

# 前瞻台灣生物科技未來發展趨勢與政策建議

台灣經濟研究院生物科技產業研究中心孫智麗主任

## ■ 生物科技發展之重要性

Stan Davis 和 Christopher Meyer 兩位學者於 2000 年就提出了生物經濟 (Bio-Economy) 的未來概念，預測目前的資訊經濟時代將持續到 21 世紀前期，然後人類社會將開始迎接一個全新的時代—生物經濟時代的來臨！當生物科技直接和間接帶動的產業占 GDP 的 50% 時候，就是生物經濟時代的來臨。中央研究院翁啟惠院長在 2007 年總統府月會進行專題報告指出：「30 年後，幾乎所有的公司都會與生技有關，不是以生技為主要業務，就是生技的周邊產品，否則就是利用生物科技來支援或解決問題！」觀察全球永續發展面臨的挑戰，包括人口結構變遷、新興傳染疾病、糧食供應不均、能源價格上漲、地球氣候暖化、環保意識提高、預防醫學興起等議題，生物科技是解決上述挑戰的重要手段之一！

就生技產業發展歷程而言：第一波紅色生技是以醫藥研發產業為主，第二波綠色生技為農業生技產業，第三波白色生技則是整合生物科技與其他高科技產業，應用於化工、材料、能源、環保生技之研發。當代生技產業發展趨勢是結合應用電子、電腦、軟體、網路、通訊、材料、自動化等高科技於人類生活品質之改善，從食、衣、住、行，至醫療、健康、農業、工業、能源、環保、生態、永續發展……，都可預見生物科技之運用，這將是影響人類福祉最重要的科技！生物經濟的發展，將為人類從根本上的人口健康、糧食安全、食品安全、生物安全、環境安全、能源安全，乃至保障國家安全，建構出全面發展考量之概念。發展生物經濟與人民福祉密切相關，可以提高國民生活品質、減輕人們病痛、阻止疾病蔓延、延長人類壽命、增加糧食生產、提高營養價值、珍惜自然資源、改善生態環境、改善工業製程、有利永續發展。

## ■ OECD 生物科技未來發展趨勢

OECD 目前為 30 個民主政體國家政府參與的重要國際論壇，可說是這些國家制定經濟、社會和環保發展政策的「智囊機構」，在全球科技發展的各個階段，OECD 成員國都發揮了關鍵性作用。OECD 之 International Futures Program (國際未來計畫，IFP) 是直接隸屬於 OECD 秘書長的智囊幕僚部門，其功能在於協調 OECD 各業務處資源，整合重要的新興議題，提供該組織在未來社經、環保及科技發展議題上的早期預警及前瞻性之發展願景，找出主要的發展關鍵，分析長期焦點議題，凝聚國際資源的投入，並提供各國政府規劃發展策略及制訂相關政策作為決策之參

考依據。迄今 OECD IFP 所辦理之重大研究計畫成果，也都受到各國政府的重視，其報告的精要在於評估科學、技術、創新及教育政策能如何有效的貢獻於經濟永續發展及創造就業，它提供企業及各國政府部門決策者政策上的建議，以因應新興科技產業發展所帶來的挑戰。

其中 IFP 於 2009 年提出「2030 生物經濟」(The Bioeconomy to 2030)計畫成果並出版報告，內容包括：分析生物科技的應用範圍與產業發展的關鍵因素，預估 2030 年之前狹義生物技術直接產值可占 OECD 國家 GDP 的 2.7% (占開發中國家的 GDP 比例可能更高，這尚不含生質能源與廣義生技相關產業應用)，前瞻生物科技應用於相關領域的趨勢，評估生物科技對各國社經層面所產生的影響，並模擬未來發展可能發生情境，以進一步提出發展策略與政策建議，提供各國政府參考規劃。

根據 OECD IFP 「2030 生物經濟」研究，未來整個外在環境的變遷將提供生物科技發展的舞台，並衍生許多的商機與投資機會，進而促使生物科技在未來經濟發展扮演重要角色。這些外在環境的變化包括：人口成長與所得提升、人口結構與人力資源的調整、能源與氣候變遷的趨勢、糧食價格與水資源方面的挑戰、醫療保健成本上升的態勢，以及一些具競爭性與關鍵技術的發展等。上述的外在環境因素對未來生物科技發展，包括到 2030 年的可能情境、對整體經濟以及各產業的影響分析等請詳表 1。

