

參加第 15 屆東亞鰻魚資源研討交流會心得

陳瑞谷、王友慈

水產試驗所海洋漁業組

前言

第 15 屆東亞鰻魚資源協議會 (East Asia Eel Resource Consortium, EASEC) 於 2012 年 11 月 28 日假國立台灣海洋大學召開，吸引國內外學者專家與決策者齊聚。本次主辦單位十分用心，會前安排參與蘭陽博物館“白金傳奇—鰻魚展”開展典禮，並至蘭陽溪口放流種鰻，會後還請水產試驗所同仁帶領參觀台灣的鰻魚養殖產業，可說是一次相當充實的國際研討交流會議。

在今 (101) 年 3 月 19 日，EASEC 鑑於鰻魚資源嚴重惡化，提早在日本召開臨時研討會，與會的各國代表均對鰻線捕抓量劇減，日本鰻資源可能步入不可挽救的匱乏慘境表示憂心。本次會議中，各國代表在年度報告時，再度提及日本鰻鰻線捕獲量大幅下滑的情況，如韓國代表 Bae-Ik Lee 先生提到 2011 年有超過一半的鰻魚養殖場，因無鰻線可供放養而關閉，目前除了仰賴進口外，韓國也開始積極發展其他 *Anguilla* 屬鰻魚的養殖技術；而台灣代表郭瓊英女士表示，2011 年的活鰻年產量 4,835 公噸，加工品 1,120 公噸，今年截至 10 月，活鰻產量僅餘 1,108 公噸，加工品 223 公噸，足足減少將近 75%。因此加快對日本鰻生態、生活史了解與野生鰻魚資源量的調查刻不容緩，期能順利渡過人工種苗量產前的產業黑暗期。

曾萬年講座教授在主題報告中針對鰻魚的生態學與鰻線補充量的變動，博引目前學界的研究成果做一概括、提點式的介紹，並對養殖業者提出語重心長的建議。台灣公養殖鰻魚產量在 1990 年間達到 6 萬公噸的高峰，後來因為中國開始投入鰻魚養殖，加上鰻線捕抓量嚴重衰減，產量每況愈下。曾講座教授強調，目前鰻線已被過度捕撈，嚴重影響到野生鰻魚資源的自然再生，惡性循環之下，鰻魚資源量呈現長期永久性難以復原狀態，現在已不可能再撈到那麼多的鰻線供養殖。同時鰻線來游量會受到北赤道流分流 (North Equatorial Current bifurcation, NEC bifurcation) 影響，養殖業必須對聖嬰現象 (El Niño Southern Oscillation, ENSO)、太平洋年際震盪 (Pacific Decadal Oscillation, PDO) 等氣候現象有基本的認知。曾講座教授同時提及，在台灣河口常見的四種 *Anguilla* 屬鰻線中，鱸鰻擁有僅次於日本鰻的來游量，鱸鰻在 2009 年自保育類動物名單中排除後，目前的市價相當有潛力，是養殖業可以考慮的替代物種，但需小心不要重蹈日本鰻資源潰決的覆轍。

Tsukamoto 教授提出日本鰻人工繁殖試驗的瓶頸。目前已經完成日本鰻的完全養殖，唯獨育成一尾鰻線所需的成本已超越“天價”所能形容 (相關內容可參閱本刊 36 期)。目前人工育苗的困境在於找出更適合

幼苗的餌料以提高活存率，同時儘速開發適合大量培育鰻線的維生系統。缺乏食物來源，亦即挨餓，似乎是驅使柳葉鰻變態成鰻線的關鍵；從標示追蹤發現，日本鰻在海中會有日夜垂直洄游現象，深度甚至可達約400 m 深，水溫的變化似乎會促進種鰻的成熟，人工催熟時可藉水溫調控減少荷爾蒙注射量。Tsukamoto 教授在會中分享了日本研究船 Tokosuka 放下載人潛艇在日本鰻產卵場研究的影像，拍到疑似日本鰻臨去秋波那一瞬，會場眾人不約而同“嘩～”地讚嘆。Tsukamoto 教授表示未來會啟動 UFO project，打算將成熟的種鰻放置在 UFO 狀況水箱網中，藉種鰻釋放出的氣味吸引野生日本鰻前來，以確認真正的產卵場位置與產卵生態。

