

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

(裝訂線)

珊瑚礁培育及復育研習

服務機關：台電公司
出國人職稱：一般工程師
姓名：陳國琨
出國地區：澳洲
出國日期：九十年十二月十二日
報告日期：九十一年一月十日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：珊瑚礁培育及復育研習

頁數 26 含附件： 是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話 台電公司人事處/陳德隆/(02)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

陳國琨/台電公司/環境保護處/一般工程師/(02)2366-7213

出國類別： 1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：九十年十二月十二日至九十年十二月二十七日

出國地區：澳洲

報告日期：九十一年一月十日

分類號/目

關鍵詞：珊瑚礁(coral reefs)、復育(restoration)、移植(transplant)

內容摘要：(二百至三百字)

本次赴澳洲瞭解在珊瑚礁培育及復育之努力及成果，並觀摩與珊瑚礁培育及復育相關計畫之執行及成效。在澳洲拜訪雪梨大學生物電子顯微鏡單位，研習含螢光劑種類之珊瑚會如同戴有太陽眼鏡保護之珊瑚，有能力適應全球暖化效應。至大堡礁環境生態持續發展共同合作研究中心研習對珊瑚生態保育及漁業資源之規劃。至大堡礁海洋公園管理局、昆士蘭熱帶博物館、澳洲海洋科學研究所、詹姆士庫克大學及水族館研習珊瑚礁培育及復育計畫。瞭解澳洲在實驗室、水族館及大堡礁區進行多年有關珊瑚礁培育、無性繁殖方面、野外採苗方面、實驗室內採苗及蓄養培育復育試驗方面研究之執行及成效。報告內容包括有實習期間相關見聞及心得、台電公司在珊瑚培育及復育之研究，以及建議事項。建議台電公司、中華民國珊瑚礁學會、國立海洋生物博物館、國立中山大學等各有關珊瑚礁研究的學者專家與相關人員，能共同檢討對於台電公司第三核能發電廠進水口區域新生長珊瑚有最佳之應用，為我國珊瑚礁保育復育推向最有利之趨勢與方向。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.gsn.gov.tw>)

目錄

	頁次
壹、報告人	1
貳、出國任務	1
參、出國期間	1
肆、國外公務之內容與過程	1
伍、國外公務之心得與感想	2
一、前言	2
二、實習期間相關見聞及感想	3
三、台電公司對於珊瑚培育及復育之努力	15
四、實習心得	19
陸、出國期間所遭遇之困難與特殊事項	22
柒、對本公司之具體建議	22

壹、 報告人：陳國琨

貳、 出國任務：珊瑚礁培育及復育研習

參、 出國期間：自九十年十二月十二日至九十年十二月廿七日，共計十六天。

肆、 國外公務之內容與過程：

一、 十二月十二日至十二月十三日：路程，台北 澳洲雪梨。

二、 十二月十三日至十二月廿六日：

1. 至雪梨大學生物電子顯微鏡單位研習珊瑚在電顯微鏡下或有紫外光照射下光鮮亮麗的成長。
2. 至大堡礁環境生態持續發展共同合作研究中心研習有訂珊瑚生態保育及漁業資源之規劃。
3. 至大堡礁海洋公園管理局、昆士蘭熱帶博物館、澳洲海洋科學研究所研習。
4. 至雪梨水族館研習，其係世界大型的水族館之一，內有 650 種以上的海洋生物物種，特別是珊瑚的復育及培育。

三、 十二月廿七日：返程，澳洲雪梨 台北。

伍、國外公務之心得與感想

一、前言

珊瑚礁是生物多樣性最高的海洋生態區，它提供許多種類海洋生物食物的來源，構築成一相當豐富的生態系，也提供許多種類海洋生物生長的棲所，孕育了許多生物資源，為人類及其他生物所利用。同時珊瑚礁也形成一個色彩繽紛的海底世界，讓我們能倘佯其中，紓疲解困，怡情養性。因此，珊瑚礁除了有珍貴的學術價值外，更提供了漁業、休閒、教育等多功能的使用。近幾年來，許多研究調查顯示珊瑚礁的衰敗已廣泛發生在許多海域，且有愈來愈多的證據顯示這與過漁現象造成大型海藻繁生、生態失衡，海岸或山坡地過度開發所帶來的水土流失，以致沖刷入珊瑚礁中的沈積物增加，觀光遊憩不當的管理，致使有機廢物及營養鹽增加等因素有著密切關係。台電公司的核能及火力電廠所排放的溫排水是否會影響當地海域生態環境，常為民眾所質疑。八十七年的聖嬰現象造成全球各海域大部分珊瑚白化情形，台灣四周海域的珊瑚礁白化情形也相當嚴重，台電公司核三廠附近海域亦有許多珊瑚礁有白化情形。因此，台電公司為善盡社會責任，及讓社會大眾知曉台電公司關懷海洋生態之熱忱，一方面要防止珊瑚白化的程度加劇，另一方面同時也要設法加速珊瑚群聚的恢復與重建，以挽救珊瑚礁這一脆弱但又複雜的生態系，避免其走向衰敗甚至滅絕之路。由於珊瑚礁能永續經營與發展是每個人都可以受益的，珊瑚礁的保育應該是每個人的責任，因此期待每個人都能參與珊瑚礁保護工作，使台灣本島珍貴的珊瑚礁資源永續經營，讓後代

