

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書
(出國類別:考察)

赴日本沖繩縣進行考察珊瑚礁漁業
資源評估與管理技術

服務機關：行政院農業委員會水產試驗所

姓名職稱：陳高松副研究員

派赴國家：日本沖繩縣

出國期間：104年7月26日至8月1日

報告日期：104年10月27日

摘要

本(104)年 7 月 26 日至 8 月 1 日赴日本沖繩縣進行本所「赴日本沖繩縣進行考察珊瑚礁漁業資源評估與管理技術計畫」考察。期間前往琉球大學及沖繩科學技術大學院大學拜訪今井 秀行博士、大森 保博士及楊松穎博士，請益有關沖繩海域石斑魚產卵場及產卵季節的潛水調查方式、利用與漁業行為無關資料

(Fishery independent data) 進行珊瑚礁魚類資源的量化評估及珊瑚骨骼型態測量與分析技術交流。此外參訪當地漁港及漁業合作協同，以採集本所科技計畫試驗所需之豹鱸(*Plectropomus leopardus*) 共計樣本(53 尾)，盼能將考察所學應用於臺灣周圍海域的珊瑚礁漁業資源調查評估，並建立與沖繩相關研究單位的合作機制。另，本次參訪後，雙方均認同未來持續學術交流合作之可行性，故刻正與琉球大學理學院洽談簽署學術與教育合作協議書事宜。

目次表

摘要-----	2
一、目的-----	4
二、考察行程-----	8
三、心得及建議-----	12
四、附件資料-----	15

一、目的

珊瑚礁生態系的功能與重要性

珊瑚礁生態系是全世界生物歧異度與生物組成結構最複雜的生態系，亦提供了人類重要的經濟與環境的資源，例如珊瑚礁可以提供海岸的保護，免於受海浪的直接侵襲。還有食物、醫藥與觀光休憩等等，甚至許多難以估算價值的資源。根據 Cesar *et al.* (2003) 的估算，每年全球的珊瑚礁生態系約提供了價值 298 億美元的資源。在鄰近臺灣的沖繩，珊瑚礁生態系每年可為當地帶來約 17 億美元的收益。

由於環境汙染、棲息地的破壞、疾病的傳染、入侵種的威脅、全球暖化與海洋酸化等各項人為與環境因素的交互影響，全世界的珊瑚礁生態系均面臨迫切的危機。以印度太平洋為例，在 2003 年之前的 20 年間，珊瑚覆蓋率每年約以 1% 的速度持續下降，在 1997 年至 2003 年間更以 2% 的速度減少 (Bruno and Selig, 2007)。根據 Wilkinson (2008) 的調查結果，目前全球已有 19% 的珊瑚礁遭到破壞，而且沒有立即復原的跡象，更有 15% 的珊瑚礁面臨即刻的危機，將可能在未來的 10 至 20 年間破壞殆盡。

珊瑚礁雖然只佔了整個海洋的一小部份，但珊瑚礁魚類的種類數卻佔了目前已知魚種的 1/3 左右，其中鮨科、笛鯛科、鸚哥魚科等更是具有重要經濟價值的珊瑚礁魚類。由於過漁與棲息地破壞，導致這些魚類的族群數量迅速減少。由於這些魚類在珊瑚礁生態系中皆有其重要功能與扮演角色，當這些魚類族群減少或滅絕後，也將會對珊瑚礁生態系造成連鎖性的負面影響。因此對於這些重要經濟性珊瑚礁魚類的保育與管理是非常重要的。

為何挑選日本沖繩進行考察

臺灣的沿近海環境大都適合珊瑚生長，因此只要有硬底質的地方，幾乎就有珊瑚出現，從北海岸的石門、野柳與金山，東北角海域的基隆、澳底到三貂角(洪

與戴，2009），甚至西南沿海的海岸消波塊上（Wen *et al.*, 2007）都有珊瑚礁的分佈。墾丁、澎湖、小琉球、蘭嶼及綠島的珊瑚礁生態更為豐富，也造就了豐富多樣的生物資源與龐大的經濟效益。沖繩與臺灣具有類似的氣候與海洋環境條件，同樣擁有豐富的珊瑚礁及漁業資源，沖繩每年因珊瑚礁衍生的經濟價值約有 17 億美元（Cesar, 2003）。然而，沖繩的珊瑚礁面臨著珊瑚白化、陸域沉積物沖刷覆蓋、海域優養化、過漁、旅遊觀光事業開發及棘冠海星爆發等多項問題（Omori, 2011），臺灣的珊瑚礁同樣也面臨類似的狀況。