鰻魚資源現況與棲地之關連性

改繪自 Dekker (2003) 的世界三大鰻魚資源現況 (圖 1) 累次在會中報告時被引用，日本鰻衰敗之快遠甚於歐洲鰻，而在現代高

效率科技捕抓下，美洲鰻同樣迅速地被消耗殆盡，鰻魚資源的慘淡是與會人員一致承認、也最不希望面對的現實。鰻魚資源為何減少？目前尚不清楚，會中普遍提出的觀點有三：(1)海洋環境的變動；(2)過漁；(3)仔/幼鰻生長覓食所需之自然棲地的消失或不堪利用。除過漁的情況與因應之道未在會中討論外，海洋環境變動自然以 NEC bifurcation 為主要理論來源，因 NEC 受到全球海氣交換循環影響，利用 NEC 輸送的柳葉鰻無疑地會受到全球環境變動的影響。

會中另一個討論重點則在於野生鰻魚資源量與自然棲地的現況調查，也就是鰻線進入淡水域後的生物學與生態學研究，會中報告大致是初步的研究成果，當中以日本所啟動的 Eel River Project 最為全面，值得借鏡。該計畫內容包括針對每年鰻線來游量的監測推估、資源高峰期與當下環境參數特色；仔鰻在淡水域喜好的棲地特色；供消費市場食用的鰻魚產地來源調查等。這些研究中最困難的就屬淡水域中鰻魚資源的現況與

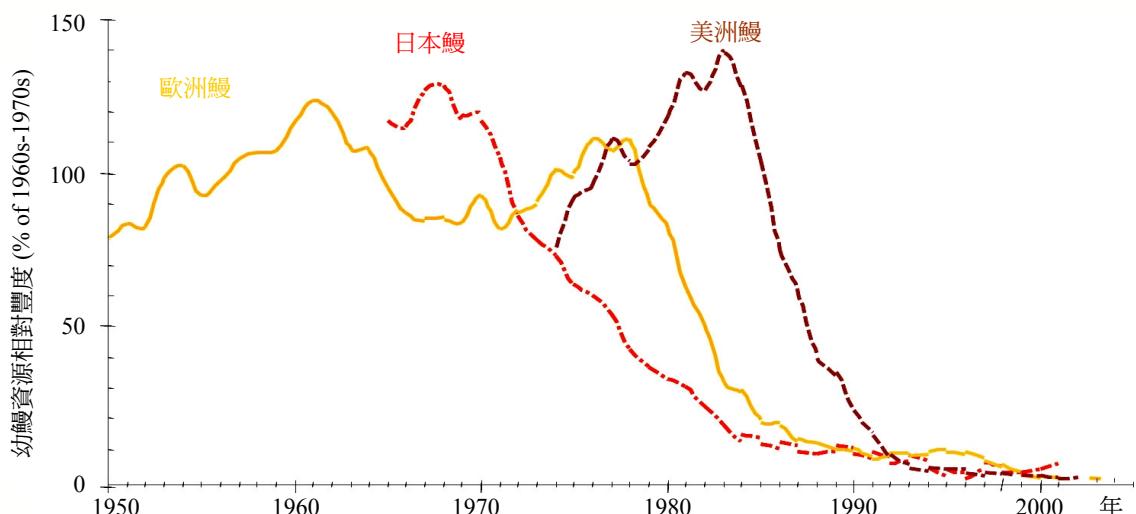


圖 1 世界三大鰻種資源衰減情況

分布模式，這也是 3 月 EASEC 臨時會中所提出學術界多年來錯失遺漏的一環。棲地複雜、調查困難加上試驗投入不足，對野生鰻魚資源現況掌握過少，大概也是我們驟然就得面對鰻線捕抓量衰敗衝擊的原因之一。

