

第六場「冰晶甲烷-能源、生態與環境」(2007年12月30日)

主講人:台灣大學海洋研究所 劉家瑄 教授

小記者:國立成功大學奈米科技暨微系統工程研究所碩一 余思緯 訪問整理

『別當溫室裡的花朵 - 培養獨立思考的能力、創意、創新與冒險精神』

-劉家瑄 教授

盛夏艷陽高照的午後，進入偌大的第一學府-台灣大學內，空氣中飄揚著陣陣學術氣息的馨香，穿過熱血奔放的操場，隨即映入眼簾的是詩情畫意的醉月湖。海洋研究所位於如此閒情雅緻地理位置，踏入劉家瑄教授的辦公室內，他正努力不懈地進行海洋研究工作。訪問開始，劉教授便顯露出那開朗的個性，為此次訪問增添了不少歡笑聲。**時間管理與敬業精神**是此次訪問的開場白，不禁倍感佩服，讓我受益無窮。

長期觀察與研究台灣海域的劉家瑄教授，研究領域在海洋地質與地球物理，專長為地球物理探勘，特別是震測探勘技術，現為國立台灣大學海洋研究所教授，曾在康乃爾大學擔任博士後研究及美國標準石油工作，對於他的學習經歷及產業界經驗侃侃而談。



《圖一，國立台灣大學海洋研究所 劉家瑄 教授》

劉教授大學就讀中央大學物理系，當時該系設有物理組與地球物理組。從小就開朗外向，偏好大自然，喜愛往戶外跑的劉教授，對『物理』有著濃厚的興趣。念書時期，看到地球物理組的學長常至野外實地探勘，利用物理方法來對地球進

行更進一步的瞭解與研究，讓他感到相當有趣，因此大三分組時就選擇了地球物理組，開始學習且慢慢探索『地球』。劉教授在念大學時，台灣大學海洋研究所已經成立了，許多學長畢業後進入該所攻讀碩士。當時的他有了如此的念頭：『海洋研究也蠻有趣的，假如未來走海洋領域也不錯。』。服役期間他申請了美國一些學校，準備出國深造。當時申請到三所大學的獎學金，其中兩所屬海洋領域。那時候他心想，若選擇念海洋，未來回台灣應該會有很大的發展空間，畢竟台灣四面環海，即決定到世界頂尖的美國聖地亞哥加州大學海洋研究所就讀。因為劉教授本身很喜歡海闊天空，四處去探索、冒險，因此對劉教授而言，踏入海洋領域，在研究的路途上是充滿樂趣的；尤其在唸研究所的過程中，也有出海的機會，到世界不同的地方去見識，等於是邊玩邊念書。後來更進一步認識到海洋領域中有許多相當有趣的問題，便一頭栽入此方面的研究。博士論文口試通過後，劉教授曾經藉回台省親的機會拜訪了台大海洋研究所，並考慮是否立即回台發展。但後來於美國所申請的康乃爾大學，給了劉教授博士後研究的機會，並且是參加「COCORP 大陸地殼反射震測研究計畫」。當時那個計畫是地球科學界很大的一個研究計畫。在與其指導教授討論後，決定到康乃爾大學去參與那個計畫。當時大陸地殼反射震測研究計畫不僅有多所大學參與，也有很多石油公司的支持，他們組成一個聯合會(consortium)一起做研究，所以當時跟石油探勘界接觸也相當的多。在康乃爾大學當了兩年的博士後研究，劉教授就在想他是地球科學領域的，尤其專長是反射震測技術方面，而這個技術除了學術界外，工業界使用得最多的就是石油探勘，他覺得應該到工業界去闖一闖，於是申請石油公司的工作機會。當時美國標準石油公司(Standard Oil Company，這間公司後來被英國石油公司給併購了)給了不錯的待遇與工作機會。在那邊工作了三年，其實做得蠻愉快的。工作期間，劉教授也有機會持續地跟學術界，特別是德州大學，做一些接觸，對海洋地球物理的問題，仍維持高度的興趣。在石油公司工作了二年多，無意間在報紙上看到台灣大學海洋研究所徵聘教師的廣告，而要聘請的教師專長和劉教授四年前拜訪台大海研所時所談的一樣，這給了劉教授很大的衝擊。他想：四年過去了，而台大海研所仍在招聘海洋震測專長的學者，是否自己應該回去了？由於所列出的資格條件與劉教授的專長完全符合，在與台大聯繫後，海研所馬上表達歡迎劉教授前往任職，於是在完成博士學位且於美國工作了五年後，劉教授終於回到了台灣。

