

臺灣東部海域黑皮旗魚攝食生態研究

張綦璿^{1,2} · 蘇楠傑² · 江偉全^{1*} · 何源興¹

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國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學研究所

摘 要

黑皮旗魚 (*Makaira nigricans*) 為臺灣東部海域重要經濟魚種，同時也是大洋性頂級掠食者之一。本研究探究黑皮旗魚在臺灣東部海域攝食生態，透過胃內容物組成分析，解析黑皮旗魚與臺灣東部黑潮生態系餌料生物相互關係。本研究採用相對性重要指數 (index of relative importance, IRI) 分析餌料生物種類對於黑皮旗魚攝食習性的重要性。研究結果顯示黑皮旗魚的胃內含物組成在不同體長之間存在顯著差異。大型黑皮旗魚運動能力強，可攝食游泳能力較強之大洋性魚類，小型黑皮旗魚則攝食活動力較小之餌料生物。黑皮旗魚在春季時，餌料生物以圓花鱈、飛魚為主 (IRI = 1,144、806)；夏季以白帶魚、頭足類為主 (IRI = 1,913、1,078)；秋季以圓鰱、鯖科為主 (IRI = 2,086、1,538)；冬季以頭足類、正鱈為主 (IRI = 1,465、828)，季節間有顯著差異。在體長組別間 Class 1 (100 - 150 cm)，主要以頭足類、圓鰱為主 (IRI = 928、707)；Class 2 (151 - 200 cm) 以頭足類、圓花鱈為主 (IRI = 867、623)；Class 3 (200 cm 以上) 則是以頭足類、白帶魚為主 (IRI = 1,735、821)。本研究推測黑皮旗魚為機會攝食主義者，以大洋性表層各季節優勢物種為主要攝食對象。

關鍵詞：機會攝食主義者、大洋性魚種、相對重要性指數、胃內含物分析

前 言

黑皮旗魚 (*Makaira nigricans*) 由 Lacepède 於 1802 年進行形態特徵描述並且命名，英文俗名 blue marlin，臺灣俗稱為烏皮、黑皮仔、丁挽、鐵皮丁挽。黑皮旗魚屬於鱸形目 (Perciformes) 鯖亞目 (Scombroidei) 正旗魚科 (Istiophoridae) 槍魚屬 (*Makaira*)，體態渾厚壯碩呈現圓筒狀，上顎突出特化成矛狀。黑皮旗魚有使用鼻骨擊打或刺傷獵物的行為，亦有將其用於防禦大型獵物之行為 (Baker, 1966; Nakamura, 1983)，尾柄兩側具有兩片隆起的脊，活體呈現金屬質感的黑紫色，體側有數條縱向深藍色條狀斑紋，腹部呈現銀灰色，死亡之體側呈現黑色，魚鰭則均為黑青色。第一背鰭硬棘較高，第二背鰭較為短小且連接數根鰭延伸至

尾柄，胸鰭呈現鐮刀狀可貼合體側，尾鰭呈現半月狀，比體高多出兩倍 (沈等, 1993)。

以生態為基礎的漁業管理，應建立在以生態系統結構及功能為基礎之上 (Garcia, 2003)，攝食生態之研究可以表現生態系中食物網之結構，並了解生物之間消長情形。黑皮旗魚被視為海洋生態系統中的頂級掠食者 (Abitia-Cardenas *et al.*, 2010; Galván-Magaña *et al.*, 2013; Rosas-Luis *et al.*, 2016)，這些海洋頂級掠食者在海洋中上層生態系中扮演重要角色，發揮級聯效應 (trophic cascade effect) 由上至下影響食物網的作用 (Baum and Worm 2009; Dambacher *et al.*, 2010)。海洋掠食者提供關於餌料豐富度及組成的訊息 (Potier *et al.*, 2007; Olson *et al.*, 2014)，透過胃內容物分析 (stomach content analysis) 有助於識別攝食習性及同一地區物種間的競爭與資源分配 (Baker, 1966; Vaske *et al.*, 2004; Shimose *et al.*, 2010)，並可以解析掠食者攝食海域與深度及判定掠食者與餌料生物之間的相互關係 (Hyslop, 1980)。

*通訊作者 / 臺東縣成功鎮五權路 22 號, TEL: (089)850-090 ext. 408; FAX: (089)850-092; E-mail: wcchiang@mail.tfrin.gov.tw

黑皮旗魚攝食生態因地區及季節而異 (Erdman, 1962; Baker, 1966; Strasburg, 1970; Brock, 1984; Abitia Cardenas *et al.*, 1999; Júnior *et al.*, 2004), 日本西南部沿海地區黑皮旗魚以正鯷 (*Katsuwonus pelamis*) 為主要餌料 (Shimose *et al.*, 2006); 墨西哥及厄瓜多爾海域黑皮旗魚主要以花鯖屬 (*Auxis* spp.) 為攝食對象 (Abitia-Cárdenas *et al.*, 1999; Loor-Andrade *et al.*, 2017; Rosas-Luis *et al.*, 2017)。臺灣東部海域為黑潮生態系, 其食物網研究尚未清楚, 黑皮旗魚為海洋表層頂級掠食者, 為了明白臺灣東部海域黑皮旗魚之攝食習性與解析食物網之組成, 本研究主要目的為利用胃內容物分析探討臺灣東部海域黑皮旗魚攝食生態, 以及瞭解胃內含物組成與餌料生物之食物階層關聯性, 研究成果將可提供未來建構以生態系為基準之漁業管理方式之重要科學依據, 以達黑皮旗魚漁業資源永續利用之目標。

材料與方法

一、標本採樣

本研究自 2017 年 1 月至 2018 年 12 月間, 按月於臺東縣新港魚市場針對鮪延繩釣、鏢刺、流刺網漁船所漁獲之黑皮旗魚進行隨機採樣, 量測體長 (眼眶後尾叉長 (EFL), 量測最小單位: 0.1 cm) (Fig. 1) 及體重 (量測最小單位: 0.1 kg), 待魚取解剖魚體將胃囊取出, 再將胃內容物帶回研究室進行分析。



Fig. 1 A diagram showing the eye fork length (EFL) for blue marlin (*Makaira nigricans*).

新港籍漁船漁撈作業海域在北緯 21°27' - 23°37'、東經 121°10' - 122°25' 之間 (Fig. 2)。根據曾 (2002) 黑皮旗魚生殖生物學提出 100 - 150 cm EFL 為未成熟體型; 200 cm 以上為完全成熟體型, 本研究將黑皮旗魚樣本分為大、中、小三種體型: length class 1 (100 - 150 cm)、length class 2 (151 -

200 cm)、length class 3 (200 cm EFL 以上), 針對季節間的變化情形加以探討, 季節的區分以 2 - 4 月為春季, 5 - 7 月為夏季, 8 - 10 月為秋季, 11 - 1 月為冬季。

將胃內容物樣本帶回研究室進行型質分析, 並且根據外觀特徵鑑定至分類群之最低層級。參考資料包括 Fish base (<https://www.fishbase.de/>), 臺灣魚類資料庫 (<http://fishdb.sinica.edu.tw/>) 及臺灣東部海洋魚類圖鑑 (江等, 2014)。

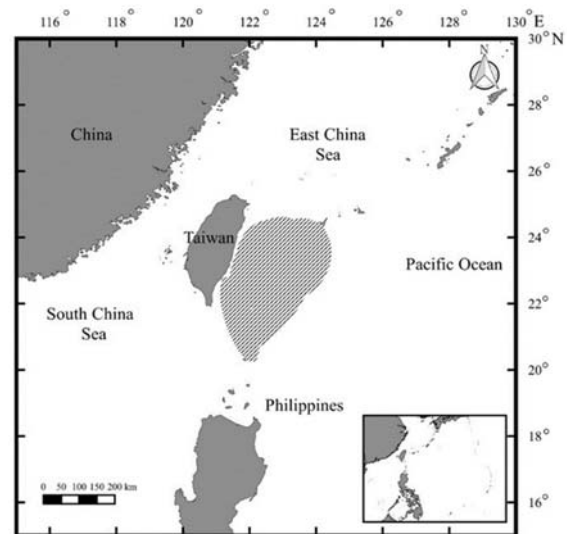


Fig. 2 Fishing grounds of coastal longline and harpoon fisheries in waters off eastern Taiwan.

