

出國報告（出國類別：研究）

日本多元化水稻品種及 栽培技術之研究

服務機關：行政院農業委員會 花蓮區農業改良場

姓名職稱：林泰佑 助理研究員

派赴國家：日本

出國期間：中華民國 102 年 8 月 31 日至 9 月 20 日

報告日期：中華民國 102 年 11 月 20 日

摘要

本計畫於 102 年 8 月 31 日至 9 月 20 日前往日本研習「日本多元化水稻品種及栽培技術之研究」。研習期間由農研機構作物研究所上席研究員 **Dr. Motohiko Kondo** (近藤始彥 博士) 帶筆者參訪位於茨城縣筑波市農業產業食品總和研就機構作物研究所，拜會五位作物研究所水稻相關研究人員，學習多元化水稻品種育成、耐儲藏性米脂質相關研究、品質與品種鑑定、誘變育種水稻新代謝化合物發現、單離以及飼料稻育種等相關知識。

除了作物研究所的研習外，筆者亦前往位於福島縣伊達市的農業放射線研究中心試驗圃進行提取放射線物質研究田間實習、以及參訪農研機構食品素材研究室學習米穀訪加工上的各種可能性，包含米麵包、米麵、米餅乾及米菓子等多種加工品項，並於 **Dr. Kondo** 主持的水稻生理研究室學習耐熱水稻品種生理分析，最後，參訪新潟大學的農業生產科學研究室，由 **Dr. Minoru Nishimura** (西村 實 教授) 介紹透過放射線育種誘變育成低消化性蛋白米品種的育種選拔過程。假日則參訪當地 **JA** 農協超市、大型超級市場、傳統米店與越後湯澤農產商店，瞭解農產品的販售情形與販售方式。

目次

摘要.....	1
一、目的.....	3
二、行程.....	4
三、研習內容.....	6
四、心得與建議.....	46

目的

近年水稻產業已由豐產轉換為強調品質與多元化導向，例如富含維他命 A 的黃金米、富含 GABA 的巨胚米、不同蛋白質含量米及特殊食品加工專用米等品種的需求量日益增加，形成不小的市場需求，同時國人米食消費量逐年降低，開發非一般白米用途的水稻品種不僅可刺激國內稻米消費量，更可保護台灣稻農生產多樣化稻米避免穀賤傷農，但是國內具特殊用途及機能性米之品種以及不同有效成分之水稻種類仍然不足，漸漸難以因應擴大中的市場需求，水稻農產業也難以轉型與進步。

多元化水稻利用品種選育時常面臨許多問題，包含新穎性用途種原不易尋得、外表型選拔的困難，育種過程之選拔係以雜交後代中大量族群之有效性成分分析結果作為選拔依據，但其特殊成分往往不易發現、分析不易且耗時，造成育種選拔上提升效率的瓶頸，且育種時選拔指標的判定也時常影響選拔效果。

因此本計畫赴日本的農業食品產業技術綜合研究機構作物研究所、食品綜合研究所、新潟大學及福島農業放射線研究中心針對多用途之多元化水稻品種，進行育種、選拔過程及特殊加工利用等研究進行考察參訪，作為未來適種於台灣之多用途水稻品種之育種及相關技術研發之參考依據，期望可將相關技術與概念引入國內，作為未來研究與發展的方向之參考。

行程

日期	研習地點	研習主題
8/31 (六)	台北松山-日本羽田-東京	去程
9/1 (日)	東京都-茨城縣筑波市	由東京前往茨城縣筑波市、參訪農業・食品產業技術綜合研究機構(農研機構), 拜會作物研究所上席研究員近藤始彥
9/2 (一)	茨城縣筑波市 農研機構-作物研究所	參訪水稻品種開發研究室主持人兼上席研究員石井卓朗
9/3 (二)		參訪水稻品種開發研究室上席研究員鈴木保宏
9/4 (三)		參訪水稻生理研究室主任研究員中野洋
9/5 (四)		參訪水稻品質研究室主任研究員鈴木啓太郎
9/6 (五)		參訪飼料稻品種開發研究室研究員後藤明俊
9/7 (六)		茨城縣筑波市
9/8 (日)		
9/9 (一)	福島縣伊達市	茨城-福島 參訪福島縣農業放射線研究中心
9/10 (二)		福島縣放射物質評估試驗田間取樣實習
9/11 (三)		福島-茨城
9/12 (四)	茨城縣筑波市 農研機構-食品綜合研究所	參訪食品素材科學研究領域 穀類利用研究室 主持人奧西智哉, 學習米穀加工相關知識。
9/13 (五)	茨城縣筑波市 農研機構-作物研究所	參訪水稻生理研究室上席研究員近藤始彥, 學習碳同位素生理分析方法
9/14 (六)	茨城縣筑波市	參訪茨城縣當地農協市集與超級市場
9/15 (日)		
9/16 (一)	茨城縣筑波市	參訪設置於農研機構之成果展示科學館

	農研機構-食與農科學館	
9/17 (二)	新潟縣村上市	茨城-新潟 參訪新潟縣村上市大每里高品質米
9/18 (三)	新潟縣越後湯澤市	參訪越後湯澤市不同米穀加工食品商場
9/19 (四)	新潟縣新潟市	參訪新潟大學西村實教授學習低消化性蛋白米 育種 新潟-東京
9/20 (五)	東京-日本羽田-台北成田	返程

研習內容

(一) 研習地區介紹：

1. 茨城縣

茨城縣位於日本關東沿海，總面積為 609,500 平方公里，主要農特產品有梨、甜瓜、西瓜與栗子。茨城縣過去以農業發展為主，並發展為重要之工業基地與研究中心。有 42 個全國科學研中心，並有「筑波科學城」之稱。本次研習的地點即位於研究中心聚集之筑波農林團地，有相當多與農業研究單位位於該區域，包含作物研究所、農業生物資源研究所、國際農林水產業研究中心、種苗管理中心、農業環境技術研究所、森林綜合研究所，以及農研機構本部與其隸屬的 11 個研究單位。

2. 福島縣

福島縣是日本東北地方南部的一縣，總面積 13,781 平方公里，主要農特產品有水蜜桃、稻米、梨、櫻桃及蘋果等，轄區內種植之高品質越光米與聞名遐邇的新潟縣越光米齊名，2011 年 3 月 11 日，岩手縣外海發生芮氏規模 9.0 強烈地震並引發海嘯，福島縣也深受影響，全縣受海嘯影響幾乎瀕臨毀滅狀態；此外縣內第一核電廠的機組因海嘯波及，發生內部氣體連環爆炸引發輻射外洩事件，輻射污染物也隨之擴散於大氣及土壤，進而影響該縣農作物食品安全與生活安全，故日本政府於該縣成立農業放射縣研究中心，期能透過栽培育種及其他農業研究改善輻射污染。

3. 新潟縣

新潟縣位於日本本州島的中部地方，主要農特產品有茶、稻米、葡萄及里芋(芋頭)等，最主要的農產業為稻米，稻米的產量次於北海道，為日本第二位。最好的米是新潟越光米，尤其是魚沼地區種植的越光米「魚沼産コシヒカリ」被稱之為日本米之最，與稻米相關的食品加工生產量也是日本第一，除了稻米的生產以外，與鄰接的富山縣同為櫻桃的著名產地。

(二) 研習單位與內容介紹：

本次研習地點包括三個縣及四個單位。在日本 21 天的行程中由農業・食品產業技術綜合研究機構(農研機構)作物研究所稻研究領域上席研究員 Dr. Motohiko Kondo(近藤始彥 博士)帶領參訪，第一個參訪的地點為位於茨城縣筑波市的農研機構作物研究所，包含水稻品種開發研究室、水稻生理研究室、水稻品質研究室及飼料稻品種開發研究室，第二個參訪地點為位於福島縣伊達市的農業放射線研究中心放射物質評估試驗圃，第三個參訪點為茨城縣筑波市農研機構食品總和研究所及成果展示科學館，第四個參訪點則為新潟縣村上市、越後湯澤市及新潟市新潟大學，各研習單位與參訪內容如下：

1. National Agriculture and Food Research Organization(NARO) -- 農業・食品產業技術綜合研究機構

「農業・食品產業技術綜合研究機構」為日本各農業研究總和之獨立行政法人機構，包含機構本部及 14 個研究所，主要工作為全日本各地農業研究開發和推廣利用。該機構從 2001 年起合併了日本 12 個農業技術研究機構，並修改管理辦法與相關改組作業，於 2006 年以「農業・食品產業技術綜合研究機構」作為新的農業研究組織。本機構雖成立至今不足十年，但其中各研究所及研究機關在農業領域的研究與發展則具有悠久的歷史。農研機構根據日本農林水產省訂定的「農業・林業・水產業研究總體規劃」和「農業・林業・水產業研究的核電事故的對應方針」之第 3 期中期目標期間(2011~2015 年度)研提新的研究計劃，針對『農業・食品產業技術的研究』，『生物系特定產業技術的基礎的研究的推進及民間研究的支援』，『農業機械化促進的高性能農業機具及機器等的開發・改良及檢查・鑑別』等主題進行研究。