在人口成長與所得提升的趨勢方面，到 2030 年全球人口將增加到 83 億，其中有 97% 的人口成長來自於開發中國家。而相較於 2005 年，全球 GDP 將增加一倍，但貧富不均問題仍然存在，OECD 國家每人所得約為全球平均之 3~6 倍。這樣的趨勢將促使更多的資金將投入生物經濟的研發與投資，包括在農業、醫療保健及工業應用方面的研發投資都將增加。同時開發中國家因所得提升將改變其消費習慣，增加糧食、健康、醫療及旅遊等方面的需求，並進一步促使生物經濟的發展。

在人口結構與人力資源的調整方面，到 2030 年全球勞動力將增加 25%，而 OECD 國家因人口老化使勞動人口比例降低，同時因教育水準提升，勞動人口將由農業移轉到製造業與服務業。而未來人口老化的趨勢將帶動長期醫療保健之需求，同時退化性疾病之盛行率將增加，而生物科技將可能應用於尋找治療方法。未來教育水準的普遍提升，對屬於高度知識密集產業的生物科技而言，將可提供更多的人才從事研發活動。

在未來能源消費與氣候變遷議題方面，到 2030 年預計能源需求將持續增加，並使化石燃料消耗增加，同時也使溫室氣體排放持續增加，全球溫度將增加約攝氏 1 度並使海平面上升。此一趨勢將促使更多的研發活動投入於降低溫室氣體排放之能源開發與減緩氣候變遷。而穀類作物產出的減少與部分地區出現乾旱與鹽害現象，將帶動高產與抗逆境植物品種的開發。溫度提升將使部分疾病擴散到不同地區，並帶動生物科技的應用，包括疾病檢測、診斷、疫苗開發等。

在糧食價格與水資源方面，到 2030 年因生質能源與肉品需求的增加將使糧食價格持續提高，更多的人口將面臨水資源缺乏的壓力，有 67%的人口缺少污水系統。而糧食與水需求的增加提高各界對農業的關注，更多的生物科技將應用於植物新品種的開發；工業生技將應用於減少水資源消費與空氣污染的整治，原料價格與水資源缺乏將提高到生質能源與生物精煉的可行性。

在醫療保健成本方面，到 2030 年因新技術的開發將使全球醫療保健支出持續增加，而限制醫療照護相關的研發活動發展，同時使生技研發活動轉向工業與農業領域的應用。為了抑制醫療保健成本的增加，將增加可預防疾病發生的健康食品需求，同時研發以植物為技術平台之藥品(分子農場)，藉以降低藥物生產成本。工業生技則將應用於潔淨水資源方面，並試圖減少疾病的發生。

在具競爭性與關鍵技術開發方面，到 2030 年 IT 與奈米技術刺激生物科技的發展，同時生物技術與非生物技術間的競爭將更加激烈。IT 計算能力的增加有利於生物資訊學的發展，而奈米技術的發展解決部分醫療生技的問題，如藥物傳輸與實驗性治療等；奈米技術帶動環境整治技術的發展，而生質能源則將面臨其他再生能源的競爭。

值得注意的是，上述外在環境的各項因素對生物科技的影響程度及影響層面並不相同。舉例而言，人口與所得提升帶動開發中國家消費習慣的改變，同時也大幅增加對糧食的需求，因此對生物科技應用於農業方面的影響最為重要；而人口老化問題則是對醫藥生技方面的影響最為深切；氣候與環境變遷雖然會影響農業生技未來的發展趨勢，但主要的影響層面還是在於工業生技未來的發展。

**表 1 OECD 生物科技發展之驅動因素與對產業的影響**

驅動因素	2030 年發展情境	對產業的影響			
		總體經濟	醫療保健	農業	工業
人口成長與所得提升	全球人口將增加到 83 億，其中有 97%的人口成長來自於開發中國家；相較於 2005 年，全球 GDP 將增加 1 倍，但貧富不均問題仍然存在，OECD 國家每人所得約為全球平均之 3~6 倍	更多資金將投入生物經濟的研發與投資，生技研發中心將逐漸在開發中國家出現；同時開發中國家所得提升將改變其消費習慣，增加糧食、醫療保健及旅遊等方面的支出	人口與所得水準的提升將帶動醫療保健需求的成長	人口的增加將帶動對肉類與魚類的需求，並使糧食價格上漲；對糧食需求的增加將使民眾對生物技術應用於農業生產的接受度提高	人口的增加對環境方面產生更大的挑戰，同時也促使工業生技的發展
人口結構與人力資源	全球勞動力將增加 25%；OECD 國家因人口老化使勞動人口比例	人口老化與勞動人口比例降低將使稅收減少，並	老年人口增加帶動醫療保健之需	開發中國家農業生產將逐漸機械	因開發中國家農業生產的機

