

國立臺灣大學理學院海洋研究所

碩士論文

Institute of Oceanography

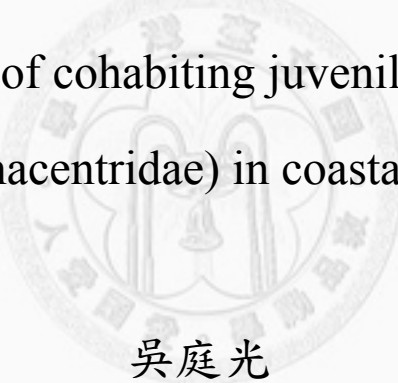
College of Science

National Taiwan University

Master thesis

臺灣沿岸海域共棲性雀鯛幼魚食性探討

Dietary study of cohabiting juveniles of different
damselfishes (Pomacentridae) in coastal waters of Taiwan



吳庭光

Ting-Kuang Wu

指導教授：詹榮桂 博士、戴昌鳳 博士

Advisor: Rong-Quen Jan, Ph.D., Chang-Feng Dai, Ph.D.

中華民國 101 年 8 月

August, 2012

摘要

被掠食者捕食是導致珊瑚礁魚類幼魚死亡的重要因素。在珊瑚礁常見多種幼魚因為游泳能力尚弱，共同生活在同一個庇護場所且不敢遠離，以避免被捕食。在學理上，當資源有限，生活在一起的物種會使用不同的資源以避免種間競爭的發生。在食物資源的分配方面，過去的研究多是以成魚為對象，對於共棲性幼魚是否會使用不同的食物資源則所知不多。臺灣東北角沿岸的霓虹雀鯛 (*Pomacentrus coelestis*)、燕尾光鰓雀鯛 (*Chromis fumea*) 和斑鰭光鰓雀鯛 (*C. notatus*) 的幼魚常形成魚群，數種共同生活在接近海底礁盤或大石塊上方處；而臺灣南部墾丁的藍綠光鰓雀鯛 (*C. viridis*)、網紋圓雀鯛 (*Dascyllus reticulatus*) 和三帶圓雀鯛 (*D. aruanus*) 幼魚則會成群數種共同棲息於一叢枝狀珊瑚群體之間。本論文利用胃內容物分析和穩定同位素分析進行研究，試圖了解這些共棲性幼魚在相同的庇護場所中是否使用不同的食物資源。

經於 2010 年 7 月、8 月在臺灣北部龍洞灣五個不同的礁盤上採集霓虹雀鯛幼魚、燕尾光鰓雀鯛幼魚及斑鰭光鰓雀鯛幼魚；2009 年 3 月、2010 年 7 月及 2011 年 4 月在臺灣南部墾丁 9 個不同珊瑚叢上採集藍綠光鰓雀鯛幼魚、網紋圓雀鯛幼魚及三帶圓雀鯛幼魚做分析，結果顯示臺灣北部的霓虹雀鯛幼魚、燕尾光鰓雀鯛幼魚及斑鰭光鰓雀鯛幼魚胃內含物皆主要為橈足類、介形蟲以及藻類。胃內含物組成在魚種之間常呈顯著差異，其主要差異在於霓虹雀鯛幼魚取食較多藻類。穩定同位素訊號方面，霓虹雀鯛幼魚、燕尾光鰓雀鯛幼魚及斑鰭光鰓雀鯛幼魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值常有顯著差異，大體上是燕尾光鰓雀鯛幼魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值最低，霓虹雀鯛幼魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值居中，斑鰭光鰓雀鯛幼魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值最高；三者的 $\delta^{15}\text{N}$ 值亦常有顯著差異，大體上是霓虹雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值較低，其餘兩者接近，這可能是因為霓虹雀鯛幼魚取食一些藻類，而藻類的 $\delta^{15}\text{N}$ 值較低。

