

行政院各機關因公出國人員出國報告
(出國類別：研習)

面對全球暖化之水稻新育種、栽培技
術與蟲害研究

服務機關：行政院農業委員會花蓮區農業改良場

姓名職稱：黃井約 助理研究員

派赴國家：日本

出國期間：中華民國 98 年 10 月 12 日至 10 月 25 日

報告日期：中華民國 99 年 1 月 25 日

面對全球暖化之水稻新育種、栽培技術與蟲害 研究之研習報告

報告人：黃井約

摘要

本計畫之目的為前往日本研習面對全球暖化之水稻育種及栽培技術。在日本，目前因水稻成熟期高溫導致乳白粒的產生，所造成糙米品質的下降，已成為一個嚴重的問題。為了減輕暖化對稻米品質的不良影響，日本研究單位配合政府推廣將插秧時間延後或採用直播栽培等方法，來延遲水稻的成熟期，進而避開原本成熟期的高溫。此外，過多的單位面積穀粒數也會造成成熟期養份供給的不足，進而促進白未熟粒的發生。因此，基肥及插秧密度的調整、足夠的穗肥、避免斷水時間過早也都非常重要。而日本育成的水稻品種「にこまる」白未熟粒較一般品種少、外觀品質也較一般品種佳，具有耐高溫環境的特性。故本計畫派員前往日本廣島縣佐竹株式會社、熊本縣農業研究中心、福岡縣九州沖繩農業研究中心等單位，進行米質分析技術、高溫條件下白未熟粒的發生抑制技術、暖化對水稻產量及品質影響評估技術等研習。並了解日本目前在全球暖化的環境下提昇稻米品質上所遭遇之困難，以及因應之對策等。

面對全球暖化之水稻新育種、栽培技術與蟲害 研究之研習報告

目次

摘要.....	1
一、目的.....	3
二、過程.....	4
三、研習內容與心得.....	5
四、檢討與建議.....	19

一、目的：

水稻為台灣地區主要之糧食作物，但由於近年來全球暖化現象，造成氣溫上升，使水稻生長受到影響。特別是生育後期高溫，造成產量及品質下降，導致乳白粒等不良米粒比例增加。根據 IPCC 研究報告預測，往後高溫化情形將持續擴大。台灣位處亞熱帶，高溫對稻米生產及品質影響將更為嚴重。因此，了解高溫下品種間反應及再進一步開發耐高溫之水稻品種及調整高溫環境下之栽培法，可有效提高國產稻米品質。日本位於溫帶地區，具有多種梗稻種原，且在水稻高溫障害的克服領域研究方面亦十分進步，其研究經驗及技術深值吾人參考借鏡。因此，本計畫派員前往日本廣島縣佐竹株式會社、熊本縣農業研究中心、福岡縣九州沖繩農業研究中心等單位，進行米質分析技術、高溫條件下白未熟粒的發生抑制技術、暖化對水稻產量及品質影響評估技術等研習。希望藉由學習日本的相關經驗，來縮短台灣發展水稻耐高溫品種及栽培技術的時間，以增加農民之收入，並提高台灣農業競爭力。

二、過程：

此次至日本研習之日期為 98 年 10 月 12 日至 98 年 10 月 25 日止，共計 14 天，參訪地點及行程規劃如下：

(一) 佐竹株式會社—廣島本社

地址：広島県東広島市西条西本町 2 番 30 号

進修(研習)內容：米質分析技術

(二) 熊本県農業研究中心

地址：熊本県合志市栄 3 8 0 1

進修(研習)內容：高溫條件下白未熟粒的發生抑制技術，包含移植期、施肥法、水管理等。

(三) 九州沖繩農業研究中心--筑後拠点

地址：福岡県筑後市大字和泉 496

進修(研習)內容：暖化對當地水稻品種產量及品質影響評估技術

日期	地點	研習內容
10 月 12 日 (一)	桃園	搭機前往日本福岡
10 月 13 日 (二)	廣島	米質分析技術
10 月 14 日 (三)	廣島	米質分析技術
10 月 15 日 (四)	熊本	高溫條件下白未熟粒的發生抑制技術
10 月 16 日 (五)	熊本	高溫條件下白未熟粒的發生抑制技術
10 月 19 日 (一)	福岡	暖化對水稻產量及品質影響評估技術
10 月 20 日 (二)	福岡	暖化對水稻產量及品質影響評估技術
10 月 21 日 (三)	福岡	暖化對水稻產量及品質影響評估技術
10 月 22 日 (四)	福岡	暖化對水稻產量及品質影響評估技術
10 月 23 日 (五)	福岡	暖化對水稻產量及品質影響評估技術