子孫都有體驗享受珊瑚礁的機會。

從 1979 年海洋科學家首度提出珊瑚礁廣泛白化問題，至今已發生連續六次全球廣泛白化，1998 年是從一百五十年以來溫度記錄最高一年，同樣在 1990 年代是溫度記錄最高的十年，另外 1998 年的聖嬰事件至少是在本世紀中記錄到最強聖嬰事件。1998 年珊瑚礁白化及死亡現象達到空前嚴重的程度，根據美國海洋及大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) 1998 年底收到資料，至少有 32 個國家 50 個地區紀錄到珊瑚白化現象，包括許多區域不僅石珊瑚和軟珊瑚白化，連在海葵、碑磔貝、甚至有孔蟲等體內有藻類共生的無脊椎動物都有類似的白化情形。許多巨大珊瑚在 1998 年珊瑚白化事件中死亡，大堡礁一些死亡珊瑚至少都有七百年的年齡，換句話說 1997-1998 年白化事件是大堡礁七百年以來最大的白化事件。而未來二氧化碳排放若惡化下去，全球暖化現象將持續下去，可能將使 2030 年海水溫升高 1-2℃，珊瑚礁白化的發生頻率與嚴重性將隨之擴大。因此世界各國應立刻採取降低二氧化碳排放量的措施，沒有任何跡象顯示，珊瑚可以快速適應海洋的溫度變化，雖然珊瑚礁白化後仍可以復原，但如果發生次數太頻繁，其脆弱的生態系統一旦淪喪，就沒有復原的機會。

二、實習期間相關見聞及感想

(一) 至雪梨大學生物電子顯微鏡單位研習珊瑚在螢電顯下或有紫外光照射

下光鮮亮麗的成長。

赴雪梨大學生物電子顯微鏡單位拜訪 Anya Salih 博士，瞭解到她在取得博士學位過程（PHD Program）中，從大堡礁屬於雪梨大學三個從事研究珊瑚區域之一，位於Heron 島所取大量的調查資料發現，從 1979 年開始，由於全球暖化效應，導致珊瑚產生白化現象（珊瑚是由動物與植物細胞在非常巧妙地平衡所共同組成，當所處海水環境水溫升高，其行為模式就會受到日照所影響，如果超過植物細胞光合作用所能承受，則珊瑚自動停止反應，其結果珊瑚呈現白化）。1998 年大堡礁及全球各地珊瑚更產生大量白化現象，雖然大多數已逐漸迴復舊觀，因此某些科學家預言暖化效應到 2030 年將使珊瑚全部死亡。但 Anya 之資料也顯示某些含螢光劑種類之珊瑚，並未或幾乎未發生白化現象，將這些珊瑚組織切片在螢電顯微鏡下或經紫外光照射下，就會顯示出光鮮亮麗的成長螢光色（圖一），雖然這些珊瑚並未顯示出含螢光劑，且經常呈現黃褐色。Anya 的研究也顯示含螢光之切片會吸收紫外光及高溫藍光，再以長波發送降低受到日照之影響。同時用微波照射（如微波探針）螢光珊瑚，則微波會非常容易被反射或散射。因此 Anya 及雪梨大學研究團隊相信，含螢光劑種類之珊瑚會如同有戴有太陽眼鏡保護之珊瑚，有能力適應全球暖化效應，並在大堡礁區成為優勢品種珊瑚。也就是說全球暖化效應雖然引起在大堡礁區珊瑚的損傷，但絕對不會造成珊瑚全部死亡。

由於對含螢光劑種類之珊瑚所提之見解，Anya 在獲得博士學位後，

她及雪梨大學生物電子顯微鏡單位得到澳洲超博士研究團體資助，繼續從事在全球暖化效應下珊瑚所展現之潛力，同時研究團隊也加入海洋放射化學專家 Mr. Ron Szymczak 及大堡礁海洋公園管理局。也就是說，未來幾年 Anya 會檢視白化現象對含螢光劑種類之珊瑚所造成之長期影響、並對比於含及不含螢光劑種類之珊瑚在受白化影響下再成功復育下一代之生物變化、與擴大調查研究區域以瞭解大堡礁含螢光劑種類之珊瑚經擴散已成為優勢品種珊瑚。另外含螢光之切片會吸收紫外光及高溫藍光，再以長波發送，及對微波非常容易反射或散射之生物技術應用潛力研究（如對太空工業之應用），也值得進一步深入探討。

(二)至大堡礁環境生態持續發展共同合作研究中心對珊瑚生態保育及漁業資源之研習。

赴大堡礁環境生態持續發展共同合作研究中心(Co-operative Research Centre for the Ecologically Sustainable Development of the Great Barrier Reef [the CRC Reef Research Centre, July 1993]) 拜會 Dr. Russell Reichelt 執行長，他告知拿著地圖（圖二）順著布里斯班北方的 Bundaberg 「班達堡」外海往北而去，很快地眼光就被地平線上升起的那一片廣大潔淨無瑕的珊瑚礁所攫奪。這片綿延二千多公里，南起班達堡海岸，北到新幾內亞(New Guinea)邊緣的海域，是目前世界上最大的活珊瑚群，由大約二千五百多個各自獨立的珊瑚礁及五百多個島嶼所組成，總面積約有二十三萬平方公里。根據澳大利亞昆士蘭