附屬農研機構之各式驗研究單位與試驗田

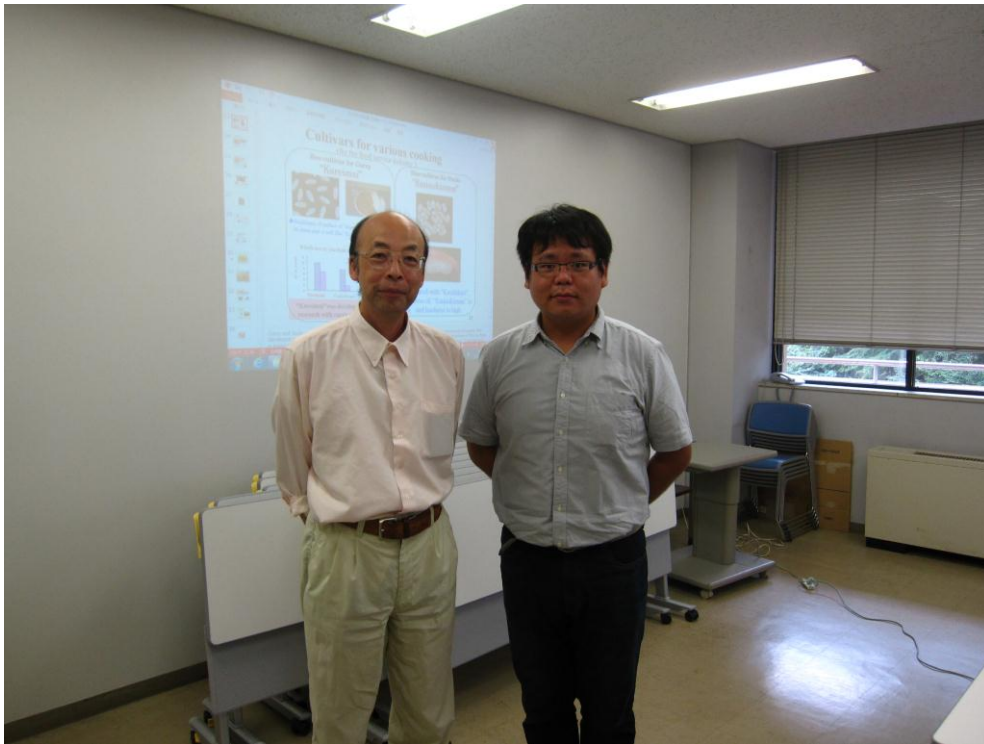
筆者參訪的第一站即是位於農研機構的作物研究所，作物研究所主要針對水稻、小麥、大麥、大豆、甘藷及芝麻等作物進行品種改良和新栽培技術之開發。除了育種及栽培技術外，也針對生理、品質、特殊成分及生理遺傳進行研究，也進行開發著低費成本下作物高質量表現的栽培技術。一開始由 Dr. Knodo 帶領筆者前往並引見該所所長 Dr. Kadowaki Koichi (門脇光一 博士)，筆者也藉此機會向門脇所長簡單介紹花蓮農改場的研究內容與研發成果，結束與所長的會面後，由 Dr. Kondo 帶領筆者介紹作物研究所稻領域各研究室。稻領域的研究方向為提高日本糧食自給率，選育適合日本各地區適宜栽植之低栽培成本品種，及開發米穀粉等的利用技術和活用米的特殊利用功能加工利用技術，例如因應氣候變遷的耐逆境水稻品種選育、適合米麵包及米麵等加工特性之水稻品種選育、利用分子標誌技術加速不同性狀選拔強度、以及加強米穀機能性成分及營養價質開發研究。Dr. Kondo 首先帶筆者拜會水稻品種開發研究室主持人 Dr. Takuro Ishii(石井卓朗)，Dr. Ishii 整體性的介紹了日本水稻產業現況、水稻品種開發研究室的研究目標與至今的研究成果，也表示臺灣與日本水稻產業目前面臨著相同的問題—糧食自給率與國人稻米消費量逐年降低，同時也面臨著氣候變遷的衝擊。

日本人的稻米消費量逐年降低，自統計結果顯示 1960 年的 79%消費率開始，降低

至 2009 年的 40%，下降趨勢十分明顯，同時面臨著過量生產、國人飲食習慣改變、進口穀物影響價格及農民平均年齡老化的問題，為此日本農林水產省因應問題擬定水稻發展方向為安全、保健、高品質、低成本及多元化為品種開發研究室育種目標，也擬定了三大對策，第一為開發多元化利用品種增加稻米使用需求，第二為開發直播稻專用、高產及優良病蟲害抗性品種減低生產成本與人力，第三則為開發青貯稻或早熟稻增加二期小麥種植以提高稻田利用效率。

Dr. Ishii 也概略性的向筆者介紹三大對策發展的成果，針對第一對策，水稻品種開發研究室開發了多元化利用的水稻品種，又稱為新型質米，第一種新型質米為不同直鏈澱粉含量的水稻品種，包含直鏈澱粉含量 5~15% 的半糯性品種「ミルキークイーン」(牛奶皇后，直鏈澱粉 10%)、「花絵巻」(直鏈澱粉 10%)、「谷和原小町」(直鏈澱粉 12%)、「オボトズキ」(直鏈澱粉 14%)，以及高直鏈澱粉品種、「ヤメトリオ」(直鏈澱粉 30%)，及「越の香」(直鏈澱粉 30%)。低直鏈澱粉品種米炊煮後口感軟黏，放冷後不易變硬可作為壽司專用米，高直鏈澱粉則可作為食品加工專用品種。第二種新型質米為巨胚米「ハイブキ」，為以越光進行 γ 射線誘變選育之品種，該品種的胚大小約為一般米的 2~3 倍大，主要作為發芽米(pre-germinated brown rice)使用，由研究結果顯示糙米催芽可提升胚中安定血壓與神經物質 Gamm-aminobutylic acid(GABA)含量，巨胚米經催芽 4 小時後顯示 GABA 含量為一般糙米催芽含量之 4 倍，同時具有更好的穀粒發芽能力。第三種新型質米為有色米，包含「朝紫」及「紅ごろも」等品種，主要作為有色和菓子、釀酒及節慶食品使用。第三種新型質米為食品加工專用米，包含各種米麵包加工專用米品種「高鳴り」、「ユメアオバ」及米麵(Soba)製作專用的高直鏈澱粉品種「越の香り」和北海道栽培之米義大利麵製作品種「北瑞穂」。第四種新型質米為因應不同烹煮料理使用的米，例如咖哩及燴飯專用米「かれまい」，該品種具有米外層較不黏，米心較軟易吸收湯汁的特性，經過市場問卷調查，該品種喜好接受度高於越光，另外也針對壽司製作開發專用品種「笑みの絆」，米粒外表較不黏糊，適宜壽司製作及食用。針對開發低成本水稻品種的第二及第三對策，水稻品種開發研究室育成了稈稻與籼稻的高產品種「アキダワラ」及「北陸 193」，其中北陸 193 號糙米產量可高達 10.9ton/ha，深具飼料用稻

之潛力，同時也開發青貯稻專用之收穫農機降低收或成本。



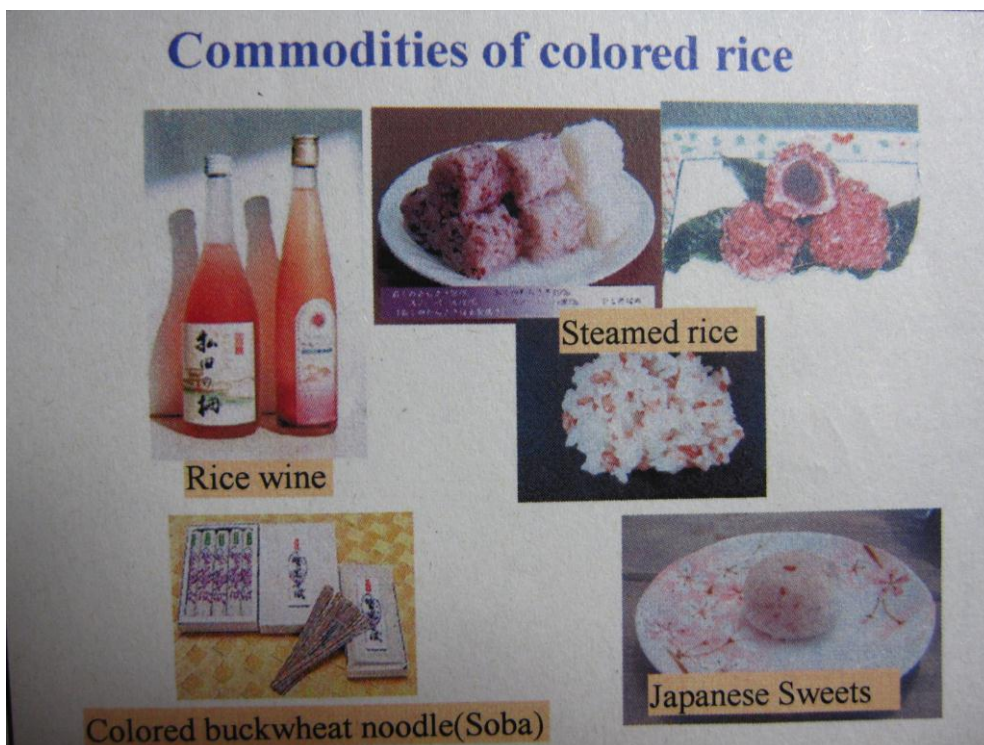
筆者與水稻品種開發研究室主持人 Dr. Takuro Ishii(石井卓朗)合影



作物研究所針對不同用途開發出具各種特殊特性的水稻品種



直鏈澱粉含量為 5~10% 的半糯性米品種「ミルクQueen」(牛奶皇后)及「ミルクプリンセス」(牛奶公主)



