

國家創新系統： 知識經濟體系下創新政策的新思維

孫智麗

隨著資訊通訊科技快速的進展與知識的大量累積應用，全球經濟發展已邁入知識經濟的紀元。而在這樣一個強調知識與資訊的創造、流通、運用與加值的經濟體系下，驅動經濟成長的創新活動與以往有何不同？而以國家為思考基礎的科技政策，又如何因應知識經濟時代，能更有效率地整合研發資源，創造出更多的新知識，以維持經濟的永續發展？

本文的主旨在於探討知識經濟體系下的創新活動與國家的創新政策，並嘗試回答上述的問題。首先，本文將探究廠商創新活動的新趨勢，以及與其相關的創新體系，接下來觀察整個國家的創新活動，然後介紹所謂的「國家創新系統」(National Innovation Systems)及其理論基礎，與其研究方法－結構演化學派(Structuralist-Evolutionary)，並嘗試與主流經濟學的研究方法－新古典學派(Neo-Classical)在政策涵義上做一比較，最後以國家創新系統為基礎，提出因應知識經濟發展潮流的創新政策。

創新活動的最新發展趨勢

根據OECD (1999)的研究指出，在知識經濟時代，創新活動的內涵已有所變化，其最新發展趨勢如下：

1. 越來越多新技術的發展以科學為基礎，特別是生物科技與半導體的發展。
2. 研發的速度必須越來越快，以因應市場競爭與社會需求的壓力。
3. 廠商之間的關係越來越密切，研發的合作或結盟越來越普遍。
4. 以研發或技術為主要生產活動的中小企業，在新技術的發展或擴散上所扮演的角色越來越重要。
5. 資訊通訊科技的發展以及全球化的經濟發展趨勢，使各國創新活動之間的互動與依賴日益加深。

而對於國家科技政策的制定者而言，這樣的現象又有什麼不同的政策涵義？

新興科技的主要創新模式為產學互動

生物科技與半導體的技術進展，與科學的發展，具有密切的關係，所以大學在這些新興科技的創新活動扮演關鍵性的角色。各國政府都致力於推動大學、公立研究機構或國家實驗室的技術移轉至產業界，其中以美國為眾所公認做得最成功的國家。根據Nature (1999) 的文章指出，美國在技術移轉上最令人印象深刻的地方，在於大學系統，美國的大學本身就具有高度的企業家精神。長期以來，大學與研究機構、實驗室的研究經費部分來自於國家，但美國立法者相信，惟有透過私有化，個人才有意願、有能力、有效率地將研究成果商業化。因此，美國在1980年通過「Bayh-Dole法案」，使大學對於聯邦政府所支持的研究計畫，在相當範圍內，得選擇擁有發明的權利；同年又通過了「技術創新法案」(Stevenson-Wydler Technology Innovation Act)，確立及鼓勵產學合作的原則及聯邦實驗技術移轉民間的政策目標；為了鼓勵產業界的聯盟，1984年通過「國家合作研究法案」(National Cooperative Research Act)，准許兩家以上的公司共同參與同一研究開發項目，而不受反托辣斯法(Anti-Trust Law)的限制；同年又通過「商標明確法案」(Trademark Clarification Act)，修正Bayh-Dole法案中有關的除外條款，要求能源部准許大學等合約人，選擇擁有大部分的發明權；1986年的「聯邦技術移轉法」(Federal Technology Transfer Act)，明訂技術移轉工作是國家實驗室人員的職責，並設立聯邦實驗室聯合中心，提供發明和技術移轉獎金，允許發明人分配權利金，不少於百分之十五，惟不得超過美金十萬元；為鼓勵國家實驗室積極與產業界建立合作關係，以維持美國科技在國際市場上的競爭力，1989年通過「國家競爭力技術移轉法案」(National Competitiveness Technology Transfer Act)，給予能源部的合約人相當彈性與權限從事有技術移轉的協商，對於參與共同合作研發的廠商可以事先簽約取得專利實施權或發明轉讓；1996年通過「國家技術移轉與升級法案」(National Technology Transfer and Advancement Act)，(1)保證參與共同合作研發的公司可以獲得充分的智慧財產權，以便儘速促成研發成果的商業化；(2)保證廠商至少取得專屬授權的優先選擇權，使其有權擁有共同研發所開發的發明；(3)提高對研究人員及發明人的獎勵；(4)准許聯邦人員可以從事自己發明的商業化，並確認發明人在聯邦政府放棄發明時可以取得發明權(黃英俊與劉江彬，1998)。

