

臺灣東部海域鬼頭刀攝食生態

蔡富元¹ · 江偉全^{1*} · 陳朝清² · Daniel J. Madigan³ · 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國立高雄海洋科技大學漁業生產與管理研究所

³Harvard University Center for the Environment, Harvard University

摘要

鬼頭刀 (*Coryphaena hippurus*) 為臺灣東部重要經濟魚種，本研究利用胃內含物分析探討其食性。自2012年10月至2013年12月，按月於臺東新港漁市場採集鬼頭刀胃內含物樣本 (n=375) (樣本尾叉長範圍為 47.3 ~ 142 cm，體重範圍為 1 ~ 23 kg)，進行胃內含物分析。餌料生物之相對重要性指數 (relative importance index, IRI) 顯示，以玉筋魚 (*Ammodytidae* sp.) 的 IRI 255.53 為最高，其次為飛魚 (*Cheilopogon* sp.) 的 231.99、眼眶魚 (*Mene maculata*) 的 192.70 與頭足類柔魚科 (Ommastrephidae) 的 166.76，其他頭足類也為常見的物種。這些結果顯示，鬼頭刀為機會攝食者，在臺灣東部海域主要攝食幾種常見的大洋性魚類。此外，雌雄魚間的食性並無顯著差異，但鬼頭刀成長至尾叉長 60 cm 以上，胃內含物組成有明顯變化且季節間具有顯著差異。

關鍵詞：鬼頭刀、相對重要性指數、胃內含物分析、營養結構

前言

鬼頭刀 (*Coryphaena hippurus*) 英文俗名為 dolphinfish，亦稱 mahi mahi 及 dorado；因喜追逐飛魚為食，在臺灣又稱飛烏虎 (pue-oo-hóo)。分類學上屬於鱈科 (Coryphaenidae)，全世界計有一屬兩種，為高度洄游性魚類，廣泛分佈於世界三大洋之熱帶及亞熱帶海域，棲息海域涵蓋 46°N ~ 38°S 之間 (Norton, 1999)，常可發現成群於開放水域，但偶爾也可發現於沿岸水域，喜好生活於陰影下，經常成群聚集於流木、海藻或漂浮物的下方 (Kojima, 1963)，常追捕表層魚類而躍出水面捕食 (Oxenford and Hunte, 1999)，喜好棲息於海洋表層 0 ~ 5 m 之水域，偶爾下潛最深達約 100 m (Furukawa *et al.*, 2011)。

掠食性魚類經由食物鏈從上而下的控制，影響魚類群聚結構，以及它們也可能經由營養階層

的途徑，控制整個生態系統結構 (Frank *et al.*, 2005)。若要有效的管理魚類資源，由漁業生態系統辦法的原則建議 (Ecosystem Approach to Fisheries, EAF) (Garcia *et al.*, 2003)，應理解生態系統的結構和功能 (例如：掠食者與獵物的關係)，包括物種的組成及其在生態系統中的功能，而解析食物鏈生態關聯最傳統的方式為經由檢視掠食者胃內含物組成 (stomach content analysis, SCA) (Hyslop, 1980)。因此，掠食性魚類和獵物之間相互作用的理解是研究生態系統功能的先決條件。這種相互作用在海洋環境中的各個層面，以現在的科技技術要直接在海洋中全面性的觀察是不太可能的。此外，掠食性動物胃內含物分析，可能可以顯示獵物的密度信息，因此被廣泛地被利用在攝食生態的研究中 (Pedersen, 2000; Floeter and Temming, 2002; Rindorf, 2003)。

國外對鬼頭刀生殖生物學研究有 Massuti and Morales-Nin (1997)、Schwenke and Buckel (2008)、Alejo-Plata and Salgado-Ugarte (2011)。對其年齡與成長研究有 Uchiyama and Kraul (1986)、Rivera and Appeldoorn (2000)、Schwenke and Buckel

*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

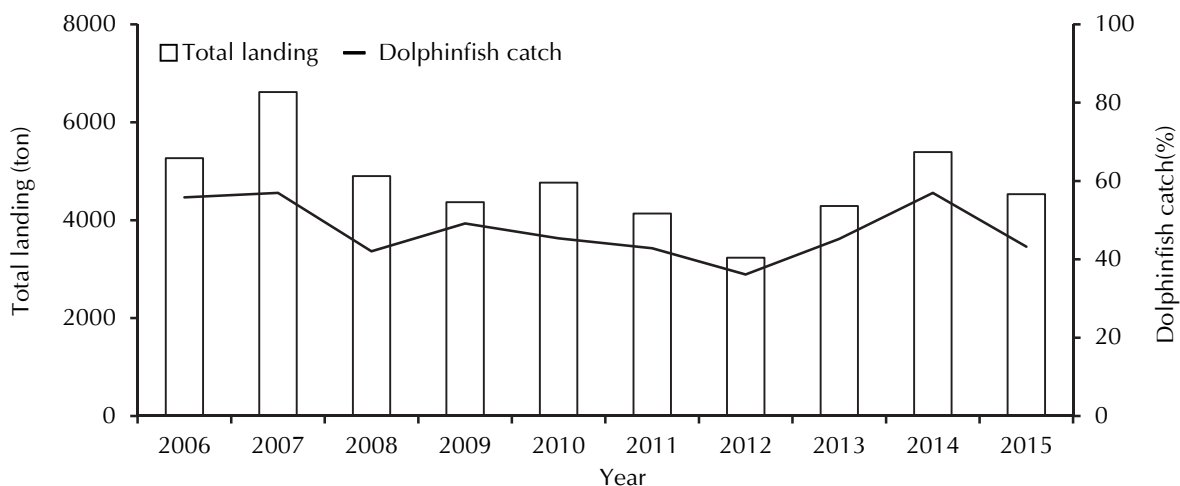


Fig. 1 Total landing catch and percentage of dolphinfish in Shinkang fishing port from 2006 to 2015.

(2008)、Furukawa *et al.* (2012)。至於國內，目前有關鬼頭刀之研究，除了鬼頭刀漁業與其漁產量之統計外，僅 Wu *et al.* (2001) 對其生殖生物學及吳等 (2006) 進行食性研究，而近年來亦僅有林 (2009) 對東部新港海域鬼頭刀延繩釣作業深度與漁獲效率進行探討。

臺灣沿近海海域之鬼頭刀主要漁獲漁法以延繩釣作業為主，但定置網和流刺網作業亦有少量混獲，為東部海域最重要之漁獲。根據臺灣東部新港區漁會漁獲統計顯示，近十年 (2006 ~ 2015 年)，每年鬼頭刀漁獲量佔新港魚市場之總漁獲量之 36.1 ~ 57% (Fig. 1)。

藉由胃內含物分析，本研究主要目的為探討捕獲自臺灣東部海域鬼頭刀於不同季節的攝食狀況與食性變化，以及瞭解胃內含物組成與環境餌料生物食物階層之關聯性，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，以達鬼頭刀漁業資源永續利用之目標。

材料與方法

一、樣本採集

本研究自 2012 年 10 月至 2013 年 12 月間，按月於臺東新港漁市場針對新港籍延繩釣作業船筏於近海所捕獲之鬼頭刀隨機進行樣本採集 (Fig. 2)。樣本攜回研究室後，進行尾叉長 (單位: 0.1 cm)

