



■ 謝秉志

可燃冰礦區 的開發

俗稱「可燃冰」的天然氣水合物稱為未來的潔淨能源，在台灣外海鑽獲的塊狀固態水合物無疑地為台灣的自產能源帶來一道曙光。



天然氣水合物

2018年6月21日，台灣外海鑽獲俗稱「可燃冰」的天然氣水合物，證實台灣西南海域海床下的地層內蘊藏有天然氣水合物。天然氣水合物是未來的潔淨能源，這次在台灣外海鑽獲的塊狀固態水合物無疑地為自產能源帶來一道曙光。

天然氣水合物是一種天然氣資源，而且是一種很特別的、非傳統的天然氣資源，因為它是固態的。天然氣（通常是甲烷氣）被籠狀結晶架構的水分子冰封住，這些氣體被壓縮在冰晶結構內而形成一種特殊的能源。若以1單位體積的天然氣水合物來說，把固態的水合物分解使得冰晶內壓縮的天然氣釋放後，會產生大約160單位體積的天然氣，解壓膨脹約160倍。這也是水合物礦藏所代表的天然氣資源量巨大的原因。

根據與經濟部中央地質調查所共同合作的學術及研究團隊針對台灣西南海域的水合物調查，在11個探勘好景區的天然氣資源總量達1.58兆立方公尺。台灣目前的天然氣年使用量約為200億立方公尺，依此計算，天然氣水合物的資源量可以供數十年使用。

台灣天然氣（包含自產與進口）在滿足民生所需之外，其餘高達8成以上的天然氣都提供給電力使用，燃燒天然氣以發電。台灣的未來能源政策是在2025年時，電力供應有50%由天然氣發電。採如此高的使用比率，主要是因為天然氣相對於煤炭來說，是比較低碳的潔淨能源。世界上，天然氣的使用趨勢逐年增加，台灣也不例外。



科技部第2期能源國家型科技計畫中的「地熱與天然氣水合物」計畫，邀請法國海洋研究船瑪麗杜凡號來台執行海域岩心採樣工作。照片中的研究人員以打火機點燃正在緩緩解離中的天然氣水合物（可燃冰）。（圖片來源：科技部）

因此，能夠穩定掌握天然氣資源就變得相當重要。

台灣的天然氣來源不外乎自產及進口。但台灣陸域的自產天然氣，年產量不到3億立方公尺，自產比率只占全年使用量的1~2%，其餘98%以上的天然氣都需要依賴海運進口。若能增加台灣自產天然氣的產量，對台灣未來的能源供應非常有幫助。

在台灣西南海域證實有天然氣水合物的存在，
已燃起台灣未來增加自產天然氣能源的希望。



天然氣水合物開採試驗（圖片來源：種子發）

因此，在台灣西南海域證實有天然氣水合物的存在，已燃起未來增加自產天然氣能源的希望。

在希望台灣西南海域的天然氣水合物資源「看得到，也要吃得到」的情況下，有關水合物資源開發的重點，就開始擺在水合物的生產技術上。

開採方法

天然氣水合物（可燃冰）的開採並不是一件容易的工作。要從可燃冰中把天然氣生產出來，首先需要把冰晶解開（使可燃冰分解或溶解），讓天然氣釋放出來後再抽取生產，可以使用的方法有3種。

降壓法是把水合物生產層中的水抽取出來，地層的壓力可以透過地層水的抽取而逐漸降壓。壓力下降後會造成水合物的

不穩定而產生解離現象，讓水合物分解而釋出天然氣。

加熱法是透過把高溫的流體（溫水、熱水或蒸氣）注入地層，或在生產井內放置加熱器，把能量送到地層內，使水合物受熱熔解進而釋放出天然氣。另外，透過注入化學試劑，在不改變地層的壓力及溫度環境，但改變水合物本身的性質下，使它在現有的溫度與壓力環境中變得不穩定，進而分解並釋放出天然氣。目前，世界上確實還沒有實際的商業開採成果，日本、中國大陸、加拿大等僅進行相關的生產測試工作。台灣在能源國家型科技計畫的支持下，目前也只有實驗室的生產反應研究，以及利用電腦進行的生產模擬研究。