彩色米在日本有許多加工產品

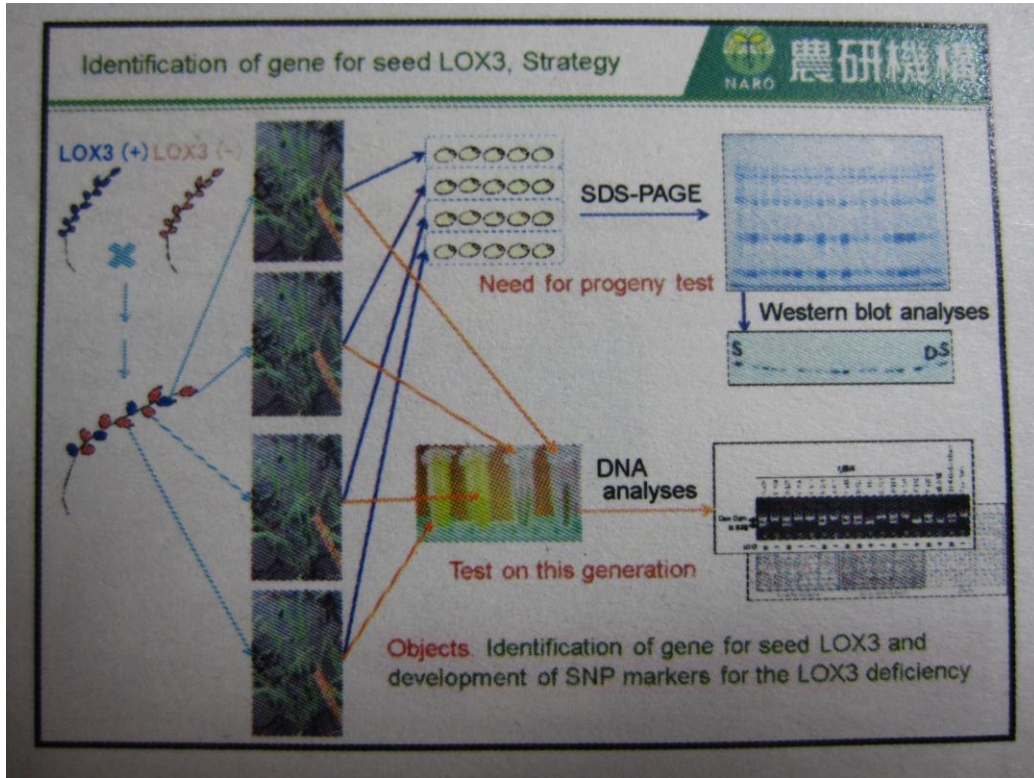
在作物研究所的第二站，由 Dr. Kondo 帶領筆者引見水稻品種開發研究室主任研究員 Dr. Yasuhiro Suzuki(鈴木保宏 博士)學習耐儲藏水稻育種相關的研究，Dr. Suzuki 主要研究內容為水稻穀粒中脂質代謝對於米儲藏性的影響，在日本的水稻收穫後是以穀粒的形式存放於定溫定濕的環境，然而溫度與濕度越高，則容易造成米中蛋白質與脂質氧化變性而產生酸敗的情形，米中的脂質主要存在於穀粒的糊粉層中，以油體(Oil body)形式存在，油體的組成由三酸甘油酯(Triacylglycerol, TAG)組成，表面由磷酸化脂質(Phospho-lipids)包覆，隨著溫度與濕度提高種子打破休眠，糊粉層中的分解酵素 Phospholipase D(PLD)活化分解磷酸化脂質，使 TAG 釋放於細胞內，再經由 Lipase 轉化為游離脂肪酸(Free fatty acids, FFA)，游離脂肪酸為不安定之狀態，若無法立即為胚發育所使用，則會與細胞中的 Lipoxigenase(LOX)作用，形成具有酸腐臭味的脂質過氧化物(Lipid peroxide)。

為了解決水稻穀粒脂質分解造成酸敗的問題，Dr. Suzuki 擬定了三個育種方向，分別為育成具有 LOX free、PLD free 以及 Lipase free 突變之品系，藉由開發分子標誌輔助選拔將突變導入現今優良水稻品種。首先 Dr. Suzuki 選定 LOX 蛋白質進行活性分析，發現 LOX 蛋白質主要分為三類，其中以 LOX-3 為主要分解脂質之酵素，藉由這個分析結果作為基礎，進行生產 LOX-3 專一性抗體(monoclonal antibodies, mAbs)以作為西方墨點法(western blot)的分析工具，並用這套 LOX-3 的分析系統進行日本國內外 93 個品種找尋具有低 LOX-3 表現潛力之品種，其中發現泰國爪哇型糯稻品種 Daw Dam 具有 LOX-3 功能缺失之天然突變，因此該品種經由儲藏性試驗解果顯示脂質分解後形成游離脂肪酸，並不會進一步形成過氧化狀態，經由 Daw Dam 與 Donto-Koi 雜交後之 F2 與 BC1F2 後裔之 LOX-3 活性分析結果進行卡方檢定，符合孟德爾遺傳比例 3：1 以及 1：1 的假設，證實 Daw Dam 品種的 LOX-3 缺失突變為單一基因突變。同時以 F2 世代進行西方墨點分析 LOX-3 與水稻 SSR 連鎖圖譜分子標誌檢定，找出 LOX-3 活性表現與基因型共分離的分子標誌，並顯示 LOX-3 突變可能位於第三條染色體 RM6736 與 RM6329 區段之間，同時進行各品系 LOX-3 蛋白質之提取與定序，由定序結果進行排列比較後顯示 Daw Dam 蛋白質序列相較一般型(Wild-type)具有三點的氨基酸序列變

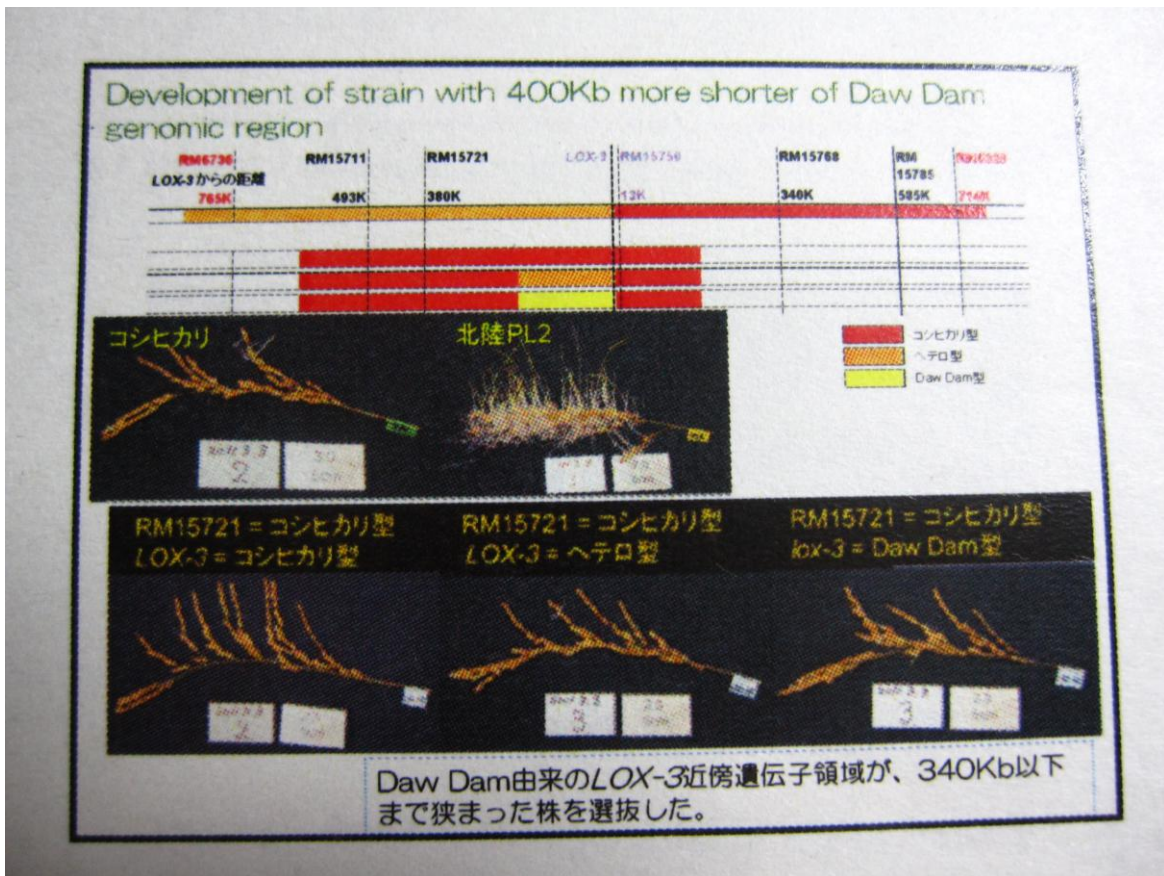
異，由此結果設計 CAPS 分子標誌並進行基因型定序後，針對定序結果設計快速專一性的 SNP 分子標誌作為選拔工具。Dr. Suzuki 也以 Daw Dam 與 Donto-Koi 雜交後代 BC1F1 為供給親，越光為輪迴親進行 5 世代之回交，育成「北陸 PL2」品種，該品種具有越光優良性狀，卻具有高穗上發芽特性，因此 Dr. Suzuki 再次進行 RM6736 與 RM6329 區段之間的分子標誌設計，並縮短導入越光的染色體區段，成功打破了高穗上發芽連鎖累贅。筆者認為目前水稻儲藏性表現在台灣也是重要的特性之一，在台灣生產過剩以及公糧消耗不及的狀況下必須長期儲存稻穀，因此儲藏性表現則更為重要，透過改善儲藏設備與硬體只是治標，若能利用日本開發的 LOX-3 free 分析系統作為工具進行育種利用根本性的改善儲藏問題，或許能夠更節省成本，並維持長期儲存下稻米的品質。



