

# LNG陸運供應管理模式管理政策及發展策略

服務機關：

經濟部能源局 丁科長建仁

經濟部能源局 陳科員怡君

經濟部工業局 賴技正俊甫

經濟部標準檢驗局 劉技士威呈

線上研修國家：日本

線上研修期間：109年11月10日-109年11月19日

報告日期：109年12月18日

## 摘要

因應擴大天然氣使用及工業鍋爐改供燃氣等政策目標，預估天然氣需求將大幅增加，惟國內天然氣係以管線輸送，部分地區（如東部地區、離島或其他偏遠地區）受地形限制或未達經濟效益等因素而無天然氣管線。考量管線敷設之時間及成本，國際常見因應作法係採槽櫃（ISO tank）或槽車（lorry）等 LNG 陸運供應模式，以衛星站方式區域供應群聚用戶。

本次「LNG 陸運供應模式管理政策及發展策略」研修行程由駐日本代表處經濟組委託「日本國際協力中心」（Japan International Cooperation Center, JICE）安排，於109年11月10日至11月19日由經濟部能源局、工業局及標準檢驗局共4員進行6場線上研修課程，本次研修過程係日本產官學對於 LNG 陸運供應模式及熱值一元化（日本 IGF21 計畫）之政策管理、實務經驗以及未來發展進行說明。

本次研習之收穫與經驗未來可成為我國發展 LNG 陸運供應模式之基礎與借鏡，以期擴大我國天然氣之使用。

## 目 錄

壹、前言.....	1
貳、研修行程與內容.....	2
參、研修內容.....	3
肆、感想與建議.....	12

## 壹、前言

因應擴大天然氣使用及工業鍋爐改供燃氣等政策目標，預估天然氣需求將大幅增加，惟國內天然氣係以管線輸送，部分地區（如東部地區、離島或其他偏遠地區）受地形限制或未達經濟效益等因素而無天然氣管線。考量管線敷設之時間及成本，國際常見因應作法係採槽櫃(ISO tank)或槽車(lorry)等LNG陸運供應模式，以衛星站方式供應區域群聚用戶。

考量日本LNG陸運模式已發展成熟，有關本(109)年度臺日技術合作計畫之「LNG陸運供應模式管理政策及發展策略」研修計畫擬汲取日本政府對該相關國家標準制定及安全管理制度之經驗，並與日本瓦斯公司就槽車灌裝經營及操作等方面交流，瞭解LNG灌裝、槽車輸送及衛星站之經營。本次研修對未來我國天然氣主管機關在業務執行上具有重要參考價值，有助我國擴大天然氣使用、強化供應安全及健全天然氣產業。

本次研修計畫原預計本年度7月中旬至日本參訪研習，惟受嚴重特殊傳染性肺炎(COVID-19)疫情影響，經濟部之因公派員出國案件暫停辦理，改以視訊方式與日本相關產官學單位進行交流。

## 貳、 研修行程與內容

本次「LNG陸運供應模式管理政策及發展策略」研修行程由駐日本代表處經濟組委託「日本國際協力中心」安排，自109年11月10日至11月19日，共進行6場線上研修會議。

本會議參與成員包括本部能源局丁科長建仁及陳科員怡君、工業局賴技正俊甫及標準檢驗局劉技士威呈等4員，與日本經濟產業省（Ministry of Economy, Trade and Industry, METI）資源能源廳、高壓氣體保安協會(The High Pressure Gas Safety Institute of Japan)、日本瓦斯協會(The Japan Gas Association)、東京瓦斯公司(Tokyo Gas)、東京瓦斯工程公司(Tokyo Gas Engineering Solutions, TGES)及日本能源經濟研究所(The Institute of Energy Economics, Japan, IEEJ)等日本產官學單位進行交流。本線上研修課程，行程表如下：

