

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

多重目的個案研究整合型計畫(III)--子計畫十三：社群式
創新模式探索-無線奈米生醫團隊、工研院
研究成果報告(完整版)

計畫類別：整合型
計畫編號：NSC 98-2420-H-004-007-
執行期間：98年01月01日至98年12月31日
執行單位：國立政治大學科技管理研究所

計畫主持人：蕭瑞麟

計畫參與人員：學士級-專任助理人員：吳杰儒

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 99年02月22日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫

成果報告

期中進度報告

多重目的個案研究整合型計畫(III)-子計畫十三：
社群式創新模式探索-無線奈米生醫團隊、工研院

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC98 - 2420 - H - 004 - 007 -

執行期間：2009 年 1 月 1 日至 2009 年 12 月 31 日

計畫主持人：蕭瑞麟教授

共同主持人：

計畫參與人員：

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

- 涉及專利或其他智慧財產權，一年二年後可公開查詢

執行單位：國立政治大學科技管理研究所

中 華 民 國 99 年 2 月 16 日

目錄

壹、前言	4
貳、文獻探討	8
參、研究方法	20
一、個案選擇考量	20
二、資料收集方式	22
三、資料分析	25
肆、個案背景	28
一、團隊科學背景介紹	28
二、核心技術發展歷程	30
伍、研究成果	37
5.1 個案本文：無線奈米生醫團隊(首部曲)	37
5.2 教學指引：無線奈米生醫團隊(首部曲)	48
5.3 論文發表於組織與管理期刊：組織的知識能力--科學社群的知識創生	56
5.4 論文發表於 2009 年科管年會：跨領域創新的學習脈絡	111
附錄一：田野調查彙整	114
附錄二：田野調查照片	119
參考文獻	58

圖表目錄

圖表 1：田野調查整理	24
圖表 2：田野資料多方來源之分析作法	26
圖表 3：無線奈米生醫團隊的重要研發進展	36
圖表 4：無線奈米生醫研發團隊架構圖	123
圖表 5：WHAMBIOS 植入式多功能無線生理監測系統之專利產出	124
圖表 6：無線奈米生醫團隊核心計畫主持人群的歷年研究專案統計(1993-2009 年)	125
計畫成果自評	127

壹、前言

創新過程中需要創生知識，但也必須佐以組織之運作。現代企業為了因應快速變化的市場以及複雜專業的產品分工，跨領域團隊管理已成為企業的核心議題(Ancona and Bresman, 2007)。如何打造一支高績效的研發團隊，為企業帶來源源不絕的創新，是當代實務與學理持續關切的焦點。例如，Lipman-Blumen & Leavitt (1999)追蹤貝爾實驗室的「頂尖團隊」如何挑戰高難度研發專案。Ancona (2002)則稱這類高績效的頂尖團隊為「X-teams」。這種頂尖團隊不但專注內部協調，更密切追蹤外界環境變化。Hackman (2002)則認為，頂尖研發團隊的形成必須先讓成員習得「自我領航」的能力。

Chesbrough & Teece (1996)注意到，現代企業為追求創新，不斷進行分權化、扁平化與各式策略聯盟，從而改變了組織的構形。創新活動與組織作為(organizing practices)成為不可分割的整體。Gassmann & von Zedtwitz (2003)研究洛克威爾公司(Rockwell)開發智慧型馬達。他們也強調，雖然突破式創新需要嚴密管控系統與創生知識，但是如何組織並治理好研發團隊，往往比創新活動本身更重要。同樣是研發團隊，不同的組織運作機制，會引導出不同知識創生結果。Lee & Cole (2003)也注意到，不同組織類型的知識創生作法也有迥異的差別。例如，一般企業遴選成員時會受限於公司規範；但開放式社群原則上廣納百川，毫無限制，如 Linux 研發社群。又如，一般企業重視智慧財產的私有化，強調權益保護與成果轉化。但開放式社群則視軟體開發為公共財。尤其，一般

企業的員工多以面對面的方式溝通，但開放式社群成員則是以共同的軟體開發語言，進行線上的直接對話。Lee & Cole (2003)的研究提供一個新方向：不同的組織有極為迥異的組織運作方式，或組織作為(organizing practices)。要了解不同組織如何有效創生新的知識，我們必須分析組織作為來了解研發團隊的運作模式。但是，由「組織作為」視角來分析知識創生的研究卻不多見。

此外，大學科學家團隊也是被忽略的一群。當今科管與組織科學文獻多分析商業組織或開放型社群的研發團隊。雖然科管文獻中談到大學研發團隊，但是這些討論多在技術轉移、產學聯盟與商品化過程。我們無法得知這些團隊是如何組織運作，又是如何治理運行。在這類高專業知識含量的組織中，研發社群的成員如何進行創新活動，為何有些研發團隊的創新能量驚人無比，有些研發團隊卻表現平平。光是在台灣，政府目前每年投入近 400 億元資金在大學與法人研究機構的研發上，但所得到的成果卻極為有限。同樣的問題，也困擾歐美等國。很有趣的，雖然大學或政府機構的科研團隊對整個社會經濟的影響深遠，然而當今文獻卻少有人關心這類社群的創新作法。

現有科學社群的文獻多由專利數探討科學社群的合作網絡與創新動機 (Braam et al., 1991; Katz and Martin, 1995)。另外，科學社會學刊 (Social Studies of Science) 在 2005 年雖亦曾以專刊討論科學團隊的合作議題，但主要的研究焦點，不是放在網際網路等新興科技的運用 (Duque et al., 2005)，就是由社會網絡觀點探討國家科研計畫的成效 (Cummings and Kiesler, 2005)。這些研究仍未能深入分析科學家的工作脈絡。有鑑於此，

本研究關心的議題是：一個研發團隊背後的「創新引擎」為何會失靈，又如何才能有效運轉，科研團隊又應如何有效協調、團隊如何運作治理。簡言之，本研究的焦點就是分析科研團隊的組織作為與其知識創生的關係。本研究將以一個跨學域的大學科研社群為主軸，分析這個團隊的組織作為，了解為何該團隊能創造出驚人的研發成果。這個科學團隊成立於 2003 年，名為「無線奈米生醫團隊」，主要目標在研發「先進無線生醫保健監測系統」。這套系統能藉由植入體內生醫晶片，有效量測和心血管疾病的發炎指標，即時將相關數據傳送到遠端的醫療院所，以達到遠端醫療照護的目的。這個科研團隊組成約六年，團隊成員有 240 多人，特色包括：第一，該團隊是由微奈米機電、無線傳輸與生醫化學等三大領域的專業科學家所組成。第二，該團隊資源有限，但創新研發能量在台灣科研單位中卻極為突出；六年內的專利申請案件近百件，技術移轉金額遠超過預定目標值三倍以上。期刊與學術論文發表近 200 篇。第三，該團隊經常有突破性的創新研發成就。例如 2003 年的「抗煞一號」，就是該團隊在短短 21 天內研發出來，有效因應 SARS 爆發期間醫療人員口罩防護不足的困境。2009 年的 H1N1 新型流感期間，該團隊亦即時推出「病毒崩」的研發成果，幫助國內廠商量產防護噴劑等產品。本研究分析工作脈絡，探索科學團隊的組織作為，進而了解組織作為如何影響知識創生。

本研究之架構如下安排。下一章節先說明知識創生的理論基礎。接著詳述案例選擇、資料收集與分析等研究方法議題。然後再報告目前的重要研究成果，包括「無線奈米生醫團隊」的個案撰寫與一篇國內期刊論文發表，和一篇國內科管年會的口頭發表。獲得諸多迴響。未來我們希望能持續這個研究，並將研究範疇擴展到國內或國際其他研

發單位的運作機制。再次感謝國科會的贊助與支持。

關鍵字：知識創生、跨域創新、知識能力、工作實務、科學社群

Keyword: knowledge creation, cross-boundary innovation, organizational knowledgeability , work practice, scientific community

Abstract

Nowadays, product or service innovation often requires highly specialized experts to work closely, such as the design of computer server or performing a cardiovascular surgery. Studies of knowledge creation put more focus on knowledge management and knowledge transfer. However, we know relatively little about how distributed organizations, such as experts communities create knowledge. This study focuses on a top-performing scientific community—the Wireless Health Advanced Monitoring Bio-Diagnosis System (WHAM-BioS) in Taiwan. This team consists of leading scientists from nano-technology, bio-technology, information technology and network communications from different scientific disciplines. This study aims to examine their knowing practices of scientific invention. This research will contribute to theories on knowledge creation through the lens of practice. By analyzing the organizational knowledgeability, this research suggests organizations reconsider the knowing of identity sharing, cross training, motivation, learning by doing and aligning efforts as the collective capabilities of scientific community. These five elements as five organizing capabilities will contribute to the knowledge creation and community of practices literatures.

貳、文獻探討

研發是創新的基本活動。任何新的創新，如新流程、新服務、新產品、新系統，都需要經過研發過程、透過研發人員的加值，才能產出研究成果。越先進的創新，如核能發電系統、新的半導體製程、抗癌新藥、新式建築等，所牽涉的研發活動就越加複雜，所需要組織協調也就越加精密。在這些研發過程中，最重要的活動應該要算是新知識的創生(Nonaka, 1994, Argote et al., 2003)。這其中牽涉到創新的設計、生成與實踐，決定研發產出的成效。可是，為何有些團隊能產出優異的研發成果，有些團隊卻表現平平呢？在這裡，我們所討論的研發績效不是指量的產出，而是指產出的品質(Singh, 2008)。所以，如果一個研發團隊一年產出 100 項新產品，每項都是通用性的小家電，競爭者也都能輕易的複製類似產品，那就不算是優異。反之，如果一個研發團隊一年只產出一項新產品，如「抗煞一號」噴劑，但是該產品獨特又影響深遠，不是一般組織可以研發出來的，雖然產出數目不多，但是應該要算是優異的研究成果，或是稱為頂尖研究。於此邏輯中，100 項或 10000 項平庸的研究成果，也不能與項優異、頂尖的研究相提並論(Harvey et al., 2002)。

但是，本研究不是要評估研發成效，而是要由一個不同的角度來分析知識創生的過程。因為，本研究假設，唯有分析知識創生的內涵，才能了解優異創新的由來。本研究選擇由研發團隊下手來討論知識創生的方式，因為這樣的分析比起以組織或產業面來分

析知識創生的作法更為具體，不會將研究活動簡約化。當今文獻約是由研發團隊、由研發過程以及由組織作為三個方向來探討這個問題。

第一，頂尖創新必須要仰賴優異研發團隊。所以，分析績優研發團隊的作法成了一最佳切入點。許多研究便是分析團隊組成的有效條件。例如，分析組織的激勵、可取得的資源、員工的自主性、團隊創新氛圍、健全溝通管道、團隊規模與構型、成員穩定度等因素(Pirola-Merlo and Mann, 2005)。Ancona 所領導的麻省理工研究團隊分析一系列績優研發團隊特質(Ancona and Caldwell, 1992b, Ancona and Bresman, 2007, Ancona, 1990, Ancona and Caldwell, 1992a)，他們指出成功研發團隊應該從事四類活動：向外蒐尋創新資訊(scouting)，轉化為團隊的自我定位；向內連結企業上下階層間的知識，以傳達客戶端或競爭端的反饋意見，作為企業內部決策的依據(ambassadorship)；橫向協調跨部門以整合創新工作；集中執行(extreme executive)以有效化解問題並落實具體解決方案。

此外，研發團隊往往必須跨專業、跨地域合作。因此，虛擬研發團隊也成為當代研究關注焦點。研發團隊在不同時空環境協作中，會有信任的問題(Jarvenpaa et al., 1998)、會需要建立共同知識基礎與默契(Cramton, 2001)、會需要透過科技調適其運作方式(Majchrzak et al., 2000)、領導統御問題(Edmondson, 2003)、研發網絡與社會資本的建立(Reagans and Zuckerman, 2001)、跨疆界知識的轉化(Bechky, 2003, Carlile, 2004, Keller and Holland, 1975)等議題。

雖然這些研究告訴我們組建一個研發團隊所需牽涉的活動。但是，我們並不了解知

知識創生的過程是何樣貌。而且，這些活動是團隊本來就「應該」要作的事，但是做好這些活動只是本分，並不一定就會保證研發團隊出類拔萃。「研發團隊」文獻並未討論到創新進行時知識如何創生。第二類文獻補足此缺漏，豐富地分析了知識創生歷程以及知識運作的機制。此類文獻分析知識創生的時間歷程，藉以了解創新的績效(Van de Ven et al., 1999)。有些研究分析的是知識建構的社會化過程，探討科學社群文化對知識創生之影響(Knorr Cetina, 1999)；或者，分析研發過程中的社會與認知因素，如何形塑創新產出(Garud and Rappa, 1994)。有些研究則是觀察科學家的實驗與研究作法，了解實驗室運作的方式、科學社群的權利關係、學術發表的政治問題(Latour and Woolgar, 1986, Latour, 1987)。

另外，有些研究分析跨疆界的協調機制，分析不同專業領域之間專家如何交換分享知識，共同找出創新的來源(Kellogg et al., 2006, Carlile, 2002)。有些研究則強調工程師實務社群的依境學習(situated learning)對研發績效的影響。實務社群中的非正式的社會性互動其實往往比正規的訓練來的重要，而研究團隊所依賴的就是這種社群式學習，使知識創生更有效率(Brown and Duguid, 1991)。更有研究將焦點轉向組織的氛圍，分析企業文化與孕育知識的環境(von Krogh, 1998, Leonard-Barton, 1995)。

還有，更多文獻分析知識創新的組織運作機制。Nonaka 的分析是代表性研究，討論不同知識型態如何轉換與應用，分析知識轉態(knowledge conversion)。由他的觀點來看，優異的研發必須有效的促成知識轉換，例如將隱性知識轉換為顯性知識(Nonaka,

1994, Nonaka and Konno, 1998, Nonaka and Takeuchi, 1995)。他的一系列研究提出如何將知識內化、外化、組合化、機構化，並提倡由中階經理人來促進知識創生過程。不同於 Nonaka 由組織面來看知識創生，Hargadon 的分析則是強調知識中介(knowledge brokering)，探討如何將不同領域的知識進行混搭，研發出卓越的創新。例如，他研究美國一家頗具盛名的工業設計公司 IDEO 的研發團隊，分析公司的設計團隊是如何有效運用組織記憶，巧妙組合來自不同產業的設計創意，去完成一項又一項的突破性設計(Sutton and Hargadon, 1996, Hargadon and Sutton, 1997, Hargadon, 1998, Hargadon and Bechky, 2006)。Harryson 研究瑞典富豪汽車的研發小組，也提倡知識中介的角色，並建議組成跨領域的策略聯盟來進行將更為有效(Harryson et al., 2008)。這些研究指出，組織需要有系統的搜尋、儲存、擷取、組合、混搭知識，才能產出頂尖的研究。

不過，這些以創新過程為主的文獻，過度強調了知識，卻忽視了組織。雖然這些研究鉅細靡遺的分析了知識生成的過程，以及知識創生中需具備的組織充分條件。但是，一個團隊該如何管理，研發過程應如何引導，研發人員如何激勵慰留、智財如何產生與保護等議題，卻不經意被忽略了。由此，我們也可歸納出當今研究的一個缺口。分析研發團隊的學者著重團隊的領導統御與管理機制，忽略了知識創生。分析知識創生的學者卻過度強調創新的技術過程，而忽略了組織的角色。如何延展分析組織機制而又兼顧知識創生是亟待釐清的研究議題，也是本研究的施力點。

本研究的理論基礎是「組織作為」(organizing practices)。研發的基本元素是知識，然而，如何將知識轉化為創新產品則需要一系列的組織作為。例如，Orlikowski 發現，

創新無法透過單純的知識移轉，必須靠現場能力的養成。除了致力於創新活動與知識創生外，研發團隊也必須要具備組織力。她分析軟體工程師的工作實務發現，工程師實務社群之所以運作得當，是因為研發人員透過認識社群夥伴、密集的互動、共同的研發工具與社群語言，形成特定的組織作為。團隊創新的能力建構於社群運作的能力 (Orlikowski, 2002)。很遺憾，她並未能進一步說明組織作為與知識創生之間的關係。

Markus 的研究團隊分析開放式社群的研發團隊。她發現這些軟體設計師運作絕非散兵游勇、毫無組織，而是透過一套相當嚴謹的組織機制來治理(Markus et al., 2000)。她們觀察不同的開放社群後都發展出不同的組織作為，而這些運作方式表現在社群會員的管理、機構的決策法則、社群的監督與懲處、以及個人聲譽的評估。例如，在 Apache 開放式社群中，看似任何人都可以主動參與軟體的勘誤與修補，但若要擔負開放軟體的管理職務，監督每天的社群運作，他就必須獲得 20 位創始成員所籌組之委員會的投票通過。又如，在監督與懲處機制上，開放式社群往往透過強烈的社群壓力來制裁不遵守社群規則者。成員們會藉由發出敵意信件、塞爆電郵以及凍結回應等方式來制裁違規成員。此外，對這個社群而言，個人聲譽至關重要，成員的一舉一動、績效表現，都是受到公評的。成員擔憂被社群排擠，更是節制有效社群運作的重要機制。

分析組織作為可以讓我們看到團隊運作的宏觀機制。組織作為不但是社群的治理機制、知識創生的基礎，更是一種集體的能力，目的是要解決組織在創新中遭遇到的問題。那麼，在知識創生的過程中，會引發出哪些組織問題呢？Lee and Cole (2003)對此作了

一個歸納。她們比較商業企業與開放式社群兩種不同的組織，分析組織作為的差異，提出五個分析組織作為的面向：成員的選擇、成員的培育、成員的溝通、成員的激勵以及知識產權的布局。這五個面向除了體現組織作為的內涵，也可說明不同階段組織作為對知識創生的影響。這五個也呈現當代的研究議題，體現組織作為調查要點，也是本研究的立論基礎(Brown and Duguid, 1998, Gerwin and Ferris, 2004, McEvily et al., 2003)。

第一個議題是如何選擇成員。一個團隊就如一個小社群，其會員的組成其實就決定該社群的知識含量。一個研發團隊若要在未來運行得當，於建立團隊時，就必須挑各具專長的成員。若是一個研發團隊倉促成軍，招來之人皆為庸才，要成就卓越研究自然不易。Hackman 分析，一個卓越的團隊需具備四種特徵。一是成員必須是特定領域內的佼佼者；二是團隊規模大小適當，必須足已完成任務；三是成員需要具有人際交往和跨專業合作的能力；四是團隊成員必須有一定的多樣性，因為擁有過於同質的知識難以互補，而擁有過於異質的知識則在溝通協調上缺乏效率(Hackman, 1987)。成員的遴選，包括成員的資格條件、知識內涵與名額多寡，是團隊成軍時遭遇到的第一項挑戰。不論是企業或開放式的虛擬社群，成員多樣化組成決定知識的質量(Pelled et al., 1999)。然而，不同組織類型在遴選成員時，組織作為會不同，組成更有所不同。例如，一般企業因為資源有限，在成員遴選上多有名額規定。即使是組成跨國虛擬團隊，也是受到整體企業規模的侷限。相較之下，開放式社群則沒有特定的成員條件與名額限制，能集合較多自願者參與創新(Henkel, 2006)。科學研發社群則是介於一般企業與開放式社群之間，團隊的規模大小與成員組成，必須依任務需求而定(Wells and Pelz, 1966)。

組織成員的選擇是知識創生的起點，決定知識的來源與性質，更直接影響未來知識的形成與創新成果。但是，現今文獻多分析商業組織的團隊遴選(Singh, 2008, Gassmann and von Zedtwitz, 2003, Pirola-Merlo and Mann, 2005)，與開放社群成員治理(Stam, 2009, Fleming and Waguespack, 2007, O'Mahony and Bechky, 2008)。我們尚不了解，一個卓越的科研團隊在成員遴選上需有何特殊考量，遴選過程如何進行，其社群組成又要需作何考量。

第二個議題是如何培育成員與促成知識交流。選定組織成員之後，團隊或社群所遭遇到的第二項挑戰就是組織成員如何培訓。Orlikowski (2002)則指出卓越研發團隊特別強調發展三種能力，一是專業技術職能，如電腦應用、新興技術的學習、專業的特殊語言，研究方法與跨國合作平台的使用方式等。第二是商業能力，這包括專案管理，客戶偏好探索與企業未來市場定位的商業謀略。三是人際溝通的能力，這包括跨文化溝通與協調的能力，以及專業說寫能力。這些培訓的重點除是為了增進團隊的共同知識外，也在致力於培養成員間的默契(Cramton, 2001)。但是，在類似 Linux 這一類開放平台社群中，所有的軟體知識、程式語言都攤在陽光下，甚至每 24 小時最新的軟體版本還會由社群成員主動更新。換句話說，社群成員專業知識的養成是在每天編碼、去誤的過程中，不斷地自我鍛鍊提升。雖然沒有人會給與社群成員特定的專業培訓進度，但來自於社群的壓力以及能力提升的自我要求，就會敦促社群成員快速學習(Markus et al., 2000)。

機構中的培育與知識分享是決定成員是否能足夠具備能力來進行創新活動。不過，

科研團隊的培育方式會與企業或開放社群相同嗎。我們需注意，科研團隊的學習多在實務社群中進行，此類的培育方式又與一般工程師與專業技師不同，如裁縫師、電工、影印機維修技師(Wenger, 2000, Lave and Wenger, 1990, Orr, 1996)。尤其，當這些科學社群是隸屬於各大學裡的研發團隊，他們在進行高難度的研究時，常常必須挑戰未知的知識。這樣的科研團隊如何界定其知識疆界，成員又如何能在社群內養成為尖端的科研人員。他們的培訓重點為何，只是吸收該領域專業知識就可以嗎，又應該如何與跨領域的人交流知識呢？這些問題均有待進一步釐清。

第三個議題是組織的溝通。成員間的溝通決定知識創生的效率，更會影響創新的品質。研發團隊成員間的溝通更非易事。在跨國企業的新產品開發協作中，跨時區、跨地域、跨文化、跨科技、跨政治環境、跨社會、跨歷史的多重組織疆界問題，更凸顯團隊溝通的重要性。密切的社會互動與人員交流可以幫助團隊認識合作夥伴，更可以建構與維繫特有的社會網絡；也如此，團隊才能有效溝通並超越許多跨疆界的挑戰。相較之下，開放軟體平台的社群溝通多透過網路，以電腦程式語言為媒介，進行跨越時區的溝通。此外，跨越不同專業領域的協作中，團隊溝通也涉及利益與衝突。隨著專案進度的發展，團隊甚至必須重新定義研究問題，重新溝通資源配置。

不過，對科研團隊而言，跨學域的溝通更為重要，決定知識的橋接程度。僅用討論溝通的方式是不夠的，強化互動也不一定就能有效溝通。熟悉對方的語言，也不見得就能對話。隸屬於不同專業實驗室的科學社群，不但需面臨專業知識的鴻溝，更要想方設

法中介科學家的知識。對科學家而言，面對面的溝通，或透過網路溝通是不足以成就卓越的創新。那麼，科學家的主導溝通模式為何，成員間又是如何橋接彼此的知識而產生出創新的產品呢。這是另一個待探索的問題。

第四個議題是激勵的機制。團隊合作要有效，成員的專注投入是基本要件。成員要投入，有足夠的激勵措施是凝聚向心力的重要條件。一般企業會透過薪資制度與升遷管道，提供組織成員適當的誘因，鼓勵他們貢獻智慧。有些組織會下放權力，形成同儕壓力的治理機制。例如，品管圈看似組織授權給員工進行自我管理，鼓勵自發性改善品質。實際上，這正是利用同儕的壓力，讓團隊成員形成自我監督的領導模式。

相較之下，開放式社群的組織成員則較不受「胡蘿蔔與棒子」的拘束，更不依賴薪資酬勞進行創作。他們主要以取得社群肯定和認同，交換其他高手的專業知識，作為自發性創新的動機來源。Linux 社群的領導者包括引導社群成員遵守一定的遊戲規則、建立明確而簡單的軟體開發目標，以及連結社群成員。而往往社群的領導者，本身就具有深厚的專業知識，他同時更是不斷精化專業知識的積極實踐者。

科學社群的合作也多出於自發性的投入。但是，科研社群的維繫與企業或開放社群是大為不同的。學術界的認同與回饋系統是很重要的治理機制。例如，教授的升等是建立在第一流學術期刊的發表，社群的認同則是建立於鮮明的學術識別。但是，不同專業領域，科研單位的激勵制度往往會受到機構環境的制約。例如，在許多美國以外地區，教授的薪資結構是不盡理想的，科研團隊必須要找到新的贊助來源才能留住優異的專業

人才。又如，許多研究型大學給予教授的研究預算很低，又給予很重的教學工作，也牽制了教授科研產出。

第五個議題是智慧財產的管理。一般而言，企業多認為員工的知識，乃是組織的智慧資產。因此，企業必須透過薪資報酬與獎勵制度，鼓勵員工貢獻智慧，並進一步將這些智慧轉化為創新產品與流程改善後，透過專利商標制度、透過著作權益進行保護；然後，組織再藉由員工個人權益的讓渡，將各別成員的知識轉讓為企業的集體智慧財產。甚至，企業更需要積極運用這些智慧資本，以各項專屬或非專屬授權機制，為企業的帳上獲利加值，從而提高企業的整體績效。對企業而言，智慧財產權益的保護，某種程度上，確實能提高其他企業進入市場的障礙，甚至可因此由單一企業適時壟斷特定的智慧資本。例如微軟在視窗作業軟體的專利保護，就已形成特定知識的獨佔。然而，某種程度上，智慧財產的權益保護，也限制了各式創意發想的可能性，從而影響整體知識的創新。

在開放式社群中知識是公有的，智慧財產權益是由尊重發表人、以軟體開發者的名義呈現，透過不斷的分享，壯大集體智慧的力量。企業將智慧轉化為財產，並進行專屬授權或侵權追索，可以創造獲利。然而，開放式社群保護智慧財產的方式是採用創意共享的模式。開放式社群的知識共享，是為了提升創新意願。

對科學社群而言，如何在論文發表的公有財與專利申請的私權化之間，取得一定的平衡，甚至相互為用，而非相互制肘，是一個重大挑戰。這其中牽涉到與時間的競賽，

因為等到研究完成再來申請智財往往已經太晚，專利權可能被人捷足先登。此外，當科研人員都全力投入研發中時，誰來處理智財的申請。而且，申請到了智財後，又該如何分配才能讓科研人員信服，團隊除了智財保護外，還會有哪些挑戰，像是如何在學社群的政治網絡中鞏固智財。這些議題也都是我們所知有限的議題。

總之，於此議題，當前研究目前有三個理論缺口。第一，以上五個組織作為的面向是目前研究的焦點。但是，當前研究對這些組織作為多只是構念的探討，缺乏實際證據的詮釋，而且所分析的多是開放式社群(Lee and Cole, 2003, O'Mahony and Bechky, 2008, von Krogh et al., 2003)。我們需要解讀這些組織作為，並且了解頂尖團隊在治理組織時有何特質，與一般科研團隊有何差異。第二，雖然當前文獻已經由不同層面分散地探討這五項組織作為，但是這五項組織作為之間有何關聯，我們並不知道。更為重要的是，要深入理解這五項組織作為之間的關係，我們就必須要分析這些組織作為與知識創生之間的關係。否則，我們所分析出的組織作為將只是單純的組織運作行為，而無法凸顯組織的作為最後如何影響知識的創生。如此，我們也就無法了解這些組織作為與創新過程的關係。組織如何選人、如何提昇知識含量、如何溝通協調，如何管理智慧財產權益等，這一些組織運作和知識創生與創新之間有何關係，有待進一步的釐清。第三，本研究也將對實務社群理論有所貢獻。現有社群實務論文獻雖提出社群特有的身分識別、特殊的語言文化，並強調依境學習是社群實務的創新底蘊(Orlikowski, 2002, Lave and Wenger, 1990, Brown and Duguid, 2001)。然而，我們對於實務社群的組織作為仍未有全盤的瞭解。特別，我們對科研社群究竟是如何創生知識，所知亦仍有限，而有待進一步釐清。

