

## 當核能系統轉化為科技政體： 冷戰下的國際政治與核能發展

張國暉

本文透過科學史、科技史、科學與技術研究（science and technology studies）的發展趨勢評述近年來科技史對研究冷戰（Cold War）的一個新概念：科技政治（technopolitics），並藉此對東亞的核能發展進行初步分析。基本上，透過科技的權力展現即是科技政治，指涉一種利用科技的設計或使用，進而建構、執行及具體化某些政治目的的策略性操作。亦即，特定政治目標的達成必須實質性地仰賴這些物質性及人造性的產物。科技政治承襲及進一步發展了若干科技史重要概念，但在概念層次上與技術的社會建構論卻出現若干扞格，並恐欠缺技術內生政治性的考量。不過，科技政治當中關於「文化及政治脈絡」上的洞見，應可做為一個檢視福島核災的重要途徑。雖然目前東亞各國社會已因福島核災而對核能發展有更進一步的檢討，但除了技術性議題外，仍恐難帶給東亞各國政府與人民在文化及政治脈絡上的根本改變，亦即東亞各國的科學發展早已不只是手段，更是深化為國家目的。本文建議東亞的核能發展可跳脫東亞各國國內的架構，而從跨國角度檢討，進而發展更具歷史縱深及區域整合的觀點，並可藉科技政治的看法，檢視國際政經及歷史文化結構下的東亞核能「科技」及「科技家」是可能如何地扮演政治行動者。

**關鍵詞：**科技政治、科技政體、冷戰、核能、福島核災

---

張國暉：國立台灣大學國家發展研究所助理教授（Email: changk@ntu.edu.tw）

《科技、醫療與社會》第16期，頁103-160，2013年4月出版。

投稿日期：2011年12月06日；修訂日期：2012年11月30日

接受日期：2012年12月08日

# How a Technopolitical Regime Evolved from the Pursuit of Nuclear Power: the International Politics and Nuclear Development during the Cold War

Kuo-Hui Chang

This article reviews a new historical concept of technopolitics during the Cold War, by which it aims to offer a technopolitical perspective on the nuclear development in East Asia after the Fukushima disaster. In addition to introduce Gabriel Hecht's research of nuclear technopolitics in France, the first part of this article analyzes the concept of technopolitics with some recent accounts from history of international relations, history of science and technology, and science and technology studies. Hecht's concept shared a contextualist approach with some critical accounts such as the idea of large technological system in history of technology, but her arguments suggest paying more attention on exploring the cultural and political contexts embedded within technology. Accordingly, the idea of technopolitics shows some dissatisfaction with those explanations about the Cold War history of technology offered by the theories of social construction/shaping of technology and history of international relations. In the second part, this article applies the heuristic concept of technopolitics to explore the development of nuclear power in East Asia. It argues the Fukushima disaster might bring limited impacts on projects for nuclear power and/or weapons in countries such as China, South Korea, North Korea, Japan and Taiwan. In addition to the technological momentum of large nuclear systems that keeps pushing these countries to pursue their nuclear projects, their intensive international relations in terms of hostile military and economic competition to each other leave them little room to make a difference. However, the Fukushima disaster has generated some discussions in societies such as in Taiwan to rethink if they should build their national visions on projects of nuclear development.

**Keywords:** technopolitics, technopolitical regime, Cold War, nuclear power, Fukushima disaster

---

**Kuo-Hui Chang:** Assistant Professor, Graduate Institute of National Development, National Taiwan University (Email: changk@ntu.edu.tw)

*Taiwanese Journal for Studies of Science, Technology and Medicine*, Number 16(April 2013), 103-160.

Received: 2011.12.06; Revised: 2012.11.30; Accepted: 2012.12.08

一個無法對世界之科技進步有所貢獻的國家，其實並不能夠稱之為國家。—前法國總統戴高樂（Charles de Gaulle）（Hecht, 2009[1998]: 39）

如果六〇年代以來中國沒有原子彈、氫彈、導彈，沒有發射衛星，中國就不能算是有重要影響的大國，就沒有像現在這樣的國際地位。—鄧小平，1988年10月24日（王奐若，2000：63）

## 壹、前言

本文透過科學史、科技史、科學與技術研究（science and technology studies; STS）的發展趨勢，評述近年來研究冷戰（Cold War）的一個新概念：科技政治（technopolitics），<sup>1</sup> 藉此對東亞的核武及核電發展進行初步分析。科技政治這個分析概念主要是由 Gabrielle Hecht 在 1998 年的成名著《法蘭西之光：二戰後的核能與國家認同》（*The Radiance of France: Nuclear Power and National*

---

<sup>1</sup> 基於本文脈絡，本文多將“techno”及“technology”一詞翻譯為「科技」，主因在文內所論核能科技多基於科學知識，但一般通用翻譯詞如「技術的社會建構論」則仍採「技術」一詞。然而，在此謹再簡要說明：科學知識並非“technology”的必要及充分條件，technology 本身即可作為一種知識系統，且英語與其他歐語的“technology”內涵及演變過程亦有差異。因此，“technology”一詞宜依使用脈絡的不同而認識及理解。請參考 Leo Marx (2010), *Technology: The Emergence of a Hazardous Concept*, *Technology and Culture* 51: 561-577；陳政宏（2002），「工學院裡的咬文嚼字—談『科學』、『科技』、『技術』」，<http://myweb.ncku.edu.tw/~chenjh/articles/wen.html>（檢索日期：2012年9月11日）。

*Identity after World War II*) 當中提出,<sup>2</sup> 意指一種利用科技的設計或使用,進而建構、執行及具體化某些政治目的的策略性操作(2009[1998]: 15)。在後來的一系列論文中,Hecht以這個概念來刻畫冷戰期間複雜的政治與科技間之歷史,並重新檢視有關國族認同、國家發展、國際關係與核能發展之間的關係。關注的地域也從歐美國家,延伸到非洲與亞洲等前受殖民國家,以及國際組織如國際原子能總署(International Atomic Energy Agency, IAEA)(Hecht, 2001, 2002, 2006, 2009, 2011a, 2011b; Hecht and Allen, 2001; Hecht and Edwards, 2010; Edwards and Hecht, 2010)。

不同於其他多數冷戰史研究將核能科技、彈道飛彈及人造衛星等新科技視為一種外生的力量(意指這些科技是替政治人物預備好的工具),「科技政治」把科技視為帶有政治目的及策略的產物,因此除了必須檢視政治人物、科學家及工程師的互動外,還要觀察他們之間所存在的緊密合作關係,進而驗證國家的技術能力(technical capabilities)如何同時地創造及侷限了許多政治可能性(political possibilities)。另一方面,「科技政治」也揭示科技能力替科學家及工程師自身擴張其政治影響力,贏取更多的經濟資源,使

<sup>2</sup> 《法蘭西之光》一書於1998年出版後,在2009年再版,兩者最大不同在於新增 Michel Callon 為其所做的序文(共13頁)及 Hecht 本人所做的後記(共8頁)。Callon 的重要觀點如腳註3,而 Hecht 的後記主要是對2007年法國總統大選時有關核能政策的討論(見腳註14),並簡述法國在21世紀初的相關核能議題,例如法國拓展國際核電廠市場至中國、北非及中東國家,特別是後者。另 Hecht 也在後記中也提出未來更進一步的研究方向,包括法國與其他國家(如中東國家與中國)核能發展的比較等。除 Hecht, Mitchell (2002) 也提出「科技政治」(Techno-politics)的概念分析埃及的專家治理,但 Mitchell 的科技政治與 Hecht 的有所不同。當前者較從政治學的制度面分析,後者則是以科技史的關懷出發,並同時強調科技及政治的雙向作用。基本上,近年科學史及科技史研究所提之科技政治,多採 Hecht 的觀點。另 Mitchell 及 Hecht 均未引用彼此研究及論點,本文所評述的科技政治僅限 Hecht 及其相關歷史研究所用之概念。

他們獲得管道而參與重要政治決策及政治發展(Hecht and Edwards, 2010)。

「科技政治」此一概念提出僅十餘年，但由於其能提供許多深入的分析，已逐漸獲得科技史、科學史及STS等學界的重視(Callon, 2009; Heyck and Kaiser, 2010)。<sup>3</sup> 然而，科技政治除引起這些領域間的對話外，也存在著相互詰難的批評，例如科技政治的提出被認為是科技史學界對STS的不滿，因為STS主流分析架構，如技術的社會建構論(social construction of technology, SCOT)及行動者網絡理論(actor network theory, ANT)等，低估或忽視了公共(the public)或歷史脈絡對科技發展的影響力。當然也有STS學者Patrick Carroll(2005: 318-320)反駁此批評，認為STS來自科學知識學之學術根源，本有不同關懷，因此建議若Hecht加入STS分析觀點，則可使其研究增加分析清晰度，更清楚地瞭解到行動者的作用，而不止是解釋文化或信念是如何地與技術互動。基本上，「科技政治」的分析概念已在學術界漸漸開展，而不只應用到更多地域的冷戰史(Mitchell, 2002; Lampland, 2011)，更從上述的軍事科

---

<sup>3</sup> Callon (2009: xi-xii) 在為 Hecht 新版《法蘭西之光》一書序文提及，STS 的學術貢獻之一即是展現科技及社會之間的界線並非截然二分，它們的關係也不能僅被彼此所吸納；兩者應是一種「社會技術性(socio-technical)」的安排(arrangements)或組合(assemblages)。他認為這是 STS 對科技與社會間關係的除差異化(undifferentiation)工作，因而指出所謂現實是由科技及社會係共同地及混合地創造出，彼此之間異質性地交纏，只不過這些種種的安排或行為被不同的人被分別認識為科技的、社會的、經濟的或政治的。然而，Callon (ibid.) 認為近十年來 STS 的研究則追問這些不同的認識何以可能，亦即這些多樣且可觀察到的多樣差異仍然存在，而需要再深入探索這些差異的背後為何，因此 STS 有了進一步對「技術社會(the socio-technical)」從事再差異化(redifferentiation)的工作。他認為 Hecht 的研究即在此做出重要貢獻，原因在於她不僅進入科技的黑盒子，並企圖揭露這些差異處，更分析這些差異背後的思維根源，而她的「科技政體(technopolitical regime)」概念，即有效地分析這些差異之後設思維如何衍生出眾多被觀察到的「社會與政治間」之動態及多樣關係(詳見本文第二節)。

技範疇延伸到如廣播、高速鐵路及電腦之新興科技上（Stoneman, 2009; Guigueno, 2008; Hecht and Edwards, 2010）。

本文將先介紹「科技政治」的內涵及實例研究，特別是法國冷戰期間的核能發展，並說明法國自啓蒙時代以來緊密的科技與政治關係之脈絡。接著評述該概念在近年科技史、科學史及STS領域發展趨勢當中的位置，探討其與大型技術系統（large technological systems）、技術的社會建構論及有關科技的批判理論（critical theory）等概念之聯繫。由於歷來「科技政治」的分析相當程度地鎖定在冷戰期間的核能發展，因此本文第五節將透過「科技政治」概念及法國的經驗，比較目前東亞核能科技史與STS研究之成果，試圖為福島核災後的台灣及東亞的核能發展，初步地提供一個有別於經濟、環保、社會運動及政策規劃取向的科技政治觀點。<sup>4</sup>

## 貳、科技政治與冷戰

### 一、科技政治與科技政體的分析概念

何謂「科技政治」？簡單地說是「透過科技的權力展現即是科技政治」（Hecht and Allen, 2001: 14）。其中，科技不只是科技物，

<sup>4</sup> 有關台灣核能的相關STS及歷史研究，胡湘玲（1995）雖也對台灣核能提供STS分析，但主要是從社會學觀點（如風險理論）檢視核四的科學家與社會公眾間的知識對話，其與本文從科技史觀點出發有所不同。另黃德源（2001）、Albright and Gay（1998）、Greene（2008）、王奐若（1998）、吳大猷（1991）及楊翠華（2003）等也曾檢視台灣核能發展史，探討政治脈絡（特別是前三者），但多主要從政治史角度切入，亦與本文強調「科技與政治」的緊密關係焦點有異。再者，翁寶山（2001）則是由技術層面探討台灣核能科技，而朱敬一編（2000）則鎖定在核四計畫、安全及經濟等議題，都未涉及科技史的脈絡關懷。以上研究有助於理解台灣核能發展過程，謹提供參考。

更包含那些非硬體的系統性方法。即便若干科技物及系統：如法國冷戰期間核子反應爐的設計及運作（詳後說明），處處可見政治性地建構（politically constructed），然而這樣的科技仍不足以稱為科技政治。所謂科技政治並不是在科技本身當中，而是在政治過程中，為獲取特定政治目標時，利用這些科技所進行的種種實作（Hecht, 2009[1998]: 15）。科技政治所指稱的政治，既不是政治的另一種名稱，也不侷限於一般政治運作；而是特指政治目標的達成，必須實質性地仰賴這些物質性及人造性的產物。也就是說，科技的設計不只要達成物質上的有效性，更重要的是這些物質的有效性會高度地左右現實政治目標的有效性。這意味著科技會發出特定的政治訊息，而科技專家則藉此同時形塑兼具科技性及政治性的權威。這些專家並不像是一般所認知的政治行動者，如政黨成員或社會運動人士等。常恰好相反的是，他們常利用「科技或科學中立特性」的說詞，主張他們的身份及行動是非政治性的。然而，他們基於專業知識參加、組織、甚至是監督等那些看似極為專業的工作，卻政治性地替他們自己或政治人物創造或侷限了特定的現實政治目標（ibid.: 15-16）。

若由下而上來觀察，科技政治的運作可比擬為若干政體（regimes）間的競爭及合作。<sup>5</sup>基本上，一個科技政體（technopolitical regime）

<sup>5</sup> Hecht 指出她使用政體（regime）（感謝二位評審就此中文翻譯提供寶貴見解）一詞的原因是基於該詞彙帶有政治性的語調，而意指到一組被政體所治理的特定群體、他們的意識型態，以及他們操弄權力的種種方法。所謂「科技政體」一詞即企圖要展現其與政治體制的相關性，但強調科技形塑下的特色。此外，政體也帶有療法或藥方的意涵，亦即科技政體所要追求的不仅是政策及實作，更是要形塑一種更廣泛的社會政治秩序（sociopolitical order），例如法國核子反應爐的設計其實再現及形塑更為全面且細緻的社會政治秩序（Hecht, 2009: 17）。因此，regime 一詞帶有規訓色彩。最後，由於不同 regimes 間的關係強調著權力競爭的動態現象，因此 Hecht 採用這個詞彙來作為她所分析的對象（ibid.）。

