

海洋保護區對於珊瑚礁經濟性漁業永續利用的 可行性及臺灣海洋保護區研究現狀

溫國彰^{1,3}，陳昭倫²

¹東海大學生命科學系；²中央研究院生物多樣性中心；³通訊作者 E-mail: ckcwen@thu.edu.tw

[摘要] 海洋保護區或是禁捕海洋保留區是目前廣泛用於保護珊瑚礁生態系的管理方式。禁捕海洋保護區可以維持或增加生物多樣性，亦可增加保護標的物種的豐度與大小，適合用在珊瑚礁經濟性魚類的永續利用與經營上。然而，過去的研究結果顯示不同海洋保護區的保護效果仍有相當大的差異。這些差異可能肇因於保護區內棲地的條件、保護標的魚種的生態特性、保護區和其他礁區之間的連通性(connectivity)以及保護區的執法強度。除了保護區的執法強度，其他造成保護區保護效果差異的因子都與其環境與保護標的物種入添(recruitment)特性有關。進一步解析在保護區及非保護區內保護標的魚種入添的異同，不僅可以了解造成幼魚入添的生態機制，也可改善保護區的管理效用，達到珊瑚礁漁業永續利用的可能性。本文首先回顧有關入添熱點(recruitment hotspots)的重點研究及其對於保護區魚類群聚的影響。接著詳細介紹在澳洲大堡礁南部大凱佩爾島的花點刺鰹鮨(*Plectropomus maculatus*)和胸斑笛鯛(*Lutjanus carponotatus*)的入添熱點與保護區的關聯。經過分析顯示，入添熱點對於成魚和幼魚的數量都有顯著的影響，相反的，保護區則只對成魚有影響，找出入添熱點應可明顯改善保護區對於標的魚種的保護效果。此外，我們也搜尋近十年國內外與保護區相關的研究報告，以瞭解國內外對海洋保護區研究重視程度的差異。首先，在臺灣，沒有保護區的研究支持魚隻數量增加；保護區相關的研究內容也大多停滯在海洋管理的架構和法政議題；少有研究數據來支持或是比較保護區的內外差別。臺灣對於海洋保護區的相關研究不像其他國家持續增加，反而逐漸減少。為了瞭解臺灣海洋環境和改善海洋保護區的管理，需要進行更多與臺灣海洋保護區相關的研究。

關鍵字：微棲地喜好、掠食性魚類、禁捕海洋保留區

The Sustainable Coral Reef Fishery of Marine Protected Areas and a Brief Review of Marine Protected Area Studies in Taiwan

Colin Kuo-Chang Wen^{1,3} and Chaolun Allen Chen²

¹Department of Life Science, Tunghai University; ²Biodiversity Research Center, Academia Sinica;
³Corresponding author E-mail: ckcwen@thu.edu.tw

ABSTRACT Marine protected areas (MPAs) or no-take marine reserves have been applied as a management tool on coral reef ecosystem globally with proven evidence of maintaining or improving biodiversity as well as increasing the abundance and body size

of fishery target species. However, the effectiveness of different MPAs varied amongst literatures, an observation that could be attributed to the differential habitat characters in MPAs, ecological traits of target species, connectivity between reefs and enforcement. Except enforcement, other environmental factors are associated with recruitment of target species. Therefore, understanding the recruitment of target species inside and outside of MPAs would be instrumental in gaining knowledge of recruitment mechanism, especially for sustainable fisheries management. In this study, literatures relevant to the recruitment hotspots of fishery species (*Plectropomus maculatus* & *Lutjanus carponotatus*) in Great Barrier Reef in Australia were reviewed, and the importance of including recruitment hotspots in MPAs for sustainable fisheries on coral reefs were illustrated. In addition, published studies with MPAs or related keywords in the past decade were examined to investigate the changes of focus between Taiwan and the rest of the world. Solid and empirical publications were scarcely found to support the increased fishery target species in MPAs in Taiwan. The inadequacy is speculated to be a consequence of weak enforcement in marine reserves of Taiwan. Secondly, there had been limited empirical or quantitative data of target species to either support or reject the efficacy of MPAs in Taiwan. Finally, publications from Taiwan have not increased along with the global trend, revealing the need for more empirical studies to understand the condition of marine reserves and further enhance the efficacy of MPAs in Taiwan.

Keywords: preferable microhabitat, predatory fish, no-take marine reserve

前言

魚類的過度捕撈(overfishing)，是海洋資源衰竭的重要原因。這些過度捕撈的現象主要發生在海洋食物鏈高食物階層的掠食性魚種，例如鯊魚、旗魚、鮪魚和石斑魚等(Pauly 2008)。掠食性魚種成為主要捕捉對象的主因不外乎其體型大、肉質佳的緣故。但掠食性魚種也因為成長緩慢，成熟個體大等生物因素，使得該魚種對於過度捕撈的恢復特別緩慢。在珊瑚礁生態系中，掠食性魚類的過度捕撈也是嚴重的問題，但已有許多管理方式可以改善珊瑚礁魚類的過度捕撈，並達到永續利用的目的。例如，體長大小限制、繁殖季節限制和保護區的劃設。其中，保護區的劃設被認為是非常有效的方式，許多研究也已經證明了設置保護區可增加魚類的多樣性以及魚類資源的恢復(Williamson *et al.* 2004)。然而，並非所有的保護區都能確保快速恢復漁業資源，而更多研究指出需要配合環境的地理條件、保護區物種的生物及生態資料，才更能有效增加魚類資源，特別是將魚苗輸出給保護區周邊地區，來達到漁業永續利用的目的(Pauly *et al.* 2002)。