州觀光旅遊局資料說明，一項由雪梨大學與蘇黎世聯邦科技學院所組成的研究小組，於一九九〇年發表的研究中表示，目前這些珊瑚礁已有一百七十五萬年的壽命，它已經歷過十二次的死亡與再生，造成它的死亡與再生，與地球的溫度、海洋的上升與下沉有莫大的關係。大堡礁孕育著無窮的生命，是世界上生物多樣性最高的珊瑚礁，棲息在大堡礁的珊瑚約四百八十種，魚類至少有一千五百種，四千種軟體動物，此外還有六種海龜、數十種海鳥在此築巢，以及數以千計的甲殼類動物、棘皮動物、藻類等等。由於有這麼多的生命群，構成大堡礁一片美麗的海底世界，澳洲政府把大堡礁規劃成生態保護區與旅遊最佳綜合體。澳洲政府國會在一九七五年通過大堡礁海洋公園法案，明文規定這二十三萬平方公里海域不得採礦，其他「可再生」的生物資源才可以申請開採。一九七六年設立了「大堡礁海岸公園」，開始保護這片廣大而又具有價值的水域，為了有效管理面積廣大的大堡礁，大堡礁公園管理處將大堡礁劃分為四個區段，每段又再細分為各種性質的區域。有些區域可以作商業性捕魚，有些區域可以作觀光用途，有些區域則純供學術研究，或嚴格執行全面保護，不准許任何經濟活動。這項工程浩大的管理計畫，直到五年前才全部完成。二十多年來，大堡礁所面對的挑戰遠比當年對抗採礦問題複雜得多，因為觀光業的急速成長，許多過去不存在的問題於是接踵而來。例如載客潛水的船隻過多，船錨下錨時對珊瑚礁造成極大的破壞，大堡礁公園管理處於是規定各礁區必須設置固定錨台，船隻到達

後只需將繩索繫在錨台上，不得將船錨拋入海中。目前旅遊公司選定某些大堡礁設置「浮動碼頭」，這些浮動碼頭事實上就是一艘停泊在大堡礁海域長約六、七十公尺的船，帶客的遊艇與浮動碼頭並停在一起，乘客便可悠閒的在此地浮潛、潛水，或搭玻璃船觀賞海中的珊瑚與魚群，領略大堡礁的海洋風情。

Dr. Russell 也說明大堡礁環境生態持續發展共同合作研究中心是由海洋公園遊客營運協會 (AMPTO)、澳洲海洋科學院 (AIMS)、大堡礁海洋公園管理局 (GBRMPA)、大堡礁研究基金會 (GBRRF)、詹姆士庫克大學 (JCU)、昆士蘭基礎工業處 (QDPI)、昆士蘭海鮮工業協會 (QSIA)、Sunfish 昆士蘭公司等八個單位組成，其運作基金來源為各旅遊地點向赴大堡礁遊客收稅、加上外界捐款及政府補助成立之研究發展中心，以支助對於大堡礁有關之研究。包括農業、營建業造成過多的營養鹽、沉積物，或是過漁現象造成生態不平衡、危機，亦或是休閒業觀光業造成漁業資源減少，亦或是全球暖化造成珊瑚白化死亡等等皆莫衷一是、難有定論，值得專家學者進一步研究探索之課題。由於這些研究使外界與相關研究與管理者更瞭解如何保育與復育大堡礁之生態環境，也使相關單位獲得更多利益。

(三) 至大堡礁海洋公園管理局包括大堡礁海洋公園管理局、昆士蘭熱帶博物館、澳洲海洋科學研究所研習。

赴昆士蘭熱帶博物館 (Museum of Tropical Queensland) 拜會 Dr.

Carden C. Wallace 館長, Dr. Carden 是全世界知名的澳洲研究軸孔珊瑚專家, 她至目前為止的研究幾乎都以軸孔珊瑚為主, 而 2000 年中華民國珊瑚礁學會曾邀請她演講「以軸孔珊瑚學者觀點來看位於印尼的海洋生物多樣性中心之起源」, 也是以軸孔珊瑚為基礎的研究來討論海洋生物多樣性中心起源的問題。她從各地區軸孔珊瑚的化石與現生種形態的研究中, 提出軸孔珊瑚屬的珊瑚其起源可能來自於非洲或歐洲而不是現在「生物多樣性中心」所在地印尼的說法。而過去所發生的地殼和海平面的變動, 如: 中新世時古大陸的分裂、上新世至更新世時海平面的變動造成太平洋中許多生物的滅絕, 這些力量都可能促使軸孔珊瑚來到現今「生物多樣性中心」所在地。至於這個假說是否仍得到更一進步的證實, Dr. Carden 則認為有待未來利用分子生物技術從基因的角度研究的結果。她目前正與中央研究院的陳昭倫博士一同來解決這個問題, 這說明了國內珊瑚的研究正走向國際化。也與國立台灣大學海洋所戴昌鳳教授及其他有關珊瑚專家學者進行全球珊瑚分類學方面之研究, 並建立珊瑚標本中心 (圖三), 供世界各地專家及學習者參觀學習鑑定使用。首先副館長 Dr. Peter Arnold 帶領參觀整個博物館並一一介紹主要的珊瑚分類保存及 Pandora 的歷史及呈列。

赴大堡礁海洋公園管理局(Great Barrier Reef Marine Park Authority) 拜會 Dr. David Wachenfeld, 由他告知大堡礁海洋公園管理局是大堡礁世界遺產地區管理機構, 是依 1975 年大堡礁海洋公園法

案通過後所成立之單位，主要之目標為達成下列四個基本原則：

1. 在生態系的管理層次是去完成完全保護大堡礁的生態系。
2. 保存及合理使用意即被保護的生態系仍能提供維持使用的機會及享有大堡礁的資源。
3. 公共參與及溝通包括發展及隱含的管理。
4. 監測及管理評估的功能。

相關的管理主要措施包括：

1. 推動立法，明文規定禁止事項。
2. 將大堡礁劃分為四個區段，經過研究與評估後，分別依各區域的特性和可利用的條件，分區管理。
3. 規定各礁區必須設置固定錨台，船隻應繫在錨台上，不得將船錨拋入海中。
4. 大堡礁海洋公園管理局統一發給各觀光業者經過研究證明無害的魚飼料，使得餵魚的行為不致對珊瑚礁造成影響。
5. 大堡礁海洋公園管理局規定所有經過這段海域的油輪，必須由管理局指派的舵手駕駛船隻，以防漏油事件發生。並隨時演練各種控制油污染的方法。
6. 嚴格規定可利用魚種和捕獲方法，以免過度撈捕導致魚源枯竭。
7. 由政府補助所有魚船必須裝設衛星探測裝置，管理局可以隨時監控漁船作業位置，以防止漁船進入禁區捕魚。

