

日本 2023 創新農業戰略研究報告

為了提升農業生產力同時維持環境生態的永續平衡、因應全球暖化、保障國家糧食安全、以及促進農作物海外出口，日本農林水產省以中長期的觀點，每年提出最新創新研究開發技術，以及解決生產現場所面臨問題之綜合型研究開發戰略。

本戰略除了依循日本農林水產省每年所制定《糧食・農業・農村基本計畫》內容，今年特以「加速實現綠色糧食戰略之研究開發」、「因應勞動力人口減少，加速智慧農業發展」、「永續健康飲食」、「生物經濟發展之研究開發」等四大主軸為重點研發方向。除了作為未來研究開發環境之前瞻方向外，並強化產官學合作據點與新事業開發支援，以及與其他產業相互鏈結之應用方向。

其《日本 2023 創新農業戰略研究報告》內容概要主要分成四大部分：

1. 加速實現綠色糧食戰略之研究開發

- (1) 淨零碳排之研究開發
- (2) 降低化學農藥使用量之研究開發
- (3) 降低化學肥料使用量之研究開發
- (4) 強化農業生產力之研究開發
- (5) 加強對先端技術的認識

2. 加速智慧農業發展，以因應勞動力人口減少問題

- (1) 推動智慧農業發展

(2) 推動智慧林業發展

(3) 推動智慧水產業發展

3. 落實永續健康飲食

4. 生物經濟發展之研究開發

(1) 精密基因編輯技術之開發

(2) 應用生物機能，創造高機能的生物素材

(3) 新型動物疫苗之研究開發

(4) 擴大改良木質素之應用

詳細報告:如附件

資料來源: <https://www.affrc.maff.go.jp/docs/press/230609.html>

附件：日本 2023 創新農業戰略研究報告

一. 日本 2023 創新農業戰略位置

- 為了提升農業生產力同時維持環境生態的永續平衡、因應全球暖化、保障國家糧食安全、以及促進農作物海外出口，日本農林水產省以中長期的觀點，每年提出最新創新研究開發技術，以及解決生產現場所面臨問題之綜合型研究開發戰略。
- 由於氣候變遷導致災害愈發嚴峻，加上人口老化導致從事農業人員逐漸減少，對此，日本農林水產省於2021年5月訂定「綠色糧食戰略」，目標以創新模式，共同實現提升農業生產力與環境生態的永續平衡為宗旨，集結國立研究開發機構、大學、民間企業等研究單位長年所累積研發能量，共同開創新型技術。
- 由於農業研究所涉及領域較廣，為取得更豐碩成果須強化跨領域鏈結，除了拓展新技術應用，結合跨領域的專業知識與技術，並積極導入與融合，讓現有技術之中，摸索出創新技術之路。然而，跨領域技術即便再卓越也無法如火炮製於農業之中，因此，最重要是須從使用者反饋，靈活地反覆改善，創造適用於生產現場所需的技術。
- 為實現「綠色糧食戰略」，落實「強化糧食安全政策綱要」所提出各種政策措施，藉由跨領域的合作，進一步強化研發能力，打造創新技術，並在「糧食、農業、農村基本法」的驗證與修正基礎下，共同建立提升農業生產力與

環境生態的永續平衡，落實智慧農業之實際應用。

- ◆ 本戰略站在國家政策規格，與農林水產省部會一同致力於產業改革，使農業成為更先進且具有魅力的產業，並積極促進有意願者加入，大力推動農業創新研究。

二. 農業相關研究與近期社會、經濟和政策之情勢

1. 糧食安全的趨勢變化

- 日本現行「糧食、農業、農村基本法」自1999年施行以來，以農業永續發展和農村振興作為基本理念，期許能為日本全國人民帶來穩定糧食供給與發揮農業、農村多功能面向。
- 新興國家與發展中國家人口急速成長當中，自1999年全球人口約60億人，時值2022年已超過80億人。隨著人口成長，全球糧食需求也不斷攀升，然而，由於農業受制於自然條件變化，影響了作物生產量的波動，造成豐收時產量暴增或歉收時價格攀升的極端現象。
- 自2022年烏俄戰爭以來造成人為性農作物歉收，對全球糧食安全產生重大影響。同年12月，日本制定「強化糧食安全政策綱要」，內容明確指出以國內資材取代國外進口，以及擴大對進口依賴度高的小麥、大豆、飼料作物之生產為目標，企圖擺脫對進口的過度依賴，進行一波結構轉型，強化國內供給能力。
- 日本農林水產省於2022年9月透過糧食、農業、農村政策委員會設立基本法查核小組，針對現行「糧食、農業、農村基本法」制定後的農業結構變化，以及未來20年議題應調整基本理念和政策方向性進行深入檢討，並將其內容彙整公開於期中報告。

2. 推動綠色糧食戰略

- 農業受到氣候變遷的影響，導致農作物因高溫品質下降，以及嚴峻災害造成農作物的損失，為農業生產與未來帶來更多不確定性。
- 隨著全球極端氣候頻頻發生，加上新型動植物病蟲害蔓延必須充分加以戒備。
- 全球溫室排放(以下稱「GHG」)中，農業佔了23%高比例，卻也為碳吸收唯一產業，扮演碳中和重要角色。日本國內外正積極研究GHG削減、生物炭、菁英樹、藍碳等相關技術之研發，期盼能為未來創造淨零碳排新經濟。
- 日本農林水產省於2021年5月制定「綠色糧食戰略」，以創新模式共同實現提升農業生產力與環境生態的永續平衡為宗旨，揭示2050年實現農業淨零碳排、降低化學肥料與農藥使用量等14項策略目標，致力於創新技術的研發與生產體系的建立，以及未來落實於社會應用之藍圖，此外，於隔年2022年6月訂定2030年KPI，作為此戰略的期中目標。
- 為實現此戰略目標，日本農林水產省自2022年7月頒布《綠色糧食促進法》，在友善環境的基礎下，建構穩定且安全的糧食系統，降低環境負荷，並針對從事此項目的新技術研發和推廣、企業活動等，建立認證制度，提供機械和設備導入所需的特別稅制。