這部份的研究將不強我們對科學團隊運作的了解，呼應學者對「科學知識」的社會建構分析(Knorr-Cetina, 1999, Latour, 1987, Latour and Woolgar, 1986)。總之，本研究探索科學團隊的運作有何特殊的組織作為，並分析有哪些社會性的活動會促成優異創新的根本原因，從而理解科學團隊創生知識的組織原則。

本研究的推理架構如下圖所示。我將先由科學團隊的組織構型中，分析團隊成員的組成方式，並進一步探索科學團隊的學習方式、溝通機制、領導作為與知識管理的實務作法，並深入解讀每一項組織作為與知識管理之間的關係，最後，我們將進一步分析知識創生的組織運行機制。這樣的推理可以分為三個重要步驟。第一，我們會先由五個理論面向，分析所選定科研團隊的研發活動。第二，我們會分析這些研發活動中，呈現哪些組織運作方式，也就是該團隊組織作為。第三，我們會分析這些組織作為與其他一般研究團隊有何不同，也就是必較優異科研團隊與一般性團隊的運作模式有何不同。必須注意的是，我所要分析的不是研發產生的結果，或比較研發的績效，像是專利或學術作品產出。這些研發產出是結果，不是過程。俗語說：「台上一分鐘，台下十年工。」我們要分析的不是「台上一分鐘」，或研發產出，而是「台下十年工」，是組織運作過程。換言之，我們要分析的是一個優異研發團隊是如何運行其組織，為何這些特殊的運行模式可以產生卓越超凡的研發成果。所以，我們不會去比較兩個研發團隊產出的發表量，因為那是很誤導的分析取向，而且當今文獻對此類研究也已經汗牛充棟，無需本研究再東施效顰(Kratzer et al., 2006, Hoegl and Gemuenden, 2001, Keller, 1994)。第四，我們會試著整理出這些組織作為背後呈現出哪些運作原則。

參、研究方法

本研究旨在分析科學社群的工作實務，整理出這些研發活動中的組織作為，進而了解知識創生的方式。因此，我是由組織科學的角度來分析知識創生模式。由於科研社群運作充滿動態，因此質性研究方法，佐以長期的觀察過程比較適合這類的調查(Langley, 1999)。本研究認為，貼近成員的工作脈絡，才能掌握社群的學習模式，並呈現組織的運作方式與知識創生模式(Lee and Cole, 2003)。本研究選擇以「工作實務」來觀察成員的日常活動，並檢視這些活動在社群人際溝通裡所扮演的角色，分析這些活動與社群結構之間又有何具體關聯。組織的工作實務具有機構意涵的人類活動，是動態而持續的，更呈現出組織結構特質(Orlikowski, 2000)。因此，採取實務視角不但可以觀察個別成員的行為模式，更可以據此彰顯社群的整體結構與組織內涵。

組織要達目標，需要發展出一個運作機制來協調成員的工作，來進行資訊的蒐集、傳遞與整合，來因應環境的變化。久而久之，一個組織的運作原則就漸漸形成，而成為組織例規，或衍生出一套「作為」(McEvily et al., 2003)。組織作為就是成員詮釋資訊與協調工作內容的行為模式。這也就是為何我要由工作實務下手來分析成員的互動以及運作原則。以下說明個案選擇、資料收集過程與資料分析方法。

一、個案選擇考量

本研究以「先進無線生醫保健監測系統」(以下簡稱「無線奈米生醫團隊」)的學界

研發專案為研究田野。這個先導型研發專案乃是以微奈米科技及微機電技術為基礎，並橫跨生物醫學、資訊電子、及通訊網路等三大領域，主要目標在開發能植入人體的「多功能無線生理監測系統」(詳見圖表 9)，針對人體內的發炎指數、血糖、心跳等參數進行量測，並傳輸到醫院端，達到有效預警的目的。這套系統可以說是一套遠端醫療照護體系的服務創新。我之所以選擇該科研團隊為調查對象，主要基於以下三點考量。

第一，該科研團隊的知識含量甚高。主要分項主持人皆為各該領域學門的翹楚。該團隊由八個分項團隊所組成，具有跨科學領域研發的代表性(詳見圖表 10)。團隊成員合計達 167 人，其中有 34 位教授、4 位醫生、博士後與博士生共 53 位，專業研究員 3 位、57 位碩士生與 16 位研究助理。這個科學社群橫跨生醫、電機資訊、應用力學、機械工程、資訊工程、醫學院、化學工程等專業領域。

第二，該團隊自 2002 年成立至今，有相當優異的研發績效。該團隊除了順利開發全球體積最小、功能最齊全的植入式無線生醫監測系統。在六年內，該團隊申請 64 項專利，獲國內外 14 項專利，論文發表超過 300 篇，技術移轉金額超過預定值的二倍以上。該團隊研發的「病毒崩」，其技轉金額是其它院校平均技轉金額的 25 倍。此外，該研發團隊展現頂尖的創新成就。例如，2003 年 SARS 風暴期間，該團隊於短短 21 天內順利研發「抗煞一號」。於 2009 年 7 月 21 日在 H1N1 流感期間，該團隊及時研發出病毒崩 (VirusBom)，彰顯該團隊快速的回應能力與爆發性的創新能量。

第三，該團隊能以有限的資源，產出卓越的研發成果，其中必有獨到的運籌帷幄之

道。在六年期的計畫中，前三年每年計畫總經費為 3600 萬元，後三年則僅 2200 萬元；但該團隊研發的效益卻具相當成效，包括無線感測系統、生醫晶片檢測系統、指向性喇叭、手持式電化學監測系統等。洽談合作的廠商則有國內的福華電子、百奧生物科技、台懋創投、工研院等近 15 家廠商，並與西門子、IBM、日本電子大廠 ROHM、加拿大的國科會產業研發機構 (Industrial Material Institute, NRC IMI) 等單位合作。該團隊的產業影響力也由此可見一般。

二、資料收集方式

自 2008 年 3 月起，本研究開始針對「無線奈米生醫團隊」進行田野調查工作，至今仍在持續進行中。我的研究重心放在研究團隊的工作實務與合作溝通模式上，以掌握這個科學家的工作實務。主要的調查內容包括：無線奈米生醫課程的學習、深度個人訪談、團隊例行工作會議的參與，以及動物實驗的觀察。

第一類調查的內容是參加該團隊計畫主持人群所開設的專業無線奈米生醫課程，並參與相關研討會，以學習無線奈米生醫的專業知識。此有助於我們理解該研究團隊的工作內容，並熟悉專屬於該社群的特殊語言。例如，當團隊成員在談論「BMW」這個專有名詞時，並不是在品評最新款的寶馬汽車，而是在指陳生醫無線感測晶片 (Bio-Medical-Wireless，簡稱 BMW 晶片) 或如，當團隊成員相約在特定時間要去「殺老鼠」時，意旨要做老鼠的動物實驗。惟有透過社群語言的掌握，對社群專業知識的了解，我們才能收集到真實有用的資訊。藉由與計畫主持人及分項主持人的訪談中，本研

究初步整理團隊籌組的考量事項，尤其是挑選團隊核心成員的過程，以釐清重要專業知識的來源與內涵。同時，我們進一步透過與團隊成員的訪問及月會參與過程，相互驗證團隊成員的重要特質。

第二類的深度個人訪談，我們主要訪談三種對象。一是團隊的總計畫主持人與分項主持人。我們主要詢問他們如何決定專業研究領域，哪些人才可以進入團隊，以就團隊構成和組織運作模式有較為通盤的了解。另外，我更針對團隊在實際運作時，所遭遇的困難與挑戰，以及社群的解決模式進行探索，以洞悉團隊的互動與溝通方式，以及他們建立信任的基礎。二是，我們訪談總計畫辦公室中，負責協調各個工作團隊的研究員。我們詢問他們如何協調不同分項的研究人員、如何進行分工、如何進行合作，以分析團隊實際運作的模式。三是訪談各分項計畫的成員，由他們的工作實務，交互驗證整個團隊的運作全貌。

第三類是團隊例行工作會議。我們參加「無線奈米生醫團隊」每個月定期的團隊月會。八個分項主持人與主要參與成員，多會參加例會討論，此有助於我們觀察他們的互動模式，他們推進研發的作為，以及所關注的議題。藉由與總計畫辦公室中，負責團隊聯繫之研究員的深度訪談，整理團隊的溝通機制。再者，我們進一步由主要分項團隊成員的訪談內容與工作參與方式，梳理不同團隊間的溝通互動模式。

第四類是動物實驗，由於整個植入式無線生醫監測系統在 2008 年已進入最後系統整合與動物實驗階段，我們參與他們進行系統整合的實驗，觀察該團隊將監測系統植入

白老鼠體內的過程，以及體內生物資訊傳輸中的解決方式。此有助於我們理解團隊在合作上所遭遇的問題，以及具體的解決方式。另外，本研究並有效收集到團隊的書面結案報告、參與團隊的期末審查會議，並得到團隊成員允許，審閱部分工作日誌內容，以交互驗證團隊的知識創生過程。在知識疆界的跨域協調上，本研究主要藉由動物實驗的參與，直接觀察團隊成員在系統整合與問題解決的工作實務內容，但這是屬於計畫後期的知識整合議題。為了有效掌握計畫初期與中期，不同專業知識領域如何溝通，如何跨越知識疆界的作法，本研究特別就主要整合議題，進行跨分項的交叉訪問，以切實掌握並釐清跨越知識疆界的方式。最後，則就團隊創新的動機與領導權威的來源，訪問計畫主持人與分項主持人，並由各分項成員的訪談中，得到交互驗證。

圖表 1：田野調查整理

田野調查方式	訪談人數/次數	訪談/參與總時數
專業無線奈米生醫課程	5 次	15
深度訪談		
計畫主持人	9 次	20
分項主持人	8 人	15
研究員	8 人	16
分項團隊成員	25 人	48
專案月會	7 次	21
動物實驗	3 次	30
Total		165 小時

三、資料分析

本研究的資料收集與資料分析方式，乃是同步進行的。透過參加無線奈米生醫團隊月會、培訓課程、訪問核心計畫主持人群和研究人員，以及參與系統整合的動物實驗過程中，我們進行資料的交互驗證，並整理出精選社群成員、提升成員知識含量、發展跨越溝通模式、建置激勵機制、以及管理智財權益共五項組織作為。

一開始我們先由參加團隊固定在每個月第二個周二傍晚的例行會議中，習得無線奈米生醫的相關知識；並進一步得知團隊在每學年第一學期所開設的生醫課程，而開始參與培訓課程。並由這個課程的內容教授與成員互動中，得知團隊的培訓方式，尚有每年暑假定期舉辦的科學夏令營活動。而從訪談計畫主持人群的過程，進一步得知核心主持人群培訓研究人員的方式，除科學專業知識的培訓外，尚有系統採購的學習、專案管理的學習，以及專利地圖的檢索探勘學習，從而得到第二項組織作為，提升成員知識含量。其次，藉由多次訪談核心計畫主持人群的過程中，我得到團隊重視「研究家族」的籌組過程，尤其是在研究資源的交互分享與學術發表、專利排名的規範上，都有其特殊的選人機制。此外，由團隊月會的參與過程中，我們也得到這個科學社群成員重視專業研究基礎、問題解決能力、與耐挫力的特質，從而得到第一項組織作為，遴選社群成員。接著，我們透過參加團隊最後階段的動物實驗過程，掌握跨團隊的溝通協調機制，乃是一個「乒乓球式」的反覆協調機制；並進一步由計畫主持人群的訪談中，得知核心成員透過資源交互混搭的「次團」建置，乃是具有特殊知識與資源組合的「大使活動」。另外，透過掌握核心計畫主持人群的日常活動內容，了解團隊向外「偵查」專業知識與「連結」

特定資源的特殊溝通活動，從而得到第三項組織作為，發展跨域溝通模式。

透過動物實驗的參與階段，我們發現這個科學團隊的研究資源相當豐沛，研究人員的投入程度更迥異於一般實驗室；因此，我們進一步探究這個團隊的研究動機來源，並進一步藉由訪問計畫主持人群的過程中，得知團隊有相當特殊的資源安排，包括技轉收入的分配，研究人力的協調與論文發表的特殊作為等，從而得到第四項組織作為，建置激勵機制。

最後，我們從團隊月會討論中，掌握核心計畫主持人群相當重視研發成果的商品化與技轉收益的實質績效；同時由月會上，亦掌握到團隊積極連結外部研發資源的特殊作為，從而探尋計畫主持人群運用智慧財產權益的方式，得到第五項組織作為，管理智財權益。

圖表 2：田野資料多方來源之分析作法

組織作為	個人訪談	動物實驗參與	團隊月會與期末會議
遴選社群成員	<p>由訪談核心計畫主持人的內容中，得知其考核重要成員的關鍵因素包括頂級期刊的發表、專利發明等「專業研究履歷」。同時，核心主持人群更強調研究人員解決問題的能力、耐挫力和分享學術資源的能力。</p> <p>由其他主持人的訪談中亦得到檢驗，主持人群的論文與專利排名順序，都需要由研究家族的整體立場，進行評估。研究室的資源，包括儀器與資料</p>	<p>由動物實驗的觀察中，得到一般究人員對問題解決的專注力；以及長達 48 個小時，反覆進行實驗的耐挫能力。</p>	<p>由團隊月會的分項報告與提問中，得到團隊計畫主持人特別重視基本問題的解決能力。</p> <p>由分項團隊月會中，得到計畫主持人群遴選一般研究人員的方式，特別著重在專案經驗、參賽經驗等產業實務經驗。</p> <p>多位計畫主持人更重視「運動履歷」，包括籃球運動以及登山活動的定期參與，以檢驗其團隊合作的能力。</p>

	庫，更進行廣泛性的分享。		
提昇成員知識含量	<p>由訪談中，得到團隊內部正式的知識培訓機制，包括每年七月的定期夏令營活動、每學期的生技基礎課程教授、與跨實驗室定期交流培訓。</p> <p>掌握到不定期的培訓機制，包括論文發表、專利地圖探勘、系統採購、創業提案等。</p>	由系統整合過程中，了解跨團隊成員的知識培訓，主要在於即時性的問題解決能力。	團隊月會亦是重要的跨領域知識學習場域。由各個分項的專業報告中，成員可以學習不同科學專業領域的最新研發知識。
發展跨域溝通模式	<p>由核心計畫主持人的日常行程安排中，掌握團隊「偵測」外在知識的特定活動。另外尚有積極納入外部產學資源的「連結」活動。</p> <p>由訪談中，得知核心計畫成員刻意安排資深與資淺研究人員進行資源混搭與研究互補的「大使活動」。</p>	由整合實驗中，掌握跨團隊的「協調活動」乃是「乒乓球式」的即時協作方式。	由各分項報告，得到跨團隊間的「協調活動」，與研究資源混搭的「大使活動」。
建置激勵機制	<p>由訪談中，得知核心主持人群刻意安排的資源分配與實質報酬的獎勵機制。</p> <p>另外由其他核心成員的訪談中，得知其重視學術聲譽與社會影響力的內在成就動機。</p>	由實驗合作過程，探得團隊一般研究人員的動機來自於專業社群的肯定。	由團隊月會對績優研究人員的肯定與實質鼓勵，得到研發團隊的內部成就動機來自於專業社群的認同。
管理智財權	<p>由訪談中，得知計畫主持人群在進行研發前的技術探勘工作，乃是要作到創新與專利同步。</p> <p>另外，透過分析團隊重要研究成果「抗煞一號」與「台大病毒崩」的研發過程，發現團隊在技術研發時，亦在同步進行廠商技轉的商品化工作。</p>	透過研發人員的實作中，探知最新科學研究方向與專利申請的脈絡。	由每個月定期月會的考核中，得知計畫主持人群重視技術移轉金額、專利申請與論文發表的實質研發績效。

肆、個案背景

本研究以「無線生醫保健監測系統」的開發為個案，探討研發成員的工作實務，以分析科學社群創生知識的組織作為。本章將就團隊的主要科學背景、核心關鍵技術的發展歷程，以及團隊重要產出——「無線生醫保健監測系統」的研發流程進行說明。

一、團隊科學背景介紹

「無線生醫保健監測系統」是一個為期六年的國家型整合計劃，主要在開發一個植入人體的監測系統（2003-2008年）。這個系統要監測的心臟血管疾病相關的蛋白質分子，包括發炎性指標分子以及代謝異常的標記分子。藉由預警偵測，預防突發性心肌梗塞等疾病。各項量測與資料傳輸技術必須整合在單一晶片中；同時在每次量測後，必須在不取出系統的情況下，自我重新設定並再次進行量測。該團隊順利在2008年1月開發出直徑3.4公分、厚度1.5公分的整合系統，總體積容量是13.6CC，是目前全球各個相關研發團隊中，體積最小的植入性產品。

團隊的主要科學技術為生醫化學、微機電感測控制、電子與網通系統共三大領域，並由八個分項所組成，分別是：A分項的分子感測與固定化流程技術、B分項的分子合成技術、C分項的電化學感測與動物實驗、D分項的分離技術、E分項的懸臂量感測、F分項的無線進身網路系統、G分項的光機電系統設計與整合，以及H分項的近身智慧

系統。茲就各分項的主持人與重要科學技術內容進行說明。

A 分項主持人林世明教授在臺大醫學中心服務，專長為生物分子的量測。相較於一般實驗室以高倍率顯微鏡作「物體」的觀察與量測，林世明教授是以原子力顯微鏡，針對腸病毒、金黃色葡萄球菌、SARS 病毒等「生命體」的力學表現進行量測。實驗室中布置了一個 P2 等級實驗室(按：最高等級是 P3 實驗室)，有特別的獨立空間與緩衝室的安全設計。B 分項主持人李世元教授專長為有機化學分子的合成，包括學名為八氫氧基辛烷酸的「抗煞一號」以及「病毒崩」，都是李世元教授的實驗室所產生的創新成就。李世元教授在淡江大學任教，他的化學實驗室規模可與一個中小型的化學廠相比。他擅長國外大型藥廠的「一鍋反應」實驗 (Barbier-type Reaction)。他希望將複雜的化學實驗量產化。C 分項主持人林啟萬教授擅長積體電路設計、生物感測器的設計製作、精微機電技術系統整合、神經系統的工程應用以及生物晶片的整合製作。林啟萬教授將一般體外晶片感測應用到體內的醫療晶片設計上。他結合台灣半導體產業在設計與整合能力，降低生醫微型感測器的研發成本。D 分項主持人李雨教授負責血管微流道的血液推動，與血漿血球分離的技術。他的團隊設計出低耗電、高導流效率的微幫浦及微混合器。

E 分項由黃榮山教授主持，專長是以光學式的奈米感測技術來檢測心臟疾病。由於這項光學量測技術現階段僅能應用在體外診斷，故在他是以電化學檢測作為比較基礎。他也研發即時即位的體外診斷系統，應用在台大醫院與金山醫院，針對心血管疾病等高风险患者，提供遠距醫療服務。F 分項的呂學士教授是國際手機電晶體結構的重要推

手。他研發射頻發射器關鍵組成電路與濾波器，負責植入系統的數位控制核心、低雜訊類比放大電路，以及無線傳輸模組的晶片設計。G 分項主持人顏家鈺教授，則在仿生機器人、精密伺服器、奈米操控、生醫訊號處理、與精密工具機系統的研發上，展現驚人成就。他主要負責「個人區域控制中心」的平台設計，也就是利用 WIFI 或 3G 網路，進行人體生理訊號的處理、交換與傳輸。H 分項主持人陳秋麟教授負責植入式晶片的內部製程與封裝。他的團隊負責濺鍍工程、生物分子流程、電路布局以及生物相容性設計。

這是一個整合型的科研團隊，也是一個頂尖科學家社群，其研發成果也令人驚艷。團隊的研發主軸定位在無線傳輸與微型感測系統，服務對象是高齡化社會的慢性疾病治療與健康管理。研發產出包括植入式電刺激系統、植入式藥物傳輸系統、遠距照護系統、與體外診斷試劑系統等四大領域。產學應用上有三項主要成就：一是將表面電漿子光纖感測器的技術，移轉給大同集團的福華電子，並應用在動物檢疫上。二是與百奧生物科技公司合作，執行國科會三年期計畫（共 1.8 億經費），共同開發肝硬化的先期檢測系統。三是與台懋創投合作，開發植入式脊椎疼痛的電刺激控制系統。這些衍生出來的產學合作專案深具市場潛力。該團隊在專利申請與論文發表量上更有優異表現，目前已提出國內外共 64 項專利，產出的論文報告共 495 篇，以及獲得數項專利（詳見圖表 11）。

二、核心技術發展歷程

「無線生醫保健監測系統」的核心技術發展分為三大時期：第一階段是 2003 年～2004 年，以有機導電材料的研發為主，重要突破性研發成就是「抗煞一號」。第二階段

是 2005 年～2007 年，是微奈米科技與微機電系統的整合期，團隊以無線網路系統單晶片的開發成果為主。在這個階段，團隊也開始將生醫感測技術延伸到電刺激晶片的開發上。第三階段是 2008 年，著重在系統整合與應用，包括整合感測器、訊號處理器、無線傳輸、充電等元件在單一系統晶片上，並深化技術的應用。

2003-2004 年：有機導電材料研發

團隊籌組的第一階段最重要的研發議題就是要抓住 CRP 等免疫蛋白分子，並進行檢測。李世元教授說明：「要抓住這些 10^{-9} 次方，奈米等級的生理分子，而且還要正確的判讀，那個困難度就像是在 101 大樓外抓住一隻螞蟻般的困難，機率是十六萬分之一。」最後 A、B 分項利用抗原抗體專一性原理，以蛋白質分子的共價鍵結原理 (bio-linker) 抓住生理訊號；然後在量測這些蛋白質分子交互作用的導電度變化，有效進行生理訊號的比對與判讀。這種導電有機連結分子技術，不但突破傳統光學檢測，可以直接植入人體進行分子檢測，而且能夠提供更高的精確度。這更有助於日後團隊開發其他人體內標記分子的檢測。

不過在這段期間，團隊的其他分項主持人曾經爭取以光學、力學等技術量測這些標記分子，但最終考量整個系統要植入人體。最後，在 2004 年間，該團隊以電化學原理傳送反應訊號。但是在訊號傳遞過程中，面臨訊號太弱與電源無法儲存應用等問題，而成為第二個研發階段的重要任務。

第一階段的研發成果是有機導電材料的研發。另外 A、B 分項在化學分子合成技術

與「原子力」量測技術的整合，更讓團隊在短短 21 天內推出學名為「八氫氧基辛烷酸」的「抗煞一號」。這項突破性創新成就不但是該團隊研發實力的展現，使團隊國際能見度大為提高，並因此為團隊爭取到更多的資源。

2005-2007 年：微機電與微奈米技術整合

2005 年團隊確認電化學的量測主軸（由 A、B 分項負責）後，也開啟一連串跨分項的系統整合工程，包括 A、B 分項與 F 分項間的生理訊號量測、F 分項與 G 分項的訊號傳送與判讀，以及充電技術的儲存與應用等。這是生理訊號的微奈米技術，與晶片開發的微機電技術間的整合問題。過去在 A 分項的實驗室裡，大型的商用儀器可以很清楚地量測出這些檢測到的分子訊號。但是當 F 分項團隊自行設計一個比一圓硬幣還要小的晶片進行訊號接收與量測時，電極的面積大小、距離遠近，就會影響到訊號的敏感度。因此，F 分項團隊特地跑到 A 分項團隊來拆看商用儀器的電路板設計，以了解訊號傳遞的方式與原理。最後則自行設計出符合商用儀器原理的三角電極，並以蒸鍍的方式，鋪設在生醫晶片上。對 G 分項而言，F 分項的訊號傳送技術，非關至要；訊號的正確性才是重點。因此，F 分項與 G 分項的研究生，必須經常往返對方的實驗室，進行訊號的比對。G 分項最後並順利取得台大醫院與國外非營利醫療單位的心跳與心電圖等重要生理資料庫，以有效進行生理資料的判讀。

第三個系統整合問題，則是體內充電。由於整個生醫檢測系統裡只有一顆 3.2 伏特的鋰電池，但卻必須支援檢測、訊號分析、訊號傳輸、推動血液流動、血漿與血球分離

等各種工作。因此，如何有效率地使用電池，原本就是一個難題。故研發團隊在經過前三年的努力後，決定回歸傳統的隔皮充電技術，以 40 度 C 的低溫，控制體外充電的能量。

負責這項技術的 C 分項，設計了兩個線圈，一個在體外，利用充電系統，讓體外線圈產生交流訊號，並由這個訊號的磁場，產生射頻幅射，感應體內的線圈後，產生體內整個無線生醫系統的電流流動，推動各項檢測功能的進行。在動物實驗階段，實驗室的白老鼠植入這個 50 圓硬幣大小的生醫檢測系統後，就進行低溫的隔皮充電技術。結果最多只能完成一個小時的充電，並維持半個小時的供電。

但後來發現這個製程技術要調整，又是另一個重大工程。最終，研發團隊想到一個最簡單、又便宜的開關系統，那就是磁控開關，只要一顆直徑六公分的磁鐵，就可以有效控制電池與系統運作的開關。C 分項在體內線圈的充電系統中，加入一個磁控開關；然後在生醫無線晶片 (BMW) 系統與資料傳輸射頻系統間，也設計一個磁控開關。因此，只有在真正需要檢測生物分子的時候，才要打開開關。而負責這個開與關轉換功能的，其實就是一顆小磁鐵而已。

在這個階段的團隊研發技術，主要著重在微機電技術如何應用到奈米級的生理訊號量測與有效傳輸上。整個研究能量聚焦在生醫無線晶片的製作與傳輸效率上。團隊將生物醫學的檢測，結合半導體製程與資訊科技的應用，屬於極為創新的作法。也因為這個重要研發的進展，團隊開始衍生出植入式電刺激晶片的應用，用來治療慢性下背痛的病

人。

2008 年：植入式系統整合與深化應用

最後一年的結案階段，團隊主要研發重點在將感測器、訊號處理器、無線傳輸、充電等元件，進行有效地整合與連在結，以完成重要生理訊號的傳輸與判讀。各分項主要負責同仁，在總計畫辦公室的協調下，常常必須密集「開夜車」作動物實驗。目標在將 50 圓硬幣大小的生醫檢測晶片植入白老鼠體內，並順利傳輸出正確的訊號，進行判讀。這個系統整合過程的經費驚人，往往一顆無線生醫晶片系統的成本就高達 300 萬元。而在動物實驗階段，常常每個月都要燒壞 1 至 2 顆晶片。呂學士教授就指出：「台灣特有的 IC 產業價值鏈，為整個無線奈米生醫技術的晶片研發，提供良好的環境。要找到能隨時根據團隊需要進行晶片製作的企業，只有台灣的廠商與技術可以配合。一片 BMW 晶片製造，最少價值 300 萬以上。比一部寶馬汽車還貴。」

呂學士教授與陳秋麟教授皆與國內 IC 廠商有良好的互動關係，許多業界研發主管更是他們的學生，因此，國內 IC 廠商多願意主動協助團隊解決技術困境。團隊並善用政府資源，向晶片中心申請經費，以分擔高額的實驗晶片製作費用。此外，計畫主持人更善用過去的研發網絡，向國科會、精密儀器中心、積體電路設計中心、晶片中心等，申請經費或直接借用儀器。

同時隨著結案階段的接近，團隊核心成員也開始構思無線奈米生醫晶片的商品化途徑。在考量技術成熟度以及實際的醫病需求後，團隊成員分析，現有無線生醫檢測系統

最適合運用在急救階段，尤其可與葉克膜體外循環系統相結合，以適時量測急救病患的血糖、心跳、重要發炎指數的表現，這部分的計畫主要與台大醫院的周迺寬醫生進行合作。至於較長期的遠端醫療照護系統，則由黃榮山老師與台大醫院、金山醫院，另外申請國科會計畫進行合作。另一個重要研發主軸就是利用感測與無線電波，開發電刺激晶片。尤其國人下背痛的問題，佔國內醫療健保資源第六位，因此，電刺激晶片的市場，事實上可能較遠端醫療照護的市場更大。

