

臺灣東部海域中層人工聚魚器黃鰹鮪幼魚食性研究

翁進興^{1,2*} · 何珈欣¹ · 許明樹¹ · 李明安² · 劉光明³ · 吳龍靜¹

¹行政院農業委員會水產試驗所沿近海資源研究中心

²國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系

³國立臺灣海洋大學海洋事務與資源管理研究所

摘 要

黃鰹鮪 (*Thunnus albacares*) 為臺灣東部海域中層人工聚魚器 (subsurface fish aggregating devices, SFADs) 主要漁獲魚種，但對於其生物學，特別是食性生態研究極為缺乏，因此，本研究以胃內容物分析法進行黃鰹鮪幼魚食性研究。505 尾標本是延繩釣作業船所捕獲，尾叉長 (fork length, FL) 分布為 36.5 ~ 97.0 cm。主要攝食餌料數量百分比 (%N) 依序為端腳類 (Amphipoda) (20.73%)、南魷 (*Sthenoteuthis oualaniensis*) (12.30%)、鼠鱧 (*Gonorynchus abbreviatus*) 幼魚 (8.94%)、仿蝦蛄 (*Faughnia* spp.) (8.57%)、額圓鯨 (*Decapterus macarellus*) (5.96%) 與花鰹 (*Auxis rochei*) (1.12%)；攝食重量百分比 (%W) 則依序為額圓鯨 (23.17%)、花鰹 (21.91%)、南魷 (8.29%)、仿蝦蛄 (5.17%)、鼠鱧幼魚 (3.38%) 及端腳類 (1.1%)。在餌料相對重要指數 (%IRI) 方面，魚類佔了相當重要比例，其中無法辨識的魚類佔了 30.83%、額圓鯨 14.97%，端腳類及仿蝦蛄則分別為 20.12% 與 10.2%。在不同尾叉長攝食餌料變化上，根據胃內容物分析顯示，當其尾叉長到達 50 cm 左右時，開始進入餌料轉變期，FL < 50 cm 的幼魚以端腳類與仿蝦蛄為主要餌料，FL > 50 cm 者則逐漸改變成攝食鼠鱧幼魚、花鰹及南魷。

關鍵詞：黃鰹鮪、中層人工聚魚器、胃內容物分析

前 言

黃鰹鮪 (*Thunnus albacares*) 分布於熱帶及亞熱帶海域 (Collette and Nauen, 1983)，是主要商業性及漁民捕捉的魚種 (Buckley *et al.*, 1989; Buckley and Miller, 1994)，過去 10 年來中、西太平洋每年漁獲量平均超過 400,000 mt (Lawson, 2000)，由於鮪魚具有追隨及聚集在漂流物之習性，包括人造或天然之漂流物，亞熱帶海域設置人工聚魚器 (fish aggregating devices, FADs) 後，更提升了洄游性魚類的漁獲量，2013 年漁獲量已超過 620,000 mt (WCPFC, 2013)，因而許多研究者以黃鰹鮪為主要研究對象，著手進行黃鰹鮪食性研究，如餌料組

成 (Dragovich and Potthoff, 1972)、攝食行為 (Bertrand *et al.*, 2002; Potier *et al.*, 2004) 和攝食策略 (Rohit *et al.*, 2010)。由於黃鰹鮪在 FADs 比非 FADs 海域能獲得更多餌料 (Barut, 1988)，且主要餌料不同 (Itano and Buckley, 1987)。因此，部分研究者開始在 FADs 進行黃鰹鮪食性研究，如 Buckley and Miller (1994) 在美屬的 Samoa 島；Ménard *et al.* (2000) 在大西洋接近赤道海域；Malone *et al.* (2011) 則在印度海域進行。但這些研究者均著重成魚研究，針對小型魚食性研究上不多，尤其尾叉長 (FL) 小於 50 cm 者更付諸闕如 (Brock, 1985; Maldeniya, 1996; Graham *et al.*, 2007)。對於小型魚食性研究是必要的，因為小型鮪魚在天然或 FADs 海域中佔有優勢地位 (Ménard *et al.*, 2000)。

對於魚類食性研究主要方法為分析胃內容物，此方法可以直接取得食物的種類及攝食的比

*通訊作者 / 高雄市前鎮區漁港北三路 6 號, TEL: (07) 821-8103; FAX: (07) 821-8205; E-mail: j-s.ueng@mail.tfrin.gov.tw

率 (MacDonald *et al.*, 1982)。由於魚類攝食除維持自身成長外，與整體族群移動、繁衍、餌料環境皆有關係，因此食性研究上可提供魚類生活史之關鍵 (鄧與趙, 1991)。

水產試驗所在 1980 年代開始從事 FADs 的研究，早期設置在水面上，稱之為表層 FADs，雖然其聚魚效果，但有影響船隻航行安全之疑慮，因此 90 年代開始改為設置於水面下，稱之為中層人工聚魚器 (subsurface fish aggregating devices, SFADs)，目前在臺灣周邊海域所設置者均為此類。2003 年起，在東部海域設置的 SFADs，以綠島海域的聚魚效果最佳，每年漁獲量高達 600 mt，其中黃鰹鮪佔漁獲比率最高為 70% 左右。而成功鎮小型延繩釣漁船在 SFADs 作業之漁船共有 16 艘，所作業之 SFADs 與綠島海域不同，但漁獲仍以黃鰹鮪幼魚為主，由於國內缺乏黃鰹鮪相關研究，目前僅有在臺灣西南海域進行黃鰹鮪幼魚反射強度 (Lu *et al.*, 2012)；Weng *et al.* (2013) 在 SFADs 進行黃鰹鮪幼魚行為研究時，發現黃鰹鮪幼魚垂直移動行為夜間上浮比日間明顯，水平移動距離 SFADs 約 1.6 km，推測此行為可能與攝食有關。而在西太平洋同樣缺乏在 FADs 下對於黃鰹鮪幼魚食性報告，因此本報告為首次在西太平洋研究報告，針對臺灣東部海域 SFADs 所捕獲之主要魚種黃鰹鮪幼魚，進行胃內容物分析，探討不同階段之黃鰹鮪幼魚在 SFADs 的攝餌生態，作為此魚種幼魚資源利用與管理參考。

