

出國報告（出國類別：研修）

運用遙測技術建立農情調查新制度 出國報告

服務機關：行政院農業委員會農糧署

姓名職稱：利沛燕專員、蔡正宏課員

派赴國家：日本

出國期間：中華民國 105 年 7 月 18 日至 7 月 24 日

報告日期：中華民國 105 年 9 月 20 日

運用遙測技術建立農情調查新制度出國報告

摘要

日本為解決稻米產量下滑、米價下跌及活化農地減少等問題，積極推動水田活用政策及經營所得安定對策，又為使政策確實發揮效用，統計調查精度要求極高，同時因應調查人力減少，積極發展航遙測技術應用於農情與糧情調查。其遙航測技術應用於農業領域，以小麥栽培管理最為純熟，稻作判釋精度亦佳，除外作物因種類繁多，目前仍無法精準分類，故官方公告農情數據仍以人工調查為主。

日本農糧情調查分為全面性普查、農業經營統計調查、作物產量統計調查及主要作物種植面積調查等四類，由各分支機構(或地方政府)負責基礎調查，中央則負責規畫調查及彙整和公佈統計數據。除傳統面積產量調查外，更致力於農業國際合作遙測技術開發，由民間或法人研究機構於東南亞進行稻米衛星監測與分析技術開發，目前已有多項系統成果。至於日本 UAV 與遙測整合應用技術，尚處研究階段，但學術研究領域廣泛，未來延伸應用具高度潛力。

本次交流除瞭解日本農糧情政策、統計及多元遙航測調查體系，並與日本學術及行政單位交流討論未來發展，綜觀其糧食產量調查體系與我國相近，且受天候及成本影響，仍以航空測量或地面調查為主。然日本遙航測技術發展重點已脫離生產量或面積調查，而係開發不同調查體系互相串聯，提升整體情報價值，朝智慧農業目標邁進，以利農地規劃與永續經營管理。

目錄

壹、 前言.....	1
一、 考察緣起與目的.....	1
二、 考察過程.....	1
貳、 日本農糧情調查政策沿革.....	2
一、 日本官方農糧情調查架構說明.....	2
二、 專門調查人員體系之建立.....	6
三、 日本稻米相關政策之生產調整及備蓄.....	9
三、 日本稻米政策之經營安定對策及給付方式之執行內容.....	11
參、 日本航遙測技術於農情與糧情調查之發展.....	15
一、 日本衛星使用現況與調查機構簡介.....	16
二、 日本衛星使用現況.....	25
三、 遙測稻米生產量調查推估方法.....	30
四、 農業遙測技術研發現況.....	31
五、 遙測國際合作情形.....	41
肆、 日本 UAV 技術在農業方面之智慧應用.....	43
伍、 座談訪問內容.....	51
一、 農林水產省(農林水產技術會議事務局).....	51
二、 農林水產省(大臣官房統計部).....	52
三、 RESTEC.....	52
四、 千葉大學.....	53
五、 東京大學(討論).....	54
六、 農研機構(農業環境變動研究所)(討論).....	56
陸、 結論與建議.....	57
柒、 參訪照片.....	59

圖目錄

圖表 1 日本農情調查組織.....	3
圖表 2 水稻耕作調查	4
圖表 3 郵寄調查票	4
圖表 4 農水省統計資料庫系統.....	5
圖表 5 中央市場資訊發佈.....	6
圖表 6 專門調查員導入	7
圖表 7 專門調查員訪視	7
圖表 8 生產統計專門調查員.....	8
圖表 9 專門調查員培訓	9
圖表 10 專門調查員證	9
圖表 11 日本米價變化	10
圖表 12 不同種米類補助	10
圖表 13 縣增減率計算	11
圖表 14 畑作物直接給付金	12
圖表 15 收入減少緩和對策.....	13
圖表 16 戰略作物補助	13
圖表 17 交付金發給	14
圖表 18 日同戰略組合	15
圖表 19 日本新進農民數量.....	15
圖表 20 廢耕地面積	16
圖表 21 農地統合.....	16
圖表 22 農林水產省架構.....	17
圖表 23 日本農林水產研究發展方針	18
圖表 24 日本農林水產研究方向.....	19
圖表 25 筑波未來 FACE(面貌)實驗設施	20
圖表 26 五十年後預設 CO2濃度之作物栽培.....	20
圖表 27 稻米研究.....	21
圖表 28 淨化技術.....	21
圖表 29 不同層次之研究.....	22
圖表 30 應用 UAV 進行水稻生育管理(右為拍攝影像).....	23
圖表 31 RESTEC 推廣圈	24

圖表 32	RESTEC 人才育成	24
圖表 33	RESTEC 小型衛星開發計畫	25
圖表 34	農業 GIS 農場管理支援	26
圖表 35	畑作地區衛星影像	26
圖表 36	農地內部生育狀況表示圖	26
圖表 37	小麥田生育度表示影像	27
圖表 38	農場內部植生指數影像	27
圖表 39	水田植生指數影像	28
圖表 40	水稻與牧草分類	28
圖表 41	水資源觀測	29
圖表 42	提供花粉散落警示	29
圖表 43	準天頂衛星系統目標	30
圖表 44	小麥品質	31
圖表 45	北海道農業概要	32
圖表 46	航遙測技術應用於小麥栽培	33
圖表 47	航遙測技術應用於小麥栽培收成時間	34
圖表 48	航遙測技術協助降件小麥乾燥經費	34
圖表 49	技術導入後每年平均水分變化	34
圖表 50	氣象站與氣象區分圖	35
圖表 51	統整運用不同來源資訊以獲得收穫情報	36
圖表 52	多元資訊協助農田管理	36
圖表 53	遙測技術支援農地生產管理省力化	37
圖表 54	日本作物調查體系	37
圖表 55	水稻耕作情況調查	38
圖表 56	作物統計調查	39
圖表 57	母集團與分類階層	40
圖表 58	INAHOR 介面	42
圖表 59	世界各農業觀測組織合作關係	43
圖表 60	學術研究用組裝式 UAV	43
圖表 61	利用 UAV 進行地面高差測計	44
圖表 62	水稻定色板	45
圖表 63	利用 UAV 測定 NDVI	46
圖表 64	利用 UAV 輔助水稻生育管理	46

圖表 65 利用 UAV 協助農地管理	47
圖表 66 應用 UAV 輔助水稻生育管理	47
圖表 67 UAV 未來應用預想	47
圖表 68 日本 UAV 事件	48
圖表 69 修正後航空法(日本)與禁止事項	48
圖表 70 UAV 推動	50

壹、前言

一、考察緣起與目的

我國農情報告體系自 75 年建立田間調查員制度後沿用至今，因受農業人口減少及從農人口老化等原因，至 105 年田間調查員僅剩 1 千 5 百餘人。田間調查員係依據人力目視方式觀測，各小區做成紀錄後報送鄉鎮市區農情報告員統計，因人為判釋存在差異性，因此自 97 年起本署建立敏感性作物調查系統，運用行動載具以逐筆土地方式辦理作物種植面積調查，並利用圖籍數化技術將坵塊圖等資訊套疊後，連同逐筆調查將資料、圖籍及系統三方串聯後獲得統計數據，與原有農情報告資料進行比對，以求能精確掌握各鄉鎮種植面積及作物別。然而，上述調查方式耗費人力與經費，時程長且無法配合本國 3 期耕作制度，欠缺即時性，亦不符省工目的，亟須改良。

另外，本署自民國 65 年開始引進航測技術取代稻作傳統地面普查方式，歷經耕地圖資、農田坵塊圖資建立、空間資訊網站建立以及多項科技計畫研究發展等，形成目前稻作調查技術，然航測調查租作相關技術仍受諸多天氣因素影響。同時，為利用大數據、雲端運算等新技術產物，在超高齡化(國家中 65 歲以上老年人口比率達達 20%)趨勢下，加速朝省工化及監測自動化發展，稻作及農情調查體系必須儘早適應下一代技術。然而，監測與農糧情調查技術發展有賴於持續而正確資料庫建立，而因全球氣候變遷，本署刻正面臨更趨惡化之雲遮限制、調查不易檢核、判釋人力不易訓練、技術過於仰賴人力等問題，使航測技術發展逐漸停滯，亟須瞭解日本方面在多衛星系統應用、衛星判釋、UAV 輔助、精度檢核及判釋誤差解決方法、相關人力訓練等方面經驗。

二、考察過程

105 年度臺日技術合作計畫研修-運用遙測技術建立農情調查新制度考察團隊，係由農糧署糧產組利沛燕及企劃組蔡正宏 2 員組成，考察期間為 105 年 7 月 18 日至 7 月 24 日，共計 7 日。

本計畫行前承蒙農委會企劃處胡處長忠一、台北駐日本經濟代表處戴秘書德芳、交流協會貿易經濟部富岡明美小姐協助安排參訪行程；赴日考察期間，與農林水產省技術會議事務局研究專門官飯嶋 渡、農林水產省大臣官房統計部統計管理官松浦 公彥、統計企劃班擔當都田 幸伸、RESTEC

(Remote Sensing Technology Center of Japan)事業部代理課長永野 嗣人、研究開發部主研究員奧村 俊夫、經營企劃部戰略室長花田 達之、經營企劃部企劃課長小泉 英祐、千葉大學環境リモートセンシング研究セン特任助教楊偉博士、濱侃博士、東京大學生物環境情報工学研究室大政 謙次 教授、鄧博慶 博士、農研機構農業環境變動研究所上級研究員石塚直樹博士等人，於公務繁忙中特撥空整理資料並詳細解說，使本次參訪對日方運用遙測輔助調查有更深瞭解，對本署日後推廣業務助益良多，

僅此表達誠摯謝意，同時亦感謝東京大學陳怡臻博士、早稻田大學吳鎮宏博士、筑波大學王家潤先生詳盡之翻譯與解說，使本次參訪流程順暢圓滿。

本次考察共計拜訪 2 個官方單位、3 個官方學術研究機構及 1 個私人研究機構，經考察資料整理，將本次書面報告分為 7 個章節，將參訪過程分為日本農糧情調查政策沿革、日本遙航測技術於農情與糧情調查之發展、日本 UAV 技術在農業方面之智慧應用三大主軸進行撰寫，期望本報告未來能對台灣農糧情調查有所助益。

貳、日本農糧情調查政策沿革

一、日本官方農糧情調查架構說明

日本辦理農糧情調查工作，係以農林水產省統計部為中心。該部於 1947 年美國統管日本期間成立時，約有 2 萬名公務員於各市府廳專門單位進行人力調查，惟今日已經無此人力規模，故積極開啟研究遙測技術大門。雖然 20 年前已開始發展遙測技術，運用遙測全面取代人工農情調查仍為日本尚未實現之目標。多年來由 JAXA 法人組織進行本項研究，並委託 RESTEC 進行開發相關技術，惟目前仍處研究階段，未全面實行。

在地方，日方所發展方法係屬分散型調查體系，由各分支機構(或地方政府)負責基礎調查，中央則負責規畫調查及彙整和公佈統計數據。在農林水產省於 2015 年 10 月改制後，地方單位共有 9 個農政局，包含北海道及沖繩兩個事務局(圖 1)，而各支局下再設有辦事處。因組織精簡，全日本進行農情調查相關人員僅餘 1,600 人左右，約每一鄉鎮配置一名調查人員。

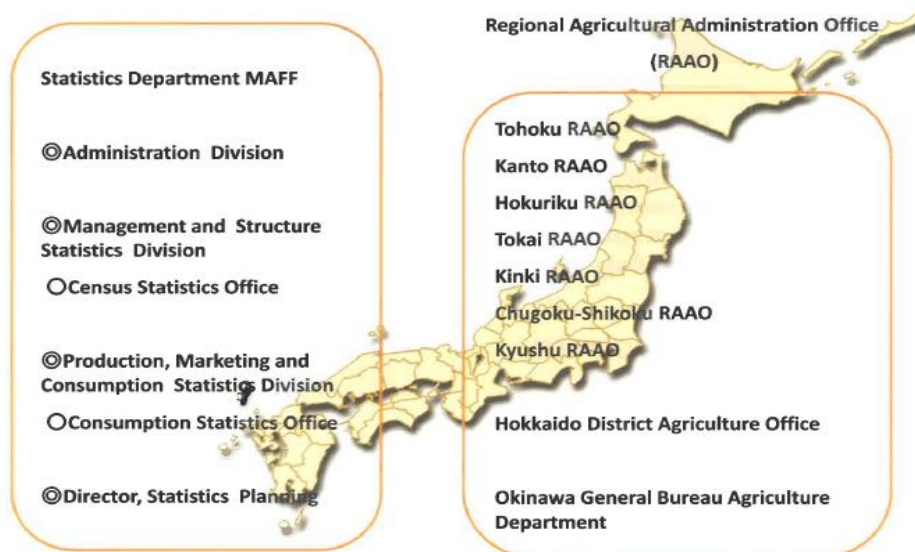
在中央，統計部主要工作項目分為 4 類，首先為農業構造統計調查，再則為農業經營及活動狀態調查，三為農作物面積及生產量調查，最後則係市場上物流狀態及價格調查等。

近年來，日本已由早年都道府縣全面蒐集基礎調查資訊方式，改為抽樣進行調查。目前農糧情調查狀況以 1948-1952 年時辦理之全國農地全面調查資料為基準，將全國分為約 194 萬個小區，每年僅進行部分區塊抽樣調查，將調查後數據登錄於調查票(類似台灣田間調查紀錄表)，利用調查後變化率推算全國面積變化，其中稻米、小麥及其他各項作物並無分開調查。

日方農情調查可分為下數類：

- (一) 全面性普查：1950 年起根據 FAO 規定，農林漁牧每 10 年一次世界性普查。日本最近一次於 2015 年 2 月 1 日開始辦理普查，2016 年 3 月公布統計數據。另日本國內有 5 年進行一次之農業調查，共計已辦理 7 次世界性普查，中間每 5 年一次調查則實施 6 次。
- (二) 農業經營統計調查：以記帳簿方式，讓樣本農家進行記錄，每年有 4 萬戶農家參與做為樣本，與台灣的成本分析調查相似，進行本調查主要為執行所得保證政策參考資料。

Structure of the Organization of SD MAFF



圖表 1 日本農情調查組織

資料來源：農林水產省(2016)

- (三) 作物產量統計調查：以坪割方式推估產量，約進行 1 萬戶農戶坪割調查，坪割採樣點以田區對角線取樣三點，篩選 1.7mm 以上稻米進行統計。此規格以上者歸屬為可市售稻米，未達此規格者無法銷售，為雜米，不列為糧食生產量(因日本生產水準高，稻米不符規格者少)，此類雜米會另磨粉再利用，作為仙貝或其他加工用米。
- (四) 主要作物種植面積調查：由農林水產省將調查票寄予農協(農業團體)，經農協轄下農民確認後回收。日本農協等團體過去以農業指導為主，目前則以辦理農家金融商品為重點業務，並兼作車輛買賣及生產等各方面業務。對農家而言，由於農協幫忙收穫及管理金錢，因此日本農協具有特殊地位，所獲數據具有實質參考價值。

日方調查系統係利用通信設備(網路)進行資料傳輸，地方農政局收集資料輸入電腦，並將資料進行匯集後，送至中央農林水產省進行統計運算後公布，目前使用數據係 2012 年 1 月所公布，預計於 2017 年利用 2016 年普查公布數據進行更新(架構如圖 2)。

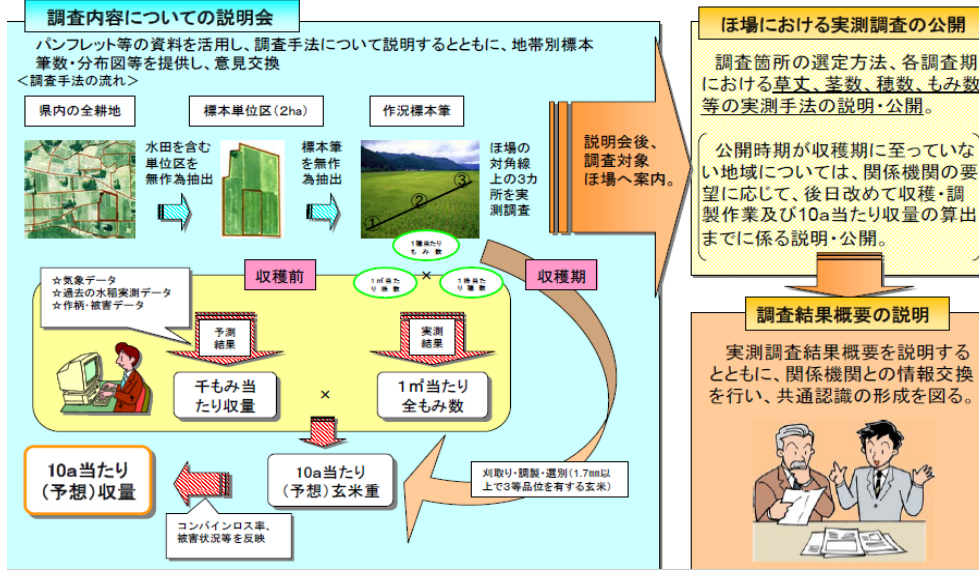
日方利用類似 OCR 技術，進行表格掃描，自動將數據輸入電腦中，再以系統統計運算(相當類似台灣農糧情調查資訊系統)。日本調查方式係將面積調查與產量部分切割，面積為每年 5 年以基礎資料進行修正一次，由地方農政局人員進行逐年調查，而產量調查則委由專門調查人員進行坪割推定。

水 稻 の 作 況 調 査 に つ い て

資料No.6

関係者立ち会いの下、現場での実測・調査過程の公開、調査手法の説明により、より一層の共通認識を形成

○公開の時期：8月以降適宜 ○参加者：都道府県、市町村、JA、地域水田協議会等



圖表 2 水稻耕作調査

資料來源：農林水産省(2016)

因應調查人力減少，日方逐年減少統計調查項目，自 2005 年 35 種調查項目至 2015 年減為 29 項。另外配合 IT 導入以及委外調查等方式，以減輕政府調查人員負擔。在將基礎調查方面委外進行後，日方開始著重於查核部分工作，以減少統計數據誤差。

郵送調査票 (団体用 A)

この調査は、農林水産省が統計法(平成19年法律第53号)に基づく基幹統計調査として実施するものです。記入する前に、「調査票の記入の仕方」をご覧ください。なお、この調査票は秘密扱いとし、統計以外の目的に使うことは絶対ありませんので、ありのままを記入してください。記入していただいた調査票は、月 日までに同封の封筒に入れて返送してください。

貴団体管内の作付状況について、以下の作物ごとに記入してください。

1 麦類の作付面積 単位: ha

作物名	作付面積(田畑計)	田			畑		
		子実用	青刈り用	飼料用	子実用	青刈り用	飼料用
小麦	前年産						
	本年産						
秋まき(北海道のみ)	前年産						
	本年産						
春まき(北海道のみ)	前年産						
	本年産						
二条大麦	前年産						
	本年産						
六条大麦	前年産						
	本年産						
裸麦	前年産						
	本年産						
えん麦	前年産						
	本年産						
らい麦	前年産						
	本年産						

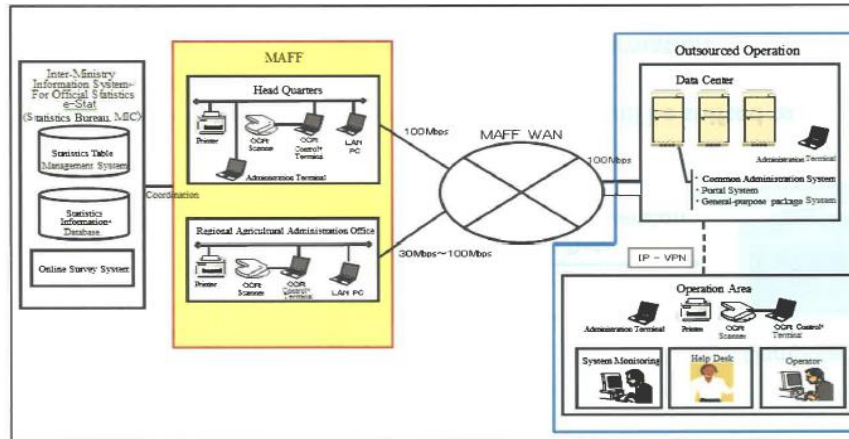
※ 作付面積は単位を「ha」とし、小数点第一位(10a単位)まで記入してください。
 ※ 青刈り用には飼料用のほかに「飼料用」が含まれます。なお、作物等の被覆用として作付けされるものについては、青刈り用も含めずに田・畑欄に含めて記入してください。
 ※ 小麦の秋まき及び春まきについては、子実用作付面積について記入してください。

引き続き次のページへお進みください。

圖表 3 郵寄調査票

資料來源：農林水産省(2016)

MAFF's Statistical Data Processing System



圖表 4 農水省統計資料庫系統

資料來源：農林水產省(2016)

日方認為其國內農情調查統計體系，未來所要面對課題主要兩大方向為：(1)調查方式須因應社會狀況（老齡化、省工）持續調整；(2)由生產調查轉為六級化產業調查。

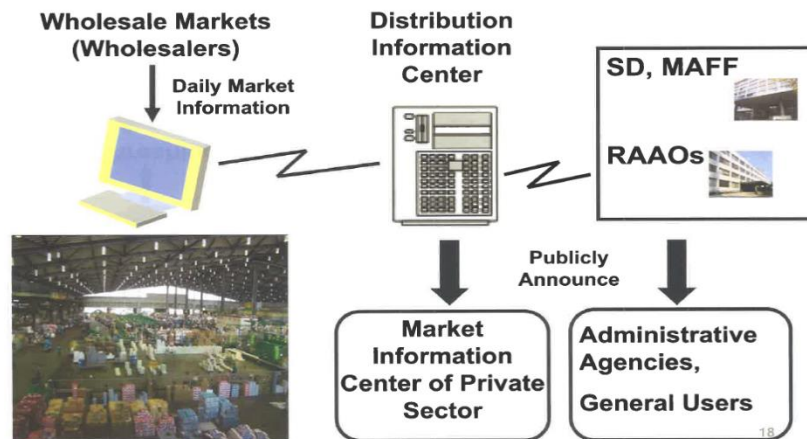
為因應上述課題，日本刻正朝向運用遙測輔助調查方向研究，現已建立技術與方法，並持續精進以期未來全面推行。該技術流程概為：取得光學衛星及雷達衛星資料後，利用人工判釋作物狀態，並標註出不確認地點，再人工至現場確認，最後以機器判讀。因技術發展多年，此技術在水田判釋部分，準確率已達 9 成以上。然雖已達一定精確度，日本官方統計中仍以人工調查所得數據為準，遙測所得數據僅為參考，兩者統計結果發生差異時係以人工調查為準。其技術發展多年仍未取代人工判釋之原因，將於本報告內文逐一敘明。

