

出國報告(出國類別：考察)

參訪日本大阪瓦斯公司瞭解其瓦斯相關創新應用及市場未來發展 方向交流報告書

服務機關：台灣中油公司液化石油氣事業部

姓名職稱：張俊雄 經理

翁宗坤 管理師

派赴國家：日本

出國期間：106 年 11 月 13 日至 106 年 11 月 17 日

報告日期：106 年 12 月 7 日

摘要

國內民生燃料物質各個單位熱值售價與用途皆有不同，在同是氣體燃料類方面，液化石油氣受到天然氣取代甚多，工業氣及家庭氣銷量逐漸下降，且隨著氣候暖化及變遷異常，節能減碳與綠色環保議題衍生多元性替代能源的尋找與使用，因此如何鞏固既有市場、開拓銷售其他能源及訂定新營運策略，當屬刻不容緩之課題。

為借鏡鄰近先進國家的經驗而選擇與我們有長久合作、關係良好的日本大阪瓦斯－全國第二大城市燃氣銷售約 87 億立方米，佔 25%，集團天然氣管線總長度達到 62,200 公里(大阪瓦斯 61,700 公里)，其在 LPG 熱值摻配技術與應用、冷能利用、輸儲設備、燃料電池等皆值得我們仿效，在未來的發展、市場策略、能源價格的預估也值得我們參考，盼藉由此次參訪交流，提供本事業部未來營運規劃，採購儲存調度、銷售策略之參考，以提升 LPG 市場的競爭力。

目 次

壹、目的.....	3
貳、過程.....	4
參、具體成效.....	5
肆、心得與建議.....	16

壹、目的：

- (一) 此次出國計畫參訪日本大阪瓦斯公司、大阪瓦斯公司泉北接收站、大阪瓦斯工程公司(OGE)，藉此訪談交流及現場觀摩，學習其在瓦斯方面之相關技術與應用。
- (二) 對其瓦斯相關技術與運用、儲槽設備、規劃設計等進行交流，從中獲取一些經驗值，做為事業部未來整體營運規劃參考，同時做為國內未來評估引進銷售燃料電池之參考，以期透過增加 LPG 應用而提升國內 LPG 銷量。
- (三) 台灣目前正積極推動綠色能源，但因台電之電輸供應為集中式電網，致使局部電域故障即有可能造成全面性大停電問題，反觀日本亦積極推動再生能源，包括燃料電池等新技術，應用於區域型社區，屬分散性小型電網，可有效分散風險，降低集中式電網供電之長途輸電損耗，提升發電效能及更有效節約能源；藉由瞭解目前日本燃料電池等新技術之發展與經驗，將交流後所獲得之資訊分享至平台供相關業界參考運用。

貳、過程

起迄日期	天數	到達地點	詳細工作內容
106.11.13	1	台北->大阪	啟程前往大阪
106.11.14	1	大阪	參訪大阪瓦斯公司 LPG 瞭解其瓦斯相關創新應用及未來發展
106.11.15	1	大阪	參訪大阪瓦斯公司泉北接收站(OGC Senboku Terminal)。
106.11.16	1	大阪	拜會大阪瓦斯工程公司(OGE)及交流研討。
106.11.17	1	大阪->台北	返程回到台北

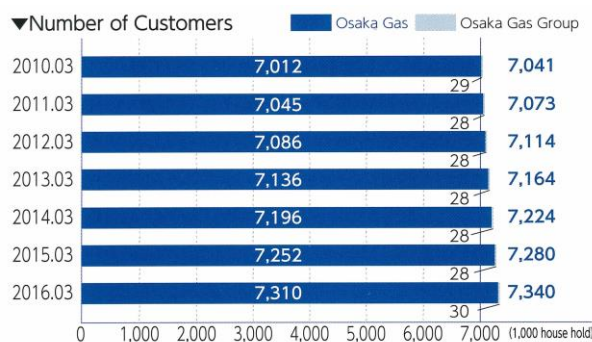
備註:

- 1.本次出國參訪行程為 106 年 11 月 13 日至 106 年 11 月 17 日，共計 5 天。
- 2.本次拜會大阪瓦斯公司(OGC)、大阪瓦斯公司泉北接收站、大阪瓦斯工程公司(OGE)相關人員如下:
西本和浩 KAZUHIRO NISHIMOTO : SENIOR LNG TRADING MANAGER (OGC)
杉山雄祐:泉北製造所(OGC Senboku Terminal)
仲井祐太:泉北製造所(OGC Senboku Terminal)
松下俊介 SHUNSUKE MATSUSHITA : SENIOR ENGINEER (OGE)
松村公政 KOSEI MATSUMURA : POWER GENERATION BUSINESS UNIT(發電事業部)

