

生物技術對我國產業結構之影響及其外溢效果之探討

中文摘要

生物科技所涉及的層面涵蓋了產業、文化、社會、科學等領域，為跨學科之整合性科學，我國現正處於由傳統產業轉型至高科技產業之際，在推動生物科技的同時，應該也必需要考量到的各個面向，由於生物科技產業本身的特性，牽連到生態倫理及生物安全等敏感性議題甚深，所以其衍生出的法令規範對其產業發展之影響亦不容小覷，我國發展生物技術後，做為產業部門的中間投入會對其下游產業帶來一連串的何種效應，其是否具有技術外溢效果？此種產業間技術外溢效果的效益為何？此種以「知識型態」在各個國家間、產業間的擴散傳播過程及其影響，其所涉及的層面不單是將影響到兩國之間貿易結構的改變，也將改變我國各產業未來的發展，影響可謂相當深遠。

有鑑於此，本研究採用全球一般均衡模型(Global Trade Analysis Project, GTAP)做為分析工具，針對全球持續發展生物技術，將對全世界的貿易、生產以及各國的產業競爭力產生何種衝擊？更重要的是進口這些含生物技術之產品對我國的經濟福利、就業乃至於各產業的產出、貿易以及價格的變化及影響，同時探討技術外溢效果之評估，以探究生技發展對我國整體之經濟效益。

關鍵詞：生物科技、全球一般均衡模型(GTAP)、技術外溢

Abstract

The biotechnology is the most popular issues recently. It could be applied to many subjects. This study would use a Global Trade Analysis Project (GTAP) Models to examine the economic effects causes by biotechnology spillover effect and its consequences for the welfare of the interest groups and the pricing and adoption of a new technology, the spillover means the production and dissemination of new biotechnology. So the main objective of this study is to combine the Taiwan's biotechnology industry with the Global Trade Analysis Project (GTAP) Model, and to highlight and address issues related to the biotechnology spillover impacts from an economic perspective.

The study is divided into two major parts. Parts 1 present the development of Taiwan's biotechnology. Then part 2 devoted to the presentation of a global CGE model calibrated on an archetype Input-Output data of Taiwan's biotechnology industry. One innovation in the specification of the present global CGE is to set up the spillover structure in order to simulate the empirical impacts of biotechnology system.

Keywords : Biotechnology; Global Trade Analysis Project (GTAP) Model; Spillover

1. 前言

生物技術自 1970 年代中期開始發展，係指運用重組基因的方法，將外源基因轉入受體植物、動物及微生物之細胞中，改變了該受體物之基因排序而產生基因重組的現象，而形成所謂的基因改造生物（Genetically Modified Organisms, GMO）。此種生物技術不但是一種跨學科之整合性科學，更是研究生命科學、醫學、農學之基本工具。同時生物技術具有廣泛深遠之應用潛力，其應用範圍包括醫學、農學、海洋、能源、環保、化工、礦冶等領域，可說是上個世紀繼石油化學、航空、核能及資訊科技後之另一次技術革命。

在實證部份，本研究將分析當全球積極發展生物技術的情況下，對我國生物技術之發展所產生的經濟影響評估，其實際的作法為將我國設定為會致力於吸收與學習先進國家(如美國)的生物技術，以改善作物品種或生產技術以提高競爭力，我們將這種以「知識型態」在各個國家間擴散傳播的過程，定義為國際間的技術外溢(spillovers)效果。

同樣地，技術外溢效果，也會存在各產業之間，例如若我國採用基因產品做為原料投入時，可能帶來的效益包括成本降低或產量提高等，透過產業間技術外溢機制，而引發中下游產業在產出或價格上的變動。且隨著兩國之間的經濟結構相似度、民眾教育程度，乃至於國人對生技產品的接受度的不同，都將影響到我國學習他國生物技術的吸收能力，而這外溢程度的高低，所涉及的層面不單是將影響到兩國之間貿易結構的改變，也將改變我國各產業未來的發展，影響可謂相當深遠。