3. 國內外建構永續健康糧食系統之動向

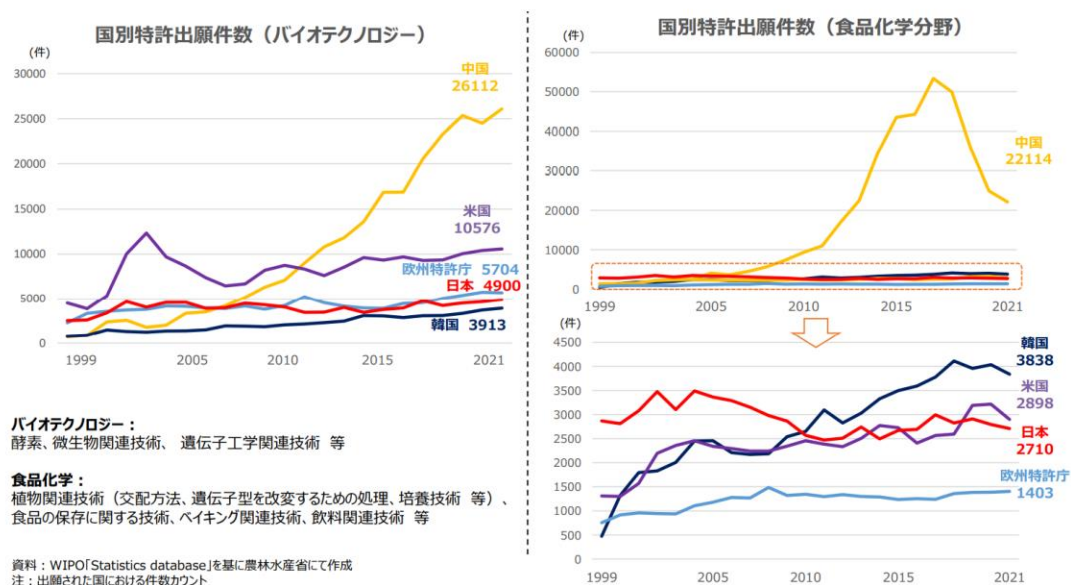
- 有關國際間建構永續健康糧食系統的動向，FAO/WHO於2019年公布「永續健康飲食方針」。美國政府於2000年公布以增加農業產量，亦不造成環境負荷兩全為目標的「Agriculture Innovation Agenda」創新議程。歐洲方面於2000年提出從生產到消費的永續糧食系統之「Farm to Fork Strategy」戰略。另一方面，自2021年9月召開聯合國糧食高峰會後，有關全球環境保護、永續糧食系統等議題，在日本國內外引發熱議。
- 隨著全球對於永續健康飲食需求逐漸增加，除藉由基因解析、AI數據解析技術的提升，闡明食物機能性外，其他包括腸道微生物群數據的蒐集、因應個人體質的飲食研究、抗老化與食物之間關連性、複雜的飲食成分分析技術等相關食物研究正在國內外進展中。

4. 加速擴大生物產業市場

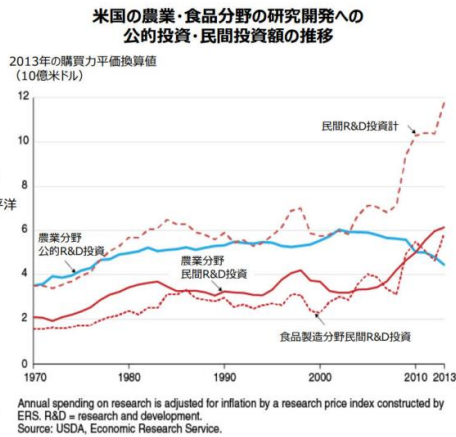
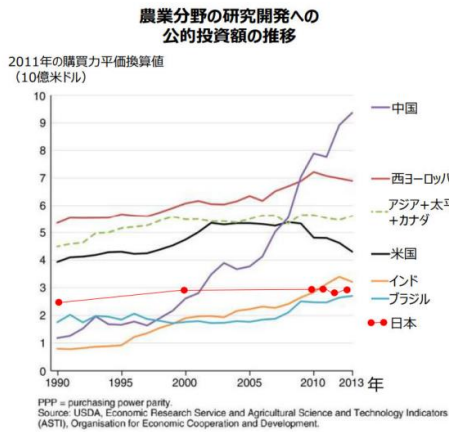
- 有關發酵和釀造技術廣義的生物產業，在日本約有57兆日圓的市場規模。即使在比較限縮的基因組重組技術、生物分子解析技術等先端技術的產品與服務，其市場規模也有3.6兆日圓。預計未來5年，日本國內生物技術產業推估年均7%左右成長率^注。（注）資料來源：日經生物科技
- 日本生物技術產業牽動民間企業：其包括健康與醫藥、材料與科學、環境與能源等產業活動。此外，現今具有規模的生物相關事業正在推展中，未來應更加重視其他領域成長狀態。
- 2021年美國有關合成生物技術的民間投資額已達2兆日圓，中國決定在生物技術領域的研發，策略性投入超過11兆日圓的投資額，對此，可洞見國際間競爭將白熱化。

5. 農業研發能力趨緩

- 有關基礎生命科學包括農業科學在內的論文比例，以2019年為例美國佔25%、日本為2%。日本的基礎生命科學的論文數，自2008年達到高峰後開始下滑，其中值得關注的是中國，自2012年提出的論文數位居全球第二後，隨之大幅成長。
- 有關生物技術領域的專利申請，2011年中國超越美國位居第一。有關食品化學領域，日本的專利申請有減少的趨勢。



- 關於農業研究預算方面，日本的國家公有投資額少於美國、中國，僅維持過去水準。另一方面，中國、印度等新興國家，近年來則有擴大投資的傾向。其中值得關注的是中國的農業研究開發費用主要由國家公有單位投資，其投資額近10年來增加3倍，反之，美國則是由民間投資為大宗並逐漸增加當中。



- 国際間的農業研究開発の競争性逐漸白熱化。以2021年農業食品科技的投資金額來看，美國投資210億美元，比其他主要國家高出許多。相較於中國投資73億美元、德國為30億美元、英國為13億美元。日本的數額微乎其微僅4.6億美元。
- 以色列的國家公有投資總計投入 210 億美元，加上國內新創企業共同投資，設立，成功扶植10家新創公司。其中更以Yozuma^注模式受到世界各國矚目。

(注) Yozma在希伯來語中的意思是開創、主動的意思。
- 迄今為止，基礎研究為支持創新突破研發能量的底蘊，然而，近年來日本的公家試驗單位研究經費和研究人員卻呈下降趨勢。其原因主要來自公有機構仍存有諸多問題須待解決。例如，國立研究開發法人農業暨食品產業技術綜合研究機構(以下簡稱:NARO)等國家級的研發單位面臨研發環境與設備老舊等潛在問題。
- 由於品種培育在人力上和資金上皆需大量成本投，在日本的公有投資則有減緩的趨勢。其品種登錄申請從 2007 年達最高峰 1,533 件後，至2020 年

已減半至 740 件。申請數遠低於中國，更不及於韓國。

- 呈上，利用高精準度且低成本的AI性狀預測育種，以及大數據育種，研發完善且強化育種技術，以大幅縮短品種培育期之趨勢已不可逆。對此，日本農林水產省於2022年12月制定《綠色品種培育方針》，其內容揭示主要標的作物的育種目標和發展課題，並針對完善智慧育種與強化基礎目標與研發階段方面，加以整理。
- 由於新品種的培育對於「綠色糧食戰略」佔有重要一席之地，因此在面臨氣候變遷與糧食安全等外在環境的變動，更需憑藉產官學共同致力於此項目標。
- 有關「綠色糧食戰略」的主要作物 - 稻米、小麥、大豆，已具備約有1萬多的基因資訊與栽培特性結合的育種大數據，因此，為持續推行AI育種的研發工具，已將農業有用基因目錄化。
- 根據日本內閣政府的創新戰略促進計畫(SIP)所提出的基因的核酸序列差異性，預測個別性狀，以及有效選拔優秀的個體基因組之育種API，建構「數位化育種平台」。藉此，不只主要穀物，同時也增加蘋果和柑橘等蔬果類別的品種培育。更重要是藉此大幅提升日本國內研發能力，創造國家研究機關與民間企業等多項服務性。