表 1 研修行程及議題

月/日	研修機關單位	研修議題
11/10(星期二)	日本經濟產業省	天然氣在日本能源政策中之定位
11/12(星期四)	高壓氣體保安協會	高壓氣體保安法
11/13(星期五)	日本瓦斯協會	日本都市瓦斯之製造與供應模式、 推進擴大天然氣利用
11/16(星期一)	東京瓦斯工程公司	東京瓦斯集團簡介、 東京瓦斯之 LNG 接收基地與槽車運送基地
11/17(星期二)	東京瓦斯公司	關於 LNG 槽車供應事業、 燃料轉型案例
11/19(星期四)	日本能源經濟研究所	LNG 價值鏈市場之未來展望

資料來源：日本國際協力中心提供，本計畫彙整。

## 參、研修內容

### 一、日本經濟產業省（METI）資源能源廳-「天然氣在日本能源政策中之定位」

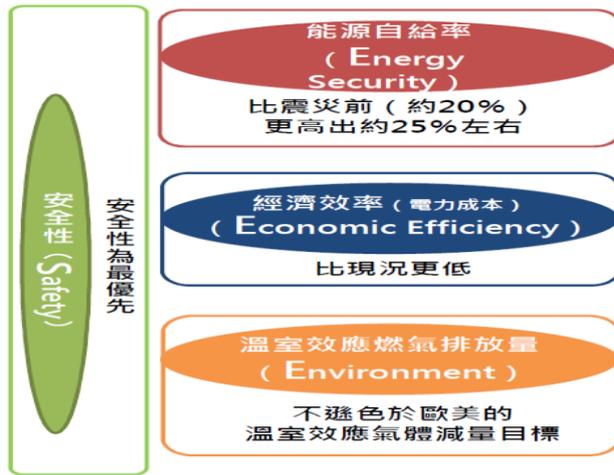
日本現為全球LNG第一大進口國（約占全球進口量之1/3），且與臺灣相同，皆致力於進口氣源多元化，日本國內LNG進口來源相較原油更多元，不易受到地緣政治風險之影響，80%以上氣源無須經過中東地區之荷姆茲海峽（Hormuz Strait）。2019年臺日之原油、液化天然氣之中東依賴度比較情形，如表2：

表2 2019年臺日原油、液化天然氣之中東依賴度情形表

2019年	原油	液化天然氣(LNG)
臺灣	73.7%	29.3%
日本	88.4%	17.8%

資料來源：臺灣經濟部能源局能源統計手冊、日本財務省貿易統計

日本2003年首次公布「能源基本計畫」，並於2010年6月修正公布「第3次能源基本計畫」，要求2030年石油及天然氣之自主開發比例（日本企業海外權益交易量與國內生產量，占進口量與國內生產量）須達40%以上，以維護日本國內油氣供應穩定。2018年7月通過「第5次能源基本計畫」，以安全（Safety）前提下，保障能源供應穩定性（Energy Security）、提供更佳之經濟效率（Economic Efficiency）及降低對環境影響（Environment）等3E+S政策目標，並設定2030年之電源結構目標為再生能源22~24%、核電20~22%、火力發電56%（燃煤26%、燃氣27%及燃油3%）。