2. 研究目的

在上述背景之下，本研究以全球一般均衡模型(Global Trade Analysis Project, GTAP)為分析工具，探討我國在全球持續發展生物技術的情況下，我國採取不同的生技產品發展策略會產生何種影響效果。同時有別於其他研究此議題的相關文獻，本研究考慮到生物技術所引發的技術外溢效果，包括國際間及產業間的技術外溢，在國際間的外溢效果上，將視兩國間貿易量多寡、吸收能力高低、生產規模、以及該社會對其技術的接受度而定，藉以探討我國吸收他國發展生物技術能力的高低，及此外溢吸收能力究竟能帶給我國多少經濟效益。而產業間的技術外溢則欲探討生技產品對我國農業各產業間的技術外溢效果，這些技術面的擴散要視其產業間是否具有相同的技術層次，若技術層次相近則廠商彼此間外溢效果將會較大。

基於生物科技所涉及的層面涵蓋了產業、文化、社會、科學等領域，所衍生出來的問題自是十分複雜。而我國現正處於由傳統產業轉型至高科技產業之際，在推動生物科技的同時，應該也必需要考量到的各個面向，由於生物科技產業本身的特性，牽連到生態倫理及生物安全等敏感性議題甚深，所以其衍生出的法令規範對其產業發展之影響亦不容小覷，我國發展生物技術後，做為產業部門的中間投入會對其下游產業帶來一連串的何種效應，其是否具有技術外溢效果？此種產業間技術外溢效果的效益為何？都將是本研究所要探討的目的之一。因此本研究的研究目的茲整理如下所述：

- (1) 搜集並整理當前國際間生物技術之應用情形及國內發展概況。
- (2) 回顧生技產品及 R&D 外溢效果的相關研究文獻，嘗試做綜合性的比較與整理，以做為後續研究之基礎。
- (3) 利用全球一般均衡模型，模擬並分析當前全球積極發展生技產品，對我國所存在的外溢效果為何，對我國產業結構又會造成何種影響。
- (4) 針對模擬結果做一綜合性探討，提出本文結論。

3. 文獻探討

本研究希望在現在 GTAP 模型下建構出技術外溢的架構，因此文獻回顧亦集中在技術外溢效果的評估，可分為國際間的技術外溢和產業間的技術外溢：國際間的技術外溢即是當知識在國際之間的傳遞與漫延的過程，目前對此技術外溢效果的相關研究已有不少，業已成為近期經濟學者所關注的重點之一，同時本研究雖以生物技術為分析標的，但論其效果應與研究發展(R&D)類似，因此在文獻回顧上亦多集中在此方面。

理論上來說，技術外溢的傳導方式可分為體現(embodied)或非體現(disembodied)二種，所謂體現外溢是指新技術透過商品(商品本身已含技術的成份)的交易(貿易)而傳遞，而非體現外溢則是透過期刊、研討會、網際網路等非商品交易之方式傳遞。而在體現外溢方面，Griliches(1979)認為有二種型式，一是藉由知識來外溢，即取得另一產業的生產方法或產品研究成果來改善本身的生產技術，另一則是經由購買品質改善的投入要素，而將 R&D 外溢到其他產業。但這兩種外溢效果很難在實證上加以區分，因此一般所謂的技術外溢，均已包含這兩種型態的外溢效果。

Coe and Helpman(1993)提出技術外溢傳遞的四個機制。第一，一國之中間投入及資本設備會因國際貿易而得到改善，遂使其生產力提升。第二，國際貿易將使國與國之間在生產方法、產品設計及管理組織方法等相互學習，而形成技術外溢的現象。第三，國際間相互交流接觸，部分技術可能因此遭受複製或模仿。日本與新興工業國家(NIC)的經濟發展過程中即有過此現象。第四，國際貿易有助於一國新技術的發展或技術模仿，而使其生產力提升。由上述學者的研究指出，可知人力資本是推動技術外溢的重要因素，且貿易亦為國際間技術外溢傳播的重要因子。Romer(1990)則進一步將人力資本、知識存量對於技術外溢產生的效果加以串聯，且強調國外人力資本或國際的知識存量亦會影響本國知識存量的累積。

