此站生產，東京電力的天然氣有 1/4 是東京瓦斯公司供應，主要以海底輸氣管線輸送至東京。整個廠區分為東區及西區兩個獨立系統，以便確保能源供應的穩定，目前日本 LNG 的安全存量規劃為 3 周的用量。東京瓦斯另外建置有小型發電廠，以天然氣為燃料，氣渦輪機發電效率為 50% (LHV)，發電量 102.89MW，每年可提供 400 百萬度電，藉由代輸供應給工業用戶。

天然氣以地下式型儲槽進行儲存，安裝為不銹鋼片，另外由於 LNG 溫度在零下 162°C，因此會造成不銹鋼的收縮，而圖中看起來像線的部分主要是為了解決此問題；最大儲槽可存放 14 萬公升(20 萬戶家庭一年使用的量)，直徑 64m，深度 44m。儲槽間輸送管線共兩種，高壓 7MPa 共三條管線，連接海底至陸上，另外低壓($\leq 1\text{MPa}$)的管線則為提供基地附近的客戶使用。另外，針對管線的安全檢測，在洩漏測試上，定期以 PIG 進行檢測，檢測周期約為 5~10 年。東京瓦斯與中油公司也有多年的合作交流，提供 LNG 相關技術及設備的經驗及技術。未來在天然氣將成為主要火力發電燃料的發展趨勢下，未來將會促使能源供應者的角色整合，除了提供原有的電力或天然氣外，亦可成為整合型的能源公司。



圖一、日本 LNG 接收站分布



圖二、東京瓦斯位於日本接收站(主要集中於東京灣)



圖三、袖之浦地下式 LNG 儲槽



圖四、袖之浦接收站使用開架式汽化方式(ORV)



圖五、東京瓦斯袖之浦接收站參訪

(2)東京瓦斯之氫能技術

東京瓦斯也積極發展氫能與燃料電池技術，在東京千住地區建置試驗性加氫站，氫氣主要以天然氣重組產生，屬化石燃料產氫技術。目前日本政府規劃為在 2020 年前建置 160 個加氫站，2030 年建置達到 320 個加氫站，將可以提供 4 萬輛的燃料電池車使用。在加氫站建置及營運補助上，主要來自日本中央政府及東京都廳，加氫站建置費用約為 6 億日圓/座，其中中央政府補助 2.9 億日圓，東京都廳補助 1.7 億日圓，而營運補助金額為 3,300 萬日圓/年。以一座加氫站而言，約需供應 1,000 輛燃料電池車的氫使用，方才可以回收，但是以現有燃料電池車數量尚不及此數字的 1%。但日本政府大力持續大量補助燃料電池車，目前燃料電池車日本政府約每台補助 350 萬日圓，市場售價約為 700 萬日圓。

東京瓦斯現場提供燃料電池車試乘，不論是加速性或是啟動速度皆非常優異，與電動車接近，除了燃料注入的聲音外，噪音值極低，另外值得一提是，燃料電池車每之加滿氫氣後可續航達 600 公里，此較一般電動車充電後僅可行駛 150km，具有明顯優勢。以日本目前在燃料電池及燃料電池車上具有非常完備的技術，因此日本政府正積極布建加氫基礎建設，以擴大燃料電池車的使用及銷售市場。



圖六、東京瓦斯千住加氫站



圖七、TOYOTA 燃料電池車

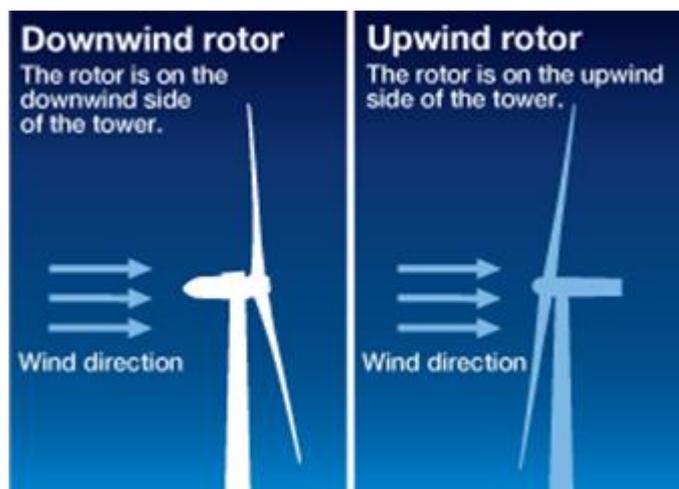


圖八、千住加氫站內氫氣儲存站

2. 日立神栖風場

日立公司原僅從事風力機之發電機製作，2012年4月併購富士重工風力機部門晉身為整機供應商，2012年7月發表5MW離岸風力機原型機開發構想。

本次為參觀日立公司在茨城縣神栖風力發電廠，風力機直徑136m，輸出功率可達5.2MW，此風力機主要的特色為採用下風式(down-wind)的風力機設計(如圖九)。所謂下風式設計是葉片裝置於軸承的下游，因此受風時葉片與塔架的距離會增大，因此當風力愈大時，葉片與塔架間的距離愈大，不會如傳統的上風式(up-wind)風力機因陣風影響，導致葉片撞擊塔架的情形發生。下風式風力機具有可降低工程費用及提高安全性的優勢，另外，搭配日立電機的豐富實力，新開發永磁同步發電機和增速機，實現風力機輕量小型化及提高風力發電機的可靠性。



圖九、下風式與上風式風力機

日立在神栖風場的風力機，重量為4,500噸，塔架高度為90m，從葉尖至地面高度僅剩30公尺左右，但由於此風力機為安裝於海岸邊，因此不會對航道上的船隻安全造成影響。風力機基樁共20根，長度15公尺，停止風速(cut-off velocity)為25m/sec，超過時即會停機。

3. J-POWER 磯子火力發電廠

J-Power(電源開發株式會社)為日本主要國營的發電公司之一，以水力和火力發電廠為主，並負責日本主要四大島的電力網運作。其中，磯子(Isogo)電廠年用300萬噸煤，主要來源為澳洲及印尼，廠內設有

