

## 知識溝通與環境治理：氣候變遷研究的網絡分析

陳世榮

中國文化大學行政管理學系助理教授

### 摘要

晚近國際社會對於環境治理與永續工作提出重新檢視知識系統的呼籲，這主要是體認到解決全球性環境課題，必須著重地方知識生產、傳播與運用的效能，方能使在地回應機制永續經營。然而想要觀察知識系統效能，首先就必須正視環境相關科學研究的核心地位，它既是環境意識的源起，也是環境治理的基礎。本文特別就國際間逐漸浮現的「永續科學」內涵，加以整理爬梳，徵別其可信度、關鍵性與正當性等特性，表明唯有在地科學研究發揮溝通、轉譯與調解功能，科學研究與在地知識方能綿密連結，落實環境治理與永續發展規劃。而從永續科學的形成背景中也發現，它不僅重新詮釋了科學在環境治理中的角色，也提供了衡量科研整備的另類判準，顯示以「在地關聯性」進行評估的必要，本文乃以當前全球環境治理最感急迫，但與地方認知較屬疏遠的氣候變遷議題為對象，運用社會網絡分析與語意系絡參照，解析台灣氣候變遷研究的分布與結構，測定我國科研現況服膺永續科學的程度，並徵別出可促進制度回應的橋接性研究議題。此一網絡分析不僅拓展永續科學的概念運用，也為環境治理提供相關科學評估的另類角度與方法。

[關鍵詞]：永續科學、環境治理、在地關聯、氣候變遷，網絡分析

## Knowledge Communication and Environmental Governance: Network Analysis on Climate Change Research

Shih-Jung Chen

### Abstract

In recent years various international organizations and academies call for the re-examination of knowledge system predicated on the recognition that the linkage between knowledge production, diffusion, and application has to be emphasized and enhanced if firm and sustainable local responses are to be realized in dealing with global environmental issues. To reexamine knowledge system, it is science that becomes the focus point. By tracing trends emerged in international community, this study identify the concept of “sustainability science” and its implications, the term so dubbed to underline its role in transformation from knowledge to action through attaining its credibility, saliency, and legitimacy and fulfilling its functions of communication, translation, and mediation. The profound implications of the concept “sustainability science” in fact go far beyond the reinterpretation of the role of science in environmental governance. Sustainability science also offers an analytic criterion to measure the readiness of science production in a given region in terms of its strong emphasis on local relevance. The paper thus takes Taiwan as an example to explore its array and readiness of climate change research, a field that is closely related with the most pressing issues of global environmental governance but somehow remotes to the daily life of the local citizen, well delineating the very argument of “glocalization”. Social Network Analysis and semantic context are used to construct the issue distribution and structure of Taiwan’s climate change research in order to detect its fitness to sustainability science and the feasible intermediary research agendas for supplement. The network analysis not only extends the application of the framework of sustainability science but also offers an alternative perspective and method to evaluate knowledge for environmental governance.

**Keywords:** sustainability science, environmental governance, local relevance, climate change, network analysis

## 壹、前言

晚近國際社會在環境與永續課題上提出對「知識系統」再釐清的呼籲，然而揆諸全球永續發展的推動，科學、技術與工程本來就位居核心地位，又何需重新思考其定位？

國際跨學科非政府研究組織「全球環境變遷人文面向研究」(International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, 以下簡稱 IHDP) 特別在其四個當前橫跨性主題 (crosscutting themes) 中列有「社會學習及知識」一項，其年度報告對知識這一課題提出以下問題意識：「我們如何促進社會學習以有利於促進人文—環境系統的能動性？」(IHDP, 2004: 5) 這一問題意識在於體認，對於像全球環境變遷這樣一個高度抽象與不確定議題進行相關討論有其一定的難度，必須強化科學與社會間的互動轉化作用，也就是去關注如何將科學知識傳遞到其他知識與決策領域。

於此同時，由美國加州大學聖塔芭芭拉分校 O. R. Young 教授所帶領執行的「全球環境變遷制度面向」研究團隊 (Institutional Dimensions of Global Environmental Change, 以下簡稱 IDGEC)，也就「知識與學習」這一課題，在《國際環境協議》(International Environmental Agreements) 期刊上以專刊展現制度與知識生產在環境治理上的研究成果 (Ebbin, 2004)。其主要焦點在表明制度設計與運作對於公民環境意識學習扮演著一定的角色 (IDGEC, 2005: 7-8)，換言之，僅僅有科學研究與評估在推動永續發展上仍有不足，在知識生產傳播的各個環節上，人為機制扮演著重要角色，這些人為機制所構成的環節不但包含個人、官僚、利益團體、地方社區，也包含負責知識生產的科學社群本身。事實上，對於知識功能性的考量已逐漸被國際科學計劃與各國科學計畫所吸納，成為全球環境相關研究一項鮮明的趨勢 (Kates et al, 2001)。知識系統以人類學與社會學視角去觀察一定社會脈絡中的知識形成與影響，著重人為因素對於知識構成與吸納的作用。

不過，在環境科學研究中對於人為因素的複雜性自來瞭解甚深，無論是陸地或水域生態系統，無論是氣候系統或大氣組成，人為因素始終受到高度重視，迄今發現的重要環境議題，諸如森林大量砍伐、全球暖化、商用漁產的崩解、物種多樣性的減少、基因轉殖、臭氧層稀薄、沙漠化等，無不涉及人類對於自然的改

變。那麼重新檢視知識系統的原因何在？知識系統的檢視可以對環境治理與相關科學研究提出何種有意義的指引？下文將指出這波檢討與反省的核心，相當程度是著重在科學知識生產本身，也就是將「在地關聯性」(local relevance) 與科學生產傳播構成連繫，使相關科學研究承擔更多元的責任，本文進一步顯示對科研的重新定位也將開啟對環境科研的另類評估角度，貫穿於這些概念轉向與具體操作之間的正是環境治理中「全球在地化」的課題，而全球環境議題的在地化正足以紮根地方的制度回應。

## 貳、知識系統中的科學角色

首先必須指出的是，這裡所指「知識系統」容易與當前熱門的知識管理系統 (Knowledge Management System) 產生混淆，儘管知識管理系統對知識累積與應用已無可避免地扮演著重要角色，例如我國所建置的「永續發展資訊及知識管理系統」即是，甚至，上述二者對於知識價值開發的重視基本上也有相通之處。然而，從人類學與社會學角度觀察知識構成，知識系統指涉的範疇將更為廣泛，它是指一定社會脈絡中的知識生產、傳播、應用與遞嬗，以及相關的制度化過程。儘管知識系統這一概念架構可以在多大的尺度上加以應用仍有待開拓，但知識系統的內涵也絕非抽象而不可捉摸。B. Holzner 與 J. H. Marx (1979) 曾依據知識社會學，對社會中所存在的知識系統，以五個可以相互重疊的「階段」來說明，亦即建構、組織、儲存、傳播、與應用。知識系統若強調的是知識從建構到應用過程中的擴散與實踐，則從知識系統檢視永續發展工作，雖然再次確認科學在永續發展的核心地位，但其注意力卻已不再侷限於知識內容本身，知識生產、傳播、接納以迄行動發起間的種種連結都成為關注對象。從知識系統的角度看來，知識與實踐應被視為彼此互動的整體，因此知識系統對管理建制 (management regime) 也會產生直接影響，並與獲取 (資源/資訊)、權利、責任、成果、成本、效益、技術、教育、訓練等產生關聯 (King, 2004)。必須注意的是，對知識系統的強調若僅僅是將之理解為科研決策的計畫調整，就容易訴諸管理主義 (Managerialism)，將問題限定在科技管理技術，忽略了這波反省知識角色的內在意涵。