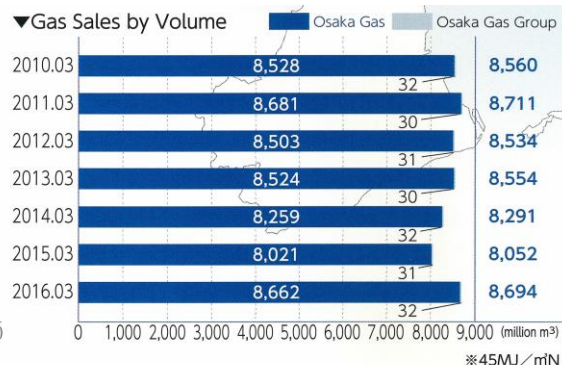
參、具體成效

大阪瓦斯成立於 1897 年，於 1905 年開始營運，為日本中部關西地區提供 7.31 百萬戶，目前有 3 個 LNG 接收站，包含泉北(Senboku)第一接收站、泉北第二接收站與姬路(Himeji)接收站，天然氣進口量已達約為 892 萬噸。

服務客數



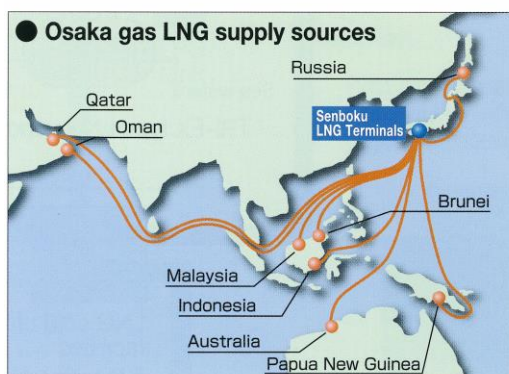
銷售體積量



LNG 來自多國

LNG supply sources

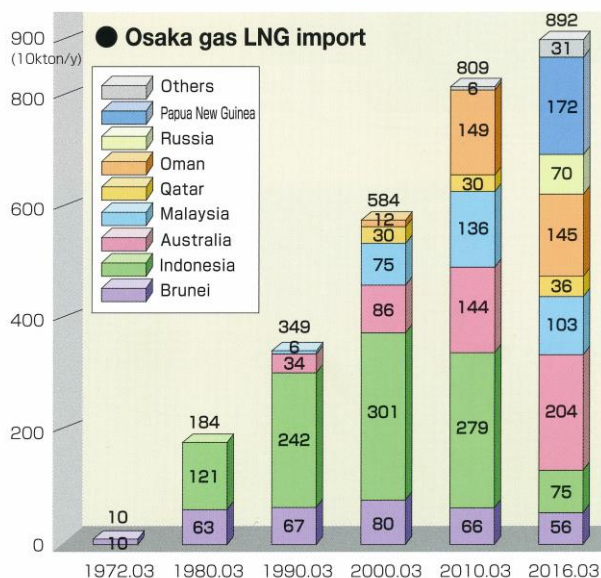
Osaka gas ensures a stable supply with long-term contracts with producing countries.



Energy resource reserves

	Natural gas	Petroleum	Coal
Confirmed reserves	6,610 tcf (187 trillion m³)	1.7 trillion bbl (270.3 billion kℓ)	891.5 billion tons
Ratio of reserves to production	54.1 years	52.5 years	110.0 years