及體重 (單位: 0.1 kg) 測量，解剖魚體將胃囊取出存放於 10% 福馬林溶液固定及保存。

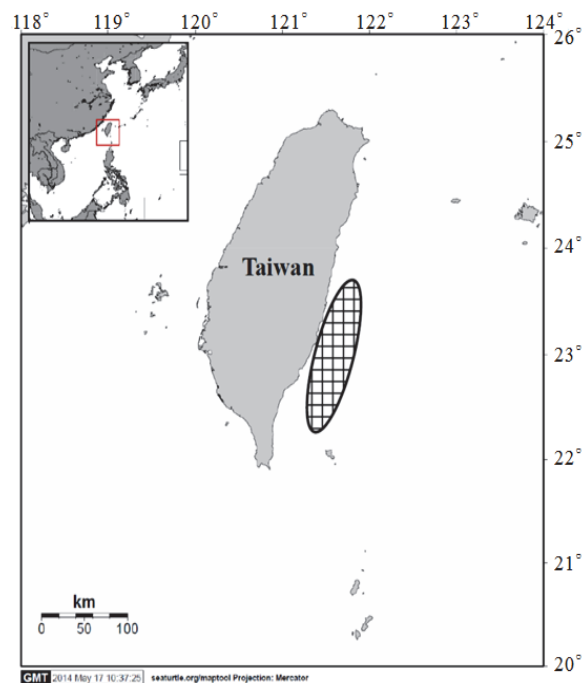


Fig. 2 Fishing area (hatched lines) of coastal dolphinfish fishery off eastern Taiwan.

二、樣本處理

將浸泡在 10% 福馬林之胃囊取出，置於水槽中流水 24 hr 後，將胃囊解剖取出胃內含物，在解剖顯微鏡下進行胃內含物組成鑑定。

三、資料分析

(一) 影響攝食生態之因子

瞭解不同的鬼頭刀體型大小之食性變化，將鬼頭刀樣本依體長大小分 <59.9 cm、60~79.9 cm、80~99.9 cm、>100 cm 等四組，並探討季節性變化。

(二) 定量分析

採用胃內容物飽食指數分析法 (stomach content weight index, SCWI) (Hyslop, 1980)：

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

式中，Stomach content weight 為胃內含物重量 (g)；body weight 為魚體重量 (g)。SCWI 值 0 視為空胃，>0 且 ≤2.5 為小胃，>2.5 且 ≤4.0 為中胃，>4 則為滿胃。

(三) 定性分析

由於單一胃內含物組成分析方法容易誤解各餌料生物之重要性，因此本研究利用三種指標性係數以降低單一指標可能造成之誤差 (Hyslop, 1980)。

1. 出現率法 (occurrence method)

計算各類餌料生物種類 (food item) 出現頻度的百分率 (mean frequency of occurrence, %FO)：

$$\%FO = \frac{\text{number of stomachs containing prey } i}{\text{total number of stomachs containing prey}} \times 100$$

式中，number of stomachs containing prey *i* 為攝食 *i* 種餌料之總個體；total number of stomachs containing prey 為胃內含物分析之總個體數，不含空胃的數量。

2. 豐度法 (numerical method)

計算所攝食各類餌料生物種類之豐度百分率 (numerical abundance, %N)：

$$\%N = \frac{\text{number of prey } i}{\text{total number of prey}} \times 100$$

式中，number of prey *i* 為胃內含物中 *i* 種餌料

之數目；total number of prey 為胃內含物中所有餌料種類數目。

3. 重量法 (gravimetric method)

計算所攝食各類餌料生物種類之重量百分率 (weight importance, %W)。

$$\%W = \frac{\text{weight of prey } i}{\text{total weight of all prey}} \times 100$$

式中，weight of prey *i* 為攝食 *i* 種餌料之重量；total weight of all prey 為胃內含物總重量。

(四) 相對重要指數 (index of relative importance)

根據前述所得之三個指標值，再計算 IRI 值：

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

IRI > 100 定義為主要餌料生物種類，以強調其主要餌料生物種類來源 (Pinkas, 1971; Clark, 1985)。

(五) 多變量分析

所有樣本皆先扣除空胃及無法鑑定的種類、食糜和無機碎屑個體，再進行多變量統計分析 (PRIMER v.5) (Clarke and Gorley, 2001)。

1. 相似度分析 (analysis of similarities, ANOSIM)

利用 one-way ANOSIM 來檢測食性在性別、不同體長、季節間是否有顯著差異。

2. 非計量多度空間尺度分析圖 (nonmetric multidimensional scaling, MDS)

利用非計量 MDS 來表現在不同體長組別及季節餌料生物之相對重要性指數，相對排序之空間構面。

3. 群集分析 (cluster analysis)

群集的目的是依據資料間的相似度將樣本分成幾群互相沒有交集的群組。本研究根據鬼頭刀各月別餌料生物之 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) (Sneath and Sokal, 1973)

Table 1 Dolphinfish sampling in the waters off eastern Taiwan

Year	Month	n	FL (cm)		Empty stomach (%)
			Mean \pm SD	Range	
2012	October	27	82.1 \pm 12.8	59.6-106.0	22.2
	November	28	74.1 \pm 19.7	48.5-142.0	53.6
	December	12	91.1 \pm 14.4	72.5-115.5	66.7
2013	January	32	73.4 \pm 14.2	47.3-102.0	50
	February	25	83.1 \pm 22.4	51.0-127.0	40
	March	29	86.1 \pm 12.7	52.0-111.5	58.6
	April	23	80.4 \pm 17.8	52.5-108.5	43.5
	May	24	83.7 \pm 12.2	63.0-102.0	37.5
	June	17	96.8 \pm 16.2	58.6-118.0	17.6
	July	33	90.3 \pm 11.9	73.2-117.0	24.2
	August	39	74.7 \pm 12.7	62.2-95.5	38.5
	September	36	76.1 \pm 14.4	49.5-95.5	41.7
	October	23	80.4 \pm 12.6	55.0-101.5	43.5
	November	8	87.4 \pm 11.9	74.5-111.0	37.5
	December	19	85.5 \pm 16.8	67.0-127.0	36.8
total		375	83.0 \pm 14.8	47.3-142.0	40.8

FL = fork length, n = sample size

繪製群集分析的樹狀圖以進行類群分析。

4. 主成份分析 (principal component analysis, PCA)

根據季節餌料生物 IRI 資料矩陣，以主成份分析解構各種餌料生物間之相對權重。

結 果

一、胃內含物分析

本研究自 2012 年 10 月至 2013 年 12 月總計於臺東新港魚市場採集 375 尾鬼頭刀樣本，其中雌魚 215 尾，雄魚 160 尾，樣本之體長 (FL) 分布主要介於 60 ~ 110 cm，體重分布主要介於 1.5 ~ 8 kg 之間 (Table 1)。空胃率為 40.5%，小胃為 54.1%，中胃為 3.5%，滿胃為 1.9% (Fig. 3)。根據體長別之胃內容物飽食指數，各體長組別之樣本主要還是集中在空胃以及小胃，而中胃及滿胃則零星的分散在各體長級距中，並未隨著體長的增加而有增加或減少的趨勢 (Fig. 4)。

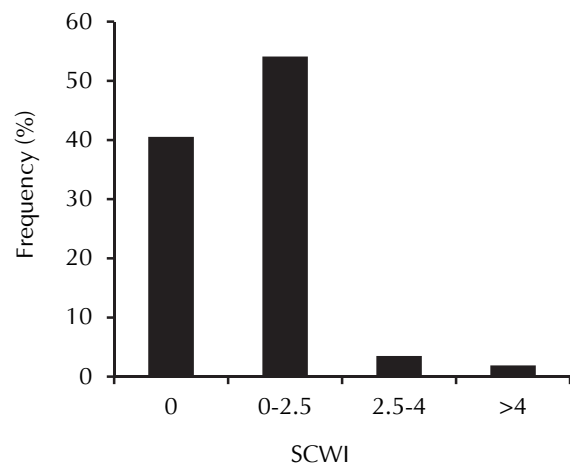


Fig. 3 Stomach content weight index (SCWI) for 375 dolphinfish individuals collected in the waters off eastern Taiwan.

