

國家與公共研究機構在產業技術升級 過程中的角色及演化： 台灣工具機業*

陳良治

國立台灣大學建築與城鄉研究所助理教授

本文重點是在討論國家，特別是國家所設立之公共研究機構在新興工業國家產業技術升級中的角色及演化。有別於許多文獻強調國家以及公共研究機構在後進國家產業技術追趕進程中的決定性影響，透過探討台灣工具機業升級過程中，公私部門間的互動內涵及其演變，本文認為國家對這個產業由上而下的成功干預，極大部分需歸功於國內廠商由下而上的努力，其巧妙地利用國家貧乏的工具機產業政策，使之朝向至對該產業有利的方向，也因此讓國家在台灣工具機業升級的過程中的建設性角色得以浮現。同時，本文更分析一個能力較為受限的公共研究機構，如何受益於私部門夥伴的支持，使其能夠看似有效地發揮其被國家賦予的政策功能，並隨著與產業互動關係的改善，逐漸找到其在支持後進國家產業轉型過程中的功能性角色。

關鍵字：發展型國家、公共研究機構、技術升級、工具機業、台灣

* 本研究部分經費來自國科會專題研究計畫補助 (NSC 98-2410-H-002-217-MY2)，特此致謝。作者也感謝本刊兩位匿名評審提供的寶貴意見與建議，文中有任何疏誤，當屬作者之責。

收稿日期：100年7月12日；接受刊登日期：100年11月7日

壹、前言

對於東亞的新興工業化國家（newly industrializing countries）如南韓、新加坡及台灣的快速經濟成長，國家（state）的角色始終被認為是一個最重要的因素。依發展型國家（developmental state）理論，因為國家透過產業政策的施行，使得這些東亞國家不但克服了本身較晚工業化的不利情勢，更迎頭趕上先進已開發國（Johnson, 1982; Amsden, 1989; Rodan, 1989; Wade, 1990; Onis, 1991; Amsden, 2001; Amsden and Chu, 2003; Weiss, 2003; Stubbs, 2009）。其中關於這些後進國家產業於技術發展方面的討論，有些學者更強調了由國家所設立之公共研究機構（public research institute），在引導及協助產業技術建立及升級過程中的重要角色（Choi, 1986; Lee et al., 1991; Lall, 1996; Kim, 1997; Mathews, 2002; Breznitz, 2007; Mazzoleni and Nelson, 2007; Chu et al., 2009）。目前已有許多文獻討論後進國家政府如何利用公共研究機構來驅動產業的發展，但這些研究多傾向一種由上而下的方式詮釋國家或公共研究機構在影響產業技術追趕（technological catch-up）的支配性地位，對於民間廠商在這項任務中之主動性角色則欠缺探討（Nelson, 1991; Hobday, 2001）。為補充既有文獻之不足，本文嘗試透過由下而上及廠商層次（firm-level）的研究取徑，檢視台灣工具機業這一個新興工業化國家產業成功技術升級過程中之公私部門間互動的動態，進而對後進國家工業化進程中，國家—特別是公共研究機構，為何得以呈現出建設性角色的背後機制提出解釋。

本研究的資料主要來自歷史文獻及檔案，以及作者對於台灣工具機業中公私部門之決策者所做之 76 份深度訪談。¹ 有別於許多文獻強調國家或其設立之公共研究機構在後進國家產業技術追趕進程中的決定性影響，就台灣工

1 這些訪談分別於 2005、2006、2008 及 2009 年時進行，包括 28 家台灣工具機廠商經營者的 41 次訪談，工具機零組件廠及加工廠經營者的 16 次訪談、以及台灣工具機業之公部門機關官員、公共研究機構主管與研究人員、產業協會人員等的 19 次訪談。這些深度訪談每次為時約 1 至 3 小時。

具機業這個案例，本文認為國家對這個產業的成功干預（intervention），極大部分需歸功於國內廠商由下而上的努力，他們巧妙地利用國家貧乏且不適宜的工具機產業政策，並將之轉向（redirect）至對該產業有利的方向，最後使得在台灣工具機業升級的過程中，國家的建設性角色得以浮現。除此之外，既有多數文獻一再強調公共研究機構與業者間的雙向溝通，是前者能否發揮促進產業技術進步之影響力的關鍵。本文除討論影響他們雙方在產業技術升級過程中之互動的制度性因素外，更進一步分析一個能力受限的公共研究機構，如何受益於私部門夥伴的支持，使其得以看似有效地扮演其被國家賦予的政策角色。在此同時，這個公共研究機構也隨著與產業互動關係的改善，逐漸找到其在支持後進國家產業轉型的功能性角色。

本文一開始討論後進國家產業的技術追趕為何需要國家，特別是公共研究機構的介入，並分析公共研究機構所被賦予的功能及影響其績效的因素。在第三部分，本文先針對台灣戰後產業發展過程中，政府與公共研究機構的角色予以簡單說明，隨之探討台灣工具機業中最重要的公共研究機構—工業技術研究院機械工業研究所（以下簡稱機械所），²在此產業各個發展階段中的角色。第四部份則探究近年台灣工具機業中所興起之公私合作當中的動態，特別是在國家的贊助推動下，國內的工具機廠商得以獨占地，或與機械所及其他國內廠商共同地合作來發展更高階的技術能力。在這個部分，本文將聚焦在造就此一政府與工具機業間密切連結之情勢背後的誘因及機制。最後則為本文的研究結論。

貳、新興工業化國家技術追趕過程中 國家與公共研究機構的角色

南韓、新加坡與台灣等東亞新興工業化國家戰後發展的驚人成就，大大地影響了我們對於後進國家經濟發展進程的了解。當新自由主義（neo-liberal）的學者將這些國家的成功歸因於自由市場與貿易（World Bank, 1993），主張

2 機械工業研究所於 2006 年更名為機械與系統研究所。

發展型國家 (developmental state) 觀點的學者 (Johnson, 1982; Amsden, 1989; Wade, 1990) 則強調這些國家的政府，透過產業政策之施行或「扭曲市場價格」 (getting the market price wrong) 的方式來引導國家的產業與經濟發展，才是重要的關鍵 (Onis, 1991; Stubbs, 2009)。此外，有些研究則進一步從產業技術能力的面向，探討後進國家的政府如何介入及影響本國產業的發展及升級，使這些產業能在市場中佔有一席之地甚至參與國際競爭 (Lall, 1992, 1996; Kim, 1997; Amsden and Chu, 2003; 王振寰, 2010)。

不同於已開發國家的工業化係基於技術創新 (technological innovation)，既有文獻強調，後進國家的工業化發展是來自技術學習 (technological learning)，³ 尤其是起始於學習先進國家所散佈的技術 (Dahlman et al., 1987; Amsden, 1989; Hobday, 1995; Kim, 1997)。然而要達成這項任務，一般認為後進國家的產業 (或廠商) 必須具備相當技術能力，使其能吸收國外技術、將該技術改進至符合本地需求、甚至在國外技術不適合或無法取得的狀況下創造新技術 (Crane, 1977)。但對多數屬中小企業規模的後進國家廠商而言，因為沒有建立技術能力所需的財源、缺乏較高風險及不確定性之技術的投資意願、或無法充分取得技術投資效益等因素的限制，而難以從事自主的技術能力建構及創新 (Katrak, 1998: 337)。在這個狀況下，學者即主張必須由國家介入來導正這種後進國家產業技術發展過程中市場失靈的情形 (Choi, 1986; Lall, 1996; Kim and Nelson, 2000)。除了透過保護政策或財政補貼等方式 (Lall, 1996; Amsden and Chu, 2003)，許多文獻強調後進國家的政府得透過設立公共研發機構來協助本國產業的技術發展。其認為藉由設立公共研究機構來獲取先進技術，這些後進國家得以策略性地讓技術及研發能力有限，更無法獨立排除技術障礙的國內產業或廠商得到其發展所需的技術知識 (Amsden, 1989; Hobday, 1995; Katrak, 1998; Mazzoleni and Nelson, 2007)。

台灣電子業的發展即是一最佳的例子來說明一個後進發展型國家，如何透公共研究機構以及其他配合的政策手段，來克服障礙以刺激甚至創造具全

3 在此技術學習被定義為，透過吸收既存的技術 (例如其他地區所產生的創新技術)，並將此技術予以改進，來達到技術改進的過程 (Viotti, 2002: 653)。

球競爭力的產業。爲了提升台灣電子產業的發展，台灣政府首先創設了一所公共研究機構—工研院，接著工研院透過政府資金的補助，進行一系列技術研發計畫以取得國內產業發展所需的外國先進技術，並將該技術擴散至私部門。在此同時，政府又在新竹設立了科學工業園區來安置國內開始出現的電子廠商，並提供這些廠商在財務或行政等方面的支援。而爲了促進產業內的技術學習與擴散，政府更鼓勵工研院與民間廠商成立技術開發的合作研發聯盟。經由這些政府的積極作爲，造就了台灣電子業的快速發展以及其在全球電子業中的具競爭力之地位 (Mathews and Cho, 2000; Hsu, 2004; Breznitz, 2007)，更讓這個由工研院所帶領的成功產業發展經驗，被一些學者稱爲所謂的工研院模式 (ITRI model) (Noble, 2000; Hsu et al., 2003; Chu et al., 2009)。

