出國報告(出國類別：研習)

深層海水在農作物栽培上之利用與規劃

服務機關：行政院農業委員會臺東區農業改良場
姓名職稱：羅聖賢副研究員兼課長
派赴國家：日本
出國期間：96 年 10 月 25 日 至 10 月 21 日
報告日期：96 年 12 月 2 日

目次

一、 摘要 2 頁

二、 研習背景 3 頁

三、 研究動機與目的 4 頁

四、 深層海水的定義與特性 5 頁

五、 研習過程 9 頁

六、 心得及建議 11 頁

七、 參考文獻 14 頁

深層海水在農作物栽培上之利用與規劃

羅聖賢

摘要

高知土佐羽根支所附近農民以深層海水澆灌利用鹽分逆境原理生產深層海水農產品的茄子及番茄。並未見利用深層海水低溫設施來生產蔬果，反而是在溫室內有加溫設備，可見日本冬天農作物生產需適度加溫，以降低農作物寒害發生。夏天因受限於農場與深層海水取水站距離，無法充分利用冷源，但可利用鹽分逆境來增加農作物品質與產量。臺東水試所水產養殖種源庫，場址近海邊，雖較能充分利用冷源，但因臺東夏季多颱風，溫室應建在較避風的地方，以降低溫室遭颱風破壞的風險，挑戰性雖高，成功率相對增加，值得一試。

1. 研習背景

深層海水是斜溫層以下（約海平面 200 公尺以下）的海水，陽光無法進入，具低溫（我國海域調查為 6～9℃）、富礦物質及營養、清澈乾淨、病原菌稀少等特性（經濟部水利署，2006），目前應用的方向有：去鹽造水、生產飲料水（冷凝）、水產養殖、食品加工、製鹽（海水蒸發後的豐富營養鹽）、灌溉逆境作用，生產保健補品、製藥、水療、製造化妝品等多種產業上，台灣東海岸位於大陸棚邊緣，具有地理位置之優勢，以台東為例，在太麻里溪出海口附近，出海岸約 2.2 公里，海洋深度即達 800 公尺，溫度為 6 至 9℃，所以台灣東部有優越深層海水資源（圖 1.）。

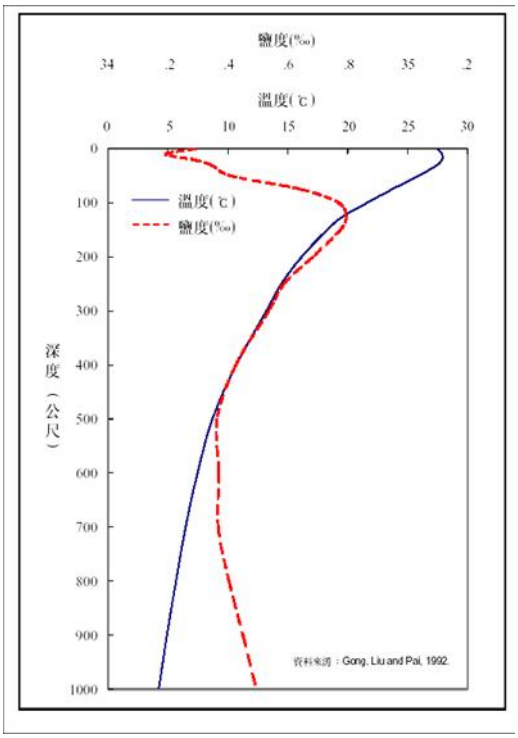

圖 1 台灣東海岸海水深度與鹽度、溫度的關係（經濟部水利署）

日本國從 1976 年開始對深層海水做基礎的探討，1989 年及 1994 年在 Kochi 縣分別完成了深層海水一號、二號的抽取系統每天的取水量深層海水為 920 t/d，溫度為 9.5 ℃，表層海水每天的取水量亦為 920 t/d，Toyama 縣 1986 年建立了深層海水的抽取系統，每天的取水量是 3000 t/d，溫度為 2℃。2007 年 Kochi 縣室戶市 AQUA FARM 每天的抽取量已增加到 4000 t/d，但相較於 Hawaii 的 NELHA 的 88000 t/d，日本的抽取量或經濟效益仍屬不太夠的，目前日本在 Okinawa 縣有 15000 t/d 的大抽取量設備。這些深層海水被運用在魚類、甲殼水生動物、海水蔬菜、浮游植物等的水產養殖上（Nakasone et al.,2000）。