當中會具有一些特定的制度運作，連結一群特定的團體，包括政治人物及工程師等特定專家，也涉及一定的政治／科技信仰，如科技官僚治理（technocracy），還有一系列的政治計畫等。不過，他／它們都如戴高樂宣示般地把科技發展視為建構現代國家的主要目的，進而建構出一種科技政治。<sup>6</sup> 然而，在同一科技政治範疇中，不會只有一個政體，而是可能出現不同政體相互競爭。更擴張一步來說，不同的政體及其所建構的科技政治，其實含攝在範疇更大的社會技術組聚（sociotechnical ensembles）當中。亦即，借用Thomas Hughes（1983, 1989a, 1989b, 1995, 1999）大規模技術系統的經典研究（下一小節將進行較詳細的分析）來看，不同的科技政體應是網絡性地連結了不同的政府機關、私人公司、實驗室、科技原料（如鈾礦）出處、大學、工廠等等社經政節點（Hecht, 2001: 257-258）。

## 二、法國核能發展的科技政治

### 1. 冷戰期間的現實政經發展

以上的理論性分析，主要來自於Hecht（2009〔1998〕）對法國第五共和（1958-）初期核能發展的研究。基本上，二戰後的法國亟欲進行戰後重建，恢復以往強盛國力，因此法國領導菁英們重新思考國家在經濟發展上的角色，並特別希望透過工業、科技及科學發展的政策達成此一目標。許多重要的國家型科技機構即在戰後成立，並被賦予以上的任務，這些機構包括原子能委員

---

<sup>6</sup> Harrison and Johnson（2009）也指出國家（族）的建立也需要現在及未來積極性地建構、創造及想像，而不只是尋找過去語言、文化及歷史等的身份認同。因此，科學及科技扮演了建立國家（族）的重要角色，不同的科學及科技追求會創造出不同的國家（族）。

會（Commissariat à l'Énergie Atomique, CEA）及法國電力公司（Électricité de France, EDF）。這樣的政策方向雖有法國長久以來特有的科技官僚治理根源，<sup>7</sup> 不過戰後科技家（technologists）已更進一步地透過參與中央政府的政治，積極加入如何重現路易十四或拿破崙治下偉大法國（French greatness）時代的討論。不同以往，戰後法國科技家不甘只為政治人物服務，更質疑傳統政治人物的貪腐、不實及無效率，所以他們除重新檢視自己的政治角色之外，更主張他們的專業追求才是真正地具備法蘭西本質（essentially French），而政治及科技之間的界線則應被抹去，由科技家直接主導政治及經濟。簡言之，科技家的自我政治認同即是建築在批判傳統政治人物的基礎上（Hecht, 2001: 259-260）。

因此，如果說政治人物會建構出一個意識型態的法國，科技家的政治願景則是一個科技發達的法國。亦即，未來的法國應是透過其尖端的科技，在二戰後取得地緣政治上的影響力。不過，尖端的科技也不能是盲從的，也就是不能普通地追求一般先進國家所追求的科技，而必須是有特色的，否則將會失去其作為一種文化表現的假設。「從今而後，法國之所以能存在於世界的理由，即是在於法國人用法國的科技及科學，對人類文明的進展蝕刻下難以抹滅的巨大貢獻印記」（Hecht, 2001: 260）。是以，科技物不再僅是科技物，而是再現政治及文化特質的人為象徵。法國國家認同因此有不同的詮釋，而這詮釋的策略即是科技家的政治性作為，因為如要界定何謂法蘭西認同，就必須透過獨特的法蘭西科學及科技（Hecht, 2001: 261-262）。

---

<sup>7</sup> 請詳見貳（三）節說明。

## 2. 核能科技政體的競爭

CEA及EDF分別是兩個主要由科技家所組成的科技政體。Hecht稱CEA是國家主義（nationalist）政體，而EDF則是國有化（nationalized）政體。兩者與其他政體們，包括法國中央政府，一同競爭著二戰後國家認同的論述主導權。如前述，戰後法國亟欲重整國家、追求經濟成長，而驅動發展的核心動力即在於充分的能源供給。因此，戰後法國政府即主張核能的和平利用，<sup>8</sup>也就是提倡使用核能供給經濟發展所需的能源。然而，CEA的主事者擁抱戴高樂國家主義（Gaullist nationalism），因此在冷戰環境下，希望法國國力主要是透過軍事力量的提升來達成，所以他們給予自己的任務除了是利用核能提供充足的電力外，更包括透過核能發展核子武器。就此，CEA主事者在選擇核能發電的反應爐型態時，即指定開發「氣冷石墨反應爐」（gas-graphite reactor），<sup>9</sup>正因為此種反應爐有利於發展核子武器（Hecht, 2001: 262-272, 2009[1998]: 60-65）。

其實，在確定開發氣冷石墨反應爐之前，CEA必須先決定要採用哪種的核能原料：天然鈾（natural uranium）或濃縮鈾（enriched uranium），而CEA選擇直接用天然鈾做為反應爐的燃

<sup>8</sup> 由於擔心核武擴張可能帶來的危機，美國總統愛森豪（Dwight Eisenhower）於1953年提出核能的和平運用政策，並將此政策推銷到各國如法國及日本。然而，某種程度來說該政策其實是掩護了美國的核武政策。詳請參考 Kuznick（2011）及 Krige（2006）。

<sup>9</sup> 氣冷石墨意指使用二氧化碳氣體冷卻，並以石墨做為核分裂的慢化／中介（moderator）機制，而對核分裂產生的熱能進行控制。另外，核能發電反應爐有多種的設計型態，包括輕水式（light water reactor）（其中含沸水（boiling water）及壓水式（pressured water）等兩種）、重水式（heavy water reactor）、高溫氣冷式反應爐（high temperature gas reactor）、快速孳生式反應器（fast breeder reactor）等等。

料。CEA的理由有二，第一是法國及其非洲殖民地即富有天然鈾礦，況且自建新的濃縮鈾礦工廠來提煉天然鈾的成本著實太高，而若從美國購買濃縮鈾又恐使法國必須仰賴美國的供應。第二，若使用天然鈾進行核分裂，過程中將會產生能充作原子彈原料的鈾（plutonium），這正是CEA主事者所意圖在發展核電之餘創造的彈性；亦即一方面替法國獲得生產能源的自主權，另一方面又預留未來法國自行製造原子彈的可能。基於以上理由，使CEA在1953年決定自行設計氣冷石墨慢化反應爐，較成熟的型號稱為G2（Hecht, 2001: 263-264, 2009[1998]: 60-78）。<sup>10</sup>

雖然G2的主要目的是發電，但其核心設計概念卻不僅於此。換言之，G2在發電的考量之外，必須使用天然鈾充作原料，並且要生產出「夠好的」鈾。因此，G2的設計相當不同於其他形式的核子反應爐。基本上，雖然鈾是透過天然鈾所提煉，但夠好的鈾卻必須控制在鈾的核分裂初期，亦即若讓天然鈾核分裂的時間太長，將使具備製造原子彈等級的鈾不易得到。因此，核反應爐當中的燃料棒組必須設計成具有快速抽出及送進的功能；然而，矛盾的是，在核能發電的過程中，快速取出燃料棒組的作法，其實是不利於發電效率及效能。若G2的核心設計理念是要發電，那麼燃料棒組必須是要待在反應爐當中越久越好，因為一方面能窮盡天然鈾原料的能源，另一方面維持高溫（使用石墨中介控制以避免過度高溫），得以持續且有力的推動發電機生產電

---

<sup>10</sup> Hecht (2009) 並沒有特別指出 G 代表為何，但數字則為型號，G2 為第二代的設計，之前有較小規模的 G1。根據 IAEA 相關文件的意涵 ([http://www.iaea.org/inis/nkm/nkm/aws/htgr/abstracts/abst\\_28008789.html](http://www.iaea.org/inis/nkm/nkm/aws/htgr/abstracts/abst_28008789.html)，檢索日期：101年3月8日)，G 可能是因其採用氣冷石墨（gas-graphite）設計之反應爐的簡寫，但此僅為作者根據相關文件所做的推測。

力。因此，雖然CEA對法國政府及社會指出G2 是其為發電所設計的原型反應爐，但CEA在當時並沒有把實情完整公布。就爲了取得適於製造原子彈的鈾，又使核能發電維持效率及效能，G2 有著許多特殊的設計（Hecht, 2001: 266-267, 2009[1998]: 71-73）。<sup>11</sup>

相對於 CEA 的 G2，作爲另一個科技政體的 EDF 也自行設計了另外一種核反應爐：EDF1，而這個反應爐的設計目的即純粹是爲了發電的需求。不過，EDF 畢竟只是電力公司，較缺乏 CEA 的專業能力，因此 EDF1 也運用著 G2 的若干基本設計，例如，EDF1 也採用天然鈾原料及氣冷石墨反應爐。但是，EDF1 的許多關鍵設計都與 G2 不同。首先，EDF1 的熱能交換機制即與反應爐同在一個建築體當中（G2 是分開的），以便快速有效地擷取核分裂所產生的熱能。其次，燃料棒組的送取設計也沒有 G2 的複雜，顯示 EDF 希望每一個燃料棒組都能夠被竭盡地使用，所以新的燃料棒組只會在舊燃料組使用完畢，以及核反應爐停止運作之後，才會被送進爐中再啓動反應，以便榨取最多的熱能。基本上，EDF1 反映了 EDF 政體的價值，也就是 EDF 期待爲法國經濟提供最多的能源，藉此促進最大可能的經濟成長。而 EDF 之所以會有經濟成長的政治價值，其主要原因之一即是後來的 EDF 領導階層逐漸地由經濟學家取代工程師（Hecht, 2009

---

<sup>11</sup> 基本上，G2 看似是爲核能發電的原型反應爐，但其實是更爲了取得更好的鈾。因此不只是燃料棒填充機制的設計，作爲 G2 發電的熱能交換機制（heat exchangers）也被較無效率的被放置在距離壓力槽數公尺之遠，甚至更移到反應爐主體建築物之外，浪費了不少熱能。爲了解決以上的問題，CEA 增加了一些特殊的設計，例如，爲不讓快速取出的燃料棒設計妨害核能發電的效率，CEA 設計一種多組燃料棒的機制，讓不同組的燃料棒能輪流地放入及取出於核反應爐（Hecht, 2009[1998]: ch. 5）。

[1998]: 78-90, 2001: 272-286)。

### 3. 核能科技政體的社會性系統

在 1950 及 1960 年代間，透過核反應爐的設計，CEA 及 EDF 都主張了各自對國家發展的看法。當 CEA 為法國爭取建立核武能力的彈性，EDF 則認為經濟成長才是恢復法國榮光的正道。在此，有一點值得提出的議題是，核反應爐雖僅是一較為巨大的科技物及知識，但從反應爐設計連接到建構國家願景及認同的過程似仍顯遙遠，引起論證有效性的質疑。可是，Hecht 引用 Hughes 的「技術系統」洞見，指出核反應爐不僅只是單一的科技物及科技知識，甚至可以連結到社會的許多角落。例如，CEA 在 G2 的研發及建造之後，致力於燃料系統過程的垂直整合工作，因此採礦、燃料棒製造及核廢料處理等等，都成為 CEA 扣連相關產業的聯繫點。特別是在採礦工作上，CEA 需要與法國政府及前法國非洲殖民國家緊密的合作，從而把法國的外交面也帶到這個系統之中，如到馬達加斯加 (Madagascar) 及加彭 (Gabon) 開採天然鈾礦 (Hecht, 2002)。

EDF 的政治理念在於提升國家經濟發展動能，所謂「公共服務 (public service)」是其經營的核心宗旨，因此 EDF 除了自我賦予提供充足穩定及廉價電力，促成民間產業蓬勃發展的責任之外，對於 EDF1 及其核電廠的建造也主張應委由不同民間公司協力參與，以增加國內經濟動能，而不同於 CEA 採取委託單一廠商建造核電廠的策略 (Hecht, 2001: 274, 2009[1998]: 66 & 82)。

因此，由於 CEA 及 EDF 在核心價值上的差異，使得它們對於核電廠、核反應爐及核能發展上有不同作法及認知，更進一步讓

這兩個政體分別與不同社會組織所共同建立的科技政體／科技系統之間形成界線。1960年代末期以後，兩者之間的界線逐漸明顯，彼此的衝突也開始發生。主要的原因有二，首先是相對便宜及簡單的美國輕水式核反應爐終於在1966及1967年獲得打進法國市場的機會，<sup>12</sup>雖然法國政府、CEA及EDF都基於國家自主的政治價值，主張應維持使用氣冷石墨反應爐，但EDF管理階層基於公共服務的價值，認為替法國民間產業生產更為便宜的電力應被優先考慮。其次，EDF在位於Chinon的核電廠於1959年發生一些技術問題（Hecht, 2009[1998]: 99-100），使得法國社會對較為複雜的氣冷石墨反應爐產生質疑。<sup>13</sup>因此，EDF的管理階層重整其科技政治論述，重新定義何謂公共服務，而主張引進美國的輕水式反應爐。EDF的作法是擬向美國購買製造執照，藉此來生產更為便宜的電力，而且可把製造過程分包給眾多的法國國內廠商，促進私部門的經濟發展（Hecht, 2001: 276-283, 2009[1998]: 271-232）。

#### 4. 大型技術系統間的衝突與磨合

EDF購買美國輕水式反應爐製造執照的新策略，引起了法國政壇及社會的緊張關係。其中，CEA及戴高樂都認為EDF的舉動將動搖國家的自主性，除了建造核反應爐技術需依賴美國外，核燃料也必須從美國進口濃縮鈾。不過，由於法國政府係雙首長