材料與方法

一、標本採集

本研究自 2011 年 2 月至 2012 年 1 月，由延繩釣作業船於臺灣東部海域 2 組 SFADs 海域所捕獲，其投放地點如 Fig. 1。釣獲之黃鰹鮪以冰藏方式保存，當日返港後標本運送至水產試驗所東部海洋生物研究中心實驗室進行解剖。共採集黃鰹鮪標本 505 尾，測量其 FL (cm) 與體重 (kg)。黃鰹鮪切開腹腔取出胃囊後，將胃內容物依據沈等 (1993) 進行分類，計算其尾數與秤重，重量以 g 為單位，精確至小數第 2 位，計算空胃率及計算不同體型大小之攝食率。在胃內容物重量低於 0.01 g 時視為空胃，而每公斤魚體之攝食率 (repletion) 之

估算為，每公斤魚體重含有多少克之胃內容物 [prey (g) / body weight (kg)]，並以 Shapiro-Wilk 檢定 ($p < 0.05$)。另，本資料呈非常態分布，因而以無母數 Kruskal-Wallis test 進行各尾叉長間之每公斤魚體重攝食率檢定。

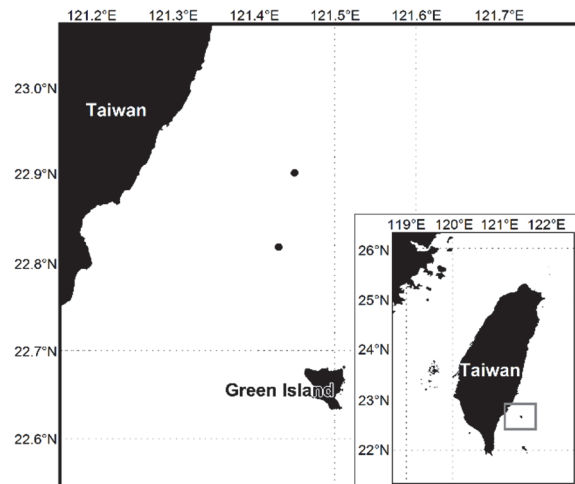


Fig. 1 Sampling location of the yellowfin tuna around the subsurface SFADs (●) in the waters east of Taiwan.

二、資料分析

為探討不同餌料之重要性，依據 Hyslop (1980) 之胃內容物分析法，計算胃內容物飽食指數分析 (stomach content weight index, SCWI)，被攝食餌料數量及重量百分比 (%N、%W)；平均被攝食餌料重量及數量百分比 (%MW、%MN)；餌料出現率 (%F) 及相對重要性指數 (index of relative importance, IRI)，其公式為：

$$SCWI = \text{胃內容物(g)} / \text{體重(g)} \times 100$$

$$\%N = \text{每種被攝食餌料之數量} / \text{所有餌料數量} \times 100$$

$$\%W = \text{每種被攝食餌料之重量} / \text{所有餌料重量} \times 100$$

$$\%F = \text{標本魚攝食各種餌料之數量} / \text{所有標本魚數量} \times 100$$

$$IRI = (\%N + \%W) \times \%F ; \%IRI = (IRI_i / \sum IRI) \times 100$$

$$\%MW = \frac{1}{P} \sum_{j=1}^p \left(\frac{W_{ij}}{\sum_{i=1}^q W_{ij}} \right)$$

$$\%MN = \frac{1}{P} \sum_{j=1}^p \left(\frac{N_{ij}}{\sum_{i=1}^q N_{ij}} \right)$$

i 代表各種餌料； j 代表魚的個體； N_i 代表餌

料種類的數量； W_i 代表餌料種類的重量； N_{ij} 代表餌料種類在標本魚 (j) 的數量； W_{ij} 代表餌料種類在標本魚 (j) 的重量； Q 代表標本中的各種餌料數量； P 代表有攝食餌料之標本魚的數量。

Sun *et al.* (2005) 在西太平洋黃鰹鮪生殖生物學研究上，成熟體型約 107 cm FL，因此，在此 FL 以下之黃鰹鮪稱為幼魚。為探討黃鰹鮪不同尾叉長間餌料重疊率及生態位寬度 (niche breadth)，參考 Graham *et al.* (2007) 將標本依 FL 分成 31~40、41~50、51~60 與 >60 cm 4 組，並以 Morisita's original index (Horn, 1966) 指數來檢定重疊率，其公式如下：

$$C_{mh} = \frac{2 \sum_{i=1}^S p_{A,i} \times p_{B,i}}{\sum_{i=1}^S p_{A,i}^2 + \sum_{i=1}^S p_{B,i}^2}$$

$P_{A,i}$ 和 $P_{B,i}$ 代表 %N、%W、%MN 與 %MW 各種餌料 i 在不同 FL 之黃鰹鮪 A 和 B 之組成， S 為黃鰹鮪所攝食之餌料總數。當 $C_{mh} \geq 0.6$ 代表食性有明顯重疊 (Zaret and Rand, 1971)。

生態位寬度 (Zaret and Rand, 1971) 可以了解黃鰹鮪幼魚對於餌料種類是否有選擇性，其公式如下：

$$\text{生態位寬度 niche breadth (B)} = \frac{1}{\sum_{i=1}^S p_i^2}$$

P_i 代表食物種類 i 在黃鰹鮪幼魚之餌料重量百分比， S 為全部餌料數量。B 值若為 1 代表黃鰹鮪幼魚所攝食之餌料僅有一種，及對餌料具有專一之選擇性，B 值愈大則表示餌料選擇較為普遍性。

三、餌料之季節性變化

為探討黃鰹鮪胃內容物的季節性變化，將 2~4 月訂為春季、5~7 月為夏季、8~10 月為秋季、11 月至翌年 1 月為冬季。將各季節之餌料統計後，計算其平均攝食數量 (%MN) 和平均攝食重量 (%MW)，經 Shapiro-Wilk 檢定 ($p < 0.05$)，本資料同樣為非常態分布，因此採用無母數 Kruskal-Wallis test 進行季節性餌料生物變化檢定。