鬼頭刀胃內容物組成總計分成 30 類，魚類 22 種，軟體動物 4 種，甲殼類 3 種 (Table 2)。將餌料生物以游泳能力與類型分類成 6 種單元，分為 (1) 甲殼類 (crustaceans); (2) 仔稚魚 (fish larvae); (3) 近岸魚類 (inshore fish); (4) 軟體動物 (molluscs); (5) 表層洄游性魚類 (pelagic fish); (6)

其他類 (other)，本研究僅以五大類進行分析。出現率 (%FO) 以柔魚科 10.71% 為最高，其次為六斑二齒魷的 9.52%，眼眶魚為 8.93% 位居第三。以豐度百分比 (%N) 表示，則以玉筋魚屬 31.52% 最高，其次為仔稚魚 16.35%，六斑二齒魷為 8.06%

位居第三。以重量百分比 (%W) 表示，則以鬚唇飛魚屬 18.66% 最高，其次為眼眶魚 17.32%，扁花鯉為 12.1% 位居第三。以 IRI 表示，則以玉筋魚屬 255.53 最高，其次為飛魚 231.99，眼眶魚為 192.7 位居第三 (Table 2)。

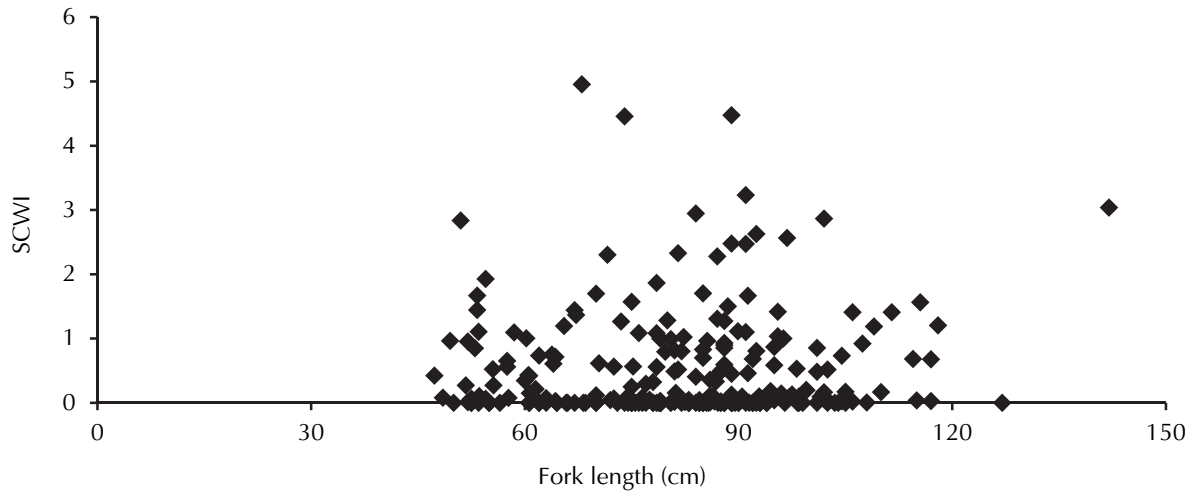


Fig. 4 Relationship between fork length and stomach content weight index (SCWI) of 375 dolphinfish individuals collected in the waters off eastern Taiwan.

Table 2 Dietary composition of dolphinfish by frequency of occurrence (%FO), numerical abundance (%N), mean percentage of weight (%W), and index of relative importance (IRI)

Prey item	%FO	%N	%W	IRI
Echinoderms				
Scyphozoa	0.60	0.24	0.07	0.18
Crustaceans				
Carp	7.14	5.45	3.19	61.68
Shrimp	3.57	2.84	0.09	10.46
Zoea	1.79	2.13	0.02	3.84
Cephalopoda				
Ommastrephidae	10.71	4.27	11.30	166.76
Loliginidae				
<i>Loligo chinensis</i>	5.36	2.61	1.83	23.79
Octopodidae	1.79	0.71	0.34	1.88
Argonautidae				
<i>Argonauta</i> sp.	1.19	0.47	0.09	0.67
Fish larva	5.36	16.35	0.19	88.63
Teleostei				
Engraulidae				
<i>Encrasicholina</i> sp.	0.60	0.24	0.01	0.15
Bregmacerotidae				
<i>Bregmaceros</i> sp.	2.38	0.95	0.03	2.33
Exocoetidae				
<i>Cheilopogon</i> spp.	10.12	4.27	18.66	231.99

Table 2 Continued

Prey item	%FO	%N	%W	IRI
Belonidae				
<i>Ablennes hians</i>	1.79	0.71	4.29	8.93
Trachichthyidae	2.38	0.95	2.31	7.75
Polymixiidae				
<i>Polymixia</i> sp.	0.60	0.24	0.09	0.20
Fistulariidae				
<i>Fistularia</i> sp.	1.19	0.47	0.06	0.64
Triglidae	4.17	1.90	1.77	15.27
Carangidae				
<i>Carangoides</i> spp.	2.38	0.95	3.64	10.92
<i>Decapterus</i> spp.	4.17	1.90	0.21	8.75
Menidae				
<i>Mene maculata</i>	8.93	4.27	17.32	192.70
Ammodytidae				
<i>Ammodytes</i> sp.	7.74	31.52	1.51	255.53
Bramidae	0.60	0.24	0.02	0.15
Ammodytidae				
<i>Ariomma</i> spp.	2.38	0.95	0.33	3.05
Gempylidae	1.79	0.71	0.41	2.00
Lactariidae				
<i>Auxis thazard thazard</i>	1.79	0.71	12.10	22.87
Nomeidae				
<i>Cubiceps</i> sp.	1.19	0.71	0.22	1.11
Balistidae	3.57	2.13	2.71	17.28
Monacanthidae	1.19	0.47	0.11	0.70
Tetraodontidae				
<i>Lagocephalus</i> spp.	3.57	2.61	10.21	45.78
Diodontidae				
<i>Diodon holocanthus</i>	9.52	8.06	6.89	142.35

二、性別

雌魚餌料之出現率 (%FO) 以表層大洋性魚類出現率為最高 46.7%，其次為近岸魚類 25%，軟體動物 18.5% 居第三，而仔稚魚及甲殼類各分別為 8.7% 以及 12%。雄魚以表層大洋性魚類出現率為最高 50%，其次為近岸魚類 21.4%，第三為軟體動物的 18.6%，仔稚魚及甲殼類各分別為 1.4% 以及 11.4% (Table 3)。雌魚餌料出現豐度百分比