一般認爲，國家設立公共研究機構有兩個目標：一是做爲國內發展新技術與新產業所需的基盤設施；二是協助及鼓勵國內欠缺資源的中小企業投入研發活動 (Toren and Galni, 1978)。雖然已有許多實證指出公共研究機構在促使後進國家產業技術進步上的功能性角色 (Choi, 1986; Lee et al., 1991; Katrak, 1998; Mathews, 2002; Mazzoleni and Nelson, 2007)，但亦有些學者的研究顯示，公共研究機構並未能發揮對產業的實質影響效果。例如 1970-90 年代所進行的一些研究即發現，許多開發中國家政府所設立之公共研究機構，其從事的研究常有與國內產業所面臨實際問題脫節的情形，加上產業界亦對這些機構的研發成果缺乏信心，雙方的互動並不如預期 (Blackledge, 1972; Baark, 1987; Katrak, 1998)。即使在韓國及台灣這兩個被視爲利用公共研究機構成功推動產業發展的後進國家，Kim 等人 (1999) 就發現，由於各公共研究機構間研究領域的重複、研究計畫管理的不良、政府主管機關與公共研究機構高層主管對於後者所賦予任務之認知的不一致、以及政府不當的援助與支配等原因，韓國的公共研究機構事實上遠離了他們所應服務的產業對象。Breznitz (2005) 關於台灣軟體業的研究也批評，台灣政府爲了軟體業所設立的公共研究機構—財團法人資訊工業策進會，不但未能實現產業支援的功能，這個單位與台灣軟體廠商在公私資源上的劇烈競爭及角力，更被歸咎爲造成台灣軟體產業停滯不前的重要原因之一。

正當某些學者質疑公共研究機構的重要性，另外一群學者則投入分析是

哪些因素影響了公共研究機構對於刺激產業發展的績效。在這些研究之中，Toren 與 Galni (1978) 主張公共研究機構的潛在效力是受到外部環境，例如其所處之政府、產業與大學等環境所影響。基於針對八個國家的公共研究機構之研究，Rush 等人 (1995) 更分析如何考量內部、外部及協商等三種因素來設計策略以使公共研究機構提升營運績效。⁴ 從台灣的電腦產業的經驗來看，Chang 等人 (1999) 認為，在協助產業技術發展及提昇這項任務中，公共研究機構研發策略的成功與否，取決於其能否回應產業不同發展階段的技術能力需求，例如在技術引進階段所需的商業化能力 (commercialization capability)、技術基礎建立階段所需的搶占市場時機 (market timing) 能力、以及技術累積階段所需的產業技術需求 (industrial technology requirements) 能力。Mazzoleni 與 Nelson (2007) 的研究也討論了公共研究機構的成功要件。從日本、韓國、台灣以及巴西的早期經驗，他們發現有效的公部門研究計畫不僅應較為務實取向 (pragmatically-oriented) 且少涉及所謂高深科學 (high science)，更需是為了發展符合當地條件與需求的技術。另外，這些研究計畫在執行之時，公共研究機構研發活動的進行不能封閉在象牙塔中，應建立起與產業部門間的雙向溝通機制。

以上的文獻拓展了我們對於新興工業化國家的政府，特別是其設立的公共研究機構為何能 (或不能) 有效地支援產業技術進步的理解。其中關於國家的角色，雖然學者都同意台灣及東亞後進國家產業發展的過程中，國家是重要的 (the state matters)，但也提醒我們不應過度誇大國家的能力 (Friedman, 1986)，以及需討論國家—社會關係 (social-society relation) 對於國家干預策略對其結果所產生的影響 (Weiss, 1998)。例如所謂的「新發展型國家論」(neo-development state) 或「鑲嵌型國家」(embedded state) 觀點便主張，惟有國家將能力鑲嵌在產業當中，其經濟政策始有可能達到成功的發展結果 (Evans, 1995; Weiss, 1998; Amsden and Chu, 2003; O'Riain, 2004)。近來更有研

4 此內部因素係指公共研究機構得直接管控者，包括領導能力、明確清晰的策略、人力資源與計畫管理等。外部因素則指一些超出公共研究機構影響所及，包括產業與經濟環境，以及政府財源的連貫性。協商因素則是公共研究機構得以施加某種程度影響者，包括遊說、建立關係網絡、行銷，以及形象塑造等 (Rush et al., 1995)。

究指出，即使國家能順利進行產業及社會鑲嵌，但若要繼續引領國內產業提昇研發及創新能力以突破升級障礙，發展型國家需要進一步從鑲嵌型國家轉化為「平台型國家」(platform state)，著重建構一個可支持產業成員相互交流的平台，使各種知識創新活動能隨著溝通互動而自主發生（王振寰，2010: 7）。⁵ 然而這些重要的文獻，對於公共研究機構這個為政府在推動產業發展所倚重的行動者，如何協助國家鑲嵌於產業的過程卻欠缺深入討論（Poong, 2005: 3），也忽略分析公共研究機構在建構廠商互動平台中所能扮演的積極角色。這些不足之處，是本文首先嘗試予以彌補的。

接著，在關於公共研究機構與後進國家產業技術發展的研究方面，儘管對於影響公共研究機構技術擴散效果的因素有不同看法，學者均同意公共研究機構與產業之間，是否存在有效的溝通及合作機制，是極重要的關鍵（請參考Toren and Galni, 1978; Kim and Leslie, 1998; Mazzoleni and Nelson, 2007）。本文雖然同意這些研究發現及論點，但也意識到既有文獻存在著共同特點，即是在國家與產業間合作綜效形成的分析中，多採由上而下的方式來檢視公共研究機構的支配角色，而民間廠商的行為則被認定是一種被動回應的結果。這正如Hobday（2001: 25）對發展型國家理論相關文獻的觀察與批評，他指出：「後進國家的廠商之行為，通常傾向於被視為（經常是暗示性地）是對於政策與經濟情勢所產生的自動回應，而不被視為是一種能形成影響的力量。」據此，本研究期改進既有文獻的缺陷，擬透過由下而上及廠商層次(firm-level)的研究取徑，檢視在台灣工具機業的發展過程中，國內廠商如何回應公共研究機構的技術援助與政府針對此產業所提出之政策措施，以及公私部門在追求工具機技術升級當中之互動合作的內部動態。藉由分析不同的廠商行為、能力、策略及績效是如何地影響國家干預的機制與成果（Nel-

5 王振寰（2010: 17-18）的研究就認為，由於國內廠商已具備相當程度的研發能力，再加上許多產業所需的前沿科技，不但是快速變動也難以市場上取得。發展型國家已無法像追趕型經濟時期一樣扮演領導者或合作者的角色，因此應轉型為平台式國家，去建構一個可支持創造新知識和新技术的基礎環境或平台，以便導引人力和資源的交流讓各種知識創新活動成爲可能。

son, 1991; Hobday, 2001)，本文除有助釐清國家與公共研究機構在後進發展國家產業技術追趕中的角色，也讓我們瞭解公共研究機構與產業間互動的內涵是如何隨著技術與制度環境的變動而演變。

參、台灣工具機業的技術進步與工研院機械所

國家干預一直以來被認為是造就台灣產業及經濟成功發展的關鍵要素之一（Wade, 1990; Lall, 1996; Amsden and Chu, 2003; 王振寰，2010）。除了提供有利的產業政策與財稅誘因，台灣政府更高度仰賴眾所皆知的工研院來負責帶領國家選定之目標產業的發展（Mathews, 2002; 洪懿妍，2003）。藉由委任工研院透過技術授權或內部研發的方式取得產業所需的國外先進技術，接著再將該技術擴散至私部門，台灣政府便得藉此策略性地推動一些被認定有助於台灣經濟之特定產業的發展。台灣電子業的出現及成長，便是一個由工研院電子工業研究所（以下稱電子所）做為驅動引擎的典型案列（Liu, 1993; Mathews and Cho, 2000; 洪懿妍，2003）。其實相同的策略也被台灣政府用來推動工具機業的發展，此時，另一個工研院轄下的研究單位—機械所，則被國家賦予此一重要任務。

雖然並不若國內電子業般的全球知名，台灣於 2010 年時已是全球工具機業第四大出口國與第六大生產國（Gardner Publications, 2011）。但不像德國、義大利、日本與美國等當今世界工具機業領先國家，擁有悠久的工具機發展歷史，台灣的工具機生產是直到 1940 年代才開始零星出現。在日據時期之後，一些受日本訓練的台灣機械技師在各地設立了鐵工廠，為當時國內民生工業所使用的製造設備提供維修服務，同時也生產一些機器所需的備用零件以及簡易的小型製造機具（Amsden, 1977）。到了 1950 年代，少部分的國內鐵工廠擴大其營運項目，開始投入於工具機的生產（台灣區機器同業工會，2005）。

在發展的早期，台灣工具機業幾乎未受到任何來自政府方面的幫助（Amsden, 1977）。不僅國內沒有為工具機業（或機械業）所特別制定的政策措施，工具機廠商也鮮少受益於政府在當時所實施之關稅保護或出口補貼等

