

# 永續科學的概念內涵及其超越

陳世榮

中國文化大學行政管理系助理教授

## 一、環境科技的社會責任

科學、技術與工程一直以來是人們認知環境議題的依據，也是解決環境問題的主要憑藉，隨著生態問題愈來愈受到重視，科技與工程在永續發展的工作中也扮演愈來愈吃重的角色。尤其，隨著不同國際環境建制（regime）的建立，科學的自然解讀與應用，已進一步轉化為諸多新的全球性規範，廣泛地影響著人類的日常生活與未來發展。

然而，今天我們面對的環境問題，像是全球暖化，往往是多重時間與多空間尺度的交互作用現象，不僅牽涉複雜的自然現象，也涉及持續變遷的人類活動，其中所涵蓋的複雜性與不確定，使得環境議題變得既實際又抽象。這時，知識無論是用於解讀自然或改造環境，當它愈來愈顯得重要而普遍，也同時對政治決策與民眾認知的承擔更多責任。究竟知識與社會的關係應該如何定位，科技與工程專家作為知識生產社群的一員可不可以回應此一責任，成為當前重要的課題。本文企圖藉由對新興「永續科學」（sustainability science）概念的引介與探討，深入釐清環境科技在實踐社會溝通的義務，並從「科技研究」（Science, Technology and Society, STS）的角度指出「永續科學」所面臨的限制，並探求解決之道，提供未來環境科技政策所應納入考量的在地因素。

## 二、永續科學的緣起

自 1980 年代起，國際間已提出對人類社會與環境互動作更深入理解的期望，1987 年聯合國「世界環境與發展委員會」（World Commission on Environment and Development, WCED）所發布的「我們共同的未來」（WEDC, 1987），可以說正式表達了此一關切，對這一問題的理解當然與所謂「滿足當代需求，又不損害後代人需求」的永續精神是相契合的。從科學研究的觀點看，這個問題的理



解就是期望一方面符合人的需求，但又能維護地球的生命支持系統（life support system）。

其後，國際間雖然對於永續發展工作持續不懈，但所面臨的困難不少，進展也有限，氣候災變、資源消耗、生態失衡、城鄉差距等問題日趨嚴重。因此，儘管科學證據一再受到高度重視，並以之訂定更為明確的氣候、森林、水資源、生物多樣性等規範，建構出新的全球環境價值與秩序，科技與工程也大量投入環境保護與生態保育工作，但是，要求重新檢視環境科技研究方向與定位的呼聲也不小。

例如，1996年德國氣候變遷諮詢委員會在其「轉變中的世界：研究的挑戰」報告中指出，傳統環境科技研究並不足以因應全球變遷議題，科技研究與環境行動已然脫節，必須採納跨領域的研究方式，甚至含納經濟與人文社會等不同面向的觀點（WGBU, 1996）。1999年美國國家研究委員會發布著名的「我們共同的旅程—邁向永續」，更明確表達連結科學研究、技術發展與永續社會實踐的期待，並研訂三個研究策略與方向（National Research Council, 1999）：

1. 發展整合全球與地方面向的研究架構，造就以地域為基礎（place-based）的、有關自然與社會互動的理解；
2. 啟動焦點研究計畫，探究一組核心的觀察課題，以有助於深入瞭解環境與社會間的互動
3. 促進對當前研究工具的完善利用，連結知識與行動，以利邁向永續。

在這份報告中，首次將這種連結知識生產與社會實踐的研究方向與問題設定，稱之為「永續科學」。「永續科學」的提出，顯然是不滿於傳統環境科技在各自領域內基於學術旨趣的探究，因為它顯然不能直接支援現實上永續工作的推動。研究指出，科技賴以運作的社會制度本身有其一定的侷限，例如受到補助機構的個別興趣影響（尤其是當經費來自於開發中國家時），或是受制於智慧財產權規定，以及各地區創新系統間的差異等（Karlsson et al., 2007; Lahsen and Nobre, 2007）。更值得注意的是，當科技運用於處理社會上急迫的永續課題時，往往遭遇基於不同關切點所衍生的議題，例如國家利益、經濟考量、制度規範、生活型態、甚或信仰等等，這些衝突都對環境科技構成挑戰，而「永續科學」的提出就是要正視這一問題。