又，相對於面積、產量等調查，日方目前更著重於產業六級化調查，即農業生產（一級）-農產加工（二級）-銷售（三級）產業發展模式（自生產至商品流通狀況）通盤調查。

由於日本物流須先自產地集貨，後送至大型批發市場(如大田市場)，歷經中盤及零售批發業者，再傳遞至消費者。而發展六級產業，目標係促使農家不僅可從事生產，亦可自行包裝加工販售，以提高農家收入。再配合日方現正進行之農家所得保障政策，利用成本分析瞭解農家收益結構，方可全盤調查及推行相關政策措施。另外，在產業六級化調查作業過程中，上述保障政策中統計調查結果倘發生 1%誤差，即可造成百億日圓以上差異，故收益結構等統計推估金額精準度要求極高。

日本農產物流市場之資訊調查作業，係由批發市場每日將數據送至中央數據機進行統計，最終統計結果再於每日 10 時發佈至全國。市場回報資訊包括蔬果種類、個別種類最低價至最高價、銷售地等，以應用作為政策單位決策參考資料。市場銷售數據公佈皆以各項資訊可發佈之最短時間更新，部分資訊可每日發佈，部分為每週、月、季調查後公佈。該數據受到高度關注，故資料於網路公開，並每日接受電詢。總計以年為單位發布者共有 85 項，以季為單位者則有 88 項。

Fresh Food Distribution Information Service



圖表 5 中央市場資訊發佈

資料來源：農林水產省(2016)

另外，農林水產省於 2007 年通過「GIS Action Program 2010」作為日本農業部門應用 GIS 最高指導方針，計畫主要工作係加強整備地方農業委員會、農業合作社、農業共濟組合、土地改良區等單位保存之農業相關圖資或影像資料，並與政府部門基礎圖資作妥善結合應用。然而，日方並未能全面實施此指導方針，主要係因計畫試辦時，民間執行團隊專業程度不一，致最後調查結果不盡理想，加以日方地籍圖曾由各地方機關自行管理，某些縣市地籍資料並未完善，導致調查瓶頸，最終無法繼續進行。

二、 專門調查人員體系之建立

日本農糧情調查人員分為兩種，一為地方農政局及各分支局公務人員（約 1600 人）；二為外聘調查人員，係因應日本現有正式職員調查員人數過少，加以地方農政局正式公務統計人力年齡偏高（平均 50 歲）且不再增聘所招募，未來也將由此類外聘調查員取代逐漸精簡之公務人力。

上述外聘調查人員中，又細分為專門調查員及一般調查員。日本自 2015 年 4 月開始施行專門調查人員制度，以一年一聘方式募集人力，募得人員被賦予非常勤公務人員之義務，雖不具公務員身份，但以公務人員法規進行約束（包含公務人員保密協定等）以便控管人民個資。募得之調查員每一調查人員負責一定數量農戶或地區，以責任制進行調查。

專門調查員亦分為兩種，一為經營統計調查人員，辦理農家成本分析收益等統計。二為生產統計調查人員，負責進行坪割產量統計。所募得之全國專門調查人員計有 700 餘人，以具備人口普查經驗之男性為主，主婦次之，年齡則大約在 60 歲左右。另有約 1 萬名一般調查員負責抽查調查資料，或回收由農協發給予農家填列之調查票，至於調查所得資料則由各地方農政局正式職員辦理統計。

(一) 專門調查員（經營統計類）招募條件：

- 1、 工作經驗（研究所畢業 2 年以上，大學畢業 4 年以上，高中畢業 9 年以上）。

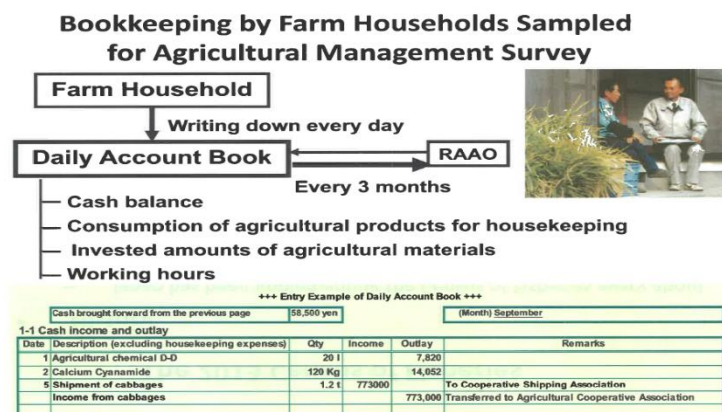
- 2、 具有統計實務經驗者。
- 3、 具有專業調查知識並可順利執行。



圖表 6 専門調査員導入

資料來源：農林水産省(2016)

- 4、 工作内容：毎年 4 次農家訪談並收取計帳本，檢視農家資産紀錄狀況後，以電話進行訪談與資料修正，最後總結收支狀況及勞動時間等資訊後將資料輸入系統（所有農戶樣本係以隨機抽樣方式所抽出）。
- 5、 待遇：依調查種類不同有差異，若以調查每一客體約需 18 天計之，每一客體約有 15 萬日圓津貼，並依調查客體數增加所得津貼額度。



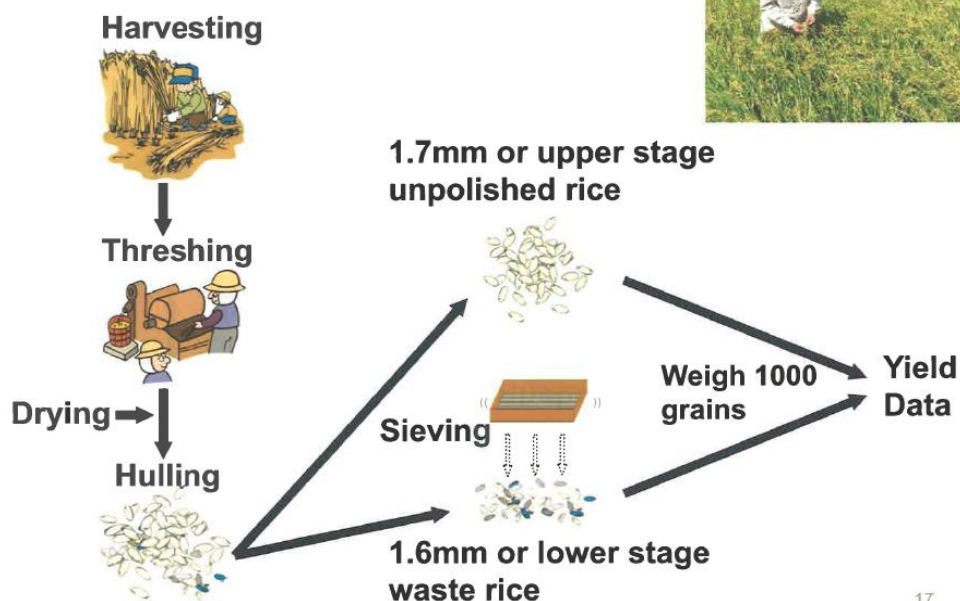
圖表 7 専門調査員訪視

資料來源：農林水産省(2016)

(二) 生産統計専門調査員

- 1、 工作内容：水稻坪割產量推定，調查範圍內作物面積確認，作物受災害影響被害面積確認。
- 2、 生産統計専門調査員工作待遇：本項調查報酬取決於調查類型。以水稻坪割為例，2 人為 1 組進行 6 塊田區之坪割作業，約需 2 天時間完成，每人可獲取 1 萬 5 千日圓報酬。

Yield Survey of Rice (Crop Cutting)



圖表 8 生產統計專門調查員

資料來源：農林水產省(2016)

專門調查員之管理，係由地方農政局全權掌管，包含招 聘、待遇以及教育訓練等，其中教育訓練又分為兩個階段：

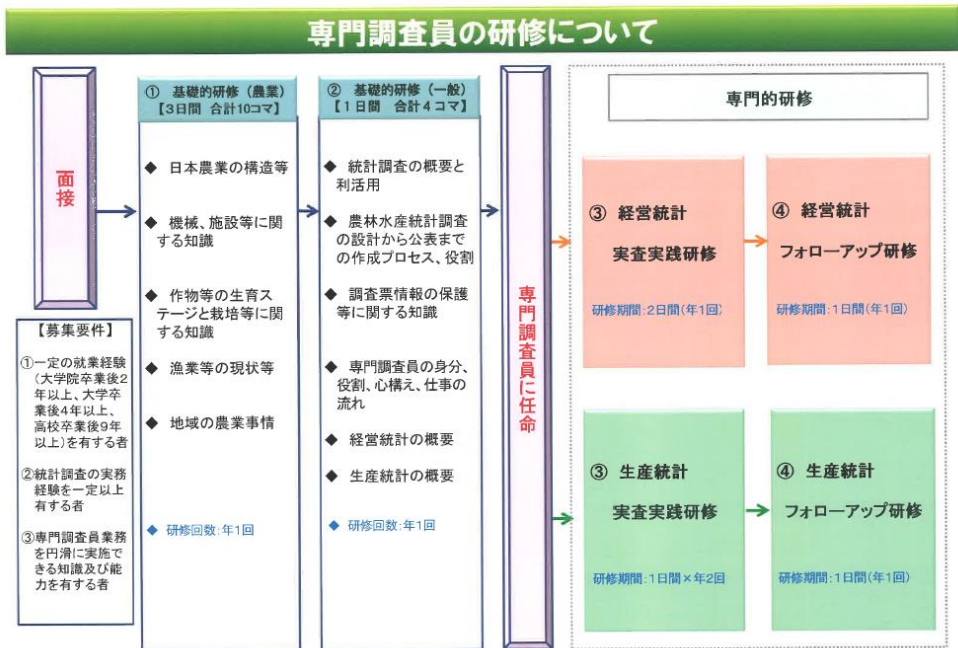
(一) 第一階段：基礎研修

- 1、 農業基礎研修(每年 1 次)：包含農業組織架構、農機與設施基礎知識、作物生育及栽培相關知識等。
- 2、 一般知識基礎研修(每年 1 次)：統計調查概要、農業統計報表之設計與製作及調查員定位、調查訪問紀錄保密知識、專門調查員身分定位及所要負責工作事項、經營統計調查員及生產統計調查員分別工作內容等。

(二) 第二階段：專業研修，任命不同調查類別。

- 1、 經營統計專門研修：(1)實地調查訓練(每年 2 天) (2)追蹤調查訓練(每年 1 天)。
- 2、 生產統計專門訓練：(1)實地調查訓練(每年 2 次) (2)追蹤調查訓練(每年 1 次)。

專門調查人員通過面試及訓練後，由地方農政局給予聘書及專門調查員証。除每案津貼報酬外，亦可比照公務人員依國家規定核報差旅費，另公務期間亦可比照公務人員職業災害補償辦法。同時，若因公務過失造成他人財物等損失，亦依公務員義務予以賠償。此外，調查人員如有查報不實、無切實執行等情況時，政府將依公務人員懲戒法進行處罰。資料保密上得益於非常勤公務員身分進行管理，可予嚴謹規定，如禁止將調查結果寫入公共媒體以及部落格，且針對訪查農戶不得進行調查以外任何業務，且不得收受所有農戶所贈與物品、優惠等。

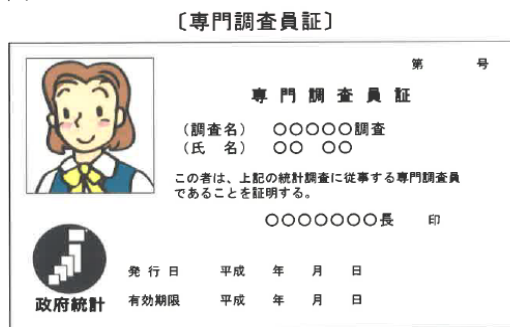


圖表 9 専門調査員培訓

資料來源：農林水産省(2016)

在擇優汰劣乙節，專門調查人員經過受訓之後，必須提出一個調查計畫，針對調查區域將如何進行調查，並將交通運輸等路線規劃，交給所屬地方農政局考核。各地方農政局會分別對專門調查員統計結果進行抽查，並在年末時對每一調查員進行考核(分 ABC 三等，C 等不再予聘僱)。

此外，在設備部分，專門調查員係使用一般筆電、計算機、紙筆等，並無使用智慧裝置。



圖表 10 専門調査員證

資料來源：農林水産省(2016)

三、日本稻米相關政策之生產調整及備蓄

自 1964 年以來，日本稻米需求量自 1341 萬噸逐漸減少至 2013 年 832 萬噸，為配合需求量下滑，日本曾推行減產政策，並在 2013 年時成功減少至 861 萬噸。2014 年時，日本米產量為 861 萬噸，其中主要食用米佔全體 91%，為 788 萬 5 千噸；非主食用米中，加工用米 26 萬 8 千噸、儲備米 25 萬噸、其他新規需求米 21 萬 1 千噸。新規需求米中又包括米

粉用米 1 萬 8 千噸、飼料用米 17 萬 8 千噸、輸出用米 6 千噸及酒造用米 4 千噸等。

同時，日人每人每日所需熱量，從 1980 年 770 大卡減少至 2012 年 549 大卡。細察卡路里組成時，可知稻米佔 22.6%，比畜產物 16.5%與小麥 13.7%均較多，但其收入金額卻低於畜產 2 兆 7100 億日圓及蔬菜 2 兆 2500 億日圓，位於第 3 位（1 兆 7800 億日圓），即使加入麥類、豆類、芋等類別後（為 2 兆 600 億日圓），仍不及畜產物及蔬菜。

在米價低迷之際，據總務省辦理家計調查，發現 2 人以上家庭在 2014 年時稻米購買量再次成長至 44.9 公斤，單身者則到達 21.1 公斤。相較於 2000 年時購入量，分別增加了 6.5 公斤及 4.1 公斤。以此進行未來 10 年日本稻米消費量推估，至 2035 年時，大約每人每年使用 48.8~50.1 公斤，屆時日人對稻米需求不再減少，因此稻米產量減少之趨勢必須抑制住。

由於日本米價自 1975 年不斷下滑，農家為生存不得不降低成本，上層農家朝省力化及規模擴大方向前進，惟米價依然低蹶不振。此外自主流通米（ヤミ米）越來越高價。生產者不僅須注重米生產量增加，也必須開始著重良質米生產，並尋找獨特販賣通路，才能確保收益。2014 年米價為 1.2 萬日圓/60kg，生產者中不僅有大規模經營者，也有小規模生產者，直銷、販售予生協、有機米契作等，競爭激烈。

(單位：60kg 当たり円)

項目	平成 18 年 2006	19 年 2007	20 年 2008	21 年 2009	22 年 2010	23 年 2011	24 年 2012	25 年 2013	26 年 2014
相對取引價格	15,203	14,164	15,146	14,470	12,711	15,215	16,501	14,395	12,068
平均 全算入生產費	17,435	16,412	16,538	16,760	16,533	15,933	15,923	15,229	15,416
0.5ha 未満 全算入生產費 (物財費のみ)	23,317	22,569	24,019	25,388	26,068	24,529	25,182	24,905	25,510
15ha 以上 全算入生產費 (物財費+労働費のみ)	11,198	10,737	11,008	10,455	10,645	10,710	11,274	11,424	11,558
	8,684	8,563	8,829	8,082	8,149	8,206	9,138	9,453	9,516

出所：農林水産省「米生産費調査」の各年次、および農林水産省「米をめぐる状況について」平成27年7月。

圖表 11 日本米價變化

資料來源：農林水産省(2016)

助成の対象	取組内容	助成単価
加工用米	作付けの取組	12,000円/10a
	複数年契約（3年間）の取組	12,000円/10a (上記に上乘せ)
飼料用米	多収性専用品種以外での取組	10,000円/10a
飼料用米・米粉用米	多収性専用品種での取組	12,000円/10a
地力増進作物等	水稻作付が困難な指定地域等における地力増進作物等の作付の取組	10,000円/10a
備蓄米	平成27年産政府備蓄米の買入入札における落札	7,500円/10a
そば・なたね	作付けの取組	20,000円/10a (基幹作)
		15,000円/10a (二毛作)

圖表 12 不同種米類補助

資料來源：農林水産省(2016)

同時，日本尚且面臨了農地逐年減少之趨勢。以東京都為例，2015 年在日本 449.6 萬公頃農地中，東京都即佔 7130 公頃，但實際上東京都卻流失約 100 公頃農地。為使產量不再下滑，各市町村均配合中央推動補助政策，並訂定米生產目標(如下表)。

平成 27 年産米の市町村別生産数量目標に，平成 28 年産米の「県の増減率」(平成 28 年産米の市町村合計配分数量 / 平成 27 年産米の市町村合計配分数量) を一律に乗じた数量を，「平成 28 年産米の市町村別生産数量目標」とする。

$$\begin{aligned}
 & \boxed{\text{平成 28 年産米の市町村別生産数量目標}} = \boxed{\text{平成 27 年産米の市町村別生産数量目標}^{\text{※}}} \times \boxed{\text{平成 28 年産米の県の増減率}} \\
 & \boxed{\text{平成 28 年産米の県の増減率}} = \boxed{\frac{\text{平成 28 年産米の市町村合計配分数量}}{\text{平成 27 年産米の市町村合計配分数量}}} \\
 & = \boxed{\frac{\text{平成 28 年産米の県の生産数量目標} - \text{平成 28 年産米の教育・試験研究機関の生産数量目標}}{\text{平成 27 年産米の県の生産数量目標} - \text{平成 27 年産米の教育・試験研究機関の生産数量目標}}}
 \end{aligned}$$

圖表 13 縣增減率計算

資料來源：農林水産省(2016)

為解決上述產量下滑、米價下滑(以及農地減少)等問題，日本積極推動水田活用政策及經營所得安定對策，由地域農業再生協議會協助農民申請加入政策輔導。其為克服前述困境所推行之補助政策，與我國對地補貼政策不同，故在作物調查方法上亦有所差異；又因補助標準不同，相對於我國，其對作物調查已自「基礎作物分類」轉變為以協助「品質改良」為主要目的。以下先就該國補貼政策進行簡介，以利內文後續闡述其作物調查流程及品質改良目標。

三、 日本稻米政策之經營安定對策及給付方式之執行內容

為幫助穩定農家經營，日本政府提供補助金以消弭本地農家與進口國生產條件不同造成之不利，提出以米、麥、大豆為主要對象進行補貼，以促進水田農業全體所得向上之方針。此方針推行措施計分為畑作物直接給付金、收入減少影響緩和對策、稻米直接給付補助金等三大類，此外另提出水田活用直接給付補助金政策，期在政策支持下可逐步提升日本糧食自給率及自給力。

(一) 經營所得安定對策(105 年申請加入時間為 4 月 1 日至 6 月 30 日)

1、 畑作物直接給付金

本項政策 2015 年補助額計發放 2,113 億日圓，2016 年再編列 1,947.6 億日圓預算(較 104 年增加 124.3 億日圓)，適用作物包括：麥、大豆、蕎麥、油菜籽(生產啤酒麥、黑大豆及種子者例外)。麥、大豆、甜菜、澱粉原料用馬鈴薯、蕎麥、油菜籽等項目之生產農家、集落營農者，給予標準生產費及販賣價格間之差額，補助額度基準以務農所需最小面積範圍進行計算。

数量払

交付単価は、品質格差に応じて設定

品質区分 (等級/ランク)	1 等				2 等			
	A	B	C	D	A	B	C	D
小麦(円/60kg)	6,410	5,910	5,760	5,700	5,250	4,750	4,600	4,540
二条大麦(円/50kg)	5,190	4,770	4,650	4,600	4,330	3,910	3,780	3,730
六条大麦(円/50kg)	5,860	5,440	5,310	5,260	4,830	4,410	4,290	4,240
はだか麦(円/60kg)	7,650	7,150	7,000	6,910	6,080	5,580	5,430	5,350

▶A~Dランク：たんぱく質の含有率等の違いで区分

品質区分(等級)	1 等	2 等	3 等
普通大豆(円/60kg)	12,520	11,830	11,150
特定加工用大豆(円/60kg)	10,470		

▶特定加工用：豆腐・油揚げ、しょうゆ、きなこ等製品の段階において、「大豆」の原形をとどめない用途に使用する大豆

品質区分 (等級)	1 等	2 等
そば(円/45kg)	14,700	12,590

▶等級：容積重の違いや被害粒の割合で区分

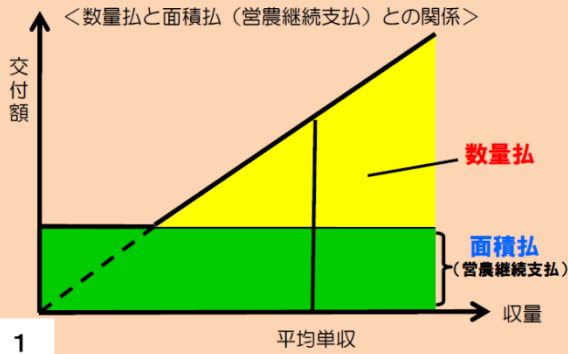
品質区分 (品種)	キサキナタ キラホシ ナンキブ	その他 品種
なたね(円/60kg)	9,850	9,110

★小麦のパン・中華麺用品種には、上記単価に2,550円/60kgを加算(都県により品種が特定されています。)

面積払(営農継続支払)

当年産の作付面積に応じて交付

2万円/10a
※「そば」は、1万3千円/10a



【数量払と面積払の計算例】

小麦について、当年産の生産面積が1ha、本年産の生産実績が1等Cランク50俵(3t)の場合、

【面積払】(2万円/10a)×1ha=20万円

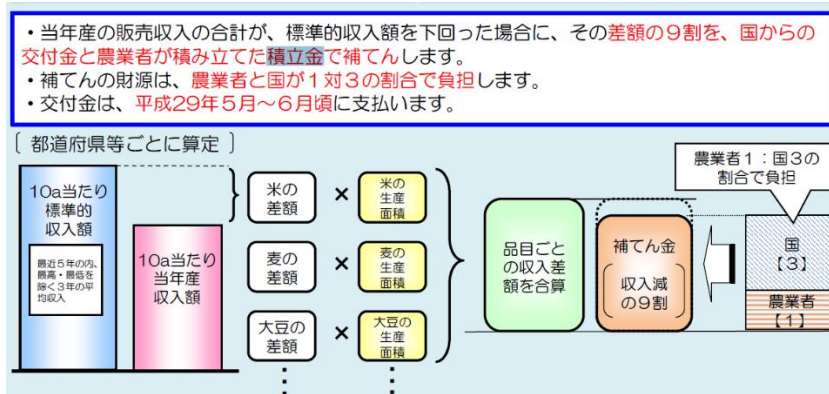
【数量払】(5,760円×50俵)－面積払分
= 28万8千円－20万円=8万8千円

圖表 14 畑作物直接給付金

資料來源：農林水産省(2016)

2、収入減少影響緩和対策

此措施於 2016 年編列預算 754.1 億日圓(較 104 年增加 48 億日圓)。凡認定農業者、集落營農及新規從農者，包含經營米、麥、大豆、甜菜、澱粉原料用馬鈴薯者(啤酒麥、黑大豆及種子用例外)，當年銷售收入金額總額如較標準收入額低時，加入者以公積金與國家以 1:3 方式比例負擔此差額 90%。另外，原先「收入減少影響緩和対策移行日圓滑化交付金」予以廢止。



