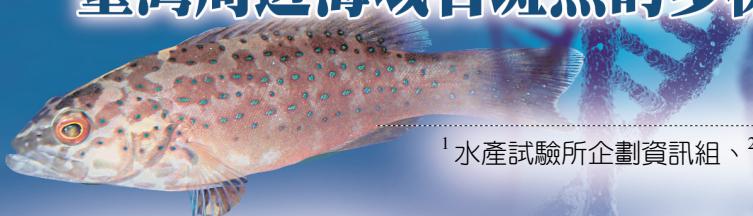


臺灣周邊海域石斑魚的多樣性與親緣關係

陳高松¹、謝恆毅²、蕭聖代³¹水產試驗所企劃資訊組、²澎湖海洋生物研究中心、³海洋漁業組

鮨科的親緣演化關係

一般來說，石斑魚 (Groupers) 泛指石斑魚屬 (*Epinephelus*) 或喙鱸屬 (*Mycteroperca*) (該屬僅分布於東太平洋與大西洋) 的魚類，在分類上屬於鱸型目 (Perciform)、鮨科 (Serranidae)，主要的鑑別形態特徵為主鰓蓋骨具有 3 根扁平狀硬棘，前鰓蓋骨後緣有鋸齒或有棘，上頷骨大而明顯。鮨科種類繁多，包含有鮨亞科 (Serraninae)、花鱸亞科 (Anthiinae) 與石斑魚亞科 (Epinephelinae) 等 3 個亞科，全球約有 64 屬 475 種 (Nelson, 2006)。鮨科系統分類研究的發展上，Jordan 及 Eigenmann (1890) 為首篇發表鮨科親緣關係的研究報告，將鮨科分為 Serraninae, Epinephelinae, Anthiinae, Grammistinae, Latinae, and Percichthyinae 等 6 個亞科。Katayama (1959) 更將日本產的鮨科魚類分類達 15 個亞科，然而這樣的分類假說被沒有被普遍的接受。直到 Gosline (1966) 與 Johnson (1983) 發表鮨科應僅分為鮨亞科、石斑魚亞科與花鱸亞科等 3 個亞科後，鮨科的系統分類才大致底定並沿用至今。

此 3 個亞科當中，以石斑魚亞科的種類數最多，親緣關係最為複雜不清。目前大多採用 Johnson (1983, 1988) 與 Baldwin and Johnson (1993) 所提出的分類假說：該亞科

分為東洋鱸族 (Niphonini)、石斑魚族 (Epinephelini)、黃鱸族 (Diploprionini)、長鱸族 (Liopropromini) 與黑鱸族 (Grammistini) 等 5 個族 (Tribe)。其中以石斑魚族的種類最多，包含了煙鱸屬 (*Aethaloperca*)、鴛鴦鮨屬 (*Alphestes*)、光頸鱸屬 (*Anyperodon*)、九棘鱸屬 (*Cephalopholis*)、駝背鱸屬 (*Cromileptes*)、鱗鮨屬 (*Dermatolepis*)、石斑魚屬 (*Epinephelus*)、紋鮨屬 (*Gonioplectrus*)、纖齒鱸屬 (*Gracila*)、喙鱸屬 (*Mycteroperca*)、副花鮨屬 (*Paranthias*)、鰓棘鱸屬 (*Plectropomus*)、澤鮨屬 (*Saloptia*)、鳶鮨屬 (*Triso*) 與側牙鱸屬 (*Variola*) 等 15 個屬，種類多達 150 種以上。其中以石斑魚屬的種類最多 (約 100 種)，並涵蓋多數經濟性養殖魚種，如龍膽石斑 (*E. lanceolatus*)、點帶石斑 (*E. coioides*)、瑪拉巴石斑 (*E. malabaricus*) 與棕點石斑 (*E. fuscoguttatus*)。

各屬間的親緣演化關係，以石斑魚屬與喙鱸屬的關係最接近，下美鮨屬、鴛鴦鮨屬、鱗鮨屬與鳶鮨屬等體高較高者為一群，並與前述兩個屬關係較近，接續為九棘鱸屬與側牙鱸屬。鰓棘鱸屬與澤鮨屬的關係最近，並為最早分化出來的屬。至於駝背鱸屬與光頸鱸屬 (均為一屬一種) 雖在形態分類上各為一屬，但在分子親緣關係樹上卻都落在石斑魚屬內，並沒有獨立出來。Craig 等 (2001) 為

