

出國報告（出國類別：實習）

# 智慧電網架構下減少 用電措施之研究

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：鄭乃誠（業務管理師）

派赴國家：日本

出國期間：103年6月8日~103年6月19日

報告日期：103年8月

# 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：智慧電網架構下減少用電措施之研究

頁數 45 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)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：鄭乃誠/台灣電力公司/業務處/

業務管理師/(02)2366-6713

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：103 年 6 月 8 日~103 年 6 月 19 日

出國地區：日本

報告日期：103 年 8 月

分類號/目

關鍵詞：需量反應措施(Demand Response)、智慧城(Smart City)、減少用電措施(Interruptible rate)、先進電表基礎建設(AMI)、尖峰回饋(PTR)、容量承諾方案(Capacity Commitment Program)、投標系統(Bidding System)、能源管理系統(EMS)、家庭能源管理系統(HEMS)、大樓能源管理系統(BEMS)。

內容摘要：(二百至三百字)

智慧電網(Smart Grid)在配電用戶端的焦點為建置智慧型電表基礎建設(AMI)，透過AMI布建提供用戶及時用電資訊，電業即可結合價格訊號提供各項需量反應措施(包含減少用電措施)供用戶選用，俾藉由提供用電資訊及價格誘因促使用戶進行自主性用電管理，以達到抑低尖峰負載與降低供電成本之目的。日本自311大地震後，即積極布建AMI並結合各種能源管理系統進行可視化及需量反應實驗，期藉由降低尖峰用電需求，減緩缺電危機，該國相關實施經驗，實值得即將面臨缺電危機的我國參考。

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

# ~ 目 錄 ~

	頁次
壹、 出國緣起.....	1
一、任 務.....	1
二、緣起與目的.....	1
三、行 程.....	2
貳、 研習過程內容與心得.....	3
一、日本電力市場概述.....	3
二、日本智慧電表布建及相關需量反應措施規劃情形.....	12
三、日本智慧城相關實驗及新宿早稻田實證中心.....	13
四、日本現行減少用電措施介紹.....	33
參、 心得及建議.....	41
一、心 得.....	41
二、建 議.....	43
三、誌 謝.....	45
肆、 參考資料.....	45

## ~ 表 目 錄 ~

	頁次
表 1、2010 年日本與台灣發電能源比較表.....	10
表 2、2012 年日本與台灣發電能源比較表.....	10
表 3、2010 年與 2012 年日本電價比較表.....	11
表 4、2012 年日本與台灣電價比較表.....	11
表 5、日本各電力公司智慧電表布建進度.....	12
表 6、日本電力公司檢討、導入新需量反應措施預定時間表.....	13
表 7、2013 年 7 月-9 月的 DR 實證結果.....	25
表 8、「負電力交易」實施概要.....	36
表 9、計劃性調整契約分類.....	38
表 10、隨時性調整契約分類.....	39
表 11、日本計劃性調整契約與台電計劃性減少用電措施比較表.....	40
表 12、日本隨時調整契約與台電臨時性減少用電措施(四)比較表.....	40
表 13、2012 年計劃性調整契約與隨時性調整契約.....	40

## ~ 圖 目 錄 ~

	頁次
圖 1、日本電力系統圖	7
圖 2、日本現行之電力市場架構	8
圖 3、日本歷次開放用戶購電選擇權範圍比較	9
圖 4、2010 年與 2012 年日本發電能源比較表	11
圖 5、次世代能源、社會系統實證計畫	14
圖 6、橫濱市實證全像圖	15
圖 7、橫濱世界港購物中心的外觀	20
圖 8、每 30 分預測能源需求與供給實績的例子	21
圖 9、橫濱世界港購物中心設備圖	22
圖 10、智慧 BEMS 的中央監視系統與遙控中心	23
圖 11、通過綜合 BEMS 的 DR	24
圖 12、DR 的抑低效果	24
圖 13、投標系統的畫面	27
圖 14、通過能源運用的調整使抑低尖峰負載約 40%	28
圖 15、日本橫濱市智慧城計畫實證進度表	29
圖 16、實證計畫架構	31
圖 17、早稻田大學新宿實證中心 ADR 實證架構	32
圖 18、日本電力系統的計劃、運用之 DR 分工	34
圖 19、負電力實施流程	35
圖 20、關西電力實施「負電力交易」之流程圖	37

# 壹、出國緣起

## 一、任務

研習日本智慧電網架構下減少用電措施。

## 二、緣起與目的

智慧電網（Smart Grid）是整合發電、輸電、配電及用戶端的現代化電力網路，具有降低用電量及提升使用端能源效率的功能，已成為世界各國因應氣候變遷與落實節能減碳重要的策略之一，而智慧型電網在配電用戶端的焦點為建置智慧型電表基礎建設（AMI）。而需量反應措施，則為電業提供電價誘因，引導用戶降低或移轉尖峰用電需求之作法，可分為價格基礎（如時間電價、CPP…等）及誘因基礎（如減少用電措施、直接負載控制…等）。

透過 AMI 布建提供用戶及時用電資訊，電業即可結合價格訊號提供各項需量反應措施（包含減少用電措施）供用戶選用，俾藉由提供用電資訊及價格誘因促使用戶進行自主性用電管理，以達到抑低尖峰負載與降低供電成本之目的。

有鑑於日本 311 大地震後，停止大多核電廠運轉，造成電力供給不足，為降低電力缺口，該國即積極布建 AMI 並實驗各項結合 AMI 之需量反應措施，期藉由需量反應措施之規劃，以降低尖峰用電需求，減緩缺電危機；反觀我國即將面臨因核四停

工及核一~核三除役所造成之電力缺口，因此藉由規劃赴日電力公司實習以了解日本 AMI 之需量反應措施(含各項減少用電措施)實施及實驗經驗，以作為未來發展適合本公司相關需量反應措施之參考依據實有必要。

### 三、行程

#### (一) 研習日期

103年6月8日至103年6月19日，共計12日。

#### (二) 出國行程

日期	地點	訓練進修機構	訓練進修主題
6/8	往程	—	—
6/9	東京	東京電力公司	拜訪東京電力進行台日 OpenADR交流會
6/10	東京	ECHONET事務局	拜訪ECHONET事務局，進行OpenADR及需量反應措施交流
6/11	東京	東芝公司	前往東芝公司位於神奈川縣川崎市的展示館及東京都展示間，參觀橫濱智能城市計畫與CEMS區域能源管理系統示範
6/12~13	東京	東京電力公司	6/12:拜訪東京電力公司，進行AMI系統建置、通訊技術及系統安全性研討)； 6/13:現場場域參觀及需量反應討論。
6/14~15	行程	—	—
6/16	東京	關西電力東京分部	進行需量反應及智慧電表

			安全性議題討論。
6/17	大阪	關西電力	參觀關西電力公司智慧電表互通性測試實驗室、控制中心。
6/18	大阪	關西電力	參觀先進讀表系統(AMI)實際場域；討論相關應用議題。
6/19	返程	—	—

## 貳、研習過程內容與心得

### 一、日本電力市場概述

以下分別就日本電力產業歷史、電力系統、現行電力市場參與者、發電能源配比與電價四部分說明日本電力市場特點:

#### (一)日本電力產業歷史

日本電力產業始於 1886 年東京電燈公司設立開業，1894 年日本全國電力事業者已達 20 家，1990 年 53 家，1906 年 84 家，有逐年增加之傾向。制度方面，1896 年電力取締規則公布、施行，1911 年電力事業法公布，隔 (1912) 年實施。此時由民間主導，非地區獨占制度。1920 年電力供給過剩，於是電力業者逐步整併，最後形成所謂的「5 大電力公司」(東京電燈、東邦電力、宇治川電氣、大同電力、日本電力)的競爭狀態。但該市場此時並非由地區獨占，民營和公營電業仍多數存在，且由民間主導。

然而，隨著 1931 年電力事業法修正，隔年 1932 年實施，形成電力委員會管理電力市場的制度，1932 年 5 大電力結盟形成電力連盟，從此初期的地區獨占態勢形成，然而即便如此，市場由民間主導的情形仍未改變。

1938 年的電力管理法案，日本發送電株式會社法案等，電力國家管理相關的法案相繼成立，1939 年日本發送電株式會社成立，電力廳成立。之後，1941 年電力管理法修正，配電統制令實施，隔(1942)年 9 家配電公司成立。此一期間，電力產業的主導權逐漸由民間轉為國家管理體制。

1950 年電力事業法的廢除，1951 年日本發送電的解散及因 1951 年的電力事業再成令的實施而設立 9 家電力公司等原因，造成此一體制逐漸再由民間所主導。此 9 家電力的體制由 1964 年的新電力事業法的公布、實施而形成。1988 年沖繩電力民營化後，10 家電力體制遂形成，到 1995 年電力事業法修正前，各一般電力事業者皆為該地區唯一的供電者。

日本的電力產業，初期為新加入者仍可參與的市場，之後由於市場的統一、廢止、合併的進行，形成 5 大電力體制，而後再經過了國家管理的體制，逐漸朝向地區獨佔市場改變。

日本由 1995 年後至今為電力自由化階段，可分為以下 4 階段發展:

1. **自由化第一階段**(自 1995 年電力事業法第一階段修正後，至隔(1996) 年實施):

此一階段的改革目標著重在新加入者加入的可能性及費用削減方面，此階段修正具有 3 大特徵:

- (1) **躉售供給事業者(IPP)的加入及投標制度的導入:**IPP 因躉售電力事業加入許可的廢除後，開始加入市場。另外，投標制度的導入使一般電力事業者可生產比平常較低水準的電力，而仍可獲得所需要的電力，也使得電費有調降的可能性。
- (2) **特定電力事業的創設:**即在某些限制的地區，特定電力事業者可以與一般電力事業者一樣發電並供電，此為電力自由化

初始的組成形態，2007 年 1 月底已有 6 家成立。

- (3) **電價規範及制度的修正:**選擇約款的導入，使得消費者選擇的範圍變大，因此消費者便可選擇與自己生活形態相近方案，也因此使得負載能更加的平滑化。

## 2. 自由化第二階段(自 1999 年電力事業法第二階段修正後，至隔年(2000)年實施)

此一階段的特徵為特定規模電力事業(PPS: Power Producer and Supplier)的加入及電價規範制度的修正。

- (1) **特定規模電力事業(PPS: Power Producer and Supplier)的加入:**PPS 與一般電力事業者相同，皆可於發電後零售給用戶的電力事業者，到 2007 年 1 月止共有 23 家公司提出申請。從此大口的用戶(2000 年開放 2000kW 以上之特高壓用戶)，即可自由選擇電力事業者，也就是用大口零售電力市場自由化。但由於能夠選擇的用戶有限，因此被稱為電力部分自由化。PPS 的加入後，造成市場的競爭，同時也促使一般電力事業者提高其經營的效率。惟使 PPS 加入供電的修正，也造成某些負面效應，即 PPS 業者必須藉由一般電力事業者的送電網才能送電，直至 2003 年與此有關的法律才完備。
- (2) **電費規定制度的修正:**即電價調降由原來的認可制變為提出制，從此一般電力事業者的電價調降即變得更容易。

## 3. 自由化第三階段(自 2003 年電力事業法第三階段修正，2004 年部分施行，至 2005 年開始施行)

此一階段的特點為(1)一般電力事業者仍保有電網送電的權力，(2)與利用送電網有關的公平性、透明性的確保，(3)躉售電力交易所的創設，(4)自由化範圍的擴大等(2004 年 500kW 以上用戶開放自由選擇電力事業者，而 2005 年則開放 50kW 以上