筆者與水稻品種開發研究室主任研究員 Dr. Yasuhiro Suzuki(鈴木保宏)合影



Dr. Yasuhiro Suzuki 分析 LOX-3 的育種選拔策略



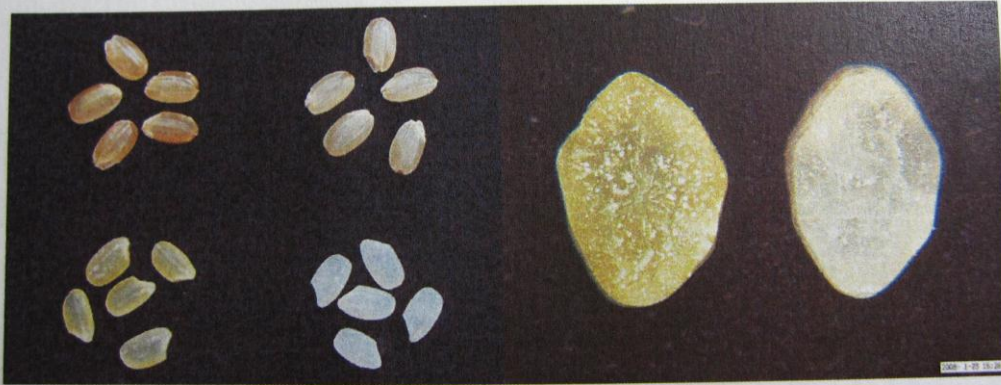
Dr. Suzuki 利用分子標誌打破連鎖累贅育成不具 LOX-3 活性且低穗上發芽的品系

在作物研究所的第三站，筆者拜會了水稻生理研究室主任研究員 Dr. Hiroshi Nakano(中野 洋 博士)學習水稻誘變育種新化合物相關的研究，Dr. Nakano 主要研究項目為分析誘變後的水稻品系與其特殊性成分的單離與定量，目前 Dr. Nakano 針對經由誘變育種而來的品種「初山吹」進行特殊化合物的分析。「初山吹」的白米外觀呈現黃色，經由 HPLC 與 NMR 儀器分析其構造，呈現黃色的物質為一種新的化合物，命名為 Oryzamuraic acid A~J，Dr. Nakano 表示該化合物的發現應該與種子代謝有關，透過誘變改變了代謝途徑，抑或是中間產物之累積而被發現，目前生理合成路徑及生理活性上在研究當中，目前正進行機能性及醫療使用方面的評估，因為目前該化合物資訊仍不明，故該品種目前仍禁止流出市面，尚待後續試驗進行分析。筆者認為「初山吹」品種雖是透過誘變而來的品種，但相較基因轉殖的黃金米，初山吹仍屬突變而來的胚乳有色品種，目前尚待進一步找出誘變區段以利後續開發選拔工具利用。



筆者與水稻生理研究室主任研究員 Dr. Hiroshi Nakano(中野 洋)合影

水稻由来の新規化合物oryzamutaic acid A~J の単離・同定



Hatsuyamabuki

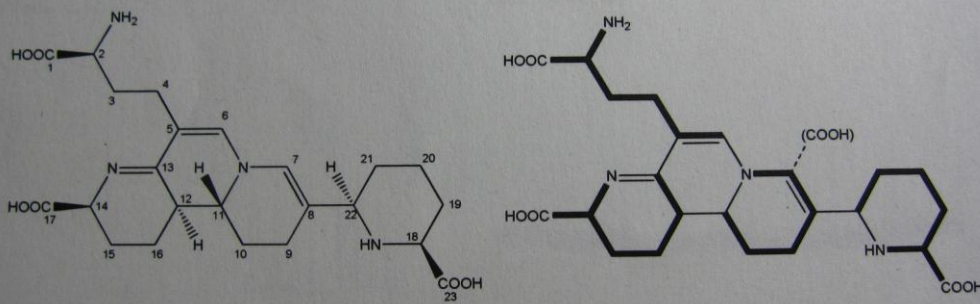
Kinuhikari

Hatsuyamabuki

Kinuhikari

誘變水稻品種「初山吹」具有黃色的胚乳外觀

oryzamutaic acid A (1)の構造



oryzamutaic acid A (1)
yellow

amino acid x 4

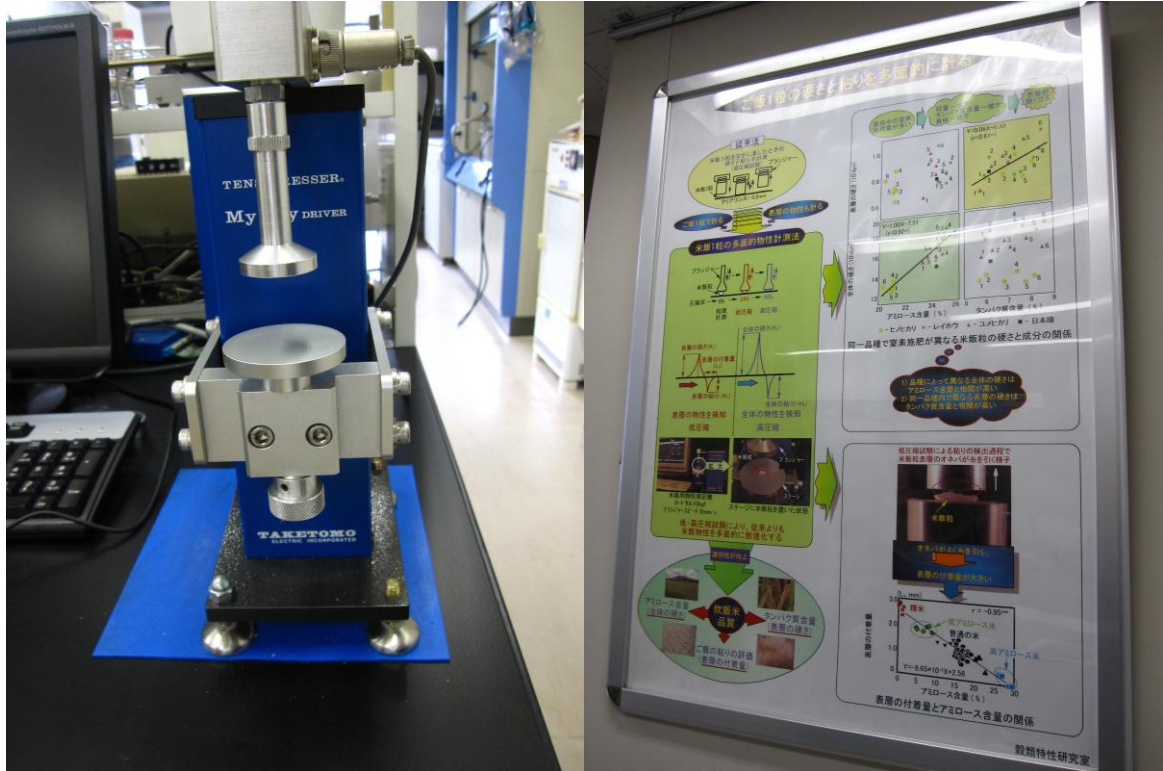
誘變水稻品種「初山吹」中黃色新化合物 Oryzamutaic acid A~J

在作物研究所的第四站，筆者拜會了水稻品質研究室主任研究員 **Dr. Keitaro Suzuki** (鈴木啓太郎 博士)學習高品質稻米篩選分析相關的研究，同時 **Dr. Suzuki** 也進行利用分子標誌進行水稻及米加工品之品種鑑定的研究，例如市售米混米之分析與清酒原料米品種鑑定等等。**Dr. Suzuki** 也與這次帶領筆者的 **Dr. Kondo** 合作高溫下米品質因子影響分析，面臨全球氣候變遷與暖化，高溫下能夠維持米的品質成為重要的課題。這次的參訪 **Dr. Suzuki** 帶筆者參觀了作物研究所的米質分析研究室，作物研究所中的米質實驗室主要進行米外觀、食味、蛋白質與澱粉成分以及熟飯物理性分析等等，相較台灣以實驗室有許多的共通性，兩者共同具備的儀器有米粒外觀判別機、糊化黏度測定儀、生米成分食味計、味度計、熟飯食味計等等，相較台灣已經引進的分析儀器，筆者特別注意到不曾在台灣見過的米質分析儀器，例如單粒米的硬度黏度分析儀及香米香氛物質分析儀，單粒米的硬度黏度分析可解決米質分析時樣品量不足的問題，故可用於育種時少量樣品的分析作為選拔的依據，**Dr. Suzuki** 表示影響米飯口感的關鍵在於硬度與黏度，而熟米的硬度可由米的直鏈澱粉含量與蛋白質決定，越高的直鏈澱粉含量會提升米的整體硬度，而越高的蛋白質含量則使米粒表面硬度提升，除了硬度之外的主要因子為黏度，黏度的定義為接觸米粒表層時澱粉的附著量，影響黏度表現的因子很多，例如米粒表層的保水度、支鏈澱粉含量及烹煮過程的時間等等，而黏度可透過單粒米的硬度黏度分析儀進行分析，分析時主要透過兩種按壓模式，第一種為測定米粒表面物理特性的低量壓縮，第二種為測定米整體黏硬度的高量壓縮，由壓縮後單位面積承受之壓力進而解析米粒的黏硬度表現。香米香氛測定儀為利用標準流程烹煮的米，置入儀器中蒐集揮發性香氛物質進而測定含量，該儀器不僅可利用在米飯，還可利用在穀類等作物。

Dr. Suzuki 也與食品科學研究所合作開發鑑定水稻品種的 **SNP** 分子標誌技術，該技術除了可運用在水稻穀粒上，更可用於米加工食品，該技術可用於育種選拔、檢查種子純淨度、避免不消業者混米販售、維持食品加工品質及協助打擊犯罪等等，目前該分析工具已製成組合包(**Kit**)進行技術轉移商業生產。