當初劉教授回來台灣主要就是從事海域反射震測調查。震測的技術是以震源向地底發出震波，當震波通過地下不同的介質，在界面上會反射部分能量，上下物質性質差異越大，反射能量也會越強，並且震波在不同介質中其傳遞的速度也會不一樣。藉由反射訊號到達的時間變化可以推測地下沉積層分佈的情況，推測出傳遞速度的變化，因此可以知道在某深度可能有什麼界面存在。甚至可以利用震波傳遞的方式、振幅的變化來推測地層可能的岩性。知道地層界面的分布，就可以知道地下構造的形貌。另外，不管是陸地還是海洋底下的岩石均含有水分，

這些水份可能由氣體、水、石油等不同流體組成，這些不同的流體物質能產生微小差異的震波特性的變化來判斷岩層中的流體是何種成分。

劉教授返台之後以調查研究台灣海域的地體構造為主，而發現台灣西南海域存在著冰晶甲烷是很偶然的。事實上，台灣南部海域的板塊構造是世界上探討弧-陸碰撞作用一個很理想的地區，因此許多國外學者都尋求合作，來台進行此方面的研究。劉教授與兩位美國學者在 1990 年即利用美國的一艘研究船在台灣南部海域進行地球物理調查，並收集了相當多的反射震測資料。這些資料當初是以研究地殼構造為目標，但在分析資料當中，一位與劉教授合作的美國學者唐瑞德 (Don Reed) 教授發現反射震測資料中有冰晶甲烷存在之徵兆，因為該教授曾在國外探測過冰晶甲烷，有豐富的經驗。1992 年在台灣舉辦的一個國際研討會中，Reed 教授即首度提出台灣西南海域有冰晶甲烷的存在，但當時對於它的分佈、含量都不清楚。後來 Reed 教授的研究生整理震測資料，發現冰晶甲烷分佈的範圍相當廣，並將此研究成果於 1998 年正式發表。

「冰晶甲烷」的正式名稱是「天然氣水合物」，是氣體分子在高溫與低壓的環境下被水分子所形成的籠狀結晶格子包含住所形成的冰晶狀物質。在十八世紀末時，化學家已在實驗室中合成出這種氣水合物來。在實驗室裡，不同的溫度、壓力之下，不只甲烷，很多其他氣體，如二氧化碳、二氧化硫等，均可以合成為天然氣水合物。只是在大自然界所發現的這類結晶物絕大部分包含的都是甲烷氣，所以我們常會說冰晶甲烷。在地球的自然條件下，冰晶甲烷主要是存在於極區與大陸斜坡處的海底之下。俄國是最早在自然環境中發現冰晶甲烷的。俄國最早在北極圈附近開採天然氣時，察覺在氣田中的氣有部份可能源自冰晶甲烷，也在鑽探的標本中，發現冰晶甲烷。在海底也有適合它存在的條件，後來美國、俄國…等國的學者證實許多海域之下也有冰晶甲烷存在，且發現在海域震測剖面上有一些很明顯的特徵（稱為海底仿擬反射），來顯示地層之中冰晶甲烷或許存在。大家一旦知道冰晶甲烷在海域反射震測剖面上的特徵後，於是分別去尋找冰晶甲烷的蹤跡，發現它在地球上的含量很多，或許能成為一個很好的能源資源。