### 三、永續科學的內涵

在這樣的背景與氛圍中，2001 年一群科學家聚集於瑞典首都斯德哥爾摩近郊的 Friibergh Manor，進一步就「永續科學」的框架內容加以釐清與充實，寄望以「永續科學」為永續發展進程中的科學研究尋求定位。2001 年以 Robert W. Kates 為首的學者，於「科學」(Science) 雜誌上正式將「永續科學」視為一學術領域，並以 Friibergh Manor 會議結論為基礎，列出「永續科學」的七個核心問題 (Kates et al., 2001)：

1. 如何以更合宜的方式將自然／社會間的動態性互動（包含遲滯與惰性），融入新的整合模型與概念之中，以求結合地球系統、人類發展、以及永續性；
2. 環境與發展的長期趨勢（包含消費與人口），如何改變與永續性相關的自然／社會互動；
3. 在特定地方、特定生態系統、特定人類生存型態中，是什麼因素決定自然／社會系統的脆弱性或復原力；
4. 可否定義出具永續意義的限制或界線，從而提供有效的狀況預警，當踰越此一臨界，自然／社會系統將面臨嚴重的環境惡化風險；
5. 何種誘因結構（包含市場、法則、規範、科學資訊），最能有效提昇社會能量，導引自然／社會互動朝著永續方向發展
6. 如何整合或擴張當前的環境與社會監控回報機制，提供永續轉向時更為有效的導引；
7. 如何使目前相對獨立的研究計畫、監控、評估、與決策支援，更適切地與調適管理與社會學習系統整合。

從上述問題中可以看出，自然／社會互動成為「永續科學」的核心研究對象。Kates 等人也在文中開宗明義指出，「永續科學」的提出就是要彌補過去科研社群與制定永續議題的政治與社會過程相疏離的問題，希望透過「永續科學」表達科技社群修正檢討研究議題與方法的決心，以導正過去與環境行動脫節的缺失 (Kates et al., 2001: 641)。此後，「永續科學」以一種新興領域的形式，或更準確地說，以一種值得提倡的研究綱領形式，逐步獲得發展，其成果已確實能跨越生態與社會、甚至地域的藩籬。

「永續科學」的提出意義深遠，尤其對於開發中國家的環境科技政策更有重大的啓示與引領作用。由於開發中國家科技基礎薄弱，研究經費並不充分，研究人力較為短缺，若能以「永續科學」概念引導科技研究，不僅可以鼓勵跨領域研究，也可以更聚焦於在地相關的研發活動，從而得以促進社會溝通與政策辯論，使得全球變遷議題得以與本土產生關聯，使在地永續行動與政策具正當性。



#### 四、永續科學的規範性

然而，知識與社會關係並非是一種簡單的線性連結，單純仰賴科技社群自律所建構的良好規劃並不必然或自動地產生政策及社會所需要的成果與資訊（Funtowicz and Ravetz, 1993; Sarewitz and Pielke, 2007）。儘管「永續科學」強調了自然與社會的互動，但它極容易給人一種錯誤的線性期待，以為倡導「永續科學」，科學的社會溝通責任即被實現。事實上，至少有二個科技社的社會面問題是「永續科學」必須勇於面對的，一是專家與常民間長久的文化隔閡，二是環境議題與知識效力的社會建構本質，以下分別做進一步討論。