三、研習內容與心得：

(一) 日本廣島縣佐竹株式會社

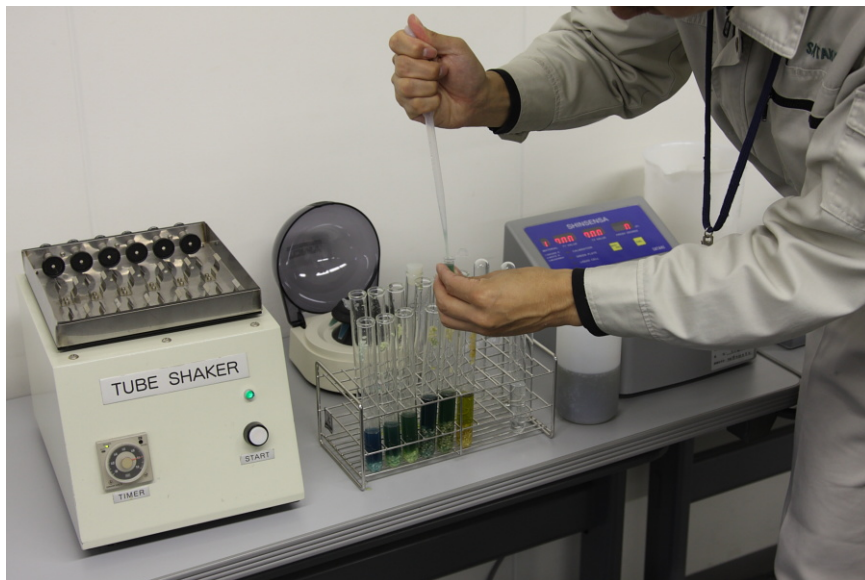
佐竹株式會社創立於日本明治29年（西元1896年），其主要業務為食品產業綜合機械及食品製造販賣。在食品產業上使用機械的製造上，最大宗為米產業之相關機械，其次為小麥及玉米產業上使用之機械等。在台灣較常被使用的有稻穀乾燥調製儲藏設施、礱穀機、精米機、色彩選別機、米質檢測相關器材等。本場在米質檢測相關器材中，即使用該公司生產之穀粒判別器、測鮮儀、熟飯食味計、熟飯硬度黏度計等器材。因此，本次研習要求該公司安排技術人員現場示範上述器材的操作，並解說應注意之事項。在每位負責技術人員示範完成後針對有疑問的地方詢問並獲得解答。另外，亦請其示範詳細之保養方法並了解耗材部分須更換之時間。回到台灣後，已向本場米質實驗室操作人員示範並說明。此外亦針對穀粒判別器已達使用時間之耗材申請採購更換，以期未來在進行稻米試驗樣品分析時能獲得更精確之數據，以利試驗研究工作之進行。



サタケ（佐竹）歴史館展示該公司所研發之日本第一台動力式精米機-4連唐臼搗精機の模型



サタケ（佐竹）歴史館展示該公司所研發之世界上第一台能將米的食味以分數顯示的機器-食味計



佐竹公司技術人員現場示範測鮮儀的操作，並解說應注意之事項



佐竹公司技術人員現場示範穀粒判別器的操作，解說應注意之事項。並示範詳細之保養方法，說明耗材部分須更換之時間

此外，在佐竹公司接待人員的帶領下，參觀了該公司以提供米類分析為主的各種計價之試驗及分析實驗室。實驗室的服務內容主要分為穀類的定性定量分析及加工選別試驗等兩大業務範圍，其中不少項目皆與稻米品質有關。若以米的性質分析及DNA品種鑑定為例，其分析之項目、內容及代表之意義列舉如下：

1. 米的性質分析：分析項目包含水分、白度、濁度、碎粒、容積重、胴割粒、水浸割粒、胚芽殘存率、異種穀粒異物等。透過以上分析，可了解該樣品的外觀、品質及商品價值等。若再以水浸割粒此項的分析內容與代表意義為例，水浸割粒較多的米，會在煮飯的時候龜裂流出澱粉，飯粒也會變得不完整而對食味有不良的影響（飯會變得黏糊糊甚至黏成一團）。因此，水浸割粒比率越高，商品價值就越低。