筆者與水稻品質研究室主任研究員 Dr. Keitaro Suzuki(鈴木啓太郎)合影



單粒米硬度黏度分析儀與其分析原理



香米香気測定儀



分子標識鑑定稻米品種技術

在作物研究所的第五站，筆者拜會了水稻品種開發研究室主任研究員 Dr. Akitoshi Goto (後藤明俊 博士)學習飼料稻品種育成相關的研究，Dr. Goto 主要研究項目為水稻高產因子剖析、飼料稻育種及直播稻專用品種選育等等。Dr. Goto 帶領筆者至農業總和研究中心谷和原試驗場飼料稻試驗圃味介紹目前作物研究所飼料稻試驗與栽培情形，他表示日本面臨著和台灣相同的問題，就是日本國內生產飼料作物成本太高，無法與國外進口競爭所以長期以來禽畜產飼料仰賴外國進口，為了減低國內飼料生產成本，研究超高產水稻可能為解決問題的方法之一，Dr. Goto 指出飼料稻可分為穀用與全株用，須具備以下特性：具有高產量，包含產量構成要素中株高、穗數、穗長、一穗粒數及氮素利用效率等等，所以在選拔時須明確釐清全株型或穗型後針對目標選拔，以全株型飼料用途為例，需考量株高分蘗同時須考慮整體生物量以及具有高氮肥利用效率的濃綠葉色，同時也須考量青割收穫期時植株是否符合優良飼料特性等等。另外飼料稻還須具備優良農藝特性以維持高產性狀，例如高生物量與高株高必須仰賴耐倒伏特性，高氮素利用效率深綠葉色及高生物量造成的不通風可能吸引病蟲害，因此在抗病蟲害特性方面也必須考量。在谷和原試驗場的飼料稻育成前會進行動物消化性試驗，包含過敏原測定與莖葉利用效率與換肉率等等測定，目前完成育種命名的飼料稻有全株專用的品種「タカナリ」以及穀粒用品種「關東 264 號」，其中「タカナリ」株高可達 170 公分，關東 264 號品種糙米每公頃產量高達 10 噸，同時也育成具有紋枯病水平抗性的 A7313 系 2728 等具有高生物量與株高及低倒伏性的飼料稻潛力品系。

Dr. Goto 也帶領筆者參觀位於谷和原試驗場的直播稻育種試驗田，和台灣面臨相同的問題，水稻生產的成本一直無法降低，也面臨著農業人口老化的危機，日本飼料稻的栽培方法與台灣不同，相較於旱田直播，日本為了防除初期田間雜草，整地後田間湛水狀態下進行直播，直播時以機械直播或以可自然分解的材質纏繞種子後埋入田間。因此 Dr. Goto 表示在選育適宜水田直播水稻品種時，需考慮在厭氧狀態下能維持高發芽率的以及發芽時期耐淹水性，因此在谷和原試驗場的直播稻試驗為發芽期耐淹水試驗，目前已育成在淹水狀態下發芽率能達 80% 以上的品種「どんとこい」以及「いただき」具有低株、粗稈、短穗及耐淹水的特性，適合水田直播栽培。

在日本也開發了一套全株型飼料稻專用的收穫機，該機械由三台農機組成，包含收穫機、壓制機及包裝機，收穫機原理與一般收穫機相同，在收割過程同步將水稻全株切割成碎屑狀態，待倉容量飽和之後直接傾倒入壓制機進行飼料餅的壓制作業，在飼料餅壓制完成後直接放置田間，並由包裝機鏟起進行不織布的包覆，由收穫到包裝的過程皆在田間一貫化作業完成，且全程為機械化作業可免去人力過度負荷，筆者認為飼料用水稻的開發也是水稻多元化利用發展的方向之一，在日本的飼料用稻目前栽培面積比率仍極低，但仍具有發展的空間，在發展超高產飼料稻的同時，若能與日本一樣同步發展搭配飼料用稻的相應農業機械將會事半功倍。



筆者與水稻品種開發研究室主任研究員 Dr. Akitoshi Goto(後藤 明俊)合影



低株、粗稈、短穗及耐淹水的直播稻品種「どんとこい」(左)及「いただき」(右)



Dr. Goto 介紹具有超長穗與高產特性的穀粒型飼料稻品種「關東 264 號」



全株型飼料稻具有高氮素利用效率、生物量及株高之特性



全株型飼料稻專用收穫機



全株使用的飼料稻品種株高可達 170 公分以上

2. 福島縣農業放射線研究中心放射物質試驗圃

結束了在作物研究所的豐富的巡禮後，Dr. Kondo 帶領筆者前往另一種多元化水稻育種方向的試驗場—提取放射線汙染物質的水稻育種。日本於 2011 年經歷 311 大地震引起海嘯造成核電廠爆炸汙染等災情，位於核電廠附近的福島縣在農業生產上也無法避免受汙染的浩劫，不僅災區無法生產，未受地震海嘯影響的鄰近地區也面臨著農作物汙染的問題，日本農林水產省除了加強核電廠鄰近地區農作物安全檢查及研擬輔導復耕政策以外，也賦予農研機構就環境領域、作物領域及栽培領域等方面進行補救措施。福島縣原為水稻生產的大縣，其次為水蜜桃的主要產區，因此 Dr. Kondo 針對福島縣的輻射汙染區進行日本國內外 130 餘個品種的試驗，藉由分析災區土壤、灌溉水源及作物成熟後之全株之放射線物質，找尋提取放射線具潛力之水稻品種並推廣於福島縣種植以間接清除土壤中的放射線物質。

筆者與 Dr. Kondo 前往福島縣的途中，可見沿途皆為水稻田區，而搭車途中最接近福島電廠的距離僅有 30 公里，再次間接證實提取放射物質的試驗圃具有汙染代表性，筆者與 Dr. Kondo 及 Dr. Goto 一同在放射線試驗圃進行水稻土壤取樣、稻株全株取樣和小區收穫等田間作業，取樣完成的樣品則送福島縣當地的農業放射線研究中心進行放射線分析，Dr. Kondo 表示目前進行放射線提取試驗的作物僅有水稻和果樹，因為福島縣主要作物以這兩種為主，未來若推行提取汙染物質時可避免考量該品項是否適合栽種的問題。另外筆者也曾詢問是否已有提取表現較佳的品種，提取時的累積位置與後續處理等問題，Dr. Kondo 則表示目前試驗進行至第二期作，提取效果尚待多年期重複才能得到較穩定之結果，另外也發現放射線物質提取時大多累積在植株的根部，並由下往上遞減，這也表示植物可能具有主動篩選放射金屬進入維管束之能力，但目前機制尚待研究，至於提取後的作物處置，Dr. Kondo 表示目前日本已經進行相關機器的開發，可將收穫之提取作物進行焚燒，並通過特殊的過濾篩選網(filter)進行放射線物質的回收，但目前仍未完成尚待進一步的測試與分析。



