

台灣南部海域捕獲之黃鰭鮪幼魚的體型組成 與箱網短期蓄養後的成長表現

楊清閔* · 翁進興 · 賴繼昌 · 黃建智 · 吳龍靜

行政院農業委員會水產試驗所沿近海資源研究中心

摘 要

台灣周邊海域擁有豐富黃鰭鮪幼魚資源，如何善用捕獲的幼魚發展鮪類養殖，以提高捕獲幼魚的價值，為刻不容緩課題。本研究於小琉球與綠島海域進行釣獲黃鰭鮪的生物特性調查，並在小琉球海域從事釣獲黃鰭鮪幼魚之短期箱網養殖實驗，以評估黃鰭鮪箱網養殖之潛力。結果顯示，於小琉球海域釣獲之黃鰭鮪幼魚，平均尾叉長 43.9 ± 8.2 cm、體重 1.5 ± 1.2 kg、肥滿度 $1.64 \pm 0.13\%$ ，於綠島海域釣獲者，平均尾叉長 79.8 ± 18.8 cm、體重 10.3 ± 5.9 kg、肥滿度 $1.73 \pm 0.17\%$ 。經短期箱網蓄養（約100天）之幼魚，日比成長率（SGR）為 $0.43 \sim 0.62\%$ ，增重量（WG）為 $1 \sim 1.7$ kg，平均飼料效率（FE）為 8.81% 。由標識魚直接量測之成長，尾叉長每日增加 0.71 mm、每月增重 0.49 kg、脂質含量增加 $4 \sim 18$ 倍。表示黃鰭鮪幼魚經適當蓄養肥育，可提高其肥滿度與脂肪含量，提昇市場價格。本研究有助於進一步掌握黃鰭鮪的資源動態，並可作為發展鮪魚養殖產業之參考。

關鍵字：體重體長關係、鮪類養殖、成長率、飼料效率、箱網

前 言

由於鮪類養殖技術的開發與精進，以及日本消費市場的需求擴大，世界鮪類養殖的生產量由1990年代初期未滿1,000 mt，急速成長增加至2006年達到最高的38,500 mt（山本, 2012）。商業養殖鮪類以高價的黑鮪為主，目前除了日本對太平洋黑鮪已發展出完全養殖技術（Sawada *et al.*, 2005），少部分黑鮪幼苗由人工繁殖獲得外，其他如澳洲與地中海諸國的鮪類養殖均依靠野外捕撈幼鮪或成魚進行養殖。一般使用圍網捕撈幼魚（Miyake *et al.*, 2003），以船速1節低速拖曳至養殖地，然後將活鮪依大小分類移至箱網中飼養。依據圍網船之漁獲量報告，捕撈之活鮪幼魚高達70~86%提供商業化鮪類養殖（Ottolenghi, 2008）。ICCAT（2008）對大西洋黑鮪養殖的分類，「肥育」（fattening）為短期間（3~7個月）蓄養成

魚（ >30 kg/尾），而「養殖」則為長期間（1~2年）飼養幼魚（ $8 \sim 30$ kg/尾）。經由在箱網中養殖，增加群體生物量，可提高養殖鮪魚的市場價格（Katavić *et al.*, 2003）。雖然鮪類養殖已被視為是極重要的課題，然而，這種捕撈幼魚進行養殖的生產體制，易造成漁獲量分析與貿易統計的困難（Tićina *et al.*, 2007），又圍網船國籍眾多，不僅作業秩序紊亂，出借漁獲配額等情事更時有所聞（郭譯, 2012）。

台灣尚未有黑鮪養殖產業，但周邊海域擁有豐富的黃鰭鮪幼魚資源，因此發展黃鰭鮪養殖乃成為頗受矚目的議題。水產試驗所於琉球海域12哩內投放中層人工聚魚器，投放後約3~7天便有大量的黃鰭鮪及正鰹聚集，已成為曳繩釣漁船的作業漁場（吳等, 2003）。小型黃鰭鮪是中層人工聚魚器的主要漁獲物，漁民所釣獲的黃鰭鮪幼魚均被帶回販售或食用。此等尾叉長僅約45 cm、體重1.5 kg的黃鰭鮪幼魚，每尾平均單價僅有70~80元，除了損失了可期待的成魚數量之外，商品價值低，不符合經濟效益（楊等, 2012）。為有效利用黃鰭鮪幼魚資源，水產試驗所曾進行黃鰭

*通訊作者 / 高雄市前鎮區漁港北三路6號, TEL: (07) 821-8103 ext. 211; FAX: (07) 821-8205; E-mail: yym1001@gmail.com

鮪的養殖試驗 (陳與張, 2005), 試驗結果顯示, 平均體重 0.67 kg 野生黃鰭鮪幼魚, 經養殖半年平均體重可達 3.8 kg, 養殖 22 個月可達 19.7 kg。掌握鮪類在箱網中之成長、飼料效率、魚價及生產成本為進一步商業化養殖的必要條件, 但養殖戶大多無法承受高風險的商業化實驗損失 (Aguado-Giménez and García-García, 2005)。因此, 進一步充實在台灣海域養殖鮪類的相關養殖評估資料, 以利鮪類商業化養殖, 為刻不容緩工作。

本研究之目標在於探討如何善用台灣南部海域豐富的黃鰭鮪幼魚資源發展鮪類箱網養殖新模式。但天然種苗的大量採捕與小型浮魚類被捕撈來作養魚飼料, 會造成生態的衝擊 (劉譯, 2000)。為發展永續水產養殖, 必須減少使用野生魚來當作飼料蛋白源。緣此, 本研究於進行黃鰭鮪蓄養實驗時, 規劃投餌以植物性飼料養成的小型虱目魚探討黃鰭鮪的成長速度與餌料轉化率, 以評估此養殖模式的可行性。此外, 本研究亦進行小琉球與綠島海域釣獲黃鰭鮪幼魚的生物特性調查, 以掌握可供爾後箱網養殖的幼魚資源生態, 俾利建立永續的鮪魚箱網養殖體系。