而造成技術外溢的動力為何，Young(1991)、Clifford(1992)的研究指出經由國際貿易將商品傳輸的結果將會產生技術外溢而影響到經濟的成長。Carlino(1995)認為教育會產生外溢效果，且人們會因在工作上相互學習的關係，而促使生產力的提升。另外 Griliches(1964)、Evenson and Kislev(1973)研究指出 R&D 資本外溢對美國農業生產有明顯的影響。Helpman and Coe(1995)導出國外 R&D 具有國際的外溢效果，且認為愈是開放的國家其 R&D 的外溢效果愈大。

在外溢的實證研究上，Kang (1992)以 9 個 OECD 國家為例，分析其 R&D 外溢效果對本國 R&D 投資的影響，認為當外國產業的 R&D 有外溢現象時，會帶動本國 R&D 的投資增加。Coe 和 Helpman (1993)則是採用時間數列及橫斷面資料分析方法來估計 21 個 OECD 國家的總要素生產力，發現總要素生產力受到本國及貿易對手

國 R&D 程度顯著的影響，尤其對小國而言此效果更加明顯。Bernstein 與 Mohnen(1994)以美國和日本為分析對象，研究在 1962-1988 年間，兩國 R&D 的形成過程及 R&D 外溢效果，會對另一國的生產結構、實體資本與生產力成長率產生什麼影響。研究結果發現：在短期時，R&D 投入與國際間外溢效果為互補關係，而長期時，美國仍維持這種現象，但日本卻會減少本國的 R&D 投入。Coe, Helpman and Hoffmaiste (1995)的研究發現：在 1971-1990 年間，77 個開發中國家因為與已開發國家從事國際貿易，而產生的 R&D 外溢效果對國內總要素生產力的影響，研究結果顯示：若開發中國家愈開放，與已開發國家貿易愈頻繁，加上本國國民教育水準愈高，則總要素生產力的成長率也將愈高。Yan (1995)分析 1962-1986 年加拿大與日本十個產業之間的 R&D 外溢效果影響，結果認為就兩個國家而言，國內產業間的 R&D 外溢效果對總要素生產力的貢獻，要比來自國外 R&D 的外溢效果來得大。

在 CGE 模型應用方面，Frisvold(1997)探討區域間技術外溢的效果，當一國採行新的生產技術時，將使得國內財貨的價格與產量有所改變，其影響層面包括垂直市場聯結效果(即產業間外溢效果)及水平的市場聯結效果(國際間外溢效果)，在垂直面上，某一個生產階段的技術進步，將影響到其上下游產業。而水平面上的市場聯結，則是經由不同區域間的技術擴散效果來達成。但在此文中，是假設技術所產生外溢效果以一致的型式呈現，也就是假設技術來源國與接收國的技術成長幅度完全相同，完全忽略技術傳遞的機制。

因此 Meijl and Tongeren(1999)，首度建立以國際貿易為國與國間傳遞連接的技術外溢機制，加上兩國外溢吸收能力及比較其經濟結構相似度，以北美機械業為例，探討當北美總要素生產力提升 2%的情境時，考量在不同的外溢因子對世界其他國家機械業的外溢效果，同時也考慮到此生產力的提升對其他產業的影響是屬於中性技術偏向亦或是非中性的技術偏向。而 Das and Powell(2000)再以 Meijl and Tongeren(1999)的外溢模型為基礎，用以研究美國紡織原料的技術提升，對各區域總體變數的影響，此兩篇文章的不同，主要在於將原本以國民教育程度作知識連接的方式，改以技術接收國的人力資本來代替，而體現外溢指數改為以技術來源國的產值作為外溢指數的基準，而並非以貿易額來計算。

至於有關產業間的外溢效果相關研究，最早見於 Schmookler(1996)，為最先提出研究發展外溢效果名詞者，其後 Spence(1984)發表了有關 R&D 外溢效果的文章以來，引起一連串關於理論與實證的探討，尤其是 R&D 外溢效果是如何來促進一國的經濟成長與影響到其他產業 R&D 的投入等等，所謂的外溢效果，表示一個廠商可以在不必取得對方同意下去利用另一廠商的研究成果。

