



台灣的泥火山

文・圖／楊燦堯（地質科學系副教授）

泥火山是火山？

地表下的天然氣體沿著地下裂隙上湧，沿途混合泥砂與流體，形成泥漿，並被帶至地表堆積，凡是經由這種過程所形成的地形均稱為泥火山(mud volcano)。形成泥火山需有三個要件：（1）地底有高壓儲氣層；（2）岩層有裂隙，可供氣體與流體流至地面；（3）岩層中有膠結鬆散、易被流體帶動的泥質物。類似的逸氣現象，若是沒有泥質物，便只能形成只有噴天然氣的噴氣口（如關仔嶺水火同源、與恆春出火）。

泥火山一般分佈於板塊交界，受到大地應力作用由深海沈積處擠壓而成，有些分佈於海底，有些則被擠壓而出露於陸上。所以泥火山雖名為「火山」，卻大多與火山活動無關。

泥火山研究的價值

泥火山所攜帶出來的物質（包括泥漿、流體、與氣體），代表著板塊擠壓過程中，地底下岩石與周圍流體交互作用結果的產物。一般說來，欲瞭解板塊間交互作用過程，必需要花費大量經費，於板塊邊界鑽取深井，才能取得地底下樣品，予以進一步研究；而陸上泥火山則為一現成廉價的研究素材，成為學者們爭相研究的熱門題材。最近的研究結果顯示，泥火山的噴氣量與所噴發氣體的成份變化，與鄰近的地震及斷層活動可能有密切關連，而成為學者們監測地震活動的另一項有利工具。

近年來天然氣水合物（Gas hydrate）在世界各處陸續被發現，依其廣大的蘊藏量而被認為有機會取代石油而成為二十一世紀的新能源；台灣西南海

域，也被辨識出有廣大的天然氣水合物分佈，海床上更可發現許多正在冒氣的海底泥火山；這些海底泥火山，推測為天然氣水合物受到源自於地底深部的熱液影響水解融化，而釋放出大量天然氣。

除了能源考量以外，泥火山持續噴發至地表大量的溫室氣體，對於環境所造成可能的影響，也正被學者們密切評估中。

台灣泥火山的分佈

早年學者對於台灣陸上的泥火山便已有相當詳細的調查研究，據石再添在民國 56 年的調查，當時台灣共計有 64 座泥火山分佈於 17 個地區（Shih, 1967）；然經過多年環境變遷與人為破壞，許多泥火山已不再活動或已不見蹤跡（王等，1988；謝，2000；葉，2003）；依據目前可以發現而仍在活動的泥火山，可以分為以下五個主要活動區：

（1）觸口斷層活動區

這個活動區在台灣西南部內位置最北，主要分佈於觸口斷層沿線，比較著名的噴發地區有：嘉義中崙濁水潭、與關仔嶺溫泉、與長年不滅的水火同源。

由於本區的泥岩分佈不若其他地區的廣泛，所以地表沒有顯著泥火山地形的出露，但因為本區地底蘊含有不同的儲氣層，沿著斷層帶這些天然氣（包括二氧化碳與甲烷氣）很容易地便逸散至地表，成為特殊景觀。因此其中位於中崙地區的濁水潭，其噴氣成份便有高達 75 ~ 90% 的二氧化碳及較為少量的甲烷（5 ~ 15%），與其他地區泥火山之噴氣往往含有 > 95% 的甲烷明顯不同。

由於處於深斷裂的觸口斷層帶上，位於深部的熱泉亦相對容易湧出至地表，所以除了中崙地區終年

常溫的大小泥水潭外，本地區亦有全省僅見的泥溫泉（關仔嶺溫泉、與規模較小的中崙溫泉）。

此外，本活動區中著名的水火同源，因為其逸出氣體以甲烷為主（～95%），在逸散至地表的過程中，沒有通過泥岩層，且出口位置正位於水潭處，故而生成終年不滅自燃的特殊景觀。