圖表 15 收入減少緩和対策

資料來源：農林水産省(2016)

3、 稻米直接給付補助金(至 2017 年止)

2016 年偏列預算 723.0 億日圓（較 104 年增加 37.2 億日圓）。以遵守政府所訂稻米生產數量目標之農戶為對象，直接給付補貼金，每 10 公畝補助 7500 日圓。在此項政策規定中，對於持有未耕作中水田而有意參加調整水田不耕作地改善計畫者，應向市町村提出改善計畫，必須在預定達成改善計畫年度(提出起 3 年內)並達成耕作目標。

(二)水田活用直接給付補助金

本措施在 2015 年補助額總計發放 3048 億日圓，2016 年偏列預算 3,077.7 億日圓。政策內容係依照各地域情況，針對水田轉作其他作物之直接給付補貼金，包括轉作麥、大豆、飼料作物、WCS 稻、加工用米、米粉用米、飼料用米等地區特產者，均依耕作面積給予相對補助金。

①戰略作物助成

対象作物	交付単価
麦、大豆、飼料作物	35,000円/10a
WCS用稻	80,000円/10a
加工用米	20,000円/10a
飼料用米、米粉用米	収量に応じ、55,000円～105,000円/10a

<飼料用米等の交付単価のイメージ>
 取組額 (万円/10a) 基準(傾き): 約167円/kg
 単収 (kg/10a)

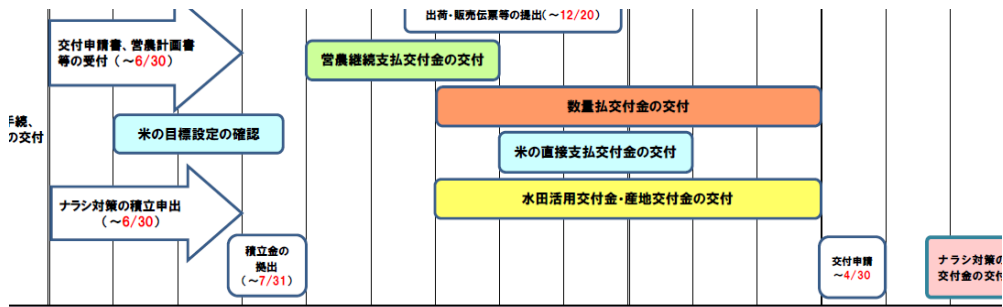
②二毛作助成 15,000円/10a
③耕畜連携助成 13,000円/10a
④産地交付金

対象作物	取組内容	追加交付単価
飼料用米・米粉用米	多収性専用品種への取組	12,000円/10a
加工用米	複数年契約(3年間)の取組	12,000円/10a
備蓄米	平成28年産政府備蓄米の買入札における落札	7,500円/10a
そば・なたね	作付の取組	20,000円/10a・15,000円/10a (基幹作) (二毛作)

※各地域における標準単収値は、当年秋の作況により調整
 水田活用の直接支払交付金を申請された方は、12月20日までに出荷・販売伝票等の提出が必要です。

圖表 16 戰略作物補助

資料來源：農林水産省(2016)



2. 交付金の交付時期（予定）

畑作物の直接支払交付金（ゲタ対策）		
ア 面積払	うち 麦、なたね	：平成28年 8月 ～ 9月頃
	（営農継続支払）うち 大豆、そば	：平成28年 9月 ～ 10月頃
イ 数量払	うち 麦、そば、なたね	：平成28年 10月 ～ 12月頃
	うち 大豆	：平成29年 1月 ～ 3月頃
収入減少影響緩和対策（ナラシ対策）		：平成29年 5月 ～ 6月頃
水田活用の直接支払交付金		：平成28年 8月 ～ 3月頃
米の直接支払交付金（29年産まで）		：平成28年 11月 ～ 1月頃

圖表 17 交付金發給

資料來源：農林水産省(2016)

(三) 其他規定

1、 防範毀約之規定

對於肥料栽培管理不良者，補助金停止發放。另外，下列情形應提出理由書，除自然災害等合理理由外，放棄耕作者不給付補助金。

- (1) 加工用米，當年產出量不達契約規定 80%。
- (2) 飼料用米、米粉用米，每 10 公畝單收値小於標準單收値 150 公斤。
- (3) WCS 用稻，與鄰近區域主要食用米生育狀況相比，無法獲相等收穫量受持續營農補助者，不同品質生產量，小於都縣常年單收 50%

2、 兩期作栽培輔導

此輔導措施主要推行麥、大豆等戰略作物組合，以對應耕作面積進行給付，每 10 公畝 1.5 萬日圓。主要組合包括：米與麥、麥與大豆、WCS 用稻與飼料作物等。

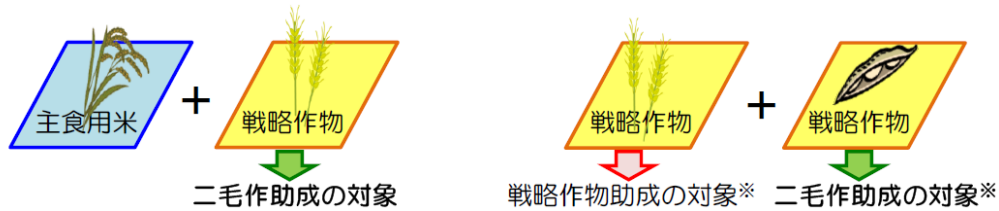
雖已有上述補助措施鼓勵生產，但日本農地廢耕比例增加尚有一大因素，即老農退休後繼無人。是以，日本另提出了「青年等就農計畫」。參與此計畫之新進農民經營農業開始 5 年內，向市町村申請認定後予人輔導，審查計畫者包括市町村、普及指導中心、青年農業者育成中心、農協等單位共同輔導。

新進農民在農業技術研修過程間，提供一年 150 萬日圓(最長 2 年)青年就農給付金(準備型)，並提供青年等就農資金(無息貸款)、經營體育成支援事業補助，以及輔導加入農業經營基盤強化準備金制度及經營所得安定對策。而在就農後總所得未滿 350 萬日圓者，最長 5 年內可每年給付青年就農給付金(經營開始型)150 萬日圓。在經營體育成支援事業補助

方面，則提供農機設施導入貸款(以補助 30%為限)。

① 主食用米と戦略作物の組み合わせ

② 戦略作物同士の組み合わせ

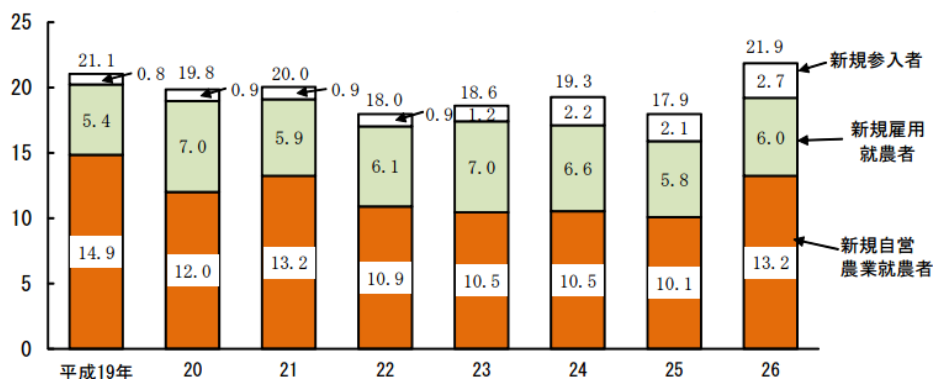


作付けパターン（例）		
作付けパターン	対象の可否	交付金額（10a当たり）
主食用米 + 麦	○	（米への助成） + 1.5万円
麦 + 大豆	○	3.5万円 + 1.5万円
WCS用稲 + 飼料作物	○	8万円 + 1.5万円
主食用米 + 地域振興作物	×	米に対する助成のみ
麦 + 地域振興作物	×	3.5万円のみ

圖表 18 日同戰略組合

資料來源：農林水產省(2016)

透過各方面補助、獎勵，以及輔導，在 104 年時農林水產省大臣官房統計部公布新規就農者調查結果。平成 26 年(103 年)新規就農者數量為 5 萬 7,650 人。就農形態別而言，新規自營農業就農者為 4 萬 6,340 人、新規雇用就農者為 7,650 人、新規參加者則為 3,660 人，整體而言已有略增。

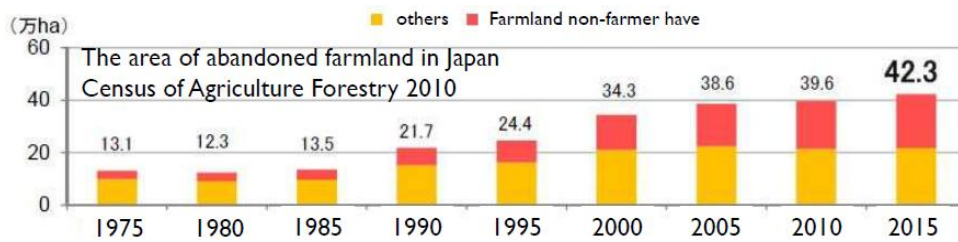


圖表 19 日本新進農民數量

資料來源：農林水產省(2016)

參、日本航遙測技術於農情與糧情調查之發展

如前述章節所提，日本農業遭遇最大困境為高齡化，導致農田廢耕比例上升，農二代亦不願承接從農，即使給予補助亦不易提升意願。日本先後提出許多政策及經費解決，但成效仍有限。



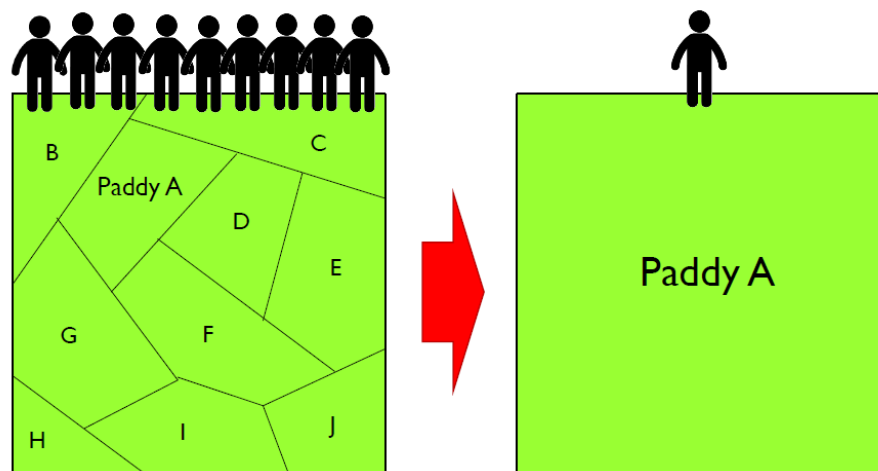
圖表 20 廢耕地面積

資料來源：千葉大學(2016)

農民老化與減少，目前已存在約 40 萬公頃以上荒廢地及未活化耕地，約有兩倍東京大小。除此之外，尚有些縱有政策補助亦難以改善之困境，如：

- (一) 病害與蟲害日漸增加，且難以控制。
- (二) 因為氣候變遷，導致各種作物生產問題。

為解決諸多難題，日本推行了『農地統合』政策，希望將土地所有人分散之區域，統一由少數人管理，集中規模從事農業經營，並期導入遙測技術，傳承既有農業栽培技術與知識。日本遙測技術應用於農業調查各項方法，仍自其原有調查架構發展而來，以下將先敘明其現有調查體系，再就日本國內衛星應用領域及其遙測技術發展現況進行說明。



圖表 21 農地統合

資料來源：千葉大學(2016)

一、日本衛星使用現況與調查機構簡介

(一) 日本糧情與農情調查機構

日本糧情與農情調查體系包含中央行政單位、地方農政局、政府合作機構或試驗單位及民間業者等。在技術開發上，包括農林水產技術會議事務局等試驗單位，以及各地理相關研究學術單位，均有委託研究計畫持續進行中；在民間團體協助方面，農業協同組合影響力強大，而農田地籍坵塊亦有水里土等單位持續協助，由中央至地方協調良好，合作緊

密。以下僅就各參與本次考察訪談之機構進行介紹：

1、行政機關(農林水產省統計部)

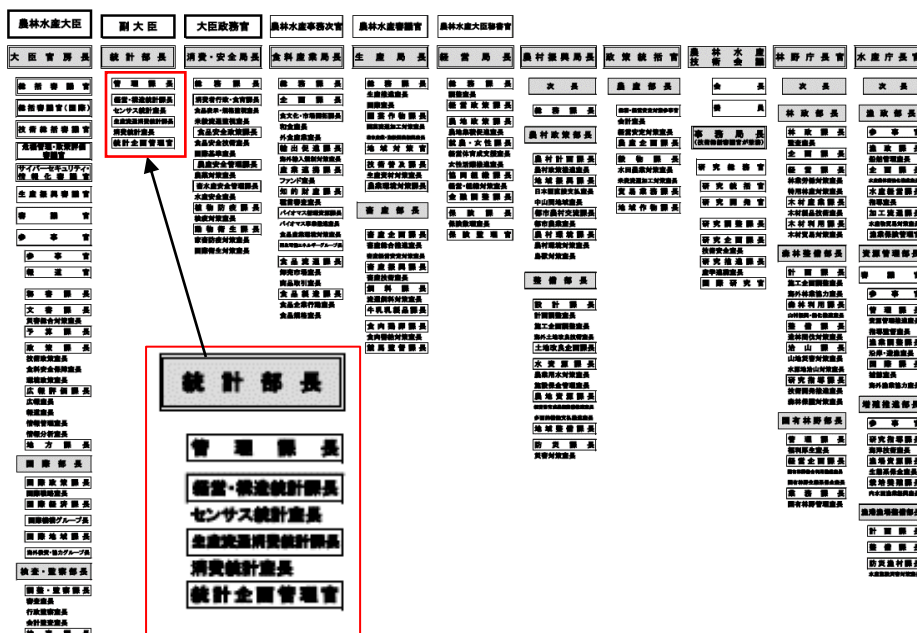
農林水產省統計部於 1947 年美國統管日本時成立，成立之初計有 2 萬人力，散佈於各市府廳都專門單位進行人力調查，惟今日已無如此規模人力，故積極發展遙測技術代替人力調查。

統計部共計分為中央及地方九大農政局，地方農政局再設立分局辦公室。中央(統計部)分為四個部門，包含管理課、經營構造統計課、生產流通消費統計課及統計企畫管理官等。下屬單位除北海道及沖繩為農政事務所及綜合事務局，其他則均為農政局。其主要業務首先為統計調查、農業經營及活動狀態調查、農作物面積及生產量調查、市場上物流狀態及價格調查等。次之為農業構造調查，重要業務包括十年進行一次之農業普查，以及中間五年一次之農林漁林概況調查。

在前述所提「農業構造動態調查」部分，日本每年以抽樣調查方式進行全國(非普查)四萬戶調查，項目包括種稻成本、農家整體收支狀況、食品生產及作物面積產量調查等。

而耕地及耕作面積之統計調查作業，係由生產流通消費統計課辦理；該課下設(1)企劃班，負責生產統計相關企劃與分析工作；(2)解析班負責生產統計分析及加工、農作物被害情形統計調查、氣象情報收集解析等；(3)面積統計班為耕地耕作面積統計調查主要負責單位；(4)普通作物統計班則負責稻米與畑作物生產之統計調查；(5)園藝統計班、(6)畜產木材統計班及(7)漁業生產統計班則分別負責蔬菜、果樹、花卉、畜產飼養供給、木材生產流通及價格、漁業生產統計等業務。

農林水產省組織業務運營體制圖(平成28年7月1日現在)



圖表 22 農林水產省架構

資料來源：農林水產省(2016)

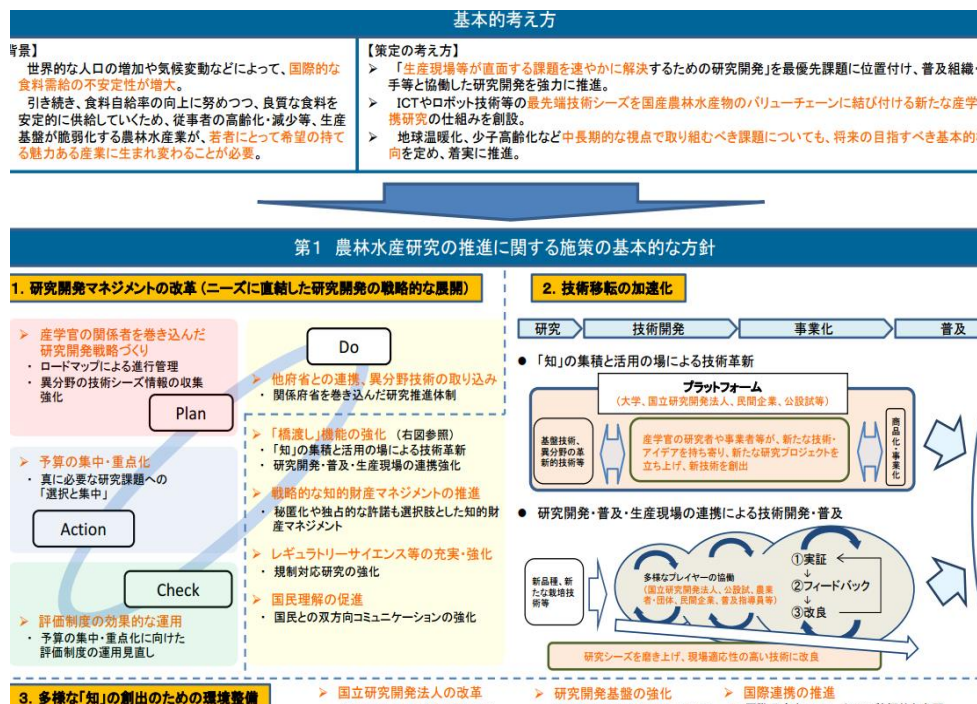
2、行政單位(農林水產技術會議事務局)

農林水産技術會議係依農林水産省設置法、國家行政組織法所設特別機關，主要任務包括：農林水産研究基本計畫策定、試驗研究及一般行政部局事務及聯絡調整、研究開發狀況及成果調查、協助農業食品産業技術總合研究機構、都道府縣及民間企業研究開發及提升研究者資質提升等。

農林水産技術會議設置有事務局，在事務局長下有研究總務官及數個課室、筑波産學連携支援中心、研究統括官、研究開發官等。其中，研究企劃課負責研究成果調查及情報利用；研究推進課則與農作物育種研究推進相關；研究推進課負責産學合作；研究統括官及研究開發官負責試驗研究重要事項（主政生産技術、基礎基盤環境事務）之企劃及立案等。

2015 年時該局發布了未來十年技術開發及重點實施展望。其中水田及南九州或沖繩畑作將發展適地化高收益水田農業系統；北海道畑作則預備擴大規模達成高生産量；此外，將積極發展環境保全型農業及 6 次産業化地區人力雇用、所得向上等目標，以在中長期達成下列目標：

- (1) 為國民健康長壽提供安全可信賴之食品。
- (2) 革新農林水産業之生産流通系統(技術)，大幅降低營農成本。
- (3) 協助農山漁村新産業建立。
- (4) 發展更佳世界好評之農林水産物(單位生産量及品質)。
- (5) 朝農林水産業持續化、安定化邁進，如氣候變動下之適應技術、防疫技術、資源循環型農林漁業、農山村的最大機能發揮、水産資源永續發展及水産技術開發。
- (6) 為全球規模食品、環境問題，提出對策及國際貢獻。



3. 多様な「知」の創出のための環境整備

- 国立研究開発法人の改革
 - ・ 平成28年4月の独法統合の功
 - ・ 平成28年4月「発注システム」の
- 研究開発基盤の強化
 - ・ 研究資金制度の効果的な運用
 - ・ 研究開発基盤の助成、公拓
- 国際連携の推進
 - ・ 国際研究ネットワークへの積極的な参画

圖表 23 日本農林水産研究發展方針

資料來源：農林水産省(2016)

➤ 今後5年間程度で技術開発及び実用化を図り、その後速やかに生産現場への普及を目指す。

<p>水田</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 地域条件に応じた高収益性水田営農システムの確立 中山間水田 ○ 地域の強みを活かし、持続性のある中山間水田営農システムの確立 北海道畑作 ○ 担い手の規模拡大や高生産性営農を可能とする北海道畑作営農システムの確立 南九州・沖縄畑作 ○ 南九州・沖縄地方における高収益性畑作営農システムの確立 茶 ○ 実需者と連携した強みのある商品開発による茶の需要拡大及び効率的な営農システムの確立 野菜 ○ 加工・業務用需要に対応した野菜の低コスト生産・流通システムの確立 施設園芸 ○ 省エネ・省力・高収量を実現する次世代施設園芸モデルの開発 果樹 ○ 担い手の規模拡大を支える高品質果実の省力・早期成園化技術等の開発 花き ○ 多様な花き品種の開発力を支える育種基盤の整備及び品質保持輸送技術の開発 酪農 ○ 省力かつ精密な飼育管理等が可能な酪農システムの確立 肉用牛 ○ 国産飼料基盤に立脚した肉用牛の効率的な繁殖・肥育システムの確立 	<p>養豚・養鶏</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 国産飼料を最大限に活用した養豚・養鶏モデルの確立 環境保全型農業 ○ 農業生産の効率化と環境保全等の効果が両立する農業技術の開発及び導入便益の見え 森林・林業 ○ 森林利用技術の高度化及び林産物の新たな需要開拓 水産業 ○ 魅力ある漁業・養殖業を実現する技術開発 6次産業化 ○ 地域の雇用・所得の増大に資する6次産業化関連技術の開発 輸出促進 ○ 農林水産物の国別・品目別輸出戦略の実現を支援する輸出関連技術の開発 食品安全・動植物防疫 ○ 食品の安全性向上技術及び動植物防疫技術の開発 農業・農村インフラ ○ 効率的なほ場水管理、農業・農村インフラの効果的維持管理技術と農村の防災・減災情報システムの開発 鳥獣害対策 ○ 鳥獣特性に応じた効果的・効率的な被害防止技術等の確立 東日本大震災 ○ 被災農林家の営農・森林作業、被災漁業者の操業の再開を阻む技術的課題の解決
--	--

2. 中長期的な戦略の下で着実に推進すべき研究開発

➤ 地球温暖化の進行や少子高齢化に伴う消費動向の変化など中長期的な視点で取り組むべき課題について、農林水産研究が目指すべき6つの基本的な方向に即して、116点目標を設定。

