

前瞻未來日本糧食供應之科技情境

臺灣經濟研究院 / 農業科技前瞻小組 ◎ 李秉璋

日本政府自1971年開始實施「科技前瞻調查」以來，一向透過專家意見「德菲法(Delphi method)」進行未來20~30年科技發展動向的預測，以供政府訂定科技基本計劃之重要參考依據；近年日本面臨國際經濟動盪、高齡少子化、所得成長趨緩等重大挑戰之下，為了讓科技研發能量可以確實因應全球挑戰、對應國民實際需求，主導前瞻調查的日本文部科學省「科學技術政策研究所」，以將思維方向調整為「如何解決重點課題」，並強化「情境分析」相關研究方法，以期透過系統性的文字描述，充份闡釋從前瞻調查獲取之啓示，使研究人員和決策者都能深入理解科技發展所描繪的願景，促進共識凝聚、形成。

在文部省今年3月發表之「科技貢獻邁向未來之情境」報告書中，共列出12項代表性的未來情境，此報告除徵求專家群組進行情境撰寫之外，亦基於德菲法問卷調查結果，描繪科技對未來民衆生活的影響；另一方面，考慮到以往受訪專家多半為中高年齡層，有必要增加40歲以下年輕世代意見的參與，更新增「年輕研究者群組」提供不同層面的思維。

以下本文將彙整本報告書中，由名古屋大學生命農學研究所團隊主導之「糧食穩定供應」情境，藉由日本面對未來糧食問題的研發對策，提供我國因應方案之參考。

糧食穩定供應～兼顧國內與國外生產基地並開發革新增產技術

日本15年後的未來情境

「提高農地利用效率及產量」、「環境保護型農業」、「控制生長條件的設施農業」將成為日本國內農業發展重點；藉由單位面積產量與農地利用率一併提升的加乘效果，帶動都市近郊農業生產，增加日本農業生產量。至於國外農業生產基地，則進行抗逆境作物育種，根據當地環境特性開發低施肥、低污染農藥的穩定生產體系，並針對海外運送開發適當的收成後處理(post-harvest treatment，保鮮、防蟲等)技術。

日本30年後的未來情境

此時日本農地面積與單位面積產量均提高，生產力提升的主要關鍵為：一、作物成長期縮短，增加收穫次數。二、都會圈與都市近郊由於產業結構轉換與人口數下降，使得耕地面積得以擴大，出現企業營農、集落營農、家族營農等各種經營型態。此時農業將能對應消費者多樣化的不同需求，並讓農產品在生產、運輸、消費、廢棄各階段的能耗與成本都大幅減低。海外生產基地則利用日本開發的農業技術提高產量，已建立糧食穩定供應的體制。技術關鍵在於使農作物適應各地的環境條件，克服乾旱、鹽害、濕害、土壤酸化等問題。針對不同產地特性與

社會狀況，發展上百項抗逆境品種及栽培技術的整合套組，由於生產效率的提升，不僅能滿足當地居民的糧食供應，也能對應海外出口市場需求。

專家指出，日本的水田系統歷經兩千餘年的發展，可謂具備世界少見的優秀生產條件，值得充分活用作為世界糧食供應基地的一環；近年因生產調整政策使部分農地轉為旱作，但水田具有涵養水源的功能，為了使水田體系重生，水稻的單位面積產量必須變成現有的2倍。

在少子化導致人口減少，以及製造產業朝服務業轉型之下，未來城市地段將開始出現閒置住宅區與工業區，此時工業用水的需求已大幅降低，有多餘水源提供農業使用，都市地區轉換成農地使用變得可行。考量都市「熱島效應」氣溫較高，可發展耐高溫高濕、光合作用效率高的C4作物（如玉米）用於家畜飼料；至於價值較高的花卉、蔬菜產品等，則採高度環境控制的設施栽培。

這些生產設施的能源將來自於太陽和畜禽業廢棄物，畜禽排泄物除用於製作有機肥料之外，也經由發酵程序生產沼氣以供發電。由此可見，市區近郊的畜牧、酪農業會扮演「循環型農業」的關鍵要角，新型態的糧食供應體系不但能大幅降低成本與能耗，都市居民也可以從中接觸農業，享受地產地消的新鮮食材。

