

出國報告（出國類別：考察）

日本天然氣接收站與 LNG 衛星站實務研討與參訪

服務機關：台灣中油股份有限公司

姓名職稱：林忠義主任、羅仁聰機械工程師

派赴國家：日本

出國期間：107 年 09 月 06 至 09 月 10 日

報告日期：107 年 09 月 28 日

摘要

本次出國考察主要參訪 Negishi(根岸)LNG 接收站與 LNG 衛星站，了解日本在天然氣應用之現況與推動，並與國內瓦斯協會業者分享實務經驗及未來 LNG 衛星站應用與經營管理研討。

日本在 LNG 接收站及衛星站的應用經驗及建設技術執世界之牛耳，相關技術並跨國輸出，賺取大量外匯，台灣目前二個接收站皆由日本業者設計與興建，透過此次參訪 LNG 接收站、了解其 LNG 應用技術及衛星站使用現況，日本 LNG 接收站具有以下特點：由於位於地震帶，多採用地下罐、配有大量 LNG 衛星站和管網、實行 LPG 和 LNG 兼營、並有內航船 LNG 接收站、LNG 法規完備，天然氣應用與 LNG 接收站透過保險公司和銀行投資，燃氣公司負責 LNG 接收站運營，重工製造公司負責 LNG 接收站的設計建造，建構一完整的天然氣應用體系。

日本受限地形因素，相鄰地區有高山或丘陵阻隔，天然氣管線不易鋪設，因此很早即利用 LNG 衛星站推廣天然氣應用，衛星站依規模分為大型區域用(供應給多位用戶)及小型衛星站(供應單一用戶)；以東京瓦斯 Sowa 大型衛星站為例具站有以下特色：(1)採用搭載熱空氣產生器的大氣氣化器以減少空間的使用；(2)藉由減少 LNG 的裝卸時間，以提高 LNG 槽車的運輸效率；(3)東京瓦斯以 30 年的營運數據進行大數據分析。

目錄

壹、目的	4
貳、過程	6
2.1.行程表	6
2.2.日本推動天然氣應用	6
2.3.NEGISHI (根岸)接收站	9
2.4.日本 LNG 衛星站應用現況	14
2.5.天然氣技術應用	19
參、具體成效、心得及建議事項	22
肆、參考文獻	23

壹、目的

日本資源十分貧乏，天然氣資源也不多，但日本政府十分重視天然氣的應用，政府採取一整套政策及措施促進天然氣使用包括：以立法促進天然氣消費、大力發展燃氣企業、支援與鼓勵天然氣發電、發展天然氣應用技術的開發、以國營或民營方式促進日本天然氣產業的發展、採取財政信貸措施支持天然氣的進口。

日本自 1969 開始進口 LNG，迅速成為世界上最大的 LNG 進口國，建有世界最多的 LNG 接收站，本次參訪的根岸接收站為日本首座 LNG 接收站，自 1969 年開始接收美國阿拉斯加之 LNG，業務迅速擴展，1990 年代日本 LNG 進口量曾達全世界 60%，之後逐年佔比縮小，2017 年共進口 8352 萬噸，佔全世界 LNG 產量 28.8%。日本天然氣消費量約 97% 依賴進口 LNG，為了確保供氣穩定與安全，日本自 1970 年代開始與各產氣國簽署了一系列 LNG 合同，主要國家為：卡達、澳大利亞、俄羅斯、汶萊、印尼、馬來西亞、阿曼、俄羅斯、阿聯酋，近年來美國頁岩氣開採量大增，並可液化為 LNG 出口，日本極積極與美國簽訂頁岩氣購氣合約。2011 年 3 月 11 日本發生大地震，造成核災意外，對社會經濟造成重大損失，日本對於傳統能量(石油、天然氣)的需求更增，日本成為 LNG 現貨主要買家，在 2012 年簽署了大量天然氣採購合約用於燃氣發電。