結 果

一、胃內餌料組成及胃內容物飽食指數

本研究中 505 尾標本的 FL 分布 36.5~97.0 cm，體重為 0.8~17.7 kg，主要 FL 以 40~45 cm 最高，達 41.4% (Fig. 2)。標本中有 174 尾為空胃，空胃率達 34.5%。分析 331 個胃的胃內容物發現，計有甲殼類 4 科、動物性浮游生物 5 大類、頭足類 3 科及魚類 31 科。在被攝食之餌料生物數量 (%N)，以端腳類 (Amphipoda) 被攝食量最多 (20.73%)，其次為南魷 (*Sthenoteuthis oualaniensis*) (12.30%)、鼠鱧 (*Gonorynchus abbreviatus*) 幼魚 (8.94%) 與仿蝦蛄 (*Faughnia* spp.) (8.57%)。被攝食餌料重量中 (%W) 則以頷圓鰱 (*Decapterus macarellus*) 最高 (23.17%)，其次為花鰹 (*Auxis rochei*) (21.91%)、南魷 (8.29%) 與仿蝦蛄 (5.17%)。在餌料出現率 (%F)，依序為端腳類 (12.20%)、仿蝦蛄 (9.80%)、頷圓鰱 (6.8%)、南魷 (2.80%) 與鼠鱧幼魚 (2.80%)。在相對重要性指數 (%IRI) 值中則以成消化狀無法辨識魚類最高達 30.83%，其餘依序為端腳類 (20.12%)、頷圓鰱 (14.97%)、仿蝦蛄 (10.2%)、花鰹 (3.83%)、鼠鱧幼魚 (2.61%) (Table 1)。

黃鰹鮪幼魚之 SCWI 頻度分布，以 0~2.5 最高達 (91.00%)、2.6~4.0 (5.75%)、4.1~6.0 (2.57%) 及 > 6.0 (0.40%) (Fig. 3)。

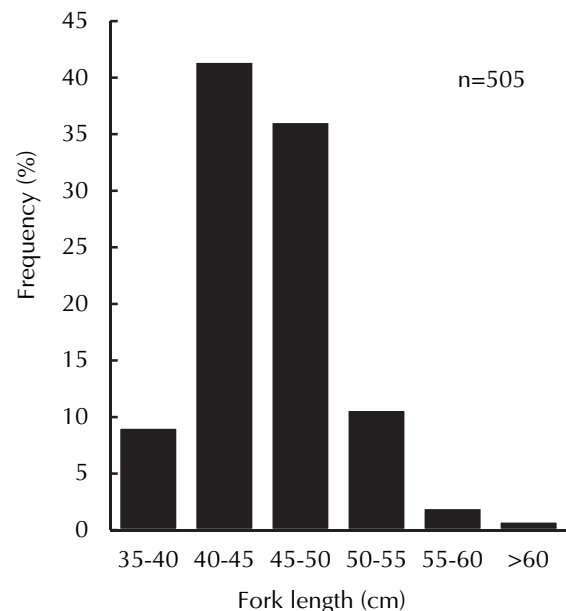


Fig. 2 The frequency distribution of yellowfin tuna fork lengths in the surface SFADs in the waters east of Taiwan.

Table 1 Compositions of juvenile yellowfin tuna diets and dietary indexes of prey items, including abundance percentage (%N), weight percentage (%W), frequency of occurrence (%F), index of relative abundance (%IRI), and IRI percentage (% IRI) (as determined from all 331 samples)

prey species	%N	%W	%F	IRI	% IRI
zooplankton					
Amphipoda	20.73	1.10	12.2	266.20	20.12
Heteropoda	0.40	0.03	1.00	0.43	0.01
Thaliacae	1.10	0.39	1.50	2.25	0.17
Polychaetes	0.07	0.01	0.10	0.01	0.01
unidentified zooplankton	2.70	0.12	5.00	14.10	1.07
Crustacea					
<i>Faughnia</i> spp.	8.57	5.17	9.80	134.95	10.20
Scyllaridae	1.60	3.00	2.70	12.42	0.94
<i>Janicella</i> sp.	0.44	0.06	0.13	0.07	0.01
crab larvae	2.70	0.10	2.60	7.28	0.55
shrimps	5.28	1.54	6.60	45.08	3.40
unidentified	6.18	1.06	4.40	31.48	2.38
Mollusca					
<i>Sthenoteuthis oualaniensis</i>	12.30	8.29	2.80	57.65	4.34
<i>Sthenoteuthis</i> sp.	2.70	0.88	3.10	11.16	0.85
<i>Octopus</i> spp.	0.30	0.13	0.30	0.11	0.01
<i>Argonaut</i> sp.	0.13	0.45	0.30	0.08	0.01
unidentified squids	2.20	2.18	8.60	37.67	2.85
fishes					
<i>Bregmaceros japonicus</i>	0.16	0.13	0.13	0.03	0.01
Exocoetidae	0.13	0.29	0.30	0.13	0.01
<i>Canthigaster</i> sp.	0.01	0.01	1.20	0.02	0.00
<i>Thyrsitoides marleyi</i>	0.75	1.42	0.80	1.74	0.13
<i>Thyrsitoides</i> spp.	0.07	0.06	0.13	0.02	0.00
<i>Gonorynchus abbreviatus</i>	8.94	3.38	2.80	34.55	2.61
<i>Decapterus maruadsi</i>	0.50	0.10	0.40	0.24	0.18
<i>Decapterus macarellus</i>	6.00	23.17	6.80	198.08	14.97
<i>Decapterus</i> sp.	0.62	3.05	0.30	1.10	0.08
<i>Auxis rochei</i>	1.12	21.91	2.20	50.67	3.83
<i>Auxis</i> sp.	0.07	0.12	0.30	0.05	0.01
<i>Chaetodon</i> spp.	1.30	0.09	2.40	3.20	0.24
<i>Gargariscus</i> sp.	0.13	0.05	0.30	0.05	0.01
Synodontidae	0.30	0.06	0.14	0.04	0.01
<i>Canthigaster</i> sp.	0.13	0.05	0.30	0.05	0.01
<i>Trichiurus japonicus</i>	0.31	2.00	0.51	1.29	0.10
<i>Chanos chanos</i>	0.07	0.05	0.14	0.02	0.00
<i>Mene maculata</i>	0.30	0.05	0.50	0.15	0.01