8. 嚴格取締漁船越區捕魚，一有發現管理單位會立即發送警告訊號，每次訊號代表數目不同的罰金。
9. 澳洲聯邦政府每年編列鉅額研究經費提供科學家進行各項學術研究，資助研究機構成立長期監測計畫。
10. 整合行政單位、學術單位、產業界以及民眾各方面資源與意見，將可能相互對立的不同單位，拉攏成為共同合作的夥伴。

到 2000 年的長期執行結果大致如下：大堡礁世界遺產地區具有無限美學的價值和很大的經濟重要性，每年對澳洲經濟支援旅遊業和漁業價值得超過十億元。人口狀況和自然可變性上的資訊，對於這樣廣泛地區的管理必不可少。

赴澳洲詹姆士庫克大學拜會 Dr. Emma Gyuris 及 Dr. John Columin，依 Dr. Emma 說及大堡礁海龜及鳥類的保育，她認為大堡礁的海龜需要受到保育，若大家將大小海龜捕獲食用甚或龜卵亦捕獲，那麼未來大眾就見不到海龜，生物物種將一一絕滅，因此只有在適當的限制與使用，人們將可長期的保留海龜及各式鳥類。Dr. John 則提及由於施工建設，使大堡礁有許許多多的沉積物來源，覆蓋了珊瑚及珊瑚礁，珊瑚受此影響甚大，因此陸源沉積物的來源是要加以限制及管理的。因此在近岸的珊瑚及珊瑚礁尤應注意受沉積物之覆蓋問題，而沉積物雖在近岸處，但若有大風浪則會將近岸的沉積物移至大陸棚區，故亦會影響遠方之珊瑚礁，是故沉積物之多少都會影響珊瑚的生長，故此需在河口前

及下水道處設置處理設備。

赴澳洲海洋科學所拜會 Dr. J. Barnes ,Dr. Janice M. Lough 及 Dr. Hugh Sweatman , 澳洲海洋科學約有 117 人其中研究人員約有 70 位 , 澳洲海洋科學所設計以長期的監控如大尺度拖曳式現場調查及固定點調查--特別選擇棘冠海星 (crown of thorns starfish)、珊瑚礁及珊瑚礁魚類作為生物指標群。在約連續 14 年(1985~1999)時期的大尺度拖曳式現場調查 , 橫越大堡礁長度約 11 個緯度 , 以及每年在礁岩區作固定點調查棘冠海星、珊瑚和魚類 , 主要結果是 :

1. 棘冠海星 : 在部分調查地區的豐富度與珊瑚覆蓋率有明顯變化相關性 (Cooktown/Lizard Island、Cairns、Innisfail、Townsville、Swain Reefs 及 Horseshoe Reef)。但在其他部分棘冠海星的豐富度則沒有重要變化 , 也就是說無明顯相關性。
2. 珊瑚覆蓋 : 由於大堡礁突出的變化是受到熱帶氣旋、棘冠海星及 1998 年聖嬰現象影響 (珊瑚礁白化) 的相互衝擊干擾。顯現出在南邊的珊瑚易受高溫影響產生白化 , 北邊的珊瑚則較易受暴風雨損壞 , 靠岸地區的珊瑚會受高溫影響產生白化以及暴風雨而損壞 , 離岸 (路棚) 區的珊瑚則因處在水深較深處 , 因此不易受高溫及氣旋影響。另外棘冠海星的豐富度也影響珊瑚覆蓋率。
3. 珊瑚礁魚類 : 珊瑚覆蓋率從受影響造成很低的情形下漸漸地增加 , 魚類組成與豐富度也隨珊瑚群聚的痊癒也漸起變化。這顯示

漁群的增加傾向與珊瑚覆蓋率有明顯變化相關性。

這個結果所含的內涵為已被大堡礁海洋公園管理局作為政策性資訊的主要來源，且戰戰兢兢的發展大堡礁世界遺產地區。

(四) 至雪梨水族館研習世界大型的水族館之一，內有 650 種以上的海洋生物物種，特別是珊瑚的復育及培育。

赴水族館拜會 Dr. Kisten Michalek Wagner 並參觀整座水族館，館中陳列大堡礁中各種海中活生物，包括魚類、海草、巨型藻類、珊瑚、海龜、海星等等，講解如何喂食海中魚類及過濾海水設備，除去水中有機藻類及培育珊瑚及解救海中受傷海龜後再釋回等作業情形。水族館內之水質尤其需要管理控制，人員約有十五位，而義工也有廿位左右，一起維持整座水族館的運作。

水族館中也作各種不同水質下珊瑚成長之情形，並作長期觀察其變化。很榮幸參觀到一株具有第二代幼苗之珊瑚，此株珊瑚是經由珊瑚產卵受精後附著於水族箱之軸孔珊瑚上的（如圖四、五），直至目前（約二個月）為止一直生長的非常好。由此可知珊瑚可良好的飼養於水族箱之內，據 Dr. Kisten 說珊瑚在水族箱產卵應不是問題，此言正是我們努力研究中之問題，過去中山大學宋教授克義研究認為珊瑚養殖於水族箱中似乎會忘記產卵之事有所出入，有必要再作進一步研究，且目前珊瑚產卵後第二代在南灣野外地區亦無存活之實例，此皆待進一步觀察研究。水族館中蓄養珊瑚之海水是由大洋的海水經由簡單的過濾設備來替

換水族箱中之海水，當然大堡礁區的海水的潔淨程度及濁度可能皆較良好所致。此現象於珊瑚培育、復育中值得我們進一步學習之處。

水族館中陳列之各種類之大堡礁區珊瑚皆大多數為活珊瑚，所以可免去暈船之苦或晒傷之險，甚至潛水還無法看到的海中生物，而可在水族館中將大堡礁各式各樣的海中生物盡收眼底。

此次拜會曾蒙 Dr. Carden 安排會晤各有關單位，在此感謝萬分。

(五) 參考文獻

Wallace C.C. and J. Wolstenholme (1998) Revision of the coral genus *Acropora* in Indonesia. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 123 : 199-384.

