

# 出國報告（出國類別：考察）

## 赴日研習耐熱水稻篩選系統之建置與運作

服務機關、姓名職稱：

行政院農業委員會高雄區農業改良場張芳瑜（作物改良課）助理研究員

行政院農業委員會高雄區農業改良場胡智傑（作物改良課）助理研究員

派赴國家：日本

出國期間：中華民國105年10月2日 - 10月8日

報告日期：中華民國105年12月13日

## 一、摘要

「ヒノヒカリ」是九州地區栽培面積最廣的水稻品種，但高溫下穀粒外觀不佳。由九州沖繩農研育成的「にこまる」具耐熱性質，在生理分析上，該品種莖桿內可有較多的非結構性碳水化合物累積，穀粒充實可正常運作，白垩質比例較低。田間栽培上，除了找出適合的栽培期，另建立各品種孕穗期劍葉的葉綠素數值與基部未熟粒的關係，提供給農民參考。耐熱育種選拔上，以塑膠布棚架進行篩選，試驗材料在抽穗 20 日內的平均溫度可達 27°C 以上，系統遮光度約 15%，進行 2 重複，每個試驗材料一重複取 5 株進行糙米外觀評估。除上述高溫對穀粒外觀的研究外，九州地區在水稻開花期的最高溫可達 34-36°C，因此近年也開始著手探討高溫對水稻花粉稔實率的影響。此外，隨著氣候變遷影響，該中心已加強抗多重逆境的水稻品種開發，藉由 DNA 分子標誌堆疊多種抗性。該中心在 2015 年完成「先端的溫暖化適應技術開發實驗設施」，進行高溫逆境與病蟲害抗性等相關研究。另在農業人口老化省工與節省栽培成本的研究上，已建立水稻旱田直播系統。在多用途水稻的研發上，有高產飼料稻、釀酒品種、低直鏈性澱粉水稻品種等開發。

九州大學農學院松江勇次特任教授的米質實驗室，主要進行外觀品質分析與食味分析，尤其著重米飯黏硬度分析。除了仰賴儀器分析外，尚有官能品評，與臺灣評分項目相同，分為外觀、口味、香味、黏度、硬度。關於田間栽培對於品質及食味影響的研究上，松江教授提出穀粒充實期田間的水分管理重要性，目前正在探討湛水區、間接灌水與土壤保水區對於完整米粒與食味的影響。

本場近年來與九州沖繩農研及九州大學農學院奠定良好交流管道，也著手進行耐熱篩選系統的建置，並參與其他水稻耐逆境的研究，期望未來雙方的試驗交流可以持續進行，加速國內水稻的耐逆境研究。

關鍵字：日本九州、水稻、耐熱、品質、育種、耐逆境。

## 目次

一、摘要.....	I
二、目的.....	2
三、研習行程.....	3
四、研習內容.....	4
1. 九州水稻栽培品種與九州沖繩農業研究中心主要水稻品種.....	4
2. 耐熱水稻生理、栽培研究與多元化水稻育種.....	6
3. 水稻直播系統栽培與高產水稻栽培研究.....	10
4. 耐逆境水稻研究與相關設備.....	11
5. 九州大學米質研究、世界粳稻食味研究與提升米質田間水分管理.....	12
6. 產業參訪：市售包裝米調查、喜多屋、福岡糸島水稻農民.....	15
五、參訪心得與建議.....	16
六、參訪照片.....	19
七、附件圖表.....	28

## 二、目的

高雄區農業改良場地理位置為全臺最南端的農業試驗場所。本場轄區範圍氣溫極易超過良質米生產溫度臨界值-日均溫 26°C。高雄場以開發耐熱水稻品種為長遠發展目標。九州位處於日本南端，是遭受高溫逆境的主要地區之一，南臺灣的氣候條件適合做為日本未來環境之參考，且國內食用米以粳稻為主，與日本相似，因此，藉由至日本九州，研習運用於水稻耐熱研究的技術與設備，並與水稻育種專家交流雙方於耐熱水稻篩選心得；此外，亦希望了解日本米飯食味品質標準與臺灣之差異，提供國內參考與修正。

### 三、研習行程

- 10月2日(日) 桃園機場—日本福岡機場—福岡縣
- 10月3日(一) 九州沖繩農業研究中心—水田栽培實驗室
- 10月4日(二) 九州沖繩農業研究中心—水稻育種實驗室
- 10月5日(三) 福岡縣八女市水稻產業參觀與水稻產品市場調查
- 10月6日(四) 日本九州大學—世界粳米食味研究
- 10月7日(五) 日本九州大學—田間栽培管理對食味影響；福岡糸島市水稻產業參訪
- 10月8日(六) 福岡縣—日本福岡機場—桃園機場

#### 四、研習內容

##### (一) 九州水稻栽培品種與九州沖繩農業研究中心主要水稻品種

九州沖繩農業研究中心（以下簡稱九州沖繩農研）的筑後研究據點，位於福岡縣筑後市，主要從事水田栽培研究、稻育種、小麥與大麥育種、雜草與土壤管理、水旱田輪作機械操作等研究。水田栽培研究室主持人中野洋博士簡介九州地區食用水稻品種。2015年九州地區食用水稻栽培面積為166,000公頃，相當於臺灣一個期作的稻作面積。九州地區前10大栽培品種依面積排序如下，「ヒノヒカリ」佔54%、「コシヒカリ」佔12%、「夢つくし」佔9%、「元氣つくし」佔4%、「夢しずく」佔4%、「さがびより」佔3%、「森のくまさん」佔3%、「にこまる」佔2%、「ひとめぼれ」佔2%、「あきほなめ」佔2%、其他佔5%。