基於日本及夏威夷的深層海水的探究成果，台灣東海岸的深層海水應可加以應用，利用深層水低溫特性，降低溫室溫度探討對較高經濟價值的蔬菜、花卉、藥用植物、果樹生理的影響，建立生產模式，並將高山農業移到平地種植，維持高山生態平衡。

2. 研究動機與目的

目前將深層海水應用在植物生長上的報告很少，尤其是在蔬菜、花卉、藥用植物、果樹的生理影響上的報告幾乎可說是沒有，更別說產業。但是，就傳統的農業中，椰子樹不開花結果時，前人們會在樹根附近澆灌鹽水或直接灑鹽，可促使開花結果；屏東地區的蓮霧有相當產地面積是臨海的，其產品品質一直受人稱讚，因此引發如果將深層海水，調配出適當的濃度，澆灌於蔬菜，果樹，是否能生產出脆度、營養度、質度均較好的蔬果產品。或是利用海洋深層水低溫特性，冷凝後調整溫室溫度，將這些深層海水升溫至大約 13℃後，直接供給水產種源養殖。經調整後冷涼溫室，從事高經濟價值的蔬菜、花卉、藥用植物、果樹生理的探討，是否也有可能得到某些特殊的效果的研究動機。

2.1 深層海水的定義與特性

大西洋深層海水由北往南流，入南大西洋到達南極附近再度冷卻。這股冰冷深層海水再從大西洋流向印度洋，並在太平洋湧現。隨後這些深層海水又在廣大的海域內經由湧升效應，重返海洋表層。最後透過北太平洋低緯度地區較暖、鹽度較低的表層海流將多出的水量送回大西洋，完成此一大規模的對流運動（圖 2）。因此，深層海水終年隨時維持低溫狀態。循環一次約須 2000 年時間(圖 2)。由此可見海洋是非常穩定的生態。