究竟要如何管理海洋保護區才能達到漁

業永續利用的目的呢？以珊瑚礁魚類族群為例，除了個體在不同礁區的移動能有限的增加或減少族群數量外，仔稚魚的入添對於珊瑚礁魚類族群也是非常重要的補充或增加來源(Doherty and Williams 1988)。然而，仔稚魚從入添的棲地選擇到成功加入族群的過程中，本身自然死亡率非常高(從漂浮期到沈降後推估有 90%的死亡率)。此外，人為直接的破壞及干擾，或是間接的環境變遷造成的棲地損毀，更會提高這些入添魚苗的死亡率(Feary *et al.* 2007)。因此研究並瞭解棲地環境對於珊瑚礁經濟魚類仔稚魚的影響，並從中找到增加或是維持入添仔稚魚存活率的保護區管理措施，是達到漁業永續利用的可能方法(Harrison *et al.* 2013, Wen *et al.* 2013b)。

由於大部分珊瑚礁魚類的生殖模式為漂浮性擴散，加上珊瑚礁魚類仔稚魚平均有約 30 天左右的漂浮期，這使得仔稚魚很可能隨著海流漂離原出生水域(Leis *et al.* 1996)。因此，固定範圍的珊瑚礁上的魚類被認為大部份是由外部的仔稚魚在沈降期有游泳能力後入添來到珊瑚礁(Doherty and Fowler 1994)。然而，仔稚魚在有游泳能力時的漂浮期和沈降期是如何辨認方向或是選擇珊瑚礁還不清楚，因

此珊瑚礁仔稚魚的入添機制仍是個謎(Leis and Carson-Ewart 1999)。過去的研究顯示仔稚魚的入添對於整體魚類的族群動態影響很大，因此了解魚類的入添機制，將會是預測及解決珊瑚礁魚類多樣性、族群動態與群聚變動的重要方向(Schmitt and Holbrook 1999)。一般珊瑚礁魚類的入添，並不是隨機或是均勻的分佈在珊瑚礁區，研究顯示許多小區塊的珊瑚礁長期具有高於整體礁區平均入添數量的仔稚魚，這些入添幼魚數量較高的區塊被稱為入添熱點(recruitment hotspots, Booth *et al.* 2000)。入添熱點最早是在珊瑚與雀鯛科魚種上被發現(Booth *et al.* 2000, Eagle *et al.* 2012)，而本文作者近幾年在澳洲大堡礁的調查研究發現了經濟性魚種的入添熱點。在大部分的珊瑚礁生態系裡，鮨科(Serranidae)和笛鯛科(Lutjanidae)因體型大和肉質鮮美，成為重要的珊瑚礁經濟性魚類。鮨科的最大體長依照不同的種類可達(40 cm–2m TL)，笛鯛科則是介於(30–40 cm TL)之間。由於兩者都是肉食性掠食者，所以其具有結實和有彈性的肌肉並成為受歡迎的經濟性魚種。這兩科的魚類已經有很多相關的研究，包括生理生態、在保護區內的數量變化等(Williamson *et al.* 2004, Harrison *et al.* 2013)。但是還沒有任何文獻詳細地報告它們在入添時棲地選擇。若是可以找出這兩科魚類入添時幼魚的棲地選擇，並瞭解這些選擇的生態因素及將入添熱點納入保護區管理的重點，就有可能促進珊瑚礁經濟性魚類永續利用的目標。

同時，我們也針對臺灣過往的海洋保護區研究作簡單回顧。臺灣珊瑚礁的海洋保護區的歷史大概從 1984 年墾丁公園管理處的成立並將部分珊瑚礁區設成資源保育區開始，相較於陸域保護區的設立(1979 年)不算晚太多。臺灣陸域保護區的研究已行之有年(Hsu *et al.* 1997)，許多優秀的研究人員都已經與國際接軌並合作進行研究以改善保護區 (i.e., Hwang *et al.* 2010)。然而在海洋保護區方面，筆者在過去十年裡面並沒有看到與陸域保護區同樣的成長。一直到了 2002 年的 IUCN/WCPA 的

東南亞會議中，臺灣政府正視了保護區的需求，並在 2007 年成立東沙國家公園與海洋國家公園管理處；許多對於保護區棲地和動植物背景的調查也迅速展開。譬如海岸的生物調查(Chen *et al.* 2004, Hsieh *et al.* 2004)和珊瑚礁的棲地調查(Shih and Chiau 2009)等，來提供海洋保護區劃設的基本資料。為了更瞭解臺灣的海洋研究現況與其他國家的差別，我們搜尋了臺灣及其他國家的海洋保護區相關研究，並作討論。