6. 森林、林業、木材產業之現況

- 日本為全球數一數二的森林王國，戰後人工造林資源直至今日已來到可充分應用的階段，故此，日本政府推動諸多措施，協助林業與木材產業發展，其結果擴大國產供應量與增加林業收入等成果。然而，由於立木銷售收入仍無法平衡植樹造林成本。因此，重新造林仍處於未被考慮狀態。
- 自日本內閣政府2021年6月決議「森林、林業基本計畫」以來，憑藉新技術發展新林業、強化木材產業之競爭力、充分掌握建築木材的新需求、促進重新造林的森林管理最佳化等措施，進一步促使森林資源永續應用，實現2050年碳中和之目標。
- 依循「森林、林業基本計畫」和「綠色糧食戰略」之設定宗旨，明定解決森林、林業、木材產業相關議題與技術之研發方向。除此，於2022年3月制定「森林、林業、木材產業與技術研發戰略」，並依循此戰略計畫推動相關研究與技術發展。

7. 水產業之現況

- 自2018年日本修訂《漁業法》，進行一波水產政策改革後，藉由水產資源最佳化管理，拓展了水產業的未來性。然而，隨著最大產量基礎資源評估，實施數量管理後，成果佳績持續上升，卻也面臨漁業、養殖業的產量變化、漁民減少，以及因海洋環境的變化影響主要魚類漁獲量減少等挑戰。
- 2022年3月日本內閣政府決議新「漁業基本計畫」，其目的主要因應海洋環境的變化，實施漁業資源管理，同時推動複合型漁業和大規模近海養殖體系，促進漁業產業振興。目標恢復2010年444萬噸漁獲水準。
- 依循「最新水產養殖基本計畫」所提出內容，以科學洞見之下，推動新型資源管理，並建構養殖用的人工種苗生產技術、開發魚粉替代原料、促進漁船碳排等研究開發。除此，利用先端ICT、AI等技術，促進水產資源評價最佳化，並藉由智慧水產應用技術，節省勞力並提升其效率，進而增加漁產品的高附加價值與產值。

三. 重要研究開發

1. 加速實現綠色糧食戰略之研究開發

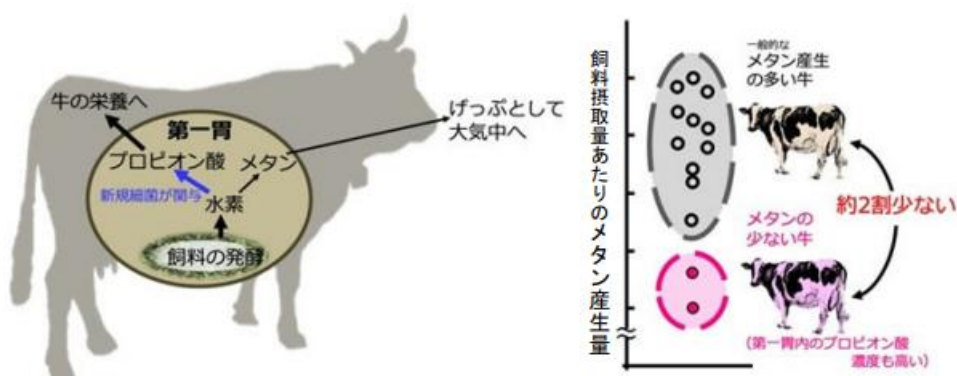
- 為實現2050年「綠色糧食戰略」之目標，現階段以促進現有技術落實於社會應用為首要，其次在2040年前依序實現創新技術的研發和建構新生產體系，最後以2050年為終極目標，將其技術與體制加速落實於社會應用。故此，應妥善應用由農林水產省提出相關計畫項目、內閣政府的SIP計畫、銜接研發技術與Society 5.0之間的BRIDGE計畫、射月型研究開發制度、國立研究開發法人新能源與產業技術綜合開發機構綠色創新基金等國家型計畫資源，以有效支援各項創新研發。
- 目標至2030年，廣結國家研究開發機構、大學、民間企業等專家學者，加強現有智慧技術之推廣，強化新事業開發，同時不間斷投入可提早實現創新技術的研發和建構新生產體系。
- 呈上，雖日本日本國內最大國家型農業研究機構-農研機構(NARO)、在生命科學領域強項的理化學研究所(RIKEN)、產業技術綜合研究所(AIST)、在放射線育種上具備多年經驗的量子科學技術研究開發機構、以及與先進國家有密切往來的國際農林水產業研究中心(JIRCAS)等機構和大學的研發成果持續表現優越，然而其關鍵仍在機構間是否相互合作，開創新技術。對此，強化機構與機構間的定期資訊共享與交流機會，並透過農林水產省執行計畫的供需媒合下，加速共同研究開發。

- 對於未來具有潛力的創新技術，雖當前尚未充分展現其價值，持續精進其研究，增進人員之間資訊共享機制，互相掌握基礎研究動向，並在必要時適時提供協助。
- 為實現「綠色糧食戰略」之目標，推動下列重要研究開發項目：

(1) 淨零碳排之研究開發

①. 農業的碳中和(carbon neutrality)

- 應用育種改良、抑制甲烷產生的飼料等飼養管理，研發有助於削減牛隻消化道內發酵所產生甲烷。目前，國外已有研發出餵食牛隻飼料成本較高的蘆筍藻，可有效削減甲烷排放的研究方法。而日本國內則是利用從可有效抑制牛隻的胃產生甲烷的脂肪酸，成功發現乳牛營養濃度較高的泛酸維生素B5的新Prevotella菌種，期望未來作為生菌劑。為確保飼料原料穩定供給，避免單一技術研究的偏頗，須建構費用投入性價比較高的改善的方法。



- 應用胺基酸平衡的改良飼料，成功降低豬隻排泄物中的 N_2O 。除了飼料改良外，亦研發先進的IOT技術，有效削減 N_2O 排泄物管理技術。此外，促進牛和雞妥善食用胺基酸平衡的改善飼料。
- 由於水田的土壤一旦缺乏通氣性則容易造成厭氧環境，其中厭氧微生物正是驅動甲烷的排放來源。因此，為了提供土壤氧氣、減少甲烷排放，應用乾濕交替灌溉技術 (Alternate Wetting and Drying ; AWD) 解決這項問題。這項技術有別於過去的灌溉模式，在播種後在第10~20天之中，扣除施肥期和開花期，透過10天來回數次漫灌和排水，是一種高項能水管理技術，不僅成功減少灌溉水的使用量，同時降低GHG排出量，因而備受注目。這項技術已由國立研究開發法人國際農林水產業研究中心(JIRRCAS)在越南水田三期稻作一整年實施下，獲取良好成果評價。成功削減38%的GHG排出量、成為既可增加農民產值，又可為環境減輕負荷的緩共效益(co-benefit)農業系統。這項系統成功延長了日本國內乾旱期間，同時強化AWD技術於亞洲地區的共同研究。
- 呈上，為進一步減少水田的甲烷排放，推廣有利於減少甲烷排放的水稻品種培育，同時導入主力品種，發展地方型品牌品種、促進商用、加工用、飼料用、米粉用品種等用途，並在全國推廣。