1990 年代中，許多國家開始積極的著手冰晶甲烷之調查研究，如美國、日本、加拿大都有國家型的計畫在進行。所以在台灣，劉教授也積極推動冰晶甲烷之調查研究工作。中央地質調查所率先回應，希望先藉由劉教授收集的震測資料來進行整理，看看台灣西南海域所擁有的冰晶甲烷分佈情況到底如何。整理之後發現靠台灣很近的西南海域反而有很好的分佈，比當初認知的還要好。於是中央地質調查所從 2004 年開始推動四年期的天然氣水合物調查計畫，第一年就做得相當成功，新收集來的資料顯示，冰晶甲烷分佈的很廣、含量很多。至於說夠台灣用六十年的天然氣儲量，是早兩年由地質調查所統計而推估出的可能儲量，算是一個官方的說法。劉教授認為台灣西南海域地底下冰晶甲烷的天然氣儲量絕對多於六十年用量，但是是否能夠全部採出來用，還是要依賴開採技術的發展。

現在地球上石油、天然氣儲量日漸減少而且成本高昂，急需開發替代能源。但講到替代能源，要考慮它的替代性有多少。像現在能夠永續使用的綠能：如太陽能或風力，它們的能源替代性其實相當的低，只能當作補助能源，沒法當作主要能源。而冰晶甲烷就是天然氣，是以結晶方式儲存的天然氣，並且它在地球上的儲量非常的大，所以一旦開發的技術成熟後，冰晶甲烷是可能接替石油與天然氣，成為主要的能源。有位美國地質調查所的研究員大膽的估算，全世界的冰晶甲烷所含有的有機碳能源含量，是目前我們所知道的所有煤、石油與天然氣等化石燃料有機碳能源含量的兩倍。所以說不得了，那個量是非常大的。可是劉教授個人覺得這位學者的講法是相當樂觀的，地球上可能有那麼大的儲量，但是能夠開採出來的又有多少？即使拿石油來講，一個礦場能採出 60%、70% 的石油儲量已經是相當了不起的，有時只能開採出二分之一甚至更少，接下來要開採就會相當的困難。冰晶甲烷也是一樣，它分佈雖然廣但很分散，那要採集出來的經濟效益就會很差。所以冰晶甲烷是否有機會成為未來的能源，主要還是取決於開採技術，而且也必須找到較適合的地質條件；就如同石油或天然氣探勘一樣，要找到累積在一起的冰晶甲烷礦場，這樣的話才會有經濟開發的價值。

開發冰晶甲烷成為能源的成本一定會比開發石油、天然氣的成本要高。所以專家們說冰晶甲烷可以轉換為能源，劉教授相信會先在陸地上開發，而不是在海底；也就是在極區，譬如西伯利亞、加拿大北邊、阿拉斯加北邊。那些地方，因為本身就有石油開發產業，所以輸油管、鑽探設備都有，而且鑽探的各種技術也很成熟。他們能以較低的成本來開發冰晶甲烷，並且在陸地上鑽探當然比海上容易許多、成本也低廉許多。所以未來海底冰晶甲烷成為能源的展望如何，劉教授覺得是要先看陸地上開發的成本如何再說。目前許多國家，如美國、日本、加拿大正合作研發如何將地下的冰晶甲烷解離成氣體，然後開採出來的技術，並且已經有成功開採出來的範例，但是成本仍然太高，不敷經濟效益。未來以人類技術發展之經驗推測，劉教授對於冰晶甲烷的能源開發有很大的期待，所以劉教授呼籲，不該等到石油用完或是等到冰晶甲烷有經濟效益時再來開始調查研究，因為從技術引進直到開採，少說也要三、五年；應該事先就準備好，如目前有何技術、冰晶甲烷在台灣西南海域之分佈、含量，及可能之開發地點等等，等到開發技術成熟與經濟環境需要時，就可以馬上執行。就如中油目前在台灣西南海域開發一個油氣田，從探勘開始到現在至少已經經過十幾年了；那個還是傳統的油氣田。對於油氣能源探勘，需要很長的準備時間，像北海油田就花了十幾、二十年的時間才開發成功。台灣西南海域的冰晶甲烷，不管是分布、含量、特性，其條件比世界上許多地方，包括日本、中國、韓國海域中所發現的冰晶甲烷都要好，因此在許多國際會議中，研究冰晶甲烷的各國學者對台灣都抱持著非常高的興趣。