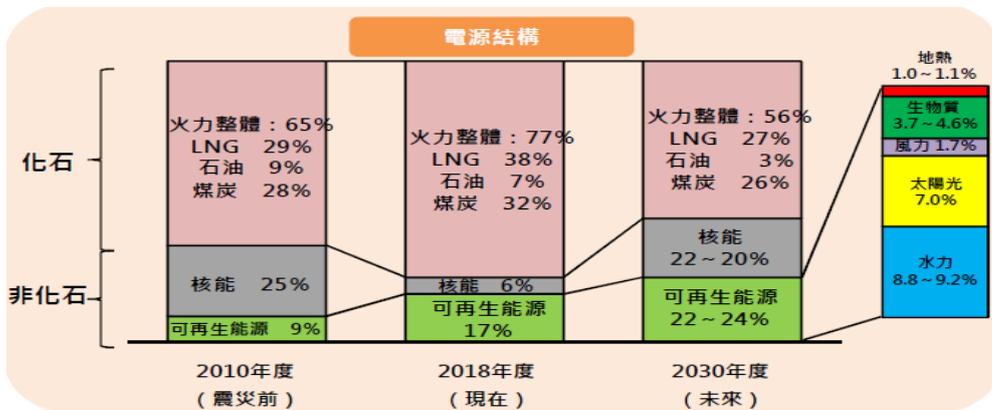


資料來源: 日本經濟產業省109.11.10「天然氣在日本能源政策中之定位」簡報資料

圖1 日本3E+S政策目標

日本政府視再生能源為發展主力，並透過再生能源電能躉購費率 (FIT 制度) 高價收購綠電，使再生能源發電占比由東日本大地震前之 9% 增加至 2018 年之 17%，但 FIT 制度同時導致日本全民電費負擔每年增加超過 2 兆日圓，故減少民眾電費負擔亦為日本能源政策重大課題之一；日本政府雖於地震後重啟核能，惟仍遭日本國內民眾質疑，據瞭解日本國內支持重啟核電之比例不足三成。

另因 LNG 相較石油、煤碳等其他化石燃料碳排放量低，屬於較環保能源，日本視燃氣發電為中載，並鼓勵產業改用天然氣，以提升災後能源韌性(核電不足時可緊急以燃氣發電因應)，2018 年 LNG 發電占比為 38%，較東日本大地震前增加 9%，LNG 將持續作為達成日本能源政策目標之重要能源，並將透過供應來源多元化，降低成本。

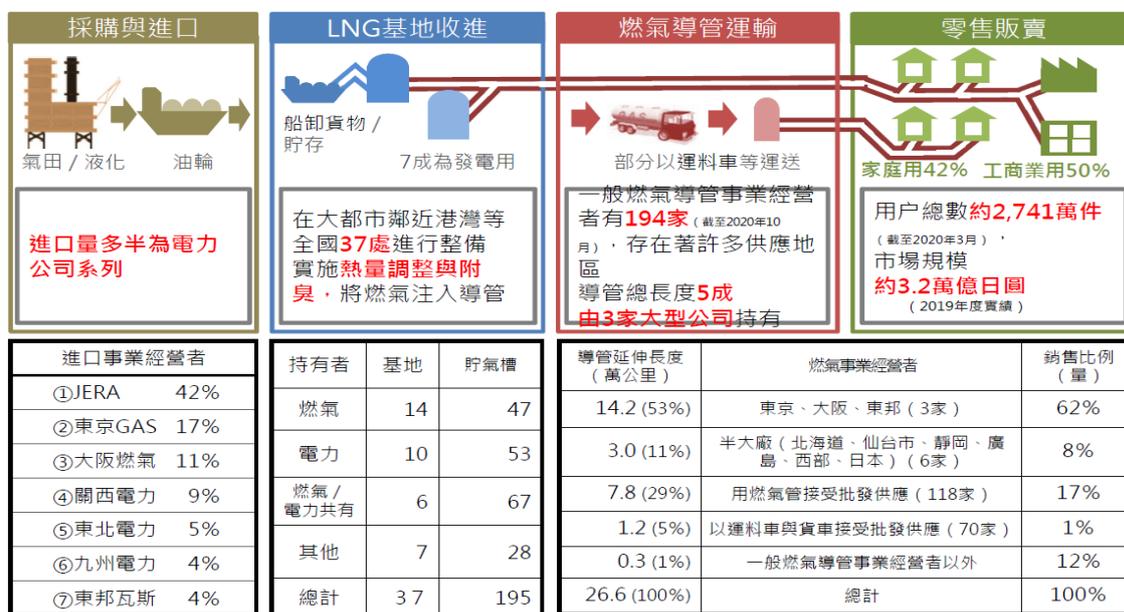


資料來源: 日本經濟產業省 109.11.10「天然氣在日本能源政策中之定位」簡報資料

圖2 日本「第5次能源基本計畫」之2030年度電源結構

日本天然氣7成用於發電，且以東京電力燃料暨電源公司(F&P)與日本中部電力公司(Chubu Electric Power Co.)合資設立之JERA公司所進口之天然氣數量最多，占全國42%，截至2018年底統計資料，日本共有37座天然氣接收站、195座儲槽。