今後重要研發課題

一. 培育理想型態 (ideotype) 的客製化品種

為利於基因標示選種，各種農、畜動植物其影響生產特性的基因都必須充分瞭解，同時研究生長環境所造成的交互作用，以盡可能發揮基因的特性；為了方便技術推廣，相

關資訊應整理成簡易的套組技術，使農家容易取得並生產符合市場喜好、需求的產品。

二. 提高作物生產力

就水稻部分而言，現今生長期較短的品種則乾穀產量較低，所以開發單位面積產量能加倍的新品種，其在全球暖化氣候條件下還能保持優秀口感、品質，即使價格為國際水準2倍仍具市場競爭力；另一方面高收、省工的「飼料用稻」體系亦為可行方案。除水稻以外，則發展能周年利用水田的大規模輪作體系，並強化小麥、玉米、大豆的耐濕性，使其在水田厭氧環境下也能生長。

三. 活用休耕地，以纖維素生質燃料技術開發能源作物

高粱、蔗草（蔗茅）、甜菜、甘蔗是較具潛力的能源作物，雖然「與糧爭地」為生質能源飽受批評的問題，然而對於有大量休耕農地的日本，栽種能源作物反倒能保存農業生產基盤；關鍵仍在如何提升效率以及纖維素轉換技術。

四. 確立設施栽培與畜產生產體系

藉由電腦環境控制技術的演進，蔬果設施栽培的能耗與操作成本都大幅降低，配合光利用效率高的新品種，使收穫量大幅提升。在畜產方面，為了能在市郊就近經營，畜舍環境綠化與臭味控制技術是必備要件，家畜糞尿、廚餘、食品產業廢棄物等有機廢棄物的資源化（特別是做成肥料）也有迫切需求。

五. 開發抗逆境農作物

能抵抗嚴苛環境條件並維持高生產力的作物，對於開發中國家的農業生產有莫大助

益，可用以建立糧食海外生產基地；因水資源缺乏恐將成爲最顯著的問題，除了一方面開發水利用效率高的植物品種，也需要高效的灌溉技術。研發重點項目爲稻、玉米、大豆、樹薯、甘藷、馬鈴薯等主食作物，食用作物之外，生物可分解塑膠與生質酒精亦會日漸受到關注。

六. 畜、禽、水產生產技術的演進

隨著肉牛、乳牛人工授精技術普及，導致自然繁殖率降低，進而影響生產效率；且人工授精使用的篩選方法，有造成近親交配、冷凍精液中有害基因累積的疑慮。故未來的育種目標除著重肉質、乳量之外，也要克服潛在的負面效果。目前品種由美國完全掌握的肉雞、蛋雞，則開發日本型優質品種。此外，由於海鮮爲日式傳統飲食中不可或缺的要素，主要食用魚種均應開發完全養殖技術，以達成捕撈漁業轉爲養殖漁業的全面替換。

必要之基礎研究課題

一. 評估基因型、環境、生產技術間的交互作用

由於農作物所表現出的特性，常受多組基因與生長環境、種植技術的複合影響，透過研究由數量基因座 (Quantitative Trait Loci, QTL) 與環境間的交互作用，再配合基因標誌選種，將是實現革命性作物改良的關鍵；因此解析基因機能與其運作機制，以及水、土壤等環境參數的量測均爲重要研究方向。

二. 作物、家畜的基因體研究與後基因體 (post genome) 研究

在不人為基因改造的前提下，基因體研究與後基因體研究有助作物品種快速改良、

提高家畜乳量及換肉率，瞭解生理機制與基因功能之間的關係至爲重要。

三. 病蟲害防治技術所需之基礎研究

減少病蟲害造成的農損，其意義就相當於作物生產力的提升，以往農藥的效用多半以消滅病原菌與害蟲爲主，因而產生藥物殘留、環境與生態系污染等問題，甚至引發抗藥性新型病蟲害；21世紀的新世代農藥，開發焦點將逐漸轉向「生物性農藥」與「植物免疫力強化劑」等方向，由於目前的有效配方並不多，有必要推動相關基礎研究，如病原菌、害蟲侵害植物的生理機制或植物產生抵抗力的機制。

四. 魚類與無脊椎動物繁殖的生理、生態相關研究

人工養殖鰻魚、鱒魚等以及蝦、蟹、鮑魚等高價值水產，應進行和繁殖相關的生理、生態基礎研究，特別在生殖賀爾蒙、神經系、人工飼料開發、攝食習性等方面。

及早預測趨勢動向，方為確保糧食安全不二法門

我國與日本均爲低糧食自給率之海島國家，面對國際情勢、氣候變遷詭譎莫測的未來，及早進行情境推演勢在必行，實可多加運用我國擁有之卓越農業技術及人才，考量臺灣地理、氣候、產業、經濟動向等特性，研擬階段性、策略性目標，以確保今後國民能持續享有高枕無憂的優質飲食供應。

參考資料

平成21年度科学技術振興調整費調査研究報告書—科学技術が貢獻する將來へのシナリオ；文部科学省科学技術政策研究所；2010/3