

國立交通大學

社會與文化研究所

碩 士 論 文

全球氣候變遷爭議下的科學風格
——以馬爾地夫海水面升降之研究為例

Two Scientific Styles in Global Climate Change Researches

- A Case Study of Sea Level Change in Maldives

研 究 生：林孟賢

指 導 教 授：傅大為 教授

中 華 民 國 九 十 八 年 七 月

全球氣候變遷爭議下的科學風格

—以馬爾地夫海水面升降之研究為例

Two Scientific Styles in Global Climate Change Researches

- A Case Study of Sea Level Change in Maldives

研究生：林孟賢

Student：Meng-Shian Lin

指導教授：傅大為

Advisor：Dai-wie Fu

國立交通大學

社會與文化研究所

碩士論文

A Thesis

Submitted to Graduate Institute for Social Research and Cultural Studies

College of Humanities and Social Science

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Arts

July 2009

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十八年七月

摘 要

全球氣候變遷無疑是當今重要的科學議題，除了在科學界備受矚目，政治、經濟、文化等面向也可見其影響。然而在各界關注全球暖化的同時，我們也常聽到質疑或否定的聲音，因此，本論文嘗試從科技與社會的角度切入，以馬爾地夫海水面升降的爭議作案例分析。

本論文希望跟隨科學家研究的腳步，掌握目前全球氣候變遷研究的特徵。筆者挪用科學哲學家 Ian Hacking 提出的「科學風格」，並將之與 Michel Serres 提出的「維納斯」與「戰神」風格作一連結，嘗試以此兩種風格作為初步分析的架構。

在本論文的分析裡，當今主流的氣候變遷研究可歸為「維納斯風格」，其重視不同系統的交互影響、且在社會面向上亦重視結盟。而能進行不同系統交互影響的複雜研究，更是與電腦模式這個技術物密切相關，有了此技術才能使各地分散的數據統整為具全球性意義的資料。

相較於「維納斯風格」，在馬爾地夫海水面升降的爭議裡，異議者 Nils-Axel Möner 則聲稱其研究方法乃重視實地觀測的地質學方法，且重視「在地性」。基於「在地性」這點，筆者暫且將 Möner 歸為「戰神風格」，以與「維納斯風格」的全球性作區別。經由兩種風格比較，本論文希望指出，不同風格皆有其視角，因此面對科學爭議時，應該讓更多種研究方式參與。

最後，本論文回到台灣的氣候變遷研究脈絡，指出台灣學界在參與國際合作時，對「國際」與「地方」的關係需要更多討論，以利研擬適合台灣發展的研究策略。此外，由於不同研究方法掌握到不同研究對象，常民經驗因此也是值得被關心的面向。

誌 謝

「終於完成了」，七月初的某天，我心裡響起了這個聲音。回想這些年的研究生生涯，終於看到盡頭了。完成後沒幾天，我約了研究所同學馬馬吃飯，順便將論文初稿印出來。從電子檔轉換為書面紙本，拿在手上的實在感，過往的飄忽凝結成了具體的成品。

一本論文的完成，當然也要有網絡來支持。首先要感謝的，是我的指導傅大為老師。從當初破碎零星的構想，到論文的逐步成形，傅老師是最重要的推手。老師個性相當嚴謹，論文裡許多小疏忽都被挑出來討論過，雖然有時讓我頗感壓力，但也因此才能進一步深入研究。傅老師身兼行政工作，還得應付學生的論文進度，在此再次說聲感謝。此外，也要感謝許多老師直接或間接的幫助。口委蔣淑貞老師與陳明德老師，對論文提供許多建議，讓我有更多思考方向。許晃雄老師慨然允諾接受我的訪談，也讓本論文多了更多有趣的資料。幾位國外學者仔細回覆我 e-mail 的問題，實在是讓我相當感動。

走出學術圈子，最該感謝的是支持我讀書的爸媽，雖然你們多少為兒子讀文科的出路擔憂，仍舊是支持我讀完碩士。老姐跟爸媽一樣，對我的論文方向只知道個大概，可是她的關心，都讓我點滴在心頭。

研究所的同學們，是論文寫作時互相打氣的好伙伴。雖然班上同學各自走向不同領域，有的可能暫不考慮寫作論文，但無論如何，仍能彼此相互鼓舞。這裡特別要感謝依臻，幫了我許多忙，十分感謝。愛讀經濟學人的馬馬，豪爽的明華，電玩通的宜安，大家有機會一定要再聚餐。

要說的事總說不完，尤其是短短一篇誌謝裡，容我用簡短的方式描述各位朋友，並致上謝意。日理萬機的宋公，飯局良友的王公，個性帥氣的小柏，清大戰友的洪靖，大學朋友群的欣宜、心梅、詩珊、天迅，德國佬 Udo，女強人 Sally，拉美親善大使 Ale，以及同學們 Miguelina、Juan、Linda、Larry、Ken。還有常聊天的朋友，財金系高手阿屏、活潑的老殘、常給我音樂的阿玄，志氣高的小蛙，友善的外星人，族繁不及備載。

四年來經歷了許多事，有失落，有成長，回首這不算短的時間，望向更長遠的未來。謝謝大家！

目 次

第一章 緒論	1
第一節 背景脈絡	1
第二節 問題意識	3
第三節 文獻回顧	7
第四節 研究方法及設計	13
第二章 IPCC 溯源及其風格	21
第一節 IPCC：科學、政治、與全球性組織的橋樑	22
第二節 主流氣候變遷研究之風格	32
第三節 IPCC 報告裡海水面部份	36
第四節 小結	41
第三章 「全球氣候變遷」下的科學風格	43
第一節 地質學的風格	44
第二節 科學風格之別	49
第三節 科學風格的反省	59
第四章 「全球氣候變遷研究」在台灣	63
第一節 台灣的研究脈絡與檢討	64
第二節 台灣的海水面研究	71
第三節 小結	78
第五章 結論	79
第一節 科學風格	79
第二節 研究檢討與展望	81

圖 表

圖一・Mörner 引以為證的樹	13
圖二・IPCC 與研究部門、政策擬定部門的關係圖	28
圖三・目前的氣候模擬方法	34
圖四・「資料同化」的簡例之一	35
圖五・全球驗潮站的分布圖	39
圖六・IPCC 報告展示的海水面變化趨勢	41
圖七・Mörner 團隊提供的馬爾地夫海水面變化圖	45
圖八・馬爾地夫的普遍島嶼地形圖	45
圖九・Thinadhoo 與 Felidhoo 兩島間的海路	46
圖十・女性骸骨“Reef Woman”所處地方的剖面圖	47
圖十一・微環礁圖	48
圖十二・傳統的天氣預報流程與數值天氣預報流程	51
圖十三・馬爾地夫與周邊非洲國家之海水面資料	55
圖十四・印度與巴基斯坦之海水面資料	56
圖十五・從電腦模式 NCEP-NCAR 取出之馬爾地夫氣候資料	58
圖十六・劉啓清與曾于恆報告之海水面圖	73
圖十七・曾于恆報告之台灣四周海水面趨勢圖	74
表一・台中與基隆海水面變化資料對照	71

第一章 緒論

一、背景脈絡

長久以來，氣候始終是西方文明難以掌握的對象，相對於日月星體的規律運行，這介於天與地間的區塊，總給予西方哲人、自然學者一種無序的感覺，他們認為氣候是不可預測的，是與時俱變且因地而異的複雜現象。因此他們把注意力轉到地面或太空，發展了具有控制性格的科學，即研究主體(subject)將對象(object)抽象化，轉換成機械運行般的過程或數學方程式¹，而多變的天空則被排除在外，不是主流的研究對象，因為研究者感興趣的是具普遍性的法則(law)，而這顯然不是善變的氣候所能提供的。

氣候被認為與地方密不可分，就像中國古時所稱的「風候」²一樣，每個地方具有不同的氣候水土條件，而時人對氣候的認識也來自區域的差異，不同地區的氣候對人產生不同的影響，像洪堡(Alexander Humboldt)於1854年出版的《宇宙，世界的物理藍圖》第一卷就提到，「氣候此一概念所表達出最普遍的意涵是，在大氣中，對我們的器官產生明顯影響的各種改變」³。隨著近代的科學技術、政治網絡持續擴張⁴，氣候開始被氣象學、地球科學、分子化學等學科網羅感知，由是也慢慢褪去地方「風候」(對應於local)的特質，轉變成「全球」(global)姿態的行動者。然而直至二十世紀前期，氣候或是作為中性的研究對象，供學者統計平均，或仍被視為具影響力的行動者，如杭廷頓(Ellsworth Huntington)的氣候人種學，就試圖連結氣候與文明程度的關係；至於察覺到地上的人類也能對氣候產生影響，則是相當晚近的事。

人類體認到自身行為能對全球性的氣候產生影響，可推到一九七〇年代對臭氧層破洞的研究⁵。這起事件源自科學家們在南極進行研究，意外地發現他們頭上的臭氧層竟然破了大洞，且洞口不斷擴張。值得注意的是，駐紮南極的研究團隊來自世界各地，也因此1987年當19國科學家合作調查南極臭氧層時，這個事件就注定產生「全球」的影響力，因為這項觀察並非只是某某實驗室作出的結果，

¹ Michel Serres, *The Birth of Physics*, pp. 67-68。Serres 舉的例子有幾何學及笛卡爾式的科學。
² 教育部國語辭典“風候”詞條：『氣候。唐·白居易·與元微之書：「江州風候稍涼，地少瘴癘。」』。
³ 摘錄自 Nico Stehr 等著《氣候·天氣與人類》，p.13。
⁴ 軍事是帶動氣象科學發展的動力之一，如日本最早在台設置氣象觀測站，即為軍事目的而設。又一戰時歐洲各國實行氣象保密，使靠海為生的挪威大受影響，但也因為這個刺激，使挪威建立自身的海洋氣象觀測系統，並提出「鋒」(即鋒面)的理論，影響至今，世稱挪威學派。
⁵ 在 1896 年，瑞典化學家阿列尼士(Svante Arrhenius)曾為文討論溫室效應與全球暖化，他主張「大氣中二氧化碳的濃度，可能因人類活動所排出的二氧化碳而上升」，而「如果大氣中的二氧化碳增加為 2 倍，全球的氣溫大約會上升 5 度」(牛頓雜誌，復刊一號，p.36)。阿列尼士的論點雖已呈現出人類可能對氣候產生影響，然而直到 70 年代的臭氧層研究，人類影響氣候的觀點才逐漸普及全球，更精確的說是普及社會大眾。

它是各國科學家集體見證的。其後各國政府開始重視氟氯碳化物對臭氧的影響，陸續禁止了與氟氯碳化物相關的產業及活動。在各國持續努力和串聯之下，1987年《蒙特婁公約》誕生了，約定降低氟氯碳化物的使用，其效力逐步擴張到許多層面，將更多國家與物質納入網絡中⁶。現在，氣候不再只是地方性的「風候」或徒具影響力的行動者，它成了以地球為整體的大型系統，與人類文明產生交互影響。

臭氧層破洞，紫外線就可長驅直入，增加人們得皮膚癌的機率，這是人類頭一次見識到自己對遙不可及的天空具有影響力，竟然能讓它破個大洞。但差不多與此同時積極展開的全球暖化研究，卻有著更深更廣的影響力。根據主流派科學家展示的图片、數據與解釋，人類自工業革命以來即不斷產生二氧化碳，導致地球幅射無法排到太空，造成地球溫度不斷提升。由是造成的影響是全方面的，南極冰層溶化、海面上升、低窪地區恐因海面上升淹沒、異常氣候增加(美國的卡崔納颶風、巴西2004年首次出現的「熱帶氣旋」⁷、各地熱浪)、物種遷徙或滅絕⁸、因增溫使疫病流行⁹等等，全球暖化正以全球的規模對人類產生影響，至少主流論述如是說。為了對抗全球暖化這個如惡魔般的行動者，1988年聯合國成立了IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change，中譯：聯合國跨政府氣候變遷小組)，開始主導氣候變遷議題，1997年世界各國簽定了《京都議定書》限制二氧化碳的排放量，讓抗暖化運動首次有了公約，而不可忽視的是美國前總統候選人高爾的紀錄片《不願面對的真相》，將這波抗暖化運動推到高潮，遍及社會各個層面。2007年高爾及IPCC同獲諾貝爾和平獎殊榮，可謂對此事件留下最佳印證。

全球暖化能產生如此深廣的影響，除了上段談及的末世錄外，二十世紀末葉出現的新興市場也是不可輕忽的行動者，他們的出現間接加速了抗暖化運動。早在兩百年前，馬爾薩斯(T.R. Malthus)就警告生活物質成長跟不上人口增長速度，若不做好節育，將來可能出現糧食短缺的問題。時至今日，這類物質短缺的警告已延伸到石油、礦物、可用水等各式資源上，近年來中國、印度等國經濟勃興，對資源需求若渴，國際上的資源爭奪戰履見不鮮。但問題就在於新興國家的出現加速了石化能源消耗，導致更多二氧化碳排出，根據國際能源總署(IEA)的預測，

⁶ 據維基百科「蒙特婁公約」詞條所載，有鑑於第一次公約的效力仍不足以遏止臭氧層破洞擴大，1990年於倫敦展開第二次會議，除了原先所管制的物質外，更增列四氯化碳等十二種化學物質。

⁷ 南美洲巴西自有氣象觀測以來，並沒有熱帶氣旋的記錄，所以當2004年首次碰到疑似熱帶氣旋的現象時，氣象學家不知該如何名之，見wiki「熱帶氣旋卡塔琳娜(tropical cyclone Catarina)」詞條。

⁸ 物種遷徙在台灣，以蝴蝶為例，屬於菲律賓生態系統的鑲邊尖粉蝶已成為台灣南部常見種，而同屬熱帶蝶的曲波灰蝶亦於綠島、蘭嶼定居。見中國時報，2008/2/12，〈氣候變遷影響蝴蝶生態 日本青斑蝶16天飛抵蘭嶼〉。

⁹ 增溫使疫病流行不單指瘧疾、登格熱這類傳統疫病，還有學者推論由於南極冰層溶化，將釋放出古代因洋流作用而冰封於極地的上古病毒、細菌，而這可能對人類造成毀滅性的威脅。

中國可能提早超越美國成爲最大的二氧化碳排放國¹⁰，這無疑然是抗暖化陣營所不樂見的。既然石化能源會產生溫室氣體，且有短缺之虞，尋找替代能源便成了當務之急，於是綠能產業跟著興起，太陽能、風力、生質能受到前所未有的重視，各國政府、企業莫不投入大量資金開發，與此同時，金融業也出現許多以綠能爲標的的商品，如新能源基金、公用事業基金等。全球暖化蔓延到各個角落，許多地方都可見到它的身影。

二、 問題意識

隨著越來越多抗暖化的聲音出現，大眾傳媒也大幅度的報導減碳救地球的重要性，降低二氧化碳減緩暖化成了主流公認的「**事實**(matter of fact)」¹¹。然而即便如此，依舊有許多另類聲音存在。知名科幻小說家Michael Crichton的小說《恐懼之邦》可謂箇中代表，這部內容不甚精彩的小說，蒐集了許多質疑暖化的科學文獻，以證成作者認爲抗暖化運動乃環保人士操作的猜測。《恐懼之邦》遭致許多批評，有人視此書僅只是一部小說罷了，有人則指Crichton並未深入各議題的持續討論¹²。暖化的議題的確包羅萬象，非個人獨力所能窮盡，也非單一學科就能處理。於是我好奇，這麼錯綜複雜的問題，是如何在科學界形成共識、並成爲認定之「**事實**」、以至於能產生全球性規模的動員呢？特別是，當仍有眾多懷疑聲音時，爭議又是如何被解決的？

對科學爭議的研究，STS(Science, Technology and Society)已有相當豐富的成果，許多研究在在顯示了爭議的平息往往不是依賴某個鐵一般的「**事實**(fact)」，使眾人見了就心悅誠服相信。Shapin與Schaffer的經典作《利維坦與空氣泵浦》把「**fact**」改成「**matter of fact**」，即暗示了某個被認可的「**事實**」必定經由某社

¹⁰ 此新聞出自台灣環境資訊中心，2007/4/19，〈中國可能提前成爲溫室氣體第一大排放國〉，<http://e-info.org.tw/node/21719>。

¹¹ 本文對「**事實**」一詞的使用，是參考 Shapin 與 Schaffer 在《利維坦與空氣泵浦》書中的用法。「**matter of fact**」與「**fact**」中譯都有「**事實**」的意思，但前者在該書中多少指涉實驗操作產生現象的「**事實**」，暗示了知識作爲「**事實**」的背後還有一段實驗取得正當性與權威性的歷史。本文將「**matter of fact**」中譯成粗體的「**事實**」，理由見注.13。

¹² 以下簡單介紹《恐懼之邦》在美國和台灣引起的效應與討論。這本小說被美國參議院 Jim Inhofe(共和黨，2003-2007 年任 Senate Committee on Environment and Public Works 主席)作爲質疑全球暖化的有力證據，並稱此書爲「必讀資料(required reading)」。此舉引來批評，像參議員 Hillary Rodham Clinton(民主黨)在 2005 年 Crichton 的聽證會上，即說他“muddy the issues around sound science”[美國政壇的資料摘自 wiki]。至於科學界的批評，Myles Allen 在知名的 *Nature* 作了評論，他指出 Crichton 只選取有利的資料欺騙讀者(像冰島、挪威的冰河雖在前進，但其他地方的冰河卻在倒退)，此外 Crichton 認爲應將雙盲試驗用在氣候變遷研究，也已經有相關單位著手進行了(Nature VOL 433)。台灣的部份，筆者目前還沒見到此書在社會上引起多大的回應，較常見的是在網路上被網友引作質疑暖化的參考。而科學界則有柳中明於《科學人》雜誌上撰文評論，柳認爲 Crichton 提出的「**恐懼國**」概念值得尊重，但其引用的資料卻頗多問題，許多面向並非如作者看得那麼淺顯(《科學人》2005 年 8 月號)。

群的成員認可，方得以被接納與推廣¹³。Shapin與Schaffer兩人仔細重探霍布斯和波以耳對空氣泵浦的爭論，其所得的圖像裡，波以耳不再是因實驗成果而獲得肯定的英雄，在空氣泵浦甫出世時，波以耳必須用盡各種方式來讓人接受他的儀器，然而就算他的論文寫得再詳細、圖片再寫實，想要重製其實驗仍是困難重重。換句話說，實驗後來會被視為科學知識生產的判準，並非因為空氣泵浦如何產生「fact」，而是波以耳成功的讓眾人接納了「matter of fact」，把實驗室風格拓展開來¹⁴。實驗室風格被接納，也意謂著實驗室生產知識的過程，以及與之相伴的社會實作重塑了社會。

回到全球暖化的「事實」來，面對今天這個已被接納的「事實」，它究竟帶給我們什麼影響呢？主流社會在接納這個「事實」的同時，是否也意謂著接納了全球暖化「事實」的知識生產過程、及社會實作的方式？相對的，是否有其他「事實」被遮蔽了？一如霍布斯力抗波以耳的實驗方法，對全球暖化持異議的知識又是如何生產出來的呢？全球暖化議題圍繞著當今社會，在諸多面向發揮作用，這也刺激了筆者省思其「事實」從何而來。

(1) 以馬爾地夫海水面升降為例之原因

爲了分析「事實」的生產脈絡，我選擇從馬爾地夫海水面升降的爭議切入，並以「科學風格」作爲分析概念，以下將分別說明選擇原由。之所以選海水面作例子，是因為相較於其他的暖化爭議，海水面爭議可以清楚地見到兩種不同研究方法在競爭，分別是重視實地觀察的地質學，及IPCC所側重的理論模擬。對地質學而言，「野外工作(field work)」是其研究的基礎，透過大量的實地考查，再將所得的資料加以分析解釋，可說是地質學認可的研究途徑¹⁵。但IPCC的報告裡對海水面的討論往往不是從實地測量開始，而是將各地累積的海水面測量資料匯整，並嘗試以電腦模擬推算海水面的變動；近年來主導海面上升說的知識，基本上就是從此研究途徑產生的¹⁶。爲了方便理解，容我用粗糙的二分法說：在海

¹³ 王文基對「matter of fact」作了進一步詞源考證，就英國的法律史脈絡，與聲稱發生的事實之真偽相關的法律研究稱爲「事實問題(matter of fact)」，相對於斷定法律程序之正確與否的「法律問題」。而到了該書所處年代(17世紀後葉)，當時的英國人已習慣以「matter of fact」一詞指稱發生於過去的人類行爲，以及觀察到的自然現象。不過於書中作者並未清楚界定該詞範圍，而是採策略性的操作，在許多脈絡下指稱實驗室以儀器所產生之現象，有時也藉該詞論述其與「見證」、「證詞」、「假設」(由於真偽尚待判定)等概念相關的含義(見中譯本第一章，p.5 注釋)。又爲了顧及行文流暢，中譯本將「matter of fact」譯成粗體的「事實」，以與「fact」譯一般字體的「事實」作區別，本文將採此用法。

¹⁴ 此處提及的「實驗室風格」，於後文介紹「科學風格」時會作說明，詳見本文 p.7。

¹⁵ 地質學重視實地考查，這說法可見於許多地質學通論教材的導論。好比台灣學者紀文榮編的教材《地質學淺論》，於〈地質學的研究方法〉一節寫道：地質學的研究方法基本上可由二方面手，首先爲野外調量和觀測，其次爲根據野外直接觀察及所採得標本，帶回實驗室利用各種儀器以鑑定和分析、並加以解釋和模擬，再由其中獲得問題的可能答案。

¹⁶ 以 IPCC 報告“Climate Change 2007: The Physical Science Basis”第五章第五節“Changes in Sea

水面研究上，地質學具有實證色彩，而IPCC則較重視氣候模擬的驗證與推衍(仍然具有大量的測量資料)。在確認這種區別後，可進一步說地質學的研究方法為海水面升降提供了第一手資料，而IPCC由於關懷的面向不同，是以其研究是將來自地質學方法的第一手資料作為數據引用，來檢驗數據與氣象模型的關係。

如果海水面的測量「準確無誤」，自然起不了爭議。問題就在於海水面測量本身相當複雜、變化因素極多，這導致過去所測得的資料相當混亂，再加上許多國家基於國防考量不將數據公開，使得想依靠過去的觀測資料推算海面上升與否，充滿爭議性，可以說單單「實證」派內部就有各種聲音¹⁷。1992年衛星測高法問世，因為衛星能穩定地從太空測量大範圍的海水面變化，故其得出的資料一般被認為較無爭議，然而衛星測高法的測量時間不過數十年，如此短的時段是否能反映海水面長期變動趨勢仍有待商榷。為了避開複雜的海水面測量「實證」爭議，擅長「想像實驗(thought experiment)」的科學家於是以邏輯推論的方式指出，暖化讓海水受熱膨脹，再加上來自冰原與冰層溶化的雪水，海水面必然會上升¹⁸。然而將海水面爭議固定在理論推演的疆域，並無法讓爭議就此消解，有學者即指出若暖化為真，現階段海水面應該會下降，且使得極地冰層增厚¹⁹。當然，理論上的爭議也相當多，引用甲說必然會引來乙說的質疑；可是即便如此，海面上升的「事實」仍取得相當的權威性，它巧妙地避開「實證」派的論爭，更成功地勝過「理論」派的異議。

正因為海水面爭議能有效地呈現「理論」與「實證」兩派的差異，這是本文選擇以此為例作分析的理由。之所以特別聚焦在馬爾地夫，原因有三。首先是如前面提及的各地海水面資料頗為散亂，若要探討全球性的海水面變遷會有相當難度，單就「實證」派海水面的爭議就可形成一個論題，如此一來恐無暇處理IPCC陣營的另一種研究方式；本文希望處理的是IPCC與實證派的差異，是以必須先擇一地來處理。其次，何以選馬爾地夫就能減少海水面資料散亂的困擾呢？這是

Level' 為例，可以見到其主要關懷在修正、估算全球海水面數據，好比加入 GIA(glacial isostatic adjustment, 冰河地殼運動校正)模式以校正驗潮站數據。這可以說是一種「由上而下」、以模式(像 GIA)來修正觀測結果的研究方法。按：GIA 指原本因冰河重量凹陷的地殼，因冰河溶化而反彈升高[wiki 資料]。

¹⁷ 關於過去海水面的測量，2008年5月份的《科學人》p.72有簡短的介紹：過去百年來，全球海平面以每年約0.18公分的速率上升。這是根據全球驗潮站(tide gauge)或長或短的記錄推算出來的。全世界各國家的海邊(尤其海港)驗潮站總數成千上萬，但大部份資料由於其擁有基於國防考量而不願公開，而得以公開得資料則收錄入位於英國的「平均海平面服務中心」(PSMSL)。其中較正規而且長期的資料有數百個站。**其實這些記錄頗為散亂不均，而且僅限於沿海或島嶼；測量出來的海平面數值還摻到了當地地體的垂直運動(例如地面沉降、造山運動等)，頗不容易修正。**(粗體字為筆者所加)

¹⁸ 見2008年5月份《科學人》趙丰的文章，〈海平面，你隱藏了多少秘密〉，pp.68-72。

¹⁹ 有科學家指出，暖化使得熱帶緯度的海洋與陸地蒸發出大量的水蒸氣，而部份新增的水蒸氣被帶至高緯度地區，將使得冰層增厚。除非暖化效應讓極地溫度高於冰點，不然現階段極地冰應該是會增厚的，且海水面將因水氣蒸發而下降。此論點引自 Gale E. Christianson,《發燒地球200年》，p.251。

因為近年來對馬爾地夫海水面的爭論，地質學一派多是以地形學的方式作觀測，與一般驗潮(tide gauge)法有別，這種特徵可以省去麻煩的海水面數據修正，而得以更「實證」的方式從地形探勘來作研究²⁰。最後，馬爾地夫的海拔不過1-2公尺，因此常被警告為海面上升後首當其衝的國家，非常具有指標性，這也是本文選馬爾地夫為例的重要考量。

(2) 以「科學風格」為理論架構之原因

說明了以馬爾地夫海水面爭議為例的考量，接著要說明本文選擇的理論分析架構。本文希望採用科學哲學家Ian Hacking於2007年來台演講時所提出之「科學風格」，並將之作部份修改，而非一概承接其整套理論體系。關於「科學風格」的詳細內容將於後文討論，此處先簡單說明選擇此理論的原因。

回到最初的問題，我想問的是近年來海水面升降之「事實」是如何產生的？它是透過什麼方法掌握研究對象、又建立了什麼判準來鞏固其權威性？Shapin與Schaffer是以「生活形式(form of life)」來分析科學方法之爭，他們採較寬鬆的方式使用維根斯坦(Ludwig Wittgenstein)的這個概念，旨在說明科學之爭牽涉的不只是不同的作法，爭議的解決更是與社會秩序問題緊密相關，以波以耳和霍布斯之爭的案例來說，其爭論的背後更蘊含了對當時王政復辟時期社會秩序的期許²¹。這種分析架構的優點，是能將科學爭議帶入寬廣的脈絡審視，但若移到全球暖化的議題上，由於涵蓋面向太廣，恐非一本碩士論文所能處理。有鑑於此，我希望在研究的初步階段，先聚焦在科學知識的生產方式，以及與「事實」推廣相關的社會面向上(比如暖化「事實」與IPCC的關聯)，而暫不處理更複雜寬廣的層面(好比環保團體、綠色企業、學術資源分配等)。Hacking所談論的「科學風格」聚焦在科學的「思與做(thinking and doing)」²²，不同「科學風格」有其不同的推論(reasoning)與實作方式²³，這有助於本文勾勒出IPCC及其反方的特性、探討其生產「事實」的策略，因此本文選擇以「科學風格」來作分析概念，以便對各陣

²⁰ 除了後文將提及的 Mörner 外，另外像 Bianchi et al.(1997)及 Woodroffe(2005)都是從實地觀測來研究(好比 Woodroffe 以 microatoll(微環礁)的生長作為地形變化指標)，而非處理驗潮站所得的數據。按：微環礁是於低潮(low tide，潮汐最低時)時死亡的珊瑚，位於珊瑚頂部，在此 Woodroffe 以之作為海水面升降的指標生物。

²¹ 像霍布斯反對實驗綱領的理由，是因為對他來說「沒有任何一個獨立的知識團體能避免對公民社會構成威脅」，而實驗社群對見證者的資格篩選，正好形成了「獨立的知識團體」，這可能會對當時的社會秩序造成威脅，使霍布斯尊崇的王權遭受其他勢力的挑戰。引號內的文字摘自《利維坦與空氣泵浦》，p.448。

²² Hacking 來台演講談實驗室風格的題目，正是“The Laboratory Style of Thinking and Doing”，可見「科學風格」與「思與做」的對應關係。

²³ 按 Hacking 在台演講“On the Historical Roots of Scientific Reason”，其討論的‘scientific thinking’常與‘reasoning’、‘style’交互指涉，好比有句提到“I contend that every style of scientific thinking introduces new objects……A style, with its specific methods of reasoning, does not answer to any criteria except its own.”。

營有個初步認識。

另外Kuhn的「典範(paradigm)」也是比較從科學內部作思考的理論，而且也同樣處理到科學爭議的問題(從累積「異例」到科學「革命」)，所以這裡有需要簡單解釋不採用「典範」作分析的理由。Kuhn的「典範」具有理論指引作用，引導「皈依」典範的科學家進行「解謎」活動，科學家在「典範」的引領下已先預測了答案為何，唯一要做的就是努力設計新儀器來使觀測結果與理論相符。由此可見Kuhn的「典範」與理論關係密切，理論指引對「典範」內的科學家非常重要，這是「典範」具有的認識論色彩。但我認為將重心放在「理論」之「思(thinking)」，有可能忽略了「做(doing)」的自主性²⁴，舉例來說，Foucault在談論「生命權力(bio-power)」時²⁵，就有提及統計學的技術在這種新權力形式的誕生上，發揮了相當重要的作用。換句話說，統計學不單只是一項關於統計的知識，它得以運作除了自身的知識架構外，還有與之相伴的社會技術(如人口統計與政府管理的關聯)，是以「做」本身就具有特定的力量，能以其自身邏輯發揮影響力²⁶。進一步以統計學作說明，該學科除了統計知識等「思(thinking)」的部份，還需要有計算機器、統計軟體、統計資料的取得技術、各種機構的贊助與使用等「做(doing)」的部份，如此一來才使統計學成為可能；而本文所欲發展的面向，正是以「做(doing)」為主。回到暖化的議題，全球暖化的爭論當然有理論指引部份，為了證明二氧化碳的增加造成全球暖化，有許多科學家致力於讓觀測結果與理論預測相吻合²⁷，但我想問的是：透過什麼技術，才得以讓這些「事實」被呈現出來？當氣候變遷研究在「思(thinking)」爭論不休時，從「做(doing)」的角度又能帶給我們哪些啟發呢？基於此，我選擇了「科學風格」作分析概念，比起「典範」，「科學風格」更側重「事實」的生產方式，呈現不同掌握研究對象的方法與策略。

三、文獻回顧

本節首先定義「科學風格」，交待本文將由研究方法和研究對象來掌握「科學風格」，並指出除了科學研究的內部發展，外部之社會因素也是不容忽視的。

²⁴ 在科學哲學上，Hacking 即指出過去科哲太過重視理論，而輕忽實驗等實作的重要性，其主張可參考《科學哲學與實驗》一書，蕭明慧譯。

²⁵ Foucault 認為，過去的權力是以掌握「生殺大權」、透過刑戮展示出權力。但到了近代權力轉變為對「生命」的掌控，人民的出生率、死亡率、健康狀況等，成了權力的關注對象，簡單說這即是「生命權力(bio-power)」。詳見 Foucault，《必須保衛社會》，pp.226-247。

²⁶ 強調技術的自主性，並不是希望落入素樸的「技術決定論」。技術具有彈性已有許多文章討論過，這裡不多贅述。

²⁷ 好比根據過去的衛星觀測資料，上對流層的溫度並沒有增加的趨勢，雖然這項數據存有瑕疵，但仍常被質疑暖化的學者所引用。為了「證明」暖化確實存在，耶魯大學的氣象學家另外設計測量法，求得與理論預測吻合的數據。此處只引述新聞報導，不深入爭議。新聞來源：中央社，2008/5/26，〈新研究驗證氣候變遷預測 全球暖化確有其事〉。論文見 Nature Geoscience, 25 May 2008 DOI: 10.1038/ngeo208

其次，科學研究中不可避免地會出現研究主體與研究對象，不同「科學風格」產生了不同的主客體關係，生產出各式的研究成果，但是光有研究成果還不夠，科學家必須走向社會，讓社會能接受其成果、支持其研究持續進行，因此實際上科學家的工作必須同時兼顧自然與社會兩面，這將於「人、物、與社會」部份介紹。最後，本文是以馬爾地夫海水面之升降作案例分析，是以在後面進行正式討論前，宜先簡介相關科學文獻，交待文獻尋找方式及其重要性，並扼要地指出其爭論點。

(1) 科學風格

Hacking來台灣的演講“The Laboratory Style of Thinking and Doing”對「科學風格」進行了討論²⁸。Hacking認為，科學風格是由研究方法及研究對象之類型所組成²⁹。他引澳籍學者Crombie分析之「伽利略風格」為例，指出「伽利略風格」的特色在於其研究方式重視數學，而其研究對象則是無法在實驗室內操作、遠在天外的星體運行³⁰。以Hacking的話說，此風格是「測量(mensuration)」與「建構模型(modelling)」的組合，前者體現了重視數學，後者則因為研究對象不可就近接觸，而得透過「模型」來掌握。暨「伽利略風格」之後，出現的是所謂的「實驗室風格」，此新風格的特色是以實驗室的儀器來製造現象，若此現象也能被其他實驗室複製，則該研究就會得到科學界的認可。相對於「伽利略風格」，「實驗室風格」在方法上更重視儀器產生新現象的能力，而不只是數學上的邏輯推論與模型之正確與否，至於其研究對象由於要能被儀器所操作，所以也不太可能是難以接觸之對象。

Hacking的科學風格定義對本文頗具啟發性，它指出了不同科學風格下所認

²⁸ 關於「科學風格」的英文原文，嚴格說應該是「*Styles of scientific thinking*」，這是原概念提出者 A.C. Crombie 的用法，但在實際的使用上 Hacking 卻沒那麼嚴謹，有時用「*Scientific Styles*」，有時又逕稱「*Style*」（如 *The Galilean Style*）。由於 Crombie 與 Hacking 在談論「科學風格」時都認為這些風格乃人類天賦的理性(reason)，以認知科學(cognitive science)的話講即是人類的心智能力(Hacking 2009:3)，這種觀點與所謂的社會建構論存在張力，因此在此筆者也將「科學風格」做一挪用修改，淡化其理性(reason)的「*thinking*」部份，而存其為「*scientific style*」。

²⁹ 原文為：The styles are constituted by their methods and the type of object with which they deal. 見該演講稿 p.2。按 Hacking 演講，不同科學風格的推論(reasoning)方法會處理不同的研究對象，這些推論方法就是不同的 *scientific thinking*(或說 *style*，見注 23)，包括了數學、統計、假設模擬、分類等。數學方法以數字為對象，分類學以物種為對象，這些都是研究方法與研究對象的對應關係。但必須強調，Hacking 在討論時偏重 *thinking*，只有在論及實驗室風格操作儀器時有幾分 *doing* 的成份。本文希望著重在 *doing* 的面向，強調 *doing*(像儀器設計、資料網絡、學術結盟等)在科學發展中的影響力。

³⁰ 除了天文學外，Hacking 認為語法學也具有相似性質。又實際上伽利略也有做實驗，如他對物體慣性原理的(*inertia*)的研究，Hacking 所採用的「伽利略風格」是來自知名物理學家 Steven Weinberg 與哲學家 Edmund Husserl 的稱法(Hacking 2009:101)，這種策略性的使用應該是為了和「實驗室風格」的實驗作區隔，對 Hacking 而言從 17 世紀出現的「實驗室(laboratory)」一詞，標誌了一種「創造現象(*the creation of phenomena*)」的新風格(Hacking 2009:109-112)。

可之科學事實(好比「實驗室風格」重視現象之再製)，也觸及了研究主體與研究對象之關係。後文在分析馬爾地夫海水面升降之爭論時，將會從各方如何認定科學事實作切入點，這與Hacking所提之科學方法緊密相關。不過Hacking對科學風格的定義似乎太過「科學」了，至少就其演講談及的部分，無不是從科學內部來思考科學風格(如其演講題目所示的thinking and doing)，至於外部因素則較少被談到³¹。是以Hacking的定義固然可以看到特定科學風格所側重之研究途徑，卻很難說明風格與社會的交互影響，科學研究是否外在於社會之「生活形式」而具有獨立性呢？這點Hacking並沒有多作解釋，他想著墨的重點顯然不在於此。

爲了強調實驗、儀器的特殊地位，Hacking還提及當年歐洲各國爲了操作出更好的真空現象，不考慮實用價值而投入大筆資金³²，彷彿空氣泵浦與利益團體沒有太多關聯，人們純脆是爲了推展實驗而努力。可是認爲空氣泵浦不具實用價值的觀點恐怕頗有問題，以當年美蘇太空競賽爲例，基本上雙方投入的航太工業也並非都有「實用價值」，雷根喊出的「星戰計畫」至今仍有許多仍是紙上的計畫。可是美蘇投入太空競賽的價值並非僅在一般的實用層次，還包括了象徵層次上的國力較量，深深影響到兩強的國家尊嚴，因此雙方無不計成本的投入航太工業發展。當然，空氣泵浦是否具相似象徵價值仍有待研究，畢竟在Hacking談論空氣泵浦時它已被黑盒子化(black-box-ized)，以至於今日空氣泵浦與其相伴的實驗室「無疑」地作爲成功關鍵。然而正是在此突顯出Hacking論述上的盲點，首先Hacking指出現在的「實驗室風格」是以儀器、操作等事務作爲評判「事實」之標準，另一方面又指出是實驗儀器能製造、操作現象的特殊性，才使得這種科學風格得以推廣；可以說，Hacking是以實驗、儀器等來證成「實驗室風格」之盛行，但這是在「實驗室風格」已被認可、科學社群已接受實驗爲「事實」判準後才說得通，問題是Hacking並未解釋何以實驗、儀器會成爲認定「事實」之判準。

至此，Latour對「黑盒子(black-box)」的分析可作爲進一步思考的資源。Latour在*Science in Action*一書導論中，以1985年法國巴斯德研究所分子生物樓、1951年劍橋卡文迪許實驗室、1980年美國麻州的數據公司等三個場景展開研究³³。對後兩者來說，他們的研究都處在未知狀態，卡文迪許實驗室裡的吉姆·華生(Jim Watson)並不確定他們的DNA雙螺旋模型能經得起考驗，而麻州那數據公司裡某部門的員工也在層層阻礙中試圖讓各方接受他們所開發的計算機。在這時期，研究者使用的辭彙、所關心的面向絕非只有單單的實驗而已，他們必須想辦法爭取

³¹ Hacking 並非全然沒有提及「社會」因素，在其“On the Historical Roots of Scientific Reason”演講稿中曾有一節專談 society，但遍尋該節，只有一小段文字與「社會」因素有直接關聯：Styles are enabled by institutions. Lloyd's comparative study of ancient science, mentioned earlier, attends closely to the institutional settings, in Greece and China, that allowed various “styles of inquiry” to flourish in one or the other society.