衡量知識在永續與環境工作的角色與效能，實則有其實務經驗與知性發展的背景。就實務經驗而言，自 1992 年「聯合國環境與發展大會」(UNCED) 通

過「21世紀議程」(Agenda 21)以來，全球為致力整合經濟發展與環境保護，無論是已開發或開發中國家，均已相應訂定各自的永續發展策略，歷經十餘年，在地方階層總計已有六千四百多個具體方案在世界不同角落被積極推動。然而整體說來，成果仍難以令人滿意，究其原因，除了一般所理解，基於各國資源與發展差異以致追求永續發展的步調不一之外，在國家層級上的永續發展策略進展都屬有限(Bass and Dalal-Clayton, 2002)。根據聯合國經濟社會事務部(Department of Economic and Social Affairs, UN)(2002)、經濟合作發展組織之發展援助委員會(Development Assistance Committee, OECD)(2001)以及海外發展組織(Oversea Development Institute)(2001)等機構的研究顯示：發展中國家永續發展策略若不是過分依賴外部奧援或壓力，就是與本國主流決策體系脫節(例如經濟計畫或是私部門投資決策)，使得永續策略淪為空談；政策與現實關聯性低，民眾未參與決策思辨，結果缺乏來自政治、市民社會或工商界的有力支持，以致成為規劃者的夢想；研究計畫儘管琳瑯滿目，但缺乏優先性與可行性，各種計畫不斷膨脹的結果既顯示已能掌握問題，但也顯示失焦的弱點，永續策略成為一冊冊「想望清單」(wish list)。其中，頗值得注意的是，上述缺失也源自於永續研究的不足或誤導，以致未能提供適當的優先性或解決方案，也無法引起在地相關人士的興趣，更不能明確的建立策略規劃的執行責任。常見的問題有：資訊更新不足、資料老舊、沒有吸納新穎構想；分析方法未能適用全盤關照，未能通過適切的檢驗、測試與信任；或者現存的知識來源總是參照外來諮商，而不能與本土關懷產生連結，在相關性、利用性與課責性(accountability)低的情況下，科研結果的被信賴度也相對低迷，不能對政策制定產生關鍵性影響。然而，全球環境議題必然需要系統的策略回應，以處理人類—自然關係中所存在的複雜性與不確定性，以及必要的優先選擇與創新開放，於是知識系統所暴露的限制就成為環境治理首要改善的標的。

再就知性發展來看，過去二十年來人文/社會學界對於知識的考察提出了不同以往的理解，這些理解與詮釋源自於對科技的社會學或人類學研究，其主要對象包含通稱的科學、技術、工程與醫學。根據常態性理解，科技不同於人類其他文化資產的地方，在於它有一套辨別知識真偽與效力的經驗原則與邏輯，同時科學也有一整套維持知識客觀與正確的社會機制，科技既然相應於自然真實，因此科技知識本身也是真實而有效的。這種對科學知識可靠、客觀、真確的理解，

在今天眼見盡是科技文明的時代裡，幾乎無法稍加質疑，甚至被強化與制度化。科技不僅被視為一種知識，更成為解決人類各式問題值得信賴的工具，其衍生的權威/信賴、專家/常民關係也成為維繫現代社會專業分工的基礎 (Barnes, 1985)。然而即使是從事科技工作者也都瞭解，人類認知與科學方法有其侷限，科學知識的成熟與穩定仍必須在不斷探索中求取精進，只是科學社群傾向認為在目前已知的範疇內科技已經做到最大合理的經驗支持，歧異與不確定可以在科學社群的反證駁斥中迅速獲得解決。但是相關人文/社會研究卻發現，科學描述是否可稱之為自然真實，其實與理性以外的社會共識有關，一般所認知的科學知識與技術應用其實包含著相當廣泛屬於前沿且不穩定的知識，與足以表述自然真實的核心科學是必須加以區別的，即便是核心知識的範疇與內涵有時也是游移而不穩定的 (Cole, 1995: 14-30)；同時，科技知識在發展至成熟穩定的過渡時間往往也比科學社群所認知的要長許多，在這摸索階段中，一項科技的形成、確證與應用便涉及許多文化、組織、權力、利益、宗教、意識等因素的協商折衝 (Latour, 1987; Callon, 1986; Gieryn, 1999)。以這種建構主義 (Constructionalist) 觀點檢視，科學就不全是如一般所知那般穩定與真確。儘管如此，社會對科技需求並不會停滯、等待，不僅大量資源仍不斷投入科研工作以滿足需求，而且在上述權威/信賴、專家/常民關係架構下，科技也必須進入社會公共領域，成為政策制定與評估的準據，於是形成科學政治化 (politicisation of science) 與政治科學化 (scientification of politics) 的雙元並存現象 (Weingart, 1999)。

舉例而言，學者指出，「氣候敏感度」(climate sensitivity) 這個在二氧化碳排放與氣候變遷關聯上的重要參數，已歷經二十年卻一直保持在 1.5~4.5°C 之間，但是，除了這個以「政府間氣候變遷研究小組」(IPCC) 為首科學社群所認定的共識數值外，其實隨著評估模型的精進與新進資料的累積，早有其他不同數值的出現，何以這個數值可以歷時二十年不變呢？其部分因素在於，隨著 IPCC 各項評估獲得各界認同，也隨著氣候變遷各項協議獲得進展，政策決策者對於科學知識的確定性、一致性與堅實性要求加重，科學界也必須回應予穩定的氣候變遷模擬情境以為決策依據，這種外在的政治性壓力無形中對科學社群構成壓力，使得審查同行 (peer reviewer)、模擬科學家以及科學顧問對於新數值都寧願抱持審慎保守的態度，使得氣候敏感度維持在一定的穩定區間，從社會過程中理解，氣候敏感度發揮著猶如「定錨裝置」(anchoring device) 的功能，維護著科學與

政策間的互賴與合作關係，進而顯露科學共識維繫所涵納的多元社會因素。(van der Sluijs et al, 1998)。因此，環境議題透過科學描述獲得彰顯，而科學宣稱本身也不得不成為環境政治與環境運動的一部份。建構主義對科技詮釋，有將科學宣稱與詮釋去權威化的解構效果，但它也可以轉化為一種正視科學與政治互動現象的途徑，甚至也可以提供一個積極介入的平台，去評定、提升科學生產的社會意義與公共價值。<sup>1</sup>

正因為有上述經驗與知性的衝擊與淬礪，使得知識系統概念在環境治理課題中涵納了新的元素與意義。從上述討論可知，若強調認知與行動的連結，則對環境相關科學研究的期待便超脫以往單純知識探求的立場，相反的，科研不僅必須是目標導向、以實踐為目的，關切點更放在如何使科技研究能針對在地永續工作的特性做適當調整，以體現科技為社會服務的正當性，此所以「國際科學理事會」(International Council for Science)呼籲要建立科技與社會間「新契約」(New Contract)的緣由(2002)。

### 參、永續科學與在地知識

科學研究是環境治理的基礎，也是環境意識的源起，畢竟沒有對自然與生態的科學解讀，就沒有因著科學解讀所衍生的環境危機與治理共識問題，於是科技便在此番對知識系統的反省中成為最需優先處理的核心對象，透過對科研工作的檢視，可以釐清其在一國環境治理中的定位與效能。當然，在上述背景追溯中，也揭露許多實務與理論上值得再探討的問題，但本文無意就地方永續或科學之社會研究做個案探討，這裡所關心的，毋寧是這波知識系統反省可否就環境科學做出更適當的定位，並由之得出另類的衡量判準與環境治理建議。

2001年以R. W. Kates與W. C. Clark等人為首的社會與自然科學學者，在「科學」(Science)雜誌上揭櫫「永續科學」概念，此一概念是在觀察國際科學計畫、各國國家科學學院，以及國際獨立科學組織之晚近相關研究後，就其逐漸浮現的研究趨勢，加以統合命名(Kates et al, 2001; Clark and Dickson, 2003)。永續科學反映的是一種對過去環境科學角色反省後的轉變，主要顯示在相關科學研究方向與議題定位的重新聚焦，它一方面強調探究自然—社會互動的基本特性，