直立式儲煤倉，以確保電力供應的穩定性。同時，針對不同煤礦的燃燒特性，在進行鍋爐設計時就已考量，已使其成本更具有競爭力，目前全廠區廠內用電量約可控制在整體發電量的 6% 以下。

磯子電廠電廠有 2 部 600MW 超超臨界(Ultra Supercritical Power Generation Technology, USC)發電機組，具有全世界最高的發電效率($\geq 42\%$)。超超臨界機組最主要以高於水的臨界點的蒸汽壓力推動渦輪機發電，由於機組的主蒸汽具有更高的壓力和溫度，當蒸汽壓力愈高，熱效率也隨之加高。主蒸汽壓力每提高 1MPa，機組的熱耗率就下降 0.13~0.15%，主蒸汽溫度每提高 10°C，機組的熱耗率就可下降 0.25~0.30%；再熱蒸汽溫度每提高 10°C，機組的熱耗率就可下降 0.15%~0.20%。以磯子電廠(Isogo)的兩部 USC 發電機組，主蒸汽壓力及溫度分別為 25Mpa 及 600°C，再熱蒸氣壓力及溫度分別為 4.41Mpa 及 610°C，因此發電效率皆高於亞臨界發電機組(~38%)，可大量減少單位發電量的燃料消耗量，另外透過新穎的管末處理技術，大量減少 Sox 及 NOx 的排放。以磯子電廠提供的排放濃度數據如表三所列，汙染控制效益非常可觀，在目前強調降低溫室氣體及空氣污染控制的環境議題下，USC 發電技術將是未來電廠設置的主流技術。超超臨界發電機組具有優於傳統發電機組的效率，但是其建造成本也高，J-Power 表示此機組的建造成本約為 2,500 億日圓。

表三、J-Power 磯子電廠機組改造前後空氣污染排放值

	粉塵(mg/m ³)	SO _x (ppm)	NO _x (ppm)
改造前	50	60	159
1 號機	10	20	20
2 號機	5	10	13

另外磯子電廠除了發展高效率的發電機組外，在空氣污染的減量上，也具有非常優異的成效。磯子電廠有目前全球燃煤電廠最低的空氣污染物排放量，磯子電廠採用德國發展的再生活性碳吸附技術(Regenerative Activated Coke Technology-ReACT)，可同時在一個反應器中捕捉 SOx、NOx、粉塵和 Hg 等空氣污染物。再生活性碳吸附技術以 NH3 為還原劑經由活性碳吸附移動床中將煙氣中之 SOx 與 Hg 高效率的去除，並將 NOx 還原。吸附污染物後之活性碳再經由熱分解再生，並可回收硫酸副產物。使用乾式脫硫，脫附後的硫酸濃度可達 98%，可做為肥料或是化工業的原料，脫硫後所產生的煤灰主要供給

水泥廠再利用。吸附用的活性碳可循環使用，每年所消耗的活性碳約有 4,000 噸。粉塵則以靜電集塵法(ESP)處理，約可去除 50~60%的粉塵量。ReACT 因為可同時處理多項污染物，因此具有體積較小及大量耗水的問題，因此設備裝置於室內，氣體入口溫度為 350 °C，同時其成本較高。

相對其他的燃煤發電廠而言，磯子電廠廠區非常潔淨，參觀行程中不需配戴口罩，亦聞不到煤塵味，廠區中也看不到粉塵污染，圖九為排氣煙道，由於磯子電廠建置於橫濱港灣，鄰近商業區，因此地方政府對電廠整體污染控制要求非常嚴格，此對於國內目前正進行的燃煤電廠改造工程中，除硬體的建設及技術可以借鏡外，其實在軟體上，包括地方民意溝通方式及景觀維護上的努力亦值得參考。



圖十、磯子電廠煙道排放情形

J-Power 以達成零排放的燃煤火力發電廠為目標，多方發展不同的淨煤技術。目前全球積極發展的氣化複循環發電系統(Integrated Gasification Combined Cycle, IGCC)，J-Power 也積極投入發展，2016 年 6 月 J-Power 已經進行點火試驗，並測試最大負載運轉測試，後續進行發電及相關性能測試後，將依照測試數據進行商業後設計，預估真正進入商業化運轉還需兩年以上的時間。另外針對 CO₂ 捕獲技術的開發，目前是以將捕獲的 CO₂ 儲入罐體，後續將會評估儲存的可行性。



圖十一、磯子火力發電廠廢棄物回收樣本



圖十二、廠區監控室

4. 經產省資源能源廳

拜訪經濟產業省資源能源廳，能源廳三個業務主管部門分別為：節約能源與再生能源部門（包括能源政策規劃、能源效率）、自然資源與燃料部門（包括政策規劃、石油和天然氣、石油煉製、石油分布調查、煤炭、礦產和自然資源）、電業與天然氣部門(包括政策規劃、電力市場、天然氣市場、電力基礎設施、核能政策規劃、放射性廢物管理政策)。此次參訪主要針對日本電業自由化推動的進程、各項配套措施及政策規劃、目前電業自由化營運情形進行交流。

能源廳首先表示對台灣電力自由化、大力推展再生能源設置政策、5大產業政策及南向政策的關注，希望雙方可以在再生能源議題上有更多更緊密的合作及交流，尤其是在離岸風電專案上，以日本廠商做為合作對象將有助於協助台灣風力技術的本土化，並以台灣為基地，共同拓展東協的市場。本局林局長說明台灣政府再生能源的發展目標，在2025年再生能源裝置量可達到占總發電量的20%，因此導入國際合作的能量，有助於加速再生能源的發展及設置，尤其台灣與NEDO在能源議題上一直保持密切的交流及合作關係，對台灣再生能源技術的發展極為重要，也希望這樣的合作模式及議題可以持續及加強。

