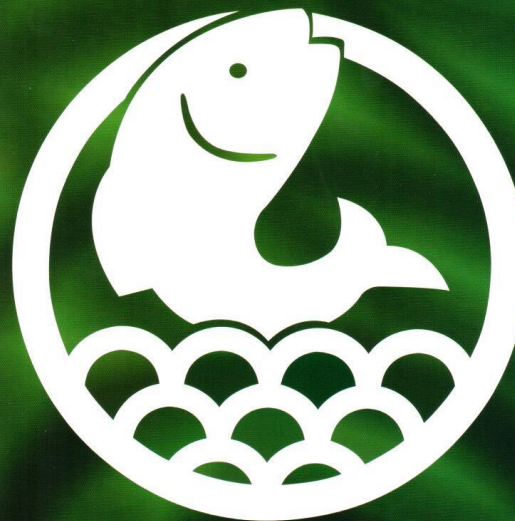


統一編號

2007900045

臺大漁推

FISHERIES EXTENSION NTU



ISSN 1022-6184(平裝)

第26期



國立臺灣大學漁業推廣委員會 中華民國 104 年 12 月

目 錄

目錄		i
日本鰻的產業危機:華盛頓公約 解析	韓玉山	1
臺灣附近海域花斑刺鰓鮨資源 研究之回顧與展望	陳高松、李英周、曾 振德、陳昭倫、張惟 哲	6
靜水流淺—大漢溪溪魚腫瘤事 件解謎	施秀惠	26
零魚粉飼料中添加狹葉羽扇豆 粉及螺旋藻粉取代玉米筋質 粉對菊池氏細鯽成長之影響	吳佳穎、陳信輔、廖 文亮	46

臺大漁推

第二十六期

發行人：郭明良

主任委員：郭明良

推廣教授：施秀惠、廖文亮、李英周、韓玉山

總幹事：韓玉山

執行秘書：池岱倪

執行編輯：池岱倪

發行單位：國立臺灣大學漁業推廣委員會

地址：臺北市 羅斯福路四段一號

電話：(02) 二三六四二九一〇

傳真：(02) 三三六六九四四九

印刷：大佳印刷有限公司

日本鰻的產業危機:華盛頓公約解析

韓玉山

國立臺灣大學 漁業科學研究所/生命科學系 副教授

台灣區鰻魚發展基金會 董事

yshan@ntu.edu.tw

鰻魚為鰻鱺科 (Anguillidae)、鰻鱺屬 (*Anguilla*) 之洄游性魚類，全世界總共有 19 種。在東亞，一直以來都是以日本鰻 (*Anguilla japonica*) 作為主要的養殖鰻種，原因是吃鰻魚在日本是一種傳統文化，尤其在夏天時的『土用丑之日』(日本鰻魚節) 會特別食用鰻魚，可以消除炎夏的疲勞。日本是全球最大的鰻魚消費市場，佔全球總消費量的 60% 以上。但是鰻魚目前尚無法商業化的人工繁殖，因此目前的養殖鰻魚，只是將捕獲的天然鰻苗放入池中飼養長大的。而近數十年來，由於河川棲地破壞、人為濫捕、以及氣候變遷等等因素影響，天然鰻魚資源數量大減，無論是鰻苗還是河川中鰻魚親魚的數量，均出現了急劇減少的現象。在 1970 年代，光是日本一年的河川成鰻捕撈量就超過 3000 公噸，而近年已銳減至不到 200 公噸。同樣的，1970 年代時，東亞地區每年的鰻苗捕撈量可以輕易超過 500 公噸，而近年已銳減至平均不到 50 公噸，資源減少的態勢十分明顯。由於鰻魚的人工繁殖技術還未達到量產階段，至少還需要 5-10 年以上方有機會，鰻魚資源的枯竭危機，如今已成為鰻魚產業的嚴重警訊。

鑑於鰻魚天然資源銳減，日本環境省於 2013 年已經將日本鰻指定為瀕危物種。2014 年國際自然保護聯盟(International Union for Conservation of Nature, 簡稱 IUCN) 將日本鰻以及美洲鰻列入紅皮書的瀕危物種。IUCN 創立於 1948 年，是目前世界上最久也是最大的全球性環保組織。聯盟是由 200 多個國家會員、1000 多個非政府組織會員，超過 11,000 名科學委員會會員和分布在 50 多個國家的 1000 多名秘書處員工組成的世界性保育聯盟國際組織。IUCN 在國際環境公約和政策制定等方面擁有重要影響力。IUCN 於 1963 年開始編製瀕危物種紅色名錄(或稱 IUCN 紅色名錄，簡稱紅皮書)，根據嚴格準則去評估數以萬計物種的絕種風險，是全球動植物物種保護現狀最全面的名錄。IUCN

根據物種數目的下降速度、物種族群總數、地理分佈、族群分散程度等，將物種編入 9 個不同的保護等級，包括：滅絕 (Extinct, EX)、野外滅絕 (Extinct in the Wild, EW)、極度瀕危 (Critically Endangered, CR)、瀕危 (Endangered, EN)、易危 (Vulnerable, VU)、近危 (Near Threatened, NT)、無危 (Least Concern, LC)、數據缺乏 (Data Deficient, DD)、未評估 (Not Evaluated, NE)。而日本鰻與美洲鰻被列入瀕危級別，意指「不久的將來野生瀕危可能性較大的物種」，雖然 IUCN 紅皮書本身不具有法律約束力，不會直接導致鰻魚養殖與貿易的禁止，但是隨之而來的 2016 年瀕危野生動植物種國際貿易公約 (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, CITES, 又名華盛頓公約) 會議，可能會討論是否將日本鰻與美洲鰻列入附錄二物種。CITES 係藉由國際合作，防止因國際貿易致稀有或瀕臨絕種野生動植物之滅絕，以達保護之目的，該物種附錄分 3 類。附錄一物種係完全禁止商業性貿易；附錄二物種必須檢附非違法捕獲以及此輸出不危害此物種存續之證明文件；附錄三物種為保育國要求締約國協助管理。其中歐洲鰻 (*A. anguilla*) 於 2007 年 6 月之第 14 屆締約國大會決議中，被列入附錄二極度瀕危物種，2009 年 3 月 CITES 貿易管理生效，歐盟科學組織認為，因無法評估歐洲鰻的資源量，致無法判定出口不影響資源的存續，建議歐盟不予核發出口許可文件，因此自 2010 年 1 月起，歐盟決議除舊庫存外，禁止輸出歐洲鰻至歐盟以外地區。中國長期以來歐洲鰻的養殖也因此遭逢打擊，由過去高峰期每年進口動輒超過 200 公噸的鰻苗，到近年迅速萎縮至 10 公噸以下 (走私進口)。

由於 2015 年美洲鰻鰻苗產量大降，美國針對鰻魚養護與管理議題公開徵求意見，國際野生生物保護學會 (Wildlife Conservation Society) 已要求在 CITES 第 17 次締約國會議(2016 年 9 月 24 日在南非舉行)向 CITES 提案 (提案截止日為 2016 年 4 月 27 日)。此外，野生物貿易研究委員會(Trade Record Analysis of Flora & Fauna in Commerce, 簡稱 TRAFFIC) 與 IUCN 出版之報告指出，日本鰻因資源枯竭，造成各國採捕其他鰻種之鰻線，因此建議將所有鰻魚皆列為 CITES 附錄物種加以保護。而 2015 年 6 月於日本札幌舉行之第八次「國際性鰻魚資源養護管理非正式會議」，各國決議對明年度的日本鰻苗養殖配額保持不變，並未如預期進一步削減，因此 CITES 提案的可能性又增加不少。日本鰻若是遭列入附錄二物種，會直接導致鰻魚捕撈與養殖的嚴格限制，以及外銷買賣的基本禁止。日方官方估計，東亞地區日本鰻養殖規模將縮減為目前的 20% 左右。筆者推論，日本鰻資源若不積極保護與管理，依照現況發

展，未來必定會被列入 CITES 附錄二中。因此，政府與業界應及早因應，筆者在此提出三點建議：

一、 成立官方國際鰻魚管理組織

由於日本鰻的自然棲地包括台灣、中國、日本與韓國，因此，保育與管理若要有成效，需要各國共同密切合作。為了因應 CITES 之威脅，向外界展現共同合作推動執行鰻魚資源管理及養護之決心，日本遂於 2012 年 9 月起，邀請日本鰻資源的主要利用國家與地區，包括台灣、中國、日本及韓國，召開「國際性鰻魚資源養護管理非正式會議」，至今已召開過八次，其中第七次會議於 2014 年 9 月在東京舉行，與會各經濟體達成在下一個漁季開始（2014 年 11 月 1 日至 2015 年 10 月 31 日）的鰻苗初次放養量，將不超過 2013-2014 年放養量之 80%（養殖配額共 78.7 公噸）。針對其他異種鰻，每一與會成員將採取所有可能措施，不增加鰻苗初次放養量超過近三年平均水準。並提出聯合聲明（Joint Statement），重點如下：

- 第一點：與會成員將就日本鰻及其他異種鰻之資源養護與管理措施合作，包括野生捕撈之鰻苗初次放入養殖池之放養量限制行動、養殖生產量的監控、養殖鰻魚及鰻魚加工品貿易統計等資訊的蒐集與交換。
- 第二點：成立「永續鰻魚養殖聯盟（Alliance for Sustainable Eel Aquaculture，簡稱ASEA）」之國際鰻魚養殖管理非政府組織。
- 第三點：未來與會成員將考慮建立具有法律拘束力架構的可能。持續討論改善鰻魚貿易透明化之措施及持續共同密切合作，以強化鰻魚資源養護及管理措施。

在此建議，短期內要應對 CITES 可能之衝擊，可以參考歐盟對歐洲鰻的管理模式，以及鮪魚的國際管理組織做法，由台中日韓四會員體共同成立官方管理機構，負責日本鰻資源養護與貿易管理協商，基本禁止日本鰻出口至會員體以外國家，但在 4 會員體間之流通視為內銷，此措施可大幅降低對日本鰻產業之衝擊。長期來看，各國仍必須做好鰻魚資源管理與養護工作，遏止日本鰻資源進一步的下降，方能維繫養殖產業的永續經營。

二、鰻魚資源與養殖管理措施檢討

台灣自 2013 年度起，公告全國鰻苗捕撈許可時間為 11 月初至 2 月底共計四個月，根據過去漁業年報之統計，此四個月之日本鰻苗來游量，合占全年 95% 左右。因此，以保育觀點來看，效果不大，未來應漸次縮減捕撈期，例如延後開捕期半個月，或提早禁漁期半個月，朝 3 個月甚至是 2 個月捕撈許可時間邁進。類似的作法已在日本、韓國及中國陸續實施中。另台灣各縣市政府亦陸續公告轄內指定河川，禁止使用任何方式採捕體長 8 公分以上之鰻魚，讓野生鰻與放流鰻能夠順利降海產卵。由於台灣河川野生成鰻數量已經非常少，無明顯漁撈價值，建議應全國全流域禁捕體長 8 公分以上之鰻魚，讓僅有之野生鰻與放流鰻能夠順利降海產卵。由於一尾雌鰻可以產下數百萬顆卵，可得到產值驚人之鰻苗，由比較利益可知，野生成鰻一尾也不應該抓。筆者估計，若東亞地區各國皆完全禁止野生成鰻之捕捉，一年保守估計可以增加 50% 以上之鰻苗產量，是現階段各國最快速有效的資源保育方案，應積極推動。