---

<sup>1</sup> 本文立論因此是同意科技建構論立場，但不接受極端的相對主義，對於科學宣稱抱持審慎(precautionary)態度，但不全盤消解。

一方面著力於提升決策能力與社會學習以利於永續發展的動員支持。換言之，永續科學特別重視科學成果與行動實踐的結合問題。(Mihelcic, et al., 2003; Clark and Dickson, 2003) 有效的環境治理必須同時依賴知識生產並促進其與權力的互動關係。於是，研究問題的優先性不再完全由科學家單獨定義，而必須引入實際參與者、利害關係人與決策者的需求，並克服多尺度、突發性、複雜性的挑戰，承擔經濟、環境與社會的多元責任。這不是說永續科學就必須限定為應用科學，而是說在永續科學的範疇裡，無論是應用科學或基礎科學，知識生產均負有達成永續發展效益、結合社會認知、解決實務困難的責任，唯有基於這樣的體認與問題聚焦才能提升科學研究的可信度 (credibility)、關鍵性 (salience) 與正當性 (legitimacy) (Cash et al., 2003: 4-5)。這裡，可信度涉及證據與論據提呈，尚屬一般科學自律的範疇，然而關鍵性便涉及科研評估與決策的關聯性，正當性原則更要求科學卸去權威身段，去面對科學資訊的正確與坦承，公平對待不同研究結果，並尊重利害關係人的不同價值與信仰。

以知識系統作為檢視永續發展的概念，必須坦然理解科技並非人類—自然關係中所營造唯一合法與有效的知識。全球永續發展計畫的推動，其實是以西方科學、技術及相應的宇宙觀，來主導定義地方的永續發展問題與解決方案，也因此會取代、抵消、甚至貶抑那些源於文化、信仰、經驗所長久建立的和諧、有效、多樣的地方傳統生態知識 (traditional ecological knowledge)。從發展中國家累積的許多個案顯示，西方科技單面向思考以及所伴隨國際體制的強制政策工具，固然在執行上有明確、快速的效果，但未能融合地方傳統生態知識的結果，不僅容易發生觀察偏失，衍生跨尺度與跨物種「重安排效果」(rearranging effect)，不能真正解決問題，也容易與在地文化、營生、管理、消費及生態認知發生脫節，以致影響住民環境意識的生根。這種對地方知識的尊重，給予全球永續發展工作一個極為深刻的省思，只有結合當地的社會動能與文化情感才能真正落實永續發展工作 (Jasanoff and Martello, 2004)。於是，所謂「全球在地化」，不僅是指將科學所確證的全球環境議題予以在地化，它積極的意義更在透過反向思考，將源於在地生態的情感、規範、認知加以涵納、提升、擴散，進而與於各地方環境治理連結，產生全球治理效應。<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> 就這一點而言，感謝蕭全政教授在第二屆「全球化與行政治理」學術論文研討會中對本文初稿之建議。



可以說，「永續科學」的提出，正在於理解環境治理中傳統科學探求之不足，它不僅意味著跨領域知識的必要，更在於重視社會實踐與地方社群的連結。永續科學不是指謂一種學院式的研究課題，也不是一項等待大力資助的研究規劃，而是一種經歷知性與經驗的反省後所產生，對於永續與環境研究的一個重新標定的判準，它企圖超逸過往純以學術考量出發的科研本質，樹立因應全球環境危機，落實在地環境治理的永續研究導向。如果說，這番知識系統省察在於體認知識到行動連結的重要，地方生態知識也因此重獲重視，則永續科學便是特別針就永續治理中科學生產意義與研究導向定位所進行的再釐清，科學儘管仍受到其自律機制與邏輯要求上的限制，無法取代所有的知識效力，但基於其在永續發展工作的重要性，必須賦予承擔溝通 (communication)、轉譯 (translation)、調解 (mediation) 等功能，要求在跨界治理 (transboundary governance) 中扮演一定角色。(Cash et al., 2003) 此時，所謂科學知識的效能，不是直接追問其政策影響，或是其「啟迪」民眾的功能，而是說科學在多大程度上能涵納地方關環與認知，一句話具備「在地關聯性」(local relevance)，進而產生社會溝通與政策影響的效用。

以上永續科學的詮釋，對應於台灣環境治理與環境研究，也應該也可以反映出若干值得省思的問題。台灣基於特殊國際地位，在環境治理上面臨更多的挑戰，不過迄今也能逐步完成各項規劃與制度置，相關科研計畫也獲得持續進展，然而從永續科學的角度省視，我們可以進一步思索這些建置背後是否有厚實的知識網絡基礎與社會認知支持。台灣科學研究在國際接軌上大體能維持亦步亦趨的進展 (Melin et al, 2000)，這主要歸功於台灣研究人力的不斷提升，更重要的是在文化層次上台灣對於吸收新興科技的開放態度。不過從永續科學的面向看，台灣仍面臨國際與在地連結的挑戰，例如在氣候變遷問題上，礙於空間與時間尺度無法做適度轉換，全球氣候模式之數據無法在本土情境中直接作為訴求依據，影響科學普遍效用的可信度，還需要「區域氣候模擬系統」的建置與配合，而氣候科學到氣候政策的連結也有待突破。(李河清，2004a)

台灣社會現代化進程快速，對西方典章制度與科研議題的吸收移轉均較許多亞非國家顯得開放而具彈性，但這種接納與開放的社會特性也容易使永續發展規劃者與研究者忽略全球議題在地化的問題。一直以來，台灣環境意識之建立大半仰賴「內因性」訴求，對於像氣候變遷等國際環境體制所重視的議題，與在地行動的連結其實還有待建立，這也顯示知識溝通效能的重要，唯有透過源於本土

關懷的知識生產與政策規劃才能對全球環境議題獲致認同，並確保知識應用的正當性。反之，如果國家永續政策與環境治理僅是國際體制壓力與經濟貿易考量下的產物，沒有來自市民社會的堅定支持，即難脫淺碟式制度建構的缺陷，從而在若干指標性決策中呈現遲緩與猶豫，在面對價值衝突時顯得躊躇與觀望。台灣近年來經濟、產業與社會壓力指數均持續攀升，已引發識者憂慮(劉兆漢等 2002)，亦見未來諸多努力空間。

可見，台灣環境政策與永續工作執行所面臨的限制，與科研知識生產的適切性不無關聯，有必要做進一步探查，尤其是對科學研究議題的發展現況及其在地關聯性的考察，應有助於未來台灣永續工作的紮根落實。但是永續科學概念，在現階段仍屬先驅性研究，面臨研究對象界定、分析量測方法，以及是否足以提供政策具體參考的挑戰，目前主要成果匯集在社區、部落、地方、區域研究，方法上尚無法支援進行大幅員的資料處理與長時間的比對評估，如何在一個國家層級甚至跨國區域上設定分析策略仍待突破。然若不就特定政治地域進行整體分析，便很難提出一個具有實踐性、總體性的評估與建議，也因此永續科學概念分析本身就不能通過其反身性的檢驗。

#### 肆、永續科學的社會網絡分析

誠如前述，科研生產在環境治理中的重要性，一方面雖已獲得國際科研組織與社會科學界的確認，並歸結出其內涵，但以之考察一定科學社群的研究部署則仍待突破。國內方面，有關環境科技的社會考察雖已漸有累積(李河清，2004a；2004b；陳世榮、李河清，2006)，但為數不多，且少有對科研內部議題做深入探討。以社會科學處理永續科學議題，目前至少面臨二個方法上的問題。首先，將環境科技置於社會場域內分析，多數文獻均仰賴個案分析(例如，Ebbin, 2004)，這種個案性分析固能發掘環境科技在面對社會因素的所衍生的變異與困境，分析也因此深刻入裡，卻容易自成旨趣，無法與科技社群作具體直接的對話，所突顯出的「全球在地化」問題基於個案分析途徑也無法做通則性推論。其次，像推動永續科學概念最力的學者，如前述 Clack 等人，其分析雖已藉由跨國案例彙整，提出永續科學的整體趨勢，但對於永續科學內涵仍停留在倡議階段，也因此限制了永續科學概念在實務適用的範疇。結合前節的討論，本文以為，迄今對永續科學所做的詮釋及其所強調的在地關聯等豐富意涵，已足以作為普遍性衡量的依

據，藉以解析一國或區域中某項科研整體領域發展與永續科學的彌合程度，進而得以提出對科研方向的具體建議。儘管這樣的調查，不如環境科學的社會學個案分析，可以勾勒爭議性科學宣稱在環境治理系絡中複雜有趣的社會互動，卻能就社會常態下所進行持續大量的某項科研領域生產作通盤評估，對政策與治理做出具體回應，也是釐清環境治理與知識效能關係的基礎工作。