二、資料分析

(一) 定量分析

本研究採用胃內容物飽食指數分析法 (stomach content weight index, SCWI) (Hyslop, 1980) 進行定量分析, SCWI 計算式表示如下:

$$SCWI = \frac{\text{stomach content weight (g)}}{\text{body weight (g)}} \times 100$$

SCWI 值為 0 者為空胃; 大於 0 且小於等於 2.5 為小胃; 大於 2.5 且小於等於 4.0 為中胃; 大於 4 則為滿胃。

(二) 定性分析

為了求得 *i* 種餌料生物在黑皮旗魚的胃內含物所佔比例, 利用 Hyslop (1980) 所提出之相對重要性指數, 計算 *i* 種餌料生物在黑皮旗魚出現率

(occurrence)、豐度 (numerical) 及重量 (gravimetric)，再利用相對重要性指數 (index of relative importance, IRI) 進行評估。

1. 出現率

計算所攝食各類餌料生物種類出現頻率 (frequency of occurrence, %FO)：

$$\%FO_i = \frac{FO_i}{N} \times 100$$

式中，%FO_i 為攝食 i 餌料生物種類頻率；FO_i 為攝食 i 種餌料生物之出現次數；N 為胃內容物分析之總個體數。

2. 豐度百分比

計算所攝食各餌料生物種類之數量百分比 (numerical abundance, %N)：

$$\%N_i = \frac{N_i}{N} \times 100$$

式中，N_i 為胃內容物中第 i 種餌料生物個體數目；N 為胃內容物中所有餌料生物個體數目。

3. 重量百分比

計算所攝食各餌料生物種類所佔重量百分比 (mean percentage of weight, %W)：

$$\%W_i = \frac{W_i}{N} \times 100$$

式中，W_i 為攝食 i 種餌料生物之重量；N 為胃內容物中所有餌料生物個體數目。

4. IRI

根據前述所得之三個指標值進一步計算 IRI 值。若 IRI > 100 則定義為主要餌料生物 (Clark, 1985)。IRI 計算公式如下：

$$IRI = (\%W + \%N) \times \%FO$$

(三) 統計分析

本研究所採用多變量統計分析軟體為 PRIMER v.6 (Clarke and Gorley, 2006)。為避免影響最後分析的結果，所有樣本皆先扣除空胃及無法鑑定的種類、食糜、碎屑及釣餌等個體。

(四) 群集分析 (cluster analysis)

將黑皮旗魚攝食餌料生物 IRI 以 Bray-Curtis similarity index 求出相似性三角矩陣後，利用群集分析之分層分群法 (hierarchical clustering procedure) 進行演算，再以 UPGMA (unweighted pair-group method using arithmetic average) 繪製群聚分析的樹狀圖，以進行群集分析。

(五) 相似度分析 (analysis of similarities, ANOSIM)

以 Bray-Curtis similarity index 求出不同體長組別及季節餌料生物之 IRI 相似性的三角矩陣 (Platell and Potter, 2001)，再利用 one-way ANOSIM 來檢測攝食選擇在性別、不同體長、季節間是否有顯著差異。計算所得之檢定統計量 R 值等於 0 表示完全相同，R 值小於 0.25 表示差異不明顯，R 值大於 0.5 表示雖有重疊但能清楚分開，R 值大於 0.75 表示有顯著差異，R 值等於 1 表示完全不同，而顯著水準 (significance level) 則設定為 5%。本研究亦利用相似度百分比分析 (similarity percentages, SIMPER) 尋求各組別主要攝食的餌料生物種類。

(六) 非計量多度空間尺度分析圖 (nonmetric multidimensional scaling, nMDS)

nMDS 為資料簡化方法之一，係根據資料點間之距離 (distant) 或相似度進行最低維度的空間構面重建，以分析資料間的相對關係。本研究利用 nMDS 來表現不同體長組別及季節餌料生物之差異性。

結 果

一、胃內含物分析

本研究自 2017 年 1 月至 2018 年 12 月間總計於臺東新港魚市場採集 600 尾黑皮旗魚樣本，其中雌魚 209 尾及雄魚 391 尾，樣本之 EFL 主要介於 51 - 286 cm (平均體長 178 cm EFL；標準差 31 cm) (Fig. 3)，體重介於 12 - 411 kg (平均體重 84 kg；標

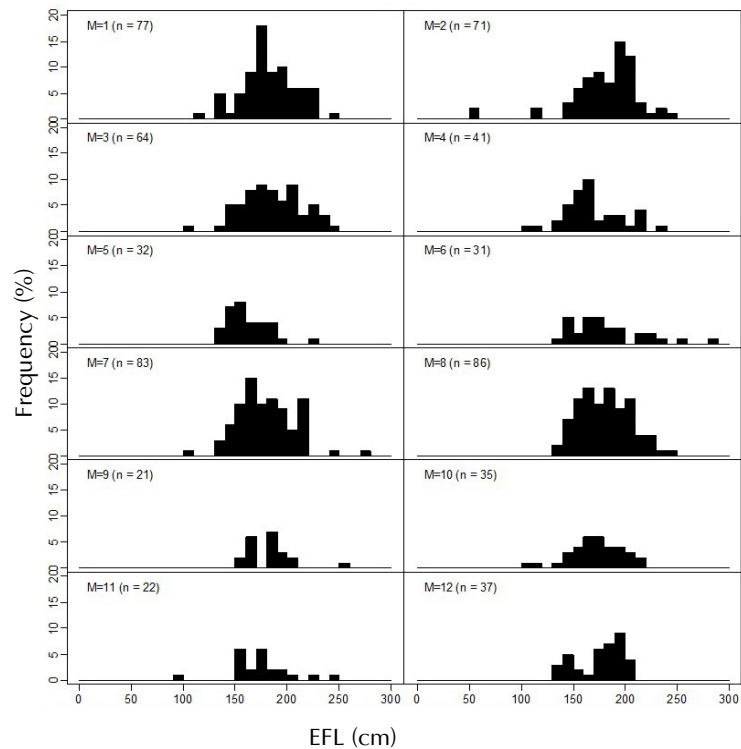


Fig. 3 Size frequency distributions by month of blue marlin collected from 2017-2018.

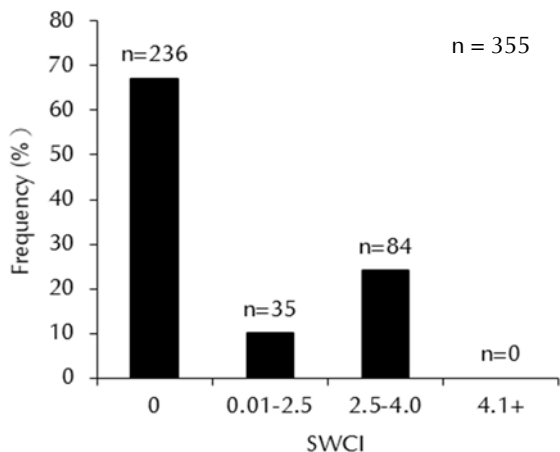


Fig. 4 Samples of blue marlin collected in waters off eastern Taiwan grouped by stomach content weight index (SCWI).