台中日韓在 2014 年達成了養殖配額協議，每年日本鰻苗總放養量上限是 78.7 噸 (台 10 噸、中 36 噸、日 21.6 噸、韓 11.1 噸)。而具體實施方法，台日兩國係實施養殖戶放養配額，來管制放養量上限。而中韓則利用出口量上限來達成配額管制。若仔細分析各國作法，可以發現諸多不合理之處。例如韓國鰻魚全部內銷，幾無出口，以出口量管制形同虛設。中國鰻魚內銷比例也超過 3 成，以出口量管制配額，仍有私下超養之空間。日本雖有良好之養殖管理措施，但日本養殖配額每年高達 21.6 噸，遠超過其國內捕撈量，必須靠走私進口補足，同樣不符合保育要求。台灣自 2014 年起開始分配養殖戶養殖配額，以養鰻池面積為分配基準，但業者為求多分配額，浮報面積情況普遍，導致每公頃可分配額度過低，不符實際放養密度。由於鰻苗產量年變動量很大，鰻苗價格高昂時，有能力放養者配額不足，大多數有配額者不敢放養，形成管理上之窒礙。固定配額的管制措施，最大的缺點是當鰻苗豐收時，超過配額之鰻苗無法處理，註定會超養，而當鰻苗歉收時，則根本達不到配額上限，鰻苗保育形同虛設。因此，考慮鰻魚的自然生態與養殖產業鏈架構，比較合理可行的做法，是捨棄固定配額的僵化做法，改採浮動管理，各國協商訂定各地合理的可捕撈期，當鰻苗多時，當年度可採捕量會自然提高，反之，當鰻苗少時，當年度可採捕量會自然下降，如此每年都有一定比例的鰻苗能上溯河川，此法相當於是固定化鰻苗採捕率 (例如 70%)，並可依各國彙整之資源監測資料，由鰻魚國際管理組織每年動態檢討適當之可採捕期。與此同時，各國可協商訂定統一之

鰻苗進出口關稅稅率，開放鰻苗在四國間自由流通，形成透明化的自由貿易環境。鰻苗的自由流通，可大幅減少因走私造成之高死亡率，並且能有效降低鰻苗價格，產業總體效益因此可以提高。從最源頭的鰻苗開始管控，才是釜底抽薪的方式，可以減少無謂的鰻苗浪費，以及養殖與貿易端不易管理的窘境。但前提是，各國必須能確實執行鰻苗限捕期措施，並相互有效監管，才能達成鰻魚資源保育與養殖產業永續化的雙贏結果。

三、積極發展異種鰻養殖

為了因應日本鰻養殖產業的缺口，近年來東亞各國興起了異種鰻的養殖風潮。目前大陸以歐洲鰻與美洲鰻為主、韓國以美洲鰻與太平洋雙色鰻 (*A. bicolor pacifica*，俗稱黑鰻) 為主、台灣則以鱸鰻與太平洋雙色鰻為主、日本基本上未跟進。雖然異種鰻苗價格便宜，但養殖難度較日本鰻為高，育成率普遍不佳，實際生產成本與利潤受育成率與日本鰻價格左右。值得注意的是，菲律賓與印尼兩國近年來積極投入鰻魚養殖，其中菲律賓於 2015 年成立了鰻魚養殖協會，積極投入太平洋雙色鰻的養殖，希望拓展蒲燒鰻市場；而印尼近年則積極開發印尼雙色鰻 (*A. bicolor bicolor*) 的養殖，亦希望拓展蒲燒鰻市場。適當發展雙色鰻之養殖，可有效減緩日本鰻之資源壓力。當然，異種鰻的資源同樣需要保護，因此亦應考慮邀請相關國家加入鰻魚國際管理組織，共同協商資源養護與管理工作。台灣的異種鰻發展條件不錯，但瓶頸是現階段僅能合法進口幼鰻，鰻苗取得管道則受制於人，尚無法正常化。若能藉由此國際鰻魚管理平台，協商菲印兩國合理鰻苗出口量，當可降低台灣對日本鰻的依賴度，讓小戶不必承擔養殖日本鰻所需背負的龐大資金壓力，分散產業風險。

臺灣附近海域花斑刺鰈資源研究之回顧與展望

陳高松^{1,2,3}、李英周^{1*}、曾振德²、陳昭倫³、張惟哲¹

1 國立臺灣大學漁業科學研究所

2 行政院農業委員會水產試驗所企劃資訊組

3 中央研究院生物多樣性研究中心

*通訊作者：國立臺灣大學漁業科學研究所 李英周博士 (i812@ntu.edu.tw)

前言

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/>)，臺灣周圍海域目前約有 29 屬 119 種鮨科魚類，其中以具高經濟價值魚種的石斑魚屬 (*Genus Epinephelus*) 43 種最多，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%；其次為九棘鱸 (*Genus Cephalopholis*) 屬的 11 種，分別佔了全世界九棘鱸屬物種數 (23

種) 的 48% 與印度太平洋產九棘鱸屬物種數 (17 種) 的 65%，顯示臺灣周圍海域擁有豐富的石斑魚資源。

其中，花斑刺鰷，又稱為豹鱸、東星斑或七星斑，(coral trout, *Plectropomus leopardus*)，是一種高經濟價值的珊瑚礁魚類，相較於所有石斑魚種類，價格僅次俗稱老鼠斑的駝背鱸(*Humpback grouper*, *Cromileptes altivelis*)。在臺灣的售價每公斤價格約在 900 元，活魚價格更可高達每公斤 1200 至 1500 元。在香港的活海鮮批發價格，野生捕撈的花斑刺鰷的售價約每公斤 590 元港幣，僅次於赤點石斑 (*Epinephelus akaara*) 的 1,010 元港幣及駝背鱸的 990 元港幣，養殖的花斑刺鰷售價則僅有 300 元港幣／公斤 (香港魚網：<http://www.hk-fish.net>)。在過去，花斑刺鰷的來源多半來自自然海域捕撈，由於日益增加的市場需求與高經濟價值，加上缺乏有效的漁業資源管理及保育政策，使得該魚種已面臨過漁窘況。澳洲與菲律賓等地已有報告顯示漁獲量下降與漁獲體型變小趨勢 (Williamson *et al.*, 2004; Mclean *et al.*, 2011、2012)，並於 2004 年列入國際自然保護聯盟紅皮書 (IUCN Red List) Near Threatened 等

級。爰此，許多國家相繼投入花斑刺鰷人工繁養殖技術的研發與建立，盼能減緩野生族群的採補壓力及提供廣大的市場需求。

花斑刺鰷的系統分類

花斑刺鰷在分類上屬於鰷科 (Serranidae)、石斑魚亞科 (Epinephelinae)、刺鰷屬 (*Plectropomus*)。全世界的刺鰷屬共計藍點刺鰷 (*P. areolatus*)、黑鞍刺鰷 (*P. laevis*)、花斑刺鰷 (*P. leopardus*)、斑刺鰷 (*P. maculatus*)、點線刺鰷 (*P. oligacanthus*)、蠕線刺鰷 (*P. pessuliferus*) 及雲紋刺鰷 (*P. punctatus*) 等 7 種，全部分佈於印度-太平洋 (Heemstra and Randall, 1993)。依據臺灣魚類資料庫紀錄，臺灣僅有藍點刺鰷、黑鞍刺鰷及花斑刺鰷等 3 種的紀錄。依據 Leis (1987) 透過比較石斑魚亞科項下不同屬之幼生型態，推論刺鰷屬為該亞科中最原始的一屬，且與貧鰷屬 (Genus *Saloptia*) 親緣關係最接近，該屬僅有褒氏貧鰷 (*Saloptia powelli*) 一種。

花斑刺鰓魚的外部型態

外部形態上，花斑刺鰓魚體呈長紡錘形，軀幹延長而碩壯，最大體長可達 120 公分 (TL)，標準體長為體高之 2.9-3.9 倍。頭中大。口大；下頷側邊具小犬齒。鰓耙數 7~8+14，隨成長而漸退化。前鰓蓋骨邊呈圓形，具長短不一的棘，且前鰓蓋骨下緣有細小鋸齒；鰓蓋骨具 3 扁平棘，上下二棘被皮膚覆蓋。鱗片種類為櫛鱗；側線鱗數 89-99。背鰭棘部與軟條部相連，鰭棘部明顯短於軟條部，具硬棘 VIII，軟條 10-12；臀鰭硬棘 III 枚，細弱而可動，軟條 8；腹鰭腹位；胸鰭圓形，中央之鰭條長於上下方之鰭條，鰭條 15-16；尾鰭內凹形 (emarginate)。體綠褐色或紅色，眼眶周圍有一藍色圈，並有許多小藍點散在頭部、軀幹與各鰭膜上，惟腹部無藍點，此為與其他種類鑑別的主要特徵之一。體側無黑色橫帶，在受到驚嚇時，則會出現顏色深淺不一之橫帶紋路 (Heemstra and Randall, 1993)。

花斑刺鰓的地理分佈及棲息地選擇

花斑刺鰓主要分布於西太平洋的熱帶及亞熱帶海域，北從日本南部的九州、沖繩、臺灣、香港、越南、菲律賓、印尼到澳洲北部，西起印尼婆羅洲、帛琉、新幾內亞、新加利多尼亞至斐濟均有其分佈紀錄。在臺灣，主要分布於澎湖海域，北部海域有零星分佈，在屏東小琉球、墾丁、台東綠島及蘭嶼等珊瑚礁生態繁盛之海域則難以發現其蹤跡（個人觀察）。棲息地的選擇上，花斑刺鰓主要棲息於珊瑚礁狀態良好的潟湖及面海的礁區，亦常出現於外礁斜坡（outer reef or reef slope），棲息深度大多在 100 公尺以淺，且偏好棲息砂礁交界的環境（Wen *et al.*, 2013）。成體具有固定的領域範圍（home range），不會有大範圍地移動遷徙，即便在繁殖期實亦是如此（Zeller and Russ, 1998）。

