

就生物經濟的長期發展來看，有許多重要的因素將驅動著生物經濟的演變，包括外在環境的變動、制度面的調整與社會面的影響因子等，同時生物科技應用在農業、醫療保健及工業等領域，也促使生物經濟的形成。由於未來整個外在環境的變遷將提供生物經濟發展的舞台，也使得重大環境與社會變遷之衝擊得以舒緩，冀望生物經濟所帶來不可磨滅的貢獻，能大幅提升人類的福祉。

Bio-Economy 2030

生物經濟發展驅動因素

黃奕儒

隨著外在環境的快速變遷，在未來的20年間，包括已開發與開發中國家都將面臨在環境、社會與經濟方面的挑戰，例如開發中國家所得提升，導致工商發展、生態系統的過度開發，以及氣候變遷的衝擊等。在這些挑戰與變化之下，生物科技將孕育而起，並對醫療保健，以及資源方面的問題提供許多技術上的解決之道，同時生物科技應用在農業（即初級生產，primary production）、醫療保健(health)及工業(industry)等領域，也將促使生物經濟(bioeconomy)的形成。所謂「生物經濟」係指以生命科學與生物技術之研發和應用為基礎，並進行產品生產與產業發展的一種經濟型態。生物經濟的出現會是一個全球性的現象，同時也能符合永續發展與環境永續性的原則。根據OECD研究，在2030年生物經濟將含括三個主要的層面，包括：在基因與複雜的細胞程序(cell processes)方面的先進知識、可再生之生物質（或稱生質能，biomass），以及生物技術在跨部門間的整合應用。

就生物經濟的長期發展來看，有許多重要的因素將驅動著生物經濟的演變並影響其發展方向，包括外在環境的變動、制度面的調整以及社會面的影響因子等。本文主要的目的即在於探討這些可能影響未來生物經濟發展的關鍵因素，並希望能從這些關鍵因素的探討中，能更清楚的掌握未來生物經濟可能的發展態勢，以下將分別從外在環境面、制度面，以及社會面等不同層面進行說明。

觀察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，因此對生物技術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療保健生技方面的影響最為深切。

外在環境面因素分析

如前所述，未來整個外在環境的變遷將提供生物經濟發展的舞台，並衍生許多的商機與投資機會，進而促使生物經濟在未來扮演重要的角色。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、健康醫療成本上升的態勢，以及一些競爭性與支援性技術的發展等。

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、一釐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，而生物技術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，並帶動生物技術的應用，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%的人口缺少汙水系統。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汙染的整治，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。為了抑制健康照護成本的增加，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臺之藥品（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。

在競爭性與支援性技術發展方面，到2030年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。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。

上述的各項外在環境因素對未來生物經濟發展的影響分析，包括到2030年的可能情境、對整體生物經濟以及各產業的影響分析等（附表）。另外值得注意的是，上述各項因素對生物技術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，因此對生物技術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療保健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。

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%。

制度面因素分析

未來生物經濟的發展將受到三項制度面因

素的影響，包括公共部門對生技研發與人才培訓的投入、管制、智慧財產權，以下分別說明之。

（一）公共部門對生技研發與人才培訓的投入

公共部門（包括大學與研究機構）是帶動醫療與農業生技發展的重要因素，其提供了新科學與技術的開發，並產生了潛在的商業應用機會，同時也訓練了許多技術人才，對未來生物經濟的發展奠定良好的基礎。此外，藉由在特定研究領域的資金配置，公共部門也影響了未來的研究方向。例如，基於對生物恐怖主義的關切，美國政府增加大量的研究資源投入生物防禦方面的研究，從2001年的5.76億美元到2008年已經增加到54億美元，在不到十年之間研究經費增加了將近十倍。此一快速的研究資源增加，也使得許多從事生物技術的研究人員，從其他生物技術的領域，轉換到生物防禦方面的研究。