2. DNA品種鑑定：影響米飯食味的最重要因素之一即為品種。而DNA存在於所有細胞中，保存著品種固有的情報。因此，透過DNA的分析來識別品種可有效確保該樣品米飯的食味表現。分析檢體的種類，可為葉、穀粒、糙米、精白米、無洗米等（便當、飯糰、冷凍食品、無菌米飯等亦可，但粥品等加工品無法分析）。分析的項目，分為單品種確認（定性分析）及混合比率確認（定量分析）等。

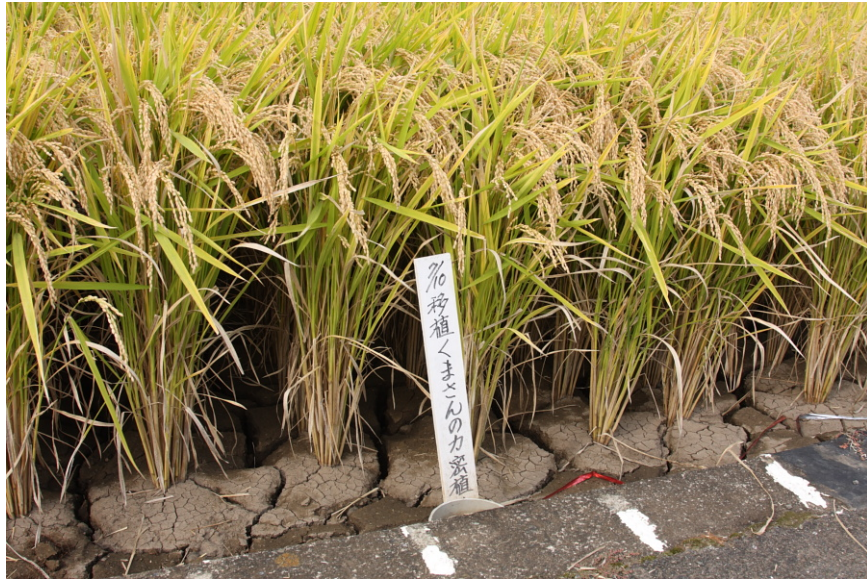
(二) 熊本縣農業研究中心

熊本縣農業研究中心之主要業務為熊本縣境內有關農業試驗研究與示範推廣，包括重要經濟作物品種改良及栽培技術改進等。其下設置2個管理部門（管理部、企劃調整部）及10個研究單位，分別為農產園藝研究所、生產環境研究所、茶葉研究所、畜產研究所、草地畜產研究所、藺草研究所、果樹研究所、高原農業研究所、球磨農業研究所、天草研究所等。本次研習主要拜訪單位為農產園藝研究所作物研究室。該研究室之主要工作內容為因應熊本縣境內各地不同之氣象特性進行米、麥、豆、芋類生產之研究，特別是水稻良食味品種之育成。至今育成熊本縣自有的極良食味品種，有中生的「森のくまさん」、晚生的「夢いずみ」、半糯性品種「秋音色」等。同時因熊本縣位於日本的南部九州，全球暖化亦導致該縣主要之水稻栽培品種「ヒノヒカリ」近年來一等米比例嚴重下降。因此，熊本縣農業研究中心近年來致力發展高溫條件下白未熟粒的發生抑制技術，並已獲得初步成果。如：

1. 將插秧時間延後，由原本的6月上中旬延後到6月下旬插秧，以避開成熟期的高溫，抑制白未熟粒的發生，以提高稻米品質。
2. 藉由晚期穗肥（約出穗前10天）的施用，抑制白未熟粒的發生，以提高稻米品質。
3. 延後斷水時間至出穗後35天，抑制白未熟粒的發生，以提高稻米品質。
4. 避免過度疏植，以抑制白未熟粒的發生，提高稻米品質。