(%N) 以表層大洋性魚類所佔的 43.3% 居首位，仔稚魚為 27.3% 居第二位，近岸魚類為 11.8% 排名第三，頭足類及甲殼類各分別為 8% 以及 9.7%。雄魚以表層大洋性魚類所佔的 59.3% 居首位，第二為近岸魚類的 22%，甲殼類的 8.5% 居第三，頭足類及仔稚魚各分別為 7.9% 以及 2.3% (Table 3)。雌魚餌料生物重量百分比 (%W) 以表層大洋性魚類的 69.7% 最高，其次為近岸魚類的 15%，軟體動物、仔稚魚、甲殼類共佔 15.8%。雄魚以表層

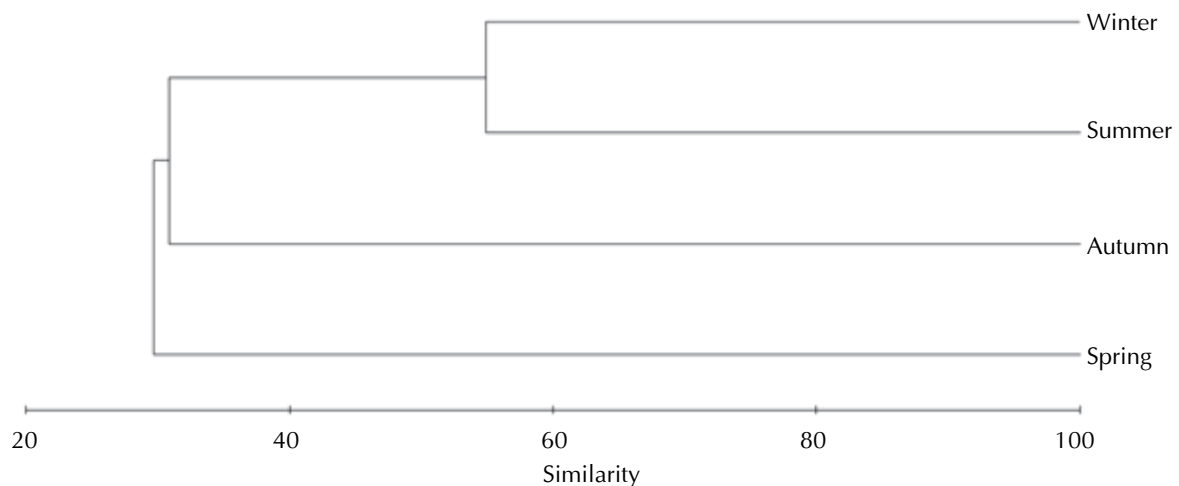


Fig. 5 Similarity of dolphinfish diet composition revealed by cluster analysis using index of relative importance among seasons.

Table 3 Dietary composition of male and female dolphinfish by frequency of occurrence (%FO), numerical abundance (%N), mean percentage of weight (%W), and index of relative importance (IRI)

Prey item	Female				Male			
	%FO	%W	%N	IRI	%FO	%W	%N	IRI
Pelagic fishes	46.74	69.64	43.28	5277.57	50.00	69.44	59.32	6438.22
Molluscs	18.48	11.01	7.98	350.89	18.57	12.68	7.91	382.40
Inshore fishes	25.00	15.00	11.76	669.22	21.43	14.80	22.03	789.20
Fish larvae	8.70	0.57	27.31	242.42	1.43	0.01	2.26	3.24
Crustaceans	11.96	3.78	9.66	160.79	11.43	3.07	8.47	131.95

大洋性魚類的 69.44% 為最高，其次為近岸魚類的 14.8%，軟體動物、仔稚魚、甲殼類共佔 15.76% (Table 3)。

雌魚餌料生物 IRI 以表層大洋性魚類為 5277.6 最高，近岸魚類 669.2 居次，軟體動物 350.9 第三，仔稚魚與甲殼類分為 242.4 與 160.8。雄魚以表層大洋性魚類的 6438.2 最高，近岸魚類 789.2 居次，軟體動物 382.4 第三，仔稚魚為 3.24，甲殼類為 131.95 (Table 3)。將所有鬼頭刀樣本合併計算後，利用 one-way ANOSIM 檢定餌料生物 IRI 之性別差異，結果顯示雌雄魚間無顯著差異 (檢定統計量 R 值為 0.167, $p < 5\%$)。

三、季節餌料變化

將所有鬼頭刀樣本合併計算後，利用 one-way

ANOSIM 檢定餌料生物 IRI 之季節性差異，結果顯示季節性有顯著差異 (檢定統計量 R 值為 0.367, $p < 5\%$)，個別季節間的比較顯示，春季與冬季、夏季間的 R 值皆大於 0.5，但未達統計的顯著水平 ($p = 10\%$)，表示冬季與其他季節之 IRI 雖有重疊但能清楚區別 (Table 4)。分析各季節別間相似特性，結果顯示冬季及夏季月份餌料生物之 IRI 具有高度之相似性 (54.94% similarity level)，春季與與其它組別有明顯差異性 (Fig. 5)。選取二維空間構面表現在不同季節餌料生物之 IRI 之相對關係 (stress = 0)，顯示夏季及冬季餌料生物之 IRI 指標十分接近，而於春季餌料生物之 IRI 指標變異程度相當大，且與夏季、秋季及冬季餌料生物之 IRI 指標明顯不同 (Fig. 6)。根據各餌料生物之相對重要性指標 (IRI) 利用主成份分析不同季節各餌料生物之影響程度，結果顯示第 1 及第 2 主

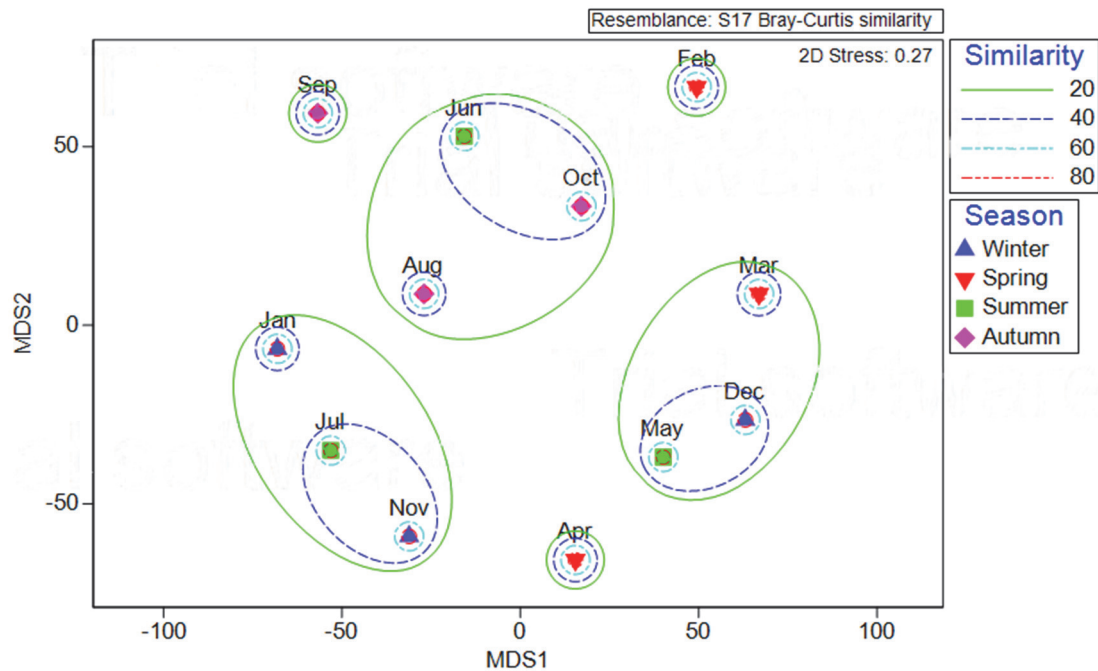


Fig. 6 Nonmetric Multidimensional Scaling of Index of relative importance of dolphinfish diets among seasons. Stress: pressure coefficient.