Kimura 教授在報告中提到，人工化河岸/湖泊等淡水域捕撈到的鰻魚顯著少於天然水域，而 Itakura 教授的壁報詳述了在食物種類、豐富度上都以自然水域較佳，使得鰻魚飽食度高且生長快，最終結論提到人工化棲地對於日本鰻的分布與生長都是不利的，因為人造環境的生物多樣性低且阻礙了陸源食物對河川生態的回饋；而 Kaifu 教授則探討究竟海洋中產卵場還是淡水中哺育場的棲地改變對鰻魚資源的影響較大？在日本 Kojima Bay-Asahi 河流域從 2003 起就禁止商業性捕抓鰻線，Kaifu 教授於 2007–2010 年在該河域採捕了 456 尾鰻魚，利用年齡回推該鰻是哪年洄溯至該河口，再利用比較歷年同齡鰻數量的方式，分析鰻線禁捕後資源量是否增加。研究結果顯示，在這個流域的鰻魚資源並沒有因為禁捕鰻線增加。這也呼應了韓玉山副教授所提出，目前適合鰻魚生存的野生淡水棲地太少，環境負荷量遠低於資源量，種鰻放流的行為很可能徒勞無功。

誠如在 3 月臨時會中所提出的資源保護對策，就目前對日本鰻生態所知甚微的情況，再加上鰻魚降海產卵的行為，能採行的保護措施十分困難且有限，只能就目前的研究成果，回歸最簡單基本政策，包括禁止捕撈野生鰻魚，特別是準備降海產卵的銀鰻；全面、高強度地針對鰻線與野生鰻魚資源進行調查與管制；最重要的是儘速恢復各河川

水域的自然生態環境，通暢鰻魚上溯的水道，增加可供鰻魚成長的淡水環境負荷量，唯有增加棲地，目前的種鰻放流才能出現實質的成效。筆者十分認同 3 月臨時會提出應加速相關保護措施的實踐行動，畢竟鰻魚資源很可能是依循驟變理論 (catastrophic shift) 衰減，當資源量繼續過度惡化很可能就此無法回復，花更多的努力也徒勞無功。

台灣鰻線動態

圖 2 是韓玉山副教授統整近年來，東亞各國在日本鰻養殖與鰻線捕抓的情形，當中最特別的就屬台灣。台灣一方面鰻線入池量嚴重不足，鰻金價格狂飆，必須引入中國或它國鰻線，卻又輸出鰻線至日本，這也是郭瓊英女士報告時呼籲漁業署強力管制鰻線出口的原因。韓 (2012) 的文章中點出，四大鰻線捕抓國日本、台灣、韓國與中國官方掌握到的來游量年變化是同步的，亦即整個東亞陸棚域鰻線資源決定於共同的因素上，從曾講座教授以往分析得知，台灣是本區鰻線來游的首站，因此，韓副教授認為台灣該年的鰻線捕抓時序與資源量情況應足以提供各國預測與參考。該文將台灣的鰻線捕抓漁業概分為三區，捕抓量依次為東區 (38.2%)、西區 (44.5%) 與北區 (17.4%)，最早捕抓到鰻線的地方是宜蘭，接著是貢寮 (圖 3) 與高雄屏東，而後是雲林台南，北部的淡水河口則是最晚的，韓副教授對呂宋海峽黑潮支流流向的研究亦指出，鰻線應是藉黑潮支流抵達南台灣河口，與先前曾講座教授利用耳石年齡推斷認為鰻線是從北台灣順大陸沿岸流

特別報導

送至南台灣的推論不同，而雲彰隆起會阻礙黑潮支流在台灣海峽中底層向北輸送的能力也支持南部鰻線量比北部較多的情況。

本所淡水繁養殖研究中心張格銓聘用助理研究員報告利用粒線體 16S rRNA 分析宜蘭、苗栗、彰化等地採集的黑鰻鰻線結果，在所採的 820 尾鰻線中，共有 571 尾是鱸鰻、222 尾短鰭鰻，8 尾呂宋鰻及 1 尾西里伯斯鰻，再加上日本鰻，可知台灣周邊海域應有五個鰻屬魚種分布。黃副研究員家富報告本所執行鰻魚放流的情形。自 1976 起陸續執行了 45 次鰻魚放流，可概分為三個階段，第一階段 (1976–1997) 主要在小琉球海域放流種鰻；第二階段 (1999–2003) 前往太平洋馬里亞納群島附近海域產卵場放流種鰻；第三階段 (2005-) 則改在台灣內陸河川放流黃鰻 (相關細節可參閱本刊第 36 期)。