- 作為實現淨零碳排的一部分，農業機械的電氣化、氫氣化為重要關鍵因素。目前小型農機的電氣化技術一部分已相當成熟，大型農機的電氣化與氫氣化則須偕同跨域的成熟技術，持續推展此項研發進度。
- 促進高速加熱型熱泵的開發，以及相關能源管理研究項目，以實現無化學燃料使用園藝設施，並藉由其相關技術整合，致力於園藝設施脫碳之研究開發。
- 由於稻穀生物炭和具有高固碳效果的有機物，有利於減少大氣中的二氧化碳排放量，可以在農田中儲存二氧化碳。因此，作為土壤中養分肥料，除賦予作物微生物機能，除了開發微生物機能的高機能生物炭外，藉此建構農產品環境評價方法，加速提供生產者導入獎勵制度。

②. 森林、林業、木材產業的碳中和

- 為實現2050年碳中和，致力於確保和強化中長期森林儲存量；採伐木材產品（HWP）增加碳儲量；促進林業活動削減二氧化碳排放；培育生長良好、碳儲量高的優良樹種；利用基因組訊息，培育可適應氣候變化的木林育種，以及林業機械的電氣化和碳中和等研究開發。
- 再造林可為森林資源帶來循環利用之價值，而在推動此項目之餘，如何節省勞動力與降低造林成本成為重要關鍵因素。故此，為穩定提供可減少除樹木下的雜草次數與低密度種植的優良苗木，以及可提升種植作業

效率和採伐造林一條龍作業的容器苗木，致力於提升育苗增殖技術、種園建設管理技術、容器苗生產技術。

- 促進日本柳杉、柏樹、落葉松等新品種選育、維護生物多樣性、藥用樹木需求等重要林木遺傳資源的收集、保存和評價。藉此，加速提升基因組編輯育種、無人機的高效表型評價技術，以及營養體、種子的長期保存技術之研發。
- 為增進非住宅或高層建築的木材應用，加強建築物的木材的使用與削減CO²排放效果的科學知識和相關數據蒐集，並提升木質生物能源技術、替代化石資源製品之木質新素材的製造技術與用途開發，以及新型生物分解素材之研發。
- 為發揮木材碳儲存的最大限度，積極研發心木材料，例如，直交式集成板材(Cross-laminated timber, CLT)進階技術、各向同性的木材材料。此外，提升木材材料與木材結構的性能維持管理技術，加以持久且具有安全性功能，讓木材更保有舒適性、健康機能與環境優越性功能。
- 研究電磁波感測量木材含水率，強化大直徑木材加工和配送系統之研發。
- 建構氣候變遷下的成長量預測與山地災害風險的林業關鍵影響評價模和森林土壤甲烷的計算方法，以及提升改善森林匯計算方法，實現淨零排放所需的森林碳儲存評估之監控技術。

- 關於日本全國各地的針葉樹人工造林，調查其樹木成長與立地條件的關係，並開發多軸評價法的林業獲利能力之預測技術。
- 為促進山村地區的內生發展((Endogenous Development)，挖掘地方資源，並提升其附加價值，創造森林服務產業、擴大相關人口之相關研究開發。

③. 水產業的碳中和

- 由於漁業為影響海洋環境變化的主因之一，為抑制全球暖化，共同致力於削減漁業領域所排出的二氧化碳量。例如，採用發動機功率較小的小型漁船改用氫燃料電池，亦或是國際商船、一般作業漁船轉用或利用其他非漁船，促進漁船脫碳之研發。
- 為有效應用二氧化碳吸收源之一的藍碳，研究高效藻場場域之建置，並加以擴大其技術。
- 呈上，為有效維繫藍碳的藻場的設施場域，研究高溫海藻場域之建構方法，以及以海藻生長為基礎的場域。

(2) 降低化學農藥使用量之研究開發

- 有機農業的推廣，不容忽略病蟲害所造成的損失，加上，從抗藥性的病菌出現，以及友善環境的觀點來看，已無法長期依賴化學農藥防治病蟲害。

- 由日本政府提出射月型農林水產研究開發計畫，正研發以感測方式檢測出病蟲害，並用雷射方式電擊，作為取代化學農藥的防治技術。此項技術無須考慮抗藥性導致成效下降的問題，甚至不對環境帶來危害，目前研發階段以提

升命中率為主。此外，隨著研究持續進

展，須以生物製劑或綜合性病蟲害管理

技術相互應用。例如，上述雷射方式或

生物機能等相互運用，加速減緩對化學



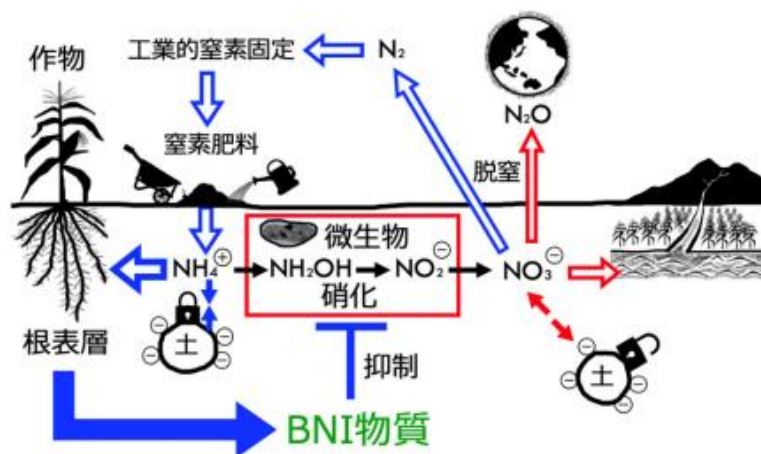
農藥的依賴。另外，關於生物製劑的部分，在提升高溫與抗病蟲害抵抗力進行了各種研究，除探索候補性物質，並闡明對植物的作用機制。

- 有關化學農藥使用量的削減，須視病蟲害的情況，判斷是否要進行噴灑。目前，ICT技術的研發已可根據長期的氣象預報或田間的遠距操控數據，精確預測水稻的病蟲害發生，並即時性通知生產者。
- 為擴大有機農業之推動，強化對病蟲害的藥劑噴灑的天敵保護資材、天敵定卓替代飼料資材、可連續投放的天敵的低價資材等研發。更重要是防蟲網、微生物農藥、光控資材、抗藥性品種之間的相互搭配。此外，應用歐美等先進國在永續農業上已具有成熟評價方法，加速國際間共同研究知識累積。
- 為避免病蟲害產生抗藥性，開發對環境風險較低的新型化學與生物農藥。特別是為了降低對於環境負荷較大的土壤燻蒸劑之使用，研發取代技術。
- 關於抗病蟲害品種之選用，主要導入風險與成本低，且能預期防治效果的生

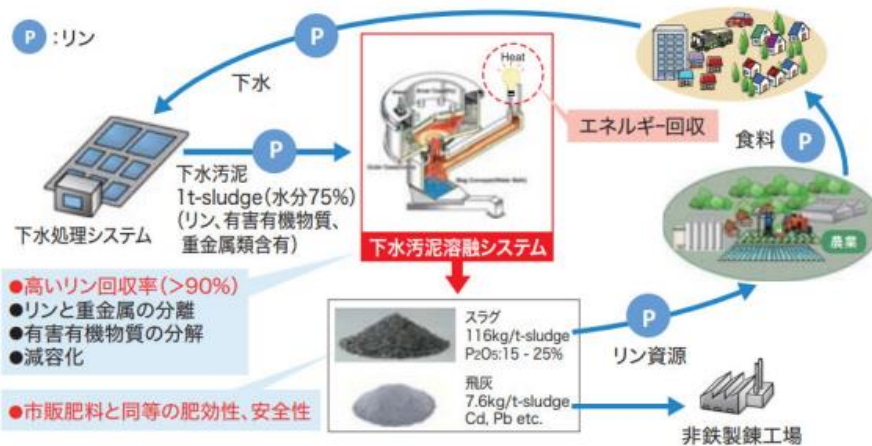
產方法之一。此外，推動當前主要農作物面臨抗病蟲害的品種培育，其中南九州大力推動抗甘藷基腐病品種則為重點項目之一。