³² 見演講稿，p.9。

³³ 詳文見 Latour，《科學在行動：怎樣在社會中跟隨科學家和工程師》一書導論。

經費、面對各方的質疑與挑戰、進而將反對勢力轉變為己方的盟友。當一切塵埃落定後，也就是各方都接受其研究時，出現的就是1985年在法國巴士德研究室的景像，裡面的作業員不用煩惱DNA是否為雙螺旋或電腦該以何種型式運作，他只要將DNA的數據輸入到電腦裡就好。當研究「黑盒子化」後，人們就看不見封盒前的爭議，不知道某研究是在哪些影響下決定了「方法」(好比電腦的形式)及「事實」。有鑑於此，則有必要重啟黑盒子，了解是在什麼情況下決定了科學研究的取向。這邊我希望再次強調科學風格與外部社會乃彼此交纏滲透，一項科學事實之所以被認為成功，深受科學社群肯定之研究方法左右，而科學社群處於社會之中，雙方必然產生交流互通，由是科學社群所認可之研究途徑並不能單從科學內部來解釋，還需考量到外在的社會因素。然再次強調，本文由於篇幅考量，所處理的社會部份僅限於科學社群擴張與結盟，並不涉及更廣的外部社會力量(像環保意識、能源危機等)。

(2) 人、物、與社會

臭氧層破洞與全球暖化，大約在同一時期為世人所關注。90年代分別有兩位科學研究(science studies)者對此作出回應。Michel Serres於*The Natural Contract* 呼籲人們重視Earth，一種有別於過去local的新觀點，他認為過去人與人間的「社會契約」將「物」排除在外，賦予「物」一套「物理法則(law)」，而人類社會自己又有另一套「法律(law)」，彷彿兩者是毫無關聯的。但時至今日「物」不再是外在於人的存在，而是會與人類活動產生交互影響的行動者。古希臘的奧德賽因暴風雨而被迫展開漂流，當時他可能想到這是海神的詛咒，可是今天我們碰上颱風或颶風，想到的卻是全球暖化使異常氣候增加，因為整個圍繞著全球暖化建構的網絡，使我們意識到人與「物」的聯繫。是以Serres認為我們不能只活在「社會契約論」，畢竟只用人與人產生的「社會」並不足以應付新的「自然」狀況，我們必須與「自然」訂立新約，將它們納入網絡之中³⁴。至於Bruno Latour的*We have never been modern* 一書，雖不是專就大氣事件而發，但開卷第一頁，就提到臭氧層破洞所捲入的諸多行動者，這絕非一起單單的科學事件，而是各國政府(協商如何因應全球暖化)、工業集團(排放氟氯碳化物者)及氣象學家與化學家的爭論共同交纏形成的³⁵；在Serres眼中分開的「人」與「物」，似乎早被科學社群巧妙的

³⁴ Serres 為「自然」賦權的構想基於此，他認為人類自身經歷過數次爭取人權的運動，好比無產階級向資產階級討回原屬的權力(Serres 1995:39)，但這種以人為中心的思考並未將「自然」納入。然而問題在：「自然」會說話嗎？「自然」如何與人類簽定新約？Serres 的回應是：「To be sure, we don't know the world's language, or rather we know only the various animistic, religious, or mathematical versions of it.....In fact, the Earth speaks to us in terms of forces, bonds, and interactions, and that's enough to make a contract.」(Ibid :39) 至於「自然」能具體回應人類的方式，Serres 常舉的例是「污染(pollution)」(Ibid :33)。

³⁵ 有別於 Serres 認為人將「自然」排除，Latour 認為這種排除不如說是現代社會對科學的態度(即實際上兩者是緊密交纏的)。Latour 認為現代社會依循著社會契約式的代議政治，使得「科學代議士」的「專家」具有知識統治權力的優先性(賴沅暉 2005:17)。換句話說，是「科學代議

銜接起來。

Latour論及波以耳實驗室的公案，提出了一種解釋來說明何以科學家能巧妙地銜接科學與社會。他指出波以耳的實驗生活具雙重性，實驗室內的活動只讓擁有資格的人參與，外在的社會影響不能隨意進入，但科學家出了實驗場域又能接應複雜的社會活動，而正是這種雙重生活形式讓波以耳得以成功。Shapin等也提到，科學活動及科學社群始終仰賴他人，只要有國家或機構認為他們有用，他們便得以存在。於是在實驗生活剛開始的階段，雖然實驗者不隨便讓人進入其研究場域內，不過他們卻會主動走向人群，向各行各業傳達其實用性，於是釀酒商想生產不易變質的啤酒可以找科學家，炮手希望槍炮準確也能找科學家—只要你有任何需求，都該找科學家談談(Shapin&Schaffer, pp.469-470)。因此實驗生活形式的成功，除了是科學家以儀器建立與研究對象的關係外，也還得讓社會肯定科學社群的重要性，質言之，科學社群需要經營起「研究對象—研究者—社會」的連結才能成功，科學家是「人」(此處指社會)與「物」(自然)的橋樑。

於前述部份，筆者已談到IPCC為主的大氣科學陣營，藉由衛星、電腦模擬及能統整各地資料的組織來掌握研究對象，那麼他們又是如何連接與社會的關係呢？按上段的討論，無疑的IPCC要讓社會覺得他們重要，這是與社會產生連結的首要步驟。一如波以耳的實驗綱領不是單靠「事實」就讓社會接納，IPCC報告的「事實」也存在不少質疑聲音，可是卻成功的讓社會覺得他們有用，這是因為他們展示了暖化可能帶來的危機，這危機對全人類都有影響，無人能置身於外。從讓社會覺得重要這點來看，IPCC陣營顯然非常成功，這是其他陣營所不能及的³⁶。誰能有效連結「研究對象—研究者—社會」，誰就能獲得勝利，「科學風格之爭」的勝敗有賴於此。

(3) 科學文獻

本文將循近年來學界對馬爾地夫海水面升降爭議的文獻進行爬梳，在這小節裡，我首先交待如何尋找科學文獻及文獻之重要性，然後再簡述爭議點為何。關於科學文獻的尋找方式，我是透過SCI資料庫查詢³⁷，輸入關鍵字“Maldives+sea level”得出的所有論文中，理出近年來在此議題上的爭議是從何而起，又有那些是與之相干的討論。可以確定的，近年來關於馬爾地夫海水面的爭議，始於一位瑞

士」將「社會」排除出去。

³⁶ 一般將暖化議題陣營分為四派：肯定人類行為造成暖化派(如IPCC)、暖化乃自然現象派(如主張地球暖化乃自然周期現象)、不可知派及反對派。其中IPCC為首的陣營既能給出危機圖像，又能提供人類解決的方法(減碳救地球!)，因此最能獲得接納。筆者曾在論壇看過「暖化乃自然現象派」的網友說，如果暖化是自然現象，那不管人類做什麼都沒有用(換句話說綠色產業也很難像現在這樣大受推廣)，這種論點當然不受青睞。

³⁷ 於2008/12/15查詢。

典地質學家Nils-Axel Mörner，他在2004年發表的“New Perspectives for the Future of the Maldives”論文中，質疑了IPCC預測馬爾地夫恐遭淹沒的說法，而後許多相關論文即從批判Mörner的立場展開回應(這些論文大多會引用Mörner來批評，故關聯性不言而喻)。至於文獻的重要性，由於科學社群習慣以論文引用次數作標準，我也以此來判斷Mörner引起的爭議是否夠份量。按SCI的引用次數統計，Mörner於2004年開啓爭議的那篇論文被引用14次，在關於馬爾地夫海水面的論文裡算是頗高的(即便是被引用來批評，也可證他挑起的爭議讓人注意)，其他相關論文的引用次數很少超過個位數，從引用次數或可為這爭議的重要性提供保證³⁸。此外，主導暖化議題的IPCC報告，自然也是不可或缺的參考文獻。

說明了資料尋找的方法及文獻重要性，以下就簡單介紹爭議為何。由於馬爾地夫高度只有1-2公尺，因此常被警告有淹沒之虞(IPCC, 2001)。而2000年瑞典一支由Mörner組成的海水面測量團隊受當地政府之邀前去調查，卻得出了不同於主流科學界的結果，他們聲稱，馬爾地夫的海水面並未如IPCC警告的那樣岌岌可危，事實上近五十年來該地海水面不升反降，足足落了20-30公分(Mörner, 2004)。此論一出，學界嘩然，馬上有許多學者針對Mörner等人的論點進行批評，雙方進行了相當多的論戰；這爭議正是本文正文所要處理的部分，我將以研究方法和研究對象來掌握各陣營的研究策略。

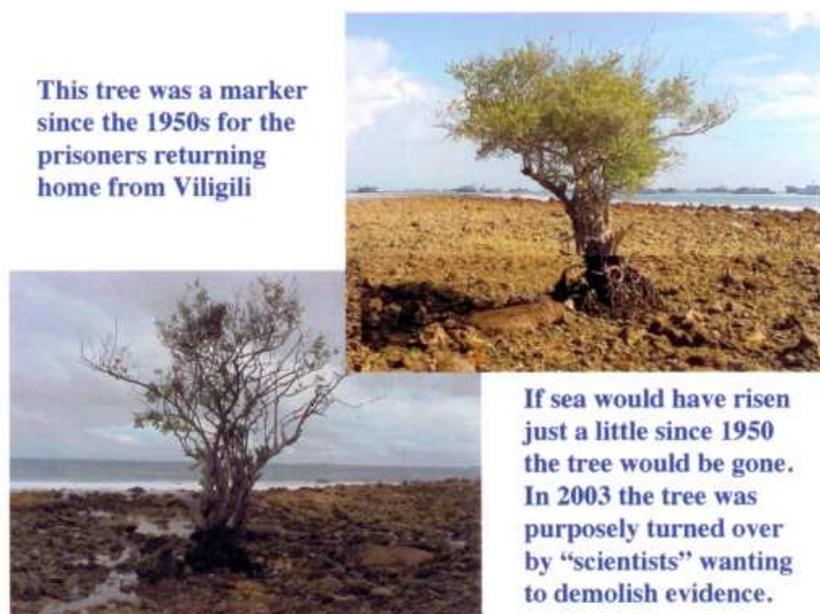
除了科學「內部」的文獻以外，我也將引入「外部」的相關資料。前文討論科學風格的部分已說明太過側重「純科學」可能出現的問題，因此除了討論學術期刊上的文獻，我認為有必要將此論戰「外」的情況一併帶入討論。像當初Mörner的團隊是應馬爾地夫政府之邀前去測量的，因為從政府到居民都擔心他們會被海水吞噬，然而當Mörner的結果出來，並準備由當地媒體MaleTV播放訪談影片時，卻被馬爾地夫政府封殺了³⁹。又Mörner說他在馬爾地夫的監獄島發現一株樹可證明海水面並未上升(若如IPCC所言，該樹就被沖走了)，但這株樹卻被一支來自澳洲支持IPCC的研究團隊所破壞[圖一]。這兩件事聽起來非常陰謀論，而許多內幕恐怕也不是外人能知的，但若因此就視Mörner的說法為謠言，可能也會忽略掉其中值得討論的細節。像Mörner提的樹，正可與本文所欲闡釋的科學風格呼應，Mörner選擇實地探查來掌握海水面升降，這與直接調海水面資料作推算的方式大異其趣，而樹被毀掉(Mörner的說詞⁴⁰)，也可見到兩陣營為鞏固自己的「事實」展開較勁。總而言之，除了科學文獻的分析外，外部的影響也必須加以討論，畢竟只有建立起「研究對象－研究者－社會」連結的陣營才能獲勝，哪一方被鬆動了「研究對象－研究者」(好比Mörner說的樹鬆動了IPCC陣營所連結的「研究對

³⁸ 在搜尋到的25篇論文裡，較高的引用次數還有兩篇24、18、16各一，但進一步細究內容，會發現一篇是INDOEX(印度洋國際實驗計畫)的概論，其他則與珊瑚生長有關，與海水面關聯較少。

³⁹ 見Mörner在2007年6月的訪談，<http://www.mitosyfraudes.org/Calen7/MornerEng.html>。

⁴⁰ 同注36。

象－研究者」，後者就得將樹抹除)或「研究者－社會」(好比Mörner的說法未能透過當地媒體播放)，哪一方就會失去優勢。本段由於只引Mörner的說詞，似乎先讓IPCC陣營落入不利的位置，但我必須強調，這只是舉例方便而已，之後的分析會盡力讓雙方在對等的位置發言，以對稱原則處理兩邊的爭議⁴¹。



[圖一]：Mörner引以為證的樹。按Mörner的說法，該樹臨近海岸，若近數十年來海水面真的上升，那這棵樹應該早被沖走了。這棵不利於主流論述的樹，於2003年倒地。右圖攝於2003年前，左圖是2003年樹被拽倒後，Mörner團隊將之重新立起拍攝之照(原圖未標明年份，此為筆者向Mörner詢問所得⁴²)。

四、 研究方法及設計

本文旨在討論氣候變遷下的科學風格。認定科學風格的方式，如文獻回顧部份談論的，是以「研究對象」和「研究方法」作為界定標準，且將科學風格的社會面向一併列入檢視。對主流的氣候變遷研究社群來說，其風格與Hacking認定之「伽利略風格」非常相似：首先在研究對象上，兩者都是研究難以近身掌握之對象(大尺度的地球現象及遠在太空的星球)；其次在研究方法上，兩者都相當重視數學建模與觀測。但氣候變遷研究的科學風格終究與「伽利略風格」有異，對

⁴¹ 為了對稱處理，這裡也提供 Mörner 獲取經費，爭取社會支持的面向。網路上有人指出，Mörner 是加拿大 "Natural Resource Stewardship Project" 組織的結盟專家 (allied expert) 之一，據網友查詢，該組織與能源公司密切相關 (<http://www.desmogblog.com/nils-axel-morner>)。在暖化爭議裡，指謫懷疑論者是能源集團御用學者，乃相當常見的批評模式。但從對稱原則看，即使經費來源「光明磊落」的研究者，也該檢視其經費的來源、贊助單位的研究立場、以及背後的政治性。

⁴² Mörner 在 email 裡除了回覆筆者兩張圖片的年代，並強調該樹是被「澳洲科學家」所拽倒，此事被當地人所發現。

後者來說，重在從自然之書抽出一條條的法則，很少處理交互影響的情況，研究對象間並沒產生聯繫，而這被忽略的部分正是前者非常重視的。主流的氣候變遷研究相當重視地球上各種系統間的交互作用，像全球暖化就牽涉到人為碳排放、大氣與海洋的碳循環等，正因這種特徵，「伽利略風格」顯然不足以用作標誌，有必要另起別稱。

對於全球氣候變遷研究的科學風格，我希望以科學哲學家Serres的「維納斯風格」名之，另外Mörner團隊則暫歸類為與「維納斯風格」相對的「戰神風格」。以下將分別闡釋兩種風格及採用之理由。

(1) 維納斯風格

Serres在*The Birth of Physics*一書中，提出了兩種科學風格，其一是以區分主客體、或將自身抽離開世界，如同作戰般的戰神風格，這以傳統物理學為代表；另一種是將自身與萬物皆視為互動的「物體(objects)」，所有「物體」在流動中擾動、生成，與戰神風格迥異的維納斯風格，而熱力學就具備這種特質⁴³。本論文我打算挪用Serres的概念，並以Hacking所提的「科學風格」加以修改，來分析全球暖化下的科學風格所具有的特質。正因如此，我不是全照Serres的方式作描述，而是採一種「若即若離」的態度。Serres在談論不作主客體區分時蘊含了其對和平的期許，他認為國家與人類之所以會發生戰爭，是因為有意識地將自己作為一個群體，而不許其他集合體(collectivity)凌駕其上，彷彿該群體是自立於世界之外的，無論是國家、族群、文化間的衝突，還是西方文明將「自然」驅逐出「社會」⁴⁴，都是在這種戰神邏輯下產生的⁴⁵。Serres作此推論固然有趣，但我不打算深入討論其「和平觀」，而是想指出當今主導暖化議題的大氣科學陣營，具有類似於Serres所說的維納斯風格。

維納斯風格的特色，在於視所有「物體(object)」皆有其影響力，甚至於研究主體(subject)與研究對象(object)也不是絕然區分的。如暖化的例子可以見到，人類的碳排放行為，遭致其所處的環境給予反饋效應，換言之，若將研究主體所處社群的影響力排除，不可能意識到人類的行為會對生存空間造成影響(而且是全球性的層面)。進一步從Hacking的「科學風格」來看，這表示了研究暖化的科學社群其研究對象乃「全球規模的地球現象」，這個研究對象不僅極為巨大，還包

⁴³ Michel Serres, *The Birth of Physics*, p.49. Serres 所說的戰神與維納斯風格，源自古羅馬伊比鳩魯學派的 Lucretius。Lucretius 以原子論為基礎展開其學說，推崇不可預測的紊流模式(turbulence，即維納斯風格)，而否定具決定論色彩的機械論(戰神)。

⁴⁴ 「西方文明將『自然』驅逐出『社會』」並非 Serres 的用詞，就我目力所及的文章中 Serres 並沒有強調這是西方文明特有的觀念，然而誠如 Latour 以人類學的方式指出並非所有文明會區分自然與社會，在此我改以 Latour 式的話敘述。

⁴⁵ Michel Serres, *The Natural Contract*, p.25. 無獨有偶，Latour 也有一本小書名為 *War of the world: what about peace?*，也是思考「戰爭與和平」之作。

涵了許多系統在其中，科學家的主要工作就是研究各系統交互作用所可能出現的情況。在本節開頭，筆者提到主流的氣候變遷研究與「伽利略風格」非常相似，研究對象都不是能輕易掌握的，如果說「伽利略風格」是夠過數學建模與觀測(望遠鏡的物質技術)才得以生產知識，那研究氣候變遷的社群又是透過什麼方法來建立與研究對象的關係呢？基本上除了數學模式與觀測技術的複雜化外，還有賴於一個統合的技術將不同系統所得的結果作相互影響之分析，這項統合技術包括了匯集資料的機構，以及能高速運算的電腦。因為有後面這項統整技術的出現，研究「全球規模的地球現象」才能進行，不同系統間交互影響的面向也才得以被掌握。茲以新近形成的「地球系統科學(Earth System Science)」作更詳細的例證，由於氣候變遷研究與此學科息息相關，甚至可以說氣候變遷就是地球系統科學的重要探討主題，故以之作說明。

按《地球系統碳循環》一書的定義，「地球系統」把地球視為一個整體，「將地球的大氣圈、水圈(含冰雪圈)、岩石圈和生物圈看作是一個有機聯繫的地球系統，發生在該系統中的各種時間尺度的全球變化是地球系統各分量(圈層)相互作用的結果、三大基本過程(物理、化學和生物學過程)相互作用的結果、以及人與環境(生命與非生命系統)的相互作用的結果」⁴⁶。這種研究取向的產生，源於20世紀70年代出現的大規模旱災和洪災，引起了氣象學家的關注。1978年世界氣象組織(WMO)和國際科學理事會(ICSU)共同支持了一項以全球氣候問題為研究對象的計畫，首次提出了「氣候系統」的概念。而這新起的概念，於1984年ICSU第20屆大會上，拓展成研究全球環境問題之地球系統，會議成員支持進行一項名為「國際地圈生物圈計畫(IGBP)」的大型研究。另外「地球系統科學」也在同一時期，與「地球系統」相繼問世。這名詞最早於1983年、非正式地出現在美國NASA內部地球系統科學委員會(ESSC)的文件，其提議將地球各組成部分作為相互作用的一個系統加以研究，後於1988年出版了《地球系統科學》一書。

至於地球系統科學的研究對象和研究方法，依《地球系統碳循環》的定義，地球系統科學所關注的是具有行星尺度(相當於地球半徑)之系統變化與交互作用，而其所研究之時段則以幾十年到幾百年的尺度為主。在研究方法上，「地球系統科學的基本思路是對全球變化進行觀測、理解、模擬和預測」，也就是說透過全球觀測站累積資料數據，然後在此基礎上用電腦建立模型、進行模擬，以對地球系統的變化趨勢作統計性的預報。透過「地球系統科學」的例子，我們可以清楚看到其研究對象在時空兩向度都不好掌握，若沒有一個有效的統整技術，各地的資料將只是地方性(local)的而已。

地球系統科學在20世紀80年代興起，算是相當年輕的學科。總歸這門學科的

⁴⁶ 摘錄自陳泮勤主編之《地球系統碳循環》，p.5。照上下文看，此定義應來自NASA於1988年出版的《地球系統科學》一書。又此段內容為筆者對陳書緒論之簡要整理。

特點，不外乎各系統間交互影響(其系統包括生物與非生物)，和以大規模尺度為研究對象(即global)。Serres在1993年的訪談中也提及，《The Natural Contract》一書中他希望描繪一種轉變，一種從地方性(local)邁向全球性(global，以planet的角度思考)的新觀點⁴⁷。這種重視全球性的科學風格，與我讀Serres分析「維納斯風格」的全球性所得之啟發頗能相通，而這也是我希望以「維納斯風格」概稱氣候變遷研究(或說地球系統科學)的理由。但是必須注意到，Serres的理論並沒有談到科學爭議，比較像是因應一個新科學形式的誕生所作的風格描繪。我認為這種遺漏是可惜的，在迎接維納斯的到來前，應該先了解她是如何誕生，弄清楚她沉迷「全球」的策略，而不是因為她給出了「事實」就傾倒。

那麼，維納斯風格能盛行全球的策略又是什麼呢？上述從科學內部界定的「系統科學」顯然已無法回答此問題，必須把社會面向也納入考量才行。科學風格的社會面向，促使我們回頭檢視「系統科學」問世前的歷史脈絡，看看是怎樣的時空背景使得這項科學成為可能，關於全球氣候變遷研究的歷史將於第二章做討論，此處先以「核子冬天」理論簡單說明科學與社會的關係⁴⁸。「核子冬天」理論出現後，對美蘇冷戰格局下的「國家－科學」結合體做出挑戰，相對於「國家－科學」這種具對立性的科學社群(或許可說是「戰神風格」)，參與「核子冬天」的科學家來自不同領域、跨越冷戰疆界進行串聯⁴⁹，形成了一種既能通力合作研究、又具結盟政治性的跨國科學社群，致使美蘇許多核戰策略作廢；這種結盟模式亦可見於日後的IPCC。總歸來說，維納斯風格不僅透過合作研究來掌握全球尺度的研究對象，還能以結盟的政治性建立其權威地位，這是本文所希望帶出的論點。

(2) 戰神風格

與「維納斯風格」大異其趣的，是她的情夫，也就是「戰神風格」。既然是戰神，軍火工業不等地會是好例子。Donald Mackenzie的研究指出，MIT的自動導航系統發展，不僅與美國國防部的興趣交纏在一塊，更改變了許多實驗室的問題形式，「滋生」出許多新的知識範疇⁵⁰。如此以軍火工業為基礎的「滋生裝置」，孕育出許多以耗費、死亡為導向的科技現象。以核子武器為例，根據媒體統計，從1945年到今日，人類製造了近十三萬枚核彈，其中美國最多，占七萬枚，俄羅

⁴⁷ 見 Serres 在 1993 年的訪談，“Michel Serres talks to Francois-Bernard Huyghe”。又 Serres 談到以全球視角思考的有其重要性，因為近代大規模毀滅武器與全球氣候議題等，在在要人們跳脫過去的 local 觀點。

⁴⁸ 一如「核子冬天」理論孳生系譜有許多知識來源(傅大為，1992:200)，全球氣候變遷研究亦是如此。可以說「核子冬天」正是全球氣候變遷研究形成的重要來源之一(Wear 2003:144-145)，故此處將之作為例子說明維納斯風格的社會特性。

⁴⁹ 像 1983 年於華盛頓舉行的「核戰後世界性的生物性後果」研討會，與會者有兩百多位來自各種領域的專家，還包括了蘇聯科學院、醫學院的學者(傅大為，1992:201)。

⁵⁰ 傅大為，〈科學分類、武器、與 Hacking 的實驗哲學〉。

斯次之，約六萬枚，直到1986年前後，仍有近七萬枚核彈處於服役狀態，夠毀滅地球無數次⁵¹。套一句俗話說「我們只有一個地球」，這個地球搞砸了人類也完了，那麼到底該如何解釋許多國家、科學社群、軍火工業願意生產上萬顆核彈，好毀滅地球無數次呢？更何況美蘇冷戰已結束(估且不論俄羅斯的復甦)，卻有更多國家投入核子俱樂部、發展各種射程的彈道飛彈，若說這是基於理性考量實在讓人難以相信，畢竟「我們只有一個地球」。

戰神風格不僅邁向耗費、死亡，也同時展現了Serres所說的戰神特質－建立自身主體、不許其他群體與之相左(好比爲了「國家」這個主體，不惜與他群體開戰)。換言之，爲了服膺特定主體的召喚，戰爭由是產生。以「研究對象－研究者－社會」的模式來說，與軍火工業交纏的科學風格之所以不斷邁向戰爭，是因爲研究社群以研發武器來建立「研究者－社會」的連結，爲了滿足「社會」(軍火商、或極端的國族主義)的需要，「研究者」自然將「研究對象」鎖定在開發精準、有效的武器上頭。至於美國拒簽《京都議定書》也可循此模式解釋，因爲反對簽定者認爲美國若依約減少二氧化碳排放，將對國內工業造成負面影響，兩害相權取其輕，主事者選擇了美國優先(以local爲重)；這也算得上是戰神風格的一面，因此對暖化現象持懷疑態度的科學家通常也會被貼上「石油集團御用學者」的標籤，因爲他們似乎置石油集團的利益於地球之上。

然而這種具地方性、或說特殊性的風格，是否就是負面的呢？這得回到如何定義local的問題。對戰神風格而言，是將特定地方(local)的利益、價值等標準加在其他不同的群體上，是具支配性、不准其他可能性出現的統治模式⁵²。但如果將local轉變爲能相互流通、像維納斯風格似的特質，則local就有了積極意義，諸種地方性、特殊性不再是被規束的對象，而是一起並作影響的基本單位。將local視爲積極的基本單位，就要進一步問基本單位的範圍爲何，因爲local是相對性的概念，在不同脈絡具有不同層級。於主流全球氣候變遷研究裡，local的基本單位一般是國家，許多大型計畫也都是以國家作爲參與對象，因此雖然全球氣候變遷研究強調開放討論，但在形成結盟政治的科學社群後，是否可能產生新型態的支配力量呢？相對於「核子冬天」理論的游牧特質(傅大爲 1992：203)，全球氣候變遷研究畢竟已經建制成功，不像前者那樣處於靈活的網絡串聯階段，只是後者有著「多國」合作的樣貌，就算具支配力，也比前述戰神式的單一國家權威來得親和多了。是以需要更深入的質問：這種local到底有多local(ex:常民能參與嗎?)，又這種local是如戰神風格那樣被支配，還是具積極意義的local。

戰神風格有各種風貌，本文特別著眼於其local特質，來標誌Mörner陣營的風

⁵¹ 華夏經緯網，2007/11/29，〈核武器依舊是威脅人類生存的揮之不去的夢魘〉，<http://big5.huaxia.com/js/jswz/2007/00722205.html>。

⁵² Serres 以歷史書寫來比喻這種支配性：Thus we write history in which the local goes back to the global under the repetition of a homogenous law.(Serres 2000:191)

格。這樣歸類帶有幾分反諷意味，因為在氣候變遷研究裡，主流論述面對地方異例時(好比有些地區的冰河仍在擴大)，常以其不足代表整體為由反駁，故在後文正式進入local的辯證前，暫且先將Mörner歸入戰神風格。Mörner團隊的研究講求實地觀測，其研究方法以地層學、形態學和沉積物分析見長，因此其研究對象也多是能實際接觸到的。對Mörner這類地質學家來說，其研究方法就是實地觀察地形，再給予觀察結果一套解釋。這種相當重視實地調查的研究法，與偏重電腦模型預測的IPCC不同，前者掌握研究對象的方式乃依賴自身感官訓練(辨識地形)及測量儀器(量尺)的技術，將研究對象(地形)轉換成科學知識；而後者在海水面研究上，其對象雖也是海水面，但嚴格說來是已被轉換成觀測數據的海水面知識，然後再透過資料匯整的方法來建立研究者與「全球海水面」的關係，否則所接收到的只是「地方海水面」資料而已。由此可見，表面上兩陣營的研究對象都是「海水面」，但實際上卻是有差別的，重視「全球性」的「維納斯風格」與強調「地方性」的「戰神風格」，兩者因建立「研究對象－研究者」的方式不同，也因此生產出不同的「事實」來，可以說爭議自此展開。

(3) 戰神與維納斯

比對兩陣營的「科學風格」後，最後就是要探討「科學風格」孰勝孰敗的問題。如在前文問題意識部份所說的，除了衛星觀測的海水面資料獲得多數科學家認同外，過去的海水面資料都存有爭議，因此本文拒絕以「事實(fact)」來評斷勝敗，而是將之視為「事實(matter of fact)」來處理。使用「事實(matter of fact)」一詞，表示了不同科學社群以不同方式生產科學知識(建立「研究對象－研究者」之關係)，但是單憑生產出來的科學知識是不夠的，科學社群還必須建立與「社會」的關係，才能持續爭取經費、說服社會大眾接受，如是才能形成穩定的研究進程。是在分析「科學風格」差異時，本文將以「研究對象－研究者－社會」的模式指出，唯有成功串連三者的「科學風格」，才能獲得成功。

必須強調的是，全球氣候變遷研究是相當複雜的科學活動，涵蓋的學科相當廣泛，各地研究社群可能都有相當不同的研究途徑。因此筆者並不是以「維納斯風格」與「戰神風格」這兩種風格來概括所有氣候變遷研究，而是將這兩個概念當作初步分析的開始，為複雜的全球氣候變遷研究勾勒出一些輪廓來。由於這只是初步的工作，不得已需要以簡御繁，至於各科學社群間還有什麼研究取向的差異、研究方法的不同，則有賴將來更進一步的研究。關於學科間的差異，在此提供一個重要的面向作參考。氣候變遷研究裡，不同學科領域或不同學者的研究旨趣會產生不同的「時間尺度(time scale)」，像氣候學家可能關注數十年、數百年的氣候變化，地質學家所探討的則動輒以數千、數萬年計。由於時間尺度不同，學者們對於氣候的短期波動、長期趨勢等看法就容易出現各種解讀，這是造成氣候變遷研究爭議相當重要的因素。

(4) 氣候變遷研究在台灣

處理完「國外」的海水面研究後，本文將回頭檢視台灣的氣候變遷研究有何風格，其與目前國際主流研究風格又有什麼關係；檢視範圍除了廣義的氣候變遷研究外，也會特別討論一些台灣學者的海水面研究。

關於台灣的氣候變遷研究，陳世榮(2007)以量化研究的方法，對國內相關研究議題進行「關鍵字」的網絡分析，以期透過不同關鍵字的疏密關係(像「台灣」一詞與「作物(crop)」及「水(water)」具較強的關聯性)，來呈現台灣學者在氣候變遷研究所側重與可能較忽略的面向。根據陳世榮的研究，台灣學界在1989年開始推動全球變遷研究，並參與了「國際地圈生物圈計畫(International Geosphere-Biosphere Programme, IGBP)」之「黑潮邊緣交換作用研究(Kuroshio-Ende Exchange Processes, KEEP)」，為系統性的調查開啓新頁。其後又有諸如「熱帶海洋—全球大氣研究(Tropical Ocean-Global Atmosphere, TOGA)」、「氣候品質台灣站(Climate and Air Quality Taiwan Station, CATS)」、「世界海洋環流實驗研究(World Ocean Circulation Experiment, WOCE)」等國際連結計畫，可以說進一步強化了台灣與國際研究的關係。雖然與國際進程相當，陳世榮也指出了國內研究似乎與目前受重視的「永續科學(sustainability science)」仍有些距離。「永續科學」的核心思想之一是強調「在地關聯性(local relevance)」，認為推動永續發展工作並不該只是來自國際性的建制(regime)，而是該結合當地社會認知與文化情感才能達成。是以目前國內研究雖能因應國際學術潮流，但對於「在地性」的研究還有待深化，陳並進一步指出若氣候變遷研究未與在地結合，恐難以期望民眾有積極的參與行動。