爰此，沖繩的政府研究單位與大學投入許多資源進行研究與復育，其中也包括珊瑚礁漁業資源（石斑魚、笛鯛及鸚哥魚）的評估與管理。Shimose and Nanami（2013）利用在漁市場調查的資料，針對沖繩本島及石垣島的笛鯛 *Lutjanus fishes* 進行種類組成與地理分佈的量化研究；Ebisawa（2014）針對豹紋鰐棘鱸（七星斑，*Plectropomus leopardus*）的年齡成長、生殖腺發育與生殖週期等做了完整的調查研究；Nanami（2013）等人利用聲學遙測勘測技術（Acoustic telemetry）探討沖繩海域紋波石斑魚（*Epinephelus ongus*）在生殖季節聚集與遷徙的行為，同時也發現此種石斑魚在交配產卵過程中具有配對生殖的現象，而非聚集成產卵群（Fish Spawning Aggregations, FSAs），上述這些基礎的生物學資料對於在制定漁業管理與保育政策均是非常重要的參考資料，亦很值得鄰近的我們借鏡與參考。同時將這些研究技術應用在臺灣周圍海域經濟性珊瑚礁魚類的研究與管理，了解該等魚類的現況亦是刻不容緩的課題。

臺灣的珊瑚礁漁業現況—以石斑魚為例

石斑魚具有很高的物種多樣性與多變的外部形態，廣泛地分布於全世界熱帶至溫帶海域，為珊瑚礁生態系是否健全的重要指標生物之一，更是重要的沿岸漁業資源。石斑魚的漁獲量雖然只佔了全世界總漁獲量的少數，但由於日益漸增的市場需求與高經濟價值，在許多熱帶與亞熱帶國家的沿岸漁業中是非常重要的漁

獲對象，例如菲律賓、印尼、馬來西亞與馬爾地夫，每年均出口大量的石斑魚至全世界的華人市場。由於石斑魚的高經濟價值與日益增加的市場需求，根據 FAO 的統計資料，全世界的石斑魚漁獲量由 1950 年的 16,000 公噸至 2009 年的 275,000 公噸，增加了約 17 倍，主要魚種為龍膽石斑 (*Epinephelus lanceolatus*)、伊氏石斑 (*E. itajara*)、點帶石斑(*E. coioides*)等 35 種大型石斑魚種 (<http://faostat.fao.org>)。多數石斑魚因具有較長的生活史、性成熟晚、產卵群的聚集及先雌後雄的雌雄同體等特性，導致石斑魚很容易遭受過度捕撈且難以恢復原有的資源量。根據 IUCN Red List(<http://www.iucn.org/>)所列 163 種石斑魚，目前已有 20 種(12%)石斑魚有滅絕(Extinction)風險，例如老鼠斑(*Cromileptes altivelis*)與赤點石斑(*E. akaara*)。22 種(13%)被列為近危(Near Threatened)。本所目前積極發展人工養殖的豹紋鰐棘鱸 (*P. leopardus*)則被列為 Vulnerable (VN)等級。此外，更有達 30%以上的魚種因資訊不足而無法評估，意味著這些魚種可能面臨未資源評估與保育管理就可能滅絕的風險。

目前世界各國針對石斑魚的管理保育不外乎劃設海洋保護區或禁漁區(期)，限制最小捕獲體長，以澳洲為例，規定石斑魚屬的魚種須達 30 公分以上，鰐棘鱸屬須達 38 公分才可以捕撈。加勒比海的拿騷石斑魚(*E. striatus*)、地中海的烏鰐石斑魚(*E. marginatus*)與墨西哥灣的小鱗喙鱸(*Mycteroperca microlepis*)均有許多關於生殖週期、產卵場分布與族群遺傳結構的研究可供劃設海洋保護區或禁漁區(期)時參考，杜絕在繁殖季節或產卵場進行捕撈，將漁撈行為的衝擊降到最低。