生物科技的發展日進千里，美國之所以成為產業龍頭、研發重鎮，能有源源不斷的創新技術從學術研究機構擴散至產業界，一個動態、有彈性且能充分反應市場技術需求的技術移轉制度，是其成功的主要關鍵。1998年美國的大學研究發明中商業化的所得總額是七億美元，而目前領導生物科技的主要大廠，如AMGEN、Biogen、Biomatrix、Celera Genomics、Chiron、Genentech、Immunex、Incyte Genomics等皆是由美國大學教授或科學家所成立的公司，專攻於某項很專業的生物技術的應用。全球前二十大製藥公司為因應市場競爭日趨激烈的壓力，已積極與這些生物科技公司或是大學、研究機構進行研發合作或是聯盟活動，以有效減

少藥品研發所需的時間、經費與風險（孫智麗，2001）。

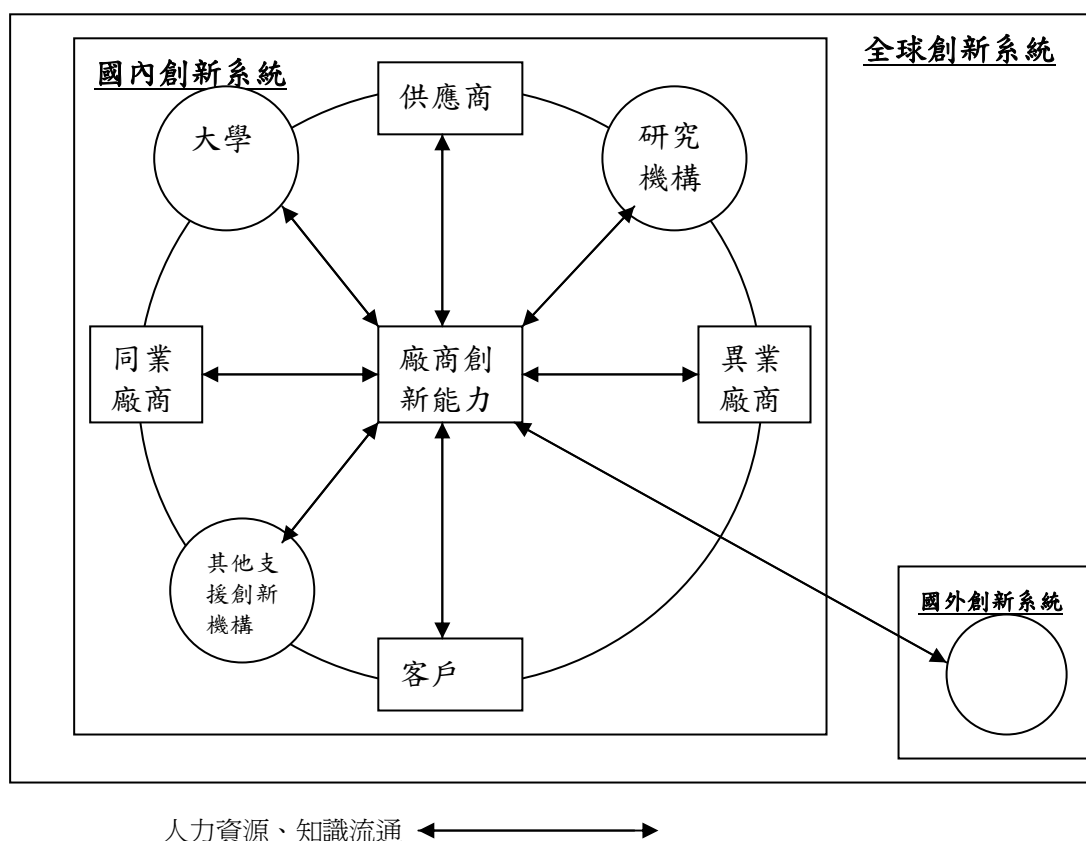
美國大學不論在學術研究上，或是在產學合作上，都是處於一種競爭的狀態。對於教授或科學家的研究的經營，具有高度的企業精神，美國較有規模的大學，幾乎都設有負責技術移轉的單位，例如「技術授權／技術移轉辦公室」（Office of Technology Licensing/Transfer），或是獨立的財團法人如「研究基金會」（Research Foundation），專門處理校園中技術授權或是商業化的種種問題（特別是法律方面），甚至協助教授、科學家創立事業（start-up）。因此，美國大學可說是一個富有「企業家精神的學術社群」（entrepreneurial academia）。美國大學系統訓練出一群具有創新能力的學生或研究人員（碩士、博士及博士後研究人員），可貢獻於產業界外，還培育出一些具有企業家精神的教授、科學家，穿梭於學術界與產業界之間，傳遞從科學研究到技術開發之間的「知識」，不論是已符碼化的知識（codified knowledge，如發表在學術期刊上的科學新知）或是不易以文字表達的隱性知識（tacit knowledge，如科學實驗的方法與步驟）。這些教授、科學家與產業之間的往來互動，形成一種特殊的網路關係（network），是新創意與新興科技的發展基礎（孫智麗，2001）。而這樣的產學互動關係，隨著資訊通訊科技的進步，知識可大量地、快速地跨國界傳播，而有國際化的趨勢。