適用國內所有產業的總體經濟政策。⁶ 然而從 1970 年代開始，台灣政府決定積極介入此一產業。除了提供財稅誘因而來鼓勵本土廠商進行研發活動，政府更設立工研院機械所來協助推動工具機業的發展。根據高士欽（1999）的研究，工研院除了負責執行超過七成國家挹注至工具機業的科技專案經費，也是政府在制定工具機產業政策時最重要的幕僚。這個現象則衍生出一個提問：我們能如何將政府透過工研院，特別是機械所，進行有目的性的干預，與台灣工具機業的發展及升級之間進行連結？藉由檢視工研院機械所在台灣工具機業不同發展階段所扮演的角色，本文接著嘗試回答這個問題。

一、1970~1980 年代早期：與產業脫節

意識到金屬與機械業在國內民生工業之原料與設備提供方面的重要性，台灣政府在來自聯合國的技術與財務援助下，於 1963 年成立了金屬工業發展中心（今金屬工業研究發展中心）以支援國內金屬與機械產業的發展，並於 1969 另外成立金屬工業研究所特別負責研究方面的工作。而在歷經 1960 年代能源危機後，考量到機械生產之低耗能、高技術密度以及高產業關連效果等特性，政府更進一步決定推動機械產業的發展（工研院機械所，1993）。由於工具機部門是機械產業最重要的根基，台灣政府於 1975 及 1977 更分別開始了為期四年的「精密工具機發展計畫」及為期兩年的「精密齒輪技術訓練發展計畫」，希望透過這兩個計畫來取得國外先進技術，並建立國內的工具機技術能力。同時於 1977 年在工研院成立精密工具機中心，並在 1982 年將其改名為機械所。

在與當時美國銑床製造領導廠商 Brown & Sharpe 簽署技術移轉協定後，精密工具機中心於 1975 年派遣了四位工程師前往該廠，進行歷經九個月的數控工具機設計與製造的訓練，並於 1977 年再送出三人受訓。另外，為學

6 台灣當時針對進口工具機所課徵的關稅稅率較低（約在 10~20%間），但這個低關稅的效果卻為台灣工具機廠商需進口之零組件的相同關稅而抵銷（Jacobsson, 1985; Liu and Brookfield, 2000）。同樣地，政府提供給出口製造商品的信用補貼也十分有限。依據 Westphal（1978: 37）的研究：「信用補貼看來幾乎無法抵銷購置非貿易進口品項所支付的關稅，以及政府因實施進口管制對廠商造成之生產成本增加」。

習其他類型工具機的技術，精密工具機中心在 1977 到 1979 年間，分別與其他三家美國的工具機廠商簽署了技術移轉協定，持續派送工程師投入各種技術移轉計畫。在此同時，精密工具機中心也從國外進口高階的製造及加工設備，並在新竹的工研院內成立實驗工廠。而於 1978 年，精密工具機中心則成功推出由國外夥伴設計，但由台灣工程師自行製造鑽床及銑床等兩部工具機（工研院機械所，1993）。

經由先前的技術移轉計畫與實際投入製造，精密工具機中心的工程師逐漸累積了經驗及能力，並著手開發自行設計的工具機。1980 年，在經濟部的資助下，精密工具機中心進行一個兩年期的「自動化工具機研發計畫」，以因應當時全球工具機業中的數控（NC, numerical control）風潮。由於台灣政府當時有意扶植國內汽車業的發展，精密工具機中心的計畫，即選擇了臥式工具機這種汽車引擎生產常使用的先進工具機做為研發目標。在兩年後的 1982 年，已更名為機械所的精密工具機中心便在國內一個機械展覽中，將其製造的數控臥式綜合加工機推出展示。在台灣的工具機業者仍集中在生產較低附加價值的傳統機器的當時，機械所新開發的工具機，代表國家為刺激台灣工具機業在產品及技術方面升級的龐大野心。只是很不幸的，這個由機械所開發工具機及其技術，並未能吸引國內工具機業者的興趣與注意。使得這個由機械所開發的所謂先端技術成果，只留在機械所的實驗室內而無法有效擴散至產業。

本文認為因為三個鴻溝（gap）的存在，而導致這樣結果。首先，對國內那些技術僅足以生產低階工具機的本地業者而言，要進入臥式工具機的開發，不僅要更強的吸納能力（absorptive capacity）來理解這種先進機械中較為複雜的機械構造概念（Cohen and Levinthal, 1990），也需要更高的精密製造與加工能力，而那些能力在當時的台灣工具機業者或產業整體均未具備。此外，對於數控技術方面知識學習的要求，更是國內工具機廠商眼中的另一個障礙。若要應用數控技術，這些機械底子的工具機生產者需掌握另一個他們不熟悉之電子領域方面的知識。在這個狀況下，台灣的工具機廠商便難以跨越這個既有技術與次世代產品所需技術之間的鴻溝。

第二個鴻溝則在市場行銷方面。台灣生產之工具機的主要購買者為國內

外中、低階以及對價格較為敏感的傳統工具機使用者。而機械所提議開發之臥式工具機銷售對象，則是如在汽車業當中較為大型且高階的製造廠商，只是這些業者普遍不會考慮向規模小，且技術較為落後的台灣工具機廠商採購設備。進入這個高階市場所需的市場行銷工作，則遠超過台灣工具機廠商的能力。就此而言，機械所的做法顯得過於躁進且不切實際，台灣本地的業者也就不會將此提議予以認真考量。

只是有一點必須提到，其實在當時，並非所有台灣的工具機業者都不像機械所般抱持著升級的野心。事實上，台灣數控工具機的發展早在 1970 年代中期便已開始。例如當時國內工具機業的領導廠商—楊鐵工廠，於 1974 年時便在一項國內展覽中推出了透過仿造日本機型而自行製造的數控車床。而在 1982 年機械所新開發工具機首次亮相的同一展覽，楊鐵也展示了其開發的數控綜合加工機（台灣區機器同業工會，2005）。其他國內的主要廠商，例如永進機械與台中精機，也各自在 1970 年代後期開發了數控工具機。⁷ 儘管知道機械所正朝同方向努力，也有意提供廠商必要的技術援助，這些國內工具機的領導廠商仍無意接洽機械所。國內工具機廠商與機械所之間存在的文化與技術鴻溝，便是阻礙雙方互動的重要原因。

在傳統工具機業（就某種程度而言，現在仍是如此），機械技師的技術能力應是在透過長年的學徒過程與實作訓練中逐漸發展。擁有多多年經驗的技師（黑手師父），也因此特別受到業者的敬重。相對來說，機械所的年輕工程師們，他們關於機械方面的知識，則主要是透過正式的學院教育以及短期的海外受訓來取得。更重要的是，他們對於機械製造最看重的實務經驗是極為欠缺的。於是在當時，這些年輕工程師的技術能力，便受到自認製造技術及經驗均超過精密工具機中心的國內機械業者質疑（工研院機械所，1993: 112）。其實從精密工具機中心成立開始，國內機械業者即嘲弄這群學院派出身的年輕工程師，指他們做不出可以運作的機械。例如在 1972 年於台中舉行的一場工具機會議上，對於經濟部決定提撥五千萬給機械所的前身金工所

7 透過取得日本的技術，永進生產的數控銑床於 1975 年首次亮相，而台中精機的數控工具機則於 1979 年推出。

執行精密工具機發展計畫的決定，國內機械業多持反對意見。會中即有人發言：「這些錢交給金工所根本是浪費，他們懂得沒我們多。不如把錢直接撥給民間業者。」同時，也有人對金工所的學院派嗤之以鼻：「碩士、博士又怎樣，做出來的機器能用嗎？」(洪懿妍，2003: 61-62)⁸

在這些國內業者眼中，機械所開發的產品既不成熟也欠缺利用價值。產品不成熟，是因為機器的原型機看似規格不錯，但卻有低可靠度 (low reliability) 的問題；欠缺利用價值，則是來自於低可製造性 (low manufacturability)，包括產品的設計過於複雜，或需要許多國內無法取得的高規格零件。由於這些對於機械所的負面印象充斥在當時的國內工具機業界，機械所宣稱開發的先進技術及產器，自然得不到廠商的青睞。

二、1980~1990 年代：協助 CNC 技術的擴散

隨著 CNC (computer numerical control, 電腦數控) 科技的成熟，以及全球市場從 1980 年代起對於 CNC 工具機需求的增加，台灣工具機業者開始積極嘗試進入此一市場。除了少數早期投入開發的業者，若要能生產這些較高階的機種，多數的台灣工具機廠商需要在學習 CNC 科技方面的協助。發現到國內工具機業出現的 CNC 熱潮，機械所即把握這個機會推銷自創以來，便持續投入研發數控工具機及控制器等方面所累積的數控技術能力。從 1980 年代早期，機械所就舉辦了數場以介紹 CNC 技術為主的研討會及講習班，更提供課程來協助訓練國內工具機廠的技術人員。不像其早期關於技術移轉的努力為業界所忽視，這次機械所提供的訓練課程，因能幫助工具機業者得到其在機電 (mecha-tronic) 方面亟需的知識，而廣受歡迎。在舉辦了這些活動之後，機械所與國內工具機廠商間的互動開始有所改善，這進一步促成雙方在開發 CNC 工具機上的委託合作。到了 1983 年，機械所即爭取到 18

