

汽電共生系統參與需量反應可行性探討

！台灣大電力研究試驗中心顧問 楊正光

！台灣大電力研究試驗中心研究企劃部工程師 楊政晁

摘要

電力市場從傳統的管制市場解除管制，走向競爭性的市場，包括最早開放市場的英國、美國，鄰近的日本也在近年開放市場並分別建立現貨和期貨市場。韓國對於電力的負載管理不遺餘力，每年投入的預算亦相當多。各國對於電力需求面的管理，也從缺乏彈性的傳統負載管理，導入具備彈性的需量反應，無非是為了使能源的更有效利用和反應電力特性，值得一提的是韓國電力公司（KEPCO）導入需量反應，且於2005年獲得PLMA需量反應領域的成就獎。電力部門二氧化碳排放量在各國都佔極大的比例，京都議定書生效後引發溫室氣體減量的議題，因此，從電力部門著手CO₂減量，成果將會非常顯著。汽電共生系統具有燃料多元化與減少環境污染等優點，也成為提高能源效率和減少溫室氣體排放的重要工具。在九十年代台灣經濟快速成長，電力需求殷切，引進國外汽電共生之方法並公布推廣辦法，積極鼓勵業者投資設置汽電共生系統，對我國經濟發展、節約能源以及環境永續發展有很大的貢獻。此外，面對國際電力市場的趨勢，電力市場的自由化將是無法避免，汽電共生在這競爭性電力市場地角色就顯得更為重要。本文即探討汽電共生對於參與國內需量反應的可行性進

行探討，作為汽電共生系統業者之參考。

關鍵字：汽電共生系統，需量反應，京都議定書，需求面管理

一、前言

科技的進步不斷的提升，使得化石能源持續被開採及應用，特別是發電部門的使用佔了相當大的比例。由於二氧化碳（CO₂）為溫室氣體，化石燃料燃燒後會生成CO₂，大量使用並排放至大氣中，使得大氣中CO₂的濃度不斷的升高，造成地球產生暖化的現象，使得用電量不斷的增加，特別是在夏季期間特別顯著。除此之外，近年來經濟復甦及生活水準的提高，使得電力尖峰負荷不斷升高，而且土地取得不易，興建電廠以滿足成長電力供應所需，成為緩不濟急的策略。而且，電廠興建時程若稍有延誤，供電不足的問題就可能浮現出來，例如第四核能電廠歷經停建100天之後復建，使得工期被迫延後三年；另大潭電廠因天然氣無法即時供應，而需將發電機組的燃料系統變更等，對於穩定的能源供應影響都極大。電力供應不足的問題將逐漸浮現，電力系統的供電可靠度將面臨嚴峻的挑戰。

由於汽電共生系統為同步生產電力和供應熱源，具有效率高、能源多元化與減少環境污染等多項優點，其整體的能源效率可以超過

85%以上，因此，汽電共生系統具有的價值利益包括：

- 1.與單獨供應電或熱能的系統相比，可以節約能源。因此，可節省成本和降低進口的倚賴性。
- 2.減少溫室氣體如CO₂的排放量。
- 3.分散式汽電共生系統可減低輸電損失。
- 4.增加電力系統的彈性並提高電力系統的可靠度。
- 5.使用可替代性的再生能源。
- 6.推動電力市場競爭性和強化競爭力的重要媒介

因汽電共生系統具有前述的優點，政府於是在民國77年公布「合格汽電共生系統推廣辦法」，積極鼓勵業者投資設置汽電共生系統，實施迄今，汽電共生已有非常顯著的成效。至民國95年11月，國內已登記之合格汽電共生系統共95家，裝置容量為770.9萬瓩，佔全國總裝置容量之17.12%，全年總發電量331.61億度，佔全國總發電量之17.99%，截至民國94年12月止合格汽電共生系統與台電公司簽訂售電合約者計有63家，售電尖峰保證容量258萬瓩，對我國經濟發展和電力的穩定供應有很大的貢獻。

需求面管理係指電力公司透過負載管理措施，包括推廣廠商設置汽電共生設備、推廣節約用電或調整用電時段之策略，以改善用戶的負載型態、縮短尖離峰差距、提高能源使用效益，其主要目的在於均衡系統負載，提高發電設備利用率及減少不必要之電能消耗。尖峰負載管理之目的，於有限的短時間通知用戶並要求暫停用電或降低負載，以維護電力系統的安全。因此，電力公司提出尖峰負載管理之動機，在於降低某些用戶之尖峰需求，以減少「尖峰備轉容量」之準備、避免投資及運轉維護等成本。換言之，只要花少許代價用以彌補