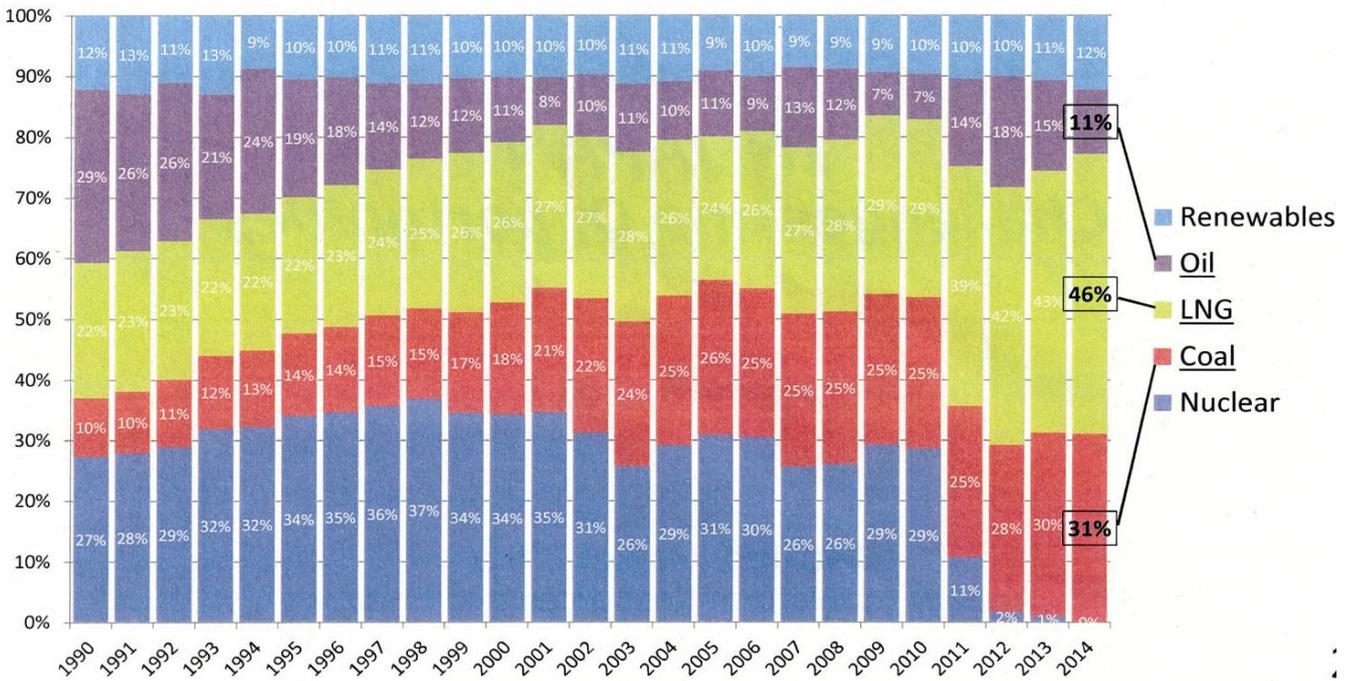


圖十三；資源能源廳會談

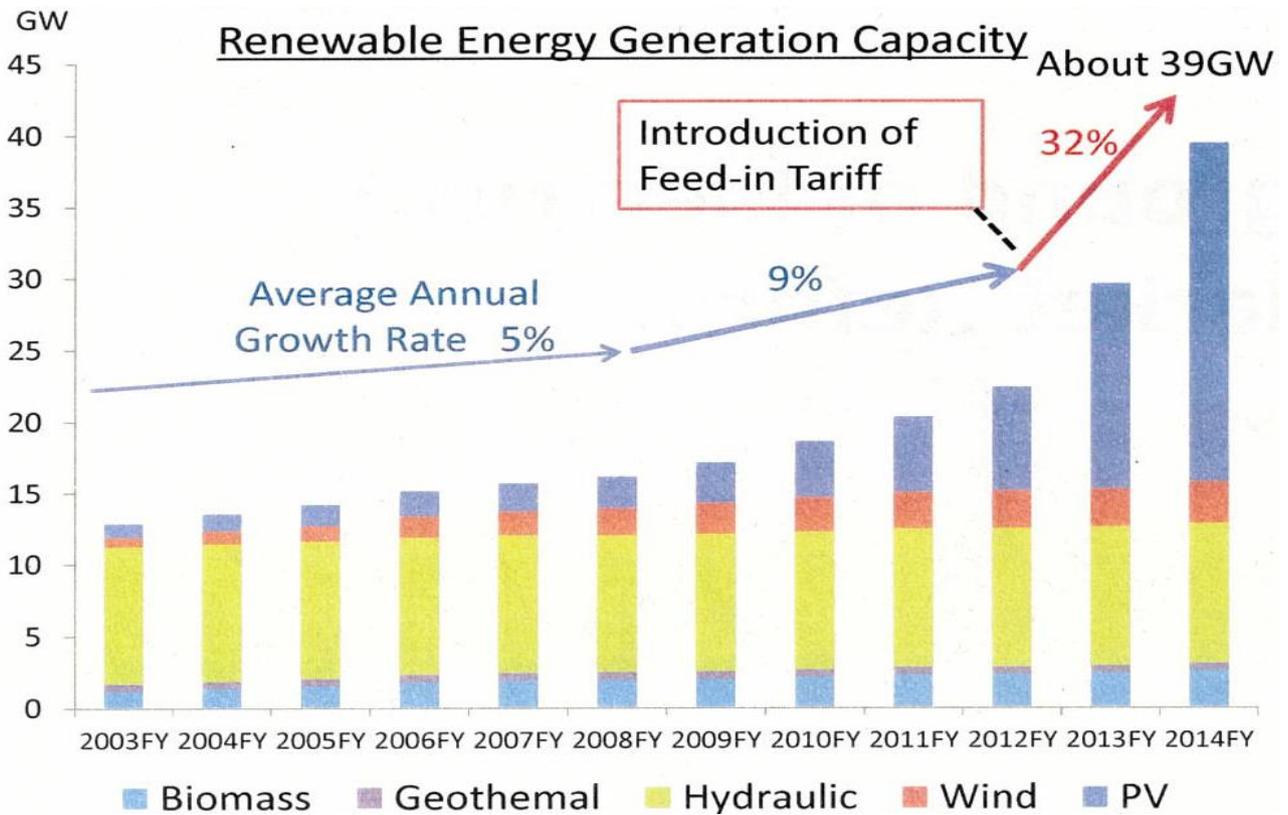
2011 年日本大地震福島和災後，日本的能源架構已經改變，改以天然氣、油及、煤等取代核能，成為主要的電力供應來源(如圖十四)，由 2014 年供電結構分析，其中天然氣發電站整體供電的 46%，燃煤發電占 31%。在目前的電力結構下，以住宅用電為例，日本電費約為 250 USD/MWh (~7.5NTD/度)，除了低於德國外，本期電費價格已比英國、法國、美國及韓國更高，幾乎為韓國及美國電費價格的兩倍，不過電價已從 2011 年約 300 USD/MWh 逐步下降，或許也因為高電價的影響，日本在近幾年的節能推廣上，具有非常好的成效。未來 2030 年電力供應目標為提高再生能源發電占比至 22~24%，天然氣及燃煤發電分別為 27%及 26%，值得注意的是，日本政府仍積極恢復使用核能發電，目前僅有 2 座核電廠運轉發電，但已有 26 座核電廠提升重新啟動的申請，預估到 2030 年核能發電占比仍有 20~22%的比例。

