

出國報告（出國類別：研習）

## 赴日本研習水稻分子育種 與分子輔助選拔技術

服務機關：行政院農業委員會農業試驗所

姓名職稱：賴明信副研究員、吳東鴻助理研究員

派赴國家：日本

出國期間：中華民國 99 年 9 月 27 ~ 10 月 10 日

報告日期：中華民國 99 年 11 月 27 日

## 一、摘要

為執行良質米團隊 99 年「面對全球暖化之水稻新育種及栽培技術與蟲害研究」計畫，本所、苗栗區、台中區、及台南區農業改良場 7 位研究人員於 9 月 27 日起赴日本與相關研究單位交換資訊與研習，並邀請國立台灣大學盧虎生教授為指導員兼領隊。主要研習機構為位於筑波市觀音台之獨立行政法人農業食品產業技術綜合研究機構(National Agriculture and Food Research Organization, NARO)之作物研究所(National Institute of Crop Science, NISC)、農業環境技術研究所(National Institute for Agro-Environmental Sciences, NIAES) 與植物基因體中心(Plant Genome Center, PGC)，亦赴九州地區福岡縣立農業綜合試驗場研習日本田間耐熱篩選設施與執行方法。而日本業界為尋求引進亞熱帶臺灣等地之高品質品種藉以擴大遺傳多樣性與廣度性，並解決暖化對日本水稻生產所造成的影響，已於 99 年向台中區農業改良場進行台梗 9 號授權技轉並進行試種，本次研習也赴熊本縣及香川縣台梗 9 號試作田區與農民技術交流；並赴廣島佐竹公司(SATAKA)參觀研習，以瞭解日本稻米碾製與品質檢驗技術。

關鍵字：分子輔助選種、飼料稻、米製粉、FACE、氣候變遷、水稻。

## 目次

一、摘要.....	1
二、目的.....	3
三、參訪行程.....	4
四、參訪內容	
1. 日本近年水稻育種發展趨勢.....	5
2. 日本飼用水稻選育經驗.....	7
3. 日本適於米麵包水稻品種之評估經驗.....	9
4. 「開放性高二氧化碳(Free-Air CO <sub>2</sub> Enrichment, FACE)」設施	10
5. 分子輔助回交選拔技術.....	11
6. 水稻耐熱性篩選評估系統.....	12
7. 我國水稻異地栽培概況與米質分析參訪.....	13
五、參訪心得.....	14
六、參訪建議.....	16
七、參訪記錄照片.....	17

## 二、目的

隨著全球氣候變遷致使農業生產環境日益惡劣，不僅極端氣候頻率顯著增多導致減產效應，亦讓病、蟲害等生物逆境無預警好發，以致生產成本逐漸升高、國際糧食價格震盪劇烈。然現今工業時代機械化促使分工生產與長程運輸，大幅提升糧食生產效率，而我國地處低緯度亞熱帶，全球暖化下係屬高風險栽培環境，隨著海平面上升與人口快速增加，可耕地面積相形下日益不足。

然隨著水稻全基因組已完成解序作業，加速開發各優良農藝性狀之基因與功能，諸如：Gn1a (粒數)、GS3 (粒長)、Gw5 (粒寬)、MOC1 (分蘖數)等產量基因，Xa1 (ch04; Yoshimura *et al.*, 1998)、xa5 (ch05; Iyer-Pascuzzi *et al.*, 2008)、xa13 (ch08; Chu *et al.*, 2006)、Xa21 (ch11; Song *et al.*, 1995)、Xa26 (ch11; Cao *et al.*, 2007)、Xa27 (ch06; Gu *et al.*, 2005) 等水稻白葉枯病抗病基因以及 Sh1 脫粒性基因均已分析完備，且各生物技術分析成本能經濟規模分析，能應用過去定位數量性狀基因座之遺傳研究的成果，藉由分子標誌輔助選拔目標基因型，使得育種家得以運用不同基因間的相互效應與不同環境間作物生長分化的表現。

因應國際水稻應對全球暖化新育種及栽培之技術，派員至日本研習建立新育種及栽培技術。配合水稻分子輔助育種技術，選育適合台灣栽培、生產及抗蟲之品種，提高飼料自給率並活化休耕田，以達到水稻安全生產之目的。

### 三、參訪行程

日期	起迄地點	工作記要
09/27	本所-桃園國際機場-東京-筑波	赴日本去程，至東京搭車轉筑波。
09/28	筑波-筑波	至獨立行政法人國立作物研究所研習。
09/29	筑波-筑波	至獨立行政法人農業環境技術研究所及植物基因組中心研習。
09/30	筑波-福岡	至獨立行政法人國立作物研究所研習，下午轉福岡市。
10/01	福岡-福岡	至福岡縣農業總合試驗場研習。
10/02	福岡-熊本	至熊本縣阿蘇市參訪觀摩稻作栽培情形。
10/03	熊本-廣島	至四國地區香川縣參訪台灣台粳9號品種試種栽培情形，夜宿廣島市。
10/04	廣島-福岡	至東廣島市西條町佐竹(SATAKE)公司參訪有關提升米質的碾米製程及機密機械設備，夜宿福岡市。
10/05	福岡-東京	返回東京路程
10/06	東京-筑波	至植物基因組中心研習。
10/07	筑波	至獨立行政法人國立作物研究所研習。
10/08	筑波	至獨立行政法人國立作物研究所研習。
10/09	筑波-東京	至獨立行政法人國立作物研究所研習，夜宿東京。
10/10	東京-桃園國際機場-本所	返程