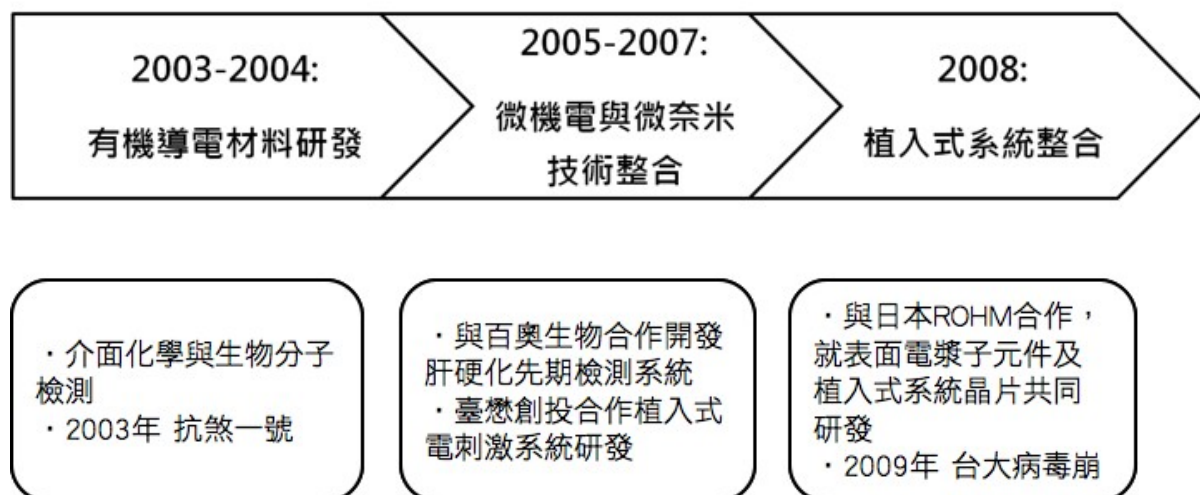
最後，在團隊技術移轉成效上，包括醫療照護產業、生技產業、民生科技產業，都是主要技轉範疇。例如「抗煞一號」便是與國內的彩力、立弘、中美、毛寶、台唐、福懋等廠商進行技術授權。而在生醫晶片檢測系統的開發上，團隊則與台懋創投共同開發植入式的脊椎疼痛刺激控制系統。另外在指向性喇叭、無線感測系統、手持式電化學監測系統的開發上，團隊則與創盛、百奧、同致等國內廠商進行合作。

因此，在這個階段，團隊的研發能量已日臻成熟而趨於精緻化，並在既有的無線奈米生醫晶片之外，進行研發資源的重新聚焦與整合。例如 A、B 分項持續針對各項高危險病毒與細菌的有效崩解，進行研究；團隊並在 2009 年順利研發出對抗 H1N1 病毒的「病毒崩」，再度為國內的疫情防治貢獻心力。C 分項與 F 分項、G 分項則朝電刺激晶片的應用開發。A、B 分項另外與工研院在指向性喇叭的研發上，進行合作。這些都在既有研發軌道上，拓展出新的科學領域。

無線奈米生醫團隊在短短的六年期間，產出了優異的研發成果。這只是因為他們匯

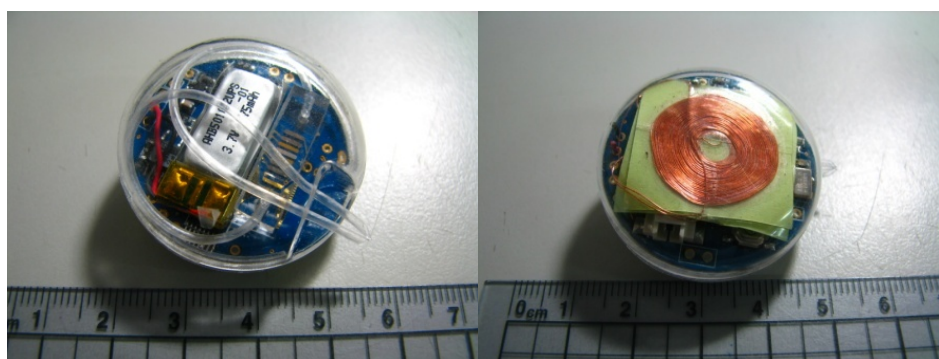
集了國內的頂尖科學家嗎？或者，這個科學社群有獨特的運作方式以及獨到的組織治理模式？該團隊的組織作為是本研究關注的重點所在。

圖表 3：無線奈米生醫團隊的重要研發進展



資料來源：台大無線奈米生醫團隊(2008年)。

資料說明：無線奈米生醫團隊的研發進程共分為三大階段，第一階段為 2003-2004 年，研發重點在介面化學與生物分子檢測；第二階段是 2005-2007 年，研發重點是感測技術與製程技術的整合；第三階段則是 2008 年，是整個系統晶片的整合期。



上圖為無線奈米生醫團隊所研發的多功能植入系統，直徑 3.4 公分、厚度 1.5 公分的整合系統，總體積容量是 13.6CC，外型大小相當於一個 50 圓硬幣。

伍、研究成果

5.1：台灣管理個案中心個案發表



台灣管理個案中心
Taiwan Management Case Center

◆ 無線奈米生醫團隊(首部曲)

2009年7月21日，無線奈米生醫團隊風風光光舉辦「病毒崩」記者會，團隊總計畫主持人李世光教授，細心地向外界說明這個可以同時對抗腸病毒、H1N1、金黃色葡萄球菌的「萬王之王」是如何研發出來的。總計1500萬元的技轉簽約金，較國內一般大專技職院校平均一年只有50萬元的技轉金，足足高出30倍。

「無線生醫團隊能，我們為什麼不能？」幾位國內知名研發機構的高階主管發現，從2003年無線奈米生醫團隊成立以來，這個團隊幾乎每1-2個月就有一個發明專利，每個月有4篇論文發表，每年的技轉金額在150萬元以上。2003年的「抗煞一號」與2009年的「病毒崩」更是這個團隊的重量級發明，單一研發的技轉金額高達1500萬元。除此之外，治療下背痛的電刺激晶片、倒車雷達、紙喇叭等突破性創新成就，通通來自於這個團隊。

看著無線奈米生醫團隊風風光光的召開記者會，手上拿著不甚理想的技轉成績單，幾位知名研發機構的高階主管決定向無線奈米生醫團隊取經。他們發現，結合生物醫學、微奈米機電

-
- ◆ 本個案係由國立政治大學科技管理研究所蕭瑞麟教授撰寫，科技管理研究所博士生歐素華為研究助理。個案目的在作為課堂討論之基礎，而非指陳個案團隊經營之良窳。有興趣使用本個案者，請逕洽台灣管理個案中心申請使用授權 (www.tmcc.com.tw)

系統與遠端醫療傳輸，是一個重要的發展趨勢。

「我們應該建議高層重新思考組織架構的調整，例如，將光電所與無線傳輸科技結合在一起..」一位高階主管指出。「只要將組織功能結構進行整併，創新就能源源不絕的產生嗎？還是應該像 3M 那樣，給研究人員更多創意發想的時間？」另一位資深主管提問。面對這幾位高階主管的疑惑與爭論，李世光卻開始認真思索無線奈米團隊核心主持人群的實驗室經營哲學。「也許，績優團隊的奧秘並不只是技術或組織結構，而是實驗室的經營管理之道。」李世光心中似乎找到了有趣的答案。

無線奈米生醫團隊

研發速度快、技轉金額高、專利論文發表量大，是無線奈米生醫團隊的三大特色。首先，在研發速度上，相較於一般大專院校的研究單位，不是過於重視理論性的研究，就是只能作漸進式的技術改良，研究與發展少有「速度」可言。這個團隊卻一再以突破性創新成就，證明自己的研發實力。2003 年的「抗煞一號」，從研發到技轉，只有短短 21 天。2009 年的「病毒崩」，更是在研發與技轉同步執行的規畫下，在第一時間完成研發成果產業化。

其次，在技轉金額上，相對於國內大專院校年平均只有 50 萬到 100 萬元的技轉金，這個團隊每年的技轉金額都在 150-300 元萬之間。甚至單一個案，如「抗煞一號」的技轉金就突破 1500 萬元。「重質又重量」的研發實力，再次凸顯這個團隊的秀異出眾。

第三，在專利論文發表質量上，短短六年期間，64 個專利申請，300 篇以上的專業期刊論文發表，讓其他學校望塵莫及。團隊重要成員呂學士教授自 2003 年起，專攻有「全球晶片設計奧林匹克」聲譽的國際固態電子電路會議(ISSCC)的論文發表，更是一個「從無名到英雄」(From Zero to Hero)的傳奇故事。他讓外國媒體不敢在戲稱台灣被 ISSCC「三振出局」。

這是一個「頂尖」大學裡的「頂尖」團隊。然而，頂尖團隊的基本構成單位，卻是數個頂尖實驗室的有效聚合。除了李世光教授所主持的「無線奈米機電實驗室」之外，同是康乃爾校友的呂學士教授，在台大電子所主持的「射頻積體電路實驗室」；林啟萬教授主持的「醫用微感測器系統實驗室」，都有著相當特殊的實驗室運作機制。李世光深知，這個團隊之所以這麼頂尖，是因為有幾位出身國際級實驗室的頂尖學者，他們在資源並不十分寬裕的台灣科研環境下，仍堅持要運作一個能與國際頂尖實驗室媲美的專業研發團隊。

Part I 呂學士的法家哲學

時間回到 1985 年的 9 月，剛從台大畢業的呂學士，意氣風發的來到康乃爾大學這個以製造諾貝爾獎得主聞名的樸實校園。康乃爾坐落在北美紐約州中部的小鎮 Ithaca，這個小鎮有個

美麗的中文名字，叫做綺色佳，是胡適先生在這裡就讀期間所取的名字。康乃爾獨特的自信與魅力，讓呂學士興起「有為者亦若是」的雄心壯志。在康乃爾中國同學會裡，他打聽到這個學校有一個全世界電晶體跑得最快的次微米實驗室，「在那個實驗室的學生不但是最優秀的，而且每個人都想破記錄！」呂學士二話不說，就來到這個由美國名紳伊士曼教授(L.F. Eastman)所主持的實驗室裡，開始學習晶片製造技術。

伊斯曼自由的教學風格讓這個實驗室發展出「分組對抗賽」的研究氛圍。30 多位研究生，分為美國學生、東方學生、越南學生等不同族群，彼此較勁，看誰能先打破電晶體的摩爾定律。美國學生喜歡經常性的聚在一起，到酒吧喝酒聊天。東方學生，包括印度人、中國華人、台灣人，則是專心作研究，偶爾到中國餐廳聚餐。康乃爾有團結的「中國同學會」，會彼此幫助研究進度的推展。

在康乃爾工讀電機工程碩士學程的三年期間，呂學士其實只和伊斯曼見過四次面。一次是拜他為師，請他簽名。第二次是在康乃爾的第二學期，在獎學金經費不足的情況下，呂學士原本想申請轉學。但伊斯曼突然告訴他可以支付下學期獎學金，呂學士因此繼續留下來作研究。豈料，一個學期不到，就發生巨幅變化。這是呂學士第三次與伊士曼碰面，當時他被告知，伊斯曼教授破產了。

這個實驗室不但有自己的無塵室 (clean room)，維運經費相當昂貴，伊斯曼更需要支付給每一位博士生每年 5 萬美元的全額獎學金。在年度計畫經費出現周轉不靈，無法償還向學校借貸款項的情況下，伊斯曼宣布破產。隔年的 1 月 4 日，實驗室被學校斷水斷電。當時幾位博士生，只好到樓下的國家實驗室繼續完成研究。呂學士則幸運地遇到一位日本 NTT 的來訪學者，給他每個月 1000 美元的研究經費，協助他進行電子量測研究，並順利完成碩士學位。第四次和伊斯曼見面的日子，就是和他告別。

畢業後，同一個實驗室的學長申請到明尼蘇達大學的教職，由於呂學士研究表現相當突出，學長建議他到明尼蘇達繼續進修。那時剛好有一位從 IBM 退休的科學家，Marshall Nathan 前往明尼蘇達授課，他是 IBM 半導體雷射的發明人，需要有人幫助作研究，呂學士在獲得研究經費的贊助下，成為他的第一位博士生。

「我每年支付你五萬美元的獎學金，是要你以作研究為優先，讀書是其次。」剛到明尼蘇達的呂學士躲在家裡準備博士班的資格考試，卻被 Nathan 教授拉回學校教訓了一頓。Marshall Nathan 是一位猶太籍的教授，有著實事求是的務實個性，他讓呂學士很快了解到每天必須蹲在實驗室裡動手實驗的重要性。不過，那一年的資格考，呂學士還是拿到所上第一名的成績。有一次，Nathan 要呂學士去作低溫量測實驗，需要一個類似咖啡杯的保麗龍材質 styrofoam。但因為呂學士聽不懂這個英文字的意思，讓 Marshall Nathan 很不耐煩地說出：「你知不知道，你是來幫我解決問題的，不是來幫我製造問題的。」從那一次之後，呂學士所有問題，都自己嘗試解決，「到老師哪裡的，都是好消息。」結果呂學士在兩年半後順利畢業。

在 Nathan 的實驗室裡，呂學士是大師兄，另外還有五位博士生。巴西的學生娶的是美國

太太，作風美式，喜歡陪教授看籃球賽、棒球賽，但實驗作的普通。白人美國學生，誠實而認真。一位來自大陸的女學生，有求於人時態度溫和，但問題解決了，卻又顯露踞傲神態。另外還有一位韓國學生、一位馬來西亞學生。在這裡有共同使用的無塵室與量測實驗室。當時呂學士遇到一位韓國 KAIST 大學的教授，教他解決一個壓晶片的實驗問題，只要將液態水銀冷卻放在晶片上，就不會有局部壓力不平均的問題。這讓他受益匪淺。他更學習到實驗後的理論建構方式。

在康乃爾大學的明星教授實驗室，呂學士學到製造晶片的技術，但許多研究要自己摸索學習，感覺較為孤單。在明尼蘇達，他則是學到晶片量測與理論建構的方法，這個實驗室的成員互動緊密，感覺就像是一個小家庭。在博士班畢業前的一個暑假，Nathan 教授特地安排他到 IBM 華生研究中心(IBM Watson Research Laboratory)作研究，那是 IBM 的全球研發總部，不但擁有三萬多件全球專利，更先後培養出五位諾貝爾獎得主。Nathan 並提供房子給呂學士住。因為他認為，呂學士必須加強英文訓練，也必須認識世界上最棒的研究人員，學習他們的研究態度。這兩段難得的求學經驗，都成為呂學士返國後的養分。

頂大的七年級生

「國家每年補貼 50 萬元在你身上，而你在睡覺！」1991 年間回到台灣，呂學士對這一代年輕人所倡議的「自由學風」十分感冒。他反思所謂的自由學風不應該是自由決定上課時間、自由決定課堂發言。「在真理上尋求突破，才是真自由。」台大電子所匯集全國最資優的學生，呂學士認為不應該放任這些學生率性而為，他堅信創新來自於紀律。因此，他開始推動一系列的電子所「新生活運動」，嚴格要求門生遵守。

「我們不要公務人員，我們要會獨立創作的人。」每一年的台大電子所新生，都會收到《創意工廠 MIT》這本書做為入學禮物，「我要讓學生知道，進來電子所不容易，但要出去更困難。」呂學士以美國麻省理工學院(MIT)為標竿，嚴格要求門生遵守研究紀律。而第一條紀律就是不准遲到。

他規定學生必須準時出席每週的團隊例會。如果有緊急事情無法出席，必須以電話或電子郵件事前通知，否則遲到一次，就取消當月份的獎助學金。這個規定一祭出，許多學生直嚷嚷，「這比小學生的生活還嚴格！」但呂學士卻認為，每週上午 10:00 或是下午 2:00 的團隊例會，並沒有為難學生。「德國二十世紀的科學家，像愛因斯坦、物理學家海森堡，這些真正的大創意家，絕不是放縱教育體制下的產物。他們兩位都是紀律下的創新者。」呂學士特別寫了封「家書」給門生。

除了不准遲到的例規外，呂學士的另一項要求是舉手發問。電子所每一年會安排專題演講，上下學期共 36 周。呂學士要求每場演講要有五個問題，學生可以在事前依演講人的主題，決定發問場次。若學生一個學期發問不到兩次，該門課程就會被當掉。相對的，主動提問的前兩名學生，可以獲得 300 元圖書禮券。當然，這樣的「所規」又讓這群頂大學生覺得又是好氣又是好笑。呂學士深知台灣學生的最大問題就是很會考試，但是不會提問題。「不發問，會變成

習慣。沒有問題，就是沒有腦袋，就不會解決問題。」呂學士又寫了封「家書」侃侃而談自己在明尼蘇達求學期間，一位美國同學的認真求學經歷。「真正的知，來自於發問，來自於對自己學問的誠實，把不懂問到懂。這樣才會從笨豬，變得有水準。」只有對自己的知識誠實，才能發現真理。「如果數據造假，科學家就不會發現波動力學的原理。」每週的專題演講，他更要求學生不能帶電腦，手機要關機。「一起招待遠來的客人，專心聆聽演講，是一種基本的禮貌。」

除了上課與實驗外，呂學士更鼓勵電子所學生每一年要組團參加國內的創業大賽，如旺宏金矽獎、台灣工銀的創業大賽，因為他認為這樣可以強化學生主動解決問題的能力。「東市買駿馬，西市買鞍韉，南市買轡頭，北市買長鞭。」呂學士經常回想起自己在明尼蘇達，受教於Marshall Nathan門下攻讀博士期間的最大學習，就是獨立自主作研究。

深愛傳統中國文化的呂學士，更有著中國讀書人「經世濟民」的關懷，他認為工程師不但是科學家，他的研究更應該對社會有具體貢獻。電子所的所訓裡，不但強調「正直誠信、宏觀視野、積極創新」的精神，更重視「人本關懷」。每學期的演講安排中，呂學士都會特別以非電子領域的演講場次為優先。例如，他會邀請張文亮教授談「法拉第的故事」、李世光教授談「科學倫理」。呂學士以發明馬達原理的法拉第為例，激勵學生以具體行動關懷社會。「他每週都到醫院念聖經給老太太聽。但是我要求學生量力而為，一樣可以貢獻社會。」呂學士邀請學生認養國中物理教學，並在電子所所辦架設攝影機，鼓勵學生利用課餘時間到所辦錄影，並將教材公佈在網路上。沒想到這個運動倒是引起不小回響，許多電子所的高材生就在鏡頭前當起小老師，將自己的讀書經驗分享給國高中生。現在台大電子所網站上，已經有國中物理完整的線上教學內容，由牛頓定律到熱學原理，一般學生都可以直接上網聆聽。這些新生活運動，開始在這個頂大校園裡發揮效果。在台大博理館四樓的電子所辦外，不斷播放著台大近年來在有國際晶片奧林匹克美譽的 ISSCC 論文獲選紀錄，不斷激勵著這群全台灣最優秀的電子所學生積極突破記錄，勇於挑戰創新。

Part II 林啟萬的開放實驗室

從成功大學到陽明大學，一路苦讀出身的林啟萬來到美國俄亥俄州的第一學府，凱斯西儲大學(Case Western Reserve University)。林啟萬知道，以醫學工程和生命科學聞名的凱斯西儲大學，就是俄亥俄州克里夫蘭市的研究心臟。位於美國五大湖之一的伊利湖南畔，在這個四季分明的森林城市裡，有著相當發達的健康醫療體系，包括世界知名的心臟移植權威機構，克里夫蘭醫療機構(Cleveland Indians)，就是凱斯西儲大學的鄰居。更重要的是，凱斯西儲以研究為導向的學風，和多位諾貝爾獎得主的傑出成就，讓這所大學的研究資源不虞匱乏。尤其，美國國家衛生研究院、美國太空總署都是凱斯西儲大學重要的策略合作夥伴。

隻身來到美國凱斯西儲大學的第一個學期，林啟萬就把三分之二的旅費用罄，讓林啟萬不得不積極爭取獎學金。指導教授要求他先通過資格考試，並參與後續的感測器技術研發。後來指導教授自行創業，林啟萬就轉往凱斯西儲大學知名的腦神經實驗室(Neuron Lab)工作長達二

年之久。這個實驗室的核心研究是由生理角度，探討中風現象的神經細胞變化，兼具臨床與基礎科學性實驗。實驗室佈置採取 Open Lab 的型態，不用隔間，提供開放的研究辦公室，希望能有效促進跨團隊交流。實驗室結合內外科神經專家，兼顧純科學與臨床醫學研究。有八位計畫主持人(Principle Investigators)、十位助理(Research Investigators)。這裡，指導教授與研究生的關係是師徒制，成員的溝通非常密切。研究員與研究生必須每天來實驗室。師生經常在走廊上或咖啡廳(Coffee Lounge)討論研究進度。實驗室的例常支出除經常性費用外，就以人事經費佔最大宗，約佔 40-50%。

由於這個腦神經實驗室在神經細胞變化領域的研究，相當具有權威，因此獲得美國國家衛生研究院長期的經費挹注。除一般專業研究人員的全心投入外，行政助理的穩定負責，更讓科學家們無後之憂。往往一位專責秘書就可以負責 2-3 位計畫主持人的專案研究事宜，包括儀器設備的採買作業，往往只要秘書一通電話就能完成採買，隔天 UPS 就會立即送達。在這個美麗森林城市裡，林啟萬看到國際上醫學工程領域的研發處女地。當他收拾行李返台後，剛好碰上台灣醫學領域的重大轉型，台大醫學工程研究中心的成立，成為他發揮長才的地方。

從八坪開始

1993 年剛回國時，林啟萬擔任台大醫學院「醫學工程研究中心」的研究員。當時這個醫學工程研究中心定位不明，研究資源相當有限，兩個計畫主持人共用一個八坪大的實驗室。國科會工程處一年給與的研究員的經費也只有 60-70 萬。過了六年，臺大醫學工程學研究所在 1999 年正式成立。林啟萬的研究範疇也開始由神經科學量測推展到遠端醫療照護領域。實驗室與研究室的規模也逐漸擴充，碩博士研究人員接近 30 位。

也許是受到凱斯西儲大學的研究風氣影響，林啟萬要求學生每天都要到實驗室報到，密集交換研究心得。「經常性的知識交換，可以縮小研究的落差。」林啟萬會由學生回答問題的方式、接納不同觀點的態度，來評估一位學生的研究潛質。他非常心儀法國一個實驗室的作法，他認為應該給予研究人員一段「自我探尋」的研究時期。尤其在 24 歲到 32 歲間，研究人員應該輪調到各個實驗室學習，尋找自己的研究主題。因此，林啟萬也相當鼓勵學生要多方學習，探索自己的研究領域。例如他的大弟子楊建福，就曾經在機電、晶片製作與電子傳輸等領域，有深入的研究。在博士學程完成後，林啟萬更推薦楊建福前往加拿大的國家實驗室，進行一年期的博士後研究。

林啟萬知道，在台灣作研究是相當辛苦的，除了行政人員每兩年就會出現的流動率之外，重要儀器設備的採購，更因受到政府採購法令的限制，必需尋找兩家以上的廠商進行比價；甚至有些大規模採購案還必須以公開招標的方式進行。相較於過去在美國凱斯西儲大學一天內就可以完成儀器設備的採購作業，在台灣，「一個月能拿到新購買的儀器設備就不錯了。」甚至，有些儀器設備還必須透過國內代理商才能購買，諮商協調的過程相當費時。另外在經費報銷上，台灣的規定也顯得相當繁瑣。一個便當不能超過 80 元的政府研究經費限制，也常讓台灣的科學家必須自掏腰包犒賞研究人員。相較於美國凱斯西儲大學有美國國家衛生研究院長期研究經費的挹注，在台灣，政府的專案經費補助多是 3 年期，少數有 6 年期的中長期研究。因此，每

個研究主軸規畫就必須靠自己有計畫的執行，並尋找各種產學研究資源進行配置。這些工作都是科學家在專業的研究之外，所必需額外耗費心力完成的事。

Part III 李世光的天才型經理人

李世光在台大土木系畢業後，就前往美國康乃爾大學進修碩博士。在此之前，以數理見長的李世光在台灣就已經有十多篇國際級的期刊論文發表。一來到康乃爾，中國留學生的圈子裡就流傳著：「有一位天才來了。」這位天才在康乃爾短短三年又八個月的時間裡，一口氣念完碩博士學程。第一年以優異成績取得康乃爾的全額獎學生。後兩年則是領 IBM 的獎學金。在當時，1984 年，IBM 贊助全美 300 個優秀學生每個月 1000 美元的獎學金，不需負擔任何義務，同時給與該系所 5 萬美元的管理經費，相當受人矚目。

不過這位天才型的研究人員在康乃爾時期，卻是躲在知名實驗室的牆角裡作壓電材料的研究，分析人造衛星的運作原理。當實驗室裡多數人在作高能量雷射(high energy laser)的時候，李世光卻是那位不太常參加團隊討論的學生。一直到有一天，指導教授 Moon 在演講裡說明一個困擾已久的問題，李世光心裡卻想，這個問題只要用光學方法就可以量測出來。二天後，他畫了一個實驗圖給指導教授，卻讓他的教授發現這也許是該領域有史以來最有趣的發明。當指導教授滿心歡喜要李世光繼續完成這個研究的時候，李世光卻決定先回台灣完成終身大事。一個多月後，李世光回到康乃爾的實驗室，自己找來一堆別人丟出來的研究設備，開始拼拼湊湊做起實驗，兩個月後完成了這個在混沌運動裡的重要研究。期刊論文投稿則在兩天後立即登出。

這個臨時性任務讓李世光證明自己的研究能力，但他仍決定回頭去作衛星太陽能板的結構震動控制研究。三年以後，實驗室邀請重力動力學的專家前來康乃爾演講。演講人卻在事後參觀實驗室的過程中，發現這個躲在角落裡默默作了三年多實驗的年輕人，竟然可以在 30 秒內解答人造衛星運動裡最複雜的量測問題。「我後來發現，任何重要的議題，只要三十秒內回答不出來的，就不重要。」李世光最後就以模態壓電感測器和壓電致動器的發明，解決智慧結構控制領域長期以來企需解決的模態溢出問題，而成功運用在衛星太陽能板的結構控制上，成為重要的學術發明。

畢業以後，李世光決定前往 IBM 在加州聖荷西的艾瑪登研發中心(Almaden Research Center)，那是 IBM 全球規模第二大的研發中心，他不但在 80 年代研發出關聯性資料庫的概念，更在 2007 年 6 月設立雲端運算中心，與 Google 建立合作夥伴關係。這個研究中心在電腦科技、物理材料應用科學領域，都有驚人成就。在 IBM 每年都會收到來自全球 100 萬個應徵履歷，但李世光的成就，顯然在康乃爾時期，就已經被 IBM 相中。

不過在 IBM 那個自由研究的工作環境裡，卻有著高度的競爭壓力，所有研究人員每年都會被排名，從第 1 名排到第 3000 名，「你會知道你的位置在哪裡。」沒有自己的研究主軸，無法進行團隊合作的，是不可能排在前 50 名的。更重要的是，「如果你不會架構並定義研究問題(framing)，很快就會淘汰出局。」

1989 年 IBM3390 磁碟機出了問題，那是後來台灣十五家新銀行都在用的重要機型。在當時，這個產品晚一天推出，IBM 就要少賺 500 萬美元。工程師急急忙忙跑來實驗室，只說磁碟機會發出像蜜蜂在罐子裡亂飛的怪聲音。光是拆解磁碟機，是找不到問題癥結的。從科學家的角度來說，這樣的問題必須先轉換為頻譜(spectrum)的量測，他先要求工程師畫出磁碟機操作正常的頻譜，以及有怪聲音的頻譜，比較其間的差異。並進一步鎖定解這是不是承軸上的鋼珠數目與轉速之間的問題。「因為在磁碟機運轉時，鋼珠數與轉速不會成比例，會是質數；也就是說，如果轉速是 60Hertze，通常鋼珠數不會是 6(偶數)，否則會有共振的情況發生。」這就是將工程上的問題重新定義並轉化為科學問題的方式。不會進行科學問題探索者，就無法成為頂尖科學家。在 IBM 時期，李世光每個月的加薪幅度是 1%。1991 年 2 月更獲得 IBM 傑出科技獎。他發明的專利項目包括對於磁碟製造的滑行測試技術、雷射光學尺、奈米飛行高度量測系統、壓電應力計用在可攜式儲存裝置的衝擊預警加速感測器。在 IBM 工作八年以後，康乃爾留學期間的學長張培仁與呂學士，邀請李世光回台大共組實驗室。