花斑刺鰓的文獻回顧

根據 Web of Science 學術研究資料庫搜尋的結果，花斑刺鰓相關的研究最早為 Leis（1987）針對花斑刺鰓幼生及早期生活史

的研究，迄今（2015年）約有230篇。依據研究地點來區分，最多的研究於澳洲進行，其他為菲律賓、印尼、日本、加利多尼亞、泰國、臺灣及中國等地。

主要研究範疇包括：動物行為（Kingsford, 1992; Samoily and Squire, 1994; Samoily, 1997ab; Zeller, 1997、1998; Zeller and Russ, 1998; Frisch and Anderson, 2000; Zeller, 2002; Bunt and Kingsford, 2014; Matley *et al.*, 2015）、個體發育（Masuma *et al.*, 1993; Rimmer *et al.*, 1994; StJohn, 1997; Trijuno *et al.*, 2002; Qu *et al.*, 2012）、生殖生物學（Ferreira, 1995; Adams, 2003; Frisch and van Herwerden, 2006; Frisch and Hobbs, 2007; Frisch *et al.*, 2007; Carter *et al.*, 2009; Carter *et al.*, 2014、2015）、食性分析（St John, 1999; St John *et al.*, 2001）、幼生加入與定著（Doherty *et al.*, 1994; Light and Jones, 1997; Leis and Carson-Ewart, 1999; Wright *et al.*, 2008; Kingsford, 2009）、遺傳多樣性與族群遺傳結構（Adams *et al.*, 2000; Zhu and Yue, 2008; Ding *et al.*, 2009; van Herwerden *et al.*, 2009; Zhang *et al.*, 2010; Cai *et al.*, 2013; Liu *et al.*, 2013）、生理反應調節

(Frisch and Anderson, 2005)、耳石相關 (Bergenius *et al.*, 2006; Heath *et al.*, 2007)、人工繁養殖 (Yoseda *et al.*, 2008; Ma *et al.*, 2015; Sun *et al.*, 2015; Takebe *et al.*, 2015; Xia *et al.*, 2015) 及資源評估管理及保育 (Ferreira and Russ, 1994; Russ *et al.*, 1996、1998; Zeller *et al.*, 1998; Fulton *et al.*, 1999; Zeller and Russ, 2000; Adams *et al.*, 2000; Little *et al.*, 2005; Mclean *et al.*, 2011、2012; Ebisawa, 2013; Carter *et al.*, 2014; Hobbs *et al.*, 2014)。

整體而言，花斑刺鰷研究報告的數量雖不若龍膽石斑 (*E. lanceolatus*)、點帶石斑 (*E. coioides*)、拿騷石斑 (*E. striatus*)、烏鰷石斑 (*E. marginatus*)、伊氏石斑 (*E. itajara*)與小鱗喙鱸 (*Mycteroperca microlepis*) 等魚種豐富，但由於其自然資源量的減少與市場價值的提昇，該魚種也越來越受到學界與產業界的重視。

花斑刺鰷在臺灣的現況與未來展望

目前在臺灣，僅澎湖海域有較豐富的花斑刺鰷族群，並且存在有青灰色與紅色兩種體色的個體，不論幼魚、亞成魚 (圖 1) 或

成魚（圖 2）均可發現兩種體色之個體，且目前尚無研究關於花斑刺魴可轉變體色的研究。根據漁民的說法認為是因為棲息深度不同所造成的差異。然而此種體色上的差異為先天遺傳影響或是受到後天棲息環境所導致，目前仍無相關的研究與定論。根據 van Herwerden 等人 (2009) 利用粒線體控制區基因序列的差異推論花斑刺魴在其整個分布範圍內可能區分為：(1) 澳洲東岸至斐濟、(2) 澳洲北岸至印尼、(3) 所羅門群島、(4) 菲律賓、(5) 臺灣及 (6) 日本南部等 6 個地理群，且不同群之間在生態尺度上幾乎沒有基因交流 (gene flow)，故當某一地區之族群滅絕後亦難由其他地區補充。爰此，可進一步利用細胞核基因、粒線體基因與微衛星基因座等數種遺傳標誌進行研究，探討臺灣週圍海域花斑刺魴的遺傳歧異度與族群遺傳結構，以及兩種體色的花斑刺魴是否具有遺傳分化狀況。

另一方面，許多珊瑚礁魚類會因為不同的成長階段而利用不同的珊瑚礁或是其他棲地 (Lecchini *et al.*, 2007)，幼魚時期會利用特定珊瑚棲地作為庇護所，而成長至亞成魚和成魚時，就會分佈到較

深的水域並且活動範圍較廣 (Lecchini and Galzin, 2005; Mumby, 2006)。一般而言，棲息於水深較深的魚種較常具有紅色體色，因此將來亦可探討花斑刺鰓個體體色及體型大小與棲息水深的關聯性，以及評估不同體色的個體在漁業生物學上是否具有差異，例如年齡成長模式與體長體重關係式。行政院農業委員會水產試驗所近年雖已完成該魚種的種魚培育及幼苗量產技術，並且大力推廣其產業發展，惟對於花斑刺鰓野生族群現況的了解仍非常有限，實有必要針對臺灣週圍海域的花斑刺鰓族群進行基礎生物學、遺傳結構、聯通性與棲息地偏好選擇等調查研究，俾利協助該魚種之漁業資源管理及保育。

參考文獻

- Adams, S., B. D. Mapstone, G. R. Russ and C. R. Davies (2000) Geographic variation in the sex ratio, sex specific size, and age structure of *Plectropomus leopardus* (Serranidae) between reefs open and closed to fishing on the great barrier reef. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 57(7):1448-1458.
- Adams, S. (2003) Morphological ontogeny of the gonad of three plectropomid species through sex differentiation and transition. *J. Fish Biol.*, 63(1):22-36.
- Bergenius, M. A. J., G. A. Begg and B. D. Mapstone (2006) The use of otolith morphology to indicate the stock structure of common coral trout (*Plectropomus leopardus*) on the great barrier reef, australia. *Fish. Bull.*, 104(4):498-511.
- Bunt, C. M. and M. J. Kingsford (2014) Movement, habitat utilization and behaviour of coral trout *Plectropomus leopardus* during and after the reproductive period on the southern great barrier reef. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 496:33-45.
- Cai, X. P., M. Qu, S. X. Ding, H. J. Wang, H. J. Wang, L. Y. Hu and Y. Q. Su (2013) Differentiation of coral trout (*Plectropomus leopardus*) based on an analysis of morphology and complete mitochondrial DNA: Are cryptic species present? *Acta Oceanol Sin.*, 32(6):40-46.
- Carter, A. B., A. J. Williams and G. R. Russ (2009) Increased accuracy of batch fecundity estimates using oocyte stage ratios in *Plectropomus leopardus*. *J. Fish Biol.*, 75(3):716-722.
- Carter, A. B., C. R. Davies, B. D. Mapstone, G. R. Russ, A. J. Tobin and A. J. Williams (2014) Effects of region, demography, and protection from fishing on batch fecundity of common coral trout (*Plectropomus leopardus*). *Coral Reefs*, 33(3):751-763.

- Carter, A. B., A. G. Carton, M. I. McCormick, A. J. Tobin and A. J. Williams (2015) Maternal size, not age, influences egg quality of a wild, protogynous coral reef fish *Plectropomus leopardus*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 529:249-263.
- Ding, S. X., H. S. Zeng, Y. Wang, Y. Pan and X. F. Shi (2009) Characterization of eight polymorphic microsatellite loci for the leopard coral grouper (*Plectropomus leopardus* lacepede). Mol Ecol Resour, 9(6):1485-1487.
- Doherty, P. J., A. J. Fowler, M. A. Samoilyls and D. A. Harris (1994) Monitoring the replenishment of coral trout (Pisces, Serranidae) populations. Bull. Mar. Sci., 54(1):343-355.
- Ebisawa, A. (2013) Life history traits of leopard coral grouper *Plectropomus leopardus* in the okinawa islands, southwestern japan. Fish. Sci., 79(6):911-921.
- Ferreira, B. P. and G. R. Russ (1994) Age validation and estimation of growth-rate of the coral trout, *Plectropomus leopardus*, (lacepede 1802) from lizard island, northern great-barrier-reef. Fish. Bull., 92(1):46-57.
- Ferreira, B. P. (1995) Reproduction of the common coral trout *Plectropomus leopardus* (Serranidae, Epinephelinae) from the central and northern great-barrier-reef, Australia. Bull. Mar. Sci., 56(2):653-669.
- Frisch, A. J. and T. A. Anderson (2000) The response of coral trout (*Plectropomus leopardus*) to capture, handling and transport and shallow water stress. Fish Physiol. Biochem., 23(1):23-34.
- Frisch, A. and T. Anderson (2005) Physiological stress responses of two species of coral trout (*Plectropomus leopardus* and *Plectropomus maculatus*). Comp Biochem Phys A, 140(3):317-327.
- Frisch, A. J. and L. Van Herwerden (2006) Field and experimental

- studies of hybridization between coral trouts, *Plectropomus leopardus* and *Plectropomus maculatus*(Serranidae), on the great barrier reef, australia. J. Fish Biol., 68(4):1013-1025.
- Frisch, A. J. and J. P. A. Hobbs (2007) In vitro hybridization of coral trouts, *Plectropomus leopardus* (lacepede, 1802) and *Plectropomus maculatus* (bloch, 1790): A preliminary investigation. Aquacult. Res., 38(2):215-218.
- Frisch, A. J., M. I. McCormick and N. W. Pankhurst (2007) Reproductive periodicity and steroid hormone profiles in the sex-changing coral-reef fish, *Plectropomus leopardus*. Coral Reefs, 26(1):189-197.
- Fulton, E., D. Kault, B. Mapstone and M. Sheaves (1999) Spawning season influences on commercial catch rates: Computer simulations and *Plectropomus leopardus*, a case in point. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 56(6):1096-1108.
- Heath, D., D. C. Lou, J. Ovenden and G. A. Begg (2007) Effect of DNA extraction on ageing success in coral trout (*Plectropomus leopardus*) otoliths. J. Fish Biol., 71:302-307.
- Heemstra, P. C. and J. E. Randall (1993) FAO, FAO SPECIES CATALOGUE: groupers of the world. FAO Fisheries Synopsis NO.125 Vol. 16.
- Hobbs, J. P. A., A. J. Frisch, S. Mutz and B. M. Ford (2014) Evaluating the effectiveness of teeth and dorsal fin spines for non-lethal age estimation of a tropical reef fish, coral trout *Plectropomus leopardus*. J. Fish Biol., 84(2):328-338.
- Kingsford, M. J. (1992) Spatial and temporal variation in predation on reef fishes by coral trout (*Plectropomus leopardus*, Serranidae). Coral Reefs, 11(4):193-198.