「ヒノヒカリ」是當地栽培面積最廣的水稻品種，以九州為中心，在西日本廣泛栽培，但高溫下糙米外觀不佳。由九州沖繩農研育成的「にこまる」具耐熱性質，生育期和「ヒノヒカリ」相似，產量較「ヒノヒカリ」多10%，以長崎縣、靜岡縣、大分縣為中心，在西日本地區栽培。生理分析上，該品種莖桿內可有較多的非結構性碳水化合物（NSC）累積，穀粒充實可正常運作，白垩質比例較低。2010年（高溫年）「ヒノヒカリ」在福岡地區1等米僅有11%，但「にこまる」在福岡卻有78%的一等米。「にこまる」的食味品質也曾受日本穀物協會肯定，連續3年榮獲特A等級，在眾多米飯食味競賽中也榮獲許多好成績。同樣由九州沖繩農研育成的耐熱水稻品種「きぬむすめ」，生育期和「日本晴」相似，主要栽培於靜岡、大阪、兵庫、和歌山、鳥取、島根，山口、三重，滋賀，岡山，愛媛。該品種高溫年下的一等米比率可比縣內平均值高10%，鳥取縣生產的「きぬむすめ」曾榮獲穀類檢定協會特A等級的食味評價。

提升糧食自給率上，九州沖繩農研也開發多用途水稻品種，如飼料稻「ミスホチカラ」，自私稻品種導入高產特性，糙米產量每分地達1,000公斤，除了供福岡縣作飼料用途，亦為熊本縣米穀粉的主力品種，製作米麵包不易變形。

北九州為傳統清酒生產的主要區域，為了因應當地需求，九州沖繩農研開發特色且具低投入生產的釀酒用品種「吟のさと」，不但具有日本主要酒米品種「山田錦」的遺傳背景，與山田錦同樣擁有優質的釀酒特性，更改善了山田錦在北九州栽培容易倒伏的缺點。酒米的特色需要心白率高且吸水性良的特性，心白發生部位可讓酒麴容易繁殖，心白形狀又以山田錦的線狀心白，容易提高精米程度。「吟のさと」和「山田錦」同樣為線狀心白，心白比率達69%較「山田錦」優，蛋白質含量與吸水性皆與「山田錦」相近。

「たちはるか」，從美國直播品種 Lemont 導入抗倒伏特性，為適合直播的品種，產量可比一般食用品種多10-20%，同時具有稻熱病抗病基因 *Pb1*、*Pi3* 與縞葉枯病抗病基因 *Stvb-i*，具有低生產成本的優勢，且食味值可媲美「ヒノヒカリ」及「コシヒカリ」，是團膳、餐廳與便當業者喜愛的業務用品種。此外，「たちはるか」的米粒大、蛋白質含量低，亦適合作為釀酒用品種。

一般食用粳稻的直鏈澱粉含量介於15%至20%，糯稻直鏈澱粉含量為0，而所謂的低直鏈澱粉是指直鏈澱粉含量大於0%且小於15%。全日本的低直鏈澱粉水稻品種中，最普遍的是「ミルキークイー」，從鹿兒島到秋田都有人種植。九州過去的低直鏈澱粉代表品種是「柔小町」，但由於該品種抗倒伏性不佳，食味較「ミルキークイー」差，直鏈澱粉含量會隨年份變動。因此，適合九州地區栽培的低直鏈性品種的需求性便如此產生。九州沖繩農研於是在2014年育成低直鏈澱粉含量的水稻品種「ぴかまる」，米飯黏性較強，冷飯也不

易變硬，是家庭用米、銘柄米與業務用途所需的特性。「ぴかまる」產量較「ヒノヒカリ」多 10%，具同等食味值，且葉稻熱病、穗稻熱病與縞葉枯病抗性強，具有低投入生產成本的特性，尚具有適合直播的特性。

## (二) 耐熱水稻生理、栽培研究與多元化水稻育種

九州沖繩農研過去在森田敏博士研究團隊的研究裡，背白粒與基部未熟粒為高溫逆境下主要的白垩質粒型態。乳白粒通常為日照不足環境下的產物，但異常高溫或高溫乾燥風亦會導致乳白粒產生。森田博士提出配合氣象預報減少對稻米品質衝擊的模式，在極度高溫與高日照環境下，補充適度的追肥可以降低背白粒與基部未熟粒；若是高溫加低日照的環境，減少追肥使用，可達到減少粒數，有效降低乳白粒發生。為了在收割前預測米的外觀品質，森田博士與 SATAKE 公司合作開發「乳白粒預測裝置」，於田間收穫前 10 日藉由糙米橫斷面的白濁程度判斷乳白粒比率。由於澱粉累積是由中心開始往周圍擴散，田間收穫前 10 日糙米橫斷面外圍的白濁區塊是因為穀粒充實尚未完全，尚無法得知最終是否仍為白濁狀；但若中心的白濁區塊周圍已呈現透明化，可見中心的白濁狀已完成澱粉累積，故可以判定乳白粒。然而，此裝置僅能鎖定白未熟粒中的乳白粒型態，但高溫逆境下產生更多的是背白粒，未來尚需要持續開發改進。

羽方誠博士過去研究裡，高溫下胚乳的  $\alpha$ -amylase 活性提高，促使澱粉分解成醣類產生乳白粒， $\alpha$ -amylase 基因表現被抑制可降低高溫下乳白粒發生比例。由於日本地區水稻開花期平均日高溫可達 34-36°C，一般花粉在超過 33°C 環境下會使活性下降，進而影響稔實率及產量。羽方誠博士近年除了先前高溫對米質外觀的研究外，也開始探討高溫逆境在水稻開花期對稔實率的影響。高溫下一來會影響花藥的開裂，二來可能使花粉不完全發育，兩者皆會導致沒有