Table 1 Continued

prey species	%N	%W	%F	IRI	% IRI
fishes					
<i>Cubiceps</i> sp.	0.07	0.05	0.15	0.01	0.00
<i>Diodon holocanthus</i>	0.07	0.01	0.15	0.01	0.00
<i>Brama</i> sp.	0.56	0.40	1.01	0.96	0.07
Ostraciidae	0.07	0.01	0.15	0.01	0.00
<i>Dactyloptena</i> sp.	0.07	0.02	0.15	0.01	0.00
<i>Apogon ellioti</i>	0.12	0.05	0.15	0.02	0.00
<i>Synagrops philippinensis</i>	0.20	0.31	0.15	0.07	0.00
<i>Evistias</i> sp.	0.07	0.03	0.15	0.01	0.00
<i>Drepane punctata</i>	0.07	0.02	0.15	0.01	0.00
<i>Abalistes stellaris</i>	0.50	0.90	0.40	0.56	0.01
unidentified fishes	9.89	17.70	16.58	407.82	30.83

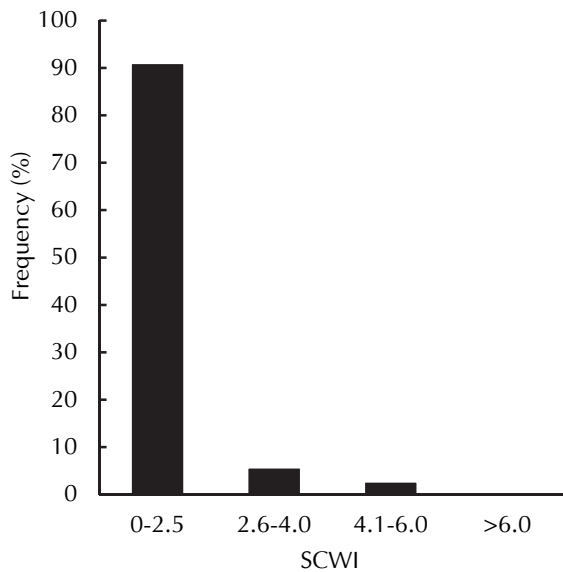


Fig. 3 Grouped frequency of the stomach content weight indices (SCWI) of yellowfin tuna.

二、不同尾叉長之餌料變化

不同體型的黃鰹鮪幼魚平均攝食量為 0.77 ~ 11.76 g/kg，其中以 31 ~ 40 cm FL 的 11.76 g/kg (SD=16.27) 最高，最低為 > 60 cm FL 的 0.77 g/kg (SD=0.30) (Table 2)，攝食量不隨體型增大而增加，檢定結果無顯著差異 (Kruskal-Wallis test $h=0.76$, $p > 0.05$)。將所有胃內容物分成主要 19 大類，並針對各體型主要攝食餌料進行探討，

31 ~ 40 cm FL 在平均攝食數量 (%MN) 以端腳類 (39.82%) 最高，次為仿蝦蛄 (10.19%)；41 ~ 50 cm FL 仍以端腳類 (18.88%) 最高、次為鼠鱧幼魚 (9.55%) 與仿蝦蛄 (8.87%)；51 ~ 60 cm FL 以頷圓鯪 (27.78%) 最高、次為南魷 (24.45%)、鼠鱧幼魚 (16.68%)；> 60 cm FL 則以頷圓鯪最高 (66.87%)。在平均攝食重量 (%MW)，31 ~ 40 cm FL 以頷圓鯪 (50.76%) 最高，次為仿蝦蛄 (11.08%)；41 ~ 50 cm FL 以花鰹 (25.18%) 最高，其次為頷圓鯪 (16.67%)、南魷 (9.26%)；51 ~ 60 cm FL 依序為頷圓鯪 (82.37%)、鼠鱧幼魚 (5.59%)、南魷 (5.08%)；> 60 cm FL 組，頷圓鯪高達 93.51% (Table 3)。

利用 4 個指標 (%N、%W、%MN、%MW) 以 Morisita's original index 指數檢定不同尾叉長之餌料重疊率，%N、%MN 有顯著重疊率發生在小體型 Class I、II 及 Class II、III；而 %W、%MW 出現重疊率則在大體型的 Class III 及 Class V (Table 4)。

黃鰹鮪幼魚在不同尾叉長餌料攝食生態位寬度上均大於 1，其中以 41 ~ 50 cm FL 之 6.93 最高，> 60 cm FL 最低 1.14，顯示黃鰹鮪幼魚對於餌料選擇上具多樣化。

Table 2 Stomach content analysis results for each size class of juvenile yellowfin tuna

size class	FL (cm)	stomach contents				
		n	% with prey	repletion-g/kg		
				Mean	±S. D	Median
I	31-40	46	45.7	11.76	16.27	11.03
II	41-50	390	64.3	9.31	12.54	4.50
III	51-60	65	87.9	6.10	6.87	3.93
VI	>60	4	50.0	0.77	0.30	0.77

Table 3 Comparison of the 19 prey groups in the diets of juvenile yellowfin tuna, measured in terms of (%MN) and (%MW) by size class

prey items	class size	FL (cm)							
		31-40		41-50		51-60		>60	
		%MN	%MW	%MN	%MW	%MN	%MW	%MN	%MW
zooplankton									
Amphipoda		39.82	7.14	18.88	0.93	5.56	0.09		
other zooplankton		0.48	0.03	1.83	0.47				
unidentified		7.76	8.47	0.30	0.12	1.11	0.48		
Crustacea									
<i>Faughnia</i> spp.		10.19	2.71	8.87	5.82	1.11	0.03		
Scyllaridae				1.98	3.44				
shrimps		15.05	1.55	3.51	1.61	7.77	1.32		
crab larvae		8.74	1.81	2.45	0.12				
unidentified		1.46	1.22	7.03	0.88	2.22	2.79	6.37	5.96
Mollusca									
<i>Sthenoteuthis oualaniensis</i>				13.45	9.26	24.45	5.08		
<i>Sthenoteuthis</i> spp.				3.28	1.03				
other squids				2.45	0.12				
unidentified squids		5.30	5.22	2.14	1.55	3.33	0.21		
fishes									
<i>Gonorynchus abbreviatus</i>		1.94	2.92	9.55	3.34	16.68	5.59		
<i>Decapterus macarellus</i>		3.88	50.76	4.43	16.67	27.78	82.37	66.87	93.51
<i>Decapterus</i> sp.		0.97	11.08	0.61	2.45				
<i>Auxis rochei</i>				1.37	25.18				
Chaetodontidae				0.23	2.26	2.22	0.34		
other fishes		2.45	2.98	8.18	5.17	4.44	0.38	26.76	0.53
unidentified fishes		1.96	4.12	9.46	19.58	3.33	1.32		