透過陳的研究，我們不僅可以看到維納斯風格在全球動員的特性，也能見到台灣參與國際研究時可能有所忽略的部份。一如IPCC預測與Mörner的結果不同，這種「全球性」與「在地性」的差異也可見於台灣。曾于恆發表的「台灣周圍海域海平面變化趨勢」(2008)指出⁵³，根據1961年至2003年驗潮站所得資料，台灣海水面每年平均上升2.51毫米，較全球海面上升率1.8毫米高出1.4倍，弔詭的是衛星觀測資料顯示台灣西南部海水面每年以1.19毫米的速率下降，但過去十年高雄沿海的驗潮站所得數據卻是以每年6.79毫米上升。這種弔詭不只顯示了掌握海水面數據的困難，也反映了不同方式所得資料具有不同意義，好比高雄驗潮站的資料可能顯示了台灣西南沿海地層下陷的問題⁵⁴，是以若將高雄海水面升高歸因於暖化，則恐有失焦之虞。同樣的情形也可見於太平洋島國土瓦魯

⁵³ 曾于恆(2008)這篇報告之簡報可見於：<http://hsu.as.ntu.edu.tw/workshop2008/007.pdf>

⁵⁴ 台灣西部海面上升主因是人為造成，而非暖化所致。那 Mörner 指稱馬爾地夫海水面下降，是否可能為地層上升造成呢？按 Mörner(2004b)的說法，馬爾地夫的地質時代從晚第四紀(Late Quaternary)。按：「第四紀」乃地質年代，約從 180 萬年前至今[wiki 資料]。以來即相對穩定，故地體垂直運動(像地面上升)的影響不大。

(Tuvalu)，土瓦魯同馬爾地夫一樣被視為海面上升的頭號犧牲者，但也有論者指出土瓦魯海面上升與暖化並無關聯，更大的原因反而是當地工廠超抽淡水所致(Mörner，2007)。

於是依循什麼模式得到數據、給出解釋，就成了不能迴避的問題，特別是當主流知識習慣將許多天災歸咎於「全球暖化」時，更有必要重新檢視當前人們賴以判斷的知識為何。回到陳世榮的脈絡來講，本文的關懷並不是站在一個懷疑論者的立場質疑暖化，而是要省思當今的暖化知識流向(來自國際科學建制，社會的動員)、其建立知識的方法(研究方法與對象)、及可能被排除的觀察與解釋。進一步說，「全球性」與「地方性」並非衝突的，其產生爭議的原因在於知識的流向(能否從許多地方研究合湊全球圖像，而非先肯定一個全球圖像來指引地方?)與科學風格的差異(選擇驗潮站資料或地質學方法?)。維納斯風格的特點在於連合國際社群共同參與，但是在這種風格帶領下，也產生了一種具引導力的「全球性」，這時戰神風格強調「特殊性」與「地方性」的特質，或許能讓我們期待一種新的全球氣候變遷研究圖像；既擁有維納斯風格的國際合作，又保有戰神風格來自在地特殊性的知識生產。這也是本文在處理氣候變遷研究在台灣時，所希望帶出的論點。



第二章 IPCC 溯源及其風格

關於全球氣候變遷的研究與預測，最主要且權威的論述無疑是來自 IPCC。這個於 1988 年才成立的組織，在不長的十幾年內，迅速地攫取各方的注目，上從政府企業，下至民間團體，都可見到 IPCC 疾呼的暖化論述所留下的痕跡(好比台灣的「節能減碳」運動)。能獲致如此大的響應，乍看之下似乎是暖化問題迫在眉睫的「事實(fact)」讓全球產生行動，如果忽視這個全球性的問題恐將造成世界上多數人的災難，大家都在同一艘船上，必須共體時艱尋求對策。然而若我們帶入歷史的縱深，回顧暖化議題的發展經過，就不得不問：何以暖化的議題會是全球性的？

根據過往新聞的整理，暖化議題並非新鮮玩意，在二十世紀七十年前就出現了。其後又經歷了冷化與暖化的交替，於 80 年代暖化議題再次浮上檯面⁵⁵。無論冷化還是暖化，都屬全球性的預測，可是顯然的，只有到 80 年代這場暖化才出現了全球動員的效力，使暖化真正成爲全球矚目的問題。是以可見到，80 年代後受高度關注的暖化議題有其特殊性，它比先前幾次的全球氣候變遷議題更受人重視，真正具有全球性，這是前三期所無法做到的。所以本章第一節就是要回溯 IPCC 成立的歷史，指出暖化議題會成爲全球性的問題，與這個具全球性、身跨政府與科學兩界的組織密不可分。基本上 IPCC 的 IP 兩字母—Intergovernmental Panel，即宣告了一個不同以往的科學組織誕生，它既與科學有關，也有跨政府的力量。

做完 IPCC 成形的歷史爬梳，第二小節將以「科學風格」進一步掌握全球氣候變遷研究的特性。全球氣候變遷之研究，顧名思義，其研究對象乃是以全球爲範圍的標的，在時間尺度上也以十到百年爲單位⁵⁶。因此可想而知，必須要有專門的機構來匯集各地氣候資料，並有個能將各種資料整合成一個總體系統的「方法」才行，如是研究者才能建立起與全球氣候變遷這個研究對象的聯繫。關於統整資料的部份，在第一小節談論 IPCC 成立時會作交待，因爲於歷史回顧中我們將看到過去一百多年來，陸續出現一些大型跨國合作的地球科學計畫，從最初的多國合作，邁向有系統的匯集多國觀測資料；可以說 IPCC 正是這類跨國合作計畫發展成熟後的型態。第二小節部份，將聚焦在統整各式資料、作出預測的技術上(較偏重物質技術，有別於第一小節的社會技術)，希望能指出，正是電腦計算機這項技術的出現，才使得這種具全球性、兼顧諸多面向的研究成爲可能。否則當年阿列尼士(Svante Arrhenius)光是計算二氧化碳濃度與暖化之關係就花了兩年

⁵⁵ 根據美國 Business & Media Institute 做的報告“Fire and Ice”，二十世紀 20 年代，平面媒體報導認爲全球正步入新的冰河時期。到了 30 年代，美國遭逢嚴重旱災，開始出現暖化的論調。其後到了 70 年代，全球冷化的聲音再次出現，直至 80 年代，才是今日我們面對的全球暖化。

⁵⁶ 本論文第一章「研究方法及設計」討論「維納斯風格」時，已引用相關書籍說明。

時間⁵⁷，更遑論將諸多複雜算式整合起來計算的巨型地球系統了。

走筆至此，在尚未進入正式分析前，我已將全球氣候變遷研究的風格作了提要，即它是靠著全球性的組織網絡、數位電腦來掌握全球尺度規模的地球現象。在第三小節，我將分析 IPCC 報告裡有關海水面升降的部份，以更具體的例證展示維納斯風格是如何流布其間的。另外，除了用「科學風格」分析 IPCC 的報告，我會再以一小篇幅來處理 IPCC 報告的「社會」面向。拉圖(Latour, 2005)對科學文獻的分析指出，科學家藉由援引其他權威資料、或透過各種研究結盟，構築出嚴密且不易質疑的文本，換句話說，看似最技術性的科學報告其實正是最「社會」的安排。IPCC 報告無論在參與評估的學者人數、引用的文獻資料都相當龐大，這在科學界並不常見；藉由檢視 IPCC 報告的「社會」面向，有助於為其報告廣泛的影響力提出一個解釋。

一、IPCC：科學、政治、與全球性組織的橋樑

目前已有許多文獻回顧 IPCC 的前身與發展，不同學者書寫的機構角色、重要事件基本上大同小異，但想強調的角度不盡相同，像 IPCC 的首任主席 Bert Bolin(2007)詳細地介紹各個時期的重要研究計畫及參與機構，讀起來頗有線性發展的味道，即科學界透過各種研究成果積累、組織政策協商會議，逐步奠定 IPCC 的基礎。由於相關文獻已經不少⁵⁸，本節裡筆者不再鉅細靡遺地羅列各類組織與研究計畫，而是希望以科學社群與「社會」的互動為主軸，扼要地介紹二戰結束後氣候變遷研究的幾個重要事件，其中本節特別著眼於科學社群結盟、擴張，還有發展政治影響力的部份。

(1) 戰後 1950-70 年代

第二次世界大戰結束沒多久，美蘇兩大超極強權對峙逐漸升高，形成了所謂冷戰局面，由於兩大陣營彼此較勁，使有識之士開始尋求讓雙方溝通的機會，其中科學交流就是選項之一。Miller(2001)的研究指出，當時美國的外交政策制定者相信，科學家們是憑據「客觀的事實」溝通，這可免去意識型態對立的麻煩，進而得以將民主風氣傳佈開來。但顯而易見的，不是所有科學交流都能跨越冷戰格局(好比國防科技)，像地球科學剛好能為對立的雙方提供「軍事資訊」交流管道，因此被相中。1951 年，國際氣象組織(International Meteorological Organization)改組成隸屬於聯合國的世界氣象組織(World Meteorological Organization)，為多國

⁵⁷ 阿列尼士從 1894 年與妻子離婚、失去獨子監護權後，開始了他日後所稱「這輩子最冗長乏味的計算」，整個計算在 1896 年完成，歷時兩年。阿列尼士花了兩年所得出的計算結果，今日的電腦不消幾秒鐘就能完成了。見 Gale E. Christianson，《發燒地球 200 年》，pp.139-142。

⁵⁸ 除了 Bolin(2007)，筆者主要還參考了 Jäger & O'Riordan(1996)、Leroux(2005)、Weart(2003) 三份資料。

聯合研究搭起了一個重要舞台，日後其也是 IPCC 成立的重要推手。世界氣象組織的成立不僅是爲了讓各地的氣象資料得以交流，以滿足氣象學研究、航空業、農漁業等的需要，值得注意的是締造該組織的兩位關鍵人物分別是美國氣象局官員 Harry Wexler 及蘇聯氣象機關領導 Victor A. Bugaev，這背後隱含的政治力相當耐人尋味，可作爲「科學外交」的好例子。

然而不論是科學家們想擴大研究網絡，還是政治家希冀透過科學交流達到政治效果⁵⁹，對於 50 年代的地球科學家來說，想要做跨領域研究是極其困難的⁶⁰，氣象學家、地質學家、海洋學家、生態學家等都有各自的學科訓練(discipline)，一位在氣象觀測站蒐集資料的氣象學家，與一位搭船在海上做研究的海洋學家，兩者間恐怕缺乏共通語言⁶¹。

在這時期，可以見到地球科學家的焦慮，他們想獲得更多的研究資料，於是開始著手建立超越國籍界線的交流空間，與此同時他們也試圖讓不同學科的研究不至於雞同鴨講，讓跨學科的研究成爲可能。當不同學科訓練的科學家在自己的學科範圍內做研究，可以取得研究資格、地位、同行認可，一旦跨越學科界線，其研究成果(「研究者－研究對象」)卻得不到迴響，連帶地其研究資格也被懷疑(「研究者－社會」)；爲了打破這種界線，科學家除了展開結盟，也開始溝通彼此的學科語言、奠定一個讓跨學科專家都能認可的基礎，也就是新的「研究者－研究對象」連帶。關於科學家建立新的「研究者－研究對象」，將在後頭第二節做介紹，本節希望掌握科學社群結盟的部份，這種結盟既有科學社群自身的研究渴望，也有冷戰因素在背後推動。

爲了克服合作研究的困難，陸續有地球科學家思考跨領域研究的可能，這個構想在 1957-58 年的 International Geophysical Year(IGY，中譯：國際地球物理年)有了具體成果，共有 67 個國家與上千位科學家參與。在眾多計畫中與日後氣候變遷研究密切相關的，當屬 Charles David Keeling 於夏威夷 Mauna Loa 研究 CO₂ 的濃度變化。IGY 的經費由多國贊助，學者也來自世界各地，即使是對立中的北越、南越也都一同參與⁶²，爲地球科學的跨國合作寫下新的一頁。但在成功合作之際，美蘇兩強的對立局勢也逐步升溫，1957 年既是 IGY 開始的一年，也是蘇聯發射史波尼克 1 號衛星(Sputnik 1)升空、美蘇展開太空競賽的一年。可以說，

⁵⁹ 筆者目前只看到美國外交政策制定者的觀點，至於蘇聯方面怎麼看待科學交流還有待了解。

⁶⁰ 對於 50 年代地球科學家跨領域的難度，一位從太陽物理學家(solar physicist)轉行去研究氣候變遷的科學家 Jack Eddy 回憶：You are not one of them... Your degree means nothing and your name is not recognized. You have to learn it all from scratch. (Weart 2003:33)

⁶¹ 氣象學家 C.C. Wallén 於 1961 年做了以下評論：The fact that there are so many disciplines involved, as for instance meteorology, oceanography, geography, hydrology, geology... has made it impossible to work... with common and well established definitions and methods. (Weart 2003:34)

⁶² 參加 IGY 的國家資料，可見於 Sydney Chapman, *IGY: Year of Discovery*，書末附錄。又台灣也有以「Formosa(National Republic of China)」的名義參與。

許多地球科學的經費贊助背後都隱藏了軍事目的⁶³，以美國為例，其推動氣候研究的主要動機之一就是軍事考量，像 1967 年甘迺迪(John F. Kennedy)在聯合國呼籲各國展開 World Weather Watch 計畫，一來希望藉此提高自己的政治聲望，另一方面則是希望透過此計畫達到預測天氣的目標⁶⁴，進而能控制天氣；當時美蘇雙方，都希望掌握控制天氣的技術，以利展開「氣候戰(climatological warfare)」⁶⁵。地球科學，或者說特別是氣候類的研究，就是在這種冷戰局勢中成長茁壯起來。

繼之而起的大規模研究計畫，為 1967 年展開的 Global Atmospheric Research Program(GARP)，該計畫的負責人 Bert Bolin 自此展露出他溝通科學與政治的長才。做為甫成立的 Committee on Atmospheric Science(CAS)主席，Bolin 順利地爭取到具非政府組織性質的 International Council of Scientific Union(ICSU，中譯：國際科學理事會)與世界氣象組織(WMO)的支持，使 GARP 能開始籌備計畫。當然，GARP 計畫的進行還得力於 1972 年由聯合國舉辦的斯德哥爾摩會議(Stockholm Conference)，這是聯合國首次針對人類對環境造成的影響所舉行的會議，因此也算是首度將環境議題納入政治議程。該會議建議世界氣象組織與國際科學理事會應持續進行 GARP 計畫，以更深入了解大氣循環與人類活動可能造成的影響。這個建議被採納了，GARP 也展開了許多大規模的研究觀測，像其中的 GARP Atlantic Tropical Experiment(GATE)計畫，就從 20 個國家出動了 40 艘船隻與 12 架飛機來觀測大西洋熱帶區域。

70 年代出現的臭氧層問題、酸雨危害，以及美國中西部、蘇聯、沙哈拉沙漠大旱，使氣候問題受到更多科學家關注。1979 年聯合國與國際科學理事會(ICSU)於瑞士日內瓦舉行了第一次 World Climate Conference，在這場會議上，有些科學家擔心氣候變遷的潛在威脅，但仍有許多科學家認為目前對氣候的認識仍不足，需要投入更多研究，因此不對可能的威脅做出評斷(Lerouy, p.29)。然而一如斯德哥爾摩會議建議加強研究，1979 年的 World Climate Conference 也做出相同建言，而其建言也被世界氣象組織(WMO)及國際科學理事會(ICSU)接受，於是又推動了 World Climate Research Program(WCRP)，同樣也是多國合作、受聯合國資助的龐大計畫。值得一提的是，1979 年的會議並無官方代表，而是由科學家為主體展開的會議，這場會議裡對於地球冷化還是暖化、該採取預防措施抑或靜待研究成果，並沒有明確的結論。

⁶³ *Social Studies of Science* 期刊 2003 年 10 月號的主題是“Earth Science in the Cold War”，討論冷戰背景下的軍事考量對地球科學產生的影響。

⁶⁴ 研發計算機器、氣候模擬程式，是當時研究天氣預測所採取的途徑，這種技術選擇對後來氣候變遷研究產生極大的影響，本章第二節會做說明。

⁶⁵ 關於「氣象戰(climatological warfare)」的說法，見 Spencer R. Weart, “General Circulation Models of Climate”。

總地來說，二戰後至 1970 年代間，地球科學社群是在冷戰對立的「沃土」上成長茁壯，許多機構、大型研究計畫都是憑此逐步建立起來，但隨著科學社群的茁壯，他們也慢慢取得了相對自主性，從早期在軍事需要下獲得經費進行研究，轉變成以科學社群內部形成的議題來向外界爭取贊助。這種轉向的力道到 1980 年代反轉為對冷戰的批評，「核子冬天」成為氣候變遷研究的新議題，讓科學社群有了新「戰場」，新的政治性也開始展開，這回相關科學家不再是依附於國家、冷戰格局下的被動者。

(2) 1980 年代以後

1980 年代，與氣候變遷研究相關的三大議題，分別是「核子冬天」、「氟氯碳化物(CFCs)造成臭氧層破洞」，以及影響力後來居上的「全球暖化」。這三大議題與其他環境議題互通聲氣，或多或少強化了彼此的聲勢，也吸引了社會大眾的目光。這裡我並不對「核子冬天」與「氟氯碳化物(CFCs)」著墨太多⁶⁶，只簡單提及兩議題引起的社會效應，至於這些議題與那些科學社群有關、彼此是如何結盟，還有當時的異議聲音又有那些，則有待進一步的研究。

「核子冬天」理論預測，如果美蘇雙方爆發大規模核戰，造成的巨量塵埃將滯留於平流層(stratosphere)，日照由是大幅下降，使地球出現極寒的狀況。該理論的來源眾多，並非由單一學科形塑議題，有來自地質學家 Walter Alvarez 與 Luis Alvarez 提出的小行星造成恐龍滅絕(撞擊揚起的塵埃遮蔽日光)，也有像天文學家 Carl Sagan 等人對金星(Venus)溫度與火星(Mars)沙塵暴的研究⁶⁷。「核子冬天」理論在 1980 年代蔚為風行，許多知名學者跨越學科領域、政治藩籬舉辦研討會，並多少達成了限制美蘇核武發展的政治目的。這場科學界的盛事不僅讓科學社群展現政治力，也將氣候變遷可能造成的末世圖像，傳達予社會大眾。

「氟氯碳化物(CFCs)」的研究也與氣候變遷研究息息相關，1973 年 Mario Molina 與 Sherwood Rowland 著手調查化學物質排放對大氣層的影響，他們的研究指出氟氯碳化物會產生非常嚴重的後果。早先科學家多認為氟氯碳化物非常穩定，不會與動物和植物產生作用，但沒料到這種穩定性飄到了上空，卻成了「穩定」持久的困擾。氟氯碳化物長存於大氣層，經紫外線照射後會轉變成分解臭氧層的催化劑，而臭氧層變薄、破洞，陸上的動植物就得承受高劑量的紫外線。為了阻止災情擴大，1977 年美國議會立法禁用氟氯碳化物部份產品，1985 年計 20 個國家簽署了維也納公約(Vienna Convention)，為保護臭氧層提供了初步的國際

⁶⁶ 「CFCs」為 chlorofluorocarbons 之縮寫，故「CFCs」是物質代稱，非化學式。

⁶⁷ 關於水星溫度的研究，問題始於水星和地球體積相差不大，且都離太陽有段間距，但是水星的溫度卻相當高，於是 1960 年時 Sagan 推論此乃水蒸氣造成，其後 1969 年 Andrew Ingersoll 則主張是 CO₂ 所致。至於火星塵埃的研究，則是 1971 年 Mariner 9 太空船在火星外進行觀察時，發現火星被大量塵埃遮蔽，這也使科學家注意到塵埃對氣候的影響力。

架構，到 1987 年世界各國簽定蒙特婁議定書(Montreal Protocol)，開始限縮管制會危害臭氧層的化學物質。從「氟氯碳化物(CFCs)」，可見到氣候變遷研究與政治運作的關聯，其引發的社會效應亦是既廣且深。

簡單介紹了 1980 年代氣候變遷研究的兩大要事，現在要回頭看「全球暖化」議題。從 1980 年開始，世界氣象組織、國際科學理事會、聯合國環境綱領(United Nations Environment Programme)在奧地利 Villach 舉辦了數場會議，就筆者參考的資料，都指出這一連串的 Villach 會議是氣候變遷研究產生政治影響力的關鍵期，這階段裡相關科學社群已不再像以前那樣較為被動，而是積極擴張研究結盟與展現影響力。1980 年的 Villach 會議，對 CO₂ 增加是否會造成人類社會衝擊仍無定論，因此也沒給出預警建議，但是到了 1985 年的 Villach 會議，暖化與溫室氣體的關係已取得共識，成爲了「事實」，許多與會學者據此進行更積極的政治活動。

1985 年舉辦的 Villach 會議爲暖化現象定調後，三個主辦單位也接受其建議籌組 Advisory Group on Greenhouse Gases(AGGG)，搭起科學家與政策制定者的橋樑。AGGG 陸續運作了許多協調工作，適逢 1987 年保護臭氧層的蒙特婁議定書簽定成功，爲全球暖化議題預備了可依循的運作模式，於是就在隔年 1988 年，許多參與 AGGG 活動的科學家在加拿大多倫多舉辦了全稱爲“World Conference on the Changing Atmosphere: Implications for Global Security”的會議(簡稱「多倫多會議」)。參與這場會議的科學家大都不是政府代表，於會議開頭即點明了人爲氣候變遷是當今僅次於核戰的威脅(Jäger&O’Riordan 1996: 18)，已開發國家應降低其排放的二氧化碳量。或許是「核子冬天」議題沸沸揚揚，也或許是臭氧層破洞引發各界高度關注，也可能是 1988 年美國中西部遇上罕見的大旱⁶⁸，總之多倫多會議迅速登上各大媒體頭條，氣候變遷議題受到「舉世矚目」。幾個月後，結合科學、政治、以及具全球性組織身份的 IPCC 成立。

涉及氣候變遷議題的科學家，除了藉由結盟擴大影響力之外(「研究者—社會」)，也組織了新型態的科學研究。在上一小節末提到，世界氣象組織(WMO)及國際科學理事會(ICSU)於 1979 年支持籌備 World Climate Research Program (WCRP)，這個以氣候研究爲主的計畫，已不能滿足以整個地球爲研究對象、考慮眾多系統交互影響的巨型研究。因此 1985 年國際科學理事會(ICSU)邀請 Bert

⁶⁸ 1998 年的大旱使美國政府舉辦一場公聽會，公聽會上美國 NASA 哥達德太空研究中心的物理學家韓森(James E. Hansen)陳述他對人類燃燒石化燃料導致暖化的關聯深具信心。頗具知名度的暖化異議學者 Richard S. Lindzen 事後回憶：「我覺得澄清這件事很重要，也就是說，這門科學還在最初的起步階段，我們沒有什麼基礎可形成共識，卻有極多理由抱持懷疑態度」。當時 Lindzen 以爲與 Hansen 的爭論只會持續一、兩個月，沒料到結果是超過 10 年之久。見 2003 年 6 月份《科學人》，〈全球暖化的異議份子—行徑特異的氣象學家堅稱全球暖化現象不是問題〉，p.33。

Bolin 組織新的研究計畫⁶⁹，不同於 WCRP 以氣候為主(即 atmosphere)，新的計畫要將地圈(geosphere)與生物圈(biosphere)一併納入考量，計畫全名 International Geosphere-Biosphere Programme(IGBP，中譯：國際地圈生物圈計畫)，而這也同時宣告了「地球系統(Earth System)」科學的誕生。

如果把 1980 年當作分界，1980 年代前科學界的研究結盟雖有擴大，但還沒法超越自身學科的疆界，大型研究計畫仍是以特定學群為組織單位，而這種界限正是像「國際地圈生物圈計畫」所試圖要突破的。「地球系統科學」如何進行研究、是否能順利融通不同學科，還有賴更細膩的觀察與分析，但這種試圖結合諸多學科的大型研究在過去地球科學中是少見的，故可作為這時期科學社群建立「研究者－研究對象」的標記。但不能忽視的，是這種新型態研究之所以可能，與氣候議題漸漸受到關注密切相關，如前文所述，許多大型計畫得以成形皆有賴於「社會」對氣候變遷的疑慮，無論是「核子冬天」、「氟氯碳化物」、或種種環境議題。科技與社會極其複雜的交織牽扯，本文希望透過抽出幾條主線，呈現氣候變遷研究社群的發展。

(3) IPCC 的運作架構

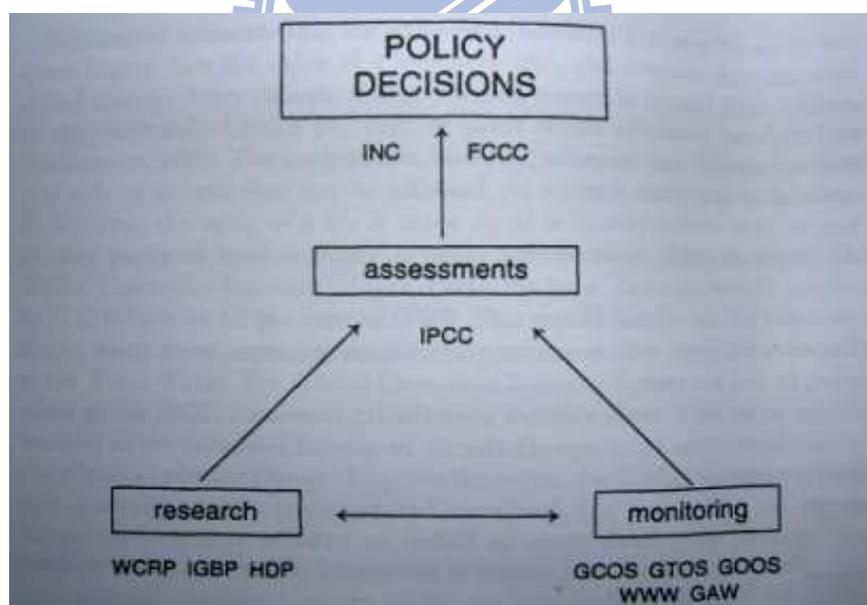
在談論各國簽署京都議定書(Kyoto Protocol)前，筆者想先於這小節簡單介紹 IPCC 的運作架構，以助於進一步了解該組織運作的方式及性質，以及它在科學社群中的特殊之處。延續上一小節的主軸，以下分別討論「跨國合作」與「政治性」兩點。

若和其他科學社群結盟相比，單「跨國合作」這點氣候變遷研究社群並不能算太特殊，許多基因研究、高能物理學都是多國聯手進行的。但值得注意的是，基因研究、高能物理學一般都是所謂的先進國家在結盟，經濟較弱的國家於此類研究相對弱勢，這與氣候變遷研究有些不同。氣候變遷研究社群的結盟對象並不限於先進國家，像 IPCC 成立之初任職主席的 Bert Bolin，其挑選的副主席分別來自沙烏地阿拉伯(Saudi Arabia)與奈及利亞(Nigeria)。對於這種名額分配必須相當小心，一方面它的確顯示超越政治藩籬的企圖，使所謂的「第三世界」也能參與，可是這種安排或許也隱含了幾分「安撫」，遮蔽了全球性合作背後可能出現的權力問題。好比說，上一小節提到的 World Climate Research Program (WCRP) 計畫裡，有個名為 International Satellite Cloud Climatology Project(ISCCP)的研究，旨在透過各國蒐集到的衛星觀測資料來推測雲的分布與性質；然而雖名為跨

⁶⁹ Bolin 回憶他在 1985 年受 ICSU 之託，擔任籌備 IGBP 計畫的主席，這項研究構想在 1986 年獲得通過。除了籌備研究計畫，Bolin 更向瑞典政府爭取到穩定的財務支持，因此得以將該計畫的秘書處(secretariat)設在瑞典。見 Bolin(2007)，p.39。另外關於瑞典籍學者的影響力，於本章第二節亦會提及。

國合作，實際上具衛星技術的國家顯然並不多⁷⁰，是以衍生出的知識生產、引導權力自不待言。在此本文並不深入討論 IPCC 在知識生產上的權力問題，僅強調其跨越政治疆界的努力上。

除了「跨國合作」，IPCC 的特殊之處還有「政治性」。從 STS 的角度看，科技與社會彼此錯綜複雜地交互影響，就像因軍事需求帶動、形塑許多學科學發展一樣，「政治性」或隱或顯地融在許多科學裡，如此一來 IPCC 具有的「政治性」又有何特殊呢？筆者認為，其特殊之處在於 IPCC 是做為科學社群與政策制定者間的橋樑，清楚鮮明地連結了「研究者－社會」。如果按職權分配來看，IPCC 並不做科學研究，也不從事政策規畫，它的工作就是評估(assessment)而已。按 Bert Bolin 的圖表所示[圖二]，從事氣候變遷研究的單位有像 WCRP、IGBP 等大型跨國研究計畫[圖二左下角的 research 框]，另外也有專門監測環境變化的觀測組織，像是 World Weather Watch (WWW)、Global Ocean Observing System(GOOS) 等[圖二右下角的 monitoring 框]。基本上研究和監測機構相輔相成，卻相對獨立於 IPCC，IPCC 負責評估各種研究成果，將之統整成報告，以對氣候變遷下可能的衝擊與對策給出建議，實際上的具體執行則交由 United Nations Framework Convention on Climate Change(UNFCCC，中譯：聯合國氣候變化綱要公約) 等組織架構來負責[圖二上方 POLICY DECISIONS 框]。



[圖二]：IPCC 與研究部門、政策擬定部門的關係圖。下面的 research 與 monitoring 相互配合，其產出的研究成果交予 IPCC 評估，IPCC 做出報告後再轉由政策部門執行。若單從關係圖看，IPCC 並不負責科學研究與政策規畫。原圖為 Bolin(1994: 27) 所繪，本圖翻拍自 Jäger&O’Riordan(1996: 4)。

⁷⁰ 以目前 ISCCP 的網站資料來說，共有 12 個組織參與，但全是美國、加拿大、歐洲、日本等所謂的已開發國家。網站：<http://isccp.giss.nasa.gov/partcenters.html> (查詢日期：2009/3/16)。

以上的示意圖介紹，僅是按規範的職權來作說明，如果對照前兩小節敘述的發展過程，IPCC 是否能免於某些科學社群影響、純脆從事評估(評估方式本身就值得討論)，恐怕不無疑問。IPCC 作為評估者的角色，本是希望避免政策制定那端的力量影響科學走向，同時也是為了讓不想承擔政策評估工作的科學家有退一步的空間⁷¹，可是我們可以發現，這個理想評估角色未必能如此「超然」。好比 IPCC 的首任主席是 Bert Bolin，作為一名長期從事國際氣象科學合作的籌畫人，他個人及他所身處的科學社群，都與政策和研究兩端的人保持密切互動，這是否會左右 IPCC 的評估視角值得注意。關於 IPCC 可能的預設立場，筆者曾加過一場由國科會舉辦的系列講座，議題當然與暖化相關，其中講者提到是有人懷疑 IPCC 比較重視環保，因此其對數據的解讀也導向了人為暖化論，而排除掉未來步入冰河期的可能性，事實上現有數據顯示暖化現象自 2003 年後即開始趨緩；有鑑於此，該講者說他們打算邀請不同觀點的學者來演講。這段不算太正式的回憶，或能作為 IPCC 可能存有預設立場的小註腳。由於 IPCC 參與評估的人員相當龐大，筆者無法一一釐清他們代表了哪些科學社群，在此僅用個小例子供參考。

地球科學研究在二戰後受冷戰格局所影響，1970 至 80 年代慢慢產生自主性，到此時已經是由相關科學社群主動搭起科學與社會的橋樑。這種銜接已非較隱晦的「政治性」或意識型態，而是成為檯面上的政治程序，是以若 IPCC 可能具有某些特定的立場，自然會連帶地在政策面被推廣開來。對於這個問題，筆者認為 IPCC 未必要去追求所謂的「客觀中立」，倒不如在給出其評估的同時，也將其他不同的解釋納入以供參考。為「另類觀點」保留空間，比起和某些立場作切割(像上段提到的環保)，可能讓 IPCC 更具積極意義。

(4) 邁向京都議定書(Kyoto Protocol)

IPCC 成立後，組成三個「工作小組(working group)」進行評估工作。第一個工作小組負責評估氣候變遷的研究證據，第二小組評估氣候變遷對環境與社會經濟的衝擊，第三小組則是研議回應策略。這三個小組的主導成員各異，第一小組主要由已開發國家的科學家組成，由於遭到開發中國家的批評，1995 年的報告在成員比例上做了適當調整，不過這算後話了。第二與第三小組分別由蘇聯及美國的代表主導，其代表的政治意涵不言而喻，從此處也可見到美蘇對立在氣候變遷研究上深遠的影響，即便這時期的焦點不再是「科學外交」。

1990 年中，IPCC 的首次報告完成，其中第一小組的報告引發各界的高度重視，各大媒體也大幅報導，相較之下第二、三小組的報告並沒受到太多注意。究

⁷¹ 關於科學家參與評估可能遇到的問題，Bolin(2007: 49)引了 1988 年夏天美國公聽會的例子，那時 NASA 哥達哥研究太空研究中心的學者韓森(James E. Hansen)力主人為造成暖化，引發了科學界的激烈論辯，這促使 Bolin 計畫設立一個專事評估的組織。

其原因，除了第二、三小組明顯是政治分配的產物外，有論者指出參與評估的社會科學家難以凝聚共識，也是導致其報告信度降低的原因(Jäger&O’Riordan 1996: 16)。然而縱使第一小組的報告造成廣大迴響，該組的科學家對參與政策協商卻有所保留，這些科學家的考量是什麼？其背景又是如何？是值得進一步研究的。無論如何，也正是部份科學家的這種焦慮，才會產生像 IPCC 這樣專事評估而避免政治協商的銜接性質。

爲了讓科學研究、評估、以及政策制定三者保持相對獨立，聯合國另外於 1990 年組成 International Negotiating Committee(INC)，著手擬定因應氣候變遷的公約。1992 年，各國於巴西里約熱內盧(Rio de Janeiro)通過了聯合國氣候變化綱要公約(UNFCCC)，這項公約的目的旨在降低溫室氣體的排放，但並沒硬性規定締約國所要承擔的義務。直到 1997 年，締約國於日本京都進行第三次締約國大會，才正式通過了具強制效力的京都議定書(Kyoto Protocol)。京都議定書是聯合國氣候變化綱要公約的補充條款，議定書通過後於 1998 至 1999 年間開放締約國簽署，根據聯合國氣候變化公約網站的資料，這期間只有 84 個國家簽字⁷²，其中歐洲已開發國家與小島國特別積極。在協商過程中，美國與產油國家都有發表異議，但是簽署同意的國家持續增加，到了 2005 年 2 月 16 日京都議定書生效那天，只剩美國、澳洲少數國家仍未簽署⁷³。

從科技與社會的角度看，1990 年代氣候變遷研究的科學社群網絡已相當強健，伸張到許多面向，當全球多數國家同意簽署京都議定書時，也意謂著全球暖化的「事實」得以確立，無論是否仍有爭議，大方向可說底定了。但是在呈現相關科學社群網絡之強大，也必須注意到對比於某些研究，氣候變遷研究與泛地球科學研究得到的研究經費並不高。以 2007 年美國政府編列的自然科學預算爲例，聯邦政府每年撥給物理、化學、天文等自然科學的經費，還不到國家衛生研究院(National Institutes of Health, NIH)每年 280 億美金投入生物醫藥計畫的五分之一⁷⁴。近來引發廣泛討論的歐洲大型強子對撞器(Large Hadron Collider)，預期的建造總金費也才約 80 億美金(wiki 資料)，反觀氣候變遷研究，按美國政府贊助的 US Global Change Research Program(USGCRP)於 1998 年所做的估算，氣候變遷研究的年度預算不過 18 億美金(Edwards, 1999)，更是相形見绌。於是，氣候變遷研究的發展給我們帶來一個問題：何以一個經費比例不算高的研究領域，能讓多國同意簽約、因應可能的衝擊？而某些經費比例極高的領域，卻未能形成

⁷² 見 UNFCCC 網頁：http://unfccc.int/kyoto_protocol/status_of_ratification/items/2613.php