今天我們對於科技工程在社會中的運作已較以往有更多的理解，我們不再驚訝於聽聞科技社群與一般民眾之間存在著若干認知差距，例如對於「不確性」的認知就是最明顯的例子（Bradshaw and Borchers, 2000）。「永續科學」主要倡導人之一的 W. C. Clark 已指出，在某些地區「永續科學」推展確已遭遇若干制度性反彈（Clark, 2003），各國推展情形也有分散或細碎化的缺失（Clark, 2007; Komiyama and Takeuchi, 2006）。也就是說，儘管執行的是以「永續科學」為名的計畫，科技社群在如何透過溝通，整合民眾與決策意見，並與不同計畫協作等問題上，均遭遇認知調適上的困難。這當然也與將「永續科學」僅僅視為一個新領域不無關聯，因為這樣的定義毫無約束力可言。因此，我們幾乎可以合理推論，依目前的進展，「永續科學」的深刻意涵很難獲得更廣泛的實現。歸根究底，「永續科學」的推廣，還必須涉及科研體制、社群規範、研究執行的總體變革（Clark, 2003）。事實上，在地區的環境科研工作上，已有識者將「永續科學」稱之為一種「典範轉移」（e.g. Lahsen and Nobre, 2007; Obasi, 2002），如果「永續科學」真代表一種新的典範，那麼應該可以適用於所有相關的科研計畫，無論它是地方型、國家型、區域型，亦或是國際型的計畫，如此，「永續科學」就不能單單視之為一種新興領域。

另外一個科技的社會面問題是，如何能確保科技社群進行科研計畫時，能夠體認科技效能的社會建構性質。科技效力的社會建構，乃是近二十年間「科技研究」從社會學角度檢視科技活動所得到的一項重要觀察（傅大為，2001），它企圖表明科技詮釋與效力必然受到社會文化與制度的形塑，並不存在抽離於社會之外的真理與專業權威。舉例而言，研究者在觀察聯合國氣候綱要公約下若干科技諮詢補助機構的活動時，發現當科技被應用在全球事務時，絕非單純是一種「向權利說真相」的活動，而是一種持續交易與協商的過程（Miller, 2001）。這樣的

觀察已受到科技界的重視，在「永續科學」概念的發展過程中也可以發現除了研究議題與研究方法的討論之外（Kates et al., 2001; Mihelcic et al., 2003），調適與回應社會的能力也一再被強調（Bass and Dalal-Clayton, 2002; Cash et al., 2003）。其中，有要求科技人員負起社會永續發展的責任，或允許多元利害關係人共同商定研究課題，或是對科研成果加諸可信（credibility）、必要（salience）與正當（and legitimacy）的要求，甚而賦予科技社群承擔知識溝通（communication）、轉譯（translation）、中介（mediation）的責任，以上種種均顯示在「永續科學」其實蘊含著「規範性」意涵。正是這種由環境科技與環境政治的互動中所產生的強烈需求，構成科技社會責任的規範，這不能僅以科技界反省與共識來解決，而必須形成的一種更具體的課責形式。因此，並非「永續科學」概念內涵有何不足，而是啟動「永續科學」的認識論基礎限制了這一概念適用上的廣度與深度。如此說來，「永續科學」的規範性意涵有必要加以強調，也就是說，從認識論的基礎上翻轉「永續科學」的意義，不是將之視為一種新興的研究領域，而是將之視為在某一特定情境下環境研究接受社會檢驗的判準。

結合上述的認識論翻轉，與擴大適用的檢討，「永續科學」得以從一種環境研究的指導綱領，轉化為一種評估判準，賦予原有只能單向吸收科技資訊公眾一個合法的地位，就永續知識生產的效用，進行監控與評估，從而創造一個公眾參與研究設計的平台。循此，我們不是被動地讚許科技關懷終能回歸社會，而是主動追問：目前科技投入在多大的程度發揮了與在地住民溝通的功能。本文所要彰顯的就是這樣一個經過修正的「永續科學」概念，這樣的概念才能加諸環境科研一個明確的社會溝通責任，建立科技與非科技之間一個對話平台。

## 五、以在地性作為政策評估的指標

誠如上述，「永續科學」作為一科研評估的標準，應能適用在不同層次之上，以擴大其影響。不過，在國家或政策的評估運用上，就不免涉及較複雜的現象。這主要是由於在國家政策層次上，自然／社會間的互動，以及知識與行動間的關聯，要比單一科研計畫複雜許多，全球環境議題的本土知識生產往往是透過跨領域的合作與協商進行的，科技與工程只是國家資源動員的一環，因此對於一國環境科研的評估，無法以個別計畫來決定。因此，有必要建立一項總體評估（aggregate assessment）的指標，使「永續科學」的概念運用不僅可以涵蓋所有與永續環境相關的科技決策與計畫，又能關照「永續科學」的規範意涵。