重要文獻回顧

澳洲大堡礁的保護區可以增加經濟性物種豐富度的研究背景資料已經被確定(Evans and Russ 2004, Russ *et al.* 2008)。尤其是掠食性魚類的花點刺鰓鮨(*Plectropomus maculatus*)和胸斑笛鯛(*Lutjanus carponotatus*) (圖 1)的數量在保護區內和保護區外有兩到三倍的差距(圖 2, Williamson *et al.* 2004)。為了更進一步瞭解保護區是如何增加這些漁業標的魚種的數量，Wen 等人(2012)首先測試大堡礁南部的凱佩爾群島(Keppel Islands)保護區裡捕食者數量增加時幼魚數量是否會因為同類相殘(cannibalism)而減少(Ayling *et al.* 1992)。然而從食性改變的研究，保護區和非保護區的幼魚食性並沒有因為捕食而改變，這間接推測了這些幼魚被捕食壓力在保護區並沒有比較大。Wen 等人在同樣區域測試這些珊瑚礁漁業標的魚種在棲地選擇上是否有特殊喜好(Wen *et al.* 2013a)，發現這些珊瑚礁經濟漁業的魚種(尤其是花點刺鰓鮨)在成體較無偏好任一棲地類型，但是在幼魚時期對於特殊棲地則有高度偏好(圖 3，軸孔珊瑚在沙地上)。這種特殊的棲地選擇經過野外歸納的分析實驗和室內的實驗(圖 4、圖 5)，再配合胃內含物的分析，Wen 等人推測這種結果是因為這些棲地同時具備幼魚的食物和遮蔽物(Wen *et al.* 2013c)。這些特殊棲地的範圍也剛好與採樣到的入添幼魚豐度有相當程度的關聯(圖 6)。

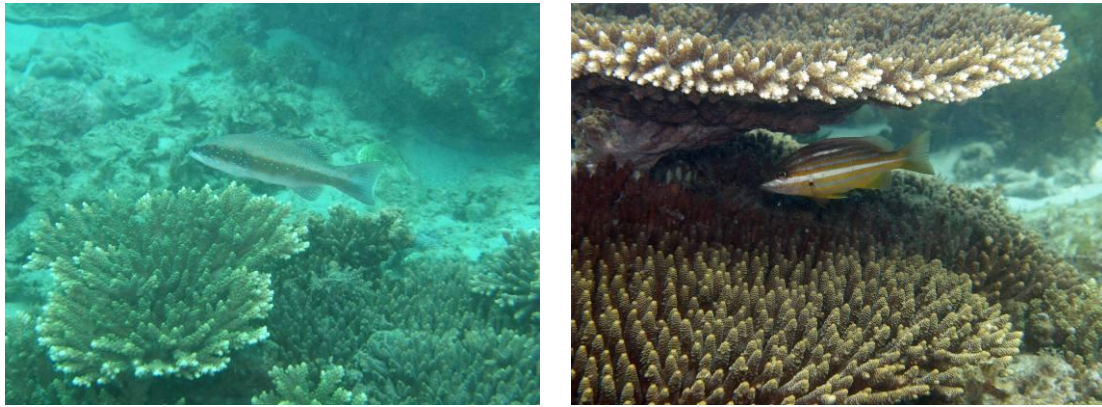


圖 1. 研究物種為(a)花點刺鯧(*Plectropomus maculatus*)和(b)胸斑笛鯛(*Lutjanus carponotatus*)

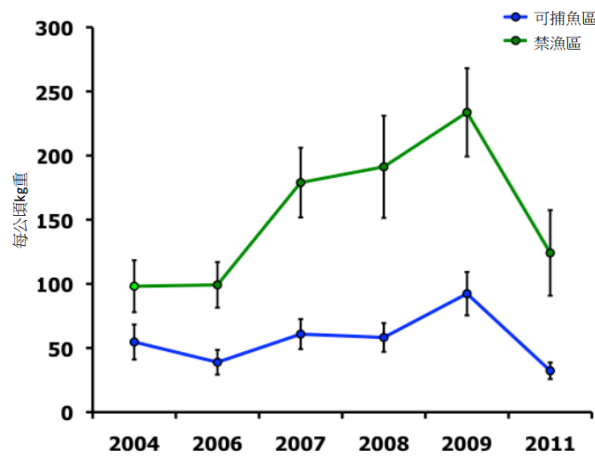


圖 2. William 等發現保護區內的標的魚種的生物量超過保護區外的兩到三倍(cited from Williamson *et al.* 2004)