用戶之損失，達到「良質」、「可靠」的供電，更不會造成系統供電危機的發生。當然，前述迴避成本等估算，未包括輸電投資，輸電造成損失、輸電成本、壅塞成本及為避免系統短期間電壓及頻率變化提供熱機備轉輔助性服務的成本。

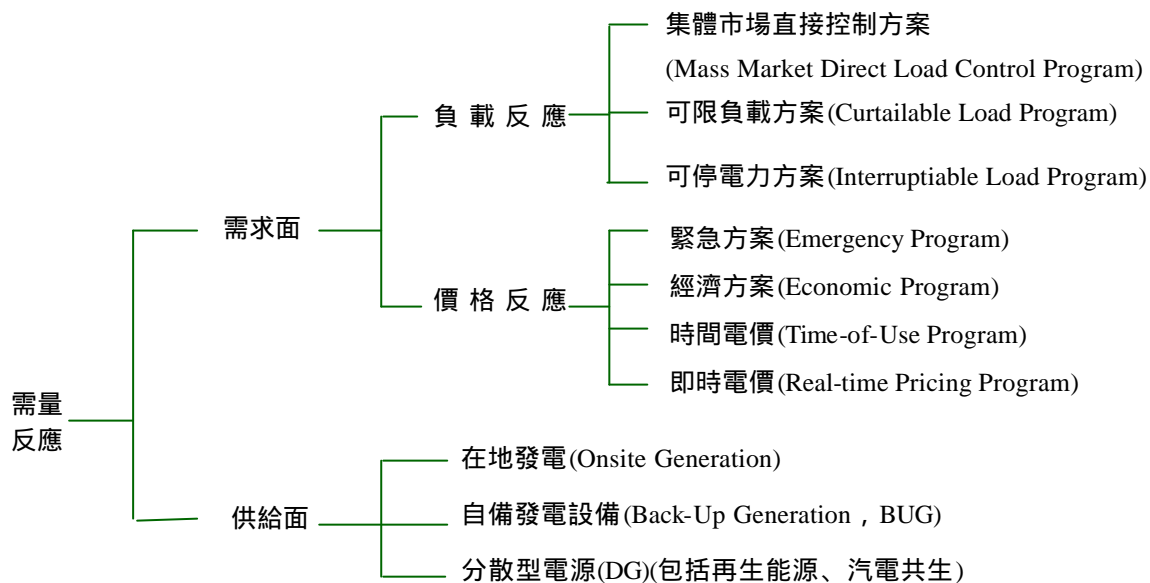
目前包括歐美國家及鄰近的日本，電力市場都朝向開放競爭性電力市場，透過競爭過程使能源做更有效的運用，達到最大的邊際效益。雖然，國內電業法尚未修法開放電力市場，市場的開放和競爭將是未來無法避免的趨勢。目前國外電業發展之潮流，電力市場的交易因開放而應運而生，但各國的交易型態、模式則因環境、背景、條件而有不同，其中發電躉售競爭是基本模式。發電躉售自由競爭的結果，無論「日」或「時」，價格變動快且高低起伏非常大而很難完全掌握。新的電力需求面管理措施在環境架構及誘因機制的設計之下，而具有靈活的管理彈性。國內自民國68年開始實施電力需求面管理措施，對於電力系統穩定頗有貢獻。國內過去所實施的負載管理方案，對於電力系統的可靠度和安全性皆有相當的貢獻，但是可能面臨的缺電問題，仍需於事先未雨綢繆，統籌可以運用的需量資源以供運用。

汽電共生系統具有設置地點、尖峰供電、可調度性、前置時間少、減少輸電線路損失、穩定性及提升電力系統可靠度等特性，因此，工業用戶設置汽電共生系統的目的主要在於增加供電可靠度、穩定生產及降低供電成本。依照ExxonMobil公司的最新統計資料，每年該公司投資於全世界汽電共生系統之節能效益達13,000GWh，此能源節約量相當於比利時每年住宅電力需求的二分之一。如能配合電力系統負載管理，於尖峰時多發電且少用電，儘量供應電力系統的不足，對於供電系統的可靠度和能源的節約將會有非常大的助益。