日本的天然氣市場發展主要為發電應用，此是由於初期管網系統不發達，民用和商業使用者需求有限，所以早期日本天然氣的主要利用方向是天然氣發電，與台灣類似，近幾年管網鋪設發達，並推動 LNG 衛星站使用，使得日本的天然氣應用非常廣泛，目前約 60%用於發電，其餘則以管道氣或 LNG 衛星站的方式供工業、民生及商業使用。

本公司為配合政府推動國內天然氣擴大使用，規劃於台中液化天然氣廠興建液化天然氣(LNG)灌裝設施，以 LNG 槽車運送 LNG 至偏遠地區或天然氣管線未到達地區如:花東地區、南投地區。利用該地區建造之衛星接收站(或小型氣化設施)，將 LNG 氣化後供當地家庭、商業及工業用戶使用。此次出國目的為蒐集及整理日本地區 LNG 衛星站資料並與東京瓦斯公司建立關係，及與國內瓦斯公司交換以 LNG 衛星站擴大天然氣使用之意見和市場資訊，以期順利擴展國內 LNG 灌裝相關業務。

貳、過程

2.1. 行程表

日期	地點	內容
9月6日	台北-東京	智能瓦斯錶研討
9月7日	東京	根岸天然氣接收站
9月8日	東京	銜接工作期間(例假日)
9月9日	東京	瓦協研展會議
9月10日	東京-台北	搭機返程

2.2. 日本推動天然氣應用

日本天然氣資源十分貧乏，但由於天然氣屬於較低污染石化能源，因此日本政府卻十分重視天然氣的消費日本政府採取一整套措施及政策促進天然氣消費，政策措施包括是：以立法的形式促進天然氣消費，大力發展燃氣企業，支援與鼓勵天然氣發電，大力發展燃氣空調，支持和資助天然氣實用技術的開發，至 2017 年底天然氣已佔一次能源的 20%。

(一)、日本政府透過立法政策推動天然氣使用

日本 LNG 法規主要有：石油供需及儲備、禁止壟斷及國民生活、石油稅務及關稅、工業地理環境、運輸、安全、環境、礦業、通商及外資、節能及新能源等相關法規。最主要的有燃氣事業法、高壓燃氣保安

法和電氣事業法，各法律下面再設有詳細的技術規範。主要供氣給發電廠的 LNG 接收站，適用電氣事業法；主要供氣給居民及工業的，適用燃氣事業法；既供氣民用又供氣發電的，適用高壓燃氣保安法。日本 LNG 接收站建設由經濟產業省批准並主管，海上保安廳(警衛隊)亦參與管理，與美國海岸警衛隊核准海上 LNG 接收站的做法類似。

日本從 70 年代起制訂嚴格的環保法規，地方政府的環保法規甚至比中央政府嚴格，進而商業部門及居民使用和消費天然氣。70 年代日本政府通過「天然氣公用事業法」管理城市天然氣公司，該法規定由通產省定義氣價和劃定城市天然氣公司的銷售範圍，各城市天然氣公司不得跨區經營。1994 年又制訂並實施了「燃氣市場自由化法」，該法解除了政府對大用戶和供氣公司的氣價管制，允許年消費天然氣量達 200 萬立方公尺以上的大用戶與供氣公司直接談判氣價，並且可向任何供氣公司購氣，促進了天然氣的進一步消費。

(二)、推動民生商業用戶使用天然氣

日本政府積極推動民生商業用戶使用天然氣，在燃氣企業建立初期給予一定的減免稅，並在貸款上予以優惠，各級政府還直接投資創辦燃氣企業。至 2018 年底日本全國共有 300 家以上燃氣企業，其中 200 家是私營企業，100 家屬各級地方政府所有，大的燃氣企業有包括東京、大阪和東邦瓦斯株式會社，供氣量約占全國的 2/3 以上，私營燃氣或國有