位於福島縣的放射線物質提取育種試驗圃



位於福島縣的農業放射線研究中心外觀



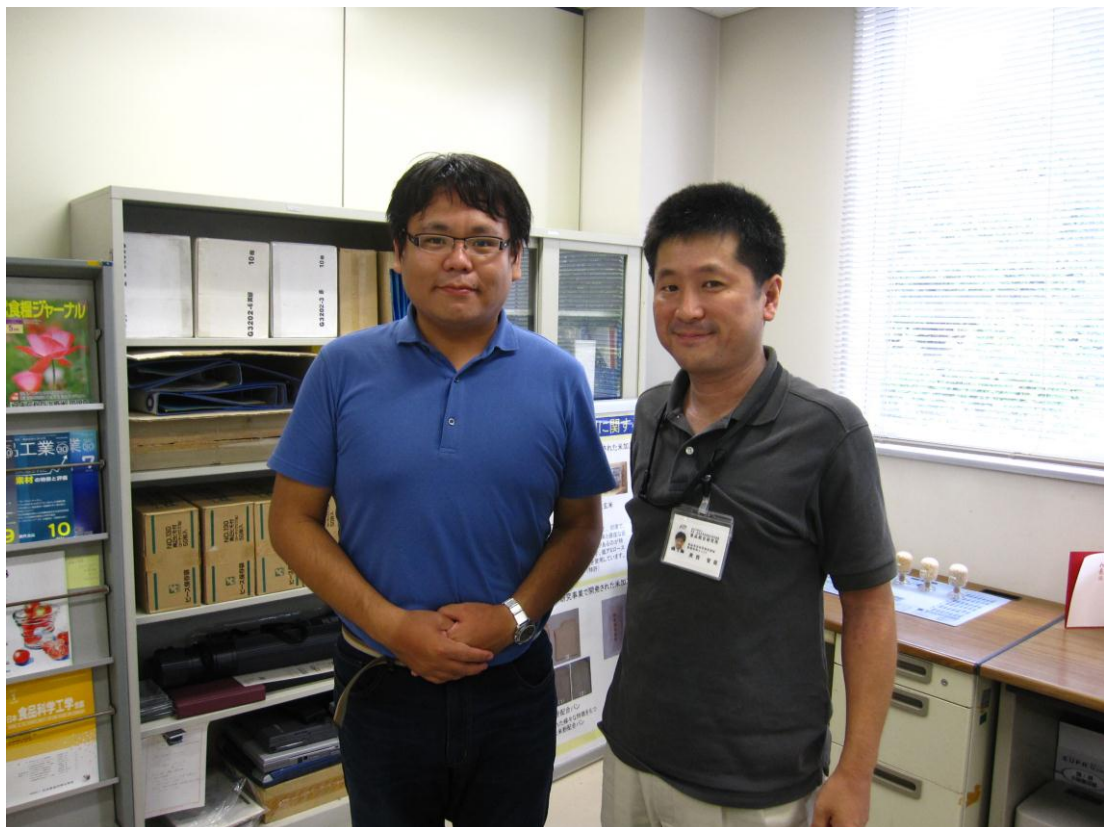
筆者與 Dr. Kondo、Dr. Goto 一同進行田間土壤及稻株取樣作業

3. National Food Research Institute (NARO, NFRI) – 農研機構食品綜合研究所

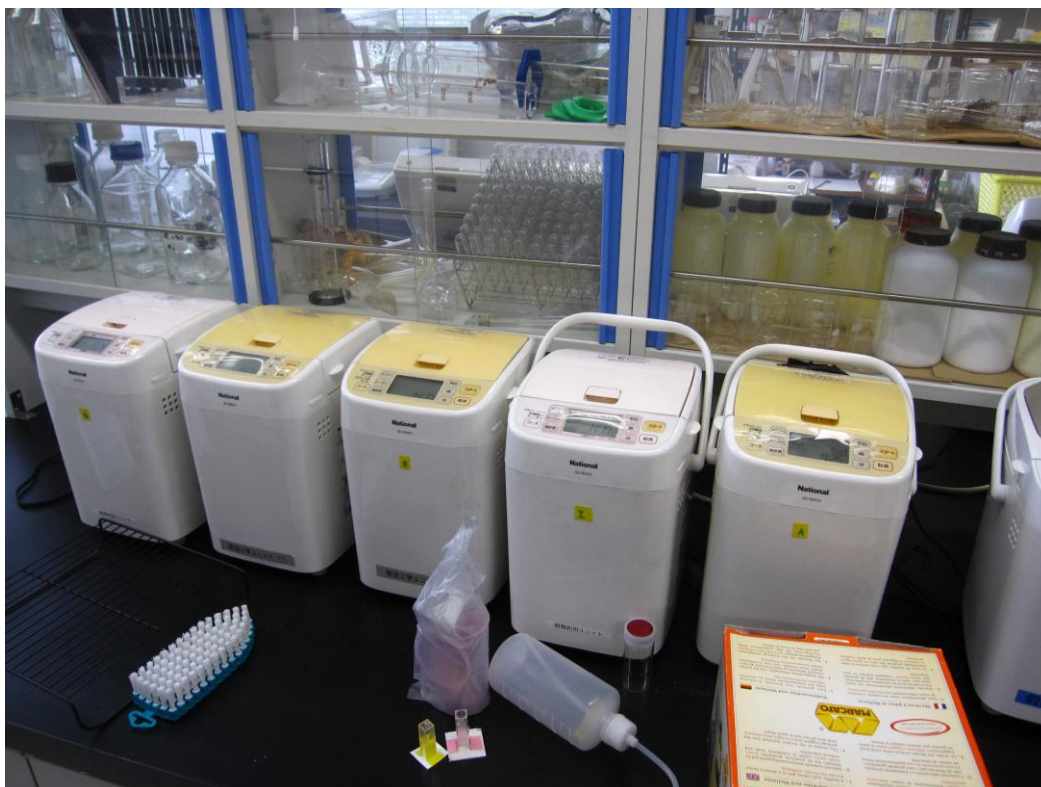
結束了福島放射線提取試驗田間作業行程後，Dr. Kondo 帶領筆者回茨城縣筑波市農研機構食品總合研究所，拜會食品素材研究室主持人 Dr. Tomoya Okunishi(奧西智哉博士)，Dr. Okunishi 主要針對開發米穀粉加工品進行研究，包含米麵包及米麵條的製作等等，Dr. Okunishi 也針對米穀粉的物化特性進行研究，他表示米粉與小麥粉的營養價值差異不大，而最大差異在於澱粉的性質與食品加工重要的因子「麩質」(gluten)有關，米粒的澱粉不含麩質，且直徑相較麥粉為小。小麥穀粉內具有四種蛋白質其中兩種和麩質行程有關，分別為 glutenin 與 gliadin，當這兩種蛋白質遇水即形成麩質，麩質具有良好的延展能力，小麥澱粉中即含有麩質，遇熱時延展性可被固定下來，極為麵包可膨發且維持蓬鬆的原因。了解了米穀粉跟小麥穀粉的差異後，Dr. Okunishi 進行了米麵包製作的各種配方嘗試，包含全米粉、添加 30%小麥粉、添加 5%麩質及酵母等等，由試驗結果發現全米粉麵包符合完全不膨發的預期，而添加小麥粉與麩質則可達到膨發效果，同時具有越高的直鏈澱粉與越高的穀蛋白，米麵包會越硬，而具有較多白堊質的品種會降低米穀粉磨粉時所受傷害，試驗而得的米麵包經由 42 人的盲樣試驗顯示過半的人認為食感較小麥麵包良好，另外有超過 1/4 的人認為無法分辨兩者差異。Dr. Okunishi 表示在日本的麵食消費量非常大，除了取代麵包製作以外，以米穀粉製作麵條也是取代小麥粉進口的方法之一，Dr. Okunishi 利用米粉與小麥粉、麩質、多醣體及其他作物澱粉互相搭配組合進行米粉麵的製作，以期能找出最佳米粉，由試驗結果顯示米粉麵相較小麥粉不耐烹煮，容易互相沾黏糊化，因此 Dr. Okunishi 與作物研究所水稻品種開發研究室合作，找尋具有高直鏈澱粉之品種作為製作米粉麵的材料，作物研究所 Dr. Suzuki 針對與澱粉生合成有關的兩個基因座 *Wx* 與 *Alk* 進行選育，*Wx* 基因座與直鏈澱粉生成有關，藉由選拔具 *Wx-a* 對偶基因之品系可提高米穀粉直鏈澱粉含量，而 *Alk* 基因座則與澱粉鏈的增長與延伸有關，利用專一性分子標誌進行兩種對偶基因之選育，育成具有超高直鏈澱粉的圓粒稈型品種「越のかおり」，該品種直鏈澱粉含量約為 33%，製作成麵條耐煮不具過度沾粘性，可作為米麵製作專屬品種，同時農研機構也與外部廠商合作進行米

麵推廣與食譜開發，並製作該品種米麵的專屬網站供農友與消費者查詢。

除了米麵包與米麵製作以外，Dr. Okunishi 也正在研發米菓子、米餅乾、米蛋糕及熟飯麵包的製作，Dr. Okunishi 表示米穀粉具有細緻澱粉顆粒的特性，製作米餅乾具有較硬與脆的口感，因此可做為製作餅乾時和麵粉不同比例的搭配開發不同硬度比例的餅乾，同時利用米穀粉製作油炸物的麵衣，油炸時吸收油量約為麵粉的一半，可作為未來開發較健康油炸食品的裹粉原料。熟飯麵包則是現今米麵包進化的製品，由實驗結果顯示經由烹煮過後的米飯直接做麵包可增加麵包中 maltose 的含量，且不用過多油脂與糖即可達到甘甜的口感，是未來米麵包製作的另一個方向。Dr. Okunishi 在最後下了一個結論，幾乎全部麵粉製品均可用米穀粉進行替代，這也為日後水稻代替麵粉增加米消費量激起了希望。



筆者與農研機構食品素材研究室主持人 Dr. Tomoya Okunishi(奧西智哉)合影



食品素材研究室米麵包製作機羅列

	コシヒカリ	LGCソフト	朝つゆ	北陸166号	夢十色	みずほのか
アミロース含有率(%)	17.6	10.0	6.8	18.0	35.6	17.9
タンパク質含有率(%)	6.0	6.6	5.3	6.5	6.5	6.0
内相部硬度 (g/cm ²)	81	21	-	79	290	54

	ミルクープリンセス	ミルクークイーン	ホシニシキ	タカナリ	コチビビキ	夢十色	北陸166号	コシヒカリ
アミロース含有率(%)	8.5	8.5	22.6	16.9	21.2	32.1	17.7	17.5
タンパク質含有率(%)	6.4	6.3	6.2	8.7	6.2	7.0	7.2	5.2
パンの硬化速度 (g/日)	25	23	47	36	44	43	29	39

品種	アミロース含有率(%)	タンパク質含有率(%)	内相部硬度 (g/cm ²)
ほしのこ	17.6	6.0	81
ほしのゆめ	17.9	6.0	54

粉質米品種「ほしのこ(北海303号)」の玄米

「ほしのこ(北海303号)」で試作した米粉パン

直鏈澱粉與蛋白質含量影響米麵包的鬆軟度與口感

米の特性と米粉麺




米粉麺(ゆで麺)の付着性の違い

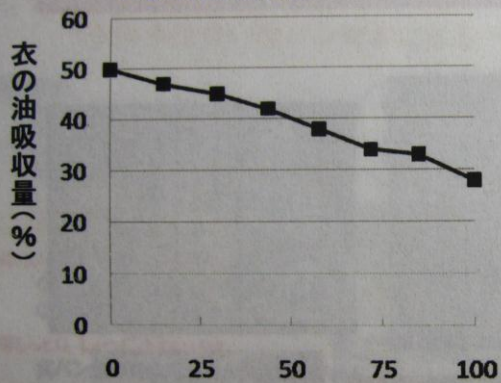
左:ホシユタカ(高アミロース米) 左:越のかおり(アミロース33%)
 右:コシヒカリ(普通アミロース米) 右:春陽(アミロース25%)

普通アミロース米の米粉麺 ゆで麺がくつきやすい。
 高アミロース米の米粉麺 ゆで麺がさばけやすい。

高直澱粉含量米(左)與一般米(右)製作麵條時黏著度差異性比較

バター

バターだけを揚げた時の衣の油吸収量



バター中の米粉の割合(%)

鶏もも肉を揚げた時の衣の油吸収量

バターの米粉と小麦粉の割合	衣の油吸収量
米粉100%	21%
米粉50%+ 小麦粉50%	27%
小麦粉100%	38%

F.ShinらJ. Agric Food Chem.47(1999)