日本從 2012 年開始實施電力收購制度(feed-in tariff)以來，再生能源的裝置量就大幅提升，造成電網管理極大的負荷，預估 2016 年 FIT 的支出將達 150 億日圓(參訪時尚無統計後的數據)。從圖十五中可以看出，從 2012 年至 2014 年，再生能源發電量以提升 32%，不同再生能源實際裝置量如表四所列，其中以太陽光電增加的比例最多，日本未來針對再生能源的發展，則會是以風能及地熱為主要的擴充目標。

● The earthquake in 2011 changed Japan's power supply mix, replacing nuclear with LNG, oil and coal.



圖十四、日本電力結構

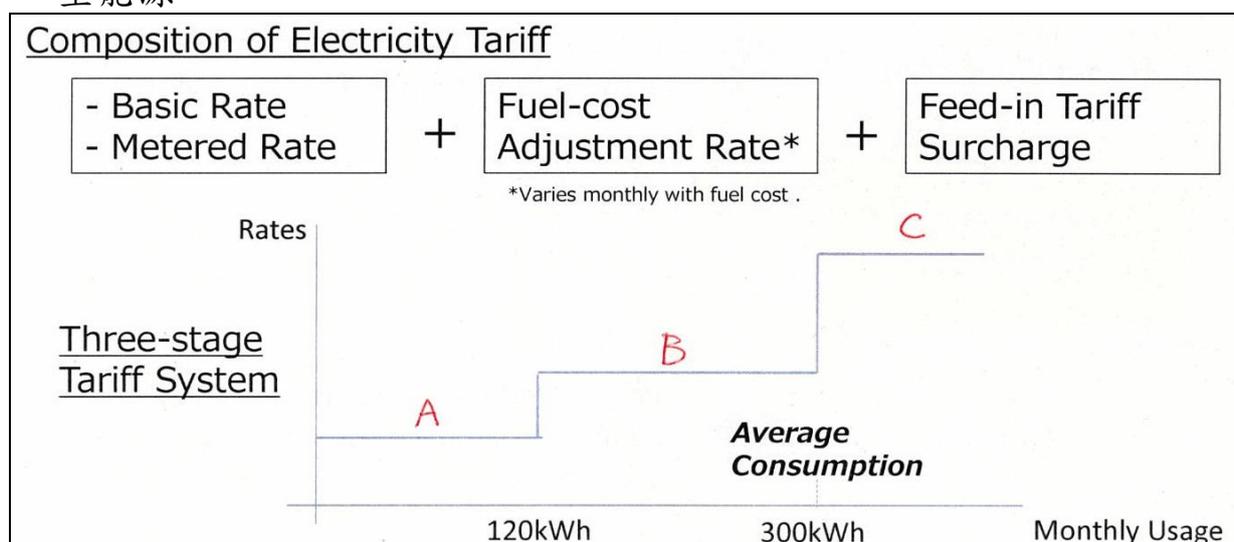


圖十五、再生能源發電趨勢

表四、再生能源發電申請量與實際裝置量

	Authorized (up to the end of 2014FY)	Already installed before 2014FY
PV (residential)	3.8GW	3.1GW
PV (non- residential)	78.8GW	15.0GW
Wind	2.3GW	0.3GW
Hydraulic	0.7GW	0.1GW
Geother mal	0.1GW	<u>0.0GW</u>
Biomass	2.0GW	0.2GW
Total	87.7GW	18.8GW

日本從 1974 年開始實施分級電費，鼓勵住商節電，日本的電價制度分成三個階段(如圖十六)，根據不同的每月耗電量實施分段的收費標準，包含(1)基本電價(0~120 度電)、(2)機動電價(adjustment rate)隨著燃料價格而進行變動(120~300 度電)、(3)FIT 附加費(FIT surcharge)(300 度電以上)，其中基本電價由政府進行核准，而附加電費則用來補貼再生能源。