日本主要天然氣公司為東京瓦斯、大阪瓦斯及東邦瓦斯公司，銷售量占該國62%，天然氣管線長度合計為14.2萬公里，占該國管線總長度比例53%，另全國天然氣銷售量中僅1%以LNG槽車運送。



資料來源:日本經濟產業省109.11.10「天然氣在日本能源政策中之定位」簡報資料

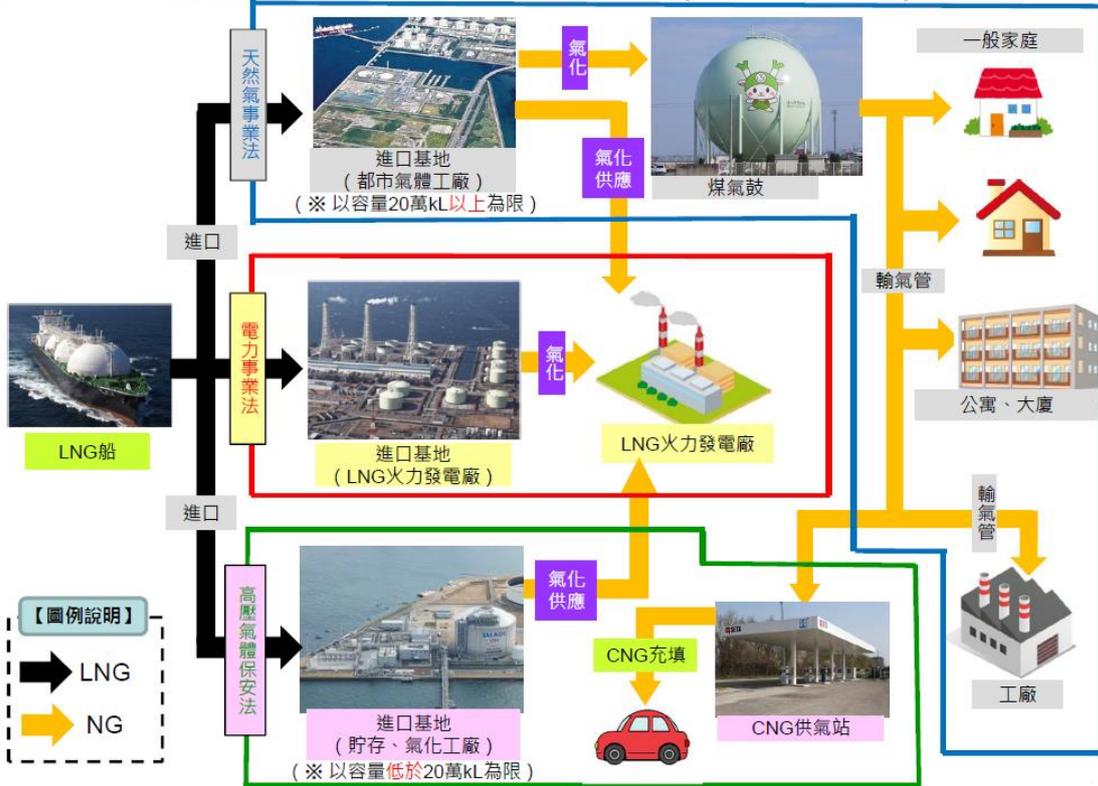
圖3 日本城市燃氣事業概況

## 二、高壓氣體保安協會-「高壓氣體保安法」

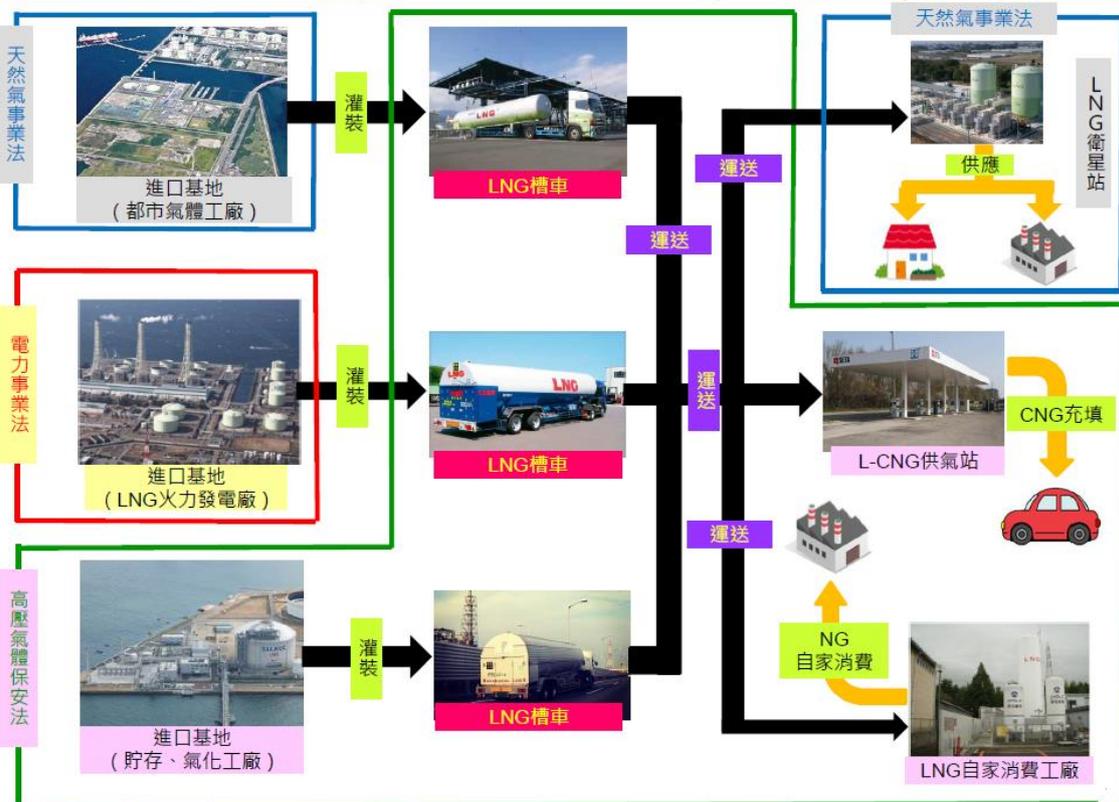
日本於1922年4月公布之「壓縮瓦斯及液化瓦斯取締法」首次規範高壓氣體安全規定，當時係由政府針對氣瓶進行管理，後改為業者自主檢查，故修正法律名稱為「高壓氣體保安法」。

日本現有37座LNG接收站中，因坂出接收站之儲槽容量低於20萬公秉，且非供應自有電廠，故適用「高壓氣體保安法」，其餘36座接收站則分別適用「天然氣事業法」或「電力事業法」。

### 進口至日本後的LNG主要流程 (輸氣管供應)



### 進口至日本後的LNG主要流程 (槽車運送)



資料來源: 高壓氣體保安協會 109.11.12 「高壓氣體保安法」簡報資料

圖 4 日本進口天然氣流程及相關法規

依「高壓氣體保安法」規定，LNG為壓力達0.2MPa時溫度在35°C以下之液化氣體，故日本LNG槽車運輸適用該法，而後續衛星站之營運階段，則依供應對象不同適用不同法規，如供應民生或非自用之工業用戶時，適用「天然氣事業法」；供應自家工廠或壓縮天然氣(Compressed Natural Gas, CNG)供氣站時，則適用「高壓氣體保安法」。

日本除要求LNG槽車運輸時，需具備基本之警示標誌、高度偵測棒、防災設備及車體設備防波板，駕駛需攜帶登載運送氣體名稱、救災資訊之黃卡外，亦要求運送前後均應檢查有無漏氣等異常情形，且運送3公噸以上LNG時，應配置取得國家資格或完成講習之運送監視人員，另如需長時間連續駕駛時，則應配置可輪替司機，以嚴謹管理制度，確保LNG運輸安全性，其注重安全之精神值得我國效法。

