

出國報告〈出國類別：考察〉

日本沖繩縣海洋深層水的發展現況及其 在農業栽培的利用

服務機關：行政院農業委員會臺東區農業改良場

姓名職稱：許嘉錦 助理研究員

派赴國家：日本

出國期間：100年9月21日至100年9月27日

報告日期：100年11月30日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：日本沖繩縣海洋深層水的發展現況及其在農業栽培的利用

頁數：12 含附件：否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

農委會臺東區農業改良場/陳清淮/089-325110 轉 510

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

許嘉錦/農委會臺東區農業改良場/作物改良課 /助理研究員/089-325110 轉 634

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他：

出國期間：100 年 09 月 21 日 100 年 09 月 27 日 出國地區：日本

報告日期：100 年 11 月 30 日

分類號/目：

關鍵詞：海洋深層水、沖繩縣、農業、根溫、溫控栽培、菠菜

摘要

日本沖繩縣海洋深層水研究所是全球研究海洋深層水運用在農業的最佳模場，本次考察目的在取得冷溫海水在蔬菜及花卉栽培的利用技術，特別是根域冷溫栽培技術在葉菜類的運用成果。沖繩縣海洋深層水研究所農業領域負責人兼島盛吉博士是主持該計畫的核心人物，所有行程及實地參訪均由其安排，不僅獲知日本在海洋深層水的最新發展，由於其與當地業者互動良好，筆者也實際走訪海洋深層水在食品業、水產養殖及漁業等多方面運用的情形，而於農業方面，實際參訪兼島博士的溫控栽培設施，了解其運作的模式及效果，特別是在將研究推展於可實際運用的領域，可以看到不少簡易而有效的利用模式，並促成小規模商業。沖繩縣海洋深層水研究所所在地緯度與台北相近，溫室內的微環境與台灣相似，相關技術應可以完全應用於即將建成的海洋深層水設施，加速我國海洋深層水在農業運用發展。

目次

壹、目的.....	1
貳、參訪行程.....	2
參、參訪及交流過程.....	3
肆、心得與建議.....	8
伍、參考文獻.....	10
陸、附錄.....	11

壹、目的

海洋深層水是一項發展中的產業，主要汲取 200 公尺以下的深層海水，利用其恆定低溫、穩定潔淨、富營養鹽與性質恆定等特性，其主要之產值在於包裝水、化粧品休閒事業以及水產養殖等，然而過程中深層海水恆定低溫特性並未被充分利用，為一具有附加價值的能源，可再藉由熱轉換將冷源導入農業設施栽培中，建立相關設施與栽培的技術，使熱帶地區能夠在夏季生產冬季或高需冷性的各項作物。在海洋深層水相關的研究單位中，尤其以日本沖繩縣的沖繩縣海洋深層水研究所在農業利用的研究最具成果，也較接近實用性。目前我國政府投資的「國家水產生物種原庫-台東支庫」即將完工，充分的了解和汲取相關的研究成果是刻不容緩的工作。本次考察目標，可以了解葉菜類在海洋深層水溫室中實際生產的可行性，以及產品在市場的競爭情形，對於相關設備的設計與關鍵技術也都能確實掌握，將可運用於我國海洋深層水研究模場，加速其在農業運用領域的發展。

貳、參訪行程

行程：

日期	起迄地點	考察行程
100/9/21(三) Day1	台灣桃園機場— 日本沖繩機場	1. 啓程。 2. 調查那霸市海洋深層水相關商品販售情形。
100/9/22(四) Day2	日本那霸機場— 久米島機場	1. 日本國內轉機。 2. 拜訪縣沖繩縣海洋深層水研究所 兼島盛吉 博士 洽談台日兩方於海洋深層水之研究與 利用概況。
100/9/23(五) Day3	沖繩縣久米島	1. 參訪島上海洋深層水相關利用及廠商。 2. 調察該島上販售之海洋深層水商品。
100/9/24(六) Day4	沖繩縣久米島	1. 參訪沖繩縣海洋深層水研究所深層海水汲 取模式及各項硬體設施。 2. 參訪沖繩縣海洋深層水研究於各領域之運 用情形。
100/9/25(日) Day5	沖繩縣久米島— 日本那霸機場	1. 參訪沖繩縣海洋深層水研究所於農業利用 設施及栽培情形。 2. 下午返回那霸市
100/9/26(一) Day6	沖繩縣那霸市	1. 調查那霸市海洋深層水相關商品販售情形。
100/9/27(二) Day7	日本沖繩機場— 台灣桃園機場	1. 調查那霸市海洋深層水相關商品販售情形。 2. 中午返抵國門。