的用戶能選擇)。

#### 4. 自由化第四階段(自 2007 年~)

2007 年以後自由化議題則開始集中在低壓電力及表燈。

自此，在電力自由化下約有 6 成用戶能自由選擇電力事業者。

日本預計於 2016 年後，全面開放尚未開放的低壓電力及表燈部門，達到日本電力市場全面自由化之目標。

## (二)日本電力系統介紹

### 1.日本電力系統特徵:

所謂的電力系統係指電力由發電端傳送至需求端的過程。構成此電力系統的設備，包含發電的電廠，傳送電力的電線，改變電壓的變電所，送電至用戶端的配電線所構成。日本的電力系統與他國相比有如下 3 個特徵。

- (1)日本電力系統由 2 種頻率構成:電力公司因電壓變換及發電機等機器製造容易為理由，以「交流」方式供電。交流的特徵為隨時間經過正負交替，其中東日本為 50Hz，而西日本為 60Hz。
- (2)與先進國家相比極低的停電率:由於日本各地區電力公司的送電線及配電線呈環狀(roop)或是網狀(mesh)，再加上連結各電力公司間的送電線及頻率變換站等地區間能互相融通的體制完備所致。
- (3)不與他國互連的電力系統:與歐美不同，日本電力系並不與他國互連，因此不會受到他國供需狀況及停電而受影響，而可以維持高度安定的電力供給。

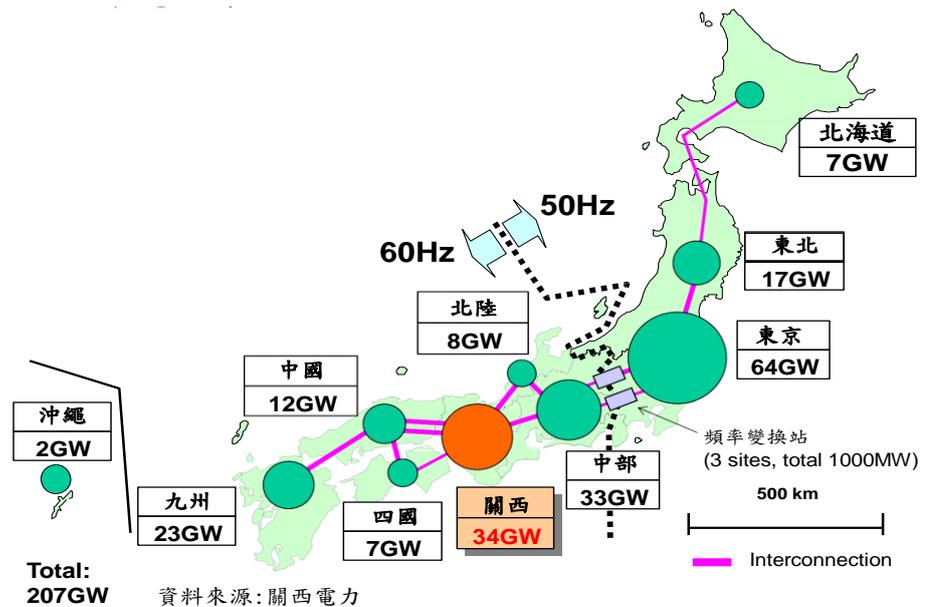


圖 1、日本電力系統圖

## 2. 電力系統現存問題:

如上述第一個特徵所述，日本電力供給系統存在著全世界唯一同一國內卻有不同頻率的問題，該差異性造成日本本州無法垂直送電，大都市間的電力輸送也受到限制。日本早期供電係以直流發電為主，但因直流送電具有致命缺點即無法長距離送電，因此當時世界標準皆轉換成交流送電。日本當時為轉換成交流送電也輸入交流發電機，但當時東京電燈採用德國 AEG 公司所製造的 50Hz 發電機供電，而大阪電燈則以美國的 Thomson Houston 公司所製造的 60Hz 發電機供電。2 家公司後來因為競爭愈來愈激烈，最後造成頻率無法統一。之前也有因一國內卻有不同供電頻率不同而檢討過，但因統一頻率所需費用過於龐大而放棄。惟 311 強震後，因供電頻率不同，造成電力公司間電力支援困難問題，此一缺點再次被提出檢討。

### (三) 日本現行電力市場參與者

經過多次的電力改革，目前日本的電力市場參與者已呈現多樣化的樣態，茲分述如下：

1. 電業：分別有「一般電力事業」、「躉售電力事業」、「特定電力

事業」、「躉售供給事業」、「特定規模電力事業」及「發電事業」等 6 種。其間相互關係如圖 2 所示。

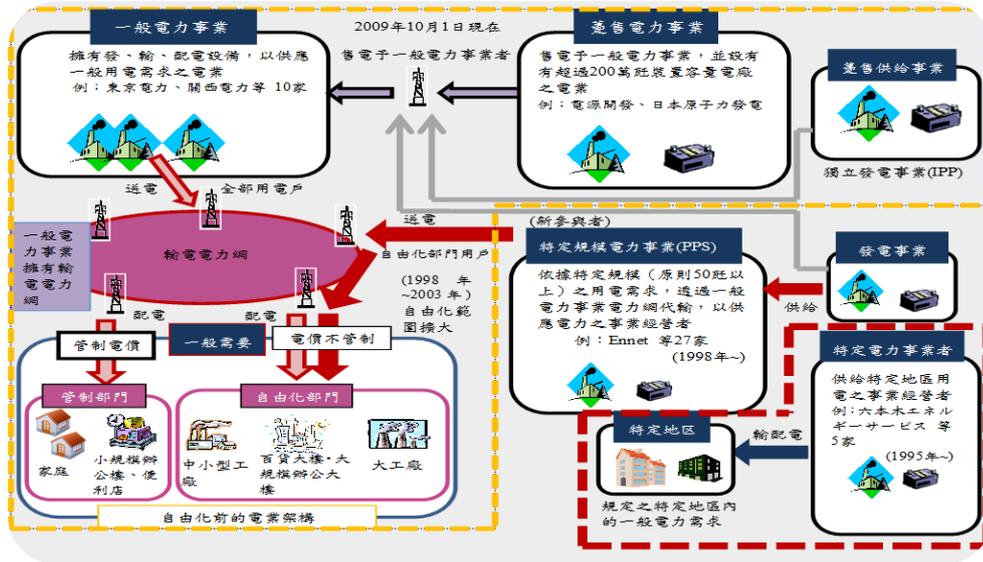


圖 2、日本現行之電力市場架構

個別業務內容及條件分述如下：

- (1) 一般電力事業：係指擁有一定供電區域，對於該區域內之用戶供給一般電力需求之電力事業經營者，包括日本 10 家民營公司，負責各營業區域之發電、輸電、配電業務。
- (2) 躉售電力事業：係指所生產之電力躉售給一般電力事業者之電力事業經營者。其要件為對一般電力事業供給該一般電力事業用電力為主要目的之發電用電力設備總出力超過 200 萬瓩。目前僅有兩家公司，即電源開發株式會社及日本原子力發電株式會社。
- (3) 特定電力事業：係指因應特定供給地點需求而供給電力之事業。目前共有 5 家。
- (4) 躉售供給事業：即為獨立發電事業(IPP)，以供給一般電力事業者電能之電力事業。裝置容量應超過 1,000 瓩並與一般

電力事業者簽訂 10 年以上之供電合約，或裝置容量超過 10 萬瓩並與一般電力事業者簽訂 5 年以上之供電合約之電力事業者，方為躉售供給事業者。目前有 27 家。

(5) 特定規模電力事業：透過一般電力事業電力網輸送電力以供給契約容量在 50 瓩以上用戶使用之電業。其電力可透過自行設置、向發電事業購買、或向電力交易所購買獲得。目前共由 27 家，其中以 Ennet 公司為最大。

(6) 發電事業：為裝置容量未達 200 萬瓩之發電業者，可由一般企業自行籌設，可藉由投標制度將電能躉售予一般電力事業，或可選擇成為躉售供給事業，或售電予特定規模電力事業。

## 2. 用戶：

日本電業自由化係採逐步檢討開放。經過 4 次的逐步擴大開放自由化程度，目前日本自由化範圍已擴大至高壓（原則為契約容量在 50 瓩以上）用戶，其售電量約占全國售電量 60%。而目前受管制的低壓及表燈部門，預計將於 2016 年全面自由化。有關歷次自由化範圍如圖 3 所示：

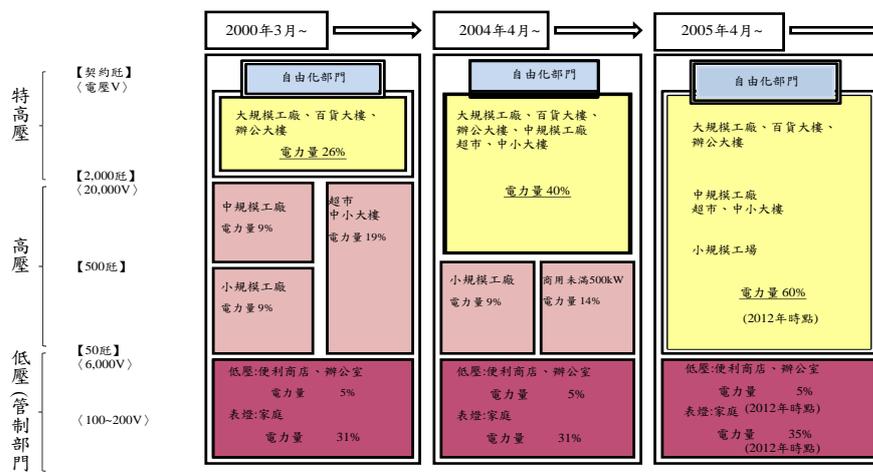


圖3、日本歷次開放用戶購電選擇權範圍比較

#### (四)發電能源配比及電價

日本在 2011 年 311 強震前的發電能源配比與我國相似，皆以燃煤、天然氣及核能為主三者合計約占 8~9 成，比較如表 1。

表 1、2010 年日本與台灣發電能源比較表

國別	燃料別/發電量	煤	油	天然氣	核能	再生能源	其他 (含水力抽蓄)	發電量 合計
日本	億度	2,890	950	2,940	2,880	1,050	90	10,800
	占比	27%	9%	27%	27%	10%	1%	100%
台灣	億度	910	80	580	400	80	30	2,070
	占比	44%	4%	28%	19%	4%	1%	100%

資料來源：國際能源總署 (International Energy Agency, IEA)。

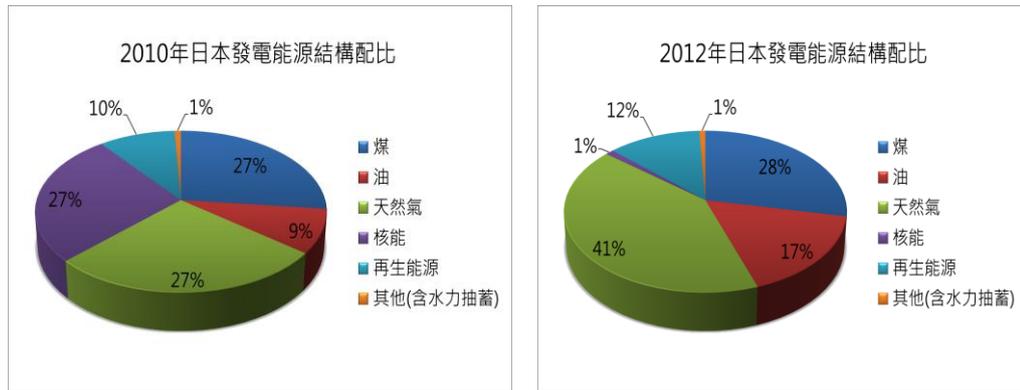
日本於 2011 年 311 強震後，發電能源配比呈現大幅性的結構改變，由原本的核能轉變為天然氣及石油，起因於福島發生核災後，日本禁止核能運轉(2012 年僅大飯核電廠重啓)，致日本發電能源配比呈現核能大幅下降(由 2010 年的 27%降為 2012 年 1%)，而天然氣及石油則大幅提昇(分別由 2010 年的 27%及 9%昇為 2012 年 41%及 17%)的狀況(如表 2 及圖 4)，致日本電業在燃料成本大幅攀昇下，不斷地提高電價(如表 3)。