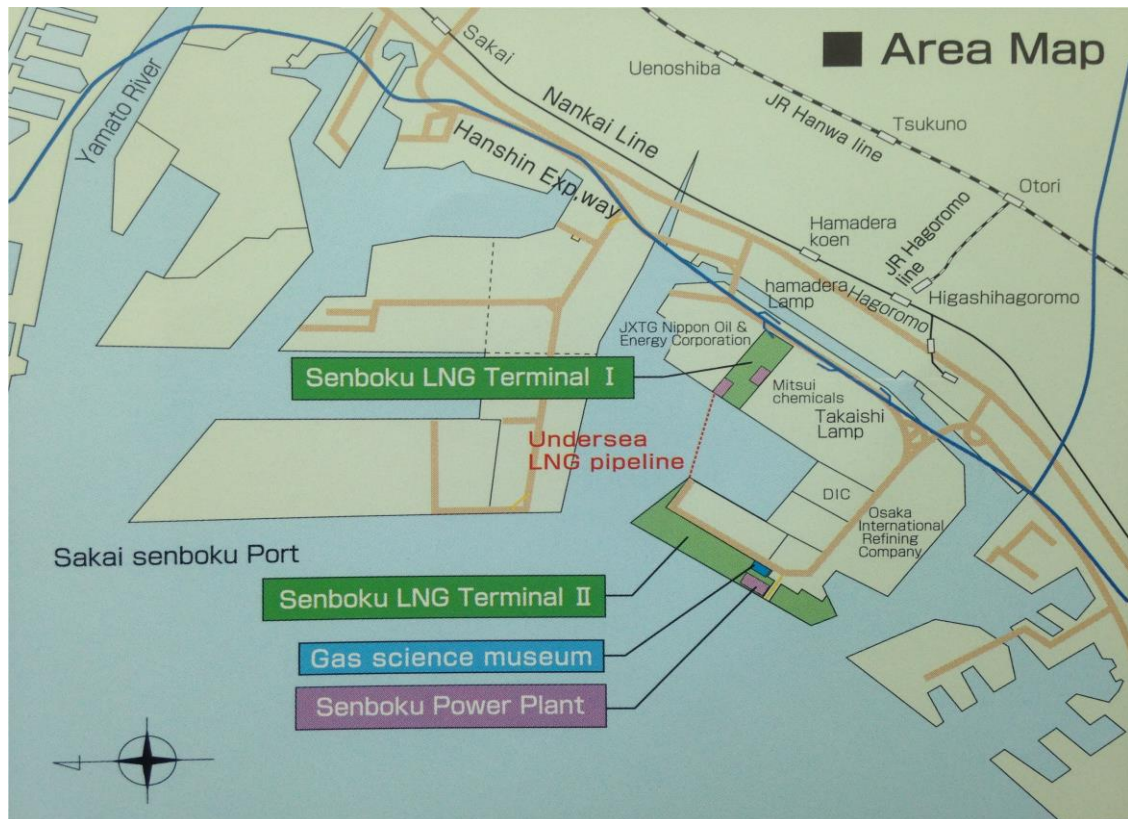
[BP Statistical Review of World Energy June 2015]



註:1.LNG 來源有:巴布亞新幾內亞、蘇俄、阿曼、卡達、馬來西亞、澳洲、印尼、汶萊及其他國。

2.分散來源、降低風險，穩定供應國內市場。

大阪泉北製造所一廠及二廠的地理位置

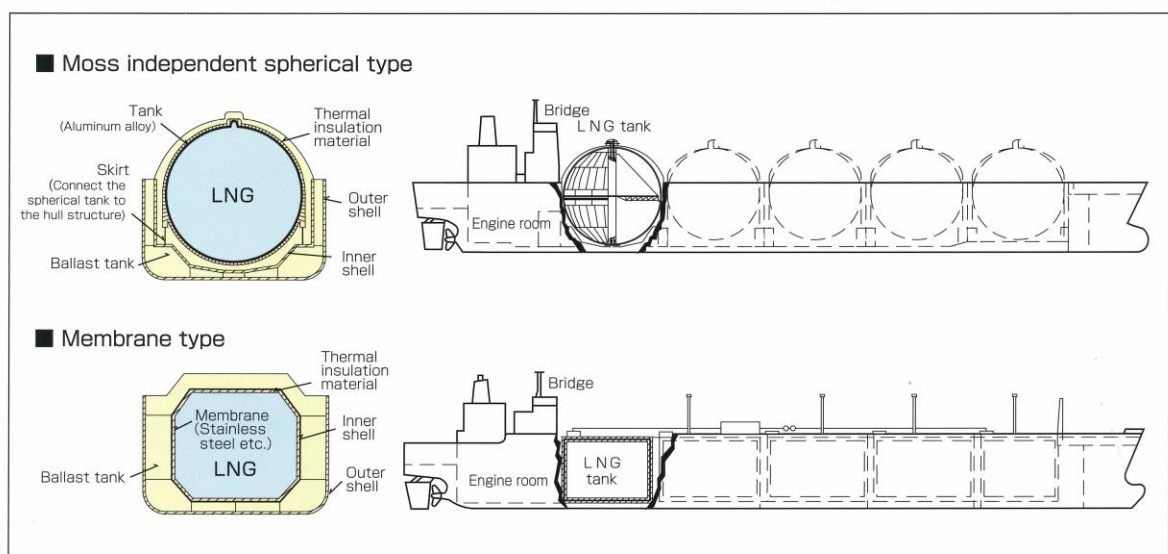


註:有海底 LNG 管線互相支援。

一、安全可靠的 LNG 船運儲槽：

Safe and reliable shipment of LNG

LNG tanker ensure the safe and reliable transportation of LNG. The ship' s hulls have a double-wall structure and their tanks are made of metals highly resistant to cryogenic temperatures. Every care is taken during the voyage to ensure the safe transpotation of LNG.