參、參訪及交流過程

本次考察對象係經日本海洋深層水研究專家高橋正征博士(Dr. Masayuki Mac.Takahashi)的介紹，高橋博士說明日本海洋深層水在農業領域的研究主要有兩個研究機構，其一是高知縣海洋深層水研究所，那裡主要是進行深層海水豐富的礦物質對提昇蔬果品質方面的研究，其二則是沖繩縣海洋深層水研究所，那邊則是著重在利用深層海水冷源來栽培高需冷性的作物。高橋博士目前任國立台東大學特約講座教授，熟知台東縣境內海洋深層水發展現況，透過其引薦前往拜訪在沖繩縣海洋深層水研究所任職農業領域負責專家的兼島盛吉博士(Dr. Moriyoshi Kaneshima)，過程中兼島盛吉博士均親自帶領及介紹，參觀及訪談了久米島的海洋深層水的營運廠商，沖繩縣海洋深層水研究所海洋深層水汲取設備、水產領域的研究以及農業領域研究現況等。

一、海洋深層水之介紹

深層海水 (deep ocean water, DOW or deep sea water, DSW) 是指海水深度達在溫躍層以下的海水，據美國、日本兩國的研究顯示，「水深 200 公尺以下」，就是廣義的海洋深層水，這些自海面以下數百公尺至一千公尺處汲取上來的海水，由於具有恆定的低溫、豐富的礦物鹽、極少病原菌和性質穩定等特質，除具有供作包裝飲用水的潛力以外，也可發展海水養殖與農業栽培，或提供製藥、健康食品及休閒理療等多種用途，而更高遠的目標則是用作溫差發電及稀有元素的濃縮開採，具有一定的開發經濟價值。

二、日本沖繩縣海洋深層水研究所介紹

日本在海洋深層水的研究發展很早，早在 1978 年即投入研究，初期是供作海洋發電研究用，後期則是轉為商業營運，著重在飲料食品、水產加工、養殖、化妝品、保健品及旅遊休憩等多元用途。至 2011 年日本全國公部門與私人企業設置的海洋深層水汲水站共計有 17 處，最北處為北海道的羅臼町，最南端即為沖繩縣海洋深層水研究所(日本海洋深層水協會資料)，上述的 17 個深層海水汲水站每日汲水總

量為 46,515 公噸海水，其中沖繩縣海洋深層水研究所每日汲水量為 13,000 公噸，占總數的 27.9%，是日本全國汲水量最高者，沖繩縣海洋深層水研究所的汲水深度為 612 公尺，海下取水口至抽水站的水平距離為 2.3 公里，為最短的距離內獲取最大深度的抽水站，可以有效的節省海下布管的費用。另外，沖繩縣海洋深層水研究所設置在沖繩縣南側離島久米島上，緯度與台北市相近，是日本最接近熱帶地區的一個汲水站，目前規畫將取水深度延伸至 1000 公尺，以發展溫差發電的可行性。

沖繩縣海洋深層水研究所實際編組相當簡單，所長下僅 3 個部門，即庶務、水產領域與農業領域，正式人員為 6 名，其下約有 15 名技術員和助理人員等共同維護該研究所的整體運作。水產領域的研究目標為利用海洋深層水恆定低溫、富含營養鹽以及潔淨的特性，調和當地溫暖的表層海水，運用於各種海水水產養殖之研究與商業開發上。農業領域的研究目標為利用海洋深層水恆定低溫特性，運用於將栽培介質的土壤溫度降低，使全年可以生產各種高需冷性的蔬菜、水果與花卉。