然而，欲求量測永續科學的整備（readiness）程度，必須先掌握地方科研議題的分布結構。在科學社會研究領域中，R. K. Merton 早已指出科學之進展有賴於科學社群一定的社會機制與規範。（1973；另參見陳世榮，2002）而科學社群的交流互動、同行審查、自我組織（self-organized）也被稱為一個「隱形學院」（invisible colleges）。（Crane, 1972）這些觀察均一致指出，科學研究與其社群內的社會連結有一定關係，因此科學知識間相互援引、溝通的特性，使觀察者得以透過其間之互動與關係，描繪科研社群內研究議題的發展方向與類型，而擅長處理「關係」與「連帶」的社會網絡分析（Social Network Analysis）方法正可用於對研究議題結構的建構與描繪。本文下節即企圖以永續科學內涵為評估判準，運用網絡分析探究台灣在地氣候變遷研究的議題結構，其目的在透過掌握議題結構的中心性與變異性，衡量台灣氣候變遷研究符合永續科學的程度及可能落差，以為提出建言的依據。

社會網絡分析應用起源於人類學、心理學、社會學、數學、管理學以及統計學，迄今發展以歷七十餘年，期間因有圖論（graph theory）的加入，使得詮釋力更為可靠。基本上，網絡分析是由行動者為「點」（vertex），其彼此關係為「線」（ties）所構成，由於又有「有向」（directed）與「無向」（undirected）關係之區分，使得網絡分析得以處理複雜的「關係」結構。（Scott, 1991; Degenne and Forsé, 1994; Wasserman and Faust, 1994；劉軍，2004）以往，社會網絡分析是建立在人與人間交往的社會連帶，因此必須依賴大量的訪問與問卷以獲取素材，在科學計量學（scientometrics）的應用上，也必須透過繁複的書目引用追蹤，因此取材數量與應用範疇頗受限制。隨著電子資料庫的普遍推廣，以及網路資料擷取與分析軟體技術的進步，使得社會網絡分析得以超越過去小範圍研究的限制，就大量資料進行分析，所分析之資料已可涵蓋屬性、類型、與關係等多元素材，因此可以超越以往有關網絡分析屬於「隱喻」（metaphoric）描述的批評。（王光旭，2005）此外，基於圖論演算所衍生一套特有的詮釋法則，使得網絡圖示本身也提供解讀

關係結構的依據。本研究將首先著重中心性 (centrality) 的探討，亦即測定研究議題的在網絡的分布，透過密度 (density) 的呈現，檢視具支配性議題群組是否吻合永續科學的內涵，核心至邊緣的關注點間可否尋獲較短的接近途徑 (即測地線，geodesic)；其次，可觀察議題網絡是否有離群獨立的子群 (components)，並運用結構洞 (structural holes) 的正面效應觀點 (Granovetter, 1973; Burt, 1982)，尋求核心與邊緣的橋接點 (bridge)，以徵別哪些被邊緣化卻具系絡重要性系的科研議題；最後，也將透過整體網絡的集中趨勢 (centralization)，比較國際與國內場域中研究議題網絡的不同，以為輔助推論之用。

科研議題網絡的基本單元是以論文標題檢索出的字詞所構成，根據 L. Leydesdorff (1989) 的測試，對於科研發展結構的描繪，標題檢索較摘要檢索更具明確的效果，本研究加以採用。此外，由於共現字詞 (co-word) 被認為足以在不同範疇間運載意義 (Callon et al, 1983)，本研究是藉由標題字詞共現所架構的語意網絡掌握研究議題及其分布。當然，字詞分析有面臨詞意含混多變的問題，必須輔以更明確的語意系絡才能發揮關聯分析的效果。(Teil and Latour, 1995) 本文一方面是以台灣氣候變遷研究的檢索樣本產生領域限定的約束效果，一方面企圖以永續科學之「在地關聯性」意涵提供一個語意系絡，形成詞意判別上的約束效果，其與資訊科學與圖書館學所運用之「主題地圖」(topic map) 原理類似。(Freese, 2000) 基於採樣均為國內學者文獻，且經詞頻 (term frequency) 檢核「台灣」一詞出現率均高，決定以「台灣」作為徵別「在地關聯性」的主題碼，當共詞網絡形成的時候，可藉由各詞與「台灣」在時間、空間與領域屬性的相對親近性與明確性，徵別出最符合「在地關聯」的字詞。例如，以「台灣」為主題碼，可以建立諸如「現代」研究優於「古代」解讀，「陸域」現象優「海洋」因素，「天氣」資訊優於「氣候」數值等相對等級尺度，當以聯集同時衡量時即可標定較具「在地關聯」的詞組。這個以永續科學之在地關聯性所架構的語意系絡，一方面得以約束詞意，一方面則提供「在地相關性」的判準，當研究議題愈能滿足「在地相關性」，即代表其符合永續科學之「溝通」與「轉譯」的功能，從而得以分析其履行「正當性」與「關鍵性」的程度。

本研究之網絡分析軟體係採用自由軟體“Pajek”，Pajek是目前非商用軟體中

頗受歡迎、功能強大的網絡分析軟體<sup>3</sup>。資料來源主要區分國內發表與國外發表二個部份，以使分析更趨周延。國外係以Science Citation Index (SCI) 線上資料庫為對象，<sup>4</sup>國內則以「中華民國期刊論文索引系統」(WWW版)為來源，主題檢索值為「氣候變遷(化)」(climate change)。採樣上，從SCI資料庫中共計獲得86筆，係迄至2006年為止寄自台灣的論文；國內期刊則以歸類為自然科學及應用科學類之學術論文為標的進行檢索，經去除以英文書寫之論文後，檢索得122篇<sup>5</sup>。對標題(title)進行詞彙擷取時，係依據詞頻衡量法取相對高的字詞為代表，以超過50%為原則，英文資料同時利用停用字詞表(stopword list)，截去無意義或無法分析的字詞；中文資料由於目前軟體套件仍無法執行中文斷詞(word segmentation)，因此利用中央研究院所開發的「中文斷詞系統」進行標記與斷詞。<sup>6</sup>所萃取出之字詞，經編碼與共現分析後，導入網絡分析軟體，建立科研議題網絡。

## 伍、台灣氣候變遷研究的網絡分析

### 氣候變遷研究與台灣

以台灣氣候變遷研究為取材對象，除了基於研究旨趣外，主要是基於該領域的特性。氣候變遷係指地球系統的氣候變化，顯然對於「氣候」的科學解讀在空間上必須從全球的幅員上加以掌握，此所以當代意義下的氣候學必須等到1920年代，隨著技術進展科學家不再依賴地表觀察氣候才得以確立。目前歸納出影響氣候的成分有大氣圈、水圈、冰雪圈、岩石圈及生物圈，且各成分間還彼此交互作用，因此氣候變遷作為一個科學領域就必然是跨學門的知識體系。(魏國彥、許晃雄，1997)舉凡大氣科學、天文學、太空科學、海洋學、固態地球科學、地球系統科學盡含其內。此外，欲求理解氣候現象的變化，就必須探究過去地球系統的氣候條件，於是前述所有相關學門中凡涉及古代數值與證據者亦盡皆納入探究的範疇。同時，為了準確描述氣候現象，不僅要掌握過去也期望推估未來，推測未來氣候變遷趨勢也成為科學追求的目的，且最能突顯氣候變遷科學的價值，

<sup>3</sup> Pajek軟體首頁：<http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek/>。