<sup>12</sup> 其實美國在1950年代即向法國鼓吹進口他們的輕水式反應爐，但法國政府始終不情願如此做。法國政府也知道輕水式反應爐較便宜，但擔憂美國的控制，所以自行研發氣冷石墨反應爐。不過法國也有輕水式反應爐，但卻是在1960年與比利時合作製造（Hecht, 2001: 290, Ft. 26）

<sup>13</sup> 相關衝突的原因及文中所謂的技術問題都相當複雜，本文僅簡略說明，詳請參閱Hecht（2009[1998]: ch. 3）。

體制，戴高樂政府的另一個重要政治要角：內閣總理龐畢度（Georges Pompidou），也握有相當的政治影響力。不同於軍人出身的戴高樂，龐畢度認為法國國力的展現應在於產業的國際競爭力，國家的認同是建構在活躍的經濟活動上，因此法國必須與其他國家相互依存，盡量提高經濟活動的質量，而不是自外於國際社會，固執地堅持自主性。就此，EDF 政體獲得相當程度的政治奧援，也進一步形塑法國國家的認同方向應往產業經濟發展的道路上，EDF 的核電策略將有效強化法國產業的國際競爭力（Hecht, 2001, 2009[1998]）。

到了 1967 年初時 CEA 及 EDF 開始相互攻擊，進而形成科技政體間的戰爭。當 CEA 指控 EDF 位在 Chinon 核電廠的技術問題是導因於 EDF 不良的民間外包管理時，EDF 則反駁表示氣冷石墨核反應爐過於複雜，而指出問題的根源在於技術，不是 EDF 的管理。此外，CEA 也指出天然鈾的成本預估將可大幅降低，未來 EDF 的輕水式反應爐將會花較高的成本進口濃縮鈾，所以 EDF 的新策略不見得能生產出較便宜的電。不過，EDF 則又指出由於輕水式反應爐在美國已經標準化生產，除了可讓核電廠的興建成本有效降低外，核反應爐也將較氣冷石墨式的可靠。總之，CEA 及 EDF 之間相互質疑，CEA 一直強調國家自主的重要性，並論辯美國的科技移植到法國之後不會出現一樣的效果，而 EDF 則主張美國科學數據的正確及有效性。基本上，兩機構的總裁在「質化」及「量化」評估技術的有效性上不斷爭辯。然而，更重要的是 CEA 及 EDF 都各自主張它們的理念及策略才是真正符合法國利益，國家自主及產業發展似乎難以兼得（Hecht, 2001, 2009[1998]）。

不過，1969 年末時，CEA及EDF政體之間的衝突出現轉機，一個新的核反應爐設計或許有機會得從紙上研究上落實。CEA及EDF都期待中子增殖反應爐（breeder reactor）將會比美國輕水式反應爐更便宜、更有效率，而且更重要的是這種設計是更為新穎的，亦即其他各國（包括美國）尚無這種反應爐，若未來法國能先做出這種新的反應爐，則將標示法國科技領先美國，並且獨步世界。然而，新式的中子增殖反應爐技術還未成熟，在此之前仍須有過渡的方案，解決氣冷石墨反應爐的技術複雜及高成本的問題。EDF的策略是用輕水式反應爐作為過渡方案的方式，說服法國政府及社會，而CEA高層也因此對氣冷石墨反應爐的堅持有所動搖。後來的關鍵點在於因戴高樂於 1969 年初下台，龐畢度接任總統之後，EDF的方案後來終於獲得法國政府青睞。CEA也轉而接著支持EDF的方案，但是部分法國社會大眾及CEA員工對於終結氣冷石墨反應爐的發展仍感到質疑及憤怒。CEA、EDF及法國政府都花了不少策略企圖平息爭議，其中一個是CEA撰擬了一份報告，指出科技與政治不應混為一談，當科技能更為有效率及效能時，不應讓政治阻擋科技的進步。諷刺的是CEA之前的所作所為都是主張科技即是政治，法國的認同建立在法國獨步的科技上，因此當CEA的報告拒斥政治干擾時，這策略才實則是政治性的。之後至 1973 年止，EDF很快地興建了四座新的輕水式反應爐，而 1973 年由於石油危機，更促使法國政府決定兩年內再興建 13 座，使核電發展迅速崛起，到了 1989 年時法國核能發電占總發電比例已高達 70%（Hecht, 2001: 286）。2007 年時法國核電比例更增高到 75%至 80%；但有趣的是，時為兩大黨總統候選人的薩科齊（Nicolas Sarkozy）及賀雅爾（Ségolène Royal）卻都

錯誤地大為低估了真正的數字（Hecht, 2009: 341）。<sup>14</sup>

### 三、法國科技與政治的文化脈絡

前述法國在二戰後的科技政治發展，其實可說是繼承了自啓蒙時代以來的文化脈絡。亦即，科技家本身建構自己對國家的政治願景並實際地介入政治過程，並非是二戰後才有的現象，而法國的政治人物及高級文官亦早有由工程師及科學家充任之傳統（Hecht, 2009[1998]; Kranakis, 1989; Picon, 1992）。早在 18 世紀時，法國哲學家聖西門（St. Simon, 1760-1825）除了被熟知為馬克斯（Karl Marx）的社會思想啓發者之一外，他的若干科學主義及菁英主義主張，更被認為是提供科技官僚治理最直接且最早期的具體來源，而其思想的追隨者（St. Simonians）也被認為是近代最早的科技官僚（technocrats）。<sup>15</sup> 具體來說，這些科技官僚多是 1794 年所建之巴黎綜合理工學院（École Polytechnique, 巴黎理工）的師資、學生

<sup>14</sup> 薩科齊及賀雅爾在總統選舉辯論中各回答了 50% 及 17%。其中，賀雅爾的 17% 其實是指核能占總能源（含石油）的比例，而不是總發電，而薩科齊的 50% 則是即興的回答，沒有其他數據的根據。此外，他們也都錯誤地回答了有關核能發電的其他重要問題，例如對最新核反應爐（European Pressurized Reactor; EPR）的認識等（Hecht, 2009[1998]: 341-342）。

<sup>15</sup> 其實在比聖西門的年代更早之前，法國哲學家伏爾泰（Voltaire, 1694-1778）及英國哲學家培根（Francis Bacon, 1561-1626）也算是曾對科技官僚及其治理概念提出較為具體想法的先驅者，基本上他們都期待把科學主義應用在社會運作上。不過，由於聖西門的宗教主張，使得他的想法較能為時任法國領導人的拿破崙所接受，而使其科技官僚思想顯得較前人為之突出。因為拿破崙當時企求以一種政教協約的方式建立新的法蘭西帝國，希望其統治正當性能出自教宗的認可（Armytage, 2007: 69）。此外，聖西門的國族主義式主張，透露出他對科學家治國的迷戀，比前人更為強烈。他曾經描繪一幅國家治理的藍圖，其中最高治理國會建議由 30 個科學家及 15 個人文藝術家或工業產業人士所組成（ibid.）。據其規劃比例可見，聖西門對科技官僚治理的主張相當明確，甚至是激進的。依據他的想法，科學不僅是人們探索自然世界所仰賴的途徑，其方法及價值更該被應用到管理人們自身的政治事務及社會關係當中（張國暉，2012）。

及畢業校友等 (Armytage, 2007: 66-70; Pannabecker, 2005)。

## 1. 法國科技與政治結合的思想

不同於當時其他法國(如國立道路及橋樑學校(École nationale des Ponts et Chaussées))及其他國家較早的工程學校,巴黎理工的學生必須先修習兩年的基礎科學,特別是數學,然後才能再繼續學習工程專業。因此巴黎理工可以說是第一個開始有工程科學(engineering science)這個現代概念及作法的教育機構,並深深影響了後來其他國家的工程教育,如美國幾個工程學院先驅,包括西點軍校(United States Military Academy at West Point)及壬色列理工學院(Rensselaer Polytechnic Institute)等。據此,巴黎理工的規劃被公認具有劃時代的重要意義:即在其創建之後,工程及科學才產生了高度的連結,之前的工程知識多來自於經驗累積及實務操作,而沒有數學推演及實驗設計等科學方法(Alder, 2010; Mitcham, 2009; Downey and Lucena, 2004; Picon, 1992)。<sup>16</sup>巴黎理工不只坐享科學的知識光環,更由於該校創建於國族主義氣氛昂揚下的法國,使該校的設立不僅受惠於軍事競爭的時代,同時也昭示了共和思潮時代的開端。因此,不難想見該校的畢業

<sup>16</sup> 相對於 18 世紀前的軍事工程師(特別是有關防禦工事的建造材料比例(proportion))細膩計算那種經由實務經驗累積而來的工程參數,啟蒙時期的工程師則開始客觀化的探索這些參數的來源,也就是他們嘗試研究自然界的規律及定律,然後幫助他們解構及重構那些被計算的工程參數。不僅如此,他們甚至質疑以往許多經由經驗累積而來的工程參數,其中有些可能是純粹人為的結果,有時更還帶有鞏固既存的階級性社會秩序的色彩,例如 17 世紀及之前的古典法國建築物常會表現形式性及漸層性的裝飾及施作,藉以彰顯當時王宮貴族較高的社會地位,這意味當時的建築師及工程師透過工程產物把身邊的社會秩序給合法化。除此之外,舊有以經驗性工程參數所施作的防禦工事,也開始無法抵擋因火砲武器的科學性進步所帶來的攻擊,即便它們是工程師仔細計算下所建築的。因此,在 17 世紀結束前,法國工程師比較像是工藝家,他們的專業相對較接近建築師而不是科學家。(張國暉, 2011b)。

生多數進入政府或軍隊任職，日後更成為法國的右派菁英，領導整個國家的發展，其校風更影響其他公立工程及軍事學校，<sup>17</sup> 使它們的畢業生成為國家工程師（state engineers），擁有相當高的政治及社會地位（ibid.）。Antoine Picon（1992: 617）曾經如此形容國家工程師：

他們（工程師）拒絕「科技與人文」、「科技與語言」及「科技與社會」等的對立想法。對他們來說，一個理想的科技常是伴隨著社會計畫所發展出來，而試圖幫助人們與外在環境之間所出現的衝突。這些工程師最突破性的想法，即是要將社會（the social）溶入到科技（the technical）當中。亦即，為何不讓社會的運作像是一個大型又具科學性的工廠呢？

較為具體來說，啓蒙時期的法國工程師開始運用實驗尋找工程參數，他們分析物體材料本身的硬度及彈性等物理性質，同時也對瞭解動態的物理及社會現象感到高度興趣，例如物體撞擊、水體流動及勞動力消耗的情形等。不同於科學家的分析方法是從基本的感官去增長知識，工程師的分析則是將物理性質及自然要

---

<sup>17</sup> 最早被認為具有顯著影響力的工程師是來自於軍隊當中，特別是指那些從事設計及建造防禦工事及戰爭武器（如投石器）的軍事工程師。在若干莎士比亞的劇作當中，工程師也常是士兵的同義詞，例如在 *Troilus and Cressida* 當中的阿基里斯（Achilles）即被稱作是一個少有的工程師。另外，早期的工程教育機構，均是由政府所籌建，而且都緊密地與軍隊合作，例如 1698 年由彼得大帝在莫斯科所建的軍事工程學院（Academy of Military Engineering）、在法國路易十五同意下於 1747 年所成立的國立橋梁及道路學校、由法國大革命國民大會在 1794 年所支持的巴黎綜合理工學院以及在美国傑佛遜總統（Thomas Jefferson）政府時於 1802 年所成立的西點軍校等。參見 Mitcham（2009）及張國暉（2011b）。

素連結到他們的複雜產物當中。也就是說，他們理解及分析自然現象，然後把這些經過實驗後的知識運用到社會生活裡。18 世紀之後，他們利用自然規律、定律及數學計算來彰顯他們的中立性，企圖表現出一種不偏頗於當時封建性的上層政治及社會或特定結構的態度，來設計及製造出工程計畫及產物，而這樣的轉向則能確保他們可以提供公眾幸福。然而，如何能區分哪些工程師的設計是可以提供幸福，哪些又不能夠呢？例如，如果利用受迫的貧困農民勞工來築一條路，這條路或許在未來能增加整體的公共福利，但現在卻會增加這些勞工的負擔，這時國家工程師則必須藉助功利性（*utility*）的量化分析來幫助進行決策（張國暉，2011b）。

由於法國的工程師在 19 世紀之前，即開始形成了一種工程師與公務員合體的傳統（Alder, 2010; Picon, 2009），因此到了啓蒙時期，法國的國家工程師除了必須指導該如何施作基礎建設之外，還必須做出是否興建該項建設的政策決定，而這個決定同時是政治性及經濟性的。另外，他們的影響範圍還從興建與否的決策，延伸到未來該如何維持這些公共基礎建設。如前述，法國國家工程師們藉用功利性的經濟計算來協助他們作決策，而這是一種從轉型後工程實作的實驗及計算分析，移轉成爲公共政策制訂及決策依據的思維。也可以說，他們工程化了啓蒙時期甚至是之後的法國政治經濟體制，特別是在基礎交通建設的政策上，扮演起像是社會價值的選定及排序的法官角色（張國暉，2011b）。

## 2. 二戰對法國科技政治的形塑

到了 19 世紀初期，就數量及權力掌握來看，法國國家工程師已開始顯著的興起，他們逐漸在政府部門中占據重要職位。然而，到 1880 年代之前，幾個重要的官方職務仍主要是由主張經濟自由的文官所掌握，他們主張擴張政府的赤字支出以從事國家建設，而這些建設計畫則是交由國家工程師來規劃及執行。不過，這些支出卻逐漸拖累法國財政，而且這些文官未有進一步的產業計畫，並忽視軍事武力的強化，許多國家工程師除對法國在一戰及二戰的積弱表現感到高度失望外，也更加對經濟及社會等公共事務產生更高的興趣。因此，二戰期間幾乎遭德國滅國的恥辱，使得法國國家工程師們更積極要求參與國家決策、參與政治，並主張法國必須重振軍事武力及科技發展，前述 CEA 及 EDF 之間的角力可說是在此脈絡下的重要一環。許多法國的國家機構，因此在二戰後成立（如 CEA 及國家高等文官學院等）或重組，無論是內部管理方式或對外政策主張，都以科學及科技為核心價值（Hecht, 2009[1998]）。