首度利用分子生物技術為工具，以粒線體 16S rDNA 的序列提出石斑魚屬為平行系群 (paraphyly)，九棘鱸屬為單系群 (monophyly) 的推論。2007 年，Craig 等再利用細胞核 (Tmo-4C4 與 Histone H3) 與粒線體 DNA (16S 與 12S) 基因的序列，探討鮨科及石斑魚族的親緣關係，並推論：鮨科除了東洋鱸屬與刺鮨屬外，應屬於單系群。另外，石斑魚族應將煙鱸屬、光頸鱸屬、駝背鱸屬、纖齒鱸屬與副花鮨屬排除，並新增下美鮨屬 (*Hyporthodus*)，共有 11 屬，而非原先的 15 屬。Craig 等又於 2011 年提出，應將石斑魚亞科提升為石斑魚科 (Epinephelidae)，並包含石斑魚亞科、黃鱸亞科 (Diplopioninae)、長鱸亞科 (Lioprominae) 與黑鱸亞科 (Grammistinae) 的假說。Ding 等 (2013) 利用 12 組粒線體基因分析的結果，也支持上述假說，但認為應將光頸鱸屬與駝背鱸屬合併到石斑魚屬，煙鱸屬應合併到九棘鱸屬。

由於分子生物技術的普及發展與應用，許多鮨科相關的親緣關係假設紛紛被提出，有的結果與傳統形態分類一致，有的卻大相逕庭，顯示鮨科親緣關係的複雜程度。由於鮨科的種類繁多且外部形態類似，加上地理分布廣泛，導致其系統分類與種間親緣演化關係的研究執行困難，使得許多不同的分類假說紛紛被提出。因此，曾有學者表示鮨科猶如一個鴿舍 (pigeon-hole)，方便將該科龐雜的魚種以看似有序的方式置入不同分類位階，未來仍需要更多的研究投入，才能釐清箇中複雜的親緣關係。

臺灣周邊海域的石斑魚多樣性

臺灣四面環海，海岸線長達 1,100 餘公里，擁有複雜多樣的海岸環境。地理位置上位處熱帶與亞熱帶交界處，又恰巧位於珊瑚三角 (Coral Triangle) 的北端，再加上黑潮、大陸沿岸流與南中國海水團等不同洋流在此交會，造就了極高的海洋生物多樣性，鮨科魚類也不例外。根據 2012 年臺灣魚類資料庫紀錄 (<http://fishdb.sinica.edu.tw/>)，臺灣周邊海域目前約有 29 屬 119 種鮨科魚類，其中以具高經濟價值魚種的石斑魚屬 43 種最多，分別佔了全球石斑魚屬物種數 (99 種) 的 43% 與印度太平洋產石斑魚屬物種數 (76 種) 的 57%；其次為九棘鱸屬的 11 種，分別佔了全球九棘鱸屬物種數 (23 種) 的 48% 與印度太平洋產九棘鱸屬物種數 (17 種) 的 65%，顯示臺灣周邊海域擁有豐富的石斑魚資源。

本所為執行「經濟性珊瑚礁魚類族群遺傳結構調查與漁業資源管理研究」計畫，從 2012 年開始，以竿釣、潛水打魚及在當地漁港購買等方式，於新北市 (萬里、龍洞灣、澳底)、基隆市 (瑞芳)、宜蘭縣 (頭城、釣魚臺)、臺東縣 (成功)、澎湖縣 (馬公、嶼坪、東吉) 等地，共採集 18 屬 55 種 267 尾鮨科樣本 (如表)，其中以石斑魚屬的 25 種最多，九棘鱸屬 10 種次之。所有樣本均利用 Baldwin et al. (2011) 發表之引子：FISH-BCL (5'-TCAACYAATCAYAAAGATATYGGCAC)、FISH-BCH (5'-TAAACTTCAGGGTGA CCAAAAAATCA) 完成粒線體 COI 基因 (gene cytochrome oxidase-c subunit I) 之核苷酸序列判讀，以建置本所的鮨科魚類生命條碼資料庫 (DNA barcode of life database)，並藉以探討鮨科內的種、屬親緣演化關係。

透過 COI 基因核苷酸序列的比對，意外發現原先憑藉外部形態鑑定為青石斑 (*E. awoara*) 與油斑 (*E. bruneus*) 的 2 尾樣本實際上為臺灣石斑魚屬的新紀錄種（未發表）。Heemstra and Randall (1993) 曾表示，不同種的石斑魚之間，某些種類僅斑紋的顏色與形式不同，或地理分布有區別，但同種間卻又可能因為地理分隔而具有差異極大的外部形態，再加上生活史各階段的形態與特徵不同，造成魚種鑑定的困難，這也是許多

石斑魚漁獲資料無法細分到單一魚種的原因之一。未來，透過分子生物技術的輔助鑑定，仍可能發現更多的新紀錄種，甚至隱蔽種 (cryptic species) 的存在，為臺灣豐富的生物多樣性再添新猷。