⁷³ 2007 年底澳洲選舉，執政長達 11 年的自由黨輸給勞工黨，新總理陸克文 (Kevin Rudd) 當選後不久即同意簽署京都議定書。此後美國是世上唯一未簽約的先進經濟體。又石油生產大國沙烏地阿拉伯，也曾被點名是全球暖化的禍首之一，該國於 2005 年 12 月 27 日批准了京都議定書。

⁷⁴ 相關新聞見國科會會計室網頁，〈2007 年美國政府的自然科學預算〉。另外關於美國國家衛生研究院(National Institutes of Health, NIH)，按 wiki 資料，其贊助大多來自業界，其每年花費的 280 億美金占美國年度生物醫學研究經費的 28%(2006 年)。

相應的社會效應？若把經費比重當作指標，這種不對稱的科技發展與社會影響又反映了什麼問題？

對於氣候變遷議題何以受到重視，有許多的解釋。就環保團體的立場，這是科學證據與環保運動努力所獲致的成果，從石化集團與環保團體的競爭可見一斑。而小說《恐懼之邦》的作者則認為，「恐懼」是很好的工具，藉由操弄「恐懼」、形塑外在敵人，得利者就能順利獲得經費(好比綠色產業)、凝聚內部共識云云，而暖化議題剛好填補了冷戰的空缺。也有人認為是左派藉暖化議題來打資本主義，這或許可從美國反對京都議定書者的意識型態找到根據。本文則希望從科技與社會的角度解釋，從二戰後開始，我們可以見到地球科學社群中—特別是部份氣候學者，在冷戰格局中持續擴張網絡，無論是蒐集各地氣象資料(像 World Weather Watch)，還是嘗試大型跨國聯合研究，都不斷在進行。發展的過程中，有越來越多的行動者(actor)加入，既有人為因素的刺激(像是「核子冬天」的冷戰因素)，也有酸雨、乾旱這類非人因素，在交互纏繞下整個網絡益形擴大，連一般社會大眾也普遍聽過這類問題。然而要解釋氣候變遷議題的特殊之處，單單說「研究社群的結盟擴張」是不夠的，我們必須區分出它與其他科學社群不同的特質，否則氣候變遷議題與生技議題為何引發不同層次的效應呢？

筆者認為，氣候變遷科學社群在建立「研究者—社會」的連結上，有幾點特別引人注目。首先，它的結盟是「全球性」的，也就是第一章闡述的「維納斯風格」，這種「全球性」結盟使得它可以超越政治對立，甚至試圖跨越各國經濟差距，將所謂的「第三世界國家」納進來。如果我們對比生物科技的重大計畫「人類基因體計畫(Human Genome Project)」，這項繪製人類基因圖譜的重大工程，參與的國家僅美、英、日、法、德、中六個大國而已。當然，氣候變遷研究雖將世界上絕大多數國家納進來，仍不免於強國主導知識生產的問題，但其結盟範圍之大終究是相當罕見的。其次，氣候變遷研究社群的擴張也跨進了政策制定的領域，固然有不少科學家對參與政治協商有所保留，但在 Bert Bolin 等有力人士的推動下⁷⁵，IPCC 的成立銜接了科學研究與政策制定之兩端，也成功展現了全球性的政治影響力，使因應氣候變遷的國際公約得以誕生，此外並帶動了綠色產業，讓節能減碳蔚為風潮。這種風潮的傳播方向是從全球邁向地方的，如果從環境保護的機制來看，許多國家內部都有環境評估單位，從事著與 IPCC 性質相似的工作，這類環評單位具多少影響力顯然因國情而異。至於 IPCC 則是從國際面向著手催生出京都議定書，透過國際公約讓這議題的迫切性傳達到各地。嚴格說來，帶有環保色彩的國際公約已有不少，其中更不乏具執行力量的，像是管制保育類動物走私的「華盛頓公約」，可是真正能形塑一種風潮、產生全球性影響力的，

⁷⁵ Bolin 認為科學應該為可能的發展變化提供描述：[the role of science should be] 'to delineate a range of future opportunities, and analyse what the implications of development along one course or another might be...[but] not to recommend one or the other.'(Jäger & O'Riordan 1996: 3)。從這段文字，多少可見到 Bolin 希望科學能為政策擬定提供協助。

恐怕非 IPCC 莫屬。從諾貝爾獎的舞台到電影院裡的氣候災難片，氣候變遷議題所產生的影響在科學界也是相當罕見，值得深思的。

二、主流氣候變遷研究之風格

上一小節側重在「研究者－社會」的面向，本節將以「研究者－研究對象」為主軸，討論氣候變遷社群研究的風格特色。前文曾提到，戰後的地球科學研究因冷戰的軍事需求而發展起來，許多的大型合作計畫也陸續展開，然而此時出現的問題在於雖有跨學科合作的嘗試，卻還未形成讓不同領域能彼此溝通的「共通語言」。若沒有「共通語言」，則氣候學、海洋學等都沒辦法更緊密地交織結合，許多研究也會成為地方性、區域性的研究，不可能形成日後將不同系統整合為「地球系統」的巨觀研究。由於跨領域研究如何共事是極複雜的問題，本文並不就單一合作計畫深入分析，而是以「數位電腦」這個技術物(artifact)作切入點，帶出電腦在氣候變遷研究上的重要影響，甚至可以說由此技術物凝聚了相關科學社群。簡言之，是電腦這個技術物為氣候變遷研究提供了一套「共通語言」，使部份科學家找到了擴展結盟的施力點，使其能比用其他方法研究的科學家，更有力地影響研究走向。

從上一小節的分析中我們可以看到，氣候變遷研究雖是跨學科的大型研究，但在整個發展過程中，氣象科學社群始終占有舉足輕重的地位，無論是籌劃大型聯合研究，還是讓氣候變遷議題納入政治議程，氣象科學、或說廣義的大氣科學研究者都是不可或缺的推手。然而這些氣象學家為何能發揮這麼大的影響力呢？質言之，相關科學家掌握了新的研究方法與工具，使得他們能開創新的研究途徑；有點像當年波以耳的實驗方法所引起的新風格。下面將闡述這個轉變。

(1) 虛擬化的實驗－電腦模擬

根據 Harper(2008)的研究，二戰前至戰後初期，美國的氣候研究嚴格說並不太算是學術建制下的研究，反而比較是政府部門(氣象局、空軍單位)下進行氣象預測的專員。於是在以氣象預測為目的的情況下，氣象員所進行的工作將蒐集到的氣象資料(氣壓、風速、溼度等)畫成氣象圖，並依其經驗和訓練作出氣象預測。然而這種「傳統」方法受到了挑戰，分別是來自 von Neumann 研發的數位電腦及其將氣象預報與電腦結合的企圖，還有來自斯堪地納維亞(Scandinavia)氣象學者不同的研究旨趣。

首先談 von Neumann 的部份，這位影響廣泛的科學家當初設計計算機主要是為了模擬原子分裂的複雜計算，由於氣象預測跟原子分裂都採非線性數學作計算，原理相當類似，這使得 von Neumann 起了讓氣象預測與數位電腦結合的念

頭(Wear 2004:57)。對 von Neumann 而言，若能成功用電腦模擬氣象變化，那麼人類控制氣候的夢想也不遠了；這想法得到美國總統甘迺迪的支持，也因此日後 World Weather Watch 計畫得以順利進行。von Neumann 在得到美國氣象局、海軍與空軍的許可下，於普林斯頓高等研究所(Princeton Institute for Advanced Study)組織理論氣象學者，首度在 1950 年以 ENIAC 電腦模擬北美氣象。這項新穎的研究途徑所倚賴的工具，與斯堪地納維亞(Scandinavia)背景為主的氣象學者一拍即合。

北歐的氣象學家們發展出不同的研究方法。在 20 世紀初挪威學者 Vilhelm Bjerknes 提出了透過六個初始方程式(primitive equations)即可預測氣象的構想，後來一戰期間英國的 Lewis Fry Richardson 延續了這想法，簡化了前者提出的公式，但他碰到的問題是沒法進行這麼龐雜的計算，由是他甚至考慮設一個「預測工廠(Forecast Factory)」，雇用 64000 人負責計算。從北歐帶起的預測方法與美國傳統方法差別在於，前者希望透過幾項基本設定，即能給出預測結果，後者則仍相當倚賴人為的判斷與訓練，沒那麼「自動化」。隨著歐陸戰事頻繁，許多歐洲人士遷往美國定居，北歐的氣象學者也在此行列之中，包括了著名的氣象學家 Jacob Bjerknes(Vilhelm 之子)、Carl-Gustaf Rossby(Vilhelm 的學生)⁷⁶，據 Harper (2008)的研究指出，正是這群來自北歐的氣象學家，讓美國的氣象學研究發生了轉變。可以想見，當這群渴望解決計算問題的氣象學家，與渴望用數位電腦模擬氣象的 von Neumann 遭遇時，會激出怎樣的火花，當然不可忽略的是冷戰背景下因軍事需求所提供的大筆預算。

北歐的氣象學者在美國播下了電腦模擬氣象的種子，他們人數並不多，但在日後卻產生極大的影響力，其中包括 IPCC 的首任瑞典籍主席 Bert Bolin，於 1950 年代即投入於氣候模擬研究。而電腦模擬在 1950 年代萌芽後，廣泛地應用到其他領域，除了計算核分裂、氣象外，Edwards(2000)的研究指出，同時期有學者著手利用電腦模擬來推演工業成長與人口、污染等問題，為以模擬作政策分析奠定了基礎。電腦模擬的優勢之一在於，透過輸入給定的資料及運算程式，即能推演出現實中無法操作的實驗，這可以視為實驗的虛擬化，以便研究者得以掌握某些無法實際操作的研究對象。相關的應用像是軍方的兵棋推演，亦是藉由超級電腦模擬戰爭狀況。

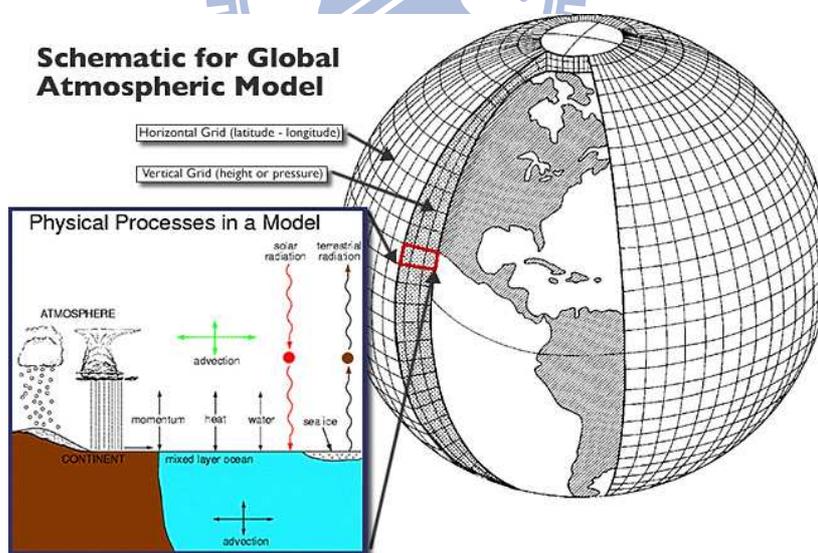
(2) 以電腦模式統整資料

能模擬實際上不能操作的對象，固然是數位電腦在氣候變遷研究上的一大優勢，可是除此之外電腦還提供了統整資料的功能，使得許多原本零散、局部地方、甚至不一致的觀測資料可以統整成全球規模的資料。過去一百年來已累積了許多

⁷⁶ Carl-Gustaf Rossby 是 von Neumann 所邀請的氣象學者之一，很早就接觸到 ENIAC 電腦。

陸地與海面的氣象觀測資料，但這些資料因為測量工具的差異、觀測站設置地點、不同的測量方法等因素，常會導致資料判讀上的困難。以溫度測量來說，早期都市規模還不大時，觀測人員將氣象站設在郊區人煙稀少的地方，但隨著都市規模擴張，因都市「熱島效應(heat island)」所得出的測量結果意義就與從前大不相同。在看似中性的數字背後有許多時空社會脈絡需要檢視，除了前述都市擴張外，觀測站設置的目的也不容輕忽。像台灣每當冷氣團來襲，大家總習慣性地接受嘉義、淡水多低溫的數據，然而回顧觀測站的設置目的，淡水站是日治時代為「水上機場」的航空觀測所設(故在淡水河口)，嘉義站則是為了嘉南平原的農業觀測所設(設在水田中)，如其記錄的低溫數據表示什麼無疑需要更多考量⁷⁷。

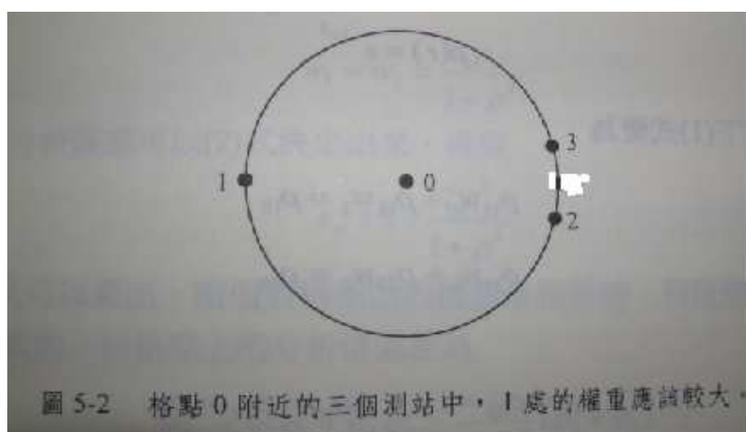
面對這麼複雜、因時空脈絡而異的資料，若要將之統整成系統的研究必定需要一套篩選資料的方法，這時電腦模擬就成了有利的工具。Edwards(1999)指出，透過電腦的模擬，像「大氣環流模式(General Circulation Model)」等模擬工具，發展出了修正、添補資料的技術，並將各地觀測站所得的資料切割劃入不同的「網格(grid)」內[見圖三]，由是模式與觀測資料間就有了新的關係，資料不再是過去由各種工具、時空背景所產出的地方數據，它轉變成由電腦模式整合編排後的全球性數據。經過電腦模擬對資料的修改，原本多樣的觀測工具、觀測法等被合併為一，歷史性的演變也被電腦的「同化系統(assimilation system)」消解掉，於是研究者得以掌握所謂的全球性變遷。



[圖三]：目前的氣候模擬方法，如圖所示，乃將地表切割成許多小網格(grid)以利模擬。可以見到，為了符合此一規格設計，需要將原先的觀測資料修改，甚至反過來以此規格蒐集資料。圖片取自 wiki 的[Global Climate Model]詞條。

⁷⁷ 見新聞：中廣新聞網，2007/11/30，〈嘉義淡水多低溫 專書解密 關鍵是觀測站的位置〉。詳見洪致文撰寫之台灣氣象觀測史－《台灣氣象傳奇》。

必須解釋的是，電腦與氣候模式雖是兩樣東西，但實際上要讓氣候模式得以運算，電腦是不可或缺的必要工具，而且爲了要符合電腦的計算方式，氣候模式的發展也必須以數值運算爲基礎。基於氣候模式對電腦的高度倚賴，本文將兩者列在一起討論。下面再簡單介紹氣候模式統整資料的方法，以明模式如何因應龐雜的資料來源，由於資料統整是相當複雜的技術，筆者只舉一個簡單的例子說明。爲了統整資料，氣候模式發展出了「資料同化」的技術，好比說各地觀測站的分布並不一致，有些地方很密集，有些則只有零星幾個站，如[圖四]的例子，在一個格點(grid point) 0 周圍有三個觀測站，其中兩個站集中於右側，爲了使觀測站的資料插到均勻且規則的格點上，就必須在權重做調整。格點 0 左側只有觀測站 1，故觀測站 1 的權重較大，至於觀測站 2 和 3 距離很近，資料間的關係很大，所以權重也相對較小。[圖四]的例子算是非常簡單的狀況，如果觀測站分布更散亂，無疑需要更多繁複的計算，此外世界上還有許多沒觀測站的地方，如何爲這些沒觀測站的地方提供數值又是另一套技術。



[圖四]：「資料同化」的簡例之一。圖中格點 0 周圍有三個觀測站，左側只分布一個，故權重較大。圖片翻拍自曾中一，《氣象資料同化》，頁 171，又原圖 2'點爲另外的計算，已修改掉。

正因爲各地觀測資料有其脈絡，不易統整和篩選，是以近代許多學者更信賴衛星從太空觀測所得的資料，認爲其能更全面地測量到地球表面的變化。雖然相較於過去的測量工具，衛星的確能取得更廣角的資料，但這並不意謂衛星資料不需經過模式修改。其原因在於衛星本身也有設計上的差異與侷限，像蒐集地表資料的近地軌道衛星只有 2 到 5 年的壽命，且因繞地球旋轉，一天只有兩次的實際觀測資料，此外衛星的校準(calibration)也會隨時間而有些流動，這些雜訊都還需經過篩選修正。尤有甚者，爲了將過去的觀測資料與現在的衛星資料連續一致，電腦模擬的「同化系統」更扮演了關鍵角色。美國國家氣象中心(US National Meteorological Center)與歐洲的中程天氣預報中心(European Centre for Medium – Range Weather Forecasting)，都是世界上重要的氣象數據提供站，他們主要的工作就是將地表工作站的資料與衛星資料整合，並使一天兩次的觀測資料轉變爲全

天 24 小時意義下的資料。

因此可以說，電腦模擬為氣象研究提供了重要工具，這個技術物也成了凝聚相關科學社群的關鍵，為全球性規模的「地球系統科學」打造舞台；這不是說沒有其他的研究途徑，而是強調採用這種方法的學者更有力地擴展學術、社會影響力。電腦模擬不僅在學術界擴展開來，其在政策分析的重要性也日益提高，1970 年代世界氣象組織(WMO)組織了幾項研究，包括 Study of Critical Environmental Problems(SCEP)與 Study of Man's Impact on Climate(SMIC)，已將電腦模擬引介進來。到了 1979 年的第一次世界氣象會議，電腦模擬已被視為重點研究項目，此會議同意展開的 World Climate Programme 即把提升電腦演算能力視為重要目標。電腦模擬逐步取得重要地位，也為因應氣候變遷的政策提供立論根據。

電腦模擬這個技術凝聚了氣候變遷研究社群，為建立「研究者－研究對象」提供了方法，使全球規模的巨型變化得以為研究者所掌握，這是筆者使用之「維納斯風格」所具有的另一個特性，即將許多複雜系統整合起來的研究方法，而非只建立簡單的連結(當然也有論者批評目前的氣象模擬過於簡化)。我們先看個不同的操作方式，Latour 的分析認為，法國微生物學家巴士德(Louis Pasteur)能成功應付炭疽病的原因之一，在於當時許多獸醫皆視炭疽病為地域性(local)事件，是由許多因素共同造成(包括土地、氣候、農耕系統等)，而排除將疾病成因單一化的解釋(像巴士德將之歸因於微生物)⁷⁸。這使得雙方在因應炭疽病時分別採取了不同的「研究者－研究對象」策略，而巴士德成功地連結「實驗室」與「炭疽病菌」，顯然比獸醫們困於錯綜複雜的共同成因來得更有效率。在氣候變遷研究上，科學家們同樣遭遇到錯綜複雜的系統，但是他們比當時的法國獸醫有更好用的工具，使得諸多系統得以在電腦整合下形成有意義的研究，而不至於在研究對象上找不到施力點。此外，要處理多系統的研究自有其複雜之處，這意謂著研究者必須與更多研究對象建立聯繫，是以當其研究方法能奏效時，也就表示了一個更強大的網絡產生，這或許能說明何以當今氣候變遷研究涵蓋許多科學領域，其中以電腦模擬為重要工具的科學社群又能居於重要地位。

三、 IPCC 報告裡海水面部份

總結前兩小節的論點，筆者希望呈現目前氣候變遷研究的兩大特質：在「研究者－社會」面向上積極結盟，並建立與政策部門的聯繫；在「研究者－研究對象」上選擇了數位電腦這項技術物以掌握全球尺度的研究對象，使複雜的地球系統研究得以可能。這兩項特點都具有積極開放的性質，無論是碰上「社會」還是「自然」的難題，相關人士採取的是「吸納」而非「排除」的策略，這也是為何筆者以開放性的「維納斯風格」稱之，以和具對立性的「戰神風格」作區別。必

⁷⁸ 見 Latour，〈給我一個實驗室，我將舉起全世界〉。

須強調的是，此處將「研究者－社會」(社會)與「研究者－研究對象」(自然)分開來處理，並不是說這兩塊是各自獨立、不會交互影響，純脆是爲了方便分析之故而將之分開處理探討。歸結了氣候變遷研究的風格，本小節將以 IPCC 的科學評估報告來佐證筆者的論點。

IPCC 成立以後，每隔幾年就會提出新的評估報告。報告涵蓋的議題很廣，茲以 IPCC 2007 年第四次報告爲例，從大氣、海洋、降雪、冰原區、到海水面上升皆有專章詳細討論，在全部 11 章裡「氣候模式及其評估(Climatic Models and Their Evaluation)」別列一章(此爲第 8 章之標題)，另有兩章則是討論全球與區域性的模擬預測(第 10、11 章)，可見到電腦模擬之重要。本文是以馬爾地夫的海水面升降爭議作切入點，故在此以第 5 章有關海水面的報告「觀測：海洋氣候變化與海水面(Observations: Oceanic Climate Change and Sea Level)」爲例，分析電腦模擬的技術在海水面的研究上發揮了怎樣的機能，又這項技術又如何連結了研究者與研究對象。筆者希望強調的是技術連結兩者的關係，而不是站在研究者想方設法解讀「自然之書」的角度，之所以強調技術的重要地位，一來是爲了避免輕忽技術物的影響力(技術也可能是科學社群的凝聚關鍵)，二來筆者認爲技術物並非單獨存在，每項技術物背後都有其網絡在支撐，不同的網絡強度會影響何種技術物較普遍或較受重視。這些支撐點可以是特定社會脈絡的使用者，像是東亞人士普遍用「筷子」進餐；也可以是基於某些需求或利益考量而發展的技術，像爲了航行所發展出的測定方位、風向、潮汐變化的技術；其中當然也有「技術需要社會」的情況，亦即擁有特定技術的社群想將其技術或技術物推廣開來，而積極地向社會宣傳推銷，藥廠的遊說團體可爲一例。上述各種情況也可能會彼此交互影響，讓分析的複雜度大爲提高，這裡筆者承接上一節所指出的風格特色「電腦模擬」與「資料統整」，來呈現海水面報告裡電腦模式的重要地位。以下先談資料的選擇，次論資料的統整，最後再論模擬的機能。

(1) 資料的選擇

關於海水面變化的研究，不同領域的研究者各有其採用的指標，常見的像是驗潮站、地質侵蝕或沉積等，由於海水面變動並不是能在實驗室重製的現象，研究者必然得以其他方法掌握其變動，特別是當問題從「某地海水面變化」轉變成「全球海水面變化」，更需新技術的支援，畢竟沒人能觀察「全球」的變動。基於此，IPCC 報告對「全球海水面變化」的評估，也有其倚賴的指標和技術，這在報告裡有清楚交待，關於 20 世紀 100 多年間的變化，分別是採用驗潮儀(tide gauge)與衛星測高法(satellite altimetry)⁷⁹。衛星資料與電腦模式的關聯已於上一小節做了說明，至於驗潮資料爲何被選作指標，有許多可思考的地方。

⁷⁹ 見 IPCC 第四次報告 Section 5.5.1: Measurements of present-day sea level change rely on two different techniques: tide gauges and satellite altimetry.

首先驗潮技術固然由來已久，從早期的航海文獻都可見到潮汐變化的記錄，但驗潮技術本身也是相當異質的，像 IPCC 選取的資料並未包括航海文獻，而是這 100 多年來開始在各地設置的驗潮站，簡單說就是「現代」的驗潮技術。然而除了以測量潮位變化來掌握海水面，地質學者也有不同的方式來做研究(這不是說地質學絕不採用驗潮資料)，像本文討論的馬爾地夫海水面研究，其可回溯的最早研究者即是以地質學方法著手，從地貌來掌握海水面變化⁸⁰。可是顯然的在今天的 IPCC 報告裡，地質學指標所占的篇幅相當有限，驗潮和衛星資料才是重要指標。會做出這種選擇，筆者認為與「電腦模式」及支撐它的社會網絡密不可分，驗潮站本來就不是「為科學而科學」這理想目標而設置的，觀測員每日蒐集到的數據都會轉作漁業航運之用，以避免船隻因海面變化出意外；相較於驗潮技術的資料密度(每日更新)，地質學所蒐集到的變化往往是長期性的，非短短數日數月的起伏，這或許是較難供商業應用的原因。以美國為例，贊助氣候研究的一個重要機構 NOAA 就是專司漁業和海洋資源開發的組織⁸¹，從其需求出發自然有利驗潮這類技術發展。另外地質學資料雖然在潮汐變化上「居於下風」，可是於礦藏資源開發上卻是穩居龍頭，從此處也可見到商業利益對學科影響的一面。

除了商業考量，氣候研究的「電腦模式」轉向同樣是重要因素。由於氣象學界大力發展數值預測的模式，相應的像驗潮這類以數字紀錄為主的資料，剛好能符合電腦模式的需求，兩者迅速地連結在一起，形成更龐大的研究網絡⁸²。所以 IPCC 報告評估全球海水面變化選擇了驗潮指標，反映的不單是其所側重的研究方法，更是與此方法相互需要的社會。進一步說，「電腦模式」及其網絡，連結出了特定的研究者與全球海水面關係，其連結的可以說是「數值化的海水面變動」。再次說明，像「全球海水面」這種超出個人感官所及的對象，必然需要某種技術來掌握，而傳統地質學掌握海水面的方法多從勘查地形著手，與數學化、需要大量計算的途徑大不相同。

(2) 資料的統整

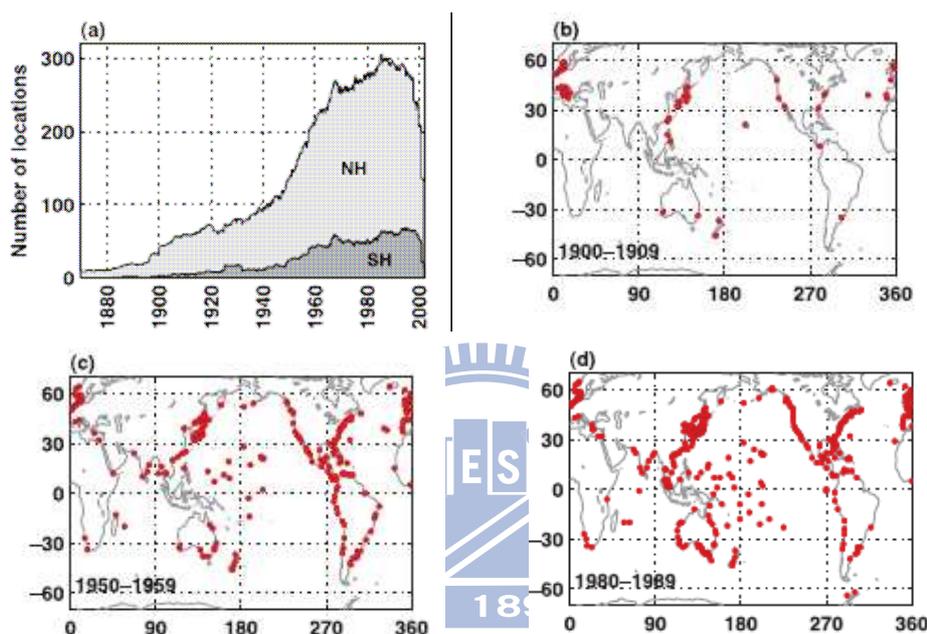
「電腦模式」能將各種異質的觀測結果統整成全球一致的資料。以驗潮資料來說，如[圖五]所示，20 世紀初世界上設有驗潮站的地方並不多，像東亞只有日

⁸⁰ 馬爾地夫海水面最早的研究，始於 Agassiz, A.(1903)的論文“The coral reefs of the Maldives”。

⁸¹ NOAA 是 National Oceanic and Atmospheric Administration 的縮寫，中譯：美國國家海洋與大氣總署。NOAA 是世界上氣候研究的重要贊助者之一，但其於 1970 年成立之初，多少是為了解開發海洋資源而設，見 Weart(2003: 95)。

⁸² 以下摘錄自劉文俊著《台灣的潮汐》，潮汐研究簡史：1740 年伯努力(Bernoulli)依牛頓的觀念建立潮汐平衡學說。1774 年數學家拉普拉斯(Laplace)加入地球自轉效應的考慮因素。1879 年絕對零度的創始人凱爾文(Kelvin)解出規則形狀海灣潮波進行的特性。除靜力平衡學說外，費威爾(Whewell)提出進行波學說，費雷(Ferrel)和哈里斯(Harris)提出定振波學說。隨著電子計算機的快速發展，1967 年起，布來恩(Bryan)和寇克思(Cox)發表一系列海洋數值模式的論文，利用電子計算機高速的運算能力以計算潮位和潮流。(粗體字為筆者所加)

本、台灣、菲律賓設站，至於廣大的南美洲只有零星幾處，非洲大陸則是完全沒有。到了 1950 年後各地開始廣設驗潮站，太平洋上也出現了許多觀測點，但時至今日北半球的驗潮站數量仍遠多於南半球，且非洲這麼大的陸塊仍只有零星幾個站，各地資料的比重差距相當大。另外若仔細比對[圖五]三個時期的分布圖，可以發現有些觀測站只短期存在過，像馬達加斯加北端、及紅海南端的海峽在 1950 年代曾設過站，但 1900 和 1980 年代卻未見其分布，觀測站的變動當然也會造成資料的歧異。



[圖五]：全球驗潮站的分布圖。(a)圖為北半球(NH)與南半球(SH)驗潮站數目的比較，(b)、(c)、(d)三圖則是不同時期的驗潮站設置分布，可見到即使到了 1980 年代，仍有許多區域未設驗潮站。圖片取自 IPCC 2007 年報告 Figure 5.A.2。

本章第二節曾提到「資料同化」的技術，並以最簡單的例子介紹氣候模式如何讓分布各地的資料，能均質地安插進網格內([圖四]部份)。如果某網格所在位置只有零星幾個站，那資料的同化或許還容易進行，可是若要將[圖五]各地的資料統整起來，沒有電腦模式的計算、刪修恐怕難以達成。從積極面看，正是在此「資料同化」的基礎上，原本分散的資料得以統整成具「全球性」意義的數據。另外需要補充說明的，是驗潮資料也只是一項資料來源，目前研究海水面變化的方法還有從熱膨脹、海水鹽度等方面著手，其所倚賴的技術與電腦模式亦有密切關聯。

(3) 模擬的能力

電腦模式除了統整能力，另一大特點就是模擬，從給定的各種氣候系統條件

下，模式能給出相應的推演情況，這使得電腦模式比其他的統整方法更具備「預測未來」的性質，且更適於用在現今的政策參考⁸³。一般說來，知識多少都具有統整的步驟，就像生物學家從大量的標本中統整出分類架構，病理學者從眾多檢體樣本歸結出 pattern，這可算是知識形成的過程。但是「統整」一詞是比較高階的概念，涵蓋了各色各樣的統整方式，不同的統整技術各有其發展與適用的脈絡，這中間也可能出現統整技術典範轉移的情況，像生物分類法目前就有傳統形態學與分子生物學兩條路徑。在大氣科學的發展過程中，如本章第二小節介紹的，美國從早期依靠專業人員做氣象預報，轉向了以電腦進行氣候數值預報，這個轉向意謂著相關科學社群努力的方向是指向「未來」，而不只是將過去的資料統整、分析成因而已，簡單說「鑑古」是爲了「知來」。爲了能掌握「未來」氣候這個研究對象，早先依靠專業人員處理的局部區域預測已不能滿足需求，這是促使氣象學界向電腦模擬邁進的動力之一。透過氣候模式的模擬，未來可能的氣候變化被數據、圖像等形式呈現出來，而非只是一般的「預言」而已，模擬得出的「具體」數據與圖像又能進一步爲政策制定者所參考。筆者認爲 IPCC、電腦模式與政策的關係，正是在氣象學界指向「未來」的企圖上，彼此連結起來。

當然並不是只有氣象學界對「未來」感興趣，經濟學者同樣會預測未來經濟展望、公衛專家也會對疫情的發展做評估，可是差別最大的地方就在於，經濟、疫情都是一般人所能感知到的到的事物(不景氣、染病人數)，氣候變遷卻是變化緩慢⁸⁴、常人不容易感知到的現象。這種研究對象的差異使得電腦模式的地位益加重要，因爲憑藉電腦模式能讓全球氣候變遷成爲「具體」的對象，即使是一般民眾也能從簡易的圖表、圖像認識到將來可能的災變。所以我們不難理解爲何 1979 年的第一次世界氣象會議，會將提升電腦模擬能力列作重點項目，因爲這技術物不僅能爲相關學界帶來更寬敞的研究領域，也能爲日後因應氣候變遷的政策提供基礎。

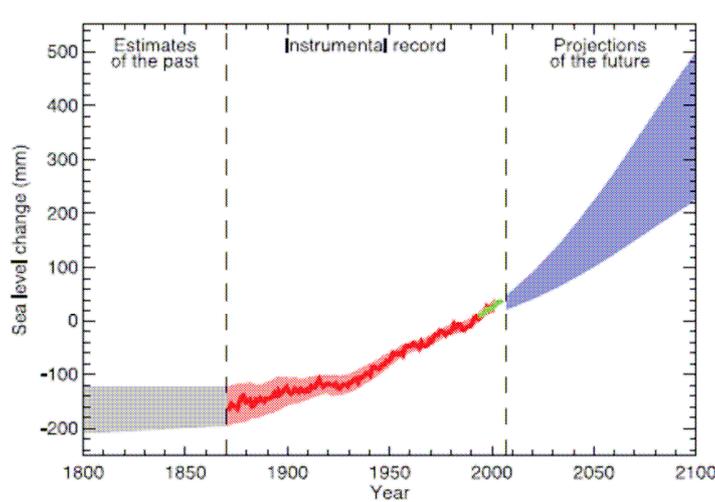
[圖六]正是 IPCC 報告裡，用電腦模式給出的全球海水面變化圖。從這張圖可以看到，IPCC 評估的海水面資料，主要是以 20 世紀前後約 100 多年的資料爲主，而其資料來源前文已提及，是以驗潮和衛星資料爲主，至於像地質學等其他指標得到的資料則是用在重建過去的海水面⁸⁵，也就是圖片左側的區塊。值得注

⁸³ 關於電腦模式與政策分析的關係可參考 Edwards(2000)，該文中作者將氣候模式與「羅馬俱樂部(Club of Rome)」發表的「增長的極限(The Limits to Growth)」做比較，指出後者依據模擬推算特定資源被人類耗光的時間，爲政策分析提供了新工具，同時期逐步發展成熟的氣候模式亦因此被當作環境評估參考。

⁸⁴ 說氣候變遷「緩慢」是從目前的情況來看，事實上從古氣候學的角度，氣候還可能出現「遽變(abrupt change)」，就像電影《明天過後》的情節。

⁸⁵ IPCC 關於海水面的報告裡較少引述地質學的資料，只有在談及過去海水面時才簡短提到。像是 IPCC 第四次報告 Section 5.5.2.4：Geological observations indicates that during the last 2,000 years(i.e., before the recent rise recorded by tide gauge), sea level change was small, with an average rate of only 0.0 to 0.2 mm yr⁻¹. The use of proxy sea level data from archaeological sources is well established in the Mediterranean.