<sup>4</sup> SCI 資料庫因搜羅期刊較屬完整，檢索功能較完備，為一般資訊計量學所普遍採用，本文也基於同樣原因擇定採用。

<sup>5</sup> 論文最後時間為2007年1月，另由於中華民國期刊論文索引系統對於1982年前之資料未予學門分類，故將8筆此一時期文章去除。

<sup>6</sup> 中央研究院中文斷詞系統網址：<http://ckipsvr.iis.sinica.edu.tw/>。

於是持續開發觀測技術與精進模式模擬準確度也同時成為本領域的重要研究課題。

面對氣候變遷這一源自多重時間及多空間尺度交互作用現象，所涉及的領域知識是既浩瀚又細微，對任何非專家的「常民」而言自不免覺得遙遠而難解。科學知識所解讀出的氣候徵兆與相應的自然實例，由於訴諸全球性尺度與極端案例，在面對社會大眾與決策者進行知識轉換表達時，也就面臨與個人認知尺度差距過大的問題，以致衍生認知疏離與溝通困難。然而，過去氣候變遷科學努力的結果，也指出一個目前被普遍接受的全球緩化趨勢，諸多證據均顯示目前地表增溫已非「自然溫室效應」，而是人為因素的結果，由於其負面影響既巨大又深遠，天氣、海岸、物種、農業、健康無不面臨威脅，依前述氣候變遷之多重時間與多尺度現象，其解決方案定然須要國際的統合力量，否則無法解決全球暖化問題。1997 年京都議定書通過，標誌國際體制正式介入全球變遷議題，對於人為肇生的溫室氣體也訂定減量措施，但這種來自國際體制有關溫室氣體減量的壓力，卻意味著經濟減緩以及能源管制政策下對個人生活各層面的直接衝擊。相較於前述氣候變遷大尺度的現象描述，如何使大眾與決策者接受，以致採取適應行動不無問題。

台灣為因應京都議定書所引發的效應，於 1998 年召開第一次能源會議，然迄至 2005 年方行召開第二次會議，七年間儘管一再表達意願與產業界遊說，卻無任何具體成效。2005 年京都議定書正式生效，政府宣揚「不悔政策」，並於 2006 訂定「溫室氣體減量法」送立法院審議。但整體看來，還是以宣示多於行動、經濟重於環保、研發先於簡約。自 1990 至 2005 年間，台灣二氧化碳排放以每年 8% 速度持續成長，目前總量占全球 1%，排名第 22 位，每年人均排放近十二公噸，為全球平均值的三倍。（唐佩君，2005；環境保護署 2006：2-232；台灣經濟研究院，2006）而近期政府積極推動的重大開發案，諸如國光石化、台塑煉鋼廠、中龍煉鋼、三輕擴廠等，無不屬於高溫室氣體排放產業，與京都議定書精神完全背離，顯見僅僅高言「永續」與「經濟與環保兼顧」等口號，實難以化為真正行動。此時社會的瞭解、共識、支持與行動至關重要。然而，這樣的理解還必須由在地與近身的自然解讀方能引起更廣泛的重視，那麼究竟台灣氣候變遷研究的在地相關性如何？

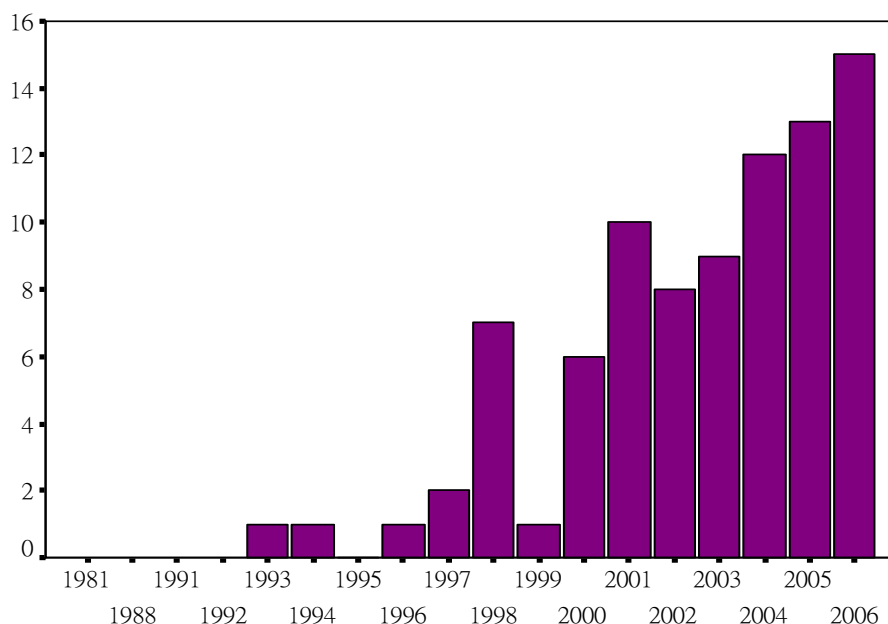
我國科學界於 1989 開始推動全球變遷研究，並以參與「國際地圈生物圈計

劃」(IGBP)之「黑潮邊緣交換作用研究」(KEEP)開啟系統研究，隨後並陸續加入「熱帶海洋—全球大氣研究」(TOGA)、「氣候品質台灣站」(CATS)、「世界海洋環流實驗研究」(WOCE)、「古全球變遷研究」(PAGES)等國際連結計畫(魏國彥、許晃雄，1997；柳中明，2005)，逐漸強化了我國的研究能量。整體看來，由於我國科研基礎仍待紮根，因此主要採依附國際計畫的途徑逐步發展，但就所選擇題材看來大體能從本土相關性出發，尚能把握區域—全球互動變遷的特性，如季風、黑潮等(Fu, et al., 2002)，惟其議題的廣衍度是否已能擴及與社會民生彌合的議題呢？同時，正因為我國研究基礎與成果上仍待提升，因此更多本土資料的建立與調查極為重要，若一味追求與國際合作便難以實踐「永續科學」的特性，對於知識溝通與政策影響的效果自然有限(魏國彥、許晃雄，1997)，那麼究竟氣候變遷研究在本土議題的經營又是如何？

### 網絡分析與結果

某領域學者在國際期刊中的發表，通常顯示該領域研究的成熟度，因此也代表該領域研究的發展情形。承上述，本研究由SCI中擷取國內氣候變遷科學社群在國際學術期刊的發表，以求掌握該學群研究議題的分布，經將樣本依時間序列統計得圖1。圖1顯示，我國氣候變遷研究在國際間的論文發表與我國推動研究計劃時程大致吻合，且在邁入2000年後有較為穩定的成果發表，顯示領域內研究已獲致一定的成熟度。然而，對照前述有關台灣實際決策回應的不足，是否指謂相關科學研究在決策支援與社會溝通上仍有欠缺，這裡尚無法論斷，需做進一步分析。

圖 1、國際發表論文數與時序



將該等論文標題，依詞頻萃取與共現分析後，導入網絡分析加以視覺化，得圖3。圖3係透過Pajek軟體內建之Kamada & Kawai (1989) 演算法製圖而成，<sup>7</sup>F其所產生的共詞網絡代表我國氣候變遷研究之議題分布情形。該網絡圖中，點的大小表密度，表某議題與網絡中其他議題的關聯度，線的寬度值則表示成對議題的相關強度。若依據各議題密度高低作比較，圖3顯示「台灣」(Taiwan, 常態化密度=0.7) 的數值最高，這雖然是因為樣本均取自台灣學者的關係，也因此不能推論具備高在地關聯，不過至少可以確定國內氣候變遷研究取材上仍與台灣地理區位有密切相關，也就是說不致於過度追求純學術旨趣的大尺度調查，與前述領域發展觀察一致。其次，就整體網絡結構觀察，各點相互關聯緊密，沒有被隔離的子群 (components)。不過，儘管網絡中沒有分隔的獨立子群，圍繞著「台灣」與「海」(常態化密度=0.666) 二字詞卻構成二個較大研究群聚，