表 2、2012 年日本與台灣發電能源比較表

國別	燃料別/發電量	煤	油	天然氣	核能	再生能源	其他 (含水力抽蓄)	發電量 合計
日本	億度	2,920	1,710	4,260	110	1,260	80	10,340
	占比	28%	17%	41%	1%	12%	1%	100%
台灣	億度	910	50	640	390	100	30	2,120
	占比	43%	3%	30%	18%	5%	1%	100%

資料來源：國際能源總署 (International Energy Agency, IEA)。

圖 4、2010 年與 2012 年日本發電能源比較表



資料來源：國際能源總署 (International Energy Agency, IEA)。

若以 2012 年之電價比較來看，日本與臺灣相同，亦是缺乏自產能源的國家，約有 84% 的能源仰賴進口，尤其煤炭、石油、天然氣幾乎全部依賴進口，相較於 99% 的能源皆須仰賴進口的我國，供電成本較低；惟我國受到政府長期管制電價之影響，在電價無法完全反映燃料成本及物價較日本為低之情況下，使得住宅及工業電價反較日本便宜（比較如表 4）。

表 3、2010 年與 2012 年日本電價比較表

新台幣元/度

國 別	類 別	住宅用電	工業用電
	2012		8.1959
2010		7.3409	4.8729

資料來源：國際能源總署 (International Energy Agency, IEA)。

表 4、2012 年日本與台灣電價比較表

新台幣元/度

國 別	類 別	住宅用電	工業用電
	日 本		8.1959
台 灣		2.7189	2.5218

資料來源：國際能源總署 (International Energy Agency, IEA)。

## 二、日本智慧電表布建及相關需量反應措施規劃情形

### (一)目前日本智慧電表布建情形說明如下:

1.高壓用戶方面:工場、大樓等高壓用戶，預計 2016 年全面完成智慧電表布建。各電力公司布建狀況上，目前僅有東京電力、東北電力、北陸電力及九州電力已完成該地區高壓用戶的智慧電表布建。

2.低壓用戶方面:家庭等低壓用戶，目前只有 200 萬台左右導入，未來將持續布建。而各電力公司布建狀況上，目前以關西電力最快，東京電力其次，沖繩電力最慢。另外東京電力為最大化智慧電表效益，決定將低壓用戶布建完成時間提早 3 年，由原來的 2023 年提前到 2020 年完成。

### 3.日本各電力公司智慧電表布建進度如下表所示

表 5、日本各電力公司智慧電表布建進度

		北海道	東北	東京	中部	關西	北陸	中國	四國	九州	沖繩
<b>① 3年後(2016年末)的 Smartmeter 導入率 (對總需求)</b>		63%	71%	72%	73%	81%	71%	62%	66%	66%	54%
<b>② 高壓用戶</b>	全部 Smart 化時期	2016年	完成	完成	2016年	2016年	完成	2016年	2016年	完成	2016年
	正式開始導入	2015年	2014 下半年	2014 上半年	2015年	已開始	2015年	2017年	2014 下半年	2016年	最晚 2023年
<b>③ 低壓用戶</b>	導入完成	2024年	2024年	2023年	2025年	2023年	2024年	2026年	2024年	2025年	最晚 2032年

資料來源:經產省

### (二)日本各電力公司需量反應措施之檢討、導入規劃時程

日本電業隨著智慧電表的布建，逐步檢討規劃新需量反應措施進度如下

表 6、日本電力公司檢討、導入新需量反應措施預定時間表:

電力公司	檢討、導入新需量反應措施預定時間
東京電力	2015 年
關西電力	2013 年
中部電力	2014 年下半年
九州電力	2014 年
東北電力	2015 年
中國電力	2013 年
北陸電力	2015 年下半年
北海道電力	2014 年
四國電力	2012 年
沖繩電力	持續檢討中

資料來源:日本 smart-meter 制度檢討會

### 三、日本智慧城相關實驗及早稻田新宿驗證中心

#### (一)日本「新一代能源及社會體系實證」

日本於 311 之後爲了未來能將以太陽光電及風力爲首等大量再生能源導入電網，並提昇地區性家庭、辦公室、商業設施及交通等的總體能源效率性，經產省於 2010 年 4 月開始進行「次世代能源、社會系統實證」，並建構所謂的「智慧城(smart city)」，由提出實證申請的 19 個地區中選出 4 個地區即橫濱、名古屋、京阪奈(京都府)及北九州做爲實證場域。

其挑選重點不只是在於節能及再生能源的導入、地區的能源管理的確立等所謂的技術性內容，更包含一定數量以上用戶數的參與、持續性的確保、生活型態的革新等社會學的要素來審查，也就是對是否

能提供次世代的社會系統的驗證為其一大特徵。

此四個地區的社會實證設計為 2010 年至 2014 年之五年計畫，對智慧電網及智能城市的相關技術、結構、商業模式等進行驗證，其中包含能源使用的可視化、家電與熱水器的控制、需量反應(供給方根據能源需求狀況促使消費者進行電力消費的調整)、電動汽車( EV )與家庭的結合、蓄電系統的最佳化設計、EV 充電系統以及交通系統等。透過這些技術，以系統性的方式結合，建構社區能源管理系統( Community Energy Management System, CEMS )，以實現區域內能源整體最佳化使用的目標。

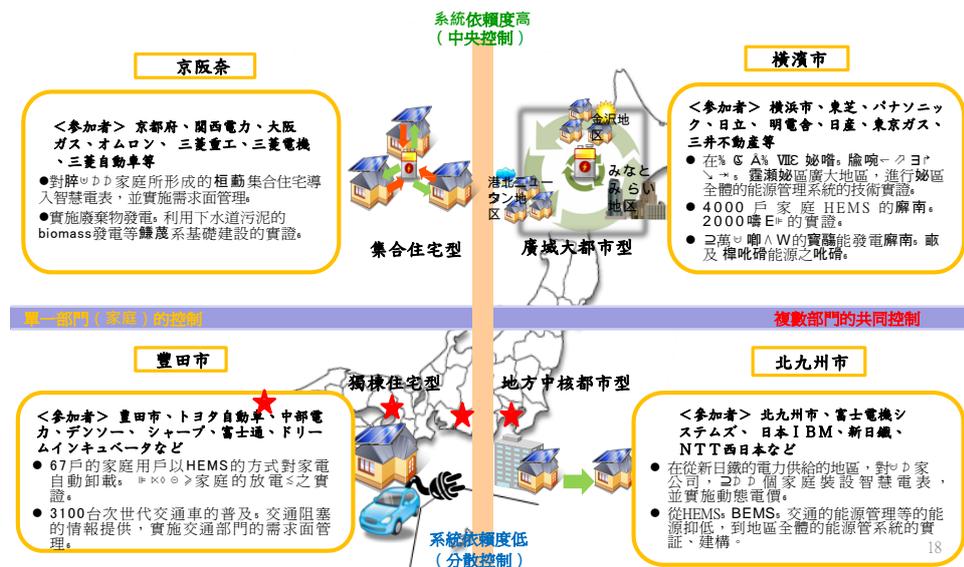


圖 5、次世代能源、社會系統實證計畫

因此 4 大地區以各自地區的特色及構想來建構先進的日本智慧社區。例如橫濱市即以 4000 戶家庭用戶為對象，以在即有的市區內導入區域性能源管理系統為目標。而豐田市則以統合家庭、移動工具、移動目標之全體生活圈能源最適利用為目標。而京阪奈學研都市則以活用各種蓄電池及 CEMS 之組合為目標。北九州市則以導入因應電力供需狀況變化的電價制度，即所謂的「動態電價(Dynamic pricing)」為目標。



## 2. 豐田市 Smart City:

愛知縣豐田市位於愛知縣北部，是縣內面積最大、人口第二的核心城市。是一個內陸工業城市，市區位於矢作川中游，同時也作為豐田汽車公司總部所在的汽車城而聞名。豐田市，作為一個 EV、PHV 城規劃和 ITS 實證實驗示範城市，正在致力於導入新一代汽車、交通系統，努力建設成爲一個低碳社會。

該城市以不論是家庭內、家庭外(通勤、上學、外出)、移動目的地間的能源使用最佳化爲目標，進而建構次世代低碳都市的實證計畫。

### (1) 家庭內及移動目的的能源使用最佳化:

將系統及再生能源結合以調節社區內的電力供需，並以能源的「當地生產、當地消費」爲目標。以實證用的 67 戶住宅爲對象，設置各種省能源、創造能源及儲存能源的設備，並藉由 HEMS 來控制。另外，各住家皆有電動車(EV)及充電式油電混合車(PHV)，而且車子的蓄電池亦可供住宅電力使用。

以家庭內及外出使用的車子的低碳化及蓄電池利用以實證分散型電力供給、並追求家庭部門 20%(智慧建築一戶 70%以上)的 CO<sub>2</sub>排碳削減。

### (2) 環保及生活者的滿足度並重

藉由獨自開發的能源管理系統 HEMS 及 EDMS(Energy Data Management System)來對能源進行預測控制，並由高度活用再生能源，使得住民在不降低生活品質下，仍能舒適地達成節電、省能源的目標。

### (3) 低碳交通系統的構建

藉由導入低碳化的 PHV、EV 及 FCV(燃料電池車)交通工具，再加上 IT、ITS 技術的輔助，如何在汽車及公共交通工具間做更有效率的組合，使得通勤、上學、外出移動時能源使用能最佳化，為實證所追求目標之一，其在交通部門方面則追求 40%CO<sub>2</sub> 排放削減量。

### 3.京阪神學研 Smart City:

京阪奈學研都市位於橫跨京都府、大阪府、奈良縣 3 府縣 8 地市的丘陵地帶，是作為國家項目而建設的一個新型城市。其目標是建設成爲一個嶄新的文化、學術、研究基地，一個面向未來的“新文化首都”。除了國際電氣通信基礎技術研究所（ATR）和國立國會圖書館關西分館之外，聚集了眾多企業的研究所等研究機構，具有很強的研發能力和資訊發佈能力。京阪奈學研都市除了是研究機構、大學和企業等所在地之外，大規模的住宅開發也正在進行，是通過公眾交互對尖端技術和新型社會體系的研究成果進行實證的最佳地區。

該城市的實證目標是充分利用當地環境，開發既不損害居民的生活品質和方便性，又能將二氧化碳排放降至最低的區域能源管理系統（CEMS：Community Energy Management System），以構建新一代能源社會。

在謀求區域的能源供需最佳化方面，即構建對區域內能源進行綜合管理的區域能源管理系統（CEMS）、對住宅內能源供需進行管理的 HEMS（Home EMS）、進行大規模需量反應（DR）等能源管理、進行大樓內能源管理的 BEMS（Building EMS）、EV（電動汽車）充電管理系統以及 V2X（Vehicle to X）等，並將其與系統電力進行連結。

具體來說，即於住宅和大樓內，CEMS 與 HEMS、BEMS 及 EV 充電管理中心連結，實行 DR，驗證節能減碳效果。在 EV 充電管理系統中，對根據 EV 的位置和蓄電池餘量，進行充電地點、充電時間引導所產生的移轉效果進行驗證。在 V2X 中，驗證 EV 蓄電池對工廠內電力供需狀況的利用效果。將所有研究成果集成為“京阪奈生態城市模式”並商業化，應用於東北各城市的重建，向世界各國進行推廣。