## 四、參訪內容

在 NARO 作物研究所研習以育種與米質為主，由於日本稻作面臨的稻農老化、生產成本過高與消費量降低(1962 年每人 118.3 公斤降至目前每人消費 61.4 公斤(2005))等問題，因此該機構的育種以高產飼料或纖維酒精用稻育種及省成本直播稻育種為主，並配合米質研發部門開發米麵包等方式，以增加日本糧食自給率的能力，減少對進口糧食的依賴，避免因氣候影響世界糧食生產所造成的壓力，可作為我國未來稻作發展之參考。我個人另獨自參觀該所水稻標記育種研究室應用分子標記協助選拔的運作情形外，也於 NICS 谷田部試驗農場見習該研究室眾議制田間選拔作業，亦向育種人員請益該研究室農藝性狀評估經驗。

### 1. 日本近年水稻育種發展趨勢

前往獨立行政法人農業食品產業技術綜合研究機構作物研究所(NICS, NARO)，向水稻育種研究團隊主任研究員常松浩史及前田英郎及多量性研究團隊之召集人近藤始彥博士研習日本近年之水稻育種發展趨勢。該育種團隊近年來主要研究目標，針對該國所面臨主要問題如生產過量、稻米消費量減少（1962 年為 118.3kg/capita 到 2005 年減為 61.4kg/capita）、高溫對作物生產的危機、農村人力老化（平均年齡超過 62 歲）、水稻栽培品種遺傳變異性窄小等。

針對上述問題以提高水田利用率及擴大稻米消費量，來減少生產過量的問題；並針對選育高直播性與抗病蟲害等優良品種，以降低生產成本，提高參與農村生產年輕者意願；另針對提高作物生產對高溫傷害的忍受性進行耐熱育種選拔。且因氣候暖化導致栽培環境逐漸惡劣，國際糧食生產風險持續提高，故將提高日本糧食自給率列為首要研究目標。

日本土地面積與耕作面積中水稻栽培面積與平均產量分為總面積 3,778,000ha，耕地 4,330,000ha，水田為 1,627,000ha(約為臺灣 8 倍)，陸稻面積為 3,000ha，糙米產量分為 5.43t/ha 及 2.67t/ha，屬陸稻品種約 4~5 個栽培品種，而一般稻品種各地區均有育種單位，所育成品種繁多，但仍以越光栽種最廣，佔有

率達 35.1%，次之品種為 Hitomeware 約佔 10.6%，其中 9 名品種均與越光有親緣關係，所以日本水稻遺傳變異窄小是一個潛在的危機。日本國家水稻育種系統由西南到東北分爲九州關西區中央地區 Tohoku 區北海道等其中屬國立研究機構有 6 個 Kyushu、Western、Hokuriku center、NICS、Tohoku、Hokkaido 等，7 個屬縣立育種場，1 個環境適應性試驗地點由國立研究機構支持位於石垣島。近年來努力所得重要成果，育成新品種 Akidawara 除食味優外，糙米產量比日本晴及越光高出 15~30%。

爲提高日本糧食自給率，減少飼料進口量，選育高產食用米品種外，亦選拔高生質量飼用水稻，針對耐倒伏及適合直播品種爲育種目標，如適合青飼料用品種 Tachisugata，較日本晴產量高出 15~30%。目前高產良質米品種可分爲穗重型及粒重型，然其內又可分籼梗雜交及籼型品種，Akenohoshi、Bekogonomi、Fukuhibiki、Kिताaoba、Kusahonami、Mizuhochikara 等爲籼梗雜交品種之高穗重型，Kusanohoshi、Momiroman、Yumeaoba 等爲籼梗雜交品種中穗重且大粒型，Oochikara、Hoshioaba、Kusayitaka、Bekoaoba 等爲籼梗雜交品種之大粒型，Takanari、Hokuriku193、Mochidawara 等爲籼稻雜交品種之穗重型。

在直播稻育種研究，以濕田乾種方式種植，將乾種子包埋在可分解不織布線管，再以棉線纏繞。由該團隊研發走式輕便直播機，將該種子線播在泥漿水田，播種深度爲 3cm。在此模式下，水稻品種於土中乾種發芽能力成爲育種選拔必要篩選項目。

另於農業食品產業技術綜合研究機構農業成果展覽館聽取 Dr. Yumiko Sanoh 與博士後研究員趙銳博士說明作物研究所生質能源研究現況。該研究首先比較高粱、甘蔗、水稻、大麥、及小麥等禾本科糧食作物之酒精轉換率時，發現莖桿含非結構性碳量高達 70% 以上，可適於酵素分解轉換酒精之原料。在上述作物中以水稻莖桿內的木質素含量較低，有利於酒精的轉換。在酒精製造原料準備過程，發現以日本傳統式自然乾燥過程中，因稻桿內生化反應尚存在，部分碳水化合物會消耗，影響酒精製造成分量。若以機械 70°C 烘乾可迅速抑制稻桿酵素活性，保存較多碳水化合物，有利於酒精轉換。