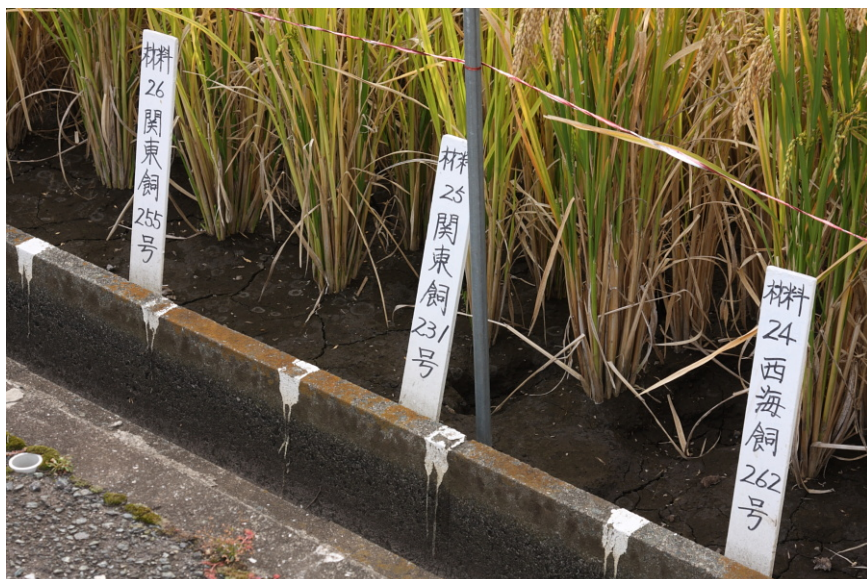


熊本縣農業研究中心所進行之水稻栽培試驗，以探討不同插秧期及栽培密度對稻米品質之影響。（ヒノヒカリ為熊本縣之主要品種）



熊本縣農業研究中心所進行之水稻栽培試驗，以探討不同插秧期及栽培密度對稻米品質之影響。(くまさんの力為該農業研究中心所育成之耐高溫品種)

爲了有效利用水田，使水田發揮更多樣的功能，在政府及農業團體的努力推廣後，近年來熊本縣境內飼料用水稻的栽培面積顯著增加。生產的形態，主要是在同一個地區，畜產農家跟種植水稻的農家合作生產全株作爲飼料用之水稻。飼料用水稻收穫後稻穀經調製後可作爲豬飼料，稻草可作爲牛飼料。但是由於部分地區並無畜產業者，因此爲了有利於儲藏、運送及流通，這些地區的飼料用水稻生產以乾草生產爲主。另外，飼料用水稻的收穫時間爲糊熟期，依照主要利用部位的不同，分爲莖葉型品種及穗重型品種。



熊本縣農業研究中心所栽培之飼料用水稻種原-飼料用水稻收穫後稻穀經調製後可作爲豬飼料，稻草可作爲牛飼料

日本的水稻育種世代促進法：

在日本，爲了實現各種育種目標，各水稻品種改良單位使用包含外國品種等各種不同之品種，作爲雜交親本。而爲了提高選拔效率必須擴大以往之育種規模。因此，各地的水稻育種研究室，採用溫室栽培及溫暖地區委託栽培等手段，來進行世代促進。一般而言，一年可進行2~3世代促進。通常F1栽培於田間，F2~F4世代等初期世代爲促進的對象。

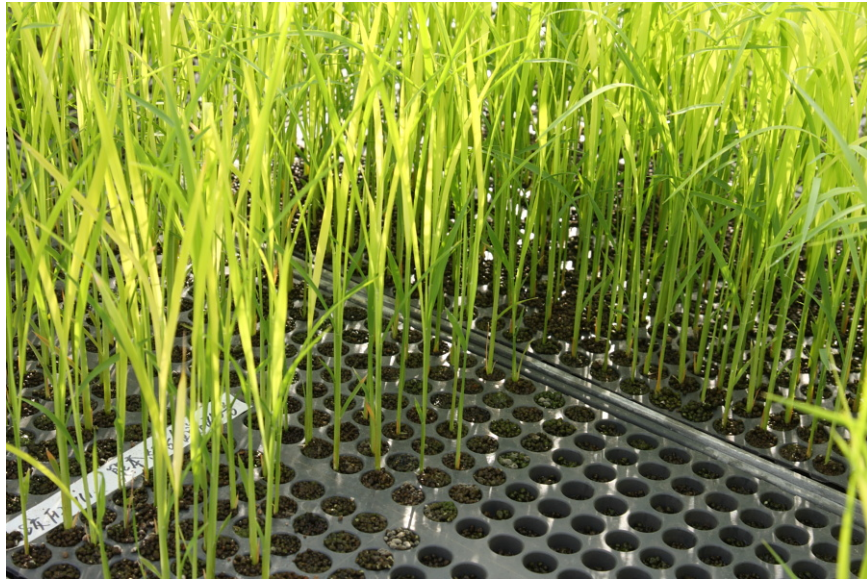
世代促進的方法，大致分爲設施利用型及自然條件利用型等兩種。設施利用型通常爲日本溫暖地區以北所採用，實施期間爲一整年或無法於田間栽培的季節。採用自然條件利用型的地區，爲溫暖地區或可有效利用亞熱帶氣象條件，進行一年栽培2回以上之地區。