材料與方法

一、釣獲幼魚之體長、體重調查

為掌握供養殖黃鰭鮪的大小組成, 於小琉球與綠島海域 (如 Fig. 1) 之人工聚魚器附近釣捕黃鰭鮪。2009 年 1 ~ 3 月租用 CT2 (10 ~ 20 t) 級民間漁船 1 艘在小琉球海域作業, 出海 7 航次, 以曳繩釣方式在 13 處海域釣獲幼魚 169 尾。另於 2007 年 1 ~ 10 月以 CT1-2 (5 ~ 20 t) 級民間漁船 4 艘, 於綠島 2 處海域, 以小型延繩釣方式釣獲幼魚 399 尾。

所釣獲之所有黃鰭鮪幼魚於當航次結束後帶回實驗室進行體長與體重量測, 體長係以皮尺量測幼魚吻端至尾部雙叉中央凹陷處外緣端的尾叉長 (FL), 以 cm 計之。體重 (BW) 以整尾幼魚放於電子秤中央測量, 以 g 計之。所釣獲幼魚資料先分組製作頻度分布圖, 依 Sturges 法 (組數 = $1 + 3.322 \log_{10}n$, n = 釣獲總數) 計算可得資料需分類 8 ~ 9 組, 為使分布圖簡單明瞭, 頻度分組組數均統一為 10 組, 組距取 5 或 10 的倍數值計之。

其次, 以指數方程式 $W = a \times L^b$, W 為幼魚 BW (g)、 L 為 FL (cm)、 a 及 b 為參數, 分別分析於小琉球與綠島海域釣獲幼魚之體長 - 體重關係。

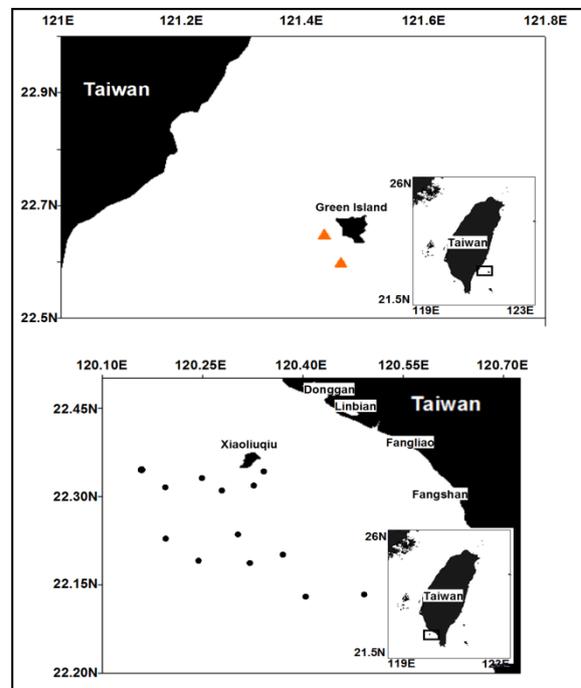


Fig. 1 The location of juvenile yellowfin tuna angled in the waters of Xiaoliuqi and Green Island.

二、箱網養殖試驗

於 2011 年 12 月至 2012 年 6 月期間, 在小琉球西北方箱網養殖區以圓形浮式箱網 (直徑 12 m, 深度 10 m, 容積 1,130 m³ 計之) 一口, 蓄養密度約 0.08 kg/m³, 進行釣獲黃鰭鮪之蓄養試驗。黃鰭鮪幼魚係於 2011 年 12 月至 2012 年 2 月租用 CT2 級民間漁船, 計 23 航次, 於小琉球海域所釣獲體重 1 kg 以下魚隻。

於船上釣獲之活黃鰭鮪幼魚, 以帆布底撈取網撈起, 除鉤後放於活魚艙中, 每航次釣獲 5 ~ 10 尾後即返航至箱網養殖地, 航程約 1 ~ 3 h。實驗期間共計投放 92 尾幼魚, 平均尾叉長 (FL) 54.1 ± 9.7 cm。活鮪移至箱網時, 為讓魚體鎮靜, 工作人員將其眼睛蓋上布並放置於帆布上, 戴上手套進行體重體長量測, 並於魚體背鰭後方打入辨識標籤。

實驗期間以虱目魚解凍切片單一餌料於每日早晨投餵 1 次, 以當日幼魚索餌情況做為次日備

Table 1 Average fork length, body weight and condition factor of juvenile yellowfin tuna angled in the waters of Xiaoliuqiu and Green Island

Catch location	Number of fish	Average FL (cm)	Average weight (g)	t-test p value	Average K	K range
Xiaoliuqiu	169	43.9 ± 8.2	1,566 ± 1,207	<0.001	1.64 ± 0.129	1.43 – 2.13
Green Island	399	79.8 ± 18.8	10,266 ± 5,923		1.73 ± 0.167	0.57 – 2.14

FL: snout to fork; K: condition factor

餌標準，無索餌時即停止投餌，由飼育員記錄當日投餵餌料量與死亡魚隻數。2012年1~6月短期養殖期間之水溫變化在25~29℃之間。經短期蓄養後，以隨機釣獲箱網內鮪魚方式取樣，並於實驗室中測量體長與體重。肉質分析則採用頭部後方的背肉與腹肉做分析。

三、資料分析

肥滿度係數 (K) 依 Ricker (1979) 以下式表示：

$$K = 100 \times W / L^3 \dots\dots\dots (1)$$

其中， W 為體重 (g)， L 為 FL (cm)