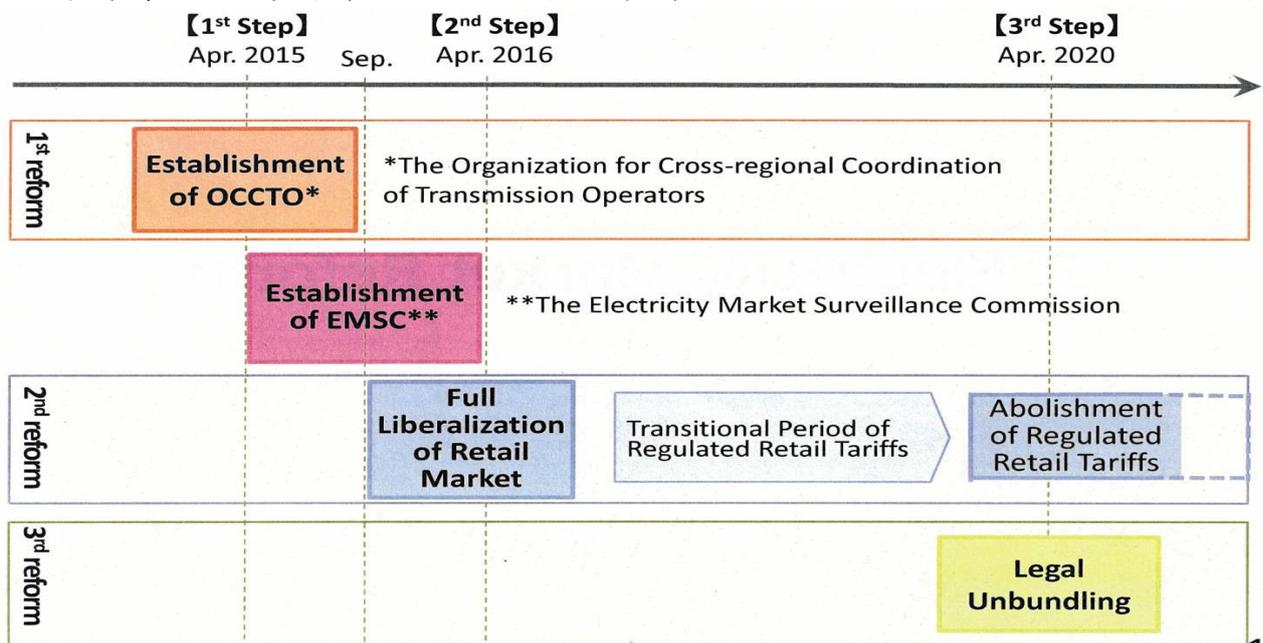
圖十六、分級電價圖

針對電力自由化的議題，日本能源廳表示從 2000 開始修訂電業法，至 2016 年全面電業自由化，電業自由化並非一蹴可及，整個發展過程所學習到的教訓，由於台灣與日本在電力供應特性上，有很多相似之處，因此可以將經驗與台灣交流，減少台灣未來修正的次數。目前日本電力市場新進業者仍只有維持在 3~4% 的比例。在整個電力市場的改革，主要希望促進不同區域的電力交流達到能源穩定供應的目標，並且可以降低電價，以及經由增加使用者的選擇性達到擴充商機的目的。整個電力市場格的重要里程碑如圖十七。全日本共有 10 各區域電力公司進行區域性供電，因此電力市場的改革第一階段就是成立跨區調度中心，OCCTO 為統管 10 家電力公司的部門(等同 ISO)，負責電力調度及統籌；成立電力市場監督委員會(EMSC, Electricity Market Surveillance Commission)獨立機構，主要為監督電力市場交易，並維持電網部門的中立性。第二階段就是電力零售市場自由化：日本於 2016 年開放住宅部門的電力零售市場競爭，電價自由化。在 2016 年 4 月以後，發電業者必須先註冊，但是輸配業仍維持區域的單一性，電網價格調整，並負責維持電力頻率及執行配電系統故障復電。第三階段就

是 Legal Unbundling，在 2020 年要完成發電及送電業者完全分離的目標，達到供電的中立性及透明度。日本在電力自由化過程中所獲得的重要經驗是：

- (1) 必須加強市場的監督
- (2) 市場應該要逐步開放
- (3) JEPX(Japan Power Exchange)的電價訂定完全取決於市場價格

因為不同的電廠建置成本、環評時程..等差異，皆會造成發電成本不同。另外，對燃煤電廠的設置，尤其是針對現有的電廠英語新設電廠有不同的規範，在零售市場也可以不同的操作手法或配套政策進行誘導，以達到降低燃煤發電汙染為目標。



圖十七、電力市場改革里程碑

日本與中油公司有密切的交流，希望能幫台方在 LNG 接收站及技術上，進行技術國際化的應用。另外，台電公司也加入日方的交易平台，因此也會開始建立 LNG 的接收站，因此台電公司也會在相關技術上與日方進行合作評估。

5. 台灣情勢研討會

由日本交流協會於東京虎之門霞山會館主辦的台灣情勢研討會，邀請林全能局長就「台灣的能源變化及今後展望」進行演講。



圖十八、台灣能源情勢研討會

上述演講內容包含丁下各項議題：

- (1) 再生能源政策及未來至 2025 年中長期規劃之方向，及主要太陽光電及離岸風力等規劃之目標。
- (2) 智慧電表用戶的推動規劃：帶動智慧電表產業的發展，因此會以模組化的電表設計，進行推動，同時達到產業推動及時間電價的使用比例。
- (3) 推動電業改革：必須以提升電力供應效率與品質為主要目標，在供給端以多元供給，在電網上必須公平使用，在需求端開放戶戶自由選購電。
- (4) 電業法修法的布局架構(如圖十九)，修法分兩個階段，包拾今年(2017)完成的修法架構及第二階段修法方向，目前規劃在 3~5 年後進行檢

討。在電業法修法前，台灣僅有台電一家綜合電力公司，雖有一些獨立發電業者(IPP)，但只能賣電給台電公司。此次的修法主要將發、輸配及售電分開，期望在未來 6~9 年可以完成，讓台電公司將分為發電及輸配售兩家公司，在廠網分工後，可以成立控股公司。目前規劃六種以上的電力銷售型態，再生能源業者可以直供的方法賣電給用戶；或是再生能源業者也可以利用電網業者，將綠電賣給用戶；或是再生能源直接將電賣給用戶，這三種模式的銷售電價完全由業者自由決定，不受政府管制。傳統的火力發電電廠發電仍維持由台電進行收購，然後再賣給用戶，因此電價仍然受到電價審議會議規范公用售電的電價。為了讓傳統的火力電廠，扮演成功的基載電廠，允許自由設立電廠，但仍只能將電賣給公用售電業，但未來希望在全面自由化後，將電直接販售給用戶。