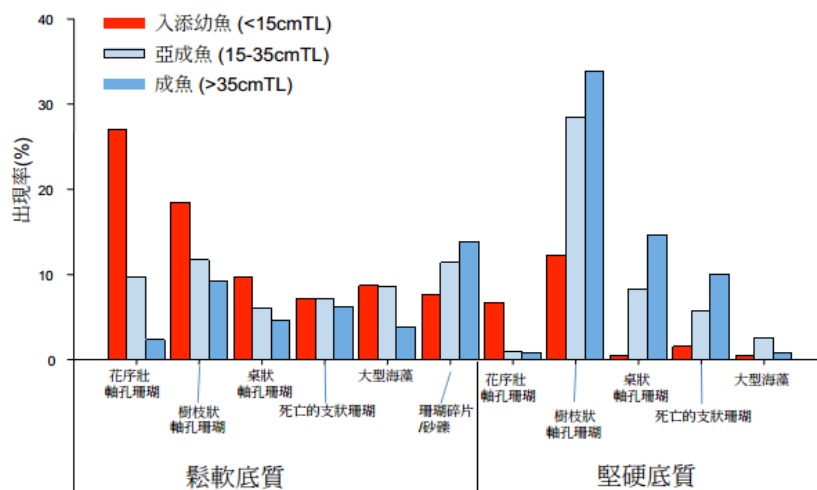


圖 3. 珊瑚礁經濟性魚類花點刺鯧(*Plectropomus maculatus*)在不同成長時期(體長)對於棲地喜好的選擇(modified from Wen *et al.* 2013a)。圖例說明：亞成魚，一年到性成熟前的個體；成魚，性成熟的個體

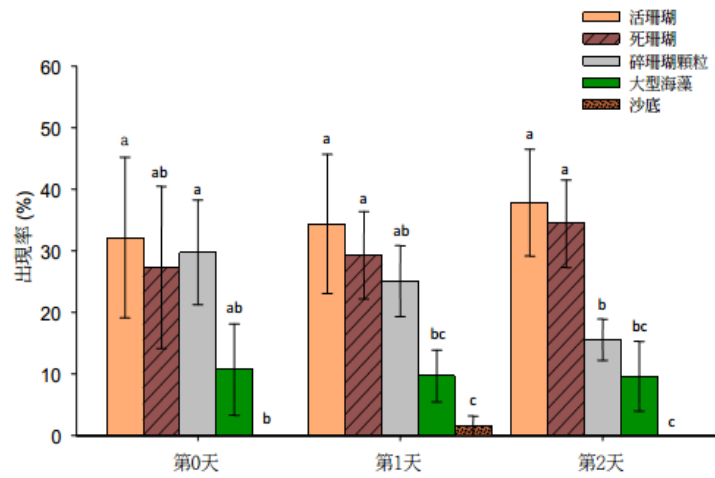


圖 4. 花點刺鯧(*Plectropomus maculatus*)幼魚在操作實驗裡面對於不同棲地在 48 小時內顯示的利用比例(modified from Wen *et al.* 2013c)

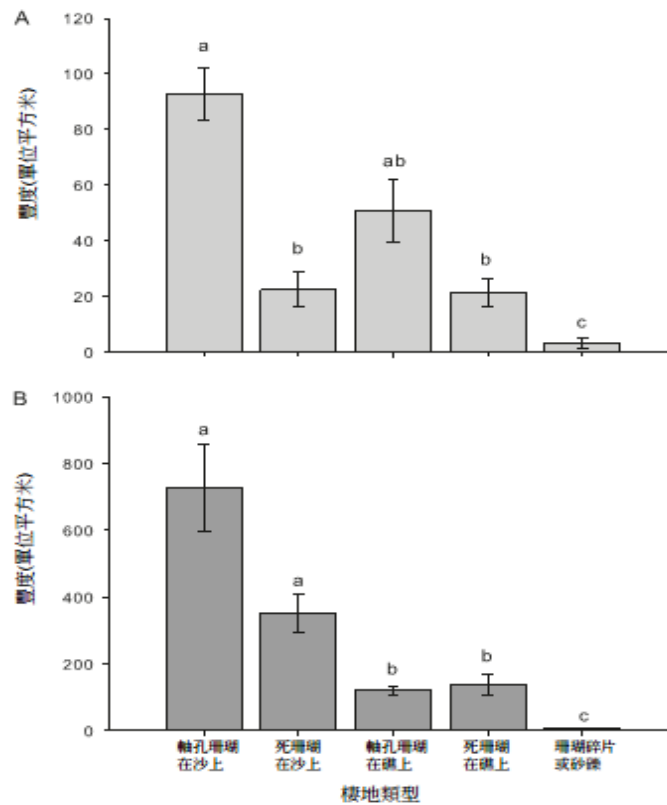


圖 5. 不同棲地類型所提供不同比例的食物(a)魚類(b)無脊椎生物(modified from Wen *et al.* 2013c)

為了瞭解入添熱點和整個族群豐度跟分布的關聯，筆者接著在 2008 年 5 月及 2009 年 2 月，也是澳洲地區這兩個魚種的主要繁殖高峰後的兩個月，進行水下觀察記錄(underwater

visual census, UVC) 目標魚種的豐度與體長。總共八個測站，每個測站從淺水域的珊瑚平台(reef flat)到珊瑚礁底部(reef base) 有六個平行穿越線。八個測站各有四個入添熱點與四

