

台灣天然氣安全存量規範天數之研究

文軍強¹、徐瑋成²、謝宗憲³

一、前言

天然氣為低碳、低污染之潔淨能源，在政府積極推動非核家園願景以及溫室氣體減量兩大能源政策轉型政策下，未來燃氣機組將成為我國發電之主力，因此可預知天然氣需求在未來將大幅成長。為維持國內天然氣穩定供應，確保天然氣供應來源之充足即為重要目標，因台灣天然氣仰賴自國外進口，若無足夠之安全存量天數，在遭遇船期延誤或天候不佳影響 LNG 船卸收時，國內恐面臨天然氣短缺之風險，故本研究針對天然氣安全存量之議題進行分析與探討，研擬出合宜之安全存量天數。

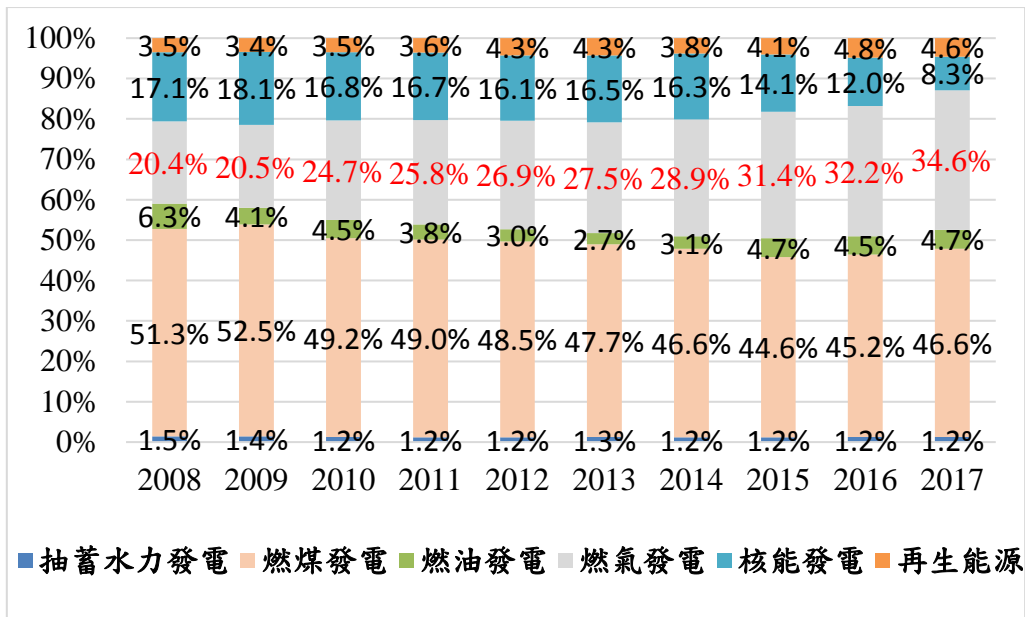
二、台灣天然氣供應現況

台灣傳統以燃煤發電為主，根據經濟部能源局-能源統計月報資料，2017 年全國發電量約為 2,703 億度，發電量結構以燃煤發電居冠，占比為 46.6%，其次為燃氣發電占比為 34.6%，核能為 8.3%，再生能源則為 4.6%(含慣常水力、風力、太陽光電、生質能以及廢棄物)，然而近年來國內對於空氣污染與環境保護議題逐漸重視，因此政府提出能源轉型發展之策略，未來將由天然氣作為基、中載電力機組，成為國內發電主力，近年國內天然氣發電占比之變化可參見下圖 1。隨著燃氣發電量之增加與國內天然氣消費之成長，國內液化天然氣進口量由 2008 年 903 萬噸，至 2017 年天然氣進口量已達到 1,651 萬噸，顯示國內天然氣消費需求大幅成長，天然氣的地位已今非昔比。近年天然氣進口量變化趨勢可參見下圖 2。

