

出國報告（出國類別：其它）

赴日本拜會日本東京瓦斯公司及大阪瓦斯公司，商討地上式 LNG 儲槽及管線維修保養制度、地上式 LNG 儲槽設置電梯可行性、LNG 儲槽延壽及熱值摻配暨冷能發電等相關事宜

服務機關：台灣中油公司

姓名職稱：陳傑源 天然氣事業部執行長

姓名職稱：賴顯偉 永安廠廠長

姓名職稱：陳進興 台中廠廠長

派赴國家：日本

出國期間：98 年 8 月 25 日至 8 月 29 日

報告日期：98 年 10 月 22 日

摘要

台中液化天然氣廠自 98.7.13 開始營運，因台中液化天然氣廠的 LNG 儲槽是地上式，而永安廠儲槽屬地下式，兩者構造有別，操作管理亦稍為不同，無法直接引用永安廠之操作模式。為建立建立地上式 LNG 儲槽之未來營運管理及設備之維修保養檢查等事宜，本次赴日本東京瓦斯公司及大阪瓦斯公司參觀之主要目的，即為參考大阪瓦斯公司多年地上式儲槽豐富的設計與營運操作經驗，做為未來台中廠的營運操作指引。

永安廠第一期計畫所興建之 3 座 10 萬公秉儲槽將於民國 104 年面臨原設計 25 年耐用年限的問題。若依法令要求需進行開放檢查(為期約需二年)，則永安廠於民國 105 年以後，將面臨嚴重的營運考驗。故應儘早推動一期儲槽延壽計畫，取得主管機關的認可核發合格證，才能持續順利營運。日本東京瓦斯公司之地下式 LNG 儲槽運作已逾 30 年，政府與業者已發展出一套完善之法規制度，截至目前仍然安全有效率的運作中，如何將此套系統標準引進台灣，將是未來重點工作。

本公司從市場購買之部分現貨液化天然氣、卡達進口天然氣及復辦之 F 構造計劃均屬低熱值天然氣，而目前印尼及馬來西亞合約係高熱值天然氣，為配合市場穩定熱值需求，應研擬適宜方案，故需實際參考國外既有熱值摻配調整設施，並與 TGE 及 OGE 研習熱值摻配與收集相關資料，以做為將來規劃設計參考依據。

目錄

	頁次
壹、 參訪目的-----	3
貳、 參訪過程-----	4
一、 行程-----	4
二、 地上式 LNG 儲槽及管線維修保養制度-----	4
三、 地上式 LNG 儲槽設置電梯可行性-----	5
四、 LNG 儲槽延壽-----	6
五、 熱值摻配-----	7
六、 冷能發電-----	9
七、 LNG 槽車儲運作業-----	17
八、 側壁加熱管汰舊換新-----	18
參、 研習心得與建議-----	19
肆、 附錄-----	22

壹、 參訪目的

日本東京瓦斯公司在地下式 LNG 儲槽及冷能利用之發展皆屬頂尖先進公司，因日本民族的特性較適，積極投入能源科技應用研發，LNG 冷能利用發展就是一例，造就其在此方面有較亮眼之成績。具體成績例如世界上第一座地下式 LNG 儲槽以及最大容量 LNG 儲槽(全地下式 20 萬 m³)皆由東京瓦斯公司所締造，另外全球發電效率最高之冷能發電工廠亦建於東京瓦斯公司 NEGISHI 接收站(MF Rankine 型)。

永安廠第一期計畫所興建之 3 座 10 萬公秉儲槽將於民國 104 年面臨原設計 25 年耐用年限的問題。若依法令要求需進行開放檢查(為期約需二年)，則永安廠於民國 105 年以後，將面臨嚴重的營運考驗。故應儘早推動一期儲槽延壽計畫，取得主管機關的認可核發合格證，才能持續順利營運。日本東京瓦斯公司之地下式 LNG 儲槽運作已逾 30 年，政府與業者已發展出一套完善之法規制度，截至目前仍然安全有效率的運作中，如何將此套系統標準引進台灣，將是未來重點工作。

本公司從市場購買之部分現貨液化天然氣、卡達進口天然氣及復辦之 F 構造計劃均屬低熱值天然氣，而目前印尼及馬來西亞合約係高熱值天然氣，為配合市場穩定熱值需求，應研擬適宜方案，故需實際參考國外既有熱值摻配調整設施，並與 TGE 及 OGE 研習熱值摻配與收集相關資料，以作為將來規劃設計參考依據，此即本次出訪之另一目的。

台中液化天然氣廠自 98.7.13 開始營運，因台中液化天然氣廠的 LNG 儲槽是地上式，而永安廠儲槽屬地下式，兩者構造有別，操作管理亦稍為不同，無法直接引用永安廠之操作模式。為建立建立地上式 LNG 儲槽之未來營運管理及設備之維修保養檢查等事宜，本次赴日本參觀之主要目的，即為參考大阪瓦斯公司多年地上式儲槽豐富的設計與營運操作經驗，做為未來台中廠的營運操作維修指引，也是本次重要任務之一。

貳、 參訪過程

一、行程

日期	行程	過程概述
98.8.25	東京	上午：啟程：台灣至新成田國際機場 (Narita New International Airport)。 下午：赴東京品川 (SHINAGAWA) 與 TGE 人員座談永安一期儲槽延壽相關事宜。
98.8.26	東京	上午：訪問袖浦 (Sodegaura) LNG 接收站及座談 LNG 罐車運輸相關事宜。 下午：赴蒲田 (Kamata) TGE 總公司座談熱值摻配、冷能利用及 LNG 儲槽加熱器大修相關事宜。
98.8.27	大阪	上午：從東京搭新幹線火車至大阪。 下午：拜會大阪瓦斯工程公司(OGE)及技術研討。
98.8.28	大阪	上午：參觀大阪瓦斯公司泉北接收站(OGC Senboku LNG Receiving Terminal)。 下午：與 OGC 與 OGE 相關人員技術研討。
98.8.29	大阪→台北	(大阪→日本大阪關西國際機場→台北)

二、地上式 LNG 儲槽及管線維修保養制度：

台中液化天然氣廠自 98.7.13 開始營運，因台中液化天然氣廠的 LNG 儲槽是地上式，而永安廠儲槽屬地下式，兩者構造有別，操作管理亦稍為不同，無法直接引用永安廠之操作模式。為建立建立地上式 LNG 儲槽之未來營運管理及設備之維修保養檢查等事宜，本次赴日本參觀之主要目的，即為參考大阪瓦斯公司多年地上式儲槽豐富的設計與營運操作經驗，做為未來台中廠的營運操作指引。

日本各 LNG 接收站的儲槽及其附屬設備的檢查規定，政府均授權各瓦斯公司依據所建儲槽型式（地上式或地下式）之不同，遵照日本社團法人日本瓦斯協會瓦斯工作物等技術基準調查委員會訂定之 LNG(地上式或地下式)儲槽指針做自主管理。東京瓦斯公司與大阪瓦斯公司為日本最大兩家瓦斯公司，因土地利用與設計理念不同，各自研究開發不同的儲槽結構，東京瓦斯公司建造的儲槽屬地下式，而大阪瓦斯公司除泉北一廠一座地下式儲槽外，其餘均為地上式儲槽。現為操作中 LNG 儲槽的兩種主要型式。

此次到 OGC 及 OGE，經其簡報、介紹、現場參觀及研討，對 LNG 地上式儲槽及其附屬設備的構造、營運操作、維修管理有更深一步的瞭解，為借重大阪瓦斯公司數十年地上式 LNG 儲槽及其附屬設備的豐富的營運操作維修保養經驗與 Know How，提升台中廠未來操作安全與降低營運風險，並可提高儲槽及其附屬設備的使用壽命。擬洽請該公司協助建置地上式 LNG 儲槽之營運管理及設備之維修保養檢查系統與制度。

三、地上式 LNG 儲槽設置電梯可行性

1. 迄今全世界地上式 LNG 儲槽裝置電梯者，只有韓國瓦斯公司仁川接收站有一座外，其他儲槽均無此裝置。仁川接收站的電梯是建造儲槽時併案施做，為簡易型施工用電梯，負載能力 1.5 噸。
2. 儲槽完工後增建電梯須考慮處：
 - (1). 電梯結構須與儲槽為一體，以防地基不均勻沉陷。
 - (2). 新設上層支撐錨座須打設於儲槽 PC 牆壁面，注意有傷及內部鋼筋結構及預力鋼索之虞。
 - (3). 上部平台須修改。
 - (4). 電氣設備防爆問題。
 - (5). 電梯年度安檢。
 - (6). 增加電梯設備保養費用。
 - (7). 施工困難點：基礎打樁靠近儲槽本體，支撐錨座安裝如何避開 PC 牆內部鋼筋結構及預力鋼索，以防破壞槽體整體結構安

全。

3. 結論：OGE 以專業角度，為考量儲槽安全計，建議不做。
4. 替代方案：
 - (1). 於儲槽頂，增設防爆型高精密度 CCTV，加強槽頂監控，減少人員登上槽頂的頻率。
 - (2). 調整現場巡察次數由每日 4 次，改為每週 1 次(目前 OG 作法)。
 - (3). 必要時，再派員登上槽頂巡視。