另日本多以槽車運輸LNG，較少使用重複灌裝之LNG槽櫃，因現行日本LNG槽櫃尚未與國際間相互認定，故原則上國外進口之LNG槽櫃於排空LNG後，多不再重複灌裝，若欲再次充填則須符合「高壓氣體保安法」之規定。

### 三、日本瓦斯協會-「日本都市瓦斯之製造與供應模式」、「推進擴大天然氣利用」

日本1995年起開始推行天然氣零售市場自由化，並以年使用量200萬度以上之大用戶為對象逐步擴大，至2017年4月達到全面自由化，惟一般天然氣導管業者仍維持區域獨占。

天然氣零售市場自由化後，因導管業者可身兼零售業者，為維持導管業者與零售業者間公平競爭，日本「天然氣事業法」規範導管業者應公平對待各零售業者，無正當理由不得拒絕輸送及供應。日本政府亦要求管線總和占比50%以上之日本東京瓦斯公司、大阪瓦斯公司及東邦瓦斯公司等三大公司須於2022年4月1日起，將該公司之供氣及導

管部門進行法人分離。

另日本於1950年代，國內存在石油腦及煤氣等低熱值燃料，燃料類別如與爐具不相容，則須對爐具進行調整或改造，東京瓦斯公司於1972年開始推動用戶統一採用13A之高熱值瓦斯，故日本政府通商產業省(現經濟產業省)於1991年正式推動熱值一元化計畫時，多數用戶均已使用13A之高熱值天然氣。

日本天然氣公司為達成熱值一元化目標，係先制定該公司推動計畫，全面調查用戶使用爐具型號，並與爐具廠商共同研商調整或更換爐嘴細節，且安排召開說明會，向用戶說明熱值一元化必要性、示範爐具更換流程、展示爐具火焰差異等，加強溝通以釐清用戶疑慮。

推動過程中，曾有用戶因家中既有歐洲風格爐具規格特殊，無合適噴嘴可更換，故無更換意願，後由天然氣公司洽該爐具之國外廠商提供相關零件；如遇用戶爐具過於老舊無法更換噴嘴時，天然氣公司亦提供更換新爐具優惠方案等措施，故天然氣公司支應費用以人事費及設備改造費用為主。

日本於2010年完成天然氣熱值一元化，目前該國民眾所使用的天然氣有12A及13A等2種不同熱值，國內販售之爐具皆可適用，僅可能是燒熱水時間略有差異，而部分產業(如製造玻璃等)因需平穩火力，如遇不同熱值才需進行爐具噴嘴調整。

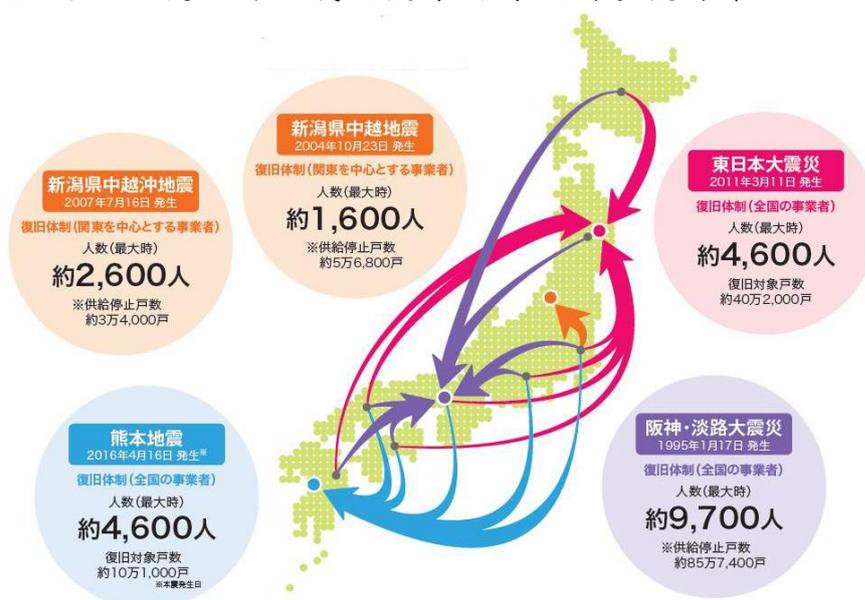
日本天然氣計價方面，天然氣公司以平均供應熱值(如東京瓦斯公司之平均供應熱值為 $45\text{MJ}/\text{m}_3\pm 1$ )，及用戶使用量多寡計算收取費用，與現行臺灣以體積計價之作法相同，惟不同於歐洲或韓國採取之熱值計價方式。