- Kingsford, M. J. (2009) Contrasting patterns of reef utilization and recruitment of coral trout (*Plectropomus leopardus*) and snapper (*Lutjanus carponotatus*) at one tree island, southern great barrier reef. *Coral Reefs*, 28(1):251-264.
- Lecchini, D. and R. Galzin (2005) Spatial repartition and ontogenetic shifts in habitat use by coral reef fishes (moorea, french polynesia). *Mar. Biol.*, 147(1):47-58.
- Lecchini, D., C. W. Osenberg, J. S. Shima, C. M. Mary and R. Galzin (2007) Ontogenetic changes in habitat selection during settlement in a coral reef fish: Ecological determinants and sensory mechanisms. *Coral Reefs*, 26(2):423-432.
- Leis, J. M. (1987) Larval development in 4 species of indo-pacific coral trout *Plectropomus* (Pisces, Serranidae, Epinephelinae) with an analysis of the relationships of the genus. *Bull. Mar. Sci.*, 38(3):525-552.
- Leis, J. M. and B. M. Carson-Ewart (1999) In situ swimming and settlement behaviour of larvae of an indo-pacific coral-reef fish, the coral trout *Plectropomus leopardus* (Pisces : Serranidae). *Mar. Biol.*, 134(1):51-64.
- Light, P. R. and G. P. Jones (1997) Habitat preference in newly settled coral trout (*Plectropomus leopardus*, Serranidae). *Coral Reefs*, 16(2):117-126.
- Little, L. R., A. D. M. Smith, A. D. McDonald, A. E. Punt, B. D. Mapstone, F. Pantus and C. R. Davies (2005) Effects of size and fragmentation of marine reserves and fisher infringement on the catch and biomass of coral trout, *Plectropomus leopardus*, on the great barrier reef, Australia. *Fish. Manage. Ecol.*, 12(3):177-188.
- Liu, N. X., S. Q. Li and J. B. Zhang (2013) Isolation and characterization of 16 polymorphic microsatellite loci in the

- leopard coral grouper *Plectropomus leopardus*. *Conserv Genet Resour*, 5(4):1067-1069.
- Ma, Z. H., N. Zhang, H. Y. Guo, P. L. Zheng and D. C. Zhang (2015) Replacement of frozen fish meat based diet with artificial diets in rearing of coral trout *Plectropomus leopardus* (lacepede, 1802) fingerlings. *Indian J. Fish.*, 62(2):118-122.
- Masuma, S., N. Tezuka and K. Teruya (1993) Embryonic and morphological development of larval and juvenile coral trout, *Plectropomus leopardus*. *Jap. J. Ichthyol.*, 40(3):333-342.
- Matley, J. K., M. R. Heupel and C. A. Simpfendorfer (2015) Depth and space use of leopard coral grouper *Plectropomus leopardus* using passive acoustic tracking. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 521:201-216.
- McLean, D. L., E. S. Harvey and J. J. Meeuwig (2011) Declines in the abundance of coral trout (*Plectropomus leopardus*) in areas closed to fishing at the Houtman Abrolhos islands, western Australia. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 406(1-2):71-78.
- McLean, D. L., E. S. Harvey and J. J. Meeuwig (2012) Declines in the abundance of coral trout (*Plectropomus leopardus*) in areas closed to fishing at the Houtman Abrolhos islands, western Australia (vol 406, pg 71, 2011). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 416:254-254.
- Mumby, P. J. (2006) Connectivity of reef fish between mangroves and coral reefs: Algorithms for the design of marine reserves at seascape scales. *Biol. Conserv.*, 128(2):215-222.
- Qu, M., S. X. Ding, X. J. Xu, M. H. Shen, Y. Z. You and Y. Q. Su (2012) Ontogenetic development of the digestive system and growth in coral trout (*Plectropomus leopardus*). *Aquaculture*, 334:132-141.
- Rimmer, M. A., R. N. Garrett and M. A. Samoily (1994) In-vitro fertilization of eggs of coral trout, *Plectropomus leopardus*

- (serranidae), collected from an aggregation site on the great-barrier-reef, australia. *Bull. Mar. Sci.*, 54(1):356-358.
- Russ, G. R., D. C. Lou and B. P. Ferreira (1996) Temporal tracking of a strong cohort in the population of a coral reef fish, the coral trout, *Plectropomus leopardus* (Serranidae: Epinephelinae), in the central great barrier reef, Australia. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 53(12):2745-2751.
- Russ, G. R., D. C. Lou, J. B. Higgs and B. P. Ferreira (1998) Mortality rate of a cohort of the coral trout, *Plectropomus leopardus*, in zones of the great barrier reef marine park closed to fishing. *Mar Freshwater Res*, 49(6):507-511.
- Samoilys, M. A. and L. C. Squire (1994) Preliminary-observations on the spawning behavior of coral trout, *Plectropomus leopardus* (pisces, serranidae), on the great-barrier-reef. *Bull. Mar. Sci.*, 54(1):332-342.
- Samoilys, M. A. (1997) Movement in a large predatory fish: Coral trout, *Plectropomus leopardus* (pisces: Serranidae), on heron reef, australia. *Coral Reefs*, 16(3):151-158.
- Samoilys, M. A. (1997) Periodicity of spawning aggregations of coral trout *Plectropomus leopardus* (pisces : Serranidae) on the northern great barrier reef. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 160:149-159.
- StJohn, J. (1997) Ontogenic patterns in the diet of *Plectropomus leopardus* on the great barrier reef, australia. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 63(2):263-264.
- St John, J. (1999) Ontogenetic changes in the diet of the coral reef grouper *Plectropomus leopardus* (serranidae): Patterns in taxa, size and habitat of prey. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 180:233-246.
- St John, J., G. R. Russ, I. W. Brown and L. C. Squire (2001) The diet of the large coral reef serranid *Plectropomus leopardus* in two fishing

- zones on the great barrier reef, australia. Fish. Bull., 99(1):180-192.
- Sun, Z. J., S. D. Xia, S. M. Feng, Z. K. Zhang, M. M. Rahman, M. Rajkumar and S. G. Jiang (2015) Effects of water temperature on survival, growth, digestive enzyme activities, and body composition of the leopard coral grouper *Plectropomus leopardus*. Fish. Sci., 81(1):107-112.
- Takebe, T., S. Uji, A. Ozaki, K. Okuzawa, H. Yamada, M. Kobayashi, K. Asami, T. Sato, K. Teruya and Y. Sakakura (2015) Onset of individual growth difference and its hereditary factors from broodstocks in larviculture of leopard coral grouper *Plectropomus leopardus*. Nippon Suisan Gakkaishi, 81(1):52-61.
- Trijuno, D. D., S. Shiozawa, K. Yoseda, M. Tagawa and M. Tanaka (2002) Development and metamorphosis in coral trout, *Plectropomus leopardus*: Morphological, biochemical and physiological aspects. Fish. Sci., 68:892-895.
- Van Herwerden, L., J. H. Choat, S. J. Newman, M. Leray and G. Hillersoy (2009) Complex patterns of population structure and recruitment of *Plectropomus leopardus* (Pisces: Epinephelidae) in the Indo-west Pacific: Implications for fisheries management. Mar. Biol., 156(8):1595-1607.
- Williamson, D. H., G. R. Russ and A. M. Ayling (2004) No-take marine reserves increase abundance and biomass of reef fish on inshore fringing reefs of the great barrier reef. Environ. Conserv., 31(2):149-159.
- Wright, K. J., D. M. Higgs, A. J. Belanger and J. M. Leis (2008) Auditory and olfactory abilities of larvae of the Indo-Pacific coral trout *Plectropomus leopardus* (lacepede) at settlement. J. Fish Biol., 72(10):2543-2556.

- Xia, S., Z. Sun, S. Feng, Z. Zhang, M. M. Rahman and M. Rajkumar (2015) Effects of dietary protein level on growth and ammonia excretion of leopard coral grouper, *Plectropomus leopardus* (lacepede, 1802). *Sains Malays*, 44(4):537-543.
- Yoseda, K., K. Yamamoto, K. Asami, M. Chimura, K. Hashimoto and S. Kosaka (2008) Influence of light intensity on feeding, growth, and early survival of leopard coral grouper (*Plectropomus leopardus*) larvae under mass-scale rearing conditions. *Aquaculture*, 279(1-4):55-62.
- Zeller, D. C. (1997) Home range and activity patterns of the coral trout *Plectropomus leopardus* (serranidae). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 154:65-77.
- Zeller, D. C. (1998) Spawning aggregations: Patterns of movement of the coral trout *Plectropomus leopardus* (Serranidae) as determined by ultrasonic telemetry. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 162:253-263.
- Zeller, D. C. and G. R. Russ (1998) Marine reserves: Patterns of adult movement of the coral trout (*Plectropomus leopardus* (serranidae)). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 55(4):917-924.
- Zeller, D. C. and G. R. Russ (2000) Population estimates and size structure of *Plectropomus leopardus* (Pisces : Serranidae) in relation to no-fishing zones: Mark-release-resighting and underwater visual census. *Mar Freshwater Res*, 51(3):221-228.
- Zeller, D. C. (2002) Tidal current orientation of *Plectropomus leopardus* (serranidae). *Coral Reefs*, 21(2):183-187.
- Zhang, J. B., H. F. Liu and Y. Song (2010) Development and characterization of polymorphic microsatellite loci for a threatened reef fish *Plectropomus leopardus*. *Conserv Genet Resour*, 2:101-103.
- Zhu, Z. Y. and G. H. Yue (2008) The complete mitochondrial genome

of red grouper *Plectropomus leopardus* and its applications in identification of grouper species. *Aquaculture*, 276(1-4):44-49



圖 1 (a)體色呈現鮮紅色之花斑刺鰵魚亞成魚個體(體長約 15cm TL)·(b)體色呈現青灰色之花斑刺鰵魚亞成魚個體(體長約 15cm TL)。



圖 2 箭頭指向於澎湖海域釣獲之兩種體色的花斑刺鰓魚成體(體長約 40cm T L)。

靜水流淺 - 大漢溪溪魚腫瘤事件解謎

施秀惠

shihhh@ntu.edu.tw

石門水庫下游溪魚罹患「腫瘤」事件，爆發於 2011 年 1 月間。當時民眾在水庫後池堰下游水域垂釣，赫然發現俗稱溪哥之平頷鱸，體表長有形似腫瘤之黃色泡狀物，挑破發現內有寄生蟲，驚恐之餘遂向傳媒投訴。頓時引發關注，報紙和電子媒體逕自以〈石門水庫 活魚三吃陷危機〉、〈石門恐怖腫瘤魚！長滿百隻寄生蟲〉以及〈畸形魚有蟲？週刊報導：水庫疑遭污染〉等聳動標題爭相報導，質疑水庫水質出現嚴重問題，導致社會大眾對環境、水質以及漁產品安全產生疑慮。

即便眾說紛紜，但新聞炒作平息後，真相依舊不明。主管機關當然有義務釋疑解慮，桃園地檢署亦鎖定此事件分案調查，追究管理石門水庫之北區水資源局以及職掌溪魚的桃園縣政府是否怠忽職守，未盡防範之責以致溪魚罹患「腫瘤」；筆者曾以專家身分應詢，最後本案維持「他案」偵結。

在事件曝光前，筆者研究團隊已應環保團體要求，檢視罹病溪魚標本，協助解謎並鑑定寄生蟲種類。而後在 2 月底承接北水局之「石門水庫下游大漢溪水域魚類寄生蟲疫情及蟲種鑑定」免簽約技術案，初步查明魚體瘤狀物實為俗稱黃吸蟲(yellow grub)之扁彎口吸蟲 (*Clinostomum complanatum*, Yamashita, 1938) 囊狀幼蟲 (metacercariae) 感染，可能源自於水鳥散佈蟲卵，初步澄清此事件之本質為寄生蟲疫病。同時基於文獻說明：黃吸蟲曾於 1980 年代，先後感染水產試驗所竹北分所養殖之泥鰱和香魚，導致大量死亡；此次為臺灣野生淡水魚類感染黃吸蟲之首例。