足夠健康的花粉量落在柱頭，使稔實率下降。羽方誠博士的試驗分為生長箱與田間兩部分。生長箱維持 35°C 環境相對容易，此部分篩選稔實率高的品種及找到參與調控的基因。早期在生長箱的試驗，因為一盆種 10 株材料，除了每個品種穗高度不同，同一品種間每個單株株高也不見相同，導致距離生長箱上方光源距離皆不同，如此測量穗位的溫度會有誤差。近年修正為，創造人工水田，控制水溫，每盆只種植 1 株材料，只保留主要分蘗，每盆高度可以調整使試驗材料的穗在同一高度，減少誤差。利用日夜溫 26°C/22°C、32°C/26°C、34°C/28°C、35°C/29°C、36°C/30°C，5 組環境下處理 3 天後，後續調查稔實率表現，找出可以區別品種間在高溫下稔實率差異的條件為日夜溫 35°C/29°C。田間試驗部分，主要進行栽培品種在高溫下的風險評估並透過栽培方式減少高溫對稔實率的衝擊。

和田博史博士在探討有關穀粒充實中期高溫乾燥風導致乳白粒發生的機制，由於水逆境的產生，胚乳細胞透過滲透壓調節產生可溶性醣類維持膨壓，但也因此阻礙了澱粉的堆疊而導致乳白粒的發生，由此強烈指出植物對乾燥逆境的應對策略為滲透壓調節機制。此外，先前九州沖繩農研的研究中指出孕穗期劍葉的葉綠數值(SPAD value)與基部未熟粒比例成負相關性，顯示在孕穗期補充適當的肥料可以減少基部未熟粒發生的比例，但其中的機制尚未清楚，因此和田博士針對穎果基部未熟粒發生白垩質區塊，從細胞層次利用代謝體研究了解當中的機制。同時，也期望建立方程式由葉綠素質得知基部未熟粒比例，讓農民可以簡單透過施肥管理取得良好的外觀品質，目前方程式的可行度都還尚在進行田間測試。

九州地區自 2000 年以來，米的外觀品質經常受到 8 月與 9 月的颱風影響，此時剛好是九州地區正常插秧期水稻的穀粒充實期前期到中期，這種高溫與低日照的環境造成外觀品質下降。也因此，全

球暖化下，欲維持九州地區稻米品質，在品種開發上就得同時在高溫與低日照氣象環境下進行品種選拔。九州沖繩農研以塑膠布棚架進行篩選耐熱品系，試驗材料在設施內抽穗後 20 日內的平均溫度可達 27°C 以上，系統遮光度約 15%，以設施為重複，進行 2 重複。田間材料會依生育期的早晚依序排列種植，抽穗後便開始處理直到抽穗後 20 天，每個品種一重複種 1 行，只取中間的 10 株材料進行調查，每一重複取 5 株進行糙米外觀評估。比較的基準則是建立耐熱性標準品種（敏感、中強、強），而標準品種的決定是由過去的試驗資料與氣象資料評估而來，參試的新品系與標準品比較，依據標準品種的分布決定試驗材料的耐熱性。

日本的九州與北陸地區是水稻遭受熱危害的主要兩個熱點。九州地區目前推廣的耐熱水稻品種除了九州沖繩農研育成的「にこまる」之外，尚有福岡農林綜合試驗所育成的「元氣つくし」、佐賀農業試驗中心育成的「さがびより」及熊本農業研究中心育成的「くまさんの力」，以上品種皆屬於高溫抗性品種。在對抗非生物逆境的策略上，尚有躲避逆境的方式，因日本水稻一年僅一個期作，九州地區大約 9 月底至 10 初收穫，生育期長的品種就可以利用此優勢躲避穀粒充實期的高溫，如同樣由九州沖繩農研育成的「あきまさり」及由鹿兒島縣農業開發綜合中心育成的「あきほなみ」生育期比「ヒノヒカリ」多約 10-14 天。此外，九州沖繩農研育成的「はるもに」也具有耐高溫特性，加上抗褐飛蝨基因 *bph11*、抗縞葉枯病基因 *Stvb-i* 與抗穗稻熱病基因 *Pbl*，惟 *bph11* 對近年飛來九州地區的褐飛蝨生物小種 (biotype) 效果不佳，該中心已著手堆疊其他抗褐飛蝨基因，而該品種目前並非普遍栽培品種，僅在某些地區特別栽培。

日本水稻育種方向，普遍有下列幾項：優良食味品質、優良穀粒外觀品質、高產、抗病蟲害、適合直播栽培與抗高溫逆境。九州沖繩農研未來 10 年水稻育種方向為抗多重逆境育種，主要針對高溫逆境下白垚質及稔實率的研究外，還結合高溫環境下容易伴隨的生物逆境，如褐飛蟲、細菌性穀枯病與胡麻葉枯病，由此可見高溫環境是九州稻作生產重要的逆境。在育種方法與策略上，採用 43°C 7 分鐘的溫湯去雄，以混合法進行到 F<sub>4</sub> 世代，每個組合維持 2000 個單株，自 F<sub>4</sub> 世代開始拔優良單株，在 F<sub>5</sub> 種成株行(single pedigree line)，一個品系種 24 個單株，並自 F<sub>5</sub> 開始進行官能品評。從 F<sub>5</sub> 優良且外表型穩定的品系中收 5 個單株在 F<sub>6</sub> 個別種植，每個品系種 90 個單株，5 個品系為一個群組(group line)，以群組作為觀察整齊度、抽穗期、株高等特性，最後挑出一個表現優良的品系並收穫約 20 個單株，後續繁殖種子及進行產量試驗及區域試驗。