## 2. 日本飼用水稻選育經驗

隨著全球氣候變遷致使農業生產環境日益惡劣，不僅極端氣候頻率顯著增多導致減產效應，亦讓病、蟲害等生物逆境無預警好發，以致生產成本逐漸升高、國際糧食價格震盪劇烈，又因 2008 年能源危機各國競相發展生質能源，導致資源錯置使得玉米、大豆等進口飼料短缺且價格飆漲。又因現代人飲食習慣逐漸調整，澱粉、纖維等植物攝取量比例降低，取代之肉類蛋白質需求量相對較高，日本為提升國內飼料自給率，並改善農村人力成本過高、人口老化以及農產品供需失衡等問題。

日本自 2000 年便以開始投入飼用水稻品種選育及栽培管理等相關研究，2010 年已經開始實施的「水田利用活用自給率提升計畫」，對於種植飼料米的農家給與每 0.1 公頃 8 萬日元的補貼。飼用水稻可分為糙米高產量型與莖葉高產能型兩種，糙米高產品種可應用為乳牛、肉牛全株青貯飼料 (Whole Crop Silage, WCS)，飼料米可提供家禽與豬隻動物澱粉來源，或工業發酵原料、米製粉及糙米用生質酒精，而生物質高產型可調製成青貯料，供牛、羊、馬草食性家畜動物纖維素來源，亦可應用稻稈作為生產生質酒精之用。日本民眾對於餵食 WCS 水稻之牛肉、牛乳分別願意多付出 19 圓/100 克、9 圓/1 公升的價格購買，且餵食 WCS 飼料的牛隻其排泄物氮元素較慣行飼養法低 6.2%，造成環境污染負擔較低。

WCS 水稻具有低種值成本、不易倒伏、乾物收穫量高等特性，其每公頃農地之 TDN 產量(總可消化營養分)最高可達 12 噸，乾物重達 24 噸，遠比一般主食用米高；相較其他飼料作物而言，稻農可以沿用原有的土地與農機具。而飼料用作物一般具有低投施、耐病蟲等粗放管理，易直播、生質量高、後期生育時期老化慢、易再生等強勢特性外，對於全株青貯用水稻品種選育上更須考量倒伏性，避免植株在生育後期倒伏，使得莖葉腐爛、水份含量過高導致青貯品質大幅下降。

目前作物研究所水稻育種研究室，選育高乾物產量品種適合青飼料但不易倒伏品種，在不同地域所推薦栽種品種亦不同，日本由西南到東北分為ルリアオバ (Ruriaoba)、西海飼 253 號 (Tachiaoba)、西海飼 262 號 (Mogumoguaoba)、中國

147 號 (Kusanohoshi)、關東飼 226 號 (Momiroman)、關東飼 225 號 (Tachisugata)、  
關東飼 215 號 (Leaf Star)、關東 146 號 (Takanari)、中國 146 號 (Hoshiaoba)、北  
陸 187 號 (Yumeaoba)、奧羽飼 395 號 (Bekogonomi)、奧羽飼 387 號 (Bekoaoba)  
及 Kitaaoba。

### 3. 日本適於米麵包水稻品種之評估經驗

麵包製作一般以小麥麵粉為主要原料，然其中混入米粉則稱為米麵包 (rice bread)，但因稻米中缺乏麥醇溶蛋白 (Gliadin) 與麥穀蛋白 (Glutenin) 所構成之麵筋 (Gluten)，使得純米粉麵糰不具黏彈性，體積無法發泡成澎鬆狀，導致口感柔軟度不足。然為了解決上述瓶頸，米粉麵糰中可依參入不同添加物可區分為三種類型：(1) 混合麥粉：將米粉與小麥粉相互混合製成麵糰，米粉混合比例可超過 20% 以上，此類最適於麵包工廠中；(2) 混合麵筋粉：米粉麵糰中混合小麥麵筋蛋白，可參入 15 ~ 20% 的麵筋蛋白作為黏彈性來源，此類蛋糕、麵包在日本是最受歡迎的類型；(3) 無混入麵筋：在 90 ~ 99% 米粉糰中混入 1 ~ 10% 的增稠劑，諸如瓜取膠 (Guar gum)、三仙膠 (xanthan gum) 或羥丙基甲基纖維素 (Hydroxypropyl methylcellulose)，若為小麥過敏原的消費者可食用該類型麵包。米麵包水分含量 (42 ~ 45%) 較小麥麵包 (35 ~ 38%) 高許多，然烤製後米麵包具更為鬆軟、濕潤等質地特性，但擺放時日後則易轉硬，且米麵包發酵時間較短，可於 3 小時內發酵完全進行烘培。三洋電機 (SONY) 早已研發家庭式麵包烘培機，僅需放入商售米製預拌粉便可自動製作出麵包，更於今年 (99 年) 11 月份發售 GOPAN 麵包機，強調僅需放入白米穀粒便可烘製完成麵包等自動功能。然日本每人白米消費量自每年 120 kg (1960) 逐漸下降至現今每年 60 kg，日本 250 多萬栽培面積中約有 40% 的水田並不從事稻作生產，需刺激人民對白米的消費量，然日本小麥消費量有 86% 仰賴進口，但自 2008 年發生能源危機，各國競相以糧食作物生產生質能源，導致國際穀類價格居高不下，小麥每噸離港價格約在每噸 300 美金，而國產稻米價格則相對較穩定。