¹ 台灣經濟研究院研究五所，助理研究員

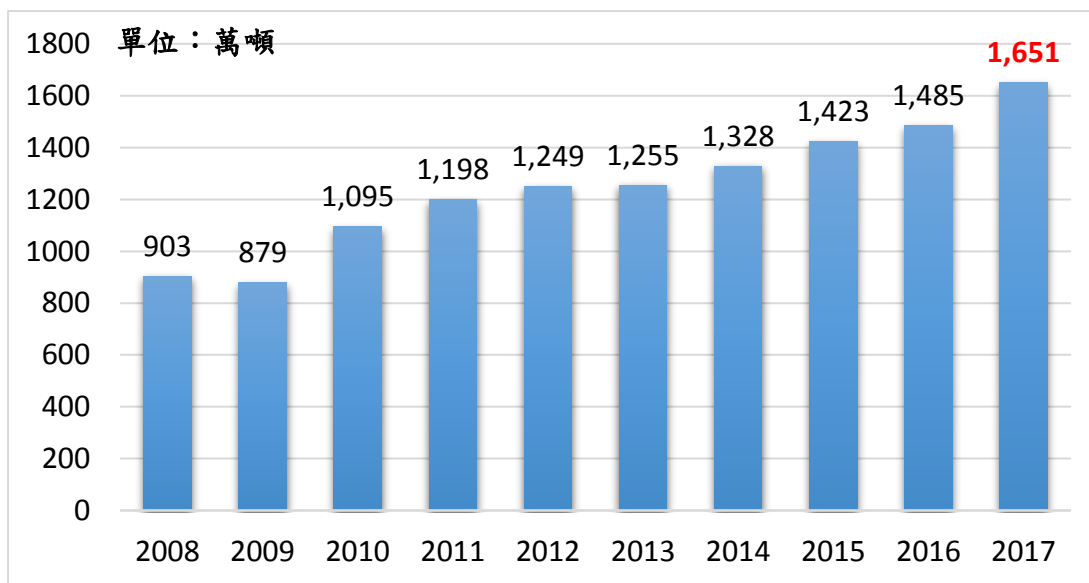
² 台灣經濟研究院研究五所，助理研究員

³ 台灣經濟研究院研究五所，副研究員



資料來源：能源統計月報-發電量 (2018.7.13)，本研究繪製。

圖 1 國內天然氣發電占比變化



資料來源:能源統計月報-液化天然氣進口量(2018.7.13)，本研究繪製。

圖 2 2008~2017 年國內天然氣進口情勢

台灣天然氣供應仰賴國外進口，國內天然氣供應量約 99% 以船運方式進口液化天然氣 (LNG)，自產天然氣僅占約 1%。現行國內天然氣進口與生產事業僅由中油公司獨家經營，具有永安及台中兩座天然氣接收站，其中永安接收站內有兩座卸收碼頭和六座儲槽，規劃營運

量為 1,050 萬噸，台中接收站內有一座卸收碼頭和三座儲槽⁴，規劃營運量為 550 萬噸，現行國內總體儲槽容量為 117 萬公秉，總規劃營運量為 1,600 萬噸。然而在我國天然氣用量逐年提高的情況下，接收站利用率已達 103%，國內各天然氣接收站設施詳細情形可參見下表 1。

表 1 國內天然氣接收站概況

項目	永安接收站	台中接收站 ⁵	合計
卸收碼頭	2 座	1 座	3 座
氣化能力	1,680 噸/時	900 噸/時	2,580 噸/時
儲槽數量	6 座	3 座	9 座
儲槽容量	69 萬公秉	48 萬公秉	117 萬公秉
規劃營運量	1,050 萬噸/年	550 萬噸/年	1,600 萬噸/年

資料來源：台灣中油公司，本研究整理

因台灣近年來對於天然氣需求大幅提高，惟相關天然氣輸儲設備之投資計畫尚未完成，造成國內儲槽週轉率逐年提高，所儲存之天然氣存量天數則逐年降低，2015 年最低存量天數仍保持在 7 天以上，但 2017 年最低存量天數僅剩 6 天。對於台灣天然氣供應有極大之隱憂，若遭遇船隻航期延誤與天候不佳等偶發性事件將有供氣中斷之風險，如 106 年 10 月 18 日，因台中港天候海象不佳，導致 10 月 19 日起連兩艘 LNG 船無法駛入台中接收站進行卸收作業，影響天數至少 4 天，因天然氣存量不足，使得大潭電廠 2 座機組被迫降載，所幸當時並非夏季用電巔峰時期，未造成重大影響，惟已突顯出國內天然氣存量不足之現況。