三、餌料之季節性變化

黃鰭鮪幼魚餌料季節變化，春季時平均被攝食餌料數量百分比 (%MN) 以南魷 (19.08%) 最高、次為鼠鱧幼魚 (18.05%)；夏季以端腳類 (15.04%) 最高、次為南魷 (11.80%)；秋季以無法

辨識之魚類最高 (36.93%)、次為端腳類 (11.93%)；冬季則以端腳類 (38.50%) 最高、次為蝦類 (18.38%)。在平均被攝食餌料重量百分比 (%MW)，春季時以消化狀無法辨識魚類最高達 (35.80%)、次為鼠鱧幼魚 (11.15%)、領圓鰾 (8.05%)；夏季以花鰹 (40.49%) 最高、次為領圓

Table 4 The Morisita's original index of dietary overlap for each size class of juvenile yellowfin tuna

class	FL (cm)			
	31-40	41-50	51-60	>60
overlap of prey taxa in terms of %MN and %N				
I		<i>0.66*</i>	<i>0.27</i>	<i>0.09</i>
II	<i>0.66*</i>		<i>0.61*</i>	<i>0.20</i>
III	0.27	0.60*		0.57
IV	0.08	0.32	0.40	
overlap of prey taxa in terms of %MW and %W				
I		<i>0.46</i>	<i>0.86*</i>	<i>0.81*</i>
II	0.46		<i>0.35</i>	<i>0.30</i>
III	<i>0.86*</i>	0.35		<i>0.98*</i>
IV	<i>0.81*</i>	0.31	<i>0.98*</i>	

*Significant overlap ($C_{mh} \geq 0.6$); Italicized is (%W and %N)

鰹 (17.27%)；秋季以頷圓鰹 (46.29%) 最高、次為南魷(10.69%)；冬季則以頷圓鰹 (73.71%) 最高，次為仿蝦蛄 (3.81%) 與端腳類 (3.56%) (Table 5)。顯示黃鰭鮪幼魚餌料變化隨季節改變，但檢定結果無顯著差異 (Kruskal-Wallis test $h = 0.76$, $p > 0.05$)。

討 論

一、黃鰭鮪空胃率

不同海域黃鰭鮪皆有空胃率情形，如大西洋中在 FADs 所捕獲之黃鰭鮪，空胃率高達 85% (Ménard *et al.*, 2000)；西印度洋為 14.3% (Potier *et al.*, 2004)；印度海域則為 12% (Rohit *et al.*, 2010)。本研究標本係白天以延繩釣所釣獲，空胃率為 34.5%。造成空胃率高的原因，可能白天正在搜尋獵物 (Reintjes and King, 1953) 及作業漁具、漁法選擇上的問題 (Buckley and Miller, 1994)。Potier *et al.* (2004) 指出，延繩釣漁獲之黃鰭鮪空胃率高於圍網，由於延繩釣作業為白天，加上黃鰭鮪活動力強，為高代謝率魚種 (Olson and Boggs, 1986)，先前所攝食之餌料可能已消化，造成胃內容物較少，而正在搜索餌料時業已被釣獲，可能造成高空胃率，但缺乏延繩釣夜間作業之報告，無法提供更深入探討 (Grudinin,

1989)。Borodulina (1982) 指出黃鰭鮪為白天攝食，因而延繩釣漁獲黃鰭鮪胃內容物為淺水層生物，捕抓之食餌中缺乏垂直洄游能力 (Potier *et al.*, 2004)，部分學者則持不同意見，認為黃鰭鮪為晝夜之攝食者，任何時段可發現滿胃的魚 (Reintjes and King, 1953; Grudinin, 1989)。本研究作業之漁法為被動性漁法，當魚本身處於飽食狀態或餌料無法吸引魚類前來索餌 (林, 1999)，就無法漁獲，這可能導致空胃率高的原因，因此將來研究上需採集夜間作業之標本或以其它漁法之漁獲來協助釐清。

二、不同體長之餌料變化

Maldeniya (1996) 進行黃鰭鮪胃內容物研究時指出，體型在 40 cm FL 以下之個體主要攝食動物性浮游生物、甲殼類及頭足類等小型生物；Potier *et al.* (2004) 在延繩釣及圍網作業標本採集中，黃鰭鮪胃內攝食比率最高者為甲殼類；Graham *et al.* (2007) 指出黃鰭鮪體型 < 45 cm FL 同樣以動物性浮游生物、甲殼類幼生為主要餌料，此階段海洋生物游泳能力較慢，甚至隨海流移動。本研究發現大部分被攝食餌料組成，同樣以游泳能力較差之幼生或浮游階段之生物為主，如甲殼類幼生、動物性浮游生物、頭足類、魚類幼魚等，與上述研究者類似。

Table 5 Seasonal changes importance 19 category major prey taxa (%MN and %MW) in the diet of juvenile yellowfin tuna

prey item	spring		summer		autumn		winter	
	MN	MW	MN	MW	MN	MW	MN	MW
zooplankton								
Amphipoda	16.23	1.24	15.04	0.52	11.93	0.73	38.50	3.56
Other zooplankton	1.41	0.78	2.06	0.14	1.14	1.16	1.40	0.20
Unidentified zooplankton	2.45	0.20	0.60	0.18	3.41	0.72	6.24	2.18
Crustacea								
<i>Faughnia</i> spp.	5.15	4.30	16.22	6.85	9.65	3.52	7.35	1.12
Scyllaridae	0.64	0.32	5.89	5.69			0.25	0.02
shrimps	1.03	3.90	2.65	0.27	1.14	0.02	18.38	2.32
crab larvae	1.93	0.80	0.90	0.05	6.25	0.63	3.95	0.49
unidentified	2.71	1.09	2.06	0.29	36.93	4.05	3.38	3.04
Mollusca								
<i>Sthenoteuthis oualaniensis</i>	19.08	10.05	11.80	8.70	2.28	10.69	0.26	1.04
<i>Sthenoteuthis</i> sp.	5.54	3.06						
other squids	2.32	1.05	1.47	0.16	1.14	0.28	1.98	0.91
unidentified squids	2.83	1.58	3.24	1.45	2.84	3.06	1.12	0.85
fishes								
<i>Gonorynchus abbreviatus</i>	18.05	11.15	1.18	0.23				
<i>Decapterus macarellus</i>	1.42	8.05	11.50	17.27	6.25	46.29	10.50	73.71
<i>Decapterus</i> sp.			2.36	4.19			0.54	3.82
<i>Auxis rochei</i>	0.26	4.50	4.72	40.49				
Chaetodontidae	1.54	0.35	1.77	0.17			0.80	0.69
other fishes	7.48	11.78	5.90	9.68	7.38	17.86	3.10	3.97
unidentified fishes	9.93	35.80	10.64	3.67	9.66	10.99	2.25	2.08