日本每年小麥粉平均消費量需 456 萬噸，而米粉用於甜點等加工製造量僅 10 萬噸，其中 2 萬噸則用於製造米麵包，顯見米麵包在日本的銷售潛力仍有相當大的彈性空間。

#### 4. 「開放性高二氧化碳(Free-Air CO<sub>2</sub> Enrichment, FACE)」設施

隨著氣候變遷大氣中二氧化碳濃度逐漸增加，各種預測模式均顯示未來二氧化碳濃度將提升至 540 ~ 970 ppm，對此，美國、歐洲、澳洲等諸多地區紛紛設置「開放性高二氧化碳(Free-Air CO<sub>2</sub> Enrichment, FACE)」設施，以了解大氣中高二氧化碳濃度對於作物生長與生產之影響，也藉由調控高二氧化碳濃度與高溫、高肥等控制因子，篩選適應未來氣候變遷之目標基因型與栽培技術。

目前以水稻為研究主題之「開放性高二氧化碳(Free-Air CO<sub>2</sub> Enrichment, FACE)」設施，全世界僅只有兩處且均在亞洲地區，一處設置於中國江蘇省，另一處則於日本 Tsukuba 研究園區，日本農業環境技術研究所針對氣候變遷的二氧化碳增加對水稻生產影響進行一系列試驗。

於第一時期(1998~ 2000)目標著重於二氧化碳濃度變化對於產量之影像，其結果顯示產量表現約提升 14%，主要在於大幅促進植株初期生長勢，使其具有更多的分蘗數進而提高產量，但植株的氮素利用效率若無法提升將抑制產量增加，因此對於 CO<sub>2</sub> 薄弱的調控反應及氮素利用效率將是產量的關鍵因子。第二時期(2003 ~ 2004)則是針對年度間於高濃度二氧化碳濃度下探討產量變化，結果顯示每年增產幅度變化不一，甚至某年涼夏更僅表現出增產 6%的結果，且排除早熟或晚熟品種的數據結果後，然可發現品種間對於高二氧化碳濃度之產量反應不一。第三時期(2007 ~ 2008)則是探討 CO<sub>2</sub> 與土壤/水等溫度變化之交感效應。

目前日本農業環境技術研究所設置「開放性高二氧化碳(Free-Air CO<sub>2</sub> Enrichment, FACE)」試驗地，該地面積約 10 公頃，共設置四重複，每重複均有處理組與一般大氣狀況之對照組，每 30 秒監控一次水分、二氧化碳濃度、甲流等氣象因子與空氣變化，處理組係於田間自然狀態下將二氧化碳提高至較普通大氣高 200 ppm 的大氣濃度，藉以了解品種及栽培方法在高二氧化碳下的生理與產量反應等，初步發現高二氧化碳下的水稻生育較慢，成熟期約晚 2 天，產量提高約 14%。

## 5. 分子輔助回交選拔技術

植物基因體中心(Plant Genome Center, PGC)為 NARO 之外圍公司，配合 NARO 各研究單位的研究，將成果轉化為可技轉的技術或成品。自 2002 年該公司創立後，於 2004 年 10 月取得第一個品種權「越光短桿 SD1 號」後，已經先後育成越光富筑 SDBL1 ~6、8 ~ 10 號等多達 20 個改良品種。該公司分子標誌輔助選拔作為主要栽培品種改良技術，本身收集了 1,000 個以上的品種系，具有豐富遺傳資源外，亦針對水稻全基因組進行部分解序，開發出散佈於全基因組上超過 10,000 單一核苷酸多型性(Single Nucleotide Polymorphism, SNP)，供育種家針對開花期、抗病性、短稈、耐冷性等重要農藝性狀進行改良，以便建立優良提供親上與目標栽培品種間之多型性，輔助轉移、選拔優良對偶基因。

然目前日本境內仍以越光品種佔最大水稻栽培面積，全國始終佔有超過 36.5% 的生產面積(2009)，因越光具有食味好、耐冷性強、市場價值高等特性，始終為日本近 20 年來的領先品種，於農民心目中無法被其他品種取代。但植物基因體中心針對該品種缺點，設定改良目標為植株短稈化可提高抗倒伏性、增加抗稻熱病等抗病性、調控生長期以打破栽培區限制，利用回交分子輔助育種方式於 2~3 年間將不同生育期及抗稻熱病生理小種轉移入越光以育成越光近同源系，成為氣候變遷下可在日本各地種植的新品種。

分子輔助回交選拔技術主要在先挑選帶有優良基因之花粉親品種，以改良越光株高為例，將從秈稻品種 IR24 導入 sd1 半矮性基因，然進行連續回交將雜交後裔的遺傳背景替換成優良栽培品種組成，在每世代間皆利用分子標誌監控雜交後裔之遺傳組成，於催芽後 1 ~ 2 周開始進行目標片段之篩選分析，挑選帶有目標基因之植株並移植至田間，隨後進行背景篩選挑選出置換率最高的植株再進行回交，亦在溫室中栽培提高世代促進效率，達到一年可以完成 3 次回交與選拔分析。以該公司育成越光短桿 SD1 號為例，自 2001 年 2 月雜交作業開始，於 2003 年 3 月取得固定品系，2003 年 9 月確認固定品系後，2004 年 10 月申請登錄品種權，於 2005 年便開始大面積推廣栽培，讓習慣栽培越光品種的農民增加收穫量，亦提高育種效率。