米粉を使用したバターは、油の含量が少ない。
 口当たりがからっとしている。

油炸麵衣粉中米穀粉比例越高，吸油率越低

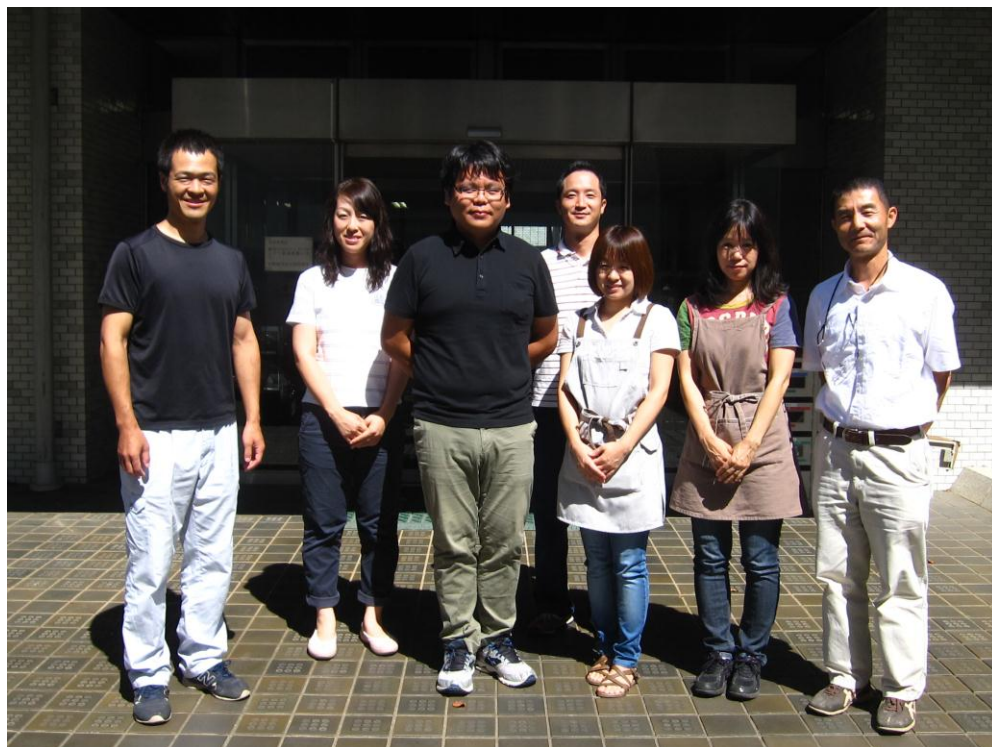


Dr. Okunishi 製作的美味熟飯麵包贈與筆者



高直鏈澱粉米品種「越のかおり」為原料製作成的米麵

結束在食品素材研究室的參訪後，筆者前往本次考察之旅的帶領人 Dr. Kondo 的水稻生理研究室，Dr. Kondo 的主要研究為水稻植株在高溫下維持品質的生理研究，以及水稻高產遺傳因子的研究與分析。目前面臨全球暖化，水稻在高溫下穀粒充實不佳造成白堊質的情形越來越嚴重，為了解決高溫造成的穀粒充實障礙，Dr. Kondo 進行了供給需求端(Sink-Source)的基礎試驗，其中包括三個處理，分別為減去一半的穗、減去一半的劍葉以及對照，並放置於正常光照下的高溫 35 度溫室中，並進行碳同位素比例分析(carbon isotope discrimination)探討光合作用下醣類運送的途徑，Dr. Kondo 帶領筆者一同至溫室參觀，並針對劍葉與穗取樣，為求取樣後樣品細胞反應終止，取下隨即進行液態氮低溫處理，並進行冷凍乾燥，前處理結束的樣品經定量處理後進型上機分析並分析比例結果。除了耐熱試驗以外，Dr. Kondo 也育成了一套染色體置換系(CSSLs)，該族群係針對具有長穗的高產品種ハバタキ與越光進行雜交衍生的品系，Dr. Kondo 利用染色體置換系進行各產量構成要素的分析與調查，筆者也參與染色體置換系田間產量構成要素性狀調查，相較台灣農藝性狀調查，日本調查必須再三檢查準確性，這也是筆者認為值得學習的地方。



筆者與 Dr. Kondo(右一)及其實驗室成員於作物研究所前合影



供需端試驗中三種處理的植株，由左而右分別為半穗、半劍葉與對照，可發現減去一半穗的植株葉色偏深綠，減去一半劍葉葉色較黃



由溫室取出的盆栽，取樣後立即以液態氮終止生理反應



模擬露天的溫室可以維持正常日照同時控制日夜溫



筆者協助 Dr. Kondo 於染色體置換系試驗田間性狀調查與收穫



收穫完成的試驗品系倒掛自然陰乾

在筑波市農研機構作物研究所的最後一天，筆者前往農研機構成立的食與農科學館，該館的成立目標是針對一般民眾所開放，希望透過展示農研機構各單位的研究成果，以深入淺出的壁報展示以及實體展示使日本國人更了解每日所食的來源，以及農業與生活的關係，展出內容包含傳統農業的栽培、品種、農機及歷史，乃至於先進的遺傳生理研究技術，其中也包含了環境親合型的農業生態調查與栽培農法、微生物製劑的利用、土壤肥料與土壤間的關係，以及各種作物新品種及新栽培技術的展示，筆者看完展覽後非常感動，台灣的研究結果與努力其實並不遜色於日本，只是國人似乎很少有管道可以接觸農政及研究單位的研究成果，如果在台灣也能將各單位努力的成果以常設展的方式，以一般民眾的觀點呈現給國人，相信可以更拉近一般民眾對於農業的距離。



食與農科學展覽館外觀



各種農機具的演進



水田中水分與土壤的關係以及固氮作用示意圖



環境親和型農業研究以及微生物和虫害抗藥性之間的關聯研究



緊急時加入水後即可使用的非常米，雖然為緊急時使用卻能保持好吃的口感

4. University of Niigata – 新潟大學、村上市

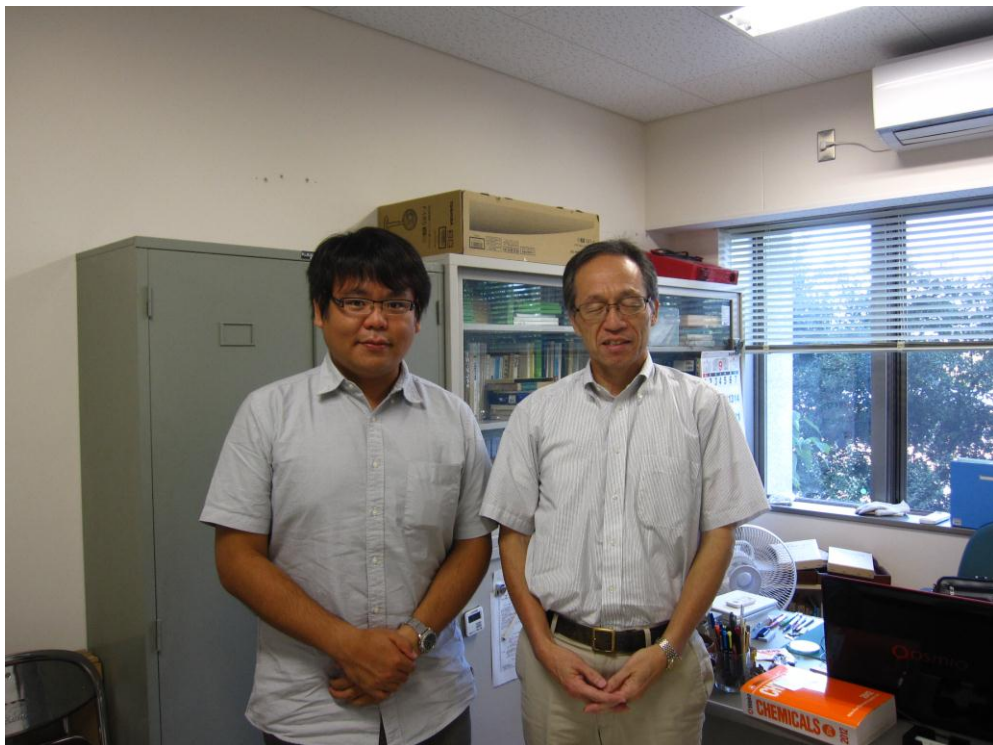
行程的最後，Dr. Kondo 帶領筆者來到位於新潟市的新潟大學，拜會農業生產科教授 Dr. Minoru Nishimura (西村實 教授)，Dr. Nishimura 原為農研機構放射線育種所的所長，於 2013 年年初轉任新潟大學教授，筆者極感興趣的腎臟病患者專用米中低穀蛋白及球蛋白含量突變即為 Dr. Nishimura 所開發而得。水稻的四種蛋白質中，穀蛋白及球蛋白為人體易消化性蛋白，Dr. Nishimura 以兩個日本品種「日本勝り」以及「越光」進行 γ 射線誘變，分別產生具有低穀蛋白的 *Lgc1* 突變以及具有低球蛋白的 *glu1* 突變，並各自開發專一性分子標誌作為輔助選拔工具，並進行兩基因座的堆疊育種，育出具有低穀蛋白及低球蛋白的品種「Lgc-潤」以及「Lgc-活」品種，並進行腎臟病患者人體試驗。由實驗結果顯示雖對腎臟病患者具有顯著減低蛋白質負擔的結果，但仍需增加更多病患以求試驗準確度，固目前該品種雖已上市推廣，但仍禁止提及對於腎臟病患者之功效。