無線奈米機電實驗室

1994 年回到台大應力所的微機電系統實驗室(MEMS Lab)，李世光就開始執行由華立企業集團與國科會資助執行的第一件大型產學合作計畫「繞射式光學元件之先導性研究開發」，成功開發出新型都卜勒干涉儀(AVIDTM)與點矩陣刻板機，並正式命名為 SparkleTM。這項技術不但建立研究團隊在光學檢測與系統整合上的核心技術，所開發出來的技術並衍生成為華錦光電科技公司的新創事業。新型的都卜勒干涉儀並獲得全世界最著名的光電期刊 Photonics Spectra 列為 1998 年的光電大獎，被評選為該年度全球 25 個最佳光電產品之一。

隨著實驗室逐漸累積核心技術，執行計畫更逐漸朝向跨領域的整合型研究案，包括光電、壓電、生醫、微機電、奈米、無線通訊等領域。2005 年實驗室更名為「微奈米機電系統實驗室」(NEMS/ MEMS Lab)。合作研究團隊更擴及國科會北區微機電系統中心、台灣大學電子、資訊、醫學、醫工等各研究單位，籌組成「台灣大學奈米生醫微機電系統研究群」，內有 30 多位教授與 100 多位研究人員。其中，最重要的專案執行計畫，就是負責開發生醫感測晶片的「無線奈米生醫團隊」。李世光知道，要執行跨領域的研究專案，不但必須籌組核心團隊，更必須以專業經理人的角度，嚴格執行各項專案計畫。

建置核心團隊

2007 年 11 月，一個細雨綿綿的傍晚，坐在應力所四樓的研究室裡，吳文中看著手中這個 50 元大小的生醫檢測晶片，轉眼間，已進入最後的動物實驗階段，心中不禁回想起許多往事。1995 年，還是臺大機械系三年級學生的吳文中，聽到去年有一位剛從 IBM「退役」返國授課的名師，上課內容幽默風趣，大受學生歡迎，決定一起和同學去探個究竟。沒想到，這一去，就待在這位名師身邊長達 15 年之久。這麼多年來，吳文中對李世光經常掛在嘴邊的三句話感受最為深刻。「對學術沒有影響力的不作，對台灣沒有貢獻的不作，要視所有人為親人。」

從學生時代，吳文中就跟著李世光一頭栽進微機電的系統開發研究裡，他從來沒有為生活

的基本開銷煩惱過，研究所需要的機器設備、元件系統，不是在李世光的實驗室裡進行，就是到張培仁、黃榮山的實驗室去借儀器。就這樣一路念到博士班畢業。論文發表與專利發明的數量，也在長期的研究經驗累積下，在與團隊資深教授的合作下，每年都有固定的發表。留在台大繼續作研究，到被聘任擔任台大工程科學及海洋工程學研究所的助理教授，吳文中知道自己非常的幸運。當其他助理教授每個月扣掉勞健保費用，只剩下 5-6 萬元的淨所得；拿去繳房貸、付小孩的保母費用、各項生活基本開銷與研究經費後，每個月就只能當個「月光族」。勉強有個國科會 70 萬元的專案經費，也只能養研究生和支應實驗室的日常開銷。許多助理教授在前三年，不是得加入其他教授的專案計畫，就是要另外兼課賺外快。「不務正業」的結果，是離自己原本的研究主軸，越來越遠。

相較之下，吳文中這一路走來，雖然也異常忙碌，更時常得熬在實驗室裡和研究生開夜車「殺老鼠」（意指作動物實驗），但他知道自己一直是在為研究興趣忙碌，不是在為生活奔波。甚至年前才剛完成愛情長跑的另一半，也暫時辭去小學老師的教職，安心在家當個賢內助。「研究就是本業」，而這個本業，更逐漸發展為團隊的「事業」。從手中這個 50 元硬幣大小的生醫感測晶片身上，團隊結合產業界的資源，已經衍生了許多更重要的研發項目，包括倒車雷達、抗煞一號、紙喇叭等。此外，和福華電子合作的動物檢疫，和百奧生物科技合作的肝硬化先期檢測系統、以及和台懋創投合作的電刺激感測晶片，都為團隊的研究資源帶來豐厚的收益。

生活與網路委員會

2009 年 12 月的周三晚上，台大應力所一樓 103 教室裡燈火通明，教室裡坐了 40 多位學生，有七成都是無線奈米生醫團隊的研究人員，有三成是來自於管理學院或傳播學院的學生。她們正在上「無線奈米生醫課程」。這是 2003 年隨著無線奈米生醫團隊的建置，由黃榮山教授向教育部特別申請規畫的專業學程。在黑板相對的牆壁上，還有澎湖科技大學食品科學、清雲科技大學機械所、金門技術學院食品科的學生，以同步視訊上課。晚上 7 點下課鐘響，大夥兒走出教室沒多久，手裡又拎著便當、飯糰、三明治回來教室坐定位，原來，等會晚上 7 點 30 分，還有每個月固定召開的「生活與網路委員會」。

「等會的報告順序是由系統經理、元件經理先報告目前的系統採購和團隊資料庫的使用規則。然後再由財務經理與人事經理報告出國獎學金的最新獎勵方案。最後，我要宣布這次由誰去上專利檢索與申請書的撰寫培訓班。」李世光宣布著。在這個團隊裡，除了三位專責的行政助理人員外，碩士班的學生在一年級下學期，就必須開始擔任團隊的管理職，協調各項內部專案管理事宜，為期一年，並在次年交接給下一屆的學弟妹。

沒多久，台大機械所碩士班二年級的陳光明，就開始說明這次的系統採購規格與國際廠商報價情況。「我詢問國內代理商，如果透過他們採購，報價會貴三成。我和國外廠商直接報價時，就用上次老師教的那一招，先減掉尾巴一個零，然後在繼續往下殺價。這樣一來一往，就比國內代理商的報價便宜了五成！」現場立即響起掌聲，因為這個採購案的節省，團隊可以把經費作更妥適的運用，例如，提撥更多獎學金給出國參加研討會的團隊成員。除了系統設備的採購外，李世光更經常要求學生拆解儀器，分析規格，甚至得重新拼裝出新的儀器設備。「我們必須訓練學生從使用儀器，到成為能設計儀器、製造儀器的人」。

接著，財務經理就上台說明最新的「國外研討會獎助辦法」，出席歐美地區的國際第一級研討會並進行口頭報告的，除了一般校內或國科會的經費補助申請外，最高還可以向團隊申請補助 3 萬元。亞洲地區可以補助 1 萬元。同時，新增加研討會的註冊費補助，最高可以補助 1 萬元。現場又響起了一片小小的歡呼聲。

看著研究生有些興高采烈，李世光不得不出來潑一小盆冷水。「出國參加研討會確實是一件很光榮的事，但是大家一定要愛惜我們這個團隊的聲譽。你的發表，是團隊集體成果的展現。我們團隊的招牌，在國際上是很有名氣的。所以出國前，一定要先到這裡至少練習一次。還有，最近團隊的元件經常遺失，學長姐的研究沒有維護，資料庫太久沒有重新整理，這樣怎麼作好研究呢？」

現場頓時陷入了一片靜默。沒多久，系統經理與元件經理一起上台報告未來新的資料庫使用規則，包括四位老師，李世光、黃榮山、張培仁、吳文中老師的最高使用權限，以及一般研究人員的使用權限。元件經理則說明元件採購的新規定，申請人必須先填報申請單，並經過元件經理蓋章後，才能進行採買。採購後，還要進行編號列管。這時候，李世光又站起來提醒大家：「以前很多實驗室的元件都被學長姐給霸佔著不放，讓學弟妹心裡不舒服。我再說明一次，元件使用的先後順序是，和新計畫有關的列第一優先，因為他們是團隊的新財源，必須全力支持。其次是和原計畫有關的，因為有合約履行的問題。接著才是和個人論文有關的，最後則是和一般課程作業有關的。這個先後順序一定要搞清楚，大家必須以團隊為優先，不能太本位主義。」

接著是人事經理上台報告。他宣布即將在周五舉辦的新成員面試大會，所有「老鳥」必須準時出席，並且在聽取前來應徵的學弟妹簡報後，進行投票；然後再依得票率高低，擇定新成員。「這一次是 14 選 1，競爭非常激烈。」人事經理報告著。最後則是由李世光老師宣布，下學習可以參加由知名專利事務所舉辦的專利說明書專班培訓的成員名單。「這是很難得的機會，希望被遴選出來的成員，可以好好學習。在求學階段，大家都很窮。但是我希望你們出去這個實驗室之後，可以開始變得很有錢。一直以來，從我們實驗室畢業的學生，最少都有三個工作在等著他。」李世光在結束生活與網路委員會之前，心有所感的期勉團隊成員。

後記

2009 年 11 月，呂學士教授與林啟萬教授在記者會上，一起宣布電刺激晶片的重要研發成就。李世光教授看著這一幕，回想過去種種，再次應證自己多年來的想法：突破性創新的奧秘，絕對不只是技術上的問題而已。

問題與討論：

- 一、請比較康乃爾大學伊斯曼教授所主持的次微米實驗室、明尼蘇達實驗室、凱斯西儲大學的腦神經實驗室、IBM 的艾瑪登研發中心(Almaden Research Center)在實驗室管理上的特色與風格。您覺得這些實驗室在運作上有何優點，又有何缺點呢？

- 二、請比較李世光教授的「無線奈米機電實驗室」，呂學士教授的「射頻積體電路實驗室」與林啟萬教授主持的「醫用微感測器系統實驗室」，在實驗室運作上有何特殊作為？各有哪些優點，哪些缺點？
- 三、請比較美國的實驗室與台灣的實驗室，在研究主題設定、研究人員培訓方式、行政管理等不同面向的差異。您看到了哪些台灣特有的科研脈絡？
- 四、您認為，一個成功的科學實驗室，除了頂尖的科學家之外，還需要有哪些特殊作為？

5.2：台灣管理個案中心教學手冊

無線奈米生醫團隊(首部曲)教學指引[◆]

教學指引 (Teaching Note)

個案總覽

實驗室是科學家創生知識、創新技術的重要場域。大學裡的實驗室(或可稱為大學裡的研發團隊)更被視為是國家創新系統的重要引擎。然而，當前多數研究多將焦點聚集在如何進行技術移轉、如何推動產學合作以解放大學的研發能量，並強化科學實驗室的產業效益。似乎只要給與大學教授足夠的誘因，教導科學家產學合作的方式，或是提高科學研究的商品化利基，大學實驗室裡的創新能量就會源源不絕。這樣的討論，忽略了科學實驗室作為創新的場域，他本身也是一個組織。除了技術與科學知識外，實驗室裡的成員如何培育、實驗室的經營管理之道與實驗室的長期維運機制，更牽涉到科學研究主題的延展性與爆發力。換句話說，實驗室裡的組織作為，更能決定創新知識的能量。

近年來，組織科學界對知識創生的研究，相繼將重心放在組織作為的討論上。Lee & Cole (2003)特別提出，不同的組織類型，在知識創生的特定作為上有極為迥異的實務差別。例如一般企業遴選成員時會受限於公司的既定的「選才標準」且多有特定名額限制。但開放式社群則是廣納百川，毫無限制。如 Linux 軟體開發社群便是自由軟體工作者的集體創作平台。又如一般企業重視智慧財產權益的私有化，強調知識產權的保護與成果轉化。但開放式社群則視軟體開發為公共財，同步分享給社群成員。另外，一般企業的員工多以面對面的方式溝通，但開放式社群成員則是以共同的軟體開發語言，進行網路線上的直接對話。因此，Lee & Cole (2003)

[◆]本個案係由國立政治大學科技管理研究所蕭瑞麟教授撰寫，科技管理研究所博士生歐素華為研究助理。

個案目的在作為課堂討論之基礎，而非指陳個案團隊經營之良窳。有興趣使用本個案者，請逕洽台灣管理個案中心申請使用授權 (www.tmcc.com.tw)

的研究提供我們一個新的思考面向：不同的組織型態，事實上存有極為迥異的組織作為。Orlikowski (2002)研究跨國研發團隊在集體知識能力養成上，亦有相當特殊的組織運作機制。O'Mahony & Bechky (2008)則特別針對跨企業聯盟組織的治理作為進行深度探討。他們認為，知識的創造離不開組織的特定作為。因此，與其研究一個研發團隊的功能結構、激勵制度，或是研發知識的創造過程，還不如將研究視角深入到研發組織的工作場域裡，探索組織裡成員的日常工作實務，更能洞悉知識創生的來源。

本個案就是奠定在這樣的思維邏輯下，展開為期一年半的田野調查工作。我們進入大學裡的科學實驗室，我們試圖摸索不同實驗室的經營管理之道。甚至，我們追蹤這群科學家過去的研究經驗，尤其是他們在國際頂尖實驗室的工作經驗，如何轉化為自己的實驗室經營哲學。這樣的討論，不但能幫助我們理解國際頂尖實驗室的運作方式，更能比較當這群頂尖科學家回到台灣的科研脈絡後，他們如何在資源未必充足、研發環境未必友善的情況下，組建團隊，積極創新研發。與其說，這是一個頂尖科學團隊的故事，還不如說這是幾個頂尖實驗室的「生活寫真」，我們希望記錄這些創意工廠的實景，讓大家看到頂尖科學團隊的原貌。從而反思自己實驗室或研發團隊的運作機制，有何缺陷，又該如何改善。

「無線奈米生醫團隊」是一個橫跨工學院、醫學院與化學系所的跨專業團隊，由八個分項團隊所組成。每一個團隊背後就是一個實驗室的故事。本個案是一個起點，我們將逐步揭開不同實驗室的神秘面紗，並進一步討論當一群頂尖科學家碰在一起時，他們會如何溝通，如何合作，又會如何一起面對挑戰，解決問題。在「無線奈米生醫團隊--首部曲」中，我們先整理三個核心實驗室的故事，並希望藉由比較三位核心主持人的研究經驗，帶出台灣科研環境的特殊脈絡，與不同科學家在資源稟賦不盡相同的情況下，如何積極突圍，持續創新。在這個教學指引中，我們將先描繪「無線奈米生醫團隊」的輪廓，然後再進入本個案的討論重點。

個案內容

無線奈米生醫團隊的籌組，目的是要開發「無線生醫保健監測系統」。他是一個六年期（2003-2008年）的國家級整合計劃，主要在開發一個能植入人體的生理監測系統。這個系統要監測的是和心臟血管疾病相關的蛋白質分子，包括發炎性指標分子以及代謝異常的標記分子，他們的生理變化。希望藉由這類標記分子的即時偵測，能有效發揮預警效果，預防突發性心肌梗塞疾病的出現。因此，團隊目標是希望將各項量測與資料傳輸技術整合在單一晶片中。同時在每次量測後，必須在不取出已植入人體的系統，自我重新設定並再次進行量測。該團隊已順利在2008年1月開發出直徑3.4公分、厚度1.5公分的整合系統，總體積容量是13.6CC，是目前全球各個相關研發團隊中，體積最小的植入性產品。

團隊的主要科學技術為生醫化學、微機電感測控制、電子與網通系統共三大領域，並由八個分項組成，分別是：A分項的分子感測與固定化流程技術、B分項的分子合成技術、C分項

的電化學感測與動物實驗、D 分項的分離技術、E 分項的懸臂量感測、F 分項的無線進身網路系統、G 分項的光機電系統設計與整合，以及 H 分項的近身智慧系統。茲就各分項的主持人與重要科學技術內容進行說明。

A 分項主持人林世明教授在臺大醫學中心服務，專長為生物分子量測。相較於一般實驗室以高倍率顯微鏡作「物體」的觀察與量測，林世明教授是以原子力顯微鏡，針對腸病毒、金黃色葡萄球菌、SARS 病毒等「生命體」的力學表現進行量測。實驗室中布置了一個 P2 等級實驗室(按：最高等級是 P3 實驗室)，有特別的獨立空間與緩衝室的安全設計。

B 分項主持人李世元教授專長為有機化學分子的合成，包括學名為八氫氧基辛烷酸的「抗煞一號」以及「病毒崩」，都是李世元教授的實驗室所產生的創新成就。李世元教授在淡江大學任教，他的化學實驗室規模可與一個中小型的化學廠相比。他擅長國外大型藥廠的「一鍋反應」實驗 (Barbier-type Reaction)。他希望將複雜的化學實驗量產化。

C 分項主持人林啟萬教授擅長積體電路設計、生物感測器的設計製作、精微機電技術系統整合、神經系統的工程應用以及生物晶片的整合製作。林啟萬教授將一般體外晶片感測應用到體內的醫療晶片設計上。他結合台灣半導體產業在設計與整合能力，降低生醫微型感測器的研發成本。D 分項主持人李雨教授負責血管微流道的血液推動，與血漿血球分離的技術。他的團隊設計出低耗電、高導流效率的微幫浦及微混合器。

E 分項由黃榮山教授主持，專長是以光學式的奈米感測技術來檢測心臟疾病。由於這項光學量測技術現階段僅能應用在體外診斷，因此他以電化學檢測作為比較基礎。黃榮山教授也研發即時即位的體外診斷系統，應用在台大醫院與金山醫院，針對心血管疾病等高風險患者，提供遠距醫療服務。

F 分項的呂學士教授是國際手機電晶體結構的重要推手。他研發射頻發射器關鍵組成電路與濾波器，負責植入系統的數位控制核心、低雜訊類比放大電路，以及無線傳輸模組的晶片設計。G 分項主持人顏家鈺教授，則在仿生機器人、精密伺服器、奈米操控、生醫訊號處理、與精密工具機系統的研發上，展現驚人成就。他主要負責「個人區域控制中心」的平台設計，也就是利用 WIFI 或 3G 網路，進行人體生理訊號的處理、交換與傳輸。H 分項主持人陳秋麟教授負責植入式晶片的內部製程與封裝。他的團隊負責濺鍍工程、生物分子流程、電路布局以及生物相容性設計。

至於原團隊計畫主持人李世光教授，則是與張培仁教授、黃榮山教授與吳文中教授合組「微機電系統實驗室」，研究領域涵蓋光電、壓電、生醫、微機電、奈米、無線通訊等領域。這個團隊在成立之初，就成功開發出新型都卜勒干涉儀，是 1998 年全球光電 25 大研發項目之一。這項技術建立研發團隊在光學檢測與系統整合的核心技術。團隊日後更經常有突破性創新成就出現，如倒車雷達、紙喇叭等。

這個科研團隊組成近六年，成員有 240 多人，分析團隊組成特色包括：第一，該團隊是由微奈米機電、無線傳輸與生醫化學等三大領域的專業科學家所組成。第二，該團隊資源有限，但創新研發能量在台灣科研單位中卻極為突出。六年內的專利申請案件近百件，技術移轉金額遠超過預定目標值三倍以上。期刊與學術論文發表近 200 篇。第三，該團隊經常有突破性創新研發成就。例如 2003 年的「抗煞一號」，就是該團隊在短短 21 天內研發出來，有效因應 SARS 爆發期間醫療人員口罩防護不足的困境。2009 年的 H1N1 新型流感期間，該團隊亦即時推出「病毒崩」的研發成果，幫助國內廠商量產防護噴劑等產品。此外，該團隊在植入式電刺激系統、植入式藥物傳輸系統、遠距照護系統、與體外診斷試劑系統等產學合作效益上，亦相當驚人。主要成就包括：一，將表面電漿子光纖感測器技術，移轉給大同集團的福華電子，並應用在動物檢疫上。二是與百奧生物科技公司合作，執行國科會三年期計畫(共 1.8 億經費)，共同開發肝硬化的先期檢測系統。三是與台懋創投合作，開發植入式脊椎疼痛的電刺激控制系統。這些衍生出來的產學合作專案深具市場潛力。

教學目標

本個案之主要教學目標如下：

1. 透過國外實驗室與國內實驗室的比較，分析不同實驗室的運作機制有何差異。
2. 透過個案使學員明白組織作為 (organizing practices)對研發團隊管理上的重要性。
3. 由個案情境凸顯台灣科研環境的特殊性。

思考問題

一、請比較康乃爾大學伊斯曼教授所主持的次微米實驗室、明尼蘇達實驗室、凱斯西儲大學的腦神經實驗室、IBM 的艾瑪登研發中心(Almaden Research Center)在實驗室管理上的特色與風格。您覺得這些實驗室在運作上有何優點，又有何缺點呢？

說明：這四個國外實驗室不論在研究主題設定、經營規模、研究特色、研究員互動、行政支援等都有所不同。這樣的討論，是要讓學生學習區辨不同實驗室的經營機制，看到頂尖研究團隊的組織脈絡。伊斯曼教授是美國仕紳，生活優渥，實驗室的經營規模顯然格局較大，有專屬的無塵室，有專業的行政管理。他以追求全球速度最快的電晶體為標竿，不斷挑戰摩爾定律，因此，在這個實驗室裡，乃是一個「適者生存」的科學競技場。30 多位學生會自動發展出適合自己生存方式的「次級團體」展開分組對抗。這樣的優點是可以透過高壓競爭的環境，淬鍊出最頂尖的科學家；但相對的，我們較不容易看出這些頂尖科學家在跨專業領域合作上的脈絡。此外，大規模的實驗室經營模式，也讓這個次微米實驗室最終必須面對「資源透支」而被迫解散的命運。

相較之下，呂學士教授在國外經歷的第二個實驗室，由 Marshall Nathan 在明尼蘇達大學主持的晶片量測實驗室，便有極為迥異的研究脈絡。以合作取代競爭關係，以務實穩健取代透支高調。這裡的實驗室像個小家庭，只有 5-6 位博士研究員，成員之間彼此會互相幫助。主持

人 Marshall Nathan 甚至幫博士生尋找研究資源，提供房舍住宿，讓研究生能到 IBM 的知名實驗室專心作研究。這類實驗室的優點是規模小，合作互動高，穩健而踏實。但缺點則是相對缺乏優渥資源，同時亦較少有跨領域的合作互動機會。

至於凱斯西儲腦神經實驗室，則具有醫學院內外專科的跨領域研究特質，兼顧科學實驗與臨床實務的研究，讓博士生能體驗理論與實務並重的學習經歷。開放式的研究空間，提供研究員更彈性的研究環境。專責的行政支援，讓研究員心無旁騖。這些都是這個實驗室的優點。然而誠如林啟萬教授所提出的反思，一般實驗室仍舊以單一研究議題為主，如凱斯西儲實驗室便是以腦神經細胞的研究為核心，一旦進入這個研究領域之後，就少有機會轉換研究跑道。因此，林啟萬教授也特別提出法國知名實驗室的作法，他讓研究人員有一段自我探尋的時間，可以有不同實驗室的「遊歷」經驗。

相較於以上三個大學研究機構的實驗室，IBM 的艾瑪登研發中心，顯然有別樹一幟的研究特色。3000 名研究人力的規模，匯聚的是每年來自全球「百萬選一」的研究菁英，競爭之激烈恐怕更勝於一般大學裡的研究機構。這個實驗室強調個人研究主軸與團隊合作並重的特質，刻意營造一種「既競爭又合作」的研究環境，是這個實驗室的優點。但相對於大學裡較偏重基礎科學研究，IBM 的實驗室仍較偏重實務應用與工程導向。或可指為是這個實驗室的缺點。以下就這四個國外實驗室在研究主題、規模、經營特色、研究員互動與行政支援的差異，進行比較。

表 1：四個國外實驗室的比較表

	伊斯曼的次微米實驗室	明尼蘇達實驗室	凱斯西儲腦神經實驗室	IBM 艾瑪登研發中心
研究主題	電晶體的次微米實驗	晶片量測研究	中風現象的神經細胞變化	IBM 全球第二大研發中心。研究主題包括電腦科技、物理材料等。
規模	30 多位研究生	6 位博士生與其他研究人員	8 位計畫主持人，10 多位研究助理。	3000 名全職科學家
主要經營特色	專業經理人的經營哲學	傳統師徒制	開放式實驗室，以內外科神經的跨領域研發為主。	高度競爭環境，科學研究人員必須有自己的研究主軸、重視團隊合作精神。
研究員互動	美國、東方等不同族群的「分組對抗	小家庭的經營模式，成員往來互動	實驗室裡經常性的溝通互動。	必須有自己的研究主軸，但又必須支援其他人員的研究

	賽」。	高。		案。
行政與後勤等	有專設的無塵室， 維修費用頗高。	以學校的無塵室為 主，不需負擔維修 費用。	有專責的行政管理 人員。	有專責的行政管理 人員。

二、請比較李世光教授的「無線奈米機電實驗室」，呂學士教授的「射頻積體電路實驗室」與林啟萬教授主持的「醫用微感測器系統實驗室」，在實驗室運作上有何特殊作為？各有哪些優點，哪些缺點？

說明：這個問題是要學生思辨在研究資源稟賦不盡相同的情況下，國內頂尖實驗室在運作上有何特殊脈絡。這三個實驗室都是台灣大學機構裡，表現相當突出的實驗室。計畫主持人不但重視基礎科學研究的基本功，更強調研究以外的活動。在研究人員培訓上，李世光教授強調研究人員必須進行跨實驗室的交流培訓，以提高跨域合作能力。他更注重研究資源的共享，甚至在學術論文發表與專利發明上，都有特殊安排，以減輕年輕學者或博士研究員的負擔。在基本研究外，他並鼓勵研究員在專利申請上的學習，以求「學術與實務並重，發表與發明同步」。另外，他重視研究人員的專案管理能力，並設置元件經理、系統經理、財務經理等專責人力。這些都是這個實驗室的特色，也是優點。不過也由於李世光教授特別重視交流與跨域，學術與產業並重，因此，研究人員的負擔相對較一般實驗室沉重。在這個實驗室裡，研究員每天工作長達 10 個小時以上乃是正常值。

呂學士教授則是特別重視研究人員的基本生活態度，包括上課開會不准遲到、舉手發問、專業倫理與社會公民意識的陶冶。嚴謹的生活紀律與追求頂尖研究的特質，讓這個實驗室不斷打破電晶體在效能與效率運作上的紀錄。至於在跨域合作上，這個實驗室則不若李世光教授強調跨實驗室的交流培訓與研究資源共享，僅有在研究人員組團參加創業競賽時，才会有更多機會與商學院或其他系所研究人員有交流互動的機會。

林啟萬教授引入凱斯西儲大學開放實驗室的研究風氣，他要求學生每天到實驗室裡作研究，隨時討論，以縮短彼此在專業認知上的差距。此外，林啟萬教授特別重視團隊合作的能力，他審查研究人員的「運動履歷」，喜歡籃球打得很好的學生，且幾乎每個周五傍晚，都會在籃球場上培養研究人員的團隊合作默契。相較於李世光教授特別重視研究以外的專利技術探勘以及跨實驗室的交流培訓，林啟萬教授則採取較為彈性的作法，讓研究員自由參與。

表 2：三個國內實驗室的比較表

	無線奈米機電實驗室	射頻積體電路實驗室	醫用微感測器系統實驗室
--	-----------	-----------	-------------

主持人	李世光教授	呂學士教授	林啟萬教授
經營哲學	專業經理人	法學治理	自由開放
實驗室規模	由 4 位主持人共同籌設，有上百名碩博士研究人力。	約有 30 多名碩博士研究人力。	約有 30 多名碩博士研究人力。
實驗室管理	定期開會。設置元件、系統、財務經理等專職人力。博士生則必須帶領學弟妹作研究。	定期開會。強調基本實驗室生活倫理，包括開會與上課不准遲到、舉手發問與自己動手解決問題的能力。	定期開會。強調團隊合作的能力。除實驗室裡的互動外，也重視實驗室外的默契養成。
行政管理	有三位以上的專職行政管理人力。但研究生必須學習系統採購。	有專責行政管理人員。	有專責行政管理人員，但有一定流動率。

三、請比較美國的實驗室與台灣的實驗室，在研究主題設定、研究人員培訓方式、行政管理等不同面向的差異。您看到了哪些台灣特有的科研脈絡？

說明：這個題目是要同學進一步比較國內外科研環境的差異，並凸顯台灣在實驗室經營上的特殊脈絡。以下將針對研究主題設定、研究人員培訓，與行政支援管理等三大面向進行討論。首先在研究主題設定上，國外實驗室因研究資源較充沛，因此能專心致力於 10 年以上的中長期研究。例如凱斯西儲實驗室便因為有美國國家衛生研究院的長期經費挹注，而能專注於腦神經細胞的研究。相較之下，國內的實驗室多因為研究資源較為匱乏，且必須藉由專案經費申請的方式取得資金，因此較難有 10 年期以上的研究計畫出現。這對於特定專業科研知識的深度與跨專業知識廣度的建立，都有一定影響。

其次在研究人員培訓上，國外實驗室一方面能吸引全球的頂尖研究人才加入，另一方面亦較注重專業專職研究人員的培訓，尤其是 24-32 歲的黃金研究時期，更會妥善予以保護，以激發其研究潛力。另外，在培訓內容上，如 IBM 特別重視研究主題的定位 (framing)，如何將一個工程實作上的問題，重新定位為科學邏輯上的思辨問題，將影響科學研究人才未來在知識探索上的爆發力。相較之下，台灣研究人才往往需負擔研究以外的行政事務，且必須因應研究計畫彈性調整研究內容，因此較無法專注於單一主題的中長期研究。不過也因為如此，台灣的研究人才較為務實，且對專利發明申請亦有相當認識，則是另一種機構條件下的研究特色。

另外在行政支援管理上，國外實驗室多設有專責行政人員協助儀器設備採購、經費報支與研究計畫報告繳交等行政事務，同時儀器設備的採購並無特殊限制，往往一通電話就可以完成採購，隔天就能送抵實驗室。相較之下，台灣在儀器設備採購上所受到的限制較多，尤其是政府採購法的相關規範，例如 100 萬元以上的採購案必須經過公開招標程序，未達 100 萬元

的大額採購也必須有兩家廠商的報價，相當繁瑣，更需耗時一個月以上的時間。這對於需要專業儀器設備投入研究的科學家而言，具有相當影響。甚至，有時候研究人員還要另外協助處理行政相關事宜。「工欲善其事，必先利其器」，對科學研究而言，行政基礎環境的優劣直接影響科學研究人員的投入與專注程度。

表 3：國內與國外實驗室的比較表

	國內實驗室	國外實驗室
研究主題設定	受限於研究資源，往往研究主題多以 3-6 年期的研究居多。	研究主題以中長期的基礎科學研究為基調。
研究人員培訓	研究人員往往自實驗室畢業後便進入教職，能專職從事研究者較少。且一般需負擔較多行政相關事宜。	以專業專職的研究人員培訓為主。強調研究議題的定位 (framing) 等邏輯思維。
行政支援管理	儀器設備採購規範多。行政人員的流動率較高，經驗較難傳承。	儀器設備採購規範少。有專責行政人力支援。

四，您認為，一個成功的科學實驗室，除了頂尖的科學家之外，還需要有哪些特殊作為？

說明：這個題目在幫同學整理並反思整個個案的重點，就是在由實驗室的經營脈絡，理解創新研發的來源不單單是專業科學知識的累積與突破，更在於整體科學環境的建構，包括科學人才的養成培訓、實驗室的經營管理機制、與行政支援的建置等，這當中更涉及到許多社會性的活動與組織議題的討論。由上述三個問題的探討中，應更能幫助同學理解實驗室的經營脈絡與特殊作為。

教學建議

本個案建議用於研發管理、組織管理、與創新管理課程。適用於大學、研究所、AMBA 及 EMBA 之個案課程討論。

參考文獻

Ancona, D. G., & Bresman, H. 2007. *X-teams: How to Build Teams that Lead, Innovate, and Succeed*. Boston: Harvard Business School Press.

