2014/11/17 上午 12:00:00

奈米科技的國際競爭與專利趨勢

黃仟文（ 科技政策研究與資訊中心 ）

在多項製造業關鍵技術之中，20世紀逐漸崛起的奈米科技廣受注目，被譽爲具有第五次工業革命 (Fifth Technology Revolution)的潛力。根據美國國家奈米科技計畫(National Nanotechnology Initiative)，奈米科技是指大約1至100奈米(nm)之間的尺寸時，對物質的理解和控制，在奈米尺度下的獨特現象（量子和表面），開啓許多新穎的應用。

奈米科技充滿想像的市場潛力，吸引了各國政府、科技界和產業界的關注與投入。在掃描隧道顯微鏡發明以後，英國、德國、日本、美國和中國等國家就開始資助界奈米科技的科學技術研究。尤其美國2000年宣佈舉正式啓動國家奈米科技計畫(National Nanotechnology Initiative, NNI)後，國際之間捲起投資研發奈米科技的熱潮（圖1）。日本、歐盟及其成員國、加拿大等先進國家，中國、韓國、新加坡、印度和巴西等發展中或新興的工業化國家在NNI之後，都相繼推出了各自的奈米科技國家型計畫或相關科技發展計畫，例如德國Action Plan Nanotechnology 2010及後續的Action Plan Nanotechnology2015。