此次電業法的修法內容，將台灣受到溫室氣體的規范納入修法中進行考量，因此會成立電業監督委員會針對電價進行審查。台灣與日本在電業自由化的發展非常相近，過去台灣與日本在電力技術上具有合作的密切關係，希望未來可以吸取日本電業轉型的經驗吸取經驗，也希望兩方多多合作。

當天現場超過 120 人與會，針對林局長的演講議題與會者反應熱烈，並提出相當多的討論意見，包含台灣提出 2025 年實現非核家園的議題下，整體的電力需求如何規劃；關於再生能源，台灣有非常遠大的目標，其他國家政策為固定買電價格，台灣是否有相關政策，以及政策制定的考量，是否曾經針對再生能源的投資進行模擬或評估；台灣將建設第三座 LNG 接收站，是否考慮接收站的民營。

6. 參訪日本太陽光電協會 JEPA

日本目前正大力推動設置太陽光電，JEPA 的功能即是在政府與業者間相互溝通的橋樑，本次拜訪主要就日本產業界對於大量設置太陽光電的看法以及對未來市場發展的走向雙方交換意見，由於日本太陽光電協會長期以來對於屋頂型太陽光電設置的相關施工規范多有著墨，此對於國內在推動屋頂型有相關助益。

7. 柏之葉智慧城市參訪

三井不動產、東京大學、千葉大學共同拓展的「柏之葉智慧型城市」，導入日本首創跨越市區融通電力的智慧電網，利用太陽能和儲電，與鄰

近市區的商業設施「Lalaport 柏之葉」之間相互供給電力。其架構為即使發生停電，仍可連續 3 天持續供給平時所需用電量的六成電力；並對鄰近市區所開發的公寓「公園城柏之葉園區一番街」與「公園城柏之葉園區二番街」供給電力，實現當發生地震時，電梯和公設照明仍可運作的無停電公寓。參觀內容為了解地區能源管理系統(AEMS)、家庭能源管理系統(HEMS)、智慧電網及再生能源應用等智慧城市能源管理的經驗。

智慧城市有各式各樣的定義，柏之葉開發案對智慧城市的定義及主要展現的功能。柏之葉智慧城市以「環境共生」、「健康長壽」、「新產業創造」3 個城市建設主題，在「新產業創造」的環境規劃及具體成效。柏之葉智慧城市設立 KOIL(Kashiwa-no-ha open Innovation Labs.)，KOIL 基本上是一種開放式創新結合商業運作模式，基本上從人的需求角度出發，從工作、生活與環境的絡合，創造一個歸屬感的環境，並運用科技與環境共生，在滿足住民生活需求下以最低的資源消耗來達成環境共生之目標，同時創造一個創新發展的友善環境，使住民可以在此一環境下孕育出新的產業或技術。

基本上，柏之葉智慧城在軟體的建置及構思上投入是比較完整，而在硬體的建置上，大都屬於成熟技術，國內如需複製此一經驗，需在軟體上多注重細節，同時對於從人本需求角度出發未來成功複製的機會將會比較高。



圖十九、柏之葉智慧城市 open innovation labs.



圖二十、柏之葉智慧城 BIPV 設計

8. 日立製作所

日立總部的參觀時間非常短暫，主要為介紹日立的發展過程及參觀其展示廳，日立公司目前主要的業務內容，21%為社會基礎設施與工業系統，14%為高性能材料與元件，19%為電信與資訊系統，另外6%為智慧生活與環境系統。其中日立公司針對未來公司的發展策略，提出

「society 5.0」的概念，從人的需求來規劃未來整個公司長遠的發展願景。日立公司一直在實施社會創新業務(social innovation business)，整合該公司在基礎設施技術和先進 IT 方面的豐富經驗，結合客戶和合作夥伴共同創造的能量，通過開放創新，經由數位技術為社會發展提供最佳解決方案。

9. 關西電力株式會社

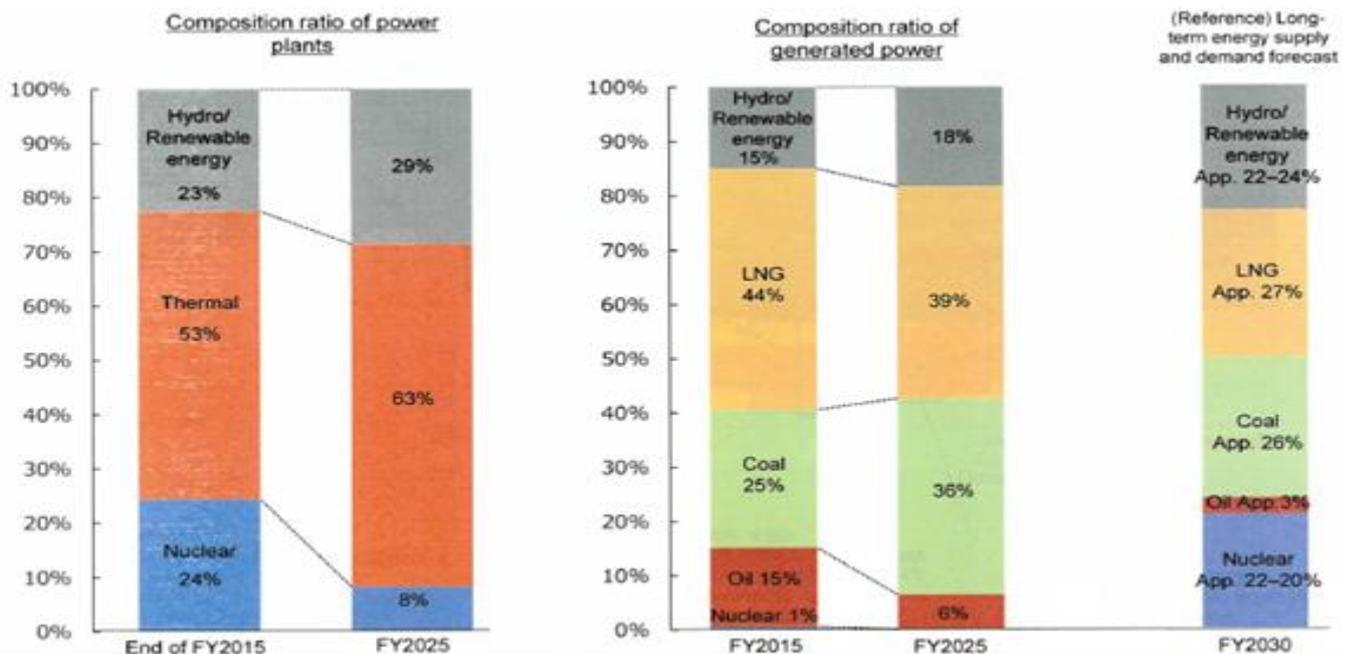
主要是就關西電力在日本電業改市場改革後，就其公司內部如何因應交換經驗，同時關西電力也就智慧電表推動進度、未來電力供需預測所面臨的各項議題進行簡報，在進入關西電力會議室時，看到一面關東旗上面寫著「關西電力瓦斯大賣」，這意味著在日本一個單一的電力公司或瓦斯公司，已經無法單獨在市場上生存，必需透過可以提供用戶包括除傳統能源外的技術或能源選項，另外加上節能、再生能源等技術，以發展出一個完整解決方案(Total Solution)為目標下，方可在如此競爭的環境中生存。