Cooper *et al.* (2007) 指出，改變攝食餌料乃身體結構及生理變化，因而促進行為改變，也獲得較大之能量 (Noakes and Godin, 1988)，同時增加成長及降低死亡率 (Post, 2003)。因此在 50 cm FL 以後之黃鰭鮪逐漸攝食較大之生物，如硬骨魚及成熟之細腳刺蝦 (*Oplophorus gracilirostris*) (Graham *et al.*, 2007)，當黃鰭鮪體型 > 90 cm FL 主要攝食餌料則以飛魚 (Exocetids) 和鯖科 (Scombridae) 魚類為主 (Potier *et al.*, 2007)，尤其鯖科魚類更是大型黃鰭鮪主要餌料 (Ménard *et al.*, 2000)。本研究在不同體長攝食餌料變化上，31 ~ 40 cm FL 主要以幼生生物為主，在 50 cm FL 以後

開始攝食體型較大之生物，如鼠鱧幼魚，花鰹及南魷等生物 (Table 3)，與上述研究者一致，而不同餌料應為不同海域所致。而在相對重要指數 (%IRI) 值中，魚類、甲殼類及動物性浮游生物中之端腳類等餌料，佔有相當高比率 (Table 1)，顯見此類海洋生物幼生可能為黃鰭鮪幼魚階段時期的重要餌料。

三、攝食策略及各尾叉長間餌料重疊率

Hunter and Mitchel (1967, 1968)、Itano and Buckley (1987)、Fedoryako (1989) 均指出，許多

洄游性魚類及稚魚會聚集於固定或漂流物；Holland *et al.* (1990) 指出黃鰭鮪有一攝食策略，白天會接近島嶼，提高攝食洄游性及珊瑚礁魚類的機會，夜間一般會在表層水域，同時最常聚集在 FADs 或島嶼 700 m 左右之範圍；Brock (1985) 觀察在 Hawaii FADs 的黃鰭鮪餌料改變上認為，可能 FADs 與島嶼域間距離有關，由於島嶼附近水流之變化及擾動，許多生物在幼生階段會聚集在此，FADs 距離島嶼愈近時，黃鰭鮪可從此水域中攝食更多的幼魚及甲殼類生物 (Bertrand *et al.*, 2002)。本研究採樣地點之 SFADs 距離島嶼 (綠島) 約 8~14 浬，由於 SFADs 與島嶼距離不遠，可提供許多生物在幼生聚集，推測黃鰭鮪幼魚可以在此獲得更多攝食機會，因此本結果支持前述研究者之論述。

本研究延繩釣作業船使用餌料為頷圓鯊，而造成此餌料在不同體長間均有被攝食之情形，因此在食物出現重疊率方面，各體長間均出現重疊現象 (Table 4)。

黃鰭鮪為機會主義攝食者 (Sun *et al.*, 1981)，加上海洋餌料生物分布不均勻，這些洄游性捕食者會去尋找餌料生物充足的海域 (Sun *et al.*, 1981; Bertrand *et al.*, 2002)，因此，黃鰭鮪在海洋中攝食行為應屬於隨機性，攝食生物多樣化，各尾叉長間食性生態位較具普遍性，由於本延繩釣作業中漁獲體型以 50 cm FL 為主，> 60 cm FL 標本較少 (n=4)，可能造成其食性生態位及每公斤體重攝食量上最低原因。

四、餌料之季節性變化

魚類食性往往隨棲所或洄游海域之餌料種類、數量之季節變動而產生變化，Dragovich and Potthoff (1972) 在西非沿近海進行正鰹及黃鰭鮪研究時指出，隨季節變化攝食餌料會隨著改變；吳等 (2006) 在臺灣東部海域進行鬼頭刀 (*Coryphaena hippurus*) 食性研究時指出，鬼頭刀食性同樣隨季節改變，各季節中攝食餌料以魚類為主，如春季中以沙丁魚最高，夏季則為飛魚。本研究中黃鰭鮪幼魚攝食餌料隨季節變化，頷圓鯊整年可發現，乃因延繩釣作業中使用此魚種為餌料所致。而本魚種攝食餌料與鬼頭刀不同，可能係不

同魚種之緣故。吳等 (2006) 研究指出，4~7 月為臺灣東部飛魚之盛漁期，鬼頭刀會攝食飛魚洄游至此海域，同樣在綠島海域漁民會捕捉飛魚當餌料進行黃鰭鮪延繩釣作業，但此季節在黃鰭鮪幼魚並非以飛魚為主要攝食餌料，推測原因可能魚體型過小，攝食飛魚能力不足所致。Chiou *et al.* (2006) 在臺灣西南海域進行白帶魚食性研究，亦出現不同體型所攝食餌料及餌料生物會隨季節性改變。因此，食性是建立物種生存對應氣候變化的重要特性，攝食多樣性將有利於時空變化的適應 (Tenore *et al.*, 1995)，因此黃鰭鮪幼魚餌料種類上呈現多樣化 (Table 1)。

