



日本第十次科技前瞻之農業課題初探

李宜映¹ 蔡偉皇¹

一、前言

聯合國農糧組織（FAO）2017年發布「全球食物危機報告」，指出氣候變遷對全球糧食生產的影響越形加劇。糧食安全衍生的相關議題，例如糧食自給率、全球糧食供應

鏈、糧食價格變動，以及市場交易調節等問題，考驗著各國農業決策者，如何發展因應氣候變遷之農業調適策略。

身處東亞龍頭的日本也同樣面臨氣候變遷、人口結構改變以及環境資源的耗用等危

機，21世紀，日本農林水產業面對之挑戰在於日本的人口開始減少，預估於2050年時，人口數推估約為9,500萬，且2050年時65歲以上人口占比將直逼40%。依農林水產業屬於群聚依賴性高的產業來看，日本國內的走向，當務

註1：台灣農業科技資源運籌管理學會。

註2：行政院農業委員會科技處。

之急是重視可實現且永續之區域性農林水產業。近年來，農林水產業不僅為糧食、食品之原料，亦開始被視為能源原料之產業，因此需要建構以區域、糧食、能源、經濟為要素之區域經濟模式，以及實踐該模式之策略及戰術。

日本科學技術學術政策研究所（National Institute of Science and Technology Policy, NISTEP）長期扮演日本國家科學創新政策智庫，半世紀以來持續以定量及定性研究方法，進行系統化國際資訊水平掃描，組成專家小組，研析巨量資訊所帶來的趨勢先兆，據以擘劃未來社會願景，並評估技術與社會實現的可能時程，描繪相應情景，每5年更新一次的科技趨勢前瞻報告。

二、日本國家科技創新政策架構與形成

日本內閣每5年規劃國家科學技術基本計畫，現今已進展到第5個科學技術基本計畫（2016～2020年），各階段較大不同在於第一個5年計畫（1996～2000年）開始建構新的科技研發體系；第二和第三個5年計畫（2001～2005年，2006～2010年）選定特定領域，如生命科學、物質及奈米技術、資訊通訊、環境等領域重點補助，但忽略基礎研究如數學領域的資源挹注，以致在銜接大數據分析的數學基礎研究上較為薄

弱；第四個5年（2011～2015年）著重科技研發解決社會經濟議題的目的扣合；第五個5年進一步提出具體的發展願景「Society 5.0-Super Smart Society」（超智能社會），並且要求科技研發應界定其績效指標及可量化目標。

日本科技創新委員會（Council for Science, Technology and Innovation, CSTI）提出日本社會正處於高齡化、少子化情勢，社會安全支出成為國家沉重負擔。對此，科技課題應聚焦在以下重點：（一）建立超智能社會，即能夠極細膩對應社會各種需求，所有人都能受到高品質的服務，跨越所謂年齡、性別、地域、語言等種種差異，過著生氣勃勃且舒適的生活；（二）整合競爭型經費與大學研究量能；（三）促進開放創新；（四）鼓勵中小及新創公司創造新商業型態。

科學技術學術政策研究所創設於1988年，隸屬日本文部科學省，屬日本科技發展智庫研究單位，負責在國家政策下提供科學技術預測報告與科學基盤研究等證據資料，協助日本科技創新委員會制定日本國家科技創新政策。NISTEP研究共分成4大研究群：第1群為理論導向研究群，以經濟學家為主，研究科技對經濟與社會的影響，以及科技研發提升體系的建立；第2群為政策導向研究群，著重科研人才調查、產學鏈結及區域

創新；第3群為科學技術學術基盤調查研究室，調查分析已發表的學術文獻，提出科研地圖及政策建議；第4群為科學技術預測中心，應用策略規劃工具，調查專家及地方意見，提出科學技術預測報告。NISTEP會定期向日本科技創新委員會報告，並將前瞻活動的成果提交給科技政策委員會，作為其訂定日本第三次科技基本計畫之參據，顯示日本前瞻主要改變為前瞻活動並與決策制定緊密結合，讓前瞻活動的成果能更有影響力，並對未來社會發展更具貢獻。

三、日本科技前瞻調查方法與流程

綜覽日本NISTEP機構進行科技預測調查之歷程（1971～2015），可明顯發現前瞻分析著重於情境設定與社會經濟需求面的結合，如第十回預測報告側重在全球化視角下，日本社會如何在連結的國際網絡社會中，規劃未來社會情境相關的議題提煉及對策方向，並提供包含科技創新及科技外交的戰略規劃。第十次的前瞻活動NISTEP的應用研究方法除了德菲調查法、情境分析、水平掃描（Horizon Scanning）外，更強調區域間不同利害關係人的資訊互動交流，因此舉辦不同層級的區域工作坊（Regional WS）聚焦前瞻議題。由前述可略知日本相較於其他國家更善用德菲調查法，其主要原因是認為德