(3) 降低化學肥料使用量之研究開發

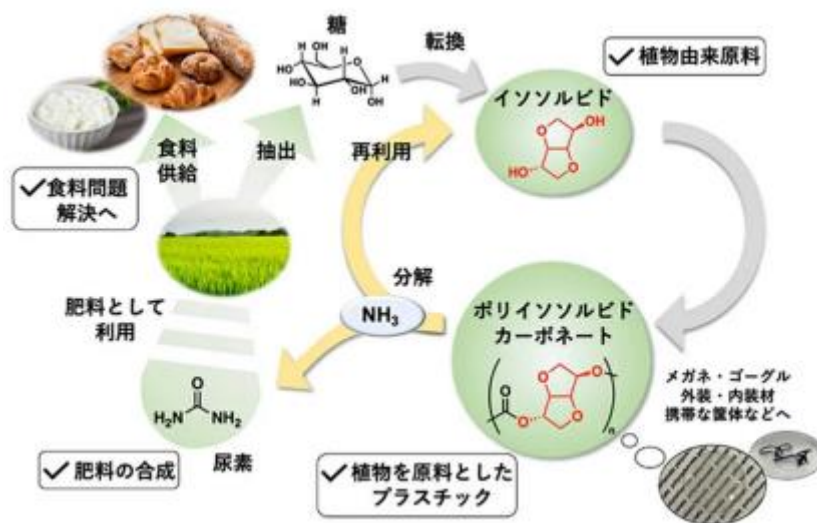
- 全球約有1億噸的氮作為化學肥料的使用，其中有20%雖用於小麥種植，實際上約有過半以上的氮肥並未妥善被吸收，而是浸漬或流出農地外，所產生一氧化二氮 (N_2O)，其溫室效應是二氧化碳 CO_2 的298倍。
- 2021年，國際農研 (JIRCAS) 成功研發BNI強化型的小麥新品種為全球第一具有野生近緣種的高生物除氮 (BNI)的高產量小麥品種，不僅帶來作物對氮的使用效率的提升，同時減少了氮肥的流失，以及對環境造成負荷，並能有效減緩了地球暖化效應並持續朝向其他作物BNI應用之研究開發，例如水稻、高粱或相同稻科作物，以降低化學肥料使用量。



- 利用國內都市近郊尚未利用的水汙泥資源，以及回收畜牧區家畜排泄物的磷肥成分，製成堆肥顆粒，以有效建立肥料利用技術。促進液體家畜糞的尿推肥化或液肥化技術開發，並大幅推廣。



- 由於氨水與聚碳酸酯(Polycarbonate, PC)的反應作用，促使聚碳酸酯分解生成單體 (monomer) 和尿素，單體又可與聚碳酸酯合成，尿素可用作肥料。若單體可作為生物質資源應用，又利於友善環境之再生循環，如此一來可應用於肥料技術研究開發，又可同時解決塑膠廢棄的問題。



- 理化學研究所(RIKEN)開發一種溶液中的硝酸鹽可還原為銨離子或氮氣的人工反硝化催化劑。雖在反應條件上仍有待解決問題，仍可期待家畜糞尿等硝酸鹽可有效地作為氨使用。
- 國內外正在推動免耕、覆蓋作物等農事法，以及導入碳農事法(Carbon

farming) · 以減少溫室氣體排放的各項措施。其中，覆蓋作物的方法須將化學肥料的使用量控制在最小範圍內，從而改善減少農田固碳量和提升土壤肥沃度，藉此建構為新的栽培與作物耕作模式，再加上智慧農業技術研發，成為有效節省勞動力的生產技術。另一方面，碳農事法則是藉由免耕搭配覆蓋作物，解決除草問題，促進近地表土壤有機質的儲存，從而維持有機農業所需的微生物活性。

- 利用種植豆科作物，增加土壤肥力的休耕綠肥栽培技術。這項技術在於植物未吸收的氮氣與鐵元素會滲透到深層土壤中，再將其翻土壤讓土壤保持肥力，進而減少氮肥使用量，降低化學肥料的使用。
- 培育低氮肥的番茄品種，以及低氮可維持產量與品質的茶葉品種，以改善比起其他作物需要更多施肥量的番茄等蔬菜類與茶類作物。其他蔬菜方面，則是選拔培育同施肥量且生產力高的品種。

(4) 強化農業生產力之研究開發

- 日本國內卡路里基數的糧食自給率，長期以來處於下降當中，直到這20年來才保持平穩，其中2021年度糧食自給率達38%。若依照品項來看，自給率較高品項為稻米98%、蔬菜79%，自給率較低品項為小麥17%、大豆7%，而玉米、牧草等飼料自給率為25%。故此，從糧食安全的角度來看，盡可能朝向國內生產為主。
- 呈上，特別對於國外進口依賴度較高的小麥、大豆、飼料作物等，可藉由改

善替換種植主食稻米，提升生產力。另外，日本國內大豆相較於美國或巴西的300kg/10a，日本國內目前產量僅維持在160kg/10a的低單收產量。故此，作為提倡維持與增進糧食供給力的前提，須優先強化國外進口依賴的品種培育，以及加強高產量且高品質的栽培技術之研究。

- 由於全球暖化伴隨病蟲害頻頻發生，加上豪雨引發淹水和小麥發芽，包括在全球暖化下仍有發生高地低溫造成水稻和小麥寒害風險發生，應致力於降低上述因氣溫所受到作物的品質與產量影響，以及抗病蟲害的品種培育。
- 善用可精密控制溫度、濕度、CO²濃度等栽培環境因子的人工氣象室，再藉由針對多樣外在環境評價，加速因應未來氣候變遷的品種培育。
- 利用產量與品質相關基因資訊之積蓄，協助建置即時預測最佳育種交配與選拔條件系統，進而開發可在短時間內大幅提升日本國內過去常用品種之產量，以及適用於加工的高品質之品種培育的綜合分析型育種平台。另外，關於育種改良較困難的性狀，也可以透過基因編輯技術，提升育種品質。
- 為因應未來飲食多樣性需求，以及糧食需求增加等社會議題，以現有糧食系統為基底，進一步研究替代性蛋白質、細胞食物等食物科技技術。另外，有關細胞食物之研究持續進展當中，其市場規模預計2050年可達9千億日圓。

※細胞食物：利用合成生物學及人工細胞培養等所研發而成的食物

- 人造光型植物工廠技術在日本已獲取一定評價，然而，世界各國正以極地、外太空等環境進行食品生產研究，未來勢必會加劇國際間競爭。從糧食安全的角度來看，為避免災害風險發生，提高太陽能或人造光的植物工廠之生產