（二）管制

政府管制會影響到未來生物技術研究的方向、型態、成本等，藉由相關管制規定的建立，確保生技產品的安全性與有效性。管制措施會包含一些強制性、禁止性與暫停性等措施。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，例如美國因2001年的炭疽病毒的攻擊，而對涉及危險病原體的研究採取嚴格的管制措施。根據研究指出，因管制所造成開辦成

附表 生物經濟的驅動因素分析——外在環境面

驅動因素	2030年之情境	對生物經濟及產業的影響			
		生物經濟	初級生產	健康	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	更多的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、健康醫療及旅遊等方面的支出	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初級生產的接受度提高	人口與所得水準的提升將帶動健康醫療方面需求的成長	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	人口老化與勞動人口比例降低將使稅收減少，並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	開發中國家農業生產將逐漸機械化，並增加能源的需求	老年人口增加帶動健康醫療之需求；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	因開發中國家農業生產的機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能源的開發與減緩氣候變遷	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，並帶動生物技術的應用，包括疾病檢測、診斷、疫苗開發等	能源價格的提升與更嚴格的環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	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	飲用水與衛生設施的缺乏將增加部分疾病的發生	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
健康醫療成本	新技術的開發，將使全球健康醫療支出持續增加	對健康醫療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	為了抑制健康照護成本的增加，將增加可預防疾病發生的健康食品需求，同時研發以植物為原料之藥品，藉以降低藥物生產成本	降低醫療成本的壓力使健康醫療方面的研發活動減少，同時使昂貴的新醫療系統開發更為困難	工業生技將應用於潔淨水資源，並試圖減少疾病的發生
競爭性與支援性技術發展	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	計算能力的增加有利於生物資訊學的發展；不同研發活動間的資金競爭情況增加	精準農業與水資源保護技術開發	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；生質能源面臨其他再生能源的競爭

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。

本的增加約為1~400萬美元之間，而每年的營運費將增加10~70萬美元。這些成本的增加將使小型研究機構或廠商改變其研究方向。

(三) 智慧財產權

生物經濟相關的智慧財產權包括專利、商標與營業秘密等。專利保護提供生物技術開發者

更多的誘因投入創新活動，同時也必須注意隨著生物技術的開發，而適時修正其專利保護的規定。為了避免專利保護造成市場壟斷與潛在的負面效果，如何利用補充性與互補性機制，在專利保護的同時，能誘發更多的創新與知識擴散也是目前各方關注的課題。例如在農業生技方面，有關將遺傳物質移轉入植物內方面的專利技術超過上百種，因此一些關鍵技術的取得非常耗時且成本甚高，此時若能藉由一些智慧財產的合作機制，將可增加一些中小企業與農業研究機構的研究誘因。

社會面因素分析

公眾對生物技術產品的態度，是影響未來潛在市場的重要關鍵因素，而社會對生物技術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。舉例來說，大多數民眾對於生物技術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，因涉及到社會、倫理方面的議題，因此就出現許多不同的聲音。

此外，公眾對生物技術產品的態度，也會隨著新發現與媒體報導而有所改變，例如在歐洲、北美及日本，1990年代因當時公眾對基改作物的熱烈討論，使得對生物技術的贊成意見逐漸減少；而到了2000年以後，因媒體對人類基因計畫的正面報導，又使得民眾對生物技術的接受度逐漸增加。而各國對生物技術產品的接受態度也會有所差異，同時變化也非常快速，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，生物經濟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，藉由生物技術的應用，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，而生物經濟的出現對於人類福祉的提升，也將帶來不可磨滅的貢獻。■

（作者為台灣經濟研究院副研究員）

■ 參考文獻

1. Cambia(2007), Agrobacterium Mediated Transfer of Plants.
2. Dukes MNG(2008), Biotechnology Regulation in the Health Sector, OECD.
3. OECD(2008), Economic Outlook, Vol.2.
4. OECD(2009), "The Bioeconomy to 2030".
5. World Bank(2007), Global Economic Prospects: Managing the Next Wave of Globalization.