三、考察過程

(一) 日本沖繩縣海洋深層水在食品產業的運用：

海洋深層水運用在食品上主要是利用其清淨少病原菌、富含營養鹽與礦物質、以及恆定低溫的特性，應用於食品加工方式有三：一為直接使用；其次是脫鹽後使用；其三為濃縮後使用。在此次參訪的久米島上，海洋深層水利用做為飲料包裝水的公司有 3 家，有 2 家屬於中小型的工廠，且只單純生產包裝水，另一家「久米島海洋深層水開發(股份有限公司)」是生產多元產品的公司，除了包裝水，還有食鹽、水產事業等。生產飲料包裝水的工廠均是將海洋深層水利用脫鹽技術處理後，製造成包裝水，能夠保留水中豐富的其它礦物質，其售出價格約為一般包裝水的 1.3 倍，但主要的價格決定因素是水質的硬度，以軟水之價格較高。

(二) 日本沖繩縣海洋深層水在水產養殖業的運用：

海藻的養殖技術是久米島海洋深層水運用上較有成果的項目，此次參訪「久米島海洋深層水開發」水產事業部，是島上生產「海葡萄」最成功的廠商，由於產品銷售情形良好，生產基地仍持續擴增中。這家公司是以生產海葡萄的鮮品和加工熟

食品的食品公司，在生產流程上，從母株的繁殖、栽培養成、和採收後的淨化等過程，全部都引用海洋深層水，充分利用其清淨少病原菌、富含營養鹽與礦物質的特性，因此在產品品質上，遠較使用表層海水者為佳。由實際的市場調查，久米島和那霸市區各大超商都有販售其產品，而行程中大小餐飲裡也有不少機會品嚐到海葡萄的涼拌料理，可說是能見度相當高的產品。另外，全島有 3 個大型的草蝦養殖場，他們利用表層海水來養殖成蝦，但種苗卻都來自專業的海洋深層水「草蝦」種苗，成蝦養殖之所以未能採用海洋深層水的主因，是因為汲取的水量仍不足以供給水產養殖的消耗，所以只能使用在種苗關鍵的技術上。

此外，海洋深層水也利用在水產品的保鮮上，在島上的主要漁港，海洋深層水從沖繩縣海洋深層水研究所的基地被引水至大約 2 公里外的這個漁港，海水被裝盛在保麗龍箱中，並加入冰塊來降低溫度，上岸的新鮮漁獲，就直接吊起浸入保麗龍箱中保鮮並運送至目的地。當地的漁民和餐廳的買魚者都表示，浸泡在深層海水中保鮮的漁獲，比傳統的表層海水更能保持魚肉的鮮美。因此，對於較高價的魚獲（此次考察看到的是黃鰭鮪）都傾向使用海洋深層水來作為運送時的保鮮液。

（三）日本沖繩縣海洋深層水在化妝品及旅遊休憩的運用：

久米島上有一家名為「Point Pyuru」的小型化妝品生產工廠，這家公司利用高礦物質特性海洋深層水和鹽泥為材料，製成各式的化妝品，在工廠內主要展示其生產的產品，得在穿著防污衣物的情形下，才能參觀其生產流程。公司規規模雖然不大，但仍設置有研發部門來開發和設計新的產品。而在原料混拌、調製和包裝等流程上，則是採行半自動化的模式。各流程銜接部分和最後包裝封膜作業都採用了較多的人力，整個工廠在運作時約有 30 名員工。在那霸市進行海洋深層水產品販售市場調查工作時，有調查到這家公司設在市區的營運部門市，位在單軌列車車站附近，店面約 7 坪大小，頗具規模。在休閒事業的開發上，距離海洋深層水研究所約 3 公里，一處有著美麗貝殼砂的海岸邊，有家名為「Deep Sea Spa & Resort」的旅遊業廠商，從沖繩縣海洋深層水研究所的基地引水，將海洋深層水引到各個按摩水池和游泳池，提供遊客使用，這家休閒 spa 館約可以容納 100 名遊客。

(四) 日本沖繩縣海洋深層水在農業的運用:

兼島盛吉博士是沖繩縣海洋深層水研究所農業領域的主持專家，主要研究在於利用根域冷溫系調控適合的根溫，篩選於夏季高溫期可正常生產冷季的蔬菜，同時也利用深層海水對苦瓜做葉面噴施處理，探討對生育、收穫量及病蟲害發生的影響。兼島博士建立的根域冷溫系統，係在栽培床中埋設 22mm 的 PVC 塑膠管，由管中流動的冷水，將冷溫擴散至整個介質中，使介質形成溫度梯度，再依試驗的結果，決定作物栽培位置需距離水管多遠。除此，也還要考量空氣中的氣溫，因為在這項設計中，只有針對地溫進行降溫控制，氣溫是不進行調控的，且由於是在普通遮雨溫室中進行的，因為沒有主動降溫設備，在夏季時室內氣溫常高達 40°C 以上，此時作物的地上部必需能夠忍受高溫環境。因此，除了建立根域冷溫系統，再來就是進行大量的品種試種和篩選的工作，從現有的品種中選出適合於這樣環境特性，能夠生產且品質良好的品種。目前這項研究最成功的作物是菠菜，兼島盛吉博士篩選 19 個菠菜品種，並從中選獲 2 個表現優良的品種，極適合在他設計的根域冷溫系統中栽培。在這菠菜的栽培系統中，冷水管深度是 10cm，間距則是 20cm，水管內的冷水水溫是 12°C，流速則為 2L/min，菠菜定植於配管中間，也就是各距離水管 10cm 的位置，可以獲得最佳的生產品質以及最節約的佈管費用。此外，因為溫室的生產成本較高，當詢問其利用育苗盤集中育苗，再定植於溫室植床是否能提昇生產效率時，兼島博士則說明，實際操作時並沒有差異，以育苗盤先育苗再定植於植床，到採收的時間與直播法所費的栽培時間相同，都大約是 30 天，也就是採用穴盤苗栽培上並沒有比較省時，且較為費工(因為需要另外育苗和定植時的移植工作)，他指出穴盤苗之所以沒有顯著縮短生產期程的主因，可能是因為移植時對幼苗的根系造成傷害，而延緩了定植後的生長表現。

除了根域冷溫系統對葉菜的栽培研究，兼島博士也進行洋桔梗的育苗研究，這部分是將洋桔梗播種在 144 格的穴盤中，穴盤直接放置在直徑約 1cm 的冷水銅管架上，利用銅管中流動的冷水，將低溫傳導到穴盤的介質中，且由於銅管的低溫造成空氣水分的冷凝現象，使銅管表面布滿水滴，進行直接提供給穴盤的供水，是相當便利的設計。培育洋桔梗的簡易溫室除了根域溫控外，也有進行氣溫控制，所利用的是相當簡易的熱轉換設備，也就是將冷水流經汽車用的散熱板，再以一般風扇將

氣流帶過散熱板，輕易的將冷水的冷源轉換為涼溫空氣。兼島博士說明這是為了將來能夠普遍且便宜的推廣農民使用而做的設計。而就在溫室外側，有一類似台灣隧道式栽培的簡易設施，採用高架設計，原來這個是菠菜根域冷溫系統的簡易版本，原理相同，但是不用溫室，而是簡易的隧道式塑膠布，只是把一條冷水管往系統一接，翻開塑膠布，裡頭一樣是生長良好的菠菜。

由於兼島博士對菠菜的研究相當透徹，研究所溫室裡的菠菜不再只是研究目的，而是久米島上海洋深層水在農業領域中，唯一成功商業化的作物。在日本夏季也是炎熱高溫的氣候，各地也幾乎都無法生產菠菜，北海道是唯一的產地，菠菜售價十分高，每包超市零售價約 400 日元(4 株，約 2-300 公克)。因此，沖繩縣海洋深層水研究所與當地農民合作，依據上述的技術來生產菠菜並販售，每包生產成本(水電及溫室設施，不含汲水成本)則約為 120 日元，市場零售價則約 200 日元(2 株，約 150 公克)，相當具有競爭力。