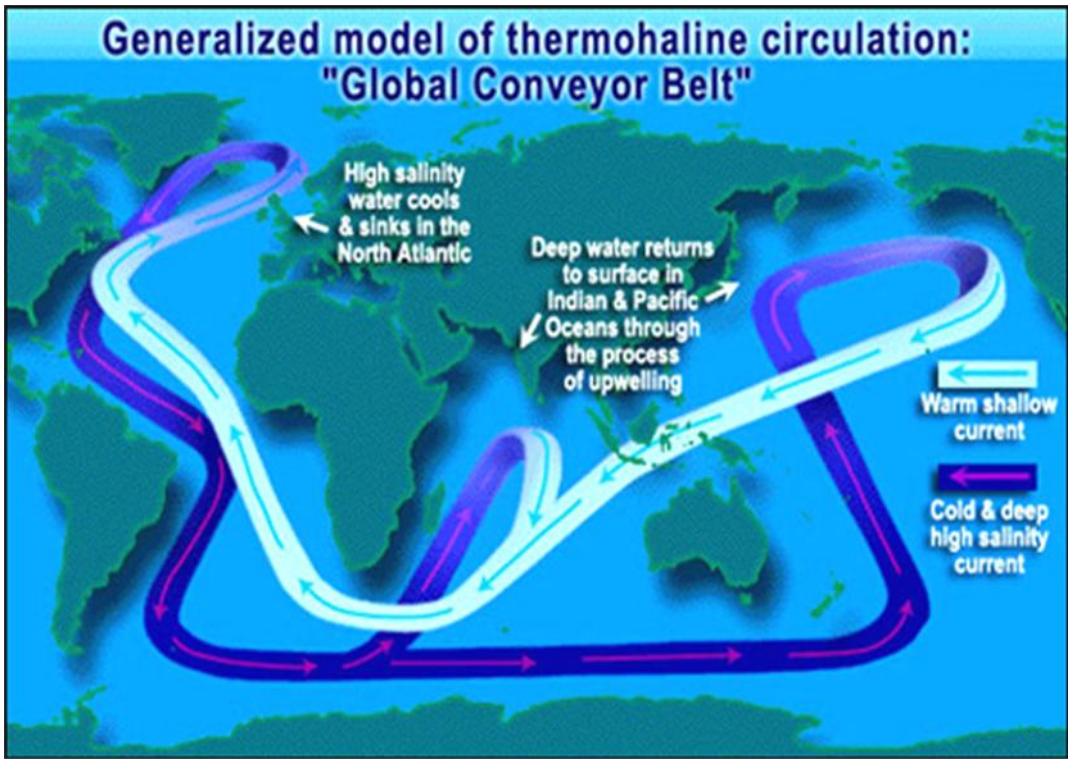

圖 2　深層海水和表層水的循環運動

深層海水（deep ocean water or deep sea water）係指深度達斜溫層(溫躍層)以下之海水（如圖1 所示），據美國、日本研究結果顯示，這些從海面下數百公尺至一千公尺深處抽取上來的冷海水，由於具有低溫、豐礦物、富營養、無病原菌、性質穩定等特質，並含有豐富的氮、矽、磷等成分，水分子更小，適合吸收，除了飲用外，可用於發展海水養殖。不但可以提供發電或冷凍空調低溫介質，亦可作為高價飲用淡水、製藥、理療、健康食品及高經濟價值水產、農產等產業原料，極具開發經濟價值，因此深層海水被喻為「陽光無法眷顧的寶貝」。

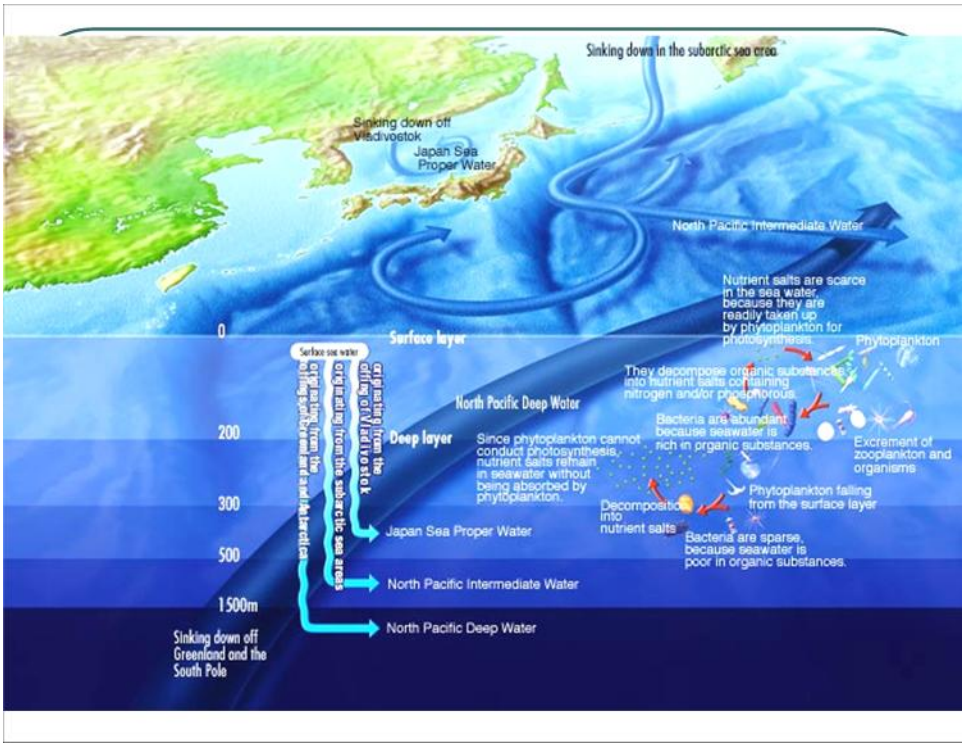

圖 3. 深層海水存在區域

深層海水，係指海水位於 200 公尺以下且屬無光層區域，亦即陽光照射不到的海水。這些海水區域因陽光照射不到，海水低溫，水壓高達 20 個大氣壓以上，浮游生物光合作用無法進行，水質不受大氣變動影響，因此區域近於無菌狀態的潔淨、富含無機營養物及多種微量礦物質。