菲法可帶來下列效益：（一）在採用德菲法下，科學及技術社群必須定期思考主要的科學技術應用趨勢，同時考量重要社經發展下之技術發展優先順序及可能阻礙。（二）德菲法可引進外部科學專家參與，並提供資訊協助政府進行改善，同時預測未來對於基礎建設的需求。（三）德菲法可協助處理較廣範圍的主題，包括新領域或跨領域的科學。

除了德菲問卷調查以外，情境分析亦為多數國家輔助調查前後的整合工具。情境可以作為在促進專門小組間開始討論以產生創意之工具，引領其論證及測試政策之強健程度，或可供作前瞻結果與廣泛大眾溝通之演講載體。在第十次前瞻活動中，經德菲法調查結果後，日本專家先共同建立幾個社會發展的願景意象，包括連結的社會、知識型社會與服務導向、健康長壽社會等，並邀集產官學研透過多次的研討，建立其促成意象社會形成可能所需關鍵技術群，例如開放性資料（open data）、大數據應用、決策支援體系、人工智慧、資料科學等，在技術發展的同時也必須納入倫理、法律、社會影響之因素，以保障科技發展對國家安全的保障。最終針對所取得的情境規劃主題，包括製造產業、服務產業、資訊通訊、健康及醫療資訊、區域資源、農業及糧食、韌性基礎設施，以及能源、環境、資源等，進一步以區域工作坊方式，導

德菲調查 (關鍵議題)	情境分析	水平掃描 (趨勢分析)	工作坊	報告形成
1.資訊通訊與分析 2.健康、醫療、生命科學 3.農林漁業、糧食 4.太空、海洋、地球及科學基礎設施 5.環境、資源、能源 6.材料、設備、系統 7.社會基礎設施 8.服務導向社會	1.願景：未來社會意象 2.技術：促成改變所需的技術 3.情境：應考慮的主題規劃	1.低碳社會 2.高齡化社會 3.全球化等	1.區域 (選取4城鎮) -產經學研專家、社會組織、市民代表 -地方政府 2.技術 (邀請制) 各領域技術專家 3.整合 (策略規劃) 整合利害關係人，發展策略	-結論 -建議

圖 1. 日本第十回科技前瞻調查流程。

入利害關係人的參與，以獲得整合性的共識意見（圖1）。

四、日本農業前瞻願景與科技議題

在日本第十次的科技前瞻調查活動成果中，農業課題包括5項領域，17項次領域，130項議題。（表1）

綜整日本130項農業前瞻議題可歸納出最關注的重點，在於打造具有「可生產高附加價值食品、提升生產性，及確保生態系服務的永續性」之地域活性化為目標，其2030年期望在能生產具有競爭力的農林水產品，藉由智慧物流，將日本的「美味」食物銷售至世界。達前述目標的重點研究課題可分為3大面向說明：

（一）活用地方資源的糧食

有鑑於開發中國家的人口增加及經濟發展，但其生產基礎建設未有進展、全球性的穀物收成量停滯，再加上地球暖

化影響而頻發生氣候異常，使得全球穀物生產停止成長，糧食安全保障成為日本的重要課題。因此日本希冀透過科技，打造戰略性的機能性農林水產品，即藉由各種感測器等ICT技術監測作物狀態以控管品質，並生產地方特產農作物及提高品牌設計，俾利於活化區域的糧食資源，創造農林水產品其附加價值。因此在本次德菲科技前瞻議題調查中，備受重視的課題至少包括：1.以農產收成量數據及氣象歷年資料為整合基礎，結合季節預測及區域氣候變遷模擬，發展年產量預測技術；2.針對農田、家畜欄舍及水產養殖池塘等環境及生物資訊，開發即時感測網絡，以偵測如禽流感等生長異常、有害生物、傳染病情況；3.應用內生菌（共生植物細菌/菌類）技術強化作物生產；

表 1. 日本農業領域科技前瞻議題分類與調查數目

領域	次領域	議題
農業	先進生產、作物發展、病蟲害防治、生物質利用、環境保護	44 項
糧食	先進生產、配銷及加工、食品安全、食品機能	17 項
漁業	資源保護、養殖和生產、環境保護	21 項
林業	先進生產、生物質利用、環境保護	15 項
共同	資訊、其他	33 項

資料來源：日本 NISTEP 第十回科學技術預測調查（2015）。

4.整合地下水位控制系統、多樣輪作、ICT技術，應用於發展高生產力稻田農業；5.可彈性適應氣候變遷之露天栽培與設施栽培最佳化系統；6.利用藥物化合及功能性聚合物技術，提升植物、蠶、牛羊乳之效率生產；7.發展對環境無影響之基因修飾植物，以及運用基因組編輯生產高品質、高產量作物的技術；8.運用大數據分析，開發特製化機能性食品（如防敏、抗老化、防咀嚼功能退化等）。

再者，為了迎接2020東京奧林匹克與國際身障運動大會，與農林水產品、食品產業的戰略性海外擴展，建立國際食品市場差異化，日本將「美味」食物的科學研究與配銷策略視為重要前瞻課題，期透過味覺、香味感測器以進行成分分析，並應用腦科學、神經科學、飲食文化史等科學，能闡明「美味」、「口味偏好」，