三、台灣天然氣安全存量規範

由上述可知，天然氣存量對於台灣天然氣穩定供應有重大之影響，因此經濟部政府於 2017 年 7 月 24 日頒布解釋令：「天然氣事業法」第 31 條第 2 項及第 3 項所稱「儲槽容量」，係指天然氣生產或進口事業為維持供氣穩定，所應自備一定天數之儲槽容積；並為保障能源供

⁴ 台中二期擴建計畫中 3 座儲槽已完工，正進行試俾作業，預計 107 年底台中將有 6 座儲槽

⁵ 107 年底台中二期擴建計畫完成後氣化能力將為 1,200 噸/時，規劃營運量為 600 萬噸/年

應安全，應儲存一定天數之安全存量。

另考量未來天然氣用量將大幅增加，須提高現行儲槽容積天數及增訂安全存量天數，故於 2018 年 8 月 27 日公告修正「天然氣生產或進口事業自備儲槽容量」：規範天然氣進口事業之儲槽容積天數至少為 15 天，至 2022 年達 16 天；2025 年達 20 天；2027 年須達 24 天為目標，以及增訂安全存量天數規範，規定天然氣進口事業於 2019 年其事業存量天數至少為 7 天(事業存量天數=事業當日之存量÷前一年度日平均供應量)；2022 年達 8 天；2025 年達 11 天；2027 年達 14 天為目標，以保障國內能源供應安全。各階段儲槽容積天數與安全存量天數期程與目標可參見下表 2。

表 2 各階段儲槽容積與安全存量之目標天數

期程規劃	2018 年	2019 年	2022 年	2025 年	2027 年
儲槽容積天數	15	15	16	20	24
安全存量天數	-	7	8	11	14

資料來源：經濟部能源局官網資料，本研究整理

由於安全存量規範攸關天然氣穩定供應，其天數訂定之多寡是否足夠因應偶發性氣源中斷之影響為值得討論之議題，故本研究以下將參考及比較各國安全存量相關規範與台灣之差異，分析並提出合宜之安全存量天數。

四、國際天然氣安全存量相關規範

國際上亦有許多天然氣進口國對有天然氣安全存量訂定規範，由於以天然氣管線 (PNG) 進口和以 LNG 進口之國家，其供應及儲存等特性皆有所不同，故依進口類型不同，可分為 PNG 進口國、兼具 PNG 與 LNG 進口國、LNG 進口國等三種類型，以下就三種進口類型之國家作探討。

(一)管線天然氣 (PNG) 進口國

多數歐洲國家天然氣供應可透過鄰國以天然氣管線進口，並以氣態形式儲存至地下儲氣窖，部分天然氣進口依賴度較高之國家，為提升能源安全皆具備天然氣安全存量之規範，各國詳細之存量規範可參見下表 3。

表 3 以 PNG 進口為主國家之安全存量規範

國家	規範內容		儲存型態	儲存方式
	規範對象	存量		
波蘭	天然氣進口商	30×日平均進口量	氣態	地下儲氣窖
斯洛伐克	天然氣供應商(進口及配銷商)	極度惡劣氣候：7×日平均尖峰需求量 正常冬季：30×日平均需求 尖峰需求：30×日平均需求	氣態	地下儲氣窖
比利時	天然氣供應商(進口及銷售商)	極度惡劣氣候：7×日平均尖峰需求量 正常冬季：30×日平均需求 尖峰需求：30×日平均需求	氣態	地下儲氣窖
義大利	天然氣進口商、生產商	30×日平均尖峰需求量	氣態	地下儲氣窖
匈牙利	天然氣生產、進口、銷售商	全國合計 9.15 億立方公尺 (約 37×日平均消費量)	氣態	地下儲氣窖

資料來源：我國各駐外代表處經濟組；各國能源主管機關；本研究整理。

(二)兼具 PNG 與 LNG 之進口國

目前兼具 PNG 與 LNG 進口的國家包含葡萄牙、西班牙及中國大陸，其存量規範可參見下表 4。西班牙雖然管道天然氣進口與液化天然氣進口數量比重相當，惟其儲存方式限制僅能儲存於地下儲氣窖；中國大陸則為因應天然氣需求量大幅增加，為防範面臨供氣短缺之問題，於 2018 年 4 月提出《關於加快儲氣設施建設和完善儲氣調峰輔助服務市場機制的意見》，其規範為 2020 年供氣企業需有其年合約銷售量 10%之儲氣能力、城鎮瓦斯公司需有 5%其年用氣量 5%之儲氣能力及地方政府需有 3 天的天然氣儲備。