#### 4.北九州市的 Smart City 計畫:

北九州市是位於九州東北端的政令指定都市，擁有人口 97 萬多。自 1901 年建成國營八幡鋼鐵廠之後，發展成為重化學工業地帶。但是 60 年代也面臨了空氣污染、洞海灣的水質污染等公害問題。在採取公害對策、公害防止等措施克服了各種問題之後，該市又致力於環境問題的解決。作為實證地區的八幡東區東田地區，是國營八幡鋼鐵廠創業所在地，通過對閒置土地的開發利用，正在發展成一個全新的市區，擁有以宇宙為主題的“太空世界”主題遊樂園和大型購物中心等。作為一個國際物流特區，由天然氣熱電廠通過鋼鐵廠的送電網進行供電，鋼鐵廠所產生的氫氣通過管道向市區輸送等，正在形成一個新的能源流通基礎。

北九州八幡東區東田地區，以強化新能源的導入等為基礎，在能源的供給端及需求端間，加入一「區域節電所」概念，使得各地區能以街區為單位，有效率的使用能源，以實現標準街區比一般街區之 CO<sub>2</sub> 排出量減半之目標之實證計畫。

##### (1) 能源的 10% 為新能源

「新能源占街區能源使用 10%」係指達成總能源的 10% 為新能源

的計畫，預計導入太陽光電、燃料電池、小型風力、工廠廢熱的活用等的複合發電方式。

(2) 提高能源使用效率

「街區全體的省能源系統」係指 HEMS、BEMS 等所謂的 EMS(energy management system)的集中導入，在設施的能源效率化的同時，以對街區全體能源使用最適化為目標。

(3) 地區節電所的設立

「地區能源管理」係指在供給端及需求端間以雙向通訊方式連結，設立管理能源的「地區節電所」，預定在街區內的各設施中導入動態電價及能源的可視化。

(4) 次世代交通系統的建立

「次世代交通系統」係指 EV 及 PHV 等次世代汽車、租借腳踏車、社區巴士等的導入，以建構對人類及環境皆有益的交通系統為目標。

此外，未來將透過「亞州低碳中心」將本實證所開發的新技術及系統所創造出的事業模式，以亞州地區為首向海外企業進行技術轉移為目標。

### (三)實證案例介紹

本次參訪橫濱市智慧城中的大型購物中心“橫濱世界進口商品中心（Yokohama World Porters）”，其位於橫濱市左下角未來港 21 區中，該中心導入了明電舍開發的“智慧 BEMS（樓宇能源管理系統）”，通過投標系統(Billing System)與 CEMS 連結及調控汽電共生系統和蓄電池進行需量反應的 BEMS 實驗，其最大抑低尖峰負載可達 40%。

未來港 21 區是國際展示場以及辦公大樓、商業大樓林立的地區。WORLD PORTERS（橫濱世界港購物中心）（圖 7）正位於其中，其總使用面積約達 10 萬平方米，內設超過 200 家的時尚用品店以及家居飾品店等商店和飲食店，還配置了擁有 8 個螢幕的電影院和 1000 個車位的停車場，是一座大型商業設施，能源消耗量大。



圖 7、橫濱世界港購物中心的外觀

這座大型商業設施竣工於 1999 年。在“如何使既有的大城市智慧化”為主題的“橫濱智慧城市計畫（YSCP）”中，自竣工後的 12 年(2011 年)起，開始了各種感測器類與控制裝置的安裝。2012 年 1 月起，引進了明電舍開發的“智慧 BEMS(大樓能源管理系統)”，以大樓的“智慧化”為目標不斷努力。

以下將依橫濱世界港購物中心於 2012 年、2013 年及 2014 年參加的實驗分述如下：

### 1.2012 年實驗-時間電價與能源配適實證

2012 年 12 月，橫濱世界港購物中心開始了對設施內能源相關設備進行最佳化控制以回應需量反應（DR）的實證。

橫濱世界港購物中心原來與電力公司締結了根據季節與時間

段，適用不同單價的電力供需合約。在預測需求將高漲的日期與時間段內，設定了較高的電力費用。新引進的智慧 BEMS，以 30 分鐘為單位，把電力與熱力的需求預測和電力單價與天然氣單價相對照，爲了把能源、環境成本降到最低，調整電力購進與自身汽電共生系統運轉的平衡。

下圖是 2012 年 12 月的某一天自動控制的結果。當天下午 5 點起至下午 8 點爲止，假設預測到電力的供給出現不足，需對電力需求作出控制。原本在橫濱世界港購物中心，根據最適運用計畫，至下午 5 點爲止，通過購進電力與啓動 1 套氣電共生系統，即可滿足建築物內的能源需求。然而，因智慧 BEMS 於下午 5 點後的預測結果，重新由智慧 BEMS 評估後，自下午 5 點起又追加啓動第 2 台汽電共生系統，抑制了電力購進量。這一連串的程序，全部由智慧 BEMS 通過預測需求和餘力調整的管理實現了自動控制。

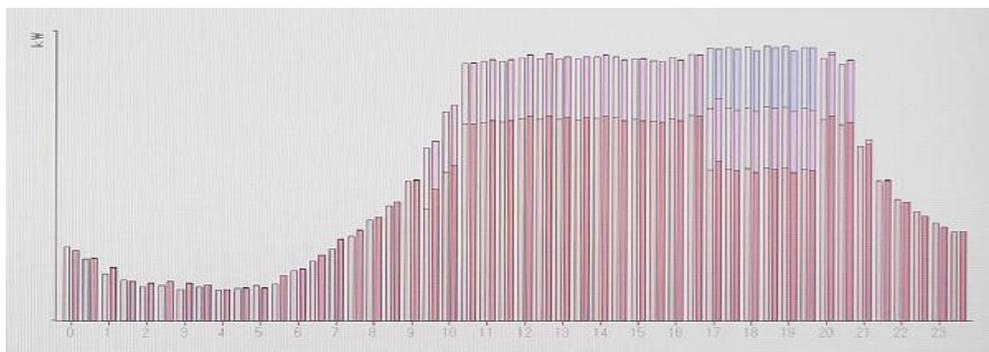


圖 8、每 30 分預測能源需求與供給實績的例子

大型商業設施的營運需要巨大的電力與用於空調的熱能源。在橫濱世界港購物中心，在地下配置了直接引入高壓系統電力的特高受電設備，降壓後向建築物內各處供應電力（圖 9）。它採用了被稱作“據點式配電網路(spot network)”的受電方式，力圖實現設施內電力供給的穩定化。其結構是平時它從 3 條電路受電，

這樣即使其中某一條電路停止電力供給，設施也不會發生停電。



圖 9、橫濱世界港購物中心設備圖

(地下 1 層的受電設備 (左下) 與汽電共生系統 (右)、以及在房頂上新設的蓄電池系統 (左上))

作為系統電力以外能源的來源，它備有兩套自身能夠生產電力與熱力的汽電共生系統。汽電共生系統產生的可利用能源的綜合效率高達 70~85%，其中占 40% 的排熱的很大一部分可作為用於空調的能源，被用於暖氣、以及使用吸收式冷凍機來製造冷水。

舊的 BEMS 系統對空調與照明、汽電共生系統與太陽光發電系統等的每一套設備，分別監視電力消費量與發電情況，並根據必要情形將分別進行控制。其結果就是在擁有多座設備或儀器的設施，運用管理人員對整體能源供需作出判斷，對每一座設備或儀器的運轉作出調整。但是，由於太陽光發電系統以及蓄電池系統等設備的增加，這一結構的調整變得更為複雜，並逐漸超出了人工作業力所能及的範圍。

因此明電舍的新智慧 BEMS 的目標則是針對多個電力使用儀

器和多個發電設備、以及蓄電設備等，尋找出滿足各類條件的最佳解，並全部實施自動控制。

具體而言，智慧 BEMS 首先以氣象資訊等為基礎，以 30 分鐘為單位對次日的電力需求和熱需求進行預測，並由此確立設備的運用計畫。然後以該運用計畫為基礎，儘量使能源需求、能源成本和排放限額的市場價格等基礎上的環境成本降到最低，綜合性地控制汽電共生系統與蓄電池系統等。

為此，他們把橫濱世界港購物中心建築物內分為幾個管理區域，再由智慧 BEMS 的中央控制裝置經遙控中心對各區域的能源運用資料進行統籌，並從整體上進行管理與控制（圖 10）。通過中央控制裝置可以確認到詳細的能源供給與利用的狀態。



圖 10、智慧 BEMS 的中央監視系統與遙控中心

## 2.2013 年實驗-尖峰回饋(PTR)及容量承諾方案(CCP)

### (1)尖峰回饋(PTR)方案實證:

2013 年橫濱世界港購物中心，通過智慧 BEMS 參加“（PTR, Peak Time Rebate）”的需量反應。所謂 PTR 係一種如果用戶在供電緊澀時段抑低負載，即可以獲得與抑低量（相對於基準量）相應報酬的方法（圖 11）。

A.2012 年度冬季實驗:

(A)時間與對象:YSCP 的綜合 BEMS,在 2013 年 1 月 9-20 日中的 7 天中,實施了以 6 棟大樓為對象之 PTR 方式的 DR。實施時段為平日的 17-20 時(日本冬天的尖峰時段)。

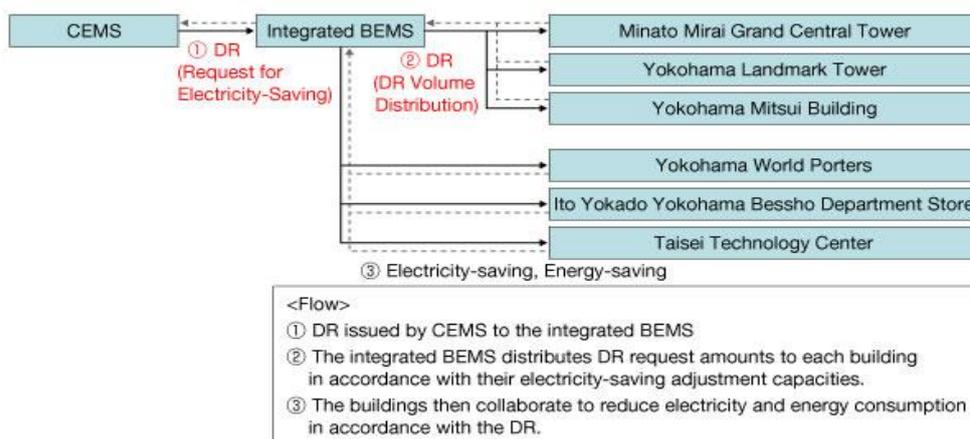


圖 11、通過綜合 BEMS 的 DR (出處：橫濱市)

(B)具體方法:首先由 CEMS 向綜合 BEMS 發出 DR 請求通知。綜合 BEMS 根據各大樓的需求調整能力對 DR 請求量進行分配和通知。各大樓實行節電、節能,以完成所分配的抑低請求量。7 天的實證結果表明,實現了平均約 17%、最大 22.0%抑低負載效果(圖 12)。透過 6 棟大樓的協調連動,並根據各大樓的需求調整能力實施抑低,而獲得回饋。