在表層海水（海水深度在 200 公尺以內）沉澱過程顆粒狀或溶存狀態的有機物，細菌會產生化學酸化、沉澱、移流擴散等分解作用，並隨著深度而逐漸減少，這也是深層海水的水質在微生物學或物理化學方面較為安定且清淨的原因。一般而言，表層水所生成的沉澱有機物，多數在水深 1,000 公尺內就會分解，表層溶存有機物在水深 500 公尺內有 50%會分解，植物光合作用所形成的有機物，則約 15 天左右就有二成會分解。殘存

於深層海水的有機物，對微生物分解殘渣有機物作用的抵抗性相當安定。另外，以有機物營養源維生的各種有害細菌、病菌，在深層海水中含量極低，人為污染少，也是構成深層海水潔淨的原因。

海水斜溫層依其深度在台灣海域之分布如圖.4，而海水垂直深度與特性差異分析則如表.1.。深層海水與一般表層海水最大不同處在於，深層海水具有礦物質豐富、細菌少、恆低溫及水質穩定的特性（圖.5、6.及表1.）。

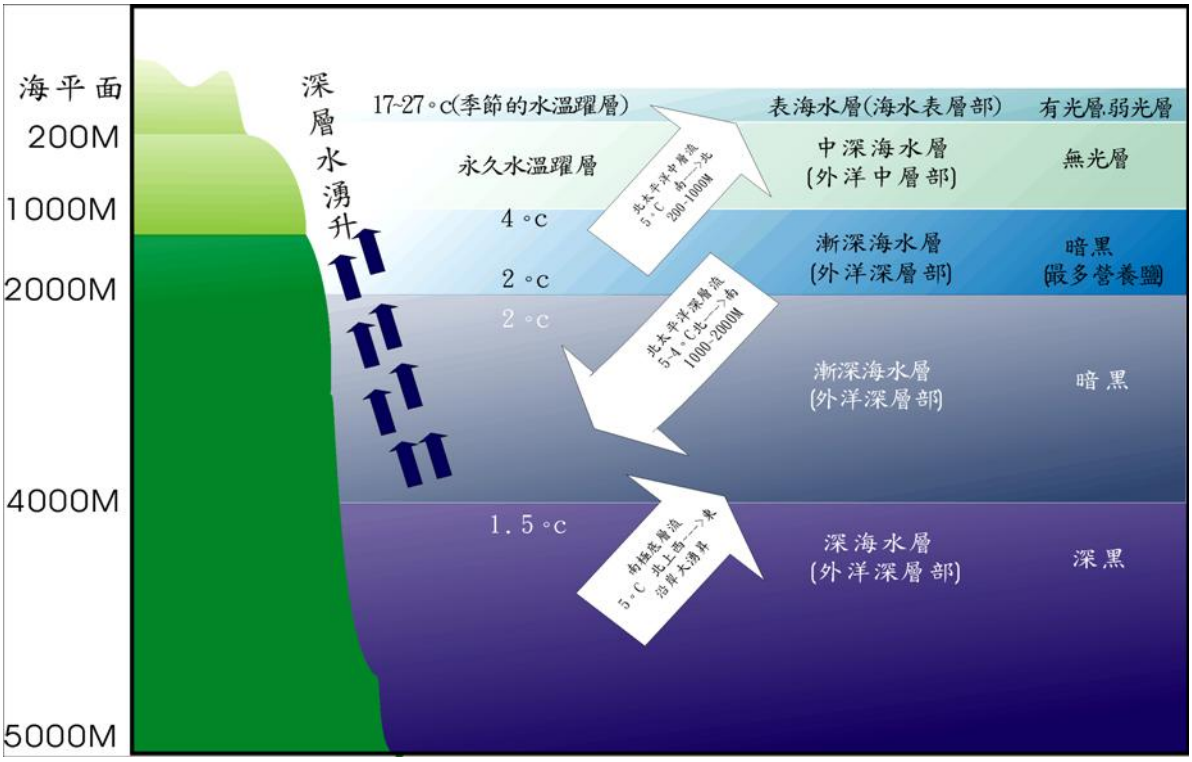

圖.4　海水溫度與光線變化情形

（圖片來源：台東縣政府深層海水生物科技園區規劃書）

表層水	無機營養物質較缺乏，含有許多分解性的溶存有機物質，有光合作用。 有機海水水質容易變化，浮游其中的藻類利用性不高。
中間水	無機營養物質，溶存有機物質處於表層水與深層水的中間狀態，具補償更深層海水的功能。 藻類生產力較表層水高，但不如深層水顯著。
深層水	無機營養物質豐富，分解性之溶存有機物質少。 屬無機海水、水質安定、潛在藻類生產力高，藻類繁殖過程會產生誘導期。

