

養殖日本鰻野放後之適應行為探討

張賜玲^{1*}·林世寰²·謝介士¹·鄭新鴻¹·劉富光³·陳紫娛¹
蘇茂森⁴·曾萬年²·蘇偉成⁴

¹行政院農業委員會水產試驗所 東港生技研究中心

²國立台灣大學 漁業科學研究所

³行政院農業委員會水產試驗所 淡水繁養殖研究中心

⁴行政院農業委員會 水產試驗所

摘要

本研究旨在探討養殖的日本鰻 (*Anguilla japonica*) 被放流後對天然環境的適應能力、包括棲地的嗜好性以及是否能進行降海洄游行為等。2003 年 9 ~ 10 月期間在大鵬灣南北岸邊及高屏溪的上游與河口處總共放流鰻魚 1,270 尾，放流後 5 個月內在大鵬灣中之大型鰻的再捕獲率為 19.3%，中型鰻的再捕獲率為 11.8%；高屏溪的部分僅在河口處有 2.4% 的再捕獲率，大鵬灣與高屏溪河口之平均再捕獲率為 11.2%，在河口處未捕獲放流在高屏溪上游的中型鰻魚，大鵬灣中有 85.2% 的鰻魚為在有較多淡水注入、鹽度較低的第一潮溝口被捕獲到，此現象符合野生鰻在黃鰻階段會溯河、棲息在淡水環境的生活史模式，此外，放流後鰻魚之體重有持續下降的現象，推測養殖的日本鰻在放流後可能是因為仍在適應期階段而不會進食或適逢低水溫期攝食量較少所致。

關鍵詞：養殖日本鰻、人工放流、資源培育、大鵬灣、高屏溪

前言

日本鰻 (*Anguilla japonica*) 為台灣重要的養殖魚種，但迄今仍無法以人工繁殖的方式大量生產鰻苗，養殖鰻魚所需之種苗皆需取自天然苗，但因近年來天然鰻苗資源量明顯的逐年減少或產量極為不穩定，嚴重影響鰻魚的養殖及其相關產業的生存及以依靠捕抓鰻線為生的漁民之生計。

近 20 年來鰻線的資源明顯的減少，鰻線資源減少的原因可歸咎於自然的海洋環境變遷與人為的雙重因素之影響，海洋環境的變遷：其原因包括水溫異常及洋流改變等；人為因素：包括過漁、污染、以及水庫、河堰或攔砂壩之建造，使河川水量減少及棲地被破壞等因素的影響，導致能溯河棲息或下海產卵的鰻魚數量明顯減少，並因而

影響鰻線的產量 (Tzeng *et al.*, 1995; Sugimoto *et al.*, 2001; Feunteun, 2002; Knights, 2003)。捕撈鰻線為沿海居民重要收入之一，許多漁民單靠 2-3 個月捕撈鰻線的收入，即足以維持一個家庭一年的生計，如今因鰻線資源的銳減或不穩定而造成生計的困難，因此，由產業發展與民間經濟活動之需要，突顯鰻魚資源保育與復育之重要性。

基於上述之理由，水產試驗所自 1976 年起至 2001 年底，在台灣之西南及東南海域總共已實施 26 次日本鰻之放流，放流數量總計 31,621 kg、54,384 尾，由於過去都將種鰻放流在外海很難回收放流鰻，因而無法有效掌握放流鰻的行蹤，更遑論放流鰻魚的效益評估，因此，由 2003 年起改變放流的方式，嘗試在大鵬灣及高屏溪等內陸水域放流。

本研究的目的擬要瞭解養殖鰻放流之後在天然環境下的行為、對不同棲地的嗜好性、體重變化、是否進食、成長，以及放流後是否隨即降海產卵，以便提供今後河川鰻魚放流之參考。

*通訊作者 / 屏東縣東港鎮豐漁里 67 號, TEL: (08) 832-4121 ext. 273; FAX: (08) 832-0234; E-mail: C2621@ms22.hinet.net

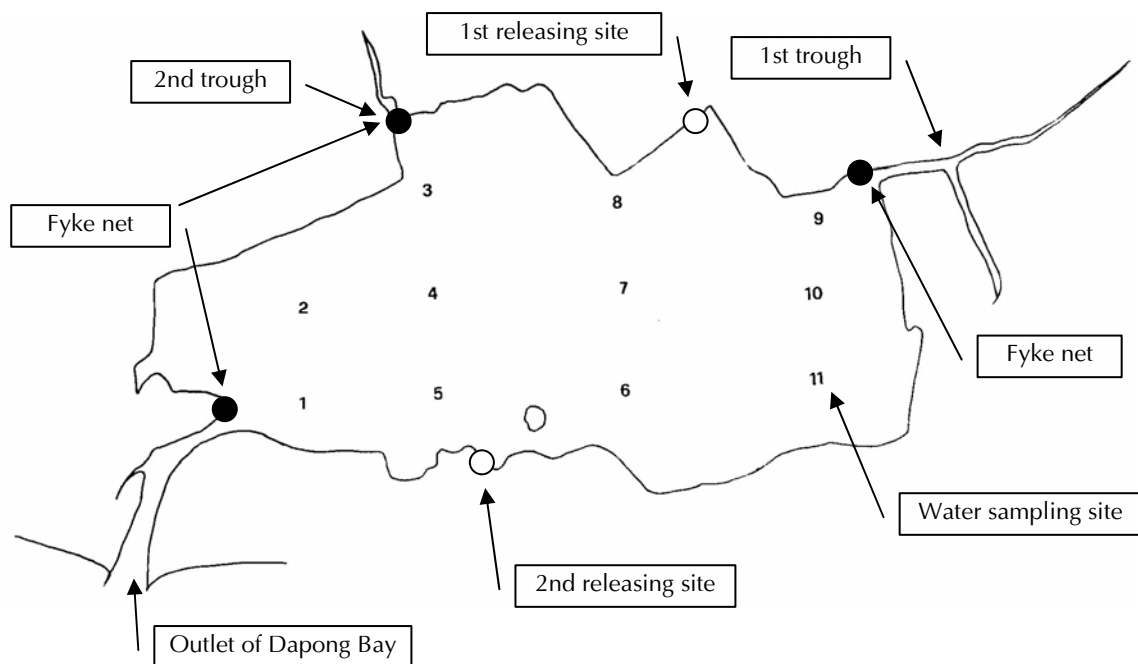


Fig. 1 Locations where the eel were released in the south and north coast of the Bay and the stations for setting fyke net for recapture in the outlet of Dapong Bay and two tidal troughs, and the stations (Nos. 1-11) for water sampling.