可燃冰本身不易進入生產開發階段，但「可燃冰礦區」就不一定是這樣。目前，應該更著重於合適的可燃冰礦區的生產開發規畫。

新開發策略

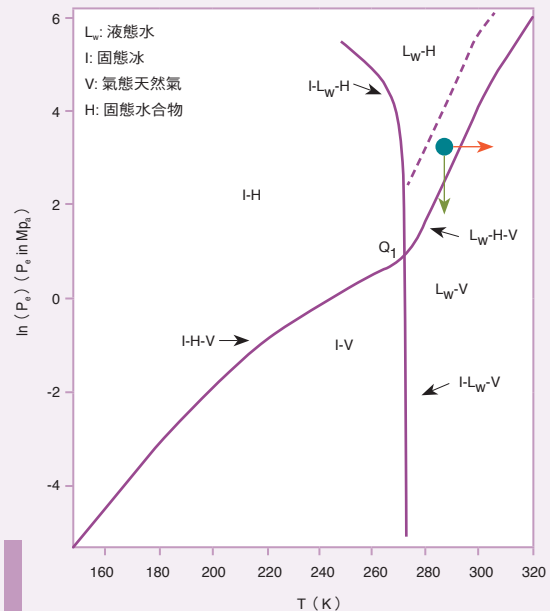
可燃冰礦區（或稱可燃冰的賦存類型）主要分為3種類型。第1型是在天然氣水合物層（可燃冰層）下方還有一個天然氣層，第2型是在天然氣水合物層下方有水層，第3型則僅僅只有天然氣水合物一個厚層。

現階段最適合生產開發的是第1型。開發策略應該是全力尋找第1型的可燃冰礦區，在生產開發時，把賦存系統上方的水合物層予以保留，先針對下方的天然氣層生產。下方氣層的天然氣是氣態的游離氣（自由氣），可以使用目前成熟的海域油氣生產技術採出。

另外，在生產游離天然氣的過程中，可以同時進行二氧化碳的注入（二氧化碳可由火力發電廠進行碳捕捉而得，以減少火力發電廠的碳排放）。因為二氧化碳比天然氣（甲烷氣）重，所以會傾向於往天然氣層下方流動，進而聚集在下部。這樣不但可以維持地層壓力（進行生產層管理），還可以推動甲烷氣生產（增進採氣），而且透過二氧化碳的注入，可以達到二氧化碳地質封存的減碳效果。

在第1型的可燃冰礦區中，水合物層是下方天然氣層的階段性蓋層。即使目前可燃冰的開採技術還不成熟，也不會影響下方天然氣資源的開發。在這新觀念之下，可以儘早擁有自產海域天然氣能源，對於台灣的能源有積極的幫助。

通常海域天然氣可開採的蘊藏量規模達到100億立方公尺以上，就可以考慮經濟開發。因此，在天然氣水合物礦區的探勘及開採策略上，應積極尋找游離天然氣超過百億立方公尺規模的第1型天然氣水合物礦區。先利用生產礦區的游離



以天然氣水合物的相態圖說明天然氣水合物（可燃冰）的3種主要生產方法。相態圖的X軸是溫度，Y軸是壓力。天然氣水合物在原始的地層溫度及壓力下，是穩定的固態化合物（如圖上的藍點）。降壓法如圖上的垂直線走向，加熱法如圖上的水平線走向，注入化學法如圖上的曲線虛線。（資料來源：Modified from Kim, J. and Moridis, G. J. 2012.）

天然氣提早建立經濟基礎，建置海域傳輸管線，並考慮利用火力發電廠捕獲的二氧化碳增進採氣工作。同時精進開採技術，等時機及技術更成熟後，再考慮進行游離天然氣上方水合物（可燃冰）的解離生產。這樣可以讓天然氣水合物礦區及天然氣水合物的開採更快進入經濟開發階段。

謝秉志
成功大學資源工程學系