水稻育種者除了和田間觀察互相討論外，還需進行性狀調查，包含產量試驗、病蟲害抗性檢定、直播特性、非生物逆境檢定、穀粒品質檢定。由於水稻在日本一年僅有一個期作，一個品種從雜交到命名至少要經過 10 年。在育種選拔上，穩定的外表型檢定往往不容易進行，外表型又常與環境產生交感，但外表型表現卻又是最重要且真實的結果，倘若在回交育種尚遇上隱性基因或是性狀在抽穗後才能表現的情況，容易使育種期程拉長，這也是為何目前日本的水稻育種大多搭配分子標誌輔助選種(MAS)進行，希望可以有效地縮短育種期程及保留目標性狀的後裔。育種田間經驗交流時，發現該中心一個期作雜交合竟高達 180 個，竹內博士說明當中有些僅作為基礎研究使用，如基因體與蛋白質體研究，並非以育成品種為目的。試驗田裡也有設置稻熱病檢定病圃，育種者利用感病植株作為接種原，進行新品系的葉稻熱病與穗稻熱病檢定。依據不同育種目

標，田區的育種材料有不同的處理條件，以高產飼料稻為例，高世代的飼料稻品系開始進行肥料處理試驗；以耐熱為育種目標的材料則放在耐熱篩選設施內，由此可見九州沖繩農研在水稻育種選拔上可說兼顧分子標誌輔助選種與外表型檢定。

### (三) 水稻直播系統栽培與高產水稻栽培研究

日本與臺灣同樣面臨農村勞動人口老化問題，加上有少數農民擴大經營規模，為了解省成本與人力缺乏，各試驗單位在水稻栽培試驗上積極研究水稻直播系統。日本的直播系統有分為水田直播與旱田直撥兩種。九州沖繩農研考量插秧後在秧苗管理初期，福壽螺的防治在日本也是頭痛的問題，開發旱田直播機及建立栽培制度。直播的好處就經濟層面來看，可以省去育苗作業、插秧作業及秧苗運送到田間的作業。相對地，直播的缺點一是產量低，有鳥害及種子發芽率不佳的風險，二是雜草管理不易需要施3-4次的除草劑，再來則是田間漏水問題。九州農研開發了一臺可以在旱田上密播的「表層播種機」，可以適用於九州地區其他旱田作物如麥類、蕎麥等，密播的好處不但可以抑制雜草也可提升產量。表層播種機一邊藉由アップカットロータリ把土塊打細，種子與肥料從上面儲存桶內的隨後落下經由散利器進行播種，落下的種子與肥料將被前方打細的土覆蓋上，機器最後方尚有個鎮壓輪可以將其變成平畦防止漏水以免影響種子發芽率。此外，還有旱田直撥使用的V型溝播種(附圖1)，但V型溝頂端容易被破壞，後來將畦上方改為平面(附圖2)。為了提升直播栽培的產量，田中博士想了解施肥量及施肥時間對直播水稻的影響，目前田間試驗採裂區設計，肥料為主區、施肥時間為副區。肥料主要有2個等級，每平方公尺8克氮素(每公頃8公斤氮素)

與 12 克氮素；當中 4 分之 3 的肥料主要施用時間點分為基肥、追肥、幼穗分化期 3 種處理來進行試驗。

水稻莖桿內的非結構性碳水化合物 (NSC) 含量不僅對高溫逆境重要，也影響水稻產量的表現。在提升水稻產量的栽培試驗上，九州沖繩農研也探討不同插秧期對早熟品種與中晚熟品種的產量與 NSC 影響。插秧期分為 3 個時段，早植 (5 月插秧)、普通植 (6 月插秧) 與晚植 (7 月插秧)，參試品種則有ヒノヒカリ (中熟粳稻)、ミスホチカラ (晚熟粳稻)、西海 289 号 (早熟粳稻)、タカナリ (早熟秈稻)、北陸 193 号 (中熟秈稻)，希望可以找出比普通植糙米產量高出 50% 的栽培條件。在 2016 年與 2017 年的試驗，岡見博士主要探討栽培期對產量與 NSC 的影響，2018 年之後將探討施肥量與施肥時間對產量的影響。

#### (四) 耐逆境水稻研究與相關設備

除了利用上述的簡易塑膠布棚架篩選品系外，進行生理相關的耐熱研究尚有小型生長箱 (growth chamber) 與 2015 年新建設好「先端的溫暖化適應技術開發實驗設施」。「先端的溫暖化適應技術開發實驗設施」是一棟綜合的研究大樓，裡面除了有種子庫，溫度維持在 10°C、相對濕度維持 30%，種子以 air-tight 方式保存以維持種子的品質。尚有小麥製粉室、作物生理實驗室、環境逆境實驗室、作物分子育種實驗室、研討室等。和田博士在環境逆境實驗室裡設置測定細胞滲透壓設備，還有小型人工氣候室，內隔成兩小間，進行水稻高溫研究，還特別找了光譜範圍與太陽光接近的光源。兩間人候室中間尚設計一個小窗口，可以只讓穗進入另一個溫度環境，如此可以比較處理溫度對營養器官及生殖器官的影響程度。此外，有 Pressure Probe Electrospray Ionization-Mass Spectrometer