材料與方法

一、放流鰻的選擇

本次放流之鰻魚為魚塢養殖的鰻魚，有兩種體型，一為養殖 3 年餘，平均體重約 400 g 的中型鰻；另一為養殖 5 年以上，平均體重約 1200 g 的高齡 (> 5 齡) 大型鰻。放流前鰻魚先馴化為適應欲放流水域的鹽度至少 1~2 週。放流在高屏溪口的鰻魚馴化為適應半鹹水 (10 psu)；在高屏溪上游寶來者馴化為適應淡水，大鵬灣者則馴化為適應海水 (30 psu)。

二、標識

放流前分別採用液態氮、晶片、微磁鐵以及螢光標識法，來區分將來回收時之放流鰻與野生鰻，以追蹤鰻魚對棲地選擇和移動行為。大型鰻以植入可藉掃描器解讀號碼的晶片為主，並打入可辨識的微磁鐵。此外，以銅線所製成的數字，在液態氮中浸置 2~3 分鐘，然後在鰻魚皮膚上接

觸 15 秒，使其皮膚凍傷，復原後在皮膚上會產生色素較淡的數字痕跡，以利於由外觀辨識個體之資料。中型鰻僅以打入微磁鐵為主。放流在高屏溪上游的鰻魚，微磁鐵標示在鰻魚的體前段背肌中，下游者則標示在體後段背肌中，期能藉以獲知放流在不同地點的鰻魚之遷移。放流後被捕獲的鰻魚，主要以晶片及微磁鐵作為辨識的依據，液態氮烙印法及以螢光標示法作為輔助辨識個體資料之用。

三、鰻魚放流之實施步驟

2003 年在大鵬灣南北岸邊放流埋植晶片、平均體重約 1,200 g 的大型鰻，9 月 9 日第一次放流 163 尾，10 月 7 日第二次放流 127 尾，共 290 尾，在第一次放流大型鰻時，同時在北岸放流埋植微磁鐵、平均體重約 400 g 的中型鰻 500 尾，合計在大鵬灣共放流 790 尾，放流位置如 Fig. 1。9 月 29 日在高屏溪的上下游共放流 480 尾，總計共放流 1,270 尾 (Table 1)，上游處放流在寶來附近的河川，下游處放流在雙園大橋下的河口水域。

Table 1 Number of Japanese eel released in the Dapong Bay and Kao-Ping River in 2003

Date	Size	No. of the eel released			Remarks
		Dapong Bay	Kao-Ping River		
			Up-stream	Estuary	
Sept. 9	Large	163	–	–	Northern coast of Dapong Bay (22°26′ 56.68″ N; 120°28′54.33″ E)
	Medium	500			
Sept. 29	Medium	–	180	300	Estuary (22°29′53.51″ N; 12°24′59.97″ E); Up-stream (Bao-Lai area) (23°06′42.95″ N; 120°42′05.36″ E)
Oct. 7	Big	127	–	–	Southern coast of Dapong Bay (22°26′ 14.48″ N; 120°28′23.96″ E)
Total		790	180	300	

四、放流後的棲地之水質監測

埋植晶片的大型鰻主要在大鵬灣進行放流，故水質的監測僅在大鵬灣進行，本調查於 2003 年 10 ~ 12 月共進行三次採水分析，其採水位置如 Fig. 1 所示，共 11 個採樣站，於現場立即測定水溫、pH 值、溶氧量及透明度外，其餘水質化學成份於採水後立即將試水送回實驗室分析，水質化學成份之測定方法如下：透明度以 25 cm Secchi disk 測定，pH 以 Suntex sp-32 型 pH 計測定，溶氧量以 WTW Oxi 型溶氧計測定，測定前先以空氣校正之，鹽度以 Atago S/Mill 曲折計測定，測定前先用純水歸零，亞硝酸鹽氮、硝酸鹽氮、總鹼度和懸浮固體物則依照 APHA (1989) 之方法測定，總氮以 Indophenol 法(Nimura, 1973) 測定，磷酸鹽和矽酸鹽依照 Parson 等 (1984) 之方法測定，灣內水域環境發生大變化，引起灣內棲息生物的不適時，並取水在顯微鏡下作藻相分析。

放流後亦經常監測大鵬灣的兩條主要潮溝的水質，採水的地點為沿海路旁的潮溝水，靠近林邊鄉的潮溝之淡水補充量較大，稱為第一潮溝，此潮溝有兩條主要的分支，分別延伸至沿海路東側的低漥菱角田中，此低漥帶有小渠道的灌溉水和林邊溪水相通，此地區的淡水魚塢之排出水亦匯集至低漥菱角田地區及潮溝，低漥菱角田地區以及廢棄的魚塢之面積，估計有 20 ~ 30 ha 的淡水及半鹹水水域。

五、鰻魚放流後的再捕

鰻魚放流後向漁民購買以蝦陷阱網在大鵬灣的第一、第二潮溝口所捕抓到的鰻魚，並委請漁民在大鵬灣口設置捕蝦陷阱網 (Fig. 1)。此外，大鵬灣內因漁民每日均放置相當多的捕蟹網以及流刺網，亦委由認識大部份漁民的人員經常詢問、聯絡，是否捕抓到放流的鰻魚。高屏溪方面之評估，在上游處(寶來與六龜間)，以捕抓海中鯔類或鰻類的塑膠管置於溪中捕抓鰻魚，管中放置下雜魚，以吸引鰻魚進入管中，下游處亦委由漁民在河口附近，設置捕蝦陷阱網的網具，鰻魚被捕抓後儘可能敦請漁民在最短的時間內送至水產試驗所東港生技研究中心，以掃描器鑑定其為放流鰻或野生鰻，並測量全長及體重，並以所捕獲的野生鰻及放流鰻之數目估算該水域野生鰻魚的資源量。