熊本縣農業研究中心所採用的設施利用型世代促進栽培，亦爲大多數水稻育種研究室採用的方法。因爲若栽培於田間，可採收種子的時期因地區而不同，也很難在某些特定的時期進行栽培。因此，可利用溫室來進行一年2~4世代的促進。

這種栽培環境下，在世代促進溫室內設置暖氣裝置及控制日照時間的遮光裝置，透過調節溫度與日照來達成全年皆可栽培水稻之目的。



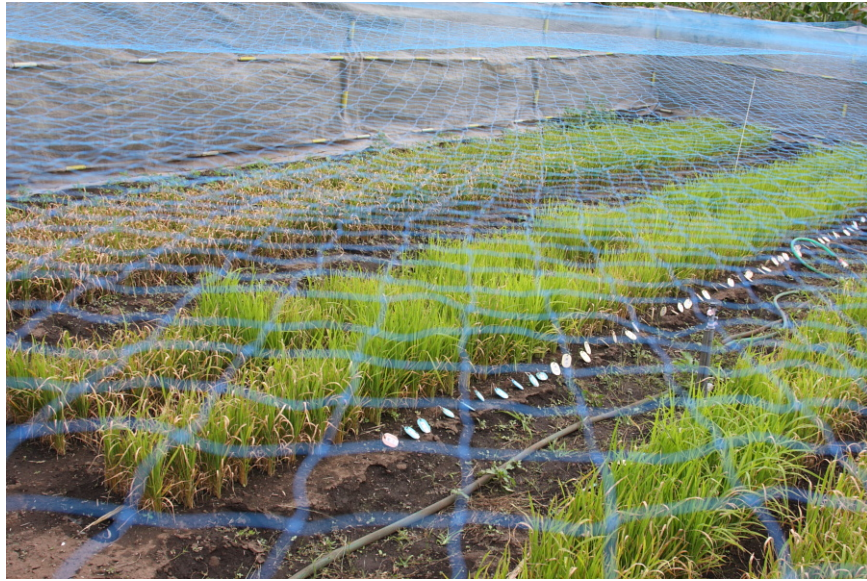
水稻世代促進溫室-加速水稻育種作業時間，由每年1世代提高至2世代以上



水稻世代促進溫室-種植水稻雜交後代F2之穴植盤

日本的水稻葉稻熱病抗病性檢定用旱田病圃播種後之管理重點：

1. 若擔心會因乾燥影響到發芽時，可設置灑水器等裝置來作適宜的灌溉。
2. 在2~3葉期移除防寒紗，3葉期後即可施用追肥。
3. 為促進葉稻熱病發病，在3~4葉期後開始在每天傍晚灑水，以使葉面保持濕潤狀態。
4. 在遭遇強風的時候可設置防風網，若能在事前先在周圍播種種植玉米或高粱等高莖作物更佳。
5. 在雜草開始發生時儘快以手拔除，等草長高後會增加除草難度。
6. 雖然通常在自然狀況下水稻就會感染發病，但若遇到感染狀況不佳導致無法發病時，可取前一年罹病之稻草或其他較早播種已完成接種的罹病苗株均勻散布於田間以促進感染發病。
7. 若想針對特定菌種進行接種時，可在水稻5葉期時將與展著劑混合後之孢子液於傍晚進行噴霧接種。接種後至隔天早上以防寒紗蓋住，以保持濕潤狀態。



水稻葉稻熱病抗病性檢定用旱田病圃



病圃四周種植高莖作物-玉米，以加強檢定效果

(三) 福岡縣九州沖繩農業研究中心

九州沖繩農業研究中心之主要業務為九州境內有關農業試驗研究與示範推廣，包括重要經濟作物品種改良及栽培技術改進等。其下設置6個研究據點及19個管理或研究團隊。本次研習，主要拜訪單位為築後研究據點暖地溫暖化研究團隊。該研究團隊之主要工作內容為評估暖化對農業生產所造成之影響程度，並解開其生理機制。後續開發對抗暖化之生產技術，以克服因氣候暖化所造成的不良生產環境，達到穩定的農業生產目標。