力非常重要。其他，包括自動收割機等機器人技術、提升生產管理效率的AI技術、淨零碳排的高速加溫熱泵等技術等。強化從研究階段到新事業開發的實際應用之規模設施之驗證。

- 呈上，提升高附加價值的生產也為人造光植物工廠最重要一部分。例如，由於長春花受到紫外線照射時，會增加抗癌藥物的長春花鹼(Vinblastine)，因此，透過人造光植物工廠可以控制紫外線的照射量，藉此提升該植物的附加價值。持續保有日本當前植物工廠的研發實力，朝向自動化、節省能源技術研發邁進。

(5) 加強對先端技術的認識

- 為實現「綠色糧食戰略」中提出基因編輯技術落實於社會化應用，除促進科技傳播(Science communication)或先進技術研究機關之間的開放式實驗室的交流，再藉由簡單明瞭的先進技術的影片推播，進而提升社會大眾對於先進技術的認識與接受。
- 培育新世代青年人才是先端技術應用中極重要一環，為讓年輕人儘早接觸，並對先進技術感興趣，善用地方科學博物館和社會知識學，積極向新世代宣傳相關訊息。。

2. 加速智慧農業發展，以因應勞動力人口減少問題

(1) 推動智慧農業發展

- 日本國內逐漸成為人口老化社會，為了解決農事現場問題，共同提升農業生產力和環境永續平衡所形成新農業模式，農林水產省制定「推動智慧農業綜合策略」，持續推展以自動化、AI、IOT等先進技術，應用於智慧農業。
- 在農事現場在可負擔得起智慧農業技術範疇內，研發蔬菜和果樹尚未充分開發技術、AI作物識別技術，有效在田犁間除草的自動化除草機，並加強推廣可減輕農事現場的輔助衣穿戴。
- 利用跨部會與研究機關相互合作鏈結，共同研究開發可用於不同品項的萬用自動化機器人、自動駕駛曳引機、AI病蟲害預測技術、高精度噴灑農藥肥料的農用無人機等最先進技術。
- 為因應勞動力人口的減少問題，開發可遠距接收指令、多台同時操作的自動化農機系統，以及利用微調整技術 (Fine-tuning)，開發利用AI技術，無人駕駛，可自動因應產地、農場條件之預測系統。
- 全球智慧農業市場規模，自2019年約132億美元，預估2025年達220億美元。日本國內市場方面，自2019年約8億美元，預估2025年達14億美元。綜觀上述市場規模，除日本國內智慧農業市場規模外，應納入全球視野，持續進一步研究開發與推廣。此外，日本國內數位化農業人才明顯缺乏，應強化此領域的人才培育。

- 智慧農業的導入在初期投資和營運成本即成為一道門檻，不易推展的緣故導致進展緩慢。因此，日本政府推行「農事服務」措施，以委託外包的模式，讓農民無須個人購入高單價的農業機械，因而減緩現金流的壓力。這項措施執行促成更多農事生產者聚集，共同承擔智慧農業機械的購入與維護所需的成本，形成一種互利共生的關係，反增進智慧農業的推行。根據調查，目前約有六成的專業農民期望使用這項農事服務，目標2025年為八成以上的農事業者提供這項服務。
- 有關「農事服務事業體」的養成與推廣，須建立和生產者之間的媒合關係，加以驗證這項服務模式可行性，培育農業機械操作的專業人才。
- 由生產者、民間企業、農研機構(NARO)、大學等專家共同組成的「智慧農業支援團隊」，已在日本國內 19 個地區開始現地指導。藉由強化這項指導措施，進行全國性的推廣。
- 藉由農機與數據間的串連驗證、應用開放式API、從農業機械取得數據，促進農機設備數據標準化，以提升農民數位化能力，強化農業生產力，進而改善農事經營。此外，推動國際標準化，邁向亞洲智慧農業市場發展。
- 以政府訂定研發目標為核心，強化以農研機構為首的產官學間的合作，共同開發智慧農業新技術。除此，為串聯生產者和農協，以及農事服務、機械製造商、食品業者、地方自治體等異業聯盟，整合產地、流通、銷售成一條龍機制，針對其技術方法的變革與應對方式提出具體檢討。

(2) 推動智慧林業發展

- 林業產值往往須在嚴峻自然環境下，得透過人工作業採收，加上從造林到採收期間冗長之故，生產力低成為該產業特點。同樣從提升勞動力安全的觀點來看，仍須透過新技術全面改善。
- 「林業開放式創新」係指應用ICT技術資源管理與生產管理所構成智慧林業。為促進「森林創新孵化中心」的新型技術導入，探索跨領域技術，採納產官學專家學者的建議，增進新型技術的研發。
- 依據《林業創新促進計畫》(2022年7月更新)中所彙整林業創新的未來情境、技術發展現狀、推行議題等內容，自2023年度起，透過森林創新孵化中心的山區特派員的派遣，籌措地方聯合小組，並藉由這樣的組織為主體，善用數位化技術，建構「森林數位化戰略據點」。
- 呈上，依據上述計畫，建構具有成本效益的森林道路網路設計方法、貨物裝卸的自動化技術、以及北歐機械化林業技術。

(3) 推動智慧水產業發展

- 強化ICT和AI等先進技術，應用於先端自動化投餌系統，以及研發與推廣最先進的智慧水產業技術和數位人才培育，以實現永續海洋資源應用，促進水產業成長。
- 從過去船組的調查、市場研究、漁船資訊等，迅速蒐集漁獲和海洋環境的數據，並加以應用。再藉由電子化漁獲報告等資訊系統的建構與應用，加速推

動水產業DX數位化發展。同時，以上述資料庫為基礎，提升漁業資源評價，提供最佳水產業資源管理模式。

- 建立鰻魚、鰺魚的水產養殖用人工育苗生產技術，培育具有經濟價值的魚苗。此外，促進以昆蟲蛋白為原料的新型魚粉替代飼料之開發，建構高成長性的優良系統。
- 從節省勞力的捕撈作業、提供海流和水溫分佈的漁場環境數據、以及養殖業的生長數據與飼料投餵量數據的分析與應用，進一步瞭解漁業和養殖業者的需求。此外，促進研發企業共同致力於新技術的開發、示範驗證、導入，以增進民間技術自主性開發。
- 應用ICT、AI技術，研發最佳自動化的魚隻餵養與健康管理系統，提升養殖業的高產值與高競爭力。另外，在易受波浪影響而難以有計畫性投餵的近海水域，可無須使用船舶來運輸飼料的遠距自動化投餵系統，以及可在目前水產養殖尚未利用的近海水域，展開大規模的近海養殖技術，並加以推廣。
- 藉由整合地方的數位化技術，以及最佳資源管理和高效生產模式，建構「數位漁業戰略據點」。