8 當時國內機械業者對機械所工程師的質疑，似乎也不全然是偏見或誤解。機械所前副所長即曾指出僅有學理知識但欠缺實作經驗之機械所工程師的問題，例如這些機械科班出身的工程師原先在學校所學的力學或機械原理，真正在工廠商便很難用上。即使他本人為日本慶應大學的機械博士，卻也不得不承認：「機械業有太多的現場經驗和肢體語言，你不親自下現場去體驗，念到博士也沒用。」(洪懿妍，2003: 64)。

家國內廠商 22 件委託設計 CNC 工具機的合約 (Fransman, 1986)。

從促進 CNC 技術擴散的成果來看，機械所在台灣工具機業中逐漸開始扮演了一個有用的角色。但對於成為台灣工具機業的先進技術中樞的這項任務，似乎仍力有未逮，因當時國內的工具機廠商仍不認為機械所是理想及可靠的技術來源。依 Fransman (1986) 針對 1980 年代前期九家台灣工具機廠商所進行的研究，其中八家廠商指出他們新機器的設計知識均來自於日本，僅有一家廠商是取自機械所。另外，那些先前曾和機械所合作過的工具機廠商，也因對於機械所所設計機種一直存在之低商品化可能性 (low commercializability) 的問題，⁹ 而在委託計畫合約到期後不再與機械所繼續合作。

三、1990 年代：深化參與產業

不過這個改善機械所與工具機業者間互動貧乏的機會在 1990 年代開始出現了。為降低台灣製造業高度仰賴日本進口零組件所持續造成的貿易逆差，政府通過了「發展關鍵零組件及產品方案」。根據這個方案，機械所受委託執行了「機械業關鍵零組件技術研究發展四年計畫」，投入包括工具機在內之機械產業關鍵零組件的研發。由於這個研發方向的改變—由開發工具機整機改為開發機器當中的關鍵零組件，機械所開始得以與國內的主要工具機廠商建立起緊密的合作關係 (王振寰、高士欽，2000)，並且在台灣的工具機業逐漸施展其影響力。

台灣工具機廠商的 CNC 工具機在國際市場銷售雖然相當成功，但卻有利潤偏低的問題。一些安裝於國內生產之工具機內的重要零組件，諸如 CNC 控制器、滾珠螺桿或主軸等，多得從國外進口取得且所費不貲。¹⁰ 只是這些關鍵零組件的開發，需要許多機械領域之外，包括電子、軟體及材料科學等

9 機械所在該時期 (1983~1985 年) 為工具機廠商所開發的 CNC 工具機幾乎都未能商品化。根據高士欽 (1999) 對與機械所內參與該計畫的人員所做的訪談指出，由於機械所選擇了不適合的機種，以及忽略了當時國內工具機生產體系對於機械所開發機器的製造能力等因素，因而導致這樣的結果。

10 以當時台灣製造的數控的切割工具機為例，原料便佔了總生產成本的 71%，而進口的零組件更約佔原料成本的 35% (高士欽，1999)。

方面的知識（工研院機械所，1995），在缺乏這些必要技術知識的狀況下，台灣工具機廠商在提昇關鍵零組件上本地自給的成效極為有限。此時機械所宣稱將致力於關鍵零組件發展的計畫，讓政府的技術供給與國內廠商的需求出現聚合點（convergence）。由於可以利用機械所的研發能力來協助他們摸索不熟悉的技術領域，國內工具機廠商呈現與這個公部門研究單位合作的高度興趣。自 1992 年起，先前少與機械所合作的台灣工具機領導廠商如台中精機、楊鐵工廠、永進機械等，便積極參與機械所的關鍵零組件開發計畫。在這些計畫中，機械所負責研發關鍵零組件的相關技術，而參與計畫的廠商則協助分攤研究經費，並將機械所的技術應用於自身的產品。根據此種安排，研發過程所可能產生的技術與財務風險得以降低。對機械所而言，除了費用的分攤，更可以透過與私部門的緊密互動，讓其研發的技術能更為成功地被導向實際應用。而就參與的工具機廠商而言，他們也能在較低的成本投資之下，取得預期所需的技術。台灣本地在 PC-based 控制系統、高速主軸、自動換刀系統或旋轉工作台等方面技術及生產能力的建立，便是此時期機械所與國內工具機廠商合作所產生的成果。¹¹ 接著，基於從事關鍵零組件開發的成功經驗，機械所與工具機廠商進一步考慮擴大與深化相互的合作。除了關鍵零組件之外，雙方提出更多為開發如高速工具機與臥式工具機等高階產品的公私合作計畫。

四、2000 年以後：擴大推動公私合作

由於雙方合作情況的改善，機械所得透過與業者的密集互動，獲得關於工具機開發更多的技術能力與實務經驗。另一方面，國內工具機廠商亦增加了他們與機械所合作的信心，特別是學習到如何有效利用機械所的技術，來補足自身內部研發能力的不足。除持續地擔任支援國內廠商的技術服務者外，從 2000 年代起，機械所更擴大其在台灣工具機業中扮演的角色。

11 除了本地工具機廠商內部在關鍵零組件的製造能力增加外，這時期國內也開始出現一些專業的零組件製造廠，其中更有些是由機械所的離職員工所成立的。例如生產刀庫的德大機械或主軸的羅翌科技之創辦人，均為當初機械所關鍵零組件研發計畫中的參與工程師。

隨著工具機技術的開發變得更加複雜且耗費資本，考量其有限的內部資源，台灣的工具機業者開始意識到，若要維持競爭優勢並趕上國外的領先者，廠商之間進行產業結盟以共享研發資源似乎是不可避免的趨勢。但如果合作是必要的，這些相互競爭的敵對廠商要如何找出共同合作之道？作為一個與台灣工具機領導廠商已建立許多互動管道的公部門，機械所便是促成國內廠商結盟的最佳中介。此外，加上其與國內廠商合作所累積的經驗，機械所似乎也更有信心來主導更大規模的公私合作研究計畫。於 2003 年成立的「先進線型工具機產業研發聯盟」（以下稱線型工具機研發聯盟），這個是台灣工具機業發展史上最大型的研究計畫，便是機械所在促進國內工具機廠商業結盟積極嘗試。

自從線型工具機這種具有高速與高精密加工能力特性之機種於 1999 年首次在日本亮相後，便大受市場歡迎。在意識到這個發展潮流後，機械所於 2000 年時，即透過德國達姆城大學（Darmstadt University）的技術授權取得線型工具機的技術，更在一年後開發出線型工具機的原型機。接著，機械所更開始與幾家國內的主要廠商接頭，討論一起合作申請經濟部科技專案計畫（以下稱科專計畫）¹² 的研究經費，並同時邀請國內其他有興趣及能力的廠商加入計畫。

取得來自經濟部科專計畫的經費後，線型工具機研發聯盟於 2003 年成立。這個聯盟當中主要包括三個團體：二個公共研究機構（機械所及精密機械中心）、四所大學（中正、台灣、成功、清華大學）及九家工具機相關廠商（八家工具機廠及一家零組件廠）。整個計畫總經費約新台幣 4.4 億，其中四成約 1.36 億的經費則由政府補助。在此聯盟中，每個工具機廠商被分配投入不同機型之線型工具機的開發，並取得來自機械所移轉的線型工具機關鍵技術。在 2005 年的台北國際工具機展中，八台由參與聯盟廠商所開發的線型工具機推出亮相，被認為是這一政府贊助之研發聯盟的重大成就。

12 從 1979 年開始實施，科專計畫為經濟部設置用來資助國內的財團法人研發機構進行國內產業所需要的先進技術，此種科專計畫亦稱法人科專。而 1997 年更進一步規劃「業界開發產業技術計畫」（簡稱業界科專），讓民間企業亦得透過申請本計畫取得進行研發的資金補助。為引進學界的研發能量，更設置了學界開發產業技術計畫（簡稱學界科專）。

但這個研發聯盟計畫是否如其宣稱般的成功？本文發現，這個計畫的成功似乎僅限於聯盟參與者得透過該計畫取得某種程度的線型工具機知識。但若從促進廠商間互助合作研發這一角度來看，這個計畫是有些缺陷的。根據作者的訪談，聯盟內廠商在參與計畫的過程中，幾乎只與機械所有所互動。¹³ 機械所在計畫開始之初即指派各家廠商從事不同產品的開發，並期望廠商能在保有各自產品的優勢與技術秘密之下，與其他廠商討論線型工具機開發的共通技術性議題。只是由於這些聯盟的廠商同時也是市場上的競爭者，在擔心自己所受命進行開發的技術可能被其他同業盜取的情況下，機械所的這種刻意安排，仍不足以使廠商間能毫無罣礙地分享知識，也因此計畫當初預期工具機廠商間的密切知識交流，並未能在此聯盟中出現。

除此之外，工具機廠商與其他非競爭關係的聯盟夥伴——如機械所或大學——之間的互動，也並未如預期般頻繁。工具機廠商在訪談中即表示，由於擔心其獨有的技術可能透過機械所而外溢至聯盟內的其他廠商，他們與機械所的實質技術互動也極為有限。廠商與大學之間的交流則更為稀少。就如一位受訪廠商所言，這些大學的教授對於業界的實際情形及做法並不了解，限制了他們提供廠商有用技術及解決對策的能力。歸結以上的觀察，由於聯盟成員難以克服進行知識互惠交流方面的障礙，在這個線型工具機研發聯盟中，成員間互動學習及研發所應有的動能難以發展。本文因此認為，這個聯盟至多只能被視為一種集合工具機廠商以減低開發新產品所帶來之財務風險的平台。