Hunter and Mitchell (1967, 1968)、Itano and Buckley (1987)、Fedoryako (1989) 等研究指出，洄游性魚類 (包括稚魚)，如鯖科及單棘鮪科 (Monacanthidae) 會聚集在固定或漂流之 FADs，因此提高黃鰭鮪捕食追隨 FADs 之洄游性魚類之可能性。FADs 可提供小型魚聚集提高黃鰭鮪攝食機會，而在國內標識放流研究上，黃鰭鮪白天離開 SFADs 1.6 km 以上，停留在 SFADs 時間最長為 31 天，夜間會接近 SFADs (Weng *et al.*, 2013)，此行為推測白天進行搜尋餌料有關，夜間後再返回 SFADs。由於黃鰭鮪夜間會聚集於 SFADs，在禁漁區應嚴格禁止夜間網具類作業，避免大量漁獲，造成資源過度利用。本研究以幼魚為對象，在不同體型階段及季節性餌料變化進行食性探討，幼魚階段時主要攝食餌料以幼生生物為主，此種生物能穩定生長，將可提供黃鰭鮪幼魚成長及提高存活率。而在成魚方面，臺灣東部海域每年 3~5 月大型黃鰭鮪會追逐飛魚至綠島附近海域之 SFADs，此季節為當地漁民主要作業漁期，但此飛魚季時漁民捕抓飛魚及飛魚卵，過多捕抓黃鰭鮪成魚之重要餌料，是否會對東部海域大型黃鰭鮪漁獲造成影響目前未知，由於黃鰭鮪在臺灣海域研究上極為缺乏，將來希望透過標識放流研究，讓此海域黃鰭鮪洄游行為更清楚，使黃鰭鮪在食物鏈位階及生態上更能深入了解，作為臺灣海域 SFADs 漁業管理參考。

謝 辭

本研究承蒙前行政院農業委員會水產試驗所

東部海洋生物研究中心陳主任文義博士、成功鎮中層人工浮魚礁產銷班班長董晉利船長提供實驗室及標本、本中心陳秋月、曾新閔小姐協助標本解剖及資料建檔，而得以順利完成，謹此一並致謝。

參考文獻

- 沈世傑, 李信徹, 邵廣昭, 莫顯喬, 陳春暉, 陳哲聰 (1993) 臺灣魚類誌, 國立臺灣大學動物系, 960 pp.
- 吳春基, 林俊辰, 蘇偉成 (2006) 臺灣東部海域產鬼頭刀之食性研究. 水產研究, 14 (1): 13-27.
- 林俊辰譯 (1999) 延繩釣漁業技術與魚類對釣具的生態行為, 徐氏基金會出版, 169 pp.
- 鄧景耀, 趙傳綱 (1991) 海洋漁業生物學, 農業出版社, 686 pp.
- Barut, N. C. (1998) Feeding habits of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) captured by hand lines around payao in the Moro Gulf. Working Paper (IPTP/88/WP/18), 39 pp.
- Bertrand, A., F-X. Bard and E. Jose (2002) Tuna food habits related to the micronekton distribution in French Polynesia. Mar. Biol. 140: 1023-1037.
- Borodulina, O. D. (1982) Food composition of yellowfin tuna *Thunnus albacares* (Scombridae). J. Ichthyol., 21: 38-46.
- Brock, R. (1985) Preliminary study of the feeding habits of pelagic fish around Hawaiian fish aggregation devices or can fish aggregation devices enhances local fisheries productivity? Bull. Mar. Sci. 37: 40-49.
- Buckley, R. M., D. G. Itano and T. W. Buckley (1989) Fish aggregation device (FAD) enhancement of offshore fisheries in American Samoa. Bull. Mar. Sci., 44: 942-949.
- Buckley, T. W and B. S. Miller (1994) Feeding habits of yellowfin tuna associated with fish aggregation devices in American Samoa. Bull. Mar. Sci., 55: 445-459.
- Collette, B. B. and C. E. Nauen (1983) FAO Species Catalogue: Scombrids of the World. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date. FAO Fish. Synop., 125(2): 137.
- Cooper, A. B., N. Pettoreli and S. M. Durant (2007) Large carnivore menus: factors affecting hunting decisions by cheetahs in the Serengeti. Anim. Behav., 73: 651-659.
- Chiou, W. D., C. Y. Chen, C. M. Wang and C. T. Chen (2006) Food and feeding habits of ribbonfish *Trichiurus lepturus* in coastal waters of south-western Taiwan. Fish. Sci., 72: 373-381.
- Dragovich, A. and T. Potthoff (1972) Comparative study of food of skipjack and yellowfin tuna off the coast of West Africa. Fish. Bull., 70: 1087-1110.
- Fedoryako, B. I. (1989) A comparative characteristic of oceanic fish assemblages associated with floating debris. J. Ichthyol., 29: 128-137.
- Graham, B. S., D. Grbbus, K. Holland and B. N. Popp (2007) A rapid ontogenetic shift in the diet of juvenile yellowfin tuna from Hawaii. Mar. Biol., 150: 647-658.
- Grudin, S. D. (1989) On the ecology of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and bigeye tuna (*Thunnus obsus*). J. Ichthyol., 29: 22-29.
- Holland, K., R. W. Brill and R. K. C. Chang (1990) Horizontal and vertical movements of yellowfin and bigeye tuna associated with fish aggregating devices. Fish. Bull., 88: 493-507.
- Horn, H. S. (1966) Measurement of "overlap" in comparative ecological studies. Amer. Natural., 100: 419-424.
- Hyslop, E. J. (1980) Stomach contents analysis – a review of methods and their application. J. Fish. Biol., 17: 411-429.
- Hunter, J. R. and C. T. Mitchell (1967) Association of fishes with flotsam in the offshore waters of Central America. Fish. Bull., 66: 13-29.
- Hunter, J. R. and C. T. Mitchell (1968) Field experiments on the attraction of pelagic fish to floating object. J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer., 31: 427-434.
- Itano, D. G. and T. W. Buckley (1987) Report on the fish aggregating device (FAD) program in American Samoa (1979 to November 1987). Unpublished Rep. 49 pp. Department of marine and wildlife resources, Pago Pago, American Samoa.
- Lawson, T. A. (Ed) (2000) Secretariat of the Pacific Community tuna fishery yearbook 1999. (Secretariat of the Pacific Community: Noumea, New Caledonia).
- Lu, H. J., K. Myounghee, H. H. Huang, C. C. Lai and L. J. Wu (2012) Ex situ and in situ measurements of juvenile yellowfin tuna *Thunnus albacares* target strength. Fish. Sci., 77: 903-913.
- MacDonald, J. S., K. G. Waiwood and R. H. Green (1982) Rates of digestion of different prey in atlantic cod (*Gadus morhua*), ocean pout (*Macrozoarces*