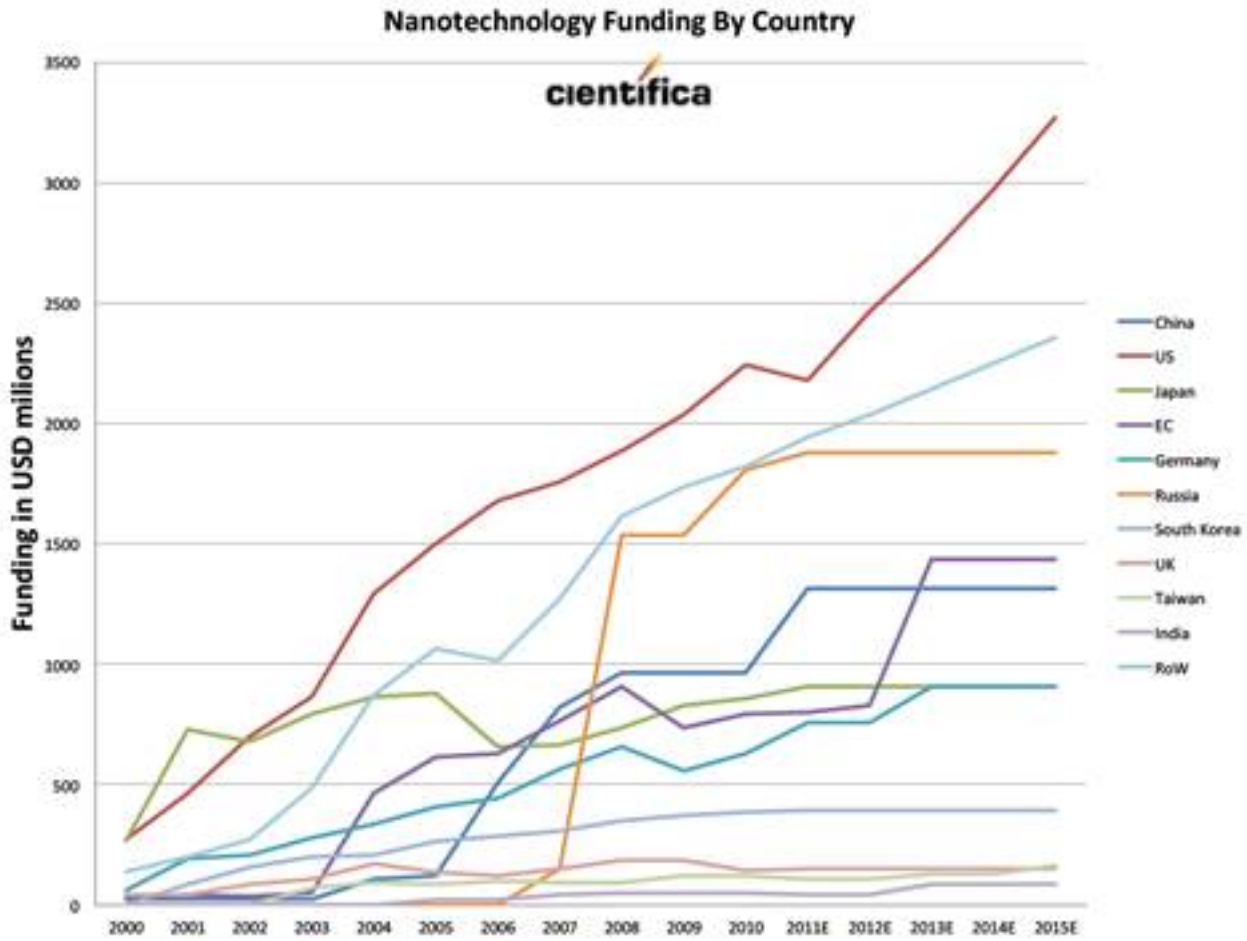


圖1各國投入奈米科技發展的經費趨勢

6.United States Government (n.d.). *United States National Nanotechnology Initiative*. Retrieved from http://www.nano.gov/

3.Iraninan Nanotechnology Initiative Council (2014). *Top Countries in Field of Nanotechnology Patents in 2013*. Retrieved from http://statnano.com/news/45648

4.Jones, K. (2013). *Strategic review of the nanotechnology landscape*. Thomson-Reuters Corporation.

5.McDermott Will & Emery Nanotechnology Group (2014). *2013 Nanotechnology Patent Literature Review: Graphitic Carbon-Based Nanotechnology and Energy Applications Are on the Rise*. McDermott Will & Emery LLP.

2.Hwang, D. (2010). Ranking the nations on nanotech. Retrieved from http://electroiq.com/blog/2010/08/ranking-the-nations/
1.Cientifica Ltd (2011). *Global Funding of Nanotechnologies and Its Impact*. Retrieved from http://cientifica.com/wp-content/uploads/downloads/2011/07/Global-Nanotechnology-Funding-Report-2011.pdf
From: Iraninan Nanotechnology Initiative Council (2014). *Top Countries in Field of Nanotechnology Patents in 2013*. Retrieved from http://statnano.com/news/45648

奈米科技各個次領域的技術發展或專利因各國競相投入奈米科學而快速增加。McDermott Will & Emery Nanotechnology Group的調查報告(2014)指出，從奈米科技創新的專利計量分析來看，目前的奈米科技相關專利主要集中在六個技術領域（圖3）：(1)資訊工程與電子技術；(2)化學；(3)生物科學，包括醫學和農業；(4)材料；(5)精密量測儀器和(6)能源發電、輸電和儲電。和奈米科技專利文獻的整體趨勢相似，這六個技術領域自21世紀初以來，都有顯著的成長。六個技術領域的分析中，能源相關領域相對2012年的成長幅度最大；顯示能源領域的創新似乎有強大的、穩定的成長，也可能表示奈米在能源創新方面開始出現許多的商業機會。



圖3各個領域的奈米科技IPC專利變化

From: McDermott Will & Emery Nanotechnology Group (2014). *2013 Nanotechnology Patent Literature Review: Graphitic Carbon-Based Nanotechnology and Energy Applications Are on the Rise*. McDermott Will & Emery LLP.

Thomson-Reuters 的奈米科技分析報告(Jones, 2013)針對Web of Science(Science Citation Index) 資料庫的科學論文和Derwent World Patents Index資料庫（收錄47個國際專利發證機構）的專利資訊進行分析，發現奈米科技的研究似乎主要是由科學著作所涵蓋（科學論文與專利

發明的比例約4:1）的，顯示在奈米領域裡，相關的探索和基礎研究普遍都是發表在同儕審查的期刊，而奈米科技尚未形成一個成熟的商業領域。不過，最近五年內，這個比例已經下降，顯示有愈來愈多的應用或商業上可行的技術開始轉移到對應於產品或服務相關的專利文件。