為徹底釐清「溪魚腫瘤」事件，筆者團隊連續 4 年鑽研此議題。2011 至 2012 為自力探究，而後標獲北水局辦理之「石門水庫上下游水域魚類複殖吸蟲疫病監測研究」計畫，執行期間為 2013 年 3 月至 2014 年 12 月。經由連續採樣和田野調查，查明石門水庫庫區、上游集水區和下游大漢溪水域中，寄生魚類之複殖吸蟲相，建構吸蟲生活史以追蹤感染來源，分析環境因素對感染之效應。本文旨在報告四年調查研究結果，進而闡述分析其意涵以解謎釋

疑；引用之定量性數據，僅為執行北水局計畫之近兩年結果。

溪魚「腫瘤」是什麼？

前期研究已鑑定溪魚「腫瘤」(圖 1)乃扁彎口吸蟲之囊狀幼蟲(圖 2)感染，而攸關民生用水之石門水庫與食用魚之安全性更為探討勘察重點，遂選擇集水區三條獨立溪流－雪霧鬧溪、湳仔溝溪、三民溪－以及庫區和後池堰下游等 5 個地點，每月採樣，調查並監測魚類感染寄生蟲情況。採樣點之地理距離以石門水庫大壩為基準，雪霧鬧溪作業處相距 25 公里、湳仔溝溪為 14.3 公里、三民溪則為 12.8 公里；後池堰下游採樣點約距 2.5 公里(圖 3)。

總計採獲 23 種、1732 尾魚類樣本，檢視發現下列 8 種鯉科魚類遭扁彎口吸蟲囊幼感染：台灣石賓(*Acrossocheilus paradoxus*)、鯽魚(*Carassius auratus*)、鯉魚(*Cyprinus carpio*)、唇鱮(*Hemibarbus labeo*)、台灣鏟頰魚(*Onychostoma barbatula*，俗名苦花)、台灣鬚鱮(*Zacco barbata*)、粗首鱮(*Z. pachycephalus*)以及平頰鱮(*Z. platypus*，俗名溪哥)。

計有浦仔溝溪、三民溪和後池堰下游等三處水域魚類遭感染，而位於山區之雪霧鬧溪和庫區魚類則全無感染。合計三處之囊幼感染參數如下：盛行率(prevalence) 15%，平均感染強度(mean intensity) 2.23 個囊幼/魚，平均豐富度(mean abundance) 0.34 個囊幼/魚；意即計有 15% 的魚類樣本遭囊幼感染，每條受染魚隻平均有 2.23 個囊幼，而所有魚類標本平均感染 0.34 個囊幼。

感染部位通常侷限於皮下組織，包括體表、下頷、鰭、鰓和口腔(圖 1)，唯有台灣石賓遭囊幼侵入深部肌肉組織。若依魚種區分，單尾魚隻最高感染強度之前二名為：粗首鱻 174 個囊幼，台灣石賓 150 個囊幼。以體長通常未達 10 公分之溪魚而言，感染程度確實極為嚴重，更兼「腫瘤」遍及魚體內外，難怪民眾驚懼恐慌。

對比於事件爆發之初與前兩年之自力調查，當時受限於資源和人力，僅能小規模採樣，藉由少量魚類標本發現：除事件源頭之後池堰下游外，三民溪魚類亦遭感染，對象則為台灣鏟頷魚、台灣石賓以及平頷鱻三種。如今回顧，只能遺憾當年未能及時獲得資助，投入研究力不足以致錯失探索問題之最佳時機。

「腫瘤」內之黃吸蟲體長雖僅 3~4 mm，但型態卻有別於其他複殖吸蟲囊幼之圓形外觀，反倒形似其水蛭狀成蟲。由於複殖吸蟲除血吸蟲外皆為雌雄同體，因此通常藉由觀察其壓片染色標本，綜合其外部型態特徵、內部雌性與雄性兩套生殖系統、消化與排泄系統等複雜構造，足可鑑種。本研究為精確鑑別事件主角，除前述傳統型態分類法外，更建立其分子生物鑑種方法：根據其已知之 18S 核糖體 DNA 序列，設計專一引子對，經由聚合酶連鎖反應增幅產物，定序後與基因資料庫比對而確認其相同性，繼而建立其核酸限制酶圖譜。此法不僅有助於鑑種，更適用於偵測與篩選小型動物 – 如扁彎口吸蟲第一中間寄主螺類標本 – 是否感染。

扁彎口吸蟲生活史及其影響

扁彎口吸蟲的分類地位隸屬扁形動物門(Platyhelminthes)，吸蟲綱(Trematoda)，複殖吸蟲亞綱(Digenea)，鴉形目(Strigeidida)，彎口科(Clinostomidae)，彎口屬(*Clinostomum*)。溪魚「腫瘤」乃其

囊幼階段，因色澤偏黃而被稱為黃吸蟲，魚類遭感染而罹病被稱為扁彎口吸蟲病。

明顯黃色泡狀物乃魚類寄主對外來異物之防禦反應，以結締組織包覆囊幼，形成囊體(cyst)，而非腫瘤(tumor)，同時組織學構造亦與腫瘤全然不同。解剖時發現：囊體外壁極薄，略為碰觸即破裂，從包囊逸出之活囊幼以口吸盤固著於魚體，進行水蛭狀劇烈伸縮運動，此景象勢將引起消費者之噁心厭惡感，漁產品亦全無經濟價值。

扁彎口吸蟲具有複雜生活史，包括三類寄主：終寄主為食魚性鷺科鳥類，如夜鷺、藍鷺和小白鷺等；中間寄主有二，第一中間寄主為水生螺類，第二中間寄主則為淡水魚類，後者寄主專一性低，可廣泛感染多種魚種，有利於生存。除已知之草魚、鱧魚、鯉魚和鯽魚外，本研究檢出之 8 種魚類寄主中，有下列 6 種屬於寄主新紀錄：台灣石賓、唇鯛、台灣鏟頰魚、台灣鬚鱨、粗首鱨以及平頰鱨，益增對此吸蟲之瞭解。

扁彎口吸蟲成蟲寄生於鷺鳥之咽部或食道上部，當鳥類攝食或涉水時，蟲卵可由鳥喙或隨其糞便進入水中，孵化為自由生活之纖毛幼蟲。毛幼鑽入水生螺類體內，在其消化道發育為孢狀幼蟲，母孢幼可行幼體無性生殖，崩裂釋出大量子孢幼，繼而發育為雷迪幼蟲，最後成為具肌肉質尾部、可自由游泳之尾動幼蟲。尾幼離開螺體，鑽入第二中間寄主魚類，脫去尾部發育成囊狀幼蟲。囊幼主要寄生於魚肉和皮下組織，刺激寄主形成橘黃色圓形囊體以包裹之。鷺鳥攝食含囊幼魚體，囊幼在其胃內脫囊而出，逆行至咽喉處寄生並發育為成蟲(圖 4)。藉由幼體無性生殖，侵入螺體之每個毛幼可產生數百逾千隻尾幼，足以克服彌補需成功感染 3 類寄主、始能完成生活史之困難。寄生蟲演化適應之高度成功，由此可見一斑。

我們總計採集 6 種、1119 隻螺類樣本，僅由台灣椎實螺(*Radix swinhoei*)檢出此吸蟲之叉尾型尾幼(clinostomoid cercaria) (圖 2)，並經分子生物法鑑種確定，證實其第一中間寄主角色。

扁彎口吸蟲屬於魚類傳播 (fish-borne) 之人畜共通病原體 (zoonosis)，日本和韓國皆有病例報告，病史悉因生食淡水魚肉所致。患者主訴咽部有異物感且疼痛，而由其後咽部位檢出活蟲，此症被稱為彎口吸蟲性咽炎 (*Clinostomum pharyngitis*) 或彎口吸蟲性症 (clinostomiasis)。蟲體可能仍維持囊幼階段，亦有已發育為成蟲之病例，顯示人體可擔任此吸蟲之偶然或伺機性終寄主 (opportunistic final host) (圖 4 左側)。

既知此吸蟲已盛行於大漢溪水域，遂雙管齊下對獸醫和家醫進行大規模訪查，前者為解析吸蟲生活史之鳥類寄主，後者則追蹤居民病例。訪查範圍包括三民、大溪與龍潭等地之衛生所、家醫診所和獸醫院，先登門親訪再電話追蹤，並提供吸蟲與人病例之相關照片和文獻等資料，總計接觸 26 家，成功訪問 12 家。可惜並未尋獲任何遭吸蟲感染之鳥類樣本或病例，即使央請桃園鳥會和林務局協助，皆未建功。此外，亦未發現人類病例，幸已建立此地區基層醫療機構之人脈與連絡管道，同時達成科普與科教效果。

扁彎口吸蟲感染之天時地利魚和

龐博詳盡之數據得來不易，我們嘗試整合分析以建立預估吸蟲感染爆發之模型，因為無論毛蚴鑽入螺體或尾蚴入侵魚體，吸蟲感染成功與否實屬幼蟲與寄主接觸碰撞之機率問題。因此環境因子之水文與水質資訊、生物因子之寄主動物種類、數量與幼蟲密度等，勢將決定感染之成功性並影響其嚴重度。若分析其個別、綜合與交互作用之效應，顯然有利於預估爆發嚴重感染之條件與時機。遂選擇發生感染之三民溪、湳仔溝溪和後池堰下游溪魚的感染參數，結合上述生物和非生物因子進行分析。

遺憾的是，結果皆無正相關而未能推出適用模型，反而相對單純之定性棲地評估指標(Qualitative Habitat Evaluation Index , QHEI)卻顯現關聯性。連續兩年之總評價分數與級序為：湳仔溝溪和三民溪分別為 43 分和 42 分，皆屬第四級；後池堰下游為 65 分，屬於第三級；而 84 分的雪霧鬧溪則為第二級。顯示諸如築堤、緩流跌水工法和養殖畜牧等各類人為活動明顯衝擊魚類棲息環境，至於此效應和吸蟲感染間之關聯性？仍有若干失落環節尚待釐清。

預估模型之量化研究既未成功，遂以定性描述試做推測。由於近兩年颱風密集且梅雨季雨量豐沛，大漢溪上下游常為水體量大、流速湍急情況，不僅妨礙採樣，更可能是近兩年感染程度遠低於2011年事件爆發之初的緣由。回顧當時，恰遇暖冬與枯水期，水位低且流速緩慢，後池堰下游僅存狹窄主流流通，河道兩岸則出現許多面積與深度不等的臨時性水塘，適為民眾垂釣所在。高水溫有利於蟲卵孵化、水草增生與螺類繁殖，導致獨立水體中之毛幼和第一中間寄主螺類的密度皆高，碰撞機率提升，利於感染而釋出大量尾幼。尾幼則易與封閉於水塘內的溪魚接觸，無處可逃之溪魚易遭尾吸侵犯，甚至出現一條魚累積逾百個囊幼的嚴重情況，釣客豈能不察覺？

綜上所述，對吸蟲而言，當時顯已匯集天時(暖冬)地利(靜水流淺並形成暫時性水塘)「魚」和(魚群遭封閉)等因素，不僅創造出利於吸蟲發育繁殖之理想條件，更極度提升幼蟲和魚類寄主接觸機率，終而爆發淡水魚類嚴重感染吸蟲疫情。