準差 42 kg)。收集 355 個黑皮旗魚胃內容物，空胃率為 67% (n = 236)，SCWI 判定為小胃之樣本為 10%、中胃之樣本為 24%，但無滿胃樣本 (Fig. 4)。

胃內含物經鑑定計有 14 種 (類)，包括頭足類 (Cephalopoda)、圓花鰹 (*Auxis rochei rochei*)、鬼頭刀 (*Coryphaena hippurus*)、飛魚科 (Exocoetidae spp.)、水針 (*Hyporhamphus sajori*)、白帶魚 (*Trichiurus lepturus*)、扁花鰹 (*Auxis thazard*)、四齒鮪科 (Tetraodontidae)、旗魚科

(Istiophoridae)、正鰹、花腹鯖 (*Scomber australasicus*)、頷圓鰹 (*Decapterus macarellus*) (Table 1)。豐度指標 (%N) 以白帶魚最高 (19.5%)，其次為頭足類 (19.1%)，圓花鰹位居第三 (18.0%)。出現度指標 (%FO) 以頭足類最高 (31.1%)，其次為圓花鰹 (19.3%)，鯖科位居第三 (15.1%)。重量百分比指標 (%W) 以鯖科最高 (17.6%)，其次為扁花鰹 (16.2%)，圓花鰹位居第三 (12.2%)。IRI 以頭足類最高 (908)，其次為圓花鰹 (583)，鯖科位居第三 (396) (Table 1)。

(一) 季節性餌料變化

黑皮旗魚在不同季節攝食之餌料如 Table 2 所示。茲分別敘述如後：

1. 春季 (2 - 4 月)

%N 以圓花鰹最高 (30.1%)，頭足類次之 (21.8%)，飛魚第三 (19.2%)。%FO 以頭足類居首 (28.1%)，其次為飛魚 (23.6%) 與圓花鰹 (22.5%)。%W 以鬼頭刀最高 (24.7%)，圓花鰹 (20.8%) 與扁花鰹分居二、三 (19.4%)。IRI 以圓花鰹最高 (1,144)，其次為飛魚 (806)，頭足類位居第三 (779)。

Table 1 Dietary composition of blue marlin in waters off eastern Taiwan. Prey importance metrics shown are numerical abundance (%N), frequency of occurrence (%FO), mean percentage of weight (%W), index of relative importance (IRI), and index of relative importance (%IRI)

	%N	%FO	%W	IRI	%IRI
Cephalopoda	19.1	31.1	10.1	908	31.7
Clupeidae	2.3	0.8	0.1	2	0.1
Exocoetidae	9.0	10.9	11.0	219	7.6
Beloniformes	1.9	3.4	1.4	11	0.4
<i>Coryphaena hippurus</i>	2.3	5.0	6.9	46	1.6
<i>Decapterus macarellus</i>	6.4	6.7	5.0	77	2.7
Scombridae	8.6	15.1	17.6	396	13.8
<i>Trichiurus lepturus</i>	19.5	10.1	10.6	304	10.6
<i>Auxis rochei rochei</i>	18.0	19.3	12.2	583	20.3
<i>Auxis thazard</i>	6.7	10.9	16.2	250	8.7
<i>Katsuwonus pelamis</i>	1.9	3.4	5.7	26	0.9
<i>Scomber australasicus</i>	3.0	5.9	4.4	44	1.5
Istiophoridae	0.8	1.7	0.5	2	0.1
Tetraodontidae	0.8	1.7	0	1	0.1

Table 2 Dietary composition of blue marlin by season. Prey importance metrics shown are numerical abundance (%N), frequency of occurrence (%FO), mean percentage of weight (%W), index of relative importance (IRI), and index of relative importance (%IRI)

	Spring					Summer				
	%N	%FO	%W	IRI	%IRI	%N	%FO	%W	IRI	%IRI
Cephalopoda	21.8	28.1	5.9	779	21.7	17.8	37.1	11.3	1,078	26.3
Clupeidae	0	0	0	0	0	4.0	1.6	0.2	7	0.2
Exocoetidae	19.2	23.6	14.9	806	22.5	3.3	8.1	2.9	50	1.2
Beloniformes	1.9	3.4	0.6	9	0.2	0	0	0	0	0
<i>Coryphaena hippurus</i>	4.5	7.9	24.7	229	6.4	3.3	6.5	16.9	130	3.2
<i>Decapterus macarellus</i>	0	0	0	0	0	15.8	22.6	13.0	650	15.9
Scombridae	5.8	9	11.8	158	4.4	2.6	6.5	6.2	57	1.4
<i>Trichiurus lepturus</i>	3.9	1.1	1.1	6	0.2	38.8	27.4	31.0	1,913	46.8
<i>Auxis rochei rochei</i>	30.1	22.5	20.8	1,144	31.9	6.6	11.3	4.1	120	2.9
<i>Auxis thazard</i>	11.5	14.6	19.4	452	12.6	1.3	3.2	7.0	27	0.7
<i>Katsuwonus pelamis</i>	0	0	0	0	0	2.6	4.8	4.3	33	0.8
<i>Scomber australasicus</i>	1.3	1.1	0.8	2	0.1	2.0	4.8	2.2	20	0.5
Istiophoridae	0	0	0	0	0	1.3	3.2	1.0	8	0.2
Tetraodontidae	0	0	0	0	0	0.7	1.6	0.1	1	1.3
	Autumn					Winter				
	%N	%FO	%W	IRI	%IRI	%N	%FO	%W	IRI	%IRI
Cephalopoda	8.7	16.7	4.4	217	4.1	24.7	38.9	13	1,465	39.2
Clupeidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Exocoetidae	1.1	2.4	0.2	3	0.1	6.3	5.6	2.9	51	1.4
Beloniformes	1.1	2.4	0.8	5	0.1	1.4	1.4	1	3	0.1
<i>Coryphaena hippurus</i>	2.2	4.8	5.2	35	0.7	4.9	9.7	17.1	215	5.7
<i>Decapterus macarellus</i>	27.1	40.5	24.4	2,087	39.8	3.5	4.2	2	23	0.6
Scombridae	19.6	35.7	23.5	1,538	29.3	10.6	12.5	8.1	233	6.2
<i>Trichiurus lepturus</i>	5.4	4.8	3	40	0.8	4.2	2.8	0.3	12	0.3
<i>Auxis rochei rochei</i>	7.6	14.3	5.2	182	3.5	15.5	20.8	7.6	481	12.9
<i>Auxis thazard</i>	3.3	4.8	3.6	33	0.6	9.2	13.9	12	293	7.8
<i>Katsuwonus pelamis</i>	2.2	4.8	74	46	0.9	10.6	20.8	29.2	828	22.2
<i>Scomber australasicus</i>	19.6	26.2	20.6	1,052	20	7.8	9.7	5.3	127	3.4
Istiophoridae	1.1	2.4	1.8	7	0.1	1.4	2.8	1.6	8	0.2
Tetraodontidae	1.1	2.4	0	3	0.1	0	0	0	0	0

2. 夏季 (5 - 7 月)

%N 以白帶魚最高 (38.8%)，其次為頭足類 (17.8%)，頷圓鰩位居第三 (15.8%)。%FO 以頭足類最高 (37.1%)，其次為白帶魚 (27.4%)，頷圓鰩位居第三 (22.6%)。%W 以白帶魚最高 (31.0%)，其次為鬼頭刀 (16.9%)，頷圓鰩位居第三 (13.0%)。IRI 以白帶魚最高 (1,913)，其次為頭足類 (1,078)，頷圓鰩位居第三 (650)。