在產業間外溢效果方面，Jaffe(1986)認為具有相同技術層次的廠商其彼此間外溢效果較大，且產業間外溢效果的產生往往是透過資本財及中間財的改善來影響上、下游產業。Bernstein 與 Nadiri (1988)分析美國 1958-1981 年間的五個高科技產業，由於產業間 R&D 外溢效果會造成生產力變動與要素偏向效果，認為產業間彼此互有外溢效果，但因各自的外溢來源不同，所以造成各產業的外溢效果影響有顯著性地差異。

目前衡量 R&D 外溢效果的方法約可分為兩類，一是利用投入產出法，或稱之為技術矩陣法，係以廠商或產業的所申請的專利數量來分析一個廠商或產業受到其

他廠商或產業外溢效果的影響程度。第二種方法係應用計量方法，衡量廠商或產業的成本與生產結構會受外溢效果的影響程度，又稱為成本函數法(Nadiri, 1993)。

採用投入產出法的文獻，包括有 Terleckyj(1974)是以投入產出表，估計一個產業因購入另一產業的資本設備所產生的 R&D 外溢效果，研究結果顯示產業中的總要素生產力成長率有 45% 來自 R&D 外溢效果，28% 則來自產業本身的 R&D 效果。Wolff 與 Nadiri (1987) 則是用投入產出結構來分析外溢效果和投入產出之間的關聯性，其研究認為 R&D 外溢效果有三個潛在影響效果，一是實施 R&D 的產業將具有向前關聯(對顧客)及向後關聯(對生產者)性，二是一個部門的技術變動，將影響到其顧客與生產者的消費與生產行為，三是部門本身的 R&D 與技術變動，也會使得產業中部門的連鎖結構產生變化。

但上述採用投入產出法來衡量技術外溢效果，存在兩個困難性，第一是專利的資料詳實度會影響到實證結果，第二則是只能分析某特定時點的產業間外溢效果，而無法顯示一段時間後的結構變化，因此有另一派學者則採用成本函數法來分析。如 Spence(1984)認為經由 R&D 外溢效果，可減輕競爭對手的生產成本，因此整個產業的生產成本均會受到外溢效果的影響而降低，但也因此會有廠商有搭便車(free rider)的心態而減少 R&D 的投入。但 Nelson(1982)則持相反意見，認為廠商為了吸收外溢的技術水準，反而會先增加本身 R&D 的投入，以增加吸收學習能力。另外 Bernstein 與 Nadiri(1991)採成本函數法，分析美國幾個代表性的高科技產業之成本與需求結構，在函數中各產業以 R&D 存量來代表外溢效果，得到以下幾個研究結論：(1)所有產業的變動成本都會因外溢效果之存在而減少。(2)所有產業的產出均因會外溢效果而增加，但也因而導致產品價格下跌。(3)所有產業的勞動與中間投入的需求皆因外溢效果而增加。(4)社會的 R&D 投資報酬率明顯高於私部門的 R&D 投資報酬率。(5)大多數的產業均可對其他產業產生外溢效果，僅有少數產業僅能對單一產業有外溢效果。

至於國內關於技術外溢的研究，蔡光第、楊浩彥(1996)將各產業依其 R&D 資本密集度的高低歸納成高、中、低科技三個部門，並利用投入產出表建立不同科技部門間 R&D 資本外溢矩陣，藉以分析各部門間 R&D 資本漏損(leakage out)與接收(receive)¹的結構及變化。此外，該文章亦提出「多層次巢覆式」R&D 外溢(Multilevel-Nested R&D Spillover)的觀念，將外溢來源區分成部門間、部門內產業間與部門內產業內三大類。該文實証結果指出：(1)各科技部門之產出均受到外溢 R&D 資本的影響；(2)不同來源別的外溢 R&D 資本對各部門產出的影響互不相同；(3)自身部門內外溢 R&D 資本對高、低科技部門產出有顯著影響。