以做為未來地方飲食文化推廣的基礎。其與味覺科學化相關的前瞻議題尚包括：1.善用全球暖化效應，於日本本地進行熱帶及亞熱帶水果商業化種植與配銷的技術；2.控制水果整體品質及味道的技術，如應用基因組學、蛋白組學技術，控制柑橘、蘋果、梨水果的品質及風味；3.整合認知科學、語言學、化學總體考量味道/香味/質地等味覺表達之研究成果，並建立國際性資料庫；4.開發水果品質（含成分、物理屬性、成熟度）現場即時量化分析系統。

為能使食品能夠流通全世界，日本也視食品物流及保存的高度化為重要前瞻課題，其相關前瞻議題如：1.利用實用機器人處理可食用魚去骨程序；2.開發物流過程易腐食品無須冷藏可保存1週之技術；3.建立以食物鏈為標的之食品安全防護系統，預防食品遭受

危險物質、細菌污染；4.整合基因組學、蛋白質組學及化學分析，建立行動分析系統，以對未加工農產品進行現場品質驗證。

（二）提高地方生產性與持續性的活力

日本有感環境負擔增加、水資源枯竭、土壤鹽類累積等嚴重的問題持續發生及發展。為打破此種情況，有必要建立永續經營之農業系統，如環保型及生態調和型農業經營模式，並導入ICT技術（如感測網路）發展智慧農業，希冀能實踐永續且高效率的農林水產業，並建構吸引消費者或青農回留地方的機制，其相關的前瞻議題包括：1.開發穿戴式微型電腦系統，協助農民及時查詢昆蟲病害防治對策、可用農藥，以及生產溯源追蹤功能；2.建立高品質水果（橘子、蘋果）無農藥生產系統；3.發展永續整體的耕作技術，專注建立有害生物防治的農業生態系統；4.利用資通訊技術及微型光學裝置，開發作物高通量表型量測系統，量測範圍可達從X光至兆赫波的EM輻射光譜；5.從生產為中心的農業轉型到減輕環境負擔的農業技術，包括考慮減少農藥使用時機、控

制甲烷及一氧化氮排放等措施；6.利用植物及微生物，發展土壤內含戴奧辛、重金屬、微量金屬等有效移除及提煉技術；7.確保永續水產業的漁獲高度管理技術；8.完善規劃森林環境，以發展具有強化身心放鬆效果生理識別基礎之森林療癒。

（三）支持地方的人才培育

日本對於未來新農業型態而言，最必要的是人才的培養與產、學、官合作網絡的強化，因此培育具有ICT、基礎建設、經濟、經營等農業之外多元領域知識，具有連結各地方能力的人才為重要課題。其相關前瞻課題包括：1.建立及示範永續農業市場導向商業模式，垂直整合初級、次級與三級產業，創造附加價值，提高農、林、漁業之產業成長；2.發展循環導向的地方社區，透過城鄉合作促使氮循環有效運作，減少對流域環境的衝擊；3.發展系統化元件技術，以地方資源優勢發展智慧農村（如以自然能源為基礎，垂直整合初級、次級和三級經濟活動，建設永續農村，將先進栽培設施與科技導入農業生產、結合食物加工及菜單設計促進

區域健康、連結健康照護場所，供應醫院護理餐食）。前述可知跨領域的人才被培育之任務，其需具有農林水產等知識，能在於地方推廣農林水產業的ICT化，甚能具有各種國際標準、智慧財產相關知識及技術，充分理解地方特色與優勢，並向世界傳播。

五、結語

NISTEP第十次科技預測調查，明顯地納入產官學研及地方的相關利害關係人觀點，方法設計上亦整合量化及質性方法，提供科技預測報告書作為科技決策支援證據，並透過討論會、工作坊等正式與非正式互動，與政策制定者維持密切溝通，發揮科技智庫功能。闡明第十次的科技前瞻議題當中，可發現日本強調智慧社會，因此科技也向4.0概念走，傳統農業已將邊緣化，思考方法皆以大數據、

IoT為基礎。另一方面，由於基因編輯技術的突破，使得基改議題被重新思考納入日本未來科技前瞻要點中，無論植物、畜產，甚至是病蟲害防治等範疇，可見到討論其應用發展可行性之議題，但是也包含了環境影響與安全性之面向。對於農業整體發展上日本科技將強調品質為其優勢，安全、美味、機能皆為品牌特色，並將味覺科學發展為一新的領域。最重要的是日本在本次前瞻活動中很重視地方性產業發展，其可能是配合更高階的政策目標（如平衡城鄉差距、汙染資源應用、降低人口變遷等政策）所做的規劃，政府、自治單位、官方研究機構、企業、業界平台組織、學協會、大學與其他人才培育機構，甚至金融、投資機構與市民、NPO團體都是重要的利害關係人，得以建立推進永續農業的協調架構與共識，以上的前瞻策略規劃很值得臺灣省思與效法。

（參考文獻請逕洽作者）