	降低;教育水準提升,勞動人口將由農業移轉到製造業與服務業	造成社會福利計畫資金不足;高等教育人力的增加支持研發活動之進行	求;退化性疾病之盛行率將增加,同時生物技術將可能應用於尋找治療方案	化,並增加能源的需求	械化與能源需求增加,工業生技將應用於減少農業能源消耗的浪費
能源與氣候變遷	能源需求增加將使化石燃料消耗增加,同時也使溫室氣體排放持續增加;全球溫度將增加約攝氏 1 度,並使海平面上升	更多的研發活動,將投入於低溫室氣體排放的開發與減緩氣候變遷	溫度提升將使部分疾病擴散到不同地區,並帶動生物技術的應用,包括疾病檢測、診斷、疫苗開發等	穀類作物產出的減少與部分地區出現乾旱和鹽害現象,將帶動高產與抗逆境植物品種的開發	能源價格的提升與更嚴格的环境管制將帶動工業生技的應用,包括減少能源使用與溫室氣體排放
糧食價格與水資源	因生質能源與肉品需求的增加將使糧食價格持續提高;更多的人口將面臨水資源缺乏的壓力,有 67% 的人口缺少污水系統	高糧食價格抵銷部分經濟成長的效益;更多的研發活動投入於農業與環境整治	飲用水與衛生設施的缺乏將增加部分疾病的發生	糧食與水需求的增加提高各界對農業的關注;更多的生物技術將應用於植物新品種的開發	工業生技將應用於減少水資源消費與空氣污染的整治;原料價格與水資源缺乏將影響到生質能源與生物精煉的可行性
醫療保健成本	新技術的開發,將使全球醫療保健支出持續增加	對醫療保健成本的疑慮使限制醫療照護相關的研發活動發展,同時使生技研發活動轉向工業與農業方面的應用	降低醫療保健成本的壓力抑制醫藥生技研發活動,同時使昂貴的新醫療系統開發更為困難	為抑制醫療保健成本增加,將增加可預防疾病發生的健康食品需求,同時研發以植物為原料之藥品,以降低藥物生產成本	工業生技將應用於潔淨水資源,並試圖減少疾病的發生
具競爭性與關鍵技術開發	IT 與奈米技術刺激生物技術的發展,同時生物技術與非生物技術間的競爭將更加激烈	IT 計算能力的增加有利於生物資訊的發展;不同研發活動間的資金競爭情況增加	奈米技術的發展解決部分醫療生技的問題,如藥物傳輸與實驗性治療等	農業設施栽培與水資源保護技術開發	奈米技術帶動環境整治技術的發展;生質能源面臨其他再生能源的

資料來源：OECD(2009), The Bioeconomy to 2030；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心整理。

另外 OECD IFP「2030 生物經濟」研究也指出，未來生物科技發展將受到三項制度面因素的影響，包括公部門對生技研發與人才培訓的投入、管制措施、智慧財產權，以下分別說明之。

- 1.研發投入與人才培訓：大學與研究機構是孕育生物科技發展的重要源頭，其提供新科學與技術的開發，並產生潛在的商業應用機會，同時也訓練許多技術人才，對未來經濟發展奠定良好的基礎。而藉由在特定領域的研究資源配置，也影響未來的研究方向。
- 2.管制措施：政府管制會影響到未來生物科技研究的方向、型態、成本等，藉由相關管制規定的建立（包含一些強制性、禁止性與暫停性等措施），確保生技產品的安全性與有效性或降低爭議性。例如美國布希政府曾禁止使用聯邦資金進行一些胚胎幹細胞研究計畫；部分歐盟國家拒絕核准基改作物品種，使得歐盟事實上暫停基改作物的種植。雖然大多數生技方面的研究僅受到輕微管制，但部分研究會因為生物安全的理由而受到嚴格管制，將使研究機構或廠商改變其研究方向。
- 3.智慧財產權：生物科技相關的智慧財產權包括專利、商標與營業秘密等。專利保護提供發明人或科學家誘因投入創新研發活動，同時也注意隨著生物科技的發展，必須適時修正其專利保護的規定，以避免專利過度保護造成市場壟斷、不利知識擴散的負面效果，因此智慧財產權制度設計如何兼顧創新研發誘因與知識擴散將是產業化發展的重要課題。