奈米科技是一個比較寬鬆的總稱，實際上涵蓋各式各樣的應用領域和學科，如電子產品、應用化學和材料科學。Thomson-Reuters的報告發現這點反映在全球奈米科技的科學和研究發展，而大量的相關活動正在發生於主要領域包括：奈米光子學、奈米電子學、奈米管/奈米線、奈米粒子與量子點；這些主題佔據全球奈米科技科研活動的2/3到3/4。在科學論文出版方面，2006~2010之間成長率最高(>15%)的研究主題依序是（表2）：(1)能量收集；(2)高性能電池；(3)奈米毒性和安全；(4)自動清潔；(5)藥物輸送；(6)光伏和太陽能電池；(7)燃料電池；(8)防腐蝕；(9)海水淨化、淡化和去污；(10)奈米管、奈米線和奈米粒子的功能化；(11)LEDs。減少最多的是：(1)紡織：防火/防水；(2)奈米管和奈米線；(3)燃料萃取；(4)燃油添加劑；(5)射頻微機電系統；(6)MEMS驅動器；(7)量子設備。專利方面，2006~2010之間每年成長率最高(>15%)的次領域是：(1)能量收集；(2)水質監測；(3)燃料電池；(4)特定應用積體電路(ASIC)；(5)燃油添加劑；(6)高性能電池；(7)光伏和太陽能電池；(8)保溫；(9)奈米過濾；(10)奈米設備建模；(11)紡織：防火/防水；(12)LEDs；(13)海水淨化、淡化和去污。減少最多的是：(1)新材料和奈米結構建模；(2)自旋電子學；(3)顯示；(4)生物MEMS設備；(5)量子設備；(6)MEMS行動器；(7)光子晶體。

表2奈米科技2006~2010年科學論文與專利之主題變化

次領域變化	科學論文	專利
		1.能量收集
	1.能量收集	2.水質監測
	2.高性能電池	3.燃料電池
	3.奈米毒性和安全	4.特定應用積體電路(ASIC)
	4.自動清潔	5.燃油添加劑
	5.藥物輸送	6.高性能電池；
成長最多	6.光伏和太陽能電池	7.光伏和太陽能電池
	7.燃料電池	8.保溫
	8.防腐蝕	9.奈米過濾
	9.海水淨化、淡化和去污	10.奈米設備建模
	10.奈米管、奈米線和奈米粒子的功能化	11.紡織：防火/防水
	11.LEDs	12.LEDs
		13.海水淨化、淡化和去污

	1.紡織：防火/防水	1.新材料和奈米結構建模
	2.奈米管和奈米線	2.自旋電子學
	3.燃料萃取	3.顯示
減少最多	4.燃油添加劑	4.生物MEMS設備
	5.射頻微機電系統	5.量子設備
	6.MEMS驅動器	6.MEMS行動器
	7.量子設備	7.光子晶體

From: Jones, K. (2013). *Strategic review of the nanotechnology landscape*. Thomson-Reuters Corporation.

另外，Thomson-Reuters的報告指出一個值得注意的現象：發展奈米科技較久的前10個國家（不包括俄羅斯、中國）的專利數產量有下降趨勢。這可能暗示奈米科技在商業化進程上出現障礙，這也可解釋當前的學術界活動爲何會進行更多的基礎研究。

結語

奈米科技是跨學科的科學技術廣大領域，過去15年來全世界快速投入發展這個領域。奈米科技可能導致材料和產品可以具有完全不同的性能和性質，所以將帶來有明顯的社會經濟影響，這無疑將影響未來的生活。與其他國家相比(圖1)，我國在奈米科技發展方面的資源投入算是相對非常少，隨著先進國家陸續進入奈米科技產業化的階段，我國產官學研各界應該更加關注市場導向的科學研究與技術活動；奈米科技的本質上是一個廣泛應用的領域，如果在重要的技術應用失去商業化的機會，就會和過往一樣必須遵循領先國的技術標準與專利規範，支付昂貴的技術授權費用。

參考文獻

From: Hwang, D. (2010). Ranking the nations on nanotech. Retrieved from http://electroiq.com/blog/2010/08/ranking-the-nations/

「優勢」國家：屬於右上象限列的國家，這些國家都有顯著的奈米科技活動，和商業化所需的技術開發實力；

「象牙塔」國家：屬於左上象限的國家，這些國家中的奈米科技活動很活絡，但不太可能轉化成經濟動力，因爲技術開發實力的基礎相對較差；

「利基」國家：屬於右下象限的國家，這些國家屬於技術發展的強國，技術開發實力很高，但沒有足夠的規模去發展國際競賽等級的奈米科技活動。因此，這些國家集中在如電子或塗層等特定領域的科技研發中心。