1980年日本政府(主要為經濟產業省、環境省及國土交通省)進行「加速轉換至天然氣」政策之補助措施，針對工業用燃氣設施及鍋爐等具節約能源、提升災後能源韌性或減少二氧化碳排放量等設備，由

政府補助用戶設備(初期成本)之2/3或1/3費用或貸款金額之部分利息。

日本位於環太平洋地震帶上，該國天然氣事業已成立災害救援制度，針對大規模災害事故(如2011年東日本大地震、2016年熊本地震等)，致中斷管線天然氣供應時，日本瓦斯協會及全國之天然氣公司將組成「日本瓦斯協會救援隊」，傾業界之力協助復原。

以2011年東日本大地震為例，石卷瓦斯公司之仙台LNG接收站因海嘯侵襲而受損，東京瓦斯公司緊急以槽車調度LNG協助因應，日本瓦斯協會亦集結全國天然氣公司組成救援隊進行設備修復作業。



資料來源:日本瓦斯協會 109.11.13「日本都市瓦斯事業」簡報資料

圖 5 近年日本地震負責修復人員數及修復戶數

#### 四、東京瓦斯工程公司(TGES)、東京瓦斯公司-「東京瓦斯集團簡介」、 「東京瓦斯之LNG接收基地與槽車運送基地」、「關於LNG槽車供應 事業」及「燃料轉型案例」

東京瓦斯公司創立於1885年，近年LNG供應量約1,323萬公噸，擁有扇島、根岸、袖之浦及日立等4座天然氣接收站，除扇島接收站外，其餘3座天然氣接收站均設有灌裝設備，該公司於1970年開始以LNG槽車

供氣，已有50年陸運供應經驗，迄今LNG槽車數量約190輛，約占日本國內1/4，運輸範圍約200公里，並以GPS管理LNG槽車運行情況。

東京瓦斯公司以LNG槽車供應之天然氣銷售價格，包含LNG之起岸價格(CIF)、接收站出貨設備費用(如儲槽、灌裝設備等)、槽車運費及石油煤碳稅等，並依用戶需求另加計LNG衛星站設備、表內管裝置等費用。

該公司表示銷售價格中，接收站出貨設備費用因每單位氣量分攤成本相同，故不論用戶類別或使用數量，每度均收取相同天然氣費用；至於槽車運費部分，因大型槽車運輸較有規模經濟，故當用戶使用量多時，將使運費單價降低。

衛星站儲槽部分，該公司考量法定不可使用空間(僅能填充90%儲槽容積)，並依其經驗納入槽車無法按時抵達緊急因素(如大雪等)，最適容積約略為該用戶3天之需求量。

東京瓦斯公司表示已成功研發衛星站無需設置加壓系統並取得專利，主要為採用「無加壓系統」之氣化器，並將氣化器做成濾心狀以節省空間，且依「高壓氣體保安法」規定，該種衛星站可視為第一種儲藏所，僅需設置1名保安負責人，而非須設置保安主管及輪班之保安人員之第一種製造所，大幅降低法定設置資格者之障礙。

另東京瓦斯公司亦為本次研修課程錄製該公司接收站配置及灌裝LNG槽車流程等影片，透過撥放影片讓學員瞭解LNG灌裝及輸送作業流程。

東京瓦斯工程公司為東京瓦斯公司之子公司，主要提供現場能源服務及智能能源網事業等服務，曾參與中油公司永安接收站基本設計，亦銷售雷射甲烷偵測器予中油公司及大台北區瓦斯公司等，積極開發海外事業。