隨著世界電力市場的走向，競爭性電力市場已是大勢所趨，汽電共生系統自然無法置身事外。本文係對汽電共生系統在需量反應制度下於國內運作可行性進行研究探討，並透過裝錶電力用戶實際之卸載測試，了解其緊急反應之可行性，做為具有汽電設備業者參與電力需量反應制度之評估依據。

二、需量反應計畫

電力需求面管理是電力公司利用有效的鼓勵和價格誘因措施以及適宜的運作方式，與用戶共同協力提高終端用戶用電效率、改變用電方式以減少高成本電量（kWh）的消耗和抑低尖峰電力（kW）的需求所進行的管理活動。



資料來源：台灣綜合研究院，電力需求面管理之推廣與效益評估，93年執行報告

圖1 需量反應的措施

由於電力市場的開放，使得電力需求面管理從「傳統的需求面管理（負載管理和能源效率）」，轉變為制度更具彈性的「需量反應」。所謂需量反應是指「用戶為反應一些信息(如價格或緊急事件通知)，用戶將負載（或電力需求）回售給系統」，或是「有能力抑低消費的電力用戶，當躉售市場每小時電價飆漲時抑低消費，而使價格下降；或當獨立調度機構因緊急情況要求電力用戶卸載或抑低負載時電力用戶予以配合卸載或降低消費，以避免遭遇到實施分區輪流停電之需要」，其相關措施如圖一所示。需量反應實施方式大致可分為兩類，第

一類為「需求面」即於用戶端，做法上又可分為消極式（或稱被動式）及積極式（或稱主動式）如用戶降低用電負載；而另一類則為「供給面」即於供電端，如在尖峰時段將未運轉的自備發電機設備或汽電共生機組在需要時請其加入運轉。

積極性需量反應在需量反應的行為上，用戶有主動權去決定是否參加。電力用戶參考電力市場所公佈短期價格資訊做出反應，以改變其電力需求或消費形態，當然亦可不做出反應。換言之，用戶可以抑低尖峰需求，將所「抑低的部份需求」於市場上參與競標，或透過零售業或能源服務公司（ESCO）匯集後在

市場競價。有些需量反應之行為不是操縱在用戶手裡，例如採直接負載控制模式（DLC），在執行需量反應時，用戶屬於被動型式，一般可採抑低部份的空調負載或照明設備方式。而增加電源供給的需量反應模式，用戶將正常狀態下沒有運轉之自備發電機設備、分散型電源如汽電共生系統提供的電源，在尖峰時段加入運轉供應用戶本身所需的電力，而減少對電力系統的倚賴。

目前需量反應的許多案例都可以歸納為計畫性質或價格/費率因素，通常包含以下內涵：

- 透過一些相關方法如網路或簡訊等方式將不同時段的批發電價信號提供給用戶。
- 採用新技術用以評估、監測，如利用通訊及/或自動化控制技術於某時段內訂價基礎的電力使用量。
- 需量反應大部分為用戶直接控制和靈活化，與傳統負載管理由電業單向控制相反。

所以，需量反應計畫從傳統式的負載管理方式（由電力公司訂價及規範），走向雙向溝通、自願性及資訊化（用戶可以自行訂價競標

及決定釋出量），為電力系統的調度注入更新的活力。

需量反應方案的需求面可分為兩類(圖一)，分別為負載反應方案和價格反應方案。到目前為止，大部份的需量反應是屬負載反應方案，焦點著重在提供負載的舒緩以維持系統供電可靠性。負載反應方案憑它對負載抑低的貢獻度而言，算是最大的需量反應資源。這些方案在美國實施十幾年，已建立良好的制度且實行得相當成功。價格反應方案，焦點著重在方案及推動，特別是動態價格訂定諸如臨界尖峰訂價(critical peak pricing, CPP)、即時電價等均歸入於價格反應方案。電力市場自由化後將價格透明化讓用戶瞭解市場狀況及其相關的成本，由市場供需決定價格為必然之趨勢。

以美國需量反應制度之實施經驗為例，運作單位包括管制單位（包括管理電力市場的聯邦電力委員會(FERC)、管理零售市場電價和環保的公共事業委員會(PUC)及訂定電業標準和法規的NERC）、ISO（負責電力調度、計畫參與用戶之簽約與卸載費用結算）、配售電業（負責配電網路服務、計畫有關的相關設施及潛力調查）等，詳細內容如表1。