在臺灣，有關珊瑚礁漁業資源評估的研究是非常缺乏的。在保育的作為上，除了劃設漁業資源保護區，亦鮮少有針對該資源的管理保育政策。以石斑魚來說，臺灣周圍海域的高經濟價值的石斑魚約有 43 種，分別佔了全世界石斑魚屬物種數(99 種)的 43%與印度太平洋產石斑魚屬物種數(76 種)的 57%，顯示臺灣周圍海域具有多樣性極高的石斑魚類資源。因此迫切需要針對主要經濟性珊瑚礁魚種，探討其生殖生物學、族群遺傳結構現況及產卵群來源做為基礎參考資料，應用巨

族群 (Metapopulation)與 Network MPA 概念，輔助劃設位置適切、面積大小適合的海洋保護區，並配合禁漁期與最小捕獲體長等管理方式，期能達到漁業資源開發與海洋生態保育雙贏的局面。

考察計畫目標

- (一) 考察日本沖繩縣如何針對珊瑚礁漁業進行資源評估及漁業管理。
- (二) 考察如何針對石斑魚等珊瑚礁魚類進行資源量估與生活史調查。

二、考察行程

(一)考察行程表

日期	地點	考察活動
7/26(日)	台北—沖繩	預定 10:45 抵達沖繩，下榻住宿民宿，整理考察拜會資料、本所文宣品及採樣器材。
7/27(一)	University of the Ryukyus	拜會 Dr. Hideyuki Imai (今井 秀行)，討論如何實際執行石斑魚族群遺傳結構、產卵場及產卵季節之調查，並洽談雙方未來合作研究事宜。
7/28(二)	University of the Ryukyus	拜會 Dr. Tamotsu Oomori (大森 保)，進行珊瑚骨骼型態測量與分析技術討論；參觀 University of the Ryukyus。
7/29(三)	Okinawa Institute of Science and Technology	拜會楊松穎博士，討論如何利用 NGS 定序技術應用於珊瑚礁魚類之相關研究。
7/30(四)	沖繩縣	至漁港採集石斑魚樣本（楊松穎博士陪同）
7/31(五)	沖繩縣	至漁港採集石斑魚樣本（楊松穎博士陪同）；參觀沖繩美之海水族館
8/1(六)	沖繩—台北	整理樣本與資料，預定搭乘 11:45 班機返抵臺灣。

(二)考察過程

此行赴日本沖繩縣執行「赴日本沖繩縣進行考察珊瑚礁漁業資源評估與管理技術」計畫，主要考察單位有二：

1. 琉球大學(University of the Ryukyus)的理學院生物學系。該生物系轄下主要有 Ecology and Systematics、Cell and Functional Biology 及 Marine Biology and Coral Reef Studies 等三大研究發展主軸，其中又以海洋生物、珊瑚礁生態的相關研究最富盛名。
2. 沖繩科學技術大學院大學(Okinawa Institute of Science and Technology Graduate, University)的 Microbiology and Biochemistry of Secondary Metabolites Unit。該大學在 2011 改制前，為日本設立的國家級研究機構。2011 年開始改制為提供 5 年期博士學位進修學程，轄下共有 Biodiversity and Biocomplexity Unit、Genomics and Regulatory Systems Unit、Ecology and Evolution Unit 及 Microbiology and Biochemistry of Secondary Metabolites Unit 等 49 個研究單位，均由各領域傑出的學者領銜執行。該校為日本政府積極發展的大學之一，對於研究經費及人力均積極挹注。以近年發展相當熱門的次世代定序技術及相關應用的研究為例，沖繩科學技術大學院大學即擁有 5 台次世代定序儀(以 Illumina HiSeq 機型為例，設定一台次世代定序儀約需新台幣 800 萬元)，並有專門的團隊執行該設備之維護運作，該大學受日本政府重視之程度由此便能窺知一二。此外，我國中央研究院前院長李遠哲博士在本年 10 月 1 日獲聘為該校資訊理事會委員。

此行主要拜訪的學者為：

1. Dr. Hideyuki Imai (今井 秀行), Associate Professor, Biology Program,
Faculty of Science, University of the Ryukyus.
2. Dr. Tamotsu Oomori (大森 保), Professor Emeritus, Department of Chemistry,
University of the Ryukyus.