談論到在台灣西南海域所發現至少可以使用六十年的冰晶甲烷蘊藏量，是否

可以在高油價的時代，成為主要能源？如何去開發？劉教授表示非常樂觀，除非後來在開採上出現很大的技術瓶頸導致它不能成為能源。譬如核融合，不會造成污染，又是取之不絕，用之不盡的，可是目前因為技術上有困難，所以還不能成為能源，但也不能否認在未來或許會成為最好、最理想的能源。劉教授覺得冰晶甲烷的開採技術應該都是可以發展出來，一旦經濟條件適合（油價高漲），冰晶甲烷是可能成為能源的。只要海上開發的技術成熟，台灣西南海域在自然條件、分佈、性質絕對是世界最好的場所之一。

震測探勘是劉教授的專長。談論到斷層活動、板塊移動是否有跡可循，使得有朝一日可以預測地震？劉教授表示：「是有可能的。我們可以知道一個地方有無活斷層，而且這個活斷層何時開始活動，現在已有一些觀測的技術，譬如觀測地殼變動的情況、觀測地殼應力的變化，並有一些理論可以提供地殼變動的模式。可是問題是預測的模式不準度還是太大，以地震來說，專家都認為預測嘉南地區會發生大地震，但不要說哪一個月，就連哪一年會發生都不知道；所以目前預測的不準度還是太高，可能明天就發生，也可能等個五年它還未發生。地球這個大自然變數太多，而預測必須要掌握大部分的變數，才會準確。」現在還無法像預測颱風般來預測地震。即使颱風預測，目前仍還有很多不確定的因素，因為發現海洋的變化會影響颱風的強度、走向…等，而那些變數沒有完全掌握住的話，颱風預測的準確性還是有問題。而地震因為全都發生在地下，更難掌握住許多變數，所以預測的不準度非常高。譬如說震測可以知道調查區域中有無斷層活動，因為斷層活動會造成地殼錯動。但是發現錯動，不知道那是何時發生的，有可能是幾十萬年前的，要觀察它現在是否還在活動，就要看最新的地層有沒有在活動。就算看到它有活動，也不清楚正確地震時間，因為地質活動的時間尺度拉得很長，最近的錯動，有可能是幾百年前、幾千年前所造成的，在震測上是無法辨別的。但對地震防災而言，別說幾十年，連一、二年的誤差，都無法接受，這是地球科學家所碰到的困難。我們可以做某些觀測，譬如說台灣板塊活動、山脈一年升高多少、綠島蘭嶼每年靠近台灣多少，像這種大尺度的變化是可以量測得到的。可是過程當中哪一條斷層變化或是應力集中在何處？未來會不會發生地震？何時可能發生地震？地質學家希望可以預測，但是目前不確定的因素還是太多。

面對個性開朗的劉教授，小記者便開了個玩笑。常出海探測海底，是否曾發現過海底寶藏或是其他礦藏，或是趣事？劉教授笑著說：「寶藏的定義對每個人都不一樣，或許有人會探測沉船，但我是沒有發現到珠寶之類的。對於研究，應是先去了解簡單、單純的問題，才能進而深入探討較為複雜的問題。對於我來說，台灣的確四周都是寶藏，台灣的海底構造、造山運動都是屬於較年輕的，能提供一個好的模式來給大家研究；相對於喜馬拉雅山、阿爾卑斯山，這些較老的造山帶，許多東西都已經改變了，很難了解當初是如何形成的，只能提出一個大概的模式。海底也一樣，在陸地上許多斷層露頭容易遭受破壞，而海底則能保存的很

好，所以如果我們多加以研究調查、收集資料，或許很多問題都可以從海底得到解答。不要講別的，以最重要的板塊構造學說而言，板塊構造學說就是先從研究海底現象開始，因為它較為單純，之後再進而去研究世界上較為複雜的板塊構造，就會發現如此複雜的構造竟然可以由單純的模式去了解。我覺得海底研究要比陸地上來得容易一點，所以對我來說海底有很多很有趣的問題可以來探討。」