(PPESI-MS) 可以進行細胞膨壓測試、細胞液萃取與即時的代謝產物解析。小型人候室外的地板設計軌道，並在人候室側面設計門使 PPESI-MS 移動到人候室側面直接萃取處材料的組織液進行分析。這套設備目前運用水稻高溫逆境與高產水稻的研究方向，針對氣候變遷下，穀粒充實不良的問題，九州沖繩農業研究中心與愛媛大學野並浩教授共同探討細胞內的代謝變化，了解 sink-source 間醣類轉運能力之機制，期望未來能提供育種人員作為育種選拔指標。

#### (五) 九州大學米質研究、世界粳稻食味研究與提升米質田間水分管理

九州大學農學院松江勇次特任教授先前任職於福岡縣農林業綜合試驗場，不僅參與福岡耐熱水稻品種「元氣つくし」的育成，目前為日本水稻品質、食味研究會會長，投入世界的粳稻食味研究，他強調對日本人而言米飯就是生命的根本，而在中文裡「飯」這個字就是由「食」和「反」組合起來，如果沒有糧食，社會就不會安定，從中強調糧食作物的重要性。松江教授經常前往其他國家了解該國的水稻產業，他強調目前看來只有日本的水稻產量是以糙米重計算。日本計算產量構成要素是用「登熟歩合」，粳稻的「登熟歩合」是在比重 1.06 鹽水選出的飽滿穀粒比例。另外，依日本農林水產省的定義，粒厚達 1.7mm 以上的糙米才算「登熟粒」(完全米)，「登熟歩合」也可以利用篩網孔徑大小 1.7mm 的選別機篩選來計算完全米比例，充實不良的則無法算在產量裡，其他國家包含美國與臺灣大多是以穀粒重在計算重量。反觀臺灣進行產量構成要素時是以稔實率計算(附表 1)，但各試驗單位進行風選時的風速和時間未必相同。由此可見，日本強調的高產水稻 1 分地的糙米產量要達 1 噸的目標，是相當可觀的產量。

松江教授的米質實驗室，收集日本各地的稻米樣品，進行外觀品質分析與食味分析，以儀器分析米飯黏性、硬度、彈性等物理性

質，也同時進行官能品評。日本的官能品評和臺灣評分項目並無差異，分為外觀、口味、香味、黏度、硬度，松江教授特別提到日本普遍不喜歡香米品種，喜歡米飯單純的香氣。品評的對照品種為日本越光米，每次試驗含對照品種最多 10 個樣品。在九州大學進行官能品評的測試人員包含教職人員、助理與研究生，可多達 20 人以上進行分析。

由於松江教授長年投入稈稻食味分析，現今米市場在國際上競爭激烈，為了瞭解日本稈米的食味口感在世界的接受度與掌握各國人對米的喜好，必須以目前日本米飯官能品評的標準去進行分析。首先針對目前世界稈稻栽培面積最大的地區即中國與美國的加州這兩個地方的人對米飯喜好口感進行分析。

松江教授尚在福岡縣農林業綜合試驗場任職時與中國天津農學院分別在日本福岡與天津兩地共同品嘗中國稈稻品種與日本稈稻品種。日本煮飯是 400 公克白米加 540ml 水，煮飯的水是米的 1.35 倍，比例與臺灣全國米質競賽的規格相同。中國品評時一次煮飯的量是 1000 公克白米，同樣加 1.35 倍的水。品評項目同樣有外觀、口味、香味、黏度、硬度與總評。在品評人員的組成上，天津農學院選了教職人員、對米飯有興趣者及了解官能品評試驗者共 22 名參加；日本方面皆是任職於福岡縣農林業綜合試驗場的職員且有 5 年以上官能品評經驗者共 15 位參加。

雙方在中國稈稻品種上的食味評價，針對同一個品種，中國品評員的評價分數範圍落差較廣，從負到正的分數皆有，而日本品評員的分數範圍涵蓋較小，表示日本品評員之間對食味的認知標準較一致。日本與中國在整體食味分析呈現正相關趨勢，日本覺得好吃的品種，中國也給好的評價，僅少數品種在日本食味品評下為負，但在中國的品評分數下為正。外觀分數上，日本人重視米飯的光澤

度與亮度，但中國人卻是重視粒型特別喜歡長粒型。此外，就硬度上而言，日本喜歡偏軟的口感，而中國則是喜好偏硬的口感，是雙方主要的差異。

在日本粳稻品種的品評實驗下，和品評中國粳稻時相同，中國品評員的評價分數範圍較日本較廣，雙方在整體食味分析上也呈現正相關趨勢，也再次應證雙方在米飯硬度的喜好不同，日本喜歡偏軟的口感，而中國喜歡偏硬的口感。此外，日本人重視的是新米的米飯香，而中國的品種則為香米品種，在品評上雙方對米飯香味的認知也有差異。

2014年九州大學農學院數名教職人員前往美國加州與當地相關米廠進行數個粳稻品種的官能品評試驗，其中有人員未有參與官能品評的經驗，在品評前說明了試驗方法，煮飯方式與上述相同。試驗結果，日本人與美國人的食味喜好呈負相關，美國人不喜歡黏性的口感，同樣也偏好口感較硬的米飯。

在過去松江教授的研究裡，高溫下會中斷二次枝梗的穀粒充實，原因來自高溫使根的吸水量下降，進而導致穀粒含水率降低。穀粒含水量低導致呼吸作用下降，無法提供足夠能量供澱粉合成。因此維持根的活性在高溫逆境下是重要的課題，於是近年開始探討抽穗後20天內田間的水分管理重要性，比較湛水區（田間水位維持5公分）、間接灌水與土壤保水區（土壤水分飽滿）對於完整米粒與食味的影響，初步顯示從保水區收穫的米，穀粒厚度較厚、蛋白質含量較低，糙米粒重高且食味較佳。後續相關試驗需再進行，期望未來可以做為因應高溫對米質衝擊的重要栽培技術。