意的是右側區塊，有未來 100 年的海水面變化模擬，「現代」的海水面觀測資料也不過 100 多年，電腦模式已能給出未來 100 年的模擬結果了。換句話說，相關研究者已經將海水面的研究轉化為一套機制(電腦模式)，讓本來不易掌握的研究對象以模擬之姿被掌握，成為可以操作的研究對象。氣候模式的研究者只要輸入不同的溫度變化條件，就能得出各種未來海水面變動趨勢，這在氣象學界是重要的研究領域，對政策制定人員來說同樣是重要參考，許多碳減量計畫都是據此設定減量標準。



[圖六]：IPCC 展示的海水面變化趨勢。其中左側由於 1870 年前尚未建立驗潮觀測網，因此其數據估算存在不確定性。中段約 100 年的時段即 IPCC 主要處理的部份，圖中的深線為平均值，另外衛星資料在 1990 年代亦納入統整。右側為氣候模式的預測。圖片取自 IPCC 第四次報告 FAQ 5.1 Figure 1。

介紹完 IPCC 報告的風格特色，最後再補充一項特點。檢視 IPCC 報告，我們可以發現其「社會」動員能力非常強大，以 IPCC 第四次報告關於海洋氣候變化的第 5 章來說，其「主要作者(Lead Author)」就有 11 位，「特約作者(Contributing Author)」多達 53 位，參考文獻更是多達數百筆。這反映了氣候變遷研究這種「地球系統科學」，並非個別的研究室或研究者能單獨處理，必須建立龐大的團隊合作才能進行。IPCC 報告嚴格說並非研究而是評估，但在此不妨參考一項對氣候科學報告的觀察，Weart 注意到 1940 年代的氣象學論文很少有兩位以上的發表人，到了 1980 年代卻是罕見一人作者，多數研究已是多人聯名發表⁸⁶。如果說氣象科學的文獻有越來越多人合作撰寫，那 IPCC 報告可算是這種發展的極致，這樣的發展趨勢意謂著什麼，值得進一步的觀察。

四、小結

以 IPCC 為主的科學社群，其風格無論在面對「社會」還是「研究對象」，

⁸⁶ 此觀察見 Weart(2003)，p.149。

都有著相當的包容力，或者說是吸納能力，這正是筆者希望以「維納斯風格」來突顯出的開放性，以有別於「戰神風格」的地域性、甚至排他性。由於在研究方法與社會方面皆能不斷擴大結盟，這使得 IPCC 報告取得了相當重要的地位，不管是內部的科學界還是外部的社會。然而值得注意的是當 IPCC 具有如此重要的影響力後，似乎也產生了引領相關研究發展的力量，即便 IPCC 始終把自己定位在評估者的角色，與科學研究保持「安全距離」。這種引導性可能產生問題，讓其開放性的背後隱藏了某種壓抑力量，好比今天要是有學者試圖提出不同的研究結論，那他勢必得面臨巨大的壓力，因為他等於是正在質疑 IPCC 這個龐大組織做出的評估，如此一來恐怕使心存疑義、或抱不同解釋的學者選擇低調以對。這是我們在看待 IPCC 全球性的影響力時所不能忽視的。



第三章 「全球氣候變遷」下的科學風格

全球氣候變遷研究在 IPCC 成立後，其發展方向獲得了大致的確立，因人類燃燒石化燃料排出之溫室氣體而導致全球暖化，已算是相當穩固的共識，這種共識不僅來自學界，也適用於廣泛的社會大眾。可是在取得共識之餘，對暖化現象存疑、或抱有不同解釋者，仍持續透過各種管道發聲，有人主張 CO₂ 與暖化的關係應該顛倒過來(即暖化造成 CO₂ 上升)，也有人指出目前的暖化恐怕只是冰河期再臨的前兆，諸種說法不絕於耳。面對這些共識之外的「雜音」，我們該如何看待呢？不可輕忽的是，「雜音」的來源也很多樣，既有石化工業集團給出的報告，也不乏未取得學術認證資格的業餘者所提出的意見。因此在面對各式各樣的「雜音」時難免會感到無所適從，「雜音」來自四面八方，不若 IPCC 報告集合眾多學者給出評估那樣有組織。

然而不應將「雜音」等而視之，以 STS 的爭議分析來說，常可見到居住於當地的「常民」與「專家」意見不一致⁸⁷，但「常民知識」卻未必會比「專家知識」來得遜色。雙方有不同建立知識的方法，「常民」倚賴的生活經驗、有別於專業學科的視角，往往能提供許多洞見，是以不該預設某類知識具有先天優勢而貶抑其他。職此對稱原則，本章將以馬爾地夫的海水面爭議為切入點，分析參與爭議的各方所採取的研究方法，以期能看到「雜音」所帶出及值得反思的問題。筆者想討論的並非馬爾地夫的海水面究竟上升與否，而是著眼與爭議各方的研究方法，了解因學科建制所導致的「科學風格」差異，在此爭議中具有什麼樣的意義。以下簡介本章論述次第。

近年來馬爾地夫海水面升降的爭議，乃由一支瑞典研究團隊率先發難。馬爾地夫的地勢只高出海水面 1 至 2 公尺，IPCC 在 2001 年的報告裡指出該群島恐因暖化海面上升而有淹沒之虞。但是瑞典這支由 Mörner 主持的團隊於實地勘查後，得出了與 IPCC 相反的結論，他們聲稱過去約 30 年間，馬爾地夫的海水面並無上升跡象，反而下降了約 20-30 公分。此論一出，陸續有學者展開回應，包括了其論文評論人及相關學者，故本章第一小節首先介紹 Mörner 團隊的論文，其次是評論人與相關學者的回應。礙於能力與篇幅限制，於相干學者部份我只選擇了與 Mörner 直接進行「論戰」的 Woodroffe 來處理，或許由於 Mörner 曾評論 Woodroffe 研究的「錯誤」，使得後者在撰文回應上更顯細心。另外雙方都是從「地質學」背景進行研究，值得作一比較。

介紹完「地質學」的論文，於第二小節則是介紹不同的研究途徑，即以「電腦模式分析」為主要研究方法的學者如何回應 Mörner 的結論。相較於地質學者

⁸⁷ 關於「常民知識」與「專家知識」的研究，可參考 Brian Wynne 的“May the Sheep Safely Graze? A Reflexive View of the Expert-Lay Knowledge Divide”。

的研究方法，「電腦模式派」的學者顯然有不同的研究方式，這是後文所要比較的重點。關於「電腦模式派」的分析將以 Philip L. Woodworth 為代表，Woodworth 任職於「英國平均海水面服務中心(PSMSL)」，是世界上極具權威性的海水面研究機構，他也曾就馬爾地夫的海水面爭議發表專文回應，故筆者選擇了他的論文作探討。在此需要補充說明一點，晚近的地質學也有採用電腦、模擬系統為工具的研究途徑，不過從地質學史角度看這種發展比較晚，而且與傳統的地質學方法有些差異⁸⁸。

第二小節除了介紹「電腦模擬派」的論文外，也將之與「地質學」途徑的論文做一比較，呈現「科學風格」的分別。本文除了從論文中作者自己說明的研究方法做比較外，也會將兩種風格所使用的圖片做一對比。科學家基於不同考量，選取了有利呈現其成果的圖片表現形式，這些圖片可以是圖表、趨勢圖等量化數據，也可以是經過選取的某些觀測現象；由於視覺影像扮演著重要的說明與傳播角色(就像高爾在《不願面對的真相》所展示的)，是以本文會將圖片列為重要分析對象。承接「科學風格」的比對，第三小節會對「科學風格」進行反省。如前所述，因為學科建制預設了不同的 *discipline*，這使得任何專家在處理現象時必然會有某些視角與侷限，甚至出現排斥的情況，在當今主流的氣候變遷研究途徑之外，那些「雜音」、或說其他的途徑有什麼值得被認識的價值，是我們在面對暖化爭議時可以思考的面向。

一、地質學的風格

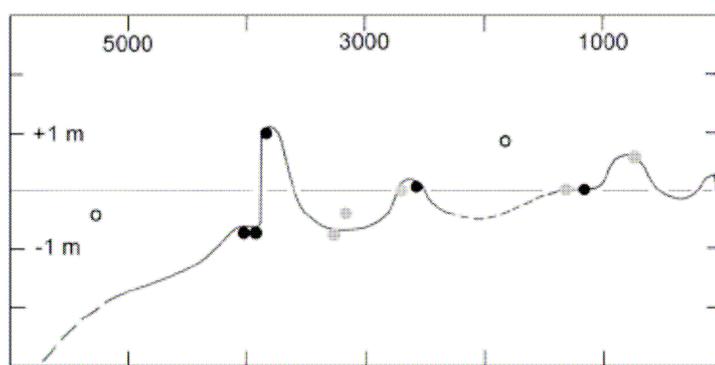
這節首先介紹 Mörner 團隊開啓爭議的論文，其中研究方法與研究對象是筆者所要掌握的主軸。雖然本章討論的學者，其處理的對象都稱之為「馬爾地夫的海水面變化」，可是究其實質來說這只是名稱上的一致，事實上不同研究者有各自仰賴的方法來與研究對象建立關係，並在此基礎上展示出各樣的成果；因此即便是同一個主題，也可能因切入角度不同而有差異，縱使不同研究途徑導出相似的結論，也可算是「殊途同歸」。由是，評論人及相干學者如何質疑、反駁 Mörner 團隊的研究，就有了探究「事實」之外的面向值得留意。本節先將方法相近的「地質學」途徑作討論，以和第二節的「電腦模式」作出區別。

(一) Mörner 團隊的論文

Mörner 團隊於 2004 年在 *Global and Planetary Change* 期刊上發表了“New

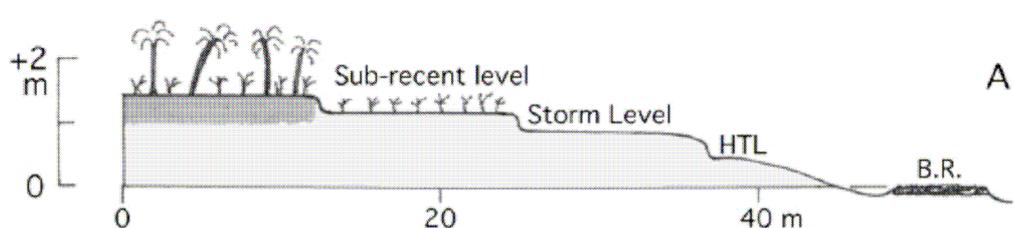
⁸⁸ 地質學與計算機的結合始於 1950 年代，1968 年 23 屆「國際地質學會會議(International Geological Congress)」成立了「國際數學地質學會(International Association for Mathematical Geosciences)」，使得原本較偏重定性研究的地質學逐部加強定量研究的途徑，其中電腦模擬正是該學會的發展目標之一。見該學會網頁：<http://www.iamg.org/index.php/publisher/articleview/frmArticleID/211/>

Perspectives for the Future of the Maldives”一文。這篇文章分成兩大部份，第一部份旨在重建過去馬爾地夫海水面的變化，時間幅度約從 5000 年前至今；第二部份則在描述該團隊新觀測到的資料，其中近數十年來當地海水面不升反降是該文不斷強調的重點。第一部份涉及的時間幅度長，需要證明各時期海水面變化的資料也多，故「爭議」自然也相形複雜，非本文所欲處理的部份，此處筆者聚焦在第二部份當代的海水面變化。[圖六]為 Mörner 團隊展示的馬爾地夫海水面 5000 多年來的曲線圖，可以在最右端的曲線看到近數十年來有下降的變化。



[圖七]：Mörner 團隊提供的馬爾地夫海水面變化圖，從圖中右側可見到約 1000 年前後，當地海水面比現在高出約 60 公分，之後海水面一度下降又上升，晚近數十年內又再次下降了約 20-30 公分。圖片取自 Mörner(2004)。

第二部份開頭，Mörner 說明他們團隊採取的研究方法，乃是從海岸動力學 (coastal dynamics，像研究波浪等自然營力產生的影響)與地形學(geomorphology)的途徑來進行海濱(shore)研究。接著又指出當地許多島嶼受侵蝕(erosion)作用影響，由於造成侵蝕作用的因素非常多，包括潮汐、風向與風的強度都是可能原因，是以過去以侵蝕現象作為海水面測量的標準並不可靠。相較之下，海水面升降所帶來不同的沉積現象，則被 Mörner 團隊視為較佳的指標。據此，他們在馬爾地夫不同島嶼進行實地勘查，北從 Baa-Raa-Guidhoo 島至最南端的 Addo 島，並挑出四處具代表性的地方以茲證明研究所得。



[圖八]：馬爾地夫的普遍島嶼地形呈階梯狀，最左側地勢最高的一層已累積相當厚的土壤，是最古老的地層。中段的 sub-recent level 較晚近，才開始或已有部份植被生長。當前的海濱包括了 storm level、HTL(high tide level)。另外還有與當今平均海水面高度相近的 B.R.(beach rock)平臺。圖片取自 Mörner(2004)。

第一個例子是馬爾地夫的普遍島嶼地形(general island morphology)。[圖七]

展示的图片，乃馬爾地夫西北區的 Baa Atoll 側面圖，從圖中可看到清楚的台階層次，按 Mörner 團隊的區分共計三層：1.當今的海濱(present shore)，包括了高潮潮位(high tide level)與 storm level、2.較早期的 sub-recent level，已有植被覆蓋，或是開始有植物生長、3.地勢最高也最早的一層，已累積相當厚的土壤。這三層標誌著不同時期的海水面變化，據該團隊的說法，地勢最高的那層反映了當時海水水面曾比今天高出約 60 公分，而較晚近的 sub-recent level 則比今日的海水面高出約 20-30 公分。從地表形狀來判斷，雖無法給出明確的時間點，但仍可推測出 sub-recent level 距今約 50 年前後，換句話說，近數十年來馬爾地夫的海水面並未上升，而是下降了約 20-30 公分。

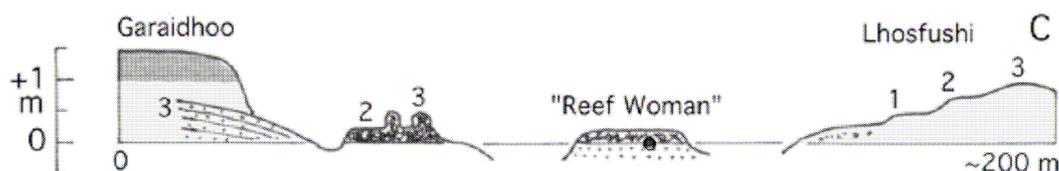
爲了證明晚近數十年海水面確實有下降，Mörner 還引用了當地漁民的說法作佐證，由於地質學指標沒法給出短時段的明確定年，這或許讓 Mörner 選擇了一種較另類的依據。在馬爾地夫東部 Vavu Atoll 有塊名爲 Thinadhoo-Felidhoo 的區域[見圖八]，海路下是平坦不再成長的古珊瑚。據當地漁民的說法，1980 年代前他們仍能行船通過此處，其後就得繞道而行，因爲該處的水位太低了。既然海路下的珊瑚地形未再成長隆升，那導致水位變低的原因就是海水面下降了。這項訪談所得與上述晚近海水面變化相符，Mörner 因此推斷海水面下降的時間至少在 1980 年代前即已出現。1980 年代恰巧是暖化議題逐步升溫之際，我們無從得知 Mörner 給出這時間點是否意有所指，對筆者而言更重要的是 Mörner 引用了當地居民的生活經驗。在人文學科的領域，引述當地居民的經驗似乎是再合理不過的事，不過跨出人文學科外倒不盡然如此。Mörner 引述的常民經驗引來不少「輕微」的批評，用「輕微」一詞，是因爲這項引證似乎不該出現在科學文獻內，也無法帶出深入的分析，這於後文介紹相關回應時會作更多討論。



[圖九]：在 Thinadhoo 與 Felidhoo 兩島間的海路下，有塊平坦的古珊瑚礁石區塊，當地漁民聲稱 1980 年前仍能行船通過此處，之後就得繞道而行。由於該礁石沒有再成長，Mörner 據以推斷是海水面下降造成水路阻斷。圖片取自 Mörner(2004)。

除了引述當地民眾的經驗爲晚近海水面變化定年，Mörner 團隊又陸續展示了兩個地質學證據，並一再強調其選取的指標是沉積物的分層。茲再舉一個較複雜的例子作說解，這例子可以更細緻地呈現 Mörner 的研究方法。[圖九]爲馬爾地夫挖掘出古代女性遺骸的位置，按放射性碳定年的結果，該女性遺骸距今約有

1200 年⁸⁹，馬爾地夫也大約是在這時期進入伊斯蘭文化圈。後來海水面逐漸上升 40-70 公分，骸骨被沙石沉積覆蓋並與時推移而形成岩石，從該圖最左側可見到當時沉積物累積的高度(圖左小標 3)。接著海水面一度下降至今日的海平面，然後再次上升約 20-30 公分，這時期上升的海水面留下了圖左小標 2 的海蝕平面，也就是 Mörner 所標誌的 sub-recent level。最後一階段，即晚近數十年間，sub-recent level 降至今日的海水面。從這些地質學證據，或精確地說沉積物的分析與定年，Mörner 再次佐證其勘查結論。



[圖十]：女性骸骨“Reef Woman”所處地方的剖面圖。圖左小標 3 的沉積物年代與覆蓋女性骸骨的相同，可見到海水面曾上升到這高度(故產生沉積)。而臨海沉積物形成的礁石，因後來的海水面變動造成海蝕平面，如圖左小標 2。圖片取自 Mörner(2004)。

從以上的例子，我們可以見到 Mörner 的研究方法並沒有用到什麼數學算式，也沒試圖把收集到的資料建構成電腦模式、並以此來模擬「未來」的可能變化，對比潮汐研究的高度「數學化」發展⁹⁰，Mörner 論文所展示出的是對觀測結果的描述、解釋，相當的「實證」，沒有用數學等工具做出更多的推演。至於在研究指標的選擇上，Mörner 不接受 IPCC 報告所採用的驗潮資料，他認為驗潮資料易受地殼活動影響，並不能直接反映海水面的變動，是以若把 IPCC 掌握的稱為「數值化的海水面變動」，那 Mörner 掌握到的就是「地形與沉積物所反映的海水面變動」。

(2) 地質學界的批評

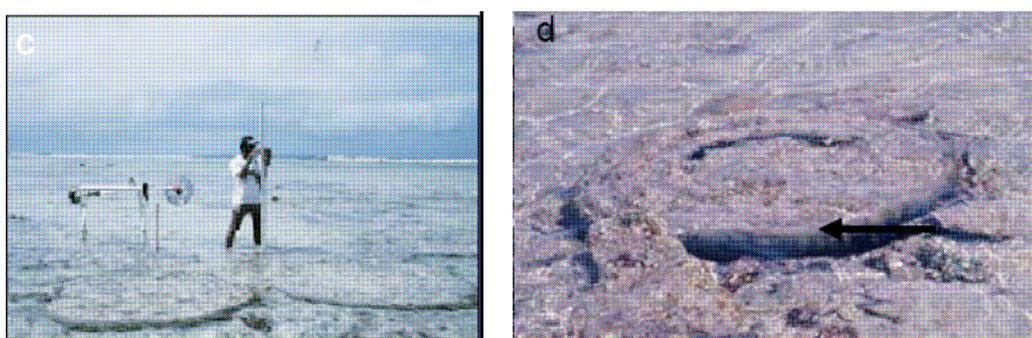
雖然 Mörner 團隊在論文中屢次強調自己握有充足證據，但他們提供的資料卻遭致許多批評。其論文回應人 Kench et al(2004)指出，Mörner 論文裡並未清楚交待資料來源，包括[圖六]那幅重建海水面變化圖，可以見到圖上標出 12 個點作為重建依據，但其中僅有一個點寫明來源出自一位學者研究，其他點的出處則無隻字說明。另外是女性骸骨的放射性碳定年，Kench 等人強調依學術慣例，應該附上測試日期、實驗室編號、誤差、修正等訊息，這些 Mörner 都沒提及，而是直接談論定年結果。最後還有針對 Mörner 選取的指標作批評，依 Kench 團隊的說法，他們也在馬爾地夫進行了許多實地勘查，可是他們對當地的地形學認知

⁸⁹ 論文中是以放射性碳定年的符號 BP 為單位，本文為行文之便，直接稱為「年」。

⁹⁰ 據劉文俊著《台灣的潮汐》：1967 年起，布來恩(Bryan)和寇克思(Cox)發表一系列海洋數值模式的論文，利用電子計算機高速的運算能力以計算潮位和潮流。

卻與 Mörner 不同。在[圖七]中，Mörner 依地勢的高低層次、植被的覆蓋程度，來作為過去的海水面變化斷代，可是在 Kench 團隊看來，無論是 sub-recent level 還是植被茂盛的區域，都是在當代地形動力(morphodynamic)影響的區域，由於侵蝕和沉積作用仍在進行，不足以作為參考指標。同樣的問題也見於[圖九]的 beach rock 上(圖左小標 2)，Mörner 以其侵蝕狀況作為近年來海水面下降的證據，但 Kench 團隊的觀測指出 beach rock 的高度處於當地潮間帶，既然仍在潮汐起落的範圍，那當然不能作為海水面下降的證據。

對於評論人的質疑，Mörner(2004)也作出回應。在重建過去海水面的資料部份，Mörner 說從其論文名為“New Perspectives for the Future of the Maldives”，可知焦點是放在馬爾地夫現今與未來的海水面變化，他們的重點是想反駁 IPCC 給出的預測結果，因此並沒詳述重建海水面的資料來源。至於放射性碳定年的訊息問題，Mörner 說其論文聯名發表人之一就是測定實驗室的負責人，並列出該實驗室所在之大學。而對於 Kench 團隊質疑其選取的指標，Mörner 未就評論人引用的論文作回應，反倒是繼續強調其多樣化的資料來源，並列舉如下：(a) multiple island morphology (b) erosion/deposition levels (c) lagoonal records (d) swamp records (e) biological information (f) verbal records from local fishermen。上面六項中，前五項都是地質學指標，只有最後一項是來自當地漁民的口述資料。然而雖然雙方都是從地質學的角度切入，可是顯然雙方對當地環境與指標選擇的認知不盡相同，以 sub-recent level 上開始長出的植被來說，Mörner 認為這可作為不同時期的根據，但在 Kench 眼中這區域處於當代地形動力(morphodynamic)影響範圍，不能表示什麼。就筆者看來，雙方似乎有些各說各話，Kench 的質疑並未解釋為何植被會有如此生長情況的差異，而 Mörner 除了強調自己資料來源多樣，卻也沒有多解釋些什麼。



[圖十一]微環礁圖。如上兩圖所示，微環礁生長高度受海水面限制，因此海水面若大幅下降，裸露出來的部份將死亡，形成像「帽子」的頂部。圖片取自 Woodroffe(2005)。

另一位長期從事印度洋海岸研究的地質學家 Woodroffe(2005)也加入討論。Woodroffe 同意 Kench 團隊對 Mörner 的質疑，認為 Mörner 採用的指標並不可靠，他甚至進一步指出，Mörner 團隊所繪的地形剖面圖[圖七]，並非馬爾地夫的普遍

地形狀況。由於認定 Mörner 的指標不足採用，Woodroffe 選擇了另一種生物指標作參考－微環礁(microatoll)。微環礁是馬爾地夫相當常見的珊瑚，如[圖十]所示，這種珊瑚呈盤狀，生長與較低的潮間區，其向上升長最多不過 40 公分，反倒是橫向生長直徑最大可達 3 公尺。因為微環礁的生長貼近海水面，是以只要海水面下降，露出海水面的珊瑚就會死亡，留下像「帽子」的部份，基於這種特殊的生長習性，Woodroffe 認為可將之作爲晚近海平面變動的指標。從微環礁指標看，並沒有發現死亡珊瑚形成的「帽子」，因此 Woodroffe 不認為曾出現 Mörner 聲稱的近數十年來海水面下降。

對於 Woodroffe 的批評，筆者並沒見到 Mörner 作出回應，可是這些質疑顯然沒有改變他的立場，於後續的訪談中 Mörner 仍不斷堅持自己的主張，但是他的攻擊對象主要是 IPCC，至於地質學界的質疑則鮮少提到。然而爭議就此解決了嗎？是否只是 Mörner 搞了一個大烏龍？科學界對馬爾地夫的海水面升降是否已有共識？根據近期的新聞報導，恐怕還沒有，甚至不少學者認同馬爾地夫並未如 IPCC 報告說的那樣有迫切的危險，其中包括了 Mörner 論文的評論人 Kench⁹¹。當然這些學者所持的理由不盡相同，不能因為他們認為馬爾地夫無海面上升的迫切威脅，就視同他們支持 Mörner 的觀點，「殊途同歸」不等於就接受對方採取的「途徑」。好比說 Mörner 是根本地否定暖化現象，但對 Kench 而言這是因為珊瑚礁岩增生墊高所致，而佛羅里達州立大學的華裔學者 Jianjun Yin 則認為可能是印度洋蒸發作用旺盛造成的⁹²。

面對這麼多解釋、觀測指標，難免予人如入五里霧的感覺，但這正是分析科學爭議時所要關注的階段。從以上的介紹我們可以發現單就地質學領域來說，雖然學者們都以實地勘查的資料作佐證，但仍無法斷定近年來馬爾地夫海水面究竟是上升或下降，對於這些實際觀測資料的解讀、有效性，學者的意見是相當紛歧的。有趣的是，當地質學界仍在討論階段時，另一端的 IPCC 已經從驗潮與衛星資料，輔以超級電腦運算的氣候模式形成了「共識」，且此「共識」已爲多數人所接納；顯然這個爭議的發展步調並不一致。是以與其率然地否定 Mörner 團隊的研究，筆者更希望了解 Mörner 如何批評 IPCC，這與他回應地質學界的質疑，兩者間又有什麼差異。

二、科學風格之別

本文是以「研究方法」與「研究對象」來區辨「科學風格」，對 Mörner 來說，

⁹¹ 詳細報導見 The Economic Times，2009/5/18，“Experts: Maldives may last beyond this century”。又中文報導見蘋果日報，2009/5/18，〈馬爾地夫「長高」49 公分〉。

⁹² 關於馬爾地夫海水面下降的原因，Mörner 同樣推測與印度洋旺盛的蒸發作用有關，但與 Jianjun Yin 不同的是，後者認為這是當地的特殊狀況，暖化仍導致全球海水面上升。

IPCC 報告重視的電腦模式並不能作為好的「研究方法」，同樣的這種「研究方法」掌握到的「研究對象」也只是模擬物罷了。Mörner(2007)認為，正統的科學步驟應該是「觀測(observation)→解釋(interpretation)→結論(conclusion)」，唯有奠基於實證的觀測材料，才能建構起科學的解釋與結論。這個信念也的確反映在其論文結構，如上一節對 Mörner 論文的介紹，可以看到對於「觀測」的描述相當多，之後再依此推論海水面的變動及可能導致變化的因素。而來自地質學界的批評，也大致具有這些特點，「觀測」到什麼、以什麼作「觀測」指標，是評論人首先質疑的問題，藉由懷疑「觀測」的可靠性來否定整個研究推論，是筆者從地質學相關文獻所見到的普遍策略。評論人既然質疑了對方的「觀測」，往往也會提出另一套「觀測」資料作為自己立論的根據，並提出其他可能的解釋與觀點。因此在馬爾地夫海水面升降的爭議裡，我們可以見到地質學的討論就是在此模式下進行的，而就目前的發展情況，似乎成為各方各擁自己選取的指標與解釋，彼此間尚未達成共識。

面對這些評論，Mörner 也是以相同方式給出回應。從 Mörner 對 Kench 的回應裡，他不斷重申自己「觀測」的可信度，還詳述其採用的指標有哪幾類，希望靠著指標的多樣化反駁 Kench 的批評。之所以花這麼多力氣在確保資料的可靠性，是因為在地質學家的討論模式裡，資料來源是擺在第一位的，資料來源可疑，其餘的推論都是可議的。或許因為地質學的質疑大都循此模式進行，Mörner 除了捍衛自己的資料外，並沒有做出其他批評，這與他對 IPCC 的態度大不相同，簡單說他是根本地懷疑 IPCC 側重電腦模式的研究方法。以下先透過 Mörner 的批評，比較 IPCC 側重的風格與 Mörner 的認知有何差別，然後再以電腦模式一派學者回應「馬爾地夫海水面升降爭議」的論文為例，呈現電腦模式與地質學風格的差異。

(1) Mörner 對 IPCC 的批評

Mörner 對 IPCC 的批評，就筆者的看法，乃源於雙方科學風格的差別。對 Mörner 這樣一位以「地質學家」自居的學者，在許多文章中都談到科學知識應該以「觀測(observation)→解釋(interpretation)→結論(conclusion)」的順序展開，以他自己來說，想要知道馬爾地夫的海水面變化，需要做的就是到實地勘查。但是像 IPCC 這種重視電腦模式的研究方法，其知識的建立並不是以實際「觀測」作基礎，而是「構想(idea)→建模以證成情境(modeling to prove the scenario)→遊說使人認同情境(lobbying to endorse the scenario)」⁹³為途徑。Mörner(2007)在一次

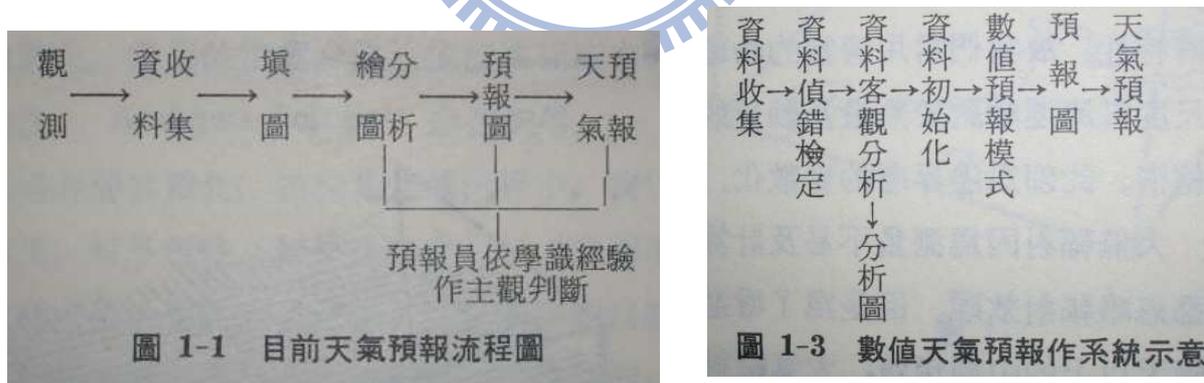
⁹³ 此處說到的「情境(scenario)」，是指氣候模式用來描述未來世界的可能特性，「目前 IPCC 常用的情境，常伴隨著故事情節的敘述，如社經因素可能的變化(例如人口、經濟成長、能源效率與結構、土地利用與農業生產等)，並且推估未來全球溫室氣體的可能排放量，並進一步為科學家用於推估 21 世紀的氣候狀態」。引文摘自徐嘉君、林淑華，〈全球氣候變遷模式推估與情境模擬簡介〉。

訪談中，更進一步將這兩種途徑的差異，劃分為氣象科學社群與地質科學社群的分野，並批評 IPCC 在 2000 年時做的海水面報告竟沒邀請一位相關領域的專家參與：

I have been the expert reviewer for the IPCC, both in 2000 and last year. The first time I read it, I was exceptionally surprised. First of all, it had 22 authors. But none of them — none — were sea-level specialists. They were given this mission, because they promised to answer the right thing. Again, it was a computer issue. This is the typical thing: The meteorological community works with computers, simple computers.

Geologists don't do that! We go out in the field and observe, and then we can try to make a model with computerization; but it's not the first thing.

這段談話很明顯地是針對以電腦模式為重要工具的氣象科學社群，Mörner 認為這些「computer scientists」(該詞出自同一訪談)，並沒有親自到野外、像地質學家那樣進行田野調查，以得到實際的觀測資料。氣候模式科學家們的資料來源是二手的，主要是收集其他研究單位累積的成果，然後將這些資料用來發展其氣候模式，因此與其說氣候模式學者的研究對象是「海水面」等「自然現象」，倒不如說是「computer issue」，他們建立起的「研究者—研究對象」是「電腦專家」與「電腦模式」的關係。Mörner 這番觀察是否合理呢？或可參考下面[圖十一]的研究流程比較。



[圖十二]: 傳統的天氣預報流程(左圖)與數值天氣預報流程(右圖)之比較。兩圖取自蔡清彥等著《數值天氣預報》。

[圖十一]的研究流程是「目前天氣預報」與「數值天氣預報」的比較。「目前天氣預報」是以人工方式將各種資料繪製成天氣圖，之後預報員再以自身的學識經驗來作主觀天氣預報，這種方法正是本文第二章談及的美國傳統氣象預報方法。至於「數值天氣預報」則可以說是北歐學派與電子計算機器連結後開創出的新途徑，也是目前氣象科學社群的重要領域。從圖中的流程可看到，傳統方法的

第一步驟是「觀測」，然後再將資料以人工方式處理，這個過程非常倚賴有相關知識、長期工作經驗的人員來操作。可是對數值天氣預報而言，他們開始的的第一步已是「資料收集」，其後就是以許多數學計算來進行資料偵錯，以及將資料統整化的「客觀分析」。「客觀分析」一詞是相對於傳統方法的「主觀」而來，亦即用電腦模式等數值系統作分析，取代傳統方法的個人主觀判斷，這與 Mörner 堅持的「觀測→解釋」過程大不相同，「解釋」的步驟被電腦模式替代了。正因如此，使得以電腦模式從事研究的學者，在面對資料時得處理更多的「computer issue」，資料的篩選、統整需因應電腦模式的考量來修正。

Mörner 認為資料修正的步驟是可疑的，對其他不懂電腦模式的學者而言這無疑是個「黑盒子」，只有熟知細節的人能了解裡頭在做什麼，甚至是動手腳。他以 1992—2002 年衛星測得的海水面變動圖為例，聲稱當時的資料並未顯示海水面有上升趨勢，但是同一組資料到了 2003 年的 IPCC 出版物內，卻變成了每年上升 2.3mm 的走向，他如此說道(Mörner, 2007)：

Then, in 2003, the same data set, which in their[IPCC's] publications, in their website, was a straight line—suddenly it changed, and showed a very strong line of uplift, 2.3mm per year, the same as from the tide gauge.....It was the original one which they had suddenly twisted up, because they entered a “correction factor,” which they took from the tide gauge. So it was not a measured thing, but a figure introduced from outside.

對於數值預報、氣候模式這類需要繁複計算與修正的技術，Mörner 抱持著不信任的態度。在他的認知裡電腦模式只能是依觀測資料為基礎，所建構出的工具，它不該「反客為主」來決定哪些資料該被刪修。基於對氣象科學社群電腦模式轉向的存疑，或許是 Mörner 不斷強調回到「觀測」的原因。

氣候模式學者雖被 Mörner 批評沒有實際的田野觀測資料，可是若基於學術分工，有的學群負責生產第一手觀測資料，有的學群則將資料做其他的應用發展，似乎也未嘗不可。但是正因為氣象科學社群在全球氣候變遷議題上的重要性，致使以 IPCC 為主導的科學社群握有最後的資料解釋權，甚至是在政策上的巨大影響力，這使得原本似乎不相衝突的學術分工，轉變為學群衝突。對 Mörner 而言，這些氣候模式專家固然深諳電腦程式計算，但在許多領域卻是門外漢，是以為了得出其「構想(idea)」的結果，他們在資料的選擇、修正上，就會採取對他們有利的方式。以驗潮資料為例，這是 IPCC 報告所選取的觀測指標之一，也是 Mörner 批評的對象。Mörner(2007)認為對待驗潮資料必須非常謹慎，因為驗潮資料會受許多因素影響，需依靠地質學知識才能解釋資料的意義：

Tide gauging is very complicated, because it gives different answers for wherever you are in the world. But we have to reply in geology when we interpret it. So, for example, those people in the IPCC(原文附全名), choose Hong Kong, which has six tide gauges, and they choose the record of one, which gives 2.3mm per year rise of sea level. Every geologist knows that that is a subsiding area. It's the compaction of sediment; it is the only record which you shouldn't use.