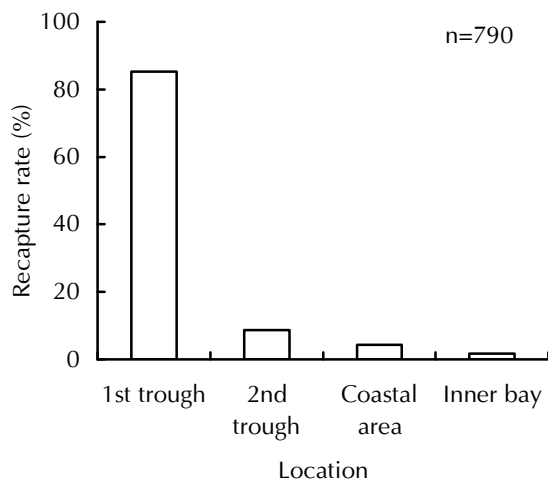
結果與討論

大鵬灣大型鰻放流後的再捕獲率為 19.3%，中型鰻的再捕獲率為 11.8% (Table 2)；高屏溪的部份僅在下游處有 2.4% 的再捕獲率，兩處總平均再捕獲率為 11.2%。在河口處未捕獲放流在高屏溪上游的中型鰻魚，顯示放流之後的鰻魚之移動行為不明顯。大鵬灣中大型鰻及中型鰻在較高鹽度 (32 psu) 的灣中及岸邊的再捕獲率分別僅 1.7 及 4.3%，且均在放流初期被捕獲，其餘 93.9% 的放

Table 2 Recapture rate by monthly

Releasing site	Size of the eel	No. released	Recapture rate (%)					Total
			First month	Second month	Third month	Fourth month	Fifth month	
Dapong Bay	Large (1200g)	290	11.0	4.1	1.4	1.4	1.4	19.3
	Medium (400 g)	500	6.4	1.8	1.2	1	1.4	11.8
Kao-Ping River	Medium (400g)	480	0	0.21	0.83	1.0	0.4	2.4
Total		1270	5.8	2.0	1.1	1.1	1.1	11.2

流鰻皆在兩條低鹽度（潮溝口處之鹽度為 10 ~ 25 psu）、注入大鵬灣的潮溝口被捕獲，尤其絕大多數的鰻魚 (85.2%) 為在有較多淡水注入、鹽度較低的第一潮溝口被捕獲到 (Fig. 2)；在大鵬灣南岸放流的鰻魚次日即在第一潮溝口大量被捕抓到，此現象符合野生鰻在黃鰻階段會溯河、棲息在淡水環境的生活史模式。

**Fig. 2** Recapture rate with location in Dapong Bay

鰻魚在大鵬灣放流後第一個月的再捕獲率最高，往後隨即銳減 (Table 2)，此現象可能為鰻魚被放流後，即不斷的尋找適合其棲息的棲地，因而容易誤入陷阱網而被捕獲，待覓得適合其棲息的地點後即較少移動，同時也顯示鰻魚的漁獲壓

力非常大，以致在短期的捕獲量即明顯降低。另外，僅在大潮水時有較高的再捕獲率，當氣候變化引起水質不佳時，捕獲量亦會突然的升高，顯示鰻魚因水質不佳，會離開其棲息的地點、不安的游動因而容易被捕抓。鰻魚放流後 3 個月內，在大鵬灣口附近尚未捕抓到放流後欲下海產卵的鰻魚，顯示養殖的鰻魚尚須經過一段時間適應天然的環境，經覓得適宜的棲息地、覓食、成長及銀化的過程，方能達到欲下海產卵的階段。

高屏溪的部份，鰻魚的再捕獲率皆較低，僅在下游處有 2.4% 的再捕獲率 (Table 2)，可能是高屏溪的水域面積較大且為開放的空間，因為大鵬灣是半封閉式的水域且絕大部分的灣內水域為鹹水，放流後的鰻魚皆往較淡的潮溝遷移，且設在大鵬灣的陷阱網為設於潮溝口附近的岸邊，較易捕獲習慣在沿岸邊游行的鰻魚，故再捕獲率較高，在大鵬灣中之平均再捕獲率達 15.6%，一般放流的鰻魚之再捕獲率均未高於 10% 居多 (Westin, 1990)。高屏溪上游地區的放流鰻迄 2004 年 4 月年為止，無再捕獲的記錄，可能因寶來及六龜地區，雖然河川的水質較無污染，但因水流較急，水流平緩的棲地較少，亦可能因放流後適逢秋冬的季節來臨，水溫逐漸降低至 12 °C，導致放流的鰻魚可能往下游的旗山及美濃地區的河川水域遷移或棲息在固定的洞穴，不外出覓食故無法捕獲，但據當地的居民表示，在夏季期間該地區亦常有鰻魚被捕獲，顯示該地區亦有適合鰻魚棲息的棲地。在河口處未捕獲放流在高屏溪上游的中型鰻魚，可能因所放流的中型鰻未達銀化的體型尚不

會進行下河產卵洄游，且放流後適逢進入秋冬季節的枯水期，鰻魚不會被豐沛的河水沖至河川下游所致。

高屏溪的野生鰻資源量較多，在河口地區捕獲的野生鰻為放流鰻的 12.2 倍，其野生鰻魚的資源量估計約為 6,320 尾，而大鵬灣之野生鰻相對較少，捕獲的野生鰻僅為放流鰻的 0.3 倍，其野生鰻魚的資源量估計約為 1,030 尾 (Table 3)，顯示高屏溪的野生鰻之資源量較高，此種現象可歸因於高屏溪的水量大，上游河川支流很多，水域廣，有相當廣的棲地，故應為保育與復育鰻魚資源的較佳地點。