燃氣公司，都由通產省直接管理。

(三)、發展燃氣電廠

政府採取包括直接投資、優惠貸款和減免稅在內的各種政策措施鼓勵天然氣發電，使天然氣發電得到了極大的發展。自 1969 年從美國阿拉斯加進口液化天然氣，供南橫濱電廠 350kW 機組發電，開始利用天然氣發電。到 2017 年，已建成燃氣電廠 29 座，燃氣機組 150 台，其裝機總發電量達 49,300MW，發氣電廠發電量占全國總發電量的 30% 以上，日本每年用於發電的液化天然氣量約占其進口量的 60%。

(四)、支持天然氣技術的創新開發

透過政府的資源，結合民間技術與資金，進行天然氣技術的研究與開發，尤其是天然氣的新應用是日本政府促進天然氣消費所採取的一項重要措施，對新技術給予低息貸款和稅收優惠，藉此帶動私營公司對天然氣技術研究的投入，例如研究開發天然氣汽車（與汽車製造廠合作）、燃料電池、廢熱利用、天然氣摩托車、天然氣燃燒技術、燃氣空調、天然氣洩漏自動報警系統、LNG 接收站建設、管道建設和維護等方面在世界上處於領先地位，促進了天然氣的擴大應用與消費，並利用盈餘進行新技術開發與應用。

2.3. Negishi (根岸)接收站

日本 LNG 接收站大都沿日本經濟城市而分佈，在日本沿岸均有，東京灣、大阪灣、伊勢灣、四國水道一帶較多，北海道、日本海沿岸較少。大部分 LNG 接收站有主幹管網連接，以東京瓦斯屬下的東京灣骨幹網為例，形成完整的環形、長 460 km，且與 300 km 外的新瀨、仙台等連在一起(管長 500 km)，管網總長超過 50000 km，除管網外，配套的為衛星站(包括內航船接收站)也不少，供氣可靠性很高。日本約半數的 LNG 接收站與發電廠相鄰而建，天然氣發電量占全國發電量的 30% 以上，燃氣發電適用法規為電氣事業法及高壓燃氣保安法的 LNG 接收站均配套有發電廠。

東京瓦斯為日本最大燃氣公司，主要運營的 LNG 接收站為根岸、袖浦、扇島 3 大接收站，其中：根岸為日本最早的 LNG 接收站，袖浦為日本最大的 LNG 接收站，扇島則是全地下罐的 LNG 接收站。3 大 LNG 接收站容量都很大，均位於東京灣、處於東京的週邊，通過管網互聯，繞經整個都市圈，並通過聯絡管道與遠方的仙台、新瀨等市的 LNG 接收站聯絡起來，東京灣天然氣分佈圖如圖 1 所示。LNG 接收站還通過槽船、槽車運送 LNG 至未連接骨幹網的 LNG 衛星站(含內航船 LNG 接收站)，如北海道地區的函館、八戶 LNG 站。

日本 LNG 接收站的建設，主要的核心工程由重工製造公司負責，

部分小工作可由燃氣公司自己完成。根岸接收站員工可負責日常運行、檢修維護，本身具有一定的運行檢修維護能力，並具備承擔簡單的建設和專案管理的能力，日本 311 地震後，燃氣發電用氣量激增，東京電力公司增加了 LNG 採購量，用氣量增加也大幅提高 Negishi 接收站的利用率，但 Negishi 接收站因運營時間較長，老化嚴重，故近期投資擴建，包括地下儲槽、港泊設施、氣化設施等，以提高產能利用率及維持設備妥善率。



圖 1 日本東京灣地區 LNG 接收站及管網分佈圖

Negishi 是日本於 1969 年建立最早的接收站，位於太平洋地區和東京灣，為東京電力公司和東京瓦斯公司合資建設的接收站，設計壽命為 50 年，然近幾年不斷擴建與設備更新，目前額定產能可達 1200 萬噸/年。LNG 儲罐容量為 $118 \times 10^4 \text{m}^3$ ，包括 6 個地上儲罐和 8 個地下儲罐。有 1 個碼頭，最大可接收船容為 $14.5 \times 10^4 \text{m}^3$ 。早期氣源來自美國阿拉斯加的 Kenai LNG 液化廠，目前主要長約氣源包括：馬來西亞、澳大利亞、卡