3. 實現「永續健康飲食」

- 隨著傳染性疾病的加劇，以及人口老化所引發癌症、心血管疾病、衰弱症(frailty)、肌少症(Sarcopenia)、認知症等疾病發生，增加了日本醫療和照護費用，同時讓勞動世代照護上沉重負擔，為避免造成社會經濟巨大損失，預防疾病的飲食健康管理是接下來日本重要的議題。
- 由於大多日本國人皆有營養失調情況，因此有助於減少內臟脂肪的食物纖維、類胡蘿蔔素、多酚等營養價值則備受關注。
- 運用蛋白質、脂肪、碳水化合物占總能量攝取量的 2 : 2 : 6 比例，多攝取食物纖維和Omega脂肪酸，一旦增加脂肪，蛋白質的量則有助於內臟脂肪下降，有效降低血壓和疾病，然而因價格相對昂貴在推廣上有一定困難度。
- 提供簡單明瞭的食品與食材資訊，讓非重視飲食習慣的族群也可以輕鬆有效調節腸道環境，帶來更健康的生活。特別是對於對人體健康與壽命延長具有重大影響的骨骼、肌肉、大腦等部位，盡可能在製造時避免造成環境負荷，並為永續食品與食材條列化，包括機能性成分、成效、科學驗證等內容。另外亦可藉由穿戴式感測器，早期發現紊亂的飲食習慣，透過醫生和營養師進一步改善個人飲食習慣。
- 呈上，為讓每個人實際體會到健康飲食幸福感，建構針對個人健康狀態設計最佳飲食平台，以增進青年和中高年齡層的目標族群，改善日常飲食習慣。

4. 生物經濟發展之研究開發

- 隨著合成生物學的創新進展，擴大了生物原材料和產品製造範圍。例如，以CO²為原料的可分解生物降解塑膠，此項創新研發，同時解決了氣候變遷、糧食問題和海洋污染等社會問題，並為經濟帶來成長。
- 生物經濟所帶來的市場效益雖急速成長當中，尤其以美國和中國的大規模投資，卻也加深了國際間的市場競爭，日本則是其他國家優先為國內經濟市場帶來效益，同時也受到日本經濟產業省的關注，加速此領域的投資。不僅如此，強化跨部會的合作，共同致力創建新生物經濟產業，加速扶持其產業發展。
- 日本農林水產省將過去扶持生物技術加以提升，並獲取民間企業的有力支援。

①、精密基因編輯技術之研發

- 隨著日本國內作物和魚類的基因編輯技術不斷地進展，除了在2021年9月富有大量GABA機能性成分的番茄、同一年12月魚肉部位較多的真鯛，以及少量飼料養殖的紅鰭東方魷已上市之外，其他包括抗穗上發芽的小麥、無花粉的日本柳杉、攻擊性小且易於養殖的白腹鯖等項目正在研發當中。另外，隨著美國的玉米、生菜等基因編輯作物突破性進展，油酸含量高的大豆油已於市面上流通。
- 非導入外來基因的基因編輯技術，加速品種改良速度，可成為突破性育種技術之一。

- 作為基因組編輯工具之一CRISPR/Cas9，專利權基本上屬於歐美大學，因此，若以此工具擴展經濟發展考量，所負擔專利授權費相當可觀。
- 呈上，日本將改變Cas9和鹼基取代系統相互搭配，開發一種可以利用單核苷酸變異，正確改變植物的基因編輯技術。
- 呈上，TiD基因編輯工具合成較複雜且成本較高，但顯著的標的特性，比起CRISPR/Cas9可大幅減少脫靶效應。
- 日本國內為全力支援生物經濟產業發展，獨自開發以鹼基為主的基因編輯工具，除可與當前國際間的CRISPR/Cas9抗衡，亦可提升國內自身研發能量。

②、應用生物機能，創造高機能性生物素材

- 日本藉由蠶絲的品種改良，讓蛋白質可自主性結構設計技術可被持續應用，並提升這項技術功能性，加速蠶絲創造新形態可利用物質。例如，目前已有利用蠶絲製造衣服的生活必需品；利用蠶絲蛋白開發醫藥品，降低對石油依賴；利用回收金屬物質，編製具有淨化環境功能的絲綢等案例出現。另一方面，由於植物製造高分子生物素材，作為醫藥品和稀有的工業食品原料的需求出現，提升相對製造技術極其重要。

③、新型動物疫苗之研發

- 站在保障糧食安全的角度，為避免豬瘟或非洲豬瘟蔓延，造成豬隻撲殺或受移動限制所帶來巨大損失，以及因家畜生產力下降，引發豬隻呼吸

疾病與腹瀉等一般性疾病，應提出相關因應對策。由於家畜疫苗可有效

預防疾病發生，若能更具簡便性、持續性、低成本則更有助於疫苗防疫。

此外，動物疫苗的研發和人類醫療領域不同面向，應採取不同戰略。

- 為避免非洲豬瘟病毒的蔓延，日本已建構新型豬隻細胞株，可利用基因編輯技術，有效產出基因缺陷的病毒株，再藉由這項技術優勢，加速研發全球首創的豬瘟疫苗。
- 有關動物疫苗的創新研發，利用動物體內共存的微生物的疫苗載體，改善任意插入各種病原體抗原基因的人工載體，讓傳病媒介可經由口服讓家畜服用，持續誘導腸道免疫。此外，強化微生物和昆蟲的人畜共通傳染病的新型病毒疫苗研發與應用，並加強家畜的抗病育種。
- 為有助於養殖業者的人工育苗發展，研發新型DNA疫苗，防治難以對抗的疾病，研究有效可降低抗菌劑的使用量或減少耐藥性病毒出現率的抗菌方法。

④、擴大改良的木質素之應用

- 由於木質素和聚乙二醇為保持杉木強度的重要成分，透過兩者相結合改良而成的木質素，可強烈耐熱外，亦可用於加工形塑成各種形態。再加上因生物降解性為友善環境素材的一種，若能品質穩定度則更有利於工業材料上，藉此有效降低化石原料的塑膠使用量。

- 由於改良的木質素具備諸多用途，應加以提升木質素改良生產技術，並開發其它用途。目前市場評估可運用於電子零件或觸控式感測器的軟性電路板，從電子零件到射出成型等各種複合材料，以及3D列印生物降解燈絲、汽車引擎蓋和門飾等，其評估可創造3兆日圓的市場價值。此外，若能使用改良木質素作為個人電腦和智慧手機中的聚酰亞胺薄膜 (Polyimide Film) 的原材料，將可降低三分之一的製造成本。