此外，民眾對生物科技產品的態度，是影響未來潛在市場的重要關鍵因素，而社會對生物科技的接受度又會因不同領域的應用，以及產品本身的因素而產生差異。例如大多數民眾對於生物科技應用於治療與疫苗方面的發展，都抱持贊同的意見，但對於幹細胞研究與基因檢測方面，因涉及到宗教、倫理議題，因此出現許多不同的聲音。不過，公眾對生物科技產品的態度會隨著新發現與媒體報導而有所改變，且當生物技術開發對可預見的未來產生重大利益時，民眾的態度就會開始轉變。以澳洲為例，在 2005 年對基改作物的接受度僅有 45%，而在 2007 年的調查中，對基改作物的接受度則提高到 73%。在兩年內接受度大幅增加的原因在於，澳洲農業一直以來都飽受乾旱與鹽害之苦，而當民眾發現基改技術可以提供抗旱與抗鹽害的作物品種時，對於基改作物的接受度就大幅提高。

整體而言，生物科技的發展在未來已經是一個不可或缺的趨勢，外在環境面、制度面以及社會面的因素創造出許多的商機，讓生物經濟得以因應而起；同時，藉由生物科技的應用，也使得未來面臨的重大環境與社會變遷之衝擊，得以舒緩

並能找出解決之道，對於人類福祉的提升有顯著的貢獻。至於 OECD 分析生物科技應用於醫療保健、農業（動植物）、工業領域的未來發展趨勢如表 2 所示。

**表 2 OECD 生物科技應用於醫療保健、農業、工業領域之未來趨勢**

應用領域	定義	發展現況	2015 年趨勢預測	2030 年趨勢預測
<b>醫療保健</b>				
治療藥品或技術 (Therapeutics)	生技藥品 (Biopharmaceuticals)、小分子藥品和實驗性療法 (Experimental therapies)。	1. 生技藥品較小分子藥品有治療優勢，平均每年約有七個藥品上市。 2. 生物技術已被大量使用於小分子藥品的研發階段。 3. 僅少數實驗性療法已上市使用。	1. 每年約有 15 個生技藥品上市，但占整體上市比例仍不高，多數著重開發生技學名藥，而使治療價值降低。 2. 實驗性療法將取而代之提供醫療上的優勢。	1. 藉由生物技術所開發出來的藥品或疫苗每年持續上市。 2. 藉由再生醫學的突破，已可治療糖尿病和修復受損組織。
檢測與診斷 (Diagnostics)	藉由生物技術的投入，透過體內 ( <i>in vivo</i> ) 或體外 ( <i>in vitro</i> ) 檢測，可以診斷疾病或發現疾病相關風險因子。	已有許多體內或體外檢測技術，可檢測基因、突變基因和基因表現。分子遺傳學檢驗試劑為產業中快速成長的領域，目前已有 1,600 個疾病的基因檢驗被開發。	體內檢驗技術數量逐漸增加，基因檢測將從單一突變基因的鑑定，轉變為造成疾病風險因子的多基因分析。	常見疾病或慢性病危險因子之基因檢驗已廣泛使用，且成本低。
藥物遺傳學 (Pharmacogenetics)	利用檢測診斷、生物資訊學和生物標誌等，研究基因與藥物間交互作用，以區別對治療有/無反應的族群，建立適當的治療劑量，並減少藥物不良反應 (ADRs) 的發生。	目前美國已有 4 種藥物需要進行藥物遺傳學檢測，而至少還有 20 幾種藥物也需進行基因檢測。隨著已知的生物標誌快速增加，讓許多藥品在藥品標示中，列入藥物遺傳學資訊。	治療擁有特定基因特徵族群的藥物核准上市數量逐漸增加，主要為改善治療效果和減少不良反應。藥物遺傳學技術也會用於挽救某些在臨床試驗失敗的藥物，以辨認真正有治療反應的病患族群。	1. 臨床試驗或處方用藥前大量使用藥物遺傳學，以確認最適合使用的病患族群。 2. 藥物遺傳學資訊、用藥資訊和長期健康評估結果等連結，將全面提升治療方式的安全性與有效性。