達、汶萊和俄羅斯等國。天然氣主要供東京瓦斯公司和東京電力公司的燃氣電廠用，並建有 LNG 衛星站提供槽車 LNG 業務。LNG 儲罐，部分為地上罐，部分為地下罐。大量採用地下罐是由於地震安全考慮，儲罐分類可為：地上罐、半地下(上)罐、嵌入式地下罐、全地下罐。嵌入式地下罐為頂部或少量罐體露出地面，罐內液體高度最高不超過地面；全地下罐為整個罐均處於地面下，地下罐的罐頂又分為拱頂形和平頂形二種。罐頂周圍種植草木，有綠化工力能，根岸接收站除有 LNG 罐外，還有部分 LPG 儲罐。

根岸接收站也設置 LNG 灌裝系統供 LNG 槽船及槽車裝載 LNG，在裝船能力，該接收站建有 4 個 DN400mm 的船用灌裝設備，其中 3 個為 LNG 液相臂，1 個為天然氣氣相臂；槽車 LNG 灌裝設施，共有五個灌裝槽，每套灌裝系統包含 1 支裝料臂，一支回氣臂，並配置一套 PLC 系統，並有監控系統觀看 LNG 情況，現場人員在旁監(槽車灌裝系統如圖 3 所示)，另控制盤設於附近獨立控制室，LNG 灌裝過程之所有資訊可在控制室之電腦呈現，槽車除 LNG 灌裝場裝載外，待灌裝槽車則停於附近之停車場等待，LNG 槽車進出頻繁，可見該 LNG 業務已經很成熟，灌裝之計量除有 LNG 流量計直接計量外，於槽車停泊位置有設一座地磅用於 LNG 槽車裝填量之計價基準。

該接收站也充分利用 LNG 冷能，包括冷能發電、空氣分離、製造

液化 CO₂ 和乾冰、深冷倉庫等，冷能利用率達到 40% 以上。冷能發電項目於 1985 年投產，功率為 4000kW，LNG 消耗量為 100t/h；空氣分離項目的生產能力達到液氮 7000 m³/h、液氧 3 050 m³/h、液氫 150 m³/h，LNG 用量為 8 t/h 各項冷能利用項目如圖 4 及圖 5 所示。