表1.　垂直深度與海水特性差異分析表　資料來源：中島敏光（1988）。

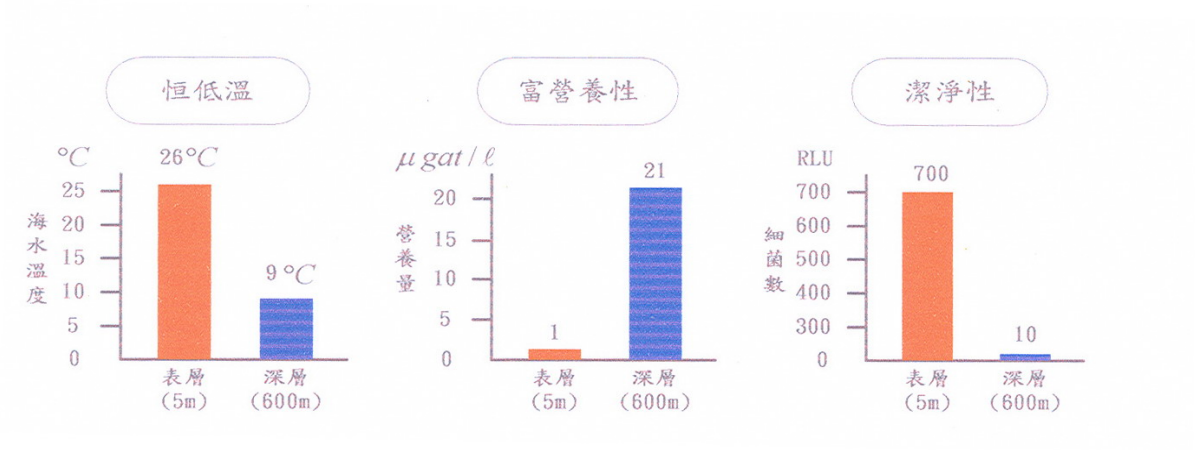

圖.5　深層海水特性　　資料來源：日本沖繩久米島海洋深層水資料

低←無機營養鹽濃度→高

低←溶存有機炭素濃度→高

小←潛在藻類生產力→大

短←誘導期的長短→長

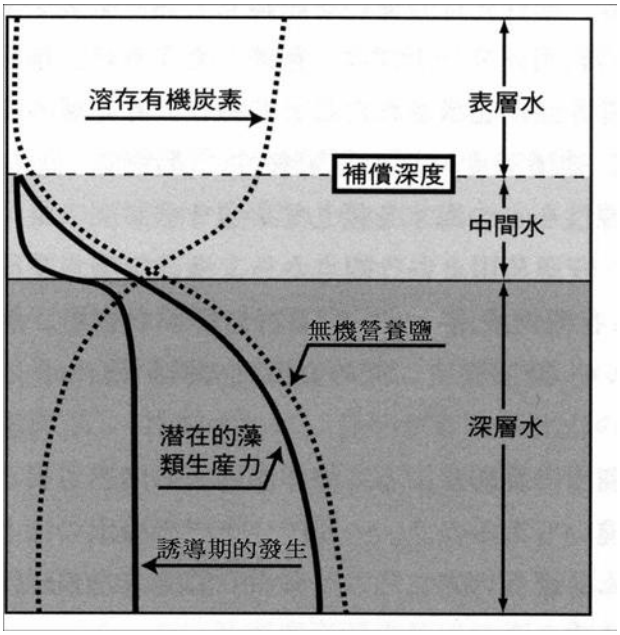

圖 6.　垂直深度與海水特性差異示意圖　資料來源：中島敏光(2000)

3.研習過程

於 96 年 12 月 15 日上午 8 時 25 分搭乘長榮航空班機到大阪，然後雇用專車直奔四國高知縣，次日直接拜訪高知縣室戶市觀光深層水課長稻生宏一、班長池內秒枝子，瞭解室戶市當地深層海水利用情形，觀光深層水課長稻生宏一先生，馬上聯絡高知縣室戶市 AQUA FARM 深層海水推進班富士原夏樹先生介紹有關 AQUA FARM 營運情況。室戶市取水站取水管線總長度 3225 公尺，取水深度 320 公尺，取水量 4000 t/d，脫鹽水 5 t/d。原水日幣 540/t，脫鹽水日幣 7300/t。只供給高知縣商業廠商和室戶市市民用，可見深層海水產能受限。產製之產品，種類繁多如飲料食品、醫藥、化妝品等。

圖 7. AQUA FARM 研發之產品

在室戶市與觀光深層水課長稻生宏一談及此地農家是否有利用深層海水低冷溫度從事農業生產，答案是否，只有利用鹽分逆境來生產茄子生產，由農會作產銷輔導。因此 17 日到土佐瞭解。在往土佐路程中有一市集，販售深層海水茄子及深層海水米，公路兩旁有排列整齊的溫網室(圖.8)。溫網室內，以深層海水澆灌，同時利用蜜蜂為授粉昆蟲生產茄子，經分級包裝販售(圖.9)，設施內只有增溫設備並無降溫設施(圖.10)。

