無所不在的甲烷

林子立

甲烷無處不在，隨處可以生成，對人類的重要性就如空氣般，
但甲烷對大氣的升溫作用是二氧化碳的 25 倍。

何謂甲烷

甲烷由 1 個碳和 4 個氫原子通過 SP^3 混合軌域的方式組成，其長相是正四面體結構，4 個鍵的鍵長相同鍵角相等，是最簡單也是含碳量最少的碳氫化合物。

甲烷的沸點及熔點分別是攝氏 −161.5 度及 −182.5 度，在攝氏 25 度、1 大氣壓的常溫常壓下，是氣態且無色無味。由於相對密度僅 0.55（假設空氣密度是 1），是比空氣輕的氣體。

甲烷是天然氣中最主要的成分，其生成動向和成氣樣態可從天然氣成氣過程及天然氣生成母岩儲存狀態的形態去了解。

天然氣成氣過程

天然氣成氣過程主要有生物化學、脫酸、縮聚、熱解、裂解作用等幾種機制，其中，生物化學作用及熱解作用最常用來探討其成氣過程。

在生物化學作用方面，主要是藉由厭氧性菌類在缺氧與還原的環境中，使沉積物中有機質分解並轉化產生甲烷。有機質經由甲烷菌吞食後的新陳代謝就可產生甲烷氣，也稱為生物氣。甲烷菌不能在有氧環境中生存，只能在完全缺乏氧氣的環境中發現，這種環境常見於濕地土壤、動物消化道、水底沉積物等中。甲烷生成作用也可發生在氧氣和腐爛有機物都不存在的地方，如地面下深處、深海熱水口、油庫等。因此，地表上到處都可能出現甲烷。

而經由熱分解作用產生的甲烷，是有機質隨著沉積物被深埋後，經由高溫的分解作用而產生。受熱分解的初期階段，主要產物是原油與甲烷及其他較重的碳氫化合物，當溫度高達攝氏 120 度以上的成熟階段，熱分解作用的最終產物則以甲烷氣為主。

台灣地區熱分解的甲烷氣容易經由斷層暴露於地表，南部常見的熱分解甲烷氣常以泥火山氣體的形式洩露至地表，如深水苗圃泥火山、龍船窩泥火山、烏山頂泥火山、新養女湖泥火山、甲仙祥和園泥火山、月世界泥火山等。西南部斷層如旗山斷層、平溪斷層、古亭斷層、

龍船窩斷層等都有甲烷氣，而關仔嶺的水火同源和恆春的出火都是甲烷氣造成的，北部苗栗大湖的出火及大坑也有甲烷氣。

天然氣母質的形態

可以成為天然氣的母質，依存在的形態可分為水溶有機質、分散型不溶有機質、分散型可溶有機質、聚集型不溶有機質、聚集型可溶有機質 5 類。

嗜甲烷菌無法直接分解有機質，需依賴發酵菌和硫酸鹽還原菌分解有機質而產生的二氧化碳、氫氣、乙酸等獲得碳源和能源，並經由生物化學作用產生甲烷。

傳統油氣形成的主要來源是分散型不溶有機質，就是分散在沉積岩中的油母質。油母質泛指一切產油型、產氣型的有機物質，不溶於普通有機溶劑，是地球上重要形式的有機碳，也是沉積岩中分布最普遍的有機物，約占地質體總有機質的 95％。油母質是其母源體（植物體）進入埋藏環境後，先受到生物作用，再受到溫度、時間、壓力的影響和物理、化學、生物的綜合作用，發生一系列變化後的殘留物。因此，油母質的數量、成分、性質受母源體、埋藏環境、成岩作用等階段的控制。

富含有機質的岩石經過鹽酸去除碳酸鹽及氫氟酸去除矽酸鹽後，在重液上層的懸浮物質就是油母質，這油母質在 200 倍顯微鏡下看到的現象可分為 4 類型。不定型及海藻類大部分是由湖相或海相藻類在還原環境下演化而成，主要產液態石油；草本型是由植物的角皮層、花粉與孢子、樹脂及蠟質演化而來，主要產蠟原油及天然氣；木型是由高等植物的木質部所形成，主要產天然氣；煤型是木型油母質經高溫或氧化所變成的，主要產少量甲烷氣。