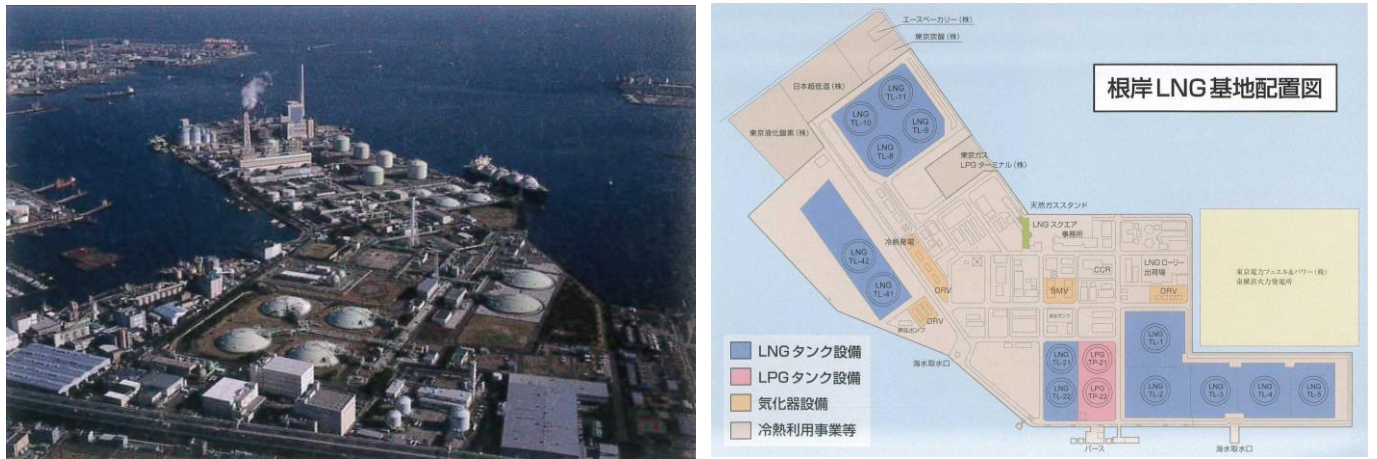


圖 2 根岸 LNG 接收站位置及基地配置圖

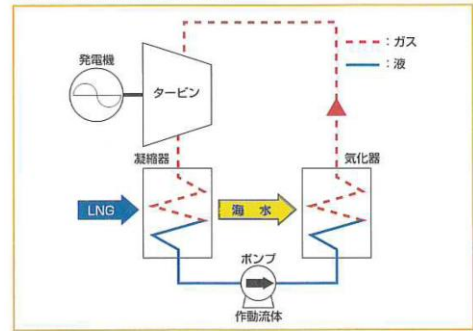


圖 3 Negishi 接收站內的 LNG 灌裝儲槽

冷熱発電設備(外観)



冷熱発電設備(模式図)



作動流体としてLNGの成分であるメタン・エタン等の混合媒体を利用する方式を採用しています。

圖 4 根岸接收站冷能發電系統



液体酸素・窒素製造設備



液体酸素



-60℃の超低温倉庫(冷凍マグロ)



ドライアイス製造

圖 5 根岸接收站其它冷能利用

2.4. 日本 LNG 衛星站應用現況

日本受限地形因素，相鄰地區有高山或丘陵阻隔，天然氣管線不易鋪設，為了滿足一些在偏遠而難以架設現有管路之地區的天然氣需求，例如東京地區尚有未架設天然氣管路的地點(圖 1)，因此 LNG 衛星站應用很廣，衛星站可以透過貨車、槽車、火車或槽船將 LNG 由接收站向衛星站供應。日本很早即有 LNG 衛星站之設置，其衛星站依規模分為二種，一為大型區域用戶 LNG 衛星站，由單一衛星站供應結周圍之用氣戶使用；另一為中小型單一用戶衛星站，由各用戶提供土地，LNG 僅供單一用戶使用，二者之供氣模式如所圖 6 示。