3. 秋季 (8 - 10 月)

%N 以鯖科、頷圓鰩最高 (27.2%)，其次為鯖科及花腹鯖 (19.6%)，頭足類位居第三 (8.7%)。%FO 以頷圓鰩最高 (40.5%)，其次為鯖科 (35.7%)，花腹鯖位居第三 (26.2%)。%W 以頷圓鰩最高 (24.4%)，其次為鯖科 (23.5%)，花腹鯖位居第三 (20.6%)。IRI 以頷圓鰩最高 (2,087)，其次為鯖科 (1,538)，花腹鯖位居第三 (1,052)。

4. 冬季 (11 - 1 月)

%N 以頭足類最高 (24.7%)，其次為圓花鰩 (15.5%)，正鰩及鯖科位居第三 (10.6%)。%FO 以頭足類最高 (38.9%)，其次為正鰩及圓花鰩 (20.8%)，扁花鰩位居第三 (13.9%)。%W 以正鰩最高 (29.2%)，其次為鬼頭刀 (17.1%)，頭足類位居第三 (13.0%)。IRI 以頭足類最高 (1,465)，其次為正鰩 (828)，圓花鰩位居第三 (481)。

將所有黑皮旗魚胃內容物樣本合併分析，使用 one-way ANOSIM 進行檢定，餌料生物重要性指數百分比 (%IRI) 之季節差異，結果顯示餌料生物在不同季節間有顯著差異 (global Test R = 0.951; significance level = 0.1%)。利用 pairwise test 分析各季節組別間比較餌料生物種類組呈顯著差異 (Table 3)。

Table 3 Seasonal dietary composition based on one-way ANOSIM for blue marlin diet between seasons in eastern Taiwan waters

Groups	R Statistic	p-Level (%)
Global Test Pairwise test	0.951	0.1
Winter vs Spring	0.852	10
Winter vs Summer	1	10
Winter vs Autumn	1	10
Spring vs Summer	1	10
Summer vs Autumn	0.926	10

(二) 體長別

1. Class 1 (100 - 150 cm)

%N 以頭足類最高 (20.6%)，其次為頷圓鰩 (15.1%)，圓花鰩位居第三 (11.9%)。%FO 以頭足類最高 (31.0%)，其次為頷圓鰩 (22.4%)，圓花鰩位居第三 (20.7%)。%W 以扁花鰩最高 (18.5%)，其次為頷圓鰩 (16.5%)，鯖科位居第三 (14.2%)。IRI 以頭足類最高 (928)，其次為頷圓鰩 (707)，圓花鰩位居第三 (497)。

2. Class 2 (151 - 200 cm)

%N 以頭足類最高 (19.2%)，其次為圓花鰩 (18.9%)，白帶魚位居第三 (14.1%)。%FO 以頭足類最高 (33.5%)，其次為圓花鰩 (20.7%)，飛魚位居第三 (12.8%)。%W 以頭足類最高 (20.6%)，其次為正鰩 (16.4%)，扁花鰩位居第三 (11.3%)。IRI 以頭足類最高 (887)，其次為圓花鰩 (623)，鬼頭刀位居第三 (245)。

3. Class 3 (200 cm 以上)

%N 以白帶魚最高 (33.3%)，其次為頭足類 (18.5%)，鯖科位居第三 (11.1%)。%FO 以頭足類最高 (43.5%)，其次為鯖科 (21.7%)，白帶魚位居第三 (17.4%)。%W 以頭足類最高 (21.4%)，其次為鯖科 (19.0%)，白帶魚位居第三 (13.9%)。IRI 以頭足類最高 (1,735)，其次為白帶魚 (821)，鯖科位居第三 (656) (Table 4)。

將所有黑皮旗魚胃內容物樣本合併分析，使用 one-way ANOSIM 進行檢定，分析體長組別間餌料生物 %IRI 變化，結果顯示餌料生物在體長組別間沒有顯著差異 (Global Test R = 0.16; Significance level = 17.3%) (Table 5)。

二、胃內容物組成群聚分析

餌料生物 %IRI 之群集分析結果顯示，可將月份分為冬季 (11 - 1 月; Bray Curtis similarity: 71.9%)、春季 (2 - 4 月; Bray Curtis similarity: 69.5%)、夏季 (5 - 7 月; Bray Curtis similarity: 68.7%)。

Table 4 Dietary composition of blue marlin by grouped length class. Prey importance metrics shown are numerical abundance (%N), frequency of occurrence (%FO), mean percentage of weight (%W), index of relative importance (IRI), and % index of relative importance (%IRI)

	Class 1					Class 2					Class 3				
	%N	%FO	%W	IRI	%IRI	%N	%FO	%W	IRI	%IRI	%N	%FO	%W	IRI	%IRI
Cephalopoda	20.6	31.0	9.3	928	25.6	19.2	33.5	7.2	867	30.3	18.5	43.5	21.4	1735	43.1
Clupeidae	4.8	1.7	0.3	9	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Exocoetidae	11.9	13.8	10.8	313	8.6	7.9	12.8	5.3	169	5.7	9.3	13.0	3.8	171	4.2
Beloniformes	0	0	0	0	0	1.1	2.4	0.4	4	0.1	3.7	4.4	2.7	28	0.7
<i>Coryphaena hippurus</i>	1.6	1.7	2.1	6	0.2	4.5	9.8	20.6	245	8.3	3.7	8.7	12.9	145	3.6
<i>Decapterus macarellus</i>	15.1	22.4	16.5	707	19.5	8.8	11.6	5.9	170	5.8	1.9	4.4	3.1	21	0.5
Scombridae	11.1	19.0	14.2	480	13.2	7.3	12.2	9.2	202	6.8	11.1	21.7	19.0	656	16.3
<i>Trichiurus lepturus</i>	4.0	5.2	3.6	39	1.1	14.1	8.5	6.0	172	5.8	33.3	17.4	13.9	821	20.4
<i>Auxis rochei rochei</i>	11.9	20.7	12.1	497	13.7	18.9	20.7	1.1	623	21.1	7.4	8.7	3.4	94	2.4
<i>Auxis thazard</i>	9.5	13.8	18.5	386	10.6	6.2	10.4	11.3	182	6.2	3.7	8.7	4.8	74	1.8
<i>Katsuwonus pelamis</i>	0	0	0	0	0	4.5	9.8	16.4	205	6.9	5.6	13.0	12.9	241	6.0
<i>Scomber australasicus</i>	7.1	13.8	11.3	254	7.0	6.5	7.9	5.6	96	3.3	0	0	0	0	0
Istiophoridae	1.6	3.5	1.3	10	1.2	0.6	1.2	0.9	2	0.1	1.9	4.4	2.0	17	0.4
Tetraodontidae	0.8	1.7	0.1	2	0.6	0.3	0.6	1.1	0.7	0.1	1.3	4.4	3.3	20	0.5