➤ 特に重要な研究開発テーマについては、関係業界、外部有識者等の意見を聴きながら、研究開発戦略を作成。

<p>安全で信頼される食料を安定供給し、国民の健康長寿に貢献する</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 生産現場から食卓までの安全管理の徹底や動植物の疾病・病害虫の侵入・まん延を防止するための技術開発 ○ 健康長寿社会を支える栄養・機能性に優れた農林水産物・食品を供給するための技術開発 <p>農林水産物の生産・流通システムを革新し、大幅なコスト削減を実現する</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 農林水産物の生産・流通システムを革新するための技術開発 <p>農山漁村に新たな産業や雇用を生み出す</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 地域資源を活用した新産業創出のための技術開発 <p>農林水産物の単収・品質向上を促進し、「強み」をさらに引き伸ばす</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 世界に誇れる強みのある農林水産物の開発 	<p>農林水産業の持続化・安定化を図る</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 気候変動に対応した農林水産業の適応技術の開発 ○ 病害虫や家畜伝染病等の防疫技術の高度化 ○ 資源循環型の持続性の高い農林漁業システムの確立 ○ 農山村の多面的機能を最大限に発揮させ、農山漁村インフラ及び森林を持続的に整備・利管理する技術開発 ○ 海洋生態系と調和した水産資源の持続的な利用を支える水産技術の開発 <p>地球規模の食料・環境問題に対処し、国際貢献を行う</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 気候変動等の地球規模課題への対応や開発途上地域の食料安定生産等に関する国際研
--	---

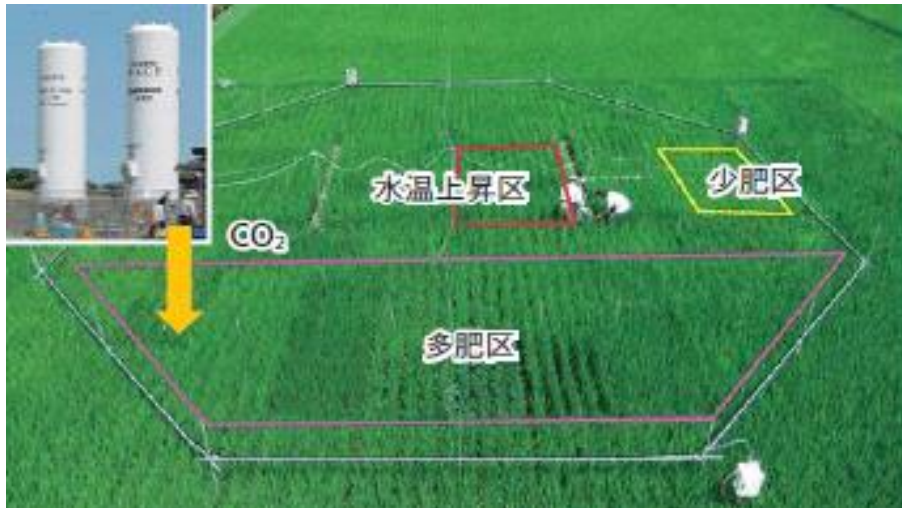
圖表 24 日本農林水産研究方向

資料來源：農林水産省(2016)

3、試驗單位（農研機構－農業環境變動研究所）

農研機構年度預算約 600 億日圓，員工數達 3 千人，包含食農商業推進、各地農業研究中心、果樹茶業、野菜花、畜產、動物衛生、農村工學、食品研究、生物機能利用、次世代作物開發、農業技術革新工學、農業環境變動、高度解析、遺傳資源、種苗管理、生物系特定產業技術研究支援等研究中心。農研機構主要研究方向為：

- (1) 生産現場強化與經營力強化：為解決農業經營者高齡化及農地配合問題、擴大農業經營法人化支援，如革新技術開發，以活化地理條件之水田作、畑作與畜產業。
- (2) 地區氣象與土壤條件下之水田與畑作農業經營研究：活用情報通信技術以發展革新研究方向。強化生産基礎並建立有競爭力之畜産結構；生産與地域條件對應肉牛生産、繁殖技術體系
- (3) 強化農業及新創產業研究:育成對生産者、使用者及消費者有所效益之日本農業強項作物新品種、生物素材開發。
- (4) 研究開發收穫量與品質兼優之作物品種：包括基因育種技術提升之研究、農業生物生産性提升與有用物質生産及機能性新素材開發、農產品與食品高附加價值與安全性確保等研究。

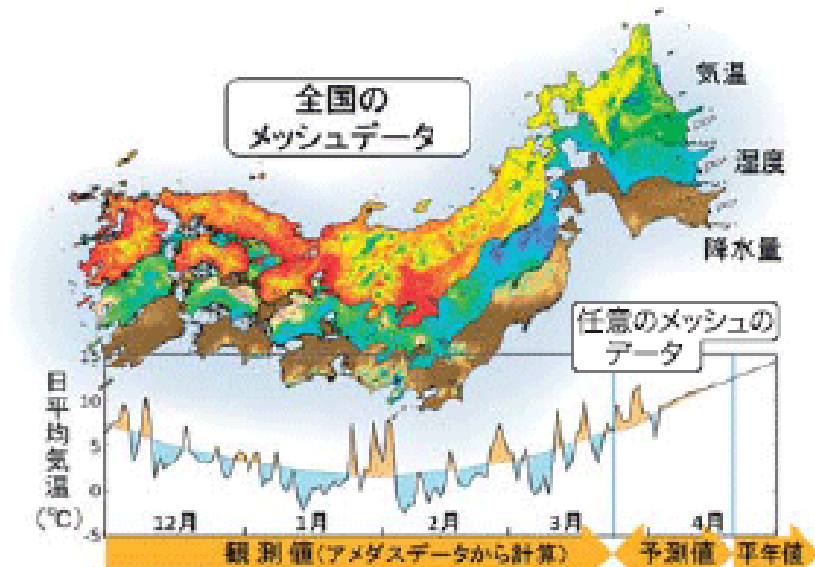


圖表 25 筑波未來 FACE(面貌)實驗設施

資料來源：農業環境變動研究所(2016)

本次參訪之農業環境變動研究所，其作為農研機構項下分支機構，專門進行農業生育環境相關試驗研究、調查、分析、鑑定及講習相關業務。所涉及領域包括：

- (1) 氣候變動對應研究：包括氣候變動對農業生產影響預測、溫室效應及暖化緩解技術開發、氣候變動與農作物問題解答、暖化下農業生產技術提案等。



圖表 26 五十年後預設 CO2濃度之作物栽培

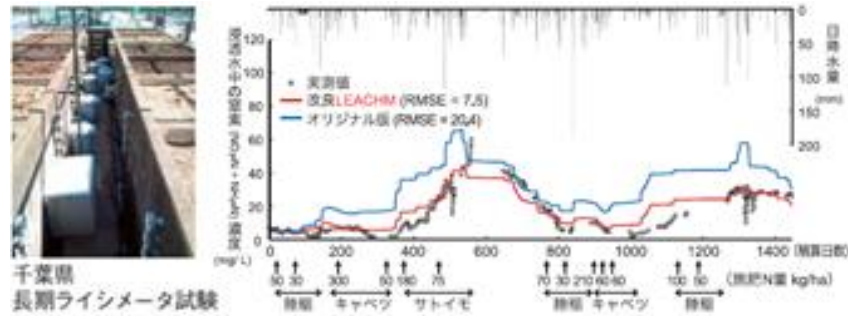
資料來源：農業環境變動研究所(2016)

- (2) 農業氣象資訊網絡
對作物生育與病害進行監測，以建構農業氣象災害早期警戒與栽培管理支援系統。
- (3) 生物多樣性研究領域

為瞭解環境變動與農業變化、生物多樣性間之關係，建立農業生態系與生態系間評價與利用之研究，以及外來生物對農業生態系影響與評價。

(4) 物質循環研究領域

研究不同農法與資材對水質影響，窒素等廣域循環評價及利用生物改善循環機場之技術。



圖表 27 稻米研究

資料來源：農業環境變動研究所(2016)

(5) 開發以微生物酵素分解塑料之技術

有害化學物質研究領域，包括鎘汙染田淨化技術等。



圖表 28 淨化技術

資料來源：農業環境變動研究所(2016)

(6) 環境情報基盤研究領域

推進環境變動相關遙測研究，並開發農業環境情報解析模型化手法之開發，並整備、利用及發布土壤資源、昆虫・小動物、空間情報等環境基盤情報綜合資訊。

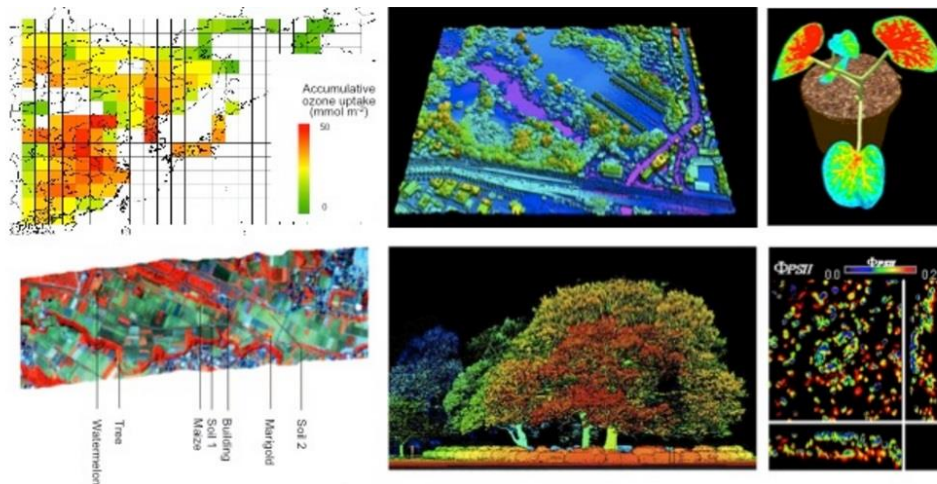
A、放射性物質長期觀測：包括米、麥、農耕地土壤 ^{90}Sr と ^{137}Cs 濃度之長期調查。

B、作物育成過程狀況之遙測調查：利用水稻群落窒素含有量及玄米蛋白質含有量進行評價方法之開發。

4、學術單位

(1) 東京大學(遙測)

東京大學生物環境情報工學研究室為影像情報中心，主要利用情報工學方法進行生物環境情報研究，從細胞層級乃至植物個體及群落層級，甚至生態系與生物圈環境、地球環境層次為止之範圍，均屬其研究對象。對遙測解析及生物與環境間關係之闡明，為該研究室發展目標。



圖表 29 不同層次之研究

資料來源：東京大學(2016)

此外，該研究也致力於利用研究所得知識，提供社會對現實問題之綜合性解法方案，即利用生物傳感器及遠端遙測，獲得自細胞至地球環境層次情報，利用此情報解明生體機能及生物圈機能，並利用生物工學及植物工場，應用於精密農業生產安全食糧，以對防止地球暖化、沙漠化、酸性沉降物、生物多樣性等各類地球環境問題解決提出貢獻。如利用合成開口雷達抽出耕作放棄地、利用高空間解析度衛星畫像開發土地被覆分類手法，或利用合成開口雷達完成樹種分類等研究。主要領域包括：

- A、利用地理資訊系統(GIS)預測地球暖化影響。
- B、利用衛星發展地域或地球規模之遙測技術。
- C、利用雷達成像解析生態系及生態監測。
- D、以生物影像計測解析監測生物體及環境。
- E、利用遺傳工學手法，用於解析植物與環境。

(2) 千葉大學(UAV)

千葉大學環境遙測研究中心(CEReS)於1995年(平成7年)4月成立並確立其遙測技術與環境應用方向。2010年4月起，以國立大學法人第二期中期6年計畫為目標，進行環境遙測之研究。

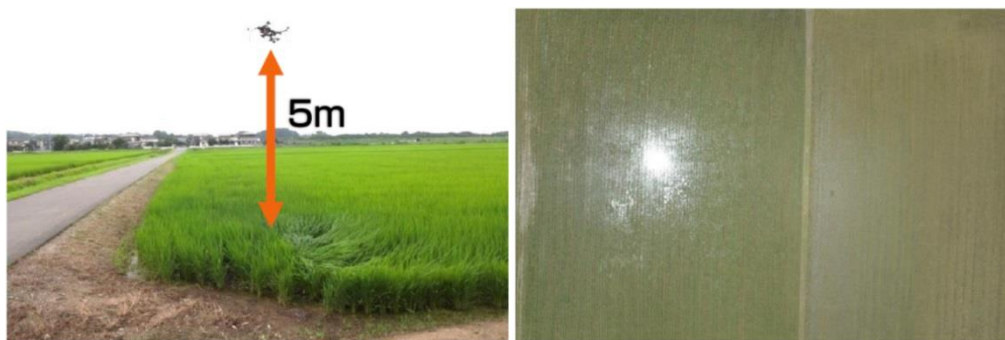
研究中心之核心目標，係使世界更理解地球環境(包括社會、經濟上影響)重要性。由於衛星資料解析為廣域地球觀測不可或缺一環，衛星影像及資訊都有用途，且可保證一定精度，故作為科學

解析使用資料極為重要，可間接應用於地球暖化、水域變化、災害監視、砂漠化、植生量評價、大氣環境問題及許多問題之上，成為該中心研究重要一環。

此外，衛星資料於環境監測上許多類型應用。CEReS 以「綜合環境情報中心」為目標，與日本相關研究機關及研究者、亞洲學者及世界學者均有合作及貢獻，並注重人才培育，力求使高等教育與研究領域可緊密連結。CEReS 主要任務包括：

- A、遙測領域相關先驅研究。
- B、應用遙測資料，發展地球表層環境變動相關研究。
- C、遙測在社會實用領域上發展。

其中，由近藤昭彥教授帶領之研究室以 UAV 應用為近年發展重心，認為在地問題之解決，為全球問題解決之前題，並嘗試利用 RS/GIS（遙測/地理資訊系統）提供解決方案，包括了廣域環境研究，如：植生變動相關研究、黃砂化原因研究、AMSR/E 土壤水資料檢證等；空間情報於災害地圖繪製潛力之研究；亞洲環境變動地域研究；地域性研究如水文學、降水量、空氣汙染、生物多樣性空間情報解析等。104 年間，針對 UAV 及空間關係所做研究包括了：以 UAV 測繪放射能汙染地域空間線量率之適用性、小型 UAV 對水稻生育狀況診斷之研究、地理學與小型 UAV 間之應用(以 SfM-MVS 為例)、小型 UAV 與 SfM-MVS 在水稻生育遙測上之研究(以近接影像為例)、小型 UAV、SfM-MVS 在水稻生育遙測上之研究(以空照近接影像例)等。

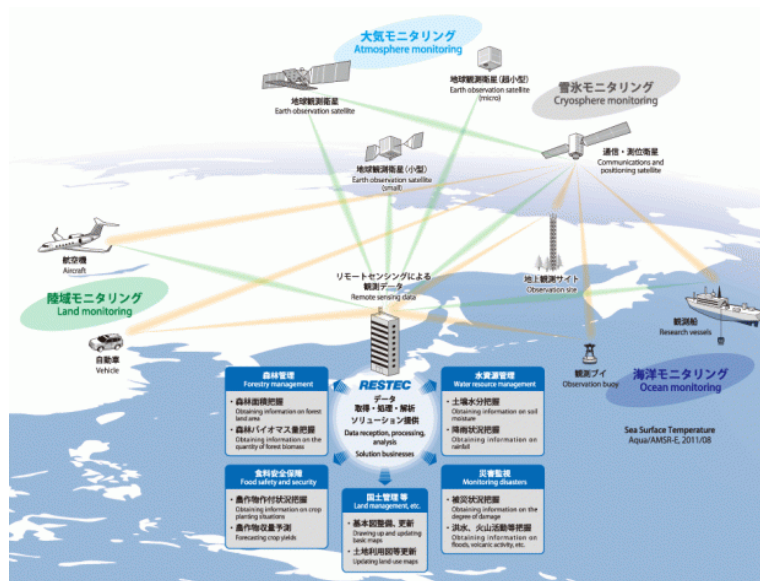


ダウンウォッシュ ハレーション
圖表 30 應用 UAV 進行水稻生育管理(右為拍攝影像)

資料來源：千葉大學(2016)

5、民間業者(RESTEC)

RESTEC 從事遙測相關綜合研究開發、普及推廣、人才育成等領域作業，以遙測技術為社會基礎建設工具，致力提升社會經濟發展及國民生活。利用遙測技術，取得人工衛星、航空機、自動車、觀測塔、船舶、浮標等來源之情報，提供森林管理、水資源管理、食料安全保障、災害監視、国土管理等領域應用。



圖表 31 RESTEC 推廣圈

資料來源：RESTEC(2016)

RESTEC 利用日本海內外地球觀測衛星取得情報進行處理、分析，並為廣大利用者提供資訊，並以宇宙航空研究開發機構（JAXA）各項委託事業為主體進行營運。包括相關調查及研究開研機關委託項目及 RESTEC 獨自開發項等，持續推廣成果。

RESTEC 為日本推動遙測事業核心機構，負責取得使用者所必要地球觀測情報，並利用遙測技術為社會提供需求解決方案。以最大限度活動累積 know-how 至今，為日本國內與國際專案提供了許多研究開發解決方案。此外，更提供遙測技術研修及普及啟發服務，以公益立場及國際協力為出發點協助人才育成工作。

其主要從事業務包括：衛星觀測運用事業(日本海內外衛星資料取得、處理、提供及校正檢證)；遙測技術研究開發；技術研修服務(技術研修、新興國家技術移轉)；顧問服務等。歷年委託研究領域則有：森林資源研究發展、糧食安全相關之農業生產狀況監測、永續水資源管理與影像構築、災害監測、國土基本情報調查、再生能源立地調查等各種空間資訊、農業、海洋、災害、森林領域方面研究。



圖表 32 RESTEC 人才育成

資料來源：RESTEC(2016)

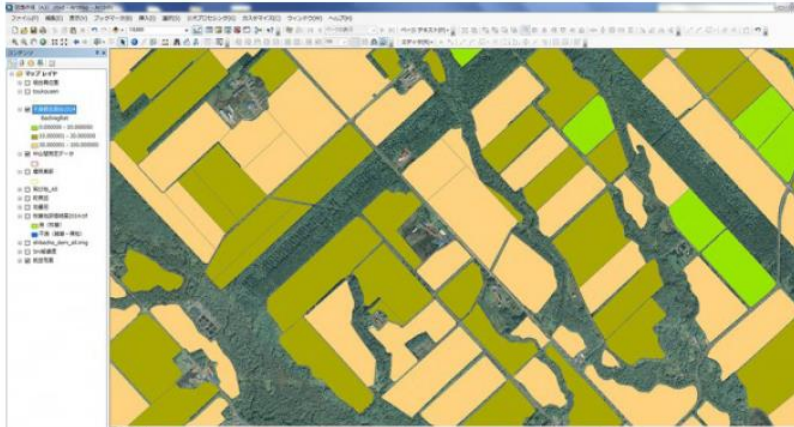
二、日本衛星使用現況

- (一) 日本相關計畫與行政使用之地球觀測衛星，包括其國內衛星: もも1号 (海洋觀測衛星1号)、ふよう1号 (地球資源衛星1号)、みどり (地球觀測プラットフォーム衛星: ADEOS)、みどりII (環境觀測技術衛星: ADEOSII)、ALOS(陸域觀測技術衛星)等; 另外, 搭載有日本探測器之國際觀測衛星則有熱帶降雨觀測衛星 (TRMM)、極軌道プラットフォーム衛星 (Aqua) 等; 此外也利用 Landsat、SPOT、IRS、Envisat、RADARSAT、IKONOS、Quickbird 等等各種國外衛星進行研究或業務輔助, 並刻正發展小型衛星研發。



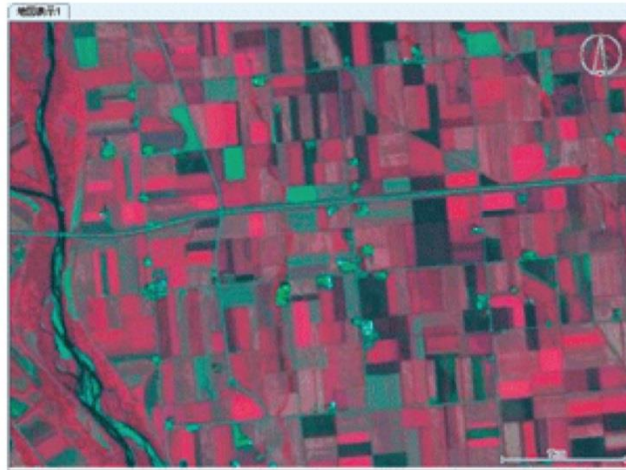
資料來源：<https://www.restec.or.jp/knowledge/sensing> (2016)

- 1、日本國內衛星應用領域廣泛，自民生各行各業至國家情報均有發展。目前已有實際運用領域包括：
 - (1) 農地 GIS 農場管理支援系統
為建構農業近代化技術中心系統，利用 ArcGIS 提供 JA 職員 WEBGIS 服務或提供主題圖。
 - (2) 植生解析
草地植生分析方面，利用牧草與雜草反射波在多時期上差異，支援農場管理。
 - (3) 利用衛星影像預測小麥生育及分析水稻蛋白質含量，適時收穫以減少乾燥成本；改善水稻施肥計畫，提升稻米安定生產。此外，利用生育監測技術計算倒伏可能比例。
 - (4) 水稻蛋白質含量解析
利用 NDVI 值測計水稻蛋白質含量，再以不同顏色進行區分，藉以調整施肥計畫。
 - (5) 觀測災害
 - (6) 用於水資源觀測



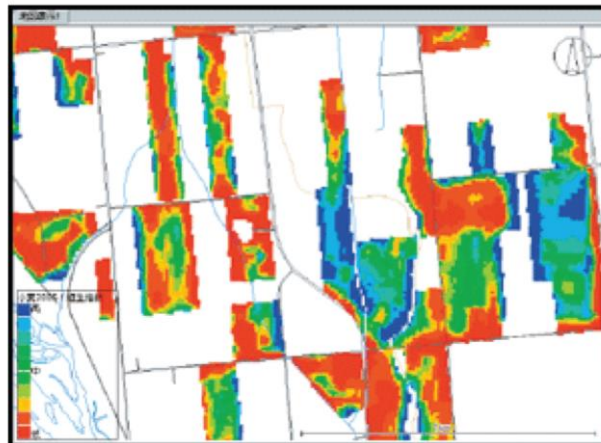
圖表 34 農業 GIS 農場管理支援

資料來源：RESTEC(2016)



圖表 35 畑作地區衛星影像

資料來源：RESTEC(2016)

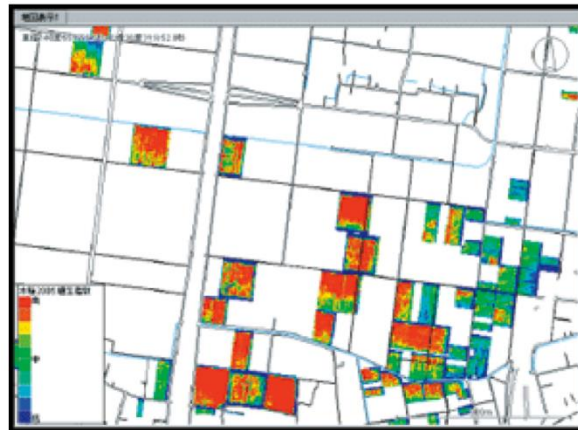


圖表 36 農地內部生育狀況表示圖

資料來源：RESTEC(2016)