成份之特徵值 (eigenvalue) 大於 1，且選取此 2 個主成份之變異解釋程度可達 75.3% (Table 5)，及詳列各主成份中各種餌料生物之線性組合權重。根據此 3 個主成份得點 (principal component score) 以二維空間散佈圖呈現各季節月份餌料生物 IRI 之異同，結果顯示春冬兩季主成份得點之分佈較為接近，而春季主成份得點之散佈程度相當大 (Fig. 7)，其中春季胃內含物皆以鬚唇飛魚屬、角魚科、玉筋魚屬最高，由於春季月份中攝食之餌料生物差異甚大，因而也使得春季與其他三季餌料生物之 IRI 具有明顯差異。

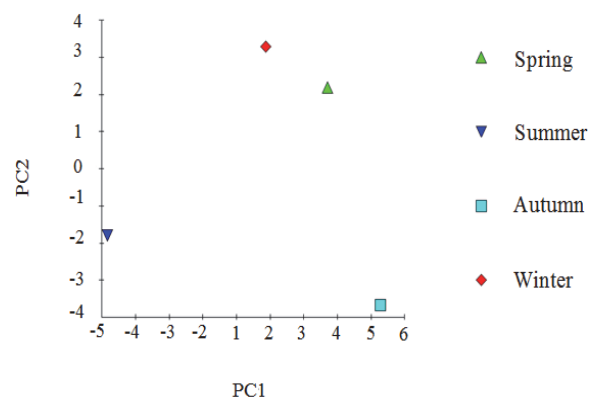


Fig. 7 Principal component analysis (PCA) of index of relative importance (IRI) by season for dolphinfish diets.

Table 4 Comparison of dolphinfish diets between seasons analyzed by one-way ANOSIM

Groups	R statistic	p-value
Global test	0.367	0.038
Pairwise test		
Winter vs. Spring	0.519	0.1
Winter vs. Summer	0	0.5
Winter vs. Autumn	0.444	0.1
Spring vs. Summer	0.704	0.1
Spring vs. Autumn	0.407	0.2
Summer vs. Autumn	0.074	0.5

四、體長別

根據餌料生物 IRI 之群集分析法來分析各體長別間相似特性，60~79.9 cm 及 80~99.9 cm 的餌料組別最為相近 (62.61% similarity level)，而體長小於 59.9 cm 組別之鬼頭刀與其它組別有明顯差異性 (Fig. 8)。根據體長組別餌料生物 IRI 之 MDS 分析，本研究選取二維空間構面表現在不同體長組別餌料生物之 IRI 相對關係 (壓力係數 stress=0)，體長組別 60~79.9 cm 與 80~99.9 cm 之餌料生物 IRI

指標相當接近，而 FL 大於 60 cm 以上三個體長組別之餌料生物 IRI 指標則與 FL 小於 60 cm 以下者具有明顯差異，其中小於 60 cm 體長組別之餌料生物 IRI 指標差異更是明顯 (Fig. 9)。

Table 5 Principal component analysis (PCA) of index of relative importance (IRI) for dolphinfish stomach contents collected in the waters off eastern Taiwan

Food item	PC1	PC2
Scyphozoa	-0.268	-0.095
Carp	0.099	-0.263
Shrimp	0.043	0.29
Zoea	0.13	-0.248
Ommastrephidae	-0.225	0.122
<i>Loligo chinensis</i>	-0.051	0.259
Octopodidae	-0.249	-0.151
<i>Argonauta</i> sp.	-0.188	-0.039
Fish larva	-0.008	0.25
<i>Encrasicholina</i> sp.	0.152	-0.232
<i>Bregmaceros</i> sp.	-0.253	-0.141
<i>Cheilopogon</i> spp.	0.096	0.087
<i>Ablennes hians</i>	0.145	0.042
Trachichthyidae	0.003	0.247
<i>Polymixia</i> sp.	0.152	-0.232
<i>Fistularia</i> sp.	-0.268	-0.095
Triglidae	0.105	0.072
<i>Carangoides</i> spp.	-0.261	-0.085
<i>Decapterus</i> spp.	0.045	-0.302
<i>Mene maculata</i>	-0.283	-0.025
<i>Ammodytes</i> sp.	0.114	0.084
Bramidae	-0.268	-0.095
<i>Ariomma</i> sp.	-0.264	-0.112
Gempylidae	0.162	-0.149
<i>Auxis thazard thazard</i>	0.224	-0.102
<i>Cubiceps</i> sp.	0.2	-0.042
Balistidae	-0.28	-0.055
Monacanthidae	-0.041	-0.286
<i>Lagocephalus</i> sp.	-0.039	0.309
<i>Diodon holocanthus</i>	0.152	-0.232
Eigenvalues (λ)	12.35	10.24
Variation (%)	41.2	34.1

根據上述結果發現，當樣本體長達 60 cm 後，其胃內含物組成具有明顯變化，因此本研究亦嘗試將鬼頭刀所有樣本依體長分為小於 60 cm 與大於 60 cm 兩個群體進行分析。體長小於 60 cm 之鬼頭刀餌料出現豐度百分比 (%N) 以表層大洋性魚類所佔的 57.5% 居首位，仔稚魚 32.6% 居第二位，其餘之軟體動物、近岸魚類與甲殼類共佔 9.9%。餌料生物重量百分比 (%W) 分析結果以表層大洋性魚類 62% 為最高，其次為近岸魚類 33.5%，仔稚魚 3% 居第三，軟體動物及甲殼類分別各佔 1% 與 0.5% (Fig. 10)。體長大於 60 cm 之鬼頭刀餌料出現豐度百分比 (%N) 以表層大洋性魚類所佔的 43.5% 居首位，近岸魚類 25.7% 居於第二位，而甲殼類 13.9% 為第三，軟體動物佔 12.7%，仔稚魚佔 4.2%。餌料生物重量百分比 (%W) 以表層大洋性魚類 70.3% 為最高，其次為近岸魚類 14.2%，軟體動物 11.9% 居第三，仔稚魚佔 0.08%，甲殼類佔 3.5% (Fig. 10)。

將樣本依體長 60 cm 區分之兩個組別，雖然 one-way ANOSIM 檢定結果指出兩個組別 IRI 之差異未達顯著水準 ($p > 5\%$)，但檢定統計量 R 值高達 0.778，顯示兩體長組別 IRI 雖有重疊但能清楚區別。