國家創新系統之定義

由以上美國的情形可知，科技人員、廠商、產業、研究機構與大學，在創新活動上皆扮演相當重要的角色。一個經濟體系的創新成效，不但決定於這些研發主體”個別”在知識的創造與應用上的表現，而且還決定於他們之間，在地區的、國內的以及國際上的”互動”情形 (OECD, 1999)。

所以到底什麼是國家創新系統？根據 Metcalfe (1995) 的定義，國家創新系統就是一個以國家為單位的創新系統，由一群在新興科技的發展上互相關連的研發主體（機構）所組成，從事有關知識的創造、儲存、應用與移轉。在國家創新系統下，這些研發主體之間以及本身，致力於新興科技的發展與擴散，並且提供了一個政策架構，使政府得以制定相對有效的創新政策，或是運用政策工具來影響一國的創新活動（圖一）。

圖一 國家創新系統



因此，研究國家創新系統的方法，是建構在個體（微觀）基礎上，並嘗試掌握個體之間的互動關係，透過產業別、地區別、功能別的分類及群聚分析（clustering analysis），藉以觀察一國整體（宏觀）的創新活動。在此研究架構下，嘗試分析並衡量以下五類與創新有關的活動：(1)產業內與產業間之廠商互動（合作）情形；(2)企業、研究機構、大學的各種共同合作研發活動；(3)其他支援創新的活動：如人才培訓、技術訓練，實驗室與研究儀器設備的調查，市場相關資訊的服務；(4)技術擴散：包括研發儀器設備的購買與使用，以及技術的授權與採用；(5)研發科技人員的流動，尤其是著重其在學術研究機構與產業界之間的移動情形（表一）。