關西電力在智慧電網上亦投入諸多基礎建設，包括在變電所自動控制、變壓器遠端控制及相關量測資料庫建置，在智慧電表投入上，2017 年 1 月已完成 710 萬戶建置，使用的通訊技術包括有射頻(RF Mesh 如 Wifi、3G)及 PLC(Power Line Carrier)技術。

關西電力公司在強化電力供應的競爭力為主要目標，施行上有三個主要方向：(A)在潔淨能源方面(包含水力發電及再生能源)：積極發展再生能源，大幅增加發電裝置；(B)火力發電：發電佔比約為 46%，以促進火力發電的發展，平衡電力需求端與電力供應端，強化供電競爭力；(C)核電：以盡早重新啟動核能電廠，在未來成為基載電力供應來源。目前關係電力公司電廠的分配比例如圖二十一所示，從 2015 年至 2025 年，再生能源發電及火力發電的電廠占比，會由 23%及 53%分別提升至 29%及 63%，核能電廠則由目前的 24%降低至 8%。整體電力供應架構如圖二十八，此表格中的數據包含其他電力公司供應之電力。在 2015 年核能發電量為 0%，但關西電力公司規畫在 2030 年提升至 22~20%，再生能源發電量則由 15%提升至 22~24%，其餘發電量則來自天然氣、燃煤及燃油發電。

圖二十一、關西電力公司裝置容量及發電占比

在基礎設備面：主要輸電網包含 1,200 座配電站，110,000 個



automatic switchgear 單元，預計於 2020 年建置 13 百萬套智慧電表 (smarter meter)讓全日本家戶達到全面安裝的目標。所蒐集到的用電資訊可以在不同階段傳輸調度系統(dispatch control system)、配電自動化系統(distribution automation system, DAS)及智慧電表系統，進行電力穩定調度。由於再生能源裝置會造成供電系統穩定度的變化，而造成電壓

變化，因此安裝感測器取得供電資訊，對電壓進行調整，以遠程操控，讓大量的資訊進行統一管理，才能讓再生能源有效應用並達到穩定供電目標。

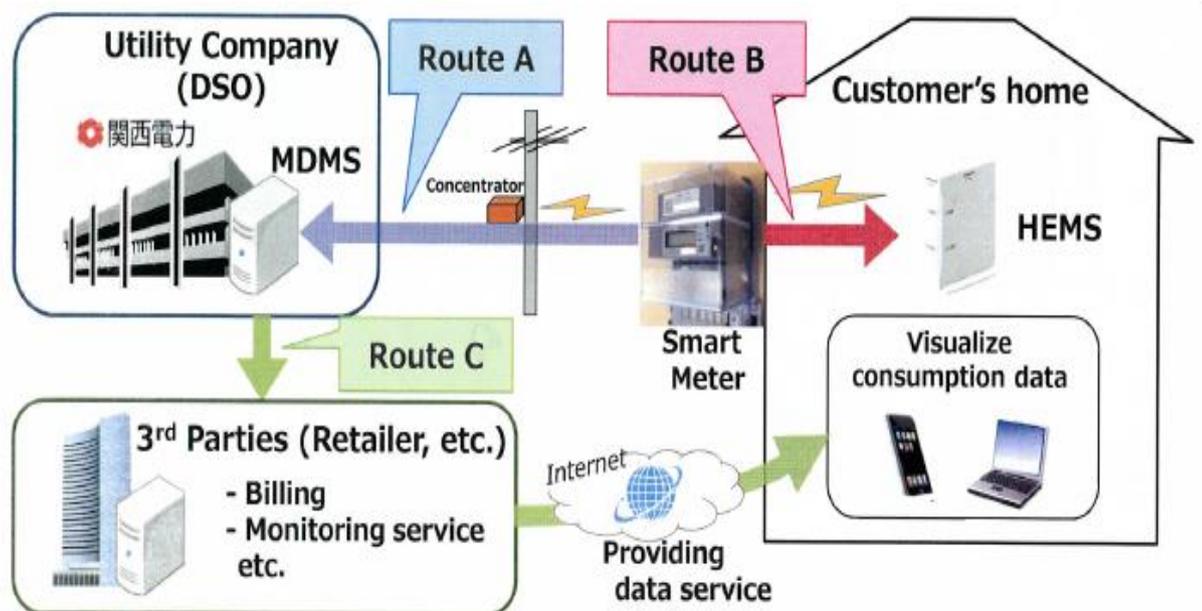
智慧電表的通訊系統則依據使用地區不同而有不同的通訊系統，大約可概分為兩類：PLC 及 RF mesh，整體的布建狀況如表三所列。關西電力公司在 PLC 自行開發的技術，可符合國際標準，目前可涵蓋約 500 戶以上的整棟公寓大樓。