臺灣南部的藍綠光鰓雀鯛幼魚、網紋圓雀鯛幼魚及三帶圓雀鯛幼魚胃內含物皆主要由橈足類所組成。魚種間有時候有顯著差異，有時候則無。穩定同位素訊號方面， $\delta^{13}\text{C}$ 值在種間常有顯著差異，通常是三種雀鯛幼魚彼此均互有差異或三帶圓雀鯛幼魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值顯著高於其餘兩者。三種雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值亦常有顯著差異，通常是網紋圓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值顯著高於其餘兩者。

在本研究中，臺灣北部共棲性的霓虹雀鯛幼魚、燕尾光鰓雀鯛幼魚和斑鰭光鰓雀鯛幼魚，以及臺灣南部共棲性的藍綠光鰓雀鯛幼魚、網紋圓雀鯛幼魚和三帶圓雀鯛幼魚，雖然數種幼魚一同使用庇護場所，然而不一定使用不同的食物資源。穩定同位素的資料常常與胃內含物分析結果有出入，證明穩定同位素分析可以彌補胃內含物分析為一瞬間紀錄的缺點。綜合胃內含物與穩定同位素的分析結果顯示，食物資源的分配可能是臺灣沿岸不同種雀鯛幼魚之間能夠共棲的一個重要因素。

關鍵詞：共棲，雀鯛，幼魚，胃內含物，穩定同位素，龍洞，墾丁

Abstract

Predation appears to be a major cause of mortality of reef-associated fishes, especially of new recruits. Many juveniles of coral reef fishes exhibited strong affinities for branching corals or other complex-structured shelter in order to avoid predation.

Competition theory predicts that, when resources are limiting, interacting species should use different resources where they co-occur, namely, resource partitioning. Previous studies mostly focus on adult damselfishes, and little is known about whether resource-partitioning occurred between the cohabiting damselfish juveniles. On the northern coast of Taiwan, juveniles of *Pomacentrus coelestis*, *Chromis fumea*, and *C. notatus* often live together in groups near the rocky sea floor; by contrast, on the southern coastal coral reefs, juveniles of *C. viridis*, *Dascyllus reticulatus* and *D. aruanus* often live together in branching coral colonies. This study uses both stomach content analysis and stable isotope analysis to investigate whether these cohabiting damselfish juveniles use different food resources thereby to promote our understanding on fish interactions.

Juveniles of *P. coelestis*, *C. fumea* and *C. notatus* were collected from 5 different sites at Ludong Bay, north-eastern Taiwan during July 2010 and August 2010, and juveniles of *C. viridis*, *D. reticulatus* and *D. aruanus* were collected from 9 different branching coral

colonies at Kenting, south Taiwan during March 2009, July 2010 and April 2011. Those fishes were taken back to laboratory for both stomach content analysis and stable isotope analysis.

Despite that copepods served as the main food item of juveniles of *P. coelestis*, *C. fumea* and *C. notatus*, MANOVA shows significant differences of stomach content composition between these 3 species. *P. coelestis* differs from the other two by taking more algae. Stable isotope analysis shows significant differences of $\delta^{13}\text{C}$ value between *P. coelestis*, *C. fumea* and *C. notatus*. The lowest $\delta^{13}\text{C}$ value occurred in *C. fumea*, followed by *P. coelestis*, and *C. notatus*. Significant differences also occurred in the $\delta^{15}\text{N}$ values. *P. coelestis* has the lowest $\delta^{15}\text{N}$ value. This is probably due to that *P. coelestis* fed more on algae, and algae bore lower $\delta^{15}\text{N}$ signatures contrasting to other food sources. Otherwise, the $\delta^{15}\text{N}$ value of the other two damselfishes are about the same.

On coral reefs copepod is the main food item for *C. viridis*, *D. reticulatus* and *D. aruanus*. The stomach contents differed significantly only in some occasions between co-habiting damselfishes. Differences of $\delta^{13}\text{C}$ value occurred frequently between the 3 species. The $\delta^{13}\text{C}$ value of the 3 species might all differ from each other, or the $\delta^{13}\text{C}$ value of *D. aruanus* is higher than those of the other two. Differences of $\delta^{15}\text{N}$ value also occurred. The $\delta^{15}\text{N}$ value of *D. reticulatus* is often higher than those of the other two.