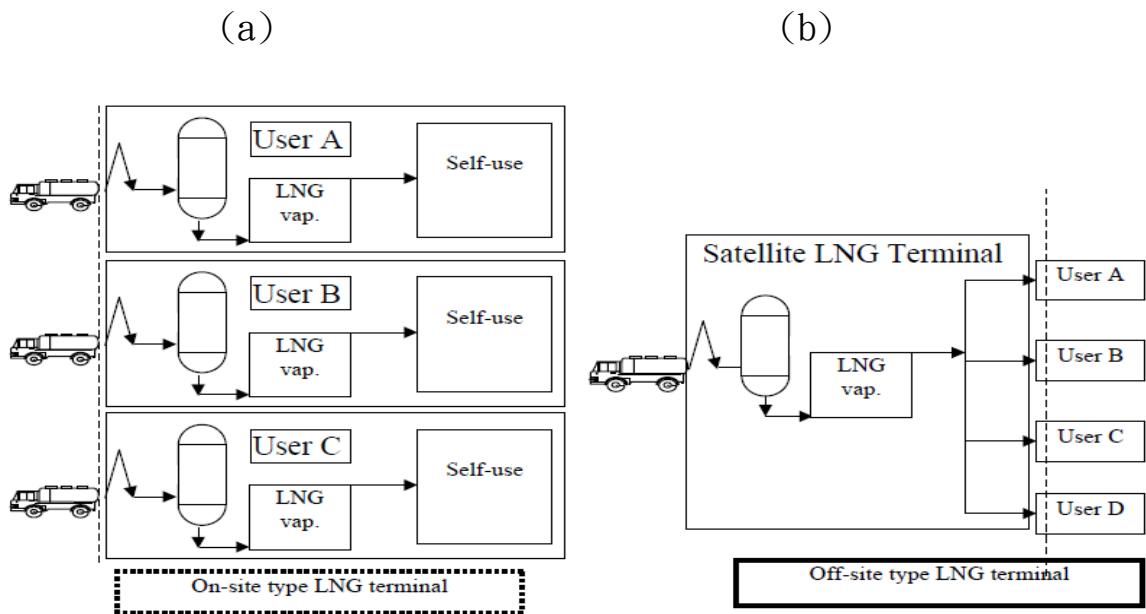


圖 6 (a) 中小型單一用戶；(b)大型區域用戶

東京瓦斯於 2006 年 4 月開始對茨城縣西部地區的 Sowa 衛星站進行首次試驗，該站是日本最新型 LNG 衛星站，東京瓦斯擁有衛星站的設備、當地管路的所有權，供氣給多個大型工業客戶，該衛星站的建置考量包括供應量、可靠性及成本等要求，衛星站的設備包含儲罐、氣化和加臭設施，氣化後的 LNG 透過區域管網直接供應天然氣給附近的客戶，此種方法能夠使東京區以外之區域的用戶，透過區域管路網絡來利用天然氣作為燃料。

該衛星站有以下特色：(1)採用搭載熱空氣產生器的大氣氣化器以減少空間的使用；(2)藉由減少 LNG 的裝卸時間，以提高 LNG 槽車的運輸效率；(3)東京瓦斯以 30 年的營運數據進行大數據分析。

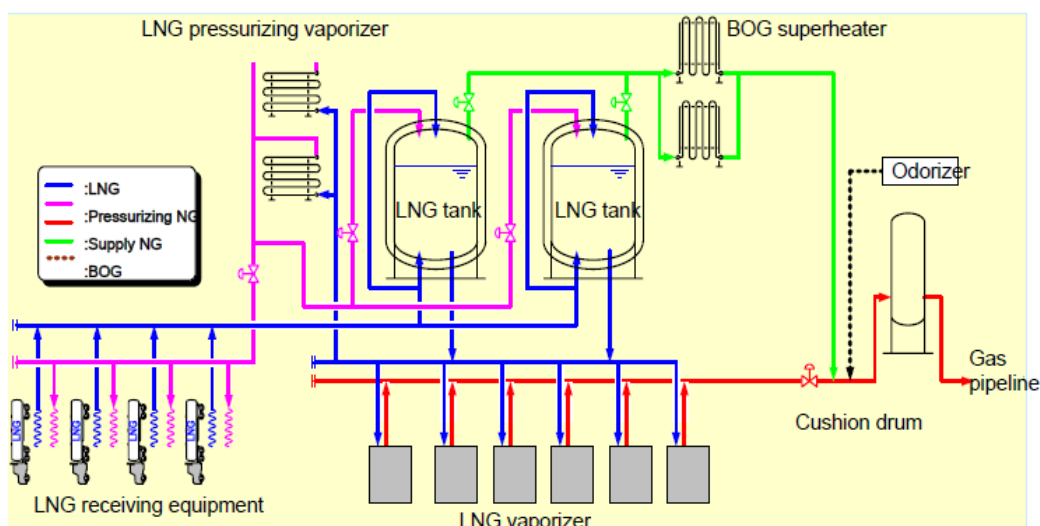


圖 7 Sowa 之 LNG 衛星終端站的技術流程概述。



圖 8 Sowa LNG 衛星站

Sowa 衛星站有 2 個 LNG 儲罐(圖 8)。一個是供應氣體 (高壓儲罐) 和另一個是用來接收氣體 (低壓儲罐)。透過 LNG 氣化後產生的壓力使氣體能夠進行交換，將來自加壓氣化器的加壓氣體引入 LNG 儲罐中，以保持更高的供應壓力，如此這個系統就不需要 LNG 泵。該系統因其極低功耗、低維護要求，且在發生停電時無需重啟泵而優於使用 LNG 泵的系統，該站每年要處理的液化天然氣量約為 4 萬噸 (為日本最大規模)，但由於該終端站是設置在工業區的一塊小區域，因此需透過採用各種方法，減少終端站操作所需的空間和成本，這些措施包括接收車道愈少愈好、增加從 LNG 接收終端到衛星終端的運行次數，以及使用採用不需要鍋爐的 HAV 而具有大的氣化氣體容量之 LNG 氣化器。