表1 國外需量反應制度之角色及權責單位

角色	單位	權責範圍
管制單位	FERC	管制ISO批發市場價格
	PUC	管制零售市場價格，環保標準
	NERC	訂定可靠度標準及相關法規
ISO		1.排程、調度及訂價 2.電力網連結(技術、安全)等相關法規 3.與LSE簽約事宜 4.交易市場(不平衡電力、輔助服務) 5.壅塞處理 6.網路使用

角色	單位	權責範圍
		7.與LSE、零售業、電業關係 8.電表租用及讀錶 9.結算問題 10.爭議處理 11.風險與避險問題
配電及零售業		1.配電網路服務 2.電表裝置通信系統、控制系統、EMS等主體設施、軟硬體之建置 3.與用戶簽約事宜 4.用戶需量反應潛力調查 5.零售費率計算及成本回收問題 6.爭議處理(與負載用戶) 7.需量反應制度之設計

資料來源：台灣綜合研究院，電力需求面管理之推廣與效益評估，93年執行報告

目前需量反應計畫的運作方式可依照反應時間區分為經濟型市場 (economic market) 和緊急市場 (emergency market)，或稱為現貨市場 (spot market) 和期貨市場 (market market)。以新英格蘭調度中心的計畫為例，其經濟型市場為日前市場 (day-ahead market)，需要參與者提供抑低的需量 (至少 1MW) 挹注於日前電力市場。若提供之抑低量在日前市場很明確，需量資源將付予適宜之日前區域價格 (Day-Ahead Zonal Price)，實際抑低量和提供之容量間的差異在於支付適當的即時區域價格 (Real-Time Zonal Price)。即時需量反應計畫由反應時間為基礎的兩個子計畫所組成，分別為 30 分鐘需量反應計畫及 2 小時需量反應計畫。即時需量反應計畫要求用戶於接獲 ISO-NE 通知後 30 分鐘或 2 小時，承諾暫時性的減少能源使用 (10kW~5MW)。無論日前市場或是緊急市場，計算抑低需量的績效係取抑低負載當日之前 10 個正常工作天之平均負載作為基準負

載 (customer baseload, CBL)，當基準負載減抑去當日負載為正時，即表示有意低實績，反之則否。

汽電共生系統具有可調度性的特徵，在需量反應計畫中可以選擇經濟型計畫 (提供過剩的電力) 或緊急型計畫 (調整汽電的比例)，將電力投入電力市場。在國外 ISO 的電力提供者中已不乏汽電業者，惟其參與市場的規模和模式，幾乎沒有任何的報導，以下僅有的國外汽電共生系統案例共做參考。

三、國外汽電共生系統的運用

1. 新英格蘭調度中心 (ISO-NE)

於 2003 年，ISO-NE 認為其負責的西南康乃狄克州管制地區，電力嚴重的不足，而且沒有足夠的獎勵金可以提供給電廠業者，緊急的建立在這人口密集區建立新的容量，該地區為全美國電力壅塞最嚴重的地區之一。ISO-NE 認知到這個問題，於是提出了需求計畫 (Request

for a Proposal, RFP), 徵求達到300MW以上且可以快速反應的容量, 可以在ISO-NE通知時能夠滿足尖峰需量並維持電力系統的可靠度。ISO-NE利用Negawatt Network管理所有的RFP需量資源, Negawatt Network於接到通知採用後30分中內啟動, 所有的RFP需量資源於數分鐘內陸續動作。具有汽電共生系統的大型工業用戶即轉移其製程作業, 將過剩的電力輸出至電網以支援地區的負載。

2. Newton South High School (NSHS) 的計畫

NSHS的尖峰電力需量為450kW, 校園更新和增加設施之後將會增加至1,319kW, 在學校就地設立電廠為解決用電的方法, 因現有電力公司沒有多餘的能力供電, 因此建造了750kW的汽電共生設備。NSHS的就地發電和負載反應能力僅能維持其淨負載, 但是在尖峰負載的7~8月的負載為400~500kW, 其他月份則為1,000~1,200kW, 意即在夏季尖峰時段可以結合NE-ISO的負載管理系統反應價格信號。

3. 荷蘭

荷蘭汽電共生系統的裝置容量係維持其電力供應安全的重要基石, 同時也影響了批發市場的電價。因為部分汽電共生系統電力供應沒有彈性的基載或降低潛在的基載電力平均成本, 間接的變更高成本發電機組的發電次序而降低尖峰發電成本。具彈性的汽電共生機組就能夠較高電價的時候以多樣化的輸出電力, 增加緊繃市場之電力供應的彈性, 而減少電價限制。具彈性的汽電共生機組連接至FVR系統, 供調度中心可以即時調度以平衡系統。