討 論

一、攝食習性

由本研究結果顯示，鬼頭刀胃內含物組成包括多種表層大洋性魚類、軟體動物、近岸魚類、仔稚魚及甲殼類等，屬高階掠食者之一，於臺灣東部海域大洋生態系中佔重要之生態區位。由 Oxenford and Hunte (1999) 研究指出，加勒比東部海域之鬼頭刀攝食對象廣泛，但主要以表層大洋性魚類為主，特別是飛角魚科 (Dactylopteridae) 與飛魚科 (Exocoetidae) 魚類為最主要之餌料生物；Tripp-Valdez *et al.* (2010) 則指出墨西哥加利福尼亞灣之鬼頭刀胃內含物組成主要包含甲殼類 (加洲螳螂蝦 *Hemisquilla californiensis* 幼體)、表層大洋性魚類、頭足類。吳等 (2006) 研究指出，臺灣東部海域之鬼頭刀主要餌料生物為日本銀帶鯡 (*Spratelloides gracilis*)、日本鯊 (*Carassius cuvieri*) 及飛魚 (*Cypselurus* sp.) 等表層洄游性魚類，與本

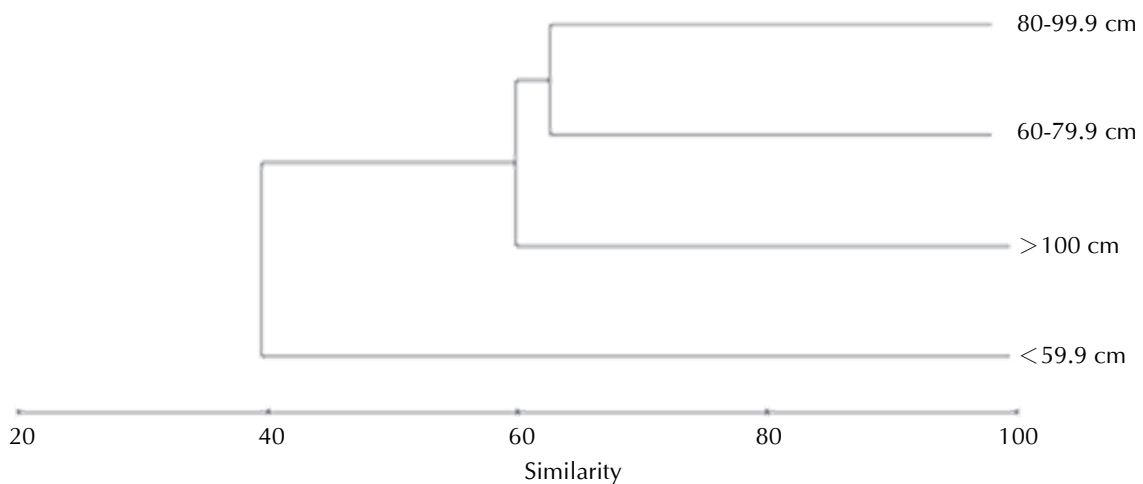


Fig. 8 Dendrogram showing cluster analysis results for the index of relative importance (IRI) of dolphinfish grouped by length.

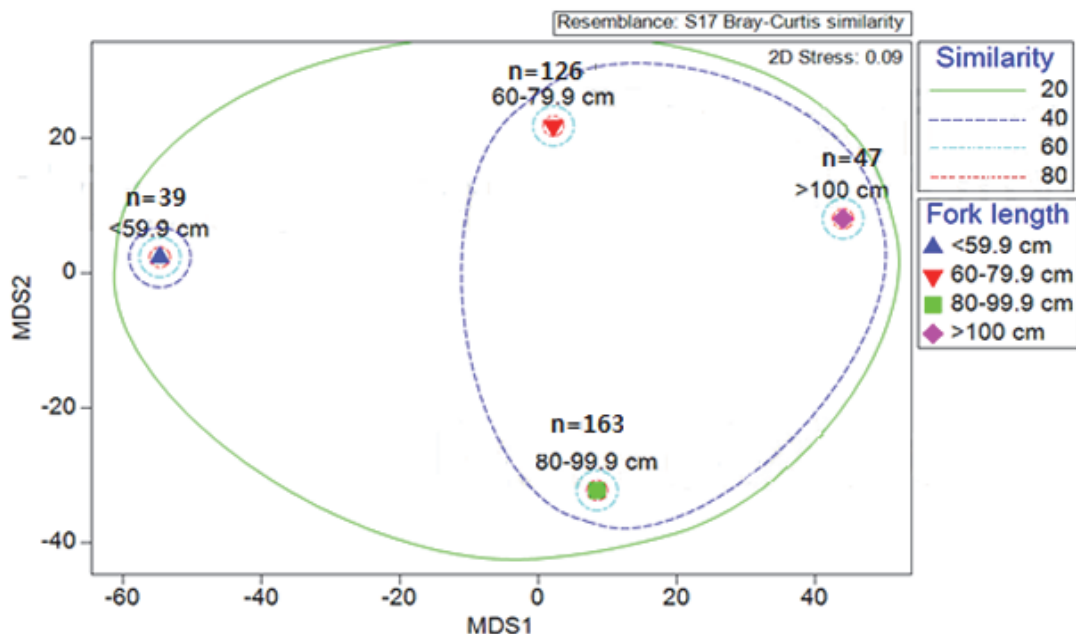


Fig. 9 Nonmetric Multidimensional Scaling of Index of relative importance for each grouping length of dolphinfish collected in waters off the eastern Taiwan. Stress: pressure coefficient.

研究結果有明顯差異，這也表示著經過長時間的變化，臺灣東部海域之生態環境及魚種組成正在逐漸轉變中，環境的改變將會影響許多動物的移動及覓食行為 (Sih and Christensen, 2001)，此現象顯示鬼頭刀為機會主義攝食者，捕食棲息海域中數量豐富及容易捕食之餌料生物，而餌料生物組成經常因不同海域而有所差異。被捕時的餌料生物通常會與捕食者的型態、覓食的時間、餌料生物的多寡和餌料生物豐度的季節改變有關

(Karpouzi and Stergiou, 2003)。此外，環境餌料生物所能提供的能量多寡、餌料生物的大小與適口性等亦可能影響掠食者的攝食習性 (Nieland, 1980; Hart and Ison, 1991; Stergiou and Fourtouni, 1991)。本研究中鬼頭刀餌料生物組成，以玉筋魚為最重要餌料生物，其他主要餌料生物魚種為飛魚、眼眶魚，而頭足類動物也經常發現。由此可知，臺灣東部海域鬼頭刀主要攝食小型大洋性魚類及大型漂浮物下之魚類與頭足類。