然而此效應顯然不易發生於庫區，即使高溫或枯水期亦然，因

為在如此龐大之水體中，無論幼蟲和魚隻密度以及二者之接觸機率，皆極低於開放性天然水域者而不利於成功感染。調查顯示，14種、總計 252 尾的庫區魚類皆未檢出任何吸蟲感染，充分支持此推論。

鹽醃苦花是否安全？

完成上述發現性科研(discovery or descriptive science)後，續以假說為基礎(hypothesis-based science)之科研策略確認魚類食安問題。因為傍水而生的泰雅族原住民之傳統食物 tmmanquleh 或 siubowhanyuh，係以撈捕自大漢溪的苦花醃製而成，遂提出下列假說：醃製條件並不足以殺死盛行於此水域之扁彎口吸蟲囊幼。

首先測試離體囊幼在生理鹽水中之最長存活時間，發現具囊膜保護之囊幼為 60 小時，脫囊而出者則為 48 小時，耐受性不佳。之後重現泰雅族傳統鹽醃苦花法：去除魚體內臟、清洗後內外均勻抹鹽、以洗淨瀝乾之白米塞滿魚腹、置入容器並以同樣白米覆蓋密封，放在陰涼處 8 日後拆封。結果魚體皆呈脫水狀態，肌肉內之囊

幼亦呈乾硬狀而全數死亡。雖曾期望假說成立，得據此進行科普與食安教育，勸告民眾遵行苦花保育政策，但實驗結果驗證假說為偽，所獲數據並不支持此項假說。

為解析囊幼在鹽醃過程之存活時間，遂逐次縮短拆封時程，在醃製 24、12 和 8 小時後檢視之。結果所有實驗組之囊幼皆全部死亡，反覆試驗，確認囊幼在鹽醃 8 小時後即死亡。由於苦花感染標本較少，因而試驗改用台灣石賓、粗首鱻與平頷鱻等三種感染嚴重之魚種。採樣操作極其艱辛，須維持活魚狀態運回實驗室，方能確保囊體完整與囊幼存活。

食魚性鳥類為生存而捕食淡水魚，同時應無能力區別魚類有無囊幼寄生，致遭此吸蟲感染而成為其終寄主與傳播者。人類吃魚而不致淪於鷺鳥相同角色之前提有二：教育與食品安全檢查。本研究附帶提供北水局三種版本之衛教教案，對象分別為中小學生、一般民眾以及餐飲業者，簡介扁彎口吸蟲及其生活史、致病性與自保之道。當此吸蟲已生存於臺灣溪河生態系，徹底滅絕不僅不切實際，更無從施行；為維護消費者安全與漁產品品質，具

體可行之道唯有主管食品安全之衛生機關依法查察，教導並告誡相關業者務須遵循「水產食品業實施食品安全管制系統」之相關規定。

中華肝吸蟲屢遭牽拖

具備典型複殖吸蟲生活史、同以淡水螺類和魚類為中間寄主且為人畜共通病原的中華肝吸蟲(*Clonorchis sinensis*)，可能已是國人最熟知的寄生蟲種，只要提到淡水魚類寄生蟲，勢遭強迫亮相而無從倖免，此次溪魚腫瘤事件亦然。中華肝吸蟲之終寄主為哺乳類，而非鳥類，成蟲寄生於總膽管和膽囊。患者因攝食含囊幼之全生或未熟淡水魚肉而受感染，若遭長期寄生且未投藥或外科手術治療，可能發生之病程依序為肝炎、肝硬化甚致肝癌，因而中華肝吸蟲久經確認為導致肝臟病變之重要感染性病因。

2011 年溪魚腫瘤事件，經傳媒密集報導而引發社會大眾恐慌。受訪醫師侃侃而談，論及中華肝吸蟲及其導致之肝臟病變，陳述皆有所本，唯一且關鍵錯誤在於張冠李戴、弄錯主角。筆者

鄭重聲明：連續4年研究期間，所有採自大漢溪水域之魚類標本，從未檢出中華肝吸蟲囊幼，螺類標本亦未檢獲其尾幼。

行文至此，感慨萬千。《論語》為政篇有云：「知之為知之，不知為不知，是知也」，韓愈《師說》亦云：「聞道有先後，術業有專攻」，盡為耳熟能詳之義理。然而每每發生寄生蟲問題時，除傳媒一貫譁眾取寵、輕率報導外，往往更有欠缺寄生蟲學專業卻強不知以為知的學者專家們，並未檢視標本，更未深入研析，即草率應和傳媒，倉促做出結論。偏偏由於名人效應而獲社會大眾信賴，以致深化謬誤，糾結迷思，而後非得付出十倍百倍之力，否則難以更正釐清。譬如筆者為闡述「海魚感染海獸胃線蟲乃自然現象」，曾多次撰文說明：感染海魚之海獸胃線蟲第三期幼蟲係源自其食物網，並非環境汙染，更非漁產品加工過程之自然發生或腐敗所致；歷時十年，至今略見其功。

學者專家們並非時下談話節目名嘴，發言務須本諸專業，能不慎乎？

結語

筆者衷心深信：學者們絕非不食人間煙火、以關在學術象牙塔內俯視滾滾紅塵自得；反倒心懷蒼生，志在造福人群。誠如 STS (Science, Technology and Society)之揭示，以科學研究之發現解析為基礎，應用於發明創造科技，繼而服務社會，增進人類福祉。本研究為長期監測台灣開放性淡水生態系及水庫魚類寄生蟲之首例，筆者得以即時參與並主導，進而解開溪魚腫瘤之謎，至感欣慰，專此為文。此外，北水局施政規劃著重且契合民生議題，尤能不畏一時輿論喧囂，民意責難，規劃主辦此一長期而周延之研究計畫，殊堪嘉許，謹申謝忱。

台灣具有為數眾多之天然河川、溪流、池塘以及人工修築之水庫與灌溉渠道，而有泛稱溪哥和苦花等原生魚種以及人工養殖之多種經濟性魚類生活其間。由於扁彎口吸蟲之終寄主為善飛翔之食魚性鳥類，如今業已証實大漢河流域為此吸蟲之盛行區域，推測其他鄰近水域甚至全台之淡水生態系恐亦情況相同。基於寄生蟲學觀點，地球上所有脊椎動物和大部分無脊椎動物皆遭寄生蟲感染，寄

生蟲亦為驅策寄主物種演化的天擇(natural selection)之一，因此發現溪魚遭吸蟲感染並不可怕，可怕的是無知。無知於寄生蟲久存於地球生物相(biosphere)並遍佈於各個生態系之事實，一旦發覺其存在，非但不探索真相與因應之道，反倒直覺地指責相關單位，不僅無益於解決疑慮，更平添無謂困擾。

最後，筆者重申長期以來之呼籲：政府、學者專家和媒體應秉持專業而各司其職。媒體固有監督政府施政與維護閱聽大眾「知的權利」之職責，但應提供事實與正確資訊，不宜一味追逐聳人聽聞、譁眾取寵之淺薄報導。學者專家們理應體察「術業有專攻」之真義，切勿強不知以為知，逕自牽強附會、堆砌不相干資料而誤導民眾。政府機關更應專業敬業，即便未能洞燭機先，至遲在事件發軔之初，主動調查了解，充分掌握突發狀況，廣納專業見解，積極研擬因應策略。

延伸閱讀

1. 謝易廷，李英周，施秀惠 (2011)。大漢溪水域魚類爆發黃吸蟲感染。臺大漁推，第 22 期，26-40。
2. Chung, D.I., Moon, C.H., Kong H.H., Choi, D.W., and Lim, D.K. (1995). The first human case of *Clinostomum complanatum* (Trematoda: Clinostomidae) infection in Korea. The Korean Journal of Parasitology 33, 219-223.

施秀惠：

臺灣大學生命科學系教授，臺灣大學漁業推廣委員會推廣教授，財團法人台灣養殖漁業發展基金會董事，財團法人大學入學考試中心專案(國語文寫作能力測驗試題研發)研究員。

轉載自《科技報導》2015年3月號

附錄(圖)