圖 8. 土佐市集販售之深層海水農產品及排列整齊的溫網室

圖. 9 利用蜜蜂為授粉昆蟲生產茄子，經分級包裝販售

圖 10. 溫網室以兩種不同栽培方式生產茄子

目前高知縣室戶市海洋深層水相關產品有 112 家公司經營運作，營業額約日幣 183 億餘元，比 10 年前增加 1800 倍。在返回大阪途中，漸漸遠離農村景象，在休憩小站再也看不到海洋深層水相關產品。17 日夜宿大阪，不論是超市、食品販售店，幾乎看不到海洋深層水相關產品。19 日到東京都會區，閒逛各百貨公司，飯店、超市、車站、地鐵各販賣小店，亦看不到海洋深層水產品或任何廣告、標語，由此可見海洋深層水產品，在日本全國尚未普及。21 日下午 2 時 30 分搭長榮航空返回臺灣，結束 7 日行程。

4. 心得及建議：

日本是全球最早投入深層海水在非 OTEC 領域應用，也是深層海水相關產業發展規劃投入最為積極，成果最為豐碩的國家。根據日本清水建設公司的統計，截至 2003 年 10 月為止，日本各地設置及規劃設置的深層海水取水設施共有 43 個，其中，已完工並進入營運階段者計 12 處，設計及建設中者共 9 處，另外有 22 處正進行評估及規劃，顯示日本對深層海水產業發展的用途及前景抱持相當樂觀的態度。由於深層海水產業體系發展不僅要投入龐大資金，並且需要規劃工程、技術與研發等相關配套措施，日本在 21 處建設中及已完成的取水設施中，僅取水量較少的三浦沖由四家民間公司投資設置及鹿兒島由政府及民間合資外，其餘地點全由日本政府出資興建。若將取極少量深層海水（每日最多五十噸）進行研究的北海道羅臼町排除，現有已完成之 11 處取水地，僅取水設施的投資（不包括其他建築費用）已累計超過 177 億日元，其中屬於政府投資的部份超過 170 億日元，顯示日本政府對深層海水產業發展的積極態度。