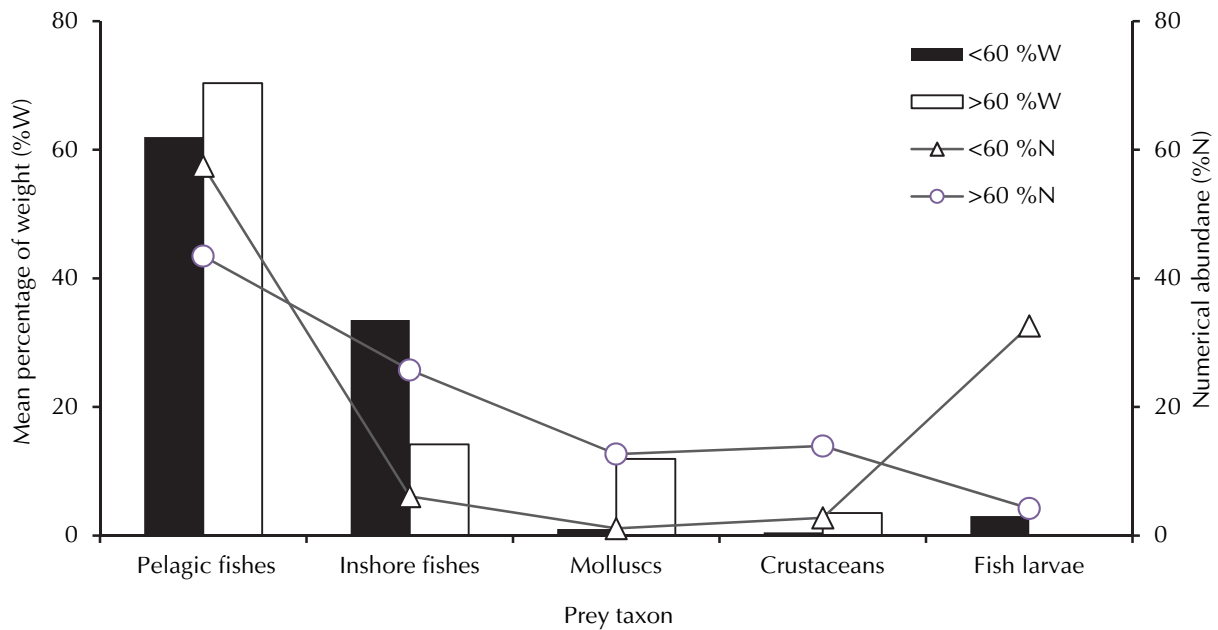


Fig. 10 Comparison of the relative importance of main food items to the diets of two size classes (<60 cm FL and >60 cm FL) of dolphinfish caught in the waters off eastern Taiwan.

二、體長等級別食性差異

Olson and Galvan-Magana (2002) 研究太平洋東部海域之鬼頭刀攝食生態，發現鬼頭刀隨著體長的增加其食性也產生改變，隨著魚體之成長，營養需求亦增加，轉而需要攝食頭足類、魚類等營養較高的獵物。Tripp-Valdez *et al.* (2010) 指出，墨西哥加利福尼亞灣之鬼頭刀隨體長增加，攝食甲殼類有逐漸減少的趨勢，而攝食更多的頭足類。吳等 (2006) 曾指出，臺灣東部海域鬼頭刀不同體長組別之鬼頭刀食性無顯著差異，在任何體長階段，其餌料生物均以魚類為主要攝食對象，其次為軟體動物。Graham *et al.* (2007) 則指出夏威夷黃鰭鮪在體型達尾叉長 45 ~ 50 cm 具有明顯食性轉變的現象，從主要攝食甲殼類動物幼蟲而轉變為攝食深海真蝦和硬骨魚類。而本研究結果顯示鬼頭刀也有食性轉變之現象。

魚類之成長發育過程，其攝食習性亦會隨之改變 (Gibson and Ezzi, 1987)，體長增加各器官亦隨之發育，口徑增大，鰓耙構造和間距亦改變 (Delbeek and Willams, 1988)。此外掠食者的體型大小與餌料生物間亦有密切關係 (Schoener, 1970)，魚類隨成長而改變餌料選擇的目的，除了為達到成熟體長外，也為了能夠攝取更多的能量，使成長

更為快速及降低被掠食者捕食的機率 (Brown, 1985)。而本研究以四種體長別樣本的角度來觀察，可以發現鬼頭刀體長等級小於 60 cm 與大於 60 cm 兩類群擁有不同之攝食型態。<60 cm 鬼頭刀之個體攝食較多的仔稚魚，較少捕食軟體動物，但隨著體長的增加，攝食仔稚魚的數量有逐漸下降的趨勢，而攝食軟體動物則有升高的趨勢。

三、季節性餌料變化

本研究中鬼頭刀胃內含物分析結果顯示，春季之食性與夏、秋、冬三季有顯著性差異。吳等 (2006) 指出臺灣東部海域不只是鬼頭刀之產卵場之一，亦是索餌海域，鬼頭刀餌料生物有明顯之季節性變動，春季主要攝食花蓮小沙丁魚 (*Sardinella hualiensis*)、日本鯊、燈籠魚 (*Diaphus* spp.) 及日本銀帶鯡，夏季攝食飛魚、刺河豚 (*Diodon* spp.)、棘河豚及箱河豚 (*Ostracion* spp.)，秋季攝食仔稚魚、刺河豚及臺灣鎖管 (*Loligo chinensis*)，冬季攝食日本鯊、仔稚魚及鰻苗。吳等 (2006) 所發現的鬼頭刀餌料生物組成與本研究結果具明顯差異。Wootton (1984) 指出，欲研究攝食習性之季節性變化，不但要了解研究期間之餌料生物背景資料，最好要有長期累積之資料以便

於了解其變化之週期。本研究樣本採集期間僅一年多，未來仍需累積更多季節性樣本，以解析季節性之餌料組成因子或族群移動之差異。

本研究利用胃內含物分析鬼頭刀攝食生態，未來將進行穩定同位素分析臺灣東部海域鬼頭刀的營養階層及探討東部海域大洋性魚類食階動態，並將可做為漁業開發利用對海洋食物網結構影響之重要科學依據。

謝 辭

本研究經費由行政院農業委員會水產試驗所 102 農科-11.2.2-水-A1(3) 及 103 農科-11.2.1-水-A1(7)計畫項下支助。研究期間承蒙前水產試驗所東部海洋生物研究中心陳文義主任鼓勵及提供寶貴建議，研究中心同仁許紅虹小姐、洪曉敏先生、林憲忠先生、呂雯娟小姐、蔡龍泉先生幫忙採樣、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，謹此一並敬致謝忱。