## 6. 水稻耐熱性篩選評估系統

福岡縣農業總合試驗農場(Fukuoka Agricultural Research Center)是日本最古老的試驗農場，自 1879 年開始設置迄今，然水稻育種試驗由 1912 年開始(1912 ~ 1941, 1988 ~ now)，然目前福岡試驗農場稻作育種方向主要在於改良糙米的外觀品質以及米飯食味品質，針對米飯食味品質，亦建立一套 Moritawase (低食味品質) / Koshihikari (高食味品質) 92 個重組自交系，在 1,800 個 SSR 標誌中篩選出 120 個多型性標誌，分別就硬度、黏性、總評等食味品評項目進行分析，得到數個越光品種有益食味品質之 QTL。

在日本優良米飯的食味趨勢是飯粒表面具有光澤(外觀性狀)、咀嚼時可感到微甜味(口感)、且具有黏性(質地)與軟度、並帶有飯香而非特殊香味。對此，在福岡試驗農場對於大規模試驗品系篩選，雖仍會進行各理化性質儀器分析，但主要以官能品評為主，以「越光」品種為對照品種，並同時對 9 個待測米飯樣品進行評估，在米質評估上仍以食味品評為主要篩選依據。

福岡縣立綜合農業試驗場雖位於低緯度的九州地區，但由於福岡縣栽培面積已達 55% 的主要栽培品種一日之光的耐熱性不佳，且為因應全球暖化氣候，設立耐熱篩選試驗田，目的在育成耐熱高品質的水稻品種。該耐熱篩選圃面積達 250 m<sup>2</sup>，每次可同時篩選 300 個品系，利用熱水循環方式提高植株生長溫度，因抽穗期後 20 天內，若平均氣溫高達 27 度以上，穀粒心腹白等比例將大幅升高，故該篩選圃於抽穗後開始循環 35 度熱水，並於圃內維持水深 10 ~ 15 公分，藉此大量篩選具有耐熱性之優良品系。最近育成大穗、高產且品質佳之 Genkitsukushi 品種。該場松江勇次場長的稻米品質研究精闢，成立稻米品質協會，在稻米評鑑與研習方面與農民互動頗多。

## 7. 我國水稻異地栽培概況與米質分析參訪

我國育成的台梗 9 號已於 2010 年 3 月間由台中區農業改良場技轉日本公司，日本公司在熊本縣阿蘇市及四國香川縣試種。兩地的台梗 9 號生長較當地主要栽培品種日之光或夢之華粗壯且產量高出 20~30%，品質仍可達到日本一等米標準。惟在熊本縣稻株成熟後期葉片濃綠、稻穗成熟整齊度差，且有上下兩層稻穗發育生長現象，若干植株罹患紋枯病及葉鞘腐敗病，穀粒易脫粒現象。但在香川縣的台梗 9 號成熟整齊且葉片顏色轉淡黃綠色，穀粒不易脫粒。此情形或許與兩地的土壤及栽培方法等因素有關。由於台梗 9 號在日本不同地點表現情形不儘相同，所以需建立各地最適栽培作業曆，才能藉由我國第一個技轉日本的品種建立後續品種的灘頭堡。

位於廣島的佐竹公司(SATAKA)係研發碾米設備、農業精選機械與品質檢驗儀器聞名於世，該公司於 2008 年發展出食味鑑定團，包括鮮度測定儀、米飯食味計、及硬度計三種儀器，綜合三者測定結果所進行的鑑定評價可以獲得較客觀的檢測，在全球氣候變遷，稻米品質落差極大的情形下，可獲得較穩定的評量。

## 五、參訪心得

本次赴日本研習全球暖化下之水稻育種栽培新技術期間，發現日本今年部分水稻產區發生嚴重不稔情形，推究其因乃由於開花期間高溫所致。近幾年 NARO 下所屬相關研究單位，針對全球暖化導致氣候變遷的現象，仔細評估與預測其後影響稻米生產的可能因素，並進行其相關研究，目前已針對適應高溫或高二氧化碳地區進行品種篩選與改良，並進行栽培期調整，相關研究已獲得初步結果，日本產界也尋求國外種原以爲因應，此等方式均可作爲我國未來稻作產業研發之參考。而日方育種選拔作業，對其田間選拔結果係採多人合眾制議決，每周擇定一日下午由管理人於田間報告選拔結果，然由多位事先已簡略審視品系之育種者附議其結果。

然應用分子標誌輔助選拔(Marker-Assisted Selection)之策略，應先評估該親本目標性狀之表現與否，才建立與目標性狀具關聯性(Association)之分子標誌，然於雜交組合內藉由分子標誌輔助選拔雜交後裔；其核心概念是建構於評估目標性狀能否表現與其穩定性，其重要性優於尋找遺傳多型性，因此若該育種親本存有目標基因，但卻無法表現出優良性狀，該品種(系)則不應列爲親本材料；顯示其外表型評估重於基因型評估，分子標誌僅基於協助選拔，其角色不應本末倒置。