#### （六）產業參訪：市售包裝米調查、喜多屋、福岡糸島水稻農民

產業參訪部分，前往福岡八女市的清酒製造廠「喜多屋」，約有190年的歷史，創業時為了想藉由酒傳遞眾多喜悅因此取名為「喜

多屋」。除了日本主要酒米品種「山田錦」外，九州沖繩農研育成的「吟のさと」也為該公司主要的釀酒品種之一。在一般大眾的認知下，說到「山田錦」就直接想到兵庫縣，但喜多屋近年與福岡系島 JA 合作契作的山田錦，在 2013 年 IWC (International Wine Challenge) 以「大吟釀 極釀 喜多屋」的品牌拿下清酒冠軍，該品牌使用 100%山田錦品種，精米比例 35%，讓福岡栽培的山田錦被世界認可。喜多屋其他品牌裡以山田錦釀造的清酒較受歡迎的尚有，「純米大吟釀 寒山水」是以 60%山田錦與 40%雄町的比例釀造，精米程度 45%，據喜多屋業務員解說該品牌在美國市場非常受歡迎，因低溫發酵，其口感風味順口，相當受女性歡迎。另外，「純米大吟釀 喜多屋」是以 60%山田錦與 40%雄町的比例釀造，精米程度 50%，具有果香味，是一款讓「杜氏」（對日本釀酒工程最高負責指導人的稱呼）也傾心的商品。「吟のさと」是福岡八女市 JA 契作生產並與喜多屋合作釀造，是高品質具有競爭力的酒米品種，為契作農民帶來好收入，喜多屋期望在福岡系島生產的山田錦之後，福岡八女出產的「吟のさと」也可以在世界打響名號。喜多屋的「純米吟釀 喜多屋 吟のさと」品牌，正是以 100%「吟のさと」59%精米程度而釀造製成。

在市售米調查上，除了一般包裝米外，為了便利的無洗米、響應健康意識的健康米、十八穀米或甚至以熟飯包裝或是粥的型態呈現在超市供消費者選擇。所謂的健康米其實是利用精米方式保留較多的胚芽，使米的維他命 E 含量較多，減少身體機能障礙的發生。

與松江教授合作的福岡縣系島市的農民井田先生，主要栽培品種為「ヒノヒカリ」。參訪期間正值日本水稻收穫期間，該農民配合久保田農機公司的新型收穫機，收穫 1 公頃約只需 30 分鐘，於田間採收後，收穫機可顯示產量、含水量與蛋白質含量，農民可以

馬上得知初步的食味資料。此外，數據還可以透過網路回傳到連線的電腦，對於契作廠商而言是個非常便利的功能。碰巧，「ヒノヒカリ」是個不落粒的品種，收割後的稻穀依然有小枝稜殘留。訪問農民與松江教授，小枝稜是否會造成後續的烘乾與碾製作業的困擾，也到井田先生家的乾燥室與碾米間觀察，確實沒有因小枝稜使乾燥作業受影響，後續在碾糙過程中也不是困擾。不落粒品種在臺灣的環境推行，一來有小枝稜殘留影響容重量，二來大面積收穫時，烘乾作業量大，可能導致烘乾及碾糙過程的機械堵塞，與日本的差異值得再思考。

## 五、參訪心得與建議

九州沖繩農研在抗蟲育種上的經驗很值得作為臺灣未來進行抗蟲害育種的參考依據，目前每年的褐飛蝨大多以遷移來臺的居多，生物小種的變化是否會隨年度改變，目前的資訊上未完備。然而在臺灣水稻品種育成至少需要8年，從雜交起就得預測未來生物小種變化著實有難度。此現象不只在蟲害上，許多生物逆境如稻熱病也面臨同樣的問題，目前許多場所都可以利用回交育種導入抗病基因，但需要哪些抗病基因及多久需要更換新的抗病基因一直是育種家最頭痛的問題，我們尚有許多基礎資料的收集與基礎研究需要進行，此外，這並非只是育種人員的責任，需要病蟲害的專家共同參與才能使國內抗生物逆境研究的體系更加健全。

過去一直認為日本的作物育種把分子標誌輔助選種看得比傳統育種還重，但從這次的學習，發現他們仍然重視各種性狀外表型檢定的項目。國內自數年前開始也掀起一陣分子標誌輔助選種的熱潮，許多性狀篩選開始搭配分子標誌，但在此氣氛中容易使人忽視外表型的重要性。若仔細想想，為何會有分子標誌輔助選種出現，追根究底還是因為外表型表現常容易與環境產生交感，不容易表現穩定。因此，分

子標誌輔助選種是為了輔助外表型選拔而存在，或者為了縮短回交育種上某些抽穗後才表現的性狀或隱性基因調控的性狀的育種期程而存在，兩者的關係應是相輔相成，不應孰輕孰重。育種者應視育種目標、資源與人力狀況選擇適合選拔的方式。