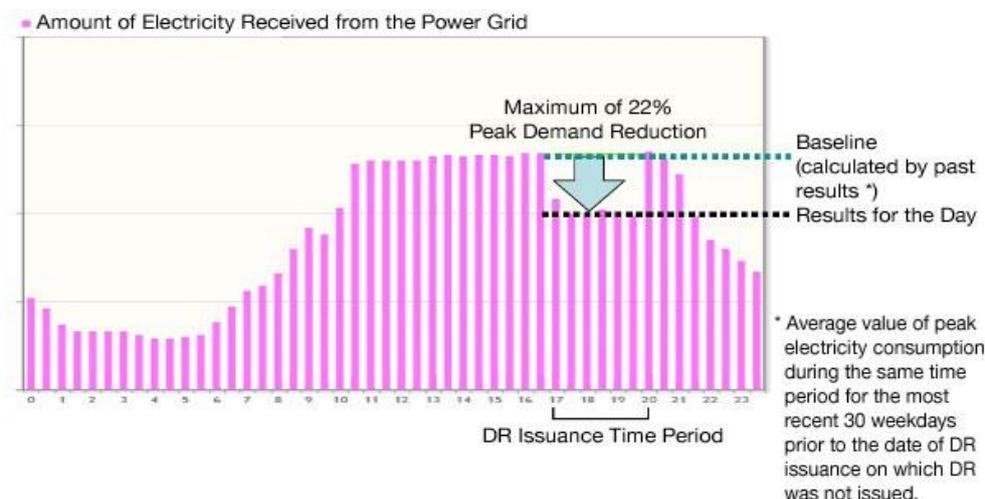


圖 12、DR 的抑低效果

實現相對於基準線最大 22%的抑低。(出處：橫濱市)

**B.2013 年夏季實驗:**

在 2013 年夏季 7 月-9 月的 22 天中，以此方法為基礎，試驗性地每天將獎勵價格訂在 5 日元/kWh、15 日元/kWh 和 50 日元/kWh 之間變動並實施 DR。DR 的實施時間為預計最高氣溫超過 30°C 或 31°C 的平日的 13 時-16 時。

參加的大樓從冬季的 6 棟增加到了 14 棟。結果證明，在回饋單價為 15 日元/kWh 時，與冬季基本同樣，實現最大抑低 22.8% (圖 12)。獎勵單價為每 5 日元/kWh 時的抑低比率不到 10%，但 50 日元/kWh 時的抑低效果與 15 日元/kWh 時基本相同 (表 7)。由此，“可以得知出於經濟上的動機進行抑低的分界點為 15 日元/kWh”。

表 7、2013 年 7 月-9 月的 DR 實證結果

Results of the Summer 2013 Verification Experiment  
(Received Electricity Reduction Rates by Incentive Price (average for all branches))

Incentive Price	Received Electricity Reduction Rates	
	Average Value	Maximum Value
¥5/kWh	2.1%	6.6%
¥15/kWh	12.2%	22.8%
¥50/kWh	12.7%	22.0%

資料来源:橫濱市

參加實證的用戶中亦有導入汽電共生系統的大樓，平時根據熱需求進行經濟性運轉。可以推測，當回饋單價超過 15 日元/kWh 時，即使以超過熱需求的輸出容量進行發電，藉由通過抑低負載所獲得的回饋，在經濟上還是有利的。

從回饋單價 15 日元/kWh 的情況來看，最大抑低比率雖然冬季與夏季基本相同，但是平均抑低比率夏季為 12.2%，與冬季的 17%相比，變化幅度較小。究其原因，除了實施期間為 3

個月這一因素之外，亦有設置了大型蓄電池的大樓是否參加 DR 之因素存在。

## **(2)容量承諾方案(CCP)實證**

以 PTR 方式的 DR 實證經驗為基礎，從 2013 年度冬季開始了所謂“容量承諾方案（CCP，Capacity Commitment Program）”方式的 DR 實證。所謂 CCP，是一種預先承諾抑低量，當實現承諾時支付報酬的方式，而其決定承諾抑低量之方式係採投標方式。

### **A:具體方法:**

由綜合 BEMS 的管理者向各用戶公告所需抑低量。由用戶提出（投標）的單價來承擔全部或部分抑低量。綜合 BEMS 的管理者按照投標單價以由低而高的順序，在達成所需抑低量的範圍內決定得標者。

在本次的投標方式中，採取了“單一價格拍賣”的形式，所以達到所需抑低量時的獎勵單價適用於所有的得標者。得標的用戶努力節電、節能，以實現承諾的抑低量，實現的話將獲得獎勵。

### **B:優點:**

PTR 方式的 DR 其缺點為實施之前無法知道抑低量，同時也難以判斷回饋單價是否妥當。與此相比，採取投標方式的 CCP，除了可以確定抑低量之外，由於在獎勵單價中引入了競爭原則，使得實現獎勵金最小化的可能性較高（圖 13）。

入札情報設定 2014年01月 日( 日)

※入札締め切り時刻は12時00分です。

最終保存日時 2014年01月 日10時54分

日付	入札状況	レベル	入札可否/ネガワット量(kWh)/単価(円/kWh)						コマンド
			17時前半	17時後半	18時前半	18時後半	19時前半	19時後半	
01月 (日)	入札受付なし 入札なし	2	430,000 kWh 40,000 円/kWh						
		3	800,000 kWh 50,000 円/kWh						
		1	115,000 kWh 30,000 円/kWh	115,000 kWh 25,000 円/kWh	115,000 kWh 20,000 円/kWh	115,000 kWh 15,000 円/kWh	115,000 kWh 20,000 円/kWh	115,000 kWh 25,000 円/kWh	
01月 (月)	入札締め切り 入札済み	2	270,000 kWh 45,000 円/kWh	270,000 kWh 40,000 円/kWh	270,000 kWh 35,000 円/kWh	270,000 kWh 30,000 円/kWh	270,000 kWh 40,000 円/kWh	270,000 kWh 45,000 円/kWh	
		3	800,000 kWh 50,000 円/kWh						
		1	115,000 kWh 25,000 円/kWh	115,000 kWh 20,000 円/kWh	115,000 kWh 15,000 円/kWh	115,000 kWh 20,000 円/kWh	115,000 kWh 25,000 円/kWh	115,000 kWh 30,000 円/kWh	
01月 (火)	入札締め切り 入札済み	2	270,000 kWh 45,000 円/kWh	270,000 kWh 40,000 円/kWh	270,000 kWh 35,000 円/kWh	270,000 kWh 30,000 円/kWh	270,000 kWh 35,000 円/kWh	270,000 kWh 45,000 円/kWh	
		3	800,000 kWh 50,000 円/kWh						
		1	115,000 kWh 25,000 円/kWh	115,000 kWh 20,000 円/kWh	115,000 kWh 15,000 円/kWh	115,000 kWh 20,000 円/kWh	115,000 kWh 25,000 円/kWh	115,000 kWh 30,000 円/kWh	

※【入札可否チェック欄】 「チェックあり」：入札する/「チェックなし」：入札しない

圖 13、投標系統的畫面

“在 PTR 方式中，即使是支付 15 日元的單價，有時可抑低 20%，有時卻不到 12%，抑低量差異很大。而有了投標的效果，使得抑低量比較穩定，在可以低價抑低的時段，即使是 10 日元也可以實現同樣的抑低效果”。

在熱絡的投標背後，也存在著希望充分利用擁有的發電設備需求。對於擁有自有發電機的用戶來說，DR 除了可以節電和節能之外，還可以提高自有發電的價值。抑低負載、提高自有發電的運轉率可以增加經濟效益。從社會整體層面上來說，DR 具有減少發電設備投資浪費，提高運轉率的意義。

### 3.2014 實證-投標系統(Bidding System)之 DR 實證

YSCP 在夏季和冬季實施了需量反應 (DR) 實證，橫濱世界進口商品中心亦參加了兩季的實證。2012 年度時，僅以汽電共生系統進行對應。在 2013 年度，除了汽電共生外，通過蓄電池和負載控制，進行 DR 需量反應。

2014 年 1 月實施的 2013 年度冬季 DR 採“投標系統(Bidding System)”方式，與原來方式有很大不同。在夏季的 DR 中，各用戶根

據事先公布的獎勵單價進行抑低負載，然後根據實際貢獻獲得與電力折扣相當的獎勵金額。

而投標方式則是由需求方事先提出抑低量和單價。然後根據區域所要達到的目標抑低量對彙總的投標資訊進行處理，再決定各用戶的約定抑低量和約定單價，後發出通知。之後，若實際抑低量達到約定量時，對用戶給予獎勵。在此種交易方式中，由於可以期待高度確定性的負載抑低，所以是更加切合實際的實證。

在智慧 BEMS 的實證實驗中，綜合考慮電價、燃料費、設備的運轉條件、設施內環境等各種條件，決定能源的運用，以回應 DR 請求。在通過操作努力取得負載抑低效果的基礎上，對汽電共生和蓄電池進行自動控制，以實現具有更高經濟效益的運行。

首先，在對館內環境的影響所允許的範圍內制定空調設備的運轉抑制計畫，在 DR 請求時以結合抑制效果的形式對汽電共生和蓄電池的運轉計畫進行修正。平時，以維持高效率運轉為前提控制汽電共生的運轉台數和輸出，但是在 DR 請求時，優先考慮抑低負載進行控制調整。其結果是，2 台中的 1 台是為 DR 回應而運轉。同樣，蓄電池通過調整放電時間進一步抑低尖峰負載。結果證明，抑低尖峰負載力約 40%（圖 14）。

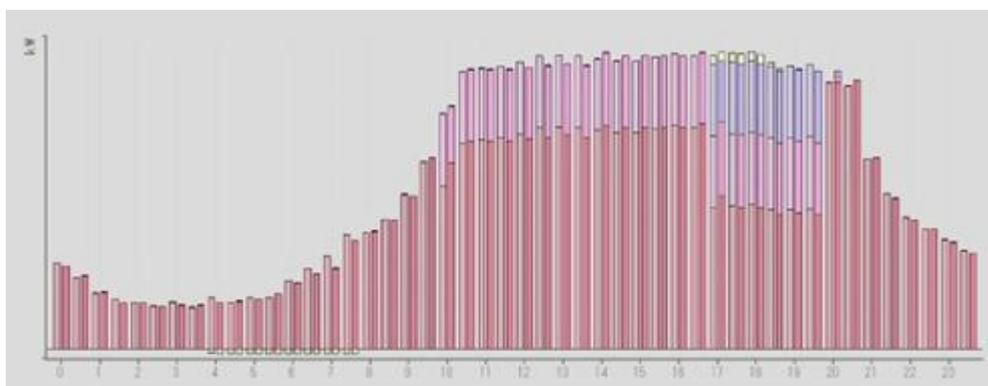


圖 14、通過能源運用的調整使抑低尖峰負載約 40%

(從下向上的直條圖依次為受電電力(紅色)、汽電共生1(粉色)、汽電共生2(紫色)和蓄電池(黃色)。)(出處：明電舎)

通過與不同能源資源的融通(活用汽電共生)、能源使用時間的移轉(活用蓄電池)、能源使用量的調整(節能)這三種不同手段的組合進行需量反應,已經形成了最大限度利用用戶所擁有的調整設備進行區域供需調整的體系。

對於將來在吸收區域內太陽能發電系統的剩餘電力方面的應用,橫濱世界港購物中心也已在考慮之中。因為易於發生剩餘電力的晴天假日,也正是商業設施電力需求增加之時。他們已認識到如果抑制了汽電共生的運轉,就會有吸收剩餘電力的餘地。