這次參訪日本司人水稻育種公司 PGC，該公司以已經進行染色體解碼的 1000 個水稻品種(系) 所建立的豐富資料，進行以越光品種爲模組的單基因置換育種，成功的選育出只有生育期不同或抗單一不同稻熱病菌的品種，並已經登記命名及申請品種權。這些越光的近同源品種極需進行適應試驗及推廣，尤其是在氣候較暖的地區例如台灣地區，所以我們可以以代爲申請品種權及進行品種適應性資料收集等工作進行雙方的合作，我們的需求是能與對方共享其染色體解碼的資料庫，同時建立彼此共同進行品種選育的平台。對於合作的想法 PGC 的意願非常高，只是其是私人公司而我們是政府單位，未來如果真的要合作的機會，有些問題可能比較複雜。

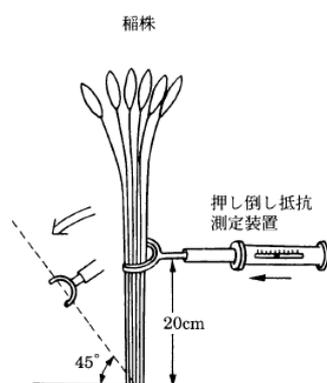
稻熱病一直是我國第一期作最主要的病害，雖然國內的品種選育也一直朝

抗病品種選育，但是由於病菌的變異速度快，新品種剛推出頭兩年抗性表現還不錯，到了第三年抗性就因病菌的變異而抗性嚴重遞減，造成生產的風險提高。PGC 公司與富山縣合作選育了 9 個對在日本常發生的稻熱病單一病菌具有抗性的品種，這些品種除了具有特定稻熱病病菌抗性基因不同，其他都一樣。所以不但植株外表性狀都相同，品質也都一樣。因此每年會依據預測可能發生的稻熱病病菌，將數個具有抗性的品種混合栽種，成功控制稻熱病的大面積發生，成效良好。此觀念及經驗可以作為未來國內水稻育種家對於擬定抗稻熱病育種策略的參考。

本次研習提供了能與日方水稻育種者面對面接觸的機會，能相互分享研究經驗，並在日方謹慎、紮實的研究態度下，討論了許多試驗細節與邏輯概念，對於補強我方水稻育種研究提供許多可取之處。

## 六、參訪建議

1. 固定品系評估模式：對照日方育種選拔作業，其田間選拔結果係採多人合眾制議決，建議國內品系選拔時，於植株成熟期間，每周擇定一日下午由該田區管理人於田間報告選拔結果，然由多位事先已簡略審視品系之育種者附議其結果，不僅可以增進研究人員間觀摩、討論機會，也能給於後進更多學習機會。
2. 分子標誌輔助選拔：隨著水稻全基因組已完成解序作業，日方發表多項優良農藝性狀之基因與功能，諸如：Gn1a (粒數)、GS3 (粒長)、Gw5 (粒寬)、MOC1 (分蘖數)等產量基因，Xa1 (ch04; Yoshimura *et al.*, 1998)、xa5 (ch05; Iyer-Pascuzzi *et al.*, 2008)等水稻白葉枯病抗病基因以及 Sh1 脫粒性基因，並對應於水稻親本圖細資料上均已分析完備，且各生物技術分析成本下降，藉由分子標誌輔助選拔優良基因型之經驗相當豐富，建議國內育種家前往研習，學習田間與室內相應搭配選拔，提升各農藝性狀遺傳研究之應用性。
3. 穩定外觀性狀調查：此次研習中，深感日方對其植株外表型評估重於基因型評估，分子標誌僅基於協助選拔，其角色不可本末倒置。各農藝性狀調查方法均有儀器協助穩定分析，諸如水稻抗倒伏性評估，利用電子式推拉計測量植株基部 20 公分高並傾斜 45 度角時之莖稈機械支撐力(如下圖所示)，能較國內以密植種肥方式評估倒伏性更為穩定，建議國內採購電子推拉計協助測量。



(b)押し倒し抵抗の測定方法

## 七、參訪照片

### 日本近年水稻育種發展趨勢

High yielding varieties

Type	Japonica/Indica	Indica
Heavy panicle	Akenohoshi	Bekogonomi
	Fukuhibiki	Kitaaoba
	Kusahonami	Mizuhochikara
Large grain	Kusanohoshi	Momiroman
	Yumeaoba	
	Oochikara	Hoshiaoba
	Kusayutaka	Bekoaoba