<b>保健食品</b> (Functional foods and nutraceuticals)	機能性食品指以傳統食用型態為主的產品；膳食補充品則是非傳統食用型態之膠囊、錠劑類產品。	多數市面上保健食品並無利用生物技術。生物技術多用於篩選動植物品種，或發酵工程。營養基因體學(Nutrigenomics)將探討基因、飲食與疾病之間關連性。	OECD 國家中，加強營養成分的基改作物將被製成保健食品；而富含維生素 A、葉酸等營養素的基改作物，也可望上市以滿足開發中國家需求。	運用基因改造微生物或海洋資源開發新型保健食品。
<b>醫療器材</b> (Medical devices)	用於輔助健康，但不參與體內代謝，如手術設備、體外檢測試劑、醫學影像裝置、組織工程等。	許多應用潛力仍處於研究階段，如生物感測器(biosensor)和組織工程為基礎的裝置。	少數以組織工程為基礎的醫療器材(如生產胰島素之人工組織)可於 2015 年上市。	整合生物技術與奈米科技，大幅提升藥物傳遞系統效率。
<b>農業 (動植物)</b>				
<b>植物新品種</b> (New crop and tree varieties)	植物新品種(基因性狀篩選)以應用基因改造技術(Genetic Modification)及分子標誌輔助技術(Marker Assisted Selection; MAS)為主。	從 1996 年開始，基改作物已經在全球 24 個國家種植，主要為大豆、棉花、玉米及油菜。有超過 75% 的品種包含耐除草劑或抗蟲的性狀，此外非基改生物技術也廣泛應用在各類作物上。	到 2015 年預估全球有將近一半的作物生產會運用到生物技術。除了四個主要基改作物之外，增產、抗逆境及品質改善等性狀也會出現在其他作物上，例如稻米、小麥、馬鈴薯、蕃茄.....等；分子標誌輔助技術 MAS 會被廣泛應用，並開發其他商業化之非基改作物；一些新的基改樹種也開始商業化生產。	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. MAS 廣泛應用於植物種苗。</li> <li>2. 主要作物或樹種使用 GM 改善澱粉、油脂或纖維素含量，提高工業用途或生質能源轉換率。</li> <li>3. 運用分子農場(Bio-pharming)生產醫藥品及高價值化合物。</li> <li>4. 糧食作物與飼料使用 GM 或 MAS 提高產量、抗蟲、抗逆境成為主流。</li> <li>5. 開發中國家利用 GM 改善糧食的營養成分或添加維他命。</li> </ol>
<b>植物病理診斷</b> (Plant diagnostics)	植物病蟲害檢測診斷(包括基因晶片)。	目前在已開發國家有上百種處於實驗室階段的植物診斷技術，大多用於植物疾病預防；24 小時即時診斷技術目前僅能應用在單一病原體診斷。	運用基因晶片之低成本、即時且多病原體同時診斷技術已經可以在田間使用，而此技術並可應用於大量之植物病原體，且可應用於重要之商業化作物中。	