四、LNG 儲槽延壽

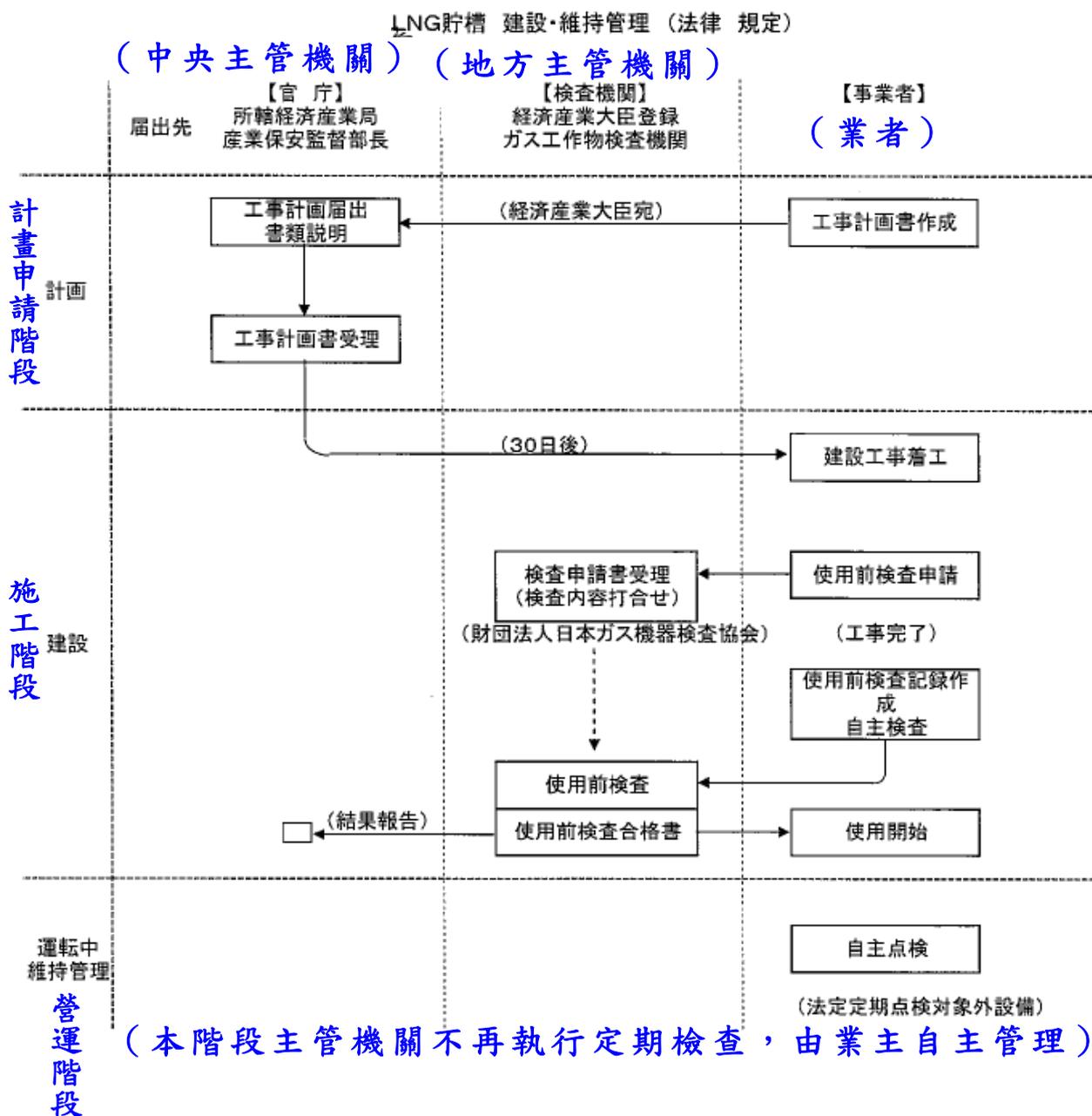
日本東京瓦斯公司早期興建之地下式 LNG 儲槽運作已逾 37 年，在營運期間，日本政府從未對業者進行 LNG 儲槽定期檢查亦從未要求業者進行 LNG 儲槽開槽檢查，此乃因日本政府與業者已發展出一套完善之法規制度，其邀請政府官員、學者專家及業者組成審查小組，並制定出「地下式 LNG 儲槽指針」供業者遵循。日本中央主管機關僅在業者提出計畫申請階段進行審查以及地方主管機關在發出使用合格證書給業者的同時向中央主管機關報備；地方主管機關則負責業者施工階段及使用前的檢查與使用合格證的發放；於營運期間，中央及地方主管機關皆不介入儲槽管理，完全由業者依「地下式 LNG 儲槽指針」自主管理，其主要流程如下述方塊圖：

日本東京瓦斯公司部分 LNG 儲槽營運已逾原設計 25 年之耐用年限，但目前卻仍持續使用中，因為其透過科學化的檢查分析後，確認這些儲槽仍可繼續安全營運，因此在不開槽檢查下已將耐用年限延長。

依東京瓦斯工程公司所估計，每一座地下式 LNG 儲槽開槽檢查費用約 5000 萬美金。依東京瓦斯工程公司建議方案，以科學化的延壽檢查費用預估需 130 萬美金，若因而取得主管機關之同意及認可，則可節省巨額費用，對於確保安全以及營運不中斷所衍生之效益

將更為龐大（相關資料如附件一）。

LNG 儲槽指針自主管理流程方塊圖

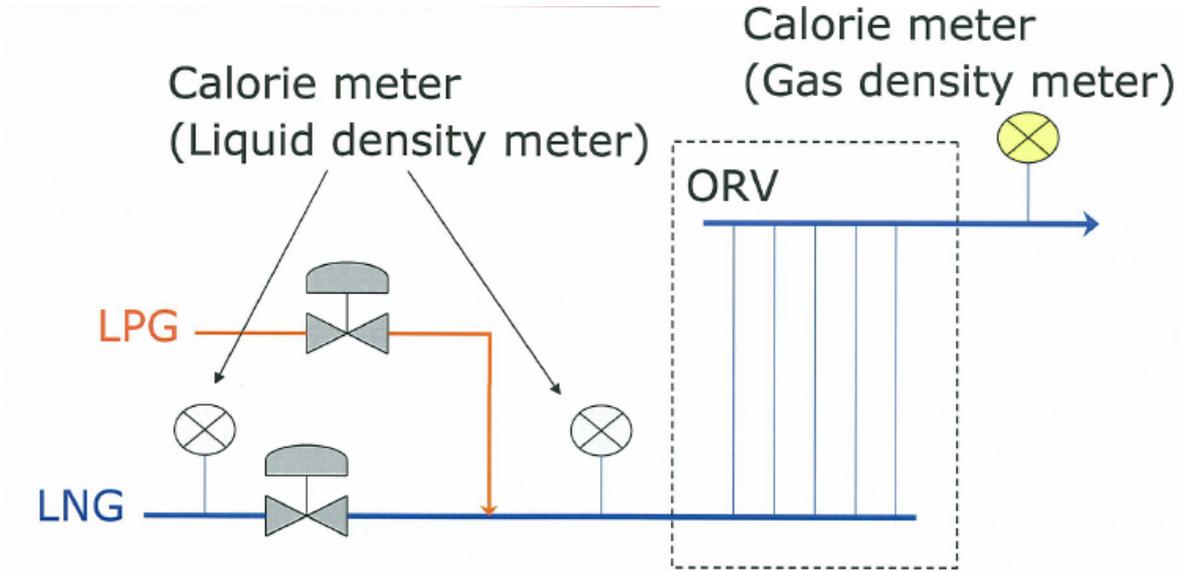


五、熱值摻配

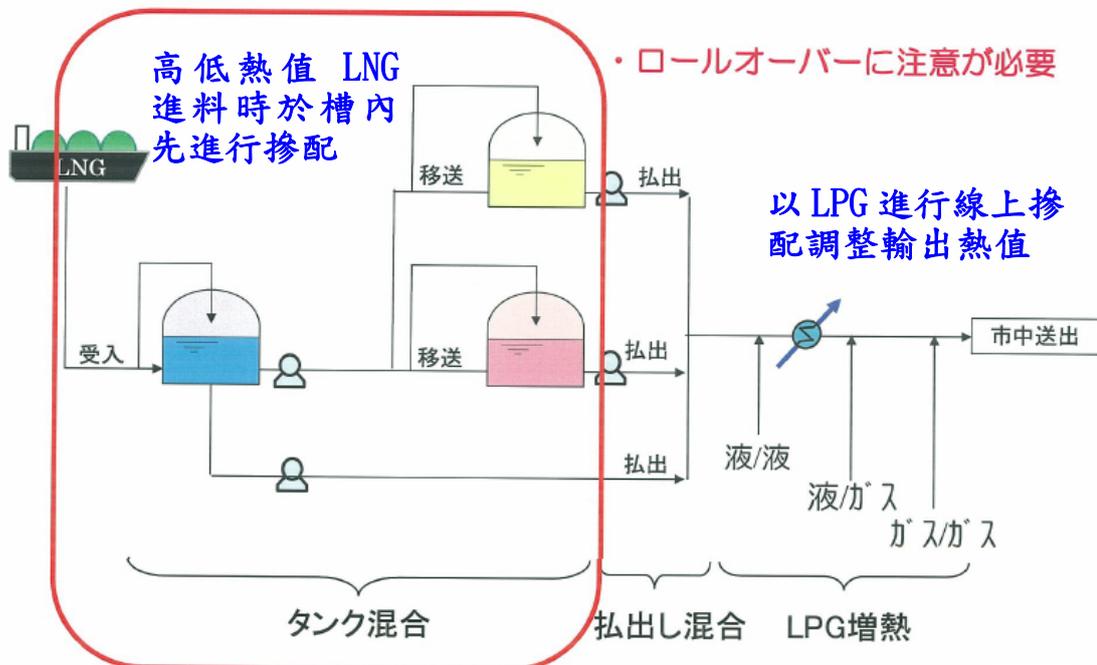
日本東京及大阪瓦斯公司皆以LPG對低熱值LNG進行熱值摻配調整，其方法約略可分三種：