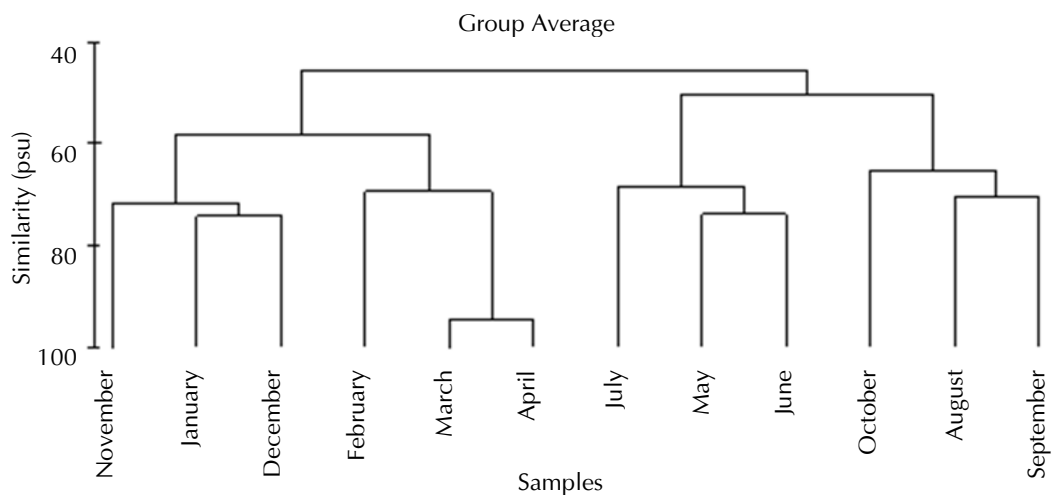


Fig. 5 Dendrogram of cluster analysis using monthly values of % index of relative importance for blue marlin in waters off eastern Taiwan.

Table 5 One-way ANOSIM comparing the blue marlin diet among length classes in waters off eastern Taiwan

Groups	R Statistic	p-Level(%)
Global Test Pairwise test	0.16	17.3
Class.1 vs Class.2	0.85	10
Class.1 vs Class.3	1	10
Class.2 vs Class.3	1	10

與秋季 (8 – 10 月；Bray Curtis similarity: 65.5%) 等四群 (Fig. 5)。根據 nMDS 分析，採用二維空間構面表現黑皮旗魚在不同季節間餌料生物之 %IRI 相對關係 (壓力係數 0.07)，結果顯示餌料生物組成在季節月份之間相當分明，均有 60% 以上的相似程度 (Fig. 6)。

三、季節別與體長別餌料生物攝食比例

季節別與體長別餌料生物攝食比例如 Table 6

Table 6 Dietary composition of blue marlin by seasons based on the proportion of prey in number of proportion by season and length

Species	Length	Spring	Summer	Autumn	Winter	Class N	Proportion (%)
Cephalopoda	Class 1	14	7	4	6	63	33.0
	Class 2	25	18	4	28	153	32.9
	Class 3	0	3	0	6	23	28.1
	Season N	87	60	40	52		
	Proportion(%)	31	31.8	16.7	43.5		
Exocoetidae	Class 1	10	2	0	3	63	19.2
	Class 2	33	3	0	3	153	20.3
	Class 3	1	0	1	3	23	17.9
	Season N	87	60	40	52		
	Proportion(%)	33.6	7.7	2.4	14.8		
<i>Coryphaena hippurus</i>	Class 1	0	2	0	0	63	3.1
	Class 2	7	2	2	6	153	10.0
	Class 3	4	1	0	1	23	20.7
	Season N	87	60	40	52		
	Proportion(%)	11.2	7.7	4.8	11.9		
<i>Decapterus macarellus</i>	Class 1	0	10	18	4	63	33.7
	Class 2	0	16	11	4	153	16.8
	Class 3	0	0	1	0	23	4.2
	Season N	87	60	40	52		
	Proportion(%)	0	30.2	42.9	13.3		
Scombridae	Class 1	0	0	0	0	63	0
	Class 2	0	2	2	14	153	10.5
	Class 3	1	0	0	6	23	23.3
	Season N	87	60	40	52		
	Proportion(%)	1.1	3.2	4.8	27.8		
<i>Trichiurus lepturus</i>	Class 1	0	3	1	0	63	6.0
	Class 2	0	44	4	5	153	25.7
	Class 3	6	12	0	0	23	43.9
	Season N	87	60	40	52		
	Proportion(%)	6.5	49.6	11.1	8.8		
<i>Auxis rochei rochei</i>	Class 1	5	4	1	4	63	18.2
	Class 2	50	6	6	14	153	33.2
	Class 3	0	0	0	4	23	14.8
	Season N	87	60	40	52		
	Proportion(%)	38.7	14.3	14.9	29.7		
<i>Katsuwonus pelamis</i>	Class 1	0	0	0	0	63	0
	Class 2	0	2	2	14	153	10.5
	Class 3	1	0	0	6	23	23.3
	Season N	87	60	40	52		
	Proportion(%)	1.1	3.2	4.8	27.8		

所示。圓鰩屬在夏秋兩季被攝食比例最高 (30.2% 與 42.9%)，冬季少數 (13.3%)，春季沒有攝食紀錄；Class 1 攝食最多 (33.7%)、Class 2 較少 (16.8%)、Class 3 為 4.2%。鯖科在四季均有被攝食紀錄，但在夏秋冬比較多 (3.2%、4.8%、27.8%)，春季較少 (1.1%)；Class 1 沒有攝食紀錄、Class 2 為 10.5%，Class 3 最多，為 23.3%。頭足類在四季 (31.0%、31.8%、16.7%、43.5%) 以及不同體

長別 (33.0%、32.9%、28.1%) 均有被攝食。圓花鰹在冬春兩季被攝食最多 (29.7%、38.7%)，夏秋兩季略少 (14.3%、14.9%)；其中以 Class 2 攝食最多，達 33.2%，Class 1 及 3 分別為 18.2%、14.8%。鬼頭刀在冬春兩季被攝食最多 (11.9%、11.2%)，夏秋兩季較少 (7.7%、4.8%)；Class 3 最多 (20.7%)，Class 1、2 較少 (3.1%、10.0%)。飛魚在春季被攝食最多 (33.6%)，冬季較少 (14.8%)，夏

秋兩季最少 (7.7%、2.4%)，三個體長別均有被攝食 (19.2%、20.3%、17.9%)。白帶魚夏季被攝食最多 (49.6%)，其餘三季較少 (6.5%、11.1%、8.8%)；Class 3 攝食比例最高 (43.9%)，其次為 Class 2 (25.7%)，Class 1 最少 (6.0%)。正鰹在冬季被攝食最多 (27.8%)，春夏秋三季僅分別為 1.1%、3.2%、4.8%；Class 3 最多 (23.3%)，其次為 Class 2 (10.5%)，Class 1 沒攝食紀錄。

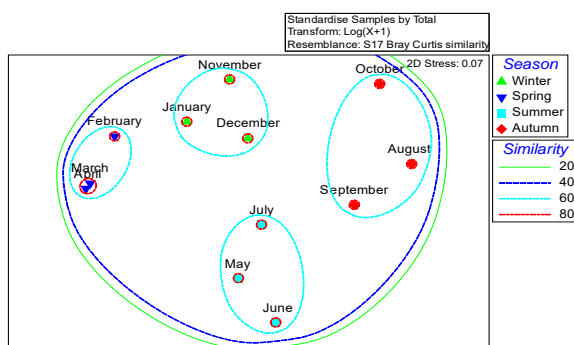


Fig. 6 Nonmetric multidimensional scaling of index of relative importance (%IRI) by month for blue marlin in waters off eastern Taiwan. Stress: pressure coefficient.