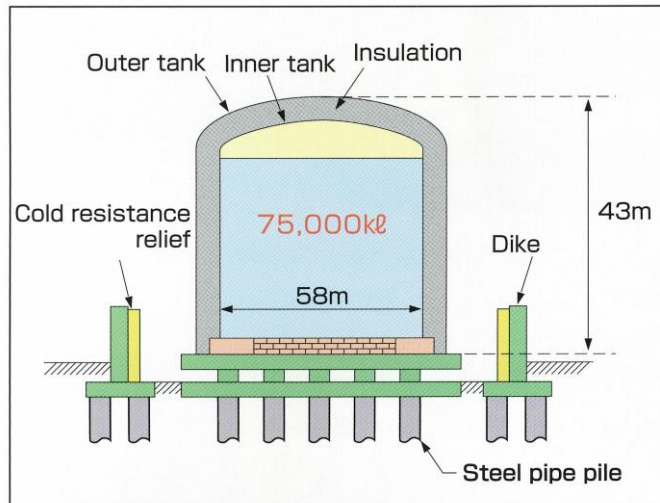


二、大阪瓦斯泉北廠更高安全性的儲槽設計：

(一) 二重壁金屬儲槽：

- ✧ 550 根直徑 60 公分鋼管深入地下 30 公尺當基礎。
- ✧ 特殊鋼-高抗低溫的鋼內牆。
- ✧ 二重壁間填塞保冷材及氮氣的氣封。

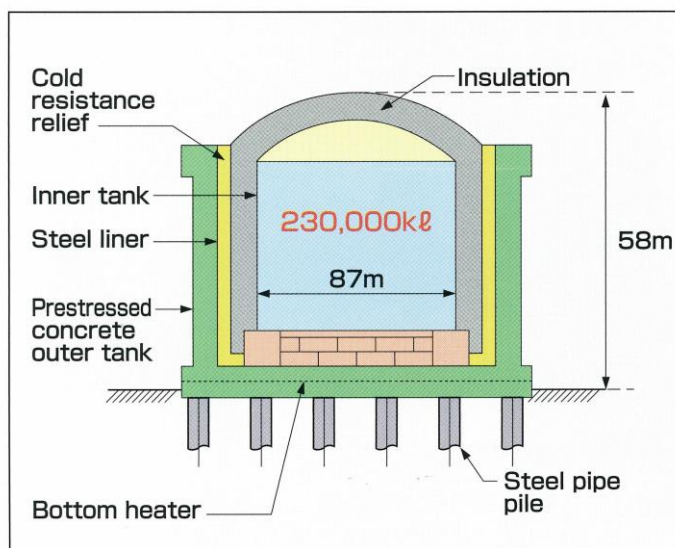
Structure of Double-walled metal tank



(二) PC-LNG 儲槽：

- ✧ 更安全的預力混凝土(PC)防液堤設計。
- ✧ 不需堤防(Dike)，有更高防液堤的保護，土地能更有效的利用。
- ✧ 預力混凝土(PC)防液堤與內槽建在同一基礎上，全包覆儲槽是較經濟的。

Structure of Full containment LNG tank



大阪瓦斯泉北廠 LNG 儲槽的數量與儲量：

Terminal	Unit	Capacity(萬公秉)
Senboku 1	1	23(註 1)
Senboku 1	2	4.5(註 2)
Senboku 2	1	18
Senboku 2	2	14
Senboku 2	15	7.5
總共	21	190.5

註 1:104 年 12 月 1 日發表完成世界上最大儲槽建設。

註 2:僅一個 in ground 的儲槽 4.5 萬公秉，廠內認為地上式儲槽維修較容易，故其餘 20 個儲槽皆是地上式儲槽。

三、大阪瓦斯泉北一、二廠的特性：

泉北一廠	泉北二廠
1. (2016)進口約 143 萬噸/年	1. (2016)進口約 455 萬噸/年
2. 佔整公司供應城市瓦斯量 16%	2. 佔整公司供應城市瓦斯量 51%
3. 電廠(277,500KW × 2)	3. 電廠(277,000KW × 2)
4.LNG 液灌車	4.LNG 冷能利用設備：
5.LNG 冷能利用設備：	✧ 1,450KW、6,000KW 冷能發電 ✧ Boil-off gas 再冷凝(註) ✧ 空氣液化工廠(液氧、液氮、液氫)
✧ 2400KW 天然氣膨脹發電 ✧ 空氣液化工廠(液氧、液氮、液氫) ✧ 膨脹 CO2 液化及乾冰工廠 ✧ 冷粉碎系統 ✧ 高純度甲烷工廠 ✧ 供應冷能給鄰近公司	註：儲槽 BOG 主要以壓縮機泵入再冷凝器回收，利用 LNG 吸收 BOG 之熱量使 BOG 再液化，且其控制壓縮機負載與台數，亦可穩定槽壓。