但即使有前述的問題，就線型工具機研發聯盟的最終結果，特別是有些國內工具機廠已著手開發並銷售這一高階機種來看，¹⁴ 已足夠讓政府相信，推動研發聯盟是一種能促進台灣工具機業升級的有效措施。只是若要在激發

13 就如一位參加線型工具機研發聯盟的國內工具機領導廠商經營者所指出：「我們大家都是競爭對手。我們怎麼可能互相提供技術？在這個聯盟之中，我們只從機械所方面得到了一些產業和技術資訊。除此之外，在我們與其他聯盟成員沒有什麼資訊交換。」（訪談資料，M27-1）

14 線型工具機研發聯盟中的某些成員如亞太菁英及引興，均開始銷售商品化的線型工具機及零件產品。

聯盟成員間互動學習這部分產出更豐碩的成果，聯盟的組織形式可能需要進行調整。理解到要讓國內工具機業內出現廠商間水平合作，似乎仍是一件短期內難以達成的任務，在機械所於 2007 年所推動另一個以開發車銑複合工具機而成立的研發聯盟中，即改以促進廠商間垂直合作的方式進行安排。就既有關於台灣工具機業的研究所指出，工具機廠商與在地加工及零組件廠商間存在著緊密及順暢的協力關係（劉仁傑，1999; Liu and Brookfield, 2000; Chen, 2011），新發起的車銑複合工具機研發聯盟便由三家工具機廠商與四家關鍵零組件廠商所組成。¹⁵ 奠基在鑲嵌於台灣工具機業協力體系中的合作互動機制，這個新成立的研發聯盟內期望能產生更大的網絡學習效果，並讓工具機廠商與供應商藉此平台同時提升能力，使新產品的商品化更加順利。

雖然使其研發聯盟能有效運作的制度性安排仍在嘗試中，但由於研發聯盟的成立，台灣工具機廠商開始學習如何更積極地與其他公私部門同業進行合作。而這個制度的出現，機械所無疑是背後的催生及建構者。為了使研發聯盟得以形成，機械所至少扮演了四種不同的角色：第一，作為慫恿者（instigator），積極動員既有的公私部門資源，例如遊說政府對於計畫的核准以及說服廠商的參與，使此聯盟得以成立；第二，作為技術把關者（gatekeeper），負責篩選及取得必要的技術，並將之散佈至聯盟內成員；第三，作為協調者（coordinator），幫忙協商各廠商同意開發所被指派的產品，嘗試化解聯盟成員間潛在的利益衝突；第四，作為促進者（facilitator），負責構思相關作法來誘導成員的交流，讓網絡式互動學習予以發生。據此，我們可以看到機械所已進化其協助台灣工具機業的能力，特別是從早期僅提供技術服務，演變成一個能善用其在政府與業界之影響力，並扮演多功能角色的行動者。此時，我們必須進一步提問，機械所是如何獲取這些進化的能力？本文認為，機械所多年來因不斷進行研發所累積的內部技術能力是一重要因素，但其與國內主要工具機廠商間密切互動下，所發展出的社會關係更是關鍵。針對這個問題，本文將在下一部分，透過檢視近年來政府或機械所與台灣工具機廠商間所產生合作的本質，來予以釐清。

15 本計畫的總投資額約為新台幣兩億四千四百萬元，其中 40% 由經濟部所贊助。

肆、工具機業內公私互動與合作的內涵：廠商觀點

爲了促進台灣工具機業的升級，台灣政府持續地採行三項主要策略：(1) 補貼私部門廠商的研發活動；(2) 委任機械所進行研發並將技術擴散；(3) 推動公私合作研究計畫。的確，台灣工具機業過去幾十年來的進步，有相當部分得歸功於來自國家透過前述三個管道所帶來的資金或技術。就如國內工具機前二十大廠中，約八成均參與科專計畫（工研院機械所，2007），而機械所主管在訪談中也提到，國內工具機領導廠商近年所推出的新機種，有超過三成與機械所或科專計畫有所關聯（訪談資料 p2-2）。爲理解國家如何透過此種干預的型態來發揮力道，本部分將討論工具機廠商關於從事研發活動的決策，是如何受到政府政策工具的影響。首先我們將檢視台灣工具機廠商在追求升級的過程中，如何回應政府所提供的財務誘因。接著探討其餘二種均由機械所扮演關鍵角色的政府干預手段，是如何被付諸實行，並使得機械所與產業間出現看似緊密的連結關係。

一、工具機廠商對於政府研發經費補助誘因的回應

政府宣稱其設置的技術開發補助方案，如經濟部的科專計畫與主導性新產品開發計畫，帶動了近來台灣工具機業的技術升級（Yeh and Chang, 2003; 工研院機械所，2007）。¹⁶ 事實是否真爲如此？如果是，這些專案補助計畫是如何以及多大程度地影響了工具機廠商的技術進步？在作者的田野調查中，那些參與過政府補助計畫的受訪廠商經營者均同意，來自於國家的補貼，確實誘使他們參與更先進且更高風險之工具機技術的研發。例如某位台灣工具機領導廠的經營者表示：

16 以科技發展專案計畫爲例，每年約有新台幣一億到一億六千萬的政府資金撥給公共研究機構或民間廠商，而近八成的台灣前二十大工具機廠商都曾參與過這個計畫。雖然此兩個專案計畫的補助機制十分的類似，但主導性新產品開發計畫是能爲那些屬於國家指定之「新興重要策略性產業」的廠商來，而工具機業則在 1991 年此專案實施起便被包括在其中。

在技術發展的過程中，我們公司從經濟部補助計畫得到了一些資金。儘管在我看來，政府給我們的資金根本不夠，但它的確讓我們業者更願意投入新產品的研發。像這幾年的線型工具機計畫，要不是因為預期能得到來自政府的補助，我們大概不會加入這個計畫，也不會將公司的資源導向開發用線型馬達的工具機，畢竟線型工具機的市場還不成熟。(訪談資料 M5-1)

但若從觸發工具機廠商升級行動的觀點來看，我們似也不應過度誇大政府資金誘因的影響。同樣以線型工具機的科專計畫案為例，有些參與的廠商便強調，不論是否有政府的補助，他們都會嘗試投入這個產品的開發。另一位參與了線型工具機研發聯盟的廠商經營者即指出：

早在線型工具機聯盟成立之前，我們已投入了線型工具機相關技術的研究，我們的研發團隊在未獲機械所的幫助下開發出了自己的產品，甚至在這個計畫還沒結束前，我們公司就已把機器送國外展覽…這個 [政府] 資源大家都可以去拿，我們當然不缺席。(訪談資料 M24-1)

儘管並不一定是在受到國家的激勵下進行線型工具機的開發，上述的例子仍呈現政府對促進目標產業技術所實施之補助計畫，在手段與結果間的正向相關。然而，這些政府的補助措施，也可能是以間接的方式來協助廠商研發能力的提昇。本研究即發現，實際上，有許多廠商將參與政府補助計畫所得到的經費，用來開發一些政府原本無意補助的產品與技術上。

以科專計畫及主導性計畫這兩個台灣工具機廠商獲得政府資金流入的主要管道來說，該計畫是由經濟部設計用來鼓勵國內產業的技術創新及應用，並強調贊助那些有意進行世界級最先進技術或產品研發的廠商。但如本文先前的討論，由於考量到產品行銷及製造方面的可行性，台灣的工具機廠商對於投入最先端之高階工具機的研發多有所疑慮，並傾向採取較為漸進的技術與產品提升。在這狀況下，政府所設立較偏於促使國內產業蛙躍式 (leap-

frogging) 進步的資金補助方案，便不見得符合台灣工具機廠商的實際需求。一些受訪廠商便批評，就現在政府的審查及補助方式，要通過科專申請，他們需提出超高規格之工具機的開發，最後產品雖然開發成功，但根本沒有市場利基（訪談資料 M18-1, S12-1）。

然而，即使意識到政府政策設計的不適，以工具機這麼一個主要以小型廠商所組成的小產業，在台灣產業政策場域的角力中，其始終缺乏驅使政府調整對工具機業較為不利之補助機制的影響力。在所期待的產業升級方式與方向和政府認知有所差異的狀況下，國內的工具機業便常遭遇廠商申請補助計畫資格不足，或根本欠缺申請意願方面的問題。不過即使如此，還是有工具機廠仍期望能從政府取得一些資金來補貼其研發活動，只是要能取得政府資源並將之有效地利用，他們不得不使出一些技巧。例如，幾位受訪者在訪談中指出，有時他們在申請計畫時，會提出較可能通過政府審核的高階產品開發，而在計畫執行過程中，再將資源挪用到他們覺得真正有潛力，但與原先計畫書不見得相關的產品開發上。這種將政府補助改用在自行認定之技術或產品研發上的策略，也為部分參與線型工具機研發聯盟中的廠商所採行。有幾家參與該研發聯盟的廠商在訪談中即指出，他們的公司在計畫中所獲得的政府資金，有相當部分比例並非用在機械所指定開發之產品的研發上。具體的例子如一位工具機廠商經營者提到，他將原先應該用於人才招聘的資金，用來翻新生產設備。也因為這個計畫，他的公司得到額外的財源開發了後來為業界所矚目的新機種。對這些工具機廠商而言，參與此計畫的主要動機不一定是為開發線型工具機，反而是藉這個機會獲取來自政府資金補助，使他們有能力以自己的方式來提升其內部技術能力。