1994 年高知縣首先接收從 JAMSTEC 轉移的一條取水管路，進行企業分水試驗，並且同步推動深層海水利用的機制，研發各種產品。1996 年幾家設廠於高知縣的廠商，成功

開發出以深層海水加工的各種商品。因銷售情況極為良好，在隨後幾年間，參與的廠家呈幾何級數成長。應用層面持續擴大，產值也不斷成長，與產品相關的開發和實驗區域更是逐漸擴增。高知縣主要的學研支援單位為高知縣深層海水研究所、高知縣工業技術中心及高知大學；控制水溫，提升種苗存活率。控制水溫，降低夏季高溫所引發的疾病病變。目前日本與深層海水相關產品銷售總值已達 2,000 億日幣，產業擴展效益超過 6,000 億日幣（中島敏光，2002）。然因深層海水相關產業尚處開始與成長階段，且取得來源有其天然限制條件，使得未來產業發展潛力，備受重視。基本上，日本這樣的研究發展模式，仍然循著基礎與純粹研究（basic and pure research），然後進入應用與改進研究（applied and improvement research）之多階

就整個日本深層海水研究及發展歷程來看，研究參與機構涵蓋中央、地方與大學，研究功能類別包括水產、工業、氣象、海洋與生物，研究項目則遍及海洋環境特性、海洋生物、以及陸地與海上各項相關系統設施之開發，這些研究基礎與研究資源顯然是 1990 年代末期到 2000 年初期，深層海水產品能夠開始商業化的重要因素。但以冷源降低溫度從事農作物生理上的研究，在沖繩縣久米島及高知深層海水研究中心利用深層海水低溫特性探討蔬菜、花卉生長，因受限地理環境，僅限於近取水站附近。高知土佐羽根支所附近農民以深層海水澆灌利用鹽分逆境原理生產茄子及番茄，即所謂的深層海水農產品茄子及番茄。並未見利用深層海水低溫來生產蔬果，反而是在溫室內有加溫設施。

逆境是植物遇到的超出了它們平常所處的正常範圍，可能緣起於自然或人為所引發的環境條件的改變（Otte, 2001）。依據這個定義，可以歸納植物所遭遇的逆境可能產生自下列的因素：(1)被引進到一個非原生地區。(2)生存環境由於人為因素或自然因素而引發巨大的改變。(3)遭受到污染物。當植物受到逆境後的生理反應如大豆(Soybean）在缺水的狀況下，植株內會有比不缺水的植株累積更多的松醇（Pinitol），目的可能是用以調整滲透功能（Guo et al., 1997）；阿拉伯芥（Arabidopsis）在乾旱及高熱兩種組合的逆境下，粒線體中的澱粉會分解並產生能量（Rizhsky et al., 2004）；在寒冷及乾旱的環境下植物的一種 mitogen-activated protein kinase 行徑會被啟動，MM4 會產生暫態的累積（Jonak et al., 1996），這些前人的論述多少支持了一個觀點：植物在遭遇逆境時，生理會產生變化以保護自己。至於深層海水對植物的生長影響，將深層海水 10V 的電壓，在 25℃做電透析（Electrodialyzed），去除 NaCl，並灌入 25 公升於 600mm 長、420mm 寬、110mm 高的水槽中，其 pH 值為 6.1，分別在室溫 23℃，相對濕

度為 70%，光照程自 6:00 至 18:00 以及室溫 18℃，相對濕度 85%，在暗室中自 18:00 至 6:00，用水耕法種植菠菜，發現在葉、莖的重量上有增加，並擁有與澆灌自來水或淡水的菠菜相同的溼度及維他命 C 的含量(eresearchpaper. com/electrodialysis -deep-sea-water-production-value)。

在美國夏威夷的自然能量實驗室（NELHA）所做的實驗，用水管在土壤下冷卻並產生冷凝水，可讓熱帶地區生產寒季的蔬菜，並證實這種作法可以加快蔬菜的代謝速率(Daniel, 1994)。