不落粒的品種於收穫時小枝稈殘留的特性，在臺灣收穫期集中的環境，加上一期作收穫期間遇梅雨季，容易搶割，大量的稻穀缺無足夠的烘乾設備，容易使烘乾速度加快，小枝稈因此會影響機械的運作。因此，在臺灣難落粒的品種推行上就較困難，但也未嘗不可再與農民及糧商進行溝通，畢竟日本在執行上確沒有困難，臺灣的收割機、烘乾設備與碾米設備大多為日本進口，理論上不應有困難，值得再思考可以改善什麼環節並與糧商進行溝通。此外，目前在臺灣也某些糧商，為了將收割後的稻穀在入烘乾機前作品質分級，專門訓練人員檢測濕穀品質。若有日本新型收割機可以測定食味值的功能的協助，對糧商可能是個好工具，不但可以即時收取農民田間的品質資料，也可迅速將農民的稻穀按照等級區分，進行調製並且分倉管控，達到事半功倍的效果。

米飯的官能品評項上，臺灣與日本的評分項相同，唯獨在官能品評人員的組成上，日本試驗單位仍是比較嚴格，有專門培養訓練的品評人員。以臺灣而言，應只有臺中農改場的官能品評人員有長期經驗，畢竟臺中場過去一直幫各場進行米質分析。回歸各場所來看，人員組成是否可以固定，人數還需有固定的訓練，都是個挑戰。

氣候變遷下，已不僅是暖化問題，目前全球氣候已失去規律性。作物耐逆境研究的速度需要加速。而日本與臺灣的稻作環境相似，大部分都是小農生產，也面臨同樣的農村人口老化問題，但無論在品種開發上、栽培技術研發上或新型農機的開發都積極在進行，值得臺灣學習。本場近年來與九州沖繩農研及九州大學農學院奠定良好交流管

道，本場從 105 年也著手進行耐熱篩選系統的建置，並參與其他水稻耐逆境的研究，如稻熱病抗病育種、低穗上發芽品種與低落粒性品種與加工用硬秈品種的開發，期望未來雙方的試驗交流可以持續進行，加速國內水稻的耐逆境研究。