莊奕琦、許碧峰(1999)以台灣 1981-1996 年製造業中分類(two-digit)產業的 panel data 為實證分析對象，檢測研究發展對生產力的貢獻及產業間的技术擴散效果。實證結果顯示：(1)除了輕工業外，重化工業與高、低 R&D 產業之研究發展對生產力均有顯著的貢獻；(2)重化工業與高、低 R&D 產業的研究發展存在遞增的報酬；(3)不論是輕、重化工業或者是高、低 R&D 產業，均存在顯著的 R&D 外溢效果，惟其中重化工業高於輕工業，高 R&D 產業大於低 R&D 產業。上述文獻可得知，產業間

¹ 所謂漏損是指某一產業從事 R&D 活動所獲致的成果，透過經濟性或非經濟性行為，被其他廠商或產業取得的一種過程。反觀，若個別廠商或產業獲得其他外界 R&D 資本的過程和行為，則稱為接收。

技術外溢現象會因不同的產業結構而有所不同，一般而言產業結構愈相似則外溢接收度愈高，而 R&D、教育、知識、人力資本是外溢推動的重要因素。

自 1980 年代 Romer、Lucas 內生成長理論開始發展以來，技術內生化相關的研究不斷，且已有充分證據顯示人力資本等因素確實有助於技術提昇、外溢效益的傳遞及經濟的成長，而國際間藉由貿易將技術擴散，亦已有相當的研究予以證實。所謂的基因改造，事實上即為一種技術上的革新，屬於生物科技的知識範疇，本研究將嘗試以過去相關之文獻，建立一套國際間及產業間技術外溢的機制，包含人力資本、知識存量、產業結構等因素，並以生物技術目前在國際間的發展趨勢，對台灣產生的技術外溢為例，探討我國在此潮流下可吸收多少生物技術及其對台灣產業的影響，配合政府在生技產業相關政策施行下來分析對台灣總體福利之影響。

4. 研究方法

本研究理論模型部份將以 GTAP 模型為基礎，嘗試結合生物科技發展模擬機制以及技術外溢模擬機制，以求在實證模擬階段可以評估出台灣與世界各國在未來受全球發展生物技術的影響為何，分析生物技術所引發的技術外溢效果又有多大，以分析其經濟意涵和對我國經濟福利及各產業的影響。最後則針對這些政策做一綜合性的評估，並做出結論，提供政策建言供決策單位參考。

由於知識或技術可以藉由各種型式外溢到其他部門，乃是以近來各國經濟學家不斷在探討的「新貿易理論」與「新成長理論」為基礎，因此在探討外溢效果之前，必須先來回顧這兩個理論。所謂新貿易理論，是 Dixit and Stiglitz (1977)所聯名發表的一篇文章。他們發現，即使兩國的初始條件完全相同，不存在李嘉圖所說先天性的生產比較利益，但如果在生產上存在規模經濟，則兩國依然可以從事專業化生產，並且帶來後天的比較利益。此即為 Dixit - Stiglitz 模型（簡稱 DS 模型），又稱為新貿易理論。其要義在於探討規模經濟和多樣化消費之間的兩難衝突。亦即，在生產過程中，存在著無止境的規模經濟，從生產的角度考慮，產品的種類是越少越好，因為產品的生產規模越大就意味著成本越低。但是消費者喜好多樣化消費，從消費方面考慮，產品的種類則是越多越好。但是，由於生產中的規模經濟和資源的稀少性，當消費品種類增加時，每種消費品的生產規模就會縮小。它與規模經濟相結合，就意味著每種產品的生產成本及價格上升，消費者的效用下降。在一個競爭的市場中，會自動去折衷這種兩難衝突，以達到某種壟斷競爭的均衡。這種均衡雖然只是次優的，但是它卻在不可避免的壟斷約束下，能使消費者淨福利達到最大。

Krugman(1979)正是看到 DS 模型分析國際貿易的能力，而將其應用到國際貿易分析上。他用這個模型很好地解釋了 Linder 貿易模式，即為什麼國際貿易主要發生在先天條件相近的發達國家之間，而比較利益較多的發達國家與落後國家之間的貿易反而較少。就在 Krugman 等人的推動下，生產的規模經濟自 1970 年代末以來成為國際貿易理論中的熱門話題。人們將這種源自規模經濟的比較利益稱為後天獲得的比較利益。這種有規模經濟的模型，由於去掉了傳統的不變規模報酬的假定，故能解釋生產力和貿易依存度同時提高以及貿易量比收入增長更快等現象。由於它揭示了生產力提高與貿易依存度提高之間的關係。