日比成長率 (SGR, Specific Growth Rate) 依 Ricker (1979) 與 Moyle and Cech (1996)，以下式示之：

$$SGR = 100 \times (\log_e W_f - \log_e W_i) \div (t_f - t_i) \dots\dots (2)$$

其中， W 與 t 為體重 (g) 與日數 (d)， i 為最初， f 為最終的實驗時間。

增重量 (WG, Weight Gain)，以下式表示：

$$WG = W_f - W_i \dots\dots\dots (3)$$

其中， W_i 、 W_f 分別為最初與最終實驗時間的體重 (g)。

飼料效率 (FE, Feed Efficiency) 是每餌料重量可增加養殖魚體重之百分比，以 $FE (\%) = \text{【魚體增重量 (g)} \div \text{攝餌量 (g)} \text{】} \times 100$ 表示之。FE 值愈高，表示飼料的效果愈好。

結 果

一、釣獲幼魚之體長、體重組成

於小琉球與綠島海域之人工聚魚器附近釣獲

黃鰭鮪之體長與體重組成如 Figs. 2 ~ 5 所示。小琉球海域釣得幼魚尾叉長之頻度分布，大部分集中於 35 ~ 40 cm，40 ~ 45 cm 等 2 組，佔 64%，以 35 ~ 40 cm 組數量最多，佔 38%；體重則大部分集中於 <1 kg、1 ~ 2 kg 等 2 組，佔 80%，以 1 ~ 2 kg 組最多，佔 42%，即小琉球海域所釣獲黃鰭鮪幼魚以尾叉長 35 ~ 45 cm，體重 2 kg 以下者為主。以平均數來看，小琉球海域釣得幼魚平均尾叉長 43.9 ± 8.2 cm，平均體重 1.5 ± 1.2 kg，肥滿度 1.64 ± 0.13% (Table 1)。於綠島海域釣得幼魚尾叉長之頻度分布，大部分集中於 80 ~ 90 cm，90 ~ 100 cm 等 2 組，佔 53%；而體重頻度分布則大部分集中在 <5 kg、5 ~ 10 kg、10 ~ 15 kg 等 3 組，佔 79%。即綠島海域所釣獲黃鰭鮪幼魚以尾叉長 80 ~ 100 cm，體重 15 kg 以下者為主。以平均數來看，綠島海域釣得幼魚平均尾叉長 79.8 ± 18.8 cm，平均體重 10.3 ± 5.9 kg，肥滿度 1.73 ± 0.17%。經由獨立樣本 t 檢定結果可得兩地間的體重與體長皆是有顯著差異 ($p < 0.001$) (Table 1)。

二、釣獲幼魚之體長、體重關係

釣獲幼魚之尾叉長與體重關係如 Figs. 6 & 7 所示。

小琉球海域之黃鰭鮪幼魚：

$$BW_{(\text{Liuqiu})} = 0.0117FL^{3.0876} \dots\dots\dots (4)$$

$$R^2 = 0.98, n = 169$$

綠島海域之黃鰭鮪幼魚：

$$BW_{(\text{Green Island})} = 0.0138FL^{3.0511} \dots\dots\dots (5)$$

$$R^2 = 0.98, n = 399$$

本研究關係式幼魚 BW 以 g 計之，FL 以 cm 計之。

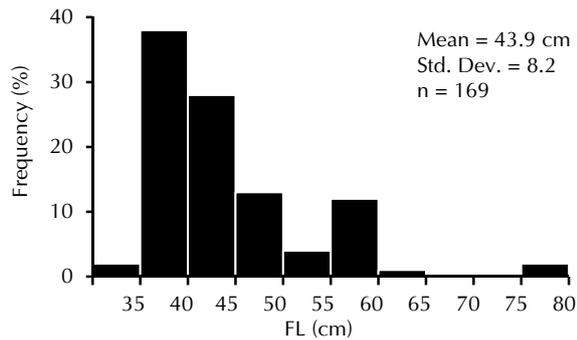


Fig. 2 The frequency distribution of the fork length (FL) of juvenile yellowfin tuna angled in the waters of Xiaoliuqi.

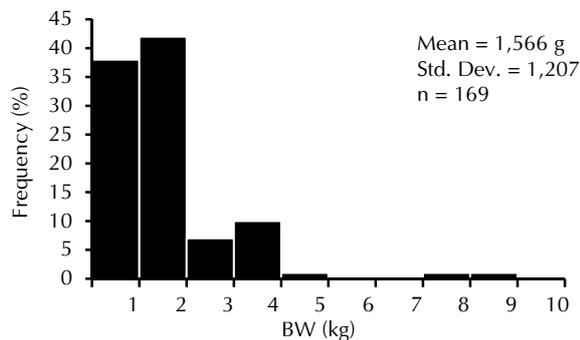


Fig. 3 The frequency distribution of the body weight (BW) of juvenile yellowfin tuna angled in the waters of Xiaoliuqi.

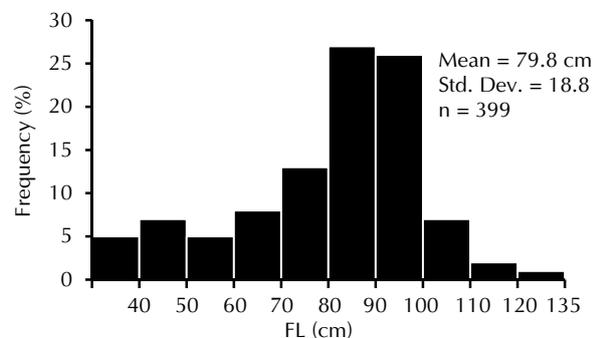


Fig. 4 The frequency distribution of the fork length (FL) of juvenile yellowfin tuna angled in the waters of Green Island.