Bechky, B. A. 2003. Sharing meaning across occupational communities: The transformation of understanding on a production floor. *Organization Science*, 14(3): 312–330.

Lee, G. K., & Cole, R. E. 2003. From a firm-based to a community-based model of knowledge creation: The case of the Linux Kernel Development. *Organization Science*, 14(6): 633-649.

Markus, M. L., Manville, B., & Agres, C. E. 2000. What makes a virtual organization work? . *Sloan Management Review*, 42(1): 13-26.

O'Mahony, S., & Bechky, B. A. 2008. Boundary organizations: Enabling collaboration among unexpected allies. *Administrative Science Quarterly*, 53: 422-459.

Orlikowski, W. J. 2000. Using technology and constituting structures: A practice lens for studying technology in organizations *Organization Science*, 11(4): 404–428.

Orlikowski, W. J. 2002. Knowing in practice: Enacting a collective capability in distributed organizing. *Organization Science*, 13(3): 249-273.

附錄:WhamBios 植入式多功能無線生理監測系統之專利產出

生醫與介面技術	感測與控制技術	電子與網路技術
氫氧基烷酸化合物及正溴基烷酸之合成方法	生物感測系統, 微感測元件及其製造方法	近身通訊生醫晶片系統及其使用方法
一種破壞冠狀病毒致病性之活性劑	微流體混合裝置及其方法	人體感測器網路閘道即以之人體網路感測之方法
具有電極保護薄膜之生醫感測器及其製作方法	微區塊塗佈裝置及其方法	網集化人體網路感測技術

具有共價鍵結定錨化 合物之分子探針晶片	一種利用雷射製作微 尺度孔洞的方法	無線智慧控制顯示面板
	微粒子操控晶片	於生醫應用之正向回授自動調 節增益放大器
		超寬頻低雜訊放大器及其方法
		自我混波接收機及其方法
		全球行動通訊系統多媒體廣播 群播服務之金鑰管理方法
		無線網狀網路運用位置快取之 移動性管理方法
		無線電能透膚傳輸系統
		積體化柔性切換控制電路—降 壓電源轉化器

5.3 : 組織與管理期刊論文發表(已接受)

組織的知識能力：科學社群的知識創生

Organizational Knowledgeability:

Knowledge Creation in Scientific Community

摘要

當代文獻對知識創生的討論，多集中在知識的有效移轉與管理，較少由組織集體能力的養成觀點，進行探討。然而，隨著全球化與網際網路的興起，跨組織疆界的研發創新，已不能僅單純由知識有效移轉的角度觀察，而必須由分散式組織的管理，由社群實務的觀點，進行討論。尤其，跨領域科學家的專業社群，不但深富高度的知識涵量，更經常能因應環境的動態變化，產生突破性創新成就，而具有重要研究價值。本研究以台灣最頂尖的科學社群—「無線奈米生醫團隊」為調查田野，並由這個科學社群特殊的知識能力養成(organizational knowledgeability) 著手，分析社群成員的工作脈絡，以掌握社群組織如何持續有效創生知識。研究發現，知識創生不但和社群的認同能力有關，社群的溝通、協調能力，社群成員在科學知識與商業知識、人際往來知識的學習，更是重點。此外，社群如何有效動員自主研發的科學家，積極投入社群的創新協作，都有極為特殊的組織作為。本研究最後則探討本案例對社群實務的知識創生與研發創新文獻上的啟示，並點出對科學團隊與研發機構的實務意涵。

關鍵字：知識創生、跨域創新、知識能力、工作實務、科學社群

Keyword: knowledge creation, cross-boundary innovation, organizational knowledgeability , work practice, scientific community

Abstract

Nowadays, product or service innovation often requires highly specialized experts to work closely, such as the design of computer server or performing a cardiovascular surgery. Studies of knowledge creation put more focus on knowledge management and knowledge transfer. However, we know relatively little about how distributed organizations, such as experts communities create knowledge. This study focuses on a top-performing scientific community—the Wireless Health Advanced Monitoring Bio-Diagnosis System (WHAM-BioS) in Taiwan. This team consists of leading scientists from nano-technology, bio-technology, information technology and network communications from different scientific disciplines. This study aims to examine their knowing practices of scientific invention. This research will contribute to theories on knowledge creation through the lens of practice. By analyzing the organizational knowledgeability, this paper suggests organizations reconsider the knowing of identity sharing, cross training, motivation, learning by doing and aligning efforts as the collective capabilities of scientific community. These five elements as five organizing capabilities will contribute to the knowledge creation and community of practices literatures.

壹、緒論

研發創新活動，已逐漸成為現代企業的經營重心。學者 Nonaka (1994)提出，成功的企業，他的核心業務就在持續創新；Miller & Morris (1999)更以「第四代研發管理」來描述創新研發的重要性。然而，隨著全球化與網際網路的興起，企業的研發創新，面臨新的挑戰，那就是跨領域的知識創生。

跨領域的知識創生，主要有兩層意義。一是跨越不同地域與時空環境的創新協作，主要以跨國企業在全球化的新產品開發為代表，例如知名的防毒軟體公司，趨勢科技，便是跨國研發的著例。另一種跨域創新，則是指跨越不同專業知識領域的創新協作，包括生物醫學、奈米科技與心導管手術等。

這兩種跨域創新，凸顯「分散式組織型態」(distributed organizing)在研發管理議題上的重要性。創新不再僅是存在於企業內部的創意工廠，而是分散在全球各地的專業知識工作者，群策群力的協同創新。

Orlikowski (2002)研究跨國企業組織裡的軟體工程師，如何跨越不同時空地域，進行團隊協作。他認為，這一類分散式組織的研發，更像是一個實務社群的組織型態 (Community of Practice, CoP)；而且每一個特定的組織活動，都和組織裡的知識，或稱為組織的知識能力(organizational knowledgeability)密切相關。

例如，分布在世界各地的新產品開發成員，藉由共同培訓與專案推展，建構社群認同，而有助於認識這個專屬的社群組織；藉由面對面的互動與知識分享，可以取得社群

成員的信任與尊敬，而有助於辨識合作夥伴。另外，這個專案團隊還使用一般的模具與方法，協調團隊成員的工作內容，而有助於社群成員的協力創作等。

透過這些具體而微的組織工作實務，Orlikowski (2002)給與我們一個靈感，原來組織作為與知識創生之間存有一定的關係；原來組織的知識能力，就存在於特定社群運作的工作實務裡。然而，殊為可惜的是，Orlikowski (2002)並未能進一步由社群實務的觀點，詳述特定組織作為與社群運作的關係；同時，這些組織的知識能力又是如何架構整體社群的知識創生體系。

尤其像科學家社群這類具有專業知識含量的組織，這類高度自主創新的社群 (self-organizing)，他們的突破性創新能量往往更為驚人，對整個社會經濟的影響層面也更為廣泛，然而，對於這一類專業社群創新知識的作法，卻少有人深入討論。

目前我國政府每年投入近 400 億元資金在大學的基礎研發上，但所得到的成果卻極為有限；同樣的問題，也出現在歐美等國的大學研發活動上，大學的創新成果與技術移轉績效，佔政府整體資源投入竟然不到 5%¹。國家「創新引擎」的失靈，讓大學研發能量未能充分發揮，從而可能影響整體經濟的發展。因此，對於大學或法人研發機構，這一類專業社群的組織運作與創新機制，確實需要投注更多研究心力。

現有研究科學社群運作的文獻，多數仍是由傳統的論文共同發表、專利引證上的共同發明，來探討科學社群的合作網絡與創新動機 (Katz, and Carl Shapiro, 1985; Braam,

¹ 行政院產業人力套案「加值產學(研)合作連結創新」97 年大專院產學合作績效追蹤調查計畫。行政院科技顧問組。

et al., 1991)。另外，科學社會學刊 (Social Studies of Science) 在 2005 年雖亦曾以專刊方式，討論科學團隊的合作議題 (Scientific Collaboration)，但主要的研究焦點，不是放在網際網路等新興溝通型態的討論(Duque, et al., 2005)，就是由社會網絡的觀點，探討國家贊助的科專計畫，如何有效推展創新成效 (Cummings and Kiesler, 2005)。這些研究不但未能深入理解科學社群的工作脈絡，對於跨專業領域的科學研發，更是毫無著墨。因此，我們不得不轉向現有組織科學對於專業實務社群的研究與討論。

本研究擬由社群實務的觀點切入，探索科學社群的知識創生體系與組織的知識能力。我將以國立台灣大學一個跨越三大科學領域的專案研究團隊作為個案討論的起點。這個科學社群成立於 2003 年，名為「無線奈米生醫團隊」，主要目標在開發「先進無線生醫保健監測系統」，藉由體內生醫晶片的植入，這個系統將能有效量測和心血管疾病有關的發炎指標，並即時將相關數據變化以無線傳輸技術，傳送到遠端的醫療院所，以達到遠端醫療照護的目的。

這個科學社群組成長達六年，團隊成員高達 240 多人，該團隊的特色主要包括：第一，他是大學機構內的研發團隊，由微奈米機電、無線傳輸與生醫化學等三大領域的專業科學家所組成。第二，該團隊資源有限，但創新研發能量，在台灣科研單位中卻極為突出；六年內的專利申請案件近百件，技術移轉金額遠超過預定目標值三倍以上。期刊與學術論文發表近 200 篇。第三，該團隊經常有突破性的創新研發成就。例如 2003 年的「抗煞一號」，就是該團隊在短短 21 天內的研發實績，並有效因應當時 SARS 爆

發期間，醫療人員口罩防護不足的困境。2009 年的 H1N1 新型流感期間，該團隊亦即時推出「台大病毒崩」的創新研發，幫助國內廠商量產防護噴劑等產品。透過田野調查方式，本研究將藉由觀察團隊成員的工作實務，掌握這類先導型科學團隊的知識創生機制。

本研究將如下架構。下一章節先說明知識創生的理論基礎。接著，詳述案例選擇、資料收集與分析等研究方法議題。然後再報告研究發現，說明如何由工作實務中解讀科學社群的創新實務，並由此分析團隊創生知識的組織能力。結論將由社群實務的組織能力養成，提出理論與實務的貢獻。

貳、文獻探討

組織如何創生知識？是組織科學界近年來最關切的重要議題之一。彼得杜拉克宣稱 (Drucker, 1993)，在後資本主義的時代，我們已進入一個知識型的社會，而企業最重要的資源，不再是機器設備、土地廠房，而是知識，是組織裡的知識工作者。因此，如何有效管理企業裡的知識，將知識成功轉換為創新商品，就是研發管理的核心議題。

過去組織管理學界，對於企業管理知識、創生知識的討論，主要可區分為兩大脈絡。一是從知識本身出發，認為組織裡有不同類型的知識；因此，作好知識的管理與知識的轉化，組織便能有效創新 (Hedlund, 1994; Leonard-Barton, 1992; Nelson and Winter, 1982; Nonaka, 1994; Tsoukas, 1996)。二是從工作實務出發，認為知識就存在於我們

的行動當中，因此，要作好知識管理，必須由組織員工的工作實務著手，才能有效創生知識(Bourdieu, 1977; Schon, 1984; Brown and Duguid, 1998; Lee and Cole, 2003; Orlikowski, 2002)。

第一種論點，乃是將知識本身，視為組織最重要的資產，而為了作好知識的管理，組織必須先有效區辨顯性知識與隱性知識(Polanyi, 1967)，然後在進行知識的編碼、轉譯、移轉與交換(Hedlund, 1994; Leonard-Barton, 1992; Nelson and Winter, 1982; Nonaka and Takeuchi, 1995; Teece, 1996)。Nonaka (1994)研究日本知名企業本田(Honda)、佳能(Canon)、松下(Matsushita)、恩益禧(NEC)等成功創新產品的公司發現，日本企業能有效將隱性知識轉化為顯性知識，並進一步將顯性知識內化為員工的知識底蘊，正是這些「知識創生企業」的成功祕方。

延續知識分類的管理觀點，另外有學者提出在地知識與全球性知識、編碼知識與非編碼知識、標準知識與非標準知識、程序知識與內容知識等。然而，學者 Tsoukas(1996)卻直接批判這種知識二元論的觀點，並認為隱性知識是所有知識的必要成分；而事實上，隱性知識與顯性知識乃是相互建構而成的。

Bourdieu(1977)以地圖和實際的行車路況來作比喻，地圖上的知識，能夠給你一個行車的藍圖，卻無法幫助你解決在實際開車時所會遇到的各種可能路況，例如，突然的道路封鎖、沿途中伴侶的意見分歧，以及颱風等天候狀況的發生。這些實際上在開車時所會遭遇的狀況，絕非地圖上的知識可以解決，而是必須由駕駛依境學習，有效調適。因此，真正的知識，是建構在實務當中。

Schon(1984)進一步說明，我們的知識，就存在於我們的行動當中(our knowing is in our action)，他檢視建築師、心理學家、藝術工作者等五種專業人員的工作實務發現，他們的工作不但充滿動態性，更需要依不同的情境，不同的對象，而有彈性的解決方式。他稱這一類的專業從業人員為反思性的實務工作者(reflective practitioners)。

除了個別的專業實務工作者，必須依情境變化，發展出不同的專業知識與工作實務外(situated practice)，學者 Weick & Roberts(1993)研究打火英雄與野戰部隊的團隊工作實務，更發現這一類的專業團隊，必須發展出集體的能力(collective competence)以隨時因應不同環境變化，作出即時性的反應與行動。Barrett(1998)與 Weick(1993)更認為，發展臨機應變的工作實務(improvisation in practice)正是現代組織能有效創新，積極學習，並推動組織變革的基礎。

因此，不論是對個人或對團隊而言，知識本身雖然是創新的基本元素，但是，如何認定知識、善用知識，並隨時因應不同情境，發展出最新知識，則是一種能力的培養。Orlikowski(2002)研究跨國軟體工程師的工作實務發現，組織欲有效整合跨越不同時區、地域疆界與不同政治文化的軟體工程師，進行新產品的開發，必須將這群跨域工程師，視為一個特殊的社群，並且由社群實務的觀點(Community of Practice, CoP)發展社群的集體能力，而這種能力，正是組織的知識能力。

Orlikowski(2002)的研究，給與我們以下幾點重要啟發。第一，檢視跨領域的知識創生，可以由實務社群(CoP)的觀點進行討論；其次，知識的創生，新產品的開發，乃是一種集體養成的能力，而非單純的基礎網路建置、特殊策略領導或產品設計技能，就

能竟功。第三，這一類分散式的組織型態，需要仰賴特定的組織作為，藉由社群的身分認同、面對面的溝通、能力的搭配互補、組織的支持等，來逐步建構團隊的集體能力。

本研究認為，由社群實務 (CoP) 的觀點，探索知識創生的組織方式，理解專業社群的運作機制，是一個重要的起點。因為當前多數企業向外探求新知識的組織構型，確實充滿了動態性與不確定性。同時，許多新興的合作、結盟、跨專業領域的創新組織，正是以社群運作的模式、以不具有特定組織疆界的型態，在摸索新的知識，在激發新的創新能量。例如學者所大力闡釋的開放式創新(Chesbrough, 2003)，就是目前新興的組織型態。值得注意的是，當前許多重要的科學發明，如生物科技、基因工程、綠色能源等，特別需要仰賴不同的專業知識學門，進行跨科學專業的結盟與合作(Bekkers et al., 2002; Mowery et al., 1996)。

然而，較為可惜的是，目前社群實務論者(Barley, 1996; Brown and Duguid, 2001; Orr, 1987a; Wenger, 1998) 多重視社群成員的學習脈絡與組成過程，而未能討論社群如何創生知識，又有何特殊的運作機制。

此外，雖然 Orlikowski(2002)提醒我們可以由分散組織的集體能力養成，來研究跨域知識創生的組織作為，但是這樣的討論仍有所不足。首先，Orlikowski(2002)的研究仍是以同一種知識的創造，即軟體工程師的新產品開發為基礎，但是我們對於涉及不同專業知識領域的合作創新，他所需要的集體能力，仍未有足夠討論。其次，就知識的分布結構而言，跨國軟體工程師的知識，是分布在不同的地域與文化疆界；但科學家的專

業知識，卻是分布在不同的專業學門間。專業知識體系的疆界與鴻溝，某種程度上，比地理上的距離，更為遙遠。第三，跨國企業雖需面臨地域性的差異，但基本上，他仍是在企業型態的組織架構中，薪資、升遷制度與領導權威，仍會牽動整個新產品開發的進程與成敗；然而，對於科學社群這一類專業知識工作者，他們的創新動機來源，顯然並非由薪資酬勞所能決定。那麼，他們的創新機制與組織運作方式，就更為特殊，而值得深入探討。

因此，本研究將以一個科學社群的創新研發實例為基礎，來探索這一類具有高度專業知識含量的社群組織，究竟是如何進行知識的創生與管理。個案團隊是台灣大學的「無線奈米生醫研發團隊」，他由八個分項團隊所構成，橫跨生物醫學、資訊電子、及通訊網路等三大領域，主要目標在開發能植入人體的「多功能無線生理監測系統」，並針對人體內的發炎指數、血糖、心跳等，進行量測後，傳輸到醫院端，以達到有效預警和遠端醫療照護的目的。

這個特殊的科學社群成立六年以來，不但成功開發出「多功能無線生理監測系統」，更在台灣兩度遭遇流行病毒危機時，於 2003 年的 SARS 期間與 2009 年的 H1N1 流感期間，適時推出突破性創新的研發商品，有效化解國人的疑慮。對於這樣一個具有高度創新能力，又能融合不同科學學門領域的社群組織，究竟在集體能力的養成上，有何特殊的作法？這個團隊特殊的組織工作實務與社群的能力養成方式，將是本研究的重點。

叁、研究方法

本研究旨在分析科學社群在知識創生上的工作實務 (organizing practices)，以掌握跨領域創新的來源。由於社群的運作，充滿動態而具有彈性，因此，必須以質性研究的調查方法，以較為長期的觀察過程 (Langley, 1999)，貼近社群成員的工作脈絡與學習情境中，才能積極掌握社群成員因應環境變化，有效學習的行為模式，並呈現社群組織的工作脈絡。

同時，本研究選擇以實務視角 (organizing practices) 來觀察成員的日常活動，並檢視這些活動在社群人際溝通裡所扮演的角色；甚且，這些活動與社群結構之間，又有何具體關聯。由於組織人員的工作實務，可以被理解為一系列、具有組織機構意涵的人類活動 (Schatzki et al., 2001)；他不但是動態而持續的，更是整個社群組織運作結構的一部分 (Giddens, 1984)。因此，採取實務視角，不但可以微觀地觀察個別社群成員的活動與行為模式，更可以據此彰顯社群的整體結構與組織內涵 (Schultz and Orlikowski, 2004)。而要觀察社群成員日常的工作實務，就必須以質性研究的方式，以田野調查的作法為之。

第三，本研究的重要工作，乃在洞察科學社群創生知識的組織實務與集體能力的養成機制。誠如學者 Ouchi (1980)所指陳的，組織的基本目的，就是在達到組織的目標。然而，環境的不確定性，與組織成員彼此間的相互依賴性，使組織目標的達成變得困難，而需要組織創設出一個運作機制，來協調成員的工作，來進行資訊的蒐集、傳遞與整合，

來因應環境的變化，這就是組織運作的實務(McEvily, Perrone, and Zaheer, 2003) 因此，組織工作實務正是組織成員詮釋資訊與協調工作內容的行為模式、工作例規。要具體而微的展現組織實務，就必需深入探索組織成員的行為模式，而這亦有賴質性研究的作法，方能成就。以下分別就個案選擇、資料收集過程與資料分析方法，進行說明。

一、個案選擇考量

本研究以「先進無線生醫保健監測系統」(以下簡稱「無線奈米生醫團隊」) 的學界研發專案為研究田野，這個先導型研發專案乃是以微奈米科技及微機電技術為基礎，並橫跨生物醫學、資訊電子、及通訊網路等三大領域，主要目標在開發能植入人體的「多功能無線生理監測系統」(詳見附錄一)，並針對人體體內的發炎指數、血糖、心跳等，進行量測，並傳輸到醫院端，達到有效預警與遠端醫療照護的目的。選擇該研發團隊為科學社群的研究田野，主要基於以下考量。

第一，該研發團隊的科學知識含量高，且分項主持人群的研究專業，更是該領域學門的重要翹楚。他由八個分項團隊所組成 (詳見附錄二)，具有跨科學領域研發的代表性。團隊成員合計約達 167 人，其中有 34 位教授、4 位醫生、博士後與博士生共 53 位，專業研究員 3 位、57 位碩士生與 16 位研究助理。這個科學社群橫跨生醫、電機資訊、應用力學、機械工程、資訊工程、醫學院、化學工程等專業領域，相當特別。

第二，該團隊自 2002 年成立至今，有相當突出的創新研發績效。除了順利開發目

前全球體積最小、功能最多的植入式無線生醫監測系統，該團隊並在短短六年內，申請 64 項專利，獲證國內外 14 項專利，論文發表超過 300 篇，技術移轉金額超過預定值的二倍以上。甚至 2009 年因應 H1N1 病毒研發的「台大病毒崩」，高額的技轉金額更已創下國內大專院校近五年來的新高紀錄，約達 1500 萬元，幾乎是其他院校平均技轉金額的 25 倍以上。

第三，該研發團隊的創新績效，還表現在突破性創新的成就上，包括 2003 年 SARS 風暴期間，於短短 21 天內順利研發「抗煞一號」；於 2009 年 7 月 21 日在 H1N1 流感期間，順利研發台大病毒崩 (NTU-VirusBom)，即時的突破性研發，彰顯該團隊的創新能力。

第四，該團隊研發資源相對有限，六年期的計畫中，前三年每年計畫總經費為 3600 萬元，後三年則僅 2200 萬元；但團隊研發技術的產業效益卻具相當成效。包括無線感測系統、生醫晶片檢測系統、指向性喇叭、手持式電化學監測系統等。洽談合作的廠商則有國內的福華電子、百奧生物科技、台懋創投、工研院等近 15 家廠商，並與西門子、IBM、日本電子大廠 ROHM、加拿大的國科會產業研發機構 (Industrial Material Institute, NRC IMI) 等單位合作。

二、資料收集方式

自 2008 年 3 月起，本研究作者和兩位研究助理開始針對「無線奈米生醫團隊」進行田野調查工作，至今仍在持續進行中。我們的研究重心放在研究團隊的工作實務與合作溝通模式上，以掌握這個科學社群的組織運作原則(Orr, 1996)。主要的調查內容包括：無線奈米生醫課程的學習、深度個人訪談、團隊例行工作會議的參與，以及動物實驗的觀察（見表一）。

第一類的調查內容，主要是參加該團隊計畫主持人群所開設的專業無線奈米生醫課程，並參與相關研討會，以學習無線奈米生醫的專業知識。此有助於我們理解該研究團隊的工作內容，並熟悉專屬於該社群的特殊語言。例如，當團隊成員在談論「BMW」這個專有名詞時，並不是在品評最新款的寶馬汽車，而是在指陳生醫無線感測晶片（Bio-Medical-Wireless，簡稱 BMW 晶片）。或如，當團隊相約在特定時間要去「殺老鼠」時，意旨要做老鼠的動物實驗。惟有透過社群語言的掌握，對社群專業知識的了解，我們才能收集到真實有用的資訊。

第二類的深度個人訪談，我們主要訪談三種對象。一是團隊的總計畫主持人與分項主持人。我們主要詢問他們如何決定哪些專業知識，哪些人才可以進入團隊？以就團隊構成和組織運作模式有較為通盤的了解。另外，我們更針對團隊在實際運作時，所遭遇的困難與挑戰，及社群的解決模式，進行探索。以洞悉團隊的互動與溝通方式，及他們建立信任的基礎。二是，我們訪談總計劃辦公室中，負責協調各個工作團隊的研究員。

我們詢問他們如何協調不同分項的研究人員，如何進行分工，如何進行合作？以進一步摸索團隊實際運作的模式。三是訪談各分項計畫的成員，由他們的工作實務，交互驗證整個團隊的運作全貌。

第三類是團隊例行工作會議。我們參加「無線奈米生醫團隊」每個月定期的團隊月會。八個分項主持人與主要參與成員，多會參加例會討論，此有助於我們觀察他們的互動模式，他們推進研發的作為，以及所關注的議題。