#### 4. 評價與檢討驗證

橫濱智慧城實證自2010年起至今已達5年驗證期間,今年在所有實證項目完成後,將對各項實證進行各種評價、檢討及驗證,其相關成果將逐步向國內、甚或國外推廣。

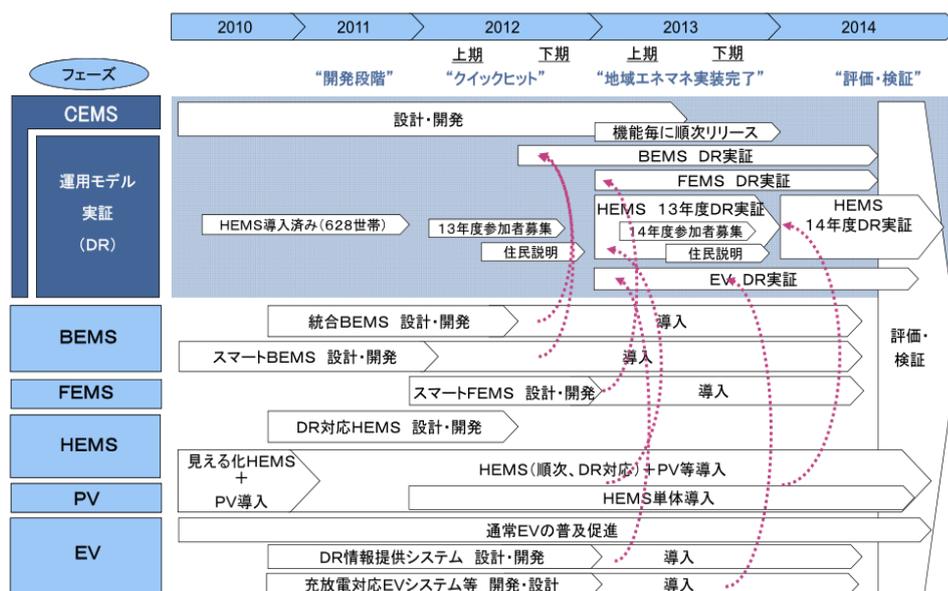


圖 15、日本橫濱市智慧城計畫實證進度表(資料來源:經產省)

### (三)早稻田新宿實證中心

#### 1.成立背景

日本經產省爲了 HEMS 與智慧電表間之介面標準化，使 HEMS 能廣泛使用，特於日本智慧社區聯盟(JSCA, Japan Smart Community Allinace)的國際標準化工作小組下成立一智慧建築標準化研究小組，其成員包含電子製造商、建商、汽車製造商、瓦斯及電力業者及通訊業者。

早稻田大學先進電網研究機構於 2012 年 11 月 1 日，以經產省智慧建築標準事業促進會活動的一環，與電力及瓦斯業者、通信業者、建商、汽車製造商、能源·家電·電信機器製造商等 26 家法人合作，以產官學研究方式開設「Energy Management System(EMS)新宿實證中心」。

當時東日本大地震後產生電力供給緊澀，用戶的能源管理及控制的重要性提高，故以電力使用資訊的可視化及彈性的電價方案爲開端，建立實施需量反應的環境變得刻不容緩。

由於當時在促進不同廠商的機器連結、提供最適能源管理及控制的環境並不存在，再加上電業預定導入的 Smart-meter 和能與需量反應系統連結的驗證環境不存在的情形下，新宿實證中心便成爲提供標準通信規格需量反應控制技術的實證、評價的平台。藉由提供日本各關係企業各種的技術驗證及不同製造商間的相互連結實證經驗，對日本需量反應措施的技術標準提出建言並支援各企業的事業化。

#### 2.期待成果

新宿實證中心首先於日本國內嚐試開發的技術爲於接收電力公司的節電要請信號後，以標準通信規格對 Smart-meter、太陽能

電池、電動車、電動車用之充電/放電裝置、燃料電池、熱幫浦熱水器、空調及蓄電池等不同機器進行連結，同時使用 HEMS 來對電力進行最佳控制，並配合供需狀況及電費方案進行聰明節電。具體來說，即在契約的範圍內，對上述機器進行及時控制之技術，及當用電位於費率高的時間帶時對電力使用量自動控制等的技術 (Peakcut、Peakshift)。以及，當使用該技術時，假設供電發生緊澀情形，即使不實施計劃性停電，亦可不需對住宅及大樓進行強制節電的情形下，而仍可達到降低供電緊澀情況且不進行計劃性停電之目標。

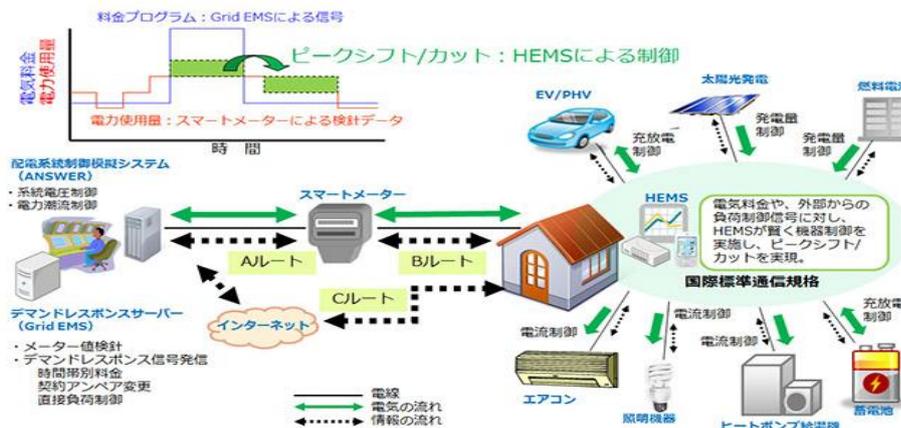


圖 16、實證計畫架構(資料來源:早稻田大學)

### 3.實證計畫的概要

該實證中心正建立對 DR-Server、配電系統控制模擬系統 (ANSWER)、Smart-meter、HEMS、能源機器等接續能源管理系統之統一的通信、控制環境。在該環境下，使用具標準通信規格 (ECHONET Lite、SEP 等)的 HEMS，進行 Peakcut、Peakshift 等 DR 技術的實證及評價。藉由此種驗證，對日本未來 DR 技術的標準架構進行整理並提出建言。

### 4.目前的實證計畫:

早稻田大學目前正與一些電力公司及 Aggregator 間，進行有關日本版 ADR(自動需量反應)的標準化手法之驗證。另外它也與

4 大地區實證(橫濱市、豐田市、京阪奈、北九州)共同合作，依序對 4 大 Smart City 進行 ADR 標準化之驗證計畫。

該中心藉由此項驗證，以 DR 等最新的電力控制技術，將電力系統全部的供需狀況連結，並對家庭內的家電設備、創造能源及儲蓄能源設備(如太陽光發電、電動車等)進行最佳的自動運轉控制，並以上述技術實用化為目標。

未來隨著 Aggregator 事業擴大的同時，將設置經由 Internet 等通信網來收受 DR 訊號的新 Server 群，以利將標準化的 ADR 信號在電力公司、Aggregator 及用戶間傳送。Server 群間 DR 訊號的傳送，將以美國 OpenADR 的標準為基礎，再加上經產省主導的智慧建築標準事業促進檢討會的 DR 工作小組所提出之日本版 ADR 標準化手法。另外，該中心亦負有建立與外部通信的通訊安全保全及建構在不同製造商的 Server、HEMS 及各種機器間與 DR 訊號互相連結之環境。

新宿實證中心目前將上述所提的設備及手法與電業使用中的 DR 系統連結，在 DR 發動的同時，從實際訊號的傳送過程中，檢驗標準化手法的優缺點。另外，該中心亦與 4 大實證 Smart City 合作，進行同樣驗證手法的實證。

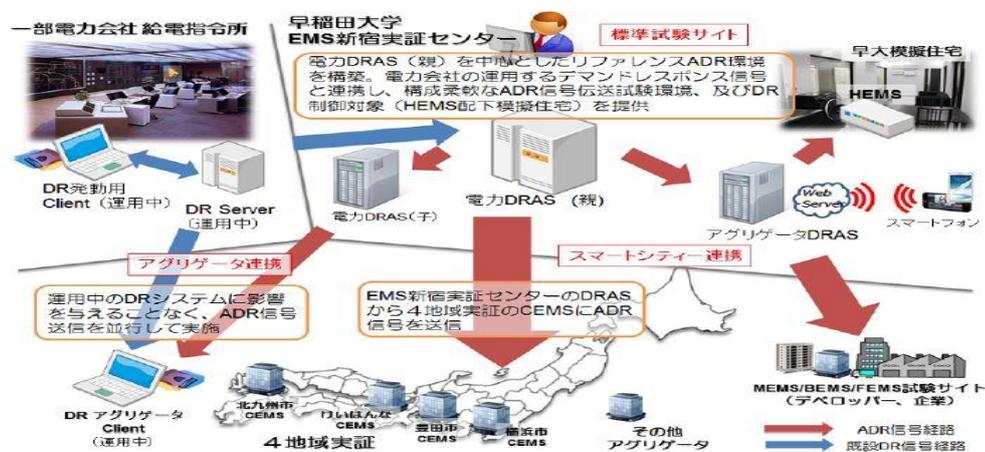


圖 17、早稻田大學新宿實證中心 ADR 實證架構(資料來源:早稻田大學)

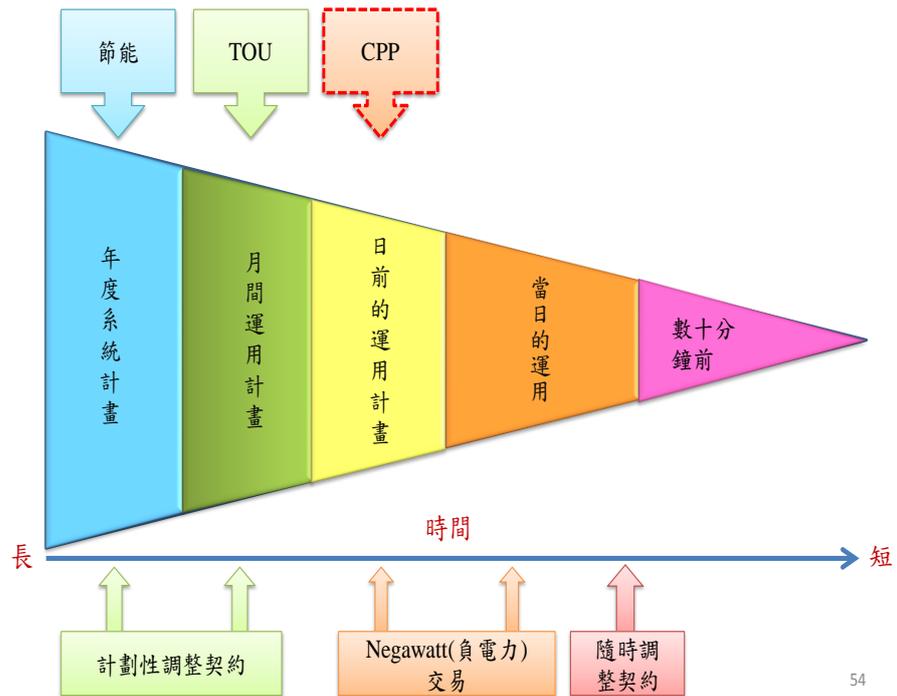
## 四、日本現行減少用電措施介紹

需量反應(Demand Response, DR)係為需求面管理的一環，電業利用電價策略等方式，促使用戶改變用電方式，以抑低尖峰和均衡尖離峰負載。美國能源部定義需量反應依電業之誘導方式不同可分為以下 2 類措施：

(一)電價基礎(Price-Based)：電業根據各個時段之供電成本或價值，訂定各種隨時間變動之差別費率，用戶可根據電業公佈之不同時段費率，決定是否在某些特定時段減少用電以避免支付較高之電價，如時間電價(TOU)、即時電價(RTP)、緊急尖峰電價(CPP)等。

(二)激勵基礎(Incentive-Based)：用戶根據與電業事先約定之生效條件，如電力系統高載期間或電力供應調度需要時，配合降載以獲得電費扣減或補償，如減少用電措施(Interruptible/curtailable rates)、直接負載控制(Direct load control)、緊急需量反應(Emergency Demand Reponse) 容量市場方案(Capacity Market Programs)、需量交易/回購方案(Demand Bidding/Buyback Programs)、輔助服務市場方案(Ancillary services market programs)等措施。