Sowa LNG 衛星站透過高階操作之自動化引進，降低管理所需的成本並確保終端的安全操作，該站只需有兩個人即可進行裝卸作業，以

減少所需的操作員數量為單人，許多現場之配備壓力表的閥門與其他終端站的卸載設備一致都是以手動方式操作。在衛星站，由於空間的限制和必須達到裝卸頻率的最高峰，裝卸設施與所用卡車之數量都需要達到最小化，利用高度自動化系統進行 LNG 裝卸、氣化、輸氣等一連串作業，像是用於裝卸管線的吹驅和冷卻，盡可能達到自動化最大化，從而大幅地縮短裝卸時間。以 DCS 分析氣體供應量的變化和簡化裝卸操作方式來啟動和停止每個氣化器，可減少操作上的錯誤。

一般而言，接收 LNG 需要 90 多分鐘，包括連接軟管和吹驅氣體等作業。Sowa 接收站，可將所需時間最多縮短到約 45 分鐘，包括：配載氣化器的貨車通常在裝卸過程中，LNG 會被引導到氣化器中，並且高壓氣體被引進貨車罐中以對 LNG 裝載線加壓。然而，隨著 LNG 的裝卸進行時，該方法將會降低壓力，因此難以縮短裝卸時間，透過不斷地將來自終端中的氣化器中的加壓氣體引入 LNG 來。一般 LNG 衛星站，常見的氣化 LNG 的方法包括使用自然通風氣化器，這種設備是利用環境熱量，因此操作成本很低，但由於霜凍會積聚在熱量交換的表面上，氣化器只可以一段有限的時間內連續運行，使得轉換氣化器變得至關重要。因此 Sowa 接收站也採用加熱式氣簾式氣化器 (HAV) 加速 LNG 氣化(圖 9)。

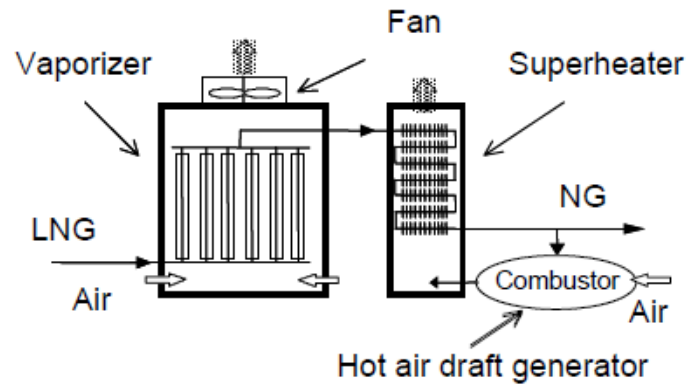


圖 9 加熱式氣緒式氣化器 (HAV)

2.5. 天然氣技術應用

(一)、 ENE-FARM 小型燃料電池(熱電系統)

日本為了推廣天然氣應用，在燃料電池市場上，積極推廣家用型熱電共生(Combined Heat and Power Generation)燃料電池系統，該系統以天然氣重組產生氫氣，再以 PEMFC 或是 SOFC 型態使用，系統除了產生電力供家庭使用外，過程中產生的廢熱會經由熱交換方式加熱家庭用水，整體系統之熱電總效率高達 90% 以上，本次參訪橫濱瓦斯展場，介紹一款由東京瓦斯所開發的小型燃氣燃料電池，這種小型的家用燃料電池熱電共生系統之產品，其功率約為 0.7 kW，稱之為 ENE-FARM(圖 10)。