## 六、參訪照片



圖 1、九州沖繩農研的中野洋博士說明乳白粒預測裝置。



圖 2、「表層播種機」特性介紹。

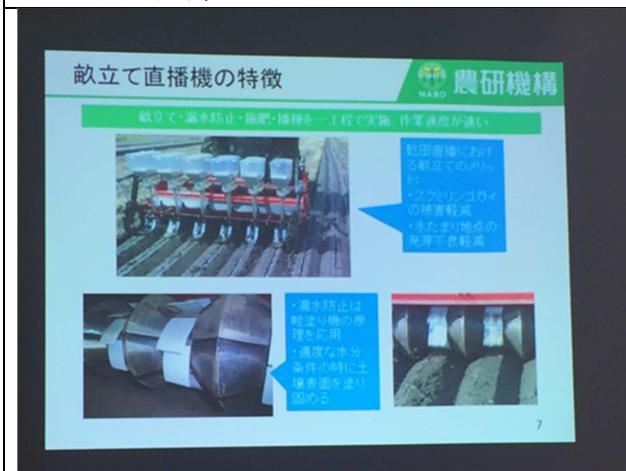


圖 3、直播機特性介紹。

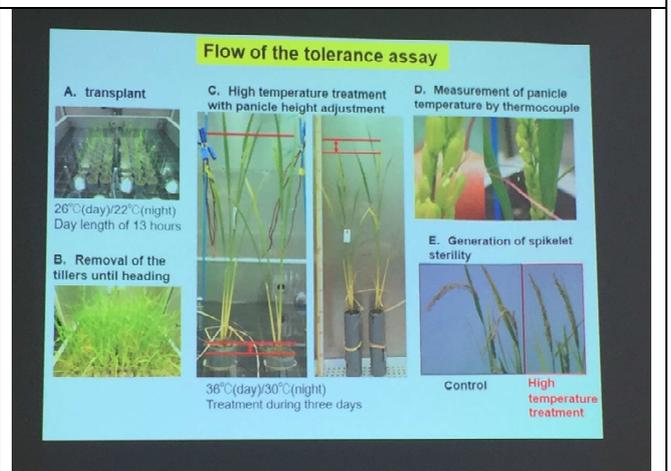


圖 4、高溫對水稻稔實率影響的實驗介紹。



圖 5、岡見翠博士解說高產水稻栽培試驗。



圖 6、田中良博士解說水稻旱田直播與直播栽培試驗。



圖 7、日本水稻直播時期介紹。



圖 8、耐熱生理研究之小型人工氣候室。



圖 9、和田博史博士(右)設置的水逆境相關研究設備。



圖 10、可隨軌道移動的質譜儀系統。



圖 11、人候室隔間上有小窗口，可打開讓穗進入另一個溫度環境。



圖 12、參觀「先端的溫暖化適應技術開發實驗施設」。



圖 13、水稻栽培試驗解說。



圖 14、竹內善信博士介紹日本水稻育種研究。



圖 15、雙方育種人員討論水稻育種流程。



圖 16、水稻耐熱篩選系統田區，已處理完畢故無覆蓋塑膠布。



圖 17、片岡知守博士(左)於耐熱篩選系統田區解說。



圖 18、片岡知守博士解說稻熱病病圃田。



圖 19、稻熱病病圃利用感病植株作為感染源。



圖 20、水稻雜交後帶 F<sub>1</sub> 植株。

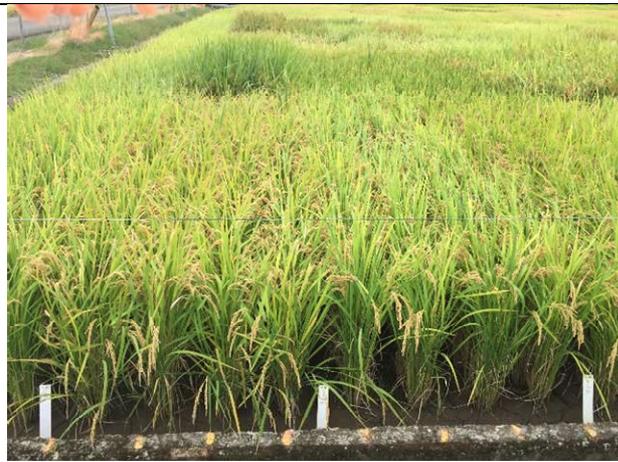


圖 21、水稻雜交後代田區(F<sub>6</sub> 世代以上)。



圖 22、雜交後代分離族群中，早熟後裔單株以紅色噴漆做記號。



圖 23、雙方育種人員田間討論高產飼料稻植株特性。



圖 24、水稻雜交室。



圖 25、與育種人員於田間合照。



圖 26、福岡八女市清酒製造廠「喜多屋」。



圖 27、喜多屋贏得 2013 年 IWC 的清酒冠軍榮譽。



圖 28、喜多屋業務員(左)與和田博史博士(中)和研習人員討論。



圖 29、熊本縣水稻耐熱品種包裝米。



圖 30、福岡縣水稻耐熱品種包裝米。



圖 31 健康米產品說明。



圖 32、健康米產品。



圖 33、可直接微波加熱食用的粥產品。



圖 34、九州大學米質實驗室。



圖 35、米飯物理特性測定儀器。



圖 36、糙米粒厚選別機。



圖 37、穀粒判別機。



圖 38、官能品評煮飯區。



圖 39、九州大學官能品評試驗。



圖 40、官能品評樣品。



圖 41、官能品評評分表。

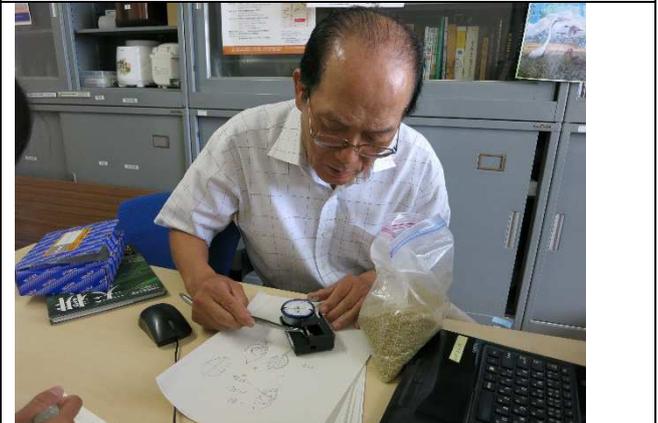


圖 42、松江勇次教授解說日本水稻產量構成要素。



圖 43、酒米品種「山田錦」的線性心白。



圖 44、訪問福岡系島水稻農民井田先生(右)。



圖 45、田間以手握方式測試「ヒノヒカリ」落粒性。



圖 46、久保田農機公司人員向松江教授說明新型割稻機的功能。



圖 47、久保田新型收割機於田間收穫情況。



圖 48、「ヒノヒカリ」收割後小枝稈殘留稻穀上。



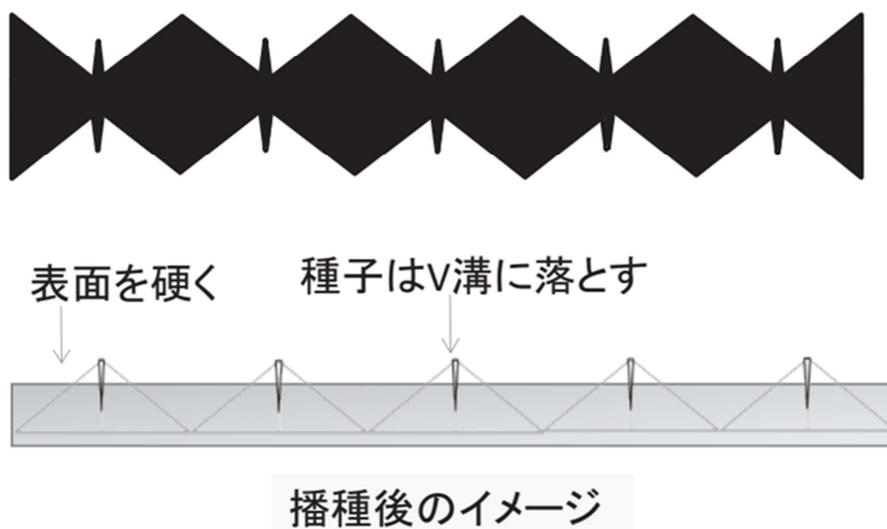
圖 49、井田先生家的烘乾設備。



圖 50、稻穀入料口。

七、附件圖表

V溝作溝機能付き駆動鎮圧ローラ



附圖 1. V 型溝播種機的鎮壓輪圖說。



※播種畝を台形状かつ表面を硬く成形して、初期雑草の抑制と漏水を防止。

※播種畝の上面に播種して、滞水による発芽不良とスクミリンゴガイの食害を回避。

附圖 2. 改良後的開溝做畦溝播機。

附表 1、日本與臺灣稻米產量計算差異

國家	產量基準	產量構成要素
日本	糙米	糙米產量 (g/m <sup>2</sup> )= 穗數(No. /m <sup>2</sup> )x 一穗粒數 x 登熟步合 x 糙 米千粒重(g)
臺灣	稻穀	稻穀產量 (g/m <sup>2</sup> )= 穗數(No. /m <sup>2</sup> )x 一穗粒數 x 稔實率 x 千粒 重(g)