Wallace C. C. (2000) Wallace's line and marine organisms: the distribution of staghorn corals (*Acropora*) in Indonesia. *Museum of Tropical Queensland*, 78-102 Flinders St. Townsville, Queensland 4810, Australia.

Wallace C. C. and Chang-Feng Dai (1997) Scleractinia of Taiwan (IV): Review of coral genus *Acropora* from Taiwan. *Zoological Studies* 36(4):288-324.

Harriott V. J. (2000) Making a difference – Achievements of the Cooperative Research Centre for the ecologically sustainable development of the Great Barrier Reef 1993-2000.

- CRC Reef Research Centre Technical Report No.41.
- CRC Reef Research Centre (2001) Annual report 2000-01.
- CRC Reef Research Centre (2001) CRC Reef News. Vol.8 No.2 November 2001.
- CRC Reef Research Centre (2001) Land use and the Great Barrier Reef World Heritage Area. November 2001.
- CRC Reef Research Centre (2001) Crown-of-thorns starfish on the Great Barrier Reef. April 2001.
- Sweatman H., A. Cheal, G. Coleman, B. Fitzpatrick, I. Miller, R. Ninio, K. Osborne, C. Page, D. Ryan, A. Thompson and P. Tomkins (2000) Long-term monitoring of the Great Barrier Reef Status Report Number 4 ,2000. AIMS 2000.
- Sweatman H., A. Cheal, G. Coleman, S. Delean, B. Fitzpatrick, I. Miller, R. Ninio, K. Osborne, C. Page and A. Thompson, (2001) Long-term monitoring of the Great Barrier Reef Status Report Number 5 ,2001. AIMS 2001.
- AIMS (2001) Annual report 2000-2001.
- Wachenfeld D. R., J.K. Oliver and J.I.Morrissey (1998) State of the Great Barrier Reef World Heritage Area. Great Barrier Reef Marine Park Authority.

Barnes D.J. and J. M. Lough (1992) Systematic variations in the depth of skeleton occupied by coral tissue in massive colonies of *Porites* from the Great Barrier Reef. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 159: 113-128.

Barnes D.J. and J. M. Lough (1996) Coral skeletons: storage and recovery of environmental information. *Global Change Biology* 2, 569-582.

Barnes D.J. and J. M. Lough (1999) *Porites* growth characteristics in a changed environment: Misima Island, Papua New Guinea. *Coral Reefs* 18: 213-218.

Museum of Tropical Queensland (2000) Yearbook 1999/2000.

Museum of Tropical Queensland (2000) Souvenir guide.

三、台電公司對於珊瑚培育復育之努力

珊瑚礁是珍貴的自然資產，它是台灣之美很重要的一部分，它也是台灣四周海洋環境品質的指標，維繫著沿海漁業資源的生息繁衍海域生生不息，永遠保持旺盛的生機。台電公司對於珊瑚培育復育之相關調查研究計畫包括已完成之研究計畫，如珊瑚海域生態預警系統之發展與建立(中山大學，76年)、電廠附近海域珊瑚資源培育之研究(台灣大學，78~82年)、核能三廠排水口附近珊瑚群聚之復育(台灣大學，82~84年)、南灣珊瑚之人工培育及復育(中山大學，84年)、珊瑚對核能電廠溫排水的熱馴化及復育之研究(

國立海洋生物博物館，88 年）運用核能電廠溫排水養殖珊瑚及水母可行性之研究（國立海洋生物博物館，89 年）運用核能電廠溫排水養殖海產種苗之研究 及 （漁業技術顧問社，87~90 年），以及目前進行之研究計畫如南灣珊瑚人工培育及復育研究計畫、恆春半島珊瑚礁保育綜合計畫、南灣海域珊瑚及水質調查研究、台灣南部核能電廠及蘭嶼貯存場附近海域生態調查、海葵蔓延是否造成南灣海域珊瑚礁衰敗之研究等等。

茲針對有關台電公司委託國立中山大學海洋生物研究所宋克義教授的研究計畫---南灣珊瑚人工培育及復育研究計畫，概略介紹如下：本研究分四部分同時進行，第一部份利用珊瑚無性繁殖的特性，以小段珊瑚來達到類似植物插枝繁衍的效果。目前自行在核三廠進水口產生的軸孔珊瑚數量足供野外移植、復育實驗之用。而野外試驗的重點則在如何降低成本，卻又簡易可行。目前仍改進設計，持續觀察中。第二部份研究恆春海域天然珊瑚著苗分佈與數量，結果發現在八個地點中附苗數極不均勻，僅後壁湖與跳石有稍多的石珊瑚著苗，且著苗種類多為胎生型珊瑚，海域中佔多數的卵生珊瑚幾乎未見著苗。第三部份研究胎生珊瑚著苗的季節變化及著生後幼株的生長及存活，希望藉此估計每年有多少珊瑚經由此途徑流入當地族群。結果在 1999 年 3 月有較多的著苗，其它月份均很少。幼株早期死亡率高，多半活不過半年。生長則在研究期間都屬指數型成長，但由於開始時體型很小，十個月後幼株直徑也不到 2 公分，目前仍持續追蹤。第四部份是在實驗室內養殖小株珊瑚，期望評估在室內繁殖幼株並培養至可放流大小的可行性。目前蓄養、