<sup>7</sup> 此一演算法將網絡呈現為一個對應邊長的彈性環狀系統。



圖 2、國際發表之研究議題分布

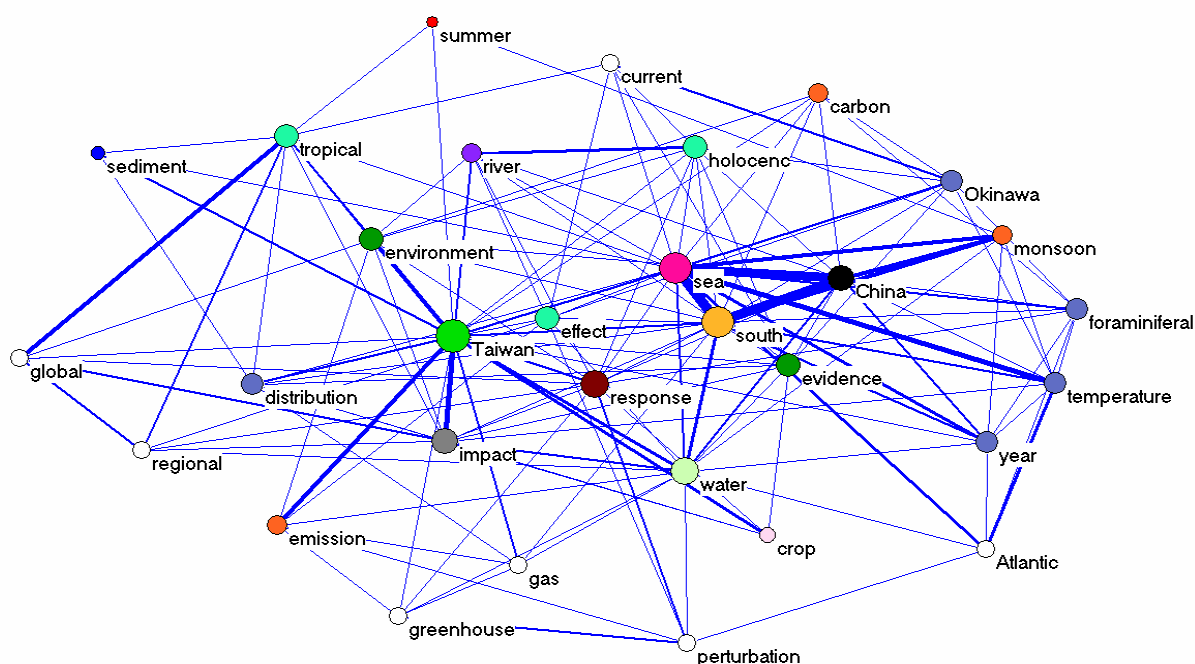


圖 3 以「台灣」一詞為中心，量測其與其他各議題點的距離，確證圖中右方議題與「台灣」群聚的連帶確實較遠（以顏色區別）。對照前述有關台灣氣候變遷研究的發展，顯示台灣氣候變遷研究已能從早期台灣周邊海域相關研究逐漸累積推展，進而趨向與台灣生態更有關聯的研究議題。

值得注意的是，以「台灣」及「南—中國—海」（south-china-sea）等核心議題所構成的研究群聚，與外緣之「氣溫」（temperature）、「溫室氣體」（greenhouse）、「區域」（regional）等議題，仍舊形成核心與邊緣的區隔，而邊緣性議題即代表該領域相對薄弱的一面。依據永續科學之在地關聯性所架構的語意系絡加以比對，我們可以發現在邊緣性議題中，「作物」（crop）字詞具有與台灣最佳的親近性，特別引人注意，它既彰顯吻合永續科學內涵的研究已然浮現，卻也顯示在國際發表的場域中具在地關聯的研究成果仍過於稀少，證實此前有關台灣科學研究在社會溝通上不足的疑慮，換言之，在永續科學正當性意義上，台灣氣候變遷研究的成熟度與議題廣衍度仍有不足，以台灣生態為指標的氣候變遷研究仍待積極開發。所幸，從圖 2、3 可以發現「台灣」與「作物」二議題已存在直接且明確的連結，不須間接路線引助，表示「作物」相關研究與本土問題已有直接關係。不僅如此，以結構洞原理量測，圖 4 顯示在所有議題中「作

物」(集合約束=0.4244, 最大)是為提升整體網絡互動關係的關鍵性節點,表示目前國內氣候變遷發展已到了拓展諸如「作物」等橋接性議題的時刻,透過橋接性議題的開發可使網絡中二大研究群聚做最佳的連結,換言之,這些中介性研究議題可以將台灣過去累積的基礎研究與立基本土關懷的研究議題做彼此最好的配合與發揮。

圖 3、「台灣」字詞與其他標題字詞的「距離」

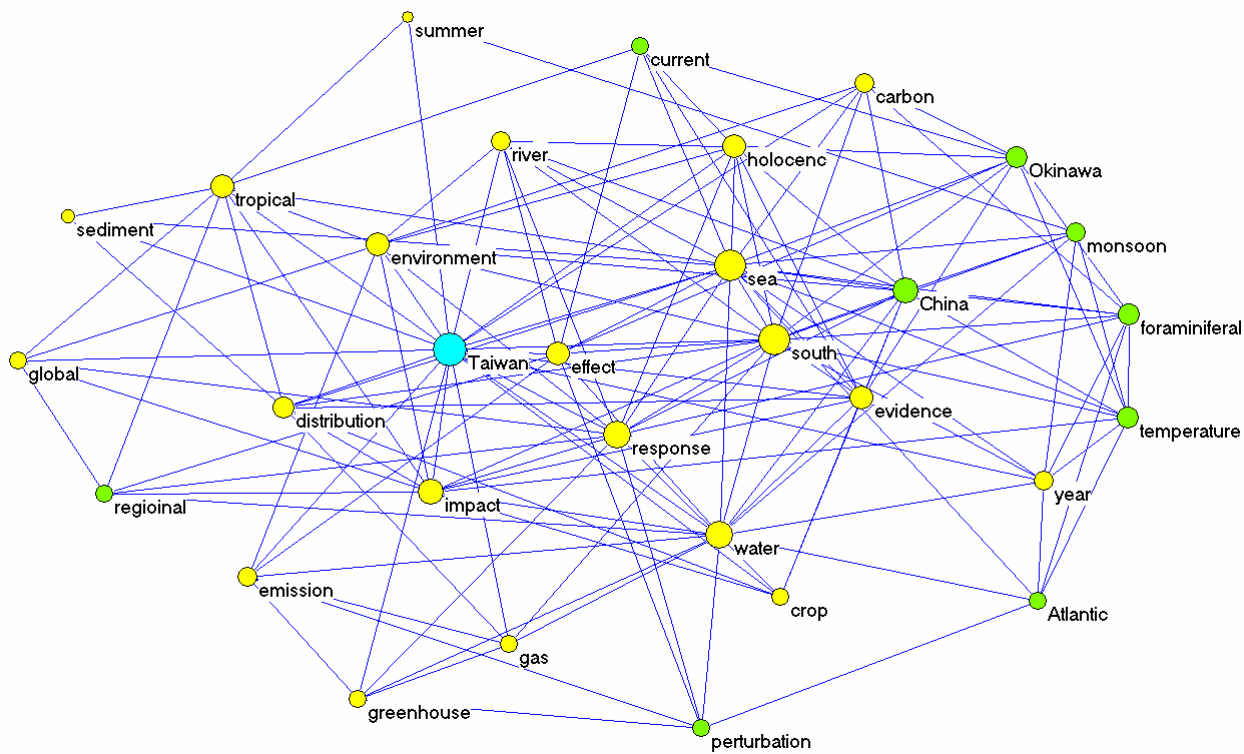
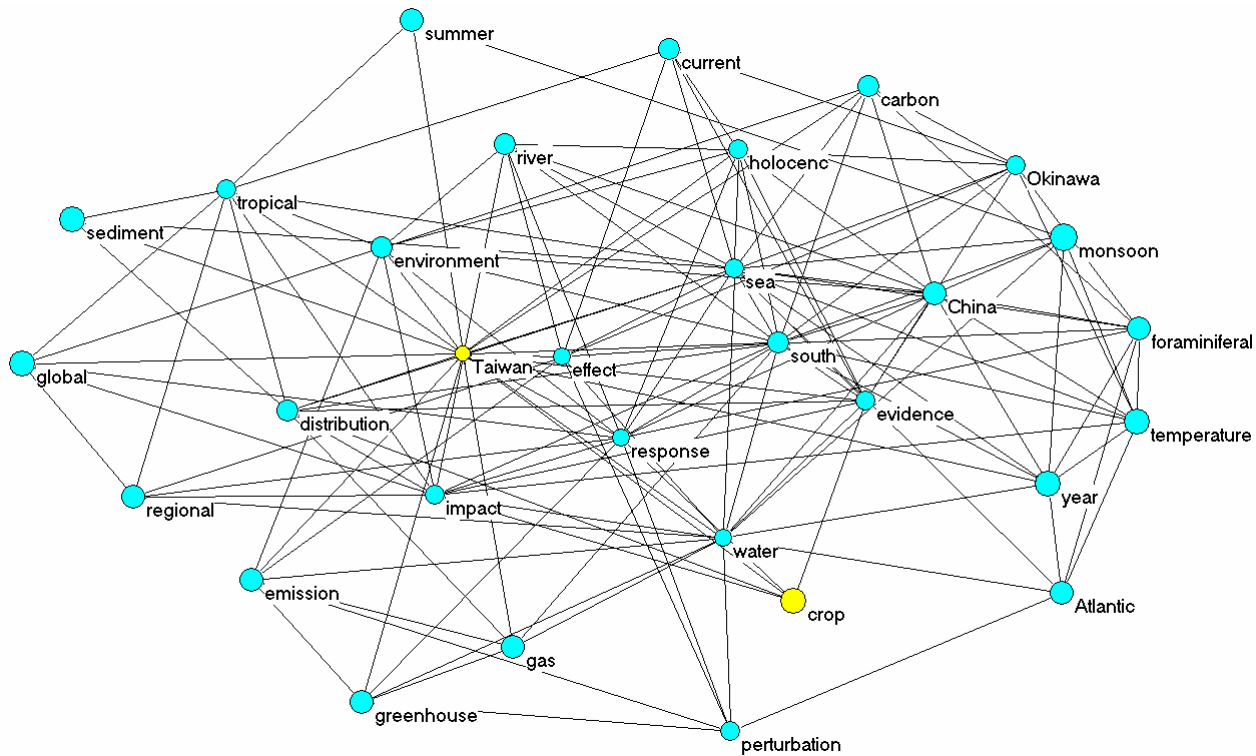