目前日本電業措施亦可依此分類分為 2 種，(1)在電價基礎方面，各電力公司皆有依不同種類用戶為對象的時間電價措施(TOU)，而緊急尖峰電價(CPP)目前日本仍在針對住宅用戶實驗中;(2)在激勵基礎方面，目前大致可分為計劃調整契約、負電力方案及隨時調整契約，其中計劃調整契約及隨時調整契約，與我國之減少用電措施中的計劃性及臨時性減少用電措施類似，而負電力方案則與國外需量競標方案類似。其示意圖如下：



54

圖 18、日本電力系統的計劃、運用之 DR 分工

上圖若以時間長短來劃分，在圖上方將電價基礎依年、月、日前的分類，則可分為節能措施、時間電價(TOU)及緊急尖峰電價(CPP);而圖下方則將激勵基礎依時間長短分為年度及月的計劃性調整契約，日前和當日的負電力，及當日數小時前的隨時性調整契約。其中計劃性及隨時性調整契約，日本早期即已實施，而負電力則為近年來之新措施。計劃性調整契約與負電力最大的不同在於，計劃性調整契約抑低為事前即已約定，而負電力則依供需狀況於日前或當日決定。而隨時調整契約與負電力的不同則在於，隨時調整契約只以大口用戶為對象，於實施前 1~3 小時前通知;負電力則不論大口或小口皆由 Aggregator 統合後，依系統需要於前日或當日通知。

以下則依負電力、計劃性調整契約、隨時調整契約順序依次說明:

## (一)負電力方案(Negawatt Plan)

負電力方案係在需求可能超過供給的情況下，事前請求企業用戶儘可能地減少用電量，並將其減少之用電量買回之作法。

關西電力為了解決 2012 年夏天電力供給不足之情形，以契約容量 500kW 以上之用戶為對象實施負電力方案，實施期間為 2012 年 7 月 2 日~9 月 7 日。

該方案是以預想供電緊澀日的前一週開始，由關西電力接受企業針對預想供電緊澀日能提供的抑低契約容量及價格投標，關電則每日依投標價格由低而高購買用戶負電力。基本上關西電力將購買負電力至能完全確保供電無虞為止，但若在預測供電緊澀日的前一日仍未能確保當日能供電無虞的情況下，則會再實施投標(如下圖)。

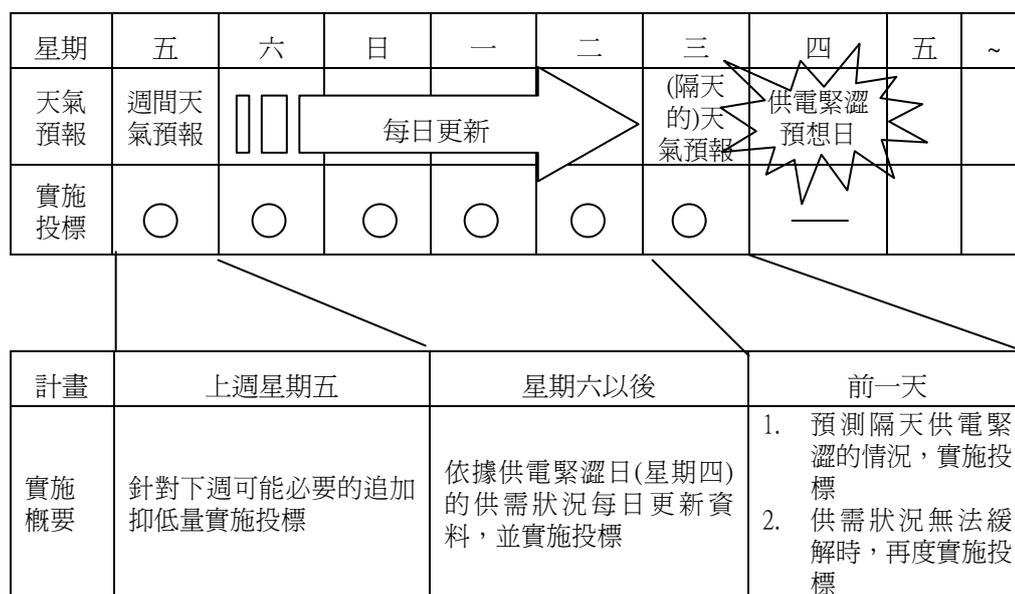


圖 19、負電力實施流程(資料來源:關西電力)

其中供電緊澀日係由下週天氣預報來預測。其預測方式，除了研究下週的天氣、氣溫、濕度等資料外及並對照過去實績來研判。但天氣預報無法百分百準確，因此關電的預測亦有考慮在接近預測供電緊澀日之前，天氣預報可能改變的情況。

表 8、「負電力交易」實施概要

適用期間	2012 年 7 月 2 日~9 月 7 日
對象	契約容量 500kW 以上之用戶
抑低契約	特高壓:500kW，高壓:100kW
投標時機	從預測供電緊澀日的前一週的星期五到緊澀日的前一天為止
募集內容	抑低契約容量及抑低時間(募集時間點由 Aggregator 連絡)
投標方法	用戶於事前先向 Aggregator 申請，Aggregator 則以用戶希望的抑低契約容量及價格投標
實際抑低契約容量	實際抑低契約容量=前一週同一天抑低時間的平均需量-抑低時間的平均需量，實際抑低契約容量是以抑低時間的每 30 分求得
實際抑低契約容量補償金	實際抑低契約容量(kW)×單價(円/kW)×抑低時間(h)
單價	用戶投標時希望的價格
得標者的決定	電力公司就所需需量，依投標價格由低而高決定得標者。
罰則	實際抑低契約容量少於抑低契約容量的 9 成以下，就未達到的部分，向用戶收取抑低未達成補償金

資料來源:關西電力

2016 年 6 月時，由於關西電力預測當年夏季尖載時電力有約 3,000 萬 kW 之需求，而當年度電力供給量則預估只能提供 2,500 萬 kW，電力缺口達 500 萬 kW，雖然當年有大飯核電廠重啓所增加之 236 萬 kW，但仍有約 250 萬 kW 之電力缺口。

爲了預防夏季尖峰氣候炎熱可能造成電力不足之情形，於是關西電力決定再擴大「負電力交易」之實施範圍。自 7 月 2 日起，除原有關西電力區域外，更擴大至鄰近的中部電力、北陸電力及中國電力的區域，相關之組成結構如下圖:

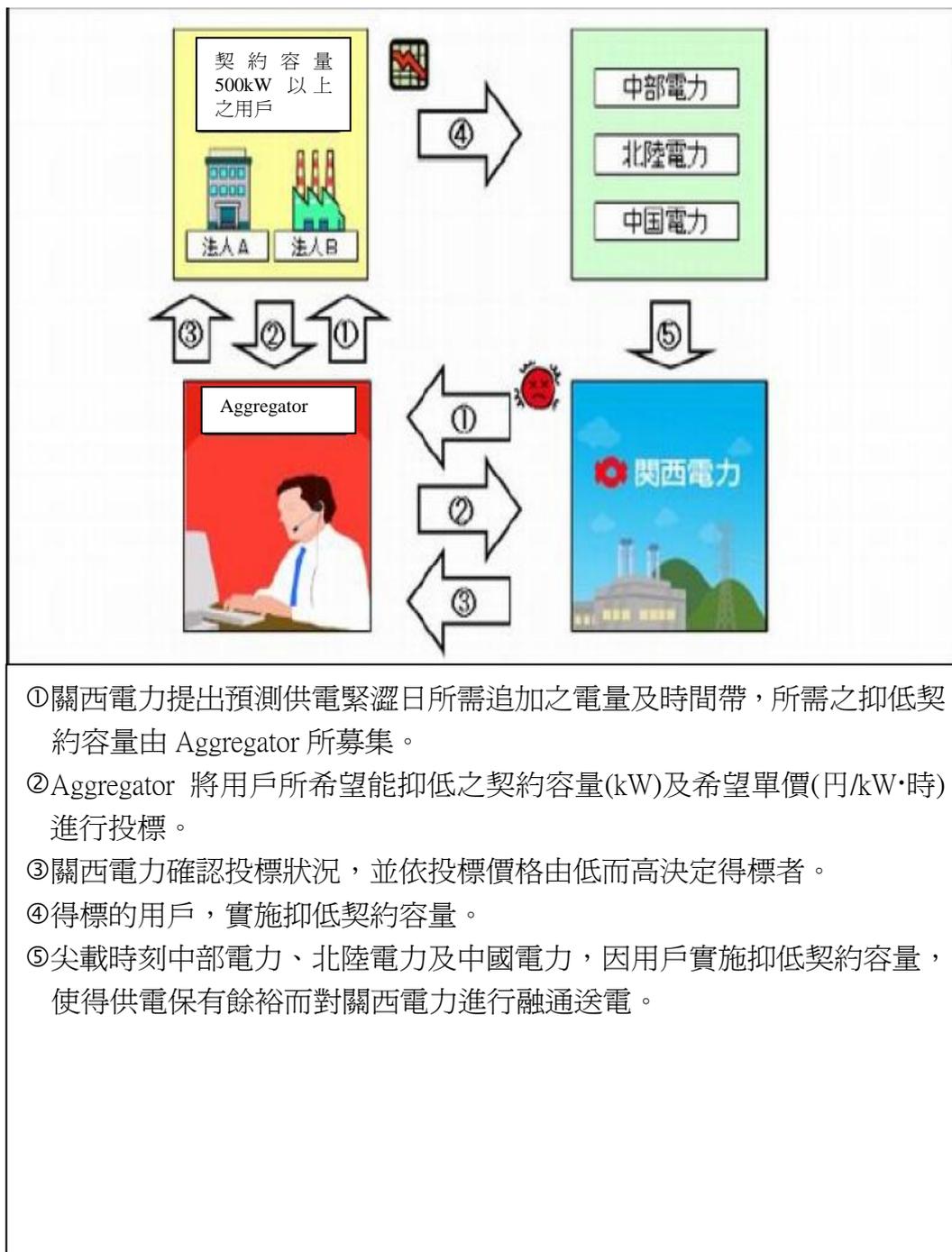


圖 20、關西電力實施「負電力交易」之流程圖

## (二) 計劃性調整契約

計劃性調整契約係用戶事先與電業訂定好抑低日，而當電力供需緊急時，依據尖載時刻抑低負載之情形給予電費折扣之方案。

### 1. 契約種類:

夏日尖載時和平日白天時，計劃性的削減電力使用之契約。

- (1) 夏季尖載時設定生產設備的維修或用戶自備發電機的啓動等，為計劃性的負載抑低 (Peakcut)。
- (2) 夏季尖載時調整午休時間或調整生產製程以抑低高負載機器電力的使用，為計劃性的負載移轉 (Peakshift)。

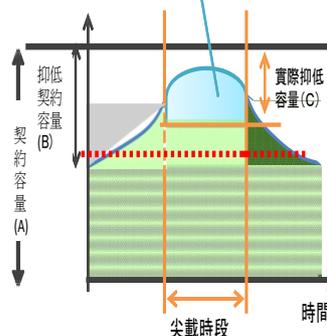
表 9、計劃性調整契約分類

		概要
計劃性調整方案	休假日特約	依休假日改變和新的休假日的設定等方式抑低契約容量而給予折扣之方案。
	工作時間調整特約	藉由生產設備維修及長期休假期間調整抑低契約容量而給予折扣之方案。
	尖峰時間調整特約	以空調機的部分調整來抑低負載而給予折扣之方案。

資料來源: 關西電力

### 2. 折扣方式:

依據計劃調整契約抑低  
(工作時間的調整及自用發電機  
的啓用等)