<p>動物育種及繁殖 (Animal breeding and propagation)</p>	<p>動物育種(基因性狀篩選繁殖)以分子標誌輔助技術(Marker Assisted Selection; MAS)及體細胞核轉置複製(Somatic nuclear transfer cloning)技術為主。</p>	<p>目前畜禽及水產動物已廣泛使用 MAS 技術，提升動物繁殖之速度與準確性；複製 (cloning) 雖然也可運用於繁殖，但成本甚高，因此目前僅應用在高價值的種畜禽及寵物上；產業界已成功利用 GM 動物生產所需的化合物。</p>	<p>MAS 仍為應用於動物繁殖的主要生物技術，並將持續廣泛使用。GM 與複製技術因民眾的接受度與成本問題仍會受到限制，但可應用在新化合物的生產，以及高價值動物的繁殖上。</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. MAS 廣泛應用於畜禽及水產養殖。</li> <li>2. 運用分子牧場 (Bio-pharming) 生產醫藥品及高價值化合物。</li> <li>3. 更多的遺傳性狀或疾病檢測應用於畜禽及水產養殖。</li> <li>4. 高價值經濟動物的複製。</li> </ol>
<p>動物診斷治療 (Animal diagnostics and therapeutics)</p>	<p>包括檢測水產動物疾病的微陣列 (Microarray) 晶片、動物用藥品及疫苗。</p>	<p>目前有數十種以生物技術為基礎的動物診斷技術已經開始應用，其中包括寵物及重要經濟動物的疾病診斷。目前在動物方面，僅有少數生物藥品與生技疫苗已經核准使用。</p>	<p>目前一些發展中的動物診斷技術到 2015 年將開始商業化使用；家畜的診斷將朝向晶片化發展，並可直接由非專業人員在田間實地使用；因應重要家畜傳染病之疫苗也開始進行開發；一些可加速成長與提高肉品品質之生物藥品也開始商業化使用。</p>	
<p><b>工業 (化工、材料、能源、環保等)</b></p>				
<p>工業酵素 (Industrial enzymes)</p>	<p>酵素為生物體內催化生化反應的蛋白質。已被用於化學工業及食品與飼料、清潔劑、紡織、造紙等工業。</p>	<p>現代生物技術製造之酵素已添加至食品、飼料、清潔劑等產品。酵素還被用於節省紡織製程能源消耗、提升紙張品質等。目前已將基因改造、分子標誌輔助等生物技術用於改造、篩選酵素。</p>	<p>工業酵素應用已成熟，且預期未來仍持續成長。更多有效的酵素及製程將可降低生產成本，並減少能源消耗、降低有害副產物，減少環境污染。</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 開發更多改良的酵素以因應持續成長之化學應用需求。</li> <li>2. 改良的微生物可使多步驟反應精簡成單一步驟處理，或一微生物可製造多種化學產物。其中，有些用於改良微生物的基因來自生物探勘。</li> <li>3. 即時監測之生物感測</li> </ol>

<p><b>生物精煉</b> (Biorefineries)</p>	<p>生物精煉是整合多項轉換製程，以生物質為原料製造能源、化學品等。相較於石油精煉，生物質來源為多元化。</p>	<p>全球已有幾百個生質能源精煉廠營運，且多數使用玉米或甘蔗作為原料。而利用草、樹或農業與城市廢棄物製造纖維素酒精、化學品方面，處於先導與示範工廠階段。</p>	<p>技術發展及試驗興盛將促成重要進展。新的副產物利用方法有助於生物精煉模式拓展。已可使用各種生物質作為原料，或者至少原料來源種類將增加。</p>	<p>已應用於環境汙染控制與生物量測。</p> <p>4.已利用甘蔗與纖維素原料製造高密度的生質能源。</p> <p>5.生物塑膠等生物材料市場占有率擴大，尤其是於利基市場方面。</p>
<p><b>生質能源</b> (Biofuels)</p>	<p>用生物質製造的能源稱為生質能源，部分運用生物製程。現代生物技術已用於開發具有利於能源生產特性的新植物品種，或是改變製程以提高轉化效率、使用新的生物質原料。</p>	<p>其發展受到高能源價格及政府支持刺激。目前生質酒精與生質柴油產量僅占運輸燃料的小部分，且大多是使用發酵及轉酯化技術生產。研發已朝向纖維素轉化及微生物製造等技術拓展，將有益於提高經濟效益，並降低環境及糧食安全疑慮。</p>	<p>新植物品種可提高產量，但針對特定製程的植物品種仍有待開發。整體生質能源產量將提高，主要仰賴於製程放大方面的技術進展，部分貢獻來自纖維素生質能源，以及微生物製造能源之進展。</p>	
<p><b>化學品製造</b> (Production of chemicals)</p>	<p>利用生物製造能源、酵素、溶劑、氨基酸、有機酸、維生素、抗生素、聚合物等化學品。生物製造通常被用來取代化學合成方法。</p>	<p>目前化學品中用生物製造的產品僅占 2%，但生物技術具有使反應條件趨於溫和、降低能源需求、減少廢棄物產生、降低環境影響等優點。研發目標為提高效率，以提升競爭力。</p>	<p>生物製造產品占化學品市場 10% 以上，成長最快的領域為特用化學品與聚合物。成長動力來自生物催化、發酵技術、代謝工程之創新進展。許多生物製程使用具特定功能或可於特定環境作用的酵素。</p>	
<p><b>生物材料製造</b> (Production of biomaterials)</p>	<p>將生物製造化學品用於製造生物材料，例如生物聚合物製成生物塑膠。生物塑膠又分為生物可分解與不可分</p>	<p>雖然生物材料占市場比重仍低，但已有一些大型生物聚合物工廠營運。目前生物材料以生物可分解為主，但研發將加重生物不可分解生物塑膠之</p>	<p>生物塑膠雖然僅占整體市場的小部分，但仍是重要發展項目。許多生物不可分解塑膠已經使用生物技術製造。</p>	