表 4 兼具 PNG 與 LNG 進口國家之安全存量規範

國家	規範內容		儲存型態	儲存方式
	規範對象	存量		
西班牙	天然氣供應商、大型用戶	20×日平均消費量	氣態	地下儲氣窖
葡萄牙	天然氣進口商	18×前 12 個月日平均消費存量	氣態 液態	地下儲氣窖、LNG 儲槽
中國大陸	天然氣供應商	2020年擁有不低於其年合約銷售量10%之儲氣能力	氣態 液態	地下儲氣窖、LNG 儲槽
	天然氣銷售商	2020年擁有不低於其年用氣量5%之儲氣能力	氣態 液態	地下儲氣窖、LNG 儲槽
	地方政府	2020年擁有3×日平均需求量之儲氣能力	氣態 液態	地下儲氣窖、LNG 儲槽

資料來源：我國各駐外代表處經濟組；各國能源主管機關；本研究整理。

上述國家規範之天然氣安全存量天數都遠高於我國，主要是因其進口類型多以 PNG 進口為主，故能以氣態方式儲存於地下儲氣窖中，惟 LNG 物理特性與 PNG 不太相同，LNG 溫度約為攝氏-162°C，需儲存於具保冷功能之低溫儲槽，使得 LNG 不易久存，且儲存成本亦較高，故上述國家之安全存量天數作法較不適用於我國之情境。

(三)LNG 進口國

目前以 LNG 進口為主之國家有日本、韓國以及台灣，而日本目前在法規面並未強制規定天然氣存量規範，而韓國依「都市瓦斯事業法」：規定進口業者儲槽容積天數須達 30 天，惟確切之安全存量天數主管機關仍未公告。雖然日韓法規皆還未有明確之安全存量規範，不過其天然氣進口事業已有內部規範需儲存之天然氣安全存量天數，日本企業內部規範為儲存 14 天之安全存量；韓國企業（KOGAS）內部規範則約為 11 天（夏季）~12 天（冬季）。

日本和韓國天然氣供應形式與台灣相仿，且日本天然氣發電占比約為39.3% (2017年)和台灣發電占比34.6% (2017年)相近，故日本與韓國之安全存量天數可作為台灣參考。台灣自2019年始有安全存量天數

達7天之規範，與日韓相比仍有落差，須至未來台灣天然氣安全存量天數目標達14天，屆時風險管理能量才能與日韓看齊，我國與日韓安全存量法律規範與企業內規之比較可參見下表5。

表 5 台日韓天然氣存量規範表

國家	規範內容			企業內規	
	對象	安全存量	儲槽容積	對象	安全存量
日本	無	無	無	城市瓦斯公司	14 天 (日平均使用量)
韓國	進口自用事業	無	30 天(前一年度日平均使用量)	進口自用事業	無
	批發事業	日平均銷售量然切府 30 天之內之確切 氣數量，惟待政府 儲存數量公告	無	批發事業	最低存量:30 萬噸(約 3 天之日均銷量) 安全存量:夏季 70 萬 噸(約 11 天之夏季日 均銷量)、冬季 126 萬 噸(約 12 天之冬季日 均銷量)
台灣	生產、進口事業 (含自用)	生產事業:0.5 天 進口事業: 108 年達 7 天 111 年達 8 天 114 年達 11 天 116 年達 14 天	生產事業:0.5 天 進口事業: 現行 15 天 111 年達 16 天 114 年達 20 天 116 年達 24 天	無	無

資料來源：Oil & Gas Security emergency response of IEA countries 2011、本研究詢問 KOGAS 之內容，經濟部能源局管網資料，本研究整理。

五、安全存量天數分析

為因應能源轉型政策，未來台灣天然氣需求勢必大幅增加，而天然氣主要依賴進口，一旦氣源中斷或短缺，將造成重大衝擊，因此安全存量天數即為因應天然氣進口可能遭遇之風險，而可能導致進口天然氣氣源偶發性中斷的可能因素包含(1)出口受阻或出口國設施故障、(2)船隻故障導致 LNG 船期延誤與(3)海氣象因素導致 LNG 船無法停泊靠岸。因出口國設施故障與船期延誤等問題可藉由緊急 LNG 調度來因應；而颱風等海象因素導致 LNG 船無法進港只能耐心等待天氣轉好，故安全存量天數之訂定應以 LNG 緊急調度時間和颱風影響時