四、大阪瓦斯冷能利用：

LNG 冷能利用	溫度範圍(℃)	LNG 使用量(ton/hr)	使用率
冷能發電	-120 ~ -40	1100	30%
氣體分離與液化	-150	300	36%
二氧化碳液化	-55	20	50%
BOG 回收	-120	100	100%
冷凍倉儲	-60 ~ -20	10	0%

大阪瓦斯泉北一、二廠冷能發電設備

Terminal	Unit	Capacity(kw)	type	LNG usage
Senboku 1	1	2400	DE	83 ton/h
Senboku 2	1	1450	Rankine	60 ton/h
Senboku 2	1	6000	Rankine+DE	150 ton/h

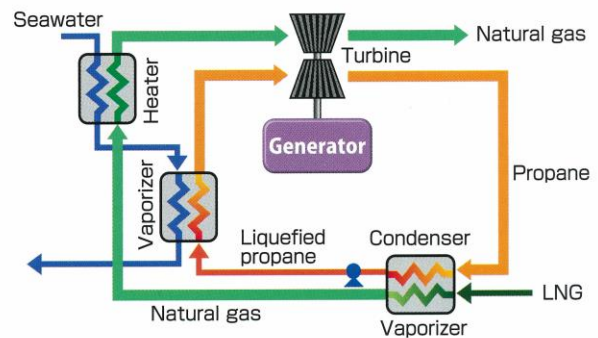
其冷能發電：主要可分為三種形式(1)Rankine cycle system(2)Direct expansion turbine system(DE) (3)Rankine & DE combined system。

泉北二廠冷能發電設備圖

Cryogenic power generator



- Generator 1(1,450kW) installed in 1979
- Generator 2(6,000kW) installed in 1982



	Generator 1	Generator 2
Power output	1,450 kW	6,000 kW
Power generation system	Rankine system	Rankine system Direct-expansion system
LNG amount used	60 t/h	150 t/h
Seawater amount used	3,000 t/h	6,000 t/h

氣體工廠：

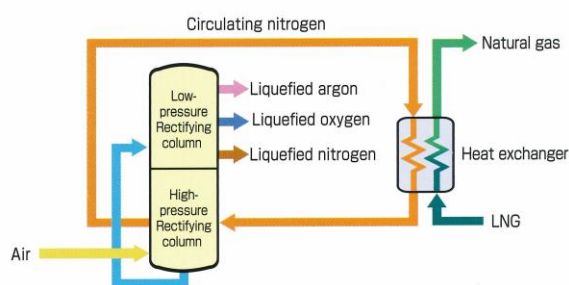
利用 LNG 冷能將空氣液化與再分離，生產液氮、液氧、液氬

	液氧/液氮/液氬(NM ³ /h)	氧氣/氮氣	LNG 使用
Plant NO.1(Senboku 2)	7500/7500/200	— / —	40t/h
Plant NO.2(Senboku 1)	6500/15000/440	4000 / —	50t/h

Air liquefaction facilities



Air liquefaction flowchart



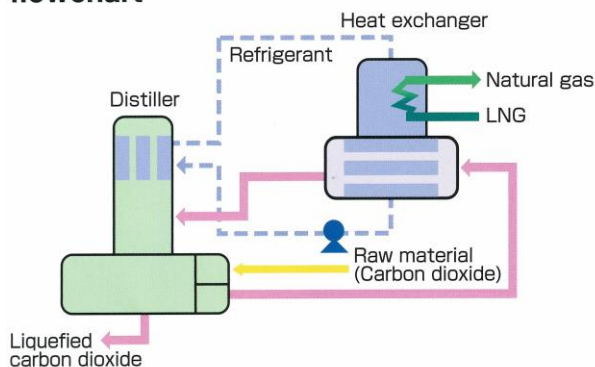
- COLD AIR PRODUCTS Co.,Ltd. was established in 1975.
 - CRYO AIR Co.,Ltd. was established in 1991.
- Power cost: Saving of 50%
Amount of cooling water: Saving of over 70%