產苗、幼株生長均已成功，但由於珊瑚成長緩慢，尚未有自行繁殖，且又長大到成熟繁衍下一代的個體。但幼株存活率比野外的顯著提高，且長期養殖仍能產生幼苗。

從這幾年在核三廠進水口所從事之珊瑚移植研究中可發現，一開始放置的軸孔珊瑚小段約 4 公分經幾年的生長，目前已長出許多分枝並形成叢狀的珊瑚群體，其中每分枝長度約 20-30 公分。這現象使得總長度因構造複雜而不易估計，但從粗略的估計中可看出，現有的群體總重已經是原先的百倍左右。這樣的重量已經使得利用塑膠水管做為橫樑的珊瑚養殖架支撐不易，目前新生長的群體底部均已碰觸砂底。部分從架上移到砂地上的珊瑚群體都能依各方向的分枝穩定支撐在沙地上。這些珊瑚提供了我們野外實驗的珊瑚小段需求。由此結果，我們相信其他種類也值得一試，目前已在試驗中的包括萼柱珊瑚以及腎形珊瑚。這些方法的原理都是利用珊瑚無性繁殖的能力以及移植出的珊瑚小段，若在環境良好中會比在母株中有更快的生長的現象，而個別種類間的差異則有待實作結果才能進一步比較。

生物族群及群聚變動除了受到個體的死亡率影響外，入添量的多寡也是影響族群及群聚變動的一個重要因子。對一個被破壞的珊瑚礁地區而言，珊瑚入添量的多寡是當地珊瑚族群能否自然回復的重要關鍵，且瞭解當地珊瑚入添量的分佈、數量及影響之因素對擬定當地珊瑚保育與復育的策略是很重要的。以珊瑚幼苗數量為例，若一個被破壞的珊瑚礁區其珊瑚幼苗數量稀少，這會使得這個已受到破壞的珊瑚礁區將無法再自然的回復，若想回復這個

珊瑚礁的珊瑚數量，在策略上，便需考量利用移植珊瑚的方式來進行才有可能見效。而在一個珊瑚礁區域內的珊瑚幼苗數量是由當地珊瑚釋放出，且能留在當地的幼苗數量和從別的珊瑚礁進入的珊瑚幼苗數量共同決定的。若一個珊瑚礁區其珊瑚幼苗的主要來源是由當地的珊瑚所釋放，一旦這個地區的珊瑚族群受到破壞，即會造成這個珊瑚礁區珊瑚入添量的減少，但相反的，如果它的珊瑚幼苗主要是從別的珊瑚礁進入的，那提供它珊瑚幼苗的珊瑚礁區被破壞的程度，則可能才是影響它珊瑚入添量的關鍵。國內目前關於珊瑚入添量的相關研究相當少，但由於過去珊瑚研究學者的努力，使我們對南灣海域珊瑚生殖的時間已經有充分的瞭解。目前已經知道在南灣海域排放配子型珊瑚均集中於 4-5 月的滿月後 4-9 天之夜間大量排放精卵；而孵育幼苗型珊瑚則擁有較長的生殖期。以尖枝列孔珊瑚為例，其胚胎與幼生釋放於全年每月均可見到。這樣的成果使我們有非常好的機會，來研究台灣南部海域珊瑚入添量，因此本研究選擇在恆春半島海域三個區域，一共八個地點間進行珊瑚附苗的實驗，來瞭解恆春半島海域珊瑚附苗的空間分佈及數量，希望藉此調查出在何地點有較多的珊瑚幼苗可作為種苗的來源，同時也希望藉由珊瑚附苗的空間分佈狀況來了解恆春半島海域珊瑚幼苗的來源。

綜合最近的結果有以下發現及成果：卵生珊瑚每年四、五月集體大量排放精卵，行體外受精，但是發育之浮游幼苗極少再附著在恆春海域，這個現象也發生在台灣其它海域，珊瑚附苗密度僅達澳洲大堡礁的百分之一。造成的原因，正持續探討中，但可預期的是自然復原的速度將可能因新生珊瑚少

而緩慢。以人工繁殖珊瑚。在水缸中採取珊瑚幼苗，促其變態附著並形成小珊瑚。目前在紅色管星珊瑚上已有初步成果：已發現比較合適的餌料以及在水缸中生殖的季節及長期蓄養的條件。預期這些人工繁殖的小珊瑚將來可以放流增加野外的自然族群。目前正嚐試其它種類並研究不同種類最適合的環境為何。運用植物插枝繁殖的原理以無性繁殖方法在野外進行軸孔珊瑚研究。目前發現以 4 公分珊瑚小段最為合適，可在 2 年內在設計的水底架子上形成叢生、每分枝都可達 20 公分以上的珊瑚群體。利用這些生產出來的珊瑚可以再繼續進行無性繁殖的復育工作。目前正試驗更多的種類以及大海中架子的設計改進。另外，在實驗室內經過長期飼養後的珊瑚群體，產苗數量也比較少，這可能與珊瑚群體的大小、年齡、食物、環境等條件的不同有關。造成這些差異的主要原因有待進一步的試驗來尋求答案。

台電公司將持續進行珊瑚人工培育及復育研究，並加強南灣珊瑚之預警監測，以生物學和生態學的方法研擬改善南灣珊瑚群聚，於南灣砂質地區增設人工礁體，使珊瑚生長面積增加。

四、實習心得

(一) 大堡礁實際上並不是一個單一的堡礁，這片廣大的礁區是由大約二千五百多個各自獨立的珊瑚礁及五百多個島嶼，形成一連串龐大的珊瑚礁群體。因為可供觀光遊憩的礁區距離大陸沿岸都在數十公里以上，可及性不若台灣那麼高，遊客係由船隻帶到定點活動，故人為干擾不大。