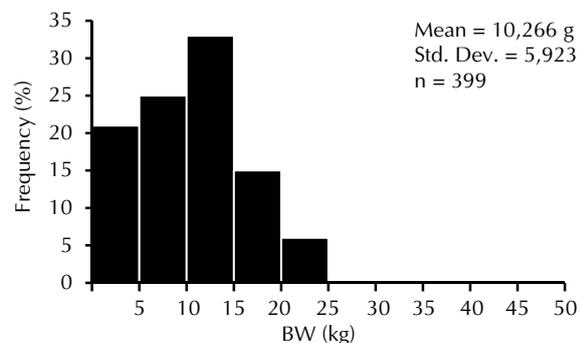


Fig. 5 The frequency distribution of the body weight (BW) of juvenile yellowfin tuna angled in the waters of Green Island.

三、幼魚短期蓄養的活存率與成長率

放入箱網幼魚因驚嚇與受傷，於放入箱網前 3 日不游至表面索餌。每航次放入魚隻 1~8 尾，放入後次日，於箱網底部及表面會發現死亡魚隻，另有幼魚插入網目中死亡。本次實驗期間，幼魚活存率為 72.8%。以每日投餵餌料量與當日存活尾數計算每尾魚隻平均攝餌量，每日每尾平均攝餌量為 157 ± 60.5 g。

2012 年 4 月 12 日採集箱網內黃鰭鮪 2 尾進行幼魚成長情形計測，另於同年 6 月 1 日採集 3 尾，共計 5 尾，其中標號為 A1 魚體之辨識標籤顯示，其置入日期為 2011 年 12 月 27 日體長為 52 cm，體重 2,200 g，2012 年 4 月 12 日撈取後之體長 59.5 cm，體重 3,926 g。估得單尾尾叉長每日增加 0.71 mm，個體增重每月 0.49 kg。由於魚體體重易受食物、攝食及生殖等影響，所以成長過程之研究以體長為指標較穩定可靠，精確度亦較高（黃，2005）。另外，4 尾幼魚標籤脫落。本實驗利用 A1 魚所測得之每日尾叉長增加 0.71 mm，對照實際放養日期所測得之尾叉長往前推測標籤脫落 4 尾幼魚的放養日期。

短期蓄養之黃鰭鮪幼魚的成長情形如 Table 2 所示。A1 黃鰭鮪幼魚經 106 天養殖，體長成長 7.5 cm，體重增加 1,726 g，肥滿度由 1.56 增至 1.86，日比成長率為 0.55%。蓄養期間的飼料效率為 10.37%，即 1 kg 的虱目魚餌可增加 0.1037 kg 的鮪肉。整體養殖魚 A1~A5 養殖日數不等，肥滿度均有增加，日比成長率介於 0.43~0.62% 之間，增重量介於 1~1.7 kg 之間，平均飼料效率為 $8.81 \pm 0.01\%$ 。與剛捕獲之黃鰭鮪幼魚肥滿度 (Table 1) 相較，經箱網短期蓄養後的黃鰭鮪的肥滿度在 1.70~2.01 之間，平均肥滿度為 $1.82 \pm 0.13\%$ ，顯示短期蓄養之黃鰭鮪肥滿度均高於 1 年齡與 2 年齡的野生魚。短期蓄養的黃鰭鮪幼魚，因餌料充足，肥滿度高，體型較為肥短，亦即釣獲的活幼魚經短期間的圈養肥育，有助於肥滿度的增加。

以尾叉長對放養日數估算，箱網中短期蓄養之黃鰭鮪幼魚的成長，可得每日尾叉長平均增加 0.76 ± 0.11 mm，個體與增重量每月平均增重 0.42 ± 0.05 kg。採短期蓄養黃鰭鮪幼魚 5 尾 (Table 2) 與野生黃鰭鮪幼魚 3 尾 (Table 3) 同部位之胸鰭後

Fig. 6 The fork length – body weight relationship of juvenile yellowfin tuna caught in the waters near Xiaoliuqiu.

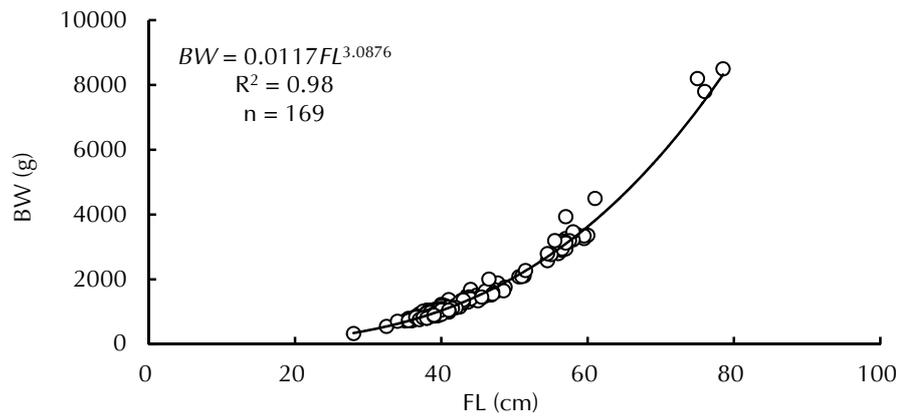


Fig. 7 The fork length – body weight relationship of juvenile yellowfin tuna caught in the waters near Green Island.