	COLD AIR PRODUCTS Co.,Ltd.	CRYO AIR Co.,Ltd.
Liquefied oxygen	7,500Nm ³ /h	6,500Nm ³ /h
Liquefied nitrogen	7,500Nm ³ /h	15,000Nm ³ /h
Liquefied argon	200Nm ³ /h	440Nm ³ /h
Gaseous oxygen	—	4,000Nm ³ /h
Start of operation	1983	1993

二氧化碳液化工廠：主要生產液態與固態二氧化碳

Liquefied carbon dioxide manufacturing facilities

Liquefied carbon dioxide manufacturing flowchart

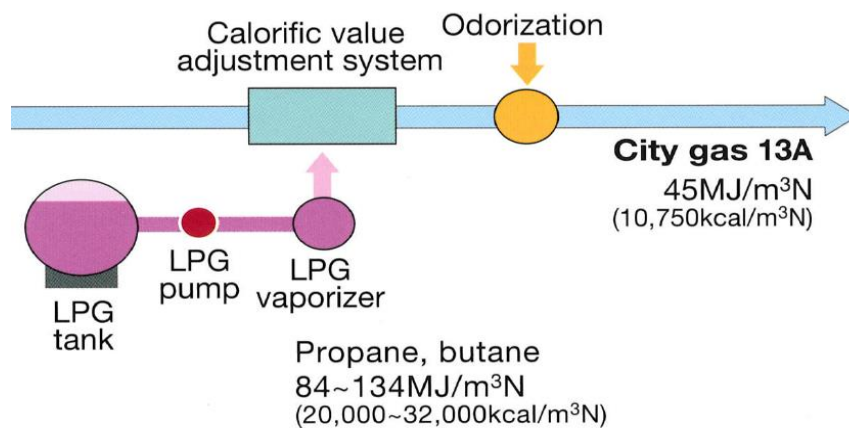


- Unit 1 started operations (Production capacity:125 ton/day) 1980
- Unit 2 started operations (Production capacity:110 ton/day) 2004

五、LPG 在 LNG 廠的運用：

1. 以丙烷當冷能發電的冷媒，一次性充填，損失量少，故補充甚少。
2. 現場觀摩時，現場人員介紹以蒸汽加熱液態 LPG 並與儲槽 BOG 混合系統，利用後饋比例控制 LPG 與 BOG 流量，混合器內蒸氣冷凝後以液位控制排出，此系統之 LPG 用量較少。
3. 配氣站前之熱值調整系統，如下圖所示：

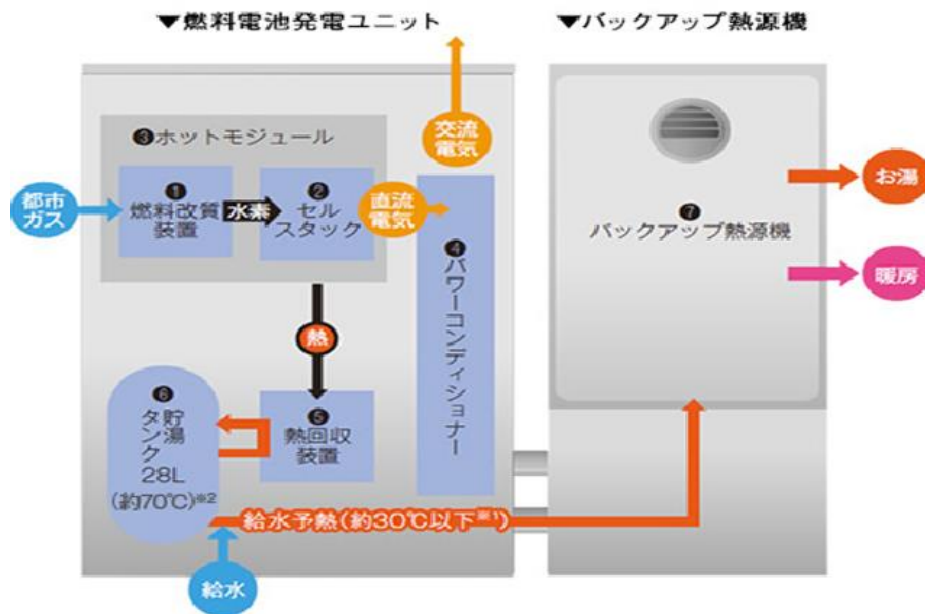
廠內現場人員表示其進口的 L.N.G 熱值範圍約在 $43\sim 46\text{MJ}/\text{m}^3\text{N}$ ，經過熱值調整系統後，其供應城市使用的 NG 熱值為 $45\text{MJ}/\text{m}^3\text{N}$ ($10,750\text{kcal}/\text{m}^3\text{N}$)，此系統中的 LPG 使用量較多，為 LPG 在 LNG 廠的主要運用。