（2）古亭坑背斜活動區

本活動區出露的岩層以泥岩為主，厚度在2,000公尺以上，岩性鬆軟，極易風化，許多地區已成爲惡地地形。本區的泥火山大多分佈在古亭坑背斜軸沿線上，由於背斜構造本有利於油氣匯聚，因此水氣容易沿著軸部之張力裂隙流動，湧冒至地表而形成泥火山。

據文獻報導，本活動區有五個主要的泥火山區，由北往南依序爲：鹽水坑泥火山區、龍船窩泥火山區、烏山頭泥火山區、大滾水泥火山區、與小滾水泥火山區。前三者泥火山活動規模都很小，且不易尋獲；後兩者則持續活躍，其中大滾水噴泥口位於一座直徑約爲50公尺的池塘中央，不時傳來如水沸騰般的聲音；而小滾水是本活動區最南，恰巧位於著名的「月世界」風景區，是本活動區泥火山群中最活躍的一區，不時有泥漿湧出，並發出隆隆的響聲，其勢甚爲壯觀。

（3）旗山斷層活動區

本活動區的泥火山群大多沿著旗山斷層發育，大多分佈於高雄縣燕巢鄉，可以分爲小份尾泥火山區、南勢湖泥火山區、千秋寮泥火山區、烏山頂泥火山區、與深水泥火山區。

前二者的噴發規模都不大，噴泥量小。著名的養女湖與新養女湖則位於千秋寮泥火山區。養女湖的噴泥量驚人，周圍數十公尺方圓內都被泥漿覆蓋，形同一泥湖；除了噴發巨量泥漿以外，還會間歇噴發大量天然氣，點燃後火勢可持續數秒鐘之久。離養女湖南方約400公尺處，還有一座噴泥更旺盛的泥火山，名曰新養女湖；它的噴口呈長約3公尺的橢圓形，連續噴發著大量泥漿及天然氣，天然氣一

旦點燃後可以持續燃燒達數十秒。

其南邊則爲烏山頂泥火山區，共有數座泥火山分佈於本區，其中最高大的一座泥火山，每隔數秒即噴發一次，高約3.5公尺，坡度約50度，是一座標準的噴泥錐，具漂亮的火山錐外觀；其旁約50公尺處，有另一座較低的泥火山錐，只偶而冒氣泡一次。這兩座泥火山是台灣最具規模、並保存良好的泥火山，最具觀賞價值。

烏山頂南方則爲深水泥火山區，許多休眠的泥火山群沿著溪谷分佈，噴發之泥漿充填整個溪谷，目前已經乾涸。其中一座位於高師大燕巢校區內，目前仍持續活動噴氣中；校區外圍仍可發現數座小規模活動中的泥火山。

（4）高屏海岸平原活動區

本活動區的泥火山位於高屏海岸平原上，有數個獨立的泥火山。本區內主要仍在活躍中的泥火山爲滾水坪泥火山區，本區位於高數公尺面積達350,000平方公尺的平頂丘上，平頂丘上有一噴泥口正不斷的噴著泥漿與天然氣。

著名的屏東鯉魚山泥火山，平常則處於休眠狀態，每隔一段時間（半年至數年），便有大規模噴發，每次噴發時都非常壯觀，除了震耳欲聾的噴發聲及熊熊沖天的火光外，並伴隨有大量的泥漿。

（5）海岸山脈南部活動區

本活動區的泥火山群分佈在海岸山脈南段利吉層泥岩出露區，主要的泥火山有花蓮縣的羅山鹽埕泥火山區、及台東縣的電光雷光火泥火山區。二者的泥火山噴發規模皆不大，因為噴發出泥漿的水分含量高，黏稠度低，無法形成壯觀的火山錐外形。