二、魚幫水、水幫魚？機械所與工具機廠商合作的內部動態

除了資金，政府對工具機業的補助還包括來自於機械所的技術挹注。在本文第三部分，我們探討機械所為了能在工具機業中作為一個有意義成員的努力歷程，以及其在促成近來許多工具機技術開發方面公私合作計畫的關鍵角色。而在關於這些公私合作的討論當中，國內的工具機廠商多半被視為是機械所提供協助的接收者。只是當深入檢視特別是近年來機械所與工具機廠

商合作的內部動態時，本研究卻發現，事實上當中可能包括更多來自廠商給予機械所的協助。接下來的討論，我們將分析在其發起的公私合作計畫中，機械所如何得到工具機業者在技術、財務甚至政治等各層面的支持，得以造成目前雙方看似緊密的合作關係。

首先在技術方面，雖然被賦予相對豐沛在資金、設備與高素質人才等方面的研發資源，機械所卻一直有難以積累足夠工具機技術能力的情形。為因應政府對於機械產業未來發展的政策構想，機械所需不時調配其研發資源，從事其他短期的先端技術或產品的研究工作，既有的技術較難以長期深耕。機械所存在之較高人力流動的問題，更使其難培育並留住有才能及經驗的人力。¹⁷ 看到一些國內工具機主要廠商，因擁有長久的工具機開發歷史及許多經驗老道的機械工程師，而形成相對雄厚之技術實力，機械所意識到必須從這些私部門的夥伴中尋求知識的投入。以目前來說，機械所即倚賴於國內工具機領導廠商所提供的資訊，作為其研究計畫制定的依據。¹⁸ 而機械所的工程師，也被鼓勵更積極接觸工具機廠，以取得解決技術問題的協助。一位工具機業者即強調，現在反而是他們接到比較多來自機械所，請求交換技術訊息或進行技術合作的電話（訪談資料 P27-1）。另外，一位曾參與國內工具機產業政策制定超過二十年內的經濟部官員，在訪談中也同意，目前機械所相對於其服務對象在技術方面較為弱勢，並表示廠商才是國內工具機業實質的技術領導者（訪談資料 P24-1）。

除了技術之外，機械所對於來自產業界資金的依賴性也日漸增高。由於從 1990 年代早期開始，政府撥給工研院的資金減少，包括機械所在內的幾個工研院研究單位，皆被要求預算應有一定比例（可能高達五成）是來自民間。也因此，機械所不得不積極向廠商推銷其服務，並拓展財源。機械所在台灣工具機生產網絡的更深入參與，例如為國內工具機廠商提供整機設計，

17 據受訪的機械所工具機部門主管表示，該部門每年平均有 10% 到 15% 的人員離職。除了私部門挖角，也有部分人員轉入學術界發展（訪談資料 P2-1）。

18 根據機械所工具機部門的主管表示：「我們現在會和國內廠商討論未來兩到三年內我們所想開發的新技術。如果他們對該些技術不表示興趣，我們大概就可知道這些技術可能有些問題，並在未來的研發計畫中把他排除（訪談資料 P2-1）」。

或重要零組件供應等方面的服務，可說是導因於政府對於公共研究機構之財務補助政策的調整。以機械所的工具機部門為例，其 2004 至 2005 年間約四億的年度預算中，便有約六成是來自於業界，特別是來自國內幾家主要的工具機廠商。¹⁹

在政治方面，爲了維持或強化其在政府體系內的影響力，機械所必須向上級主管機關或政治人物展示其對於支持產業發展的能力與重要性。但以當前情勢而言，若沒有私部門夥伴的幫助，這方面的政治目標可能不易達成。在其年報中，機械所得以就該機構取得、開發或申請專利之技術的數量與項目，作爲展現其成就的指標。然而身爲一個受政府補助並以服務產業爲目的而設置的研究機構，機械所的表現，不能僅從其技術突破來加以評判，更重要地是必須檢視其技術擴散至私部門的成果。但問題是，要如何合理衡量與呈現這種影響效果？機械所嘗試處理此問題的方式，似乎是透過在文件中描述了其移轉多少技術至民間廠商，並進而爲民間廠商帶來多少生產與銷售的附加價值。只是這些提供的數據，一般會被認爲可能有些誇大潤飾並難以驗證，公信力稍嫌不足。

由於與私部門合作研發的機會增多，機械所現在得以就其主導發起之公私合作研究計畫的數量與規模，以及因公私合作研究計畫所開發出新技術或產品等，作爲指標來呈現工作及服務績效。這個道理十分簡單：若越多民間廠商願意參與機械所發起的研究計畫，代表有越多的廠商信任機械所的能力、並認同機械所在業界的重要領導與協調角色。這正是機械所亟需展現給主管機關及外界的印象。爲了能採取這個方式來表現績效，機械所也更主動發起公私合作計畫，更盡力構思得以引起政府及業界興趣的研究主題與提案。由於來自民間的支持對能否得到後續的政府資助十分重要，業界內的領導廠商便成爲機械所之努力能否成功的關鍵。

但是，並非所有機械所提出，大多數較偏向先端科技領域的開發研究提案，都會得到國內工具機廠商的認可。即使如此，基於與機械所間建立的關係，許多國內業者仍願意參與機械所的研究計畫。有些受訪廠商在訪談中便

19 依機械所中區服務中心提供資料。

提到，爲了幫助機械所能得到政府的資金，並強化機械所的工作績效，他們會參加由機械所發起，爲開發一些業者本身並無意願投入之技術的研究計畫。在這些計畫中，民間廠商似乎只是「名義上的參與者」，機械所事實上幾乎負責全部的研發工作。另一受訪廠商更形容，他們這些參與機械所合作計畫的廠商，有時比較像是一群幫機械所加油的鼓掌團（訪談資料 S13-2）。以機械所近年最顯著的成就，線型工具機研發聯盟的推動爲例，一位受訪者便評論，機械所可能才是整個線型工具機研發聯盟計畫的最大受益者，在民間廠商的合作下，機械所不但因此得到大量的資金投入，更獲得推動台灣工具機業進入高階機種開發的多數功勞（訪談資料 M22-1）。

伍、結論

於台灣產業發展過程中國家所擔負之角色的相關研究中，有許多文獻嘗試描繪了一個政府與產業界之間分工運作良好的台灣產業與創新體系。在此分工之中：

公共研究機構的負責多數的研發，並將技術提升到能做出一個可運作之原型機的程度，接著將研發結果擴散到業界，再由業界負責最終開發與整合設計。這種分工的特色源自於國家對於產業界技術能力的深度干預（Breznitz, 2005: 155）。

也就這種分工模式讓台灣產業能透過所謂「快速跟隨創新」取得全球競爭力，造就了台灣成功的產業與經濟發展，並更進一步支持這種以國家或公共研究機構所領導的後進國家產業升級策略（王振寰，2010）。然而，本研究從工具機廠商觀點所進行的分析卻發現，此種國家或公共研究機構與產業界間平順的分工情形，似乎並不存在過去台灣的工具機業發展過程中。特別以工研院機械所而言，其帶領工具機業技術進步的角色不但未能彰顯，在協助廠商技術升級這個任務的執行，亦出現許多問題，甚至被批評無法勝任。

本研究分析，公共研究機構若要有效地扮演其政策角色，至少必須具有

下列三項能力：(1)為產業選定適合發展之標的技術的能力；(2)獲取技術並將之移轉的能力；(3)勸誘或發掘產業中潛在技術接收者的能力。然而既有的文獻多基於新古典經濟的觀點，假定公共研究機構的前述兩項能力，得經由國家對於高素質人才的招聘與培訓、以及在國外技術取得方面的投資，便能自然地取得。然後將焦點集中在如何建立公共研究機構的第三項能力，以及如何建構技術擴散機制方面的討論 (Kim et al., 1999)。但本文認為，若欲利用公共研究機構作為刺激與支援產業升級的政策工具，國家必須理解到，公共研究機構的前兩項能力，並不該預期總能簡單透過短期計畫的資金及政策支持而得以充分建構。²⁰ 例如台灣工具機業的發展經驗便顯示，國家所倚重的工研院機械所從成立一開始，即存在著技術發展上的深層問題。由於欠缺開發機械所需要較長的先前實作經驗，機械所的高學歷年輕工程師在吸收及應用機械技術上便碰到了瓶頸。而其與台灣工具機業者之間所存在之認知及文化上的鴻溝，阻礙了兩者間的交流互動。在無法與私部門有效溝通的狀況下，機械所後來不僅未能開發出符合業者需求的適當技術，更無法經由向產業內許多有經驗的工具機製造業者學習，藉以提升其自身的技術能力。政府政策工具的設計也忽略意識到工具機業市場特性²¹ (Teubal, 1984; Mazzoleni, 1997)