圖 4、以結構洞原理所顯示「作物」字詞的關鍵性





為求周延，本研究也蒐集分析在國內發表的研究議題分布，以彌補國際期刊收錄所可能存在的偏誤，提供對台灣氣候變遷研究較整全的理解。與國外發表論文相較，利用國內期刊發表之論文，其議題分布頗為不同，圖 5 顯示在國內發表之論文議題分布，大密度議題依序集中在「因應」、「影響」、「台灣」、「衝擊」、「全球」等五個字詞上，<sup>8</sup>經查對原始編碼，發現上述核心字詞多數出自對氣候變遷所進行之本土衝擊研究，因此不僅彼此關聯密切，並具「政策導向」性，氣候變遷研究已與諸如農作、植物、漁業、水利、灌溉、貿易、畜牧、溪流、健康等議題取得聯繫，涵蓋面廣泛，且在地關聯性高。若以「親近性集中趨勢」(closeness centrality)就國外與國內二個網絡做比較，發現後者大於前者， $0.41772 > 0.3863$ ，說明國內論文議題關聯較為緊密，吻合上述部份觀察。何以國內發表議題呈現如此分布，並與國際發表產生研究議題上的差距？可能原因一方面是由於以國內為發表場域，在議題的選擇上自然傾向與在地議題相關者，國內期刊也樂於接受；同時，晚近國際間研究規劃也已強調「永續科學」特性之維繫，例如「地球系統夥伴計畫」(ESSP)即以水資源、碳循環、農業生產及健康為主要課題，均圍繞人類棲息相關科研問題，國內科學界積極參與該等計畫，自然也帶動相關研究成果的展現(柳中明，2005)。不過，對照檢索樣本也發現，由於「中華民國期刊論文索引系統」所蒐錄期刊嚴謹不一，因此國內發表論文雖能針對在地議題而發，卻未必有足夠成熟度以支援決策與溝通，這一點部份說明何以具有在地關聯的研究得以大量出現在國內場域，並在國內外發表場域間構成研究議題的差距，國內相關科研仍需於未來持續提升其品質，以符合「永續科學」所標彰可信度特性，並勇於向國際提出合於在地正當性的科研成果。

此外，政策導向的衝擊研究在環境治理中固然有其重要性，亦為近年氣候變遷研究的重要課題，但這種政策導向的研究也同樣必須接受「永續科學」判準的檢驗，其方法與研究設計必須與在地特有的生態指標與社會關懷做結合，否則即便是以地方背景為考察對象，仍難稱具備「永續科學」所倡言的正當性與關鍵性。不少衝擊研究以經濟學與統計模擬為主要的研究途徑，固然迎合政策需要與研究風尚，但與直接針對社會—自然系統的調查量測仍有不同，有必要在政策應用研究與自然基礎研究間維持一定平衡，二者不可偏廢。從圖 5 的邊緣議題中可以發現，具明確永續科學特徵的議題，雖已呈多樣化，例如出現「森林」、「衛生」、「農業」等詞組，但是運用「最直接途徑」(測

<sup>8</sup> 密度常態化後(normalized degree of density)分別為「因應」=0.666，「影響」=0.666，「台灣」=0.583，「衝擊」=0.583，「全球」=0.583。

地線) 檢測發現, 這些字詞若欲與「台灣」字詞取得連帶, 均需經由「衝擊」、「影響」等字詞, 顯見核心研究的支配性強度, 為此, 有必要留意可能衍生的偏誤與錯覺, 誤認為台灣科研對於氣候變遷與在地生態間的互動影響已獲得進展, 並得以滿足政策回應與社會理解的需求, 而無視於國內各類衝擊研究數量與實際政策回應間所存在的差距。尤其須注意的是, 衝擊研究的強支配性是否掩蓋了本土基礎性研究遭到忽略的情形。從圖 6 中可以發現, 在看似關聯密切的結構中, 有二個被推離中心的節點分別代表「台北一百年」氣候研究以及本土「大氣—化學」監測, 這二節點不僅位於網絡邊緣地帶, 且與整體網絡的連結極為脆弱, 經結構洞原理演算, 顯示這二個議題的「自我—中心密度」(egocentric density) 均為零, 確證其與整體網絡關聯性低, 為部分基礎研究遭到忽略提出警訊, 是否有其他類似基礎研究同樣面臨邊緣化, 值得再深入探究。誠如前述, 當前我國研究基礎仍待積極培育, 本土資料的調查研究必須持續進行, 基礎研究內容雖然於決策支援與社會溝通上必須經過轉譯過程, 卻是政策導向研究的基石, 自然也符合「永續科學」的精神, 未來對於本土相關的新穎構想與基礎探究有必要以開放態度與長遠規劃給予持續鼓勵與重視。

## 六、結論

本文從當前國際間對知識系統討論的脈絡中, 爬梳出永續科學所強調的在地關聯內涵, 以及其所重視的可信度、正當性、關鍵性等特性, 與溝通、轉譯、調解等功能, 並認為永續科學可以脫離僅僅是國際環境科研發展的一種趨勢, 或國內科學研究走向的一種倡議, 從而扮演更積極作用, 在當前環境治理與永續規劃中, 用以檢視與調整科學知識之角色與功能, 藉以衡量科學在自然與社會、全球與地方間所發揮的知識溝通效能。本文因此提議以永續科學為判準, 利用社會網絡分析途徑, 探查一國環境科學研究分布與效能, 提供對環境科研評估的另類角度與方法, 作為政策建議的依據。

本文繼之以台灣氣候變遷研究為對象, 進行個案分析, 結果顯示在環境治理中對於知識效能的考察, 確實有助於釐清科研生產與社會溝通的彌合程度。由台灣氣候變遷研究的網絡分析中發現, 台灣科學社群儘管在全球氣候變遷研究上已獲得穩定成長, 但若干極具社會溝通價值、有助於全球議題在地化的研究仍位居邊緣, 且成果有限, 說明科學資訊在承擔社會溝通與決策支援上仍有不足。不過在國外發表的議題網絡中, 發現諸如「作物」等具高在地關聯的議題, 已成為連結基礎研究與社會關懷的關鍵性研究議題, 值得重視。就國內發表場域而言, 具在地關聯性議題已呈現多樣化, 涵蓋了諸如「森