4. ExxonMobil的看法

在競爭性電力市場, 汽電共生系統可以在低於其邊際成本的條件下, 選擇將電力參與競標以確保其配置量, 如此可以選擇每小時的邊

際電價而決定競標量。在競標時間所支付給汽電業者的電費可能不具較大的吸引力, 但是從整年度觀之, 汽電共生系統供應較低成本、有效率的電力至市場, 非常具有吸引力, 同時, 為環境、產業和消費者創造雙贏。有些國家的配置組合中, 汽電共生系統為市場具吸引力的發電資源, 有些國家甚至推動新的高效率、環境友善的產業汽電共生系統投資並提供較優之獎例如投資績效等, 以鼓勵汽電共生業者加入開放之電力市場。

此外, 必須允許具汽電共生系統的業者在市場購買淨需求的電力或出售潛在的過盛電力而沒有差別電價加以鼓勵。例如, 美國德州Baytown裝設的汽電共生系統係為滿足夏季尖峰電力需求, 電力調度中心提供無區別的平衡市場, 汽電共生系統業者可以獲得每小時的市場電價而進行購或售電。

四、國內實際模擬

為了解汽電業者在國內實際參與需量反應計畫的可行性, 我們實際裝置電錶進行模擬測試, 分別於夏季(94年7月)和非夏季(95年1月)總共進行4次的卸載模擬。卸載結果依照用戶的基準負載曲線計算, 每次要求的卸載量以100kW計, 用戶的基準負載曲線和卸載的當日負載曲線如圖2所示。

圖2為某公司之汽電共生系統, 因應需求面管理所呈現的負載曲線圖。因屬於模擬階段, 實施時於2小時前通知用戶以手動方式進行卸載, 依照自用戶所讀取的用電資料, 取用戶模擬日前10天正常工作天的平均用電作為基準負載曲線(CBL), 計算平日基準負載曲線和實施卸載當日的負載, 以計算實際的卸載量並結算卸載量。圖2(A)為夏月尖峰時段的試驗, 從圖上可見實施卸載當日的預定時間範圍

內之負載大於基準負載，所以卸載量為零，即汽電系統未反應需求，用電仍以電力系統為主。圖2(B)則為夏月非尖峰時段的結果，有實際績效的時間為9~10時。圖2(C)非夏月尖峰時段的試驗，汽電系統實際的貢獻度不大。圖