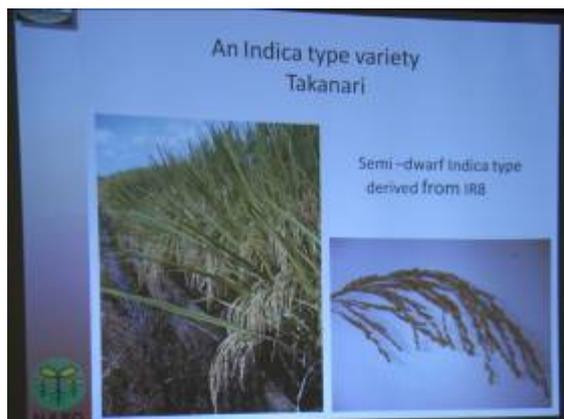
日本高產品種清單

国内で栽培されている水稻品種 ベスト10

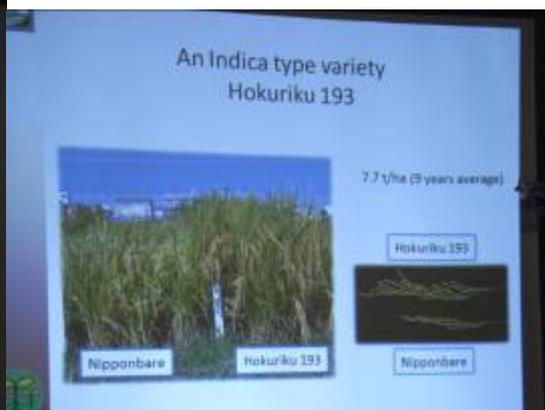
順位	品種	交配組合せ	収穫率 (%)
1	つがるひかり	農林22号/農林1号	36.0
2	ひとゆほり	コシヒカリ/初暈	10.6
3	ヒノヒカリ	黄金晴/コシヒカリ	10.3
4	あきたこまち	コシヒカリ/奥羽292号	9.0
5	キヌヒカリ	祝2800//北陸100号/ナゴユタカ	3.4
6	きらら397	しまひかり/キタアケ	3.3
7	ほえぬき	庄内29号/あきたこまち	3.1
8	ほしのゆめ	あきたこまち/道北48号//きらら397	2.5
9	つがるロマン	ふ系141号/あきたこまち	1.7
10	なつづばし	ひとゆほり/宝系90242A//空育150号	1.3

(平成17年度)