第四類是動物實驗，由於整個植入式無線生醫監測系統在 2008 年已進入最後系統整合與動物實驗階段，我們參與他們進行系統整合的實驗，觀察該團隊將監測系統植入白老鼠體內的過程，以及體內生物資訊傳輸中，所遭遇的問題和解決模式。此有助於我們理解團隊在實際合作上所遭遇的問題，以及具體的解決方式。另外，本研究並有效收集到團隊的書面結案報告、參與團隊的期末審查會議，並得到團隊成員允許，審閱部分工作日誌內容，以交互驗證團隊的知識創生過程。

表 1：田野調查整理

田野調查方式	訪談人數/次數	訪談/參與總時數
專業無線奈米生醫課程	5 次	15
深度訪談		
計畫主持人	8 次	16

分項主持人	8 人	15
研究員	8 人	16
分項團隊成員	25 人	48
專案月會	7 次	21
動物實驗	3 次	30
Total		161 小時

三、資料分析

資料的收集與資料的分析是一個反覆進行的過程，更是一個發現組織運作方式的過程，目地在洞悉科學社群的知識創生機制。在早期的調查工作是比較開放式，而不具結構化的，此有助於田野脈絡的忠實呈現，並有助於理解社群成員的工作內容。而隨著作者對田野情境與研發工作複雜度的逐步了解，我對科學社群的工作脈絡漸有掌握；同時，透過和文獻的對話，我開始將研究聚焦在專業科學社群合作間的知識疆界上，但又從這些跨領域科學家的專業活動中，抽絲剝繭出他們共同的利益與關注的核心議題。換句話說，不同專業的科學知識間，雖然有極大的學門差異性，但來自各領域的科學家，他們催生、創新知識的出發點與科學活動的本質，卻仍有共通點，而成為這個科學社群組織可以著力之處。

我使用質性研究的方法來分析社群成員的工作實務，但仍持續關注一些新的想法。

資料的分析內容，包含多場次的專訪、田野筆記與會議紀錄、科學社群的工作日誌等。

而在文獻的閱讀上，我特別留意有關研究實務社群的學者，在專業識別、依境學習與社群語言、傳說故事等重要組織運作的內涵(Barley, 1996; Brown and Duguid, 2001; Orr, 1987a; Wenger, 1998)。

我持續關注這個科學社群在集體能力養成上的重要作法；因此，我著力在了解與探尋科學社群是如何完成他們的研究發明，尤其是他們有哪些具體而微的活動(activities)來幫助他們達成研發工作。然後我將這些例行性的活動內容，進行整理與分類後，架構出這個科學社群養成集體能力的組織實務，並與核心計畫主持人和資深研究人員進行討論，取得一定的反饋，以強化我的論述與觀點。

肆、個案介紹

無線奈米生醫團隊是一個長達六年的國家型整合計畫，主要目標乃是要能抓到心肌梗塞的重要生理訊號，包括：CRP 發炎指數(即 C 反應蛋白)、心跳、血糖等生物分子，並將這些重要的生理訊息傳輸到遠端的醫療照護體系，以達到即時監測，有效檢驗的目的。

計畫的源起，乃是因當時具有光電量測背景的李世光教授，本身就是個發明王，個人擁有高達 60 個以上的專利，因此對國際重要的研發動向相當敏銳；當時，他和另一位核心成員，研究微機電的張培仁教授，看到了生醫領域的興起與重要醫療疾病的奈

米檢測市場，因此，他們一起邀集剛返國不久而具有生醫背景的林啟萬教授、專研有機化學合成的李世元教授、與臨床醫療和檢測背景的林世明教授，籌組核心團隊。

其中，A 分項的林世明教授在台大醫學院裡的 P2 實驗室，擺放著一部價值高昂的原子力顯微鏡；當多數光電實驗室裡，還拿著高倍數的顯微鏡在量測「物體」，林世明教授的 P2 實驗室裡，則是要量測頑強的病毒、細菌，是一個個活生生的「生命體」。他的科學發展層次由靜態的物體，提升到動態的生命體。

B 分項的李世元教授在淡江大學的化學實驗室裡，規模可與一個小型的化學廠相比擬。不作零下 78 度的低溫實驗（因為要有乾冰），擅長國外大型藥廠「一鍋反應」實驗（Barbier-type Reaction），李世元教授堅持「五個步驟以內」的化學有機合成。他的科學發展層次，是要將複雜的化學實驗「量產化」。

C 分項的林啟萬教授，在生物晶片的整合製作能力，將科學發展層次由體外的晶片感測，發展到體內的醫療晶片設計。F 分項的呂學士教授，是國內（甚至是國際）手機電晶體結構的重要推手，他的研發成果，長期被國內外手機業者追蹤鎖定，更是國內第一位獲邀在 IEEE WiMax 國際會議發表專題演講的第一人。他的科學發展層次，則是在射頻發射器（RF Transmitter）關鍵組成電路與濾波器的研發推動上。G 分項的顏家鈺教授，在仿生機器人、精密伺服器、奈米操控、生醫訊號處理、與精密工具機系統的研發上，展現驚人成就。他的科學發展層次正在精密的機器設計與訊號處理，並提升到機器人的發展領域。

在 2002 年通過計畫審核後，原計畫主持人開始籌組八個分項的領導群，同時整個團隊也歷經了第一階段的摸索期(2002 年~2004 年)，第二階段的確認研發主軸與整合期 (2005 年~2007 年)，與最後階段的計畫延伸期 (2008 年)。

2002-2004 年：研發資源摸索期

在團隊籌組的第一階段，也就是 2002 年到 2004 年間，乃是團隊的摸索期，當時主要有三大議題：包括檢測生理訊號的技術、無線傳輸系統的電源、以及電化學留置針。

利用抗原抗體的專一性原理，研發團隊在前三年的摸索期，終於能抓住這些 10^{-9} 次方，奈米等級的生理分子，包括 CRP 發炎指數等。但是，要如何量測這些分子訊號，卻是一大疑問。團隊曾經歷過光學、力學的量測方式，最終考量整個系統要植入人體，應用光學與力學原理不能植入，且可見光無法移動量測等困境，而暫告一段落。最後，在 2005 年期間，團隊回歸類似量測血糖的電化學原理，並確認主軸，在電極上接上「分子檢測探針」，並且由負責無線電源與傳輸的 F 組傳送訊號；但是在訊號傳遞過程，馬上面臨訊號太弱的困境。因此，如何處理電源及傳輸問題，與傳輸後生理訊號的判讀等，就成為第二個研發階段的重要任務。而這就涉及相當多的知識整合與跨域協作的問題。

在這一個階段的重要研發能量，是團隊在化學分子合成技術與原子力量測技術的整合，並在 2003 年順利因應 SARS 風暴，推出學名為八氫氧基辛烷酸的「抗煞一號」，不

但成為團隊重要的研發成果與實力展現，並因此項創新，使團隊的能見度提高，有效爭取到更多的創新資源。

2005-2007 年：微機電與微奈米的技術整合期

2005 年團隊確認電化學的量測主軸（由 AB 分項負責），也開啟一連串跨分項的系統整合工程。所謂的電化學量測原理，就是一個工作電極，一個輔助電極，加上一個參考電極，形成一個三角電極，進行生物分子的檢測，然後將訊號傳送到 F 分項的生醫無線晶片上（Bio-Medical-Wireless，簡稱 BMW 晶片），並進行量測與後續醫療訊號的傳輸。

「對 F 分項而言，他們關心的是怎麼量訊號，怎麼接訊號？也就是電極與電極之間要如何進行銜接？他們並不需要知道分子探針是怎麼一回事。那些化學分子符號對他們來說，一點意義有沒有。他們的問題是：『施加的偏壓是在哪一個電極？』」A 分項的博士生林同學指出。

過去在 A 分項的實驗室裡，大型的商用儀器可以很清楚地量測出這些檢測到的分子訊號；但是當這些電極、電路板，是要由研發團隊的 F 分項，自行設計一個比一圓硬幣還要小的晶片進行訊號接收與量測時，電極的面積大小、距離遠近，就會影響到訊號的敏感度。因此 F 分項小組特地跑到 A 分項來拆看商用儀器的電路板設計，以了解訊號傳遞的方式與原理。

同樣的系統介面整合問題，也發生在 F 分項與後端 G 分項的訊號傳遞與判讀上。

一位 G 分項的研究生一面把玩手上的魔術方塊，一面解釋他的工作內容：

「由 F 分項接收到的訊號，如何判讀究竟是雜訊，還是有意義的生理訊號？因此，我們得想辦法過濾掉雜訊，更要進一步比對現有的醫療資料庫，一再確認各項生理訊號的正確性與意義。」

對 G 分項而言，F 分項的訊號傳送技術，非關至要；訊號的正確性才是重點。因此，F 分項與 G 分項的研究生，經常往返對方的實驗室，進行訊號的比對。G 分項並取得台大醫院與國外非營利醫療單位的心跳與心電圖訊號。這就好像是拼圖一般，每一塊小圖片，都有他的意義，但卻必須放在對的位置上，才能正確解讀。

在這個階段，團隊研發技術乃是著重在微機電技術如何應用到奈米級的生理訊號量測與有效傳輸上。整個研究能量聚焦在生醫無線晶片（BMW）的製作與傳輸效率。團隊將生物醫學的檢測，結合半導體製程與資訊科技的應用上，屬於極為創新的有效作法。也因為這個重要研發的進展，團隊另外衍生出植入式電刺激晶片的應用，用來治療慢性下背痛的病人。

2008 年：研發能量精緻化

在最後一年的結案階段，團隊的各分項主要負責同仁，在總計畫辦公室的協調下，常常必須密集「開夜車」作動物實驗，將 50 圓硬幣大小的生醫檢測晶片植入白老鼠體

內，並能順利傳輸出訊號與進行判讀，這個系統整合過程，不但耗時，實驗經費更是驚人，往往一顆無線生醫晶片系統(BMW)的成本就高達 300 萬元，而在動物實驗階段，常常每個月都要燒壞 1 至 2 顆晶片；計畫主持人之一李世元教授就指出：

「台灣特有的 IC 產業價值鏈，為整個無線奈米生醫技術的晶片研發，提供良好的環境。要找到能隨時根據團隊需要進行晶片製做的企業，只有台灣的廠商與技術可以配合。一片 BMW 晶片製造，最少價值 300 萬以上。比一部寶馬汽車還貴。」

由於主持人群中，呂學士教授與陳秋麟教授皆與國內 IC 廠商有良好的互動關係，因此業界多願意配合團隊解決技術困境；團隊並向晶片中心申請經費，分擔高額的實驗晶片製作費用。此外，在團隊資源有限的情況下，計畫主持人群，更善用過去的研發能力與人脈網絡，向國科會體系、精密儀器中心、積體電路設計中心、晶片中心等，申請經費或借用儀器。

同時，隨著結案階段的接近，團隊核心成員也開始構思無線奈米生醫晶片的商品化途徑；在考量技術的成熟度以及實際的醫病需求後，團隊成員認為，現有無線生醫檢測系統最適合運用在急救階段，尤其可與葉克膜體外循環系統相結合，以適時量測急救病患的血糖、心跳、重要發炎指數的表現，這部分計畫已經與台大醫院的周迺寬醫生進行討論；至於較長期的遠端醫療照護，仍需要很多醫療環境面的配合。另一個重要研發主軸就是利用感測與無線電波，開發電刺激晶片。尤其國人下背痛的問題，佔國內醫療健保資源第六位，因此，電刺激晶片的市場，事實上可能較遠端醫療照護的市場更大。

最後，在整個產業技術移轉的過程，包括醫療照護產業、生技產業、民生科技產業，都是團隊技轉的範疇。如「抗煞一號」與國內的彩力、立弘、中美、毛寶、台唐、福懋等技術授權；在生醫晶片檢測系統與工研院的共同開發；指向性喇叭、無線感測系統、手持式電化學監測系統，與創盛、百奧、同致等國內廠商的合作，都可以看到團隊計畫主持人群在產業資源的爭取與知識擴散上的努力。

因此，在這個階段，團隊的研發能量已日臻成熟而趨於精緻化，並在既有的無線奈米生醫晶片之外，進行研發資源的重新聚焦與整合。包括 AB 分項持續針對各項高危險病毒與細菌的有效崩解，進行研究；C 分項與 F 分項、G 分項朝電刺激晶片的應用。AB 分項與工研院在指向性喇叭的研發合作等，都在既有研發軌道上，拓展出新的科學領域。

伍、研究發現

在研究發現裡，我將整理無線奈米生醫團隊的五項工作實務，用以描述這個科學社群如何養成集體的知識能力。包括：建構基本價值，是社群認同的能力；交流研究資源，是社群的溝通能力；邊作邊學，是發展社群的專業能力；調整研發節奏，是協調分工的能力。利益配位，是動員社群的能力。這五種能力，彼此相關，互不排斥，且正是這個科學社群集體知識能力的具體呈現。

表 2：科學社群的工作實務與知識能力

工作實務	活動內容	知識能力
建構基本價值	<p>團隊的基本價值信念為：『對台灣沒用的不作，對學術沒有價值的不作，要視所有人為親人。』</p> <p>另透過專業知識的強制分享，以及論文、專利的強制排名，強化社群的相互信任與認同，並形成學術生涯上的夥伴關係。</p>	社群認同的能力
交流研究資源	透過研究生的交互培訓，以及核心主持人群研究生活的共享，強化社群的溝通能力。	社群溝通的能力
邊作邊學	透過科學專業技術能力、專案管理的商業能力以及人際溝通能力的培養，強化社群整體的專業能力。	社群的專業能力
調整研發節奏	透過不同階段的研發資源配置，以及專案進度的關鍵指標控管，強化社群的協調能力。	社群的協調分工能力
利益配位	透過提高專利技轉金額的分配比例，研究資源的取得，以及社會影響力的提升，動員核心計畫主持人群的研發投入。	社群的動員能力

一、建構基本價值：社群認同的能力

對跨領域團隊而言，最大的挑戰來自於整合各個學有專精、實力堅強的頂尖科學家，共同合作。而這個合作不但需歷時長達六年以上，彼此合作的步調需有一致性，更要確保研發成果的持續性與突破性。因此，確認基本價值，讓社群核心成員對跨領域的協作，有一致的信念，是基本要務。

「我常說，『對台灣沒用的不作，對學術沒有價值的不作，要視所有人為親人。』這不是掛在嘴上的口號而已，而是要落實成為具體的行動。因此，在團隊成立初期，我們非常認真研究目前科學領域的最新發展，與自己的定位。主軸調性對了，論文、專利等研發成果自然源源不絕。」原計畫主持人李世光教授指出。

以無線奈米生醫團隊為例，當初這個團隊在創意發想之際，幾位核心計畫主持人，包括李世光教授、張培仁教授、林啟萬教授、李世元教授、林世明教授，就確認未來奈米科學技術，應用在生物醫學以及遠端傳輸的發展定位，並由「植入式晶片」的整體構想出發。遠端醫療照護的跨域研發，是當時全世界科學家都在想的事；但是這個團隊有相當清楚的定位：植入人體、微小型的晶片、遠端互動機制等。這是當時科學領域還很少有人敢作的事，只要這個團隊開始進行，就會是最新的主題。

然而，社群的基本價值理念，如何由口號，轉化為具體行動？就需仰賴特定的組織實務，予以落實。尤其，針對這一類高度前瞻、充滿不確定性的大型科學研發計畫，沒有特殊的組織作為，恐怕難以成就。在無線奈米生醫團隊裡，「強制分享」的文化，成

為落實社群基本信念的「地基」，這包括專業知識的分享，以及論文、專利的強制排名制度。無法認同這些作法者，就會逐漸離開社群。

「跨領域的合作，需要專業知識的緊密結合，更需要強烈的互信基礎與對彼此的認同。如果沒有分享的文化，團隊絕對不可能運作下去。」李世光教授口吻相當堅定的陳述。

為了有效分享生醫、微機電、遠端無線傳輸三大基本科學知識，在團隊成立的第一年，李世光教授下達「軍令狀」，所有核心計畫主持人以及研究人員，每個周六必須密集聚會，由上午 8 點到下午 5 點，由各個分項報告目前的研究內容，並分享專業知識。為了幫助核心成員專注在跨域知識的交流，計畫主持人特別安排專案會議的召開，必須遠離台北市區，並開拔到李世元教授的「地盤」，淡江大學化學系「閉關」討論。這樣的密集知識交流，為期長達一年以上。期間尚有每個月第二個周二晚上的全團隊月會，以及各種不定期的聚會。無法撥出時間參與討論者，研究進度自然延遲；未能積極承諾時間投入的結果，就是離開團隊。

除了專業知識的「強制分享」外，論文與專利的強制排名，也是這個社群的隱性「內規」，他透露團隊成員相互提攜，彼此信任的機制。尤其對教授來說，論文的發表牽涉到學術聲譽與個人升等的進程，這是職涯發展的縝密規劃，更是教授學術生命的延續。因此，能夠作到論文排名「讓位」與專利分享的教授，正是一種對社群夥伴的強烈認同，是學術生涯上的手足同袍。

「對年輕與資深的學者而言，在不同階段，會有論文發表與升等的需求；所以，我們會由團隊的角度，思考發表的排名順序，尤其是誰排在第一位，當然，對專案投入程度是優先考量。而且，我們會強迫排名，以團隊之力，幫助成員。曾經有團隊成員的家人反對排名的順序，我仍然堅持這麼作，這是一種 culture view 的型塑過程，一定要堅持。」李世光教授說明。

然而，共享的價值觀、共同的科學研發目標，雖然能幫助團隊有效建立共識，並成功創新研發，但另一方面，密集的知識交流與高度的知識連結，卻也可能使團隊陷入集體思考的困境。

在 2008 年團隊順利交出「多功能植入系統」的遠端醫療照護成績單後，就發現過去團隊過度集中心力於儀器系統的開發，而忽略了系統應用的能力。故當核心成員驚覺團隊正逐步喪失系統應用的知識之際，自 2009 年起，團隊決定重新將研究重心「擺回」系統應用的研發基調。

解讀組織實務：集體能力的養成，第一步便是集體價值的型塑。「對台灣沒用的不作，對學術沒有價值的不作，要視所有人為親人。」是這個科學團隊的基本信念。在科學專業的研究發展上，他要求成員必須為所當為，只作最先導，對台灣最有價值的研究；在團隊合作上，他要求全體同仁以兄弟同袍相待，坦承交心；他們不但在專業知識上要傾囊相授，在個人學術發表的生涯發展上，更要相互提攜、生死與共。透過論文與專利發表順序的強制排名，透過每個周六全天候的知識分享，團隊考驗核心成員對這個科學

社群的承諾，與對彼此的信任。願意分享，樂於分擔者，不但能贏得團隊的尊重，也贏得學術發表上的合作夥伴。

表 3：建構基本價值的工作實務

知識能力	活動內容	田野資料
社群認同的能力	<p>團隊的基本價值信念為：『對台灣沒用的不作，對學術沒有價值的不作，要視所有人為親人。』</p> <p>專業知識的強制分享</p> <p>論文、專利的強制排名，強化社群的相互信任與認同，並形成學術生涯上的夥伴關係。</p>	<p>跨領域的合作，需要專業知識的緊密結合，更需要強烈的互信基礎與對彼此的認同。如果沒有分享的文化，團隊絕對不可能運作下去。」</p> <p>「對年輕與資深的學者而言，在不同階段，會有論文發表與升等的需求；所以，我們會由團隊的角度，思考發表的排名順序，尤其是誰排在第一位，當然，對專案投入程度是優先考量。而且，我們會強迫排名，以團隊之力，幫助成員。曾經有團隊成員的家人反對排名的順序，我仍然堅持這麼作，這是一種 culture view 的型塑過程，一定要堅持。」</p>

二、交流研究資源：社群溝通的能力

對跨領域的科學社群而言，分享的文化是首務，其次，便是建立社群溝通的能力。

尤其，相較於跨國企業的新產品開發，面臨的是文化、語言、時空環境等地域性疆界的隔閡，科學社群的合作，則是要面臨專業知識的疆界，是專業語言的鴻溝，與思維邏輯的本職學能差異。

因此，雖然跨領域研發有其必要性與利基點，但相對的，他所面臨的挑戰，也是艱鉅的，尤其，無法溝通、難以對話，就難奢談跨域合作與研發。因此，要建構團隊的溝通能力，當務之急，便是跨領域團隊成員在專業知識的溝通能力。這除了有賴核心計畫主持人群每個月定期的密集知識分享會議外，團隊更透過密集的研究人員交流培訓(cross-training)，以及計畫主持人群研究生生活的對話，積極進行專業知識的大量交流。

「在一開始，世明因為是在臺大醫學中心任職，沒有辦法收自己的學生，所以由我這裡的學生過去學習、幫忙；但是到後來，這變成是一種常態，我們兩邊的學生，常常是淡江、台大醫學院兩邊跑。」李世元老師說明著。

而除了 AB 分項的李世元教授與林世明教授進行研究生的交互培訓外，李世光教授與吳文中教授在系統開發的領域、李世光教授與張培仁教授在微機電研究領域，李世光教授與林啟萬教授在生醫科技的研究領域，以及呂學士教授和張培仁教授在晶片製作與遠端傳輸技術的研究，都是長期性的進行研究生的交流培訓。

「我們的實驗室就是一個跨領域的小型研究中心，除了化學領域裡的生化所研究人員外，還有應力所裡的生科所成員。常常我們念 paper 或作研究的過程中，遇到電學上或電路程式的問題，就可以馬上請教應力所的同學，這樣的團隊組成，和一般實驗室有

點不同。」A 分項的林芳韻訴說著。

跨團隊研究人員的交互培訓，可以大幅提高知識交換的密度，並有效化解科學專業領域的疆界，但溝通的成本也是昂貴的，更必須步步為營，避免人員的交流變成社群的負債。

「我們經常讓自己的學生到對方的實驗室去學習使用機器操作，但其實這是一件很不容易的事，要確保實驗室的老師不會留一手，又要彼此分擔經費，像一台價值上億元的機器，例如 AFM，一年 operation 要花 1000 萬，我們就要由使用的學生比例，來分擔費用。」李世光教授特別留意團隊成員間，對這些看似細微末節事項的討論。

研究人員的交互培訓，對計畫主持人群而言，也是一種研究資源共享的利益權衡。

「對新老師來說，最好是機器設備就在自己的研究室裡，這樣可以隨時作研究；對資深教授來說，最好的情況是，機器設備就是好朋友的設備，這樣用壞了不用賠償。團隊的經營，資深與資淺的教授，要互相搭配。資淺的老師，可以在團隊裡慢慢學習，減輕資源的使用負擔。」一位分項主持人分享著說。

除了專案研究本身的資源共享、研究人員交互培訓機制的建立之外，事實上，這群核心計畫主持人，更透過共同擔任新竹「生醫園區」的籌備顧問、共同開設專業生醫領域的培訓課程、共同出國參加研討會等參訪行程、以及共同擔任對方學生的口試委員等，進行研究生活的共享。

例如在 2004 年，團隊便利用前往歐盟開會並參加生技展的機會，讓十多位團隊核心成員與助理有更密切的知識交流機會。

「除了參加會議外，我們還和法國高等師範學院簽約，洽談合作計畫，這是台灣歷史上的第一次，連法國在台協會都很驚訝，為何這家法國最優秀的學院，會和我們簽約。晚上，大夥則聚在一起吃飯聊天，越來越熟。」一位核心計畫主持人提到。

大量的研究生活分享與互動，讓團隊成員不但熟悉對方的專業領域，也發展出許多新的專案與合作關係。例如 2003 年的「抗煞一號」就是 AB 分項的李世元教授、林世明教授，結合李世光教授在工研院材料所的突破性創新成就；2004 年的特殊生醫晶片，則是由黃榮山教授與呂學世教授，利用微懸臂樑的原理，共同開發，並發表在頂尖的國際固態電路期刊(ISSCC)，打破台灣學術界長期無法進入這個頂級期刊的瓶頸。另外，2008 年的止痛晶片，則是由陳博光教授發起，並與林啟萬教授、呂學士教授共同研發。2009 年的倒車雷達，由李世光教授、吳文中教授、陳俊杉教授、謝宗霖教授與同致電子等共同開發。2009 年與工研院合作開發紙喇叭；2009 年 H1N1 流行期間的台大病毒崩等，都是這個團隊的重要突破性研發成果。

解讀組織實務:跨科學團隊的研發能力，合則兩利，可以發揮一加一大於二的加乘效果；不合，則會兩敗俱傷，甚至相互掣肘。因此，如何有效溝通各個不同專業學門的知識，就必須仰賴大量的知識交流與互動。在這個團隊裡，這包括兩個層次的交流，一是核心計畫主持人群的知識分享與研究生活的融合，二是不同實驗室成員的交流培訓與

知識養成。跨領域的合作是需要付出代價的，而最大的代價就是溝通的成本。然而，這項成本究竟會是社群的「沉沒成本」或是「先期投資」，就必須有賴縝密的計算與規劃，包括資深與資淺學者的搭配與資源互享，資料庫與實驗設備的使用費用分擔等細節，都是溝通過程中，必須排除的路障。

表 4：交流研究資源的工作實務

知識能力	活動內容	田野資料
社群溝通的能力	<p>核心計畫主持人群的知識分享與研究生活的融合</p> <p>實驗室成員的交流培訓與知識養成</p>	<p>這群核心計畫主持人,更透過共同擔任新竹「生醫園區」的籌備顧問、共同開設專業生醫領域的培訓課程,共同出國參加研討會等參訪行程,以及共同擔任對方學生的口試委員等,進行研究生活的共享。</p> <p>「我們經常讓自己的學生到對方的實驗室去學習使用機器操作,但其實這是一件很不容易的事,要確保實驗室的老師不會留一手,又要彼此分擔經費,像一台價值上億元的機器,例如 AFM,一年 operation 要花 1000 萬,我們就要由使用的學生比例,來分擔費用。」</p> <p>「在一開始,世明因為是在臺大醫學中心任職,沒有辦法收自己的學生,所以由我這裡的學生過去學習、幫忙;但是到後</p>

		<p>來，這變成是一種常態，我們兩邊的學生，常常是淡江、台大醫學院兩邊跑。」</p>
--	--	--

三、邊作邊學：社群的專業能力

學校裡的科研團隊，因研究人員每二到五年(碩士生二至三年畢業，博士生五至六年畢業)便會隨著學成畢業而產生人員的流動；因此，如何快速養成新進團隊成員的專業研究能力，就是這個科學團隊所遭遇到的重要挑戰。

本研究發現，這個科學社群的選人方式不但特殊，培訓組織成員的作法，更有科學專業以外的務實作法。

「我特別喜歡會打籃球的學生，因為這代表幾層含意：第一，這個學生比較耐操；第二，這個學生對一件事情比較能投入；第三，這個學生可能比較有團隊精神，比較不自我。因為台大的菁英無數，但是很多奇才怪胎都太過於自我，無法與人合作，這樣對需要整合型的研發團隊來說，並不合適。」計畫主持人林啟萬說明著。

每次在應徵新人的時候，林啟萬教授在個人履歷表上，會特別看專業以外的個人嗜好欄位，他尤其注意會打籃球，而且是球打得很好的學生。每到周五傍晚，他就會邀學生一起打籃球；在放鬆研究壓力之際，也是一種培養團隊默契的非正式活動。甚至，透過運動，亦能觀察研究人員的態度與作風。

另一位核心計畫主持人李世光教授，更是由實驗室裡的全體成員，在「人事經理」的召集下，針對前來應徵者進行集體面試與投票，依得票數高低，遴選適合這個實驗室裡的成員。以 2009 年為例，就出現十三研究生搶一個名額的盛況。

「從我們實驗室裡出去的學生，至少都有三個以上的工作在等他。」李世光教授透露，在學生代價而沽的背後，是一連串密集的專業培訓，這包括科學專業能力的培訓(technical/ professional competence)、專案管理的商業能力培訓(business competence)，以及人際溝通和語言能力的培訓(human competence)。