2(D)於實施卸載當日預定時間範圍內之負載遠低於基準負載，對於電力系統所減少的依賴，意即汽電系統供電所呈現的結果，各次實驗之結果如表2所示。

表2.歷次試驗結果

行業別	夏月尖峰	夏月非尖峰	非夏月尖峰	非夏月非尖峰
kW	0	487	51	2,478

- 1.尖峰實施時間為下午2~4時
- 2.非尖峰實施時間為上午9~11時

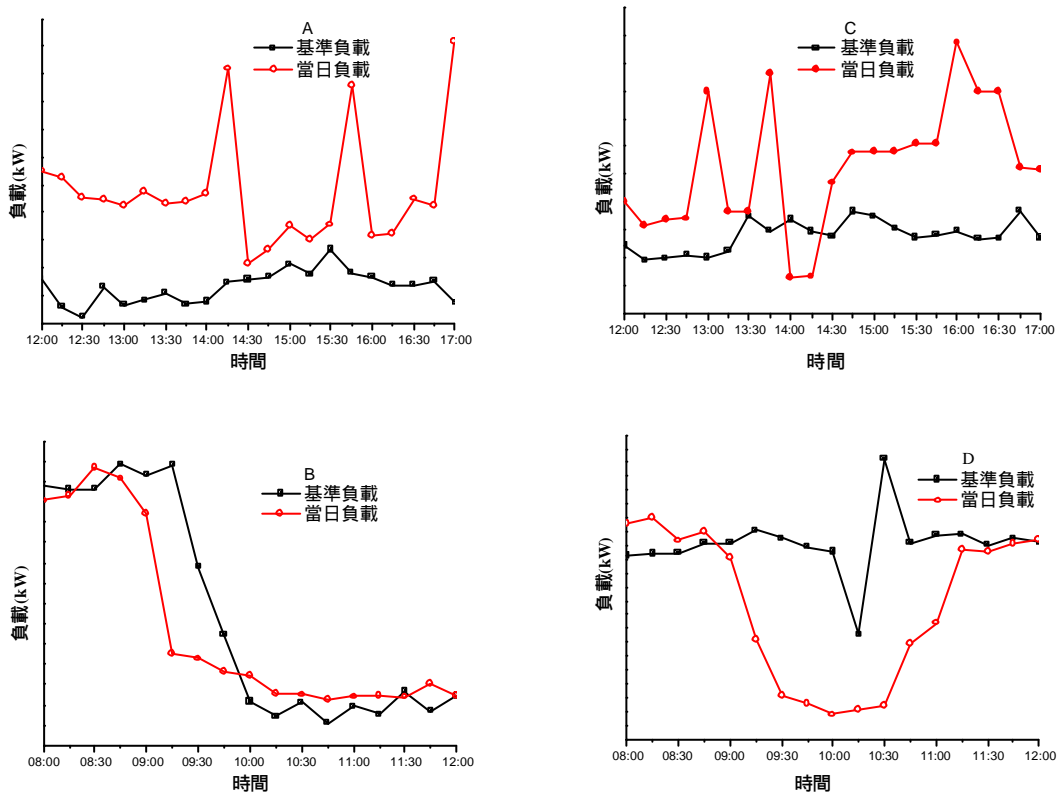


圖2. 汽電共生系統卸載狀況

從實驗結果分析，卸載失敗的原因來自於聯絡上的失誤，導致在預定時間未能以汽電系統供電，減少來自電力系統的用電。其次，因為僅要求減少100kW的用電，在尖峰生產時段調整汽電系統的供電困難度較高，特別是受試

單位的汽電系統裝置容量並未能夠滿足整廠需求的情況下，有51kW的卸載量仍彌足可貴。於非尖峰時段，汽電系統可供給的量最多可達2,478kW，可見用電時段是有影響的。

此外，燃料成本的不斷攀升，影響業者對

於汽電共生系統的使用意願，相對的將造成增加電力系統的負荷。若能提供之誘因大於燃料成本，對於汽電業者使用汽電系統並將過剩電力投入電力市場的意願將會大大提高。

五、結論

從國外的現況或計畫可以了解，汽電共生系統對於緊急供電具有無可取代的重要性，如德州的汽電系統係為夏季尖峰供電；又如荷蘭的汽電系統擔負電力系統基載和緊急時的系統安全任務；NUSH未因應本身的電力需求而規劃建立汽電共生系統，夏季多餘的電力尚可參與ISO的負載計畫供應地區的不足，由此可見汽電共生系統在電力市場的重要性。

在電力需量反應計畫的參與方面，汽電共生系統本身具有設置地點、尖峰供電、可調度性、前置時間少、減少輸電線路損失、穩定性等優點。在尖峰用電時段，調節汽電的比例，多發電以減少倚賴電力系統的供電，相對的提高了電力系統可靠度和穩定度，實驗結果已顯現汽電共生系統具此方面的特性。而且，NE-ISO也是看重汽電共生系統在這方面的特徵，將其納為RFP中的重要角色之一。

從實驗結果觀之，國內汽電共生系統在需量反應計畫中運作，應是樂觀且可期待，而且2005年全國能源會議的決議事項中，訂定汽電共生系統的裝置容量2010年目標800萬瓩，2020年1,000萬瓩。國內目前也有63家合格汽電業者與台電公司訂定購售電契約，將電力提供台電公司調度。但是，尚有32家合格汽電業者與其他未納入合格或未申請的汽電業者，未來

按照能源會議的決議，將會有更多的業者加入這個行列，這些都是可觀的需量反應資源。將汽電共生系統導入需量反應計畫中，以促進國內電力系統供電的可靠度，必須在制度和誘因方面做好配套措施，才能增加業者參與的意願。

六、參考文獻

1. 經濟部能源局，93年度委辦計畫期末報告「需量反應規劃設計及示範推廣計畫」，2006.6
2. David Newbery, Nils Henrik von der Fehr, Eric van Damme, Wim Naeije (2002), Combined Heat and Power in the Netherlands : Issues for the Electricity Market
3. <http://www.fypower.org/bpg/module.html>
4. Michael W. Tennis (2002), Combined Heat and Power Options for Newton South High School Final Report
5. Rick W. Meidel (2005), Cogeneration – Challenge and Oppprtunities
6. 楊正光、楊政晁、陳宏義 (2006), 汽電共生系統收購電力與備用電力訂價之探討，2006.5
7. ISO New England Load Response Program Maual, 2006

本文轉載自「汽電共生報導」第50期專題報導。