肆、心得與建議

心得

1. 本次赴日本考察海洋深層水在農業栽培上的利用與低溫設施栽培的設計，已確實得知在根域冷溫系統的詳細運作情形，將來可運用於即將建成的國家水產生物種原庫-台東支庫-精緻農業研發棟相關的設施和應用研究上，加速我國海洋深層水在農業研究和進展。日方的研究相當的貼近產業端的利用層面，如簡易式隧道式高架植床設計，說明未來海洋深層水有可能發展成以管計費的模式，將冷水管租給有意利用冷溫海水生產蔬菜的農民使用，而這將使得海洋深層水的產業可以由單點擴展到周邊農地，形成較具規模的經濟活動。不過，筆者原本所關心的栽培周轉率的問題，因日本的研究已經指明採用育苗方式無法有效的縮短栽培時間，植床的周轉率勢難有所突破，需再就台灣這邊實際的情形和技術來探討。
2. 日本沖繩縣海洋深層水研究所設置在南側的久米島，選定在此的主要考量是爲了獲得較優良的海洋地質條件。因爲久米島在海洋地質上，有著在最短的離岸距離(2.3km)內汲取較深(612m)的深層海水的特色，且久米島也是日本最靠近熱帶的地區(僅比台北緯度高些)。然而，因爲獲取這些優良條件，也得包容久米島地處偏遠缺點。久米島的沖繩縣海洋深層水研究所雖已運作 12 年，但開發海洋深層水而建立的公司僅有 17 家，總體營業額約爲 15 億日元。筆者個人覺得，沖繩縣在海洋深層水的運用並未如預期，大概也受限於偏遠的因素。但沖繩縣海洋深層水研究所的價值，應該在更長遠未來的溫差發電和海洋礦物濃縮的研究，目前尚難以用現在的產值來衡量。
3. 本次考察接待的兼島盛吉博士，是一位認真於研究工作的專業人員，其家鄉並非久米島或沖繩縣，而是本州的人，原本主修小麥方面的研究，但是因爲對海洋深層水的熱情，一投身就是數十寒暑，其敬業與熱誠是值得筆者所效從的。另外，除了工作和研究，他更融入農民及業者，努力的將海洋深層水所能成就的產業一一拉攏，這一點從他帶筆者處處走訪時，每遇及人群總被人拉著寒暄幾句的事實中，窺得一二。

建議

1. 海洋深層水的天然冷源對熱帶地區的農業有極大的潛力，但是爲了使用冷源海水，海洋深層水農業將被限制在汲水站的附近。解決之道在於將作物的栽培進行分割，採用接力式的栽培，即只對作物有低溫需求的生長期進行短期的栽培，再送往下一個接力栽培地，需要注意作物的運輸成本，以單位體積植株密度較高的爲佳，例如洋桔梗和涼溫草莓苗的種苗生產，就具有這項特點。花卉的涼溫催花也是接力栽培的一種方法，但是，進行催花的植物都是成株，且催花後花蕾十分脆弱，不宜過度堆疊，運送成本高，遠不如種苗生產的潛力。另外，就是轉爲利用海洋深層水豐富的營養鹽，對栽培作物做微量噴施或灌注，以提高作物的品質及售價，如此，將深層海水濃縮並運送到各地，完全不受限在汲水站附近。
2. 提高溫室單位面積作物周轉率是降低栽培成本的重要因子，採用育苗後定植的栽培方式，可以有效減少幼苗期佔用植床的時間，從而提高植床的周轉率。此方法的關鍵技術，是克服蔬菜移植後產生的生長停滯，應可以篩選根系耐損傷的蔬菜種類和品種，或是改進穴盤苗育苗的技術，減少根系受傷程度。

伍、參考文獻

1. 日本海洋深層水協會。2011年10月。網址: <http://www.npojadowa.net/>
2. 陳國隆。2005。日本海洋深層水資源開發利用及發展現況。IT IS 產業評析。1-9。
3. Naoki Taniai and Moriyoshi Kaneshima,. 2011. Selection of spinach cultivars suitable for a soil cooling system. 沖繩深層水研報 8 號:43-45。
4. Takuma Nakasone and Sadamitsu Akeda,. 2000. The application of deep sea water in Japan. UJNR Technical report. 28:69-75.

陸、附錄



圖 1. 久米島海洋深層水產品展售處。



圖 2. 以海洋深層水開發出多項化妝品。



圖 3. 海洋深層水機房內的冷交換機設備。



圖 4. 研究所內的水藻養殖設施。



圖 5. 研究所內的農業研究溫室群。



圖 6. 溫室設施旁新建的抗風設施，有助於颱風期間減少溫室損失。



圖 7. 簡易塑膠布溫室內，菠菜實際栽培情形。



圖 8. 簡易隧道式高架栽培床設計，十分貼近農民生產利用需要。



圖 9. 利用冷水銅管做的降溫系統。



圖 10. 簡易式冷交換機，利用冷水流經散熱片與風扇的作用，組裝為降溫系統。



圖 11. 超市販售的食用海藻「海葡萄」。



圖 12. 沖繩縣海洋深層水研究所與久米島農民合作生產之菠菜商品。