- (1) Gas / Gas (NG / LPG(Gas))

- (2) Gas / Liquid (NG / LPG(Liq))
- (3) Liquid / Liquid (LNG / LPG(Liq))



LNG / LPG 熱值摻配調整簡圖



高低熱值槽內摻配及 LNG / LPG 線上摻配調整圖示

有關東京瓦斯公司熱值摻配方法簡介詳細資料如附件二

Discussion about Calorific Value Adjustment。

綜觀日本瓦斯公司現行之線上熱值調整機制，並無高、低不同熱值來源之兩種 LNG 於線上直接摻配之作法。

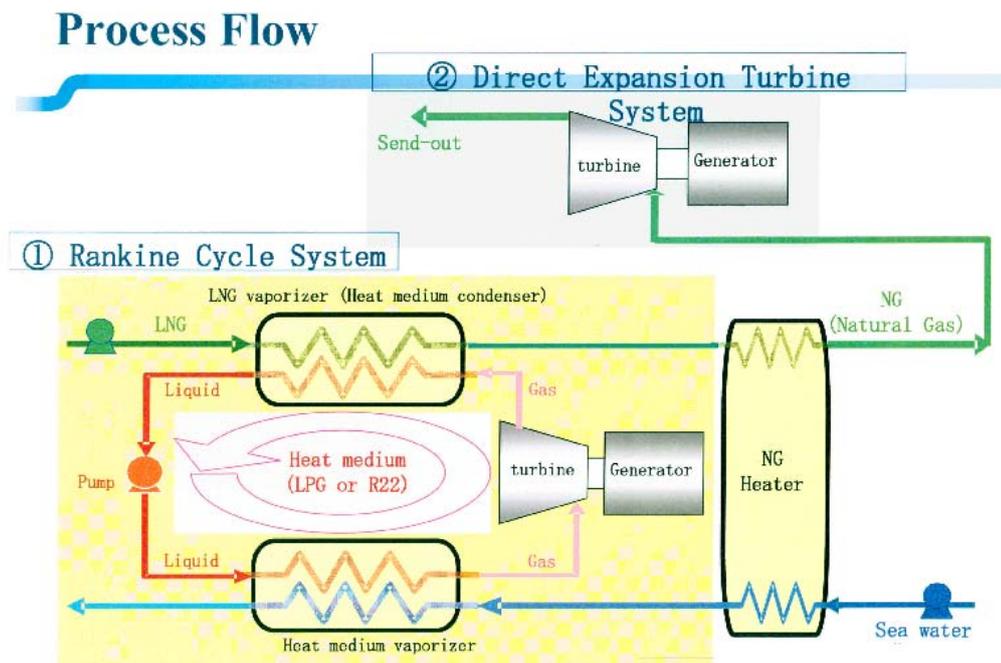
六、冷能發電

利用冷能來發電，日本是全世界最早開發成功運轉的國家，而大阪瓦斯公司則是最早開發的公司，該公司擁有非常豐富的技術與操作經驗，永安廠冷能發電設備問題，就曾請其協助改善。就 LNG 廠投資冷能利用之經濟效益方面，冷能發電設備除了可當 LNG 氣化器外，穩定操作，並發電供自己使用或出售，創造利潤。是最值得投資的考量。

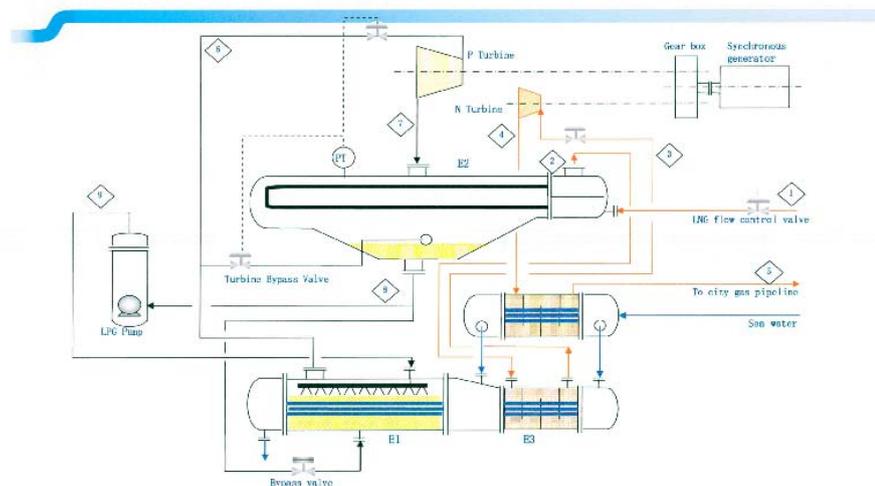
冷能發電系統，依其設計流程有三種：

- (1). Rankine Cycle System：利用低溫有效之媒介流體，作 Rankine Cycle 方式。
- (2). Direct Expansion System：利用壓力有效能之直接膨脹方式。
- (3). Combined System (Rankine+DE)：是利用上述兩種系統合併方式。為最有效益的設計。

以下為冷能發電系統圖：



Combined System (Rankine+DE)



大阪瓦斯公司現運轉操作冷能發電設備

No.	設置地點	座	啟用日期	發電量 (KW)	型式	LNG 用量 (t/h)
1	泉北二廠	1	12/1979	1,045	Rankine	60
2	泉北二廠	1	2/1982	4,080	Rankine + DE	150
3	姫路廠	1	3/1987	2,050	Rankine	120
4	泉北一廠	1	2/1989	2,040	DE	83
5	姫路廠	1	3/2000	1,050	DE	80

註：冷能發電設備型式

- Rankine cycle system
- DE: Direct expansion turbine system

綜上，以 Combined System (Rankine+DE) 效益最高。

另外，為提高公司營運營利、降低生產成本與開發能源新用途上，TGC 利用氣化之 NG 與冷能(Gas Turbine 進氣空氣降溫系統)，建造一座發電 100MW 之高效率複合式氣渦輪發電機組。另建一組發電 2,000KW 風力發電機。

OGC 在這方面的建造機組如下：

發電方式	Gas Turbine Combined Cycle	
發電規模	泉北二廠	1 號機：277,000KW
		1 號機：277,000KW
		合 計：554,000KW
	泉北一廠	1 號機：277,500KW
1 號機：277,500KW		
合 計：555,000KW		
燃料	NG	
環境保護對策	低 NOx 燃燒器，排煙脫硝裝置，排放水處理等。	

泉北天然氣發電所採用 1300°C 級的最新式 Gas Turbine Combined Cycle 發電系統，發電效率高達 57% (HHV 基準約為 51%)，對節能減碳及抑制 CO2 排放量有所貢獻。

冷能利用：

LNG 在一大氣壓下，以約 -160°C 之超低溫液態存在而便於儲存及運輸。每 1 公斤 LNG 在常溫下，存有 200Kcal 之冷能，在氣化過程使用海水加熱時，這 200Kcal 之冷能如不加以吸收利用，常任其流入海中，殊為可惜。因此，世界各國對這具有經濟價值之冷能，都積極研究、開發回收，以降低成本與增加收益，不遺餘力。尤其是大阪瓦斯公司，冷能利用率高達 70% 居世界之首。TGC 及 OGC 在 LNG 冷能利用方面，擁有豐富的操作經驗與實績，可做為本公司未來規劃 LNG 冷能利用之借鏡，以免造成投資錯誤。

本公司天然氣部永安廠及台中廠兩廠的 LNG 擁有寶貴的大量冷能資源，如能充分利用，將可增加公司營運利益及降低操作成本，此次至 TGC 及 OGC 參訪目的，對日本 LNG 冷能利用之現況，請教 TGC 及 OGC 的專家，並蒐集相關資訊，做為未來本公司 LNG 冷能利用之參考。