Calorific value adjustment system

六、燃料電池：

燃料電池發電流程簡圖：



- (1)燃料改質装置:使用瓦斯(LPG、NG)作為燃料並從中轉換取出氫氣(水素)。
- (2)電池組:氫氣與空氣中的氧作用，產生直流電。
- (3)加熱模組:用絕熱材料包覆高溫(700~750℃)保溫。
- (4)變流器:將直流電轉換為交流電。
- (5)熱回收裝置:回收從模組排出的高溫廢熱，加溫熱水。
- (6)儲存的熱水槽。
- (7)備用的熱源機。

大阪瓦斯家庭用燃料電池系統發展情況:

家庭用燃料電池系統是一種高能源效率的系統，使用家裡的城市燃氣(LPG 或 NG)來產生電力和熱量。日本在家用定置型燃料電池熱電共生系統的開發，已於 2003 至 2008 年期間由新能源財團 (New Energy Foundation, NEF) 推動「定置型燃料電池大規模實證事業」計畫，經費主要補助日本國內 17 家燃料電池供應業者 (新日本石油、東京瓦斯、大阪瓦斯、Japan Energy、西部瓦斯、東邦瓦斯等)，協助推廣安裝定置型熱電共生 (Combined Heat and Power, CHP) 系統。此 0.7~1.2kW 家用 CHP 系統主要是由 5 家燃料電池製造商供應，包括：ENEOS (新日本石油與三洋電機合資)、荏原製作所 (Ebara Ballard)、東芝燃料電池系統 (Toshiba FCP)、松下電器 (Matsushita) 與豐田汽車 (Toyota Motor) 等。2003 年，開始銷售家庭用燃料電池系統 “EcoWill”，並於 2009 年開始銷售燃料電池熱電聯產系統 “Ene

Farm”。2016 年 4 月，發布了新產品“Ene Farm-Type S 型”，使得經濟和環境友好性更進一步提高。目前許多客戶都採用“Ene Farm-Type S 型”，2016 年 12 月累積銷售約 7 萬台。另外，這些示範系統經多年的長時間運轉之後，證明並無任何意外事故的發生，因此在安全性與可靠度上可說已通過市場考驗。

Ene Farm-Type S 的特性

世界最高の発電効率^{※1}。世界最小サイズ^{※2}。

マイホーム発電
次世代エネファーム type S

未来は、
こちらです。
次世代エネファーム。

ENE FARM 累計 7 万台突破！

※販売開始以降の大阪ガス受注ベースでの総台数

ENE FARM type S

平成 28 年度
省エネ大賞
(家庭・ビジネス用モデル)
主催：一般財団法人エネルギーセンター

- ✧ 世界上最好的 52% 的發電效率(*註 1)
- ✧ 世界上最小的設備尺寸(*註 2)
- ✧ 日本第一次剩餘電力購買開始(*註 3)
- ✧ 通過物聯網提供安全，舒適的增值服務(*註 4)

*註 1. 額定輸出功率為 1kW 以下的國內燃料電池的世界最高發電效率 52%（截至 2016 年 2 月 24 日大阪燃氣調查）

*註 2. 家用固體氧化物燃料電池的世界最小尺寸（包括廢熱利用系統）（截至 2016 年 2 月 24 日的大阪燃氣調查）

*註 3. 日本第一個通過電力系統購買家庭燃料電池發電的項目（截至 2016 年 2 月 24 日，大阪燃氣調查）。剩餘購電的目標是使用新產品的客戶（192-AS05 型，192-AS06 型），並與其簽訂了燃氣使用合約。

*註 4. 可與顧客的無線 LAN 網路連接互聯網環境，提供節能、煤氣設備遠程操作監視服務。

✧ Enefarm S 型和 Enefarm 差異性的比較:

	Enefarm S	Enefarm
操作溫度	約 700~750℃	約 60~80℃
電池種類	固體氧化物型(SOFC)	固體高分子型(PEFC)
電解質	陶瓷(氧化鋯)	高分子膜
觸媒	非貴重金屬 Perovskites	白金 Pt
燃料	H ₂ 、CO	H ₂
啟動時間	長(連續運轉)	短(每日開關機)
發電效率	52%	39%

SOFC: Solid Oxide Fuel Cell 固態氧化物燃料電池,由大阪瓦斯、TOYOTA 電動車、AISIN 及 KYOCERA 共同技術開發。

PEFC: Proton-Exchange Membrane Fuel Cell 質子交換膜燃料電池。

- ✧ 目前新客戶都使用 Enefarm S 型：由於其發電的熱量也可使用，故能源利用率約達 87 %，依每 700Wh 發電與傳統熱能電力比較：CO₂ 排放削減 52%、一次能源消耗削減 40%。