表五、2017 年 1 月通訊系統布建數及連線率現況

		Deployment number (million)	Deployment rate	Connection rate
RF Mesh	Prior Introduction Area	0.4	84%	100%
	Whole area	7.0	54%	92%
PLC	Whole area	0.1	-	100%

整體智慧電網的 communtion route 可分為三種(如圖二十二)：

- (1)Route A：由智慧電表至 MDMS，提供耗電資料；
- (2)Route B：由智慧電表至 HEMS，提供耗電資料；
- (3)Route C：由 DSO 至第三方，例如電力零售業者，可進行電力監測服務、計價..等。



圖二十二、智慧電錶(AMI)架構

10. 堺市再生水複合利用

關西電力為有效利用餘熱，結合堺市的污水廠，將污水回收的再生水中的餘熱行回收，以供應當地大型賣場(Aeno Mall)之空調熱源、暖氣抽取室外氣預熱及用餐區清洗水加熱之用，此種技術即是台灣所稱「熱泵」的方式，利用水與空氣比熱的差異性，透過工作流體加溫管路中的直氣或自來水，有效回收熱能，其推估其一年可節約 3.5% 能源使用量，其減量 7.5 噸二氧化碳。

此一地方政府與企業合作方式，不但可有效利用能源，同時亦是一個電力事業應用新技術回饋鄉里的最佳模式，此對於能源事業在地方上與當地民眾和諧共存，提供一個不同的思考方向。



圖二十、堺市熱能應用中心

11. 日東電工創意中心

日東電工在台灣設有二座工廠，公司總部位於大阪，其生產的產品比較類似工業界的 3M 公司的角色，本次參訪的單位為其企業下轄的創意中心，包括參觀正在研發的產品及實習生在創意中心參與研發

的過程，其公司在電池、塗料及薄膜技術上有其獨到之處，由於台灣目前在再生能源應用上，如地熱發電發展耐酸蝕及防結垢技術上仍有待進一步突破，未來可視國內在相關技術發展上進一步相互交流，可將適用於台灣的技術引進，以縮短國內在發長上的期程，同時有利進行大量商品化發展機會。



圖二十一、日東電工創意中心

五、心得及建議

1. 日本從 2013 年通過電氣事業法修正案後，逐步進行電業自由化，打破長期以來區域供電壟斷的現象。經由第一階段於 2015 年建立廣域系統運用機構(OCCTO)，讓日本本土九大區域電力公司，促進電業間的電力調度，第二階段(2016 年)進行零售市場全面自由化，到最後第三階段，也就是三年後(2018 年以後)，將讓輸配電部門中立化。2020 年最終將取消電價管制。這期間的準備程序、政策制定、電價制定、配套措施及市場現況，諸多經驗及溝通協調過程，皆可做為目前國內推動電業改革的借鏡。由於日本目前對於未來規劃的里程

碑中各項期程仍在在這一不確定的不確定性，由於日本今(2017)年亦同時進行都市瓦斯市場解構，由於日本各項公用事業(能源、通訊)均已進行自由化市場開放，未來最終達成完全市場開放競爭的成功機率似乎較高，此進展台灣宜密切注意，其相關商業模式的發展。

2. 傳統獨占型的綜合性電業公司，在零售市場全面開放自由化後，皆會面臨獨立發電事業(IPP)的競爭，同時因能源的供應是有替代性，不論是關西電力公司、J-Power、東京瓦斯公司，除了提升自身事業效率外，同時亦需與同是能源事業者較勁，如東京電力與東京瓦斯、關西電力之於大阪瓦斯，J-Power 挑戰區域電力大手如東京電力，在降低發電成本外，針對消費者需求，提出整套的解決方案，例如能源的綜合服務，能源供應的戰國時代業已經到來，未來同樣的情形也可能在台灣發生，自由市場的競爭可以提升整體的服務品質，也可以使得整體的能源使用效率更為有效。
3. 由於在降低火力發電的環境汙染已經是世界趨勢，日本也將透過增加天然氣發電的比例方式達成，由於天然氣接收站興建之資本投資大及自然條件有限，天然氣公司(如東京瓦斯)可以有效率運用接收設施，並結合當地已在的電力事業合作(如東京電力)，創造雙方互利的機制，將會是未來各事業間的增加競爭力及創造獲利的空間的機會，此亦可作為中油公司與台電公司在接收站議題上的參考。
4. 國內在推動非核家園過程中，必須保持一定容量基載機組，燃煤發電廠則成為一個目前不得不維持的選項，但燃煤污染的議題的困擾也一直存在，日本試圖藉由技術的進步，加強民眾對燃煤機組有不同於以往的認，J-power 的磯子電廠位於橫濱市內即是一個例證，此一運作模式可以作為台灣未來在更新燃煤機組的參考標竿。
5. 智慧城市的主體不是建築與技術，而是人，以人的需求為導向，在智慧建築如何在智慧科技與使用者需求間求問，以技術價值提升生活品質，才是智慧城市建置的重要目標。以柏之葉智慧城市為例，是以「環境共生」、「健康長壽」、「新產業創造」3 個主題進行

建設，雖然能源管理為其中一個重要的示範技術項目，但整體而言仍是以創造優質的生活環境為目標，尤其此智慧城市的開發是結合三井不動產、東京大學及千葉大學所共同建置，整體而言仍是以建商結合運輸業者，進行大規模新市鎮的開發並與大型學術機構與產業界相互結合方式，以吸引居民進駐為目標。目前沙崙科學城希望以綠能科技先行，帶動沙崙周遭的產業進駐，並造成城市的發展，與柏之葉智慧城初始構想不同，惟其中綠能科技、生活應用、產業化及商業模式的相互搭配及整合，將是未來科學城能否成功發展的重要課題。

附件