3. Dr. Sung-yin Yang (楊松穎) postdoctoral scholar, Microbiology and Biochemistry of Secondary Metabolites Unit, Okinawa Institute of Science and Technology.

首先於 7 月 27 日上午拜訪琉球大學生物學系的今井 秀行博士。今井博士的研究主題為水生生物的族群遺傳結構、保育生物學及生態學，亦有相當豐富的產出著作。主要討論內容為沖繩目前在珊瑚礁及相關漁業資源研究的現況與保育措施。此外，由於今井博士近年執行沖繩縣及鹿兒島海域之豹鱈族群遺傳研究，又豹鱈亦為本所石斑魚研究重點魚種，為能更了解該魚種，加強該魚種的漁業資源管理及保育工作，以及作為本所豹鱈種魚遺傳歧異度之野生族群對照資料。職乃向今井博士尋求進行雙方共同研究之可行性，亦已獲得正面回應，俟本所與琉球大學理學院雙方簽署學術及教育合作協議後，即可開始進行豹鱈在整個西太平洋的遺傳連通性的合作研究(從日本鹿兒島、臺灣澎湖、菲律賓至南中國海)與相關樣本交換。合作協議書簽署事宜刻正聯繫辦理中。

7 月 27 日下午則是透過中央研究院生物多樣性中心研究員陳昭倫博士的引薦，拜會琉球大學理學院化學系名譽教授大森 保博士，旨在討論珊瑚外部型態變異的相關研究。職曾在中央研究院生物多樣性中心研究員陳昭倫博士擔任研究助理期間發表過有關黑橘斑馬珊瑚(*Oulastrea crispata*)的珊瑚蟲骨骼型態隨著不同地理區存在顯著差異的研究報告。因大森 保博士在閱讀本篇報告後向陳昭倫博士提出疑問，職便受大森 保博士邀請至他的實驗室就該篇報告進行討論。雖然大森 保博士的研究專長為海洋化學及碳酸鈣在海洋中的生物地化循環研究，但他對於珊瑚礁資源保育、氣候變遷對於海洋生物及化學的影響仍非常重視與關心，即便他已於 2010 年自琉球大學退休，仍經常奔走於琉球大學與沖繩縣政府，為各項海洋資源管理保育政策建言與發聲，貢獻其所學。

7 月 28 日至沖繩科學技術大學院大學拜會楊松穎博士。楊博士曾任職於中央研究院生物多樣性中心，他於琉球大學取得博士學位後，目前於沖繩科學技術大

學院大學的 Microbiology and Biochemistry of Secondary Metabolites Unit 擔任博士後研究，主要研究為利用次世代定序技術應用於海洋生物的全基因組定序、基因組篩選及功能分析。目前正進行瘤狀菟葵(Genus *Palythoa*)產毒基因的篩選及轉錄體(transcriptome)的分析研究，盼能應用於生醫製藥開發應用。由於本組自 102 年度開始為執行本所農業科技計畫—經濟性珊瑚礁魚類族群遺傳結構研究，開始嘗試利用次世代定序技術(NGS, next generation sequencing)進行玳瑁石斑(*E. quoyanus*)、橫紋鱸(*Cephalopholis boenak*)及豹鱸(*P. leopardus*)基因組定序，並篩選微衛星基因座(microsatellite locus)，盼能應用於個體鑑定、遺傳多樣性及族群遺傳結構分析。透過此次拜訪，了解到目前次世代定序技術應用於海洋生物研究的現況，未來更期待能將該項技術應用於本所種原庫保種生物的個體鑑定及分子選育，加速遺傳選育工作的執行效率。

此行除了拜訪上述學者外，亦至沖繩縣本島幾個漁港及漁市場進行豹鱸樣本採集，包括系滿漁港、泡瀨漁港、泊港漁港、瀨底漁港、汀間漁港、名護漁港水產物直販所及宜野灣漁港。此外，並至沖繩市漁業協同組合、名護漁業協同組合及伊江於業協同組合訪談豹鱸目前的捕撈現況。因職不黯日文，因此 7 月 30 至 31 日兩天的行程均有楊松穎博士陪同，協助與漁民或漁業組合協同的人員溝通。此行所採集之豹鱸樣本加上琉球大學今井博士所提供之樣本共計豹鱸 53 尾。