基於前述對「永續科學」內涵的討論與批判，可以發現自然／社會的互動都



必須以特定的地域為關聯，唯有以特定的社會情境為基礎，自然／社會互動探究才有意義。Clark 與 Kates 等人近期重新回顧「永續科學」概念時，以「使用啓發導向」(use-inspired orientation) 來輔助說明，這裡「使用」二字的意義正必須對應於特定地域的住民才會有意義 (Clark, 2007; Kates and Dasgupta, 2007)。本文因此建議以「在地性」(localness) 作為國家科研對「永續科學」實現的衡量指標。就發展中國家而言，科研內容的「在地性」指標極為重要，這涉及全球變遷與在地生態的連結問題 (Jasanoff, 2004)，也就是說，這是種全球議題在地化的努力，一旦全球變遷與本土生態理解取得結合，甚至產生在地全球化效果，才能豐富全球變遷治理的內涵，進而形成國際與國內的共識。

以下分就二點進一步說明透過本土科研將全球變遷議題在地化的重要性。首先，由於發展中國家科研基礎受限，對全球環境議題的探究往往極度仰賴國際資源與資助，以及國際科研社群的議題框架，其可能的結果就是造成對本土自然／社會互動的忽略。有研究者已深刻地指出，以全球尺度所展示的科技資訊將呈現與地方關懷極為疏離的知識圖像 (Jasanoff and Martello, 2004)。換言之，唯有那些與本土關懷相連結的科技資訊才能成為公眾討論、審議的素材，從而對於全球環境議題形成共識。

其次，開發中國家之所以對全球環境相關決議加以拒斥，或是反應躊躇，往往並非由於對科學詮釋的不信任，而是基於政治、經濟、認知等因素，當環境議題藉由國際體制轉化為規範或秩序時，全球與地方之間的對立衝突可能更加惡化。對某些開發中國家的決策者與利害關係人而言，環境新秩序所帶來的衝擊甚至不小於環境物理的衝擊。就像是京都議定書，當全球暖化問題被簡化成二氧化碳減量時，無論是對開發中國家的個人或政府而言，京都議定書均十足成爲一種政治議題 (Fogel, 2004; Pielke and Sarewitz, 2002)。足見，唯有透過在地化處理的全球環境科學詮釋，才能引發持續的公眾討論與政策回應。當然，需要表明的是，在地性指標或是「使用啓發導向」，並非指僅僅支持應用計畫而捨棄基礎研究 (Clark, 2003: 5)，而是指科研的問題、設計與成果要能有助於社會溝通與在地認同，因此「永續科學」並不強調知識生產要配合應用效益或政策導向，或是要能帶來經濟利益或國際聲望，它所關注的是一國在設法回應全球環境變遷時，在地科學社群與科研決策單位是否已將知識的溝通、轉譯、中介功能，納入計畫考量。

## 六、國家科研評估的運用與意義

本節以二項台灣氣候研究議題分布的研究成果為基礎，說明「永續科學」概念在國家研評估階層所能呈現的意義。這二份研究主要是以國內外期刊資料庫所檢索之台灣科技論文為分析材料，並運用網絡映射技術（network mapping）進行論文题目的共詞分析（Chen, 2009；陳世榮，2007）。限於篇幅，這裡無法詳盡說明其內容，其所使用的分析途徑亦非本文關切所在，然這二篇論文中的若干分析，均顯示台灣科研社群在氣候變遷研究的議題分布，可用以顯示台灣環境科技實現「永續科學」的情形。

「探究環境治理中的知識溝通」一文顯示（陳世榮，2007），台灣氣候變遷研究有其一定的發展脈絡，並不能期待本土研究一開始就可以對準本土生態問題，因此「台灣學者研究就必然含有在地關聯」的一般看法並不正確。該文同時也發現，在地關聯強的研究議題，諸如「水」、「作物」都列屬邊緣議題，可見國內研究欲達到「永續科學」判準仍有許多努力空間。不過，選擇在國內發表的論文中，卻也發現若干新興的議題極具在地性，諸如「森林」、「衛生」、「農業」，但它們也同樣屬於邊緣議題，有必要予以重視。