20 本文更強調不同產業的技術特性差異 (Pavitt, 1984)，對公共研究機構技術能力建構期程的影響。例如以一般常被用來作為公共研究機構成功介入的台灣電子業來說，工研院電子所之所以能順利且迅速的取得半導體技術，主要是因為這個產業的許多關鍵技術，是屬於較能透過上課、閱讀技術文件或在實驗室研發所學習到科學及符碼化知識 (codified knowledge) (Pavitt, 1984; Breschi and Malerba, 1997; Malerba, 2004)，這讓電子所的高學歷工程師得透過短期的國外技術移轉與訓練計畫，建立起相當程度的半導體製造能力。但對重要技術多為隱默性知識 (tacit knowledge) 的工具機業而言，設計或生產工具機所需的技術知識與能力，則需要長期實務操作的經驗累積始能逐漸地建立 (Lissoni, 2001; von Tunzelmann and Acha, 2005)。

21 例如，不同於多數資訊電子業所生產的消費性商品，對包括工具機在內之資本財 (capital goods) 的行銷，除了價格，已有研究指出消費者更在意的是產品的品質、規格以及生產廠商的信譽 (firm reputation) (Teubal, 1984)。而對高階工具機使用者來說，廠商信譽更是他們在選擇設備供應來源時最重視的因素。因為透過廠商信譽，他們可以得到工具機業者過去製造之產品的可靠度、應用情形及售後服務能力等資訊，大幅降低他們在採購這些高階設備後，未來進行高成本精密生產的風險 (Teubal, 1984; Mazzoleni, 1997)。也因此，相對於先進國家之工具機廠商在高階工具機生產、應用及服務等方面已累積長久的發展經驗

以及其技術發展所具備之漸進 (incremental) 及累積的特質 (Dosi, 1988; Malerba, 2005; von Tunzelmann and Acha, 2005; Chen, 2009)，造成國家透過機械所直接或間接（例如協助廠商申請政府的研發經費補助）對工具機業的干預形式，難以得到國內工具機業界的認同，並影響成效。

但本文同時必須強調，即使機械所不具備外界所以為之充沛的技術能力，並不表示我們得以忽略其在台灣工具機業技術升級過程中的地位。機械所對早期國內 CNC 技術的擴散以及關鍵零組件製造能力的建立，就有極大的貢獻。後來幾位機械所離職至業界服務的工程師，有些也是目前台灣工具機業界中的重要成員。²² 另外，相較於國內工具機廠商持續的進步，機械所即使在技術能力的發展顯得較為遲緩，卻也學習到伴隨著台灣工具機業的進化，轉變自身在推動台灣工具機業升級這一任務中的角色，例如為促進國內工具機業內網絡式合作機制的形成，機械所便利用其在產業中的策略性地位，扮演了本文分析之僥倖者、把關者、協調者、促進者等多功能角色。

總的來說，在台灣工具機業技術發展與升級的過程中，國家的角色是不容忽視的。雖然這個論點與強調後進工業化過程中，「國家是重要的」的主張相類似，但本研究經由檢視台灣工具機業與機械所在不同階段互動的內涵與演變，以及工具機廠商對於政府研發經費補助措施的回應，則特別指出：在台灣工具機業技術升級的過程中，國家設立之公共研究機構的帶領效果不應被過分強調。此外，如果我們要將國家的政策干預，例如政府的研究補助計畫，與產業或廠商技術能力的提昇予以連結，我們必須理解，由於國家未能意識國內工具機業者認為技術與競爭力進步應是漸進式的務實看法，現有國內強調鼓勵標的產業或廠商快速技術創新的政府資金補助機制，並不合乎這些工具機廠商的實際需求。在此狀況下，是這些廠商利用可取得的政府資源，將其轉向投入至自身認定有利的發展領域，最終導致國家干預的潛在利益得以實現。

及聲譽，新加入這個市場的台灣的工具機業者明顯處於競爭劣勢，甚至苦無市場機會。而要改善這個劣勢，必須要一段較長的時間讓這些工具機業者去逐漸吸取經驗及建立聲譽。

22 除了幾家本地關鍵零組件廠，在目前國內工具機業中屬於技術領導廠商之一的崑山機電，也是當初由機械所離職人員所創立。

最後我們可從台灣工具機業的發展經驗中得出一個重要的啓示：國家不見得能引領產業或廠商升級的步伐，但在協助產業應付當今快速變化的全球競爭及技術環境上，國家仍可扮演重要的角色。基於對公共研究機構角色演化內涵與過程的分析，本文承接王振寰（2010）所提出發展型國家應轉型為平台型國家，以帶動後進國家產業突破追趕極限的看法，進一步主張公共研究機構在這平台型國家建構過程中能扮演重要角色。以台灣工具機業為例，儘管讓處於相互競爭關係的國內廠商間得以順暢合作交流的制度性安排仍未成熟，由政府補助及工研院機械所協助推動的公私研發聯盟，便是一個讓國內工具機廠商開始學習合作，以獲取對產業整體發展有利之更高合作綜效（collective synergy）的良好開端。²³ 對於這種產業成員為跨過技術升級障礙所產生之合作制度，我們不該視為是產業因回應外部競爭壓力而自然發生的結果。關於這方面互動平台及制度的建立，就特別需要國家的政策鼓勵與支援（Breznitz and Zehavi, 2010）。其中，公共研究機構便是一個國家得以倚賴的推手。

參考資料

A. 中文部分

工研院機械所

1993 《機械工業研究所所史：源遠流長》。新竹：工研院機械所。

1995 《1995 工具機年鑑》。新竹：工研院機械所。

2007 〈科技專案研發有成：工具機精細加工技術展露鋒芒〉，《機械工業雜誌》291: 17-19。

王振寰

2010 《追趕的極限：台灣的經濟轉型與創新》。台北：巨流。

王振寰、高士欽

2000 〈全球化與在地化：新竹與台中的學習型區域比較〉，《臺灣社會學刊》24: 179-237。

23 除了本文討論的線型工具機研發聯盟，以及後續出現的複合式工具機研發聯盟，在機械所的協助下，台灣的幾家工具機業者又在 2009 年一起成立了五軸工具機研發聯盟，投入次世代工具機技術及產品的合作開發。

台灣區機器同業工會

2005 《機械工業六十年史》。台北：台灣區機器同業工會。

洪懿妍

2003 《創新引擎，工研院：台灣產業成功的推手》。台北：天下雜誌。

高士欽

1999 「生產網絡與學習型區域：台中工具機產業轉型分析」，東海大學社會系博士論文。

劉仁傑

1999 《分工網路：剖析台灣工具機產業競爭力的奧秘》。台北：聯經。

B. 英文部分

Amsden, Amsden

1977 “The Division of Labour Is Limited by the Type of Market: The Case of the Taiwanese Machine Tool Industry,” *World Development* 5(3): 217-233.

1989 *Asia's Next Giant: South Korea and Late Industrialization*. New York: Oxford University Press.

2001 *The Rise of “the Rest”: Challenges to the West from Late-industrializing Economies*. New York: Oxford University Press.

Amsden, Amsden and Wan-Wen Chu

2003 *Beyond Late Development: Taiwan's Upgrading Policies*. Cambridge: MIT Press.

Baark, Erik

1987 “Commercialized Technology Transfer in China 1981-86: The Impact of Science and Technology Policy Reforms,” *The China Quarterly* 111: 390-406.

Blackledge, James

1972 *The Role of the Research Institute in Industrial Growth*. Denver: Denver Research Institute, University of Denver.

Breschi, Stefano and Franco Malerba

1997 “Sectoral Innovation System: Technology Regimes, Schumpeterian Dynamic, and Spatial Boundaries,” pp. 130-156 in Charles Edquist (ed.), *Systems of Innovation: Technologies, Institutions, and Organizations*. New York: Pinter.

Breznitz, Dan

2005 “Development, Flexibility and R&D Performance in the Taiwanese IT Industry: Capability Creation and the Effects of State-Industry Coevolution,” *Industrial and Corporate Change* 14(1): 153-187.

2007 *Innovation and the State: Political Choice and Strategies for Growth in Israel, Taiwan, and Ireland*. New Haven: Yale University Press.

Breznitz, Dan and Amos Zehavi

2010 “The Limits of Capital: Transcending the Public Financer-Private Producer Split in Industrial R&D,” *Research Policy* 39(2): 301-312.

Chang, Pao-Long, Chiung-Wen Hsu, and Chien-Tzu Tsai

1999 “A Stage Approach for Industrial Technology Development and Implementation: The Case of Taiwan's Computer Industry,” *Technovation* 19(4): 233-241.