圖 1 大漢溪溪魚感染扁彎口吸蟲囊幼(作者提供)。



圖 2 扁彎口吸蟲囊幼染色標本(左)與尾幼新鮮標本(右)(作者提供)。

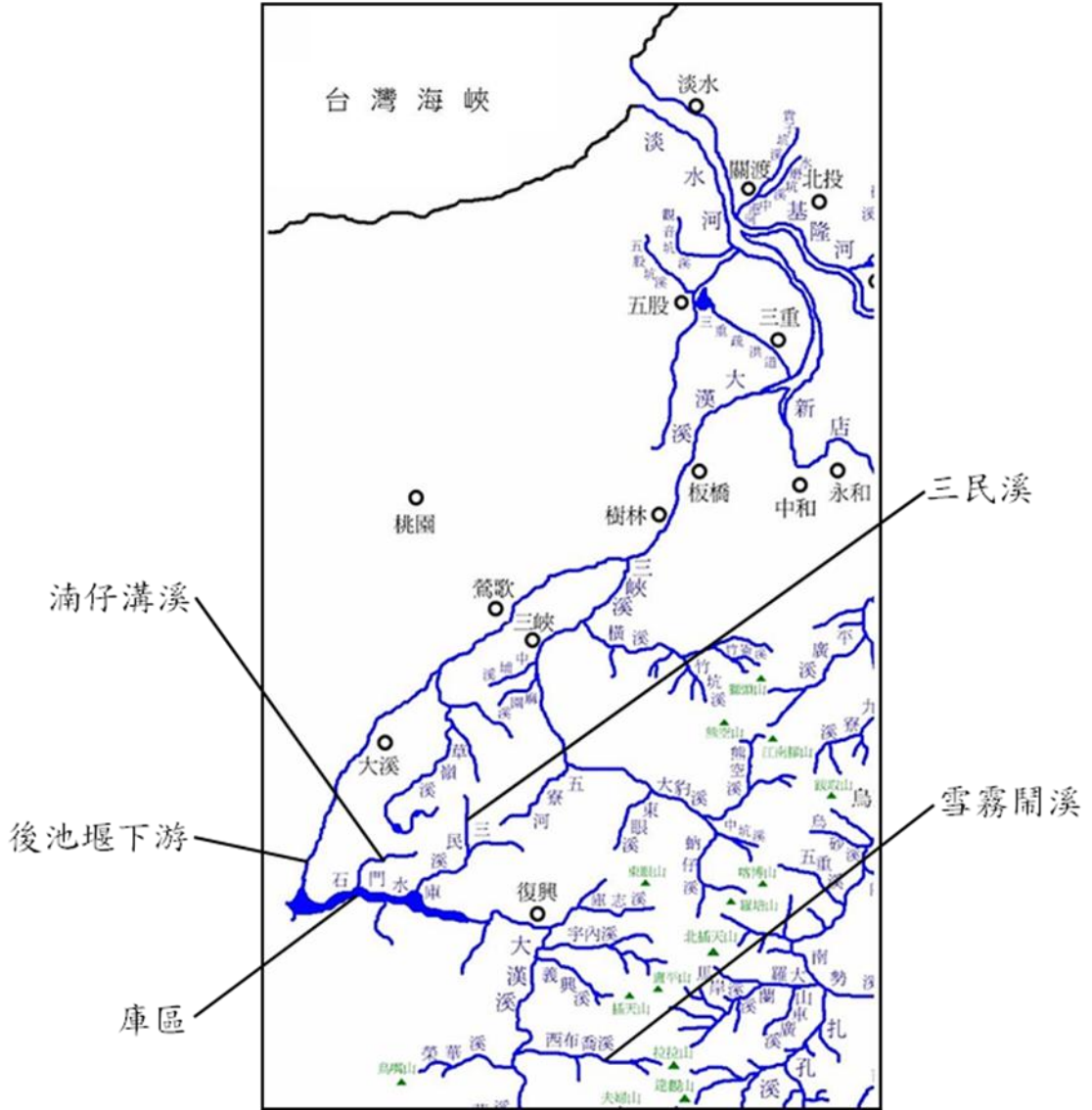


圖 3 魚類和螺類之 5 處採樣地點(作者提供)。

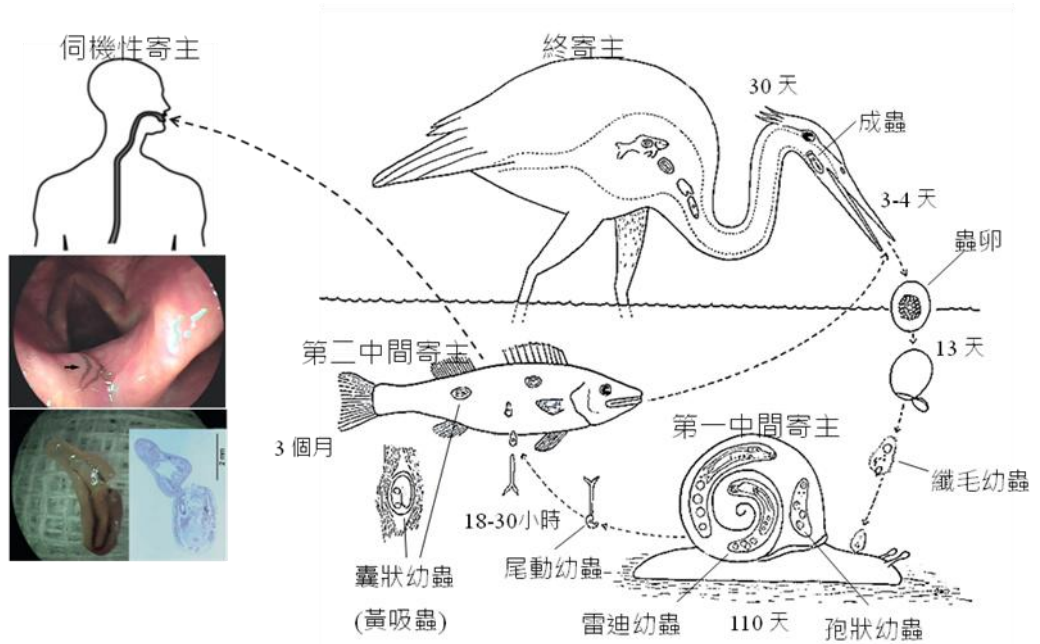


圖 4 扁彎口吸蟲生活史以及罹患彎口吸蟲性咽喉炎之患者喉部與檢出之蟲體標本(作者綜合文獻編註)。

零魚粉飼料中添加狹葉羽扇豆粉及螺旋藻粉取代玉米筋質粉對菊池氏細鯽成長之影響

吳佳穎¹、陳信輔¹、廖文亮^{1,2,3}

¹ 國立臺灣大學漁業科學研究所

² 國立臺灣大學生命科學系

³ 國立臺灣大學漁業推廣委員會

一、前言

菊池氏細鯽(*Aphyocypris kikuchii*)為台灣特有魚種，分布於台灣東部河川、沼澤等中下游緩流區。環境適應力強，早期在溪流生態系中佔有重要地位(陳及方, 2001)。近年因過度捕撈及棲地長年遭受大量破壞，使其數量銳減，目前僅剩花蓮縣水璉溪還可找到少數野生族群。台灣花蓮縣水產培育所於 2003 年展開復育，目前已透過人工魚苗進行放流，對此魚種飼料的開發將有助於復育工作。於蛋白質需求量的研究飼料中大豆粉添加量由 0、10、20、30 至 40%，蛋白質含量由 20、25、29、33 至 38% 的增加。以大豆粉添加 40%，飼料中蛋白質含量 38% 的增重率及飼料效率為最佳。菊池氏細鯽對

蛋白質的利用率較碳水化合物為佳，推測飼料中最適蛋白質需求約在 38%~40%之間(劉, 2011)。魚粉添加量之研究對菊池氏細鯽成長之影響結果顯示以 25%魚粉及 47.5%大豆粉的增重率 156%及飼料效率 56%為最佳。而在 15%低魚粉與 0%魚粉組雖增重率較低約 120%及飼料效率約 48%經統計分析後無顯著性差異。推測菊池氏細鯽對不同植物性蛋白原料的利用率尚佳，飼料中魚粉添加量可由 30%降低至 0% (劉, 2011)。符合植物性蛋白質原料可完全取代飼料中的魚粉添加量之研究報告(Takagi *et al.*, 2006)。

魚粉為養殖魚飼料之主要蛋白質來源，近年來海洋資源的過度開發，作為魚粉原料的魚種資源量急劇下降，造成魚粉的產量下降，使得國際魚粉價格逐年上升，未來恐有短缺之虞(Harvey, 1991；New, 1991；Watanabe, 2002)。大豆粉、大豆蛋白及玉米筋質粉開始成為主要魚粉取代之植物性蛋白質原料。其中玉米筋質粉來自食品玉米加工澱粉後蛋白質殘留物，依蛋白質含量，可分為蛋白質含量 70%以上的玉米蛋白(Maize protein)及蛋白質含量 60 的 65%玉米筋質粉(Corn gluten meal)。玉米筋質粉除了蛋白質含量較高外，其脂

肪含量少於 5%，且纖維含量低，具有微量營養素 Vit.B、Vit.E 以及抗氧化物天然色素如 β -胡蘿蔔素 (β -carotene) 及葉黃素 (Xanthophyll) 且抗營養因子含量較低，因此長期被視為理想的植物性蛋白質原料來源。胺基酸組成與多數植物性原料相比較為完整，但比起傳統主魚粉原料，必需胺基酸如離胺酸(Lysine)、甲硫胺酸(Methionine)、精胺酸(Arginine)及色胺酸(Tryptophan)的含量仍偏低，故使用上需注意特殊胺基酸補充(Mente et al., 2003)。各項研究顯示，飼料中海水及淡水魚使用玉米筋質粉 10-15% 取代魚粉對魚的成長無顯著影響。

羽扇豆(Lupin seed)屬易栽種豆科植物，價格極為低廉，約為玉米筋質粉的一半價格。生產於澳洲、南美及歐洲有大量不同的羽扇豆作為芻胃動物的飼料，因草食性芻胃動物的消化道所含有的內源性酵素，可分解大量羽扇豆中的碳水化合物，且不會造成腸胃道的消化障礙。隨著品種改良，近十年來漸漸有學者嘗試將羽扇豆粉做為水產飼料的植物性蛋白質原料來源，例如虹鱒(Burel, *et al.*, 1998; Bangoula, *et al.*, 1993; Hughes, 1991; Moyano, *et al.*, 1992); gilthead

seabream(Robaina, *et al.*, 1995);草蝦 (Sudaryono, *et al.*, 1999); Turbot(Burel, *et al.*, 2000);鮭魚(Carter and Hauler, 2000);吳郭魚(陳, 2001); 赤鰭笛鯛(吳, 2006);海鱸(王, 2003;黃, 2006), 報告均指出羽扇豆粉 15-20%是可取代部分魚粉而不影響水產生物的成長, 而有效降低飼料成本。

商業性生產螺旋藻, 目前已遍及全球, 乾燥後的螺旋藻粉亦可添加於食品中 (Cifelli, 1983; Belay *et al.*, 1993)。螺旋藻粉的成分: 蛋白質含量 60~70%、維生素 B₁₂ 和 β -胡蘿蔔素含量高、礦物質、必須胺基酸和脂肪酸, 特別是 γ -次亞麻油酸 (GLA) 含量豐富 (Belay *et al.*, 1993)。螺旋藻粉近年來添加在水生生物飼料中吳郭魚、虱目魚、鯉魚、鰱、鮭魚、嘉鱸魚、明蝦、鮑魚等報告均指出 10-20% 是可取代部分魚粉而不影響水產生物的成長, 而有效降低飼料成本。早期的研究中, 螺旋藻添加在飼料中都是針對成長率、活存率、飼料轉換率及組織特性作為探討。在成長率、活存率及飼料轉換率添加適當的螺旋藻來取代飼料中蛋白質, 結果顯示有顯著的效果。

在組織特性運用在魚類上，有明顯增加體色的效果，同時可降低魚肉中膽固醇含量和增加肌肉紋理，提高食用的口感。

在研究虱目魚 (*Chanos chanos*) 仔稚魚飼料中添加，對其成長完全無負面影響 (Santiago et al., 1989)。鱧魚 (*Hypothalamichthys molitrix*) 飼料中添加 10% 的螺旋藻粉可改善成長率及體重增加率。莫三比克吳郭魚 (*Oreochromis mossambicus*) 仔稚魚飼料中，以螺旋藻粉取代 40% 的魚粉對其成長完全無負面影響 (Olvera-Novoa et al., 1998)。在尼羅河吳郭魚 (*Oreochromis niloticus*) 飼料中添加螺旋藻粉 0.5, 0.75, 1.0, 1.5, and 2.0 % 的含量，於 0.5% 以上均對於其體表組織的保護有明顯的效果 (Ibrahem, 2014)。本研究以羽扇豆科中的狹葉羽扇豆 (*Lupinus angustifolius*) 及螺旋藻粉取代零魚粉飼料中的玉米筋質粉為主題，嘗試在維持成長效果為前提下開發成本低廉之菊池氏細鯽之飼料。

二、 零魚粉飼料中狹葉羽扇豆粉取代玉米筋質粉對菊池氏細鯽成長之影響

1. 材料與方法

實驗菊池氏細鯽魚苗由花蓮縣水產培育所贈送，運送至國立台灣大學漁業科學研究所實驗室之水缸 85cm x 60cm x 45cm 先行馴養，馴養時間約一個月，此期間投餵自行製作之零魚粉飼料每日兩次使魚苗習慣攝食人工飼料，並定期換水，投餌量至飽食為止，並於開始實驗分組前一天停止餵食。實驗分組將平均大小為 0.42 ± 0.02 g 的菊池氏細鯽隨機分配至 30cm x 30cm x 45cm 魚缸中，實驗每組 15 尾，共計 5 組，實驗採三重複，實驗期間水溫在 25~30°C，每日投餵飼料兩次，餵食總量則餵至魚隻飽食不再索餌為止，每日換水三分之一，實驗進行六周，於秤重前一天停止餵食，六周結束後所有魚隻進行秤重紀錄及採樣。實驗用零魚粉飼料配方各組以 47.5% 大豆粉作為主要蛋白質來源，狹葉羽扇豆粉添加量為 0、5、10、15 及 20%，玉米筋質粉的添加量則互換為 20、15、10、5 及 0%。