表一 國家創新系統下知識流量之相關研究

知識流通介面	說明
產業聯盟	國內外產業內廠商的研發合作活動 國內外產業間廠商的研發合作活動
產學互動	國內外產學合作研發（契約） 國內外產學聯合專利 國內外產學聯合出版 產業使用國內外大學專利 產學資訊共享
產研互動	國內外產研合作研發（契約） 國內外產研聯合專利 國內外產研聯合出版 產業使用國內外研究機構專利 產研資訊共享
技術擴散	技術貿易、技術買賣、技術授權 機器、廠房、設備之國內外交易
科技人員移動	產學研間人員之國內移動 產學研間人員之國際移動
其他支援創新的活動	人才培訓 技術訓練 實驗室與研究儀器設備的提供 市場相關資訊的服務

資料來源：本文彙整 OECD(1997)與 OECD(1999)。

國家創新系統的理論基礎

由以上的說明可知，國家創新系統是針對一國的創新活動進行全面性、周延性、系統性的研究架構，它的宏觀理論基礎是建立在：1.新成長理論(New Growth Theory)：強調知識為驅動經濟成長的主要力量，2.新制度學派(New Institutionalism)：強調財產權的重要性與制度如何影響創新機制的運作，3.演化學派(Evolutionary)：強調技術進步在經濟體系中所扮演的角色與演化過程；而它的微觀理論基礎則來自於一般的產業組織理論(Industrial Organization)有關廠商與廠商之間行為的探討。以下分別討論之

1.新成長理論

早期的成長理論如 Ramsey 模型，假設新古典生產函數為固定規模報酬(constant returns to scale)，所以資本投入隨產出的增加呈現邊際報酬遞減(diminishing marginal products)的現象；此外又假設技術進步率為一常數值，決定於經濟體系之外(也就是技術進步率在模型的設定為外生給定)，因此，一經濟體系在市場完全競爭(perfect competition)的情況下，可達成均衡的狀態，而均衡時經濟成長率即決定於此一外生的技術進步率。然而，創新活動所創造的知識具有非敵對性的公共財(non-rival public goods)特質，而知識的產生又可以外溢(spill-over)至整個經濟體系，嘉惠所有廠商，也就是創新活動具有外部性(externality)；此外，投資與生產行為具有邊做邊學(learning by doing)的特性，所以使資本(包括人力資本)投入不再呈現邊際報酬遞減的現象，而使生產函數對於知識(或資本)的累積，表現出規模報酬遞增(increasing returns to scale)的現象。因此，Romer (1986)提出內生成長(endogenous growth) 模型，修正原先新古典生產函數的設定，使均衡時技術的變動可內生決定於經濟體系內所有個體行為之結果，也就是經濟成長的驅動力來自於經濟體系本身(即所謂的內生成長)。

2.新制度學派

新古典學派模型是建構在一個和諧的經濟體系，透過市場機制來達成資源的配置，而忽略制度對資源的所有權與使用權之影響。由於現實社會中交易成本(transaction cost, 包括訊息成本、代理成本、執行契約成本、投機活動以及由不確定性所產生的成本)的存在，所以市場的運作並不完全，市場以外的制度因素決定了個人的經濟行為。1993年諾貝爾經濟學獎得主 North 強調制度在人類經濟發展的重要性，提出建立在財產權、意識形態與政府理論的制度理論來解釋經濟史的結構與變遷(North,1980)。財產權的建立與界定影響了個人與群體的誘因，進而影響其經濟行為與表現。有效率的財產權能夠極小化交易成本，促進競爭，並能創造更多的財富；但是財產權如何界定受到經濟體系的政府與人民對於交換(exchange)關係的公正性以及所得分配的公平性等意識形態的影響。而意識形態的產生，與體系內長期知識累積所形成的判斷力以及政府存在的目的有關。至於

政府的存在是致力於追求最大多數人的福利(契約論)，還是維護某一集團或階級的利益(掠奪/剝削論)，將影響人民的意識形態之形成，進而利用財產權的界定來影響財富的創造與分配以達其目的。