討 論

一、攝食習性

臺灣東部海域有黑潮流經過，每個季節會有許多洄游性物種因為攝食及產卵等原因游經此海域 (Tsai *et al.*, 2015)，黑皮旗魚在臺灣東部海域屬於中上層水域的頂級掠食者之一，頂級掠食者掌控整個食物網動態，掠食者透過由上而下影響食物網發揮級聯效應，而漁獲壓力、環境變化對於食物網的動態也是由上而下的影響，中上層洄游性頂級掠食者種類多，本研究藉由頂級掠食者的攝食資訊提供餌料生物種類、組成及豐度的環境訊息。由本研究發現黑皮旗魚攝食對象多樣包含有頭足類及沿近海域及外洋表、中、底層魚類，而以頭足類及硬骨魚為主，整體 %IRI 以頭足類 (32%) 最高，其次為花鰹屬 (30%)，與其他地區研究相似，北太平洋 (Abitia-Cardenas *et al.*, 2002; Shimose *et al.*, 2006)、臺灣沿海地區 (Tsai *et al.*, 2015) 以及厄瓜多爾太平洋 (Rosas-Luis *et al.*, 2016) 都發現花鰹屬種類及頭足類是東太平洋重要的海洋生

物攝食資源 (Olson, 1986; Olson *et al.*, 2014)，花鰹屬及頭足類對旗魚的重要性在墨西哥海域也被證實過 (Abitia-Cardenas *et al.*, 1999; Hernandez-Aguilar *et al.*, 2013)。

花鰹屬種類及頭足類是東太平洋最豐富的餌料群 (Shimose *et al.*, 2010)，根據 Shimose *et al.* (2006) 指出，黑皮旗魚攝食多發生於白天，主要攝食正鰹，本次研究發現也發現正鰹被攝食，根據 Tanabe (2001) 研究指出，正鰹主要攝食時間為白天，屬於白天攝食之魚種，延繩釣漁船選擇揚繩時間點也會影響空胃率，但對餌料生物選擇性較低，黑皮旗魚攝食模式與其他旗魚相似，例如雨傘旗魚 (*Istiophorus platypterus*)、劍旗魚 (*Xiphias gladius*)、紅肉旗魚 (*Kajikia audax*) (Brock, 1984; Nakamura, 1985; Stillwell and Kohler, 1985; Abitia-Cardenas *et al.*, 1999; Abitia-Cardenas *et al.*, 2002)，以數量豐富容易取得之餌料為主要的攝食對象。

本研究也發現黑皮旗魚在攝食餌料物時會利用吻部攻擊後再吞食，可分為吞嚥、刺傷及切割傷等方式 (Fig. 7)，根據 Shimose *et al.* (2007) 報告指出，黑皮旗魚在攝食體型較大的餌料生物時有較高頻率的攻擊行為，本研究亦發現有許多相似之情形，在正鰹、扁花鰹等大型餌料生物身上常留下被攻擊之痕跡。本研究中黑皮旗魚空胃高達 67%，大洋性洄游性掠食者經常顯現高空胃率，因其活動量及基礎代謝率高，消化速率相當迅速。新港所採樣本 95% 樣本是取自於延繩釣漁船，延繩釣漁法投繩時間約 2 - 5 hr，隨著投繩時間胃內容物的消化仍然在進行；Bertrand *et al.* (2002) 針對延繩釣捕獲之黃鰹鮪 (*Thunnus albacares*) 及長鰹鮪 (*T. alalunga*) 進行研究，空胃率高達 65% 以上，由於延繩釣漁法屬於誘食方式捕獲目標魚種，吸引的個體大多屬於較為飢餓者，因此空胃率較高，加上捕撈過程中常見胃內容物反吐狀況 (Chase, 2002; Hernandez-Aguilar *et al.*, 2013) 再者日常攝食周期亦會是個影響的因子 (Shimose *et al.*, 2006)。

日本海域的黑皮旗魚研究表明，黑皮旗魚在夜晚至黎明前在這個區間的攝食活動並不活躍，Shimose *et al.* (2006) 在日本海研究指出，黑皮旗魚空胃頻率在清晨前比其他任何時間都要高，這表示黑皮旗魚的攝食行為具有周期性。相較於其

他漁法如定置網、流刺網等非誘食性質所捕獲之個體空胃率有明顯之差異，如陳 (2012) 研究結果所示，長腰鮪 (*T. tonggol*) 在定置網捕獲之個體空胃率為 43.6%，Preti *et al.* (2001) 研究結果所示狐鯊 (*Alopias vulpinus*) 在定置網被捕獲之個體空胃率為 35.1%，相對於延繩釣誘食性質的捕獲方式，其他漁法空胃率則較低。

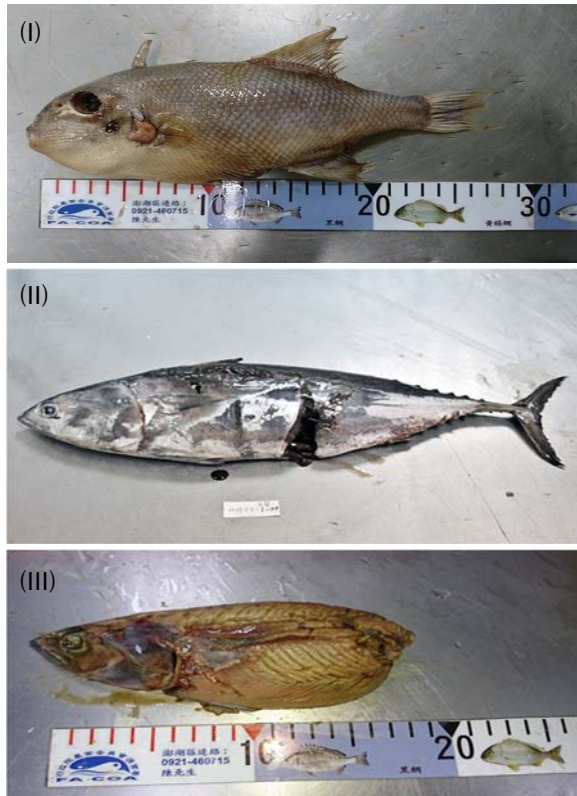


Fig. 7 Photographs of preys found in the stomachs of blue marlin landed: (I) swallowing, (II) slashing injury, and (III) severed injury.

二、體長別攝食差異

掠食者通常會隨著個體成長發育而改變餌料種類的現象，此種改變會因為其不同生活使階段、棲息地之改變、餌料來源及餌料捕食特性有密切關係 (Grossman, 1980; Lukosche and McCormick, 2001; Hajisamae *et al.*, 2004)，掠食者會因為發育成長階段能量需求提高，對於餌料種類及數量會相對提高，因此掠食者在發育過程身體素質 (體型、運動能力、視力及口器開合度) 也會提升，對於餌料選擇性多樣化也會提升捕食的成功率 (Keast and Webb, 1996)。

Tsai *et al.* (2014) 研究結果顯示，雨傘旗魚在幼魚階段攝食眼眶魚 (*Mene maculata*) 及烏魴 (Bramidae) 等體型較小、身體側扁、運動能力較差之物種，由於容易被捕食而成為雨傘旗魚幼魚較佳之選擇；雨傘旗魚成魚，體型較大，運動能力較強則攝食正鰹、白腹鯖及花鰹屬等洄游性魚類。江 (2014) 則發現體型較小之正鰹攝食甲殼類及仔稚魚較多，體型較大之正鰹攝食鎖管及丁香魚等較高階之生物。本研究結果所示，黑皮旗魚 Class 1 (100 - 150 cm) 攝食主要頭足類、鰻科及一些沿岸性魚類為食；Class 2 (151 - 200 cm) 主要攝食頭足類及圓花鰹及少部分中階掠食者為食；Class 3 (200 cm 以上) 主要攝食頭足類及白帶魚、鬼頭刀及正鰹等中階掠食者為食，說明黑皮旗魚在成長階段攝食轉變較為明顯。