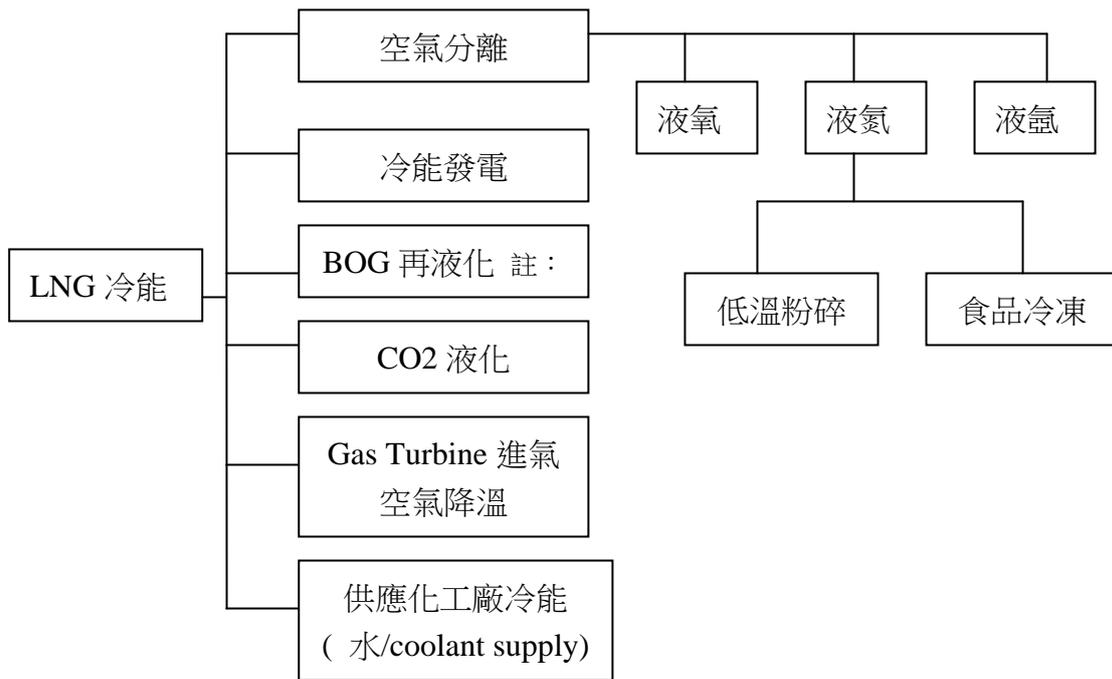
LNG 冷能(≒200Kcal/kg)通常依其成份及壓力，分為兩種存在

- 溫度能量(-160°C)
- 壓力能量(液態→氣態，體積膨脹 600 倍)若將這冷能加以利用，成為具有經濟價值的用途。除了，降低成本、增加收益。節能減碳方面，對改善環境有很大的幫助。

大阪瓦斯公司使用 LNG 開發冷能利用甚早，其發展歷史如下：

70s	1977	空氣分離(CAP # 1)
	1979	冷能發電(# Propane Rankine)
80s	1980	二氧化碳液化
	1982	冷能發電(Propane Rankine + Direct Expansion)
	1983	空氣分離(CAP # 2)
	1987	供應化工廠冷能(水/coolant supply)
	1987	冷能發電(Propane Rankine)
90s	1989	冷能發電(Direct Expansion)
	1993	空氣分離(Cryo Air)
	1997	BOG 再液化
00s	2000	冷能發電(Direct Expansion)
	2004	Gas Turbine 進氣空氣降溫
	2004	二氧化碳液化

LNG 冷能可用(Available) 在：



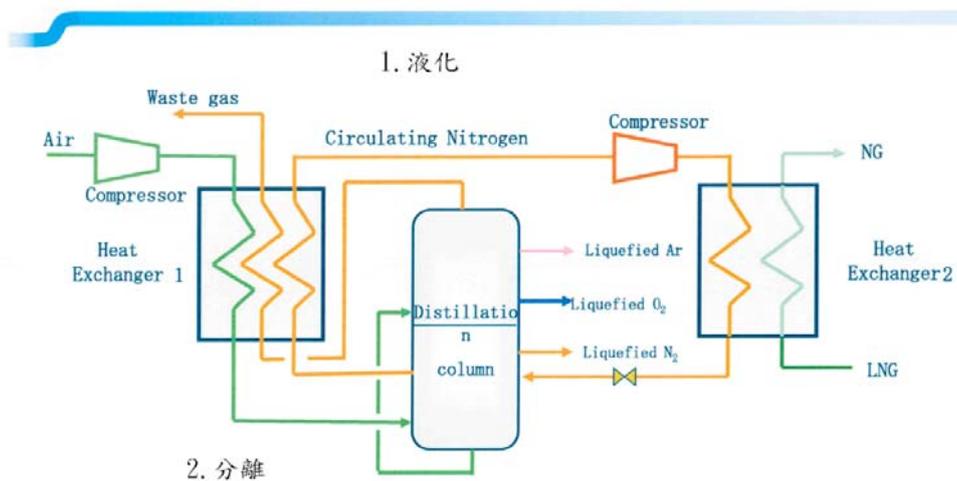
註：BOG 再液化，永安廠及台中廠的再冷凝器設備屬之，本公司使用較日本早。

其他冷能利用項目：

1. 空氣液化及分離

LNG 冷能最具經濟價值的利用是空氣液化及分離。其製程如下圖：

空氣分離製程



大阪瓦斯公司目前操作營運中的空氣液化及分離設備及產能如下：

公司/ 地點	啟用日期	產能		LNG 用量 (t/h)
		LN2 LO2 LAr	GN2 GO2	
Cold air products Co. Ltd (泉二廠)	1983	7,500 Nm ³ /h 7,500 Nm ³ /h 200 Nm ³ /h	— —	40
CRYO Air Co. Ltd (泉一廠)	1993	6,500 Nm ³ /h 15,000 Nm ³ /h 440 Nm ³ /h	4,000Nm ³ /h —	50

2. 低溫倉儲

低溫倉庫係利用 LNG 超低溫(-160℃)的溫度特性，做為冷凍倉庫的冷卻來源，不需電力帶動冷凍壓縮機，可節省大量的用電成本。但在投資效益整體考量下，日本大部份的瓦斯公司在利用 LNG 冷能方面，認為低溫倉儲利用 LNG 的量不大，而且倉儲營運管理非其本業，貨源無法穩定掌握，獲利不大。全日本除了東京瓦斯公司的關係企業日本超低溫公司，設於根岸接收站的超低溫冷凍庫，專門冷凍倉儲日本人最喜愛食用的鮭魚，是一座成功案例外，大阪瓦斯公司並不投資。

3. CO₂ 液化與固化

二氧化碳捕捉與地下封存技術(CCS)：除了減少二氧化碳排放，增植綠色樹木吸收二氧化碳外，二氧化碳捕捉與地下封存技術(CCS)是目前世界先進國家討論最熱烈，也認為是未來最可行的方法。

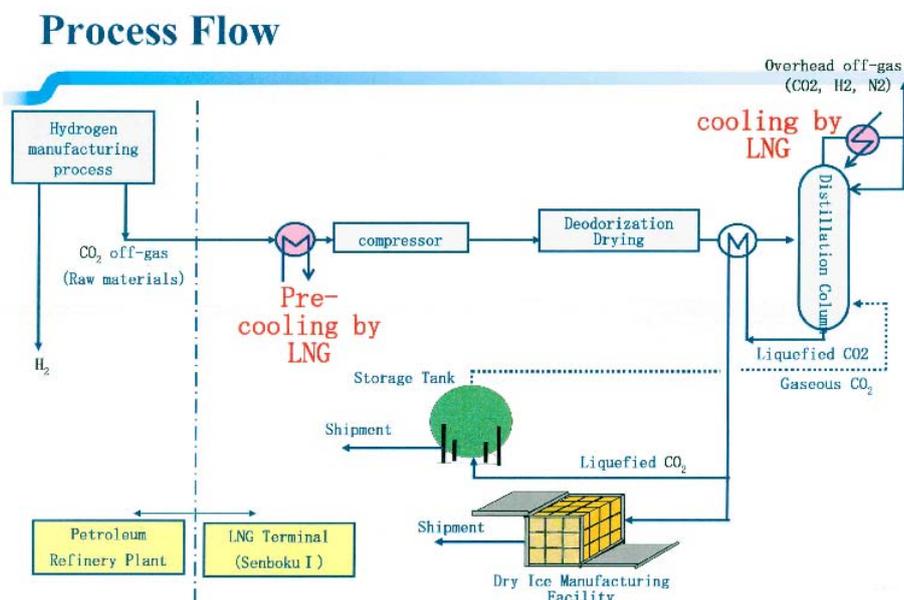
此行發現東京瓦斯公司袖浦工廠與大阪瓦斯公司泉北工廠，均建有發電設備，但兩廠發電設備排放之 CO₂ 直接排放大氣，都未利用冷能做液化回收處理，經詢問日方答覆：發電設備煙道排放之 CO₂ 濃度約為 12%，如採用燃煤發電設備其排放煙道廢氣含有硫份等腐蝕氣體需先

處理清除，處理成本高，獲利及效益不大，目前日本的瓦斯公司對 CCS 尚無案例。

大阪瓦斯公司在 CO₂ 液化與固化的製造，CO₂ 液化工場的原料來源為隔鄰化工廠製程含 CO₂ 濃度高達 90% 之廢氣，處理效率高，操作成本低，下表為大阪瓦斯公司泉北工廠，CO₂ 液化工場產能：

製造工場	啟用日期	產能：LCO ₂ 乾冰	LNG 用量
大阪瓦斯公司純泉北一廠 第一 CO ₂ 液化工場	1980	142.5 ton/day —	5 ton/h
大阪瓦斯公司純泉北一廠 第二 CO ₂ 液化工場	2004	120 ton/day 48 ton/day	8.5 ton/h

CO₂ 液化與固化流程如下：



4. 低溫粉碎

多半物質在低溫時延性降低，其內部所含水份會凍結，形成所謂低溫脆化。低溫粉碎即利用物質在超低溫時造成脆化而容易粉碎的過程，應用在商業用途上。

低溫粉碎為 LNG 冷能的間接利用，在技術上係將在常溫不易粉碎的金屬、非金屬(橡膠、塗料原料及樹脂等)、食品、工業藥品及化學製品等，浸入超低溫之液氮中，使其脆化而容易粉碎處理。低溫粉碎具有下列三個特點：