## 參、跨國的科學、科技與冷戰史

在近期許多[科學史及科技史]的研究當中，科學漸被論證為「科技科學（technoscience）」，科技則被認為是「科技政治（technopolitics）」，而兩者都是重構自我認同及社會認識的重要分析工具（Heyck and Kaiser, 2010: 365）。

Hecht（2001, 2009[1998]）對法國冷戰及核能史研究，除了讓

自己進一步開拓至研究 IAEA 及若干非洲國家的冷戰、核能及後殖民史（包括南非、加彭、馬達加斯加等）之外（Hecht, 2002, 2006, 2011a; Edwards and Hecht, 2010），更啟發了其他學者藉由她的科技政治概念研究印度、俄羅斯、美國、德國、瑞典、中國、以色列、冰島、匈牙利、巴西、沙烏地阿拉伯等國冷戰史，特別是有關核能發展的歷史（Hecht, 2011b; Abraham, 2006; Lampland, 2011; Schmid, 2011; Mehos and Moon, 2011; Moon, 2007; Hecht and Edwards, 2010; Weinberger, 2001）。基本上，核能運用之所以成為冷戰中的核心要角，其原因不難理解，無論是從和平運用或軍事武力的角度來看。如法國，核能的和平運用被相當部分團體認為得有效提供電力、刺激經濟發展，但也可作為毀滅性的武器，同時嚇阻敵人及提升國際地位。相當數量的國家領導人，無論是民主或共產國家，也深知核能及核武所帶來的政治力量，它們政府的正當性及它們的認同政治也正如文初戴高樂及鄧小平所說的必須建立在尖端的科技發展上。「現代國家已經無可避免地需要將統治合法性建築在大規模科技計畫當中：核子計畫是最主要的場域，因為它開拓了眾多的政治可能性」（Abraham, 2006: 64）。

其實，不論是從各國國內政治或國際關係的角度來看，<sup>18</sup> 有關核能科技的冷戰史議題一直是政治學及當代史的研究範疇。然而，若提昇層次來看，科學、科技與（國際及認同）政治之間的緊密聯繫，卻因不同傳統學科領域各有不同的學術關懷，而欠缺了更

---

<sup>18</sup> 關於國內政治，請參考 David Holloway (1994), *Stalin and the Bomb: The Soviet Union and Atomic Energy, 1939-1956*, CT: Yale University Press; Richard Rhodes (1995), *The Making of Atomic Bomb*, NY: Simon & Schuster. 關於國際關係，請參考 Scott D. Sagan, (1997), Why Do States Build Nuclear Weapons? Three Models in Search of a Bomb, *International Security* 21: 73-85; Stephen M. Meyer (1984), *The Dynamics of Nuclear Proliferation*, IL: University of Chicago Press.

為深入的跨界研究。<sup>19</sup> 據Krige and Barth (2006b: 3-5) 指出，當科學史及科技史學者較為努力挖掘科技專家在決策制訂過程中的角色時，政治學及歷史學者則多側重政治行動者的論述及作為。因此，當前者的研究忽略更廣泛及深遠的國際政治及歷史脈絡，後者則低估科學（家）及技術（者）所內含的政治價值及創造的政治可能性。然而，Krige and Barth的觀察恐有限縮於歷史學角度之虞，因為如從STS角度來檢視，已有若干有關冷戰時期現實政治脈絡下的科技史研究，如Donald MacKenzie藉技術的社會建構論對導彈之相關研究。<sup>20</sup> 若較聚焦地來看「冷戰」之「國際政治」與「科技發展」間的關係，Krige and Barth的觀察仍有其見解，畢竟跨國關係脈絡下的科技發展變遷（如科技輸入及輸出），仍因學科關注角度的不同而較未描繪到兩者的相互形塑關係。

近年來已有許多學者開始藉由跨學科的方式，重新檢視冷戰期間的科學史及科技史。他們與以往研究的不同觀點處，包括從跨國、跨區域及全球化的角度，同時觀察「國家政治認同及國際政治角力」與「國際科技移轉及科學交流」的複雜關係(Heyck and Kaiser, 2010; Harrison and Johnson, 2009; Van der Vleuten, 2008; Krige and Barth, 2006a; Downey and Lucena, 2004)。例如，科學史期刊*Osiris*

---

<sup>19</sup> 另有關於科學、科技與政治(理論及體制)的關係，可參考張國暉(2012); Yaron Ezrahi (1990), *The Descent of Icarus: Science and the Transformation of Contemporary Democracy*, MA: Harvard University Press; John G. Gunnell (1982), *The Technocratic Image and the Theory of Technocracy*, *Technology and Culture* 23: 392-416; Sheila Jasanoff (2004), *Ordering Knowledge, Ordering Society*, in Sheila Jasanoff ed., *States of Knowledge: The Co-Production of Science and Social Order*, NY: Routledge, pp. 13-45.

<sup>20</sup> 請參考 Donald MacKenzie (1993), *Inventing Accuracy: A Historical Sociology of Nuclear Missile Guidance*, MA: The MIT Press. 另此處感謝一位匿名評審人就此所提供之寶貴意見，評審人並指出另科學知識社會學 (sociology of scientific knowledge, SSK) 亦有傳統的軍火史專家，如 Paul Forman、Ian Hacking、Evelyn Keller、Stuart Leslie、Brian Easlea 等人。

即於 2006 年出版專號《全球權力知識：國際事務中的科學與科技》（*Global Power Knowledge: Science and Technology in International Affairs*）。該專號雖非僅以冷戰史為唯一主題（畢竟全球化的議題係在 1990 年代之後興起），但國際政治下的核能發展及科技移轉，已被認為是重要且欠缺關心的學術課題，因此該冊嘗試同時檢視科技與政治相互創造及侷限可能性的情形（Krige and Barth, 2006a）。此外，*Osiris*又在 2009 年出版《科學與國家認同》（*Science and National Identity*）專輯，該冊雖不以冷戰時期為限，但著重國家政治脈絡如何與國際科技移轉相互形塑。另一科學史期刊*Isis*也在 2010 年推出《科學與冷戰的新觀點》（*Focus: New Perspectives on Science and the Cold War*）專輯，除探討冷戰期間的科學、科技與國家發展史外，<sup>21</sup> 並對人文社會科學的發展趨勢與冷戰的聯繫關係進行重新檢討。<sup>22</sup> 例如，政治學及經濟學的理性選擇（rational choice）理論，在戰後除因軍工產業及國家安全目的而興起後，又如何的繼續在學界中多樣性地發展。<sup>23</sup>

另外，《交纏的地域：全球冷戰期間的帝國與科技政治》

<sup>21</sup> 請參考 Zuoyue Wang (2010), *Transnational Science during the Cold War*, *Isis* 101: 367-377; Kristie Macrakis (2010), *Technophilic Hubris and Espionage Styles during the Cold War* *Isis* 101: 378-385; Zuoyue Wang (2007), *Science and the State in Modern China* *Isis* 98: 558-570. 另 *East Asian Science, Technology and Society: An International Journal* 6(1)(2012), 亦有相關論文探討東亞科學與國家發展史的議題。

<sup>22</sup> 請參考 David Engerman (2010), *Social Science in the Cold War* *Isis* 101: 393-400; Paul Ericson (2010), *Mathematical Models, Rational Choice, and the Search for Cold War Culture* *Isis* 101: 386-392; Rebecca Lemov (2010) "Hypothetical Machines": *The Science Fiction Dreams of Cold War Social Science*, *Isis* 101: 401-411.

<sup>23</sup> 請參考 Paul Ericson (2010), *Mathematical Models, Rational Choice, and the Search for Cold War Culture*; Rebecca Lemov (2005), *World as Laboratories: Experiments with Mice, Maze and Men*, NY: Hill and Wang; S. M. Amadae(2003), *Rationalizing Capitalist Democracy: The Cold War Origins of Rational Choice Liberalism*, Chicago: University of Chicago Press; Philip Mirowski(2002), *Machine Dreams: Economics Becomes a Cyborg Science*, NY: Cambridge University Press.

(*Entangled Geographies: Empire and Technopolitics in the Global Cold War*) 也是一本利用上述觀點重新檢視冷戰時科學、科技與政治關係的重要論文集 (Hecht, 2011b)。該書特別之處在於採用了人類學及歷史學探索的方式，再次檢視冷戰時的國家發展，並特別關注國際組織所扮演的角色。其次，該書也不同于以往的冷戰研究多僅強調美蘇超強國家的角色，而更細部地檢視其他小國的國際及國內政治，還有它們與超強國家間的主體性關係。最後，該書也藉由STS當中有關科學與科技會如何深入影響政治運作的觀點，進一步分析科學、科技及醫療會變成(後)殖民行動及結構的一環 (Hecht, 2011a)。<sup>24</sup>

從以上的冷戰科學史及科技史發展趨勢來看，科學、科技發展與政治脈絡必須同時觀照，因為科學及科技會對建構國家政治認同與國際政治角力發出重大的影響力。當政治認同會對國內政權要追求什麼樣國際地位(如法國追求往日法蘭西榮光)的產生影響時，國際政治角力則可能形塑國內政權如何建構政治認同的力量(如印度藉參加國際核武競賽鞏固政權正當性)，而科學及科技(如核能發展)在這兩者都扮演極為重要的角色 (Hecht, 2009[1998]; Abraham, 2006)。更重要的是，誠如本節首段所引，如分別改以「科技科學」及「科技政治」認識當代科學及科技，除了能更掌握科學知識及科技物的發展之外，並應可對社會、國家及全球體系有更深入的了解。

---

<sup>24</sup> 另外有關跨國角度所做的科技史研究，亦可參考 Downey and Lucena (2004); Eda Kranakis (2007), *Patents and Power: European Patent-System Integration in the Context of Globalization Technology and Culture* 48: 689-728; Lyth and Trischler eds. (2004), *Wiring Prometheus: History, Globalization and Technology*. Copenhagen: Aarhus University Press.

## 肆、科技政治與 STS

「科技政治」不僅提供一個冷戰史觀點，也為近代科學史、科技史及國際關係史增加新的議題。此外，由於這個新觀點的啟發，STS 相關領域（如技術社會學與技術哲學）也加入對話。本節利用科技史及 STS 近年發展趨勢評述「科技政治」在這些領域中的相對位置，下節則藉此初步分析東亞的核能發展。

### 一、科技政治與科技史

基本上，Hecht（2001, 2009[1998]）的科技政治研究提供了一個重要的科技史視角，試圖對科技及政治作對稱性及互動性地探索。而這樣的研究途徑，應是進一步延伸了 John M. Staudemaier（1990）對科技史的學術史趨勢之觀察，亦即對科技的研究已漸從挖掘科技本身的內部途徑（*internalist approach*），轉向地探索科技脈絡的途徑（*contextualist approach*），而將科技的重要背景結構一同納入認識的範疇。<sup>25</sup> 較具體來說，根據 Hecht（*ibid.*），她的科技政治概念源自於科技史學者 Hughes（1983）對美國、英國及德國的電力科技系統研究。透過跨國的比較研究，Hughes 所提出的無縫網絡（*seamless web*）概念：大型技術系統的社會、經濟及科技層面都是無法分割的連結著，為 Hecht 提供了一個研究法國核能科技的構想根源。

不過，Hecht（2009[1998]: 8-9）也指出 Hughes（1983, 1989b, 1999）的概念並無法滿足她的核能研究，因為法國核能科技發展不

---

<sup>25</sup> 亦請參考 Harrison and Johnson (2009).

只是牽涉到社經結構及企業家精神等要素，更是涉及法蘭西政治歷史及信仰。因此，Hecht 研究的另一個構想根源即是法國的政治及文化脈絡研究。藉此，並利用無縫網絡的概念，Hecht 企圖理解法國的政治及文化脈絡會如何地形塑它的大型核能技術系統。基本上，Hecht 及 Hughes 的研究都繼續延伸了 Staudemaier 所指出的科技史發展趨勢，但兩者有不同的側重層面，而為科技史提供不同的學術觀點。

## 二、科技政治與技術建構／形塑論（social shaping of technology）<sup>26</sup>

當Hecht（2009[1998]: 8-10）一方面強調她的研究係延續科技史發展趨勢時，另一方面其實也隱性地指出她對技術的社會形塑論的批評。雖然Hecht（2009[1998]: 8-10, 350-351）<sup>27</sup>也指出若干STS學者如John Law、Wiebe Bijker及Bruno Latour的研究都對她探索科技與社會的相互形塑關係有所啟發，<sup>28</sup>但她除表示這些社會學及人類學學者的研究較少觸及科技與政治之間關係的議題外，<sup>29</sup>更

<sup>26</sup> 技術的社會形塑及建構論（social shaping of technology; social constructions）所包含的內容較廣，除 SCOT 外，也可談 ANT，其他的建構論觀點可參考 Hughes（1999, 1995）; Sergio Sismondo（1993）, *Some Social Constructions* *Social Studies of Science* 23: 515-553; MacKenzie and Wajcman eds.（1985）, *The Social Shaping of Technology: How the Refrigerator Got Its Hum*, Philadelphia: Open University Press; Williams and Edge（1996）, *The Social Shaping of Technology*. *Research Policy* 25: 865-899、張國暉（2011a）及傅大為（2012）等。

<sup>27</sup> 請參考該文獻第 350 及 351 頁內之註腳 21、22。

<sup>28</sup> 如有關異質工程（heterogeneous engineering）、社會技術組聚（sociotechnical ensemble）及 ANT 等的研究。

<sup>29</sup> Hecht（2009[1998]: 9）指出少數的「科技與政治（脈絡）」的研究有 Donald MacKenzie（1993）; Alder（2010）; Paul N. Edwards（1996）, *The Closed World: Computers and the Politics of Discourse in Cold War America*, MA: The MIT Press.