「科學溝通與公眾」一文則顯示（Chen, 2009），在「全球暖化」的研究中，能與在地性產生「直接」連結的議題包含有「能源」、「電力」、「衝擊」、與「風」等，由於這些議題均與回應氣候變遷有關，因此可以推論台灣科研計畫與政府政策的配合尚稱良好。至於間接關聯的議題上，則有「排放」、「燃料」、「氣體」、「棲息地」、「生命」、「海洋」、「降水」、「風險」、「熱帶」、「溫度」等，顯示本土科研在暖化問題上也有多樣探察的趨勢。然而，持之與公共領域（媒體）中本土的暖化議題進行比對時，卻發現公共領域中特有的議題諸如「珊瑚」、「健康」、「植物」、「海礁」等足以充分引發民眾關懷的在地生態問題，卻未受到科技領域的相對重視，而科技界投入較多的特有議題，諸如「衝擊」、「生命」、「風險」等，則相對缺乏明確的在地指涉，其社會溝通效果自然不足。

綜合上述可知，「永續科學」概念在國家層面上，可以藉由「在地性」指標，確實地針貶出國家總體環境科技在實現社會溝通上的缺憾與不足，並提示出未來需要努力的科研發展方向。當然這種國家層級的總體性評估，並不能適用在不同的層級之上，而所採評估方法也未必適用在不同案例與不同側重點的分析，這裡所揭示的重點在於，「永續科學」概念在轉化為評估判準後，確實能推衍出一國環境科研需要重視的課題。當然，若是在個別計畫的評估上，應該可以有更具體的指標衡量科技工程是否符合「永續科學」判準，但「在地性」指標仍可以指引



我們省察，研究規劃與執行是否能在最大的程度上考量住民利益、利害關係人需求，以及非專家意見，其成果是否能符合可信、必要，與正當要求，其所累積的經驗與知識是否經得起公開與傳播的考驗。

## 七、結論

科學、技術與工程為當前解釋與解決環境議題的核心，本文引介國際間新興的「永續科學」概念，從而指出「永續科學」雖然正確地回應了當前對於科技工程在永續與環保工作的定位，強調對於自然與社會互動理解的重要性，但若僅自我定位成一項導引科研發展的綱領或領域，其意義與影響必然受限。上文在凸顯「永續科學」的規範意義後，主張超越其作為新領域的原始意義，將之轉化一種判準，提供社會、民眾、政府、乃至利害關係人，評估、監控環境科研的準據，從而提示本土科技社群以更為開放的態度，將「永續科學」視為科技與非科技之間溝通的平台，以確保科研工作的可信度，必要性與正當性，進而實現知識溝通、轉譯、中介的功能。

## 參考資料

- 1.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》，25：1-30。
- 2.傅大為，2001，〈再怎樣都不能〉，《科技、醫療與社會》，1：ii-iv。
- 3.Bass, S., Dalal-Clayton, B., 2002. Bridging the knowledge gap in SD strategies: Research partnerships for sustainable development (WSSD brief paper). International Institute for Environmental Development, London.
- 4.Bradshaw, G.A., Borchers, J.G., 2000. Uncertainty as information: Narrowing the science-policy gap. Conservation Ecology [online], 4, 7. Available at: <http://www.consecol.org/vol4/iss1/art7/>.
- 5.Cash, D.W., Clark, W.C., Alcock, F., Dickson, N.M., Eckley, N., Guston, D.H., Jager, J., Mitchell, R.B., 2003. Knowledge systems for sustainable development. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 100 (14), 8086-8091.
- 6.Chen, R.S., 2009. Scientific communication and the public: Mapping climate issues over India/china and south Korea/Taiwan. Paper presented at 7th International Science Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change.