ANOSIM 相似度分析發現，攝食體長與攝食結果沒有顯著差異，數據分析發現頭足類及花鰹屬在攝食重疊度相當高，這兩個物種在西太平洋海域屬於重要的攝食資源 (Shimose *et al.*, 2010)，Class 1 及 Class 3 樣本數較少，所以在如此高的重疊情況下，ANOSIM 結果會呈現沒有顯著差異，不過本研究透過攝食比例可以發現鰻科、鬼頭刀、正鰹及白帶魚在體長組別間攝食比例有明顯變化，將來將持續收集較多樣本，再進一步確認食性隨體長轉換的假設。

三、季節別餌料生物變化

黑潮是由北太平洋赤道洋流之高溫高鹽海水延伸而成，其往北流且高速大流量暖流水會與臺灣周邊沿近海之低溫低鹽海水，彼此交匯作用形成之潮境鋒面 (fronts) 海域，正是許多大洋性洄游魚類經常產卵、攝食及棲息洄游之重要魚場之一。再者，具有高溫鹽特性之黑潮表層水，其營養鹽雖匱乏，但黑潮深層水 (200 - 700 m) 則富含營養鹽，常會因地形加上季節風之影響，由底層湧昇 (upwelling) 至表層海域 (Liu *et al.*, 1998)，使得臺灣東部沿岸海域之基礎生產力顯著提高，進而使得浮游生物聚集，吸引大量魚群聚集，形成良好的作業漁場 (Liang *et al.*, 2003)。

臺灣東部海域常常成為許多高度洄游魚種之分佈漁場，並與黑潮水文環境之季節性變動存有密切的關係。黑潮不僅帶來豐沛的攝食資源，季節

變化也相當明顯，每個季節洄游到臺灣東部的物種不太相同，本研究中黑皮旗魚在夏秋兩季攝食圓鰺屬魚種比例最高、鯖科餌料雖在四季均有被攝食，但在夏秋冬比較多且春季較少、頭足類亦在四季均有攝食，圓花鰹在冬春兩季被攝食最多、鬼頭刀在冬春兩季被攝食最多，夏秋兩季較少。根據本研究以 nMDS 二維空間構面對月別做分組，相似的月份被排列為一組，根據本研究顯示黑皮旗魚的攝食對象在季節月份上相當分明。

黑皮旗魚攝食習性並沒有特別的偏好，在許多地區的研究亦是如此，主要以當下季節及區域豐富度較高的物種為食 (Abitia-Cardenas *et al.*, 1996, 1999, 2010)，臺灣東部因為黑潮流經故使得季節洄游之物種相當分明故此影響旗魚之攝食組成 (Rosas-Alayola *et al.*, 2002; Tsai *et al.*, 2015)，根據本研究顯示，飛魚、正鰹、白帶魚、鬼頭刀及鰺科種類在不同的季節被攝食，為季節性代表物種。因此，推測黑皮旗魚為機會攝食主義者，以大洋性表層各季節優勢物種為主要攝食對象。

謝 辭

本研究經費由行政院農業委員會水產試驗所 106 農科-10.1.2-水-A2 及 107 農科-9.1.2-水-A2 計畫項下支助。研究期間承蒙研究中心同仁蔡富元先生、蔡龍泉先生、林憲忠先生、張景淳小姐及許紅虹小姐幫忙採樣、解剖及資料建檔，中央研究院生物多樣性研究中心博物館林沛立經理協助胃內含物魚類鑑定，謹此一併敬致謝忱。

參考文獻

- 江慶隆 (2014) 臺灣東部海域正鰹之攝食生態及食階動態研究. 國立臺灣海洋大學碩士論文, 76 pp.
- 沈世傑, 李信徹, 邵廣昭, 莫顯喬, 陳春暉, 陳哲聰 (1993) 臺灣魚類誌. 國立臺灣大學動物學系, 960 pp.
- 陳邦碩 (2012) 臺灣東部海域長腰鮪之胃內容物分析. 國立臺灣海洋大學碩士論文, 64 pp.
- Abitia-Cardenas, L. A. and F. Galvan-Magana (1996) Food habits and energy values of prey of striped marlin, *Tetrapturus audax*, off the coast of Mexico. *Fish. Bull.*, 95: 360-368.
- Abitia-Cardenas, L. A., F. Galvan-Magana. F. J., Gutierrez-Sanchez, J., Aguilar-Palomino and A. Moehl-Hitz (1999) Diet of blue marlin *Makaira mazara* off the coast of Cabo San Lucas, Baja California Sur, Mexico. *Fish. Res.*, 44: 95-100.
- Abitia-Cardenas, L. A., A. Muhlia-Melo, V. Cruz-Escalona, and F. Galvan-Magaña (2002) Trophic dynamics and seasonal energetics of striped marlin *Tetrapturus audax* in the southern Gulf of California, Mexico. *Fish. Res.*, 57: 287-295.
- Abitia-Cardenas, L. A., D. Arizmendi-Rodríguez, N. Gudiño-González and F. Galván-Magaña (2010) Feeding of blue marlin *Makaira nigricans* off Mazatlan, Sinaloa, Mexico. *Latin American J. Aquat. Res.*, 8: 81-285.
- Baker, A. N. (1966) Food of marlins from New Zealand waters. *Copeia*, 4: 818-822.
- Baum, J. K. and B. worm (2009) Cascading top-down effects of changing oceanic predator abundances. *J. Anim. Eco.*, 78: 699-714.
- Bertrand, A., X. F. Bard and E. Josse (2002) Tuna food habits related to the micronekton distribution in French Polynesia. *Mar. Biol.*, 140: 1023-1037.
- Brock, R. E. (1984) A contribution to the trophic biology of the blue marlin (*Makaira nigricans*) in Hawaii. *Pac. Sci.*, 38: 141-149.
- Chase, B. C. (2002) Differences in diet of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) at five seasonal feeding grounds on the New England continental shelf. *Fish. Bull.*, 100: 168-180.
- Clarke, K. R. and R. N. Gorley (2006) PRIMER v6: User Manual/Tutorial (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research). PRIMER-E, Plymouth.
- Dambacher, J. M., J. W. Young, R. J. Olson, V. Allain, F. Galván-Magaña, M. J. Lansdell and L. M. Duffy (2010) Analyzing pelagic food webs leading to top predators in the Pacific Ocean: a graph-theoretic approach. *Prog. Oceanogr.*, 86: 152-165.
- Erdman, D. S. (1962) The sport fishery for blue marlin off Puerto Rico. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 91: 225-227.
- Galván-Magaña, F., C. Polo-Silva, S. B. Hernández-Aguilar, A. Sandoval-Londoño, M. R. Aguilar-Castro and L. A. Abitia-Cárdenas (2013) Shark predation on cephalopods in the Mexican and Ecuadorian Pacific Ocean. *Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.*, 95: 52-62.
- Garcia, S. M. (2003) Ecosystem approach to fisheries: issue, terminology, principles, institutional foundations, implementation and outlook. *FAO Fish. Tech. Pap.*, 443: 1-71.