挑戰SCOT過於保守而欠缺政治層面的考量(Hecht, 2001: 12-13)。<sup>30</sup>基本上, Hecht似乎想傳達一個訊息: 若要清楚認識科技與社會的互動, 歷史及文化途徑仍然重要, 且其能填補對科技、政治結構與文化脈絡間關係的瞭解, 而不只侷限在STS社會建構論範疇內。因此, 從Hecht較早期的研究來看, 她主要還是與科技史及科學史學界對話; 不過, 如前述, 她的研究已漸漸引起許多迴響, 有些STS學者嘗試藉由她的科技政治概念從事研究。簡要來說, Hecht的法國核能研究一方面雖強調歷史學傳統, 但另一方面, 許多後續的STS及科技史研究也開始對「科技政治」繼續進行概念化工作, 而似乎有繼續發展出理論架構的可能。

雖然科技政治已逐漸被歷史及STS學界認為是重新檢視冷戰科學及科技史的重要概念之一, 但如同近年從STS領域發展出來的一些新概念/語彙所遭受的質疑,<sup>31</sup> 科技政治一詞雖提供了新角度, 但似難更深入地建構出一個架構或理論, 不易藉此來比較不同脈絡的科技發展型態。亦即, 雖然Hecht以歷史研究為主, 但若就社會科學的角度來看, 科技政治似仍難被具體地概念化。究竟「透過科技的權力展現」的分析要項、型態、甚或是指標有哪些? 如何進一步藉此建構出理論來「解釋」不同地區的科技政治, 而不只是「描述」, 可能更是STS當中偏向社會學專長的學者所好奇的。簡

<sup>30</sup> 有關近年對SCOT的批評與挑戰, 請參考Hans K. Klein and Daniel Lee Kleinman (2002), *The Social Construction of Technology: Structural Considerations*, *Science, Technology & Human Values* 27 (1): 28-52; Langdon Winner (1993), *Upon Opening the Black Box and Finding It Empty: Social Constructivism and the Philosophy of Technology*, *Science, Technology, & Human Values* 18 (3): 362-378; 張國暉 (2011a); 傅大為 (2012)。

<sup>31</sup> 這些概念及語彙如生物政治 (biopolitics)、生物經濟 (bioeconomy)、生物國族主義 (bionationalism)、科技科學 (technoscience)、共生 (co-production)、操演性 (performativity)、多樣跨科學領域 (variable transscientific fields)、跨領域工作 (boundary-work) 及有限論 (finitism) 及註腳28所提等。

言之，從科技史發展出來的科技政治與STS的社會學傳統間，似出現相互扞格之處，因為當前者強調脈絡的重要性，後者則是提出像是SCOT或ANT等理論，<sup>32</sup> 而試圖提供具體架構解釋科技物的發展史，基本上前後兩者對研究科技物發展過程有不同取徑。<sup>33</sup>

然而，當「科技政治」有可能繼續精緻其概念化內容，而技術的社會建構論也越趨結構化及脈絡化時（Klein and Kleinman, 2002; 張國暉, 2011a），科技史與技術社會學的界線似乎逐漸模糊。例如，SCOT後來即有若干新發展，像是納入技術物完成後的社會回饋，不僅只是鎖定在技術物的設計過程，而強調技術與社會之間的長期動態關係及其背後的脈絡性機制（傅大為, 2012; 張國暉, 2011a）。<sup>34</sup> 因此，Hecht（2001, 2009[1998]）或許毋須太過批判技術的社會形塑論（如SCOT），<sup>35</sup> 而可試圖採用若干技術社會學的觀點再檢視法國核能科技發展，社會學及政治學等學者似也可加入繼續概念化「科技政治」，進一步拓展STS跨越學科領域邊界的工作（boundary-work）。

<sup>32</sup> 請參考 Bruno Latour (1987), *Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers through Society*, MA: Harvard University Press.

<sup>33</sup> 本文所指社會學家僅侷限較偏向 STS 當中的社會建構論者，有許多其他社會學家也都對科技與政治間的關係發展學說或理論，如 Ulrich Beck 的風險社會理論等。由於本文鎖定在科技史、科學史及 STS 領域，未評述科技政治概念與風險理論等的比較，但並不意指風險理論較不重要，也不意指兩者沒有共通及衝突之處。

<sup>34</sup> 傅大為（2012）對張國暉（2011a）在 SCOT 的新發展上提出一些更為清楚的說明，並提供文獻上的參考實例。SCOT 主要受批評處之一，在於其難以反應社會結構對技術物的深刻作用（如市場機制、政治信仰、對技術的使用習慣及傳統態度、男女及階級等差異），因此 SCOT 的新發展注意到更長期的技術物發展變遷過程，除包含相關社會團體對穩定後之技術物還有進一步妥協外，也在強調這些妥協可能植基於市場機制（如傅大為所舉螢光燈之例）、傳統習慣與地理環境（如傅大為所舉福特 T1 車之例）等結構性的影響。

<sup>35</sup> 相較 Hecht（2009[1998], 2001）較早期的研究，她（2011b: 1-12）似乎也傾向有這樣認知，而更為肯認 STS 的貢獻。

### 三、科技政治與科技的內生政治價值

雖然 Hecht (2001, 2009[1998]) 指出技術社會學較缺乏科學、科技與政治、文化脈絡間的研究，但就較廣義的 STS 研究來看，政治與文化面向的技術研究始終是 STS 的重要學術議題。若檢視 Hecht 對科技政治的定義：「透過科技的權力展現」，那麼從科技本身所內含的政治價值似也應包括在內。例如，Landon Winner (1977, 1986) 對核電廠的研究即指出，由於科技本身高度複雜且需求絕對安全運作等考量，核電廠的管理機制必須極度地層層節制，以避免出現絲毫差錯。因此，像核電廠這樣的大型技術系統所派生出來的管理機制勢必專制，而蘊含了特定的政治價值。其他像是核電廠的大型技術系統，還包括航空母艦艦隊等。除此之外，其實馬克斯 (Karl Marx)、Jacques Ellul、海德格 (Martin Heidegger)、馬庫瑟 (Herbert Marcuse)、傅科 (Michel Foucault)、Lewis Mumford 及哈伯瑪斯 (Jürgen Habermas) 等思想家，也不斷提醒科技的內在價值、政治或論述 (discourse) 性質，對人類文明或生活情境的意識型態性力量及權力控制等。因此，「透過科技的權力展現」係受到長期關懷的議題，特別是從技術哲學的層面出發。

不過，Hecht (2001, 2009[1998]) 所指的科技政治應是鎖定在現實政治的場域，特別是涉及公共政策、國家發展及國際地位等的現實政治，而且科技所內嵌的政治目的是由政治行動者所賦予的。因此，科技與政治的關係是雙向且現實的，亦即科技與政治對彼此都給予現實上的可能性，而不只是前段舉例所指的由科技物本身所單向派生出來的意識型態性權力。此外，Hecht 所指科技政治的政治是基於歷史及文化脈絡所衍生，因此科技政治的權力表現在具有脈絡性質的國族政治認同及國內外政治角力，而 Winner 所指核電

廠派生的權力，雖也在現實當中造成專制管理，但這樣的權力展現並非是基於在地文化及歷史脈絡。就此，Hecht 的研究確做出了相當重要的學術貢獻。

然而，Hecht（2001: 284-286, 2009[1998]: 300-304）的研究似仍忽略了以上科技內生政治價值的作用。例如，前述當法國政府決定從美國進口輕水式反應爐作為發電主力，引發 CEA 氣冷石墨反應爐核電廠員工強大的示威抗議時，對於這樣的反抗或可借用科技內生政治價值的分析。亦即，由於核電廠亟需高度分工的龐大組織，除難以建立之外，也不易降低規模，甚至是加以縮小或消除，一旦核電廠開始啟動建造，如 Hughes（1995）所說的科技驅動力（*technological momentum*）一旦啟動就難以減緩成長、甚至是暫停，因為大型技術系統連結了眾多社會、政治及經濟層面，使之啟動後，組織即越發加速成長。因此，大型技術系統（如核電廠）若要進行改變或移除，都相當不易，而這應是這些系統的內生政治特質之一。因此，除非有其他大規模事件（如石油危機）發生，大型技術系統的轉向或調整恐難出現。而以上的舉例，或許也能從 ANT 的觀點，提供不同的解釋，亦即在科技與社會的關係當中，非人行動者（*actants*）如核電廠，也具有能動性，驅動行動者與科技之間的關連。簡要來說，技術社會學及技術哲學應都能為科技史的事實描述工作之外，提供若干的可能解釋。

## 伍、初探東亞核能的科技政治

2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分位於日本本州島東北方的宮城縣

以東近海，發生了約芮式規模 9 的強震，<sup>36</sup> 並引起高約 38 公尺的海嘯入侵至內陸最遠 10 公里處。<sup>37</sup> 地震及海嘯除直接或間接造成超過 1 萬 3 千人死亡及 1 萬 5 千人失蹤外，福島第一核電廠（共六機組）的冷卻系統更在當日遭受破壞，導致其第一至四號機組在數小時至數日內爐心熔毀及爆炸等重大事故，更嚴重的是放射性物質也因此外洩，引起大規模的輻射污染災難（Norio et al., 2011）。國際原子能總署在福島核災發生後數週內，接連將其暫訂的災難程度，提升至與 1986 年前蘇聯車諾比（Chernobyl）核災相當的最高級（第 7 級）事故。<sup>38</sup> 由於福島核災聚集了地震及海嘯等的地理特質，<sup>39</sup> 傅大為（2011）指出這場核災不僅帶出有別於過去西方的核能發電問題（如核廢料處理），而得以標示出核能問題的東亞特性之外，更可作為東亞反核運動及建構東亞 STS 理論的契機。誠如傅大為的觀察，在福島核災後已引起了學界許多有關核能、風險及災難的 STS 研究。<sup>40</sup>

<sup>36</sup> 請參考日本氣象廳 <http://www.jma.go.jp/jma/press/1103/13c/201103131830.html>（檢索日期：2013 年 1 月 8 日）。

<sup>37</sup> 其中就海嘯高度，有若干不同資訊，另有關海嘯侵襲面積等資訊，均請參考 Norio et al. (2011)。

<sup>38</sup> 有關福島核災等級判斷，請參見國際原子能總署 <http://www.iaea.org/newscenter/news/2011/fukushima120411.html>（檢索日期：2013 年 1 月 8 日）。有關核災分級定義亦請參見國際原子能總署 <http://www-ns.iaea.org/tech-areas/emergency/ines.asp>（檢索日期：2013 年 1 月 8 日）。另依前述資料及 Norio et al. (2011)，大致來說，地震發生時，第一至第三機組正在運作，雖緊急停機，但它們的冷卻系統卻因受海嘯侵襲及相關連鎖反應，而失去供電並停止運作，造成燃料棒外露，並另引發產生大量氫氣，最後因氫氣累積過多爆炸，導致圍阻體破壞，接連讓放射性物質釋放到廠外。另當時第四至第六號機組雖正處停機檢修，但因第四號機組置有的使用過核燃料棒仍具衰變熱及放射性，且又發生氫氣爆炸，使得放射性物質亦外洩至廠外。不過，必須注意的是，上述機組的冷卻系統故障、氫氣爆炸及圍阻體破壞等原因及過程不一，詳情請參考上述資料及東京電力公司 <http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/>（檢索日期：2013 年 1 月 10 日）。

<sup>39</sup> 有關福島核災的特殊地質及地理特質，可參考 Nöggerath et al. (2011)。

<sup>40</sup> 請參考 2011 年 Society for Social Studies of Science 年會議程，<http://www.4sonline.org>

然而，本文透過評述科技政治的文獻，欲指出的是西方核能發展的問題其實還有不同於核廢料處理、核電廠除役、核原料運輸等技術性範疇的議題。雖然這些議題也是「科技與社會」關係的一環，但不應單純地視為僅具表面意義的技術性議題（胡湘玲，1995），而是更要深究核能與社會之間更深層的政治、文化及歷史脈絡關係。西方核能發電的脈絡問題如法國的科技政治，應能對東亞核能的 STS 研究有所啟發，特別是從大型技術系統的無縫網絡及科技驅動力的角度來檢視，並且更深入地探索這些系統背後的政治文化及國際歷史脈絡。亦即，藉由科技政治概念，應可發問：近代東亞各國是如何接受與認識科學及科技？它們的認同政治與科學技術之脈絡關係？究竟二戰後不久東亞各國的核能方案是如何可能？又一旦核能方案開始啟動後，是否即歷史性地、政治性地及社會性地難以轉向或停止？東亞核能發電系統是如何嵌入社經層面，並如何創造現實政治上的利益，甚至是國際政經角力及國族認同形塑？基本上，依下文的初步分析，本文認為這些議題的重要性並不亞於核能科技的種種安全性問題，而使得核能科技系統的歷史及政治驅動力強韌，因此即便東亞國家的核能發展雖然遭逢如此接近（時間上及地理上）及巨大的福島核災，仍不難從法國科技政治的啟發來推測：目前東亞各國政府們仍不改其志的維護核電或（及）核武。

以下各小節將先評述東亞核能科技史文獻及其與科技政治觀點的異同，接著提出科技政治觀點對東亞核能發展的啟發，並再以此檢視當前東亞各國對福島核災的 STS 研究，最後提出以科技政

---

/meeting（檢索日期：2011年11月17日）。另亦可參考期刊 *East Asian Science, Technology and Society: An International Journal* 5 (3, 4)及 *Bulletin of the Atomic Scientists* 67 (4, 5, 6) 相關論文。此外，也有若干網站專門討論福島核災如 <https://teach311.wordpress.com/>（檢索日期：2011年12月1日）

治觀點發展東亞 STS 核能研究的若干可能方向。

## 一、科技政治觀點與東亞核能科技史

誠如本文第三節指出：雖然冷戰及核能都是政治學、當代史及科技史的重要議題，但因不同學科的學術關懷重心有異，使得科技與政治相互交纏面的歷史分析及因此所發展的相關概念（如科技政治）仍有欠缺。基本上，冷戰期間東亞各國的核能史與政治史其實更反應了這樣的現象，而多偏向將核能科技及核能科技家視為外生性或工具性的角色，分析它／他們如何為鞏固政權、穩定區域與發展經濟而服務。<sup>41</sup> 若更進一步來說，其實在東亞的脈絡中，單是核能科技的歷史本身都仍恐需相當程度地挖掘。DiMoia（2010）發表在科技史期刊 *Technology and Culture* 一文探索南韓 1945 至 1965 年間的核能科技史，恐是少數且重要的英文科技史文獻。