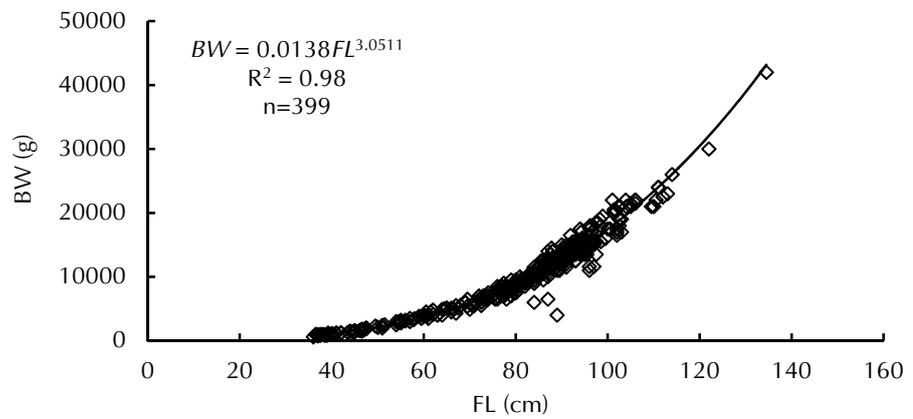


Table 2 The performance of yellowfin tuna in a short-term cage culture

Fish No.	Initial			Rearing period (days)	Final					
	FL (cm)	BW (g)	K		FL (cm)	BW (g)	K	SGR (%/Day)	WG (g)	FE (%)
A1	52.0	2,200	1.56	106	59.5	3,926	1.86	0.55	1,726	10.37
A2	45.0	1,448	1.59	108	52.0	2,828	2.01	0.62	1,380	8.14
A3	52.5	2,410	1.67	106	60.5	3,785	1.71	0.43	1,375	8.26
A4	46.0	1,555	1.60	85	52.5	2,618	1.81	0.61	1,063	9.97
A5	49.0	1,914	1.63	90	57.5	3,230	1.70	0.58	1,316	9.31

BW: body weight; FL: fork length; K: condition factor
 SGR: specific growth rate
 WG: body weight gain
 FE = (Weight gain / Feed conversion) × 100

背肉與腹肉進行肉質化驗比對，結果如 Table 4 所示，以獨立樣本 t 檢定結果可得在背肉的部分野生黃鰭鮪與養殖黃鰭鮪兩者的各肉質成份是沒有顯著差異 ($p > 0.05$)。但是在腹肉的部分，水分 (moisture)、脂質 (fat) 與灰分 (ash) 則出現顯著差異 ($p < 0.05$) 之結果，即表示短期蓄養幼魚，有助

於鮪魚腹肉脂質成份的增加。選擇與 A1 放養前體長體重最接近的野生 C2 魚，進行中間育成肉質狀況推估，其經 106 天養殖，背肉的脂質將由 0.24% 增至 1.04%，腹肉脂質將由 0.20% 增至 3.59%，推估養殖黃鰭鮪的脂質含量變化在放養 106 天後，可增 4 倍至 18 倍。

Table 3 Comparison of various length-weight relationship equations of caught juvenile yellowfin tuna

Fish no.	Actual value		$BW = 0.0117FL^{3.0876}$ From Xiaoliuqiu		$BW = 0.0138FL^{3.0511}$ From Green Island		$BW = 0.021527FL^{2.976}$ Caveriviere <i>et al.</i> (1976)		$BW = 0.01387FL^{3.086}$ Wild (1976)	
	FL (cm)	BW (g)	Predictive value (g)	Difference (g)	Predictive value (g)	Difference (g)	Predictive value (g)	Difference (g)	Predictive value (g)	Difference (g)
C1	56.0	2,816	2,923	107	2,977	161	3,432	616	3,443	627
C2	51.0	2,136	2,190	54	2,238	102	2,598	462	2,580	444
C3	45.0	1,412	1,488	76	1,528	116	1,790	378	1,753	341

FL: fork length
BW: body weigh

Table 4 Meat analysis of yellowfin tuna caught in the wild and a short-term cage culture

Body part	Upper part of back meat (%)			Upper part of abdomen meat (%)		
	Wild fish (n=3)	Aquaculture fish (n=5)	t-test p value	Wild fish (n=3)	Aquaculture fish (n=5)	t-test p value
Moisture (%)	73.65 ± 0.74	71.86 ± 1.27	0.07	73.77 ± 0.44	70.30 ± 2.17	<0.05
Crude protein (%)	25.06 ± 0.39	24.48 ± 1.00	0.38	24.31 ± 0.68	23.17 ± 0.89	0.11
Fat (%)	0.20 ± 0.04	1.28 ± 0.79	0.06	0.22 ± 0.03	3.77 ± 2.23	<0.05
Ash (%)	1.84 ± 0.14	1.88 ± 0.24	0.81	1.61 ± 0.09	2.22 ± 0.37	<0.05

討 論

黃鰭鮪是利用中層人工聚魚器所誘集的主要漁獲物，釣獲 FL 約為 50 cm 左右的小型魚為主。以小型黃鰭鮪 FL 50 cm 為例，依據本研究求得之體長體重關係式估算，小琉球與綠島海域所釣獲者體重為 2.1 kg，比對 Nakamura and Uchiyame (1966) 於中太平洋海域的推算為 2.3 kg 以及 Wild (1986) 於東太平洋釣獲的推算與 Caveriviere *et al.* (1976) 於大西洋的推算為 2.4 kg，在不同區域略有差異，顯示黃鰭鮪在不同的水文、地理環境、餌料生物條件下，將會對其成長產生影響。

Gascuel *et al.* (1992) 求得大西洋黃鰭鮪的成長方程式為：

$$FL = 37.8 + 8.93t + (137.0 - 8.93t) [1 - \exp(-0.808t)]^{7.49} \dots\dots\dots(6)$$

FL：尾叉長 (cm)、t：年齡

Caveriviere *et al.* (1976) 求得大西洋黃鰭鮪體長體重關係式為：

$$BW = 2.1527 \times 10^{-5} FL^{2.976} \dots\dots\dots(7)$$

BW：幼魚重量 (kg)、FL：尾叉長 (cm)

依上述二式，可得 1 年齡魚為 48 cm (2.2 kg)、2 年齡魚為 78 cm (9.3 kg)、3 年齡魚為 120 cm (32.8 kg)。另依 Su *et al.* (2003) 估計，西太平洋海域黃鰭鮪的年齡與成長，以 von Bertalanffy 成長參數：K (成長係數) = 0.392 yr⁻¹，L_∞ (極限體長) = 175.0 cm，t₀ (體長為零的理論年齡) = 0.00306yr；共可分離出 6 個年齡群，各年齡的平均體長為：L₁ = 56.16 cm、L₂ = 95.00 cm、L₃ = 120.95 cm。