溫控精緻農業參酌美、日等國利用深層海水的低溫安定、富含礦物質、潔淨少病原菌等特性，所發展的低溫蔬果及鹽分逆境生產高品質蔬果的成功經驗，探討評估深層海水在高經濟花卉、藥用植物、葉菜類及果菜類蔬菜日夜溫差的低溫效應及鹽分逆境生理的栽培技術開發，期能解決高經濟花卉、藥用作物在平地不易栽培的困擾、夏季蔬菜短缺及提高蔬果生產品質。

行政院農業委員會水產試驗所臺東水產種源庫為充分利用深層海水低溫特性，本場配合政策性需要，進行溫控精緻農業可行性探討，在日本高知栽培作物，溫室內並不需要降溫，反而冬天要加溫。因此與臺灣栽培需求不同。台東地理環境位置先天上較不利將來園區規劃的水產養殖、食品、生機保健、醫藥、淡化水、鹽類製品等產品類項，需要完善物流規劃，產業效益才有發展的空間。而臺東夏季高溫多溼利用深層海水低溫，來降低溫室內溫度，尚屬創舉，技術上待突破。

5.參考文獻

中島敏光，(2002) 21 世紀の循環型資源 ― 海洋深層水的利用，*綠書坊*（株）

Changxin Guo, Derrick M. Oosterhuis, (1997) Effect of water-deficit stress and genotype on pinitol occurrence in soybean plants, *Environmental and Experimental Botany.* 37, pp. 147-152

Claudia Jonak, Stefan Kiegerl, Wilco Lighterink, Patric J. Barher, Neville S. Huskisson, Heribert Hirt, (1996) Stress signaling in plants: A mitogen-activated protein kinase pathways is activated by cold and drought, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 93, pp. 11274-11279

Ludmila Rizhsky, Hongjian Liang, Joel Shuman, Vladimir Shulaev, Sholpan Davletova, Ron Mittler*, (2004) When defense pathways collide: the response of *Arabidopsis* to a combination of drought and heat stress, *Plant Physiol.* 134, pp. 1683-1696

Marinus L. Otte, (2001) What is stress to a wetland plant? , *Environmental and Experimental Botany.* 46, pp. 195-202

Takuma Nakasone, Sadamitsu Akeda, (2000) The application of deep sea water in Japan, *UJNR Technical report* 28, pp. 69-75

出國報告審核表

<table>
<tr><td colspan="4">出國報告名稱：深層海水在農作物栽培上之利用與規劃</td></tr>
<tr><td colspan="2">出國人姓名
（2 人以上，以 1 人為代表）</td><td>職稱</td><td>服務單位</td></tr>
<tr><td colspan="2">羅聖賢</td><td>副研究員兼課長</td><td>臺東區農業改良場</td></tr>
<tr><td colspan="3">出國期間：96 年 10 月 25 日 至 10 月 21 日</td><td>報告繳交日期：96 年 12 月 27 日</td></tr>
<tr><td>出國計畫主辦機關審核意見</td><td colspan="3">■1.依限繳交出國報告
■2.格式完整（本文必須具備「目的」、「過程」、「心得」、「建議事項」）
□3.內容充實完備
□4.建議具參考價值
■5.送本機關參考或研辦
□6.送上級機關參考
□7.退回補正，原因：□不符原核定出國計畫 □以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 □內容空洞簡略 □電子檔案未依格式辦理 □未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔
□8.本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表：
■辦理本機關出國報告座談會（說明會），與同仁進行知識分享。
□於本機關業務會報提出報告
□9.其他處理意見及方式：</td></tr>
<tr><td>層轉機關審核意見</td><td colspan="3">□1.同意主辦機關審核意見 □全部 □部分_____（填寫審核意見編號）
□2.退回補正，原因：_____
□3.其他處理意見：</td></tr>
</table>

說明：
一、出國計畫主辦機關即層轉機關時，不需填寫「層轉機關審核意見」。
二、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
三、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「出國報告資訊網」為原則。