DiMoia（2010）指出二戰後韓國的電力供給多來自於北韓的水力發電，但因俄國控制北韓，使得美國主控下的南韓電力供給受制，並進一步影響南韓社經穩定。而在韓戰結束後，美國政府的核能和平運用計畫（Atoms for Peace）<sup>42</sup> 引起南韓政府的高度期待，希望儘早建構核電廠提供穩定電力。然而，不只在南韓，即便是在歐洲，美方都希望是以漸進的方式執行這項計畫，並且由美方主導發展的程度及方向，先以科學研究做為核心工作，使得不同行動者（包含美方科學家、南韓官方及南韓科學家等）出現一連串衝突。<sup>43</sup> DiMoia（2010）一文重點之一即是探討南韓科學家的角色，他們不

<sup>41</sup> 例如台灣的部分可參考註腳 4，日本可參考註腳 8。

<sup>42</sup> 有關該計畫，可參考 Krige (2006)。

<sup>43</sup> 例如南韓希望未來核電發展能保有脫離美方控制的彈性，因此也要求到其他國家接受訓練，將來有機會從其他國家（如法國）移轉核能科技（DiMoia, 2010: 602-603）。

但藉此計畫宣示自己為南韓本土的科學家（即便他們多數是接受日本高等教育訓練），也某種程度地向南韓政府及美方爭取自主權，<sup>44</sup> 並且將此計畫連結南韓的科學傳統，<sup>45</sup> 企圖彰顯他們全新及去殖民的專業及政治認同，進而型塑以透過發展科學及科技的方式重建韓國的政治論述。<sup>46</sup>

基本上，DiMoia（2010: 592）研究南韓核能科技史的出發觀點來自於前述第三節的科技史發展趨勢，亦即企圖同時地檢視冷戰脈絡、國際政治與核能科技三者之間的相互影響，而DiMoia即是將研究區域鎖定在二戰後的東亞，特別是南韓在冷戰期間受國際主義影響下的科學實作。<sup>47</sup> DiMoia（2010: 591）雖然也引用Hecht（2006）有關「國家如何透過科技物及其相關系統性方法以達到不同目的」的想法，但並未直接使用科技政治的概念。然而，DiMoia一文著重在核能科技家所扮演科學性及政治性角色（特別是國族認同及專業認同上的政治性主張）<sup>48</sup> 的觀點，與Hecht的相關研究有共通之處，但在結構上有所不同。當南韓核能科技家身處威權政體當中，而積

<sup>44</sup> DiMoia（2010: 604-608）指出南韓核能科技家（特別是核能計畫領導人）提出若干在地性的主張，例如希望核能研究與大學研究社群脫離，並且將核能廠區設置在偏遠位置，交由軍方主導，以保持其獨立及隱密性，甚至也藉此來增加南韓本土科學家的個人權力。然而，這些要求顯與美方期待差距過大，因美方希望核能發展必須仰賴在地大學科學社群的參與，無論是基於核能安全研究或是在醫療科學研究的目的，而希望將設施蓋在首爾大學附近。

<sup>45</sup> 如在南韓第一個科學研究機構「原子能研究所（Atomic Energy Research Institute, AERI）」動土典禮上，將被視為是南韓科學發展源頭之「瞻星台」影像放在典禮圖騰中心，而熟知的原子符號則放在圖騰的四個角落（DiMoia, 2010: 613）

<sup>46</sup> 這樣的論述除了也受到政治人物如當時總統朴正熙的支持外（朴被認為是現代科學的真正信仰者），南韓社會也多對核能科技持正面樂觀態度。雖然南韓距離日本原爆的時間及地理距離都不遠，但南韓社會多將廣島及長崎原爆視為韓國解放的關鍵（DiMoia, 2010: 604）。有關朴正熙的科技政策，請參考 Kim and Leslie（1998）。

<sup>47</sup> 有關冷戰與國際主義，請參考 Krige（2006）。

<sup>48</sup> 有關此一概念請參考張國暉（2011b）。

極透過科技輸入為國族、政體及自身鞏固政治認同及權力時，法國的科技家則是主動性地透過發展核能科技提供國族及政體不同的政治可能性。因此，戰後初期兩國核能科技家都扮演重要的政治性角色，但後者的政治能動性更強，占有主動性地型塑政治論的位置，使得科技政治更為可能。

雖然科技政治概念對分析南韓戰後至 1970 年代前的核能科技史恐不盡適切，但是當南韓在 1970 年代之後因科技能力迅速提升，而有自主性地發展核能科技的可能時，其科技家恐有相當機會提供更深刻及廣泛的政治可能性，甚至轉而主導政治局勢去向特定的科技發展傾斜，使政治難以監督科技，甚至讓政治與科技彼此相互服務，並且塑造國家發展即科技發展的單向與獨斷之論述。基本上，南韓的核能科技史在結構上應與日本及台灣具有相當程度的共通處，這三個國家均在冷戰期間接受美國的監督下發展核能科技，而三者的政權都傾向為威權式地操控了國家的其他重要部門。不過，目前這三個國家的科技能力雖仍有差異，但已非戰後初期的粗糙，所謂科技家在大量生產之外，也逐漸占有國家各部門重要位置。因此，相對於科技史領域，科技政治概念或更能對近二、三十年來的東亞科技發展，特別是核能科技，提供不同觀點，並更深入的加以觀察，例如對福島核災的政治、文化及核能發展之歷史脈絡進行探討。

## 二、科技政治觀點對當前東亞核能發展的啟發

從法國的科技政治來看，由於核能科技的高度複雜（無論是在技術本身或組織管理上）（Perrow, 2011, 1999），在科技政策及實作的過程中，即便是高度成熟及發展的民主國家如法國，政府對核電

的處理及認知恐與極權專制國家相似，不僅領導人對核能科技的認識有限（如薩科齊對核電的瞭解），制訂政策的過程中也充斥著封閉（如 CEA 及 EDF 高層的政治信仰影響它們的核能科技發展，政府及公眾僅有限度的參與）、隱瞞（如 CEA 在法國政府和平運用核能的政策下，仍透過氣冷石墨反應爐提煉原子彈鈾原料）、甚至是欺騙的情形（如前述 CEA 對抗議員工的作為）（Hecht 2001: 284-286, 2009[1998]: 300-304）。許多一般自由民主國家對權專制國家核電管理的批評，似也不偏不倚地回擊本身。

雖然本文介紹的法國科技政治係在數十年前的冷戰期間成形，但日本政府在福島核災發生當時及之後的作為，始終難以獲得坦白、公開或有效能的評價（Fujigaki and Tsukahara, 2011; 池上善彥, 2012）。法國及日本的情形透露了這樣的訊息：自由民主政治體制的治理功能似乎在面對大型技術系統時，遭遇相當的侷限。就此，社會又如何能清楚瞭解核能發展的實際過程，即便多數公眾們都被教育了「正確」又「充足」的核能知識。畢竟知識歸知識、實作歸實作，大型技術系統的細微處實在綿密，其組織又如 Perrow（2011, 1999）所觀察的龐大繁複，而支持這些系統的社經政體系（如法國及日本）<sup>49</sup> 又過於嚴密，公眾的科學知識及民主體制仍有待加強以照亮種種實作過程（Fujigaki and Tsukahara, 2011），而難以讓這些系統變得清晰透明。或許大型技術系統的內生政治特質之一，對政府及公眾來說，即包括不可治理性（若保守一些來說，也會是極高度困難治理性）。

本文呼應傅大為（2011）透過福島核災尋找東亞特性STS分析及理論的呼籲，但主張補充由科技政治的觀點觀察，東亞特性的控

---

<sup>49</sup> 日本的情形可參考 Fujigaki and Tsukahara (2011)，而法國情形即如本文第二節。

掘與探討可從地震及海嘯等地理特質，延伸到在地的國內外政治及文化脈絡。若能對核能的政治、經濟及社會層面進行歷史分析，或許能對核能科技系統的「轉向」或「調整」（由於大型技術系統的驅動力具有強大慣性，<sup>50</sup> 恐難將核電及核武「廢除」）有所貢獻。首先，東亞各國包括台灣、中國、日本及南北韓等，雖如同歐美先進國家的理由，亦基於國家國防或經濟安全（通常兩者兼具）而移轉或發展核能，但與東西冷戰脈絡下的歐美國家所不同者，可能在於東亞各國的國防及經濟安全威脅多直接來自於彼此。例如，台灣與中國間、北韓與南韓間、南北韓與日本間、中國及日本間的軍事衝突及競爭（涉及核武），<sup>51</sup> 以及這幾個國家之間高度重疊且競爭的經濟產業發展（涉及核電）。<sup>52</sup> 甚且，這幾個國家之間更僅在一、二個世代前都實際地發生過殘酷戰爭，血淚記憶猶新，即便苦難傷口在數十年後逐漸癒合，目前也興起了緊張的經濟競爭，彼此都為求生存而亟欲在國際市場上取代對方，經濟攻擊及防衛的程度應不遜於軍事的。再者，歐美國家也都為自身利益而高度介入東亞各國間的軍事與經濟關係，使東亞安全局勢更多變。因此，從國際政治的角度來看，東亞各國核能發展的動機幾乎都來自於彼此活生生且

---

<sup>50</sup> Perrow (2011)指出核能科技系統具有強勁的發展慣性 (inertia)，其組織及管理恐會越發難以節制，更出現難以避免的意外。Perrow 的慣性概念與 Hughes 的科技驅動力概念有相似之處。

<sup>51</sup> 中國是五個傳統核武國（其餘四國為美、俄、英、法）中唯一仍在繼續擴張核武的國家，據估計中國目前約有 240 個各式核子彈頭（陸上、海上及潛艦發射），到了 2020 年代中期，中國瞄準美國的長程核子彈頭數目（約 100 個）可能會是美國瞄準中國的两倍 (Kristensen and Norris, 2011)。另北韓在 2003 年時退出聯合國的禁止擴散核子武器條約 (Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons, NPT)。

<sup>52</sup> 除北韓外，日本（第 3）、南韓（第 5）、中國（第 9）及台灣（第 14）都在全世界核能發電量前 15 名（其餘均是歐美國家；前 20 名中也僅增加印度一個非歐美國家），南韓、中國及台灣還繼續增建核電反應爐（目前全世界 75% 的新建數在南韓、中國、印度及俄羅斯），中國的增建數更是世界第一 (Schneider et al., 2011)。

幾乎零距離（均在彼此短程核彈射程內及無距離的全球貿易戰）<sup>53</sup>的危機感，期待東亞各國政府及人民同意捨棄核武及核電來確保自身可能是「想像的」國防及經濟安全，恐非易事。

### 三、目前東亞各國就福島核災後的回應及 STS 研究

確實，福島核災的傷害已經夠巨大了，日本也需要付出極大的代價。然而，若從東亞各國的現實政治脈絡來看，由於因彼此所造成的傷痕還歷歷在目，而對彼此潛在的軍事及經濟威脅又如影隨形，東亞各國政府（如台灣）積極回應福島核災的方式，恐僅止於技術性地提高核能設施的防震係數、防海嘯圍牆高度及相關安全措施（如防災演練）（Chan and Chen, 2011）。眾所周知，台灣數個核子反應爐就在人口稠密的首都圈內，似也僅只有提高目前「被看得見」及「被認識到」的安全設計，核四仍照計畫地要在短期內商轉。再者，即便福島核災就發生在日本，且當時的日本首相菅直人宣稱若放棄核電也能達到國內電力需求，但日本政府對核電的支持仍然強勁（Takubo, 2011; Fujigaki and Tsukahara, 2011）。另外，南韓官方似乎也強調核能安全的加強及核能知識的普及，而少有進一步對核能的徹底檢討（Chang, 2011; Hong, 2011）。不僅如此，當福島核災發生時，南韓總統李明博更有迥異於其他具有核能設施國家領導人的反應，公開讚揚韓國核能科技的進步、安全及效能（Hong, 2011）。甚至，即便從南韓社會的角度來看，自 1980 年代晚期開始民主化運動，雖提出不同聲音，但南韓人民期望藉由科技進步帶來國家發展的想像，卻更支持他們政府在開發核能上的政策，他們對

---

<sup>53</sup> 射程短隱含著僅有短時間可做出反應，包括雙方緊急協商、飛彈轉向、攔截或反制攻擊等，因此無可挽回的傷害可能會極快及極有效地造成。

於國家發展失敗及依賴國外勢力的擔憂，顯更勝於核能所可能帶來的科技風險（Jasanoff and Kim, 2009; DiMoia, 2010; Hong, 2011）。

然而，福島核災可能並非只有小小地提高核能安全設計的正面意義而已，這場核災或許開始激起了東亞公民社會的自我檢討。除了反核的社會運動外，就較為深層的文化脈絡來看，東亞社會似更可藉此重新檢視十九世紀以來科學救國的意識型態，反思對科學及科技進步的迷戀，以及國家發展的意義及代價何在。因此，雖然難以廢除東亞核能科技系統的存在，但福島核災的後果或能減緩系統的自我膨脹，也或能促使系統的轉向，亦即讓系統能更接受社會的監督，正視公眾的各種檢驗，並願面對社會出現不同於立基在核武及核電的國家發展觀。當然，這些只是轉向及調整的可能而已，它們也很可能不會出現，而所謂調整更可能是加速大型技術系統的發展，如本文前述石油危機促進法國進一步發展核電。南韓更因車諾比核災所引起的全球反核效應，藉此反而成功要求美國移轉更多關鍵技術，加速其核能科技發展，最後更在 1998 年自行研發出「韓國標準（Korean standard）」核反應爐，<sup>54</sup> 並於 2009 年擊敗法國、美國及日本等先進國家輸出到阿拉伯聯合大公國（Hong, 2011）。

但若再從另一面觀察，不同於車諾比核災，南韓學者Sungook Hong（2011）也指出因福島核災所帶來的緊迫性，已引起許多南韓民眾再思追求核能科技及擴張核能產業的必要性，並擔憂核能所帶來的種種危險及風險。相當部分的台灣社會（包括民間、媒體、學界等）亦不斷質疑官方提出的種種核能安全及經濟等的說法，並積極組織相關活動來倡導反核的主張。至於日本對福島核災的檢討

---

<sup>54</sup> 有關南韓核電反應爐發展，可參考 World Nuclear Association (2012), Nuclear Power in South Korea, <http://www.world-nuclear.org/info/inf81.html> (Retrieved: Nov. 22, 2012).