「小聯盟」國家：屬於左下象限的國家，這些國家既不從事高度活躍的奈米科技活動，也不具備技術開發實力，所以在奈米科技的開發和全球商業化過程中無關緊要。

從Lux Research的調查結果來看，美國雖然在奈米科技活動獲得滿分，藉由在國家奈米科技計畫(NNI)及充滿活力的私部門、創業投資，形成領先的奈米科技生態系統，但其技術開發實力是低於平均水準，主要是因爲美國有大量的服務產業，但中高科技製造業的產出較低，研發支出和科技勞動力也遜於其他科技國家。日本在奈米科技活動落後於美國，但已經開始進行產業化，以從中獲利。日本雖然沒有很好的政策協調或像美國一樣資

金雄厚，但日本有一個完善的政府計畫和支持奈米科技發展的產學研網絡。而德國則在技術發展能力和奈米科技活動上都很強，大量的理工博士、良好基礎設施和國家級計畫的研發投入，世界級的奈米科技研究網絡。中國正在奈米競賽中追趕其他國家，雖然離產業化還很遙遠，但憑藉其資源和基礎條件，未來有可能威脅到其他科技領先國家。

在奈米科技的專利競賽方面，根據Statnano對奈米科技專利和已公佈的奈米科技專利申請所整理的統計數據(Iraninan Nanotechnology Initiative Council, 2014)，到2013年底，美國專利商標局(USPTO)對於奈米科技相關的專利發證總量爲21,379項、已經公佈的奈米科技專利約31,350項。與2012美國專利商標局的奈米科技專利的數量相比，成長超過60 %。表1列出2013年世界上在美國專利商標局擁有最多奈米科技專利的前十名國家。所有USPTO奈米科技專利中，美國擁有相關專利的比例高達57%，超過國際間全部其他國家的總和。排名於美國之後的國家依序是日本、韓國、德國、台灣、法國、中國、荷蘭、英國、瑞士和加拿大。在這一群領先國家的排名裡，相較於各國2012年的排名，德國、中國、英國和瑞士在2013年的排名是往上提升，而台灣、荷蘭和加拿大的排名則向下滑落。英國、瑞士和加拿大的奈米科技專利數量都非常接近，不過這三個國家的差距只有幾項專利。

表12013年在美國專利商標局奈米科技專利數量領先的國家

排名	國家	奈米科技專利數	比率 (%)
1	USA	12205	57.09
2	Japan	3182	14.88
3	South Korea	943	4.41
4	Germany	886	4.14
5	Taiwan	649	3.04
6	France	561	2.62
7	China	420	1.96
8	Netherlands	397	1.86
9	UK	266	1.24
10	Switzerland	265	1.24

From: Cientifica Ltd (2011). *Global Funding of Nanotechnologies and Its Impact*. Retrieved from http://cientifica.com/wp-content/uploads/downloads/2011/07/Global-Nanotechnology-Funding-Report-2011.pdf

爲瞭解各國發展奈米科技的狀況，新興科技研究顧問公司Lux Research針對19個國家進行研究調查(Hwang, 2010)，其從兩個構面進行評估：

奈米科技活動：衡量發展奈米科技之絕對數量。這個因素用八個指標檢視一個國家發展奈米科技創新之能力和資源的動力。用於測量奈米科技活動的衡量標準是針對奈米科技，然後在一個絕對基準上進行比較，這表示較小的國家得分會比較低。

技術開發實力：衡量該國的技術商業化實力。這個因素用六個指標來衡量一個國家透過技術創新來發展經濟的能力；不是針對奈米科技，而是觀察該經濟體的相對技術密集度。這些指標不涉及奈米科技本身，技術開發實力有針對各個國家的人口或GDP做相對的調整；故在這構面，相對於大國家，小國家不會變得劣勢。