在大鵬灣放流的鰻魚在放流後 5 個月期間，鰻魚的體重呈現持續下降的趨勢 (Fig. 3)，第一批放流的大型鰻在第 1、2、3 及 5 個月後，體重分別減少為原來體重的 96.1、89.8、87.2 及 86.6%，第二批放流的大型鰻在第 1、2、3 及 4 個月後，體重分別減少為原來體重的 93.3、88.5、85.1 及

82.9%，推測日本鰻在放流後可能是因為放流後仍在適應期階段而不會進食及適逢水溫下降期攝食量較少所致，但由體重減損的百分率觀之，5 個月內平均減少 5.3、5.6、3、1.25 及 0.3%，在放流第 3 個月後，體重的減緩有降低的趨勢，是否意謂鰻魚已經開始攝食或亦因已棲息在鹽度較低的環境，導致血液滲透壓與週遭環境差異較小而減緩體重下降的速度。

以晶片標示的放流鰻有效期長且能辨識個體，解讀較多的資訊又不會造成傷口潰爛，雖然成本較高，實為一良好追蹤放流鰻的方法，但無法在大規模放流鰻魚時使用，液態氮在皮膚上所形成的數字標示可以持續 3 個月以上，雖然標示的有效時間短，但漁民捕抓到後能迅速辨識其為放流的鰻魚，消費者欲將其宰殺果腹亦應較有顧忌，微磁鐵的標示雖亦不會造成鰻魚皮膚的潰爛，但僅能解讀整批的鰻魚，無法辨識到個體的差別，能解讀的資訊較少，但此種標示法，可使用於大量標示放流之用，最小體型可標示至 2 g，每小時可標示 400 尾 (Thomassen *et al.*, 2000)。

2003 年 10 月至 12 月，在灣內共進行三次採水分析，其結果如 Table 4 所示，其中水溫介於 24.0 ~ 28.7 °C，鹽度介於 25 ~ 35 psu，透明度介於 40 ~ 200 cm，pH 值介於 7.7 ~ 8.9 之間，以 10 月第 11 測站的 pH 值最高，而以 11 月第 6 測站的 pH 值最低，但均符合日本水產資源保護協會 (1965, 1972) 所訂定之水產用水基準和水產環境水質基準及徐等 (1991) 所建議台灣現階段水產用水水質標準，而營養鹽的含量方面，總氮介於 <0.02 ~ 0.74 mg/L 之間，最高值出現在 11 月的第 6 測站，但均低於日本所訂立的水產用水基準之氮的容許濃度 1.0 mg/L，並大部份低於 Klapow and Lewis (1979) 所建議沿岸海域水質標準的總氮量 0.6 mg/L，而亞硝酸鹽氮則介於 0.003 ~ 0.106 mg/L，最高值出現在 12 月的第 11 測站，但均低於 McCoy (1972) 建議對暖水性魚蝦沒影響的 5 mg/L 及 Chen and Chin (1988) 依據草蝦無節幼蟲所估得之安全濃度 0.11 mg/L，硝酸鹽氮含量介於 0.43 ~ 1.18 mg/L，最高值出現在 10 月的第 1 測站，但均低於 Knepp and Arkin (1973) 建議對暖水魚蝦沒有影響的 90 mg/L 濃度，磷酸鹽磷含量介於 <0.001 ~ 0.757 mg/L，最高值出現在 11 月的第 6 測站，矽酸矽含量則介於 0.60 至

Table 3 Estimated population size of the eel in Dapong Bay and Kao-Ping River

	No. of eels			
	No. of released (T)	Total catch (C)	Recaptured (R)	Standing stock* (N)
Dapong Bay	790	150	115	1030
Kao-Ping River	480	158	12	6320

*N=TC/R

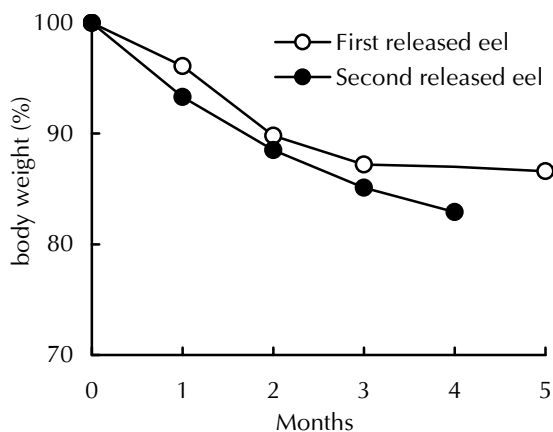


Fig. 3 Decrease in body weight of large-sized Japanese eel, *A. japonica* after releasing in Dapong Bay.

4.29 mg/L，最低值出現在 12 月的第 1 測站，最高值出現在 11 月的第 6 測站，而矽之含量在地殼中僅次於氧，為岩石、水晶和砂等主要成份，大部份天然水中含量為 1 ~ 30 mg/L (APHA, 1989)，而一般海水中溶解性矽酸鹽之含量為 0.01 ~ 5 mg/L，總鹼度介於 113 ~ 137 mg/L as CaCO₃，最低值出現在 10 月的第 2 測站，最高值出現在 11 月的第 6 測站，而此區域的水樣總鹼度變化不大。

大鵬灣的潮溝之水質概況如 Table 5 所示，以 pH 值、總鹼度、硝酸鹽氮及矽酸而言均屬正常範圍，若依河川污染程度分類 (高與張, 1987)，第一潮溝及第二潮溝的總氮的濃度均屬於未受污染 (NH₃-N < 0.50 mg/L)，第一潮溝的懸浮固體濃度屬於未受污染 (< 20 mg/L)，但第二潮溝的懸浮固體濃度則屬中度污染 (50 ~ 100 mg/L)，此外，由磷