- Chen, Liang-Chih
2009 "Learning through Informal Local and Global Linkages: The Case of Taiwan's Machine Tool Industry," *Research Policy* 38(3): 527-535.
2011 "The Governance and Evolution of Local Production Networks in a Cluster: The Case of Taiwan's Machine Tool Industry," *GeoJournal* 76(6): 606-622.
- Choi, Hyung-Sup
1986 "Science and Technology Policies for Industrialization of Developing Countries," *Technological Forecasting and Social Change* 29(3): 225-239.
- Chu, Po-Young, Yu-Ling Lin, Chi-Hung Huang, and Tzu-Yar Liu
2009 "Externality Evaluation: An Empirical Study of ITRI," *International Journal of Technology Management* 48(3): 280-294.
- Cohen, Wesley and Daniel Levinthal
1990 "Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation," *Administrative Science Quarterly* 35(1): 128-152.
- Crane, Diana
1977 "Technological Innovation in Developing Countries: A Review of the Literature," *Research Policy* 6(4): 374-395.
- Dahlman, Carl, Bruce Ross-Larson, and Larry Westphal
1987 "Managing Technological Development: Lessons from the Newly Industrializing Countries," *World Development* 15(6): 759-775.
- Dosi, Giovanni
1988 "Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation," *Journal of Economic Literature* 26(3): 1120-1171.
- Evans, Peter
1995 *Embedded Autonomy: States and Industrial Transformation*. Princeton: Princeton University Press.
- Fransman, Martin
1986 "International Competitiveness, Technical Change and the State: The Machine Tool Industry in Taiwan and Japan," *World Development* 14(12): 1375-1396.
- Friedman, David
1986 *The Misunderstood Miracle Politics and the Development of a Hybrid Economy in Japan*. Ithaca: Cornell University Press.
- Gardner Publications
2011 *2011 World Machine Tool Output and Consumption Survey*. Retrieved February 23, 2011, from <http://www.gardnerweb.com/consump/survey.html>
- Hobday, Michael
1995 *Innovation in East Asia: The Challenge to Japan*. Brookfield: Edward Elgar.
2001 "The Electronics Industries of the Asia-Pacific: Exploiting International Production Networks for Economic Development," *Asian-Pacific Economic Literature* 15(1): 13-29.
- Hsu, Jinn-Yuh
2004 "The Evolving Institutional Embeddedness of a Late-industrial District in Tai-

- wan,” *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie* 95(2): 218-232.
- Hsu, Po-Hsuan, Joseph Z. Shyu, Hsiao-Cheng Yu, Chao-Chen Yuo, and Ta-Hsien Lo
2003 “Exploring the Interaction between Incubators and Industrial Clusters: The Case of the ITRI Incubator in Taiwan,” *R&D Management* 33(1): 79-90.
- Jacobsson, Staffan
1985 “Technical Change and Industrial Policy: The Case of Computer Numerically Controlled Lathes in Argentina, Korea and Taiwan,” *World Development* 13(3): 353-370.
- Johnson, Chalmers
1982 *MITI and the Japanese Miracle: The Growth of Industrial Policy, 1925-1975*. Stanford: Stanford University Press.
- Katrak, Homi
1998 “Economic Analyses of Industrial Research Institutes in Developing Countries: The Indian Experience,” *Research Policy* 27(4): 337-347.
- Kim, Dong-Won and Stuart W. Leslie
1998 “Winning Markets or Winning Nobel Prizes? KAIST and the Challenges of Late Industrialization,” *Osiris* 13: 154-185.
- Kim, Linsu
1997 *Imitation to Innovation: The Dynamics of Korea’s Technological Learning*. Boston: Harvard Business School Press.
- Kim, Linsu and Richard Nelson
2000 *Technology, Learning and Innovation: Experiences of Newly Industrializing Economies*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kim, Yonungbae, Byungheon Lee, and Yooncheol Lim
1999 “A Comparative Study of Managerial Features between Public and Private R&D Organizations in Korea: Managerial and Policy Implications for Public R&D Organizations,” *International Journal of Technology Management* 17(3): 281-311.
- Lall, Sanjaya
1992 “Technological Capabilities and Industrialization,” *World Development* 20(2): 165-186.
1996 *Learning from the Asian Tigers: Studies in Technology and Industrial Policy*. New York: St. Martin’s Press.
- Lee, Dal-Hwan, Zong-Tae Bae, and Jinjoo Lee
1991 “Performance and Adaptive Roles of the Government-Supported Research Institute in South Korea,” *World Development* 19(10): 1421-1440.
- Lissoni, Francesco
2001 “Knowledge Codification and the Geography of Innovation: The Case of Brescia Mechanical Cluster,” *Research Policy* 30(9): 1479-1500.
- Liu, Chung-Yuan
1993 “Government’s Role in Developing a High-tech Industry: The Case of Taiwan’s Semiconductor Industry,” *Technovation* 13(5): 299-309.

- Liu, Ren-Jye and Jonathan Brookfield
2000 "Stars, Rings and Tiers: Organizational Networks and Their Dynamics in Taiwan's Machine Tool Industry," *Long Range Planning* 33(3): 322-348.
- Malerba, Franco
2004 *Sectoral Systems of Innovation: Concepts, Issues and Analyses of Six Major Sectors in Europe*. Cambridge: Cambridge University Press.
2005 "Sectoral System: How and Why Innovation Differs across Sectors," pp. 380-406 in Jan. Fagerberg, David Mowery, and Richard Nelson (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*. New York: Oxford University Press.
- Mathews, John
2002 "The Origins and Dynamics of Taiwan's R&D Consortia," *Research Policy* 31(4): 633-651.
- Mathews, John and Tong-Song Cho
2000 *Tiger Technology: The Creation of a Semiconductor Industry in East Asia*. New York: Cambridge University Press.
- Mazzoleni, Roberto
1997 "Learning and Path-Dependence in the Diffusion of Innovations: Comparative Evidence on Numerically Controlled Machine Tools," *Research Policy* 26(4-5): 405-428.
- Mazzoleni, Roberto and Richard Nelson
2007 "Public Research Institutions and Economic Catch-up," *Research Policy* 36(10): 1512-1528.
- Nelson, Richard
1991 "Why Do Firms Differ, and How Does It Matter?" *Strategic Management Journal* 12(S2): 61-74.
- Noble, Gregory
2000 "Conspicuous Failures and Hidden Strengths of the ITRI Model: Taiwan's Technology Policy toward Hard Disk Drives and CD-ROMs," Report 2000-02, The Information Storage Industry Center, University of California, San Diego.
- Onis, Ziya
1991 "The Logic of the Developmental State," *Comparative Politics* 24(1): 109-126.
- O'Riain, Sean
2004 *The Politics of High-tech Growth: Developmental Network States in the Global Economy*. New York: Cambridge University Press.
- Pavitt, Keith
1984 "Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory," *Research Policy* 13(6): 343-373.
- Poong, Hwei-Luan
2005 "Implications of Dual Status for Taiwan's Nonprofit Institutes for Economic Affairs: III's Dilemma in e-Industrialization," *Issues & Studies* 41(3): 1-30.
- Rodan, Garry
1989 *The Political Economy of Singapore's Industrialization: National State and Inter-*

- national Capital*. London: Macmillan.
- Rush, Howard, Michael Hobday, John Bessant, and Erik Arnold
1995 "Strategies for Best Practice in Research and Technology Institutes: An Overview of a Benchmarking Exercise," *R&D Management* 25(1): 17-31.
- Stubbs, Richard
2009 "What Ever Happened to the East Asian Developmental State? The Unfolding Debate," *The Pacific Review* 22(1): 1-22.
- Teubal, Morris
1984 "The Role of Technological Learning in the Exports of Manufactured Goods: The Case of Selected Capital Goods in Brazil," *World Development* 12(8): 849-865.
- Toren, Nina and Dan Galni
1978 "The Determinants of the Potential Effectiveness of Government-supported Industrial Research Institutes," *Research Policy* 7(4): 362-382.
- Viotti, Eduardo
2002 "National Learning Systems: A New Approach on Technological Change in Late Industrializing Economies and Evidences from the Cases of Brazil and South Korea," *Technological Forecasting and Social Change* 69(7): 653-680.
- von Tunzelmann, Nick and Virginia Acha
2005 "Innovation in 'Low-tech' Industries," pp. 407-432 in Jan. Fagerberg, David Mowery, and Richard Nelson (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*. New York: Oxford University Press.
- Wade, Robert
1990 *Governing the Market: Economic Theory and the Role of Government in East Asian Industrialization*. Princeton: Princeton University Press.
- Weiss, Linda
1998 *The Myth of the Powerless State: Governing the Economy in a Global Era*. Cambridge: Polity Press.
2003 *States in the Global Economy: Bringing Domestic Institutions Back In*. New York: Cambridge University Press.
- Westphal, Larry
1978 *Industrial Incentives in Republic of China (Taiwan)*. Washington: The World Bank.
- World Bank
1993 *The East Asian Miracle: Economic Growth and Public Policy*. New York: Oxford University Press.
- Yeh, Ching-Chiang and Pao-Long Chang
2003 "The Taiwan System of Innovation in the Tool Machine Industry: A Case Study," *Journal of Engineering and Technology Management* 20(4): 367-380.

The Evolving Roles of the State and Public Research Institutes in the Technological Upgrading Process of Industries: The Case of Taiwan's Machine Tool Industry

Liang-chih Chen

Assistant Professor

Graduate Institute of Building and Planning, National Taiwan University

ABSTRACT

Most literature on industrialization of East Asian newly industrializing countries (NICs) focuses on the NIC states as the dominant factor explaining latecomers' accelerated technological catch-up. Through studying the dynamics within the public-private interactions during the upgrading process of Taiwan's machine industry, this paper rejects the emphasis on the decisive role of the state or, more specifically, its public research institute (PRI), in directing the process of late industrialization, and argues that, in the case of the Taiwan's MT industry, it is the bottom-up efforts of local firms, which ingeniously utilized and redirected the state's poorly formulated policy measures to work in their favor, that made possible the emergence of a seemingly constructive role of the state in the upgrading of an NIC industry. In addition, this study shows how a PRI with inherent limited capabilities has benefited from the improvement of its relationship with the private partners and gradually found its functional position in supporting the technological advancement of the industry.

Key Words: developmental states, public research institutes, technological upgrading, machine tool industry, Taiwan