在國家創新系統的架構下，政府所贊助的學術研究，其所衍生的發明，應屬於全體國民(國有財產)，還是屬於學術機構，將影響教授、科學家從事發明的誘因與研發成果商品化的成效，同時也影響全體人民分享學術知識的利益。因此，有關學術智慧財產權的界定以及相關執行措施的制定，如何在不妨礙知識的流通下增進創新的誘因，是國家創新系統的重點。

3. 演化學派

演化學派非常強調技術在經濟體系中所扮演的角色，並且認為創新是推動經濟成長的主要驅動力。而創新活動的本質，尤其是新興科技的出現或新產品的上市，往往具有 Schumpeter 所謂「創造性毀滅」(creative destruction)的特質，使舊有的科技或產品變成不合時宜。相對於新古典學派模型所強調的最適化(optimum，如利潤極大化)與均衡的概念，Nelson (1982, 1987) 認為廠商的創新活動，儘管具有目的性(purposive)，但受限於組織調整的惰性(inertia)，未必是最適化的結果；並且，市場機制的運作往往來不及反應所有外在環境的變化，所以採行不同技術水準的廠商可以並存於同一生產活動，即使生產成本(或利潤)不同，這表示經濟體系長期處於失衡的狀態。Nelson 又認為經濟體系的創新機制也不同于 Darwin 的演化論“物競天擇——優勝劣敗，適者生存”，個別的創新活動的成功，雖具有高度的不確定性(uncertainty)，事前無法完全預測，但總體而言也是有跡可循(path dependent)且循序漸進(continuous)，並非全然是偶然所發生的現象，不像生物體的基因突變主要是隨機(random)的結果；而廠商面對外在環境的變化，不合適者也毋須坐以待斃，可以藉由學習與組織調整，改變自己的生產技術與策略，以因應市場的競爭壓力，不像生物體的表現完全由先天的基因所決定；此外，市場機制的運作結果也不只有適者生存，而是各種技術水準並存，只是隨著時間的考驗，落伍的技術與不合時代潮流的組織將逐漸被淘汰掉。因此，演化學派認為技術進步是一種動態隨機的調整過程(dynamic stochastic process, 例如 Markov process)。