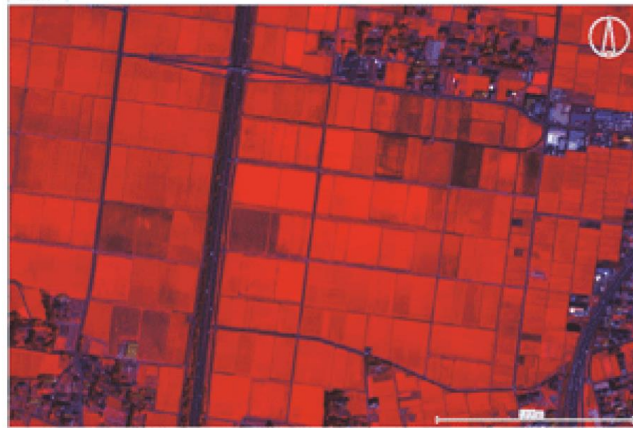
圖表 37 小麥田生育度表示影像
資料來源：RESTEC(2016)



圖表 38 農場內部植生指數影像
資料來源：RESTEC(2016)



水田地域の衛星画像

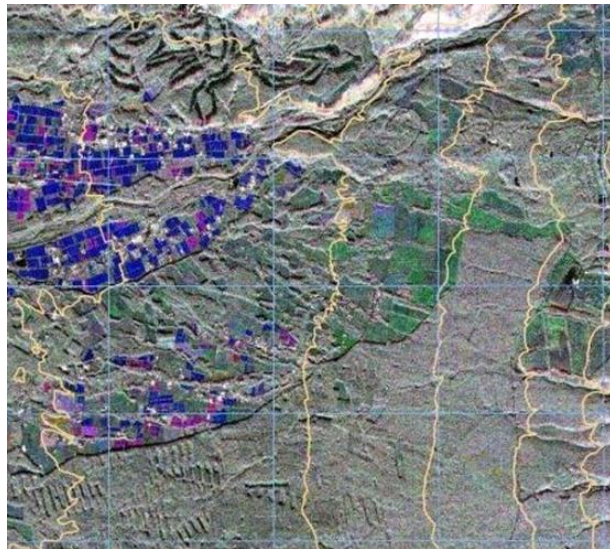


マルチスペクトル衛星画像

圖表 39 水田植生指數影像

資料來源：RESTEC(2016)

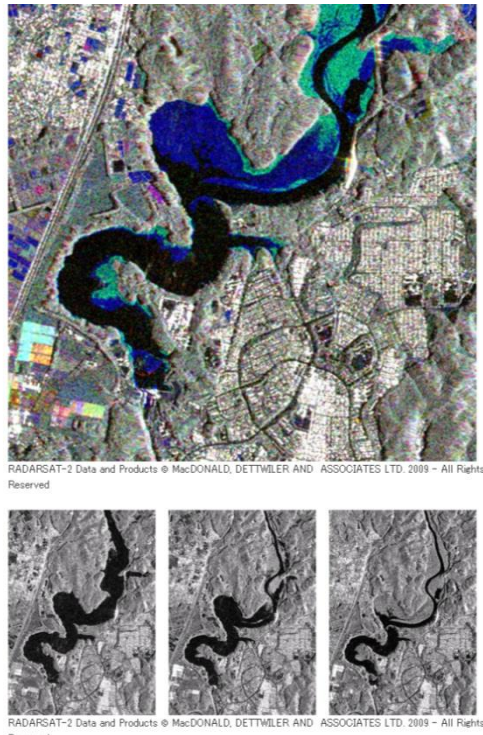
(7) 利用 SAR 影像分類水稻與牧草



圖表 40 水稻與牧草分類

資料來源：MacDONALD, DETTWILER AND ASSOCIATES LTD.(2009)

以上圖為例，青色為水田（反射强度高），紅色為：休耕田（地被變化不大，故反射強度變化不大），綠色為牧草（割取時會有反射強度變化）



圖表 41 水資源觀測

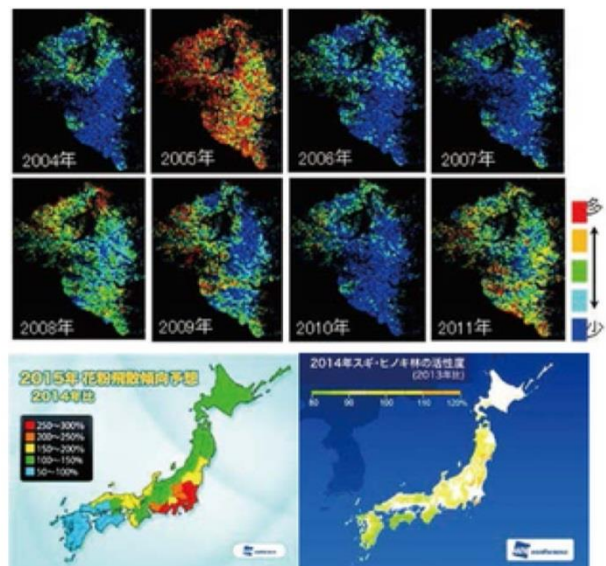
資料來源：<http://www.imageone.co.jp/satellite/interview/water.html> (2016)

(8) 發展中用途

A、利用衛星資料，提供花粉飛散預報服務，提供花粉症患者警示。

B、為適應氣候變動之農業保險服務。

C、利用空間情報推定水稻收穫量及評定減產幅度，以提供農業保險評估損害之效率提升。以糧食安全保障觀點，強化社會骨架，為氣候變動強化農業保險制度為全球視野，及社會高度關注方向。



圖表 42 提供花粉散落警示

(二)由國家支持持續發展之「準天頂衛星系統 (Quasi-Zenith Satellite System)」

準天頂衛星系統係以四顆衛星透過時間轉移完成全球定位系統，屬區域性功能之衛星擴增系統，由先進空間商業公司 (Advanced Space Business Corporation)、三菱電機、日立、伊藤忠商事、日本電氣、三菱商事、豐田汽車等 59 家相關企業、和全球導航衛星系統技術公司

(GNSS Technologies Inc) 進行開發。2015 年 11 月，日本內閣府宇宙戰略室發佈準天頂衛星系統構築計畫，並預計於 2017 年完成整備，以提供 GPS 補強，以及通報機能，如災害危機管理通報等。預計計畫完成後，將應用至下述服務：

- 1、IT 農業：建構精密林業與自動農業(約 8,800 億日圓預算)
自動農業係為解決日本糧食自給率與農業後繼者不足之問題，以無人農機遙控之高度生產管理導入大規模經營農家。
- 2、IT 施工(土木)：公用設施服務及鐵路設施應用(約 3,400 億日圓預算)
將高精度測位應用於橋梁、高速公路等公用設施維護管理；利用鐵路區高精度測位技術，應用於運轉支援(如車體傾斜系統)、保安設備系(無線式列車駕駛)。
- 3、位置情報服務，提供物流及觀光方面服務(約 1400 億日圓預算)
- 4、自動車高密度都市：利用高精度位置情報，建構自動駕駛服務(約 7,800 億日圓預算)。
- 5、安全安心/犯罪防止(約 1,500 億日圓預算)
活用危機管理通報服務，例如以自動販賣電子告示板周知災害情報，或利用高精度測位及地理空間情報融合，為老幼提供全天守護環境。

民生分野における宇宙利用の更なる推進



圖表 43 準天頂衛星系統目標

資料來源：RESTEC(2016)

三、遙測稻米生產量調查推估方法

日方認為衛星對於地面資料獲取有數項優勢，因此發展遙測技術應用於農業大有可為，包括：(1)可快速取得大範圍、廣域地面資料(即使在不易進入區域)，且因日本對於衛星觀測採開放態度，即使軍事基地周邊亦不禁止衛星拍攝，故地面資料取得並無障礙；(2)具有定時性，可標記時程、預約等方式在固定時間固定地點拍攝影像；(3)具有高度一致性；(4)接近即時資訊；(5)大面積觀測符合成本效益等。

日本遙測技術應用於糧情調查上，係先以機器判讀水稻影像，再以人工至現場勘查。已知在平坦地區精度可達9成以上，關東平地則達8成以上，但坡地區域精度可能降低至3成，個別情況各不相同。然而，即使北海道區域可到達9成精度仍未使用，原因包括：(1)衛星經過頻率太低；(2)衛星影像成本太高；(3)現行人力調查系統成效佳等。

此外，日本在利用遙測技術調查稻米生產量技術雖已完成，但精度仍有待改進。加以在計畫完成之初試辦時，曾交由民間辦理，技術及執行力上落差造成各地區調查成果精度不一，故未繼續施行。目前相關技術之革新由農水省獨力開發中，惟仍在實驗階段，且礙於經費暫時無法實際推行。

在前述困境獲突破前，日本仍以航空照片判讀為主要調查方法，該技術採用多年來因成效良好，除電子化方面隨IT時代改變而逐步提升外，並未進行大幅度改革。

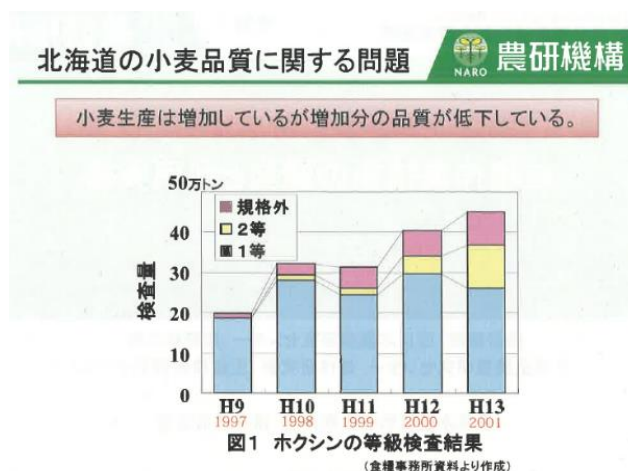
為瞭解農業生產基礎資訊及耕地耕作實際情形，提供生產對策、構造調整對策、土地資源有效活用等各種土地，日方自1947年開始，利用行政企劃輔助資料進行作物統計調查，經不同調查方法演進後，在2013年時調整為活用GIS及航空照片全面電子化調查方法。2015年時，水稻以外作物栽培面積亦以郵送往返方式導入調查項目，調查結果每年發佈。

四、 農業遙測技術研發現況

(一) 遙測技術於統計小麥生產與收穫實際應用

北海道為日本穀倉，其農業生產產值占全國約八分之一，每個農業經營者所擁農耕面積約為全國平均15倍，尤其以小麥為大宗。

北海道小麥生產面積占全日本58%。目前高品質小麥生產量保持穩定，但不符合規格者(便宜小麥)產量卻有年年增加趨勢。因此日方遙測研究已轉為監控小麥品質之技術。



圖表 44 小麥品質

資料來源：農研機構(2016)

北海道農業の概要				
	單位	北海道(A)	全國(B)	A/B(%)
耕地面積	千ha	1,147	4,496	25.5
販売農家戸数	千戸	38	1,330	2.9
農業就業人口	千人	97	2,097	4.6
農業産出額	億円	11,110	84,279	13.2
1農業経営体当たり 經營耕地面積	ha	26.5	1.8	1,472
小麦作付面積	千ha	120	207	58.0

圖表 45 北海道農業概要

資料來源：農業環境變動研究所(2016)

在小麥乾燥時程上，因為北海道小麥種植面積約 6,000 公頃，其中約 4,000 公頃為共同採收，由當地 JA 農協進行統一收穫，而小麥收穫期集中，提前或延後採收都會造成品質不良影響，但北海道各地乾燥機普遍不足，導致小麥須順序收成予以乾燥，因此影響品質。以北海道芽室町為例，總計有 9 個小麥生產區同時生產小麥，但僅有一台品質較佳乾燥機，因此在每次共同採收後，會造成等乾燥不及狀況產生。

傳統 JA 農協採收適期判定方式係由人工組成勘查小組，針對該農協轄下土地進行採收期之判定，惟因人為影響因素過多，農民對於權有土地小麥何時收穫十分關注，因此決定收穫順序時容易發生爭議，導致 JA 必須重新考量更科技且快速方式進行採收期判定。

自 2002 年起，日方開始試驗使用光學衛星輔助判定小麥成熟度，利用植生指標及紅外光、近紅外光在不同時期變化，在可見光以外之範圍利用光學技術轉變成人類可辨識影像，判定小麥熟成狀況，本系統稱為「小麥適期收穫支援系統」。

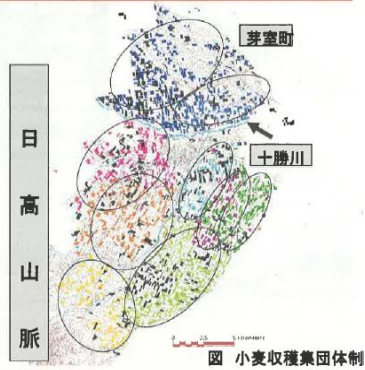
配合該系統，栽培與收成判釋之流程為農民栽種小麥→利用光學衛星判斷小麥生育狀況(生育不良者可增加肥培管理)→5 月中旬左右判定生育不良田區→6 月中第一次採收期程推定→7 月中旬第二次採收期程確定→進行穗部水分判定→決定。

在上述判定中，麥穗水分含量與可採收程度有極大相關性，麥穗水分含量超過 35%時，水分含量影響後續乾燥所需燃油費與乾燥時程，導致乾燥機運用效率下降。在 2002 年以前使用人工判定流程時，整體水分含量在 35%以上者仍有 2 成左右。但 2002 年施用光學衛星配合之後，水分含量在 35%以上者已經下降到極低機率。

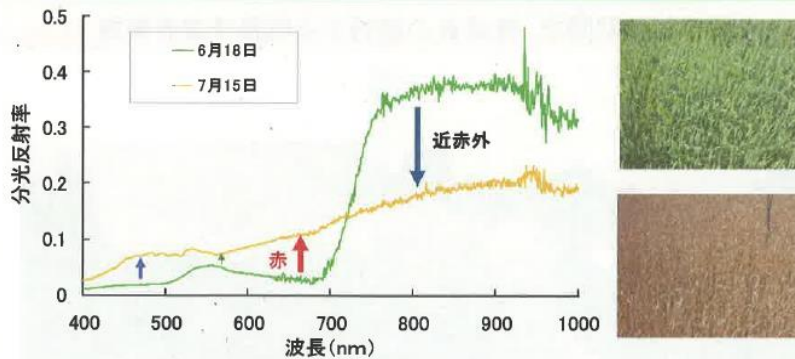
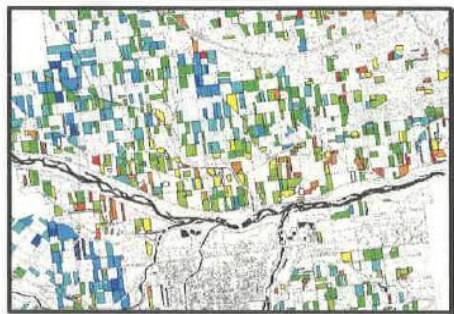
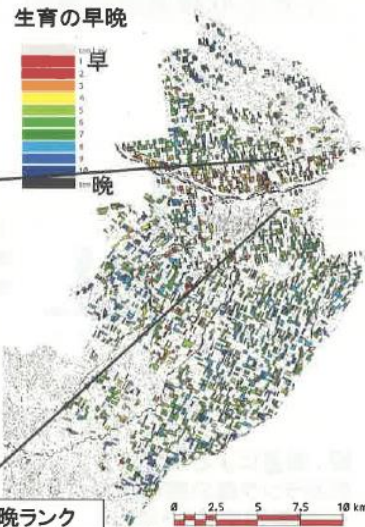
JAが9つの収穫集団にコンバインを貸与し、各集団で運用。
サブ乾燥施設から高効率なメインの乾燥施設へ移行を進めたい。



小麦作付け: 約6,000ha
(内約4,000haが共同収穫)
普通型コンバイン: 50台
乾燥調整施設
メイン: 1基
サブ: 8基



人工衛星画像から、小麦の生育の早晩を判断し圃場を10段階に色分け表示したもの。
○収穫する圃場の順番の決定を支援
○収穫機運用を効率化
○乾燥施設利用を効率化

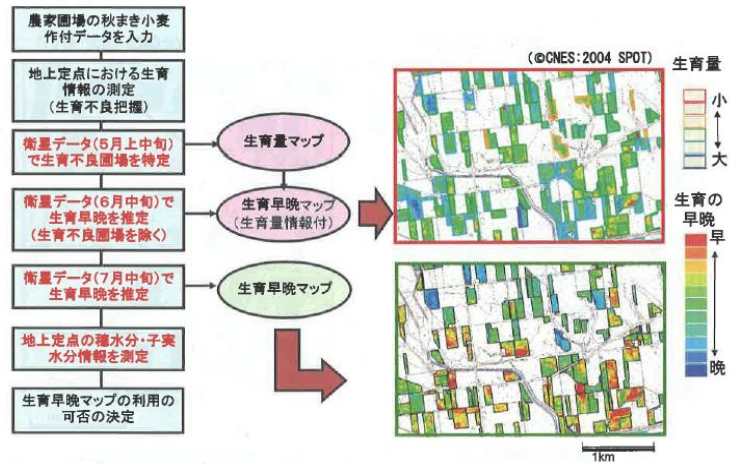


正規化植生指数(NDVI: Normalized Difference Vegetation Index)

$$NDVI = (IR - R) / (IR + R) \quad \dots \quad (式1)$$

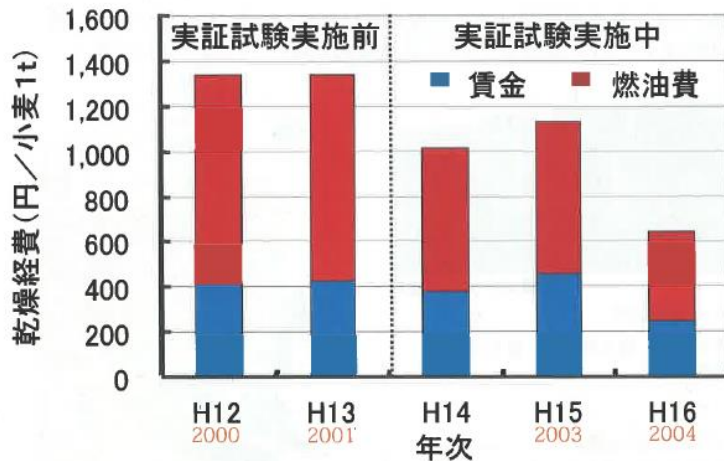
ただし、IR, Rはそれぞれ近赤外, 赤のバンドの値

図表 46 航遙測技術應用於小麦栽培
資料來源: 農業環境變動研究所(2016)



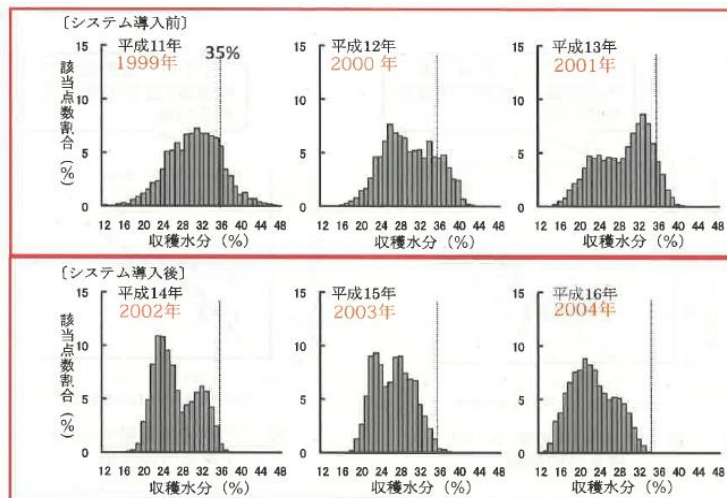
圖表 47 航遙測技術應用於小麥栽培收成時間

資料來源：農業環境變動研究所(2016)



圖表 48 航遙測技術協助降件小麥乾燥經費

資料來源：農業環境變動研究所(2016)

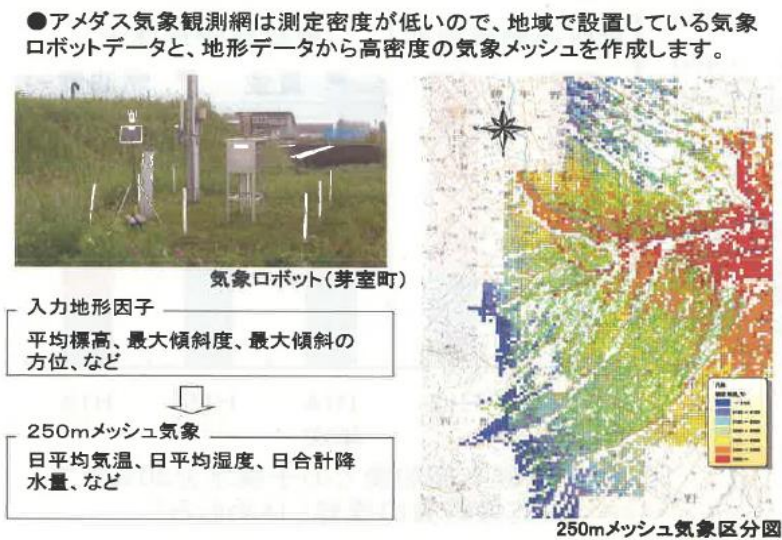


圖表 49 技術導入後每年平均水分變化

資料來源：農業環境變動研究所(2016)

小麥收穫期遇雨容易導致穗上發芽，因此該系統另配合衛星 250m 氣象預測預估降雨量與降雨日期，將氣象圖層與收穫適期圖層相疊之後，將成熟期高卻又有降雨風險之田區列為優先採收地區，並可透過衛星影像紀錄已收穫地區，記錄收穫進度。

另外因為光學衛星應用上有天候限制，容易受雲與遮蔽，導致無法拍到所需影像，因此另外有土壤測定分布圖來輔助，肥沃土地成熟期快等推定方式（但本項方式精確度很低，僅能用於輔助性質）。