則不待言地更為深刻。然而，仍必須說明的是，部分台灣社會的反應雖迫使政府做出現有核電廠不延役的決定，不過國民黨政府仍繼續維持興建核四的政策，並也獲得部分擁核民間團體及深信核能促進經濟成長之民眾的支持，且反核及擁核的主張又難與本土的惡性政治競爭脫出，使核能議題更加複雜，未來台灣社會與政府間對於核能發展的議題應會出現更多及更細膩的調和或衝突（Chen, 2011）。南韓及日本的擁核政策也仍獲相當的結構性支持，國家、重工集團、電力公司、政黨及核能科技機構等都構築了堅硬且長久的擁核傳統（Hong, 2011; Fujigaki and Tsukahara, 2011）。因此，南韓、台灣及日本因福島核災開始重新檢討核能科技的國家價值，但是否能促使這些國家將其核能發展加以轉向及調整，則恐仍待時間觀察。<sup>55</sup>

#### 四、從科技政治觀點發展東亞 STS 核能研究的可能方向

##### 1. 東亞作為分析單位

誠如前幾段的說明，除中國外，東亞各國STS學者已藉由福島核災，積極從不同角度分析核能對國家的意義及其與各國社會的相互關係，探索的議題包括：擁核的社政經歷史脈絡、逐漸興起的反核社會運動、社會要求認識核能知識及參與核能政策決策的聲音等。然而，除DiMoia（2010）及Jasanoff and Kim（2009）等文較觸及冷戰時期的國際脈絡之外，多數研究聚焦於東亞各國

<sup>55</sup> 中國社會對核能發展的態度，及其與政府之間的互動應值得觀察，並與台灣、南韓及日本的情形相互比較。由於本文重心在 STS 及科技史的脈絡上，相較前述三個東亞國家，中國的資料相當受限，所以未分析中國，但不代表中國核能發展的 STS 研究較次要或沒有特殊性。

國內現實政經與核能發展的關係，使(1)國際關係架構下之國家角色的STS視角及(2)東亞區域跨國間的STS視角，可能仍有填補的空間。基本上，Jasanoff and Kim提出了當前南韓核能發展的社會技術想像 (sociotechnical imaginaries)<sup>56</sup> 概念，從國際關係架構的層次來看，其與科技政治概念有其相合之處，同樣強調國家的國際關係是如何影響國內社會想像他們的國家，而此觀點應值得未來台灣及其他東亞國家的核能STS研究發展。

不過，就東亞跨國間的STS視角來看，包括科技政治(即Hecht以法國為核心)、社會技術想像 (Jasanoff and Kim則以南韓、美國及兩者間的比較為重點)及近年國際科技史發展趨勢，似均較無線索提供一種國際區域性的跨國觀點探索核能發展的共享、共通與差異之比較。此點主張應與傅大為(Fu, 2007)與范發迪(Fan, 2007)就「東亞STS研究能走多遠」之「東亞意義為何？」的論點有相合之處，<sup>57</sup> 而本文建議核能或許是一個適當的題材，來

<sup>56</sup> 有關「社會技術想像 (sociotechnical imaginaries)」是 Jasanoff and Kim (2009) 所提出的概念，藉此分析及比較美國及南韓之核能與社會相互形塑的現象。他們指出：對未來的想像是形成社會及政治生活的一個重要組成要素，而這樣的想像是比較不具體明確、不特定議題、沒有非常具體之目標導向等，而卻是比較像是一種集體性的規範 (norms)、隱喻 (metaphor)、政治論述 (discourse) 及文化意涵 (cultural meanings)。所謂的想像，除了對未來正面發展的期待之外，同時也想像這些發展可能相伴的風險或危險。而科技會形塑這些正面及風險的未來想像，不過並不能只靠科技本身促成，而是溶入在社會當中，亦即何謂正面及風險的內容需要由社會給予，因此科技 (technoscience; 有關該詞可參考 Don Ihde and Evan Selinger, (2003), *Chasing Technoscience: Matrix for Materiality*, Bloomington: Indiana University Press, 不過該詞依學者不同，而有定義上的差異) 的想像也可說是社會想像，當中包含了對良善社會的集體願景。基本上，Jasanoff and Kim (2009: 120) 將「社會技術想像」定義為「一種對未來社會生活及秩序之形式的集體想像，且這樣的想像是反應在國族所特別支持之科學或(及)科技計畫的設計及建構當中」。

<sup>57</sup> 傅大為認為由於東亞各國具有共同分享日本殖民及東西冷戰的歷史系絡，而這樣的系絡可以說是一種地域性的網絡。這網絡除了代表東亞各國是緊密地位處在同一地理政治 (geopolitics) 的權力關係當中外，許多在這些關係中的節點 (nodes and locals) 及它們的特質也是東亞各國彼此所共享的。不同於傅大為，范發迪則指出東亞更深

論證他們的觀點。亦即，若以東亞作為範疇，將東亞各國間的政經關係及歷史文化傳承置為分析框架，那麼核能對東亞各國的深層國族意義（無論是東亞區域各國間或東亞與西方間）或可得呈現，並得檢視它所形成的影響。進一步來說，東亞核能的STS研究可從國內外政治及文化之區域脈絡出發，如能以主體性地的姿態，對套用西方STS理論及問題意識的保持警覺，<sup>58</sup> 重新認識、釐清、反省及積極地重構這些脈絡，再現核能對社會及政治的有限意義（無論是追求核武及核電所帶來的低層次安全感（軍事上及經濟上），或是其所代表從 19 世紀以來的膚淺之科技優越感（文化上），<sup>59</sup> 或是大型技術系統的難以治理而需付出極高代價（技術上），東亞一詞可能即有脈絡的力量。亦即，緊張情勢如東亞，若能在認真地解構及重構核能發展之政治及文化意義後，取得各國間的和解與合作，那麼核能的技術性議題及其因自然地理所帶來的種種問題，應更能被公開及妥適地處理。

## 2. 東亞各國的科技政體

除東亞區域內跨國之 STS 核能研究外，若相較於 Jasanoff and Kim (2009) 的社會技術想像概念，Hecht 的科技政治觀點所提供的一個科技及科技家之政治力角度，或得進一步檢視國際政經及歷史文化結構下的東亞各國國內核能「科技」及「科技家」

---

遠的歷史及文化系絡，其實或許會有發揮更大影響力的可能性。基本上，傅大為及范發迪均支持東亞區域的 STS 研究（包括建立東亞 STS 理論、方法及議題選擇等）有其學術正當性。而兩位就東亞作為一個 STS 研究範疇主張的異同，亦可參考張國暉 (2011a) 及傅大為 (2012)。

<sup>58</sup> 傅大為 (2012) 對他 (2007) 的東亞 STS 研究主張，有進一步地澄清該主張與區域主義、擴散主義及「中心／邊陲」架構之間關係的說明，幫助本文此處的論點。

<sup>59</sup> 可參考 Michael Adas (1989), *Machines as the Measure of Men: Science, Technology, and Ideologies of Western Dominance*, NY: Cornell University Press.

是可能如何地扮演政治行動者。亦即，兩者除也會反應結構，表現特定的政治態度（不只是站在技術面（technical）的層次，而是更內嵌了如國族想像的政治願景）之外，更主動性地提供形塑現實政治的可能性。科技及科技家不應只被視為政治工具或僅侷限在技術面的角色（如提供所謂專業的科學知識），他們更是政治場域的行動者之一，可能積極地參與現實政治的形塑，甚至是實現他們所意欲的特定政治願景（如前述法國 CEA 及 EDF 的高層工程師）。此外，另也值得注意的是，這些科技及科技家也可能不會僅是一個行動者，而是可能聯合不同行動者，因此出現不同的政體而彼此競爭，甚至牽涉了國際政經勢力的介入。

不過，若從現有東亞核能STS研究文獻的脈絡（Takubo, 2011; Fujigaki and Tsukahara, 2011; DiMoia, 2010; Jasanoff and Kim, 2009; Hong, 2011; Chan and Chen, 2011）以及台灣的核能史相關研究（如腳註4）來看，東亞各國似未如法國般出現兩個科技政體的情形，而是呈現出單一政體的狀況，因此前述像法國CEA及EDF的競爭而建構政治可能性的現象似未出現。基本上，東亞台、日、韓各國政府夥同著科學家、工程師、外國勢力、大財團或電力公司，幾乎成為唯一核能科技政治體制的領導角色（黃德源，2001；楊翠華，2003；Fujigaki and Tsukahara, 2011: 392; Jasanoff and Kim, 2009: 131-139; DiMois, 2010; Hong, 2011）。因此，東亞各國的核能科技政治恐更為封閉及單一（如前述DiMoia（2010）對南韓核能科技史的研究），雖在威權政體早期時曾會出現不同聲音（如吳大猷），<sup>60</sup> 但恐較缺乏其他政體競爭，而其

---

<sup>60</sup> 請參考吳大猷（1991）、黃德源（2001）及楊翠華（2003）。

他社會團體也更不易興起並產生作用，並也在美國的監控下，這些發展應與法國的情形有所不同。就這一點來看，Jasanoff and Kim的社會技術想像概念恐較Hecht的法國模式更適合用來研究當前東亞各國的核能發展，且或能解釋不同國家發展的軌跡（例如南韓企圖出口核能科技），因為這概念主要是建基在國家（state）的單位上。若從這一方面來看，東亞各國彼此之間的核能科技政體也恐有較高程度的相似性，這似使得前述研究東亞區域在文化及歷史上的跨國共通及差異現象，更有進一步探討的需要。

科技政治與社會技術想像的概念相去不大，特別是這兩概念都強調科技所引發的政治可能性，但前者的法國個案較強調過去榮光的恢復，而後者的南韓個案則是源於對未來投射願景。不過兩者的主張並非相互排斥，而未來應用在其他國家核能發展的研究上或能相互支援，畢竟都強調科技形塑現實政治可能性以及科技政體的作用。或許誠如喬治·歐威爾（George Orwell）在《一九八四》的名言：誰掌控了過去，誰就控制了未來；誰掌握了現在，誰就能掌控過去。其中，科技政體（們）競爭或支配了「誰」的位置，而「現在」的意義則是由科技（特別是核能）所充實。然而，由於科技政治的概念仍有特別之處，特別是對科技家創造政治可能性的著重，以及他們所延伸的社會網絡及對政治願景的建構等，藉該概念的研究或許得更為深入地探索科技及科技家本身。

## 陸、結論

透過簡介「科技政治」的概念及內容，本文評述其與科技史、科學史及STS之間的傳承、延伸及相互詰難之處。本文也進一步利用對這概念的評述，試圖提供一個初步東亞核能發展的科技政治觀點。亦即，當福島核災引起特殊的東亞地理議題（如海嘯及地震），而需要重新檢視不同於西方核能發展的問題（如核廢料處理）時，本文主張東亞社會既有的政治及文化脈絡或許也是一個檢視福島核災的重要途徑。簡單來說，東亞各國在僅約一個多世紀以來的現代化過程中，科學及科技都不只是被視為追趕西方文明、爭取獨立自主及重現往日榮光的手段而已，更是成為當代及未來國家目的本身。<sup>61</sup> 此一對科學及科技的迷戀，可說已嵌入東亞各國的文化脈絡當中，也就是有關社會及經濟等公共事務，都極為信賴地透過科學及科技處理，而科學與科技更是一種具優越地位的系統性價值，使得追求科學及科技的進步多是優先於追求其他社會價值。若要對科學及科技進行檢討及批判，不僅受到忽略，更可能遭遇壓抑，甚至是攻擊。

此外，長久以來國際現實政治的競爭及衝突，更穩固了東亞各國齊心追求科學及科技進步的文化脈絡，這些競爭及衝突不只來自於西方壓力，更出於對彼此之間的威脅。因此，當核子科學被視為當代科學的尖端，其衍生之核武或核電科技發展又可做為東亞各國間消除彼此威脅的有效途徑時，即便福島核災距離如此接近、代價

---

<sup>61</sup> 請參考 Adas (1989); Kim and Leslie (1999)。

如此巨大，除了技術性議題外，究竟能帶來東亞各國政府與人民多少文化上及政治上的改變，恐難抱太高期待。然而，從科技史的啓發來看，雖然大型技術系統一旦啓動就難以停止其驅動力，但對其減緩或轉向的調整卻還是具有可能性，特別是當巨大事件發生時。就此，福島核災應至少已經進一步刺激東亞各國社會反思國家發展的目的何在，那些透過核能發展持續地製造恐懼及威脅來維護國家的策略，應必須被重新檢視。再者，若能以東亞跨國性作為一種框架，進一步理解東亞各國透過追求科技進步以彰顯國家發展目的的共同脈絡，或許東亞各國社會能對本身及東亞的科技與社會關係與想像有進一步的認識。

不過，就更深層的科技史啓發來看，大型技術系統如核電恐蘊含著高度難以治理的政治性價值。無論是專制集權政體或是自由民主政體國家，不論過去或現在，均對核能科技的管理似乎都上演著同一套的劇本，裡頭難以避免無知、封閉、掩藏、欺瞞，甚至是無能與錯誤的可能性。即便多數社會大眾如同科學家具備充足及正確的核能知識，但核能科技系統的技術複雜、組織龐大、牽涉的政經利益糾結難解，實難想像能被適當的治理（如果不是不可治理的話）。從法國的經驗來看，純粹將核能科技交給專業人員處理，恐怕也只是增加以上負面情況的機會。或許科技的進步本有其侷限，但當科技演變成爲巨大型的系統時，它更會形成政治行動阻止被外力有效地控管。因此，由科技政治觀點所延伸之「科技」及「科技家」政治力的角度，特別是在兩者對現實政治及國族主義提供政治可能性，使它們（核能系統）／他們（核能專業人員及機構）轉化爲更堅固的社政經科技政體時，或許亦值得爲未來東亞核能發展的STS研究做進一步探索。