- (二) 大堡礁生命之所以能繁盛不衰，固然有其得天獨厚的地理環境使然，其實更要歸功於管理者對生態經營得法的結果。雖然每天有十餘艘觀光船帶著數百名潛水客在海底遨遊，可是海底沒有垃圾，珊瑚也少有崩壞的痕跡，這些都是大堡礁海洋公園管理局有效管理的成績。
- (三) 大堡礁區南北兩邊、或靠離岸同種珊瑚從調查紀錄所顯示對水溫所展現的不同反應適應性。顯示出珊瑚可學習適應溫度變化，但此種學習適應決非短時間即可達成相信仍需要長時間的調查。
- (四) 珊瑚保育非單一單位的責任，大堡礁區是經由立法限制，再由民間及政府共同成立一基金會（共同發展中心），來管理審查各研究計畫，其基金來源一半係由遊客至該區玩耍繳交稅金、各單位贊助經費，另一半則由政府支助如同前一半之經費。各專家學者可透過基金會申請研究經費，經由基金費聘請專家學者共同審查，研究題目以培育及復育珊瑚為主要目標。故建議促請政府在南灣地區也成立一類似單位，而非像現在主要由台電公司出資調查研究。
- (五) 工業、營建工程開挖造成沉積物隨地表逕流至海洋，而覆蓋了美麗的珊瑚，且對環境造成衝擊影響，故當地研究人員想仿照大堡礁 C R C 基金會模式，來成立區域性珊瑚保護之組織，其基金來源係由工商團體、民間捐助及政府支助，該組織已接近完成階段。亦即其關心的是區域性的問題而非全球性的暖化的問題。
- (六) 昆士蘭熱帶博物館 Dr. Carden 館長將瑞士籍藝術人士加入在其館內

之國際研究團隊內，因為她認為藝術人員可將專業之珊瑚知識，轉化為一般赴博物館參觀民眾可瞭解之資訊，而非難以接觸之專業知識，也就是說在專業人士與一般大眾間搭起一座溝通的橋樑。從 Dr. Carden 館長有關國際研究團隊的啟示，國內的研究計畫應加入國外的專家學者意見或共同研究，一同提出更好的理念，使研究計畫更具國際觀，且可使台電公司在注重生態保育及回饋社會的同時，減少本地環保團體、生態學者專家之質疑及民眾之抗爭。

- (七) 珊瑚的培育及復育方面的研究題目應先訂定一目標（即問題的所在），再依此訂定策略、步驟來加以執行並時時檢閱審查是否合乎目標之所在。
- (八) 有關珊瑚的培育及復育宣導工作最佳的方向是從教育方面著手，台灣地區因有太多的遊客、太多的營建工程施工、太多的污染、太多的沉積物、過漁現象、毒電炸漁、太多的油污等現象，故墾丁國家公園的恒春半島的珊瑚礁保育計畫將重點放在教育方面是非常正確的作法。另外，台電公司可在進行培育復育計畫之同時，製作一些宣導小冊並外加地圖，可提供遊客在知性之旅的同時，也宣導台電公司在珊瑚礁培育及復育上所作的努力，並提醒遊客也能盡其一份心力來共同保護珊瑚礁，留給後代子孫也有一美好的珊瑚礁區。
- (九) 本次研習期間經與相關單位及人員討論，發現台電公司在珊瑚礁培育復育之研究雖已作多年之努力，但仍存在有加強研究的空間，例如：

含螢光劑種類之珊瑚是否會擴散成為南灣地區優勢品種珊瑚；再如珊瑚 Porites 種骨骼切片或岩心取樣方式可經由類似樹木年輪方式進行了解電廠周遭環境是否造成核三廠南灣地區珊瑚白化的衝擊影響。

(十) 台電公司在珊瑚的培育及復育的方面已有長期調查研究資料，應將此資料加以整合分類，以提供後續研究者對此方面問題之瞭解及應用，例如核三廠溫排水出水口附近有關夏天珊瑚白化，但至冬天則漸漸復原之現象即可能為珊瑚漸漸適應高溫變化的反應。又因台電公司有長期資料，必可提供給後續想從事培育復育人士的重要參考。

(十一) 若上述珊瑚培育復育之資料整理後公布於網站上，對內可提供台電公司同仁了解溫排水僅會損害到一小部分的珊瑚，台電公司已對此問題極盡全力的在作復育；對外則讓外界了解台電公司對此問題所已作了最大的努力。

(十二) 珊瑚礁區生態系具生物多樣性，因此除培育及復育珊瑚外，也應兼顧增殖該區域海洋漁業資源，台電公司利用核三廠溫排水培育魚苗後放流海洋，當然會增加海洋漁業資源，同時提高台電公司在保育方面之形象，但若能配合立法管制，如禁漁期措施來復育海洋漁業資源，當可收事半功倍效果。