日本由於電價貴，小型燃料電池發電及供熱具競爭優勢，由大電廠發電及送電時，部分產生熱能無法利用，且會造成電力輸送時的輸電損失，因此由一次能源的利用率僅 37%。然而，家用型燃料電池安裝在家裡，所以輸電損失為零，且餘熱能也可利用，能源利用率提高至 90%，並減少二氧化碳削量約 1.2 噸/年，亦可減少使用電力公司所提供的電力之故節省約 6 萬日圓的電費。

ENE-FARM 的市場面佈局透過廠商技術的提升與營運推廣，並藉由政府補貼政策來推動，截至 2017 年底累積銷售約 22 萬部，為目前燃料電池產業中出貨量最高之產品，然而為落實普及化，價格仍是最大的屏障。



圖 10 ENE-FARM 及其介紹

(二)、 智能瓦斯錶

東洋瓦斯公司開發展出二款智能瓦斯錶，其一為傳統型皮膜錶，另一為單聲道超音波錶，二款錶皆可偵測到地震或是用戶不正常的長時間使用瓦斯（超出平日的使用量時），會關閉輸送，避免因為瓦斯漏氣引起各種安全問題，微電腦瓦斯表符合 CNS14741 天然氣用微電腦膜式計量氣標準規範，該錶具有(1) 安全遮斷功能：包括超過最大流量安全遮斷、超時使用安全遮斷、5 級（250gal）以上地震遮斷、供給壓力過高(低)遮斷、遮斷後復歸之安全確認，以及可連接之燃氣洩漏警報器等連動等功能。若因任何異常狀態而遮斷瓦斯時，在排除異常狀態後，可使用復歸按鈕，恢復正常使用。(2) 安全監測及警示功能：包括開閥後壓力檢測、關閉閥後流量偵測、電池電量不足及外部干擾等警示功能，然此二款智能錶用戶每月要額外負擔 40-100 元，價格仍是推廣使用一大問題。



圖 11 (a) 智能皮膜錶；(b)智能超音波錶

參、 具體成效、心得及建議事項

日本受限地形因素，相鄰地區有高山或丘陵阻隔，天然氣管線不易鋪設，因此很早即利用 LNG 衛星站推廣天然氣應用。為提供國內偏鄉及天然氣管線尚未到達之工業區燃料需求，有選擇使用天然氣之機會，利用此次參訪東京瓦斯 Negishi(根岸)LNG 接收站、了解其 LNG 應用技術及衛星站使用現況，蒐集及整理日本地區相關資料供國內未來發展 LNG 衛星站之規畫參考。

天然氣管線未到達地區，利用 LNG 衛星站推廣天然氣應用，其衛星站依規模分為二種，一為大型區域用戶 LNG 衛星站，由單一衛星站供應給周圍之用氣戶使用，適合偏鄉地區設置給鄰近之家庭及商業用戶使用天然氣；另一為中小型單一用戶衛星站，由各用戶提供土地，LNG 僅供單一用戶使用，適合工業用戶或獨立之飯店旅社等使用。

台灣中油公司為服務國內偏鄉及天然氣管線尚未到達之工業區燃料需求，規劃於台中液化天然氣廠設置 LNG 灌裝設施，建議相關業者配合 LNG 灌裝設施完工時程並參考日本 LNG 衛星站營運案例，規劃設置 LNG 衛星站以擴大天然氣使用。

肆、 參考文獻

1. 日本大量利用液化天然氣發電， 國際電力， 1997(2)46-50。
2. Tokyo gas co. Ltd. Tokyo gas Negishi Terminal 介紹資料
3. 美國頁岩氣成日本天然氣供應新選擇， 環球新聞報導。
4. The construction of Japan's first LNG Satellite terminal for large industrial customers, Atsuhiko Hattori et al., Tokyo Gas Engineering Co., Ltd. Report。