酸鹽磷的濃度可知均已超過自然水域的正常濃度，可見已受家庭污水影響，亦可能第二潮溝的淡水注入量較少，累積的污染不易流出且鹽度較高 (26 ± 3 psu)，可能為鰻魚在此潮溝的捕獲量較少的主要因子。

依水質監測的結果可知大鵬灣內的水質，目前尚未明顯的惡化，比起 1988 ~ 1989 年間所作的調查有明顯的改善 (謝等, 1990)，概因大鵬灣的出入口已經過疏浚，蚵架亦已經清除，灣內的水流較為暢通所致，但大鵬灣底部有厚厚的污泥，常因氣候變化，導致污物或營養鹽釋出至水層中，引起間歇性滋生大量浮游動植物，浮游植物以骨藻 (*Skeletonema costatum*)、根管藻 (*Rhizosolenia*)、角毛藻 (*Chaetoceros*)、菱形藻 (*Nitzschia*)、直鍊藻 (*Melosira*)、顫藻 (*Oscillatoria*)

Table 4 The water quality at the stations Nos. 1-11 in Dapong Bay measured 3 months after the release of Japanese eel (*A. japonica*)

Stations	Temperature (°C)	Salinity (ppt)	pH	DO (mg/l)	Transparency (cm)	Total alkalinity (mg/l as CaCO ₃)
1	26.6±1.4 (25.0-27.6)	33±1 (32-34)	8.2±0.2 (8.1-8.4)	8.2±2.4 (6.4-10.9)	143±23 (130-170)	118±2 (116-120)
2	26.6±1.4 (25.1-27.8)	33±1 (33-34)	8.3±0.1 (8.2-8.4)	8.5±2.4 (6.4-11.1)	137±60 (80-200)	116±4 (113-121)
3	26.8±2.1 (24.4-28.4)	33±1 (33-34)	8.2±0.1 (8.1-8.2)	5.4±0.6 (4.8-6.0)	113±40 (70-150)	118±4 (115-123)
4	26.6±1.9 (24.4-28.1)	33±1 (33-34)	8.3±0.2 (8.2-8.6)	10.5±6.6 (5.2-17.9)	120±60 (60-180)	118±1 (117-120)
5	26.6±1.9 (24.5-28.1)	32±3 (29-34)	8.2±0.5 (7.8-8.7)	9.4±6.3 (5.4-16.7)	93±42 (60-140)	123±7 (117-131)
6	26.4±2.1 (24.0-28.0)	31±5 (25-34)	8.2±0.5 (7.7-8.7)	7.4±6.0 (2.5-14.1)	117±68 (40-170)	125±11 (115-137)
7	26.8±2.4 (24.1-28.2)	32±2 (30-34)	8.3±0.3 (8.1-8.6)	9.4±3.2 (6.1-12.5)	113±51 (70-170)	122±5 (119-128)
8	26.8±2.2 (24.3-28.1)	34±1 (33-35)	8.4±0.3 (8.2-8.7)	13.1±6.5 (5.7-17.5)	93±35 (60-130)	117±122 (117-122)
9	27.0±2.2 (24.5-28.3)	34±1 (33-34)	8.3±0.3 (8.1-8.6)	9.0±4.3 (5.6-13.8)	93±59 (50-160)	118±2 (116-119)
10	26.8±2.2 (24.3-28.1)	33±1 (32-34)	8.2±0.3 (8.0-8.5)	8.2±4.7 (4.7-13.5)	113±40 (90-160)	122±2 (120-124)
11	27.1±2.7 (24.0-28.7)	33±1 (32-34)	8.3±0.6 (8.0-8.9)	9.6±6.6 (5.0-17.1)	83.3±58.6 (40-150)	127±8 (119-135)

Table 4 (continued)

Stations	Total ammonia-N (mg/l)	NO ₂ ⁻ -N (mg/l)	NO ₃ ⁻ -N (mg/l)	PO ₄ ³⁻ -P (mg/l)	SiO ₂ (mg/l)	SS (mg/l)
1	0.05±0.03 (0.02-0.09)	0.008±0.001 (0.007-0.009)	0.83±0.31 (0.60-1.18)	0.011±0.013 (0-0.026)	1.01±0.50 (0.60-1.56)	14.1±10.6 (2.4-23.0)
2	0.02±0.03 (0-0.06)	0.005±0.002 (0.004-0.008)	0.53±0.05 (0.49-0.59)	0.005±0.007 (0-0.013)	0.92±0.19 (0.70-1.06)	23.9±26.9 (0.3-53.2)
3	0.07±0.06 (0-0.12)	0.010±0.007 (0.003-0.017)	0.51±0.09 (0.43-0.60)	0.024±0.021 (0-0.039)	0.95±0.05 (0.91-1.01)	35.0±45.7 (2.6-87.2)
4	0.04±0.06 (0-0.11)	0.007±0.004 (0.003-0.010)	0.52±0.04 (0.49-0.56)	0.018±0.020 (0-0.039)	1.10±0.18 (0.98-1.30)	20.7±21.9 (2.0-44.8)
5	0.18±0.23 (0.01-0.44)	0.009±0.006 (0.003-0.014)	0.62±0.10 (0.56-0.73)	0.180±0.270 (0.002-0.489)	1.61±1.12 (0.88-2.90)	29.8±32.6 (5.0-66.8)
6	0.29±0.40 (0.01-0.74)	0.017±0.012 (0.004-0.027)	0.64±0.24 (0.49-0.92)	0.282±0.414 (0-0.757)	2.19±1.82 (1.08-4.29)	25.8±18.2 (15.0-46.8)
7	0.12±0.13 (0-0.26)	0.021±0.018 (0.004-0.039)	0.51±0.05 (0.47-0.57)	0.143±0.179 (0.006-0.345)	1.51±0.90 (0.96-2.55)	37.6±24.8 (12.2-61.8)
8	0.04±0.05 (0-0.10)	0.007±0.005 (0.003-0.012)	0.53±0.07 (0.45-0.60)	0.019±0.032 (0-0.056)	0.88±0.22 (0.65-1.08)	34.6±26.6 (13.3-34.6)
9	0.04±0.06 (0-0.11)	0.007±0.004 (0.004-0.012)	0.51±0.05 (0.47-0.56)	0.030±0.030 (0-0.063)	1.10±0.04 (1.08-1.15)	35.2±17.6 (17.6-52.8)
10	0.14±0.15 (0-0.31)	0.026±0.021 (0.004-0.046)	0.53±0.04 (0.49-0.57)	0.130±0.136 (0.008-0.276)	1.85±1.00 (1.07-2.94)	34.1±30.2 (16.3-69.0)
11	0.33±0.33 (0-0.66)	0.046±0.053 (0.004-0.106)	0.65±0.19 (0.47-0.85)	0.236±0.207 (0-0.382)	2.12±0.92 (1.06-2.73)	36.0±8.2 (28.1-44.4)