雙重發電:

將“天然農場”，“生態”與自然能源的太陽能發電系統相結合的“雙發電”，它可以實現環保和經濟優越的最佳組合，在晴天白天，電力由太陽能發電和 E 型自主運行 S 型供電，陰雨天和夜間，使用 Enefarm S 型自持式運行的電力，雙重發電，即使在停電時也可以更穩定地使用電源。

*太陽能發電（獨自維持運行）和農場類型 S（獨自維持運行）分別需要獨立的專用電路。

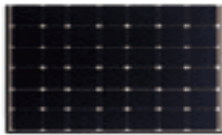


三電池發電：

將“Ene Farm-Type S、E”、自然能源的太陽能發電系統及蓄電池相結合的“3電池發電”，現有銷售產品(PCS 集成型)實現業界最小的安裝空間。

Ene Farm 利用天然氣中的氫氣產生的電力被用作家庭照明和電器產品的電力，未用盡的電儲存在蓄電池中，在發電不足時使用，另外用 Ene 農場發電時產生的熱能來燒開熱水，熱能不浪費使用，而在充足陽光的白天則能產生多餘的電力，可以更經濟地銷售予電力公司。

太陽電池



燃料電池

(エネファームtype S)



スマートエネルギーハウス

蓄電池



推展增加：

日本政府為達成 2050 年溫室氣體減半的目標，規劃推動 21 項新能源科技，其中包括：燃料電池汽車、定置型燃料電池及氫氣生產／儲存／運送等 3 項技術。為了達到節能減碳目的，日本在家用定置型燃料電池熱電共生（Combined Heat and Power, CHP）系統的投入開發特別積極，此 CHP 系統已於 2009 年進入商業化運轉階段。為了激勵初期國內的住宅使用燃料電池熱電共生系統，日本政府於 2009 年 4 月開始實施「ENE-FARM」補助計畫，每台上限補助金額為 140 萬日元。日本政府「ENE-FARM」推展計畫的裝置量目標，到 2030 年，其國內「家用定置型燃料電池熱電共生(CHP)系統」的累計裝置量將達到 530 萬台（相當於 5.3M 瓩），約等同 4 座核能發電廠的發電量。

肆、心得與建議事項

1. 此次參訪大阪瓦斯公司了解到其進口多國高低熱質的液化天然氣，在廠內就可液對液的調配熱質，也可將儲槽揮發的 BOG 與 LPG 液體加熱後的氣體混合，另配氣站前也可將 LPG 氣體對 NG 氣體進行調配，多重且安全的調配程序可確認輸出的 NG 熱值都能符合規範。
2. 能源的物盡其用:其冷能利用如冷能發電、空氣廠中液氧、液氮、液氫、液 CO₂、BOG 回收、廠內冷凍倉儲及附近工廠的需求等，目前配合節能減碳發展最新型的熱電共生 Ene Farm-Type S 的燃料電池，能源利用率達 87%，配合政府的法令及輔助，正積極擴展中，至西元 2030 年將達目標 530 萬台，約等同 4 座核能發電廠的發電量，對於目前用電窘困的國內，深值我們借鏡參考。
3. 對於下游偏僻地點亦設有衛星站，有小型冷凍槽經氣化配給邊遠地區之客戶據點，宛如配氣站，輸運則由冷凍槽車(lorry) 負責，對於台灣推廣乾淨能源非常值得效法，而不僅僅是將配氣站建在主幹管線到達之處，若能推展得宜，亦可造福台灣東部或離島地區。
4. 其一廠、二廠有海底 LNG 管線可連接，互相支援，很多設備的規劃都有互相支援的規劃，如其衛星配氣站、社區電網…等，也許與其地震頻繁、海嘯等天然災害有關，此種規劃將有利於促使其在災後能迅速恢復正常運作，頗值得我國借鏡。
5. 大阪瓦斯現場輪班用人精簡，以泉北二廠為例，控制室除外，現場巡視每班僅 2 人，四班 8 人輪流，現場工作環境之標示及動線清楚，規劃用心，廠區附設有科學館，接待來賓事先通報，從大門守衛到公關接待小姐皆彬彬有禮、引導有序。
6. 此次參訪承蒙 LNG 事業部購運室中長約採購策略組林宏聲先生的聯繫與協助，深覺大阪瓦斯公司有許多 know-how、技術值得學習，希望公司未來若規劃相關訓練，能擴及基層操作同仁，可安排至大阪瓦斯公司現場學習。