- americanus*), winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*), and American plaice (*Hippoglossoides platessoides*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 39: 651-659.
- Maldeniya, R. (1996) Food consumption of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in Sri Lankan waters. *Environ. Biol. Fish.*, 47: 101-107.
- Malone, M. A., K. M. Buck, G. Moreno and G. Sancho (2011) Diet of three large pelagic fishes associated with drifting fish aggregating devices (DSFADs) in the western equatorial Indian Ocean. *Anim. Biodiv. Conser.*, 34: 287-294.
- Ménard, F., B. Stéquert, A. Rubin, M. Herrera and E. Marchal (2000) Food consumption of tunas in the Equatorial Atlantic: FAD associated versus unassociated schools. *Aquat. Living Resour.*, 13: 233-240.
- Ménard, F., A. Fonteneau, D. Gaertner, V. Nordstrom, B. Stéquert and E. Marchal (2000) Exploitation of small tunas by a purse-seine fishery with fish aggregation devices and their feeding ecology in an eastern tropical Atlantic ecosystem. *ICES J. Mar. Sci.*, 57: 525-530.
- Noakes, D. L. G. and J. G. J. Godin (1988) Ontogeny of behavior and concurrent developmental changes in sensory systems in teleost fishes. *Fish Physiol.*, 11: 345-395.
- Olson, R. J. and C. H. Boggs (1986) Apex predation by yellowfin tuna (*Thunnus albacares*): independent estimates from gastric evacuation and stomach contents, bioenergetics, and cesium concentration. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43: 1760-1775.
- Post, D. M (2003) Individual variation in the timing of ontogenetic niche shifts in largemouth bass. *Ecology*, 84:1298-1310.
- Potier, M., F. Marsic, V. Lucas, R. Sabatié, J. P. Hallier and F. Ménard (2004) Feeding partitioning among tuna taken in surface and mid-water layers: The case of yellowfin (*Thunnus albacares*) and bigeye (*T. obesus*) in the western tropical Indian ocean. *Western Indian Ocean. J. Mar. Sci.*, 3(1): 51-62.
- Reintjes, J. W. and J. E. King (1953) Food of yellowfin tuna in the central Pacific. *U. S. Fish. Bull.*, 54: 91-110.
- Rohit, P., S. G. Rao and K. Rammohan (2010) Feeding strategies and diet composition of yellowfin tuna *Thunnus albacares* (Bonaterre, 1788) caught along Andhra Pradesh, east coast of India. *Indian J. Fish.*, 57(4): 13-19.
- Sund, P. N., M. Blackburn and F. Williams (1981) Tunas and their environments in the Pacific Ocean: a review. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 19: 443-512.
- Sun, C. L., W. R. Wang and S. Yeh (2005). Reproductive biology of yellowfin tuna in the central and western Pacific Ocean. WCPFC SC1.BI WP-1.
- Tenore, K. R., M. Alonso-Noval, M. Alvarez-Ossorio, L. P. Atkinson, J. M. Cabanas, R. M. Cal, H. J. Campos, F. Castillejo, E. J. Cheseny, N. Gonzalez, R. B. Hanson, C. R. McClain, E. J. Miranda, M. R. Roman, J. Sanchez, G. Santiago, L. Valdes, M. Varela and J. Yoder (1995) Fisheries and oceanography off Galicia, NW Spain: mesoscale spatial and temporal changes in physical processes and resultant patterns of biological productivity. *J. Geophys. Res.*, 109: 43-10.
- WCPFC (2013) Western and Central Pacific Fisheries Commission tuna fishery yearbook .Western and Central Pacific Fisheries Commission, Pohnpei, Federated States of Micronesia 2014, 149pp.
- Weng, J. S., M. K. Hung, C. C. Lai, L. J. Wu, M. A. Lee and K. M. Liu (2013) Fine-scale vertical and horizontal movements of juvenile yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) associated with a subsurface fish aggregating device (FAD) off southwestern Taiwan. *J. Appl. Ichthyol.*, 29: 990-1000.
- Zaret, T. and A. S. Rand (1971) Competition in tropical stream fishes support for the competitive exclusion principle. *Ecology*, 52: 336-342.

Feeding Habits of the Juvenile Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) Associated with Subsurface Fish Aggregating Devices (SFADs) off Eastern Taiwan

Jinn-Shing Weng^{1, 2*}, Jia-Shin He¹, Ming-Hsu Shu¹, Ming-An Lee²,
Kwang-Ming Liu³ and Long-Jin Wu¹

¹Coastal and Offshore Resources Research Center, Fisheries Research Institute

²Department of Environmental Biology and Fishery Science, National Taiwan Ocean University

³Institute of Marine Affairs and Resource Management, National Taiwan Ocean University

ABSTRACT

The yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) is one of the major species caught around subsurface fish aggregation devices (SFADs) in the waters east of Taiwan. However, its biology, particularly its feeding ecology, is poorly understood. In this study, stomach content analyses were used to examine the diet and feeding habits of 505 specimens of juvenile yellowfin tuna with fork lengths (FL) ranging from 36.5 to 97 cm collected via longline around SFADs in the waters east of Taiwan. These stomach content analyses indicated that the important prey species (in terms of %N) of juvenile yellowfin tuna were Amphipoda (20.73%), *Sthenoteuthis oualaniensis* (12.30%), larval *Gonorynchus abbreviatus* (8.94%), *Faughnia* spp. (8.57%), *Decapterus macarellus* (5.96%), and *Auxis rochei* (1.12%). In terms of %W, the important prey species were *Decapterus macarellus* (23.17%), *Auxis rochei* (21.91%), *Sthenoteuthis oualaniensis* (8.29%), *Faughnia* spp. (5.17%), larval *Gonorynchus abbreviatus* (3.38%), and Amphipoda (1.10%). In terms of the percentage of index of relative abundance (%IRI), the high values were for unidentified fishes (30.83%), *Decapterus macarellus* (14.97%), and Amphipoda (20.12%), followed by *Faughnia* spp. (10.20%). The diets of juvenile yellowfin tuna with FL of <50 cm consisted primarily of Amphipoda and *Faughnia* spp., while the diets of tuna with FL > 50 cm were shifted toward feeding of teleost fishes such as *Gonorynchus abbreviatus*, *Auxis rochei*, and *Sthenoteuthis oualaniensis*. Based on the stomach content analyses, the yellowfin tuna changed their diets at FL of approximately 50 cm.

Key words: yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, subsurface fish aggregating devices (SFADs), stomach content analysis

*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. 221; E-mail: j-s.ueng@mail.tfrin.gov.tw