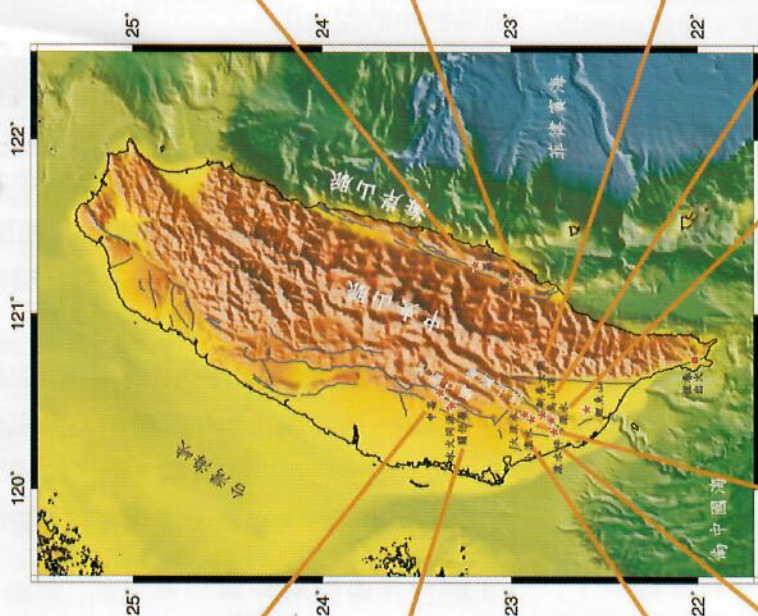
台灣泥火山流體來源之探討

除了少數幾座泥火山以外，採自噴發口以下的泥漿水皆有固定的組成，可以代表其源自於地底的原始組成。由已有的分析資料顯示，台灣東部泥火山的泥漿水有較輕的氧同位素比值，顯示這些泥火山在噴發過程中，明顯受到天水再循環影響。

而台灣西南部泥火山的泥漿水成份則可以分爲兩



台灣主要泥火山的分佈



重大巨體工程、大樓基礎工程 預防龜裂

務請使用台泥品牌二型水泥

台泥品牌二型水泥品質卓越，具水合熱低，抗硫酸鹽強，
鹼含量低，能避免龜裂、海水、塩份及鹼份之侵蝕等超強
特性，耐久堅固，請指名採用。

台泥品牌二型水泥之適用工程：

- 地下基礎工程：大樓建築地下室、地下室、隧道...等。
- 巨體混凝土工程：橋樑、大廈、水壩、貯水池、高速公路...等。
- 受海水海風侵蝕之工程：碼頭、防波堤、菱角、沉箱、養殖場、濱海建築...等。
- 需抵抗硫酸鹽侵蝕工程：污水處理場、化學工廠...等。

實例：石門水庫、翡翠水庫、達見水壩、第一、第二及第三核能發電廠、基隆港(東)新建碼頭、高雄過港隧道、大林街煤碼頭、北海岸公路新建橋樑...等工程均使用台泥品牌二型水泥