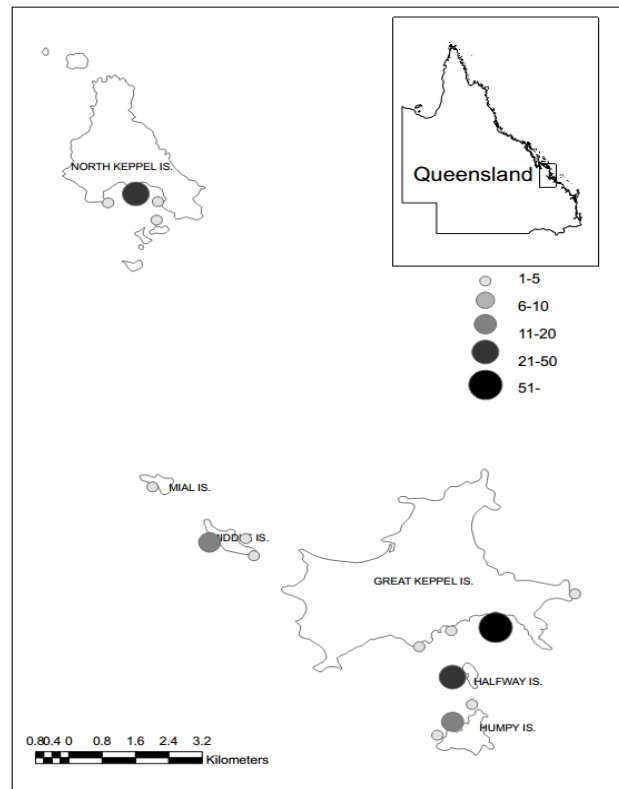


圖 6. 花點刺鰓(*Plectropomus maculatus*)的入添熱點在澳洲大堡礁南部的凱佩爾群島(Keppel Islands)的分佈情形。圓圈大小分別代表在 10 次採樣裡面的魚隻數量

個非入添熱點，各自有兩處保護區，兩處非保護區。為了測試這些俱有良好棲地的入添熱點，是否可以幫助保護區達到珊瑚礁永續利用的目的。筆者以正交試驗分析(orthogonal)去比較兩個因子(保護區和入添熱點)對於花點刺鰓(*P. maculatus*)和胸斑笛鯛(*L. carponotatus*)數量的影響，統計上則利用混合模式來測試兩個因子(保護區和入添熱點)對於仔稚魚、亞成魚和成魚族群的影響，去找出最合適分佈(best goodness-of-fit)的因子組合。並以虛無模式(null model)和其它不同因子排列的組合模式相互比較，利用 AIC 值(Akaike's information criterion)來找出最適合模式來解釋何種因子對於族群豐度的影響最為密切(R 3.0.0 R Development Core Team 2011)。

從混合的非線性模式結果觀察發現，保護區及入添熱點對於花點刺鰓和胸斑笛鯛的影響，可歸結如下：在成魚方面，兩種魚的豐

度都與保護區和入添熱點有關，最高的密度則是發生在有入添熱點的保護區內，有入添熱點的保護區內的魚類數量甚至比沒有入添熱點的保護區多了兩到三倍(圖 7)，這個差異也與 Williamson *et al.* (2004)類似。在亞成魚的部分，也可以看到和入添熱點有顯著的相關，令人驚訝的是亞成魚的數量和保護區沒有直接的關聯。胸斑笛鯛(*L. carponotatus*)在有入添熱點的非保護區甚至出現平均高過其他所有的組別，這都顯示了入添熱點對小體型的亞成魚族群有重要影響。

我們利用 Google 學術搜尋引擎(Google Scholar)進行中文繁體與英文關鍵字搜索來比較臺灣海洋保護區與世界上其他海洋保護區研究的數量。臺灣保護區相關研究定義為 1. 研究地區在臺灣；2. 無研究地點(如 paper review)，但是資料整理者為臺灣研究單位。臺灣保護區的關鍵字則使用：1. 海洋保護區；