在日本，大約1950年至1960年初，高溫成熟障害開始成為水稻栽培的問題之一。根據日本氣象廳的資料，這個時期的水稻成熟期氣溫較以往都高，且由於當時很多地區進行早期栽培，出穗期因此比以往提早了20天左右，也使得水稻成熟期的氣溫提高。而關於近年來常常發生高溫成熟障害的原因，主要是自1990年前後開始，頻繁出現打破以往記錄的異常高溫。另外，越光等早熟品種的栽培面積擴大，以及配合大型休耕政策而將插秧期提早等原因，又使得水稻的出穗期更加提前，也造成水稻成熟期溫度更加的上昇。此外，為了提高食味值而過度的減施肥料，以及成熟後期太早斷水等，也都是助長高溫成熟障害的原因。

觀察成熟期高溫與白濁化的關係時，發現當出穗後第7天開始到成熟期的日平均氣溫達到24℃時，開始會有心白粒的發生，達到27℃時開始會有背白粒及乳白粒的發生，30℃時背白粒、33℃時乳白粒、36℃時死米就會大量的發生。再者，出穗後20天的日平均氣溫若達27~28℃以上時，背白與基白粒的比率就會急遽增加，一等米的比率也會因此快速下降。

另外，關於成熟期間的夜溫或是日溫對水稻的白未熟粒產生有較大的影響，根據日本農林水產省統計部的作物生產狀況資料來分析，白未熟粒與最高氣溫、最低氣溫、平均氣溫三者，皆顯示有相同程度的相關。但是，在部分學者的研究報告中，則顯示其與最低氣溫有較高相關性的傾向。另外，在進行田間試驗的相關分析時顯示，當日射量較少時最低氣溫會較高而最高氣溫會較低。因此，當我們在進行水稻高溫下米質穩定性評估試驗時，也必須要留意氣象因子彼此間的相關性。所以，為了能更嚴謹地進行相關試驗評估，最好能在人工氣候室內進行試驗。九州沖繩農業研究中心的研究人員，曾經利用該研究中心的小型溫室進行高溫下米質穩定性評估試驗。其方法為，以水稻成熟期最適溫度22℃進行全日處理（日22℃/夜22℃）為對照組，僅白天以34℃處理的高日溫條件（日34℃/夜22℃），僅夜晚以34℃處理的高夜溫條件（日22℃/夜34℃），來觀察到底是高日溫還是高夜溫，會讓糙米的透明度較最適溫度低下。在試驗結束後，該研究人員依試驗分析結果判斷，高夜溫對糙米透明度低下的影響應較高日溫的影響為大。而為了能更嚴謹地進行水稻高溫下米質穩定性評估試驗，該研究中心在2009年採購了三間人工氣候室，以進行後續相關試驗。



九州沖繩農業研究中心為研究低日照對水稻品質影響所設置之遮光棚架



九州沖繩農業研究中心為研究高溫對水稻品質影響所設置之昇溫棚架



水稻高溫下米質穩定性評估試驗進行高溫處理所使用之小型溫室，僅可針對不同時間之溫度進行設定



水稻高溫下米質穩定性評估試驗進行高溫處理所使用之人工氣候室，可針對不同時間之溫度、濕度、二氧化碳、光照等進行設定

在水稻育種方面，九州沖繩農業研究中心已育成一個耐高溫寡照條件之水稻品種「にこまる」。此品種是九州沖繩農業研究中心在1996年8月時，以具有早熟、高產、極良食味的「は糸626」為母本，以及具有早熟、高產、極良食味的「北陸174号」為父本，進行雜交所育成的水稻品種。育種過程為經雜交後，於1997年2月時將F1栽培於溫室、同年8月F2栽培於田間進行世代促進，1998年1月時委託國際農研沖繩支所作作物育種世代促進研究室進行世代促進。同年再以F4進行個體選拔，之後以系統育種法進行選拔固定。1999年F6世代時以「泉722」的名稱，進行產量檢定試驗，2000年以F7世代進行特性檢定試驗及系統適應性檢定試驗。因各試驗表現良好，於2002年F8世代以「西海250号」作為地方名稱命名，並提供至轄內各縣檢討其地方適應性。2005年正式命名為「にこまる」，並於2008年完成品種權登記。