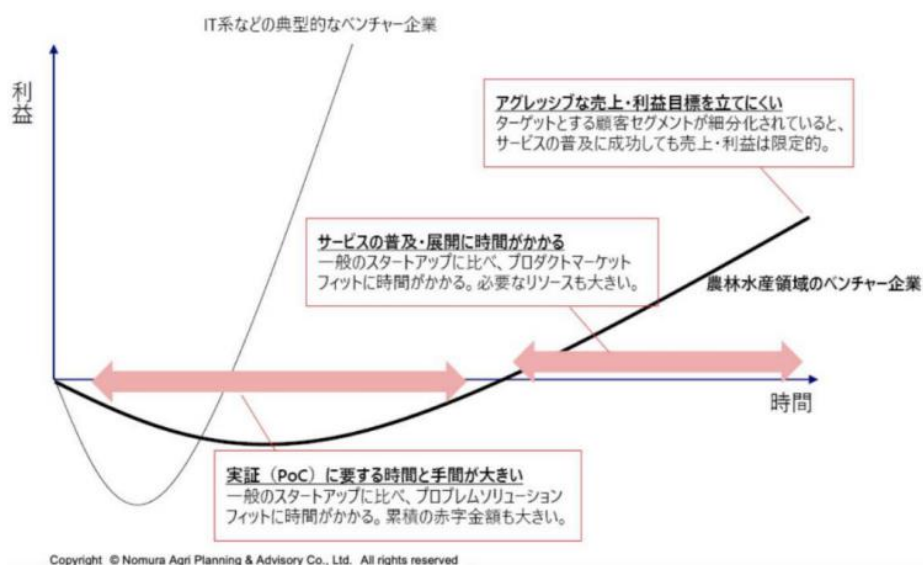
四. 研發環境之應用

1. 設立產官學聯合據點

- 設立海外產官學聯合據點，藉此活絡民間投資，延續創新研發能量。目前，日本國內正在產業技術綜合研究所 (AIST) 籌措生物創新研究新據點，再藉由民間企業知名所合作實驗室，發揮民間最大力量投入更多計畫。
- 為強化日本國內的農業研發能量，產官學各界，應以開放式創新的模式，將日本農業研究權威-農研機構持有研究設施與設備、長年累積資訊發揮至最大化。
- 呈上，加速農研機構設施與設備汰舊換新，擴充並強化WAGRI數位整合平台、超級電腦「紫峰」等基礎設施，以利於建設民間企業、大學、國立研究開發法人、公有研究機構等共同適用的「農業生物據點」。同時也藉此發揮農研機構最大的研發能量，增進產官學共同開發生產現場所需技術，加速落實社會化應用。
- 為實現2030年育種成本減半，以及新型育種培育，強化育種的基因庫所擁有的基因資源、優良品種的基因、性狀評價等資訊，並應用AI、資料庫、育種技術，形成網絡化。此外，建構提供使用者輕鬆操作的智慧育種平台。
- 呈上，強化農業生物據點、基因資料庫、智慧育種平台等共通平台的整備與功能，藉此將研發成果發揮最大效益。

2. 新事業支援與強化跨域結合

- 隨著社會經濟的國際化、ICT和自動化技術快速進展，促使全球研發能量競爭白熱化，因此，現有的研究領域，以及跨域產官學相關業者的知識與技術、創新點子，必須加速研發速度，以創造嶄新科技種子，提供更具有價值的產品與服務。
- 以日本國內其他產業的生產到銷售一條龍「產業價值鏈」，所提出消費者觀點有價值的產品與服務，以及開拓新市場的經驗，提供農業作為未來專業技能與商業模參考借鏡。同時，借助民間企業的加入，創造更多成功案例，振興農業發展。
- 目前，日本國內農業成功的新創事業模組鮮少，相較於美國的投資家所投入金額也較少，加上投資時機晚一步，因此投資情況不如IT產業和生物製藥所預期，其投入的資金也呈現停滯狀況。



農林水産分野でのスタートアップをめぐる財政的視点での課題

- 為促進農業與食品領域的新事業發展措施之推動，持續提供新事業研發資源，以及應用中小企業創投基金，支持大型技術示範項目，此外，強化文部科學省和經濟產業省的新事業支援措施和穩固的合作模式，並根據研究階段，提供適當資源協助，讓新事業研發持續不間斷，以成功創造可提升農業產值的新模組。

3. 加強智慧財產權的管理與國際標準化

- 研究開發從企劃到核定階段，必須妥善設定研發成果提供對象與使用方式，以及妥善保護與應用研發成果的專利申請、加密、公開等權利，並以國際標準化的視野，促進智慧財產權產品化與商業化，以策略性智慧財產權管理，有效促進研發成果落實於社會。
- 為促進農產品出口，有策略性增進國內外市場的專利申請，並藉由智慧財產管理手冊的推廣，有效提升公家試驗機關研究者的重視。
- 為預防品種外流，鼓勵品種育成投資，協助育種權者監督海外品種登錄與侵權問題。另外，有關海外專利申請，以及負責專利授權的相關管理機關企業化，強化與農研機關等相關單位的合作，並於2023年度開始於海外著手品種登錄相關措施。

4. 藉由跨國合作，加速研發與成果推廣

- 由於全球正致力於發展永續農業，須以強化各國間相互合作，蒐集各地先進技術與知識，以加速增進日本國內的研發能量，並受到國內較有優越技術的

影響下，成為拓展海外市場的絕佳機會。

- 有關二氧化碳排放較多的水稻耕作與畜產領域國際間採取的措施，東南亞方面，以建構相關技術推廣體系，加速碳中和的信用交易、ESG投資等有關的技術種子和評價方式工具之研究。特別是與東南亞國家協會(ASEN)和各國政府合作，促進相關技術開發，藉由雙邊信用機制，以達到2030年削減與儲存累積1億噸的二氧化碳的排出量為目標。
- 藉由國立研究開發法人的國際網絡圈；在日-東南亞國家協會ASEAN綠色合作計畫所推展亞洲圈的全球暖化技術；歐美國家共同闡明研究根圈機能性，增進未開發磷肥的使用；AIM for Climate、GMP等國際倡議的投入；CGIAR等國際研究機關的合作，以及IPCC所提供的協助，隨著全球各國間的合作，共同致力於國際社會的發展，同時也加速日本農業獲取重要知識與技術研發。此外，藉由上述所採取措施，同時增進日本國內企業推展智慧農業技術的契機，與國際社會間的認識，並強化與維持研究人員的人際網絡。
- 日本為了預防與控制因全球氣候變遷擴大跨境植物病蟲害與動物疾病的境內入侵，利用國內民間技術協助已發生的國家預防疾病蔓延，藉此累積經驗與專業知識。

5. 跨域人才之培育

- 為充分發揮農業生物據點的功用，提供新事業的使用優惠，增進使用者之間的交流與活絡據點。此外，舉辦新創業pitch contest.競賽，以獎金方式鼓勵

創新研發延續性。

- 為促進人才間的交流、培育具有世界觀與智慧財產知識的相關人才，日本啟動大學、企業、研究機構間的交叉任職(Cross Appointment)，增進不同單位間的人才交流，以及民間企業外部人才委任聘雇等。
- 為挖掘具有獨創和IT創新技術人才，探索新事業可能性，栽培精通農業與資訊、機械、生物等跨域人才、表彰青年研究人員和做出傑出貢獻的人員、促進行政機關人員相互交流、以及加入國際研究單位共同研究與派遣，培育可快速掌握社會與行政機關需求和具備世界觀的優秀人才。

6. 促進福島國際研究機構之研發

- 關於2023年4月新設立的福島國際研究教育機關，致力於日本與全球共同面臨的課題與該地現況，並將其實施狀況，充分發揮福島的優勢，增進技術示範試驗，實現超省力且高附加值的先進永續農業，成為碳中和的先驅者。
- 為解決農業的勞動力短缺與降低環境負荷，建構超省力的智慧農業技術生產體系，並利用先端技術建構病蟲害防治與鳥獸害防治系統，並加以驗證。此外，推動再生能源利用，建構地產地消型的能源系統，促進大學與民間企業的合作，開創新農業資源的生產與研發。

福島をはじめ東北の復興を実現するための夢や希望となるものとともに、我が国の科学技術力・産業競争力の強化を牽引し、経済成長や国民生活の向上に貢献する、世界に冠たる「創造的復興の中核拠点」を目指す。