三、心得及建議

職此行至沖繩縣進行珊瑚礁漁業資源評估與管理考察計畫，深刻體會沖繩當地，從漁民、研究單位、漁業社團，甚至政府單位均對於珊瑚礁漁業資源非常重視。這或許是因為整個沖繩縣面積不大，大大小小的離島，加上終年流經的黑潮，造就其擁有非常豐富的海岸線與珊瑚礁漁業資源，並且是當地重要的觀光與漁業收入來源所致。

沖繩縣目前最高價位的三種魚依序為：豹鱸、長尾姬鯛及邵氏寒鯛，而最普遍又便宜的食用魚則為當地俗稱為「banana fish」的烏尾冬，食用珊瑚礁魚對於沖繩人來說是飲食生活中非常重要的一環，也因此使他們格外重視這些珊瑚礁及其漁業資源的管理保育。當地的珊瑚礁漁業資源管理政策其實不外乎設立漁業資源保護區與禁漁期等方式。較特別的是，他們目前已針對豹鱸與邵氏寒鯛訂定最小可捕獲體長(重)，根據不同的漁業協同規定，需體長達 35 公分(豹鱸)與 30 公分(邵氏寒鯛)，或體重達 1 公斤以上者使得捕撈，增加這些魚在被捕撈之前加入產卵群(spawning group)的機會。依據 Ferreira (1995)針對豹鱸生殖生物學的研究結果推測，該魚種在體全長(TL)20 至 36 公分可達性成熟。然而，目前在臺灣，除了俗稱蘇眉魚的波紋鸚鯛(*Cheilinus undulatus*)外，沒有任何的珊瑚礁魚類有任何相關的管理保育政策。

石斑魚由於其高經濟價值且日漸增加的市場需求，使得漁民競相捕撈，卻鮮少有積極的管制與規範作為。IUCN Groupers & Wrasses Specialist Group 的主席 Dr. Sadovy 曾於研究報告中指出石斑魚由於生活史長、成長慢、先雌後雄及具有固定產卵場等特性，使得其很容易遭受過漁且難以恢復原有族群量。若再不採取積極有效的管理及保育行動，全球的石斑魚資源很快就面臨滅絕(extinction)的窘境。更令人擔憂的是，目前僅有拿騷石斑等少數幾種石斑魚有針對特定魚種的管理保育。

臺灣周圍海域的石斑魚約有 43 種，分別佔了全世界石斑魚屬物種數(99 種) 的 43%與印度太平洋產石斑魚屬物種數(76 種)的 57%，顯示臺灣周圍海域具有物種多樣性極高的石斑魚類資源，然而卻鮮少有人注意到他們。國內大多數的石斑魚相關研究仍是著重於養殖管理與疾病防治相關，對於野生石斑魚基礎生物學或生態學的研究可謂一片空白。如此一來，如何能管理這些珍貴的魚類資源？另以漁業署的漁業統計年報為例，在臺灣，民國 88 年至 100 年近海與沿岸漁業的平均石斑魚漁獲量為 488 公噸，以 85 年漁獲量為最高，達 685 公噸，99 年最低，僅有 279 公噸，呈現逐年遞減的趨勢，減少近 6 成漁獲量，顯示臺灣周圍海域的石斑魚資源量正遭受嚴重的過漁壓力，相關的保育管理工作刻不容緩。然而由於石斑魚的種類鑑定困難，許多漁業統計資料無區分種類，所有種類的石斑魚僅以「鱸」一個項目囊括所有的種類，使得無法了解漁獲種類組成，與特定種類的資源評估。爰此，針對臺灣周圍海域石斑魚資源的管理及保育建議如下：