新貿易理論與傳統貿易理論的不同，對重新思考經濟成長理論起了重大的啟發作用。由於先天比較利益並不具有經濟成長方面的含義；相對地後天比較利益則依賴於政府正確的決策，來推動生產率的進一步提高。因此，這種後天的比較利益就可以用來解釋經濟成長的原因。Ethier(1982)則在這方面做了進一步的發展。他用Dixit的方法，分析關於規模經濟和中間產品種類數增加之間的兩難衝突。該模型可以用來解釋生產率、貿易依存度和機器種類數的同時增加的原因，其中機器種類數的增加，則與新技術的發明、內生的技術進步有關。因此，Ethier的模型，就成了啟發Romer(1990)、Grossman and Helpman (1989,1990)在80年代後期所陸續發展出的內生經濟成長模型(endogenous growth theory)，即將人力資本的正向外外部性(positive externality)與規模經濟(increasing return to scale)性質帶入成長模型中，重新啟動了經濟學家對經濟成長問題的重視，此即為所謂的「新成長理論」。若是一個產業可藉由其他產業的技術發展而獲得好處，且不涉及金錢的補償，此即為「技術外溢」之效果，要模擬出各國之間的技術外溢機制需要一些假設，本文即欲以GTAP來模擬出技術在國際間流動的情形。

在本研究方法的設定基礎上，即以「新貿易理論」及「新成長理論」為思考中心，其相關文獻為Coe, Helpman and Hoffmaister(1995)，文中指出四種技術移轉的管道，第一：國際貿易的興盛使得一國得以使用更多樣的中間投入和資本設備，較之使用原本資源可帶來更高的生產力。第二：國際貿易提供了兩國間在生產方法、設計和組織等各方面技術交流的管道。第三：跨國契約使得一國得以去學習複製他國的技術和調整國內的使用方法，這種藉由模仿擴散的方式已成為高度發展國家的成長動力，如日本、新興工業國家等。最後，國際間的貿易可藉由發展新的技術或學習他國技巧來提升一國的生產力，並間接地影響到整個經濟社會的生產力。

接下來一個相當重要議題是去探究「知識或技術如何藉由貿易在各個國家中移轉」？對此，Coe et al.(1995)曾討論過許多種技術外溢的管道，知識外溢可藉由進口或者國外直接投資(FDI)而得。在實證分析上，Coe and Helpman (1993) and Coe, Helpman and Hoffmaister (1995)估計出國際間的技術體現因子，且發現其影響相當顯著，該研究估計結果建議一國的確可享受到來自對手國研發的實質效益，加上近來Sjoholm(1996)的研究發現，貿易的確是技術移轉的重要傳遞機制，Timmer (1988)和Hayami and Ruttan(1985)曾經指出在貿易上呈現的農業技術移轉乃是藉由貿易農業機械、農化肥料等產品而得。在本研究中，吾人假設生產生技產品可藉由中間投入具體呈現在國際貿易上，即將重點放在國際間的貿易做為知識傳遞的因素，當然還有其他重要傳遞因子，諸如國外直接投資(FDI)因素等，但在此並不多做討論。

綜上所述，對生技產品技術外溢因素包括有：一國的吸收能力(教育水準)、兩國經濟結構相似度；以及社會大眾對生技產品的接受程度。當大眾反對生物發展技術時，將使得業者學習生物技術的速度減緩，因此「社會的接受度」將是影響生物技術外溢的重要影響因子。技術在國際間外溢機制的傳遞的流向，第一步是技術來源國的外生技術提升，而後藉由雙邊的貿易將其技術引進到接收國，此過程將藉由貿易體現指數來反應，而技術接收國本身再經人力資本及知識存量來加強技術的吸收(中間亦有產業結構差異所造成的技術流失)，最後技術接收國在以上條件下內生決定技術之提升。