	解，生物不可分解生物塑膠可再回收利用。	開發。	
<b>環境保護</b> (Environmental services)	利用生物感測監測環境狀況，或利用微生物、植物去除環境中的污染物，進行生物復育。	由於生物感應器不具價格競爭力，且生物復育需開發特殊功能的微生物或植物，因此生技應用於環境領域進展緩慢。	生物感測提供長期監測需求（例如水資源）最佳的解決方案。研發將仰賴醫藥、農業、生物安全領域產出的跨領域應用。
<b>資源開採</b> (Resource extraction)	利用微生物提高資源開採效率，增加礦產萃取率，或改變油井條件提高開採量。	雖然已有利用生物技術提高資源開發效率的案例，但相關的研發及商業活動較少。	礦產及原油需求提高將有利於此技術發展。但因為開採現場屬於開放空間，微生物使用將受到較嚴格的限制。

資料來源：OECD(2009), The Bioeconomy to 2030；台灣經濟研究院生物科技產業研究中心整理。

## ■ OECD 生物科技發展策略與政策

OECD IFP「2030 生物經濟」針對前述未來生物科技發展趨勢，提出政策論點如下：

1. 為達成環境保護與永續發展之目的，生物科技研發資源應該增加配置在農業與工業領域之應用。對於開發中國家而言，未來生物科技主要貢獻(75%)是在農業與工業領域。
2. 生物科技在醫療保健領域之研究，必須包括對於社會面與制度面之衝擊評估，例如個人隱私權如何在藥物遺傳學與個人醫療資訊之研究獲得保障，以及由於再生醫學與個人化藥物的發展，將延長人類壽命、造成高齡化社會與人口結構變遷等議題。
3. 為因應全球化趨勢與挑戰，各國政府應以區域聯盟模式致力於：醫藥安全性與有效性法規協調、新興傳染病防治、研究資訊共享、動植物（包括作物、漁類、森林等）品種保護等國際合作協議。
4. 針對生物經濟發展，政府應以科技前瞻方法（運用民主程序以最大共識來決定優

先順序) 形成國家重點研究領域或重要研究主題(所謂的策略型基礎研究), 並針對重要研究主題提供市場誘因、政策補貼、法規配套、人才培訓等基盤建設, 以加速研發成果產業化。

5. 由於生物科技研發成果商品化具高度不確定性, 政府也必須以科技前瞻方法掌握未來發展之契機與瓶頸、模擬多種情境研提因應策略、建構可多方位發展應用之基盤建設等, 對於非國家重點研究領域或重要研究主題(一般學術基礎研究), 仍需挹注部分研發資源以利轉型發展或保持政策彈性。
6. 跨部會、跨領域之整合發展將是生物經濟之成功關鍵因素。
7. 政府應致力於營造一個知識分享、鼓勵創新、高度競爭之產業發展環境。
8. 對於生物科技的錯誤認知(全然反對或盲目支持) 將是生物經濟發展之障礙。不論是產品上市法規或是消費者疑慮, 政府應主動建立並不斷維持與廠商、民眾溝通管道。
9. 運用科技前瞻(Technology Foresight) 進行策略規劃, 建立長期發展生物經濟之基礎與準備。