## 五、日本能源經濟研究所（IEEJ）－「LNG價值鏈市場之未來展望」

日本於1969年開始進口LNG，近幾年均為世界最大之LNG進口國，其中2008年及2011年因核電事故，以燃氣發電彌補電力缺口，大量進口LNG致現貨LNG船的運送距離隨之增加。

因國際環保意識逐漸抬頭，導致天然氣需求急速擴大，LNG現貨市場交易亦逐年增加，2019年全球現貨市場交易已達9,500萬公噸，占總交易量27%，且因現貨市場於總體交易占比之提升，LNG合約價格亦出現與現貨市場價格(如Japan/Korea Marker, JKM)連動的長期合約。

另因美國、俄羅斯及澳洲等國擴大LNG產能，更使LNG市場更加熱絡，尤其美國自2008年頁岩氣革命後大幅增產LNG，於2016年首度出口LNG，2017年已成為LNG淨出口國，並積極開拓亞洲LNG市場。

另為因應國際海事組織(IMO)推動之IMO2020法案，2020年起船舶燃料中含硫上限將由現行3.5%調降至0.5%，全球陸續推動相關「船舶用液化天然氣計畫」，日本於2018年底開始於東京灣及伊勢三河灣兩地興建LNG燃料船補給據點，並於2020年開始營運。

## 肆、感想與建議

臺灣及日本部分地區因地形環境之限制，難以鋪設管線，惟日本瓦斯公司已於1970年開始以陸上運輸方式，透過從接收站灌裝LNG至槽車或槽櫃後運送至衛星站，再將LNG氣化成天然氣後以管線方式供應當地家庭及工業用戶使用，滿足管線無法到達地區使用天然氣之需求，並擴大天然氣使用。

根據東京瓦斯公司說明，該公司營運LNG陸運模式已有50年，從未發生LNG洩漏或安全事故。期望臺灣國內引進LNG陸運供應模式後，除可拓展供氣區域和提升天然氣普及率，亦可作為國內可靠之天然氣供應模式之一。

為提升用戶便利性及強化天然氣公司經營效率，日本於1990年推行熱值一元化計畫，政府部門補助、天然氣公司全力推動，及用戶之理解與配合都缺一不可，且該計畫涉及一氧化碳中毒等安全性議題，建議更詳細瞭解日本推動內容、管理方式及查核作法等，以掌握計畫執行重點。

日本於2010年規劃2030年石油及天然氣之自主開發比例須達40%以上，考量臺灣與日本皆屬自然資源缺乏國家，穩定供應油氣能源，實屬重要，建議可研商臺灣能源自主開發比例之精進目標，期穩定國內能源供應。

因國際海事機構(IMO)嚴格限制船舶排放廢氣之含硫量規定，對環境負擔較少之LNG動力船預期未來將更受重視，我國應密切關注此趨勢，並掌握世界各國因應IMO2020推動之相關政策及措施，滾動檢討我國相關法規及產業政策。目前國際通用槽櫃我國已調和ISO 1496-3制定為國家標準CNS 3746-3。

課程中獲知日本東京瓦斯公司之衛星站「無加壓系統」專利技術，惟其他程序中是否另存在專利技術並不清楚，若為無法替代之必要專

利，國家標準制修訂涉及該專利者，建議案之提案人須得到專利權人正式聲明，願意於該標準放棄專利權或無償授權之聲明書(排除合理無歧視原則)，否則其專利權不得納入國家標準中。

LNG 屬極低溫之易燃物品，在公路上運輸危險性高，且主要成分為甲烷，其溫室氣體效應約比二氧化碳嚴重 30 倍，若有任何疏失或洩漏將釀成災害，因此安全管理與危機處理上尤為重要，我國交通部主管運輸相關法規、勞動部主管高壓氣體勞工保護相關法規，內政部主管建築物設置、災害預防及搶救等，事涉跨部會協商及國家政策方向，須各部會配合制修訂相關管理規範並落實檢查，期能達到與東京瓦斯公司迄今零洩漏事故之效能。建議未來國內相關部會應同步參與液化天然氣供應模式管理政策相關會議，並適時檢討有關管理、檢查及設置等法規制度，以接軌國際趨勢。