根據 Mörner 的說詞，IPCC 選擇了他們認為有利的資料，而省略掉以地質學知識檢驗、解釋資料的步驟，也就是跳過了「觀測(observation)→解釋(interpretation)」。Mörner 提供的案例是否確有其事，還有待進一步查證，事實上各地驗潮站、乃至於像英國「平均海面服務中心(PSMSL)」這種統整全球海水面資料的大型機構，都有相關人員負責資料的把關，因此筆者推測實際情況或許未必像 Mörner 說的那樣簡單。無論如何，Mörner 的質疑仍帶出了一個重要問題，即誰握有最後的資料解釋權？當有各種版本的資料、解釋在競爭時，就像馬爾地夫海面的爭議那樣，為何 IPCC 主導的說法能避開爭議、率先形成「共識」？

上述問題要回到本文第二章討論 IPCC 在社會與研究兩個面向上的影響力，一方面 IPCC 取得了社會普遍的信任，其報告評估的「共識」自然也易為其他人所接納，另一方面電腦模式的研究方法，使相關科學社群在面對複雜的資料時，有一套「統整技術」進行篩選與整合，使得他們比 Mörner 這些地質學家更容易達成「共識」。另外更重要的一點，是「觀測(observation)」與「情境(scenario)」的差別，對像 Mörner 這樣的地質學家，不斷強調「觀測(observation)」才是科學的基礎，但對於氣候模式的專家而言，他們研究所得是「情境」、是未來的可能趨勢，且模式推估本來就與實際的情況不同，故不同模式結果縱使存有頗大的落差，也是在合理的「範圍(spectrum)」內⁹⁴。這或許可解釋何以當地質學家們仍在討論馬爾地夫海水面時，氣候模式學群已先達成「共識」，因為雙方科學風格的差異，嚴格來說兩派所討論的並非同一個「研究對象」。

至此，本文已對 Mörner 與 IPCC 兩派的風格差別作了描述，質言之，前者以「地質學家」自居，以實際地「觀測」作為其知識建立的基礎，至於 IPCC 一派則有不少側重電腦模式的「氣象學家」，他們的研究途徑顯然與「地質學家」有別。值得注意的是，Mörner 是從「地質學家」的角度作出批評，但「氣象學家」中也不乏氣候模式的質疑者，而這些對氣候模式存疑的學者往往也走向懷疑暖化的陣營，知名度較高的像 Richard S. Lindzen 與 William Gray，兩人皆長期從

⁹⁴ 所謂的「範圍(spectrum)」，是指不同氣候模式推估所得的可能範圍，參見本文第二章[圖五]，右側的「Projections of the future」乃氣候模式得出的未來可能海水面變動。

事氣候研究工作，也「曾經」是該領域的知名學者⁹⁵。IPCC 也知道許多批評來自於對氣候模式的不信任，因此在報告中也花許多篇幅解釋模式的可信度與侷限，一如 Mörner 首先捍衛自己的「觀測」資料一樣，IPCC 大力維護的是其賴以為重要工具的氣候模式，從雙方的辯護策略裡，也反映出了科學風格的差別。

最後需要說明的是，雖然 Mörner 將「地質學家」與「氣象學家」區分為兩個陣營，但地質學與氣象學卻未必是衝突的，許多反駁 Mörner 馬爾地夫海水面觀測的地質學家，對 IPCC 報告是持正面態度(像 Woodroffe)，並沒有顯示出科學風格衝突的跡象。這反映了不同研究途徑的研究不必然是「不可共量」的，彼此間仍存在相互支援的可能性，或許只有像 Mörner 這類堅守固定風格的學者，才會感受到衝突吧。

(2) 電腦模式學者的論文

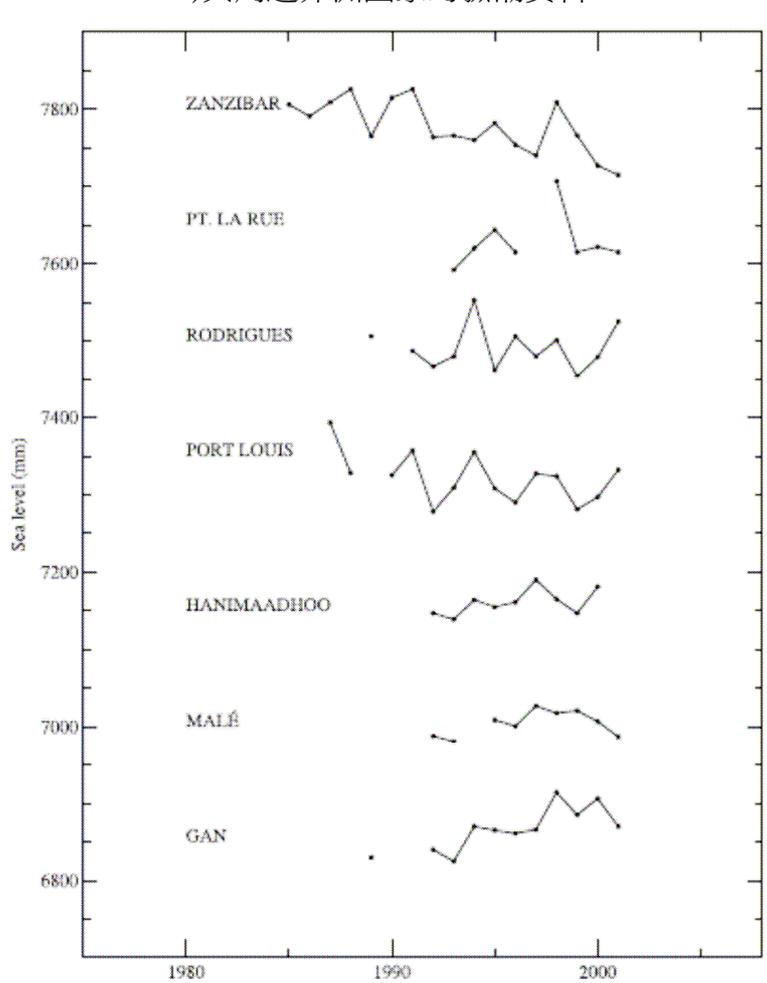
將「地質學」與「氣象學」做了粗略的風格劃分，以下再介紹側重電腦模式的學者，又是如何討論馬爾地夫海水面的變動，其討論方式與前述的地質學界批評有什麼差異，是筆者希望呈現的風格之別。筆者選取的是 Philip L. Woodworth 於 2005 年所發表的“Have there been large recent sea level changes in the Maldives Islands?”，選這篇的理由，除了從其論文題目已清楚說明討論馬爾地夫海水面變動外，更重要的是 Woodworth 的研究方法與地質學派不同，他採用的資料與方法都是電腦模式一派的。

針對 Mörner 聲稱馬爾地夫近年來海水面不升反降，Woodworth 於論文開頭即說明，他是以「氣象學與海洋學的面向(meteorological and oceanographic perspectives)」來檢驗 Mörner 的說法。他進一步指出，若馬爾地夫的海水面真如 Mörner 說的那樣約在 1970 年代下降了 30 公分，那麼這個現象必然會連結到其他情況，像是印度洋其他區域應該也會出現類似的海水面下降，或海水性質出現改變(好比海水升溫、鹽度變化)，或因風力增強導致降雨、海水蒸發的變化。為了檢視是否有這些情況發生，Woodworth 從其專長出發，選取了他擅長的資料來做驗證，就如同 Mörner 是舉地質學的實證資料，Woodworth 選擇了什麼資料是需要特別留意的。基本上，Woodworth 的論文內並沒談到實地的勘查情況，也沒有一張實地觀測的照片(這類照片遍布地質學的論文)，他展示出的是許多數據的統整、藉由電腦模式得出的各種趨勢變化圖。由於 Woodworth 透過電腦模式能

⁹⁵ 以 William Gray 為例，他是美國州立大學的氣象學家，有豐富的颶風研究經驗。他參與的爭議是颶風活動的增加與暖化之關聯，對 Gray 這位傳統的氣象學家來說，熱帶海洋溫度升高可能造成颶風增強，但他認為所有的原因都與海洋有關，而非另一位使用電腦模式的學者 Kerry Emanuel 指出的人類破壞了大氣組成。Gray 甚至戲稱電腦模式一派為「equation pushers」。見 Chris Mooney(2007)專書及相關書評〈風暴世界：颶風、政治和全球暖化的戰爭〉，書評出自「知識通訊網站」：<http://k-review.com.tw/2007/09/01/581/>

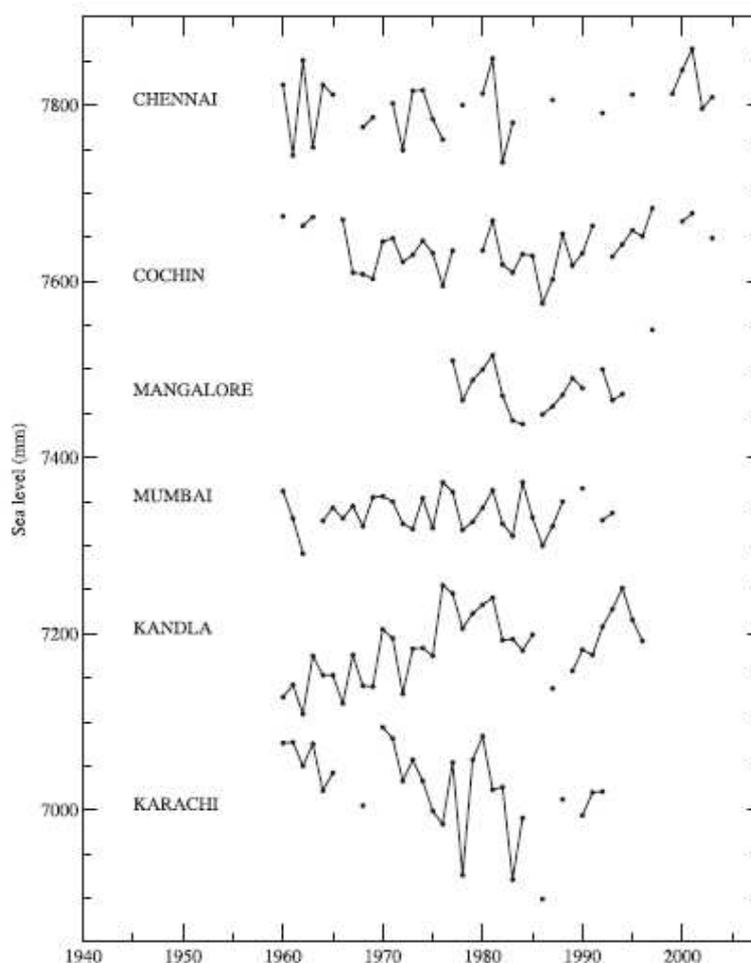
動用相當多的資料，在此筆者只選出兩例作說解，分別是「馬爾地夫的平均海水面資料」及由電腦模式資料抽出的「馬爾地夫氣候變化資料」。

關於「馬爾地夫的平均海水面資料」，Woodworth 說明他的資料來自於英國的「平均海水面服務中心(PSMSL)」，這是世界上極具權威性的全球海水面研究機構，該中心主要收集的是驗潮資料。Woodworth 知道 Mörner 對驗潮資料抱持相當保留的態度，所以他也做出辯護，指透過資料的篩選與 global positioning system (GPS)輔助，能逐步將驗潮資料摻進的其他因素辨識出來，此外，Mörner 雖說驗潮資料會受地質作用影響，但他選用的地形指標也免不了同樣的問題。Woodworth 並未進一步針對地形學指標作批評，一方面他的專長是海洋研究，恐怕沒法就馬爾地夫一地的地形狀況作回應，另一方面也可能是他較長於以電腦模式進行研究，沒有到當地觀測的經驗。可是縱使沒有前文那些地質學家的實地觀測經驗，並無礙於 Woodworth 調動資料來作回應，[圖十二]是他從「平均海水面服務中心(PSMSL)」資料庫調出來的資料，為馬爾地夫群島(圖表下方的 Hanimaadhoo、Male、Gan)與周邊非洲國家的驗潮資料。



[圖十三]：馬爾地夫與周邊非洲國家之海水面資料。圖片取自 Woodworth(2005)。

從[圖十二]可以見到，馬爾地夫的驗潮資料相當短，從 1990 年後才有記錄，而且還有不少缺漏的部份，而 Woodworth 就此資料推斷當地海水面有上升跡象⁹⁶，旁邊的非洲國家反倒有下降趨勢(像 Zanzibar 在 Tanzania 沿海)。但是再怎麼比較，[圖十二]的資料終究只始於 1990 年代，所以 Woodworth 又調出了其他資料做參考，是可以把年代推到 1970 前後、鄰近馬爾地夫的印度與巴基斯坦資料。對 Woodworth 而言，若馬爾地夫在近數十年來海水面真有大幅下降，那這現象應該也會發生在周邊地區，所以即便馬爾地夫的驗潮資料闕如，仍能用周邊地區的資料作推斷⁹⁷。[圖十三]即印度與巴基斯坦的驗潮資料，雖然資料的時間可回溯至 1960 年代，但完整性仍是個大問題，Woodworth 也承認資料不甚完備，但仍可顯示未出現大幅的海水面變動，因此馬爾地夫也不太可能出現海水面下降的情況。



[圖十四]：印度與巴基斯坦之海水面資料。圖片取自 Woodworth(2005)。

⁹⁶ 雖然就筆者看來，馬爾地夫的驗潮資料並未顯示出海面上升的趨勢，且似乎還算相對穩定，但 Woodworth 在論文裡是說資料顯示 Gan 上升 6.5 ± 2.2 mm/yr，Male 上升 4.2 ± 2.1 mm/yr，Hanimaadhoo 上升 3.2 ± 2.5 mm/yr。

⁹⁷ 這裡也顯示出 Mörner 與 Woodworth 對待驗潮資料的根本差異，Woodworth 認為可以調用周邊地區的驗潮資料供判斷，但對 Mörner 而言，「Tide gauging is very complicated, because it gives different answers for wherever you are in the world.」(詳見本節引錄之 Mörner 訪談)。事實上，後者還有一套解釋潮汐變化的理論，在此筆者不列入討論。

從這裡我們可以見到許多問題，這些問題都是從科學風格的差異而來。如果比較地質學者的論文，我們可以發現地質學者也會引用周邊地區作比較，像反駁 Mörner 的地質學者 Woodroffe，他後來的論文就有加入印度洋其他群島的實地觀測來與馬爾地夫作對照，因此不論其是否同意 Mörner 的論斷，他在大原則上仍是循著「觀測(observation)→解釋(interpretation)→結論(conclusion)」的步驟在走，十足地具有地質學的「實證」風格。但是對 Woodworth 來說，他則是從「收集資料」出發(調動 PSMSL 的資料庫)，且大致上將驗潮資料視為均質、能抽離出當地特殊脈絡來作比較的，這種差異使得 Woodworth 能調用印度洋一帶的驗潮資料，卻沒對資料做深入的「地質學解釋」。

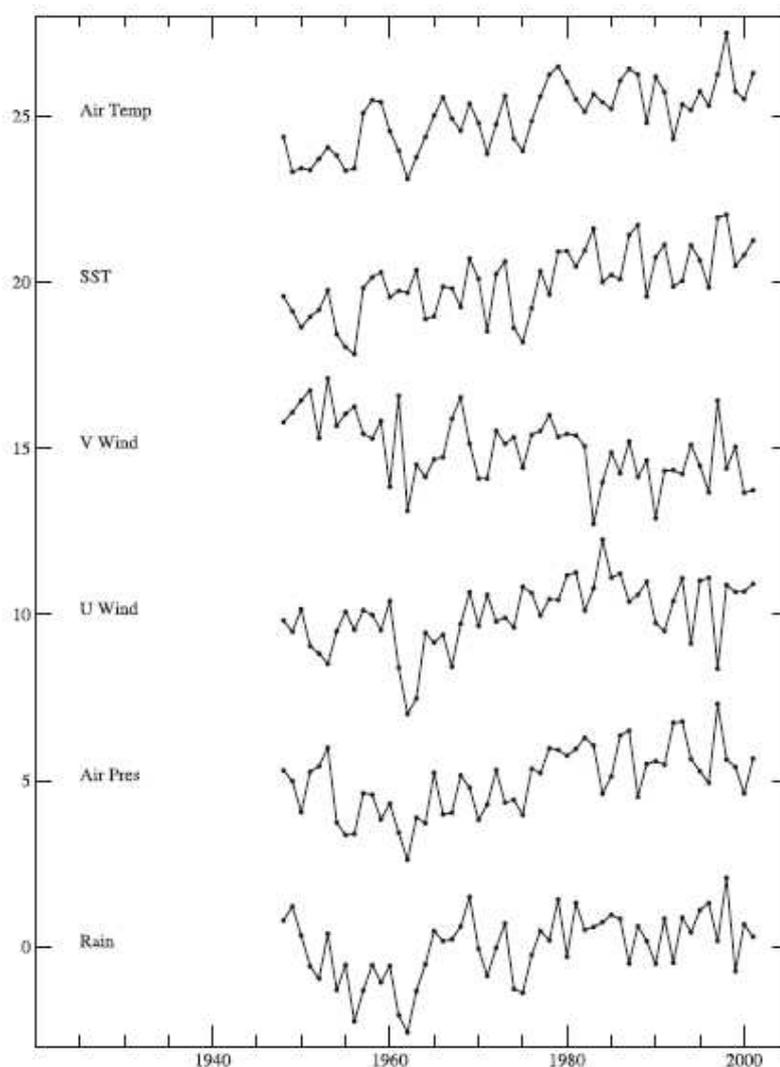
省略掉「地質學解釋」或當地脈絡會有什麼問題呢？筆者試舉幾個可能。好比可以看到 PSMSL 收集的印度洋驗潮資料缺漏部份頗多，不禁讓人好奇當地的驗潮站發生了什麼事，以至於資料記錄斷斷續續的？像孟買(Mumbai)與喀拉蚩(Karachi)皆為南亞的大城市，照常理推想資料應該相對完整，那為何到了 1990 年代驗潮資料卻幾乎中斷了？如果當地存有不穩定因素，那以前的驗潮資料是否需更多的檢視？另外可能的問題，像 Woodworth 有提到印度與巴基斯坦的資料，會受到當地季風影響而出現波動，但他並未深入檢視這些因素，而在動用馬爾地夫與非洲國家的驗潮資料則是更少給出「地質學解釋」；假若馬爾地夫真如 Kench 說的因珊瑚礁岩增生墊高，那使用當地的驗潮資料恐怕就需更多解釋。

Woodworth 並未就地質學的因素多作談論，而是繼續以其擅長的電腦模式，調出「馬爾地夫氣候變化資料」來回應 Mörner。前面提到，Woodworth 認為若馬爾地夫出現大幅海水面下降，那同樣的情形應該會見於周邊地區，不然就是當地氣候出現變化(像海水溫度、風力變化)，因此除了調出馬爾地夫及周邊地區的海水面變動資料，他還進一步調出氣候資料做檢證。Woodworth 的資料來自兩個研究中心，分別是 National Centers for Environmental Prediction—National Center for Atmospheric Research(NCEP-NCAR)，以及 European Centre for Medium-Range Weather Forecasts(ECMWF)。這兩個研究中心的資料都是以電腦模式來處理，為了調出馬爾地夫的氣候資料，Woodworth 寫道：

Relevant ocean and meteorological parameters have been extracted from the NCEP-NCAR data set for the model grid box centred on Male, which is only 4° north of the equator and is a position representative of the islands as a whole.

無疑的，氣候模式有相當多複雜的技術非外人所易理解，可是從這段引文，我們可以見到 Woodworth 是從氣候模式裡 Male 所處的網格(grid)調出資料，並且這資料是以 Male 島作為馬爾地夫群島全部的代表。馬爾地夫群島分布從北緯 7°至南

緯 1°⁹⁸，如果照傳統的方法，可能需要在這狹長的群島各處設觀測站，然後才能得出該群島的綜合氣候資料，可是透過氣候模式，就能將位在北緯 4° 的 Male 觀測站資料，轉化為全群島的代表。Woodworth 從 NCEP-NCAR 資料庫調出了以下數據(見[圖十四])，圖中左側的英文縮寫依次是 Air Temp(air temperature)、SST (sea surface temperature)、V wind(meridional wind speed)、U wind(zonal wind speed)⁹⁹、Air Pres(air pressure)、Rain(rainfall)。可以見到依靠電腦模式，相關研究者能更快速地取得統整過的資料，就像 Woodworth 從資料庫中就能抽出這麼多數據來，這點依靠傳統方法的地質學家 Mörner 恐怕不易做到，對 Mörner 來說，他能做的大概就是從其觀測資料提出解釋與推論。



[圖十五]: 從電腦模式 NCEP-NCAR 取出之馬爾地夫氣候資料。圖片取自 Woodworth(2005)。又縱軸單位乃為了方便展示之用，只呈現出變化趨勢，而非實際的測量單位。

⁹⁸ 台灣南北縱長約北緯 21° 至 25°，此作為距離想像的參考。

⁹⁹ 按原文附注說明，U wind 是 zonal (east positive) wind speed，V wind 是 meridional (north positive) wind speed。見 Woodworth(2005)。

藉由 Woodworth 的論文，我們可以見到與地質學家大異其趣的風格，雙方各有其專擅的方法，並依其方法建立了研究者與研究對象的關係。這種風格差異未必是衝突的，只是當出現科學爭議時，風格的差異就可能被突顯出來，在暖化爭議裡電腦模式一派就成了懷疑者的攻擊目標。無論是 Mörner 站在地質學實證的角度質疑，還是 William Gray 站在傳統氣象學的角度批評氣候模式(見本章注 8)，他們背後都預設了「實際觀測」才是科學基礎的想法，並且多少認為電腦模式掌握到的研究對象並不「真實」，而是「computer issue」。從科學風格看待暖化爭議，能讓我們看到爭論「事實」以外的不同面向。

三、科學風格的反省

回顧科學史，常可見到新舊科學風格之爭。像望遠鏡所見的影像能否相信，是長期被爭論的問題。當年波以耳著手建立實驗室為科學知識生產中心時，霍布斯也是對實驗室空間及實驗儀器大加批評(為什麼實驗室不是開放空間？儀器準確度夠嗎？)¹⁰⁰。這些爭議都牽涉到了研究方法的選擇，爭議背後也隱含了科學社群間及社會力量的競爭，以至於懷疑者透過批評對手採用的研究途徑並不能掌握到「真實」的研究對象，來間接否定對手的相關主張。Mörner 對電腦模式派的批評，或許也能放到這個脈絡來看。Mörner 在訪談中常提及氣候模式學者藉暖化危機來爭取研究經費，也批評小島國們藉由操作暖化議題來要求各國援助。關於這種意識型態批評，像說 IPCC 帶有濃厚環保色彩，或說暖化懷疑論者是石化集團的打手，不絕於耳。

本文並不對意識型態或社會利益等方面多作討論，而是著眼於科學社群的風格差異所導致的衝突。以馬爾地夫海水面的爭議來說，我們可以發現爭議仍在進行，無論是地質學內部，或是來自氣候模式一派的研究，至今恐怕仍沒法斷定當地的海水面變化。因此與其支持某個主張，倒不如將兩派風格作一比較，以期帶出其他可省思的問題。

筆者認為，氣象科學的氣候模式一派之研究，其優勢在於能掌握全球尺度的研究對象，將多種複雜的系統一併納入考量，使之成為一個「地球系統」的整體，就像 Woodworth 論文所展示的那樣，除了海水面，風速、氣壓、降雨量、海水表面溫度都被納進了氣候模式內，這種複雜的研究若沒有電腦模式來統整，恐怕也不易做到。但是為了要能掌握全球尺度的研究對象，氣候模式依目前技術不可避免的在許多面向上顯得粗疏，而就在這點上，引來許多質疑氣候模式者的批評，

¹⁰⁰ 關於霍布斯對實驗室的批評，詳見 Shapin 與 Schaffer 撰寫的《利維坦與空氣泵浦》。依該書的分析，波以耳創立的實驗室為科學界帶來新的研究方式，這引起來老一派的學者霍布斯的不滿與懷疑。後者從許多面向攻擊實驗室的可靠性，包括了實驗室非公開空間，使得科學家的研究無法被大眾公開檢視，又實驗儀器存在的瑕疵亦是被批評的焦點。

他們認為氣候模式並不足以反映複雜的地球系統。然而不可否認的，許多質疑者大都是停在質疑的階段，像 Richard S. Lindzen 與 William Gray，他們都以人類對氣候的認識仍相當不足，來批評氣候模式不可靠，但他們似乎也不能提供更進一步的研究方法來因應這個複雜問題。是以像 IPCC 乃基於「預警原則(precautionary principle)」所創設的組織¹⁰¹，縱使不是由氣候模式一派學者所推動，也很可能會支持氣候模式的研究途徑，畢竟他們提供了未來的可能圖像，而非單單是質疑而已。

氣候模式固然能處理許多錯綜複雜的系統，但是它提供的圖像，若不謹慎面對，也可能轉變為一種不加思索的定論，尤其是今天 IPCC 報告具有相當權威性，這種想當然爾的推論更容易出現。將複雜的現象去除地方脈絡是有問題的，本文在第一章末舉了台灣海水面的例子，事實上台灣西南岸海水面應該是呈下降趨勢，但由於超抽地下水，導致了海水面上升的數據，是以如果忽視當地的實際情況，「氣候暖化導致海水面上升」的大論述反而無助於面對可能災害。同樣的情形也可見於許多地方，不管是碰到降雨量變化、颱風數目、農作物欠收、甚至是工程設施出狀況，常可聽到人們將問題歸結於「氣候變遷」，而省略掉其他該注意的面向。自從人類意識到「氣候變遷」的重要性，當然不可能將「氣候變遷」的因素排除考慮，但「氣候變遷」是個非常複雜的概念，我們是從「全球」的層次來談、還是從「地方」的層次來看，就需要進一步做釐清。

Mörner 的研究風格，或許能提供我們不同的參照。他不是用電腦模式來掌握全球尺度的變化，相反地他非常重視在地差異，像拼拼圖那般，將各種實地觀測拼出一片大圖像來。此外他採納當地漁民的說法也相當有趣，相較於其他評論人對漁民說法的懷疑，Mörner 將漁民的經驗納入論文，似乎更符合讓更多人參與氣候變遷的討論¹⁰²。從馬爾地夫海水面的爭議可以看到，不論是氣候模式派那種掌握「全球性」的研究方法，還是地質學派較強的「地方性」研究，都還沒法將爭議解決，是以讓更多的學科、觀點參與討論，讓「氣候變遷」的複雜性被呈顯出來，不失為值得嘗試的方向。

最後，雖然科學界對馬爾地夫海水面的升降仍有爭議，可是顯然在一般社會大眾的認知裡，馬爾地夫已是最容易受海水面上升威脅的地區之一，而該國政府也深信這個威脅存在，早在 1989 年暖化議題漸受關注時，即召開了「小國海水面上升會議(Small States Conference on Sea Level Rise)」，無疑的也認定了海水面

¹⁰¹ 所謂的「預警原則(precautionary principle)」，是指面對潛在的災害，即使目前仍未有足夠的證據支持災害可能的發生原因、及是否會發生，但基於該潛在災害造成的損害影響甚廣，因此有必要事先採取作為來預防。可參考 wiki 之[Precautionary principle]詞條。

¹⁰² 此處筆者談的是 Mörner 所主張的科學方法，而不是就其論文的爭議來說，因此像其評論人指出的 Mörner 未清楚標識資料來源，並無礙於他重視實地觀測的「地方性」。

上升的可能。從某種意義講，馬爾地夫的海水面爭議已經「了結(closure)」了¹⁰³，那這爭議究竟是怎麼了結的呢？這裡筆者嘗試以 Martin&Richards(1995)提出的四種爭議了結方式作評論。Martin&Richards 歸類出四種爭議了結的方式：實證主義、團體政治(group politics)、科學知識社會學(Sociology of Scientific Knowledge)與社會結構(Social Structure)。

實證主義的觀點認為，爭議的解決是因為有較好的科學「事實」出現，使得人們都能同意接受，故爭議得以了結與社會因素無關，如果社會不接受較好的科學「事實」，這只是科學被扭曲了。不同於實證主義認為「事實」能解決爭議，科學知識社會學檢視科學知識的生產過程，將主流與非主流的觀點以對稱方式處理，而不是把非主流觀點當作社會扭曲的結果，他們指出科學爭議的解決其實與相關學術團體的取向密切相關。至於團體政治這兩種觀點則主張，爭議的解決乃不同利益團體的角力結果，這些團體可以是政治、經濟、公民組織、學者社群等，可以說這派是從相當社會的角度看待科學爭議。社會結構一派與團體政治有些相似，不過較側重階級、性別及特定社會利益對科技發展的影響，像 Carolan(2008)於美國中部農場進行田野調查發現，在大型農業公司所贊助的區域裡，當地農民對追求生產極大化、化學肥料的使用、基因改良作物等都持較正面的態度，而較少顧及永續發展的面向。

那麼在馬爾地夫的海水面爭議裡，又是怎樣的情形呢？從本章的分析可以見到，科學界仍不能判定當地海水面升降的「事實」為何，因此實證主義的觀點並不適用於此案例。但是從科學知識社會學與團體政治的觀點，倒是能得到不少啟發，而且這兩種解釋可以相互配合。首先在科學界內部，雖然仍有像 Mörner 這樣的異議者，可是包括了 IPCC 報告、海水面研究之重要機構「英國平均海水面服務中心(PSMSL)」¹⁰⁴，都傾向於認為馬爾地夫面臨海面上升的威脅，因此在某種程度上可以說這起爭議的了結與相關學術團體的取向有關。而在團體政治的部份，由於馬爾地夫地勢低淺，直覺上的確極易遭受海面上升的衝擊，所以當地政府很早就準備因應措施，希望未雨綢繆；基於「預警原則」提前作規畫固然值得肯定¹⁰⁵，但由此形成的政治性效應自然也不言而喻。透過上述四種爭議解決

¹⁰³ 嚴格來說，爭議的「了結」可以從不同層次去理解。此處所舉馬爾地夫海水面的例子，其爭議「了結」是就當地政府的認知、以及一般民衆的想法而言，至於對科學社群或其他的氣候變遷研究社群，印度洋的海水面變動仍是持續研究的議題。

¹⁰⁴ 「英國平均海水面服務中心(PSMSL)」是國際上相當具權威性的海水面研究機構，百年來得以公開的驗潮資料皆登錄於該中心，包括台灣日治時期的驗潮資料，亦是從該機構取得。見溫室氣體資料庫網頁：<http://webgis.sinica.edu.tw/epa/epa.html>

¹⁰⁵ 「預警原則」主要被應用於具不確定性的科技決策裡，在台灣也逐步受到重視，像手機電磁波對人體的影響等。對於「預警原則」在科技知識的取向上，筆者初步的觀察認為，它可能會偏好選擇較保守的發展策略。當然，實際情況會因技術物及環境脈絡而異，像在手机電磁波的討論上，世界衛生組織鑑於手机電磁波尚無明顯危害，因此建議決策單位採低成本的方式介入，而各國對於手机、基地台的設置亦有不同的回應方式，例如英國衛生部門是建議手机製造商標示幅射量，見林直平和張武修(2006)。

方式，筆者希望爲此爭議當前的發展作一概括，藉由不同角度的觀察，也有助於我們重新思考重啓爭議、結束爭議的可能性。



第四章、「全球氣候變遷研究」在台灣

當全球氣候變遷研究，或說「地球系統」科學，在世界各地逐步推廣開來時，台灣科學界也不落人後，主動爭取參與許多國際合作計畫¹⁰⁶。國際上的全球變遷研究主要由聯合國(UN)及國際科學理事會(ICSU)所推動，由於台灣的中央研究院是國際科學理事會的成員，因此相關研究也在中研院的規畫下展開。其中由日後 IPCC 首任主席 Bert Bolin 所策劃的「國際地圈生物圈計畫(International Geosphere-Biosphere Programme, IGBP)」，堪稱是科學界首次將地圈與生物圈納入整合的宏大計畫，爲了因應 IGBP，1988 年 9 月中研院成立了 IGBP 中華民國委員會，負責推動我國參與 IGBP 相關計畫，可以說是台灣學界與國外交流的窗口。

在 IGBP 的大架構下，台灣科學界也結合不同領域學者，推動了許多計畫，涵蓋了大氣科學、地質學、海洋科學與生態學等，1996 年時已推動了十項大型整合計畫，像「熱帶海洋全球大氣研究(Tropical Ocean and Global Atmosphere, TOGA)」、「古全球變遷研究(Past Global Changes, PAGES)」等。總體來說，台灣的全球變遷研究受到國際研究風氣的刺激得以發展起來，然而這種由國際帶動的學術研究是否有什麼問題？這是本章第一節所要探討的。由於「地球系統」科學涵蓋的學科相當多，各項研究計畫也相當龐雜，並不是容易分析的課題。陳世榮(2007)嘗試以量化統計的方式，從論文「關鍵字」間的關係程度，試圖掌握台灣氣候變遷研究的特色與可能的侷限，他指出台灣在現有學術資源的考量下，尚能把握「區域—全球」互動變遷的研究，可是與「在地關聯性」相關的研究則還有發展空間。

相對於陳世榮採取的量化方法，本文則試圖從科技與社會的角度，以質化的途徑來掌握台灣氣候變遷研究。筆者希望討論以下兩個互有關聯的問題：首先是在國際學術建制帶動下，台灣是否也出現了如 IPCC 那般，氣候科學社群擔當推動相關研究的重要推手，而如前兩章談論的科學風格問題是否也在台灣發生。其次，爲了與國際研究接軌，台灣學者有什麼看法與反省，而從 STS 角度看，又能爲科學發展提供哪些建議。以上這兩個問題是第一節所欲處理的。必須說明的是，由於氣候變遷研究相當複雜，筆者在閱讀各方資料時往往有種難以通盤掌握的感慨，也擔心在書寫時會掛一漏萬。因此本文在資料選取上，將選取筆者認爲別具意義的作分析，而不是採通盤檢視的方法。

第二節承繼本文以海水面升降研究爲案例，進一步介紹台灣海水面研究的發展。近年來研究台灣周圍海水面升降的學者與團隊，主要有施學銘(1995)、劉啓

¹⁰⁶ 據筆者與大氣科學領域許晃雄教授的訪談，國科會約在 20 年前開始推動參與國際氣候變遷研究，由於當時國內相關領域學者與國際合作尚不多，因此當國際上出現這類大型計畫時，便被賦予了某種與國際接軌的使命。又筆者保存錄音電子檔，後文提及的訪談內容皆出於此。

清(2000)、中興工程顧問公司(2001)、曾于恆(2008)與范光龍¹⁰⁷等[依報告發表順序排列]。不同於馬爾地夫的爭議情況，台灣的研究普遍認為海水面有上升趨勢，此處筆者希望藉由描述台灣海水面研究的特色，來說明不同風格具有不同視角，並指出應該培植更多研究方法。除此之外，筆者想進一步延伸分析所得，將之與 STS 重視的「地方性」、「常民知識」作一討論，希望能對當前全球氣候變遷研究的知識生產模式提出一些建議與省思。

第一節 台灣的研究脈絡與檢討

本文第二章討論 IPCC 的部份，已從科學社群的發展史面向，說明推動 IPCC 成立的重要推手之一，乃重視「電腦模式」的氣候科學社群。事實上，當氣候模式從 1960 年代發展出雛形後，在地球科學內就取得日益重要的地位，也被視為評估未來環境變化的重要依據。為了掌握全球尺度的研究對象，氣候科學社群屢次進行結盟、推動大型研究計畫，不斷嘗試聯合不同學科、跨越不同國籍的政治界線，這是其在社會面向上的鮮明風格。而在研究方法上，相關社群也確立了電腦模式的地位，今日以超級電腦與氣候模式作研究是氣候科學的重要課題，許多學者都投入到這個以技術物「氣候模式」所凝聚的研究目標來，連帶的也可見到如 IPCC 報告裡「氣候模式」占有相當重要的篇幅。