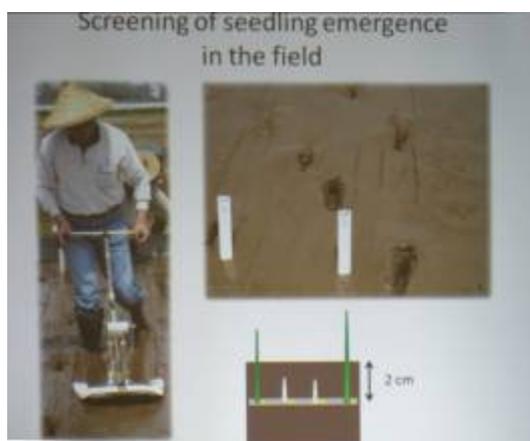
日本前 10 個主要栽培品種



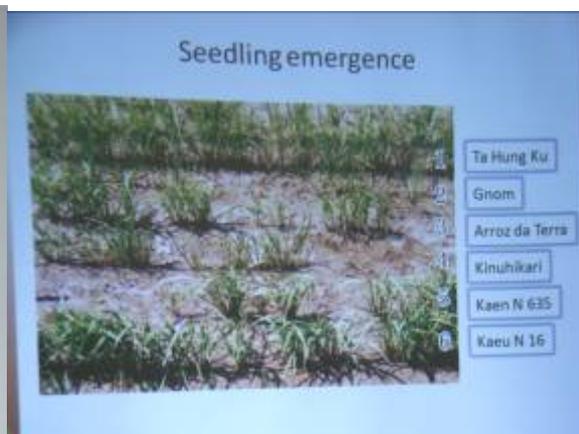
Takanari 秈稻高產品種簡介



秈稻北陸 193 號高產品種簡介



直播性檢定田間操作情形



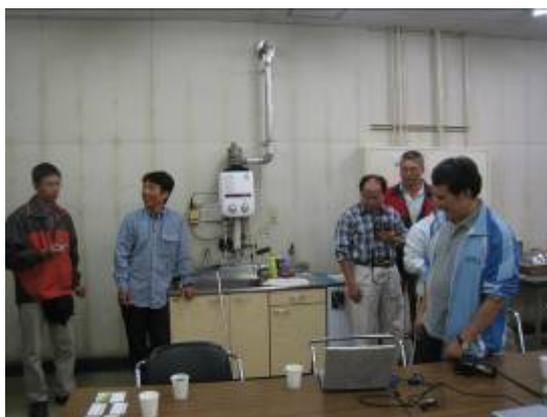
優良品系直播性篩選結果



簡易直播器



直播用穀粒捲線器



與日方水稻育種者討論



直播穀粒捲線包裹結果



## 日本適於米麵包水稻品種之評估經驗



與水稻品質研究室人員合照



討論水稻多元化開發-米麵包試驗



米粉瑞士捲



米吐司



米粉研磨機簡介與操作



米粉製造機

## 「開放性高二氧化碳(Free-Air CO<sub>2</sub> Enrichment, FACE)」設施



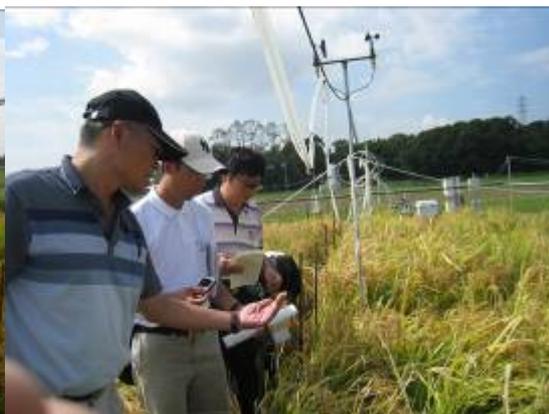
拜會農業環境技術研究所



參觀開放性高二氧化碳(FACE)設施



聆聽 FACE 試驗設計



觀察田間品種表現

## 分子輔助回交選拔技術



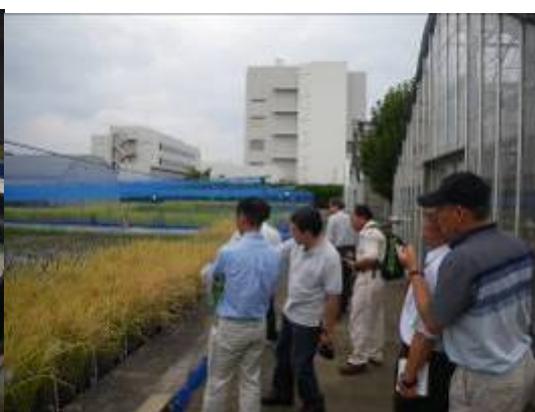
PGC 水稲品種可鑑別清單



聽取分子輔助回交育種簡報



分享分子輔助回交選拔經驗



優良越光導入系介紹

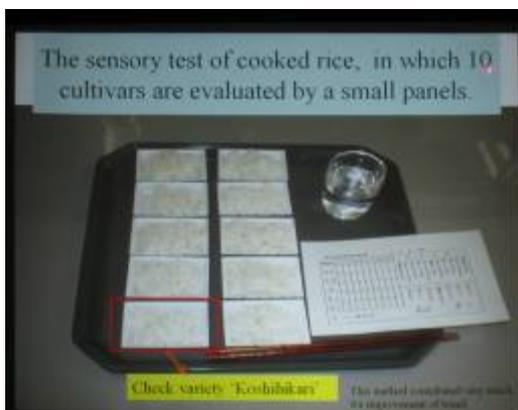
## 水稻耐熱性篩選評估系統



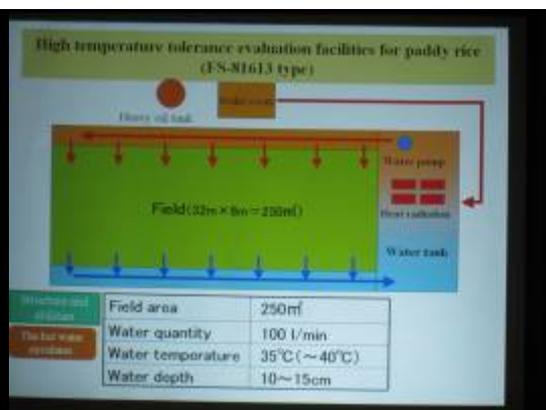
拜會福岡縣總和試驗農場



介紹水稻鹽選法開發歷史



米飯食味官能品評



水稻耐熱性篩選策略



新品種食味官能品評示範



水稻新品系耐熱性篩選圃

## 我國水稻異地栽培概況與米質分析參訪



與熊本縣農民座談



熊本縣高品質臺梗 9 號白米外觀



農協大型碾米設備



臺梗 9 號展現抗倒伏特性 (上方者)



熊本縣臺梗 9 號田間栽培情形





香川縣臺梗 9 號田間栽培情形



與香川縣農民交流 TK9 栽培經驗



聆聽佐竹公司米質檢測發展歷史



聆聽佐竹公司米質檢測原理



與佐竹公司米質檢測人員交流分析經驗



2009 日本飼用全株青貯水稻推薦品種與其農藝特性

品種名稱	命名年代	倒伏性	穗上發芽	脫粒性	稻熱病抗病基因	稻熱病病圃表現	稿葉枯病	耐冷性	株型	糙米千粒重	粒重比	TDN 率
北海 310 號	2008	弱	不明	難	+	微弱	不明	微強	穗重型	21.7	105	60%
ふ系 211 號	2009	強	微難	難	Pii	微強	不明	極強	穗重型	22.1	107	94%
奧羽飼 395 號	2007	強	易	難	Pib,Pik	強	罹病性	微弱	穗重型	22	107	62%
奧羽 331 號	1993	強	微易	難	Pia,Pib	微強	罹病性	微弱	穗重型	23.2	113	不明
奧羽飼 387 號	2005	強	微易	難	Pita,Pita2	微弱	罹病性	弱	穗重型	30.6	149	62%
北陸 187 號	2004	極強	中	難	Pita-2,Pib	不明	抵抗性	微弱	穗重型	26.5	129	61%
北陸 168 號	2002	強	微易	難	Pia,Pik	中	罹病性	弱	穗重型	35	170	58%
關東 146 號	1990	極強	極難	微難	不明	弱	抵抗性	弱	極穗重型	21	102	不明
中國 146 號	2002	微強	微易	微難	Pita-2,Pib	不明	抵抗性	不明	極穗重型	29.4	143	60%
北陸 193 號	2007	極強	微難	微難	不明	不明	抵抗性	中	極穗重型	22.9	111	不明
關東飼 226 號	2008	極強	微易	難	不明	不明	罹病性	中	極穗重型	24.1	117	不明
西海 203 號	2009	極強	微易	難	不明	不明	罹病性	不明	穗重型	23	112	不明
西海飼 262 號	2009	強	微易	難	不明	不明	抵抗性	不明	極穗重型	31.1	151	57%
關東飼 206 號	2002	強	微易	難	Pia,Pii,Pik $\alpha$	不明	抵抗性	不明	極穗重型	21.7	105	不明
中國 147 號	2002	微強	難	難	Pita-2,Pib	不明	抵抗性	不明	極穗重型	24.3	118	61%