「化學實驗是很需要手感的研究工作，我的研究生常常在周末都會主動到實驗室裡動手合成，直到理想的化合物出現為止。有些同學便因為無法適應這種需要不斷嘗試錯誤的長期工作，而退出實驗室。」李世元老師談到。

在科學專業的培訓上，學生除了必須每天到實驗室報到，認真動手作研究之外，還要定期於每個周三晚間，進行專業領域的知識分享，這包括國際的科學發展潮流與國內的最新研發應用等。所有的研究並且需要落實成為論文的發表與專利的發明。因此，研究生還必須著手將研究成果，轉化為專業期刊的投稿，這就需要專業論文寫作的培訓。至於專利地圖的分析與專利說明書的撰寫，更被視為是一項「榮譽學分」，只有研究作的好的學生，才會送去作專利的分析與培訓。

論文發表，專利發明之外，研究生還必須籌組創業團隊，參加校外的各種競賽活動，以提前操練實務界的研發競爭。例如呂學士教授的實驗室，就是校外競賽的常勝軍；在

2006 年獲得國家晶片系統設計中心 (CIC) 年度優秀晶片 RF 優良獎；在 2008 年，獲得第八屆「旺宏金矽獎」應用組與設計組的優勝獎。在 2008 年又與交通大學科技管理研究所、顯示科技研究所，以及電信所同學，一起組團競賽，並取得第九屆台灣工銀 We Win 創業大賽第一名，以及 TIC100 創業比賽第二名等重要獎項。另一位年輕學者林風教授，則連續在 2007 年、2008 年帶領學生贏得微軟 2008 Imagine Cup 軟體設計組的台灣區冠軍。

除了科學專業領域知識的培訓外，這個團隊更重視專案管理與商業知識的學習。

「我們是作系統與儀器開發的團隊，所以我要求學生必須學會開系統規格，學會殺價。我以前都還開課，教學生如何殺價，自己學習向國外廠商採購。因為同樣是 100 萬的機器，自己採購和透過國內代理商採購，價格會差距 10% 以上。3-5 年累積下來，就是 1000 萬元的採購經費節省。」李世光教授在團隊的「生活與網路委員會」上諄諄教誨團隊成員。

除了採購知識的學習外，團隊成員還必須學習專案管理的知識，與人際溝通的知識。以李世光教授、吳文中教授共組的研發團隊為例，他們要求碩士生在一年級的下學期，開始擔任團隊的管理職，包括系統經理負責整個研究團隊的知識系統與資料庫的建置使用；元件經理負責各種大中小型元件的管理；財務長，包括現金長與發票長，負責團隊的採購報帳、廠商出帳、出國經費核銷與獎助學金管理。還有人事經理，負責新進成員的集體遴選事宜等。

「這些專案管理的工作，都是這群研究生畢業以後要作的事，現在不學習，何時學習呢？」李世光教授說明。

而透過專案管理職務的擔任，研究生也學習如何與其他團隊成員溝通、互動，如何進行管理與協商，這些也是人際溝通互動的重要技巧學習。除此之外，團隊對於要出國參加研討會報告的成員，也會要求一定的語言能力，以和國際學術社群有效溝通。而透過團隊的最高權力機構，「生活與網路委員會」的月會召集，團隊可以進一步學習專案會議的進程管理。

解讀組織實務:科學團隊究竟是菁英部隊或是散兵游勇?有賴於團隊能力的積極培育。尤其對於新興研究領域的知識，往往需要進行探索性的研究，因此，最新科學知識的討論與專業論文的發表，可以幫助團隊成員吸收最新的領域知識。除此之外，專利的地圖探勘與專利說明書的撰寫，則可以進一步幫團隊的研究定位，這是發明能力的培育。然而，對於跨團隊的研究社群而言，專業領域知識的學習外，專案管理的商業知識與人際溝通往來的知識學習，更與科學社群的研發能量密不可分。

表 5：邊作邊學的工作實務

知識能力	活動內容	田野資料
社群的專業能力	科學專業知識，包括論文發表 與專利發明的學習 商業知識，包括系統採購與專	「化學實驗是很需要手感的研究工作，我的研究生常常在周末都會主動到實驗室裡動手合成，直到理想的化合物出現

	<p>案管理</p> <p>人際溝通知識，包括對外的溝通與對內的協調</p>	<p>為止。有些同學便因為無法適應這種需要不斷嘗試錯誤的長期工作，而退出實驗室。」</p> <p>「我們是作系統與儀器開發的團隊，所以我要求學生必須學會開系統規格，學會殺價。我以前都還開課，教學生如何殺價，自己學習向國外廠商採購。因為同樣是 100 萬的機器，自己採購和透過國內代理商採購，價格會差距 10% 以上。3-5 年累積下來，就是 1000 萬元的採購經費節省。」</p> <p>「這些專案管理的工作，都是這群研究生畢業以後要作的事，現在不學習，何時學習呢？」</p>
--	--	---

四、調整研發節奏：協調分工的能力

在這個橫跨三大科學領域、八個分項計畫的團隊中，如何協調分工是另一門學問。就計畫主持人的立場，他必須在每個特定階段，協調資源的配置；而對第一線進行研發工作的成員而言，則必須培養「合作節奏」，隨時因應研發的瓶頸或轉換，進行整體系統研究的調適。

「在這個為期六年的計畫中，不同階段有特定的研發主軸與重點；這就需要團隊重新分配研發資源；這需要大家有共識、有默契。這些都來自於分享的價值與溝通的文化。」李世光教授指出。

例如在團隊成立初期，如何找到體內的發炎指數？是系統開發的第一道難關；因此，當時 AB 分項會需要較多的資源。到了中期，則是生物分子量測與微機電系統的整合。在後期，則是遠端醫療資訊的傳輸與最後的系統晶片測試整合，F 分項與 C 分項是研發主角。

落實在團隊研究人員的實際協作中，則是具有一定「節奏感」的合作步調。例如在每一次例會前的各組簡報，例會後的進度報告，工作日誌的簽章見證，都必須一絲不苟，詳實記載最新的進度與預定解決的問題。

「因為他涉及到這個整合型計畫的進度與節奏，有一個實驗室的進度延遲了，便會直接影響到後面的各組工作。」總計畫辦公室的楊建福就各個跨團隊的系統開發問題，整理成關鍵績效指標(KPI 值)，定期追蹤改善的進度與效益。

「一開始，我們稱這個異質製程的整合為『乒乓球模式』，就是只要前端的研究有問題，後端的就要配合修正；或是後端的無法解決、無法突破相關技術困境，前端就必須修改。這就像在打乒乓球一樣。一直到後期，整個設計內容比較明確了，我們才以更有效率的方式，包括以確認需求、變更設計和驗證規格的方式進行。」分項成員蔡同學說著。

例如像 CRP, S100 玻璃電極尺寸的設計與規劃，原本製做的感測面積是 500um 乘上 500um；但是經過測試量測的結果，還是無法量測到訊號；即使後端 F 分項與 G 分項配合修改，進行 RF 功率與放大倍率的調整，仍然無法收到訊號。因此，團隊就回過頭來，由 C 分項將感測電極的面積增為四倍，將面積擴大為 1000um 乘上 1000um。這樣才有效將訊號量測的良率，由 45% 提高到 95%。

解讀組織實務：對這個科學社群而言，研發的專業度與工作的複雜度，無法有標準的工具或研究方法，來協調團隊的整體研發步驟；而是彼此相互配適的團隊節奏感，介入各個分項的工作進程。這就有賴專案管理的能力與研發資源的妥適配置。同時，協調分工與跨域合作的能力，更與資源共享的價值文化，和平日密集的人員交流培訓機制等，密不可分。協調的背後，正是組織的向心力與對跨領域專業知識的熟悉度。

表 6：調整研發節奏的工作實務

知識能力	活動內容	田野資料
協調分工的能力	依研發階段，進行專案資源的配置 節奏感的跨領域工作協調	「在這個為期六年的計畫中，不同階段有特定的研發主軸與重點；這就需要團隊重新分配研發資源；這需要大家有共識、有默契。這些都來自於分享的價值與溝通的文化。」 「一開始，我們稱這個異質製程的整合為『乒乓球模式』，就是只要前端的研究

		<p>有問題，後端的就要配合修正；或是後端的無法解決、無法突破相關技術困境，前端就必須修改。這就像在打乒乓球一樣。一直到後期，整個設計內容比較明確了，我們才以更有效率的方式，包括以確認需求、變更設計和驗證規格的方式進行。」</p>
--	--	---

五、利益配位：動員社群的能力

對科學社群而言，共享的價值文化、有效的溝通、訓練有素的研究團隊之外，還必須給與這群科學菁英，一定的誘因與鼓勵，激發他們的專業能量與高度投入的意願。換句話說，科學知識的建構，創新研發的實現，還必須輔以動員社群的能力，才能竟功。

在無線奈米生醫團隊裡，計畫主持人群除了透過研究資源的分享與研究人員的交流培訓外，更有直接的獎酬制度，提高整體團隊的研發戰力。

「相較於一般研究團隊，在專利技轉的保守作法，這個團隊的老師，選擇在專利申請階段負擔較高的費用支出，但在技轉權利金的分配上，則享有較高的分配比例。」台灣大學研發處企劃專案經理呂芳嘉指出。

正因為對科學研發定位深具信心，因此，這個團隊在專利技轉的作法上，較一般大專院校的老師，顯得更有企圖心。傳統大學教授的專利申請與維護費用由校方負擔，因

此，該項發明在技術移轉後所取得的權利金，扣除各項專利申請規費後，20%上繳國科會等出資單位，另外 80%則是由校方與發明團隊平分。

但這個團隊選擇自行分擔各項專利申請與維護費用，但在最後的權益分配上，則可享有 70%的分配比例。以 2003 年的「抗煞一號」及 2009 年的「台大病毒崩」均有高達 1200 萬以上的技轉金額計算，這個研發團隊積極為發明人爭取權益的作法，是相當重要的策略性考量。

「『工欲善其事，必先利其器』，沒有資源是沒辦法養學生、養機器設備的，常常一台儀器要價好幾千萬元，這些都需要長期的資源投入。」黃榮山教授提到。

這個團隊的核心計畫主持人群，平均每個實驗室都有 20 到 30 位研究人員，價值上千萬的機器設備至少在二台以上，這些龐大的研究資源需求，除了專利發明的經費配置外，國科會的計畫申請與產學合作專案的持續推動，更是必要的研發資源。

「現在我去申請生醫方面的跨領域專案，不會有人質疑我的研究能力。因為無線奈米生醫的計畫，已經證明我們的團隊有能力進行跨領域的先導型研究。」淡江化學系的李世元教授指出。

持續的研發資源與實質的技轉報酬，鼓舞團隊成員積極投入研發工作；同時，來自於學術界的聲望與社會影響力，更是激勵科學家全心創新的誘因。

專長無線傳輸的呂學士教授在 2002 年便因為電子科學領域的重量級期刊「電子電

機時代雜誌」(EE Times)指台灣的創意不足，已連續五年沒有研究刊登在頂尖的國際固態電路期刊(ISSCC)，而決定積極投入，「為台灣爭一口氣」。隔年，在 2003 年，呂學士教授一篇「無線多頻帶放大器」的論文，就出現在 ISSCC 期刊上；2006 年，在呂學士教授的帶動投稿的風氣下，當年度更創下 18 篇台灣論文刊登發表的記錄。

同樣的，2003 年的「抗煞一號」以及 2009 年的「台大病毒崩」都是這個團隊發揮社會影響力，提高學術聲譽的成果展現。

對教授而言，研究、發表、社會影響力與實質的獎勵是動員社群核心能量的重要誘因；而對碩博士的研究人員而言，實質的研發資源、獎學金贊助與未來的職涯發展，則是他們關切的焦點。

以李世光教授的實驗室為例，統籌調度運用團隊資源，讓全體研究人員有一定的專案經費補助、有實驗儀器與必要元件設備的提供之外，更有出國獎學金的補助，包括論文發表的註冊費與生活費用的補助。

「我很鼓勵學生多到國外發表，參與國際學術這群，所以特別在團隊中訂定出國參加研討會的經費補助。這個經費不是旅費，而是獎學金。讓學生明確知道，學術與專業研究是為了自己，而不是為了團隊。」李世光教授指出。

不過在這個科學社群中，還是有教授自掏腰包，鼓勵學生出國參加論文研討。一位施文彬教授的學生就指出：

「我們老師常說，蔡依林用生命在跳舞，我們從事學術工作的人，也應該用生命作研究。他有一年，還自掏腰包，幫我們五位學生出錢，出國參加研討會。」

高度的創新動機不但讓團隊的研發能量相當驚人，核心計畫主持人群更因此被挖掘擔任各個重要領域的守門人。李世光教授是現任工研院副院長；專長生化機器人研發的顏家鈺教授，剛於 2009 年卸任嚴慶齡工業研究中心主任(2007 年 8 月至 2009 年 7 月)，該中心是臺大工學院與產業界最重要的合作橋樑，更是科技研發推廣的平台與科研人才培訓的重要單位。專研無線進身網路系統開發的呂學士教授則在 2008 年剛卸任台大技轉中心主任一職。團隊重要顧問張培仁，則是行政院科技顧問組執行秘書。這些重要成員的組合，看似偶然，卻深具特殊意涵。

行政院科技顧問職司國家科技政策發展，工研院是台灣最重要的研發創新引擎，台大慶齡中心與技轉中心，正是台大與產業界合作的兩個主要火車頭。「這樣的團隊組合，不能說全屬偶然，應該是必然的結果。」一位熟悉團隊運作的顧問指出。

解讀組織實務：科學社群的組織動員，是一門藝術。如何讓高度自主的科學家願意投入突破性的創新研發？就必須滿足科學家的真實需求。除了基本的研發資源、論文發表與專利發明之外，來自於專業學術社群的認同與肯定，來自於社會影響力的發揮與個人聲譽的提高，更是科學家追求的價值，這對於以頂尖研究自期的科學家而言，更有特殊意義。動員社群的能力，來自於提供社群成員創新誘因與支持的能力。這個科學團隊在成立初期，就以「抗煞一號」的突破性研發，證實團隊的研發能力與技術移轉實力，

讓整個團隊的研發動機，更為深化。其後，持續不斷的研發成果與來自國科會與產學合作的資源，則幫助團隊建構更深厚的研發能量。

表 7：利益配位的工作實務

知識能力	活動內容	田野資料
動員社群的能力	<p>透過提高專利技轉金額的分配比例，研究資源的取得，以及社會影響力的提升，動員核心計畫主持人群的研發投入。</p> <p>對碩博士的研究人員而言，實質的研發資源、獎學金贊助與未來的職涯發展，是主要的動員能量。</p>	<p>「相較於一般研究團隊，在專利技轉的保守作法，這個團隊的老師，選擇在專利申請階段負擔較高的費用支出，但在技轉權利金的分配上，則享有較高的分配比例。」</p> <p>「現在我去申請生醫方面的跨領域專案，不會有人質疑我的研究能力。因為無線奈米生醫的計畫，已經證明我們的團隊有能力進行跨領域的先導型研究。」</p> <p>「我很鼓勵學生多到國外發表，參與國際學術這群，所以特別在團隊中訂定出國參加研討會的經費補助。這個經費不是旅費，而是獎學金。讓學生明確知道，學術與專業研究是為了自己，而不是為了團隊。」</p>

陸、討論

跨科學專業領域的知識創生，他需要社群組織培育集體的知識能力，這個知識能力的內涵，是社群認同基本組織價值的能力；是社群密切溝通與研究生活相互對話的能力；是社群邊作邊學，學習專業知識、商業知識與人際溝通知識的能力；更是協調研究步驟與動員社群積極投入的能力。這些能力彼此互補，也缺一不可，更是隨著組織因應環境變化，而持續養成的能力。以下將討論本研究發現對理論與實務的意涵。

理論意涵

本研究對理論的貢獻，主要呈現在對知識創生理論的反思、對實務社群論述的加強、以及對科學團隊的創新回應。在對知識創生理論的反思上，過去學者強調組織裡的知識管理(Hedlund, 1994; Leonard-Barton, 1992; Nelson and Winter, 1982; Nonaka and Takeuchi, 1995; Teece, 1998)，認為作好員工專業知識的移轉與交換，組織便能有效創生知識。他們忽略組織創新知識的作法，其實乃是一種組織成員集體能力的養成過程。尤其，面對高度競爭與動態變化的環境，知識的樣貌是多變而不確定的；知識本身恐怕難以管理，而必須回歸到組織面的管理，這正是組織的知識能力。他不僅僅是組織成員在專業知識上的持續學習，更是組織如何動員知識、溝通知識、協調知識與落實組織創新願景的工作實務與集體能力。

本研究認為，由社群實務的觀點 (Barley, 1996; Brown and Duguid, 2001; Wenger, 1998)，來探討組織的知識能力，有助於兩者的對話，並產生理論貢獻。社群實務論者強調社群的專業識別與認同，但卻未說明如何產生這樣的集體認同。本研究則說明，社群的專業識別，正是一個建構社群認同的能力，這個能力是刻意養成的，是強制分享的組織作為。換句話說，認同需要紀律，需要實際的行動，更是一種分享的能力。

其次，社群的對話需要共同的語言(Orr, 1990b)，需要相互的承諾與投入(mutual engagement)，但社群實務論者卻未說明如何產生這些共同的語言與相互的承諾。本研究則提出，社群的語言存在於密集的交流與社群專業生活的對話當中，他仍是一個刻意規劃、設計的過程，並非自然存在的。他是一種對話的能力，存在於社群成員密集的互動交往中。

社群的學習，常常是依境學習、調適性的學習活動(Lave and Wenger, 1990)，但社群實務論者並未具體闡釋社群成員如何學習，學習的內容為何。本研究則提出，社群的學習，是專業知識的學習，更是商業知識與人際溝通知識的學習；此外，他更是一種即戰能力的培養，透過與社群外的競技活動，逐步強化社群成員的能力。

社群的協調，需要一定的物件、或故事、或言說內容(Orr, 1987a, 1990b)，但社群實務論者，亦未說明如何產生這些協調的工具。本研究則提出，社群的協調，仍是一種社群組織刻意的規劃與作為，他甚至是一種專案管理的能力。

社群的動機與領導，看似來自於成員的自發性組成，著重的是個人聲譽與社會影響

力(Barley, 1988)。但本研究則提出，在聲譽與影響力背後，仍需有實質的獎酬誘因，與資源的持續開發與分配，以推升這群自主性極強的專業從業人員，持續從事自主性研發。

本研究對社群實務的貢獻，在於具體陳述每一項專業社群特質的內涵，正是一種能力養成的組織實務；而對知識創生，尤其是分散式組織的知識創生，則是具體將每一個組織的知識能力，連結到社群實務運作的底蘊。

另外，對科學社群協作的相關理論，本研究則呼應 Latour (1987) 在「行動中的科學知識」觀點，他認為，科學知識的創造，不但需要科學的活動，更需要社會性的活動；意即，科學不但是自然所為的，更是社會所為的。本研究則進一步深化這些具有社會意涵的科學行動內容，並說明這些行動所內蘊的專業知識，其實正是科學社群的知識能力。

實務意涵

本研究對實務的意涵，主要有三個方面。第一是對科學社群的實務貢獻。過去組織管理學界對科學社群的管理，多以科學知識的「黑盒子」視之，以為科學社群就是單純地對科學知識的追求。但本研究發現，科學社群的活動，乃是組織管理的議題，他包涵社群的價值認同、分享文化、專業學習、溝通與協調分工，以及給予研究人員創新的動機，並進行資源的妥適分配。換句話說，科學社群的管理，不能僅單單由科學知識的探索與追求，進行檢視，而必須更綜觀檢討科學組織的社群實務與組織作為，方能有效進行科學社群的管理。

其次，對企業研發管理的制度作為，也提出不一樣的觀點，甚至研發長的角色扮演，亦必須重新定義。過去企業研發長僅關注企業如何開發出新潮前衛的產品，較未能將決策點由科技產品本身轉移到創作科技的「人」身上。如果我們將焦點放在創新知識的「人」身上，那麼，創新定義就不再僅是產品的新穎性、進步性與產業利用性，而是研發人員的能力養成與利益配當，是專業人員間的溝通與協調作為，更是整個研發組織知識能力的養成。

過去許多研發機構或跨團隊合作，往往以為找到對的人，就能有效創新，但卻忽略了「人」在創新知識時，所需要的利益、信任、溝通與資源，使得人才不能真正為組織所用，影響整體創新的能力。若站在這個角度思索，研發長的定位，就必須提升到更高的層次，應該由企業整體知識能力的養成，進行管理。

最後，對科研政策在創新研發資源的投注上，近年來政府大力推動產學合作，強調將研發落實為技術移轉績效與新創公司的產學效益上，而忽略了這些研發產業化的活動，需要的不僅僅是先進的技術與科學知識本身，而是一連串縝密規劃的組織活動，是科學社群集體知識能力的系統性養成，並非僅是科學知識的拼湊。因此，政府投注研發資源在科學機構時，不能一味追求先進的科學知識，更應留意科學專業社群的組織管理能力。

研究限制與未來方向

本研究因是針對一個中大型之跨學門、跨地域的整合型計畫，所進行的個案研究，受限於研究資源，故在各分項團隊的深入探索上，仍有資料未必完備的缺憾。未來擬進一步針對八個分項團隊的運作模式進行個別分析，同時對於各計畫分項主持人的領導模式作進一步探索，以更有效掌握不同分項團隊的運作機制。此外，除科學社群的跨領域研發專案外，未來亦期望針對公司型態或開放型態的跨領域研發個案，進行田野調查，以就理論的建構與實務的檢驗有所助益。

柒、結論

本研究對科學社群的知識創生，提出具體的組織工作實務內涵與專業社群的能力養成方式。整體而言，科學社群或企業研發中心的管理，必須重新由社會建構的脈絡，由行動知識的角度來思索。換句話說，當我們打開科學社群的運作實務後便會發現，科學的知識活動，不單單僅有專業知識的精進而已，他更是組織整體知識能力的養成，是縝密規畫安排的組織作為。如何強化社群認同的能力、如何提升社群溝通的能力、如何深化社群專業知識的能力、如何協調社群協作的的能力，如何動員社群的能力，這些都是重要的組織作為與社會性活動。因此，「知識，就是行動」，而這個行動，不但表現在科學

知識的探索行動上，更鑲嵌在社會行動的知識建構與組織知識能力的系統性培植中。

參考文獻

- Barley, S.R. (1996), "Technicians in the Workplace: Ethnographic Evidence for Bringing Work into Organization Studies," *Administrative Science Quarterly*, 41(3), pp. 410-444.
- Barrett, F. J. (1998), "Creativity and Improvisation in Jazz and Organizations: Implications for Organizational Learning," *Organization Science*, 9, pp.605-622.
- Bekkers, R., Duysters, G., Verspagen, B. (2002), "Intellectual Property Rights, Strategy Technology Agreements and Market Structure: The Case of GSM," *Research Policy*, 31(7), pp. 1141-1161.
- Bourdieu, P. (1977), *Outline of a Theory of Practice*, trans R. Nice. Cambridge: Cambridge University Press.(First published in French, 1973)
- Braam, R.R., Moed, H.F., Anthony F.J. van Raan (1991), "Mapping of Science by Combined Co-Citation and Word Analysis, I. Structure Aspects," *Journal of American Society for Information Science*, 42(4), pp.231-251.
- Brown, J.S., Duguid, P. (1998), "Organizing Knowledge," *California Management Review*, 40(3), pp. 90-111.
- Brown, J.S., Duguid, P. (2001), "Knowledge and Organization: A Social-Practice Perspective," *Organization Science*, 12(2), pp. 198-213.

- Cummings, J.N., Kiesler, S. (2005), "Collaborative Research across Disciplinary and Organizational Boundaries," *Social Studies of Science*, 35(4), pp.703-722.
- Chesbrough, H. W. (2003), *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. New York: Harvard Business School Press.
- Drucker, P. (1993), *Post-Capitalist Society*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Duque R.B., Marcus Ynalvez, R. Sooryamoothy, Paul Mbatia (2005), "Collaboration Paradox: Scientific Productivity , the Internet, and Problems of Research in Development Areas," *Social Studies of Science*, 35(4), pp.755-785.
- Giddens, A. (1984), *The Constitution of Society—Outline of the Theory of Structuration*. Political Press, Cambridge.
- Hedlund, G. (1994), "A Model of Knowledge Management and the N-form Corporation," *Strategic Management Journal*, 15, pp.73-90.
- Katz, Michael L., Carl Shapiro (1985), "Network Externalities, Competition and Compatibility," *American Economic Review*, 75(3), pp.424-440.
- Kramer, R.M., Brewer, M.B., Hanna, B.A. (1996) ,"Collective Trust and Collective Action: the Decision to Trust as a Social Decision," In R.M. Kramer & T.R. Tyler (Eds) , *Trust in Organizations. Frontiers of Theory and Research*, pp.357-389. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Langley A. (1999), "Strategies for Theorizing from Process Data," *Academy of Management Review*, 24(4), pp. 691-710.
- Lave J., E. Wenger (1990), *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*, IRL report 90-0013, Palo Alto, CA: Institute for Research on Learning.
- Latour, B. (1987), *Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers through Society*. Cambridge.

- Lee, G.K., Cole, R.E. (2003), "From a Firm-Based to a Community-Based Model of Knowledge Creation: the Case of the Linux Kernel Development," *Organization Science*, 14(6), pp.333-350.
- Leonard-Barton, D. (1992), "Core Capabilities and Core Rigidities: A Paradox in Managing New Product Development," *Strategic Management Journal*, 13, pp. 111-125.
- Levina, N., Vaast, E.(2005), "The Emergence of Boundary Spanning Competence in Practice: Implications for Information Systems' Implementation Use," *MIS Quarterly*, 29(2), pp.335-363.
- Markus, M.L., Manville, B., Agres, C.E. (2000), "What Makes a Virtual Organization Work?" *Sloan Management Review*, 42(1), pp. 13-26.
- Miller, W.L., Morris, L. (1999), *Forth Generation R&D*, New York, NY: John Wiley & Sons, Inc.
- McEvily, B., Perrone, V., Zaheer, A, (2003), "Trust as an Organizing Principle," *Organization Science*, 14(1), pp.91-103.
- Moran, P., Ghoshal, S. (1996), "Value Creation by Firms" In J.B.Keys & L.N. Dosier (Eds.), *Academy of Management Best Paper Proceedings*, pp. 41-45.
- Mowery, D.C.(1996), *The International Computer Software Industry: A Comparative Study of Industry Evolution and Structure*. New York: Oxford University Press.
- Nelson, R., S. Winter (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Nonaka, I. (1994), "A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation," *Organizational Science*, 5(1), pp. 14-37.
- Nonaka, I., Takeuchi, H. (1995), *The Knowledge Creating Company*. Oxford: Oxford

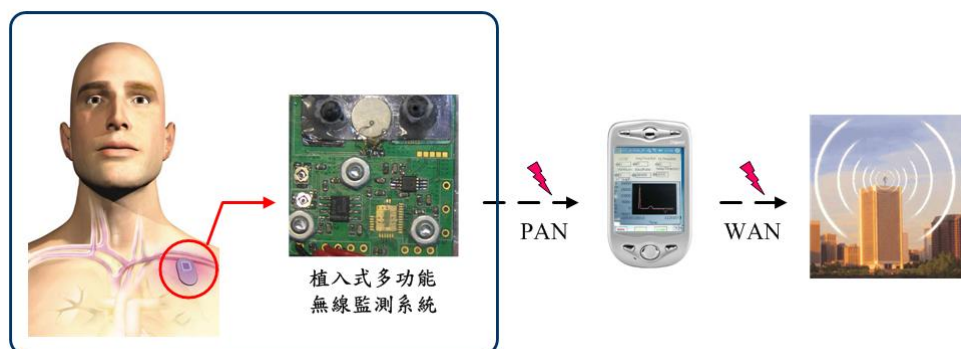
University Press.