參考文獻

- 林憲忠 (2009) 臺灣東部新港海域鬼頭刀 (*Coryphaena hippurus*) 延繩釣作業深度與漁獲效率之研究. 國立高雄海洋科技大學碩士論文, 71 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。
- Alejo-Plata, C., P. Díaz-Jaimes and I. H. Salgado-Ugarte (2011) Sex ratios, size at sexual maturity, and spawning seasonality of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) captured in the Gulf of Tehuantepec, Mexico. Fish. Res., 110(1): 207-216.
- Brown, J. A. (1985) The adaptive significance of behavioural ontogeny in some centrarchid fishes. Environ. Biol. Fish., 13(1): 25-34.
- Clark, M. R. (1985) The food and feeding of seven fish species from the Campbell Plateau, New Zealand. New Zealand J. Mar. Freshwater Res., 19(3): 339-363.
- Clarke, K. R. and R. N. Gorley (2001) PRIMER v5: user manual/tutorial. PRIMER-E, Ltd, Plymouth.
- Delbeek, J. and D. Williams (1988) Feeding selectivity of four species of sympatric stickleback in brackish-water habitats in eastern Canada. J. Fish Biol., 32(1): 41-62.
- Floeter, J. and A. Temming (2002) Explaining diet composition of North Sea cod (*Gadus morhua*): prey size preference vs. prey availability. Can. J. Fish. Aqua. Sci., 60: 140-150.
- Frank, K. T., B. Petrie, J. S. Choi and W. C. Leggett (2005) Trophic cascades in a formerly cod-dominated ecosystem. Science, 308(5728): 1621-1623.
- Furukawa, S., S. Ohshimo, S. Tomoe, T. Shiraishi, N. Nakatsuka and R. Kawabe (2012) Age, growth, and reproductive characteristics of dolphinfish *Coryphaena hippurus* in the waters off west Kyushu, northern East China Sea. Fish. Sci., 78(6): 1153-1162.
- Furukawa, S., R. Kawabe, S. Ohshimo, K. Fujioka, G. N. Nishihara, Y. Tsuda, T. Aoshima, H. Kanehara and H. Nakata (2011) Vertical movement of dolphinfish *Coryphaena hippurus* as recorded by acceleration data-loggers in the northern East China Sea. Environ. J. Fish Biol., 92(1): 89-99.
- Garcia, S. M., Zerbi, A., Aliaume, C., Do Chi, T., and G. Lasserre, (2003) The ecosystem approach to fisheries. Issues, terminology, principles, institutional foundations, implementation and outlook. FAO Fish. Rep., No. 443, 71 pp.
- Gibson, R. and I. Ezzi (1987) Feeding relationships of a demersal fish assemblage on the west coast of Scotland. J. Fish Biol., 31(1): 55-69.
- Graham, B. S., D. Grubbs, K. Holland, and B. N. Popp, (2007) A rapid ontogenetic shift in the diet of juvenile yellowfin tuna from Hawaii. Mar. Biol., 150(4): 647-658.
- Hart, P. J. B. and S. Ison (1991) The influence of prey size and abundance, and individual phenotype on prey choice by the three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus*. L. J. Fish Biol., 38(3): 359-372.
- Hyslop, E. (1980) Stomach contents analysis—a review of methods and their application. J. Fish Biol., 17(4): 411-429.
- Karpouzi, V. and K. Stergiou (2003) The relationships between mouth size and shape and body length for 18 species of marine fishes and their trophic implications. J. Fish Biol., 62(6):1353-1365.
- Kojima, S. (1963) Studies on fishing conditions of the dolphin, *Coryphaena hippurus* L., in the western region of the Sea of Japan-VII. Relationships between the stomach contents and the pelagic fauna of juveniles. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 29(5): 407-414.

- Massutí, E. and B. Morales-Nin (1997) Reproductive biology of dolphin-fish (*Coryphaena hippurus* L.) off the island of Majorca (western Mediterranean). *Fish. Res.*, 30(1): 57-65.
- Norton, J. G. (1999) Apparent habitat extensions of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in response to climate transients in the California Current. *Sci. Mar.*, 63(3-4): 239-260.
- Nieland, H. (1980) Experiments on whether schooling by their prey affects the hunting behavior of cephalopods and fish predators. *J. Zool.*, 174: 149-167.
- Olson, R. J., and F. Galván-Magaña, (2002) Food habits and consumption rates of common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the eastern Pacific Ocean. *Fish. Bull.*, 100(2): 279-298.
- Oxenford, H. A. and W. Hunte (1999) Feeding habits of the dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the eastern Caribbean. *Sci. Mar.*, 63(3-4): 317-325.
- Pedersen, J. (2000) Food consumption and daily feeding periodicity: comparison between pelagic and demersal whiting in the North Sea. *J. Fish Biol.*, 57(2): 402-416.
- Pinkas, L. (1971) Food habits study. *Fish. Bull.*, 152: 5-10.
- Rindorf, A. (2003) Diel feeding pattern of whiting in the North Sea. *Mari. Ecol. Prog. Ser.*, 249: 265-276.
- Rivera, G. and R. Appeldoorn (2000) Age and growth of dolphinfish, *Coryphaena hippurus*, off Puerto Rico. *Fish. Bull.*, 98(2): 345-352.
- Schwenke, K. L. and J. A. Buckel (2008) Age, growth, and reproduction of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) caught off the coast of North Carolina. *Fish. Bull.*, 106(1): 82-92.
- Sih, A. and B. Christensen (2001) Optimal diet theory: when does it work, and when and why does it fail? *Anim. Behav.*, 61(2): 379-390.
- Sneath, P. H. A. and R. R. Sokal, (1973). Numerical taxonomy. The principles and practice of numerical classification. San Francisco, W. H. Freeman and Company, 573 pp.
- Stergiou, K. and H. Fourtouni (1991) Food habits, ontogenetic diet shift and selectivity in *Zeus faber* Linnaeus, 1758. *J. Fish Biol.*, 39(4): 589-603.
- Tripp-Valdez, A., F. Galván-Magaña and S. Ortega-García (2010) Feeding habits of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the southeastern Gulf of California, Mexico. *J. Appl. Ichthyol.*, 26(4): 578-582.
- Uchiyama, J., R. Burch and S. J. Kraul (1986) Growth of dolphins, *Coryphaena hippurus* and *C. equiselis*. *Fish. Bull.*, 84(1): 186-191.
- Wetherbee, B. M., S. H. Gruber and E. Cortés (1990) Diet, feeding habits, digestion, and consumption in sharks, with special reference to the lemon shark, *Negaprion brevirostris*. NOAA Tech. Rep., NMFS, 90: 29-47.
- Wootton, R. J., (1984) A Functional Biology of Sticklebacks. Univ California Press, 52 pp.
- Wu, C. C., W. C. Su and T. Kawasaki (2001) Reproductive biology of the dolphin fish *Corphaena hippurus* on the east coast of Taiwan. *Fish. Sci.*, 67(5): 784-793.

Feeding Ecology of Dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the Waters off Eastern Taiwan

Fu-Yuan Tsai¹, Wei-Chuan Chiang^{1*}, Chao-Ching Chen², Daniel J. Madigan³
and Yuan-Shing Ho¹

¹Eastern Marine Biology Research Center of Fisheries Research Institute

²Department of Fisheries Production and Management, National Kaohsiung Marine University

³Harvard University Center for the Environment, Harvard University

ABSTRACT

The dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) is an economically important fish species in eastern Taiwan. This study examined the feeding habits of dolphinfish using stomach content analysis. Dolphinfish samples were collected monthly at Shinkang fishing port from October 2012 to December 2013 and 375 samples (47.3-142 cm fork length; 1-23 kg) were analyzed. Based on the index of relative importance (IRI), the most important prey species were sand lances (*Ammodytidae* sp.; IRI=255.53), followed by the flyingfish (*Cheilopogons* sp.; IRI=231.99), the moonfish (*Mene maculata*; IRI=192.7), and Ommastrephidae (IRI=166.7). Other cephalopods were also found in moderate abundance. These results indicated that dolphinfish are an opportunistic predator, feeding predominantly on a few species of pelagic fishes in waters off eastern Taiwan. The feeding habits of the dolphinfish did not differ significantly between sexes. However, stomach content composition changed significantly in dolphinfish >60 cm fork length and among seasons.

Key words: dolphinfish, index of relative importance, stomach content analysis, trophic structure

*Correspondence: 22 Wu-Chuan Rd., Chengkung, Taitung 961, Taiwan. TEL: (089) 850-090 ext. 408; FAX: (089) 850-092; E-mail: wcchiang@mail.tfrin.gov.tw