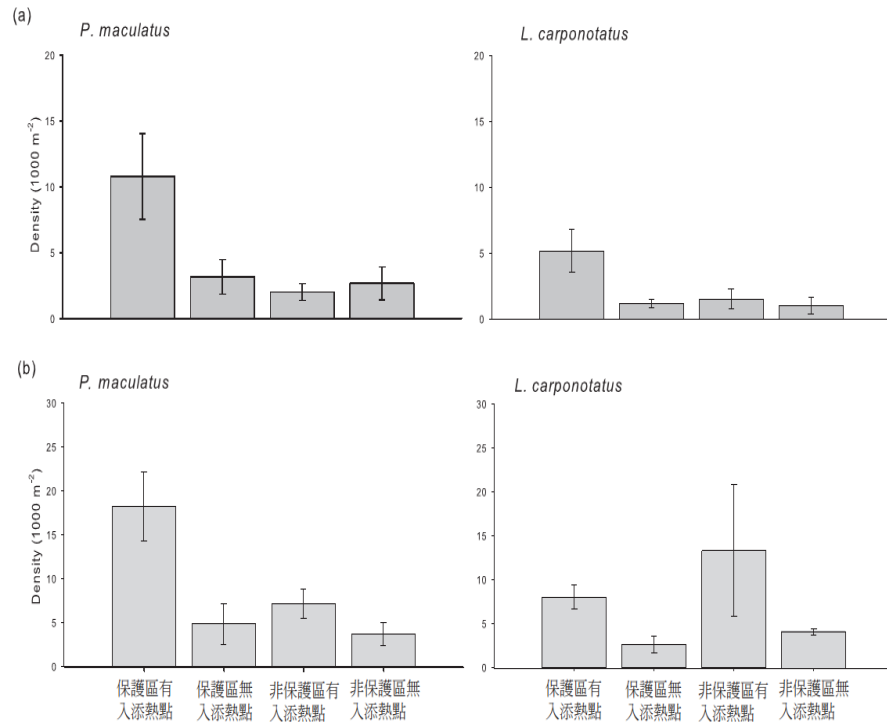


圖 7. 入添熱點(hotspots)和保護區(reserves)的有無對於花點刺鰓鯧和胸斑笛鯛(a)成魚和(b)亞成魚數量的關聯

2. 海洋國家公園；3. 海洋資源保護區；4. 海洋管理區。世界其他國家的相關研究則以英文關鍵字為：1. marine reserves；2. marine protected areas；3. marine park 作為海洋保護區相關研究的搜尋結果。無論臺灣或是其他國家在相關研究的定義上，除了 SCI 期刊外，也包括報告和其他文獻。不過相信有許多未公開發表的研究結果(如論文)無法在此方法中得知。

臺灣海洋保護區與世界上海洋保護區研究發表數量的結果如圖 8。忽略臺灣研究人員與世界研究人員數量上的差異，單純看增減的趨勢，我們可以發現過去十年內，世界上對於海洋保護區的研究迅速增加了兩倍。相對於臺灣，雖然最高時期增加了四倍以上的研究量，但是過去幾年內數量大量下降，最高峰(2008, 2009)大概與東沙保護區與海洋國家公園管理處的成立(2007)有關。之後只有零星的發表數量，包括臺灣學者發表在臺灣中文科學期刊或是發表在國外非 SCI 英文期刊。

討論

我們從 Wen *et al.* (2013b)的結果可以看出入添熱點與經濟性成魚族群的大小有非常顯著的關聯，此結果與其他非經濟性的珊瑚礁魚類一致(Doherty and Fowler 1994)。經濟性珊瑚礁魚類的入添熱點很顯著的可以幫助漁業管理，尤其是漁業的永續利用。而入添熱點對於地區性的魚類豐度更是勝過保護區的有無。簡言之，如果沒有成功地入添，就算移除了漁業的捕獲壓力(如保護區)，整個魚類族群還是無法建立起來。這樣的結果很可能是許多保護區，在多年保護後仍沒有明顯成效的主要原因之一(Reviews in Russ 2002)。此外，本文討論的兩種經濟性魚類的幼魚，明顯在沙地與珊瑚混合區表現出喜好桌型(tabular)或是花柱形(corymbose)軸孔珊瑚(*Acropora*)的行為(Wen *et al.* 2013a)。這樣的喜好可以作為找尋入添熱點及維持入添熱點功能的切入點。例如透過影像

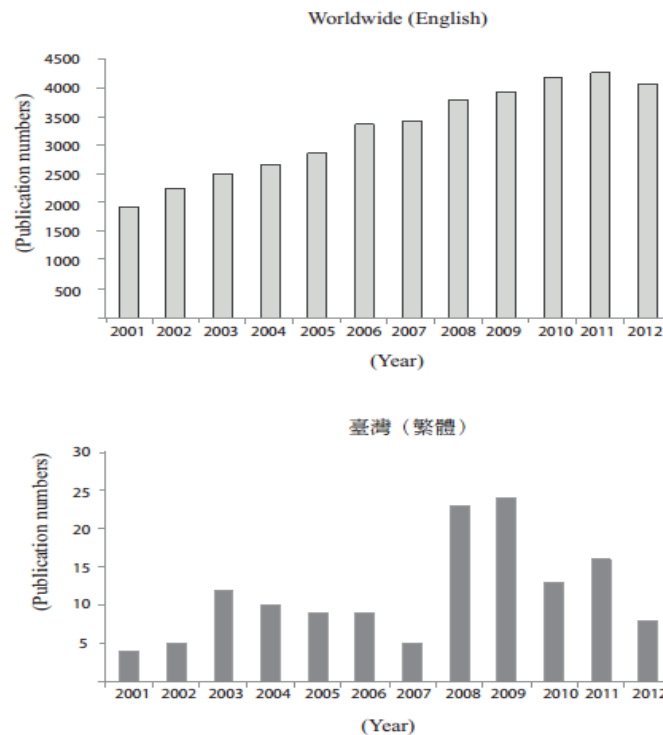


圖 8. 世界和台灣有關於海洋保護區過去十年的文獻數量

遙測來找尋這種珊瑚和沙地混合區來縮小可能入添熱點的範圍，之後再進行仔稚魚入添的調查。

雖然 Wen 等人(2013b)的研究顯示加上入添熱點的保護區是最具有高魚類豐度的區域，我們仍建議除了保護區的劃設外，其它相關的棲地保護措施也是必要的。保護區只是移除人類的漁業捕撈壓力，但還有許多人為干擾無法排除。例如陸源污染物、或是海岸的過度開發，都很有可能帶給入添熱點內魚類和珊瑚相當高的壓迫。除此之外，全球氣候變遷造成短時間內大量降雨帶來的淡水衝擊，也會讓淺水域的入添熱點受到嚴重影響。為了達到珊瑚礁魚類資源的永續利用，增加對於經濟性魚類入添熱點的研究是相當重要的。