圖表 50 氣象站與氣象區分圖

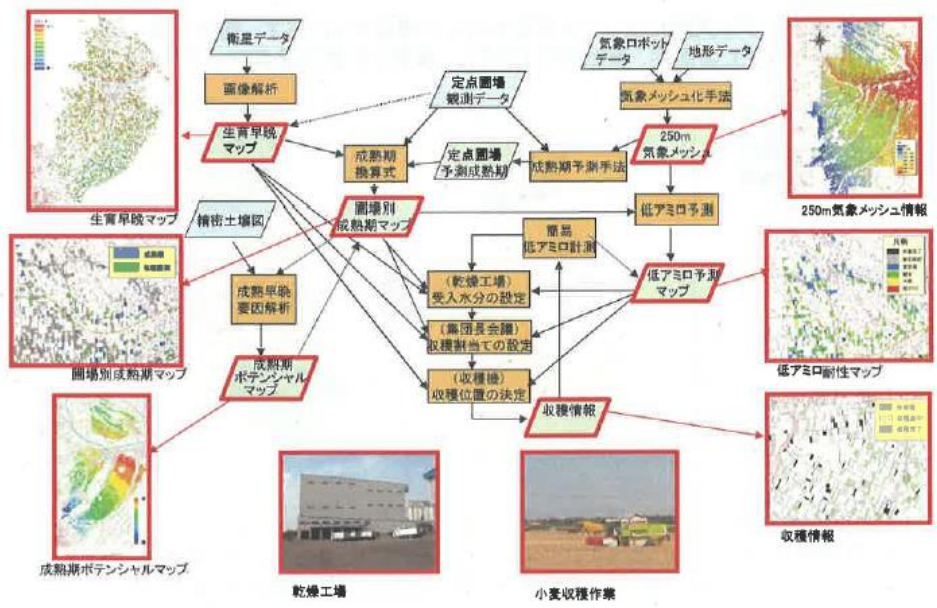
資料來源：農業環境變動研究所(2016)

此計畫係由國家出資，包含進行光學衛星判釋及天候預測等，土壤肥沃度判定則由民間機構參與，由北海道 JA 農協配合執行與統合農民。自 2002 年本項計畫開始試辦以來，初期僅 4 千公頃參與，至 2007 年已達到 4 萬公頃。另外北海道 JA 農協乾燥機由 2001 年 50 台，降至 2015 年 37 台，數量下降，但卻能更有效運用乾燥機。

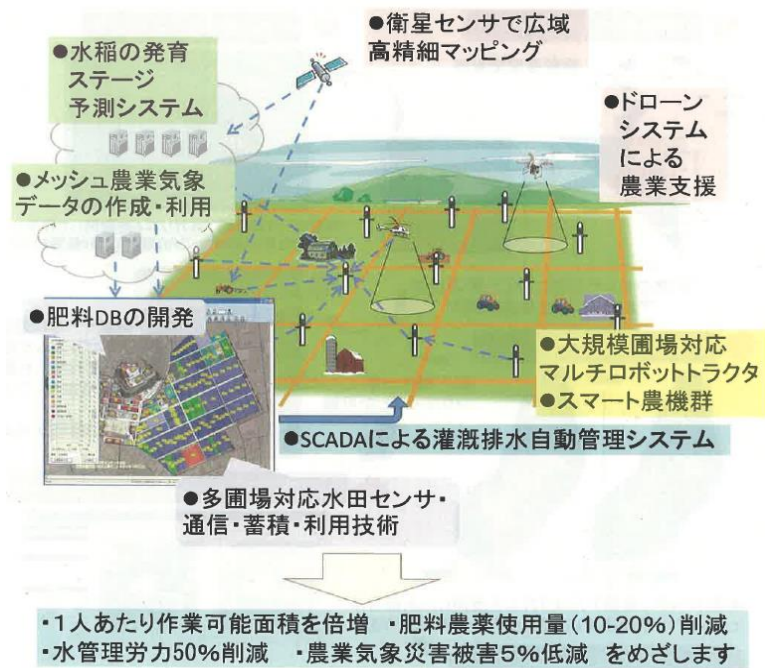
(二) 水稻生產面積調查技術及產量統計

衛星判釋稻作相關計畫日本正在研發中，全程為 2013-2018 年，研究主題為提高作物品質及省工化作業流程，希望以衛星判釋稻米蛋白質含量、土壤肥力狀態，以區隔良質米與劣質米，另外希望可漸少 50% 勞力、10-20% 農藥與肥料。利用衛星、農業氣象預測、UAV、自動化灌排水管理等複合性科技，進行農地管理。

本項技術係以衛星影像產製高解析度地圖，作為判斷收成順序之底圖。由於光學衛星在日本梅雨季時(5-6 月)受天候造成影響，目前對策為透過多台衛星儘可能收集影像，然而衛星再訪週期常在一週以上，以農業經營而言，補拍影像為時已晚，又因不同衛星間，解析度與資訊各不相同，所得影像不易一致進行處理，故導入 UAV 輔助少部分面積拍攝，並刻正開發同質化技術，使多源遙測影像可互相使用。



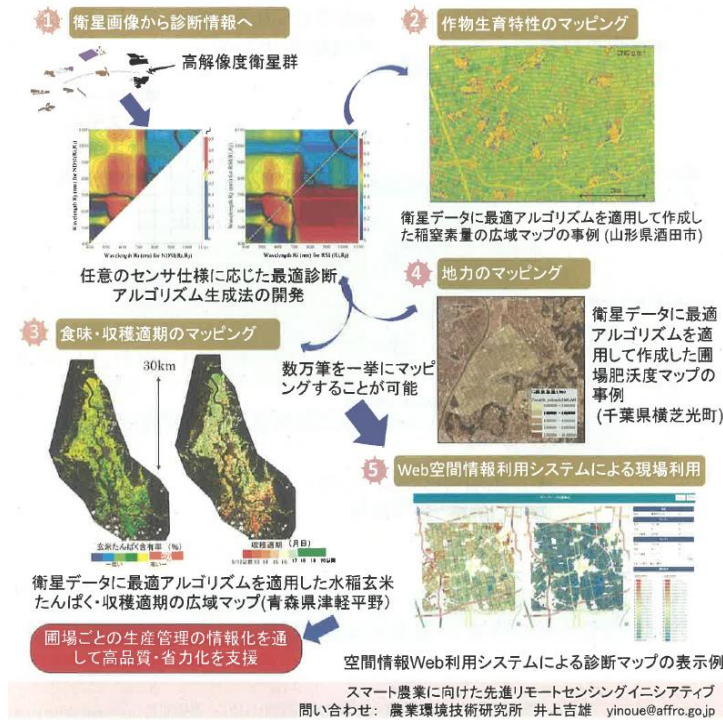
圖表 51 統整運用不同來源資訊以獲得收穫情報
資料來源：農業環境變動研究所(2016)



圖表 52 多元資訊協助農田管理
資料來源：農業環境變動研究所(2016)

另外，將衛星遙測及氣象管理圖層套疊時，可預測水稻開花結穗時間，情報可供農家直接進行管理計畫；或者農家可透過自動灌溉排水系統，控制水田水量（如天氣過熱可增加水量以避免水稻品質受影響），較為實用。

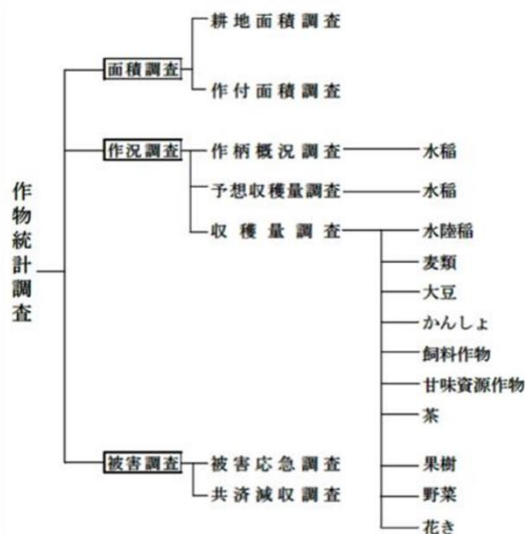
由於日本民情喜好低蛋白質含量水稻，研究正利用透過施肥量之控制，降低蛋白質含量；然而，施肥不足亦可能導致水稻成長不良，兩者間平衡不易取得。為此，研究產製蛋白質含量圖(利用衛星影像)輔助控制，可減少低蛋白米與高蛋白米在收成時不慎相混，而在收成過後拍攝衛星影像，尚可用於判斷各田區肥沃度，以作為隔年各農田施肥量參考資訊。



圖表 53 遙測技術支援農地生產管理省力化

資料來源：農業環境變動研究所(2016)

此系統目前正在山形縣試辦導入中，使農家可上網查詢自有田區



圖表 54 日本作物調查體系

資料來源：農林水產省 (2016)

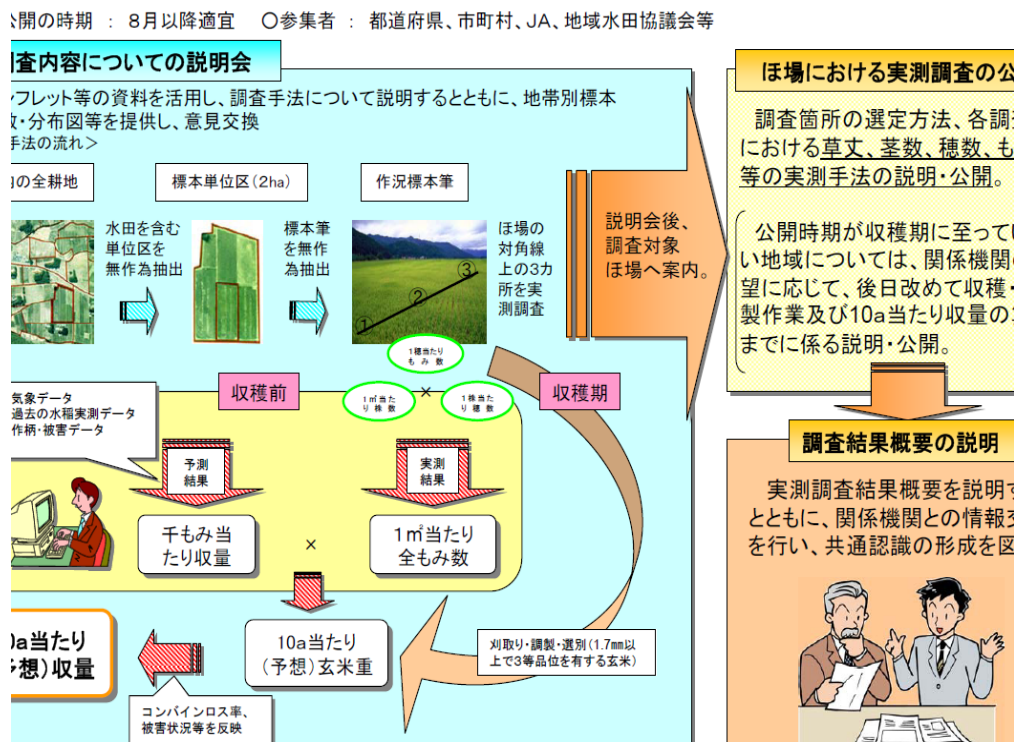
狀況協助收成，並 2018 年預計開發完成。依據上述方法調查面積後，日方再據以推估產量，以下就其調查對象、項目、機構、體系及時間等進行概述：

(一) 調查對象

- 1、 耕地面積調查：全國各都道府縣田耕地及畑耕地。
- 2、 耕作面積調查，包括：
 - (1) 水稻耕作面積
 - (2) 水稻以外作物栽培面積

(二) 調查項目

包含耕作面積調查及作物種類調查、收穫量調查等，以協助調整生產對策、需給調整、經營安定對策、技術指導、農作物共濟事業營運等農政業務。



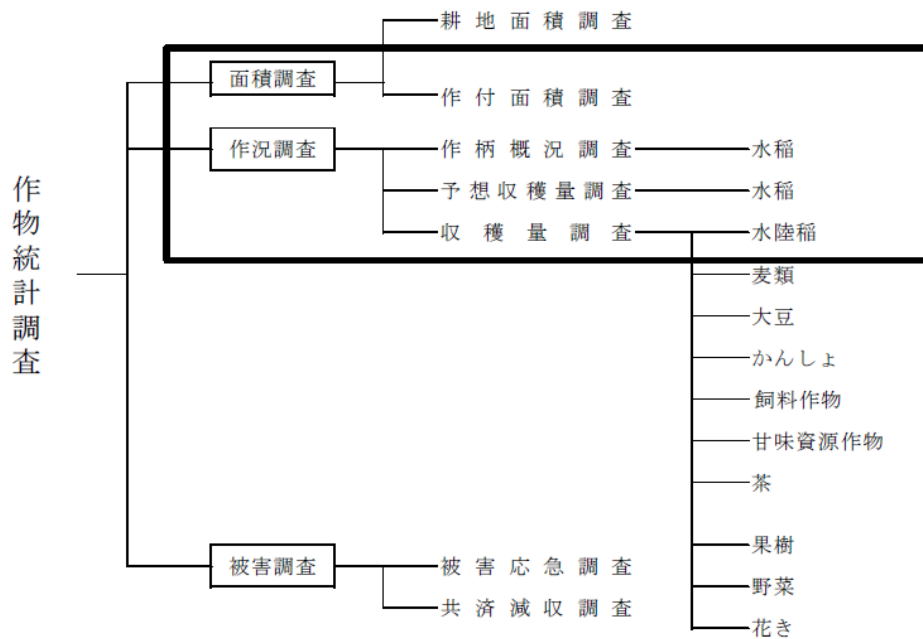
圖表 55 水稻耕作情況調查
 資料來源：農林水産省(2016)

(三) 調查機構：由農林水産省大臣官房統計部及各地方組織，協力進行全國性調查。

(四) 調查體系

(五) 調查時間

- 1、 面積調查：水稻為 7 月 15 日、陸稻則在收穫期辦理。
- 2、 水稻栽種種類調查：7 月 15 日、8 月 15 日及稻穀數確定後辦理，如 2014 年係於 9 月 15 日辦理。



圖表 56 作物統計調査
資料來源：農林水産省(2016)

(一) 預測收穫量調查：10 月 15 日。

(二) 調查項目

1、水陸稻耕作面積

2、收穫量調查

(1) 水稻：成熟狀況、每 10 公畝收穫量、被害狀況、被害種類別、被害面積・被害量、耕種條件等。

(2) 陸稻：每 10 公畝收穫量

(三) 調查方法概要

1、水稻作付面積

(1) 編定母集團

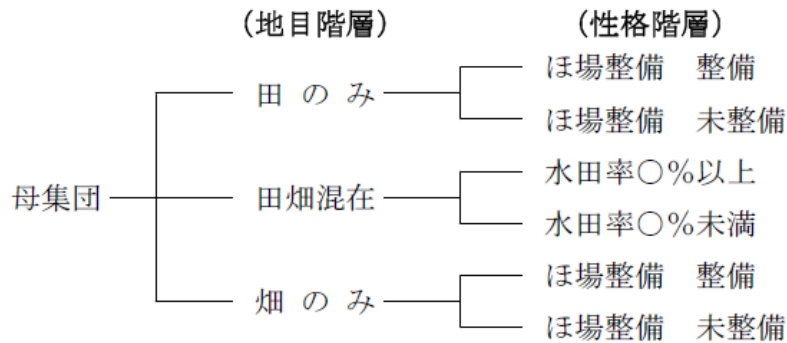
以空照(及衛星照片)為基礎，將全國所有土地無縫隙地區分為 200m 長之四方形(北海道則為 400m 長)，這些為調查耕地所在區塊之「單位區」(當有耕地時，面積調查用 GIS 系統、地目、面積等情報則予登錄)之集合，為母集團。

母集團可反應土地現況整備、住宅地轉用後之現況變化，利用單位區內情報補正來完成其修正。

(2) 階層分級

為提升調查精度，以各單位區耕地地目，將母集團分為數階層(田階層、田畑混合階層、畑作物階層)，接著，將各類地目，以土地現況整備情形、水田率等指標，設定出屬似相似分類階層。

階層分け模式図 (例)



圖表 57 母集團與分類階層

資料來源：農林水產省(2016)

- (3) 樣本分配及抽出
為確實把握都道府縣別水稻耕作面積，以系統抽出法於各階層再分配樣本數量。
 - (4) 實地調查對地樣本
前掲樣本逐筆調查，每筆均確認耕作範圍。
 - (5) 推定
利用面積調查用 GIS 系統，求取「樣本單位區田地之台帳面積總合」，對比「實地調查所得樣本單位區現地水稻耕作面積總計」，以此比率(台帳補正率)推定「母集團田地台帳面積總計」(全體面積)。
 - (6) 其他
偏遠地區、離島、市街地等現勘較無效率地區，由職員巡迴估計收集情報。
- 2、陸稻耕作面積
與關係團體以往返郵寄調查，並由統計調查員巡迴估計收集情報。
 - 3、其他另有辦理作物生長調查、預測收穫量調查等項目，本節僅舉例介紹作物生長調查(水稻)等。如前述，其方法中將母集團分為田地階層、田畑混合階層，並以下列程序進行：
 - (1) 階層分級
都道府縣為地域行政上必須予以劃出之水稻作物區域，將各區域以水稻生產力(地形、氣象、栽培品種等)要素區分出不同「作柄表示地帶」、此作柄表示地帶並以收穫量高低、年次變動、收穫影響條件等指標進行階層分級。
 - (2) 樣本分配及抽樣
將分配至各都道府縣之樣本數，以不同階層比例分配之。而上述分配好之樣本，再依單位區田台帳面積大小轉換為機率，比例抽出樣本(具體而言，即將田台帳面積總合除以樣本數(取整數)，再依此數值對應之單位區小到大依序排列)。所抽出樣本單位區內，對種稻區隨機抽出進行實測(以下稱作「作況標本筆」)。

- (3) 作況標本筆實測
作況標本筆對角線上以系統抽出法取 3 點，以選定調查地點，實測其株數、穗數、稻穀數。
- (4) 計算每 10 公畝糙米重量。

五、遙測國際合作情形

目前日本官方以東南亞及非洲為主要合作目標，另參與東協 ASEAN(Association of Southeast Asian Nations)十國加中韓日三國合作「農業安全食糧向上」計畫，致力提升食糧品質，如 2015 年日方與菲律賓及泰國共同發展農業向上業務，以助稻米生產量提升。

目前日本開發此類國際合作研究系統，主要係交由 JAXA 及 RESTEC 兩機構辦理。RESTEC 係由政府支助之研究發展機構，主要研發遙測系統及相關分析工具，並提供相關分析服務獲取利益，並持續與 ADB(亞洲開發銀行)及 JICA(日本國際協力機構)進行一些農業遙測應用研究，以 SAR 雷達衛星來判定水稻種植面積。

RESTEC 認為雷達衛星非常適合用於東亞颱風及多雲變化，除利用農業氣象衛星資訊結合雷達衛星資料，推估水稻產量外，並產製蒸散地圖/植被指數來判斷灌溉效率及灌溉時機。

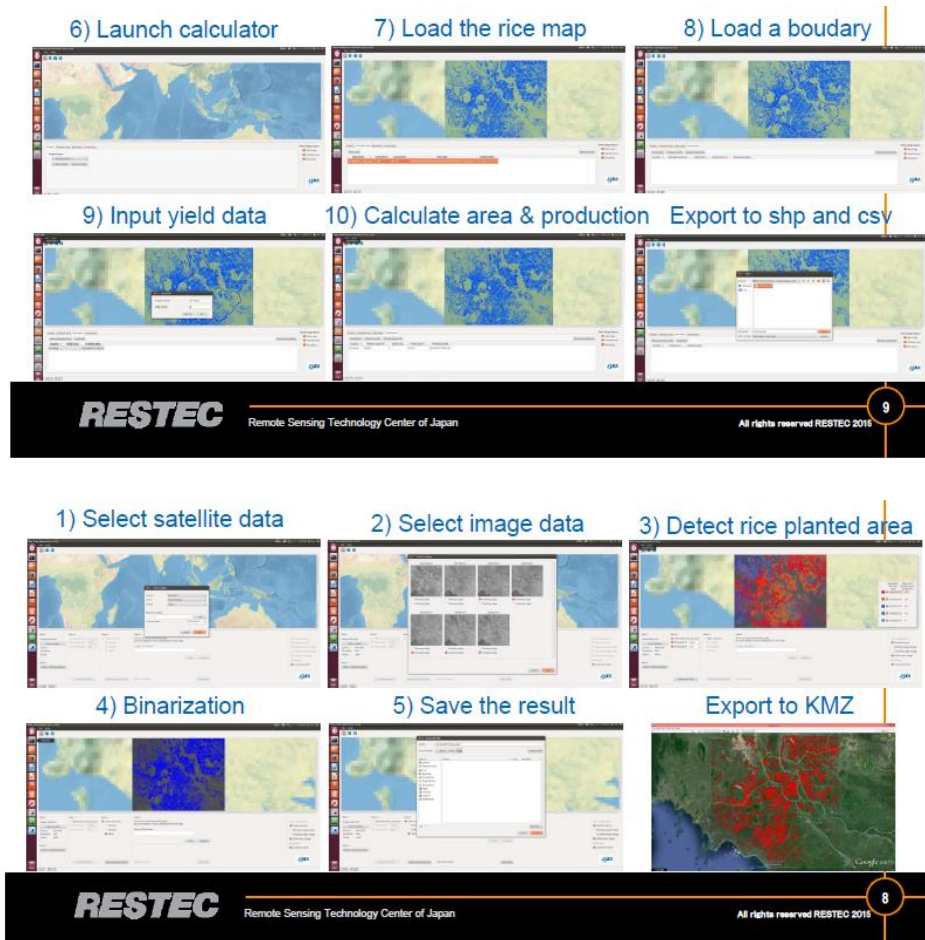
RESTEC 開發設計 INAHOR(INternational Asian Harvest mOnitoring system for Rice)為國際水稻收穫監測系統來判定水稻面積、產量，全系統已在東南亞國家進行試驗（惟主要調查範圍僅一個縣），主要功能為建立水稻種植面積地圖，包括分辨不同生長期等，另外亦提供水稻種植面積與產量統計數據。然而，現階段雖可提供統計數據，但因衛星推估仍有誤差，產量數據部分仍須加入人工驗證。

INAHOR 得益於日本衛星 Time-series SAR (ALOS PALSAR,ALOS-2 PALSAR-2, RADARSAT-2, Sentinael-1)的資料收集可穿透雲到達地面，加以利用時間序列推移監測稻作，可精確掌握種植面積。

SAR 判釋水稻種植面積之基本原理，係利用雷達反射取得時序上特徵之差異進行判釋。在水覆蓋田區時，水面將微波反射至另一方向，使圖像上田區呈現深色；而在秧苗期，部分反射會回射到雷達中，因此圖像呈現灰色狀態；最後在稻穗期因為植株已經幾乎覆蓋田區，因此大部分反射都回到雷達，導致圖像呈現灰白色。藉由這個時序推移，可判釋稻作分布。