### 致謝

本文特別感謝劉士永細心評閱，也感謝兩位匿名審查人及編委會提供具體且深入的修改建議，另黃于玲、蔡友月及陳力維亦提供寶貴意見，一併致謝。

## 參考文獻

### 中文部分

- 王奐若（1998），〈敬悼中科院創建人唐君鉞將軍〉。《傳記文學》74(4): 64-66。
- （2000），〈中共火箭飛彈之父錢學森感念三位哲人〉。《傳記文學》76(6): 60-65。
- 朱敬一編（2000），《核四何去何從研討會實錄》。台北：財團法人孫運璿學術基金會。
- 池上善彥（2011），〈在核能意外爭議中，導入戰後史的視野〉，馮啓斌、胡清雅編譯。《文化研究週報》116( [http://csat.org.tw/journal/Content.asp?Period=116&JC\\_ID=408](http://csat.org.tw/journal/Content.asp?Period=116&JC_ID=408)，檢索日期：2012年9月13日)
- 吳大猷（1991），〈我國「核能」政策史的一個補註〉。《傳記文學》52(5): 41-43。
- 胡湘玲（1995），《核工專家 VS. 反核專家》。台北：前衛。
- 翁寶山（2001），《臺灣核能史話》。台北：行政院原子能委員會。
- 張國暉（2011a），〈對技術的社會建構論（SCOT）之挑戰：建構東亞技術研究主體性的一個契機〉。《科技、醫療與社會》13: 171-222。
- （2011b），〈追尋主體性的工程設計：轉型的威權政治及開放的台灣高鐵土木工程設計〉。《台灣社會研究季刊》85: 157-200。
- （2012），〈科學、技術與自由民主政治秩序的演變：近代美國

- 政治體制的科學意識型態與現實政治)。《政治與社會哲學評論》42: 153-205。
- 傅大為 (2011), 〈大海嘯、福島核災、與東亞的科技與社會〉。《科技、醫療與社會》13: 9-14。
- (2012), 〈SCOT 的新發展與何謂「區域研究」——針對第十三期張國暉文獻評述的兩點意見與澄清〉。《科技、醫療與社會》15: 285-290。
- 黃德源 (2001), 〈台灣地區核能發展之政治經濟分析 (1945-2001)〉。台北: 台北大學公共行政暨政策研究所碩士論文。
- 楊翠華 (2003), 〈臺灣科技政策的先導: 吳大猷與科導會〉。《臺灣史研究》10(2): 67-110。

## 西文部分

- Abraham, Itty (2011). Rare Earths: The Cold War in the Annals of Travancore. In *Entangled Geographies: Empire and Technopolitics in the Global Cold War*, edited by Gabrielle Hecht. MA: The MIT Press, pp. 43-74.
- (2006). The Ambivalence of Nuclear Histories. In *Global Power Knowledge: Science, Technology, and International Affairs*, *Osiris* 21, edited by John Krige and Kai-Henrik Barth, pp. 49-65.
- Albright, David and Corey Gay (1998). Taiwan: Nuclear Nightmare Averted. *Bulletin of the Atomic Scientists* 54(1): 54-60.
- Alder, Ken (2010). *Engineering the Revolution: Arms and Enlightenment in France, 1763-1815*. Chicago: The University of Chicago Press.

- Armytage, W. H. G. (2007 [1965]). *The Rise of the Technocrats: a Social History*. NY: Routledge.
- Callon, Michel (2009). Forward. In *The Radiance of France: Nuclear Power and National Identity after World War II*, authored by Gabrielle Hecht. MA: The MIT Press, pp. xi-xxiii.
- Carroll, Patrick (2005). Review: Honoring Thomas Hughes, Appealing to Historians. *Social Studies of Science* 35(2): 313-321.
- Chan, Chang-Chuan and Ya-mei Chen (2011). A Fukushima-Like Nuclear Crisis in Taiwan or a Nonnuclear Taiwan? *East Asian Science, Technology and Society: An International Journal* 5(3): 403-407.
- Chang, Soon Heung (2011). The Implications of Fukushima: The South Korea Perspective. *Bulletin of the Atomic Scientists* 67(4): 18-22.
- Chen, Dung-sheng (2011). Taiwan's Antinuclear Movement in the Wake of the Fukushima Disaster, Viewed from an STS Perspective. *East Asian Science, Technology and Society: An International Journal* 5(4): 567-572.
- DiMoia, John (2010). Atoms for Sale? Cold War Institution-Building and the South Korean Atomic Energy Project, 1945-1965. *Technology and Culture* 51: 589-618.
- Downey, Gary L. and Juan C. Lucena (2004). Knowledge and Professional Identity in Engineering: Code-Switching and the Metric of Progress. *History and Technology* 20: 393-420.
- Edwards, Paul N. and Gabrielle Hecht (2010). History and the

- Technopolitics of Identity: The Case of Apartheid South Africa. *Journal of Southern African Studies* 36(3): 619-639.
- Fan, Fa-ti (2007). East Asian STS: Fox or Hedgehog? *East Asian Science, Technology and Society: an International Journal* 1: 243-247.
- Fu, Daiwie (2007). How Far Can East Asian STS Go? A Position Paper. *East Asian Science, Technology and Society: an International Journal* 1(1): 1-14.
- Fujigaki, Yuko and Togo Tsukahara (2011). STS Implications of Japan's 3/11 Crisis. *East Asian Science, Technology and Society: An International Journal* 5(3): 381-394.
- Greene, J. Megan (2008). *The Origins of the Developmental State in Taiwan: Science Policy and the Quest for Modernization*. MA: Harvard University Press.
- Guigueno, Vincent (2008). Building a High-Speed Society: France and the Aerotrain, 1962-1974. *Technology and Culture* 49: 21-40.
- Harrison, Carol E. and Ann Johnson (2009). Introduction: Science and National Identity. *Osiris* 24: 1-14.
- Hecht, Gabrielle (2001). Technology, Politics, and National Identity in France. In *Technology of Power: Essays in Honor of Thomas Parke Hughes and Agatha Chipley Hughes*, edited by Michael Thad Allen and Gabrielle Hecht. MA: The MIT Press, pp. 253-294.
- (2002). Rupture-Talk in the Nuclear Age: Conjugating Colonial Power in Africa. *Social Studies of Science* 32(5/6): 691-727.
- (2006). Negotiating Global Nuclearities: Apartheid, Decolonization,

- and the Cold War in the Making of the IAEA. In *Global Power Knowledge: Science, Technology, and International Affairs*, *Osiris*, 21, edited by John Krige and Kai-Henrik Barth, pp. 28-48.
- (2009[1998]). *The Radiance of France: Nuclear Power and National Identity after World War II*. MA: The MIT Press.
- (2011a). On the Fallacies of Cold War Nostalgia: Capitalism, Colonialism, and South African Nuclear Geographies. In *Entangled Geographies: Empire and Technopolitics in the Global Cold War*, edited by Gabrielle Hecht. MA: The MIT Press, pp. 75-100.
- ed. (2011b). *Entangled Geographies : Empire and Technopolitics in the Global Cold War*. MA: The MIT Press.
- Hecht, Gabrielle and Michael Thad Allen (2001). Introduction: Authority, Political Machines, and Technology's History. In *Technology of Power: Essays in Honor of Thomas Parke Hughes and Agatha Chipley Hughes*, edited by Michael Thad Allen and Gabrielle Hecht. MA: The MIT Press, pp. 1-23.
- Hecht, Gabrielle and Paul N. Edwards (2010). The Technopolitics of Cold War: Toward a Transregional Perspective. In *Essays on Twentieth-Century History*, edited by Michael Adas. Philadelphia: Temple University Press, pp. 271-314.
- Heyck, Hunter and David Kaiser (2010). Focus: New Perspectives on Science and the Cold War. *Isis* 101(2): 362-366.
- Hong, Sungook (2011). Where Is the Nuclear Nation Going? Hopes and Fears over Nuclear Energy in South Korea after the Fukushima Disaster. *East Asian Science, Technology and Society: An*

*International Journal* 5(3): 409-415.

Hughes, Thomas P. (1999). The Evolution of Large Technological Systems. In *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. MA: The MIT Press, pp. 51-82.

—— (1995). Technological Momentum. Pp. 101-114 in *Does Technology Drive History? The Dilemma of Technological Determinism*, edited by Merritt Roe Smith and Leo Marx. MA: The MIT Press.

—— (1989a). *American Genesis: A Century of Invention and Technological Enthusiasm*. NY: Viking.

—— (1989b). Machines, Megamechines, and Systems. In *In Context: History and the History of Technology, Essays in Honor of Melvin Kranzberg, Research in Technology Studies, Volume 1*, edited by Stephen H. Cutcliffe and Robert C. Post. Bethlehem, PA: Lehigh University Press, pp. 106-119.

—— (1983). *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930*. MD: Johns Hopkins University Press.

Jasanoff, Shiela and Sang-Hyun Kim (2009). Containing the Atom: Sociotechnical Imaginaries and Nuclear Power in the United States and South Korea. *Minerva* 47: 119-146.

Kim, Dong-Won and Stuart W. Leslie (1998). Winning Markets or Winning Nobel Prizes? KAIST and the Challenges of Late Industrialization. In *Beyond Joseph Needham: Science, Technology and Medicine in East and Southeast Asia*, *Osiris* 13, pp. 154-185.

- Klein, Hans K., and Daniel Lee Kleinman (2002). The Social Construction of Technology: Structural Considerations. *Science, Technology, & Human Values* 27(1): 28-52.
- Kranakis, Eda (1989). Social Determinants of Engineering Practice. *Social Studies of Science* 19(1): 5-70.
- Krige, John (2006). Atoms for Peace, Scientific Internationalism, and Scientific Intelligence. In *Global Power Knowledge: Science, Technology, and International Affairs*, *Osiris* 21, edited by John Krige and Kai-Henrik Barth, pp. 161-181.
- Krige, John and Kai-Henrik Barth eds (2006a). *Global Power Knowledge: Science, Technology, and International Affairs*, *Osiris*, 21.
- (2006b). Introduction: Science, Technology, and International Affairs: New Perspectives. In *Global Power Knowledge: Science, Technology, and International Affairs*, *Osiris*, 21, edited by John Krige and Kai-Henrik Barth, pp. 1-24.
- Kristensen, Hans M. and Robert S. Norris. Chinese Nuclear Forces, 2011. *Bulletin of the Atomic Scientists* 67(6): 81-87.
- Kuznick, Peter (2011). Japan's Nuclear History in Perspective: Eisenhower and Atoms for War and Peace. *Bulletin of the Atomic Scientists*. 13 April. <http://www.thebulletin.org/web-edition/features/japans-nuclear-history-perspective-eisenhower-and-atoms-war-and-peace> (檢索日期：2011年11月29日)
- Lampland, Martha (2011). The Technopolitical Lineage of State Planning in Hungary. In *Entangled Geographies : Empire and*

- Technopolitics in the Global Cold War*, edited by Gabrielle Hecht. MA: The MIT Press, pp. 155-184.
- Mehos, Donna and Suzanne Moon (2011). The Uses of Portability: Circulating Experts in the Technopolitics of Cold War and Decolonization. In *Entangled Geographies: Empire and Technopolitics in the Global Cold War*, edited by Gabrielle Hecht. MA: The MIT Press, pp. 43-74.
- Mitcham, Carl (2009). A Historico-ethical Perspective on Engineering Education: From Use and Convenience to Policy Engagement. *Engineering Studies* 1 (1): 35-53.
- Mitchell, Timothy (2002). *Rule of Experts: Egypt, Techno-politics, Modernity*. CA: University of California Press.
- Moon, Suzanne (2007). Justice, Geography, and Steel: Technology and National Identity in Indonesian Industrialization. *Osiris* 24: 253-277.
- Nöggerath, Johanniss, Robert J. Geller and Viacheslav K. Gusiakov (2011). Fukushima: the Myth of Safety and the Reality of Geoscience. *Bulletin of the Atomic Scientists* 67(5): 37-46.
- Norio, Okada, Tao Ye, Yoshio Kajitani, Peijun Shi, and Hirokazu Tatano (2011) The 2011 Eastern Japan Great Earthquake Disaster: Overview and Comments. *International Journal of Disaster Risk Science* 2(1): 34-42.
- Pannabecker, John (2005). Technocracy and the École Polytechnique: Bruno Belhoste, *La formation d'une technocratie*. *Technology and Culture* 46(3): 618-622.

- Perrow, Charles (2011). Fukushima and the Inevitability of Accidents. *Bulletin of the Atomic Scientists* 67(6): 44-52.
- (1999). *Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies*. NJ: Prince University Press.
- Picon, Antoine (1992). *French Architects and Engineers in the Age of the Enlightenment*. MA: Cambridge University Press.
- Schmid, Sonja (2011). Nuclear Colonization?: Soviet Technopolitics in the Second World. In *Entangled Geographies: Empire and Technopolitics in the Global Cold War*, edited by Gabrielle Hecht. MA: The MIT Press, pp. 125-154.
- Schneider, Mycle, Antony Froggatt and Steve Thomas (2011). 2010-2011 World Nuclear Industry Status Report. *Bulletin of the Atomic Scientists* 67(4): 60-77.
- Staudenmaier, John M. (1990). Recent Trends in the History of Technology. *American Historical Review* 95: 715-726.
- Stoneman, Timothy (2009). A Bold New Vision: The VOA Radio Ring Plan and Global Broadcasting in the Early Cold War. *Technology and Culture* 50: 316-344.
- Takubo, Masa (2011). Nuclear or Not? The Complex and Uncertain Politics of Japan's Post-Fukushima Energy Policy. *Bulletin of the Atomic Scientists* 67(5): 19-26.
- Van der Vleuten, Erik (2008). Toward a Transnational History of Technology: Meanings, Promises, Pitfalls. *Technology and Culture* 49: 974-994.
- Weinberger, Hans (2011). The Neutrality Flagpole: Swedish Neutrality

Policy and Technological Alliances, 1945-1970. In *Technology of Power: Essays in Honor of Thomas Parke Hughes and Agatha Chipley Hughes*, edited by Michael Thad Allen and Gabrielle Hecht. MA: The MIT Press, pp. 295-332.

Winner, Landon (1977). *Autonomous Technology: Technics-out-of-Controls as a Theme in Political Thought*. MA: MIT Press.

—— (1986). *The Whale and the Reactor: A Search for Limits in an Age of High Technology*. IL: The University of Chicago Press.