側重「氣候模式」的科學社群在國際上組織起龐大的網絡，台灣又是在什麼情況下與國際接軌的呢？依現有資料看，台灣與國際全球變遷研究接觸時，國際相關社群已發展到了「國際地圈生物圈計畫(International Geosphere- Biosphere Programme, IGBP)」階段，亦即「地球系統」科學已算初步成形了。在此脈絡下，台灣學界在組織氣候變遷研究計畫時，似乎也是在「地球系統」科學的思維下進行規畫，至於是否有特定學群較為活躍則沒那麼鮮明。根據 1994 年成立的「全球變遷諮詢委員會」¹⁰⁸，其選出負責規畫全球變遷研究計畫的五位委員，分別是周昌弘(專長植物生態學)、林松錦(大氣科學)、蕭代基(環境與資源政策)、洪肇嘉(環境工程)與劉康克(地球化學)，從專長背景看兼顧了許多領域。而後該委員會與台大全球變遷中心主任柳中明(大氣科學)及五位組長吳明進(大氣科學)、楊盛行(農業化學)、劉聰桂(地質學)、孫志鴻(地理資訊系統)、葉俊榮(法律)，再加上其他學界與政府代表共同推動研究¹⁰⁹。基本上從參與者的背景，可以充份體現「維納斯風格」在社會面向上的特性，它能让許多學科結盟合作，而不是某種

¹⁰⁷ 上述學者名單裡，其中曾于恆的報告筆者看到的是 PowerPoint 簡報版，而范光龍的則是平面媒體報導，像 Nownews，〈全球最快 台灣海平面 10 年上升超過 3 公分〉。

¹⁰⁸ 前文提及之 IGBP 中華民國委員會隸屬於中研院，負責與國際交流的接軌工作，而實際上則由國科會籌畫各項大型計畫，「全球變遷諮詢委員會」正是在此背景下成立，專事全球變遷研究之策略、規畫及重點。

¹⁰⁹ 此處資料摘自《全球變遷通訊》第一期，劉康克〈全球變遷研究規畫〉。又當時推動了「氣候變遷及預測、大氣化學與輻射、陸生生態系及生物多樣性、海洋環流及通量、海岸變遷、古全球變遷、社經衝擊及永續發展、資料管理及研究網絡、國際環保與國際合作」等九個工作群。

具排他性的科學社群。

(1) 「國際合作」之省思

然而「國際合作」、「跨學科研究」固然是立意良好的概念，但如何做、怎麼合作、政治與學術建制等界線如何克服，必須被仔細檢視，才能使立意良好的概念得以落實。本節並不討論偏政治面向的部份¹¹⁰，主要以研究社群的發展為檢視對象。台灣學界很早就注意到國際學術建制與本土學界的關係，魏國彥與許晃雄(1997)指出了兩者間存有張力：

全球變遷研究日新月異，發展十分快速。因此，與國際大型研究計畫保持密切聯繫是提昇國內變遷研究的方法之一。國內對外的聯絡管道主要是透過「國際地圈生物圈計畫」(International Geosphere Biosphere Programme；IGBP)，國內參與的IGBP核心計畫有10個之多。不可諱言的，**國內有些整合計畫是為因應IGBP核心計畫而設立。國內變遷整合研究計畫是否必須與IGBP核心計畫維持一對一的對應關係，值得深思。**誠然，IGBP核心計畫皆為與全球變遷密切相關的議題，有其必要性。但是，以台灣有限的人力及物力資源，我們是否有能力從事每一項研究？我們應該自問台灣的觀點是什麼？氣候變遷相關議題的優先次序為何？**如果，國內沒有自己的觀點就很難擬出整體的、長期的研究發展策略。我們將永遠處於被動的地位，永遠在因應國際的研究趨勢。**此種狀況下成立的整合研究計畫，可能倉促成軍，而未能提出較完善的研究構想及方法，也無法網羅最合適的人才參加。倉促成軍的計畫也可能雷聲大雨點小，逐漸凋零。(粗體字為筆者所加)¹¹¹

這段省思值得注意，一方面透過參與國際大型研究計畫，台灣學界可以藉此提升研究能量並增加能見度，但與此同時，台灣學界似乎也得配合這套國際架構走，否則恐怕無法得到國際計畫的支持，但是長久下來也很難形成國內學界自己的觀點。這反映了有趣的科學問題，即自然科學研究會因組織規模(國際、地區或單

¹¹⁰ 事實上，因為台灣特殊的政治地位，在參與國際合作時常有需要顧慮「稱謂」、或是否具資格參與相關組織的問題。例如，陳民本與許晃雄在「國際氣候研究院(IRICP)訪問報告」中寫道：中午用餐時間，我們與 Phillip Arkin、Nickolas Graham 再次討論雙邊合作與 GTS 氣象資料等問題。在雙邊合作方面，雙方皆認為即使我國尚未正式加入 IRI[國際氣候預報研究院]，實質的合作(如，人員互訪進行合作研究)可以先行展開。在 GTS 資料方面，**技術方面容易克服，政治問題則較為棘手**，不僅牽涉到 WMO[世界氣象組織]的資料不得再度傳輸的問題...Phillip Arkin 認為目前沒有快速的解決辦法，**過度的動作反而可能引來更大的阻力。**(粗體字為筆者所加，又台灣非 WMO 會員國。)

¹¹¹ 據筆者與許晃雄教授的訪談(2009)，許教授認為目前國內的研究已有較多自己的路線，不一定要處處與國外掛勾，而有時太過強調與國外配合的計畫，反倒會引來些負面的聲音，像「拿錢去給國外用」而忽略本地變遷的研究。

一國家等)的社會因素,形塑出不同的研究觀點,這些觀點間未必是「一致」的,國際計畫有其關注面向與考量(甚至可以問什麼是「國際」?歐美國家?),對不同地區而言卻可能有不同的關懷與旨趣。

這種因學群規模、資源及不同考量所導致的差異,使得「國際合作」存在不少問題。「國際大型研究計畫」在學術界占有極重要的地位,除非是握有龐大資源的國家,否則只能較被動地依循「國際」制定出的計畫。如此一來,全球變遷研究「維納斯風格」的開放性就略為減色,成爲了某種同時兼具開放與引領的力量,參與其中的研究社群固然來自世界各地,但是否在參與時也允諾了某些研究前提呢(爲了要進入「國際計畫」中)?筆者並不是說有預設不好,事實上不同角度、學科背景都有其預設,或說是傾向,但是當某特定角度遮蔽掉其他可能的聲音時,就需要加以檢討。像台大海洋所范光龍教授在訪談時提到,已有越來越多學者發現暖化現象已經趨緩,前幾年已算是達到最高峰,現在或許開始步入冰河期¹¹²。筆者記得有次在課堂與同學分享這個說法,沒聽過此說法的同學頗爲震驚,也許是電影《明天過後》冰雪覆蓋地球的影像太過深刻,他們頗訝異如何不一樣的論點爲何罕見學者談論(至少在台灣的媒體上)。地球是否正邁入冰河期並非本文關注焦點,這裡引用該說法,只是希望強調在目前以 IPCC 爲主導的暖化論述下,可能會有不同的聲音被忽略掉。

把問題帶回國內研究的省思上。全球變遷研究因爲是以行星爲尺度的研究對象,因此必然也需要全球的科學社群在各地進行研究才行,於是乎「國際合作」乃相關社群採取的結盟途徑。然而「國際合作」固然有其重要性,但不能輕忽其與本地研究所存在的張力,也不應低估其引領論述的力量,我們可以重新思考「國際合作」的圖像,即由各個「地方」(或「地區」)依其資源與考量,來凝聚出「國際合作」的架構,而非先有個「國際架構」再讓其他的參與者配合。柳中明(1994)在評論國內研究的困境時指出:

「全球變遷研究」需以本土自然與環境問題研究爲重,才能一方面彰顯本區環境變遷在整個全球變遷中的角色;另一方面,其研究成果將能在國內引起極大共鳴與運用。

此見解也是強調「地方」研究的重要性,如果日後的「國際合作」圖像能轉變爲各個「地方」互相彰顯該區的重要變化,並引起各地區民衆的迴響,那麼與今日由國際建制引領地方參與的情況必然大不相同。

需要說明的是,此處談論的「地方」並不只是狹義的空間名詞,雖然它與地

¹¹² 參考國立教育廣播電台於 2009/6/14 在「自然筆記」節目裡,與范光龍教授的訪談。訪談資料來自國立教育廣播電台網頁,又該檔案線上收聽期限至 2009/8/12 爲止。

理空間的分布有關，但更具有知識生產的權力關係，亦即握有較強知識生產力的「地方」，將更有機會主導相關領域的議題，甚至是形塑社會的意見。事實上，以人類的感官能力，不可能感受到「全球」是什麼，因此所謂的「全球變遷」實際上是由「地方」研究組合起來的，即使歐美國家能用衛星觀測技術掌握「全球」尺度的變化，實際上也是特定「地方」握有較強大的學術資源。由於握有較多資源的「地方」將其研究網絡拓展開來，使得特定「地方」所關注的「全球」圖像轉變為其他「地方」認同、或需要接受的圖像¹¹³，這種情況可能會產生什麼問題值得留意。在此筆者僅將所謂的「國際合作」、「全球」等常見詞彙，還原其原本的「地方」性，也希望藉由這個還原動作，讓其他「地方」在理論上能獲得更多自主性，而非只能單方面地服膺握有較多資源的特定「地方」。

最後還有一點需要思考，上述的討論主要是偏社會因素的討論，這也是一般社會科學討論科學研究時常有的情況。從 STS 的角度看，「非人(non-human)」(好比地質作用)因素也是需要考慮的¹¹⁴，「人」與「非人」交互影響，才形成我們所接觸到的種種複雜現象。在前述全球變遷研究裡，筆者固然強調不同「地方」知識生產的重要性，因為這樣才能產生出適切於當地需求的知識，但不可否認的是，「非人」角度的重要「地方」未必與「人」的需求直接相關，卻在科學知識的生產上具重要意義。陳明德(2005)指出，由於控制氣候變化的因素極多，科學家都在努力尋找關鍵線索，以前許多學者把目光放在冰川體積上，近年來則有新研究指出冰川或許不是控制氣候變化的關鍵，西太平洋暖池(Western Pacific Warm Pool)可能影響更大¹¹⁵，因此台灣國際海洋古全球變遷研究(International Marine Past Global Change, IMAGES)也於 2005 年在此區進行岩心鑽探，希冀從標本一窺古代氣候的變化情形。無論是冰川還是西太平洋暖池，其被學者關注的原因有許多是基於「非人」因素考量，這點也是台灣在發展氣候變遷研究本土特色時，需要思考的面向。

(2) 研究統合的問題

¹¹³ 由於「全球」這個研究對象非個人感觀所及，科學家如何將「全球」呈現出來就成了重要課題。Edwards(2000)指出，藉由氣候模式展示出的成果，暖化議題在社會中逐漸受到重視，這即是科學家將其掌握到的「全球」圖像傳送到社會的過程。Latour&Woolgar(1979)認為，研究者透過圖像(包括圖片、圖表等)有助於在科學社群中找到同盟者，並建立起穩定的網絡。在暖化議題上，先進國家有能力生產出各樣的圖表、圖像，自然也易於將此圖像傳佈於其他地方，因為在全球變遷的感知上，其他地區並未握有足夠的研究網絡與之分庭抗禮。

¹¹⁴ 關於對「非人」的重視，可以參考 Callon(1986)以法國聖布魯克灣(St. Brieuc Bay)內的扇貝作為分析的著眼點。

¹¹⁵ 西太平洋暖池是全球最溫暖的海域之一，全年溫度在 28°C 以上，故有「暖池」之稱。「其分布北至菲律賓南緣，西至印尼蘇門答臘與東印度洋相接，南至新幾內亞與澳洲北部海域，東部延伸至中赤道太平洋。由於西太平洋暖池分布廣闊，並蘊藏大量的熱與水氣可提供颱風的生成，故被認為與西太平洋颱風發生的頻率與幅度有密切的關係」，亦可能與聖嬰現象的發生有關。詳見陳明德(2005)。

本文第二章分析認為，全球氣候變遷研究之相關社群除了積極擴展研究結盟外，也因為居重要地位的學群發展「氣候模式」，使之具有統合不同學科資料的能力，這是讓「地球系統」科學得以誕生的重要技術物。否則在尚未找到整合各學科、領域資料的技術前，不可能形成具「全球」意義的知識，各學科僅能在其所掌握的資料中提出片段的「全球」面貌。從 IPCC 報告能發揮巨大的影響力看，掌握整合學科的技術，似乎也握有對資料的最後解釋權，這種權力牽涉到的不只是對資料解釋的合理與否，更關乎誰說的話具影響力。

以台灣的研究來說，又是如何進行跨領域合作與統整呢？魏國彥與許晃雄(1997)談論到整合問題時，做了以下評述：

氣候變遷研究需要各領域之間的合作研究。譬如，一個較完整的氣候模式必須考慮大氣、海洋、陸地三個系統之間的交互作用。因此，發展氣候模式就需要大氣、海洋、植被、土壤等方面的研究人員。我國十分缺乏跨領域的合作研究，大氣與海洋有一些合作計畫，但是多屬於觀測或實驗性質，實際的合作研究仍有待加強。

這段評論雖然不長，但也提供了一般對整合技術的想像，亦即利用「電腦模式」將各個系統的交互作用整合起來。事實上，「國際地圈生物圈計畫(IGBP)」爲了達成科際整合，也設有三個整合計畫，其中一個就是與「電腦模式」相關的「全球分析、解釋及模式化(Global Analysis, Interpretation and Modelling, GAIM)」，可見「電腦模式」在全球氣候變遷研究中占有相當重要的地位。然而以台灣的學術資源，要將現有觀測資料建立成模式還有相當的努力空間，以氣候模式爲例，魏國彥與許晃雄指出：

以目前的技術及人力，預測台灣未來的氣候變遷是「不可能的任務」。與其花太多精力以不成熟的技術作無謂的預測，倒不如全力培植未來的預測能力，同時加強氣候變遷資料的收集(包括過去、現在及未來)，提昇我們推估氣候變遷的實力。

這雖然是於 1997 年做的評論，距今已有十幾年之久，這些年來台灣學界在氣候模式的發展上也取得了進展，但是不可否認的，發展氣候模式仍是條漫長的道路，更惶論是將更多學科整合起來的模式¹¹⁶。因此現階段台灣的氣候變遷研究，嚴格說還是處在積累學術能量、收集所需的觀測資料，但若要進行「預測」則不

¹¹⁶ 由於引文資料距今已有相當時間，此處筆者再補充引文作者之一許晃雄教授(2009)的觀察。許教授指出，跨領域整合是相當困難的工作，國外的大氣學者與海洋學者花了將近 20 年的時間才能坐下來談、了解彼此語言的不同，而國內目前在跨領域的合作可以說相當緩慢，還有待進一步的溝通了解。

太可能，尚屬初步模擬階段。

開發預測模式，是全球變遷研究裡的重要目標，無論是大氣科學、地質學、生態科學等，都將之視為長遠的計畫，然而這條技術發展道路真的適用於全球各地嗎？這或許是我們應該思考的問題。電子計算機問世後，的確為資料儲存提供了最便利的方式，而透過超級電腦的計算能力，亦能將這些數據做為預測模擬之用，但是顯然的絕大多數國家都不具備超級電腦這樣的技術物，也沒有辦法支撐圍繞在氣候模式旁的研究、觀測網絡。那麼在推動所謂的「國際合作」時，是否應該發展其他適用於不同地區的技術？目前掌握知名模式的，無疑是以歐美國家為主¹¹⁷，這使得筆者好奇其他地區、國家，又該如何統整其研究成果？如果電腦模式是條不可避免的發展道路，那必然會有許多地區被排斥在外，成為「國際合作」的名義參與者而已。

(3) 「適當氣候變遷研究」

對於各個地區的研究發展問題，筆者希望從 STS 的「適當科技」觀點，提供不同的反思；當然，目前筆者能做的也僅是理論上進行檢討，而沒法就進一步的技術實踐發表意見。「適當科技」的提出源於對大型技術系統的檢討，在許多時候，人們總喜歡選擇大型、複雜、甚至昂貴的技術，而忽略掉某些小型、或適切於當地的技術型態¹¹⁸。以台灣的捷運系統為例，由於台北捷運取得了良好的口碑，致使其他地區也希望引入捷運系統，即便在台北內部同樣是持續地拓展新路線。然而捷運系統真的是都會交通的萬靈丹嗎？不同都會都有其獨特的格局，民眾的交通習慣也不盡相同，是以從「適當科技」的觀點，會建議當所有都市一頭熱地想發展捷運系統時，是否該關注其他可行方案，好比改善公車運輸系統。

藉由「適當科技」，筆者認為不同地區在推動全球變遷研究時應當檢視哪種路線較為妥適，是否有足夠的資源足以支撐研究網絡，畢竟研究者的計畫需要來自社會的經濟贊助，如果選擇了不堪負荷的發展路線，可能會落得不了了之。台灣的全球氣候變遷研究距今已有二十年¹¹⁹，或許有賴於暖化議題在國際上備受關注，至今尚未傳出研究計畫中斷的消息，不過回首早先年計畫負責人的擔憂，仍值得我們注意，柳中明(1994)寫道：

¹¹⁷ 可參考柳中明與林文澤整理的〈國外著名全球氣候變遷整合模式的發展狀況與願景〉，收於《全球變遷通訊》，2002年9月，35期。

¹¹⁸ 陳信行(2003)對「適當科技」有如下定義：「適當科技」是相對於僵化的大型先進科技體系而提出的口號，強調依賴在地資源、人力與知識，擺脫資本密集的發展道路所造成的經濟依賴的弊病。從這段定義可見到，「適當科技」原初的立意，是希望讓經濟弱勢地區能掌握適合其自身發展的科技，而不是全盤倚賴先進國家大型技術。

¹¹⁹ 國際的 IGBP 計畫始於 1987 年，台灣在 1988 年即成立 IGBP 中華民國委員會，陸續推動氣候變遷相關研究，以此作時間算距今已約 20 年。

仔細觀察過去數年國內研究工作的推展，可注意到參與社群自我期許和積極運作的熱誠，恰與科技主管單位的冷漠，呈現非常明顯的對比。也由於缺乏主管單位主動與漸次的大規模推動，目前的群體計劃組合似乎仍缺乏長遠使命感與廣闊之跨領域整合。人人都無把握，在現在的社會與政治狀態，與目前經濟和政府財政狀況，全球變遷研究計劃群尚能支持多久？

此番擔憂，突顯了科學社群需要來自社會的支持，而只有兼顧「社會」與「自然」兩面的研究社群才得以持續長存。台灣學界碰到的問題，相信也會發生在其他地區，因此筆者認為，現今的全球氣候變遷研究除了既有的發展目標外，也該讓不同地區依其資源發展合適於當地的「適當氣候變遷研究」。氣候變遷研究需要長期的觀測網絡與研究社群來維持，把「適當科技」的觀點帶進相關計畫的發展上，將有助於不同地區定位合適自己的路線。

關於「適當氣候變遷研究」，可以先參考「清潔發展機制(Clean Development Mechanism, CDM)」的例子。所謂「清潔發展機制」乃京都議定書規範的彈性機制，工業化國家可透過資金援助或技術移轉等方式，協助開發中國家降低二氧化碳之排放，然後再將對方的碳排放配額買回自用¹²⁰。目前全球已有許多清潔機制專案，好比西非國家尼日，由於該國產的洋蔥作物 60% 會壞死，進而使溫室氣體甲烷排放到空氣中，透過新的專案，當地開始利用太陽能乾燥器和其他系統來保存洋蔥，使其不至於在運輸或儲存的過程中腐爛¹²¹。尼日的經濟狀況並不好，恐怕也無力發展大型複雜的氣候變遷研究，然而從這個專案，我們可以見到「適當科技」對當地農作物保存頗有助益，也能達到碳減量的目標。「適當科技」的觀念能否應用到較學術性的「國際氣候變遷研究計畫」呢？或許是我們可以思考的問題。

陳世榮(2007)的分析認為，台灣發展具「在地關聯性」的氣候變遷研究，可試著從「農業作物」、「健康衛生」、「森林植物」、「水資源」等面向著手。以「農業作物」為例，氣候變遷對農作物的影響深深牽動對土地與糧食的感知，如何從切身的農耕環境觀察氣候的變遷，應該是值得發展的面向。據簡好儒(2008)的訪談經驗，其務農的友人在宜蘭鄉下採用對自然友善的方法種稻，三四年耕作下來，發現稻穀的成熟日數逐年縮短，且雜草生長得比往年茁壯，讓不用除草劑的他倍感吃力。那友人還提到，連附近種田十幾年的老農都沒見過雜草長這麼快，然而農民感受到深刻的變化，農業主管機關依然不聞不問。農業能敏感地反映氣候變遷變化，長期耕種的農人也累積了豐富的在地經驗，將這些經驗轉變為知識

¹²⁰ 在京都議定書的架構下目前陸續有國家推動碳交易的機制，所謂的碳交易簡單講，就是各國皆有其溫室氣體的排放限制，但為了顧及經濟發展，部份國家得以向他國購買碳排放權。參考環境資訊中心，2008/3/15，〈全球暖化廢氣成新金塊 碳交易造就新億萬富翁〉。

¹²¹ 相關新聞見環境資訊中心，〈2008 年全球清潔發展機制現況檢視〉。文章網址：<http://e-info.org.tw/node/39771>

生產的基礎，不僅能為氣候變遷提供更多指標，亦符合在地的需要。這是「適當氣候變遷研究」可嘗試的方向。

本文使用的「科學風格」概念，著重「研究方法」與「研究對象」。不同研究方法有所掌握的研究對象，在氣候變遷上，氣候模式能模擬可能的全球氣候變化，但這種大尺度的數據未必能套用到實際的狀況，因此從農業敏銳的氣候感知力作「研究方法」，顯然有機會形成另一套掌握氣候變遷的知識。透過檢視「科學風格」，我們可以比較當前主流的發展側重哪種方法、掌握到什麼樣的對象，其知識的界線是什麼，又是否有其他的風格值得開發；使科學發展不至於只追求主流風格的腳步，而能視情況做調整。這也是筆者希望將「科學風格」的概念引入科技政策的企圖。

第二節 台灣的海水面研究

上一節從較整體的面向檢視台灣的氣候變遷研究，這節將以近年來台灣的海水面研究為例，除了簡單介紹台灣的脈絡外，也將與第三章馬爾地夫的研究情況作些對比。台灣學界在 90 年代後陸續出現海水面變動之研究，時間上差不多也是國際氣候變遷躍為顯學的時刻，這時期除了相關領域的學者對海水面變動感到興趣，政府機關也撥經費評估海面上升可能造成的衝擊。雖然研究者不少，台灣學界並未發生像馬爾地夫那樣的爭議，基本上學者們都同意台灣周圍的海水面有上升趨勢，只是各方所得數據不盡相同，甚至偶有差距頗多的狀況。以台中港為例，「氣候變遷對海平面及海岸地形之影響計畫」(1997)顯示，台中港 1971 至 1994 年間的海水面為下降趨勢(速率- 5.04 mm/yr)，但是依劉啓清(1998, 2000)的分析，1971 至 1998 年間台中海水面則是呈上升趨勢(1.24 mm/yr)。至於基隆海水面變化率則是相對一致[參考表一]。

研究者	站名	資料年度	海水面變化率(mm/yr)
影響計畫(1997)	台中	1971-1994	- 5.04
劉啓清(2000)	台中	1971-1998	1.24
影響計畫(1997)	基隆	1947-1994	0.29
劉啓清(2000)	基隆	1950-1998	0.41
曾于恆(2008)	基隆	1948-2006	0.86

[表一]：台中與基隆海水面變化資料對照。其中「影響計畫」乃「氣候變遷對海平面及海岸地形之影響計畫」之縮寫。

雖然台灣的海水面研究並未出現爭議，可是對照於馬爾地夫海水面研究有各種學科的研究方法在競爭，筆者想討論一下台灣學界在面對海水面議題時，較傾向於何種方法，又是掌握到怎樣的研究對象。以下先描述台灣學界偏重的研究方

法，再進一步討論其他研究方法所能帶出的視角，最後則是思考「適當氣候變遷研究」在此議題上能提供什麼助益。

(1) 偏重數值計算的方法

在第三章的分析裡，可以見到馬爾地夫的海水面研究，至少有地質學的實證方法與氣候模式派的數值化途徑。嚴格說，這兩種方法掌握到的研究對象是不同的，地質學是依靠地質指標所反映的變化掌握海水面變動，因此其得出的數據往往時間尺度較大，不若氣候模式派採用每日記錄的驗潮資料般細密。然而需要注意的是，不同學科皆有其對特定現象的定義、理解方式，以及符合該學科知識的資料判準，因此理論上並沒有某個學科的方法是較優秀的，何種研究方法較受青睞、何種學科較受支持，是因時空脈絡而異的。

由於沒有什麼研究方法占有先天的優勢，因此透過比較不同時期、背景下何種研究方法較受矚目，就能反映出該時期某些領域的研究特色。好比說氣候模式在全球氣候變遷研究裡居重要地位，這表示了該領域內的學者大體上同意氣候模式的成果可作為參考資料，然而跨出地球科學，即會發現其他學科對電腦模擬的態度未必相同。Galison(1997)的研究指出，電腦模式在物理學領域是處於相當尷尬的位置，不似在氣候變遷研究裡那樣穩定，因為許多物理學者認為電腦模擬運用的是符號計算，不屬於實驗的範圍，而且無從預測模擬結果、對模擬的內部計算不易得知，是以也無法納入理論領域¹²²。這個例子映照出氣候模式在氣候變遷研究取得穩定地位，其實與該科學社群的發展策略密切相關。

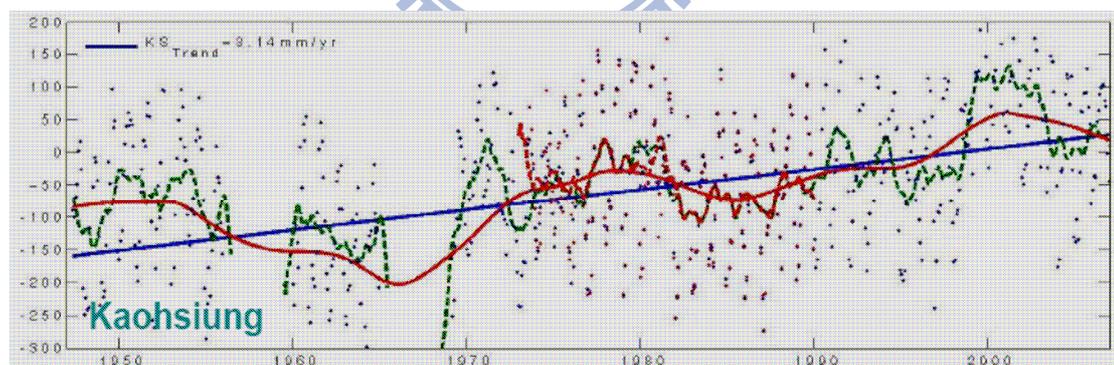
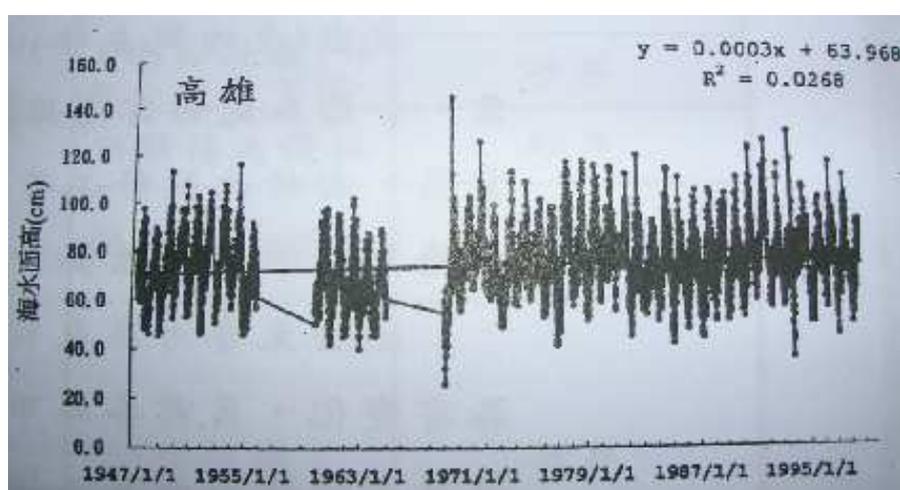
回到台灣的海水面研究，哪種研究方法較受比較多學者採用呢？依筆者收集到的文獻，可以說絕大多數都以驗潮資料來掌握海水面的變動，至於地質學方法則相對較少¹²³。對於潮測資料的可信度，中興工程顧問公司(2001)報告認為，台灣目前近 30 個潮位觀測站，除了基隆、高雄及台中有較長時間的觀測資料外，大多數觀測站有設置年代不久或停測等問題¹²⁴，使得要確認海水面的變化量有其困難性，但基本上海水面變動的趨勢則是大致確認的，即東岸海水面下降，西岸

¹²² 關於 Galison(1997)的分析，詳見該書第 9 章，“The Trading Zone: Coordinating Action and Belief”。

¹²³ 像施學銘(1995)寫道：根據前人潮位分析的結果(施學銘，1995)，及地質紀錄而推論(劉平妹等人，1990)，大體而言，平均海水面於東部海岸相對下降，於西部海岸則緩慢上昇或保持穩定。從這段文字可見到主要指標為驗潮資料。就筆者目前收集的文獻，施提到的劉平妹等人(1990)算是少數從地質學角度探討的資料。

¹²⁴ 台灣潮汐觀測從日治時期即已開始，然而這些資料均已散失。自國民政府來台後，中央氣象局、台灣省土地資源開發委員會水文氣象觀測隊、台灣省水利局、台灣省港灣技術研究所、中國石油公司等先後參與潮汐觀測的工作。然而當時潮汐資料乃列為機密，直到 1990 年 3 月國防部宣布潮汐資料解密後，中央氣象局始得以將資料進行建檔工作。但因有些資料遭蟲蛀、或因字跡模糊、或因站址遷移、或因管理單位變更、或因儀器出狀況等多重因素，導致許多資料缺漏無法彌補。參考劉文俊，《台灣的潮汐》，p.1。

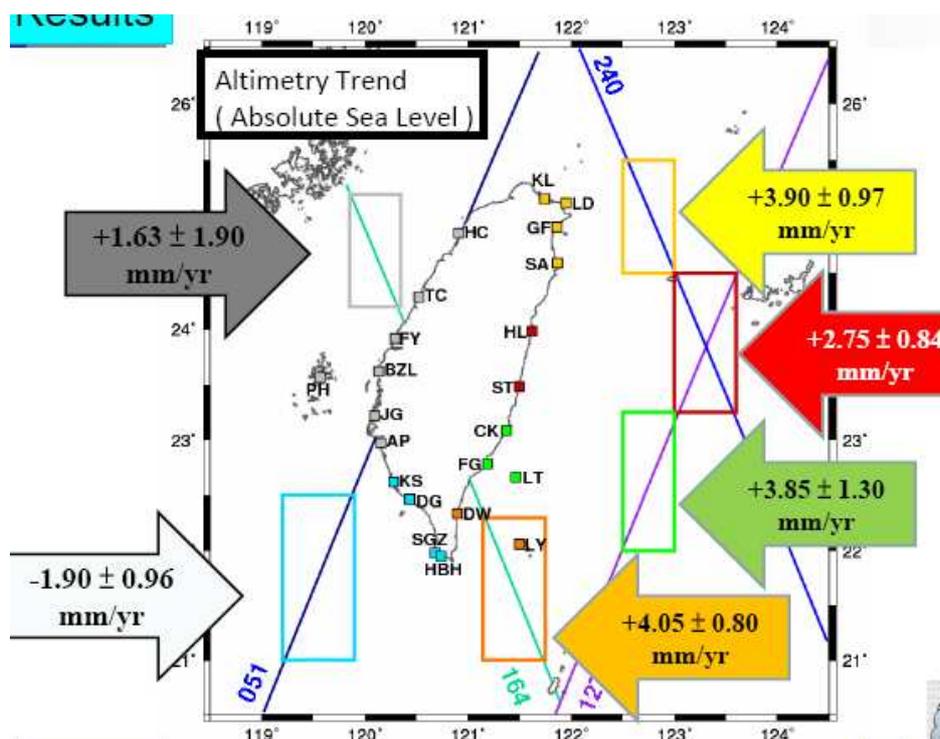
上升。此報告的結論與施學銘(1995)一致。總而言之，過去的驗潮資料雖存有許多缺陷，可是它仍被視為可以「修正」與「利用」的資料。[圖十五]為劉啓清(2000)和曾于恆(2008)統計高雄驗潮站後，所做出的海水面變化圖。劉啓清的專長是大地測量，曾于恆則是氣候模式，從兩人的專長背景，也不難想見會選擇有利數值計算的驗潮資料。可以說，台灣主要的海水面研究，掌握的研究對象是「數值」意義下的海水面。就這點上，台灣學界的發展途徑似乎與「電腦模式派」相近，但國內學界基於現有的學術資源，並無法將驗潮資料與電腦模式做結合，致使各方學者在探討海水面時，沒能像第三章的 Woodworth 那樣直接從電腦模式裡調出各式資料來(海水表面溫度、氣壓等)，因此如果將「科學風格」視為可成長茁壯的生命體，那台灣還處於較早期的階段。



[圖十六]：上圖為劉啓清(2000)報告呈現的資料，下圖則為曾于恆(2008)。

面對台灣學界對驗潮資料普遍持接受態度，不知 Mörner 會如何看待呢？Mörner 對驗潮資料是相當保留的，他認為每個地方取得的數據都有不同意義，必須經過地質學解釋才可以。即便 Mörner 的研究同樣遭致地質學界的批評，可是從學者的爭議中，縱使沒法馬上斷定馬爾地夫近年來的海水面究竟是升是降，但是這爭議突顯出研究方法的差異，本身就具有積極意義。由於爭議的產生，使得各種方法得以受到檢視，連帶的也讓學者在研究馬爾地夫的海水面變動時，需

要顧及更多的因素，像是珊瑚礁岩增生墊高、印度洋的季風強度等。原本被視為了結(closure)的問題，無疑需要投入更多研究，且將更多面向考慮進來。論及科學知識時，Wynne (1992, 2007)主張徹底的不確定性(radical uncertainty)，他認為科技專家知識皆有其限度，但因專業知識掌握了有效知識的權威性，因此能設定問題的框架，使得許多討論集中於「後端(back-end)」，而沒機會探問「前端(front-end)」的預設問題¹²⁵。馬爾地夫海水面的研究正有類似情況，由於 IPCC 報告的重要性，加上當地政府積極推動因應海平面上升的政策，致使許多討論是在處理「後端」問題(像如何因應海平面上升)，而較少觸及「前端」的問題。



[圖十七]：圖片取自曾于恆(2008)。從圖中可見到，台灣四周除了西南部海水面呈下降趨勢，其他地方都在上升。

循著 Wynne 提出的「前端」問題，如果我們改以地質學的角度看，又會得到什麼不一樣的景像呢？首先，關於海水面的問題已經不再是如何修正複雜的驗潮資料，而可以是先看各站的地質情況與歷史脈絡。舉例來說，施學銘(1995)談及驗潮資料時提到，雲林台西及台東富岡的海水面分別呈快速上升及下降，前者是因超抽地下水造成地層下陷，後者則與海岸山脈隆起有關；從地質學角度看，不同的問題就被呈現出來，這不是說偏重「數值」的方法不談地質因素，而是比重有別。我們可以再看曾于恆(2008)的例子，如前所述，曾也是以「數值」方法

¹²⁵ Wynne 提出的「前端(front-end)」與「後端(back-end)」之概念，簡單說「前端」問題即是探問各種學科的研究預設、背後的價值取向、利益考量等；而「後端」問題則是特定學科、學術團體定義好問題架構，其後所需討論的問題。以基因改糧作物為例，其「前端」問題可以是問為何要種基改作物？基改作物對生態可能的影響？基改企業是否會壟斷種子所有權？而從「後端」提問的話，問題可能轉變為如何讓基改作物有效生長等，而較少觸及前端的問題。

進行研究的學者，他比較台灣與中國沿海的驗潮資料後，得出了台灣周圍沿海海水水面變動的趨勢，有趣的是，台灣周圍的海水面變動差異頗大，東部與西北部呈上升趨勢¹²⁶，西南一帶則是呈現每年 1.19 毫米的速度下降[參考圖十六]。然而西南沿海雖呈下降趨勢，高雄海水面近十年來卻以每年 6.79 毫米的速度上升，這可能反映了當地地層下陷的問題¹²⁷。是以本來應該不用擔心海水面上升威脅的地區，竟依然擺脫不了淹水的陰影，這顯示出當我們把目光集中在「海水面上升」的威脅時，也該重視其他的因素，只有將問題複雜化，才能更細膩地解釋我們遭遇到的現象。

(2) 常民的參與

如同前引 Wynne 所說的，科學知識都存在不確定性及界線，因此碰上像全球氣候變遷這種相當複雜的議題時，應該讓民眾有更多管道參與討論。Funtowicz & Ravetz(1992)也提出頗為一致的看法：

The quality assessment of the scientific materials in such circumstances cannot be left to the experts themselves; in the face of such uncertainties, they too are amateurs. Hence there must be an *extended peer community*, and they will use *extended facts*, which include even anecdotal evidence and statistics gathered by a community.