石斑魚屬的種間親緣關係

在本研究中，所有石斑魚樣本的粒線體 COI 基因平均長度為 625 bp，其中 244 bp 為

本研究計畫已採集之鮨科魚類名錄，合計 18 屬 55 種

屬 名	學 名	屬 名	學 名
<i>Aethaloperca</i>	<i>Aethaloperca rogaa</i>	<i>Epinephelus</i>	<i>Epinephelus lanceolatus</i>
<i>Anyperodon</i>	<i>Anyperodon leucogrammicus</i>		<i>Epinephelus latifasciatus</i>
<i>Caprodon</i>	<i>Caprodon schlegelii</i>		<i>Epinephelus maculatus</i>
<i>Cephalopholis</i>	<i>Cephalopholis argus</i>		<i>Epinephelus malabaricus</i>
	<i>Cephalopholis auranita</i>		<i>Epinephelus melanostigma</i>
	<i>Cephalopholis boenak</i>		<i>Epinephelus merra</i>
	<i>Cephalopholis igarashiensis</i>		<i>Epinephelus ongus</i>
	<i>Cephalopholis leopardus</i>		<i>Epinephelus quoyanus</i>
	<i>Cephalopholis miniata</i>		<i>Epinephelus radiatus</i>
	<i>Cephalopholis sexmaculata</i>		<i>Epinephelus retouti</i>
	<i>Cephalopholis sonneratii</i>		<i>Epinephelus trimaculatus</i>
	<i>Cephalopholis spiloparaea</i>		<i>Epinephelus undulatus</i>
	<i>Cephalopholis urodetta</i>	<i>Gracila</i>	<i>Gracila albomarginata</i>
<i>Cromileptes</i>	<i>Cromileptes altivelis</i>	<i>Holanthias</i>	<i>Holanthias rhodopeplus</i>
<i>Diploprion</i>	<i>Diploprion bifasciatum</i>	<i>Hyporthodus</i>	<i>Hyporthodus octofasciatus</i>
<i>Epinephelus</i>	<i>Epinephelus akaara</i>	<i>Liopropoma</i>	<i>Liopropoma japonicus</i>
	<i>Epinephelus amblycephalus</i>		<i>Liopropoma latifasciatus</i>
	<i>Epinephelus areolatus</i>	<i>Odontanthias</i>	<i>Odontanthias borbonius</i>
	<i>Epinephelus awoara</i>	<i>Plectranthias</i>	<i>Plectranthias anthoides</i>
	<i>Epinephelus bontoides</i>		<i>Plectranthias fasciatus</i>
	<i>Epinephelus bruneus</i>		<i>Plectranthias kelloggi</i>
	<i>Epinephelus caeruleopunctatus</i>	<i>Plectropomus</i>	<i>Plectropomus leopardus</i>
	<i>Epinephelus coioides</i>		<i>Plectropomus laevis</i>
	<i>Epinephelus corallicola</i>	<i>Pogonoperca</i>	<i>Pogonoperca punctata</i>
	<i>Epinephelus cyanopodus</i>	<i>Pseudoanthias</i>	<i>Pseudoanthias fasciatus</i>
	<i>Epinephelus fasciatomaculosus</i>	<i>Saloptia</i>	<i>Saloptia powelli</i>
	<i>Epinephelus fasciatus</i>	<i>Variola</i>	<i>Variola albimarginata</i>
	<i>Epinephelus hexagonatus</i>		

parsimony informative。核苷酸的平均組成為：A 佔 24.8%、T 佔 29.8%、C 佔 28.2%、G 佔 17.2%。透過遺傳演化距離 (Pairwise distance of Evolutionary divergence) 分析顯示，在石斑魚屬中，以點帶石斑與瑪拉巴石斑具有最接近的關係 (0.042)；龍膽石斑與寶石石斑 (*E. areolatus*) 的關係最遠 (0.201)。以 Neighbor-joining method 與 Maximum likelihood method 等兩種方法進行親緣演化樹分析，兩者呈現相似的樹形，亦與 Craig 等 (2001; 2007) 利用粒線體 DNA (16S 與 12S) 及核 DNA (Tmo-4C4 與 histone H3) 分析的結果近似，石斑魚屬大致可分成兩大群，第一群為包含所有網狀系列石斑魚 (Reticulated grouper)，例如玳瑁石斑 (*E. quoyanus*)、六角石斑 (*E. hexagonatus*) 與青石斑 (*E. awoara*) 等，此群多屬於中、小型體型的種類，亦是較難以外部形態鑑定魚種的一群。第二群則包括龍膽石斑、棕點石斑、瑪拉巴石斑、點帶石斑與老鼠斑 (*C. altivelis*) 等，多為體型中、大型的種類，包含了多數重要經濟性種類。其中較為有趣之處為，同為該洋域體型最大，僅分布於大西洋與地中海的伊氏石斑 (*E. itajara*) 與僅分布於印度－太平洋的龍膽石斑具有極接近的關係，暗示著這兩種石斑的共同祖先可能因為某次地質事件而迫使其分開演化成兩個物種。亦曾有研究認為龍膽石斑應將獨立為寬額鱸屬 (*Promicrops*) (Meng, 1995; Cheng and Zheng, 1987)。另一個值得探討的議題是，石斑魚屬的背鰭雖均具有 11 根硬棘 (spine)，但在發育的過程卻不相同，印度太平洋的種類直接發育出 11 根硬棘，但是東太平洋與大西洋的