Dr. Nishimura 也透過 γ 射線針對越光進行誘變育種，並針對不同直鏈性澱粉含量進行不同低度之品種育成，他表示該套誘變育種材料目前仍在進行分析中，但不同梯度的直鏈澱粉含量可提供各種不同的用途，同時半糯性雖然使米飯更軟黏，但仍有支鏈澱粉過高不易消化的問題，若能發現直鏈澱粉介於 15% 左右的品種，能確保食味值也能減輕消化上的負擔，再針對誘變後的 *Wx* 基因上的突變進行選殖，並開發專一性分子標誌作為育種工具則可更有效率進行不同直鏈澱粉含量之育種。

結束了新潟大學的參訪，Dr. Kondo 帶筆者至新潟縣村上市大每里參訪高品質越光米生產專區，該專區主要生產越光米，讓筆者印象非常深刻的是該專區的水稻生育情形非常好，很難找到一點病斑或蟲孔，但普遍葉色偏黃且約有一半呈現倒伏情形，Dr. Kondo 表示倒伏的原因不是因為天然災害或過量氮肥，而是因為養分轉換穀粒效率太好使穗重增加而產生自然倒伏，倒伏彎曲點也不在基部而是莖桿中央，不會因此而穗上發芽，至於葉色偏黃是因為農民為了種出高品質稻米，不敢過度使用肥料，甚至有農友會挑選較不具地力的田地種植，這樣為品質而犧牲產量的概念在台灣催產量繳公糧的習慣是萬萬見不到的，筆者實地至田裡觀察穗型，發現成熟度相當一致且非常飽滿，令人非常感動。



筆者與新潟大學校門合影



筆者與新潟大學西村實教授合影

Variety name	Protein content (% of dry matter)	Easy-to-digest protein ²⁾ (% of total protein)	Glutelin (% of total protein)	26-kDa globulin (% of total protein)	Prolamine (% of total protein)	Eating quality
LGC1	7.5	55.1	22.1	14.1	44.9	Moderate
LGC-Katsu	7.6	37.8	13.4	0.0	62.2	Moderate
LGC-Jun	7.7	40.6	16.5	0.0	59.4	Good
Koshihikari	7.5	74.6	47.5	9.4	25.4	Superior

¹⁾ 10% milled.

²⁾ Excluding the 13- and 16-kDa proteins.

LGC-潤與 LGC-活相較越光具有較低的穀蛋白與球蛋白含量



Dr. Kondo 帶領筆者前往新潟縣村上市參訪優質越光生產專區



村上是大每里越光米穗型飽滿扎實無病蟲害



大每里越光米生產專區雖具倒伏現象，但不影響米品質



優質的水源與環境，配合高品質栽培技術造就了優質且富盛名的新潟越光米

5. 農業超市與米加工品商場參訪

在日本筑波、福島及新潟的三個多禮拜的假日中，筆者前往當地超級市場、JA 農協、傳統米店以及農業商店，在日本筑波及福島地區仍販售許多日本 311 災區生產的各式農產品，並標榜著符合安全輻射範圍，筆者也曾實地詢問日本朋友與考察單位，並於商場實地走訪，發現日本人對於災區農產品購買頗為支持，但卻避免給年輕一代食用，商場內販賣的米明顯以產地做為價錢的區隔，雖新潟魚沼位於日本北關東，距離災區步算太遠，價格卻為一般米的 2 倍有餘。筆者也前往位於筑波的 JA 農特產商店，該店販售皆為茨城縣內農產品，由於地產地銷緣故價錢比一般市價便宜，同時米多以糙米形式儲存，並依客人要求現場碾製以保新鮮度。筆者亦前往位於東京都內的一般傳統米店，店內販售與台灣類似多以一袋一袋現秤販售，不同的是多有產地以及生產者基本資料可供消費者參考，同時也是以糙米現碾模式販售。筆者於新潟縣考察結束，拜別 Dr. Kondo 以後自行前往位於魚沼的越後湯澤市，該市為一個傳統的日本溫泉鄉，也是優質越光米重要生產地之一，筆者參訪了位於 JR 越後湯澤的農產品商場，由於是位於優質越光米生產的重鎮，店內充滿了各式各樣的越光米食品加工品，包含各種和菓子饅頭、蛋糕、布丁、米果、米麵、酒釀、清酒、慕斯及果凍等等商品結合特殊包裝進行行銷，讓筆者不禁讚嘆原來米食加工品在品項與包裝上有這麼多種可能性。在一般大型超市米販售則以真空或小包裝白米為主，有些則有設置碾米角落為消費者提供現碾服務，而米穀粉也是很容易就能在商場找到，日本米文化與商品的多樣性令筆者十分感動。



與大河劇結合的易開罐裝福島越光米



位於筑波市的 JA 農產品商店



JA 商店内米販售櫃台



JA 商店内販售地產地銷農作物



東京都内傳統米店



傳統米店仍以秤重現碾販售為主



新潟縣越後湯澤市車站商場



新潟縣越後湯澤市車站商場 2



各式各樣米菓販售



發芽新潟越光米粉製作的巧克力甜甜圈



新潟越光米製作的醬油風味拉麵



新潟越光米製作的布丁



結合魚沼紅仁蛋、越光米及黑糖製作的半熟成蛋糕



米粉製作的和菓子饅頭



超市販售的小包裝米



超市各種米食加工與米料理製作配料販售情形



各種米食加工食品與便當販售情形

心得及建議

1. 扎實且準確的基礎研究

筆者到日本參訪最深刻的印象在於日本進行研究計畫的設計均是長程且嚴謹的，在充分的預備試驗及基礎研究以後才會進行計畫的研提與試驗，雖然兩國之間試驗機關規模及資源並不相同，但日本為了根本解決問題進行嚴謹且長遠的試驗規劃與研究精神是筆者認為應該學習的研究態度。

2. 值得學習的技術與知識

筆者本次考查內容包含了解日本多元化水稻之育成品種、學習特殊利用水稻品種育成技術以及分析方法、考察多元化用途所需之米質特性及田間時計取樣與特殊性狀調查等等研習。其中筆者認為有幾樣技術與研究方向是值得臺灣目前直接作為工具利用的，例如使用針對儲藏性基因 LOX-3 專一性分子標誌改良現今優良水稻推薦品種中特別不耐儲藏的品種，同時米質分析中香氛測定與單粒米的黏硬度分析儀也是精進臺灣米質檢定技術的發展方向。

在米加工方面，筆者由參訪所得的資訊可了解水稻育種上特殊性狀的需求，而日本所研發的品種與性狀分析工具也可直接利用，例如米麵包的膨鬆條件掌控在麩質、米澱粉比例與蛋白質，因此透過育成低直鏈澱粉與蛋白質的品種將適合米麵包的開發，米麵條的需求則需要高直鏈澱粉含量，且澱粉結構必須以長鏈為主，在日本開發的 Wx-a 基因座分子標誌則可作為臺灣進行米麵條製作專用品種時選拔高直鏈澱粉性狀之工具。機能性水稻方面筆者考察了低消化性蛋白水稻品種育成，同時日本也針對該品種穀蛋白及球蛋白的突變設計突變位點專一性分子標誌也是可直接作為選拔的工具。

透過水稻生理特性發展多元化用途方面，包含飼料稻選育、耐高溫水稻選育、具有高放射線物質提取能力水稻選拔以及相關農機具的開發，筆者認為日本研究單位在選拔時的關鍵性狀決定是很嚴謹的，值得臺灣學習與參考，例如飼料稻選育針對不同飼料用途及特性，應注重不同的農藝性狀與生理指標。筆者認為值得臺灣學習的地方還有踏實

的進行基礎研究，例如本次考查的耐熱試驗以及提取輻射物質的試驗，從田間取樣乃至室內分析都十分嚴謹，避免其他變因造成分析結果失真。而本次學習的碳同位素比分析以及米新行成化合物的分析都是未來水稻進一步進行特殊功能與生理研究上的方向。

考查的最後藉由參訪各大農業超市以及商店，學習各種米加工與行銷的可能性。日本在農產品的包裝品牌以及行銷策略上非常扎實且深具創意，以重要優質越光產區越後湯澤的車站大型土產店為例，透過利用當地盛產的越光米作為增加各米食加工附加價值，不僅在商品上或得更高的收益，也打響了新潟魚沼的越光米，可謂相輔相成。日本傳統米商以及一般超市販賣米多以糙米形式，並透過現碾維持鮮度，同時除了標示品種與產地外，通常都會提供該米的農戶資料以及栽培方法等等，使消費者了解米生產背後的故事，進一步認同其附加價值，這些巧思都是臺灣米產業值得參考與學習的。

3. 試驗研究體系與推廣應用等分工明確

農研機構有著非常多的研究成果，研究人員不須直接面對農友進行推廣，而是和具有相關背景知識的推廣人員溝通，由受過專業推廣訓練的「普及所」推廣人員提供農友新品種或栽培技術上的資訊，而研究人員的績效不在於推廣成果而在於試驗產出，可說是內部分工十分明確，因此研究人員不致分散研究能量可發揮最大功效，推廣人員亦可發揮推廣長才，兩者相輔相成使研究端與農友生產端串聯，筆者認為雖然台灣研究單位資源及規模不足，但或許這種模式是未來值得努力的方向。

4. 研發充滿創意

筆者此次參訪日本多元化米的品種與加工商品考察，發現許多商品是日本國內自己原創，不論是在品種上或是食品加工品項上，台灣和日本同樣面臨著進口衝擊、生產成本過高及稻米過剩的問題，國內的作法多半參考日本及其他國家，直接引種並將其特殊性狀導入台灣現有品種，抑或複製對方作法直接應用於國內，筆者認為這種作法既快速又方便，但是否能完全適用於台灣仍是必須考量的問題，筆者也期許自己能了解台灣現況，發展適宜台灣的米品種或加工品項的新創意思考，帶動國內稻米生機。