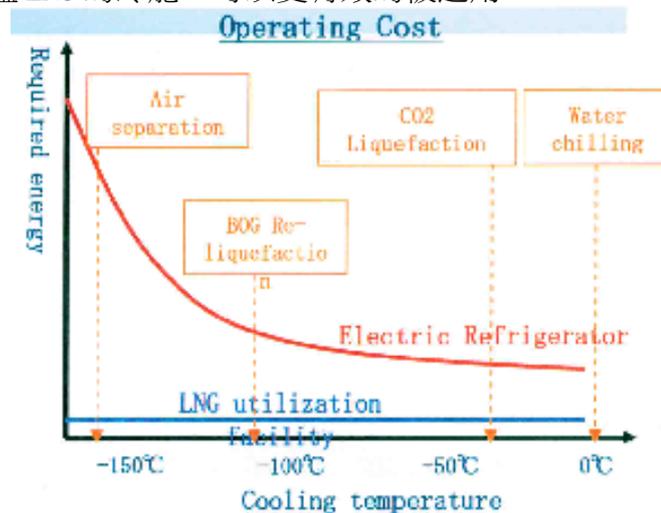
- (1). 可粉碎常溫粉碎困難的物品。
- (2). 可得流動性良好的粉末。
- (3). 防止因粉碎過程之發熱、氧化造成的變質，保持原物質的風味。
- (4). 在實際商業營運，大阪瓦斯公司關係企業 Liquid Gas 株式會社於泉北廠設有兩座粉碎工場
 - 1). 食品工場：專門做大豆、咖啡、綠茶，昆布、香料等高經濟、高品質食品之粉碎處理。
 - 2). 樹脂工場：專門做尼龍類、聚脂樹脂、EVA 等工業產品的粉碎分類處理。
 - 3). 橡膠輪胎的低溫粉碎分離處理，因商業價值不高，目前無商轉之參考案例。

這兩座工場規模都不大，從事員工很少，產能有限，但其兼具有研發之性質。

冷能在利用時，應考慮的 Key Point：

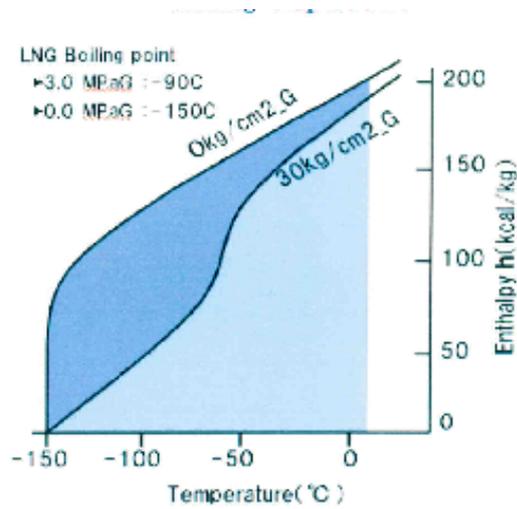
1). 冷卻溫度

如冷卻溫度愈低則 lng 冷能的運用的效益變得更大，因此，低溫 LNG 的冷能，可以更有效的被運用。



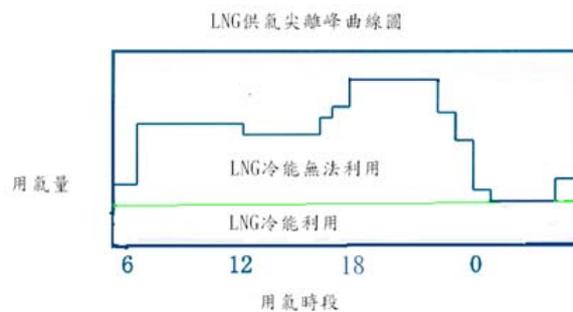
2). LNG 的壓力位能

冷能回收量取決於接收站輸出之 NG 壓力，LNG 得壓力影響 LNG 冷能利用設施的設計需求。



3). LNG 負載模式

城鎮瓦斯需求變化，依據每日和每季的時間不同，通常 LNG 冷能設備需要有持續的冷能數量。LNG 冷能可利用率，通常是依照穩定市場用氣的離峰量之下，如下圖所示；



4). 建廠廠址選擇

LNG 冷能利用設備通常基於安全，原則上其設備距離 LNG 接收站較遠，使 LNG 低溫管線或中溫管線的建造費用增加，因此，LNG 冷能設備應儘可能的靠近 LNG 接收站。

5). 可靠性

LNG 冷能利用設備是氣化器的一種，最重要的是，其操作必須在不能影響城鎮瓦斯穩定供應與滿足城鎮瓦斯家庭用戶的需求。

6). 產品的需求和競爭力

商業上，LNG 冷能利用必須具滿足市場需求與競爭力。

總結：

- (1). LNG 冷能利用是降低操作成本與 CO2 排放最有效的方法之一。
- (2). 目前 LNG 冷能在商業上具經濟效益的利用有：
 - 1). 冷能發電
 - 2). 空氣分離
 - 3). CO2 液化與固化
 - 4). 冰水系統

七、LNG 槽車儲運作業

最近行政院環保署為改善燃油車輛排放大氣，汙染環境及危害人體健康，正積極推動車輛使用 LNG 為燃料之方案，選定台中液化天然氣廠做為未來 LNG 槽車灌裝的基地。基於市場未來需求，國內欣林瓦斯公司曾提出要求未來台中廠能供應 LNG 給區域瓦斯用戶使用，而國外瓦斯公司載運 LNG 至其衛星站 LNG 儲槽供應給偏遠地區家庭用戶及工業用戶需求，已相當普遍。因此，本次參訪重點之一參觀東京瓦斯公司袖浦接收站的 LNG 槽車灌裝及儲運作業，以做為未來台中廠 LNG 槽車灌裝設備建置及營運管理的參考。

在日本 LNG 槽車主要供應對象是天然氣管線無到達之區域、偏遠城市的家庭用氣及工業用，日本的瓦斯公司從事 LNG 槽車運輸，供應偏遠地區天然氣用氣作業已有 20 多年的經驗。因 LNG 槽車罐體絕熱材料進步，絕熱效果良好，目前供應範圍可達距該廠 200km 半徑內之用戶，大幅增加了該公司用戶數量及營收。



TGC 袖浦工廠 LNG 灌車作業照片

八、側壁加熱管汰舊換新

本次討論發現日本地下式 LNG 儲槽之側壁加熱管亦曾發生洩漏，其對洩漏採取方案如下：

1. 部分更換 ----> 運轉未達 20 年。
2. 汰舊換新 ----> 已運轉 20 年。

換言之，東京瓦斯公司目前作法，只要側壁加熱管已運轉超過 20 年就全部進行汰舊換新；對於運轉未達 20 年之側壁加熱管則抽換洩漏之加熱管即可。

另外值得一提的是其位於 LNG 儲槽連續壁外圍泥土中之側壁加熱管與位於 LNG 儲槽底板混泥土內之底部加熱管內部流動之加熱媒體 (medium) 並不相同，側壁加熱管以工業用水做為內部流動之加熱媒體，而底部加熱管則以乙二醇水做為內部流動之加熱媒體。此乃因側壁加熱管位於泥土中容易產生腐蝕洩漏，為預防洩漏出之乙二醇水影響環境以及基於加熱媒體之補充成本之考量，因而以工業用水取代乙二醇水。

參、研習心得與建議

一、地上式 LNG 儲槽及管線維修保養制度

有關台中廠建立地上式 LNG 儲槽及其附屬設備之營運管理及設備之維修保養檢查等事宜，鑑於台中廠三座地上式儲槽造價昂貴，施工工期很長，操作安全要求甚高，因此對儲槽之操作維護保養，建立一套良好的管理制度至為重要。永安廠之地下式 LNG 儲槽採用東京瓦斯公司開發的系統，構造與使用材質不同，操作維修等作業與地上式 LNG 儲槽迥然相異，其操作管理制度無法直接引用至地上式 LNG 儲槽的操作管理上。大阪瓦斯公司在地上式 LNG 儲槽的設計、操

作、維修等累積相當深厚的經驗，是世界地上式 LNG 儲槽使用操作數量居於領先地位，目前還是本公司北部接收站建造案的技術顧問。台中廠正尋求大阪瓦斯公司協助，建置地上式 LNG 儲槽及其附屬設備之營運管理及設備之維修保養檢查制度等事宜中。

二、地上式 LNG 儲槽設置電梯可行性

台中廠地上式 LNG 儲槽建置電梯問題，此次與 OGE 研討結果，OGE 以其豐富的操作經驗及工程實務觀點：建議台中廠地上式 LNG 儲槽，不做電梯。詳細內容及替代方案如上節 6.LNG 儲槽電梯。本案電梯之設置，為考慮儲槽之結構安全，台中廠正朝向規劃使用先進監控設備及訂定符合政府法規之管理辦理改善，建議不做電梯。

三、LNG 儲槽延壽

日本東京瓦斯公司部分 LNG 儲槽營運已逾原設計 25 年之耐用年限，但目前卻仍持續使用中，在營運期間，日本政府從未對業者進行 LNG 儲槽定期檢查亦從未要求業者進行 LNG 儲槽開槽檢查，此乃因日本政府與業者已發展出一套完善之法規制度，其邀請政府官員、學者專家及業者組成審查小組，並制定出「地下式 LNG 儲槽指針」供業者遵循。日本中央主管機關僅在業者提出計畫申請階段進行審查以及地方主管機關在發出使用合格證書給業者的同時向中央主管機關報備；地方主管機關則負責業者施工階段及使用前的檢查與使用合格證的發放；於營運期間，中央及地方主管機關皆不介入儲槽管理，完全由業者依「地下式 LNG 儲槽指針」自主管理，日本東京瓦斯公司 LNG 儲槽已營運 30 幾年仍未聞發生過工安災害，實值得我們借鏡。本廠第一期計畫所興建之 3 座 10 萬公秉儲槽將於民國 104 年將屆設計耐用年限，依法令要求需進行開槽檢查，屆時將衝擊營運，影響重大。故應及早籌劃，利用機會引入先進國家主管機關對 LNG 儲槽之管理規範及實務做法。