臺灣海洋保護區相關研究的發表在近幾年快速下降，不管是否為英文國際期刊(包括 SCI 和非 SCI)皆然，可見並不是語文上的限制。而可能是經費分配上的限制或部分研究單位不以發表文章為研究目標。這並不代表臺灣

的海洋研究已趨完整，而是在研究上面臨很大的瓶頸。如同世界上其他開發中國家的保護區一樣，臺灣海洋保護區缺乏有效的管理和禁漁執法(enforcement)不足的問題，造成海洋保護區並無實質保護效用(Pramod *et al.* 2006)。社會學或是保護區管理的諸多研究，都顯示不論是執法效率或是和當地社區的互動，都扮演非常重要的角色。臺灣的一些研究也慢慢重視到這一點，陸域保護區已經有從陸域資源的使用者(原住民)社群切入的保育策略(Tai 2007)。海洋保護區方面也看到了使用者(stakeholder and shareholder)和保護區之間的衝突(Chang *et al.* 2011)。雖然臺灣海洋保護區的研究也同樣證明了保護區的設立對於當地的漁業或是旅遊業永續利用的幫助(Chiau 1998a, Chiau 1998b, Liu 2013, Liu *et al.* 2005, Yang *et al.* 2011)，但是我們不能期待使用者來閱讀這些研究報告。邵廣昭與賴昆棋(2011)很完整的整理了臺灣海洋保護區未來的挑戰。在此，我們建議臺灣海洋保護區的管理更應該要

參考蘋果電腦(Apple Inc.®)成功的策略—「使用者為中心的策略(user-centered design)」，去了解不同海洋保護區附近使用者的需求。包括增加旅遊收入(潛水，浮潛)或是珊瑚礁漁業的利用，再配合相關研究人員(生態旅遊或是海洋生物)進行調查與設計，才能符合使用者的需求。由許多發展中國家的研究例子也發現，對當地使用者的幫助可以彌補政府強制執行力的不足(Cinner *et al.* 2012)。有些國家的當地居民甚至主動要求設立保護區(Alcala and Russ 2006)。唯有政府機關的支持，配合研究人員的科學證據，加上完整傳達雙贏概念給當地使用者，才能成功建立海洋保護區，並達到多樣性保育及永續利用的可能性。

誌謝

本文章主要摘錄第一作者的博士研究發表。感謝教育部菁英留學獎學金 (2008-2010) 與澳洲詹姆士庫克大學的研究生獎學金 (2008-2012) 經費支助，Geoff Jones 教授，Morgan Pratchett 教授及 Glenn Almany 博士在學期間的指導及照顧。最後感謝臺灣大學歷史系博士候選人翁稷安及賴彥霖先生提供校正的幫助。

引用文獻

邵廣昭、賴昆棋。2011。海洋保護區的現況與挑戰。海洋事務與政策評論 12:65-90。

Alcala AC and Russ GR. 2006. No-take marine reserves and reef fisheries management in the Philippines: a new people power revolution. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 35(5):245-254.

Ayling AM, Ayling AL and Mapstone BD. 1992. Possible effects of protection from fishing pressure on recruitment rates of the coral trout (*Plectropomus leopardus*: Serranidae). In Proceedings of the 1991 Recruitment Workshop of the Australian Society for Fish Biology. pp. 210-215. Canberra, Australia: Bureau of Rural Resources Proceedings No. 16, Australian Government Publishing Service.

- Booth DJ, Kingsford MJ, Doherty PJ and Beretta GA. 2000. Recruitment of damselfishes in One Tree Island lagoon: persistent interannual spatial patterns. *Marine Ecology Progress Series* 202:219-230.
- Chang KC, Hwung HH and Chuang CT. 2011. An exploration of stakeholder conflict over the Taiwanese marine protected area. *Ocean & Coastal Management* 55(1-2):36-41
- Chen CP, Yeh HY and Lin PF. 2004. Conservation of the horseshoe crab at Kinmen, Taiwan: strategies and practices. *Biodiversity & Conservation* 13(10):1889-1904.
- Chiau WY. 1998a. Coastal zone management in Taiwan: a review. *Ocean & coastal management* 38(2):119-132.
- Chiau WY. 1998b. The role of religion in coastal resource management: The case of Kupo Island, Penghu (Pescadores), Taiwan. *Coastal Management* 26(1):17-31.
- Cinner JE, Daw TM, McClanahan TR, Muthiga N, Abunge C, Hamed S, Mwaka B, Rabearisoa A, Wamukota A, Fisher E and Jiddawi N. 2012. Transitions toward co-management: The process of marine resource management devolution in three east African countries. *Global Environmental Change* 22(3):651-658.
- Doherty PJ and Fowler A. 1994. Demographic consequences of variable recruitment to coral reef fish populations: a congeneric comparison of two damselfishes. *Bulletin of Marine Science* 54(1):297
- Doherty PJ and Williams DM. 1988. The replenishment of coral-reef fish populations. *Oceanography and Marine Biology* 26:487-551
- Eagle JV, Baird AH, Jones GP and Kingsford MJ. 2012. Recruitment hotspots: consistent spatial patterns in the relative abundance of coral recruits at One Tree Island, Australia. *Galaxea* 14:1-8
- Evans RD and Russ GR. 2004. Larger biomass of targeted reef fish in no-take marine reserves on the Great Barrier Reef, Australia. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 14(5):505-519.
- Feary D, Almany G, McCormick M and Jones G. 2007. Habitat choice, recruitment and the response of coral reef fishes to coral degradation. *Oecologia* 153(3):727-737
- Harrison HB, Williamson DH, Evans RD, Almany GR, Thorrold SR, Russ GR, Feldheim KA, van Herwerden L, Planes S, Srinivasan M, Berumen ML and Jones GP. 2012. Larval export from marine reserves and the recruitment benefit for fish and fisheries. *Current Biology* 22(11):1023-1028
- Hsieh HL, Chen CP and Lin YY. 2004. Strategic planning for a wetlands conservation greenway along the west coast of Taiwan. *Ocean & coastal management* 47(5):257-272.
- Hsu MJ, Agoramoorthy G, Desender K, Baert L and Bonilla HR. 1997. Wildlife conservation in