< 方案組成 >

【電費構成】

與隨時調整契約不同，為依事先訂定的時間抑低之契約，無「契約折扣」，幾乎只有「實施折扣」。

【契約折扣】

無

【實施折扣】

折扣單價 (円/kW・時間・月) × 實際抑低容量 (kW) × 抑低時間 (小時)

【罰則】

實際抑低容量 (C) 低於抑低契約容量 (B) 的 70% 以下的情形時，將以契約不履行而不給予折扣等。

### (三)隨時性調整契約:

隨時性調整契約係因電源困難及系統事故原因恐致電力不足時，以電費折扣為補償，依電力公司事前通知，用戶抑低一部分或全部用電的方案。主要於夏季尖載時，因電源供給困難等原因造成供電緊急時，依事前(1 小時或 3 小時前等)的通知調整電力的使用量。

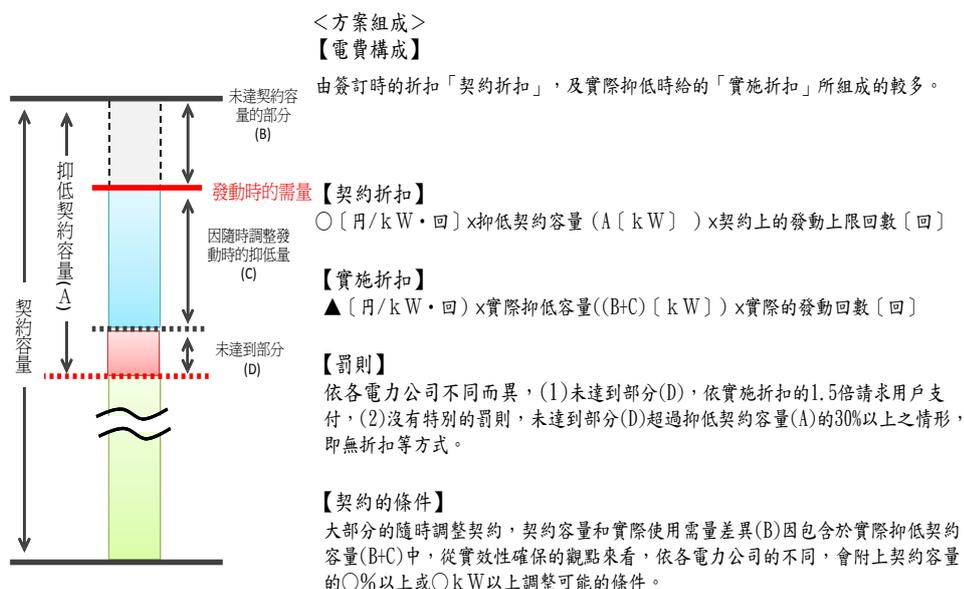
#### 1.契約種類:

表 10、隨時性調整契約分類

	分類	概要
隨時性調整契約	瞬時調整特約	因電力公司供給設備故障、預料外的電力需求急增所造成電力供需急迫時，強制性或依電力公司通知而停電時，給予電費折扣之措施。
	通告調整特約	由電力公司通知，隔日進行大幅抑低時，給予之電費折之措施。

資料來源:關西電力

#### 2.折扣方式:



(四)日本電業計劃性調整契約與台電計劃性減少用電措施比較表(表 11)

分類		(日本) 計劃性調整契約	(台電) 計劃性減少用電措施
同	實施時機	事前約定	事前約定
	對象	500kW 以上	500kW 以上
	罰則	無	無
異	最低執行率	70%以上	依方案不同而異

資料來源:本研究整理

(五)日本電業隨時調整契約與台電臨時性減少用電措施(四)比較表(表 12)

分類		隨時調整契約	臨時性減少用電措施(四)
同	實施時機	事前約定	事前約定
	對象	500kW 以上	500kW 以上
	罰則	某些公司有(某些公司無)	有
異	最低執行率	70%以上	95%以上
	折扣計算	契約折扣+實施折扣	基本電費折扣+流動電費折扣

資料來源:本研究整理

**(六)實施成效:**

日本實施計劃性調整契約與臨時性調整契約，成效如下:

表 13、2012 年計劃性調整契約與臨時性調整契約

單位:kW

	北海道	東北	東京	中部	關西	北陸	中国	九州	合計
計劃調整契約電力	5万	22万	179万	50万	58万	3万	43万	48万	429万
臨時調整契約電力	9万	18万	166万	70万	37万	20万	115万	33万	491万

資料來源:經產省

而我國在 2013 年計劃性減少用電措施抑低契約容量 222 萬 kW，臨時性減少用電措施抑低契約容量為 9 萬 kW。

## 參、心得與建議

### 一、心得

#### (一)日本 DR 現況:

從本次日本實習所獲得的資訊來看，雖然今年日本真正進入無核夏季，惟日本電業目前並不急著推出許多新的 DR 措施，而是一面藉由政府的補助各項設備(如 HEMS、BEMS 等)與實驗，進行各項基礎建設的布建(如 HEMS、BEMS 及 AMI)與 Smart City 實驗，一面則循序漸進式的嚐試各式 DR 與 Aggregator、能源管理系統(EMS)及分散式電源結合的整體性實驗，並以 Smart City 做為實證場域；另外在早稻田大學的新宿驗證中心亦經由產官學研究，進行 OpenADR 等標準化的實驗，以統一各設備的通訊協定，使未來電業的自動需量反應(ADR)能與 Smart City 的 CEMS(社區能源管理中心)或 Aggregator 結合，使 DR 能自動化，快速抑低尖峰用電，以避免缺電危機。

整體來看，日本 DR 在經產省的領導及補助下，逐漸與智慧電網進行整合，DR 搭配電網的供需調整功能後，能使 DR 抑低效果更加的提昇，今年亦為 5 年的智慧城實驗進入檢討成果階段，未來各電業將以實驗結果為基礎逐步推出新的 DR 方案，隨者 2016 年日本電業全面自由化的到來，各方業者如 Aggregator、通訊業者、電表業者、建商、電業等，莫不摩拳擦掌進行各項設備的布建，等待電業全面自由化的一刻，能快速掌握巨大的商機。

#### (二)Aggregator 角色:

日本於自由化後 Aggregator 的角色愈形重要，除某些 DR 方案需 Aggregator 來執行外(如關西電力負電力方案)，其他如智慧城

的 BEMS 的執行亦由 Aggregator 來主導，另外，許多與用戶的方案亦經由 Aggregator 來設計，電業審查方案並與 Aggregator 簽定降載量合約，即借助 Aggregator 的專業性及聚沙成塔的特性，使電業在 DR 的執行上更加事半功倍，實值得我國加速開放 Aggregator 來學習。

### **(三)空調直接控制:**

此次實習發現目前日本並無空調直接控制方案，因空調的主控權仍由民眾所掌握，由日本民眾自發性的配合政府調高溫度，未來空調直接控制會併入 HEMS 及 BEMS 等 EMS 中，配合 DR 訊號經由 EMS 系統控制空調及電燈等器具，以進行整合性的控制，而非單獨控制。

### **(四)減少用電措施:**

透過本次實習了解現有日本減少用電措施與我國類似，惟因日本大用戶市場已自由化，故已有由 Aggregator 執行的負電力方案出現，至於日本未來其將推出的新 DR 方案則非只注重單一方案的推行，而是注重 DR 方案與智慧電網的整合，藉由智慧電網易於調控供需特性上，使 DR 抑低效果更加提昇，此一方向亦值得我國仿效。

### **(五)通訊標準建立:**

本次參訪 ECHONET 事務局及早稻田新宿驗證中心發現日本在 HEMS 或 ADR 等的推行上，特別注重通訊標準的建立，因為唯有一致的通訊標準，才能使各廠商在製造家電時能加入相同協定的通訊模組，在推行運用上才能快速展開，值得未來我國推行能源管理及 ADR 時效法。

## 二、建議

### (一)需求面管理需政府政策主導及補助，而非台電單方面努力

經本次日本實習發現日本許多 DR 方案雖尚未正式實施，但在日本經產省主導下，藉由補助各智慧城實證、HEMS 及 BEMS 等節能設備裝設等，並結合智慧電網、Aggregator 及研究機構進行整合性的需求面管理實證研究，發現實驗的 DR 措施結合太陽能、電動車、蓄電池、汽電共生等分散型電源，對 DR 抑低成效斐然(幾乎都達到 10%以上)，實值得我國借鏡，未來我國即將面臨電源不足，加強需求面管理實刻不容緩，因此建議政府在推動需求面管理非只一味推行 DR 措施，而是需政府在政策制度上的主導、開放(如 Aggregator 的開放)及補助(相關實驗及設備補助)，整合各分散式電源之電網資源，才能真正有效的實行需求面管理，抑低尖峰負載。

### (二)建議低碳島或本島應更積極整合分散式電源之需求面管理實驗，以納入智慧電網，提高抑低尖載效果

有鑑於日本四大智慧城，今年已進入各項分散式電源及 DR 實驗完成檢討年度，其實驗結果經常在其網站公告令人印象深刻，反觀我國雖有澎湖低碳島實驗，但至今仍未見相關整合性實驗，資訊亦未有經常性之更新，對即將面臨電源不足之我國，建議不只在澎湖，亦也可在臺灣，更積極進行需求面的整合性實驗，以期在電源不足前能將分散式電源整合納入智慧電網，以提高 DR 措施在尖載時刻的抑低效果。

### (三)建議政府整合學術資源，建構 ADR 實證場域，進行各項設備及通訊標準驗證，以利未來 ADR 措施之實施

本次參訪早稻田大學新宿實證場域，發現該組織是由日本經產

省所設立的日本智慧社區聯盟 (JSCA)國際標準工作小組下的專業研究團隊所組成，其成員包含產官學界，研究 ADR 下與各設備標準化通訊驗證，對未來日本 ADR 的實施有極大助益，我國未來要解決緊急電源不足情況，亦將導入 ADR 方案，建議此時政府應仿照日本出面整合學術資源以建構專業驗證小組及場域，除能進行 ADR 實證外，亦能建立未來如 HEMS 及 BEMS 的通訊標準，以利將來實施整合性需求面管理措施。

**(四)針對供電瓶頸地區，建議可進行分散型電源及能源管理系統實證，以解決供電壅塞問題**

根據資策會研究，目前供電瓶頸地區大多為住家及商業大樓，並不易利用減少用電措施來移轉負載，未來本公司若能參考日本實證結果及澎湖低碳島實驗成果，在該地區進行分散型電源之智慧電網實證，並結合 Aggregator 裝設 HEMS 及 BEMS 來使能源使用最佳化，或許可解決該等地區供電壅塞之問題。

**(五)建議研析日本負電力相關做法以做為本公司發展新方案之參考**

現行關西電力負電力方案，為增加尖峰時段抑低量，以用戶投標金額由低而高決定得標者，並依用戶投標價格給予補償，此做法不但能獲取較高生產者剩餘，也能在降低電業成本之下，仍可獲得相同的抑低量，未來本公司在發展新方案時或可發展類似競標手法之方案。

**(六)建議尋找本島適合城市進行智慧城實驗**

目前日本智慧城實驗成果相當豐碩，建議能源局未來亦可於本島找尋適合城市進行智慧城實驗，除能進行 DR 與各 EMS 整合驗證外，亦能活絡各相關產業，並為我國未來無核夏季，預為準備。

### 三、誌謝

感謝公司各級主管給予本次赴日實習的機會，並承蒙大同公司及日本富士通在當地的積極安排與聯繫，謹致上最深的謝意。

### 肆、參考資料

- 一、電價調整機制及電力市場自由化制度研習報告，經濟部，民國 99 年 2 月。
- 二、スマートコミュニティの本，日刊工業新聞社，December 2012。
- 三、日本經產省，<http://www.meti.go.jp/>。
- 四、日本智能城市門戶，<http://jscp.nepc.or.jp/>。