談論到常出國參加國際研討會的劉教授，相較於外國學生，對於本國年輕人有何建議？劉教授感慨的回答著：「一般來講，我們台灣學生的素質要比其他國家來的好，因為台灣整個觀念還是以多讀書為主，大家都想進入一流學校。那為什麼我們科技這一方面，好像還是落在人家後面？原因主要是有兩點。」第一點「**台灣的教育方式其實並不好**」。台灣的教育就是希望小孩子多讀書，不斷的給他補習，希望能夠進入好學校；是以考試為導向的唸書方式。在這種方式下，如果給學生考試範圍，或許他能表現的不錯；可是在生活當中，很多事情是需要個人的**判斷力**來做正確的決定，這方面的訓練就很差。更別提創造新東西的**創意、突破性、冒險性**。台灣的教育就是安安穩穩的唸書、做事。像劉教授任教於海洋研究所，而許多學生的父母卻是不希望小孩子出海，怕危險。危險是一定都有，要看危險程度是否能夠在控制範圍之內，如果是在合理範圍之內，那應該鼓勵小孩子去嘗試一些事，這樣才有適應環境的能力；並且要鼓勵他們自己去想。考試最大的缺點，就是有正確答案，這樣只會限制了孩子的想像力，他只會記得老師的標準答案，不會去想可能有一些其他問題。國外就不一樣，譬如說，老師拿了一個圖片給學生看，講出圖片告訴你什麼故事？你會發現十個學生講了十個不同的故事，都講得通，老師說你們通通都答對了，非常好。老師絕對沒有要求一個標準答案，因為這樣會扼殺小孩子的想像力。以知識水準來講，我們年輕人絕對不會比國外來得差，可是碰到要競爭的時候，你是不是能有創意、正確的判斷力的時候，則遠遠落後國外。父母親總是怕小孩子失敗，把自己的經驗告訴他，並替他安排好了要走的路，那當然是一帆風順；但是你不讓孩子自己去闖一闖，他就會缺乏創意、冒險、判斷力。劉教授是覺得在錯誤當中學習的經驗其實是非常的重要，台灣的學子並沒有這方面的訓練。

第二點是「**台灣的敬業精神很差**」。劉教授說：「國外知道什麼場合該做什麼事。就拿研究生來講，我前一陣子到英國 Cambridge University 去，進到他們的實驗室，發現每個研究生都專注的在做自己的研究，並且他們討論並不會侷限於自己的研究領域。譬如說：一個學生是做地球物理的，另一個學生對火星很有興趣，他們就在談火星，我就說你們在談火星幹嘛啊!!可是他們就能找出關聯，我就覺得這個很了不起。看似不相干的話題，他們就能找出關聯，然後引用過來，往往能發展出創新觀念，所以他們在這方面有相當良好的訓練。並且他們一旦在做事時就相當的認真。我自己本身在國外做過事，他們只要一上班，絕不會聊天、喝茶、看報，所以工作效率非常地高。我是覺得台灣的整個社會風氣有待改善，就拿台大研究生來講，坐在電腦桌前，好像在工作，但你看他會在 MSN 上與人聊

天或是在網頁上看其它與研究無關的東西；很容易被其它事情給吸引過去，敬業精神不夠，工作效率自然差。」

國外教育訓練過程當中，不但是在培養判斷的能力、思考的能力，也願意去 **take risk**，還有他們做事的態度上，相當的敬業，知道在什麼場合該做什麼事。到一流的學校去，不管是美國、英國、法國…等，他們的學生讓劉教授覺得非常的優秀，台灣留學生要跟他們比的話，會贏過他們的一點就是相當地**努力**。因為留學生到了那種『敬業』的環境，必須專注的做事；可是在創意的發揮上…就遠不及其他國家的學生了。假如我們國家要真的達到世界一流的水準，一方面在大眾教育當中，必須要訓練小朋友**獨立思考的能力與創意、冒險的精神**，合理的冒險要鼓勵他去嘗試，不要成為**溫室裡的花朵**；另一方面，對於受高等教育的學子來講，一定要敬業，要知道在什麼時間、什麼場合就要該做什麼事，專注的投入。這兩方面改進好後，劉教授是覺得以我們的聰明才智、教育環境來講的話，絕對不會輸給國外。



《圖二，小記者與劉家瑄教授的合照》