- Bonn, Germany.
7. Clark, W.C., 2003. Institutional needs for sustainability science. Available at: [http://sustsci.harvard.edu/ists/docs/clark\\_governance4ss\\_030905.pdf](http://sustsci.harvard.edu/ists/docs/clark_governance4ss_030905.pdf).
  8. Clark, W.C., 2007. Sustainability science: A room of its own. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104 (6), 1737-1738.
  9. Fogel, C., 2004. The local, the global, and the Kyoto Protocol, In: S. Jasanoff, M. L. Martello (Eds.), *Earthly politics: Local and global in environmental governance*. The MIT Press, Cambridge, MA.
  10. Funtowicz, S., Ravetz, J., 1993. The emergence of post-normal science, In: R. Von Schomberg (Ed.), *Science, politics, and morality*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
  11. Jasanoff, S., 2004. Heaven and earth: The politics of environmental images, In: S. Jasanoff, M. L. Martello (Eds.), *Earthly politics: Local and global in environmental governance*. MIT Press, Cambridge.
  12. Jasanoff, S., Martello, M.L., (Eds.), 2004. *Earthly politics: Local and global in environmental governance*. MIT Press, Cambridge.
  13. Karlsson, S., Srebotnjak, T., Gonzales, P., 2007. Understanding the north-south knowledge divide and its implications for policy: A quantitative analysis of the generation of scientific knowledge in the environmental sciences. *Environ. Sci. & Policy* 10 (7-8), 668-684.
  14. Kates, R.W., Clark, W.C., Corell, R., Hall, J.M., Jaeger, C.C., Lowe, I., McCarthy, J.J., Schellnhuber, H.J., Bolin, B., Dickson, N.M., Faucheux, S., Gallopin, G.C., Grubler, A., Huntley, B., Jager, J., Jodha, N.S., Kasperson, R.E., Mabogunje, A., Matson, P., Mooney, H., Moore, B., O'Riordan, T., Svedin, U., 2001. Environment and development – sustainability science. *Science* 292 (5517), 641-642.
  15. Kates, R.W., Dasgupta, P., 2007. African poverty: A grand challenge for sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104 (43), 16747-16750.
  16. Komiyama, H., Takeuchi, K., 2006. Sustainability science: Building a new discipline. *Sustainability Science* 1 (1), 1-6.
  17. Lahsen, M., Nobre, C.A., 2007. Challenges of connecting international science and local level sustainability efforts: The case of the large-scale biosphere-atmosphere experiment in Amazonia. *Environ. Sci. & Policy* 10 (1), 62-74.
  18. Mihelcic, J.R., Crittenden, J.C., Small, M.J., Shonnard, D.R., Hokanson, D.R., Zhang, Q., Chen, H., Sorby, S.A., James, V.U., Sutherland, J.W., Schnoor, J.L., 2003. Sustainability science and engineering: The emergence of a new metadiscipline. *Environ. Sci. Technol.* 37 (23), 5314-5324.
  19. Miller, C.A., 2001. Challenges in the application of science to global affairs:



- Contingency, trust, and moral order, In: Clark A. Miller, Paul N. Edward (Eds.), *Changing the atmosphere: Expert knowledge and environmental governance*. MIT Press, Cambridge.
20. Board on Sustainable Development, National Research Council, 1999. *Our common journey*. National Academy Press, Washington, DC. Available at: [http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=9690](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=9690).
21. Obasi, G.O.P., 2002. Embracing sustainability science: The challenges for Africa. *Development and Sustainability* 44 (4), 8-19.
22. Pielke, R., Sarewitz, D., 2002. Wanted: Scientific leadership on climate. *Issues Sci. Technol.* 19 (2), 27-30.
23. Sarewitz, D., Pielke, R.A., 2007. The neglected heart of science policy: Reconciling supply of and demand for science. *Environ. Sci. & Policy* 10 (1), 5-16.
24. WEDC (World Commission on Environment and Development), 1987. *Our common future*. Available at: <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>.
25. WGBU (German Advisory Council on Global Change), 1996. *World in transition: The research challenge (annual report 1996)*. Springer, Berlin.