間為基準進行設計，以下就 LNG 緊急調度、天候條件影響之時間，以及複數狀況接連發生之情況分別作探討。

(一)LNG 緊急調度

我國天然氣長約供應國主要為卡達、馬來西亞、印尼及巴布亞紐幾內亞，其中卡達為現行最大 LNG 進口來源，2017 年進口量為 509 萬噸，占總體進口量的 31%，其次依序為馬來西亞 300 萬噸（18%）、印尼 215 萬噸（13%）以及巴布亞紐幾內亞 185 萬噸（11%），其餘國家為短約或現貨供應。印尼之天然氣合約已於 2017 年到期，為穩定 LNG 進口來源，中油公司採取氣源多元化之方針，拓增天然氣進口來源，已與澳洲 Ichthys LNG 和與美國 Cameron LNG 公司簽署天然氣長約，預計 2019 年開始供應，另中油公司於今年 8 月與美國錢尼爾能源公司(Cheniere Energy)簽署天然氣長約，為期 25 年，預計 2021 年起每年供應我國 200 萬噸之 LNG。從上述狀況顯現中油公司已進行拓增氣源之布局。

然而 LNG 出口易受諸多因素影響，包括出口商生產或出口設備故障、出口國地緣政治情勢、海域封鎖以及國際事件等因素均可能影響天然氣進口，產生進口中斷之風險，近年影響我國天然氣進口之事件可參見下表 6。

表 6 影響國內天然氣進口事件之彙整

事件	影響	處理方式
2018 年 2 月 26 日巴布亞紐幾內亞發生芮氏規模 7.5 強震。	PNG LNG project 於地震發生當日即關閉液化出口廠，經由初步評估，損壞設施之修復需耗時 8 週，待整體液化出口廠修復與完成全面評估後始能恢復生產。	中油公司以高於市價之價格採購 4 月份的 LNG 現貨，另於現貨市場上尋覓 5 月份之現貨，所幸並無造成國內天然氣供應短缺。

<p>2017年6月5日多數中東國家指控卡達援助恐怖組織，與其宣布斷交，爆發卡達斷交危機事件。</p>	<p>卡達LNG出口至亞洲必須通過荷姆茲海峽，離開波斯灣得以東行至台灣。惟荷姆茲海峽所屬領海為伊朗與阿曼所掌握，而此二國未參與斷交行動，故不影響原先航行路線。</p>	<p>對我國天然氣之進口未造成影響。</p>
<p>2017年秋季出現35°C以上之異常高溫。</p>	<p>炎熱之天氣造成國內用電量飆升超出台電原先之預期，進而影響天然氣預估存量，即將面臨存貨不足之情況。</p>	<p>中油公司緊急與各買家商討換貨，最終把原要運至韓國之LNG船，改掉頭至永安接收站卸收。</p>

資料來源：路透社(Reuters)、中油元氣生活專刊第十期，本研究整理。

由上述案例可知，天然氣進口來源有其風險，因此若有緊急狀況，可採行請長約國配合供應提前出貨、請供應方縮短航運船期、向日韓調換船貨等幾種方式進行LNG緊急調度。

1、請長約國配合供應

若向鄰近長約供應國協商支援，對象包含：馬來西亞(運輸航期約3.5天)，以及巴布亞紐幾內亞跟澳洲；運輸航期分別為7天及6天，各長約國至我國所需航程及運輸時間如下圖3所示，因與長約供應國協調提前出貨之聯絡調度期間需2天，以從馬來西亞進口LNG為例，所需船運時間約為4天再加上1天的卸收時間，預估因應發生進口中斷所需之時間約為7天。



資料來源：本研究繪製。

圖 3 進口來源航程及時間圖

2、請合約供應方縮短船期

倘若我國需合約供應方配合縮短船期，需剛好供應方近日內(2~3日內)會出貨，即可要求船方提高船速，但考量行駛安全，仍不可超過船舶最快行駛速度，航行速度設計約為 19 節，依據台灣中油公司實務操作經驗，僅能比預計船期提早約半天入港。以從馬來西亞進口 LNG 為例，倘若原訂近 2 日將會出貨，在要求縮短船期其船運時間可由 3.5 天縮短為 3 天，再加上卸收時間 1 天，預估其調度至船貨進港卸收約需 6 天。