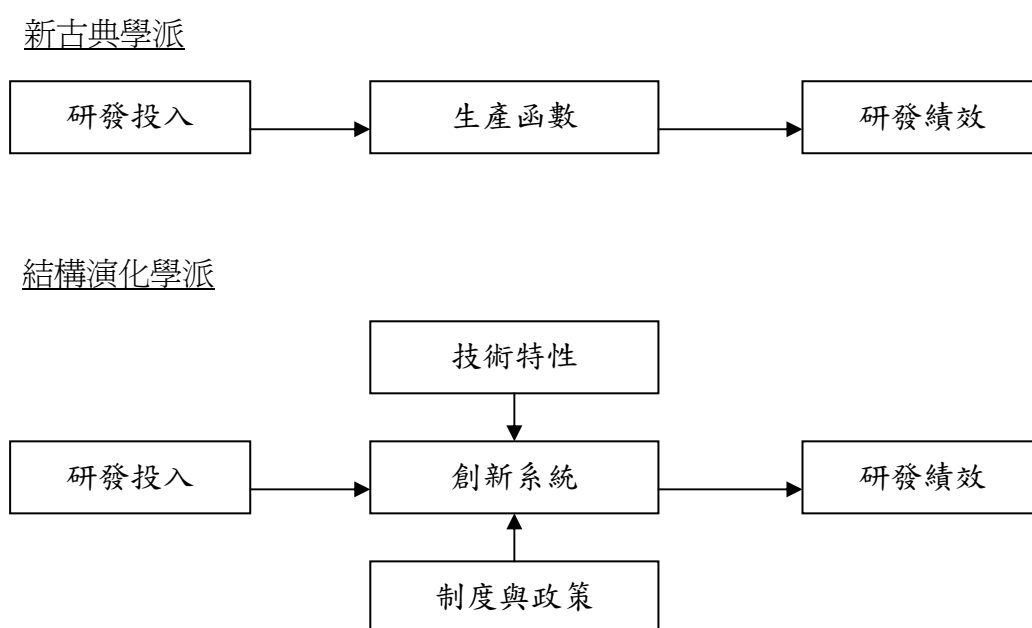
4. 產業組織理論

一個經濟體系在創新過程中所發生的交易成本，將決定廠商研發活動的內部化(internalization, 如自行投資)或外部化(externalization, 如外包)、或採行介於兩者之間的合作研發聯盟(alliances, 即合作)。而由前面創新活動的最新發展趨勢，可以發現在個別國家的創新系統架構下，有越來越多的廠商從事共同研發活動。廠商之所以較以往願意與其他廠商、研究機構合作，主要是因為現代科學與技術的進展一日千里，廠商必須與外界互動交流，以快速獲取其所需的知識，或是藉由合作活動以有效降低研究經費、縮短開發時程、分擔創新風險、並共享研發資源。

國家創新系統的政策涵義

在分析國家創新系統的政策涵義上，可採兩種觀點，一是主流經濟學家所採用的新古典學派，另一則是結構演化學派。兩者由於模型的假設不同，導致政府在一國的創新活動中所採行的政策工具有所不同（圖二）。

圖二 新古典學派 V.S. 結構演化學派



資料來源：修正自 Lipsey and Carlaw (1998)。

新古典學派（Arrow-Debreu 模型）假設一個經濟體系下所有的個體都在自利心的驅動下，極大化其所設定的目標函數（利潤或福利），而如果市場處於完全競爭狀態，將可確保單一均衡解（unique equilibrium）的存在。因此，若一經濟體系的均衡解與社會理想的狀況（柏拉圖最適境界 Pareto Optimum）有所差距，表示這經濟體系發生「市場失靈」的現象，政府即必需介入市場，運用各種具有價格誘因(incentive)的政策工具，使資源的配置與運作達到社會理想的狀態。而在這樣的模型下，生產函數的設定是非常簡化，看不到技術在生產過程中所扮演的角色以及技術變動的成因與過程，而只看得到技術變動的結果。此外，傳統的新古典學派模型亦鮮少探討經濟體系的制度與結構，更遑論此對個體行為的影響。

所以在新古典學派的假設下，由於創新活動具有非敵對性的公共財特性(外部性)，使得廠商從事創新活動的意願不高，致使研發的投資低於社會理想的水準，因而產生市場失靈的現象。因此，政府必須增加研發經費以鼓勵創新活動，或是以稅租減免、研發補貼的方式提高廠商從事研發的誘因。

相對於新古典學派認為競爭可以確保均衡的達成，結構演化學派則認為競爭只是廠商為增進利潤所採行的手段，是一種過程，而經濟體系常處於失衡的狀態，所以沒有所謂的社會理想狀況可做為政策比較的基準。因此，結構演化學派並沒有所謂的福利極大化政策，而只建議如何增進一國創新系統之效率。

然而，結構演化學派的模型強調技術的重要性，認為技術變動決定於一經濟體系下所有個體運作的結果(內生性，endogeneity)，並且認為技術的進展與當時技術的發展水準密切相關(互補性，complementarities)。此外，結構演化學派非常強調制度面的因素，如現行的科技政策與法規，及其政策結構，以及科技發展環境等。基於此，結構演化學派在創新政策上著重創新如何產生，以及如何擴散至國家系統，然後針對系統內運作的缺失提出對策；政策施行後，利用創新監視系統來衡量其成效，再依據此結果來改進政策。因此，結構演化學派認為政府在科技政策上所扮演的角色為矯正國家創新系統內的「系統失靈」，而這樣的系統失靈，可能源自於系統內組成分子(科技人員、廠商、研究機構、大學)之間的利益衝突，也可能源自於制度的僵固性、訊息的不對稱、知識溝通上的障礙、科技研發人員的流動性不足等因素所造成，如此將阻礙整個創新系統的運作及科技知識的流通，而導致創新效率的不彰。簡言之，創新政策的重點在於消除系統失靈，而且必須隨著政策實行的成效，以及外在市場環境的變化與科技水準的進展，動態調整其政策之內涵。