- Orlikowski, W.J. (2002), "Knowing in Practice: Enacting a Collective Capability in Distributed Organizing," *Organization Science*, 13, pp.249-273.
- Orr, J. E. (1987a), *Talking about Machines: An Ethnography of a Modern Job*. Ithaca, NY., ILR.
- Ouchi, W.G. (1980), "Markets, Bureaucracies, and Clans," *Administrative Science Quarterly*, 25(1), pp.129-141.
- Polanyi, M. (1967), *The Tacit Dimension*. Doubleday, New York.
- Schatzki, T.R. K. Knorr Cetina, E. von Savigny, eds.(2001), *The Practice Turn in Contemporary Theory*. Routledge, London, U.K.
- Schon, D.A.(1984), *The Reflective Practitioner*, New York: Basic Books.
- Schultze U., Orlikowski, W.J. (2004), "A Practice Perspective on Technology-Mediated Network Relations: The Use of Internet-Based Self-Service Technologies," *Information Systems Research*, 15(1), pp. 87-106.
- Teece, D. J. (1986), "Profiting from Technological Innovation—Implications for Integration, Collaboration, Licensing and Public Policy," *Research Policy*, 15(6), pp. 285-305.
- Teece, D. J. (1996), "Firm Organization, Industrial Structure, and Technological Innovation," *Journal of Economic Behaviour and Organization*, 31(2), pp. 193-224.
- Tsoukas H. (1996), "The Firm as a Distributed Knowledge System: A Constructionist Approach," *Strategic Management Journal*, 17, Special Issue: Knowledge of the Firm, pp. 11-25.
- Walsham, G. (1995), "Interpretive case studies in IS research: nature and method," *European Journal of Information Systems*, 4, pp. 74-81.
- Weick, K.E. (1993), "The Collapse of Sensemaking in Organizations: The Mann Gulch Disaster," *Administrative Science Quarterly*, 38, pp.628-652.

Weick, K.E., K. Roberts (1993), “Collective Mind in Organizations: Heedful Interrelating on Flight Decks,” *Administrative Science Quarterly*, 38, pp.357-381.

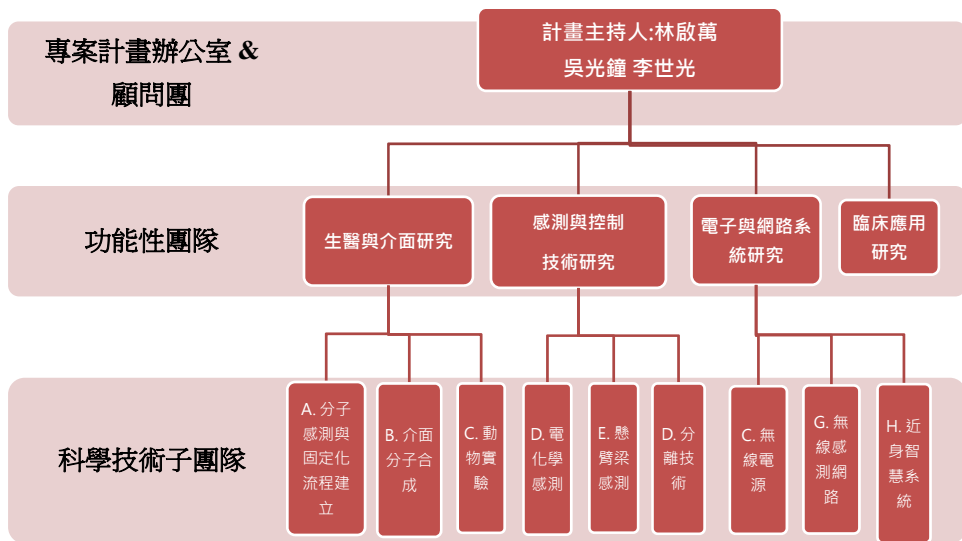
Wenger, E. (1998), *Communities of Practice*. Cambridge University Press, New York.

附錄一：無線奈米生醫系統簡單圖示



說明：無線奈米生醫團隊研發植入式多功能無線監測系統，並將此系統植入人體後，檢測體內的發炎指數、心跳、血糖等生物資訊，並透過無線網路介面，傳送到醫療救護體系。資料來源：台大無線奈米生醫團隊提供。

附錄二：無線奈米生醫研發團隊架構圖



說明：A 分項主持人是林世明教授。B 分項主持人是李世元教授。C 分項主持人是趙福杉教授。D 分項主持人李雨教授。E 分項主持人是黃榮山教授。F 分項主持人是呂學士教授。G 分項主持人是顏家鈺教授。H 分項主持人是陳秋麟教授。資料來源：台大無線奈米生醫團隊提供。

5.4 : 2009 年科管年會論文發表摘要(已發表)

以先進無線生醫保健監測系統為例

Cross Boundary Innovation of Scientific Community—

The Case Study of WHAMBios

歐素華

吳伊凡

國立政治大學科技管理研究所

國立政治大學 AMBA 研究生

95359502@nccu.edu.tw

evawu212@gmail.com

摘 要

本研究旨在探討不同科學社群的合作研發，如何跨越知識疆界，產生創新。研究主要在釐清科學社群的知識疆界內涵，並由知識疆界體現研發團隊所遭遇的問題，從而探索不同專業社群間，如何跨越疆界，解決問題。我們以台大無線奈米生醫團隊為研究田野，並鎖定生化與工程兩大領域的創新研發過程。研究結果有以下三大發現。首先在知識疆界的樣貌上，主要反映在不同科學領域的學科本質差異、對產品概念化、語言表達、以及工作實務上的差異；其次，因為這些基本差異的存在，導致跨科學社群的合作過程，出現科學知識無法交集 (no cross)、對同一科學名詞理解錯誤 (cross road)、以及對研發過程的先後順序認知錯誤 (virtual cross) 等問題樣貌；從而必須以專業知識的學習 (knowledge learning)、專有名詞的釐清 (knowledge clarifying) 以及依境學習 (situated learning) 等方式，來加以解決。本研究認為，跨科學社群的知識疆界，較一般組織的功能部門疆界更具專業性，難度更高，無法僅靠疆界物件或是疆界中介者的角色予以突破，而是必須藉由專業科學知識的學習、知識的釐清，以及依境學習的歷程，進行問題的解決。

關鍵字：知識疆界、跨域創新、科學社群、工作實務、質性研究。

附錄一：無線奈米生醫團隊訪問對象總整理

姓名/職稱	訪談時間/地點	訪談重點
李世元 淡江大學化學系·淡江 大學生命科學研究所教 授	97.5.27. 3:30-6:00pm 淡江大學化學所六樓	了解 bio-linker 在「抗煞一號」扮演的角色與 合成的過程。 參觀「抗煞一號」的研發實驗室。
無線奈米生醫團隊	97.5.27 6:00-8:30pm 台灣大學應力所四樓	專案會議進度報告。 初步接觸專案團隊成員與了解研發內容。
林啟萬 台大生醫電子與資訊學 研究所	97.6.2. 5:00-5:20pm 電話訪談	了解「抗煞一號」研發的源起與主要負責成員。 技術移轉的成效與合作廠商。
李世元教授	97.6.3.	抗煞一號的研發過程
無線奈米生醫團隊	97.6.17. 6:00-8:30pm 台灣大學應力所四樓	專案會議進度報告。觀察此研發團隊的運作模 式，與專案成員間的互動機制。 由學生上台報告的模式。有效控制發言時間的 電子板。即時的跨團隊溝通與回應。現場模擬 操作無線生醫的初步電腦判讀架構。
AB 組計畫博士生林志 成	97.6.18.(周二) 2:30-5:30pm 臺大醫院咖啡廳	對台大無線生醫團隊各分項工作，進行更深入 之實質內容掌握。對「抗煞一號」的研發過程 進行了解，聚焦在生物連結質由生物晶片到「抗 煞一號」之發想過程。

		參觀原子力顯微鏡 P2 實驗室。掌握原子力顯微鏡的操作原理與分析病毒被崩解的原因。
李世元 淡江大學化學系·淡江 大學生命科學研究所教 授	97.6.26(周四). 2:30-5:00pm 淡江大學化學所六樓研究 室	進一步分析「抗煞一號」中 bio-linker 的調配原理。掌握病毒的特性與崩解病毒的原理。了解「抗煞一號」面對的挑戰與因應之道。進一步科普化「抗煞一號」的研發過程。
林啟萬教授 台大生醫電子與資訊學 研究所	97.7.4.(周五) 12:00-2:00pm 尊賢會館二樓 Cafe83'	由政大科管所溫肇東所長、蕭瑞麟老師領導團隊成員，洽談未來的長期研究、與合作計畫。 掌握無線生醫團隊的需求，主要在知識管理與知識有效移轉的具體作法。
李世元教授 淡江大學化學系·淡江 大學生命科學研究所教 授	97.7.8.(周二) 2:30-5:00pm 南京東路伯朗咖啡總店	與中興大學科管所所長陸大榮教授一同與會，了解無線生醫奈米團隊等學界科專計畫的作法與問題。掌握無線生醫奈米技術未來在應用層面上，可能會遭遇的挑戰及研發困境。
無線奈米生醫團隊學專 主持人會議	97.7.15. 6:00-8:30pm 台灣大學應力所四樓	
G 分項訪談	97.7.25.	顏家鈺老師團隊的訪談
無線奈米生醫團隊	97.10.21.	

	5:30-7:30pm	
分項主持人楊耀州 (MEMS 乾淨實驗室)	97.10.24. 3:00-4:00pm 工學院綜合大樓 613 室	參觀實驗室。台大教授的 coffee room。與顏家鈺老師的實驗室僅隔兩間之遙，密切的互動關係。
學專計畫總主持人林啟萬教授專訪	97.11.3. 3:00-5:00pm 台大展書樓四樓會議室	就團隊形成與階段性問題進行訪問。比較社群式創新(Community-based)與企業型態創新(firm-based)的差異性比較。
分項主持人黃榮山教授 政大演講	97.11.7.(周五) 1:00-3:00pm 政大商學院 201 室	說明 wireless team 的跨團隊合作計劃與未來展望
學專主持人會議	97.11.18.(周二) 5:00-8:00pm	專案進度與台懋生技總經理陳朝清報告
李世元教授專訪	97.11.24. (周一) 10:30-12:20am	就抗煞一號的後續重要研發內容進行訪問
每周三下午固定上課	如 97.10.16.	生物醫學工程課程的整理
林志成同學	97.12.08	了解 AB 分項與 H 分項跨越知識障礙的問題
動物實驗	97.12.17.	

邱南福	97.12.18. 訪談	
邱南福·蔡耀全	98.1.16.訪談	
林啟萬老師主持	98.1.22.團隊引進 PLM 記者會	
無線奈米生醫團隊的動物實驗	98.2.9.台大應力所	
方伯翔同學等	98.3.6.	呂學士教授學生的訪談·了解遠距傳輸的問題
邱南福訪談	98.3.6.	了解無線團隊六年的重要 milestone 與技術發展
林木鍊醫生 (中興醫院疼痛科主任)	98.4.14. 2:00-5:30pm	電刺激晶片的了解&參與電刺激的治療
林啟萬教授訪談	98..5.12(周二) 4:00-5:30pm	了解遴選團隊成員的機制
林木鍊醫生、溫永瑞醫生、林陽齊同學等	98.5.18. (周一)	了解電刺激晶片的研發過程&體內導航系統的研發
林啟萬教授	98.5.19. (周二) 4:00-5:30pm	了解團隊核心 PI 的組成與特色
李世元教授	98.5.21.	了解團隊成員的互動型態

楊炳德教授、林郁峰(神農影像實驗室企劃部)	98.6.3. (周三) 9:30-11:40am	了解 3D 影像在醫療輔助器材上的應用
溫永銳醫師、林木鍊醫師、陳朝欽博士、林威佐、張季衡	98.6.8. (周一) 10:00-12:00am	了解電刺激晶片技術 & 觀察動物實驗的過程
吳榮信 · 林志成	98.11.12.(周四) 2:00-5:00PM	了解 H1N1 的創新過程
陳堅祥	98.11.24.(周二) 中午 12:00-13:00	光儲存協會理事 · 了解協會運作機制
李世光教授	98.11.25.(周三) 晚上 7:45-8:25	了解團隊運作機制
李世光團隊與課程參與	98.11.25.(周三) 晚上 6:00-9:00	
李世光教授訪問	99.1.13.(周三) 晚上 8:00-8:30	了解剛回國組團隊時所遭到的困境
林啟萬教授專訪	99.1.18.(周一) 上午 10:00-13:00	了解美國與台灣實驗室的差異(經營方式的差異)
呂學士教授專訪	99.1.22.(周五)	了解美國康乃爾與明尼蘇達實驗室的經營差異

	下午 2:00-4:00	
李世光教授專訪	99.1.27.(周三) 下午 2:00-3:00	了解美國 IBM 艾瑪登實驗室的運作機制以及康 乃爾機械實驗室的運作機制

附錄二：田野調查照片



訪問計畫主持人林啟萬教授



訪問分項研究員林木鍊醫生



訪問前後任計畫主持人：李世光教授與林啟萬
教授



參與團隊第一階段動物實驗 (2008.11.)



參訪顏家鈺教授的實驗室



參與團隊第一階段動物實驗 (2009.03.)



參訪李世元教授實驗室



參加團隊例行月會

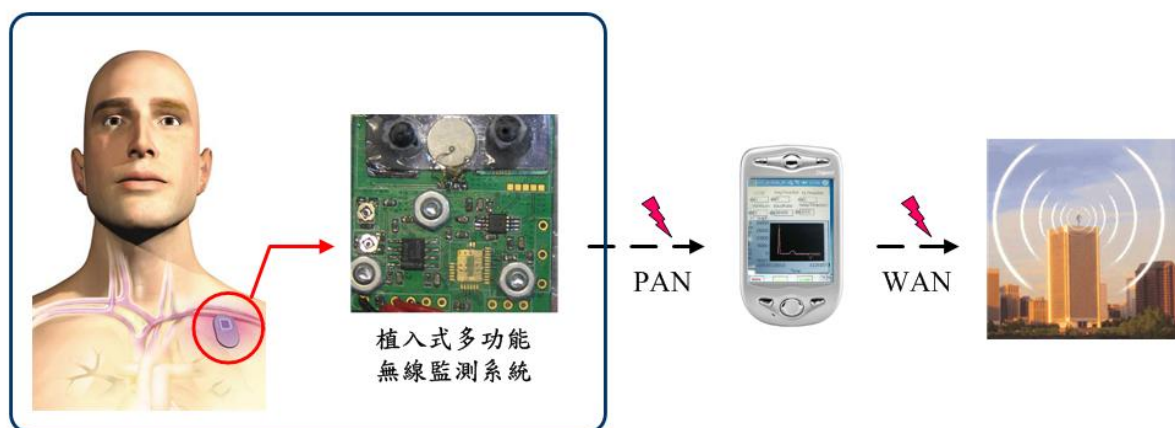
參考文獻

- Ancona, D. G. (1990) *Academy of Management Journal*, **33**, 334-365.
- Ancona, D. G. & Bresman, H. (2007) *X-teams: How to Build Teams that Lead, Innovate, and Succeed.*, Harvard Business School Press, Boston.
- Ancona, D. G. & Caldwell, D. F. (1992a) *Administrative Science Quarterly*, **37**, 634-661.
- Ancona, D. G. & Caldwell, D. F. (1992b) *Organization Science*, **3**, 321-341.
- Argote, L., McEvily, B. & Reagans, R. (2003) *Management Science*, **49**, 571-582.
- Bechky, B. A. (2003) *Organization Science*, **14**, 312-330.
- Brown, J. S. & Duguid, P. (1991) *Organization Science*, **2**, 40-57.
- Brown, J. S. & Duguid, P. (1998) *California Management Review*, **40**, 90-111.

- Brown, J. S. & Duguid, P. (2001) *Organization Science*, **12**, 198-213.
- Carlile, P. R. (2002) *Organization Science*, **13**, 442–455.
- Carlile, P. R. (2004) Transferring, Translating, and Transforming: An Integrative Framework for Managing Knowledge Across Boundaries. In: *Organization Science*, Vol. 15, pp. 555-568. INFORMS: Institute for Operations Research.
- Cramton, C. D. (2001) *Organization Science*, **12**, 346-371.
- Edmondson, A. C. (2003) *Journal of Management Studies*, **40**, 1419-1452.
- Fleming, L. & Waguespack, D. M. (2007) *Organization Science*, **18**, 165-180.
- Garud, R. & Rappa, M. A. (1994) *Organization Science*, **5**, 344-362.
- Gassmann, O. & von Zedtwitz, M. (2003) *R&D Management*, **33**, 243-262.
- Gerwin, D. & Ferris, J. S. (2004) *Organization Science*, **15**, 22-37.
- Hackman, J. R. (1987) The design of work teams. In: *Handbook of Organizational Behavior*(Ed, Lorsch, J. W.), pp. 315-342. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Hargadon, A. (1998) *California Management Review*.
- Hargadon, A. & Sutton, R. I. (1997) *Administrative Science Quarterly*, **42**, 716-750.
- Hargadon, A. B. & Bechky, B. A. (2006) *Organization Science*, **17**, 484-500.
- Harryson, S. J., Dudkowski, R. & Stern, A. (2008) *Journal of Management Studies*, **45**, 745-773.
- Harvey, J., Pettigrew, A. & Ferlie, E. (2002) *Journal of Management Studies*, **39**, 747-774.
- Henkel, J. (2006) *Research Policy*, **35**, 953-969.
- Hoegl, M. & Gemuenden, H. G. (2001) *Organization Science*, **12**, 435-449.
- Jarvenpaa, S., Knoll, K. & Leidner, D. E. (1998) *Journal of Management Information Systems*, **14**, 29-64.
- Keller, R. T. (1994) *Academy of Management Journal*, **37**, 167-179.
- Keller, R. T. & Holland, W. E. (1975) *Academy of Management Journal*, **18**, 388-393.
- Kellogg, K. C., Orlikowski, W. J. & Yates, J. (2006) *Organization Science*, **17**, 22-47.
- Knorr-Cetina, K. (1999) *Epistemic Cultures: How the Sciences Make Knowledge.*, Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Knorr Cetina, K. (1999) *Epistemic Cultures: How the Sciences Make Knowledge*, Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Kratzer, J., Leenders, R. T. A. J. & Van Engelen, J. M. L. (2006) *Technovation*, **26**, 42-49.
- Langley, A. (1999) *Academy of Management Review*, **24**, 691-710.
- Latour, B. (1987) *Science In Action: How to Follow Scientists and Engineers Through Society*, Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Latour, B. & Woolgar, S. (1986) *Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Lave, J. & Wenger, E. C. (1990) *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*, Cambridge University Press, Cambridge.

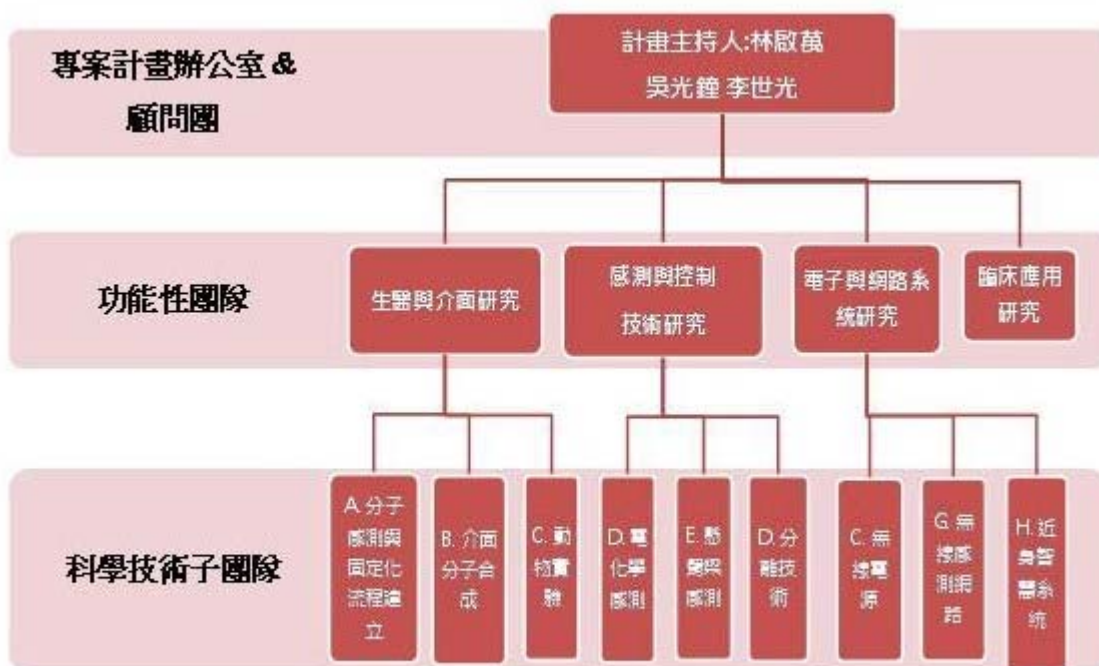
- Lee, G. K. & Cole, R. E. (2003) *Organization Science*, **14**, 633-649.
- Leonard-Barton, D. (1995) *Wellsprings of Knowledge*, Harvard University Press, Boston, MA.
- Majchrzak, A., Rice, R. E., Malhotra, A., King, N. & Ba, S. (2000) *MIS Quarterly*, **24**, 569-601.
- Markus, M. L., Manville, B. & Agres, C. E. (2000) *Sloan Management Review*, **42**, 13-26.
- McEvily, B., Perrone, V. & Zaheer, A. (2003) *Organization Science*, **14**, 91-103.
- Nonaka, I. (1994) *Organization Science*, **5**, 14-38.
- Nonaka, I. & Konno, N. (1998) *California Management Review*, **40**, 40-54.
- Nonaka, I. & Takeuchi, H. (1995) *The Knowledge Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*, Oxford University Press, New York.
- O'Mahony, S. & Bechky, B. A. (2008) *Administrative Science Quarterly*, **53**, 422-459.
- Orlikowski, W. J. (2000) *Organization Science*, **11**, 404-428.
- Orlikowski, W. J. (2002) *Organization Science*, **13**, 249-273.
- Orr, J. E. (1996) *Talking about Machines: An Ethnography of a Modern Job*, Cornell University Press, Ithaca, NY.
- Pelled, L. H., Eisenhardt, K. M. & Xin, K. R. (1999) *Administrative Science Quarterly*, **44**, 1.
- Pirola-Merlo, A. & Mann, L. (2005) Organizational supports for innovative R&D. In: *Leadership, Management, and Innovation in R&D Project Teams*(Ed, Mann, L.), pp. 211-230. Praeger Publishers, Westport, Conn.
- Reagans, R. & Zuckerman, E. W. (2001) *Organization Science*, **12**, 502-517.
- Singh, J. (2008) *Research Policy*, **37**, 77-96.
- Stam, W. (2009) *Research Policy*, **38**, 1288-1299.
- Sutton, R. I. & Hargadon, A. (1996) *Administrative Science Quarterly*, **41**, 685-718.
- Van de Ven, A. H., Polley, D. E., Garud, R. & Venkataraman, S. (1999) *The Innovation Journey*, Oxford University Press, New York.
- von Krogh, G. (1998) *California Management Review*, **40**, 133-153.
- von Krogh, G., Spaeth, S. & Lakhani, K. R. (2003) *Research Policy*, **32**, 1217-1241.
- Wells, W. P. & Pelz, D. C. (1966) *Scientists in Organizations*, John Wiley & Sons, New York, NY.
- Wenger, E. C. (2000) *Organization*, **7**, 225-246.

圖表 4：無線奈米生醫系統簡單圖示



說明：無線奈米生醫團隊研發植入式多功能無線監測系統，並將此系統植入人體後，檢測體內的發炎指數、心跳、血糖等生物資訊，並透過無線網路介面，傳送到醫療救護體系。資料來源：台大無線奈米生醫團隊提供。

圖表 51：無線奈米生醫研發團隊架構圖



說明：A 分項主持人是林世明教授。B 分項主持人是李世元教授。C 分項主持人是趙福杉教授。

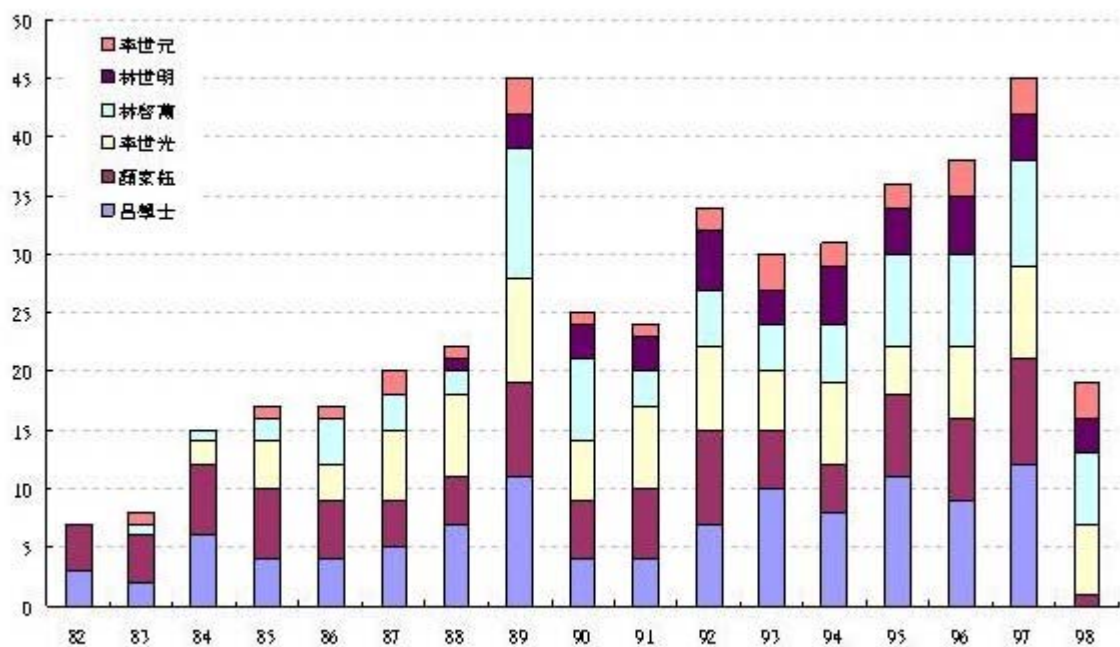
D 分項主持人李雨教授。E 分項主持人是黃榮山教授。F 分項主持人是呂學士教授。G 分項主

持人是顏家鈺教授。H 分項主持人是陳秋麟教授。資料來源：台大無線奈米生醫團隊提供。

圖表 6：WhamBios 植入式多功能無線生理監測系統之專利產出

生醫與介面技術	感測與控制技術	電子與網路技術
氫氧基烷酸化合物及正溴基烷酸之合成方法	生物感測系統，微感測元件及其製造方法	近身通訊生醫晶片系統及其使用方法
一種破壞冠狀病毒致病性之活性劑	微流體混合裝置及其方法	人體感測器網路閘道即以之人體網路感測之方法
具有電極保護薄膜之生醫感測器及其製作方法	微區塊塗佈裝置及其方法	網集化人體網路感測技術
具有共價鍵結定錨化合物之分子探針晶片	一種利用雷射製作微尺度孔洞的方法	無線智慧控制顯示面板
	微粒子操控晶片	於生醫應用之正向回授自動調節增益放大器
		超寬頻低雜訊放大器及其方法
		自我混波接收機及其方法
		全球行動通訊系統多媒體廣播群播服務之金鑰管理方法
		無線網狀網路運用位置快取之移動性管理方法
		無線電能透膚傳輸系統
		積體化柔性切換控制電路—降壓電源轉化器

圖表 7：無線奈米生醫團隊核心計畫主持人群的歷年研究專案統計(1993-2009 年)



計畫成果自評

本研究不但如期完成「台灣管理個案中心」所交付之任務，順利繳交「無線奈米生醫團隊」的個案撰寫與教學指引，並有國內期刊論文的投稿，與國內科管年會的論文發表，成果相當顯著。這個研究並擬進一步延伸為博士班學生的論文發表。我們認為，藉由「頂尖研發團隊」的介紹，將可以幫助國內其他大學與研究機構，積極反思他們在實驗室與研發團隊之組織管理上的特殊脈絡。未來相關論文並擬進一步發表到國際知名學術期刊上。