In this study, the supports for food partitioning were not consistent between samples. In some cases juveniles of different damselfishes which shared the same habitat or shelter, do not necessarily use different food resources. Food resources might not be a prime resource dimension governing the coexistence of different damselfish juveniles. Other factors, such as food abundance, predation pressure, and space, etc., may also play role in the community structuring.

Key words: cohabiting, damselfish, juvenile, stomach content analysis, stable isotope analysis



目錄

中文摘要	I
英文摘要	III
壹、前言	1
貳、材料與方法	5
一、研究魚種描述	5
二、研究地點	6
三、取樣及實驗項目	6
四、胃內容物分析	7
五、穩定同位素分析	7
六、統計分析	8
參、結果	10
2010年7月，龍洞	10
2010年8月，龍洞	12
2009年3月，墾丁	17
2010年7月，墾丁	19
2011年4月，墾丁	23
肆、討論	28
龍洞共棲性雀鯛幼魚食性	28
墾丁共棲性雀鯛幼魚食性	29
結論	30
伍、參考文獻	32
圖	38

圖目錄

- 圖一、2010年7月龍洞霓虹雀鯛 (*Pomacentrus coelestis*) 幼魚 (n=13) 及斑鰭光
鰓雀鯛 (*Chromis notatus*) 幼魚 (n=16) 胃內食物項目體積百分比圖。..... 38
- 圖二、2010年8月龍洞 (礁盤一) 霓虹雀鯛 (*Pomacentrus coelestis*) 幼魚 (n=11)
及斑鰭光鰓雀鯛 (*Chromis notatus*) 幼魚 (n=9) 胃內食物項目體積百分比圖。
..... 39
- 圖三、2010年8月龍洞 (礁盤二) 霓虹雀鯛 (*Pomacentrus coelestis*) 幼魚 (n=5) 及
斑鰭光鰓雀鯛 (*Chromis notatus*) 幼魚 (n=9) 胃內食物項目體積百分比圖。
..... 40
- 圖四、2010年8月龍洞 (礁盤三) 霓虹雀鯛 (*Pomacentrus coelestis*) 幼魚 (n=6)、
燕尾光鰓雀鯛 (*Chromis fumea*) 幼魚 (n=2) 及斑鰭光鰓雀鯛 (*C. notatus*) 幼
魚 (n=9) 胃內食物項目體積百分比圖。..... 41
- 圖五、2010年8月龍洞 (礁盤四) 霓虹雀鯛 (*Pomacentrus coelestis*) 幼魚 (n=5)、
燕尾光鰓雀鯛 (*Chromis fumea*) 幼魚 (n=7) 及斑鰭光鰓雀鯛 (*C. notatus*) 幼
魚 (n=7) 胃內食物項目體積百分比圖。..... 42
- 圖六、2009年3月墾丁 (珊瑚叢三) 藍綠光鰓雀鯛 (*Chromis viridis*) 幼魚 (n=23)、
網紋圓雀鯛 (*Dascyllus reticulatus*) 幼魚 (n=12) 及三帶圓雀鯛 (*D. aruanus*)
幼魚 (n=2) 胃內食物項目體積百分比圖。..... 43
- 圖七、2010年7月墾丁 (珊瑚叢一) 藍綠光鰓雀鯛 (*Chromis viridis*) 幼魚 (n=17)、
網紋圓雀鯛 (*Dascyllus reticulatus*) 幼魚 (n=12) 及三帶圓雀鯛 (*D. aruanus*)
幼魚 (n=12) 胃內食物項目體積百分比圖。..... 44
- 圖八、2010年7月墾丁 (珊瑚叢二) 藍綠光鰓雀鯛 (*Chromis viridis*) 幼魚 (n=3)、
網紋圓雀鯛 (*Dascyllus reticulatus*) 幼魚 (n=13) 及三帶圓雀鯛 (*D. aruanus*)
幼魚 (n=15) 胃內食物項目體積百分比圖。..... 45
- 圖九、2010年7月墾丁 (珊瑚叢三) 藍綠光鰓雀鯛 (*Chromis viridis*) 幼魚 (n=7)
胃內食物項目體積百分比圖。..... 46
- 圖十、2011年4月墾丁 (珊瑚叢一) 藍綠光鰓雀鯛 (*Chromis viridis*) 幼魚 (n=40)
及網紋圓雀鯛 (*Dascyllus reticulatus*) 幼魚 (n=5) 胃內食物項目體積百分比
圖。..... 47
- 圖十一、2011年4月墾丁 (珊瑚叢二) 藍綠光鰓雀鯛 (*Chromis viridis*) 幼魚 (n=
28)、網紋圓雀鯛 (*Dascyllus reticulatus*) 幼魚 (n=5) 及三帶圓雀鯛 (*D.*
aruanus) 幼魚 (n=7) 胃內食物項目體積百分比圖。..... 48
- 圖十二、2011年4月墾丁 (珊瑚叢三) 網紋圓雀鯛 (*Dascyllus reticulatus*) 幼魚 (n=
18) 及三帶圓雀鯛 (*D. aruanus*) 幼魚 (n=2) 胃內食物項目體積百分比圖。
..... 49