結語

當我們了解國家創新系統的概念與架構之後，可以發現在此系統內，創新活動在知識的創造、擴散、應用與加值過程中很容易出現市場失靈與系統失靈的現象，因此政府有必要介入創新活動，制定相關政策，譬如以經費補助大學及研究機構的研究計畫，並以租稅優惠方式鼓勵廠商從事新技術、新產品的開發，使一國的資源能更加導向創新活動。除此之外，更重要的是，必須檢討現行相關政策與制度，強調大學在整個國家創新系統下所扮演的角色(不只傳道、授業還得興業)，以建立一良好的創新環境，並強化技術擴散的管道，以促進企業、研究機構與大學之間的互動與合作。唯有透過產業的群聚(clustering)效應，才能在有限的資源投入下，使國家創新系統能更有效率地運作，以增強國家創新的能力。

參考文獻

孫智麗 (2001), 「知識經濟時代下新興產業技術創新的發展模式—以英美藥品開發為例」, 台灣經濟研究月刊, 第 24 卷第 2 期, 民國 90 年 2 月。

孫智麗 (2000), 「國家創新系統—知識經濟體系下創新政策的新思維」, APEC Review 第六期, 民國 89 年 12 月。

林秀英 (1998), 「建構國家創新系統新概念」, 台灣經濟研究月刊, 第 21 卷第 11 期, 民國 90 年 2 月。

黃俊英與劉江彬 (1996), 智慧財產的法律與管理 (二版), 華泰文化事業。

Barro, R. J., and Sala-I-Martin, X. (1995), *Economic Growth*, McGraw-Hill.

Bullock, M. (1983), *Academic Enterprise, Industrial Innovation, and the Development of High Technology Financing in the United States*, Brand Brothers and Co., London.

Lipsey, R. G., and Carlaw, K. (1998), “Technology policies in neo-classical and structuralist-evolutionary models”, *STI Review*, No.22, pp.31-74.

Lucas, R. E. (1988), “On the mechanics of economic development”, *Journal of Monetary Economics* 22, pp.3-42.

McKelvey, M. D. (1996), *Evolutionary Innovations: The Business of Biotechnology*, Oxford University Press.

McMillan, G. S., Narin, F., and Deeds, D. L. (2000), “An analysis of the critical role of public science in innovation: the case of biotechnology”, *Research Policy* 29, pp.1-8.

Metcalf, J. S. (1995), “The economic foundations of technology policy: Equilibrium and evolutionary perspectives”, in Stoneman P. (ed.), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, Blackwell, pp.409-497.

Metcalf, J. S. and Georghiou, L. (1998), “Equilibrium and evolutionary foundations of technology policy”, *STI Review*, No.22, pp.75-100.

Nelson, R. R. (ed.) (1993), *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, Oxford University Press.

North, D. C. (1980), *Structure and Change in Economic History*.

OECD (1996), *The Knowledge-based Economy*, Organization for Economic Co-operation and Development: Paris.

OECD (1997), *National Innovation Systems*, Organization for Economic Co-operation and Development: Paris.

OECD (1999), *Managing National Innovation Systems*, Organization for Economic Co-operation and Development: Paris.

Romer, P. M. (1990), “Endogenous technological change”, *Journal of Political Economy* 98(5), pp.71-102.

Senker, J. and Sharp, M. (1997), “Organizational learning in cooperative alliances: some case studies in biotechnology”, *Technology Analysis and Strategic Management*, Vol 9, No.1, pp.35-51.