5. 結果與討論

本研究針對當前國際上的生物技術之發展現況及國際規範和管理做一整理與說明，接著是文獻回顧，可分成兩部份：分別對生技產品管理議題的探討及目前文獻對技術外溢的評估方法比較，了解目前相關研究的進展以及國際上所關切的議題。在理論模型部份，本研究以美國普渡大學(Purdue University)全球貿易分析研究中心所建立的多地區多部門可計算一般均衡全球貿易分析模型及其第五版資料庫為主要分析工具，結合生物科技發展模擬機制以及技術外溢模擬機制，探討我國引進國外生物技術後，對我國存在的技術外溢及其福利效果。

在過去探討開放生物技術方面相關的文獻中，甚少考慮技術外溢所造成的效益。本研究在技術外溢機制的建構上，主要修正 Meijl 等人(1999)所設定技術外溢的原理，並加入 Romer (1990)人力資本與知識存量的連接模式，建立出以中間產品為傳遞因子的新國際間體現技術外溢機制，並依此原理創造技術來源國產業間外溢的型式，並設計出幾種模擬情境加以研究，其中模擬一為評估台灣引進國外生物技術後，對我國生產技術提升的效益；模擬二為模擬一加上台灣科技產業技術提升且存在國際間技術外溢的現象；模擬三為模擬二加上產業間技術外溢的現象；模擬結果顯示，在 GTAP 模型技術外溢的模擬機制下，台灣引進生物技術的外溢效果將存在正面效益，將可有效拉高我國生產技術水準。其中獲益最大的為科技產業，而對傳統製造業的助益較少，另外，對國外技術外溢的管制將能有效抑止台灣科技產業的衰退，亦有助於整體服務業的成長。同時我國引進國外生物技術後，在國際上的經濟依賴性勢將進一步的提升，但技術的管制相對無管制而言，不但能提高本國的經濟成長，亦能降低對外經濟的依賴性。

6. 參考文獻

中文部份

- 莊奕琦、許碧峰 (1999)，「研究發展對生產力的貢獻及產業間的外溢效果:台灣製造業實證」。經濟論文，27：3。頁 407-432。
- 蔡光第、楊浩彥 (1996)，「多層次巢覆式 R&D 外溢效果與其對台灣製造業不同科技部門之貢獻」，經濟論文叢刊。24(1)，頁 29-60。

英文部份

- Bernstein, Jeffrey I and M. Ishaq Nadiri. (1988). "Interindustry R&D Spillovers, Rates of Return, and Production in High-Tech Industries." NBER Working Paper No. 2554.
- Bernstein, Jeffrey I and Pierre Mohnen. (1994). "International R&D Spillovers Between U.S. and Japanese R&D Intensive Sectors." NBER Working Paper. No.4682.
- Carlino, Gerald A. (1995), "Do Education And Training Lead To Faster Growth In Cities?," Business Review, ISSN:0007-7011, 15-22.
- Coe, D. T. and E. Helpman. (1993), "International R&D Spillover," NBER working paper, No. 93/84.
- Das, G. G. and A. A. Powell (2000), "Absorption Capacity, Structural Similarity and Embodied Technology Spillovers In a 'Macro' Model: An Implementation Within The GTAP Framework," Preliminary working paper No. IP-77.
- Dixit, A. and J. Stiglitz. (1977). "Monopolistic Competition and Optimum Product