1. 應積極鼓勵大學或研究單位針對臺灣周圍海域重要經濟性或具代表性的石斑魚種，例如點帶石斑、瑪拉巴石斑、赤點石斑(*E. akaara*)、玳瑁石斑及青石斑(*E. awoara*)等魚種進行基礎生物學與生態學的調查，包括分布範圍、生殖週期、生殖行為模式、產卵場位置、年齡成長模式、棲息地選擇、食性分析、遺傳多樣性及族群遺傳結構等。
2. 漁政單位應改進漁獲統計量的登載模式，加強各漁會(港)對於不同魚種的鑑別能力，將重要的魚種獨立統計卸魚量，俾利未來效法鮪、旗魚研究的模式針對不同魚種進行漁業資源量評估。
3. 依據前述基礎調查的結果，適時適地的訂定禁漁期或禁漁區，避免於繁殖季節進行捕撈作業。
4. 針對不同石斑魚種訂定最小可採捕體型，讓有更多的個體可以投入產卵群繁殖後代。

5. 可於特定地區，例如澎湖縣，效法東港櫻花蝦管理模式，針對特定魚種訂定總允許可捕獲量(TAC)，以維持最小有效族群量，避免過漁。
6. 加強石斑魚養殖業飼養魚隻逸散到野外的風險管理，避免人工繁殖魚隻汙染野生族群的基因庫；或是雜交石斑魚隻逸散到野外，造成生態系負面影響。
7. 栽培漁業所使用的魚苗不同於水產養殖用的魚苗，應先針對放流海域之魚種組成、預定放流種類之母族群進行調查，並從當地海域採集適合之種原以繁殖魚苗，並根據該魚種的生活史特性，適時適地的進行魚苗放流。

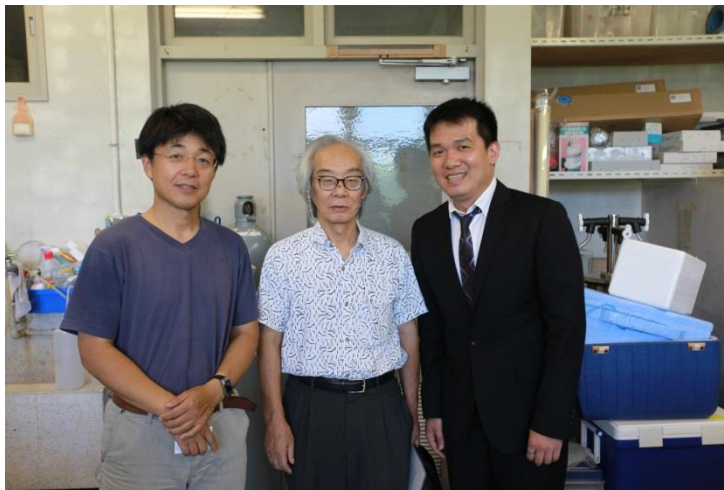
此行另外的收穫是在與琉球大學今井 秀行博士的討論中，意外得知豹鱸的地理分布北界線可達日本鹿兒島，而非一般所認為的沖繩。另在其尚未發表的甲殼類遺傳資料結果顯示，在臺灣、與那國島、石垣島、宮古島、沖繩到日本九州，海洋生物的遺傳連通性強烈受到黑潮路徑的影響，在其研究中發現某些物種之遺傳關係，臺灣反倒與地理位置較遠的九州有較近的親緣關係。

至漁港採集的最後一天，職不能免俗的也參觀了遠富盛名的沖繩美之海水族館，除了黑潮之海的巨大鯨鯊與蝠魞等大型魚類相當震撼外，許多水族館內用心的細節，也是令人激賞與值得學習的；在走訪幾個漁港的過程中，發現這些漁港大多很乾淨，鮮少聞到令人不舒服的魚腥味或漁船油臭味。這些漁港不見得有美輪美奐的漁港建設、觀光魚市或譁眾取寵的裝置藝術，卻格外有種閒適宜人的寧靜。

四、附件資料



拜會今井 秀行博士研究室進行技術交流



拜會大森 保博士、藤村 弘行博士研究室進行技術交流



琉球大學一隅



沖繩科學技術大學院大學



沖繩市漁業合作協同旁邊水產物直販所內所賣的各式魚類。



參訪沖繩市漁業合作協同及採集豹鱸樣本



張貼於漁業合作協同外的豹鱸及邵氏寒鯛管理保育公告。