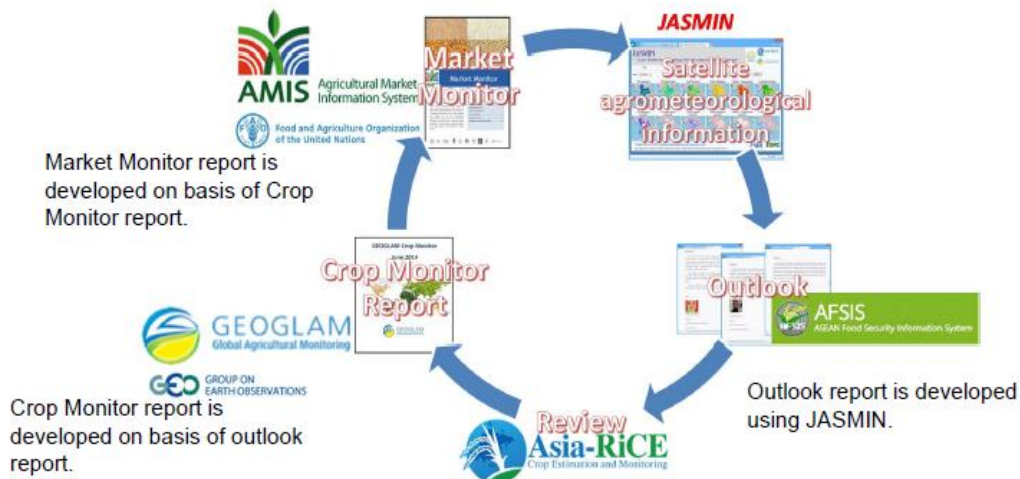
INAHOR 系統利用雷達影像提供服務，操作簡易，從開啟資料，對該區域處理灰階影像二元化作業，輸出為 KMZ 到貯存結果，僅須 6 個步驟，非常適合在地調查人員掌握水稻現況。當種植水稻之地圖標定後，即可轉由獲取面積及產量資料，要獲得這些資料亦僅須 6 步驟，主要開啟計算統計功能，加載水稻地圖並設定好需求資料邊界，輸入

產量資訊，轉出產量與面積資料 SHP 或 CSV 檔案。INAHOR 目前已經被 ABD 應用在新科技進行農村及農業統計專案(RCDTA 8369)，自 2013 年至 2016 年分別在寮國、菲律賓、越南及泰國進行本專案調查。



圖表 58 INAHOR 介面
資料來源：RESTEC(2016)

此外，RESTEC 尚設計有另一系統-JASMIN，係利用農業氣象數據資料配合 JAXA 衛星資料整合後，進行稻米生產趨勢推測。JASMIN 每月將稻米生產狀況、以圖表方式顯示於網頁瀏覽器地圖，提供資訊包括：降雨量、乾旱指數、土壤濕度、太陽輻射量、地表溫度、地被覆蓋指數等，每月更新兩次。十於 JASMIN 可顯示現況與長年均值，利用時間序列演進圖將資料狀況分別以前兩個年度及全部年度均值方式顯現，可方便比較各年度波動。JAXA 每月例行性取得此稻作生產趨勢報告提供 ASEAN 成員國使用，再提供 Asia-RiCE 進行驗證，並提供 GEOGLAM 統整，最後由 AMIS 統一出版市場監測報告與稻作監測報告。



圖表 59 世界各農業觀測組織合作關係

資料來源：RESTEC(2016)

RESTEC 未來亦將持續參與農業監測，其相關研究方向如下：

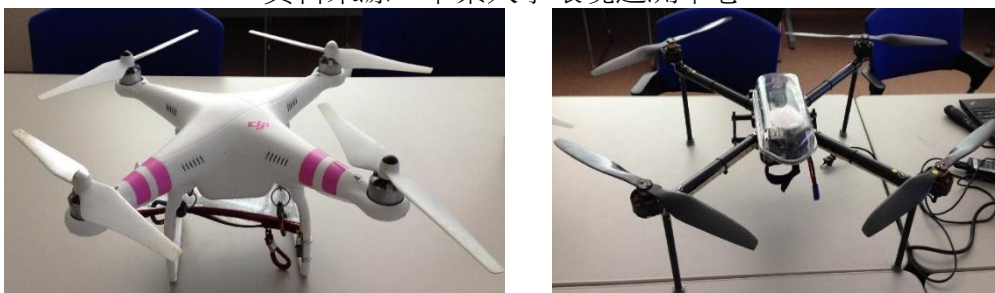
1. 開發系統，例如 APP 等，運用衛星優勢，提供更容易操作之農業優勢分析功能。
2. 不僅在農業統計，還須發展水稻收穫趨勢、旱災與洪水預警、蒸散值、植被指數等等資訊之監測技術。
3. 另外，將陸續開發新系統，針對短期、長期作物產量、病蟲害、農業損失等數據進行預測。

肆、日本 UAV 技術在農業方面之智慧應用

日本 UAV 與遙測整合應用技術仍處研究階段，實際推行應用仍僅限於災害照片拍攝(如國土交通省做災害調查等)，至於農情調查並未實際推行。但在學術研究領域，UAV 結合 GIS 判釋農作物面積發展多年，因 UAV 地面作業形式具有即時、機動且局部拍攝價格低等特點，可彌補衛星部分缺陷，學術研究常於拍照後利用植生指標(NDVI)所得數值辨識地面植物，再利用 ArcGIS、QGIS 等軟體進行分析，研究領域廣泛。

圖表 60 學術研究用組裝式 UAV

資料來源：千葉大學環境遙測中心

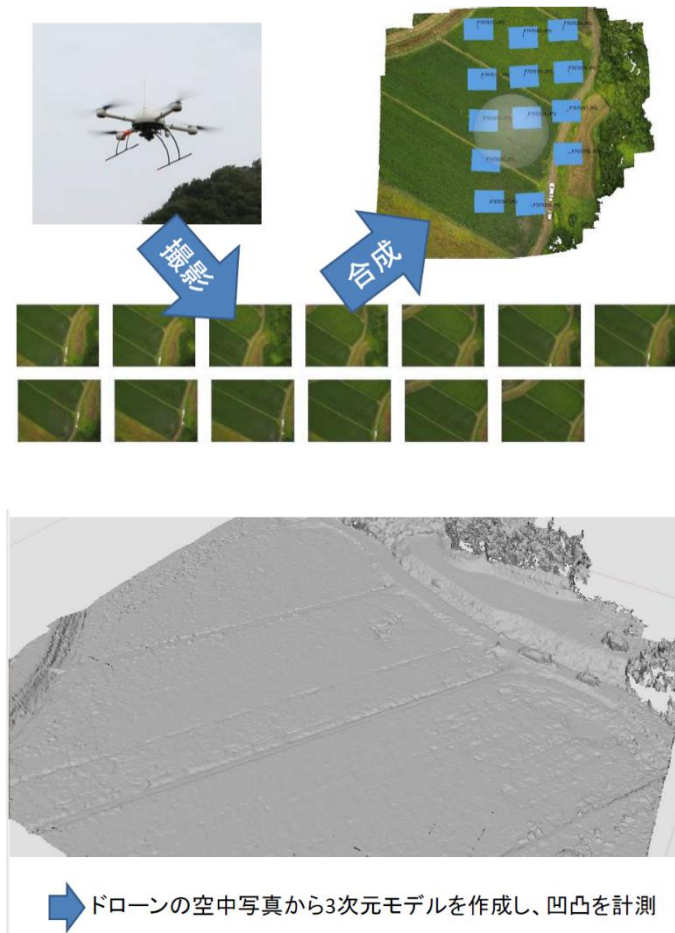


在日本未來發展計畫中，UAV 應用範圍可能包括醫療用品遞送、結合 UAV 開發新醫療產品、農業領域應用、消防放射熱及可燃物或爆炸物即時計算(最適佈署)、3D 土木施工修正、不易接近地點情報收集、離島及災區緊急物資輸送、通信器材緊急輸送、警察作業活用、建物修補、建物結構診斷等。

其中，在農業領域應用方面，自農作物種植起至收穫期間，可投入 UAV 進行調查之領域包括了：

1、農田內高低差測量

由於水田內部高低差僅 3cm 即可造成明顯植物生長差異，故可於栽培前利用 UAV 進行拍攝，辨識出田區高低差，在種植前將農田高地差地圖(飛行 50 公尺，解析度 1.5cm)上載至農機後，將田區推平。



圖表 61 利用 UAV 進行地面高差測計

資料來源：千葉大學環境遙測中心

2、作物生長狀況觀測

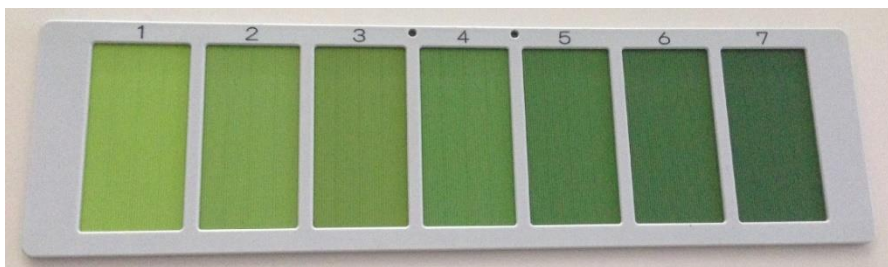
UAV 具精準快速之特性，現已進展應用於多方位拍攝植物 3D 化結構，分析葉、光合作用、波長、葉片下垂角度、病蟲害等狀況等系統性生理變化，期未來可利用判定光合作用效率預測收穫量。

3、收穫適期預測

另外透過 UAV 及色板，可利用 GIS 將稻田色塊取代為不同數值層級植生指標圖，透過色塊圖(顏色落差)，進行多種指標計算，歸納出迴歸分析公式，獲得作物生長估計模型，以應用於決定收穫時間，而其中又以 NDVI(pv)、GNDVI 指標效果最佳，對於從空中拍攝推估生長高度之誤差僅在 5cm。

4、水稻氮含量推定

另外在栽培期間，可用水稻定色板觀察水稻顏色，判定稻葉氮含量，再依 NDVI 進行計算後，精準標出田區內稻葉顏色差異，提供農民進行施肥參考。



圖表 62 水稻定色板

資料來源：千葉大學環境遙測中心

5、噴灑農藥等代工

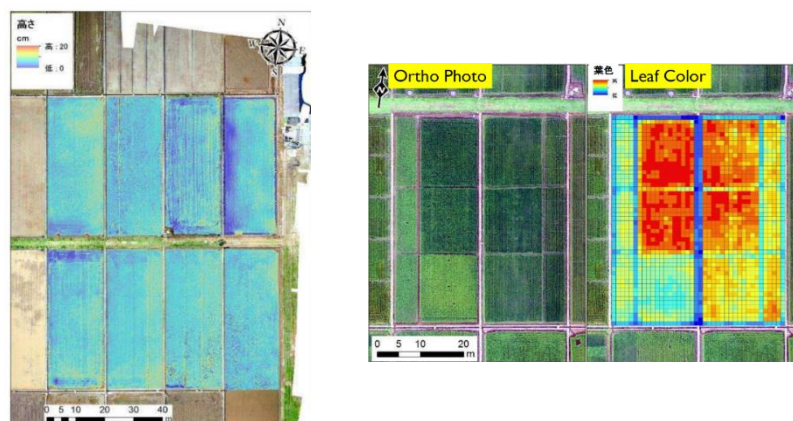
UAV 可代工噴藥，且在佐賀已有商業模式實例，在千葉也多有合作農家共同發展研究，惟 UAV 因其機動產生許多爭議，在蟲害防治之應用上也有反對意見(附件一)。

6、產量推定

利用統計數據、採樣收集、面積測量，可推定得到生產量。

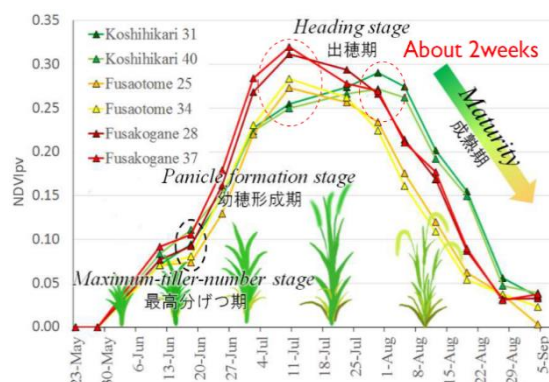
7、倒伏推定

另外，因為水稻倒伏後無法進行光合作用且難以收成，且雨後亦有穗上發芽之風險，故將 UAV 應用於倒伏區塊判釋，即可在施肥時進行倒伏風險預測，利用作物生長量分析控制施肥量進行預防。未來精度提升後，將有更廣泛應用潛能，對於農家而言，此類風險預防資料也最為迫切。



圖表 63 利用 UAV 測定 NDVI

資料來源：千葉大學環境遙測中心

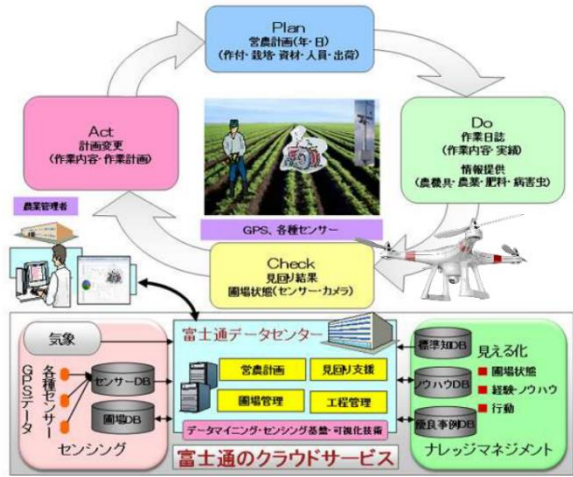


圖表 64 利用 UAV 輔助水稻生育管理

資料來源：千葉大學環境遙測中心

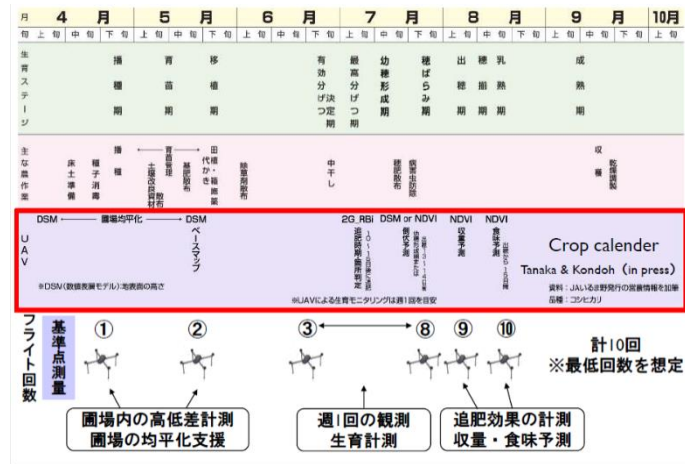
在實際模型建立上，以水稻為例，自種植起到收穫完成，預計須進行 10 次 UAV 觀測。未來 UAV 結合 IT 系統後，期望農業以 UAV 代替觀測、噴藥等任務，並傳輸資訊回系統分析，再輸出結果供農民栽培參考。

千葉大學 UAV 目前與富士通數據公司、AEON(勇望)公司執行合作計畫，已在越南進行 PDCA(Plan→Do→Check→Act)實證農業導入，第一階段將主要目標放在硬體建置，以便未來系統整體推行。本系統可供農民在每一栽培階段時，都可得到實質數據作為參考，並以適當時間執行適當田間作業，故此類技術與農家關聯密切，持續發展大有可為，期未來可透過精準遙測輔助，節省肥料及農藥費用，並在精準控制下更適時收穫，提升其收穫量或品質。此外，精準控制還有減低農夫管理負擔，將精準管理技術轉變成為農業行銷故事等優點。



圖表 65 利用 UAV 協助農地管理

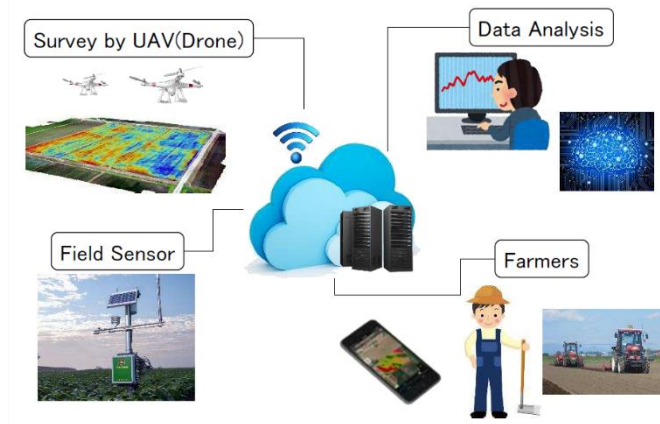
資料來源：千葉大學環境遙測中心



圖表 66 應用 UAV 輔助水稻生育管理

資料來源：千葉大學環境遙測中心

2.UAV work with IoT in the future



圖表 67 UAV 未來應用預想

資料來源：千葉大學環境遙測中心

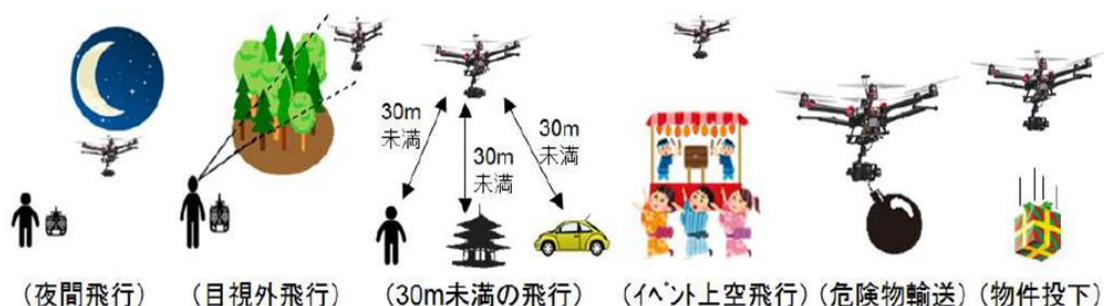
二、 相關爭議及航空法修訂

UAV 雖有多樣化應用潛力，但在發生大型祭典 UAV 掉落及飛入首相官邸等事件後，因其有侵犯隱私及造成安全性疑慮問題，日本於 2015 年 12 月 12 日修正航空法，禁止 UAV 於航空基地、高於 150m 空中、人口住宅密集地區飛行。對於特定區域劃分不同大小機型使用權限，飛行前須向國土交通省或地方政府(特區)申請。

日期	地點	概要
2014/4/9	名古屋市	空拍室內夜晚繁華景象時的私人無人機墜落。
2014/11/3	神奈川縣大磯町	馬拉松賽開始後，大會贊助商拍攝宣傳用無人機墜落，並造成 1 人受傷。
2015/4/22	東京都	首相官邸無人機墜落，並發現微量放射物質，操作者以妨礙業務嫌疑被逮捕。
2015/5/9	長野市	空拍善光寺佛像入廟的私人無人機墜落。
2015/9/19	兵庫縣姬路市	空拍姬路城無人機墜落天守閣，傷到建築物。
2015/9/27	群馬縣前橋市	空拍自行車賽紀錄片的無人機墜落跑道旁停車場並冒煙。
2015/11/6	岡山市	無人機飛行時撞倒行走間的大型卡車。

圖表 68 日本 UAV 事件

New Law from December 2015



圖表 69 修正後航空法(日本)與禁止事項

資料來源：千葉大學環境遙測中心

此外，無人機應用於農業管理上尚有其他爭議，日本官方目前均回應將持續修正航空法並加強管制，而產生之爭議項目概如：

- (一) 農藥飛散問題及環境污染調查。
 - (二) 噴灑時的飛行安全問題（日本因 UAV 發生之物損事件 2011 年發生 43 起，2012 年 24 起，2013 年 35 起，其中 2013 年發生死亡事故 1 起）。
 - (三) 以 UAV 噴灑之農作物，其作物類別（水稻、麥、大豆或其他）及農藥殘留基準認定。
 - (四) 農藥稀釋倍率、使用條件、飛行條件(速度、風度、高度)、機體重量、機種、飛散防止技術。
 - (五) 領域入侵問題及安全緩衝地帶設定。
 - (六) 於學校、醫院、社區附近噴灑時之規定(預定時日、區域、藥劑內容)。
- 三、 執行成本與時間（與日方座談內容）

(一) 實際執行時間與成本

資料處理及團隊組織並非 UAV 推行之主要侷限，如以風速 10M/S，飛行高度 250 公尺高左右時，1 日可取得資料約為 20 平方公里範圍(2 千公頃)，這些資料 1 日可處理完成，而在團隊組織上，最小僅須 2 人即可執行。

(二) 緊急勘災執行實例

有緊急拍照需求時，民間執行單位仍會尋求公部門支援，如日本茨城縣常總市曾有堤防潰堤，造成淹水，為釐清災情，當時派出國土交通省 5 人、千葉大學 10 人及一民間機構進行觀測，在一日內完成。

(三) 即時性之比較

以解析度及拍照機動性為前提進行考量，航拍優於衛星，衛星優於 UAV，UAV 優於人力。UAV 雖可應用於小規模即時性勘災，但大面積勘災仍以緊急航拍為佳。

(四) UAV 尚不足以推動大面積調查原因

1、資料分析時間

有賴 IoT 進步，拍攝資料分析時間冗長之問題，約在三年內可解決。由於災害與農業保險相關，加以 UAV 在防救災應用上具有重要性(例如蘆洲地震即集合 UAV 在數小時內進行生命線探勘等)，故技術發展迅速。

2、UAV 硬體規格及續航力

簡易小型 UAV 可能僅有 30 分鐘電力，往返充電造成測計時間拉長。

3、測量費用仍偏高

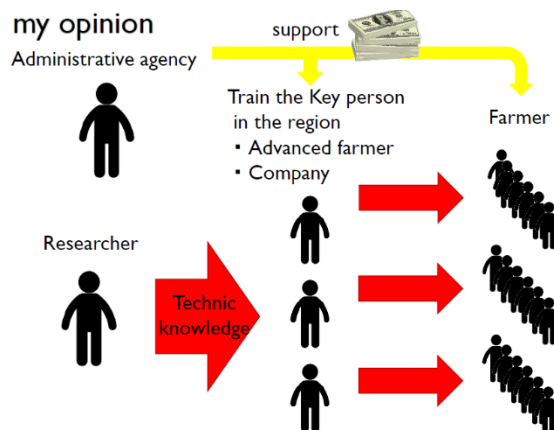
日本在單一作物種類面積測定上，實際委由業者至青森縣範圍(約 9 千平方公里，960600公頃)拍照測量結果，成本約在 2 千萬日圓。

四、 UAV 未來研究課題

UAV 發展上行政單位與研究單位處於領頭羊角色，行政單位必須補助各農協、合作社及生產公司執行 UAV 計劃，再由這些集團依 UAV 所提供數據，促使農民耕作技術革新，而在後端，研究單位則必須介入提供更快更多之技術支援。

千葉大學提出日本 UAV 未來在農業監測上須持續研究課題不止在於技術，另包括有：

- (一)降低農業生產成本：發展精準農業可在用藥、肥料上都更適期適量。
- (二)提高農作收益：提高作物產量與品質、減輕農民工作負擔，如代替巡視、噴藥等。提供農業更實質證據以供參考，將會更有話題、新聞性之行銷題材。
- (三)推廣農民使用：在日本，推廣係屬商業公司行銷問題，日本研究計畫均結合研究、行政、執行、私人公司等為一個團隊。但更廣泛使農家提升接受度，仍是一大挑戰。
- (四)突破使用侷限：UAV 在勘察固然有迅速出動之優勢，但仍有成本及受限風速之侷限，易偏離航線，甚或墜毀，故仍難以取代引擎動力飛行機具。此外，UAV 雖然可取代人力成本，然機器購置及數據解析亦需軟體成本，相關產業未來須發展成商業模式，才可能實際應用。



圖表 70 UAV 推動

資料來源：千葉大學環境遙測中心

伍、座談訪問內容

一、農林水產省(農林水產技術會議事務局)

- 1、 調查小麥經營農家之模式為何，調查者為哪一機關，調查人力是否年年變動
A：因農家種植後須委由 JA 代為收成，農家須向 JA 登記正確代收面積，故 JA 極為重要。
- 2、 代為收成是否收取費用
A：委託代收需服務費，但委託收成對農家也可減輕負擔，因此北海道小麥種植面積也增加。至於其他作物也有代收服務，但並非 JA，且比例也較低。
- 3、 JA 購買收穫機是否有政府補助
A：政府沒有直接補助，但農水省會發佈具全區共通性質之補助計畫(如採用科技化方式收穫等國家計畫)，國家會對計畫補助，則 JA 可利用此經費購買機器。
- 4、 以衛星技術決定收成時間，是否會有農家不服，不服時如何處理
A：將衛星判斷結果告知農家，農家是否滿意尚須再協調。
- 5、 JA 在衛星判斷結果及收成一環，是否具一定程度公權力授權
A：無，因此若發生爭議，JA 為避免法律方面問題，會儘可能進行協調。但自從採用衛星技術之後，不滿者數量即大大降低。若真少數溝通不聽者，JA 會放棄協調，並請其自行收成。
- 6、 是否有專門觀測作物種類及面積之系統
A：無。
- 7、 衛星及 UAV 成本相關監測技術是否可能推行至全國
A：國家出資發展此技術，民間業者已經參與此計畫，國家、國家級研究單位、縣級(山形縣)研究單位、JA 及業者均加入研發，未來會轉商業化提供使用者花錢購買。
- 8、 現階段參與計畫農家是否給予補助
A：無。
- 9、 配合農家之尋找來源
A：透過參與之民間團體(JA)人脈進行媒合，或地方級研究所有專門人員負責計畫推廣。此外，此技術主要給 JA 使用，因此會與許多 JA(主動參與)一起合作。
- 10、 是否有農家或 JA 不願採用遙測
A：利用遙測進行農業觀測，目的在於使農民心服口服，因此整個區域有 9 個 JA，但並非所有人都採用遙測，若 JA 不願採用遙測則使用舊有方式。此技術之推行使收成賣價提高及乾燥成本降低，因此農家信任技術比例漸增。
- 11、 以後者高精度計畫而言，人工到現場驗證模式為何

A：目前仍處於實驗階段，因此亦進行人工實證，與衛星結果進行比較。不僅在此計畫，在水分相關研究亦須人工至現場抽測進行比對以修正誤差。

12、 北海道人工驗證樣本數及驗證所需時間

A：收穫之前大約 8 月中旬前後進行約兩個禮拜現勘驗證，抽樣數量約在這個町裡面九大區域每一區域選 10~30 個。

13、 此計畫自施行到驗證所需時間

A：計畫規劃 9-10 秋季播種開起，隨著期作執行一整年。

二、 農林水產省(大臣官房統計部)

1、 如何解決一像元多坵塊之判釋?