- Diversity." *American Economic Review*. 67. pp 297-308.
- Dixon, P.B, B.R. Parmenter, A. Powell, and P.J. Wilcoxon, (1992), *Notes and Problems in Applied General Equilibrium Economics*. Amsterdam: North-Holland.
- Ethier, W. J., (1982). "National and international returns to scale in the modern theory of International trade." *American Economic Review*. 72. pp 389-405.
- Frisvold, G. B. (1997), "Multimarket effect of agricultural research with technological spillovers," in T. W. Hertel, (ed.), *Global Trade Analysis: Modeling and Applications*, Cambridge: Cambridge University Press, 321-346.
- Griliches, Z. (1964), "Research Expenditures, Education and the Aggregate Agricultural Production Function," *American Economic Review*, 55, 961-974.
- Grossman, G.M. & Helpman, E., (1989). "Trade: Innovation; and Growth." Papers 154, Princeton, Woodrow Wilson School - Public and International Affairs
- Grossman G. M. & Helpman, E.,(1990). "Hysteresis in the Trade Pattern." NBER Working Papers. 3526, National Bureau of Economic Research, Inc
- Helpman, E and D. T. Coe (1995), "International R&D Spillovers," *European Economic Review*, Vol. 39 Iss 15, 859-887.
- Hertel, Thomas W. (1997), *Global Trade Analysis: Modeling and Applications*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Huang Jikun, Hu Ruifa, Hans van Meijl and Frank van Tongeren (2002), "Biotechnology Boosts to Crop Productivity in China And its Impact on Global Trade" Paper prepared for the 5th Annual Conference on Global Economic
- Kang, Jae Hyeong. (1992). "Effect of Foreign Technological Knowledge on Domestic R&D Investment." Ph. D. Dissertation. New York University.
- Paul R. Krugman, (1979). "Vehicle Currencies And the Structure of International Exchange.," NBER Working Papers 0333, National Bureau of Economic Research, Inc
- Meijl H. V. and F. V. Tongeren (1999), "Endogenous International Technology Spillovers and Biased Technical Change in the GTAP Model," GTAP Technical Paper No.15.
- Meijl, H. V. and F. V. Tongeren, (2001) " International diffusion of gains from biotechnology and the European Union's Common Agricultural Policy." Paper prepared for the 5th Annual Conference on Global Economic Analysis, Taipei. Taiwan June 5-7.
- Mohnen, P. (1994). "The econometric approach to R&D externalities." *Cahiers de recherche du department des sciences economiques de l'UQAM*, No.9408.
- Nadiri M. Ishaq. (1993). "Innovations and Technological Spillovers." NBER Working Paper. No.4423.
- Nielson, Richard R.,(1982). "The Role of knowledge in R&D Efficiency." *Quarterly Journal of Economics*. Vol.97. pp453-470.
- Jaffe Adam B., (1986) "Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firms' Patents, Profits, and Market Value." *The American Economic Review*. Vol. 76. No. 5. pp984-1001.
- Romer, P. M. (1990), "Endogenous Technical Change," *Journal of Political Economy*, vol. 98, S71-S102.
- Schmookler, J. (1966). "Innovation and Economic Growth." Cambridge: Harvard University Press.
- Spence, M.,(1984). "Cost Reduction, Competition and Industry Performance." *Econometrica*. 52. No.1. pp101-121.
- Terleckyj, N. (1974). "Effects of R&D on the productivity Growth of Industries: An Exploratory Study." National Planning Association. Washington, D.C.

Wolff, Edward N. and M.Ishaq Nadiri. (1987). "Spillover Effects. Linkage Structure, Technical Progress and Research and Development." C.V. Starr Center Research Report. No.8743.

Yan, Xiaoyi., (1995). "International R&D Spillovers Between Canadian and Japanese Industries." Carleton University. Ph.D. Dissertaion.

Young, A. (1991) "Learning by Doing and Dynamic Effects of International Trade," Quarterly Journal of Economics 106, 369-405

7. 計畫成果自評

本研究計畫採用全球一般均衡模型做為分析工具，探討技術外溢效果之評估及生技發展對我國整體之經濟效益，在計畫過程中廣泛地參考國內外相關研究報告，以及生技專家所提供的相關資料，並依照所欲分析的產業，成功地拆解現有資料庫型態，以求適用於本研究之分析，除此之外，本研究亦成功建立一個包含完整生技產業並結合技術外溢機制之台灣靜態 CGE 模型，在模型程式方面，將依照我國生技產業在可能存在技術外溢特性下做了適度修正。

本研究評估我國生技產業在技術外溢下的經濟效益，以及對各產業部門在產出、物價及就業需求、未來投資研發等總體經濟影響評估，其模擬結果將與學者專家加以討論溝通，作適度修正，並著手進行研究報告之撰寫。