利用這個架構，Lux Research比較各個國家2007至2009年的表現和進步，並將這些國家分爲四種類型，依它們在座標圖上的相對位置來決定（圖2）：

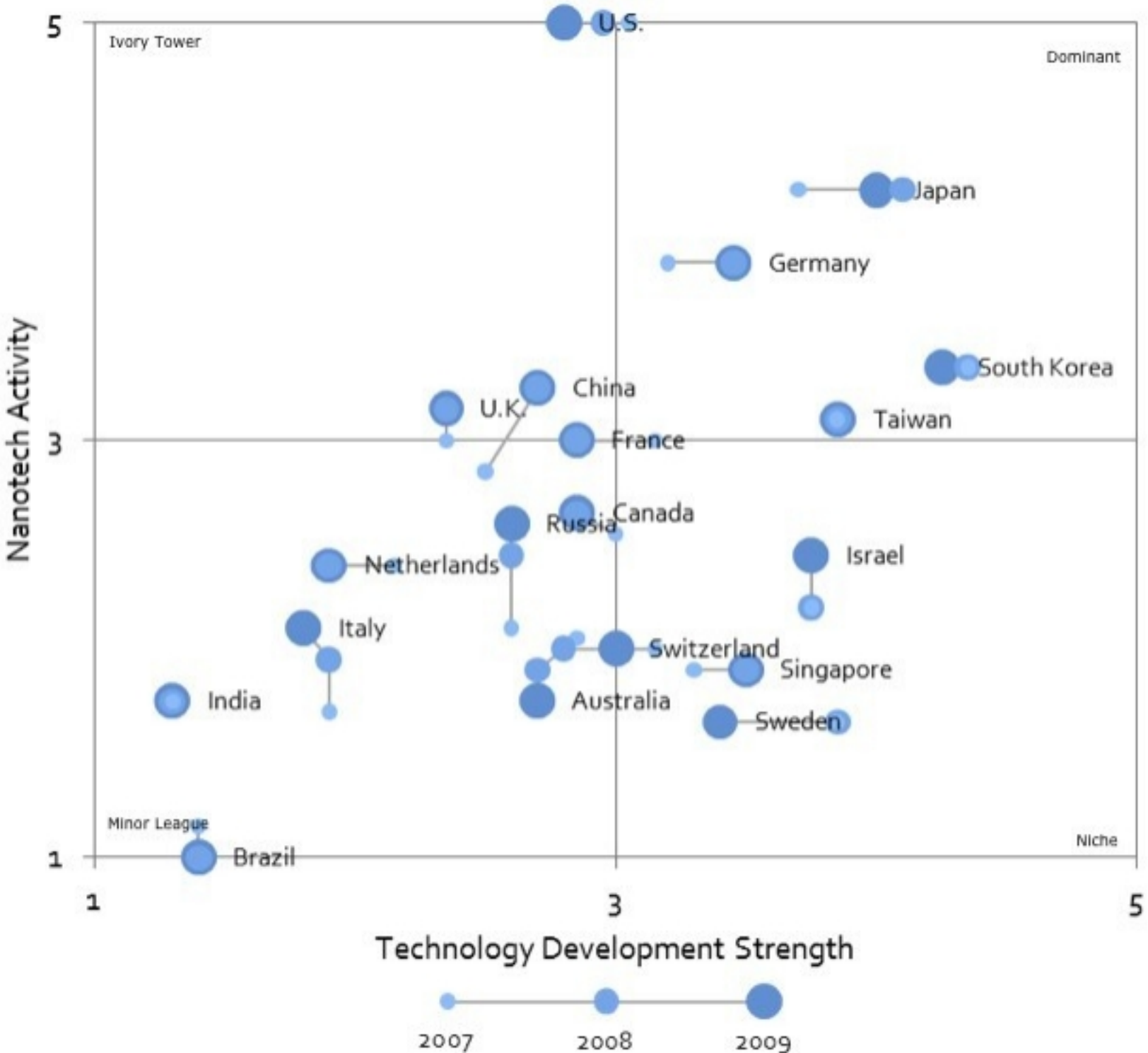

5
3
1
Nanotech Activity
Ivory Tower
Dominant
Minor League
Niche
U.S.
Japan
Germany
South Korea
China
U.K.
Taiwan
France
Canada
Russia
Netherlands
Israel
Italy
Switzerland
Singapore
India
Australia
Sweden
Brazil
1
3
5
Technology Development Strength
2007
2008
2009

圖2各國奈米科技競爭概況