3、向鄰近日韓調換船貨

鄰近日本與韓國天然氣需求量大，船次較我國密集，且日韓之航道大多會航行經過台灣，目前我國鄰近國家已建立合作機制，可向日韓 LNG 進口商聯繫進行 LNG 調貨或換貨，中油過去雖有向日韓調貨或換貨之經驗，惟須視日韓船期之安排，以及日韓國內之 LNG 儲存量與需求量而定，相對於前述兩種 LNG 緊急調度方式，不確定性相對較高。

由此分析可知，LNG 緊急調度所需要的時間應為 7 天，是訂定安全存量天數規範的重要參考指標。

(二) 天候海象因素之影響時間

現行我國天然氣進口僅能仰賴船運，故 LNG 卸收受到海氣象情況影響明顯，根據「臺中港液化天然氣船進出港與繫泊作業規定」，臺中港 LNG 船進港之天候條件限制為平均風速超過 12m/sec，北防波堤遮蔽區內示性波高 ($H_{1/3}$) 高於 1.5 公尺，以及雷雨、暴風雨及陸上颱風警報發佈後，未來 12 小時可能侵襲本港，有以上情況 LNG 船皆無法入港。

1、東北季風影響

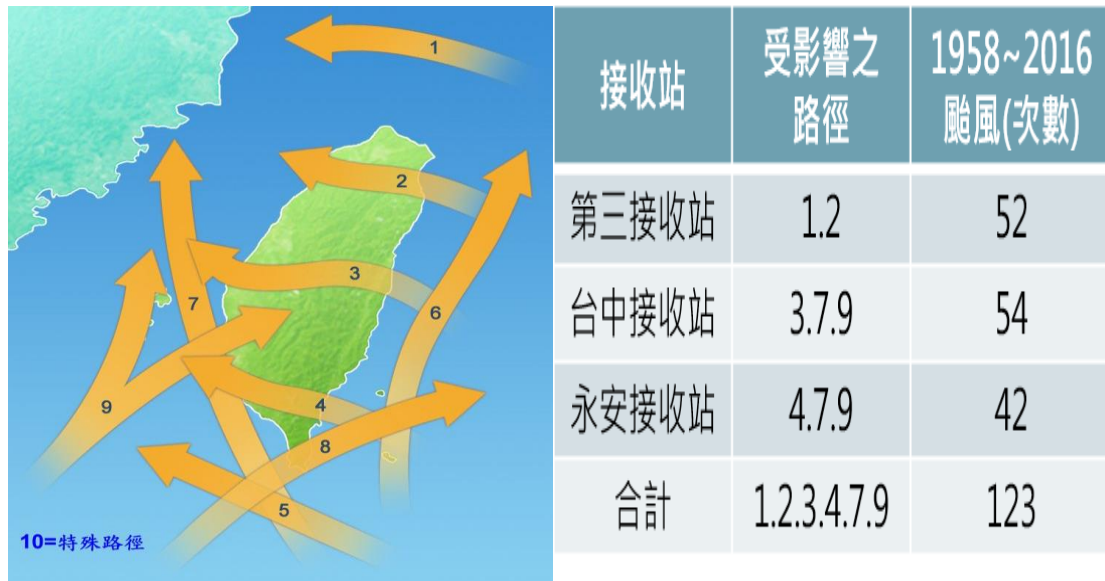
海氣象影響 LNG 船進行卸收之時間常不僅只有一日，如東北季風期間易造成連續多日海象不佳之情況，107 年 4 月 20 日，台塑石化董事長陳寶郎於「新能源政策展望」高層論壇就提及，LNG 易受到運輸、天候、海象及存量（擴大存量要加蓋儲槽）等風險，106 年麥寮港就曾因東北季風使天候不佳導致封港 5 天，使得進口原料與出口產品皆無法進出港，造成卸收延期。