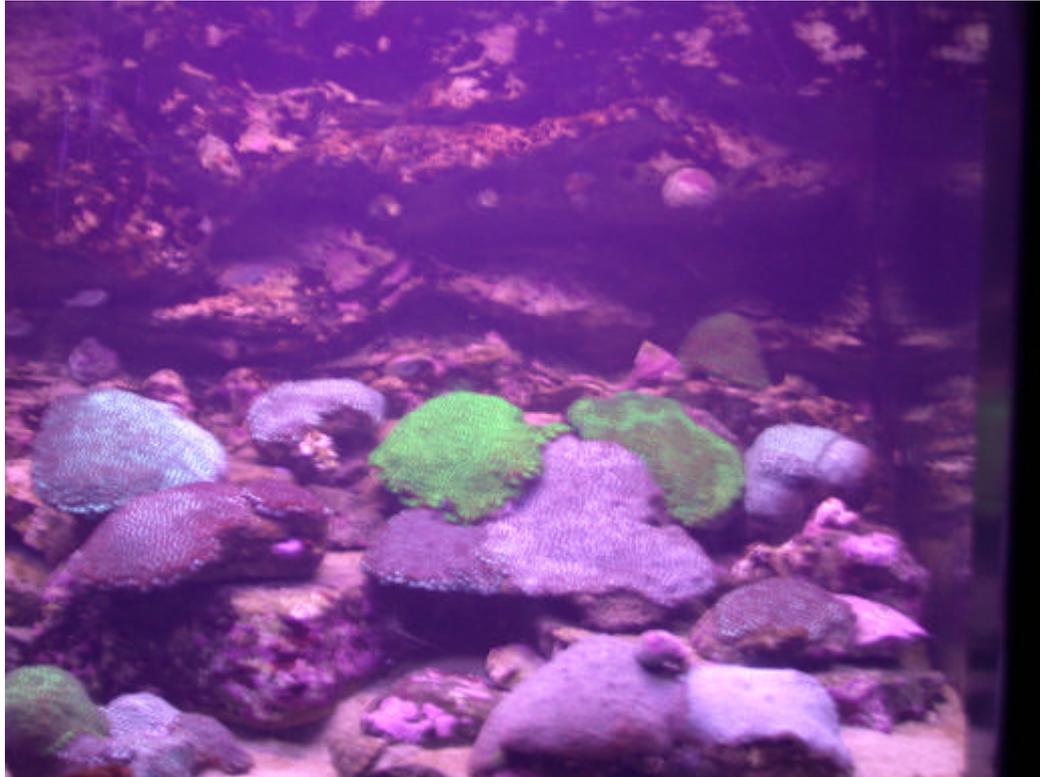
陸：出國期間所遭遇之困難與特殊事項：無。

柒、對本公司之具體建議

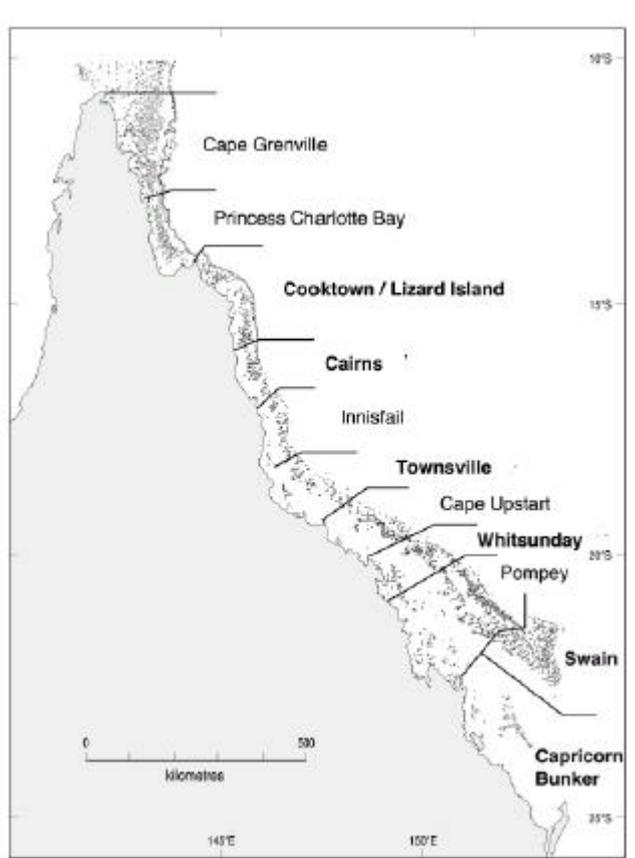
台電公司第三核能發電廠進水口區域由於大量引入海水，故該區域營養鹽豐富，環境非常適合珊瑚礁生長，再加上進水口區域一般遊客不得進入，所以有許多珊瑚幼苗在此處快速生長。而台電公司為了維持核三廠進水口之水流不受阻礙，須定期清除進水口區域水流通路之阻礙物，其中包含在該處新生長之珊瑚。

墾丁國家公園範圍內規定不得隨意採集珊瑚，而國內學術研究單位如國立海洋生物博物館、國立中山大學等有關珊瑚礁的研究人員，由於展示及研究之需要，須經常採集珊瑚樣品。而台電公司第三核能發電廠進水口區域之地理位置於墾丁國家公園管理處管轄範圍之外，故國立海洋生物博物館、國立中山大學等有關珊瑚礁的研究人員均非常期望能在台電公司核三廠進水口採集珊瑚樣品。

綜合以上二項因素，若台電公司與學術研究單位及相關主管機關之間，能有共識，即可大家互利，創造多贏的局面，也替珊瑚礁保育復育努力推向最佳之局面。因此，建議台電公司、中華民國珊瑚礁學會、國立海洋生物博物館、國立中山大學等各有關珊瑚礁研究的學者專家與相關人員，能共同檢討對於台電公司第三核能發電廠進水口區域新生長珊瑚有最佳之應用，為我國珊瑚礁保育復育推向最有利之趨勢與方向。



圖一、光鮮亮麗的螢光珊瑚(Fluorescent corals)



圖二、大堡礁調查監測測線位置圖



圖三、昆士蘭熱帶博物館珊瑚分類標本中心



圖四、ReefHQ 水族館中經由珊瑚產卵受精後附著於軸孔珊瑚



圖五、ReefHQ 水族館中水族箱飼養之軸孔珊瑚