其他特種產品系列：

第三型水泥 第五型水泥 高強水泥 高強水泥
油井水泥 高爐水泥 污泥處理劑

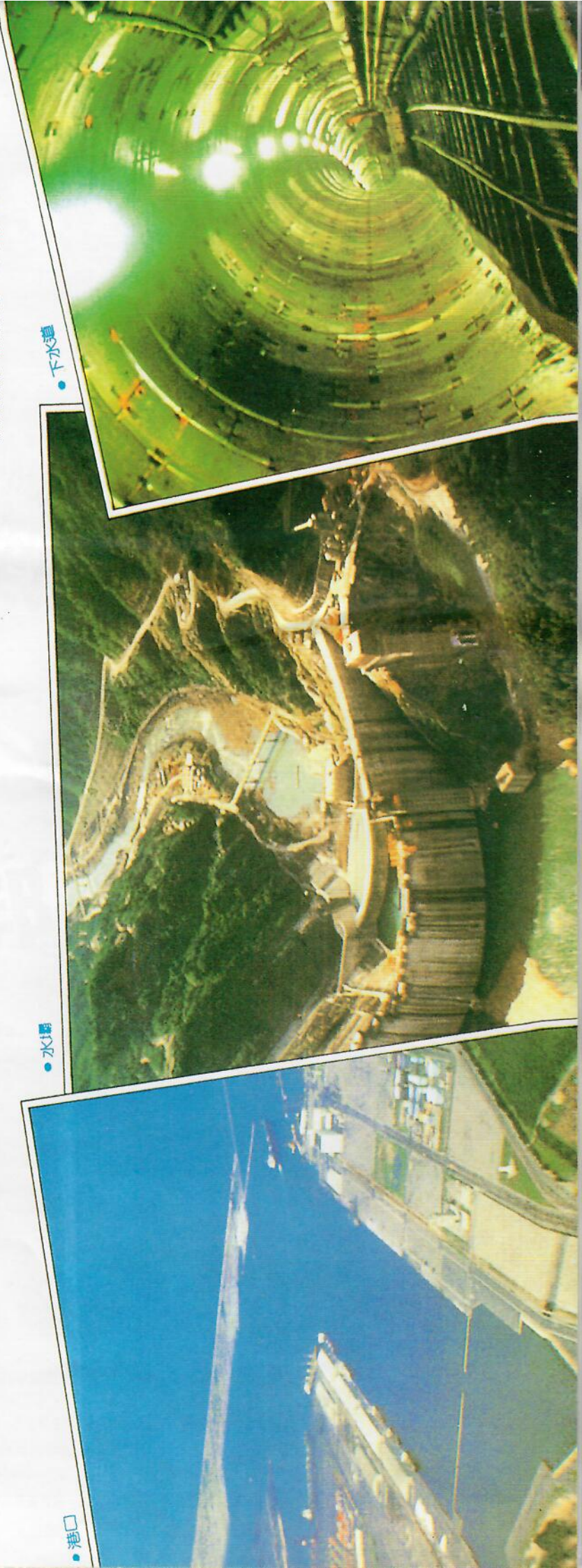
 台灣水泥公司

總管理處：台北市中山北路二段113號 電話：2531-7099 (十線)
訂購服務電話：02(2531-6638 (業務部) 傳真：02(2531-6650
研究室：桃園縣蘆竹鄉長安路一段148號
技術洽詢電話：03(321-7855 FAX：03(321-7874



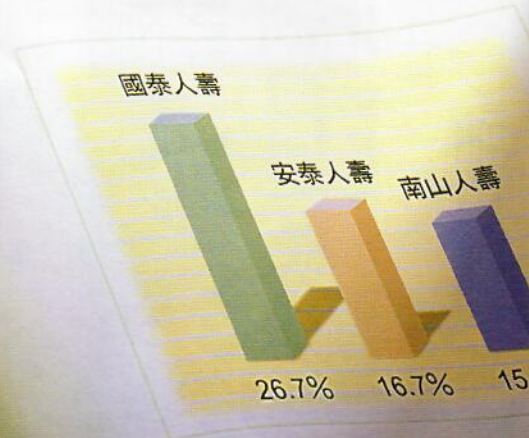
● 水壩

● 下水道



台灣最值得信賴的保險公司
2002年再次蟬連「突破雜誌」消費者心目中
理想品牌第一名

 **國泰人壽**



事實證明，長期以來國泰人壽始終是消費者心目中，保險理想品牌的第一名。

國泰人壽連續三年蟬連理想品牌第一名，◆2000年23.9% ◆2001年26.5% ◆2002年26.7%，年年攀高的滿意度，顯現出國泰人壽是台灣最值得信賴的保險公司。