有些作物會同時使用兩種衛星，如雷達監測成長高度，輔以光學分辨作物顏色等，但成本很高。世界觀測組織及 JAXA 都在努力進行相關研究，但目前還沒有辦法以遙測觀測一像元多作物之技術並予實施之案例。

目前採用方法係先將特定地區及季節中所可能栽種品項列出，再對照光學衛星影像依品項列表進行分類。

三、 RESTEC

1、 INAHOR(以農業機構為主要使用者)是否已普及推行

A：INAHOR 目前還在試證階段，僅應用於水稻，最大精度可到達市町村、都道府縣層級，提供 CSV 檔去製作所需精度地圖。

2、 尚未普及推行理由

A：ADB 計畫自 2013 年至 2016 年 11 月為止，目前以日本某縣做實證研究，11 月才會推行全國研究，全國規模性研究實證結束後，才能提交農水省計畫參考。

3、 執行地、精度及驗證方法為何?

A：目前 INAHOR 僅於海外執行。至於日本已有既有觀測系統 GIS 圖資及各地統計資訊，毋須使用 INAHOR。

4、 既有觀測系統

A：該系統由中央委任給各都道府縣自治體之農業機構自行執行及更新圖資，由航空照片製圖故精度較高。然而因日本政府刻正推行農地整備政策，中央事業會在完成後通知各都道府縣，但在完成前，都道府縣不見得有經費隨時更新圖資，因此精度會受到影響。在這項農田坵塊繪製工作上，原則以航空照片進行，但近來也有少部分使用衛星照片，至於自動繪製邊線，目前與 JAXA 合作項目仍在試驗階段。

5、 在受天候影響時如何解決無法取得影像?

A：由於光學受天候影響甚鉅，目前以 SAR 研究為主要方向。

6、 2008 年選定北海道去做衛星結合地面觀測設備之配合計畫，RESTEC 也有參與，並以玉米田及雷達衛星為研究方向。是否有可

能推廣至全國農情及災害調查。

A：技術已成熟可推廣至全國，但實際上仍由農水省判斷其運用。此外合作期間由 JAXA 取得圖資提供分析，但在 2011 年止已經無法再取得圖資，推廣至全國之前提在於影像取得保證。

7、日本對遙測技術在單一像元內含數塊農田時難以區別個別作物之困境如何解決

A：首先可嘗試推定，若一個區塊已經概略知道有多少水稻，則以此回推像元內大約有多少稻作；另外，以大量統計資訊可補充，例如以全縣水稻總量回推個別坵塊等(上述研究還在發展中)。

8、對於 GIS 與衛星精度比較之看法

A：利用衛星進行統計，前提在於不可要求其精度，僅能做大面積總體概略統計，明確統計數據仍須各地現地實勘。農水省在 GIS 資訊包含土地所有權關係、農家個資等均已包含，可供公務計畫研究使用及統計，此類統計精度遠高於衛星測量。

9、照片取得會否受雲蔽影響

A：目前農水省在衛星判釋方面，主要以雷達影像人工判讀水稻，但遇到特定狀況時仍會下降，此時則以光學衛星導入補強。以農業及水稻而言，光學與雷達資料發生落差時，將以光學衛星影像分析結果為主。民間也在研發自動判讀技術，但仍在開發研究階段，還沒有單位直接實踐相關技術。實證階段到應用階段會牽涉到精度、成本及持續性問題(在需求時段是否可拍得需求照片，且持續取得良好拍攝成果)。

10、有關融合多尺度影像之研究

A：在融合多尺度衛星方面，日本刻正嘗試利用數理及相關系統，研究不同尺度間光學衛星融合轉換，預計 3 年內完成融合技術開發，至於跨領域項目則尚未涉及(光學、雷達、UAV 等不同類型)。

11、技術移轉之智財與授權金

A：民間與 JAXA 合作開發技術後，民間廠商可支付授權金以進行圖資增值應用；然而，相關技術日方雖有意願將技術移轉至民間，但實際上在智財上仍有部分權利由政府佔有。(JAXA 雖與 RESTEC 合作密切，但仍以公開招標方式進行；至於 RESTEC 使用 JAXA 圖資時已具有代理權，支付權利金或買斷後，可進行資訊分析及製作主題圖向外販售，也可能與政府拆帳向外販售。)

四、千葉大學

1、天災發生後，以 UAV 進行災區觀測及統計所需時間

A：即時性勘災雖可利用 UAV 拍攝，但大面積勘災仍以緊急航拍為佳。

此外，分析雖需時間，但仰賴 IoT 進步，分析時間冗長問題在兩三年內可解決，尤其災害與農業保險相關，加以 UAV 在防救災應用上具有重要性(例如蘆洲地震即集合 UAV 在數小時內進行生命線探勘等)，故技術發展迅速。

統計分析所需時間，在勘災應用上並非最大宗，真正侷限仍在拍照本身。以風速 10M/S，飛行高度 250 公尺高左右時，1 日可取得資料約為 20 平方公里範圍(2 千公頃)，而這些資料 1 日可處理完成，而在團隊組織上，最小僅須 2 人即可執行，故資料處理及團隊組織非主要侷限，主要侷限在於 UAV 硬體規格及續航力，若為簡易小型 UAV 可能僅有 30 分鐘電力，往返充電影響效率。

2、 實際勘災範例

A：如日本茨城縣常總市曾有堤防潰堤，造成淹水，為釐清災情，當時派出國土交通省 5 人、千葉大學 10 人，以及一個業者單位進行觀測，在一日內完成。

3、 費用

A：在單一作物種類面積測定上，實際委由業者至青森縣範圍(約 9 平方公里，960600公頃)測定結果，成本約在 2 千萬日圓。

五、 東京大學(討論)

1、 有關遙測與航測精度比較

- (1) 土地利用調查之精度要求，其標準應為政府與農民間協調結果，而非技術提升問題。
- (2) 日本遙測技術及精準度已到達一定程度，但農水省仍採用航測技術，主因民間技術成熟且現行體制運作良好，此外航測精準度仍較高，成本也仍較低。
- (3) 稻米生長到出穗等狀況，在特定時間拍攝，故有良好精準度；衛星無法採用特定時間(有固定拍攝航程)，因此無法跟上航照精度。如果做分類與面積推算，礙於拍攝時間不能配合植物生長，因此精準度也會有落差。
- (4) 自動判釋仰賴閾值及其依據之設定，若研究方法、研究對象(衛星影像)、拍攝時間，各不相同，精度自然會有落差，必須以人工逐筆調查結果比對，才得以確認不同方法之間孰優孰劣。
- (5) 各植物具備不同光譜波長性狀，衛星以該性狀，進行判釋，再進行大氣矯正、幾何變換予以分類。其中分類選定方式最為重要。此外，植物與稻米性狀類似，也容易影響分類。
- (6) 遙測分類精度除非在條件限定情況(拍攝時間、作物種類)下才有可能到達 90%以上精度，否則分類精度目前還停留在 70-80%左右。關鍵仍在獲取衛星影像，若無法取得足夠時序資料，精度無法提升。

2、 日本民間農地地籍製作公司

NTT data 有做衛星影像整合及農地地籍，也涉獵 APP 開發使資料可直接在平板上使用。在地表計測，如農地計測及林地計測方面，常使用 UAV、卡爾蔡司相機、紅外線 NIR 及多方自動化技術開發(暫

無機器人方面發展)。

3、 UAV 發展

- (1) UAV 在農災上勘察固然有迅速出動優勢，但仍有成本及受限風速侷限，容易航線偏離或墜毀等，因此難以取代引擎動力飛行機具。UAV 雖然可取代人力成本，但機器購置及數據解析均需一定成本，相關產業未來可能發展成商業模式。
- (2) 日方研究 UAV 分類方向與航拍相同，並發展自動判釋技術進行分類，但仍有誤差。然而，小面積分類仍以自主申報效率最佳。

4、 自動判釋與 AI 發展

- (1) 自動判釋目前仍有許多瓶頸，且容易錯判細部，因此未來可能發展 AI 以做細微判定，至於目前較佳精度方法仍以人工判讀航照。根據期望精度，調整為不同調查方式，每種作物調查方法及技術也各不相同，而非一概而論。
- (2) 定量計量型分析以電腦為佳，但分類研究領域，現今人工智慧難以超越人眼。如果可利用波長等非人眼可判斷之項目，才有可能超越人工判釋。未來可能在建立足量精準訓練樣本後，才具備發展潛力，惟因人眼分類亦常失誤，正確樣本自當不易建立，故而 AI 建立困難。

5、 成果分享

研究室現今主力係使用 UAV 發展不同植物 3D 化結構，分析葉、光合作用、波長等系統性生理變化，期未來可利用光合作用預測收穫量。

- (1) 農業智慧化發展有不同層面考量，經濟價值高(如蘭花)適合發展自動化生產。另外，農家可投入成本及消費者對價格接受度等，都影響到農業智慧化發展歷程。
- (2) 現行農機與無人機已可結合 GPS 協助農作，日本開發之無人農機已有上市機種，並以北海道使用為風行。
- (3) 日本消費者對選別作物品質要求高，荷蘭則以自動生產為其強項，各國在自動化或特定領域都有特別傑出方向。
- (4) 在發展智慧分類方面，著重於對於地面收集資訊與解析、衛星資料與地面資訊解析之結合，從細胞等級、植物機能(光合作用比例、氣孔開閉等)，乃至衛星大規模研究等，均為研究方向。作物分類技術已臻成熟，然而即便使用最高解析度影像，各類作物平均調查精準度(平均為 70-80%)仍有待提升，且須寄望於硬體改良，故目前主要研究方向已改向瞭解如何檢測植物機能並推估收穫量。
- (5) 地型測繪方面，機載雷達、UAV 及雷射等均可協助三次元地圖製作。此領域已相當成熟，甚至 3D 成型測繪儀目前已有市售，並在雷射與非雷射領域持續發展。2 千年時美國已有發展結合衛星及雷射進行測繪，或立體影像繪製，但精度還有待改進。此外，在立體測繪方面，衛星、航拍或 UAV 都能達成相同任務，適用性取決於觀測範圍大小，配合觀測現場各有適合之方法。
- (6) 在高低解析度影像整合運用上，利用 Landsat 低解析影像及拍攝大範圍，再以高解析 quick bird 選定訓練樣本，拍攝該特定範圍。在樣本區進行抽樣調查後，計算出小範圍中植生比例，反推大面積植生範

圍，並根據植生量判別土壤流失潛勢。而此研究方法之精準度，取決於選定樣本之豐富度。

六、農研機構(農業環境變動研究所)(討論)

- 1、3D 測繪除倒伏及勘災外，可能運用方向為：觀測地勢以瞭解地面高度對作物生長之潛在影響，亦可預先瞭解地面高地差，以先因應道路土方平衡設計及作業，並與機載雷達(UAV)所獲資料相比較。類似研究中，利用飛機進行觀測成本可能達千萬，使用 UAV 每次成本則僅須 10 萬。
- 2、至於利用 3D 施行坪割，亦屬可行，因此農水省統計部及農業環境研究所已於 105 年辦理公開招標進行試辦。
- 3、衛星在西日本拍攝角度容易照到北韓，受限於軍事問題，實際運用測繪 3D 地形並不容易。此外，衛星影像花費不貲，而日本光學衛星少，判讀單位要求經費各不相同(民間單位要求高經費而精度不佳，公務機關自行執行較便宜精度也可達到一定保證，但人力缺乏)。另外，影像解析仍不夠即時，不敷農家使用亦為問題。技術上雖已成熟，但時間與成本仍為障礙。
- 4、可實際推行之最低精度要求仍視需求及農家接受度為準，達成 95% 不無可能，但 99% 在自然環境下不可能達成。統計部人工調查精度可達 97% 以上，已屬極高精度。
- 5、成本考量係因應精度要求而有不同，要在一定經費下便不易要求更高精度。無論航遙測或 UAV，影像取得範圍、花費、精度、時間均互相掛勾，日方刻正研究如何取得最佳平衡。如 99% 精度係以國際上高解析度衛星影像所得，費用較高。另外因日本無 C-BAND 衛星影像，目前亦為研究限制之一。
- 6、稻米分區收穫(如青森縣)之實施除成本、精度等技術問題，尚需農家同意，以及解決其他社會問題。新技術導入必須使農家獲得經濟效益，例如增進行銷說服力、提高商品價位等。
- 7、地籍資料來源為農村振興局與其轄下之半官方組織「水土里網」(<http://www.inakajin.or.jp>)付費提供。該組織目的在於鼓勵農地維護(尤條件不良之農田)。因日方農民不免稅，而地籍資料又與稅籍相關，因此地籍提供單位會與財務省或地方稅務相關之農業委員會有關。
- 8、調查資料出現差異時，在雷達、光學、航測與人力調查間取捨時，仍以人力現調為準。衛星雖較為客觀，迄今為止，人力調查仍較為精確，誤差較小。統計為長期序列資料，並非隨時可替換為新調查方法，且農業統計方式調整須總務省、財務省及農水省共同同意才能施行。有鑒日本目前每年調查人員經費逐年縮減，未來要保持精度又進行人力調查，將越為困難，因此持續發展航遙測技術，由於部分區域以人力較節約經費、部分區域航遙測調查較為節約，未來會因地制宜決定適地調查方法。
- 9、學校、政府單位、民間研究單位及試驗單位在研究上有重疊發展現象，因此試驗單位除部分補助外，與民間研究單位仍須競標以爭取研究經費，不過目前以合作型態居多。試驗單位除農水省外，

也向各單位爭取經費。

- 10、 人工與航遙測經費上比較，仍以衛星影像較貴(國際衛星影像採購)，未來若開發自有高解析度光學衛星，則以衛星較為便宜。
- 11、 目前與德國合作 SAR，可供兩國使用影像。

陸、結論與建議

一、 全面性基礎資料之建立

日本係以一次全面性普查的結果作為後續年度的修正依據，台灣實際活化農耕土地面積約 55 萬公頃，應由中央串連地方進行全面性調查後，建立基礎資料。目前本署自 99 年起持續執行全鄉性重要作物面積調查，至今(105)已完成 127 個鄉鎮之基礎調查，亟有需要支持將剩餘農耕土地調查完成，建立台灣全面性基礎資料。

二、 建立專門調查員制度

我國田間調查員制度已沿用多年，原以區段及小區方式進行面積目測紀錄，再由公所彙整成各鄉鎮作物面積報告，惟現今農業情報需求精準，以輔助掌握災情及產量。爰建議我國農糧情調查體系，應考量逐步建立專門調查員制度，依各鄉鎮面積大小不同配置不同人數之專門調查員，利用本署開發完成之農作物面積調查 APP 及敏感性作物系統為調查介面及輔助工具，逐年修正農糧情報變化。

三、 修正現行農情調查方式

遙測與人工的配合是未來必然趨勢，因此在兩種樣態中各取其優點，互補其不足之處，建立一套創新的農情調查體制。

目前衛星遙測技術發展日趨成熟，其特點為範圍廣泛、具週期性、高真實性，且不受交通地形限制，相較逐筆調查經濟、省工等優點，但光學衛星仍有其缺點，在台灣及東亞地區因為氣候因素雲雨較多的狀態下，易受遮蔽而失去部分影像。另因為衛星屬於大範圍的變化現象顯示，在台灣農地面積狹小且作物種類複雜的狀況下，不易辨識各種作物。

本署目前在人工調查方面已完成農作物面積調查系統 APP、敏感性作物系統(MIS)及農情區段圖籍數化等工作，提升了人工調查在定位、照片及判釋作物種類上較精確及快速的輔助，惟人工調查屬於平面目視，在面積的劃分上較無法精確判定。爰建議未來可逐步建立整合式調查，取兩種調查方式之優點，以衛星判釋各農地面積，並在無法辨別作物的農地定位後，人工利用 APP 輔助進行作物種類判別。

四、 以目標性質考量需求工具

光學(雷達)衛星、飛機航測、UAV、人工等調查方式皆有不同特性及優點，經本日日方建議，應先考量目標需求，再決定調查工具。例如衛星範圍廣、快速，能了解大略的概況、種植範圍及空間性等資訊，但對於作物種類的判釋及精準度及要求的狀況下無法達成需求，且相對昂貴。UAV

價格便宜且機動性高，拍攝影像清晰且精準，但範圍小且受風力等因素影響。

因此用於年度的作物種植空間分布、作物種類調查、作物面積調查、災害調查等應使用不同的工具以求能快速達到目的。

五、持續維護更新符合地籍之農田資訊

農林水產省於 2007 年通過「GIS Action Program 2010」作為日本農業部門應用 GIS 最高指導方針，然而日方並未能全面實施此指導方針，原因之一即在地籍資料並未完善，終致無法持續調查。另日本推行『農地統合』以集中規模從事農業經營，卻因中央與地方整合地籍資訊前，地方無法掌握農地位置而管理不易。為即時掌握農田與地籍關係，除稅務機關外，在日本從事農田地籍坵塊作業，半官方組織有水里土等單位持續協助，民間亦發展出農地地籍製作商業模式，甚至涉獵 APP 開發支援農地計測及林地計測。農政單位對農田資訊之需求，可見一般。

農田坵塊資料為農地管理之基礎，以農糧署農田坵塊圖之瀏覽量為例，每月瀏覽頁數高達百萬頁次，每年圖層讀取次數達千萬以上，農政部門需求殷切，故仍須持續維護更新農田坵塊圖資，以精確掌握作物栽種面積調查作為產銷調節之依據，或結合文字屬性資料加值於相關農田管理應用，支援國土資訊系統相關業務應用。

六、逐步建立多領域整合性調查體系

國內不同機關間在作物判釋及統計結果常有差距，導致影響農政單位決策。然實務上，作物分類結果不同主要影響原因可能包括：取用判釋指標不同、影像空間解析度不同，判釋人員資歷不同等，且縱使上述過程均相同，判釋結果也未必相同。日本農林水產省統計部、農業環境研究所及東京大學名譽教授大政謙次等均認為，不同單位間以不同解析度影像、不同時間影像、不同方法、不同人進行判釋，產生一定差距當屬合理，無優劣之分，端看政府對精度要求及預算如何，惟若尋求低成本高精度之判釋，目前仍以航照人工判釋為佳。

此次考察日本糧食產量調查體系，可知其調查技術與我國相近，均受天候及成本影響，故目前亦仍採航空測量技術，惟其發展重點並不在於產量調查，而係以少量衛星影像與 UAV 進行輔助提升航測稻作調查效率，並持續發展遙測相關技術，開發不同調查體系互相串聯，提升整體監測精度，以朝智慧農業目標邁進。

由於衛星發展出高精度低成本照片尚須時日，亦不易於短時間內以統計研究突破解析度不足或預算問題造就之困境。是以，於硬體改良、學術研發完成遙測高精度自動判釋技術前，以「逐步架構出可符合多體系相互參照推定產量，並適用於 IoT 物聯網架構之糧食調查體系」為發展方向，可能較為經濟實用，且交互參照之情報更具信度，對於產量推定或品質改良均有助益。至於遙測判釋仍須持續研究發展，期未來克服影響因素後順利推動，加速達成全國農地規劃永續經營管理之政策目標。

柒、參訪照片



與農林水產技術會議事務局研究專門官 飯嶋 渡合影



與農林水產省大臣官房統計部 松浦 公彥、都田 幸伸合影



與 RESTEC 奧村 俊夫、永野 嗣人、花田 達之合影



與千葉大學環境遙測研究中心濱侃博士、楊偉博士、合影



與東京大學物環境情報工学研究室 大政 謙次教授、鄧博慶博士合影



與農研機構農業環境變動研究所 石塚 直樹博士合影