雖然在氣候變遷議題上，常可見到讓民眾參與的聲音，可是這種參與能到什麼程度？是否可能提供新的科學知識？陳世榮(2007：23)認為，「民眾要求科學研究重視在地知識與關懷，卻不能取代科學家進行知識生產，在地關聯性研究的實質內容仍需科學社群的經營」。對於陳的看法，筆者大致同意，畢竟在現代學術制度與科學發展下，一般人很難投入科學知識的生產，可是這不表示「常民知識」沒有發展的機會。如本章第一節末所分析的，事實上有許多常民的經驗，能為氣候變遷研究做出貢獻，好比長期從事耕作的農業人員，他們對氣候、環境變遷的感覺就相當敏銳，如果能提供適當的知識與器材，或許有機會發展出新的科學知識。從「科學風格」的角度，常民與專家的差別就在於，專家能用「研究方法」掌握「研究對象」、生產出有意義的科學知識，而常民則沒法將其生活經驗、感知，轉變為符合學術要求的論文型式。因此如何將常民的經驗轉化為更具體的知

¹²⁶ 曾于恆(2008)的數據顯示東海岸海水面呈上升的趨勢，這點與前文多數學者認為「東岸海水面下降」的觀察不同。由於花東海岸受板塊擠壓不斷抬升，究竟地殼運動與當地海水面升降之情況如何，還有待進一步對照。

¹²⁷ 曾于恆指出，高雄海水面不深反降突顯了當地地層下陷的問題，見中國時報，2008/8/26，〈台灣海平面上升速率 全球一·四倍〉。誠然，許多從驗潮資料出發的學者也會注意到地質現象的影響，可是在此筆者想強調的是側重程度的多寡，不可否認許多研究實際上不能簡化為單一的研究方法。

識，值得做進一步的研究。

除了農業人員，漁民也是常民知識的好例子。在第三章介紹 Mörner 論文時，曾提到 Mörner 引述當地漁民說法來印證海水面下降之趨勢，雖然引漁民的經驗為證並無法說服其他科學家，可這正突顯了不同學科對資料判準的問題。由於科學家已預設了符合其學科訓練的資料要求，例如地質學家的資料需要詳細的勘查地點說明、指標可信度、定年方法等，使其看到像漁民經驗這類資料時，並無法安排一個合適的地方安置、收編成知識，故只能將漁民經驗當成軼聞或難以確認之事(這是 Mörner 論文回應人的普遍態度)。

是以馬爾地夫海水面爭議裡，對漁民態度持保留的科學家，也可以說是無法跳出自己的學科訓練，來理解不同的知識生產方式(此處指常民知識)。以下舉一則台灣漁民關於氣候變遷感知的新聞，以茲說明：

基隆市外海已經有二、三年沒有烏魚漁訊，94 年底曾有南方澳漁船在基隆外海捕獲約 1 萬 5000 條烏魚，賣了 500 多萬元，造成轟動；95 年有八斗子漁港在基隆外海捕獲一千多條烏魚，數量雖然不如前一年，漁民仍然樂開懷。

另外，這幾天寒流來襲，漁船在瑞芳鎮員山子分洪道出海口外海域，發現白鯧魚群，紛紛下網滿載而歸，大賣了幾百萬元。

對於基隆外海這幾年出現白鯧魚群，漁民覺得跟氣候變遷有關係，因為以前白鯧魚都是在台灣海峽到浙江外海之間海域捕獲，不會越過富貴角...¹²⁸

這則新聞裡，可見到漁民對特定魚種的分布、出現時期有相當敏銳地感受。像烏魚長期以來即是漁民的重要目標，幾百年下來台灣漁民早已對烏魚這個「對象」累積了相當豐富的經驗¹²⁹。而引文中提到的白鯧魚，漁民也很清楚牠們平常的分布範圍，因此當以往在台灣海峽出沒的白鯧魚越過富貴角，可能就是氣候狀況出現改變。進一步說，漁民也有其掌握「對象」的「方法」，這些「方法」可以是傳承下來的捕漁經驗，讓他們對魚群的活動有比常人更深入的了解，只是因為不合於目前學術建制的定義，使得此類知識易被忽視、或無足輕重，稱不上是「研究」¹³⁰。

¹²⁸ 此處引文摘自聯合報，2008/12/27，〈寒流到漁民笑 烏魚白鯧滿載〉。

¹²⁹ 據曹永和研究，早在明朝中葉以後，每到冬季中國沿海漁民就會聚集到台灣以捕烏魚。由於烏魚是相當高經濟價值的漁貨，荷蘭人來台後亦開徵「烏魚稅」。詳見曹永和，〈明代台灣漁業志略〉，收於《台灣早期歷史研究》一書。

¹³⁰ 關於在地經驗與科學研究的結合，在此提供一例作參考。目前國際極區年(International Polar Year, IPY)的研究計畫，就有與在地原住民合作的研究，當地人的知識提供了動物遷徙、天氣

事實上，不同的「研究方法」掌握到的「研究對象」皆有其意義，對氣候學家、地質學家意義可能不那麼重要的「生物指標」(如上文的烏魚、白鯧魚)，在生態學家眼中卻是相當珍貴的。就像中央研究院生物多樣性中心珊瑚礁生態研究室，長期與相關單位合作進行「台灣珊瑚礁總體檢」報告，自 2009 年起，更是廣邀會潛水的平民志工參與，希望讓更多人力投入珊瑚生態的調查¹³¹。既然珊瑚指標能讓一般民眾參與，那前述的農民、漁民應該也有同等的知識生產地位，能對氣候變遷知識帶來不同的資源。有趣的是，全球氣候變遷研究裡相當重要的「聖嬰現象(El Niño)」，最早即是源於南美厄瓜多及秘魯沿海漁民的發現¹³²。

肯定了不同「研究方法」具同等價值後，最後筆者想簡單談談學科間可能出現「不可共量性」的問題，這問題與本文強調培植不同的「科學風格」有密切關係。不同學科、學門(disciplines)因關注的面向不同，彼此間往往欠缺共通的語言，那麼不同學科間的互動是如何可能呢？在國際的全球氣候變遷研究裡，氣候模式顯然是凝聚各學科的重要技術物，但嚴格來說，氣候模式一派只能說是占有重要地位，並不表示它真的能將所有學科統合起來。如何溝通「不可共量性」、或學科間的「不可共量性」能否溝通，還有賴更多的理論與案例分析，以下介紹 STS 學者的洞見作參考。

關於跨界的溝通，Star&Griesemer(1989)提出了「邊界物(boundary objects)」的概念，她們以美國加州柏克萊脊椎動物學博物館內的互動為例，想了解業餘收藏家、職業科學家、行政管理人等來自不同「社會世界(social world)」的人們，是如何溝通合作。這些來自不同背景的群體，對博物館及其目標皆有不同看法，在他們之間存在著不可共量性，可是在不同「社會世界」間，如果能有某些「物品」成爲各方注目的焦點，那這些「物品」就能成爲跨界溝通的橋樑，也就是所謂的「邊界物」。在此段的博物館例子中，Star&Griesemer 舉出了許多不同的「邊界物」，像是動物學博物館本身、美國加州州政府、標本的標準記錄等，都可能是溝通各個社會世界的「邊界物」。這麼多的「邊界物」，意謂著雖然存有某種程度的不可共量，但不同群體間仍是有可觀的溝通存在。在全球氣候變遷研究裡，氣候模式、IPCC 顯然扮演了「邊界物」的角色，可是這還不夠，如何在更多學科、群眾間提供更多研究可能，並且其成果能達到某種程度的跨界，都是未來可以思考的問題。

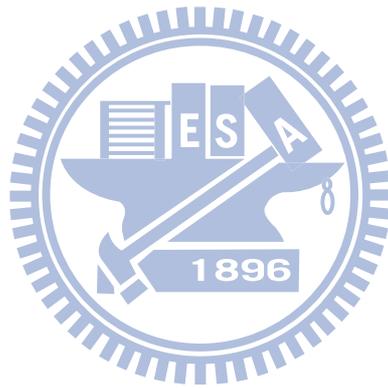
變化、冰原型態等，爲氣候變遷研究提供線索。雖然在地經驗有難以量化的問題，但仍有不少學者與當地住民合作，這種合作模式亦引起當地迴響，甚至有將原住民納入共同作者的論文出現。見吳明進，〈極區研究與全球變遷〉，收於《全球變遷通訊》，2007 年 4 月，53 期。

¹³¹ 見中央社，2009/6/11，〈2009 台灣珊瑚礁總體檢開跑 徵求自費志工〉。

¹³² El Niño 爲西班牙文，英文譯作 Christ Child，一般說法認爲此詞源於南美洲西岸之漁民，由於聖嬰現象多在聖誕節時期發生，故以名之。見中央氣象局「氣象常識」網頁之「聖嬰現象」詞條：<http://www.cwb.gov.tw/V6/education/encyclopedia/me031.html>

第三節 小結

本章以台灣的氣候變遷研究為例，首先檢視「國際合作」的意義，指出所謂的「國際」實由各個「地方」組成，然而現今的「國際合作」乃是由握有較多資源的「地方」推動，致使其他「地方」在參與「國際合作」時出現缺乏主動權的感慨。爲了克服這個問題，筆者提出以各個「地方」的資源與需求、重組合作的可能，並提出了「適當氣候變遷研究」作參考，以期在跟隨所謂的國際趨勢時，能發展不同的研究方法，或說科學風格。透過科學風格的概念，我們得以發現不同時期所側重的方法、以及該風格所形塑的問題框架，這讓我們能夠跳出既有的視角，提出不同的觀察與問題。最後，在氣候變遷研究裡，常民知識還有很大的發展空間，業餘專家、具在地知識的常民都能提供其掌握「對象」的知識，爲科學知識帶入新的元素，這是應當重視的面向。



第五章 結論

第一節、科學風格

回顧科學史，人們總習慣以知名科學家當標籤，為某個時期、某個領域之科學發展做分期，像早期的亞里斯多德，到後來的哥白尼、伽利略、牛頓、拉瓦錫、林奈，直到晚近的愛因斯坦、波耳、海森堡等，都代表了一種新型態科學的出現。這些轉變可以是理論上的，也可以是研究方法等實作的轉變。就像傳統生物學與分子生物學最大的差別，就在於後者的研究對象以核酸為焦點，這與前者重視生命體的構造、功能、分布、演化等特點¹³³，非常不同。本文裡筆者挪用 Hacking 論述之「科學風格」，希望從「研究方法」與「研究對象」來掌握全球氣候變遷研究，就是較著眼於「做」的面向。

透過本文第二章的分析，我們可以見到面對地球系統如此複雜的研究對象，沒有一套相應的技術，科學家恐怕也無法進行這麼大型複雜的研究，而電子計算機與氣候模式的出現正適時推進了相關領域的發展。由於這個歷史機緣，讓氣候科學領域取得先機，成爲了氣候變遷研究的重要推手之一，日後這股力量更與其他環境保護議題結合，成功讓氣候變遷議題成爲公眾關注的焦點¹³⁴。對於科學網絡擴張，STS 的「行動者網絡理論(Actor-Network Theory, ANT)」是常見的分析架構，ANT 理論視人類和「非人(non-human)」皆是有影響力的行動者，在網絡中不同行動者會彼此結盟，將不利的行動者轉化爲盟友，並將對手的網絡排除、甚至是瓦解掉；因此科技網絡的擴張，可以視爲許多行動者組成的網絡彼此間能相互配合，共同行動¹³⁵。從 ANT 理論的角度看全球氣候變遷研究，也可以視爲相關科學社群、計算機器、氣候模式、環境議題等諸多行動者相互結盟，網絡得以擴張的結果。

ANT 理論的優點，在於能細膩地描述科學網絡擴張的經過，呈現出科學家與相關行動者的關係。就像 Latour(2005)對巴士德(Louis Pasteur)的分析那樣，ANT 理論會著眼於巴士德如何在實驗室裡與細菌建立結盟，將細菌弱化轉變爲疫苗，再把其成果推廣到實驗室以外的場合，建立起一套新的醫學與公共衛生網絡。ANT 理論能很好地描述科學網絡的擴張，不過筆者認爲該理論固然能把握住研究網絡的變遷，但對於某一時期某些領域的科學發展具有什麼特色，則無法提供那麼鮮明的圖像；畢竟 ANT 理論關注的是各個行動者間的結盟、動員，而較不是去掌握特定學群有何特殊之處。進一步說，ANT 理論能描述出不同勢力

¹³³ 生物學的發展也是相當複雜的問題，此處是從傳統生物學與分子生物學明顯的差別略述。關於傳統生物學側重的面向，參考 wiki 詞條[Biology]。

¹³⁴ 1981 年美國有統計指出，超過三分之一的美國成年人聲稱其聽過「溫室效應」，而幾近三分之二的人認爲溫室氣體持續增加會帶來威脅。見 Weart(2003:117)。

¹³⁵ 關於「行動者網絡理論」，可進一步參考 Sismondo(2007:116-131)的介紹。

間的競逐，可是各個勢力長於什麼方法、有何結盟策略，這種差異則不容易被呈現出來。

有鑑於此，本文改以「科學風格」為理論架構，試圖掌握全球氣候變遷研究的風格特色，並以馬爾地夫海水面升降的爭議作切入點，以科學風格的差異來突顯各方在掌握研究對象的不同方式。然而必須說明的是，「風格」一詞在人文藝術領域已被廣泛使用，因此將之應用到科學研究時，容易讓人聯想到不同脈絡下的「風格」討論，就連 Hacking 本人也頗遺憾使用「風格」這詞(Hacking 2009: 17-20)。本文並不就此多做評述，因為筆者感興趣的是不同科學社群、不同研究者所採取的「研究方法」，以及其掌握到的「研究對象」，是以本文的重心也放在爭議各方的研究途徑，藉由差異之比較為相關爭議提供不同思考面向。

為了分析之便，本文初步以「維納斯風格」與「戰神風格」這兩種簡單的二分法著手，為馬爾地夫海水面爭議的雙方做標誌；當然，這絕不是說單靠兩種風格就能囊括所有特質，簡單區分僅是為了初步掌握各方的特色而已。藉由比對爭議雙方的論文，筆者希望指出部份氣候科學相關社群及 IPCC，都相當倚賴「氣候模式」進行研究、評估，而也正因為有這樣的模式功能，使得許多複雜的自然系統能統整為「地球系統」科學。可以說，正是透過電腦模式的整合，原本分屬不同學科的研究才得以合併起來(如大氣科學與海洋科學合作出「海氣耦合模式」)，原本分散各地的觀測資料才得以成為具「全球」意義的數據，而除了電腦模式的幫助，相關科學社群積極合作結盟也產生了不少影響力；基於這種開放、聯合的特質，本文以「維納斯風格」稱之。

但如前文分析所指出的，地球系統畢竟是極其複雜的研究對象，即便像「氣候模式」能整合較多的資料，現階段也不敢斷言未來的氣候變遷趨勢，至多是提供可能性的評估。因此筆者將馬爾地夫海水面爭議裡 Mörrer 的研究方法做進一步發揮，從其強調的「在地性」出發，重新思考現行的「全球研究合作」是什麼、「全球氣候變遷研究」又是怎麼進行的，更重要的是，我們是否能有不同的科學知識生產方式。這些都是相當複雜的問題，筆者並不奢望一本碩士論文即能為上述問題提出一個明確的參考方向，不過經由「科學風格」的分析，筆者認為「適當氣候變遷研究」是值得國內學界注意的。「適當科技」強調在地性、可持續性、不偏好大型複雜且昂貴的技術，對於氣候變遷研究這種需要長期經營的科學，是相當值得參考的。

「科學風格」能讓我們省思目前主流的科學發展是什麼，避免一味地追逐所謂的「國際趨勢」。回顧科學史，不同時期總是會產生不同的研究方法、研究風格，這些研究更會因不同的社會脈絡而異。將這些不同的研究方法拿來比較，有助於我們了解科學爭議之癥結所在，也能讓我們思索不同的研究可能性。

第二節、研究檢討與展望

以下將針對本研究做些檢討，並提出未來或可發展的研究方向。關於檢討部份，由於這是筆者初步處理全球氣候變遷議題，因此只能先以簡易的分析架構出發(即「維納斯」與「戰神」兩種風格)，試圖在馬爾地夫海水面升降爭議的例子裡，捕捉到全球氣候變遷研究的一些特點。眾所周知，氣候變遷是跨領域、相當複雜的科學，即使是從事氣候變遷研究的科學家亦深感地球系統之複雜，因此筆者在分析時常擔心會有過度簡化之嫌，或是捕捉的特點不具代表性，種種皆是論文書寫時存在的問題。

「維納斯」與「戰神」風格為本研究提供了初步的分析架構，可是若進一步追問，則會發現許多研究實際上具有更多重的樣貌，像氣候變遷研究學群固然積極發展國際合作，但地質學何嘗不也是有許多國際組織？因此本文以「戰神」風格標誌地質學一派(雖然本文有強調只著眼於 local 的面向)，但嚴格說來其仍具有「維納斯」的社會結盟特質。另外還有的問題是，本文在描述氣候變遷研究社群發展時，提及相關社群試圖跨越國家、意識型態等政治界線，尋求國際合作，從這角度看似乎頗有「維納斯」(國際)超越「戰神」(國家、意識型態)限制的味，但這並不意謂著單一國家就無法進行維納斯風格的系統整合研究，這端視該國的科學發展走向為何。以上兩個質問，都反映了「維納斯」與「戰神」風格還有深化的必要，由是才有助於更細緻地描繪科學研究的特色。

除了理論架構需要複雜化，另一個是研究資料的使用問題。本文主體的二、三、四章，所選擇的資料大都是書面文獻，除了 IPCC 報告、馬爾地夫海水面爭議各方的論文，其中不少資料是屬於二手的參考資料。對於資料的侷限固然有實際上的困難，像筆者無法親赴國外取得第一手文獻，而僅能有賴於相關學者的研究成果，這樣的缺憾可能導致本文難以深入瞭解某些研究發展的細節，包括了 IPCC 成立前各項會議、組織運作如何進行，以及國際大型研究的實際合作情況。此外到了本文第四章，筆者有機會和台大大氣科學系許晃雄教授訪談，更深刻體會到書面資料之外，科學研究背後存在的諸多力量是不會見於一般檔案文獻的，這包括了學科間的差異、學術資源的分配、科學家所持的立場等等。是以如果能進一步以人類學田野調查的方式進入科學研究場域，了解科學知識的生產過程、科學家間的溝通協商、甚至是理解科學家懷抱的信念，以及科學與社會互動的微妙過程，必然能帶出更多豐富的研究成果，這是筆者在訪談後對本文研究方法反省的一點感觸。試想，假使筆者有機會前往馬爾地夫，親身了解科學家們實際研究海水面的經過，那又會得出什麼樣的圖像呢？

以上針對研究方法做檢討，接下來筆者想談談於研究過程中，個人覺得有趣且值得發展的問題，分別是跨學科整合與常民參與兩個面向。關於跨學科整合，

這不僅是地球系統科學努力邁進的目標，在其他自然科學、人文科學領域，也被視為重要的議題。然而問題就在於，不同背景的學者該如何溝通呢？在氣候變遷研究裡，大氣科學家與海洋科學家合作了解彼此的語言，並發展了「海氣耦合模式」以進行統整研究，為氣候變遷研究跨學科合作提供了一個例子。究竟科學家們是如何理解不同學科的工作、並能跨越學科間的界線一同共事？這中間各方形成了什麼共通的語言、或說研究基礎，以及合作中間又有哪些東西被排除掉了，都值得進一步的探索。

科學界的跨領域整合尚需更多的研究，如何讓常民參與亦是一大問題。許晃雄(2009)教授在回應筆者關於常民知識的問題時，提出了有趣的觀察，包括了常民知識的重要性及跨界合作的困難：

筆者：不知道在台灣，老師是否注意到有可以跟在地經驗相結合的研究？
好比說像漁民、農民的生活經驗。

許：其實是應該要的啦。其實這個不只是跨領域了，這還跨了某種文化的隔閡，所謂科學、知識階級的文化，跟那種日常生活他們的文化，你怎麼去跟人家溝通，這是很大的問題。科學研究我們會講究證據嘛，可是一般人認為說，今天發生這個事情，然後看到什麼事情發生，所以兩者之間一定有關係。...所以落實到人民生活的時候，因果關係很難拿捏。但是這種所謂的常民文化調查，我覺得是需要做的。如果你要把這個弄好，在氣候變遷裡面是需要有這個關懷。

從談話中間，筆者注意到有別於馬爾地夫海水面升降爭議裡，不少學者視漁民經驗為軼聞，許教授對常民經驗是相當重視的，並舉了芒果果農的例子，說明氣象學家應該要能與在地農民做結合。與常民經驗結合立意雖然好，可是實際上卻有溝通對話的困難，這牽涉到了雙方間的隔閡，從科學知識生產的角度看，更觸及了「專家知識」與「常民知識」如何溝通的問題。在本文第四章曾提及，已有從事極區研究的科學家與當地居民合作研究，其互動方式值得台灣做參考。專家知識如何與常民知識會通，是可以繼續深入的問題。

總結來說，不同學科、不同研究者都有其掌握研究對象的方式，如果把這些方法從較寬闊的時空尺度看，就會發現各個學群具有形形色色的風格差異。嚴格說來，生產科學知識的研究方法並沒有先天的優劣標準，研究方法之形成與各個學科關懷的面向、其研究發展的脈絡息息相關。因此透過「科學風格」，不只讓我們意識到所身處時代具有什麼科學特色，更有助於我們思考不同科學知識生產的可能。

參考文獻

中文部份

- 孔恩(Kuhn, Thomas S.)，2005，《科學革命的結構》，程樹德、傅大為、王道還、錢永祥譯。台北：遠流出版社。
- 史蒂文·謝平(Shapin, Steven)、賽門·夏佛(Schaffer, Simon)，2006，《利維坦與空氣泵浦：霍布斯、波以耳與實驗生活》，蔡佩君譯。台北：行人出版社。
- 尼科·斯特爾、漢斯·馮·斯多赫，2005，《氣候·天氣與人類》，李理譯。台中：晨星出版。
- 吳明進，2007，〈極區研究與全球變遷〉，《全球變遷通訊》，第 53 期。
- 希斯蒙都(Sisimondo, Sergio)，2007，《科學與技術研究導論》。林宗德譯。台北：群學。
- 拉圖(Latour, Bruno)，2005，《科學在行動：怎樣在社會中跟隨科學家和工程師》，劉文旋等譯。北京：東方出版社。
- ，1983，〈給我一個實驗室，我將舉起全世界〉，林宗德譯。收於《科技渴望社會》。台北：群學出版社。
- 林宜平、張武修，2006，〈行動電話的健康風險管理與溝通：預警架構的政策應用〉，《研考雙月刊》，30 卷 2 期。
- 柳中明，1994，〈「全球變遷研究」剖析與國內研究困境〉，《全球變遷通訊雜誌》，第 1 期。
- ，2005，〈令人恐懼的科學手段？〉，《科學人》，2005 年 8 月號。
- 柳中明、林文澤，2002，〈國外著名全球氣候變遷整合模式的發展狀況與願景〉，《全球變遷通訊》，第 35 期。
- 洪致文，2007，《台灣氣象傳奇》。台北：玉山社。
- 徐嘉君、林淑華，2008，〈全球氣候變遷模式推估與情境模擬簡介〉，《林業研究通訊》，Vol.15 No. 2。
- 陳世榮，2007，〈探究環境治理中的知識溝通：台灣氣候變遷研究的網絡分析〉，《公共行政學報》，第二十五期，頁 1-30。
- 陳民本、許晃雄，1998，〈國際氣候研究院(IRICP)訪問報告〉。此為台大圖書館收藏之教師著作文獻。
- 陳明德，2005，〈探索氣候變遷的奧秘〉，《科學人》，2005 年 12 月號。
- 陳信行，2003，〈從適當科技運動角訴看 921 震後協力造屋運動〉。收於《科技、文化與家：潭南協力造屋之省思研討會論文集》，頁 84-105。高雄：國立科學工藝博物館。
- 曹永和，2000，〈明代台灣漁業志略〉，《台灣早期歷史研究》。台北：聯經。
- 傅大為，1992，〈「政治性」的科學哲學〉，《異時空裡的知識追逐—科學史與科學哲學論文集》。台北：東大圖書公司。
- ，1997，〈科學分類、武器、與 Hacking 的實驗哲學〉。

曾中一，1997，《氣象資料同化》。台北：渤海堂。

葛羅斯曼(Grossman, Daniel)，〈全球暖化的異議份子－行徑特異的氣象學家堅稱全球暖化現象不是問題〉，《科學人》，2003年6月號、

福柯(Foucault, Michel)，1999，《必須保衛社會》。上海：上海人民出版社。

蓋爾·克里斯欽森，2006，《發燒地球200年》，達娃譯。台北：野人文化出版

趙丰，2005，〈海平面，你隱藏了多少秘密〉，《科學人》，2008年5月號。

蔡清彥、柯文雄、許武榮，1990，《數值天氣預報》。台北：聯經出版事業公司。

劉康克，1994，〈全球變遷研究規畫〉，《全球變遷通訊雜誌》，第1期。

劉文俊，1999，《台灣的潮汐》第二版。此書為作者自行出版。

賴沅輝，2005，《新興科技發展中的民主與治理》。台北：韋伯。

簡好儒(2008)，〈「不願面對的真相」影評〉，《科技、醫療與社會》，第6期，頁231-239。

魏國彥、許晃雄，1997，《全球環境變遷導論》。台灣大學全球變遷研究中心。

英文部份

- Anderson, R. Warren. *Fire and Ice.*, in www.BusinessandMedia.org , 2006.
- Bolin, Bert. *A History of the Science and Politics of Climate Change – The Role of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. New York: Cambridge University Press, 2007.
- Callon, Michel. “Some Elements of a Sociology of Translation: Domestication of the Scallops and the Fishermen of St. Brieuc Bay.” In *Power, Action and Belief*, ed. J. Law, pp.196-233. London: Routledge and Kegan Paul, 1986.
- Carolan, Michael S. “Democratizing Knowledge: Sustainable and Conventional Agricultural Field Days as Divergent Democratic Forms”. In *Science, Technology & Human Values*, 33(4), pp.508-528, 2008.
- Chapman, Sydney. *IGY : Year of Discovery*. The University of Michigan, 1959.
- Edwards, Paul N. “Global Climate Science, Uncertainty and Politics: Data-laden Models, Model-filtered Data”. *Science as Culture*, Volume 8, Number 4, 1999.
- “A Brief History of Atmospheric General Circulation Modeling,” In *General Circulation Model Development, Past Present and Future: The Proceedings of a Symposium in Honor of Akio Arakawa*. eds. David A, Randal. New York: Academic Press, 2000.
- “The World in a Machine: Origins and Impacts of Early Computerized Global Systems Models.” In *Systems, Experts, and Computers: The Systems Approach in Management and Engineering, World War II and After*, eds. Thomas P. Hughes and Agatha C. Hughes. Cambridge, MA: MIT Press, 2000.
- Funtwoicz, Silvio O & Ravetz, Jerome R. "Three Types of Risk assessment and the Emergence of Post Normal Science". In *Social Theories of Risk*, edited by S.

- Krimsky & D. Golding, 251-74. New York: Praeger, 1992.
- Galison, Peter. *Image and Logic: A Material Culture of Microphysics*. Chicago: University of Chicago Press, 1997.
- Hacking, Ian. "On The Historical Roots of Scientific Reason." a lecture at STS workshop in Taiwan, 2007.
- "The Laboratory Style of Thinking and Doing." a lecture at STS workshop in Taiwan, 2007.
- Scientific Reason*. Taipei: National Taiwan University Press, 2009.
- Harper, Kristine C. *Weather by the Numbers – The Genesis of Modern Meteorology*. The MIT Press, 2008.
- Jäger, Jill & O’Riordan, Tim. "The History of Climate Change Science and Politics." In *Politics and Climate Change: A European Perspective*, edited by Tim O’Riordan and Jill Jäger. New York: Routledge, 1996.
- Latour, Bruno & Steve Woolgar. *Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1979.
- Latour, Bruno. *War of the worlds: what about peace?*. Chicago: Prickly Paradigm Press, 2002.
- Leroux, Marcel. *Global Warming – Myth or Reality?: The Erring Ways of Climatology*. New York: Springer, 2005.
- Martin, B. & Richards, E. "Scientific Knowledge, Controversy, and Public Decision Making". In S. Jasanoff, G. Markle, J. Petersen, and T. Pinch (eds.) *Handbook of Science and Technology Studies*. London: Sage. pp. 506-525, 1995.
- Miller, Clark A., "Scientific Internationalism in American Foreign Policy: The Case of Meteorology, 1947-1958," In *Changing the Atmosphere: Expert Knowledge and Environmental Governance*, ed. Clark A. Miller and Paul N. Edwards. Cambridge, Mass: MIT Press, 2001.
- Serres, Michel. *Michel Serres talks to Francois-Bernard Huyghe*. an interview with Michel Serres, 1993.
- The Natural Contract*. The University of Michigan Press, 1995.
- The Birth of Physics*. Manchester: Clinamen Press, 2000.
- Star, Susan Leigh & James R. Griesemer. "Institutional ecology, 'translations' and 'grens'-objects: Amateurs and professionals in Berkeley’s Museum of Vertebrate Zoology 1907-1939". *Social Studies of Science*, 19, pp. 387-420, 1989.
- Weart, Spencer. R. *The Discovery of Global Warming*. Cambridge: Harvard University Press, 2003.
- "General Circulation Models of Climate." in <http://www.aip.org/history/climate/GCM.htm>
- Wynne, Brian. "Misunderstood Misunderstanding: Social Identities and Public Uptake

- of Science”. *Public Understanding of Science* 1:281-304, 1992.
- “May the Sheep Safely Graze? A Reflexive View of the Expert-Lay Knowledge Divide”. In *Risk, Environment and Modernity: Towards a New Ecology*, London: Sage. pp. 44–83, 1996.
- 〈風險社會、不確定性和科學民主化：STS 的未來〉。《科技、醫療與社會》，第五期，頁 15-42，2007。

科學文獻

- 中興工程顧問有限公司，2001，《氣候變遷海平面上升對我國之衝擊評估與適應策略》。行政院環境保護署。
- 施學銘，1995，〈全球變遷對海岸環境的影響與適應策略-海水面升、暴潮及海岸變遷〉，收於《氣候變遷適應策略之初步整合研討會論文集》。台北：台大全球變遷中心，頁 93-110。
- 紀文榮，2003，〈地質學的研究方法〉，收於《地質學淺論》。資料出處：
<http://www.bamboo.hc.edu.tw/~sts/course-2003/course/textbook/text05/>
- 陳泮勤主編，2004，《地球系統碳循環》。北京：科學出版社。
- 曾于恆，2008，簡報可見於：<http://hsu.as.ntu.edu.tw/workshop2008/007.pdf>
- 郭金棟、蔡丁貴、簡仲和、陳文俊，1997，《氣候變遷對台灣海平面上升及海岸地形之影響》。環保署計畫報告，EPA-86-FA41-09-79。
- 劉啓清，2000，《台灣地區驗潮站及高程基準網之監測及計算工作》。內政部委託專題研究計劃 88 年度研究成果報告。
- Allen, Myles, 2005, “A Novel View of Global Warming”, in *Nature* VOL 433.
- Bianchi, C.N., Colantoni, P., Geister, J., Morris, C., 1997, “Reef geomorphology, sediments and ecological zonation at Felidu atoll, Maldives Islands(Indian Ocean)”, *Proc. 8th International Coral Reef Symposium, Panama., vol. 1,* pp.431-436.
- IPCC, 2007, *Climate Change 2007: The Physical Science Basis.*
- Kench, P.S., Nichol, S.L., McLean R.F., 2005, “Comment on “New Perspectives for the Future of the Maldives” by Mörner, N.A., et al.”, in *Global and Planetary Change* 47, pp.67- 69.
- Mörner, N.-A., Tooley, M., Possnert, Goran, 2004, “New Perspectives for the Future of the Maldives”, in *Global and Planetary Change* 40, pp.177- 182.
- Mörner, N.-A., Tooley, M., 2005, “Reply to the comment of P.S. Kench et al. on “New Perspectives for the Future of the Maldives” by Mörner, N.A., et al.”, in *Global and Planetary Change* 47, pp.70- 71.
- Mörner, N.-A., 2007, “The Greatest Lie Ever Told”, 此為 Mörner 自行印製的冊子
- Mörner, N.-A., 2007, “Claim that Sea Level is Rising is a Total Fraud”, 資料網頁：

<http://www.mitosyfraudes.org/Calen7/MornerEng.html>

Woodworth, Philip L. , 2005, “Have There been Large recent sea level changes in the Maldive Islands?”, in *Global and Planetary Change* 49, pp.1-18.

訪談檔案

許晃雄訪談資料。訪談時間：2009/7/15，下午 2:30-3:30。訪談人：林孟賢。訪談地點：台灣大學大氣科學系許晃雄教授研究室。

范光龍訪談資料。國立教育廣播電台 2009/6/14 於「自然筆記」節目裡，與台大海洋研究所范光龍教授進行訪談。檔案來自於該電台網頁，又該檔案線上收聽期限至 2009/8/12 截止。

報刊資料

NowNews，2009/3/19，〈全球最快 台灣海平面 10 年上升超過 3 公分〉。

中央社，2008/5/26，〈新研究驗證氣候變遷預測 全球暖化確有其事〉。

中國時報，2008/2/12，〈氣候變遷影響蝴蝶生態 日本青斑蝶 16 天飛抵蘭嶼〉。

中廣新聞網，2007/11/30，〈嘉義淡水多低溫 專書解密 關鍵是觀測站的位置〉。

台灣環境資訊中心，2007/4/19，〈中國可能提前成爲溫室氣體第一大排放國〉。

台灣環境資訊中心，2008/3/15，〈全球暖化廢氣成新金塊 碳交易造就新億萬富翁〉。

台灣環境資訊中心，〈2008 年全球清潔發展機制現況檢視〉。

知識通訊評論，2007/9/1，〈風暴世界：颶風、政治和全球暖化的戰爭〉書評，資料出處：<http://k-review.com.tw/2007/09/01/581/>

華夏經緯網，2007/11/29，〈核武器依舊是威脅人類生存的揮之不去的夢魘〉。

國科會會計室網頁，2007/1/15，〈2007 年美國政府的自然科學預算〉。

蘋果日報，2009/5/18，〈馬爾地夫「長高」49 公分〉。

The Economic Times，2009/5/18，“Experts: Maldives may last beyond this century”。