國泰人壽

0800-036599
www.cathlife.com.tw

2003

富邦刷卡對對碰
歡樂4星彩



富邦 刷卡對對碰
歡樂4星彩

對中末一碼就有獎 最高獎金不只二百萬

對中身分證 → 送你刷卡金 → 對中四星彩 → 送你吉時樂



【活動辦法】：

- 活動日期：92/7/1~93/1/31 (以消費日為準)；獎金/吉時樂兌領期間：92/8/1~93/2/29 (以郵戳為憑)。
- 單筆消費金額須滿新台幣399元 (含) 以上。
- 活動內容：
第一重 刷卡對對碰 簽單「授權/核准碼」末1碼核對「身分證字號」末1碼，對中可獲刷卡獎金NT\$100，集5張中獎簽單，獎金再加倍。
第二重 歡樂四星彩當週內簽單 (所謂當週內消費簽單係指上週五20:31至本週五20:30的簽單，且須消費達NT\$399以上)「授權/核准碼」末4碼核對台北銀行當週五20時30分開獎的公益彩券四星彩「正彩」號碼，四碼全中者可獲得價值新台幣2萬元的吉時樂彩券。
4. 富邦銀行保留隨時修改、變更、取消本活動的權利，其他未盡事宜本行將於公告後實施。詳細活動內容，請參見富邦卡多利月報



洽詢專線：0800-099-799



安排一個成功的會議 專業的團隊為您服務

- 一樓優雅的咖啡廳、簡餐
- 二樓精緻的西餐廳
- 三樓四樓多功能會議室
- 地下室椰林廣場交誼廳

提供您洽談公務、家庭聚餐、一般聚會、同學會、展覽、開會、演講等最佳去處。

■ 慶祝週年慶場租優惠費用如下：自92年8月1日開始實施

用途 費用 設施人數	用途	上午9時至12時	下午2時至5時	晚上6時半至9時半	備註
四樓大會廳 100~200人	開會	場租 10,000 元	場租 10,000 元	場租 10,000 元	週六例假日租用會場 費用不另加價
四樓大會廳 100~200人	餐會	24,000 元 (最低消費額)	24,000 元 (最低消費額)	24,000 元 (最低消費額)	"
三樓 A 室 60~80人	開會	場租 5,500 元	場租 5,500 元	場租 5,500 元	"
三樓 A 室 60~80人	餐會	18,000 元 (最低消費額)	18,000 元 (最低消費額)	18,000 元 (最低消費額)	"
三樓 B 室 20~25人	開會	場租 3,200 元	場租 3,200 元	場租 3,200 元	"
三樓 B 室 20~25人	餐會	8,000 元 (最低消費額)	8,000 元 (最低消費額)	8,000 元 (最低消費額)	"
三樓 C 室 5~8人	開會	場租 1,200 元	場租 1,200 元	場租 1,200 元	"
三樓 C 室 5~8人	餐會	3,500 元 (最低消費額)	3,500 元 (最低消費額)	3,500 元 (最低消費額)	"
三樓 D 室 15~20人	開會	場租 3,000 元	場租 3,000 元	場租 3,000 元	"
三樓 D 室 15~20人	餐會	6,500 元 (最低消費額)	6,500 元 (最低消費額)	6,500 元 (最低消費額)	"
地下室隔間 20~40人	開會	場租 4,500 元	場租 4,500 元	場租 4,500 元	"
地下室中間 40~150人	開會	場租 7,500 元	場租 7,500 元	場租 7,500 元	"
地下室 100~150人	開會		餐飲30,000元 燈光、音效21,000元	餐飲30,000元 燈光、音效21,000元	(另計) D.J. 2,000 元
備註	以上所列費用外另收服務費 10%，社員不予打折。				



台大校友聯誼社

地址：台北市濟南路一段 2-1 號

電話：23218415 (訂位轉分機 15 或 30)

傳真：23920748

大群：一群為古亭坑背斜與高平海岸平原活動區的泥火山，另外一群則為旗山與觸口斷層活動區的泥火山。前者有較輕的氧同位素比值，若是配合泥漿水中的氯離子成份，可以發現這些泥漿水成份恰好落在海水與天然氣水合物的混合線上；這代表著天然氣水合物的解離水是泥火山流體的一個重要端成份，同時也說明了這些泥火山甲烷逸氣的來源，可能是台灣西南海域海床底下結冰的天然氣水合物，受到熱液與板塊碰撞擠壓影響而解離出來的產物；唯其二者間的關係，還需要進一步的詳細研究予以釐清。