再依 Wild (1986) 於東太平洋所推估之黃鰭鮪體重體長關係式：

$$BW = 1.387 \times 10^{-5} FL^{3.086} \dots\dots\dots(8)$$

BW：幼魚重量 (kg)、FL：尾叉長 (cm)

可得 1 年齡魚尾叉長為 49 cm、2 年齡魚為 89 cm、3 年齡魚為 127 cm。比較本研究之二海域所釣獲的幼魚平均體長結果，小琉球海域所釣獲者以 1 年齡魚為主，而綠島海域釣獲幼魚則以 2 年齡魚為主。造成此差異性，可能為所採用的漁法

不同，以人工曳繩釣的方式為靠近沿岸的人工聚魚器海域，每次作業 1 人僅操作 1~2 鉤，所釣獲幼魚體型較小，而中小型延繩釣的作業則是離沿岸較遠海域內放入千鉤釣獲黃鰭鮪，所釣獲魚體型較大。

為比較不同海域所釣獲之黃鰭鮪體長體重相關性，以上述 (4)、(5)、(7)、(8) 等 4 式體長體重關係式對於 2012 年 2 月 7 日於小琉球海域釣獲 3 尾野生幼魚進行測試。釣獲野生幼魚經實驗室中進行量測，再利用準確的尾叉長代入上述 4 式中，結果如 Table 3 所示，結果可明顯看出，以 (4) 式小琉球所釣獲推算者較準確，差異值約高估 100 g 以內，而 (5) 式綠島海域的差異值次之，亦有較好的推測能力。而利用國外研究之關係式預測則每尾差異高達 300 g 以上。即黃鰭鮪體長體重在�不同海域所估測之關係式呈現差異性。於小琉球海域釣獲之黃鰭鮪幼魚的體長體重關係，以利用小琉球所釣獲推算之關係式的預測能力較佳。故在進行相關試驗時，應先對試驗海域進行採樣，取得較適切的成長關係式。

放入箱網的幼鮪活存率為 72.8%，推測衝撞網壁死亡為主要原因。本研究所用箱網直徑 12 m 較小於日本養殖黑鮪用之直徑 30 m。而根據日本箱網養殖黑鮪的經驗，欲捕撈野生魚養成至親魚，需要更大的箱網以防止魚碰撞網壁死亡 (Kumai, 1997; Miyashita *et al.*, 2001)。Masuma *et al.* (2011) 建議箱網在飼養黑鮪密度低於 1 kg/m³，可減少死亡率。或者夜間於箱網上提供燈光，減少魚體衝撞或碰觸網壁，以增加活存率 (Ishibashi *et al.*, 2009)。

在成長率方面，由於有關黃鰭鮪養殖方面的文獻稀少，故以較多的黑鮪與南方黑鮪的養殖與成長研究對照本研究。Tičina *et al.* (2007) 以平均每尾 6.4 kg 的黑鮪經 511 天的養殖於箱網中，成長達平均每尾 28.3 kg，平均日比成長率為 0.291。Carter *et al.* (1998) 以平均每尾 25.62 ± 6.38 kg 的南方黑鮪經 133 天的養殖，日比成長率為 0.21 ± 0.082。Aguado-Giménez and García-García (2005) 則分別測定小型 (平均 32 kg) 與大型 (平均 219 kg) 之黑鮪成長率，日比成長率分別為 0.29 與 0.06，以小型魚體 SGR 較佳。日本養殖系統開發研究會 (1999) 1996 ~ 1998 年進行野外釣獲小型

黑鮪計 42 批的短期養殖成果，日比成長率為 -0.1 ~ 3.3 之間，飼育日數超過 200 天以上日比成長率在 0.2 ~ 0.4 之間，超過 100 天以上日比成長率為 0.2 ~ 1.0 之間。由以上文獻瞭解，日比成長率的差異相差較大。本研究黃鰭鮪幼魚之 SGR 則在 0.43 ~ 0.62。由於成長率是高度可變的，因為有很大的程度是取決於各種環境因素的相互作用，如水溫、溶氧、氮量、鹽度、光照、餌料量與種類、以及魚齡 (Moyle and Cech, 1996)。因本研究的養殖期間為 1 ~ 6 月間，屬於冬季至春季鮪類成長較慢期間，若以尾叉長 50cm，體重 2.1kg 黃鰭鮪幼魚的短期養殖為例，蓄養 1 年後保守估計尾叉長可達 78 cm，體重 7.1 kg。與陳與張 (2005) 試驗養殖 1 年體重介於 8 ~ 10 kg 的結果相似。

商業養殖極重視飼育魚的飼料效率，Tudela (2002) 估計黑鮪的換肉係數為 20:1 (飼料效率 = 5%)，Aguado-Giménez and García-García (2005) 則分別測定小型與大型之黑鮪換肉係數分別為 15.3 (飼料效率 = 6.54%) 與 24.8 (飼料效率 = 4.03%)，小型黑鮪的係數值較佳，Mourente *et al.* (2002) 則測定大型鮪的換肉係數為 40:1 (飼料效率 = 2.50%)，而小型幼魚可低於 10:1 (飼料效率 = 10%)。山本 (2012) 在論文中提及，日本國內黑鮪養殖的換肉係數約 14 (飼料效率 = 7.14%)，與墨西哥地區養殖者相差不大，但是日本為 12 年的幼魚養成型的養殖，而地中海則是幾個月的肥育，長期養殖的餌料成本負擔較大。本研究黃鰭鮪的短期養殖，以單一魚種目魚餌一天一次的養殖法，平均飼料效率為 8.81 ± 0.01%，與黑鮪養殖相較，效率較佳。此結果顯示，以生產成本較低的魚目魚等草食性魚種取代已被過度的海洋魚類做為鮪魚的餌料，應有其可行性。而利用不同魚餌或是一天多次投餌是否能改善飼料效率，往後仍需進行實驗。但鮪類之特殊生理，為持續保持游泳生活及維持高體溫而需要更多的餌料 (Graham and Dickson, 2001; Mourente *et al.*, 2002)，以及僅用 5% 的總能量提供成長 (Korsmeyer and Dewars, 2001)。