四、熱值摻配

日本東京及大阪瓦斯公司對低熱值LNG皆以LPG進行熱值摻配調整，其方法約略可分NG / LPG(Gas)、NG / LPG(Liq)、LNG / LPG(Liq)三種；惟東京瓦斯公司對於不同熱值LNG氣源在卸料時則先於LNG槽內進行初步摻配後再以LPG在線上進行摻配調整。但目前日本瓦斯公司現行之線上熱值調整機制，並無高、低不同熱值之兩種LNG於線上直接摻配之作法。

目前進口LNG氣源來自不同國家，以致熱值不大相同，為穩定品質供應市場需求，熱值摻配調整是有其需要。考量永安廠儲槽數量不及日本，不同熱值LNG不能分別存放之困境。永安廠現階段之作法，是利用LNG儲槽內部之攪拌設施來摻混不同熱值的LNG。此次參訪日本發現東京瓦斯公司亦有相同之作法，經吸取該公司之經驗，有助於永安廠摻混技術的精進。未來將密切注意國際先進國家有關LNG摻混技術之發展以及使用實績，作為永安廠進一步的參考。

另外考量F構造即將開發，因此熱值摻配須配合F構造重新整合研擬適合方案。

五、冷能發電

冷能利用是可有效利用LNG內含寶貴的低溫能量，如不加以回收利用，任其隨ORV(氣化器)排放水排放入海中，殊為可惜，各國的LNG接收站，都會加以利用回收，增加營運的績效與利潤。但冷能利用有其限制條件，城市瓦斯用戶有尖、離峰用氣之特性，天然氣接收站是以穩定不可間斷生產、供應天然氣為第一要務，因此LNG冷能利用率只能到其離峰線之下，超過時會造成冷能利用操作之不穩定。冷能利用最具商業價值的有空氣分離、冷能發電與冰水系統(空調)等。目前永安廠已充分利用上述三項操作，而台中廠現正進行冰水系統(空調)供應台中廠冷氣系統的規劃，另99年開始供應藍海氣體公司冷能外，冷能發電設備應可考慮的選擇，除可做為氣化

器使用，還可發電供自用或輸出，創造公司之利潤。

六、LNG 槽車儲運作業

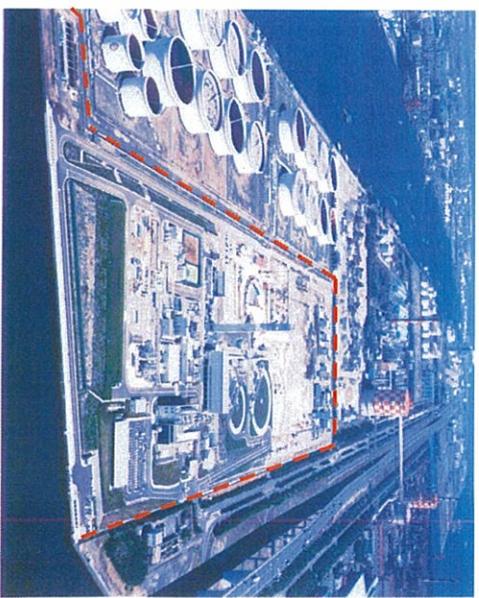
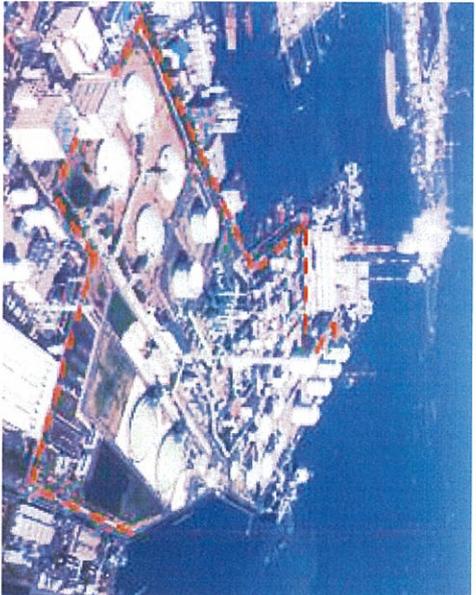
LNG 槽車儲運作業，為將來天然氣事業部營運的新商機之一，不管是開發供應偏遠地方天然氣用戶及環保署進行中推動 LNG 車輛用氣之需，國外都已有很好之案例，且營運多年，帶給各經營 LNG 的公司非常大的商業利潤。本公司應配合政府節能減碳的政策與未來台灣市場之需，積極推廣 LNG 新市場之開發，服務天然氣客戶並可創造及提高本公司之營運績效與利潤。台中廠為供應藍海氣體公司空氣分離廠冷能的管線，規劃時已預留容量，待將來市場需要時增加灌裝設備，即可進行使用。

七、側壁加熱管汰舊換新

東京瓦斯公司認為只要側壁加熱管已運轉超過 20 年，即進行汰舊換新；對於運轉未達 20 年之側壁加熱管則僅更換洩漏之加熱管。其對加熱管內部流動之加熱媒體基於環境保護觀點與成本考量亦採徹底分離對策，位於 LNG 儲槽連續壁外圍泥土中之側壁加熱管以工業用水做為內部流動之加熱媒體，而位於 LNG 儲槽底板混泥土內之底部加熱管則以乙二醇水做為內部流動之加熱媒體，其側壁加熱管與底部加熱管使用不同加熱媒體之設計理念似乎要比永安廠既有設計更具環保與成本效益。此值永安一期 LNG 儲槽側壁加熱管大修之際，實應趁此良機引進東京瓦斯公司對 LNG 儲槽加熱器之管理對策與技術。

肆、 附錄

1. Life Evaluation and Open Inspection of LNG Tank。
2. Discussion about Calorific Value Adjustment。



Life Evaluation and Open Inspection of LNG Tank

In relation to

Chinese Petroleum Corporation Taiwan, ROC



Tokyo Gas Engineering Co., Ltd.

August 25, 2009
Tokyo, Japan

Note

This presentation was prepared exclusively for the benefit and internal use of Chinese Petroleum Corporation (CPC), Tokyo Gas Engineering Co. Ltd (“TGE”) and its team members to facilitate the exchange of opinions in relations to the verification of soundness of LNG tanks in Yung-An Receiving Terminal (the “Purpose”). Neither this document nor any of its contents may be used for any other purpose without the prior written consent of TGE. Unless agreed otherwise, this presentation shall remain the property of, and shall be treated as confidential and proprietary to TGE.

The information in this presentation is based upon forecasts and reflects prevailing conditions and our view as of this date, all of which are accordingly subject to change. In preparing this proposal, we have relied upon and assumed, without independent verification, the accuracy and completeness of all information available from public sources.

This presentation is presented for discussion and illustrative purposes only. TGE expressly disclaims any liability relating to, resulting from the use or omissions from any of the information or statements contained herein.

Agenda

Background

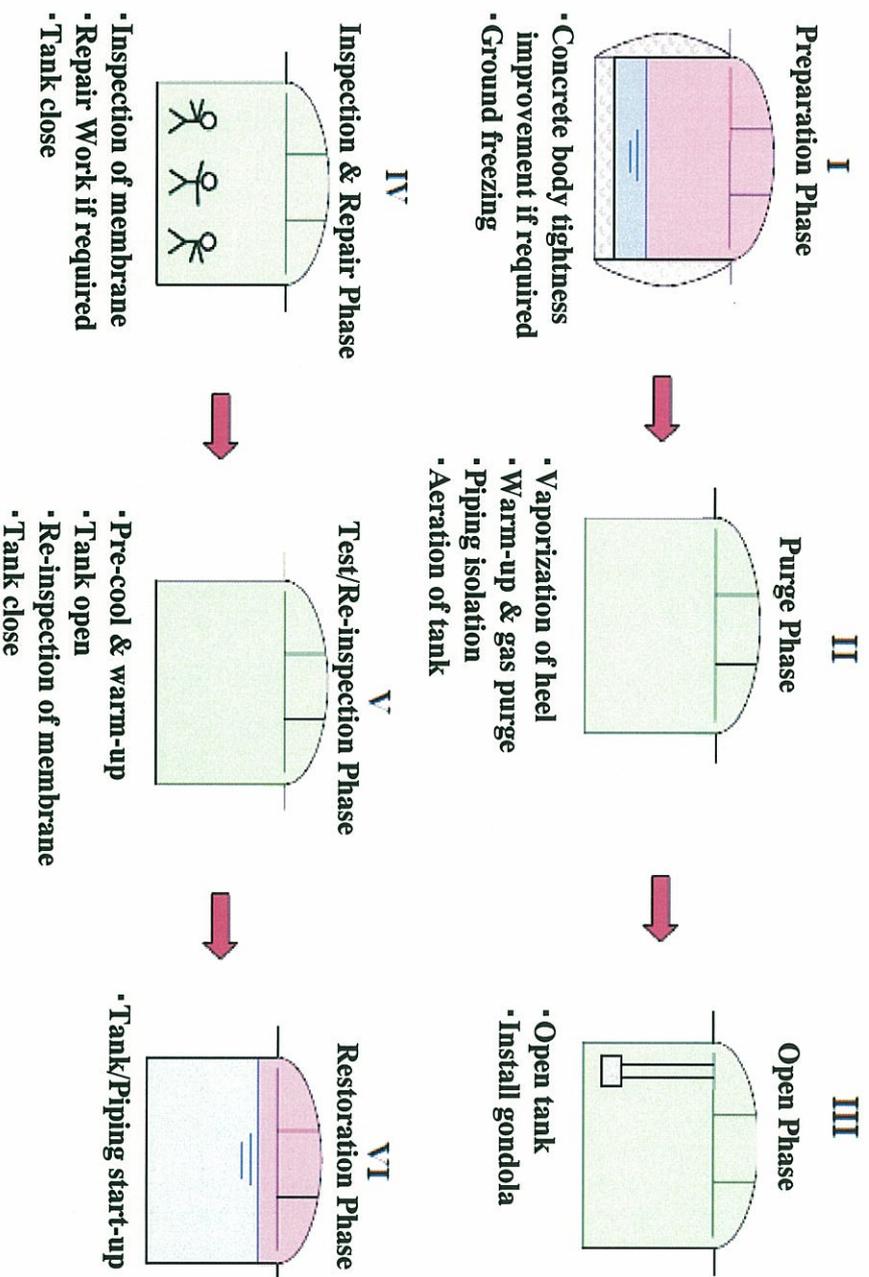
1. Open Inspection of LNG Tank
2. Life Evaluation of LNG Tank
3. Comparison