- Grossman, G. D. (1980) Ecological aspects of ontogenetic shifts in prey size utilization in the bay goby (Pisces: Gobiidae). *Oecologia*, 47: 233-238.
- Hajisamae, S., L. M. Chou and S. Ibrahim (2004) Feeding habits and trophic relationships of fishes utilizing an impacted coastal habitat, Singapore. *Hydrobiologia*, 520: 61-71
- Hernández-Aguilar, S. B., L. A. Abitia-Cárdenas, X. G. Moreno-Sánchez, M. Arellano-Martínez and E. González-Rodríguez (2013) Trophic spectrum of the sailfish (*Istiophorus platypterus*) caught off Acapulco in the southern Mexican Pacific. *J. Mar. Biolog. Assoc. U.K.*, 93: 1097-1104.
- Hyslop, E. J. (1980) Stomach contents analysis – a review of methods and their application. *J. Fish Biol.*, 17: 411-429.
- Keast, A. and D. Weeb (1966) Mouth and body form relative to feeding ecology in the fish fauna of a small lake, Lake Opinicon, Ontario. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 23: 1845-1874.
- Liang, W. D., T. Y. Tang, Y. J. Yang, M. T. Ko and W. S. Chuang (2003) Upper-ocean currents around Taiwan. *Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.*, 50: 1085-1105
- Liu, C. T. (1998) Mean structure and transport of Taiwan Current (Kuroshio). *Acta Oceanogr. Taiwan*, 36: 159-176.
- Loor-Andrade, P., J. Pincay-Espinoza, M. Carrera-Fernández and R. Rosas-Luis (2017) Feeding habits of billfishes (Carangaria: Istiophoriformes) in the Ecuadorian Pacific Ocean. *Neotropical Ichthyology*, 15(3), e160162. Epub Sept. 28, 2017. <https://dx.doi.org/10.1590/1982-0224-20160162>.
- Lukoschek, V. and M. I. McCormick (2001) Ontogeny of diet changes in a tropical benthic carnivorous fish, *Parupeneus barberinus* (Mullidae): relationship between foraging behaviour, habitat use, jaw size, and prey selection. *Mar. Biol.*, 138: 1099-1113.
- Nakamura, I. (1983) Systematics of the billfishes (*Xiphiidae* and *Istiophoridae*). *Publ. Seto. Mar. Biol. Lab.*, 28: 255-396
- Nakamura, I. (1985) Billfishes of the world. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes known to date. *FAO Spec. Cat. – FAO Fish. Syn.*, 5: 125
- 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 concentrations. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43: 1760-1775.
- Olson, R. J., L. M. Duffy, P. M. Kuhnert, F. Galvan-Magana, N. Bocanegra-Castillo and V. Alatorre-Ramirez (2014) Decadal diet shift in yellowfin tuna *Thunnus albacares* suggests broad-scale food web changes in the eastern tropical Pacific Ocean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 497: 157-178.
- Peti, A., S. E. Smith and D. A. Ramon (2001) Feeding habits of the common thresher shark (*Alopias vulpinus*) sampled from the California-based drift gill net fishery, 1998-1999. *CalCOFI Rep.*, 42: 145-152.
- Platell, M. E. and I. C. Potter (2001) Partitioning of food resources amongst 18 abundant benthic carnivorous fish species in marine waters on the lower west coast of Australia. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 261: 31-54.
- Potier, M., F. Marsac, Y. Cherel, V. Lucas, R. Sabatié, O. Maury and F. Ménard (2007) Forage fauna in the diet of three large pelagic fishes (lancetfish, swordfish and yellowfin tuna) in the western equatorial Indian Ocean. *Fish. Res.*, 83: 60-72.
- Rosas-Alayola, J., A. Hernández-Herrera, F. Galvan-Magaña, L. A. Abitia-Cárdenas and A. F. Muhlia-Melo (2002) Diet composition of sailfish (*Istiophorus platypterus*) from the southern Gulf of California, Mexico. *Fish. Res.* 57: 185-195.
- Rosas-Luis, R., P. Loor-Andrade, M. Carrera-Fernández, J. E. Pincay-Espinoza, C. Vincés-Ortega and L. Chompoy-Salazar (2016) Cephalopod species in the diet of large pelagic fish (sharks and billfishes) in Ecuadorian waters. *Fish. Res.* 173: 159-168.
- Rosas-Luis, R., J. Navarro, P. Loor-Andrade and M. G. Forero (2017) Feeding ecology and trophic relationships of pelagic sharks and billfishes coexisting in the central eastern Pacific Ocean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 573: 191-201.
- Shimose, T., H. Shono, K. Yokawa, H. Saito and K. Tachihara (2006) Food and feeding habits of blue marlin, *Makaira nigricans*, around Yonaguni Island, southwestern Japan. *Bull. Mar. Sci.*, 79: 761-775.
- Shimose, T., K. Yokawa, H. Saito and K. Tachihara (2007) Evidence for use of the bill by blue marlin, *Makaira nigricans*, during feeding. *Ichthyol. Res.*, 54: 420-422.
- Shimose, T., K. Yokawa and H. Saito (2010) Habitat and food partitioning of billfishes (Xiphioidei). *J. Fish Biol.*, 76: 2418-2433.
- Stillwell, C. E. and N. E. Kohler (1985) Food and feeding ecology of the swordfish *Xiphias gladius* in the western North Atlantic Ocean with

- estimates of daily ration. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 22: 239-248.
- Strasburg, D. W. (1970) A report on the billfishes of the central Pacific Ocean. *Bull. Mar. Sci.*, 20: 575-604.
- Tanabe, T. (2001) Feeding habits of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) and other tuna *Thunnus* spp. juveniles in the tropical western Pacific. *Fish. Sci.*, 67: 563-570.
- Tsai, C. N., W. C. Chiang, C. L. Sun, K. T. Shao, S. Y. Chen and S. Z. Yeh (2014) Trophic size-structure of sailfish *Istiophorus platypterus* in eastern Taiwan estimated by stable isotope analysis. *J. Fish Biol.*, 84: 354-371.
- Tsai, C. N., W. C. Chiang, C. L. Sun, K. T. Shao, S. Y. Chen and S. Z. Yeh (2015) Stomach content and stable isotope analysis of sailfish (*Istiophorus platypterus*) diet in eastern Taiwan waters. *Fish. Res.*, 166: 39-46.
- Vaske, T. Júnior, C. M. Vooren and R. P. Lessa (2004) Feeding habits of four species of Istiophoridae (Pisces: Perciformes) from northeastern Brazil. *Environ. Biol. Fishes.*, 70: 293-304.

Feeding Ecology of Blue Marlin (*Makaira nigricans*) off Eastern Taiwan

Chi-Hsuan Chang^{1,2}, Nan-Jay Su², Wei-Chuan Chiang^{1*} and Yuan-Shing Ho¹

¹Eastern Marine Biology Research Center, Fisheries Research Institute

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

ABSTRACT

As a top predator, the blue marlin (*Makaira nigricans*) plays an important ecological and economic role in pelagic ecosystems. The aim of this study was to explore the feeding ecology of blue marlin and the composition of their prey species off eastern Taiwan by examining their stomach contents. To understand the feeding habits of the blue marlin, we used the index of relative importance (IRI) to examine the prey composition. The results showed that the prey compositions in the stomachs of blue marlin were different among the differing size classes. The large blue marlin with high mobility preferred to feed on mesopelagic fishes, while the small blue marlin preferred to feed on small forage fishes. Otherwise, prey IRI values varied across the different seasons. The most common prey species in spring were *Auxis rochei rochei* and Exocoetidae (IRI = 1,144 and 806). The most important prey species in summer were Trichiuridae and Cephalopoda (IRI = 1,913 and 1,078). Carangidae and Scombridae were the major prey species in autumn (IRI = 2,087 and 1,538), while Cephalopoda and *Katsuwonus pelamis* were found most commonly in winter (IRI = 1,465 and 828). The results suggested that the blue marlin is an opportunistic feeder that feeds on the dominant pelagic fishes in each season.

Key words: opportunistic feeder, pelagic fishes, index of relative importance, stomach content analysis

*Correspondence: No. 22, Wu-Chuan Rd., Chengkung, Taitung, Taiwan. TEL: (089) 850-090 ext. 408; Fax: (089) 850-092; E-mail: wcchiang@mail.tfrin.gov.tw