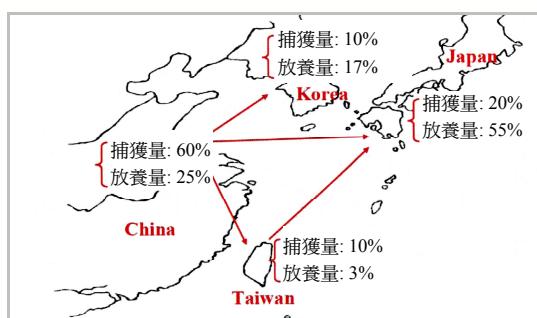


圖 2 東亞四國在鰻線捕獲量與養殖鰻魚產量的比例與貿易關係, Han (15th EASEC)

柳葉鰻的營養位階

鰻魚幼苗逐流於大洋表層中是如何維生仍是個未解的謎，從胃含物與總體穩定氮同位素研究推測，這群不尋常的柳葉幼生應是以海洋食物網底層生物為食，然而，其他證據顯示亦可能捕食小型動物性浮游生物。

Miller (2012) 藉由兩種胺基酸的氮同位素組成分別算出日本鰻的柳葉幼生可能的營養位階，並比較自然海域捕獲與人工繁殖者的同位素組成差別。結果顯示，日本鰻柳葉幼生的營養位階是 2.4，糯鰻類則是 2.5，而人工繁殖的柳葉幼生測得比其為食的人工餌料有更高的氮同位素，由氮同位素濃集現象可推估日本鰻柳葉幼生在自然海域的食物來源約位在生產者與初級消費者之間，這正是前人研究得知顆粒性有機物 (partical organic matters, POM) 所在的位階區間，表示柳葉幼生應是以布滿細菌、原生生物及其他生物碎屑的海雪 (marine snow) 與遭棄拋海鞘殼室為食，確認柳葉幼生並不以節肢動物等掠食性浮游動物或水母狀浮游動物為主食 (圖 4)。柳葉幼生是吃海雪的行為也足供解釋為何以生物條碼分析胃含物會比對出眾多的食物來源，畢竟海雪本來就是各式各樣的海洋生物碎屑吸聚附著而成，導致各種生物的組織碎片都會出現在柳葉幼生的腸胃道中。目前證據顯示，不同鰻種的柳葉幼生應有類似的覓食行為，普遍廣泛分布海中的鰻魚柳葉幼生是以 POM 為食，直接傳遞海洋基礎生產能量，其在海洋 POM cycling 與全球碳循環所扮演的角色值得進一步研究。

鰻線來游量與全球環境變遷關係

Tzeng (2012) 一文試著以歷年來台灣的日本鰻鰻線的捕獲量來探究氣候變化對日本鰻年間資源補充量的影響，作者特別針對三個可能影響資源補充的假說進行論證，假說一：當降雨多時，會使得鹽度鋒面往北偏，