Background

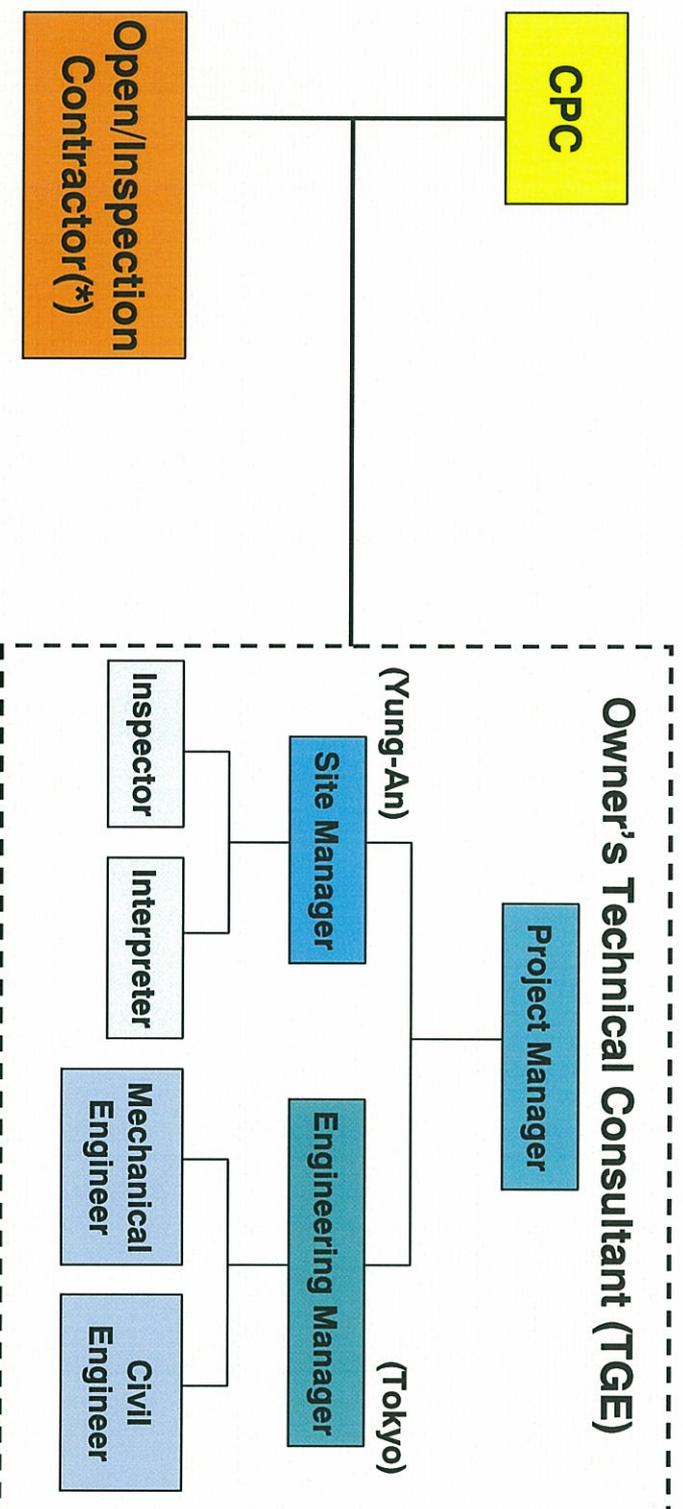
- ❑ **Open Inspection & Repair (T-104,105,106)**
 - 2002/End – 2004/End
 - TGE was Owner's Consultant of CPC
 - TGE organized and chaired HAZOP for each work item
 - TGE explained each work procedure to relevant Authorities
 - TGE made a lot of contribution for achieving successful completion of Open Inspection and Repair Work
- ❑ **Life Evaluation**
 - CPC requested TGE to submit his proposal (2008, Jul.14)
 - TGE submitted his proposal (2008, Sep.3)
 - TGE submitted his revised proposal (2008, Sep.17)
 - TGE visited CPC Yung-An to discuss the proposal (2008, Oct.7)
 - TGE submitted his revised proposals according to the meeting at Yung-An held on Oct.7 (2008, Oct. 21, Nov. 5)

1. Open Inspection of LNG Tank

- Overall Work Flow



1. Project Organization for Open Inspection



(*) Open/Inspection Contractor shall be the EPC Contractor of T-101, 102, 103.

1. Open Inspection of LNG Tank

- ❑ **Schedule: 20 months (3 tanks, as a minimum, including preparation)**
- ❑ **Cost: US\$50million (3 tanks, as a minimum)**
- ❑ **Well preparation is required for potential risks;**
 - Tank freezing operation
 - Gas Purge (IBS, fiberglass on suspended deck)
 - Piping isolation
 - Work by Life Support System
- Repair work in case defect is found

2. Life Evaluation of LNG Tank

- **Verification of Soundness**

Verification of soundness on current status of the tanks

- **Estimation of Prolonged Operation Period**

Technical study for estimating a possibility of operation of the tanks for a prolonged period after 25 years operation

- **Seminar for Jurisdictional Authorities**

Explain design standard and operation requirements to jurisdictional authorities at a seminar organized by CPC

2. Life Evaluation of LNG Tank

- Work Procedure

- Request for necessary documents and drawings to CPC
- Kick-off meeting between CPC and TGE
- Document review by TGE
- Submission of “List of clarification on CPC’s documents and drawings” from TGE
- Clarification meeting on the documents and drawings provided by CPC
- Technical discussion with CPC as needed
- Preparation of “Report on verification of soundness on current status of the tanks”
- Reporting meeting and discussion with CPC on the above verification report
- Preparation of “Recommendation on prolonged period operation of the tanks”
- Reporting meeting and discussion with CPC on the above recommendation
- Preparation of “Presentation materials at seminar to jurisdictional authorities”
- Presentation at the seminar to jurisdictional authorities
- Preparation of Final Report and submission

Planned Schedule of Life Evaluation

	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Agreement Sign or receipt of NTP	▶												
Mobilization of Team		↔											
List of Necessary Data		↔	▶	Kick-off Meeting									
Document Review				↔									
Clarification Meeting				↔									
Preparation of Verification Report					↔								
Reporting Meeting on Verification Report					↔								
Prepare Prolonged Operation of the Tanks						↔							
Technical Discussion (if required)							↔						
Reporting Meeting on Prolonged Operation									↔				
Preparation of Materials for Seminar										↔			
Seminar to Jurisdictional Authorities												↔	
Preparation of final Report													↔

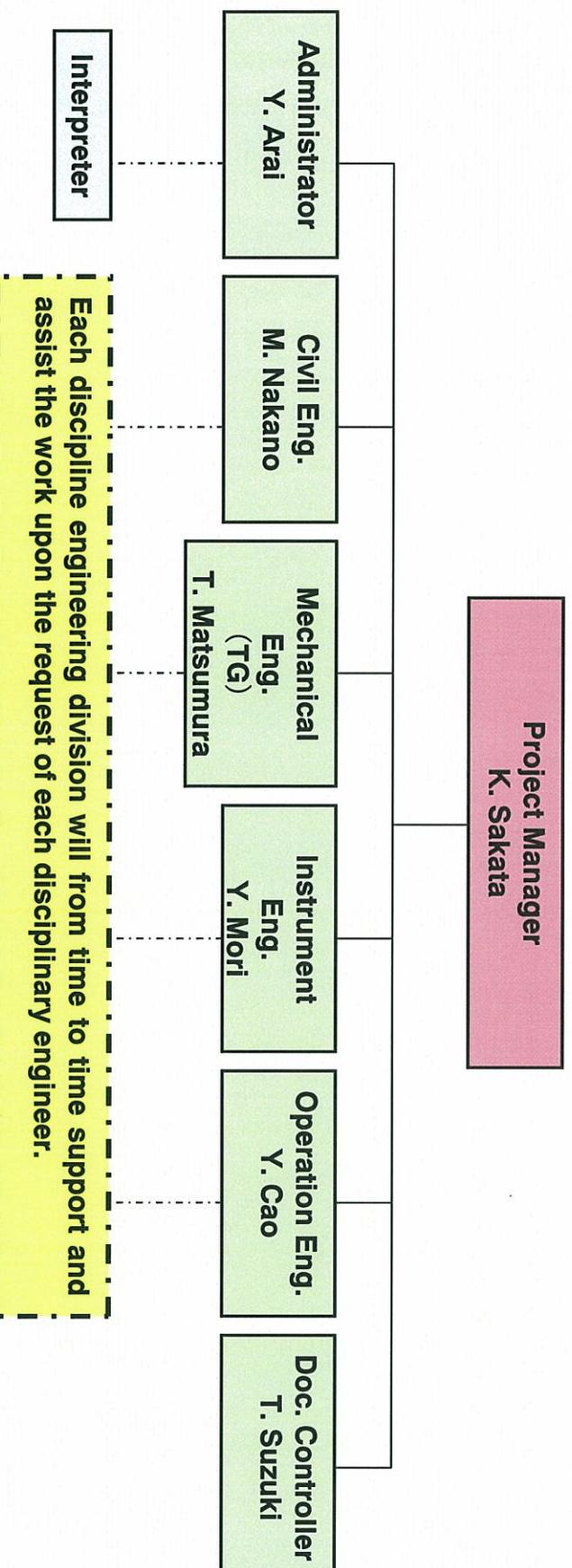
(days)