新養女湖泥火山噴出的氣體是熱分解作用的甲烷氣

烏山頂泥火山的成因主要是旗山斷層的錯動使岩層破裂，水分由破裂處滲入至地底，泥岩和成泥漿，高壓氣體再沿著裂隙使泥漿噴出地表。

分散型可溶有機質是指地質體中以分散形式存在的可溶有機質，其存在形式有二種。一種是與不溶有機質共存，這有機質從沉積演化初期到終結，從未離開不溶有機質（油母質）儲存的地質體（生油源岩）。另一種是在演化過程中，由不溶有機質形成的可溶有機質，經過排出、遷移等過程而脫離源岩，其有機質部分以聚集型可溶有機質的油藏形式存在，而大部分在遷移時散布在地層中。

聚集型不溶有機質是指有機質高度富集的沉積有機質—煤岩，包括腐泥煤、腐植煤和油頁岩，但以腐植煤為主。煤和油

頁岩中的有機質高度富集，且這兩種物質本身就是重要類型的資源。從生產天然氣的角度來看，也是重要類型的氣源。

只要沉積有機質具有合適的成藏條件，就會發生油氣的成藏過程。原始形成的烴類聚集成藏後，經歷抬升後圈閉破壞而散失或繼續深埋。在繼續深埋的情況下，油藏中的液態烴在高溫高壓下裂解，成為演化天然氣的重要來源。

甲烷的偵測

甲烷是一無色無味的氣體，以肉眼及鼻子無法看到及聞到，家用天然氣則是為了安全而添加了會產生異味的甲硫醇或乙硫醇。

甲烷需藉由甲烷偵測器才能得知，目前較常用的有手持式雷射光甲烷偵測儀及高靈敏度甲烷氣體偵測器。前者是利用甲烷吸收雷射光譜特定波長的特性來算出甲烷含量，後者則是以泵抽氣的方式採氣，捕集的甲烷氣體是從進氣端進入偵測器以偵測濃度。

偵測出的甲烷氣可能是生物作用產生的，也可能是源自熱分解作用，我們可從碳同位素的形式來判別。自然界中，碳以 ^{12}C、^{13}C、^{14}C 等多種同位素的形式存在，^{12}C、^{13}C 的相對豐富度分別是 98.89 %、1.11 %。微生物偏好先消耗較輕的 ^{12}C，導致殘餘的甲烷中 ^{13}C 較為富集。因此，經由儀器測出的 ^{13}C 若高於 −50‰，則是熱分解作用的甲烷氣；若低於 −60‰，則是生物作用產生的甲烷氣；介於 −50‰ 及 −60‰ 之間的則是混合氣。

利用高靈敏度甲烷氣體偵測器偵測孔洞內逸散的氣體，在偵測到甲烷時，螢幕會顯示濃度及發出蜂鳴聲。

畜牧業是嚴重的人為甲烷排放源，每年各動物的甲烷排放量，豬是 1.5 公斤、羊 8 公斤、食用牛 60 公斤、乳牛 120 公斤。

以地質角度來說，經常受大地構造或造山運動擾動的地區、發育密集的活動斷層，以及滲透良好的裂隙通道，其油氣苗主要與熱成熟的儲集層有關。而構造運動不顯著的前陸盆地，年輕且較淺的微生物氣藏則容易保存。

甲烷是一無色無味的氣體，
家用天然氣則是為了安全而添加了會產生異味的甲硫醇或乙硫醇。

人、豬、羊及牛也會排放甲烷，但所排放的甲烷釋放到大氣中，濃度被稀釋無法當成能源使用，這時甲烷就成了溫室氣體。

火星上也有甲烷

除了地球上有甲烷外，哪裡還有呢？一直在火星探測的「好奇號」，發現火星大氣中也有甲烷存在，若這甲烷是生物化學作用所產生的，有機會成為生命存在的證據。

但「好奇號」在近 20 個月的測定期間，只有 1 次檢測出高濃度的甲烷，表示甲烷並非一直穩定存在，而是檢測到新近產生的甲烷。

載舟覆舟

甲烷是能源，也是溫室效應的氣體，一體兩面。當甲烷濃度高、熱值高，如家中或電廠發電使用的天然氣，就能當能源使用。甲烷當能源燃燒後，產生了二氧化碳及水，這時甲烷被消耗掉，就沒有因甲烷產生的溫室氣體了。

人、豬、羊及牛也會排放甲烷，但所排放的甲烷釋放到大氣中，濃度被稀釋無法當成能源使用，這時甲烷就成了溫室氣體。溫室氣體造成全球暖化，使暴風雨、水災、旱災、熱浪、颶風等天災越趨頻繁猛烈。

林子立
台灣中油股份有限公司探採研究所