為優勢種，但數量甚少都在 1000 cells/L 以下，其它尚有圓篩藻 (*Coscinodiscus*) 及布紋藻 (*Gyrosigma*) 等。浮游動物以渦鞭毛藻 (*Prorocentrum*) 佔優勢 ($5 \times 10^6 \sim 2 \times 10^7$ cells/L)，其他渦鞭毛藻如 *Peridinium*, *Gymnodinium* 及 *Ceratium* 亦有少量出現。第 9 及 10 站出現夜光蟲 (*Noctiluca*) 密度達 2000 cells/L。依浮游生物指標大鵬灣的水質目前為呈間歇性的優養化狀態，第 3、4、9、10 及 11 站水質較差，第 9、10 及 11 站為第一潮溝出口且位居內側灣域，水質交換較差，第 3 及 4 站為第二潮溝的出口，此種間歇性的優養化所滋生的浮游動植物數量，比 1988 ~ 1989 年間所作的調查高出甚多 (鄭等, 1990)，造成此現象的原因可能為牡蠣架已被拆除，灣內濾食性生物較少所致。

雖然大鵬灣內的水質尚稱良好，其底部亦為泥質底，但漁民放置為數眾多的捕蟹網所捕抓到的鰻魚卻相當少，而捕蟹網亦常捕抓到其他海水性鯨類，如長鯨 (longtail moray, *Strophidon sathete*) 及裸胸鯨類 (*Gymnothorax* spp.)，故灣內的主要廣大鹹水水域，並非為日本鰻所喜愛的棲地，灣內的水質條件愈往灣內愈差，但鰻魚仍往灣內較淡水域遷移，大部份均在淡水補充量較多、鹽度較低的第一潮溝口被捕抓到的，顯示鹽度應為影響放流後鰻魚分布的最主要決定因子。

大鵬灣及高屏溪下游 (雙園大橋附近) 的水域，在雨季期間淡水補充量大時，污染物質被沖入大海，水質狀況較為良好，旱季時污染的狀況即較為嚴重，但在水溫及鹽度變化大或低氣壓的期間，可能底部的污物容易釋出至水層中會導致

Table 5 The water quality in the tidal trough of Dapong Bay measured 3 months after the release of Japanese eel, *A. japonica*

Item	First trough-1*	First trough-2*	Second trough
Salinity (ppt)	7 ± 2	5 ± 3	26 ± 3
pH	7.61 ± 0.16	7.59 ± 0.13	8.02 ± 0.16
Total alkalinity (mg/l as CaCO ₃)	155.3 ± 5.5	169.3 ± 2.5	200.5 ± 3.9
Total ammonia-N (mg/l)	1.02 ± 0.19	1.39 ± 0.52	1.61 ± 0.36
NO ₂ ⁻ -N (mg/l)	0.275 ± 0.034	0.220 ± 0.016	0.141 ± 0.065
NO ₃ ⁻ -N (mg/l)	1.31 ± 0.71	1.25 ± 0.61	0.73 ± 0.16
PO ₄ ³⁻ -P (mg/l)	1.091 ± 0.195	1.352 ± 0.176	0.718 ± 0.043
SiO ₂ (mg/l)	9.41 ± 1.15	11.27 ± 1.81	4.75 ± 1.28
SS (mg/l)	7.6 ± 3.2	6.8 ± 0.5	60.5 ± 17.6

*There are two branches in first trough

短暫性的水質惡化，據漁民表示，此種現象亦曾導致魚、蝦及螃蟹的死亡，而鰻魚對污染的忍受度較強，雖大部分污染物質不至於造成鰻魚立即性的死亡，但鰻魚仍會受污染物質之影響自隱藏處游出，因而容易被漁民捕抓到，亦為鰻魚資源培育的一大問題。是故，鰻魚資源的復育是否能夠成功，和河川的整治、棲地保護、污染源的控制及漁獲強度有密切的關聯。

增加鰻魚的資源各國依其國情及環境條件有不同的做法，但均有其優缺點，以往在國內所實施的鰻魚海洋放流之最大困擾為不易進行效益評估，在歐洲有許多國家進行鰻魚的異地移植 (Moriarty *et al.*, 1990)，亦即由其他地區購買鰻線或幼鰻放流至湖泊或河川中 (Shiao *et al.*, 2006)，但亦有擔憂引進病原的疑慮，如在德國發現外來種的寄生蟲 (*Anguillicola crassus*) 已經普遍寄生在當地歐洲鰻的鰓 (Münderle *et al.*, 2006)，寄生蟲端賴吸取鰻魚體液亦被擔憂會影響其進行洄游產卵的能力，而間接影響鰻線的補充量 (Feunteun, 2000)。目前進行的河川、河口或內灣放流，雖然容易回收鰻魚進行效益評估，但亦有許多困難點，包括：1. 許多漁民依賴在河川或河口捕撈魚類，鰻魚在成熟前漫長的歲月中，實在不易躲過人類此種高強度的捕撈活動；2. 河川水域在旱季水量明顯不足，有些河段之水流甚至乾枯而中斷，壓縮鰻魚生存的棲地空間；3. 河川中各式的人為障礙物，諸如：攔砂壩及水庫等，可能阻礙