「にこまる」是生育期與「ヒノヒカリ」相同的稈種水稻，具有較「ヒノヒカリ」穩定且優良的外觀品質，且具有高產的特性。米的蛋白質含量較「ヒノヒカリ」明顯低，且白米碾製率也較「ヒノヒカリ」更高。其食味與「ヒノヒカリ」、「コシヒカリ」相同，皆為極良食味。該品種與九州主要之水稻栽培品種「ヒノヒカリ」比較，在齊穗期莖部的非構造型碳水化合物（NSC）較多，在成熟期可轉流至穗部提供穀粒充實之用。因此，在高溫寡照條件下，「にこまる」收穫之糙米外觀品質較「ヒノヒカリ」為佳。



九州沖繩農業研究中心所育成耐高溫寡照條件之水稻品種「にこまる」。該品種與九州主要之水稻栽培品種「ヒノヒカリ」比較，在齊穗期莖部的非構造型碳水化合物（NSC）較多，在成熟期可轉流至穗部提供穀粒充實之用。因此，在高溫寡照條件下，「にこまる」收穫之糙米外觀品質較「ヒノヒカリ」為佳



將水稻根部、穗部及葉身去除掉，僅保留莖部及葉鞘作為測定齊穗期莖部的非構
造性碳水化合物（NSC）之材料



將測定齊穗期莖部的非構造成碳水化合物之材料（莖部及葉鞘）切碎，以進行後
續檢測

四、檢討與建議：

- (一) 水稻成熟期的高溫常導致稻米品質的下降，造成商品價值的下降。日本研究單位很早就對此進行相關研究，也有了初步的成果。台灣在這方面的研究目前還相當少，建議國內相關研究單位儘早開始，以提高國產稻米品質。
- (二) 日本農研機構的組織分為作物別與地區別，如作物科學研究所及九州沖繩農業研究中心等，其下還有各縣的農業研究中心，負責不同轄區的農業研究及推廣。這些單位在水稻育種及栽培的研究方面都很先進，建議國內相關研究人員可多前往參觀學習，以提昇國內研究的水準。
- (三) 台灣所謂的白垩質粒在日本稱為白未熟粒，包含有乳白粒、心白粒、腹白粒、背白粒、基部未熟粒、青未熟粒及其他未熟粒等。因成熟期高溫而發生的白未熟粒，主要為乳白粒、背白粒及基部未熟粒等。此外，糙米全部白濁且表面沒有光澤的死米也會因高溫而增加。另外，包含於被害粒中的胴割粒的發生，也會因成熟初期最高氣溫的上昇而增加。再更進一步觀察高溫成熟條件下充實不良的糙米時，發現大部分是被分類到其他未熟粒。這種充實不良的糙米，具體而言具有米粒扁平、縱溝深、糠層厚等特徵。在這種充實不良的情況下，糙米常因品質分級的等級下降，進而造成商品價值的下降。因此，降低白垩質粒的發生，可有效提高稻米的商品價值。
- (四) 白未熟粒的米粒在加工方面，由於白垩質部分因構造上較脆弱，在由糙米碾成精白米時較易碎裂。而其所碾成的精白米在煮飯的時候，飯粒也容易變得不完整而黏成一團。因此，從事便當及飯糰的加工業者也特別不喜歡這種米。另外，胴割粒的糙米在精白時容易碎裂、充實不足的糙米糠層較厚，這些糙米都會造成白米碾製率低落，也常為人所詬病。所以，若能減少白未熟粒的發生，除了可增加稻米產量、提高品質，同時也可增加農民之收入。
- (五) 台灣在遭遇水稻高溫障害時，建議參考目前日本的因應對策，列舉如下：
1. 利用具高溫耐性的水稻品種作為雜交親本，選育具高溫耐性的水稻品種，以提高國產稻米品質。
 2. 參考日本將插秧期延後1~3週以避開成熟期高溫，抑制白未熟粒發生的作法。調整台灣水稻插秧時間，將一期作插秧時間提前1~2週，二期作插秧時間延後1~2週，以提高國產稻米品質。
 3. 參考日本視水稻葉色酌量施用穗肥，抑制白未熟粒發生的作法。於水稻幼穗分化0.2公分時，適期適量施用穗肥，以提高國產稻米品質。
 4. 參考日本延後斷水時間至抽穗後40天，抑制白未熟粒發生的作法。在不妨礙收穫作業情況下，儘量延後斷水時間，以提高國產稻米品質。