經由餌料的品質與種類、肥育的地點及水溫等操作不同要素，可讓鮪魚脂肪含量增加達到 17% (Mylonas *et al.*, 2010)。本研究在短期蓄養後，魚體脂肪含量最高於腹部達 7.19%，脂肪含量

與肥滿度亦較野生釣獲者高。養殖的黃鰹鮪幼魚，餌料充足且運動量較少，致肥滿度較高，與其他研究結果相同。但是本研究在養殖前後的肥滿度由 1.61 提昇至 1.82，而陳與張 (2005) 試驗中野生的黃鰹鮪幼魚肥滿度介於 1.88 ~ 2.11，箱網中養殖 1 個月以上者肥滿度為 2.2，其初期放入箱網的鮪魚肥滿度已高於本次實驗。此可能因捕獲幼魚的季節與年份不同所致。由實驗結果可知，野外採捕之中小型黃鰹鮪經適當的圈養肥育，可增加其肥滿度與脂肪含量，口感優於野生釣獲，預期應可讓市場價格提昇。

本初步研究提供臺灣小琉球海域黃鰹鮪箱網養殖的一些重要訊息，包括台灣沿近海釣獲黃鰹鮪幼魚大小，短期養殖成長率與飼料效率，基於這些初步的結果，可提供發展鮪魚養殖產業的基礎資料。此外，研究結果亦確定利用短期養殖，可增加鮪魚肥滿度與脂肪含量，有助於提高鮪魚的脂質含量，此法將有效提高商品的行情，減少不符合經濟效益的幼魚利用情形。

謝 辭

本研究係屏東縣政府委託計畫 - 「鮪魚箱網養殖」(99-追-漁-黑鮪-01) 之部分成果，感謝屏東縣政府資助研究經費。另感謝東港生技研究中心何碧月助理研究員協助分析鮪魚肉質，小琉球區漁會與多位漁民協助手釣小黃鰹鮪，水試二號探測技正黃星翰協助製圖，許明樹先生協助統計分析建議，小琉球箱網養殖業者洪醫師提供養殖操作，使本研究得順利完成，併此表達由衷謝意。

參考文獻

- 山本尚俊 (2012) マグロ養殖業の歴史的展開と今後の展望. 長崎大学水産学部研究報告, 93: 59-77.
- 吳龍靜, 陳淑珍, 謝勝雄, 陳秋月, 吳春基, 陳守仁, 曾莉芸, 蘇偉成, 林俊辰 (2003) 中層人工浮魚礁漁場造成之研究. 水試專訊, 1: 2-7.
- 郭慶老譯 (2012) 黑鮪的資源動態與管理 (上). 水試專訊, 39: 38-41.
- 陳紫嫻, 張賜玲 (2005) 黃鰹鮪養殖技術發展. 農政與農情, 156: 98-102.
- 黃維裕 (2005) 以群體生物量模型 (Biomass model) 對箱網養殖魚種選擇及可能運作型態進行分析. 國立中山大學海洋生物研究所碩士論文, 56 pp.
- 楊清閔, 翁進興, 黃建智, 吳龍靜 (2012) 黃鰹鮪幼魚的漁撈技巧. 水試專訊, 39: 45-48.
- 劉富光譯 (2000) 水產養殖對全球漁產供應的影響. 國際農業科技新知, 4: 13-17.
- 養殖システム開発研究会 (1999) 平成 11 年度 クロマグロ養殖技術高度化システムの開発に関する報告書. 社団法人マリノフォーラム 21, 61 pp.
- Aguado-Giménez, F. and B. García-García (2005) Growth, food intake and feed conversion rates in captive Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus* Linnaeus, 1758) under fattening conditions. *Aqua. Res.*, 36: 610-614.
- Carter, C. G., G. S. Seeto, A. Smart, S. Clarke and R. J. Van Barneveld (1998) Correlates of growth in farmed juvenile southern bluefin tuna *Thunnus maccoy* (Castelnau). *Aquaculture*, 161: 107-119.
- Caverivière, A., F. Conand and E. Suisse de Sainte Claire (1976) Distribution et abondance des larves de thonidés dans l'Atlantique tropico-oriental. *Abidjan*, 7(2): 49-70.
- Gascuel, D., A. Fonteneau and C. Capisano (1992) Modélisation d'une croissance en deux stances chez l'albacore (*Thunnus albacares*) de l'Atlantique Est. *Aquatic Lvn. Res.*, 5(3): 155-172.
- Graham, J. B. and K. A. Dickson (2001) Anatomical and physiological specializations for endothermy. *In* Tuna: Physiology, Ecology and Evolution (B. A. Block and E. D. Stevens eds), Fish Physiol. Ser., Vol. 19, Academic Press, San Diego, CA, USA, 121-166.
- ICCAT (2008) Recommendation amending the Recommendation by ICCAT to establish a multiannual recovery plan for bluefin tuna in the eastern Atlantic and Mediterranean. ICCAT, 27 pp.
- Ishibashi, Y., T. Honryo, K. Saida, A. Hagiwara, S. Miyashita, Y. Sawada, T. Okada and M. Kurata (2009) Artificial lighting prevents high night-time mortality of juvenile Pacific bluefin tuna, *Thunnus orientalis*, caused by poor scotopic vision. *Aquaculture*, 293: 157-163.
- Katavič, I., V. Tičina, L. Grubišić and V. Franičević (2003) Tuna farming as a new achievement in mariculture of Croatia. *In* Workshop on Farming, Management and Conservation of Bluefin Tuna (I. K. Oray and F. S. Karakulak eds.), 5-7 April 2003. Istanbul, Turkey. *Tur. Mar. Res. Fond. Publ.*, 13: 10-20.
- Korsmeyer, K. E. and H. Dewars (2001) Tuna metabolism and energetics. *In* Tuna: Physiology, Ecology and Evolution (B. A. Block and E. D.