林」、「衛生」、「農業」等課題，不過可信度仍待提升，同時由於這些具在地關聯的議題大部分透過政策導向研究所旁及而成，並不全然代表國內氣候變遷研究已能高度發揮社會溝通效果，尤其不可因此忽略對本土性基礎研究的支持與紮根。網絡分析已為台灣氣候變遷研究勾勒出其議題分布、結構、強弱，以及達到永續科學的途徑，可作為未來科研決策與環境治理的參考。

## 參考文獻

- 王光旭 (2005)。政策網絡研究在公共行政領域中的核心地位與方法錯位。《政策研究學報》，第 5 期，頁 61-102。
- 台灣經濟研究院 (2006.07)。我國經濟成長與二氧化碳排放脫鉤之芻議，2006 年 12 月 2 日取自台經社論，網址：<http://www.tier.org.tw/03forum/tiermon200607.asp>。
- 李河清 (2004a)。氣候變遷整合評估模式：從 IPCC 到 Taiwan-IPCC。《中華民國環境保護學會學刊》，第 27 期第 1 卷，頁 136-154。
- 李河清 (2004b)。知識社群與全球氣候談判。《問題與研究》，第 43 期第 6 卷，頁 73-102。
- 柳中明 (2005)。氣候變遷、衝擊、因應與永續發展研究進展，上、下冊。台北：國立台灣大全球變遷研究中心。
- 唐佩君 (2005.05.12)。台灣每人二氧化碳排放量逐年增加，全球 22 名。中央社。
- 陳世榮 (2002)。科技社會學的議題流變對本土研究的啟示。《中正嶺學報 (B) 人文社會科學》，第 31 期第 1 卷，頁 59-67。
- 陳世榮、李河清 (2006)。知識系統與永續發展。《全球變遷通訊雜誌》，第 52 期，頁 1-7。
- 劉兆漢、蕭新煌、葉俊榮、於幼華 (2002)。台灣永續發展的危機與轉機，永續台灣的願景與策略建議書。《永續台灣簡訊》，第 4 期第 4 卷，頁 1-74。
- 劉軍 (2004)。《社會網絡分析導論》。北京：社會科學文獻出版社。
- 環境保護署 (2006)。中華民國環境保護統計年報。台北：行政院環境保護署。
- 魏國彥，許晃雄 (1997)。《全球環境變遷導論》。台北：教育部環境保護小組。
- Barnes, B. (1985). *About science*. Oxford, UK: B. Blackwell.
- Bass, S., & Dalal-Clayton, B. (2002). *Bridging the knowledge gap in SD strategies: Research partnerships for sustainable development, WSSD brief paper*. London: International Institute for Environmental Development.
- Burt, R. S. (1982). *Toward a structural theory of action*. New York: Academic Press.
- Callon, M. (1986). The Sociology of an actor-network: The case of the electric vehicle. In M. Callon, J. Law & A. Rip (Eds.), *Mapping the dynamics of science and technology: Sociology of science in the real world* (pp. 19-34). Basingstoke, UK: Macmillan.
- Callon, M., Courtial, J. P., Turnr, W. A., & Bauin, S. (1983). From translations to problematic networks: An introduction to co-word analysis. *Social Science Information*, 22: 191-235.
- Cash, D. M., Clark, W. C., Alcock, F., Dickson, N. M., Eckley, N., & Guston, D. H. et al. (2003). Knowledge system for sustainable development. *Proceeding of the National Academy of Science*, 100(14): 8086-8091.
- Clark, W. C., & Dickson, N. M. (2003). Sustainability science: The emerging research program. *Proceeding of the National Academy of Science*, 100(14): 8059-8061.
- Cole, S. (1995). *Making science: Between nature and society*. Cambridge: Harvard University Press.
- Crane, D. (1972). *Invisible colleges — Diffusion of knowledge in scientific communities*. Chicago: University of Chicago Press.
- Degenne, A. D., & Forsé M. (1994). *Introducing social network* (A. Borges, Trans.). London: Sage.
- Department of Economic and Social Affairs, UN. (2002). *Guidance in preparing a national sustainable development strategy: Management sustainable development in the new millennium, background paper 13*. New York: Author.



- Development Assistance Committee, OECD. 2001. *The DAC guidelines: Strategies for sustainable development*. Paris: OECD Publications.
- Ebbin, S. (Ed.). (2004). Institutions and the production of knowledge for environmental governance: Empirical evidence from marine and terrestrial systems [Special issues]. *International Environmental Agreements*, 4 (2).
- Freese, E. (2000). Using topic maps: For the representation, management & discovery of knowledge. *XML Europe 2000*. Retrieved December 20, 2006, from <http://www.gca.org/papers/xml europe2000/pdf/s22-01.pdf>.
- Fu, G., Hrasawa, H., Kasyano, V., Kim, J., Ojima, D., & Wan, Z. et al. (2002). Regional-global interactions in East Asia. In P. Tyson, R. Fuchs, C. Fu, L. Lebel, A. P. Mitra, & E. Odada, et al. (Eds.), *Global-regional linkages in the earth system*. Berlin: Springer
- Gieryn, T. F. (1999). *Cultural boundaries of science: Credibility on the line*. Chicago: University of Chicago Press.
- Granovetter, M. 1973. The strength of weak ties. *American Journal of Sociology*, 78: 1360-80.
- Holzner, B., & Marx, J. H. (1979). *Knowledge application: The knowledge system in society*. Boston: Allyn and Bacon.
- Institutional Dimensions of Global Environmental Change. 2005. *Institutional Dimension of Global Environmental Biannual Report: Spring 2003-Spring 2005*. Santa Barbra: Author.
- International Council for Science. (2002). *Science and Technology for Sustainable Development, Consensus Report and Background Document, Mexico City Synthesis Conference*. Serious on Science for Sustainable Development, No 9. Paris: Author.
- International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change. 2004. *Annual Report 2003/2004*. Bonn: Author.
- Jasanoff, S., & Martello, M. L. (Eds.). (2004). *Earthly politics: Local and global in environmental governance*. Cambridge: MIT Press.
- Kamada, T. & Kawai, S. (1989). An algorithm for drawing general undirected graphs. *Information Processing Letters*, 31(1): 7-15.
- Kates, R., Clark, W. C., Corell, R., Hall, J. M., Jaeger, C. C., & Lowe, I., et al. (2001). Environment and development: sustainability science. *Science*, 292: 641-642.
- King, L. (2004). Competing knowledge systems in the management of fish and forests in the Pacific Northwest. *International Environments: Politics, Law, and Economics*, 4: 161-177.
- Latour, B. (1987). *Science in action: How to follow scientists and engineers through society*. Cambridge: Harvard University Press.
- Leydedorff, L. (1989). Words and co-words as indicators of intellectual organization. *Research Policy*, 18:209-223.
- Melin, G.; Danell, R.; & Persson, O. (2000). A bibliometric mapping of the scientific landscape on Taiwan. *Issues & Studies*, 36(5): 61-82.
- Merton, R. K. (1972). *The sociology of science: Theoretical and empirical investigations* (N. W. Storer, Ed.). Chicago: University of Chicago Press.
- Mihelcic, J. R., Crittenden, J. C., Small, M. J., Shonnard, D. R., Hokanson, D. R., & Zhang, Q. et al. (2003). Sustainability science and engineering: The emergence of a new metadiscipline. *Environmental Science and Technology*, 37(23): 5314-5324.
- Oversea Development Institute (2001) *PRSP Institutionalisation study final report*. Submitted to the Strategic Partnership with Africa. October 15, 2001. London: Author.
- Scott, J. (1991). *Social network analysis: A handbook*. London: Sage.
- van der Sluijs, J., van Eijndhoven, J., Shackly, S., & Wynne, B. (1998). Anchoring devices in

science for policy: The case of consensus around climate sensitivity. *Social Studies of Science*, 28(2): 291-323.

Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social network analysis: methods and application*. Cambridge: Cambridge University Press.

Weingart, P. (1999). Scientific expertise and political accountability: Paradoxes of science in politics. *Science and Public Policy*, 26(3): 151-161.