鰻魚的溯河洄游；4. 河川的污染，亦常偶發性的造成鰻魚的不適，而使其離開棲地導致容易被漁民所設定的陷阱網所捕獲。綜合以上之因素，鰻魚資源之復育實應由污染之控制、棲地保護以及捕魚活動的管制等措施著手，而放流的手段實僅為治標的方法，奈何上述的困難點，礙於經費及民情亦均不易實施。

結論與建議

大鵬灣適合鰻魚棲息的棲地面積較小，而高屏溪流域支流眾多、分布廣及水量大之特性應較適於作為鰻魚資源復育的場所，但污染源的控制、溯河障礙物的清除或改善、棲地的保護及捕魚活動的限制等措施，亦應一併進行方能事半功倍達到增產鰻線資源的目標。

謝辭

本研究之鰻魚放流經費由行政院農業委員會水產試驗所控留款支應；另承郭威麟、林義彬、林奇燦、黃海全、賴仲義、張湧泉、白志年、陳冠如、周瑞良等先生及葉瑾瑜、李宜珊女士等在鰻魚測量、標識、放流及水質測定等工作上的協助，得以順利完成，謹此一併敬致謝忱。

參考文獻

- 日本水產資源保護協會 (1965) 水產用水基準. 東京, 日本, p. 72.(日文)
- 日本水產資源保護協會 (1972) 水產環境水質基準. 東京, 日本, p. 87.(日文)
- 高肇藩, 張祖恩 (1987) 水污染防治. 中國土木工程學會, p. 2-13.
- 徐崇仁, 周賢鏘, 廖一久 (1991) 現階段臺灣水產用水水質標準之探討. 沿岸海洋生態環境保護. 黃登福, 吉田多摩夫, 陳朝欽, 吳明洋, 鄭森雄編, P. 163-172.
- 鄭新鴻, 謝介士, 蘇茂森 (1990) 大鵬灣之生態環境調查-II 浮游生物之分佈. 沿岸海洋生態環境保護. 黃登福, 吉田多摩夫, 陳朝欽, 吳明洋, 鄭森雄編, p. 91-101.
- 謝介士, 鄭新鴻, 蘇茂森, 蔡雪貞, 葉瑾瑜 (1990) 大鵬灣之生態環境調查-I 水質狀況. 沿岸海洋生態環境保護. 黃登福, 吉田多摩夫, 陳朝欽, 吳明洋, 鄭森雄編, p. 79-89.
- APAH (1989) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 17th ed. American Public Health Association, New York, U.S.A. part 2000, p. 35-39, Part, 4000, p. 128-143.
- Chen, J. C. and T. S. Chin (1988) Acute toxicity of nitrite to tiger prawn, *Penaeus monodon* larvae. Aquaculture, 69: 253-262.
- Feunteun, E. (2002) Management and restoration of European eel population (*Anguilla anguilla*): an possible bargain. Ecol. Enginn., 18: 575-591.
- Klapow, L. A. and R. H. Lewis (1979) Analysis of toxicity data for California marine water quality standards. J. WPA, 51: 2054-2070.
- Knepp, G. L. and G. F. Arkin (1973) Ammonia toxicity levels and nitrate tolerance of channel catfish. The Progressive Fish Culturist, 35(4): 221-224.
- Knights, B. (2003) A review of the possible impacts of long-term oceanic and climate changes and fishing mortality on recruitment of Anguillid eels of the northern hemisphere. The Science of the Total Environment, 310: 237-244.
- Moriarty, C., M. Bninska and M. Leopold (1990) Eel, *Anguilla anguilla* L., stock and yield in Polish lakes. Aqua. and Fish Manage, 21: 347-355.
- McCoy, E. F. (1972) Role of bacteria in the nitrogen cycle in lakes. Water Pollution Control Research Series, (EP2.10:16010 EHR 03/72), U.S. Environmental Protection Agency, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. 23p.
- Münderle, M., H. Taraschewski, B. Klar, C. W. Chang, J. C. Shiao, K. N. Shen, J. T. He, S. H. Lin, W. N. Tzeng (2006) Occurrence of *Anguillicola crassus* (Nematoda: Dracunculoidea) in Japanese eels *Anguilla japonica* from a river and an aquaculture unit in SW Taiwan. Dis. Aquat. Org., 71: 101-108.
- Nimura, Y. (1973) A direct estimation of microgram amounts of ammonia in water without salt error. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 39(12): 1315-1324.
- Parson, T. R., Y. Maita and C. M. Lalli (1984) A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. Pergamon Press, New York, U.S.A., p. 22-28.
- Shiao, J. C., L. Lozys, Y. Iizulea and W. N. Tzeng (2006) Migratory patterns and contribution of stocking to the population of European eel in Lithuanian waters as indicated by otolith Sr:Ca ratios. J. Fish Biol., 69: 749-769.
- Sugimoto, T., S. Kimura, and K. Tadokoro (2001) Impact of El Nino events and climate regime shift on living resources in the western North Pacific. Progress in Oceanography, 49: 113-127.
- Thomassen, S., M. I. Pedersen and G. Holdensgaard (2000) Tagging the European eel *Anguilla anguilla* (L.) with coded wire tags. Aquaculture, 185: 57-61.
- Tzeng, W. N., P. W. Cheng and F. Y. Lin (1995) Relative abundance, sex ratio and population structure of the Japanese eel *Anguilla japonica* in the Tanshui River system of northern Taiwan. J. Fish Biol., 46: 183-201
- Westin, L. (1990) Orientation mechanisms in migrating European silver eel (*Anguilla anguilla*): temperature and olfaction. Mar. Biol., 106: 175-179.