2. 結果與討論

經六周餵養後，魚隻的平均體重 (Body weight)、增重率 (Percent

weight gain)、飼料效率(Feed efficiency)、活存率(Survival rate)數值結果顯示各組初始體重介於 0.39-0.43g，經過三周餵食後，上升至 0.48-0.51g，經過六周餵食後，上升至 0.52-0.59g。增重率介於 25-44%，以狹葉羽扇豆粉 0%組之增重率最高為 44%，狹葉羽扇豆粉取代玉米筋質粉 20%組最低為 25%。各組間增重率依狹葉羽扇豆粉取代量增加而呈下降趨勢。飼料效率介於 16-26%，以狹葉羽扇豆粉 0%組之飼料效率最高為 26%，狹葉羽扇豆粉取代玉米筋質粉 20%組最低為 16%。各組間飼料效率依狹葉羽扇豆粉取代量增加而呈下降趨勢。各組活存率介於 98-100%在六周飼養期間僅出現少數死亡。經過六周餵養，狹葉羽扇豆粉 0%組平均體重由初始 0.39g 至飼養後 0.56g 與前人使用零魚粉飼料大豆粉 47.5%及玉米蛋白 20%餵養之平均體重由 0.39g 至飼養後 0.60g 相似(劉, 2011)。本實驗狹葉羽扇豆 0%組的增重率為 44%，與先前研究之結果較增重率 54%為低(劉, 2011)。飼養條件及飼料內容在本實驗與先前之研究使用之初始魚隻大小相似，約在 0.4g 範圍內，但飼料內有 20%之成分不同，先前研究使用玉米蛋白而本研究使用玉米筋質粉，另用以

誘引索餌之成分也不同，先前研究使用南極蝦粉而本研究使用烏賊粉，因此推測是飼料原料成分差異導致兩實驗魚隻增重率不同。本研究使用狹葉羽扇豆粉之蛋白質含量僅 37%，低於玉米筋質粉之 60%，因此當取代量達 15%時，飼料中粗蛋白含量降至 36.6%，造成魚隻增重率下降，蛋白質含量在 37.7% 以上的菊池氏細鯽成長之增重率及飼料效率皆無顯著差異，顯示與菊池氏細鯽飼料中最適蛋白質需求在 38%~40% 之間相似(劉, 2011)。許多報告均指出羽扇豆粉 15-20% 是可取代部分魚粉而不影響水產生物的成長，可有效降低飼料成本。零魚粉飼料配方菊池氏細鯽對狹葉羽扇豆粉蛋白質的利用亦佳，狹葉羽扇豆粉取代玉米筋質粉最適量 10%，可有效降低飼料成本。

三、 零魚粉飼料中螺旋藻粉取代玉米筋質粉對菊池氏細鯽成長之影響

1. 材料與方法

實驗分組將平均大小為 0.60 ± 0.03 g 的菊池氏細鯽隨機分配至

30cm x 30cm x 45cm 魚缸中，每組 15 尾，實驗採三重複，飼養期間水溫在 20~25°C，每日投餵飼料兩次，餵食總量則餵至魚隻飽食不再索餌為止，每日換水三分之一，實驗進行九周，結束後所有魚隻進行秤重紀錄及採樣。實驗用零魚粉飼料配方各組以 47.5% 大豆粉作為主要蛋白質來源，螺旋藻粉添加量為 0、5、10、15 及 20%，玉米筋質粉的添加量則互換為 20、15、10、5 及 0%。

2. 結果與討論

經九周餵養後，魚隻的平均體重(Body weight)、增重率(Percent weight gain)、飼料效率(Feed efficiency)、活存率(Survival rate)，結果顯示各組初始體重介於 0.56-0.62g，經過六周餵食後，上升至 0.65-0.78g，經過九周餵食後，上升至 0.73-0.84g。增重率介於 31-45%，以螺旋藻粉 15%組之增重率最高為 45%，螺旋藻粉取代玉米筋質粉 5%組最低為 31%。飼料效率介於 16-23%，以螺旋藻粉 15%組之飼料效率最高為 23%，螺旋藻粉取代玉米筋質粉 5%組最低為 16%。各組活存率皆 100%。經過九周餵養，螺旋藻粉 15%組之增重率及飼料效率最高為 45%及 23%。比較先前之研究零魚粉

飼料中 47.5%大豆粉及 20%玉米蛋白之飼養之平均體重由 0.60g 至 0.88g 增重率及飼料效率 47%及 27%為低(劉, 2011)。在飼養條件及飼料內容, 本實驗與先前之研究使用之初始魚隻 0.4g 不同, 飼料中有 20%之成分不同, 先前研究使用玉米蛋白而本研究使用玉米筋質粉, 另用以誘引索餌之成分也不同, 先前研究使用南極蝦粉而本研究使用烏賊粉, 因此推測是飼料中成分差異及兩實驗初始魚隻大小導致增重率的不同。螺旋藻粉之蛋白質含量為 60%與玉米筋質粉之 60%相同, 分析各組飼料中粗蛋白含量 37.1-38.4%之間, 顯示與菊池氏細鯽飼料中最適蛋白質需求約在 38%~40%之間相似(劉, 2011)。許多報告均指出螺旋藻粉 10-20%是可取代部分魚粉而不影響水產生物的成長, 可有效降低飼料成本。零魚粉飼料配方菊池氏細鯽對螺旋藻粉蛋白質的利用亦佳, 螺旋藻粉價格雖高些但取代玉米筋質粉最適量為 15%。

四、結語

本研究開發菊池氏細鯽基礎飼料探討以羽扇豆的狹葉羽扇豆粉及螺旋藻粉取代零魚粉飼料中的玉米筋質粉為主題, 嘗試在維持成

長效果為前提下開發成本低廉之菊池氏細鯽之飼料。經實驗結果顯示零魚粉飼料菊池氏細鯽對植物性蛋白質的利用亦佳，狹葉羽扇豆粉取代玉米筋質粉建議量為 10%，螺旋藻粉取代玉米筋質粉建議量為 15%，可有效降低飼料成本。開發其他植物性蛋白原料取代大豆粉或玉米筋質粉以降低飼料成本為將來研究之課題。

參考文獻

- 王育彬, 2003. 飼料中添加羽扇豆粉取代魚粉對海鱺成長之影響。
國立台灣大學漁業科學研究所碩士論文。73 頁。
- 吳仁傑, 2006. 低魚粉飼料對赤鰭笛鯛成長之影響。國立台灣大學漁業科學研究所碩士論文。61 頁。
- 黃海龍, 2006. 飼料中添加不同植物性原料取代魚粉對海鱺成長之研究。國立台灣大學漁業科學研究所碩士論文。111 頁。
- 陳義雄、方力行 (2001) 台東縣河川魚類誌。
- 陳佳珍, 2001。飼料中添加羽扇豆粉及類胰島素成長因子對吳郭魚成長效果之研究。國立台灣大學漁業科學研究所碩士論文。68 頁。
- 劉舜豪 (2011) 菊池氏細鯽之飼料開發。國立台灣大學漁業科學所碩士論文。63 頁。
- Bangoula, D., Parent, J.P. and Vellas, F., 1993. Valeur alimentaire du lupin blanc (*Lupinus albus* var *Lutop*) chez la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*). Effet de la cuisson-extrusion. *Reprod. Nutr. Dev.*, 33: 325-334.
- Belay, A., Ota, Y., Miyakawa, K., Shimamatsu, H., 1993. Current knowledge on potential health benefits of *Spirulina*. *J. Appl. Phycol.*, 5: 235-241.

- Burel, C., Boujard, T., Kaushik, S.J., Boeuf, G., Mol, K.A., Van Der Geyten, S. and Kühn, E.R., 1998. Incorporation of high level of extruded lupin in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): nutritional value and effect on thyroid status. *Aquaculture*, 163: 325-345.
- Burel, C., Boujard, T., Kaushik, S.J., Boeuf, G., Van Der Geyten, S., Mol, K.A., Kühn, E.R., Quinsac, A., Krouti, M. and Ribailier, D., 2000. Potential of plant-protein sources as fish meal substitutes in the diets for turbot (*Psetta maxima*): growth, nutrient utilization and thyroid status. *Aquaculture*, 188: 363-382.
- Carter, C.G. and Hauler, R.C., 2000. Fish meal replacement by plant meals in extruded feeds for Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Aquaculture*, 185: 299-311.
- Cifelli, O., 1983. Spirulina : the edible organism. *Microbiol. Rev.*, 47: 551-578.
- Harvey, D. J. (1991) Outlook for U.S. aquaculture. Annual agricultural outlook conference, U.S. Dept. of Agriculture, Washington, DC.
- Hughes, S.G., 1991. Use of lupin as a replacement for Full-fat soy in diets for rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, 93: 57-62.
- Ibrahim, M. D., Ibrahim, M. A., 2014. The potential effects of Spirulina platensis (*Arthrospira platensis*) on tissue protection of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) through estimation of P53 level. *J. Advan. Res.* 5: 133-136.
- Mente, E., Deguara, S., Santos, M., Houlihan, D., 2003. White muscle free amino acid concentrations following feeding a maize gluten dietary protein in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 225:133-147.
- Moyano, F.-J., Cardenete, G. and De la Higuera, M., 1992. Nutrition value of vegetable of diets containing a high percentage of vegetable proteins for trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquat. Living Res.*, 5: 23-29.

- New, M. B. (1991) Turn of the millenium aquaculture. World Aquacult., 22:28-49.
- Olvera-Novoa, M. A., Dominguez-Cen, L. J., Olivera-Castillo, L., Martinez-Palacios, C. A., 1998. Effect of the use of the microalga *Spirulina maxima* as fish meal replacement in diets for tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters), fry. Aquacul. Res., 29: 709–715.
- Robaina, L., Izquierdo, M.S., Moyano, F.J., Vergara, J.M., Montero, D. and Fernández-Palacios, H., 1995. Soybean and lupin seed meals as protein sources in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*): nutritional and histological implications. Aquaculture, 130: 219-233.
- Santiago, C. B., Pantastico, J. B., Baldia S. F., Reyes, O. S., 1989. Milkfish (*Chanos chanos*) fingerling production in freshwater ponds with the use of natural and artificial feeds. Aquaculture, 77: 307-318.
- Sudaryono, A., Tsvetnenko, E., Hutabarat, J., Supriharyono and Evans, L. H., 1999. Lupin ingredients in shrimp (*Penaeus monodon*) diets: influence of lupin species and types of meals. Aquaculture, 171: 121-133.
- Takagi, S., Murata, H., Goto, T., Hayashi, M., Hatate, H., Endo, M., Yamashita, H. and Ukawa, M. (2006) Hemolytic suppression roles of taurine in yellowtail *Seriola quinqueradiata* fed non-fishmeal diet based on soybean protein. Fish. Sci., 72:546-555.
- Watanabe, T. (2002) Strategies for further development of aquatic feeds. Fish. Sci., 68 : 242-252.