台灣西南部處於斷層沿線的泥火山，則有比較重的氧同位素組成，代表著這些泥漿水可能源自於地底深處，高溫下黏土礦物脫水過程中，流體與礦物間交互作用後的產物。利用泥火山所噴出泥漿中黏土礦物與泥漿水的氧同位素比值，我們可以進一步推算出其平衡當時的溫度約為 160 ~ 210°C；假設台灣西南部平均地溫梯度約為 30°C/km，則我們可以初步估算出這些泥漿水源自於地底深 5 ~ 7 公里處。

泥火山的噴氣與溫室效應

除了少數地區，台灣主要泥火山的噴氣成份皆以甲烷氣為主（> 95%），且其氣體成份亦如預期與典型地殼來源氣體一樣有較低氫同位素比值，顯示源自大陸地殼的沈積物為其主要氣體原源；而初步的碳氫化合物成份與其碳同位素研究結果亦顯示，泥火山所噴出之甲烷氣是以熱分解來源為主，而源自地表淺處生物作用所生成的甲烷氣所佔比例應屬少量。台灣西南部的關仔嶺水火同源、與恆春出火終年不滅的自燃景觀所噴氣的氣體亦是以甲烷氣為主，其主要成份與其他地區泥火山所噴出的氣體相近。

值得一提的是除了甲烷氣以外，有些地方的泥火山底下，可能蘊藏有不只一種儲氣層，亦會沿著深斷裂，與甲烷氣一起噴出地表。如位於觸口斷層的中崙濁水潭與溫泉水，其噴氣成份便以二氧化碳為主（> 80%），甲烷氣反而只佔少量（< 15

楊燦堯 小檔案

簡歷：

1983/6 國立台灣大學地質學系學士

1992/6 國立台灣大學地質學研究所博士

1993/10 ~ 1994/9 美國 Woods Hole 海洋研究院教育部公費博士後研究

1998/9 ~ 1999/1 日本大阪大學行星與地球科學系訪問研究

1995/8 ~ 迄今 台大地質科學系副教授

專長：地球化學

最近研究興趣：

地震與火山活動監測、溫泉與泥火山的成因研究、台灣西南海域天然氣水合物的分佈調查

%)，鄰近的關仔嶺溫泉與水火同源便或多或少受到此深源氣體影響，而與西南部其他地區泥火山噴氣成份有所不同。此外，海岸山脈的泥火山噴氣成份，明顯有較高量的氮氣含量，由氮同位素比值分析結果顯示，這些噴氣都伴隨有相當比例的岩漿源成份，顯然台灣東部地底下仍然有殘餘的岩漿熱源影響著當地，而造成有較高的地溫梯度，而形成局部的溫泉（如安通與利吉溫泉、及著名的綠島海底溫泉）。

由於甲烷氣體和同量的二氧化碳氣體相較起來，可造成 20 倍的溫室效應，故而自然界少量的甲烷氣釋放，便可能對全球環境造成深遠的影響。最近的研究報導，單一個泥火山所噴發出來的甲烷量每年可達 1,000 公噸以上。若進一步估算全球泥火山所噴發出來的甲烷氣，保守估算每年可達 3,000 ~ 7,000 萬公噸，已佔生物活動所生成量的 8 ~ 18%；此一估算，尚未包含醞藏於海底大量的天然氣水合物，因故所釋放出大量的甲烷氣。此一估算結果，遠超過以往被人們長期所忽略由泥火山所釋放出來的甲烷量，因而再度引起學著們重新評估其對環境可能所造成的影響。

初步估算台灣地區由泥火山噴氣口所釋放出來的甲烷量每年約為 30 公噸，若是再加上泥火山周圍由土壤所釋放出來的量，保守估計每年可達 350 公噸。此一估算結果，與世界上其他中小型泥火山的