2. Life Evaluation of LNG Tank

- ❑ **Schedule: 4 months (3 tanks)**
- ❑ **Cost: US\$1.3million (3 tanks)**
- ❑ **Key issues:**
 - Approval of Authority
 - Availability of Operation Data

2. Life Evaluation of LNG Tank

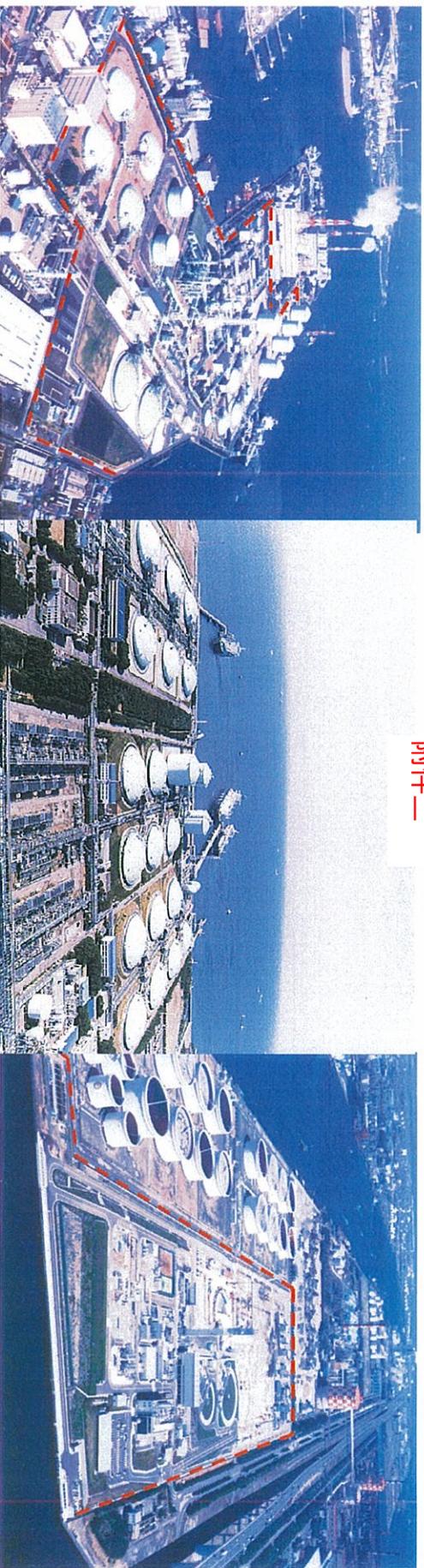
- Organization Chart of TGE



3. Comparison between Open Inspection and Life Evaluation

	Open Inspection	Life Evaluation
Schedule	20months as a minimum	4months
Cost	US\$50million as a minimum	US1.3million
Comment	<input type="checkbox"/> Many Potential Risks <input type="checkbox"/> Negative Impact on membrane life	<input type="checkbox"/> Approval of authority
Recommendation	Possible	Better

TGE's Suggestion: Life Evaluation Method is much beneficial to CPC, provided that relevant Authorities approve this method.



Discussion about Calorific Value Adjustment

In relation to

**Chinese Petroleum Corporation
Taiwan, ROC**



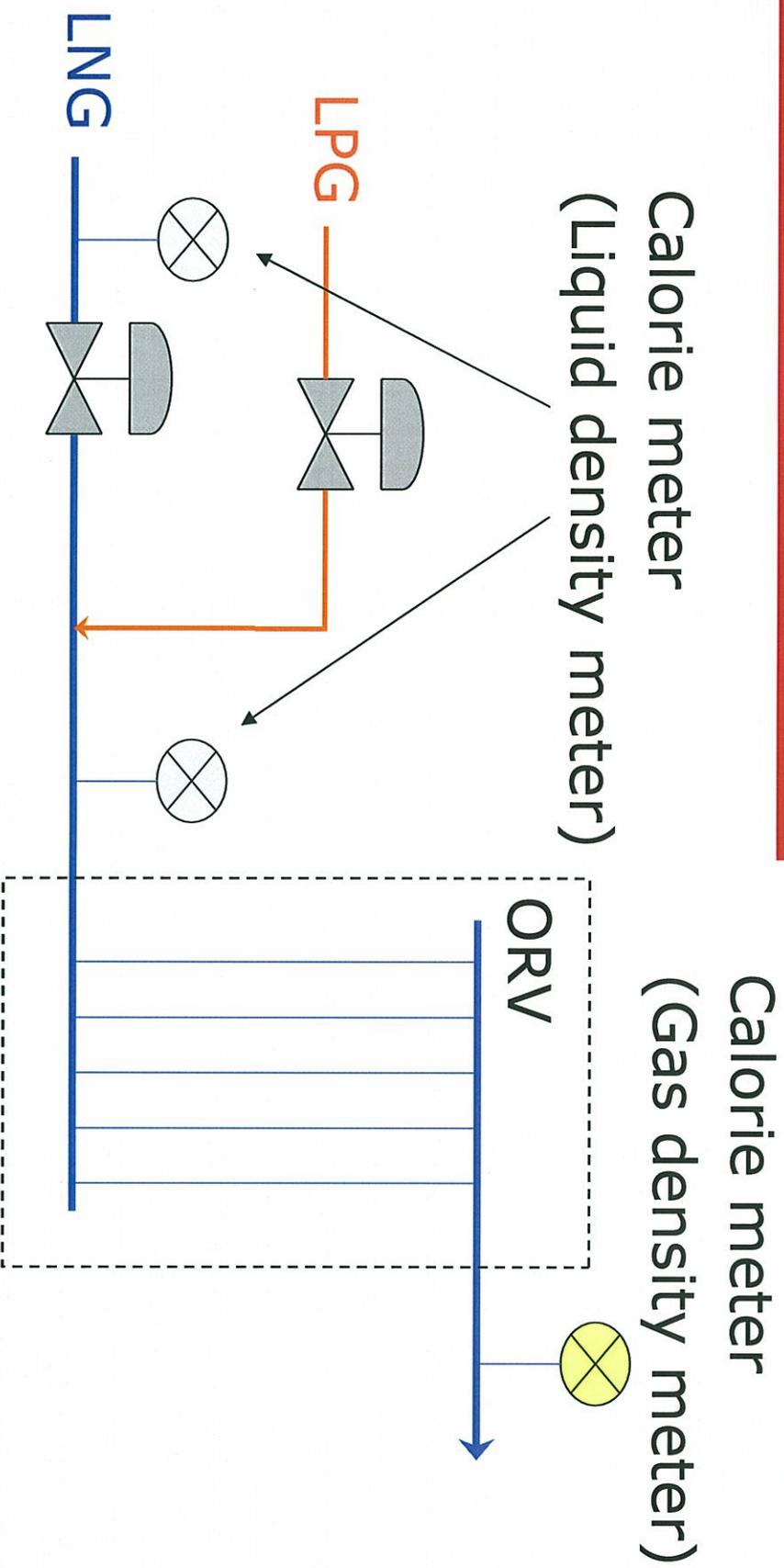
Tokyo Gas Engineering Co.,Ltd.

Aug, 2009
Japan

Calorific Value Adjustment

- ❑ Tokyo Gas has three types of Calorific Value Adjustment system
 - Gas / Gas (NG / LPG(gas))
 - Gas / Liquid (NG / LPG(liq))
 - Liquid / Liquid (LNG / LPG(liq))
 - ❑ All processes are “LPG is injected to LNG”
-

LNG / LPG calorific value Adjustment



What is the key point for operation

- ❑ Measurement principle of liquid calorie meter is to measure LNG density
(Using correlation between density and calorific value)
 - ❑ The reliability of liquid calorie meter is worse than gas calorie meter
 - ❑ Except for liquid calorie meter, correction by gas calorie meter is definitely required
-

The key of LNG / LNG calorific value adjustment

- ❑ Maybe no record in the world, but technicalwise, it could be achieved
 - ❑ Due to the “affinity” of LNG, two sources of LNG seems to be easily mixed in LNG pump out header without a line mixer
 - ❑ The key is how fine the control is required (range of calorific value)
 - ❑ If within a certain definite range (not fine control), it should be achieved
-

Key factor of engineering for LNG/LNG calorific value adjustment