## ■ 台灣生技產業發展現況與政策建議

台灣生技產業的發展現況, 從國內廠商於未來三年投資項目統計來觀察, 主要集中在保健食品、保養品、中草藥新藥開發、農業生技等領域(表 3); 目前有一些傑出科學家的研究發表與技轉案例, 但是在研發成果產業化發展還沒有顯著的成功個案! 這是因為台灣在醫藥、農業與食品領域沒有跨國性大廠或國際行銷經驗, 生物科技產業化發展先天基礎較先進國家薄弱。台灣生物科技研發成果在特定領域有所表現, 不過整體而言, 以科學文獻發表與專利申請數量雖不算特別突出、但與歐亞先進國家差距還不太大。只是研發資源投入分散各部會, 沒有整合運用, 無法達成綜效, 因此雖有部會溝通平台(方案)及跨部會的國家型科技計畫, 但跨部會協調能力與機制明顯不足! 台灣政府不分藍綠都支持生物科技發展(有優於其他新興產業政策的生技新藥發展條例、生技廠商可以較低門檻上市櫃籌集資金), 產業發展政策措施很多(例如鼓勵產學合作或是研發成果產業化等輔導辦法), 惟缺乏宏觀戰略思維及創造市場之法規策略。

相對於資訊經濟, 生物經濟對資源依賴性特別強, 在科技政策要求研發聚焦之前, 應就台灣特有的生物資源與資訊, 還包括自然資源、研發資源、廠商資源、市場資源、人才資源、醫療資源、甚至法規政策進行盤點調查, 充分掌握資源與資訊才能制定有效的策略規劃。此外, 提高政府、廠商、民眾對“生物經濟”重要性的認識, 運用科技前瞻方法以凝聚共識與整合資源聚焦發展。期待建構台灣

成為生物科技創新體系，以因應生物經濟時代之來臨。

表 3 台灣生技相關產業廠商投資動向調查

醫藥品		醫療器材		食品特化生技		農業生物技術		環保生物技術		生技服務業	
新藥開發／技術	34	生物晶片	4	機能性／保健食品	64	動物(畜禽)養殖	5	環保生物製劑	10	臨床試驗	4
藥物傳輸／設計	10	核酸探針	2	食品添加物	11	動物用營養添加物	15	生物復育技術	4	委託研發(CRO)	22
生物合成之原料藥	5	生物感測器	3	食品調味料	2	動物基因轉殖／複製	1	生物可分解材料	3	生產代工(CMO)	19
生技(蛋白質)藥品	15	生醫材料	11	發酵食品	20	畜禽水產用藥／疫苗	11	廢棄物資源化	7	實驗動物	2
中草藥	32	人工組織	3	食品用酵素	6	水產種苗與養殖	3	有毒廢棄物處理	2	實驗室儀器耗材	3
預防性人用疫苗	1	人造器官	2	工業用酵素	3	植物種苗	12	廢水處理	7	實驗室技術服務	13
治療性人用疫苗	4	檢驗儀器	10	色素及香料	5	植物組織培養	14	檢測分析技術／系統	5	種源(細胞)儲存	3
基因治療	2	診斷儀器	6	生技保養／藥妝品	38	植物基因轉殖	6	環保檢驗試劑	1	鑑定服務	8
細胞治療	7	檢驗／診斷試劑	14	生體高分子	3	生物性農藥	14	生物指標技術	2	合成服務	4
細胞與組織工程	3	治療儀器	4	生物性界面活性劑	2	生物性肥料	16	微生物抑制劑	1	定序服務	2
血液製劑	3	護理保健器材	5	生物塑膠／聚合物	3	菇(菌)類	10	海洋生物技術	2	生物資訊服務	2
生物學名藥	5	復健器具	2	農業用酵素	4	分子農(牧)場	1	生物能源	9	智財／技術鑑價	4
其他醫藥品	1	其他醫療器材	2	其他特化與食品	4	其他農業生技	4	其他環保生技	2	其他生技服務	3

資料來源：台灣經濟研究院生物科技產業研究中心於 2009 年 5~9 月之間大規模調查我國生技相關產業廠商，截至 9 月 30 日為止共有 202 家有效回卷，以上數字為回卷廠商勾選未來三年（2009~2011 年）要投資或經營之項目統計。

## ■參考文獻

1. OECD(2009), The Bioeconomy to 2030: designing a policy agenda, Organization for Economic Co-operation and Development, Paris.
2. 孫智麗(2006),「因應生物經濟時代來臨之科技發展戰略」, 台灣經濟研究月刊, 第 29 卷第 3 期, 民國 95 年 3 月。
3. 孫智麗(2010),「Bio-Economy 2030 生物經濟與科技前瞻」(專題策劃), 台灣經濟研究月刊, 第 33 卷第 3 期, 民國 99 年 3 月。