- Stevens eds), Fish Physiol. Ser., Vol. 19, Academic Press, San Diego, CA, USA, 36-78.
- Kumai, H. (1997) Present state of bluefin tuna aquaculture in Japan. *Suisanzoshoku*, 45: 293-297.
- Masuma, S., T. Takebe and Y. Sakakura (2011) A review of the broodstock management and larviculture of the Pacific northern bluefin tuna in Japan *Aqua.*, 315: 2-8.
- Miyake, P. M., J. M. De la Serna, A. Di Natale, A. Farrugia, I. Katavić, N. Miyabe and V. Tičina (2003) General review of bluefin tuna farming in the Mediterranean Area. *ICCAT Col. Vol. Sci. Pap.*, 55: 114-124.
- Miyashita, S., Y. Sawada, T. Okada, O. Murata and H. Kumai (2001) Morphological development and growth of laboratory-reared larval and juvenile *Thunnus thynnus* (Pisces: Scombridae). *Fish. Bull.*, 99: 601-616.
- Mourete, G., C. Megina, and E. Dí'az-Salvago (2002) Lipids in female northern bluefin tuna (*Thunnus thynnus thynnus* L.) during sexual maturation. *Fish Physiol. Biochem.*, 24: 351-363.
- Moyle, P. B. and J. J. Cech (1996) *Fishes: An Introduction to Ichthyology* (3rd ed.), Prentice Hall, New Jersey, 590 pp.
- Mylonas, C. C., F. De la Gándara, A. Corriero and A. Belmonte (2010) Atlantic Bluefin Tuna (*Thunnus thynnus*) Farming and Fattening in the Mediterranean Sea. *Rev. Fish. Sci.*, 18(3): 266-280.
- Nakamura, E. L. and J. H. Uchiyama (1966) Length-weight relations of Pacific tunas. *In Proc. Governor's Conf. Cent. Pacif. Fish. Resources* (T. A. Manar ed.), Honolulu, Hawaii, USA, 197-201.
- Ottolenghi, F. (2008) Capture-based aquaculture of bluefin tuna. *FAO Fish. Tech. Paper*, No. 508: 169-182.
- Ricker, W. E. (1979) Growth rates and models. *In Fish Physiology* (W. S. Hoar, D. J. Randall, J. R. Brett eds.), Academic Press, New York, 677-743.
- Sawada, Y., T. Okada, S. Miyashita, O. Murata and H. Kumai (2005) Completion of the Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* (Temmich et Schlegel) life cycle. *Aqua. Res.*, 36: 413-421.
- Su, N. J., C. L. Sun and S. Z. Yeh (2003) Estimation of growth parameters and age composition for yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in the western Pacific using the length-based MULTIFAN method. *J. Fish. Soc. Taiwan*, 30(2): 171-184.
- Tičina, V., L. Grubišić and I. Katavić (2007) Growth indices of small northern bluefin tuna (*Thunnus thynnus*, L.) in growth-out rearing cages. *Aquaculture*, 269: 538-543.
- Tudela, S. (2002) El engorde de atunes. Capturar, enjaular, engordar y vender. Available in: URL: http://www.icsf.net/jsp/samudra/spanish/issue_32/art2.pdf
- Wild, A. (1986) Growth of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in the Eastern Pacific Ocean based on otolith increments. *Inter-Am. Trop. Tuna Comm. Bull.*, 18(6): 421-482.

The Size Composition of Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) Caught from the Coastal Waters of Southern Taiwan and Its Growth Performance of Short-term Cage Culture

Ching-Min Yang*, Jinn-Shing Weng, Chi-Chang Lai, Jian-Zhi Huang and Long-Jing Wu

Coastal and Offshore Resource Research Center, Fisheries Research Institute

ABSTRACT

The waters surrounding Taiwan have a plenty of juvenile yellowfin tuna. The use of those fish as seeds for marine cage culture has drawn a great attention in Taiwan in recent years. Studies on size composition, condition factor and length-weight relationship of the fish caught from the coastal waters of Southern Taiwan were conducted. A short-term cage farming experiment, in order to explore sustainable tuna farming model, was carried out. Mean fork length and body weight and condition factor of fish caught from Xiaoliuque were 43.9 ± 8.2 cm, 1.5 ± 1.2 kg and 1.64 ± 0.13 , respectively. On the other hand, mean fork length, body weight and condition factor of fish caught from Green Island were 79.8 ± 18.8 cm, 10.3 ± 5.9 kg and 1.73 ± 0.17 , respectively. The specific growth rate (SGR) of a short-term cage cultured juveniles (about 100 days) was between 0.43 and 0.62%, the body weight gain (WG) was between 1 and 1.7 kg, and the average increase in the feed efficiency (FE) was 8.18%. The fork length increased 0.71 mm daily, the individual weight increased 0.49 kg per month, and the lipid content increased 4-18 times. The results showed that juvenile yellowfin tuna caught in the wild could increase in fatness and lipid content and its value after a short-term period of cage culture. The findings of this study could be helpful for the management of juvenile tuna resources and provide basic data for the tuna farming industry.

Key words: tuna culture, growth rate, feed efficiency, marine cage, length-weight relationship

*Correspondence: Coastal and Offshore Resource Research Center, Fisheries Research Institute, No.6, Yugang N. 3rd Rd., Cianjhen District Kaohsiung 80672, Taiwan. Tel: (07) 8218103 ext. 211; E-mail: yym1001@gmail.com