種類卻僅發育 9 根硬棘，最後 2 根則是由軟條 (soft ray) 轉變而來。

九棘鱸屬內的親源演化關係，以青星九刺鮨 (*C. miniata*) 與六斑九刺鮨 (*C. sexmaculatus*) 的關係最接近；橫紋九刺鮨 (*C. boenak*) 與青星九刺鮨的關係最遠。該屬大致可分為 3 群，橙點九刺鮨 (*C. aurantia*)、黑緣九刺鮨 (*C. spiloparaea*) 與豹紋九棘鮨 (*C. leopardus*) 為一群，尾紋九刺鮨 (*C. urodetata*)、青星九刺鮨、宋氏九刺鮨 (*C. sonnerati*) 與六斑九刺鮨 (*C. sexmaculata*) 為一群。斑點九刺鮨 (*C. argus*) 與橫紋九刺鮨 (*C. boenak*) 自成一群，並與煙鱈 (*A. rogaa*) 及白緣星鱈 (*V. albimarginata*) 具有較接近的關係。伊加拉九刺鮨 (*C. igarashiensis*) 與該屬內其他種類關係較遠，反而與白緣纖齒鱸 (*G. albomarginata*) 的關係較為接近，顯示該屬與其他相近屬間的親緣關係仍複雜不明。鰓棘鱸屬與澤鮨屬為最早分化出的兩屬，且兩者的關係最接近，並與其它屬的關係較遠，這些結果皆與前人的研究結果吻合 (Baldwin, 1993; Craig et al., 2001, 2007)。

石斑魚資源的管理與保育

石斑魚具有豐富的物種多樣性與多變的外部形態，廣泛地分布於全球熱帶至溫帶海域，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全球總漁獲量的少數，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球的華人市場。根據 FAO 的統計資料，全球的石斑魚漁獲量由 1950 年的 16,000 公噸至 2009 年的 275,000 公噸（圖 1），增加約 17 倍，主要為龍膽石斑、伊氏石斑、點帶石斑等 35 種大型石斑魚 (<http://faostat.fao.org>)。

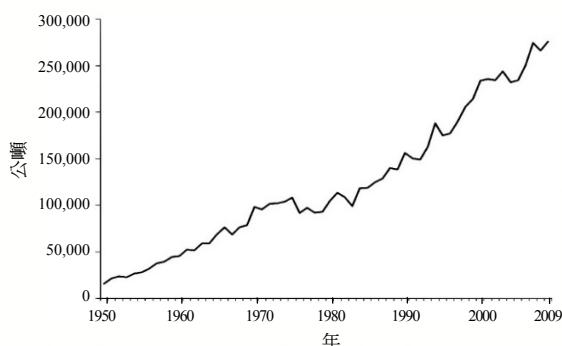


圖 1 FAO 統計 1950-2009 年全球石斑魚年漁獲量
(摘自 Sadovy, 2012)

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%) 有滅絕 (extinction) 風險，例如老鼠斑與赤點石斑 (*E. akaara*)。22 種 (13%) 被列為近危 (near threatened) 物種，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進行資源評估與保育管理就已滅絕的風險。在臺灣，1999 年至 2011 年，近海與沿岸漁業的平均石斑魚漁獲量為 488 公噸，呈現逐年遞減的趨勢，以 2000 年漁獲量為最高，有 685 公噸，2010 年最低，僅有 279 公噸（圖 2），減少近 6 成漁獲量，顯示臺灣周邊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，多以石斑魚為代表，無法了解漁獲種類組成，與特定種類的資源評估。因此，建立簡單、正確的石斑魚種類鑑定方式，並蒐集個別魚種的漁獲統計資料，對於石斑魚的資源評估管理是非常重要的。



圖 2 臺灣近海與沿岸漁業石斑魚漁獲量 (摘自漁業署 1999-2011 年漁業年報)

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 cm 以上才可以捕撈。加勒比海的拿騷石斑魚 (*E. striatus*)、地中海的烏鰡石斑魚 (*E. marginatus*) 與墨西哥灣的小鱗喙鱸 (*M. 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) 參考，避免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，同樣可針對主要經濟性珊瑚礁魚種，探討其生殖生物學、族群遺傳現況及產卵群來源做為基礎參考資料，以劃設位置適切、面積大小適合的海洋保護區或禁漁區，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。