2、颱風影響

另外影響 LNG 船長期無法進港的海象因素為颱風，根據中央氣象局統計資料自 1958~2016 年期間，永安接收站受颱風影響次數為 42 次，而台中接收站廠址以及第三接收站預定廠址受颱風影響次數皆超過 50 次以上，平均每年約有 1~2 個颱風行經路徑會影響國內天然氣接收站。影響接收站之颱風路徑評估如下圖 4 所示。

颱風影響時間從颱風登陸前一天開始，若風浪過大 LNG 船就將無法進港，颱風登陸當天更是要撤離所有 LNG 船，直至颱風出海後依據當天風浪情況，LNG 船才能陸續回港，前後影響時間至少 3~4 天，另外甚至過去不乏雙颱侵襲之案例，2016 年莫蘭蒂與馬勒卡侵台，氣象局於 9 月 13 號發布陸上警報直至 9 月 18 號才解除警報，故

考量颱風影響卸收之時間最長為 7 天。



資料來源：中央氣象局，本研究整理。

圖 4 颱風影響路徑與次數統計

由此可見，以台灣過去東北季風和颱風案例統計分析結果，LNG 船卸收受天候海象因素影響的時間最長為 7 天，亦即 7 天是因應天候海象因素所必要的時間。

(三)複合因素之影響

訂定安全存量為預防卸收延期、出口受阻及船期延誤等狀況，由前述內容可知，若是考量因應出口受阻或船期延誤之情境需儲備至少 7 天之安全存量，以渡過進行 LNG 緊急調度之時間；而若因天候不佳導致卸收延期，亦需具備約 7 天之安全存量，以等待海氣象平穩後方能進行卸收。因此在發生上述單一偶發性氣源中斷情況下，如果有 7 天之存量即可因應，故現行為保障國內天然氣穩定供應，安全存量天數設立應至少以 7 天為基準。

若是在考量複合因素之情況下，前述事件有連續發生之可能，即兩者情況接連發生。雖然發生機率較低，但並非無稽之談，如受天候海象因素影響後緊急發生出國口氣源中斷，將使影響天數加長最多達 14 天，若無足夠之存量恐造成國內長期斷氣，不僅影響民生與工業用

氣，亦會產生缺電危機，嚴重影響國內經濟發展與國家安全，故安全存量應以 14 天(7 天+7 天)為目標，如此方可應對發生複合因素的狀況，也才足以因應氣源中斷之衝擊，對風險進行有效管理，保障國內天然氣用氣安全。

六、結語

國家能源轉型政策以2025年天然氣發電占比達50%為目標，若天然氣存量不足，將面臨缺電風險，而外界亦認為若因天災人禍造成缺氣之情形，將嚴重影響國內民生及經濟發展，為避免當天然氣存量不足，造成用戶不必要之恐慌，故安全存量規範有其重要性。

台灣政府於2018年8月27日公告修正「天然氣生產或進口事業自備儲槽容量」，以增訂安全存量天數規範，並採階段性逐步提高，以2019年為7天至2027年達14天為目標。國際上許多國家亦有天然氣安全存量之規範，在參酌與比較貼近我國天然氣供應類型之日本與韓國，韓國KOGAS企業內部規範為11~12天、日本企業內部規範則為14天，而台灣安全存量天數目標初期較日韓之水準低，至未來逐步提升安全存量天數目標後才與日韓相當。

而本研究在評估LNG緊急調度所需時間及海氣象因素所影響之時間，安全存量天數最少需7天方能保障國內天然氣穩定供應，在考慮偶發性事件亦有可能接連發生之極端複合因素狀況，則須有14天的天然氣存量方能應對，故14天應是合理之安全存量天數規範。

近期政府之公告天然氣安全存量天數現況，其長期目標與本研究結果趨向一致，惟須至2027年方達14天之目標，達成之期程較長，在此之前，各界仍應密切注意審慎營運，以確保國內天然氣之穩定供應。

參考文獻

1. GIIGNL (2018), “The LNG industry GIIGNL Annual Report 2018”.
2. IEA (2011), “Oil & Gas Security emergency response of IEA countries”.
3. 台灣中油公司, “元氣生活季刊第十期”, 2017.12.15。
4. MIDF EQUITY BEAT (2017), “Crisis in Qatar”.
5. Reuters (2018.3.5), “UPDATE 1-LNG tanker from Taiwan bound for Papua New Guinea diverts to Singapore”.
6. 經濟日報, “能源轉型務須理性決策穩步推動”, 2018.5.10。