- Taiwan. *Conservation Biology* 11(4):834-838.
- Hwang MH, Garshelis DL, Wu YH and Wang Y. 2010. Home ranges of Asiatic black bears in the Central Mountains of Taiwan: Gauging whether a reserve is big enough. *Ursus* 21(1):81-96.
- Leis JM and Carson-Ewart MB. 1999. In situ swimming and settlement behaviour of larvae of an Indo-Pacific coral reef fish, the coral trout *Plectropomus leopardus* (Pisces: Serranidae). *Marine Biology* 134(1):51-64.
- Leis JM, Sweatman HPA and Reader SE. 1996. What the pelagic stages of coral reef fishes are doing out in blue water. Daytime field observation of larval behavioural capabilities. *Marine and Freshwater Research* 42(2):401-411.
- Liu WH. 2013. Managing the offshore and coastal fisheries in Taiwan to achieve sustainable development using policy indicators. *Marine Policy* 39:162-171.
- Liu WH, Ou CH and Ting KH. 2005. Sustainable coastal fishery development indicator system: a case of Gunghiau, Taiwan. *Marine Policy* 29:199-210.
- Pauly D. 2008. Global fisheries: a brief review. *Journal of Biological Research-Thessaloniki* 9:3-9
- Pauly D, Christensen V, Guénette S, Pitcher TJ, Sumaila UR, Walters CJ, Watson R and Zeller D. 2002. Towards sustainability in world fisheries. *Nature* 418:689-695
- Pramod G, Varkey D and Pitcher TJ. 2006. An Estimation of Compliance of the Fisheries of Taiwan with Article 7 (Fisheries Management) of the UN Code of Conduct for Responsible Fishing, in: Pitcher, T.J., Kalikoski, D. and Pramod, G. (Ed.), Fisheries Centre Research Reports.
- Russ GR. 2002. Yet another review of marine reserves as reef fishery management tools. In: Sale PF (ed) *Coral Reef Fishes*. Academic Press, San Diego. pp. 421-443
- Russ GR, Cheal AJ, Dolman AM, Emslie MJ, Evans RD, Miller I, Sweatman H and Williamson DH. 2008. Rapid increase in fish numbers follows creation of world's largest marine reserve network. *Current Biology* 18(12):R514-R515.
- Schmitt RJ and Holbrook SJ. 1999. Mortality of juvenile damselfish: Implications for assessing processes that determine abundance. *Ecology* 80(1):35-50
- Shih YC and Chiau WY. 2009. Planning a marine protected area at Chinwan, Penghu, Taiwan. *Ocean & Coastal Management* 52(8):433-438.
- Tai HS. 2007. Development through conservation: an institutional analysis of indigenous community-based conservation in Taiwan. *World development* 35(7):1186-1203.
- Wen KC, Almany GR, Williamson DH, Pratchett MS and Jones GP. 2012. Evaluating the effects of marine reserves on diet, prey availability and prey selection by juvenile predatory fishes. *Marine Ecology Progress Series* 469:133-144.
- Wen CKC, Pratchett MS, Almany GR and Jones GP. 2013a. Patterns of recruitment and microhabitat associations for three predatory coral reef fishes on the southern Great Barrier Reef, Australia. *Coral Reefs* 32(2):389-398.
- Wen CKC, Almany GR, Williamson DH, Pratchett MS, Mannering TD, Evans RD, Leis JM, Srinivasan M and Jones GP. 2013b. Recruitment hotspots boost the effectiveness of no-take marine reserves. *Biological Conservation* 166:124-131.
- Wen CKC, Pratchett MS, Almany GR and Jones GP. 2013c. Role of prey availability in microhabitat preferences of juvenile coral trout (*Plectropomus*: Serranidae). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 443:39-45.
- Williamson DH, Russ GR and Ayling AM. 2004. No-take marine reserves increase abundance and biomass of reef fish on inshore fringing reefs of the Great Barrier Reef. *Environmental Conservation* 31(2):149-159.
- Yang CM, Li JJ and Chiang HC. 2011. Stakeholders' perspective on the sustainable utilization of marine protected areas in Green Island, Taiwan. *Ocean & Coastal Management* 54(10):771-780.