Adaptation Behavior of Cultured Japanese eel, *Anguilla japonica*, After Releasing to Wild Environments

Su-Lean Chang^{1*}, Shih-Huan Lin², Chieh-Shih Hsieh¹, Shin-Hong Cheng¹, Fu-Guang Liu³,
Tzyy-Ing Chen¹, Mao-Sen Su⁴, Wann-Nian Tzeng² and Wei-Cheng Su⁴

¹Tungkang Biotechnology Research Center, Fisheries Research Institute

²Institute of Fisheries Science, National Taiwan University

³Freshwater Aquaculture Research Center, Fisheries Research Institute

⁴Fisheries Research Institute

ABSTRACT

The study was to investigate the adaptation, habitat preference and seaward migratory behavior of the cultured Japanese eel, *Anguilla japonica*, after they were released to wild environments. From September to October of 2003, 1270 cultured eels were released into both south and north coasts of Dapong Bay, and upstream and estuary of Kao-Ping River. The recapture rates of large (1,200 g) and medium-sized eels (400 g) in Dapong Bay were 19.3% and 11.8%, respectively; in Kao-Ping River, the recapture rate was only 2.4% in estuary area. The total mean recapture rate was 11.2%. Those eels released in the upstream of Kao-Ping River were not captured in the estuary. Among the recaptured eel in Dapong Bay, 85.2% were caught in location of the first tidal trough where has freshwater discharge or low salinity environment. This seems to reflect that the characteristics of natural life history of yellow eels tend to up-stream and inhabit at freshwater environment. In addition, the decrease in body weight after the release was probably due to poor adaptation to the new environment or low feeding rate in low water temperature.

Key words: cultured Japanese eel, artificial release, stock enhancement, Dapong Bay, Kao-Ping River

*Correspondence: Tungkang Biotechnology Research Center, Fisheries Research Institute, Tungkang, Pingtung 928, Taiwan. TEL: (08) 832-4121 ext. 273; FAX: (08) 832-0234; E-mail: C2621@ms22.hinet.net

眼斑海葵魚之生殖行為及育苗研究

何源興^{1*} · 陳文義¹ · 施勝中¹ · 彭仁君² · 張文炳³

¹行政院農業委員會水產試驗所 東部海洋生物研究中心

²國立台東大學 生命科學研究所

³國立海洋生物博物館

摘 要

眼斑海葵魚 (Clown anemonefish, *Amphiprion ocellaris*) 屬於雀鯛科 (Pomacentridae) 之海葵魚亞科 (Amphiprioninae)。本研究自 2006 年 1 月 2 日至 2006 年 12 月 28 日止，共觀察產卵 28 次；當親魚有清理產卵床行為、雌魚腹部明顯膨大、生殖突起明顯突出，則判定種魚即將產卵；每次產卵間隔約 10 ~ 19 日，產卵時間在 09:00 ~ 15:00，主要集中在 11:00 ~ 14:30，產卵行為持續約 1 個多小時；每次產卵數約 300 ~ 1,000 顆，受精卵為橘紅色、橢圓形、分離之沉性黏著卵，受精卵之平均長徑為 2.32 ± 0.10 mm；平均短徑為 0.95 ± 0.07 mm；平均卵黃徑為 1.44 ± 0.12 mm；仔魚孵化平均體長為 4.35 ± 0.14 mm。產卵結束後親魚會有護卵行為，產卵到孵化期間雌雄護卵次數分別為 7 ± 5.7 及 40 ± 6.6 次/30 min，顯示護卵主要是由雄魚擔任。根據結果發現眼斑海葵魚胚胎孵化所需的時間與水溫成負相關變化，在水溫 29°C 及 23°C 下仔魚孵化天數分別為 6 及 8 天，兩者相差了 2 天的時間。仔魚孵化後第 11 天左右體色開始出現，並轉變為橘紅色，此時可以與海葵共生而不會受到海葵攻擊。

眼斑海葵魚仔魚初期餌料生物為輪蟲，投餵之密度不得低於 5,000 Rotifer / l，並添加微藻有穩定水質及滋養輪蟲之功效，同時餌料生物之提供應該注意各個餌料必須重疊使用。仔魚成長至 35 日左右開始可以接受人工飼料。在 160 日仔魚體長可達 38.25 ± 2.95 mm，此時魚苗之體色及斑紋已與成魚一致。

關鍵詞：眼斑海葵魚、生殖行為、初期發育、育苗

前 言

眼斑海葵魚 (Clown anemonefish) 俗名公子小丑，屬雀鯛科 (Pomacentridae) 之海葵魚亞科 (Amphiprioninae)，海葵魚屬 (*Amphiprion*) 之魚類，即一般俗稱之小丑魚，本亞科可分成海葵魚屬 (*Amphiprion*) 及棘頰海葵魚屬 (*Premna*)，前屬世界上有 27 種，後屬僅 1 種 (Daphne and Allen, 1997)，台灣目前之紀錄僅有海葵魚一屬共五種 (沈, 1993)；而眼斑海葵魚分佈於熱帶太平洋島嶼附近海域，台灣周邊海域數量較少。

根據研究發現，海葵魚為雌雄同體 (hermaphrodite) 雄性先成熟 (protandrous) 的魚類，在克氏海葵魚幼魚生殖腺中，發現牠同時具有卵巢與精巢，證明了海葵魚是兩性魚，而且生殖腺的發育是同時進行 (Allsop and West, 2003；Buston, 2003)。海葵魚性轉變之條件為一顆海葵的族群社會中個體之間的交互影響，稱為社會行為調節性轉變 (social control of sex change) (Hattori, 1991, 2001) 所以一顆海葵家族是由一對具有生殖能力的雌雄魚 (breeding pair) 與 0 ~ 4 尾無生殖能力 (non-breeder) 的小魚所組成。海葵魚的體型上位階越高者其體型越大，階級越往下其體型也就越小 (Buston, 2003)，同時在族群之中也有可能 4 ~ 5 齡魚仍然還未成熟之情形存在 (Ochi, 1985)。

*通訊作者 / 台東縣成功鎮五權路 22 號, TEL: (089) 850-090 轉 401; FAX: (089) 850-092; E-mail: yshu@mail.tfrin.gov.tw