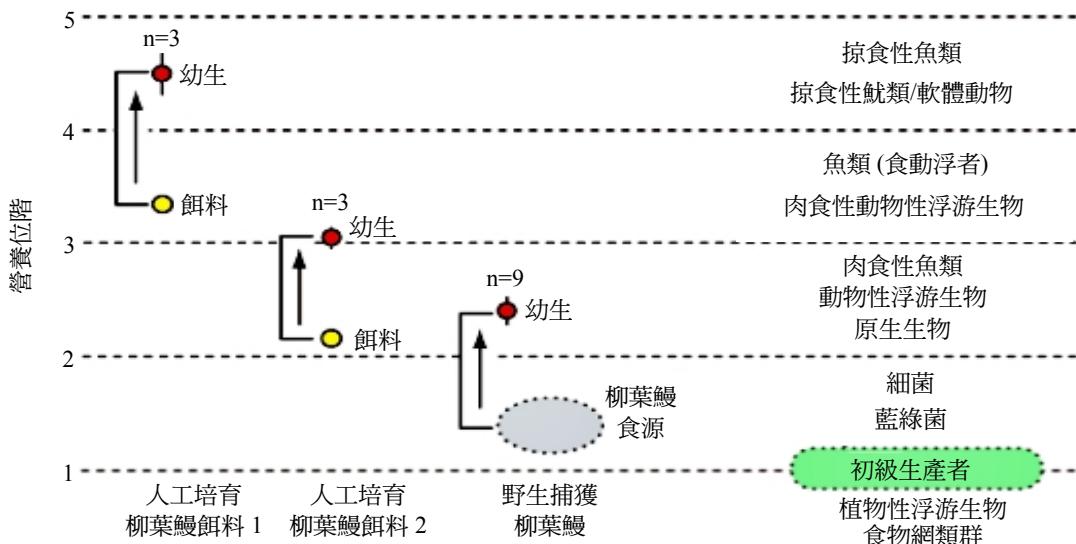


圖 4 經同位素分析確認野生柳葉鰻應是以海雪為食，目前培育出的人工鰻苗營養位階顯然過高(Miller, 2012)

這時的產卵場有利於成鰻產卵；假說二：NEC 在菲律賓分流的位置南偏，有利於柳葉幼生進入黑潮輸送進東亞陸棚；假說三：幼生輸送過程中，洋流邊界渦流興盛、生產力高的海洋狀況有利幼生覓食生存。利用時間序列迴歸分析與小波分析 (wavelet analysis) 推論出假說一不成立，因為鰻線的捕獲量與降雨量間呈現負迴歸關係；假設二是可以成立的，只是鰻線的捕獲量與 NEC 分流狀況相關性有 1 年的時間落差，以往研究認為，日本鰻幼生在海中輸送時間約 4—6 個月，1 年的時間落差不符合目前幼生僅以洋流輸送的假說；假說三是成立的，在鰻線捕獲量與影響生產力與渦流興衰的氣候參數間有顯著的相關性，這些氣候因子包括準雙年震盪 (Quasi-Biennial Oscillation, QBO)、北太平洋環流震盪 (North Pacific Gyre Oscillation, NPGO)、太平洋年際震盪 (PDO) 與西太平洋震盪 (Western Pacific Oscillation, WPO)，小波分析顯示鰻線捕獲量有三個週

期，分別是 2.7, 5.4 與 10.3 年，從年間變化與 QBO 和 Niño 3.4 區域同週期推測短時間的氣候變化可套用赤道當地的氣候動態模式，而 WPO、PDO 和 NPGO 等低頻週期則需以與海—氣交換相關的十年週期模式解釋，還有，WPO 與 QBO 都與太陽活力狀態相關。這些結果指出，日本鰻的資源動態可能與多重時間尺度的氣候變化有關，而這些影響鰻魚幼生輸送時活存率的外赤道海域動態變化值得更進一步研究。

延伸閱讀：

1. The 15th East Asia Eel Resource Consortium (EASEC) Abstracts (2012).
2. Han, Y. S. et al. (2012) Larval Japanese Eel (*Anguilla japonica*) as Sub-surface Current Bio-tracers on the East Asia Continental Shelf. *Fisheries Oceanography*, 21(4): 281-290.
3. Miller, M. J. et al. (2012) A Low Trophic Position of Japanese Eel Larvae Indicates Feeding on Marine Snow. *Biology Letters*, 9: 20120826.
4. Tzeng, W. N. et al. (2012) Evaluation of Multi-Scale Climate Effects on Annual Recruitment Levels of the Japanese Eel, *Anguilla japonica*, to Taiwan. *PLoS ONE*, 7(2): e30805.
5. 劉富光等 (2012) 鰻魚的繁養殖與資源培育—近來來水產試驗所的研究進展。水試專訊, 40: 12-16。