圖十三、2010年7月龍洞霓虹雀鯛 (<i>Pomacentrus coelestis</i>) 幼魚 (n=49) & 成魚 (n=11)、斑鰭光鰓雀鯛 (<i>Chromis notatus</i>) 幼魚 (n=49) & 成魚 (n=14) 及燕尾光鰓雀鯛 (<i>C. fumea</i>) 成魚 (n=6) 和可能食物源的穩定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值和 $\delta^{15}\text{N}$ 值關係圖。.....	50
圖十四、2010年8月龍洞(礁盤一) 霓虹雀鯛 ((<i>Pomacentrus coelestis</i>) 幼魚 (n=17) 及斑鰭光鰓雀鯛 (<i>Chromis notatus</i>) 幼魚 (n=12) 和可能食物源的穩定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值和 $\delta^{15}\text{N}$ 值關係圖。.....	51
圖十五、2010年8月龍洞(礁盤二) 霓虹雀鯛 ((<i>Pomacentrus coelestis</i>) 幼魚 (n=9) 及斑鰭光鰓雀鯛 (<i>Chromis notatus</i>) 幼魚 (n=21) 和可能食物源的穩定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值和 $\delta^{15}\text{N}$ 值關係圖。.....	52
圖十六、2010年8月龍洞(礁盤三) 霓虹雀鯛 ((<i>Pomacentrus coelestis</i>) 幼魚 (n=9)、燕尾光鰓雀鯛 (<i>Chromis fumea</i>) 幼魚 (n=3) 及斑鰭光鰓雀鯛 (<i>C. notatus</i>) 幼魚 (n=27) 和可能食物源的穩定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值和 $\delta^{15}\text{N}$ 值關係圖。.....	53
圖十七、2010年8月龍洞(礁盤四) 霓虹雀鯛 ((<i>Pomacentrus coelestis</i>) 幼魚 (n=5)、燕尾光鰓雀鯛 (<i>Chromis fumea</i>) 幼魚 (n=7) 及斑鰭光鰓雀鯛 (<i>C. notatus</i>) 幼魚 (n=17) 和可能食物源的穩定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值和 $\delta^{15}\text{N}$ 值關係圖。.....	54
圖十八、2010年8月龍洞(水層中) 霓虹雀鯛 ((<i>Pomacentrus coelestis</i>) 成魚 (n=5)、燕尾光鰓雀鯛 (<i>Chromis fumea</i>) 成魚 (n=11) 及斑鰭光鰓雀鯛 (<i>C. notatus</i>) 成魚 (n=10) 和可能食物源的穩定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值和 $\delta^{15}\text{N}$ 值關係圖。.....	55
圖十九、2009年3月墾丁藍綠光鰓雀鯛 (<i>Chromis viridis</i>) 幼魚、網紋圓雀鯛 (<i>Dascyllus reticulatus</i>) 幼魚及三帶圓雀鯛 (<i>D. aruanus</i>) 幼魚和可能食物源的穩定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值和 $\delta^{15}\text{N}$ 值關係圖。網紋圓雀鯛幼魚(珊瑚叢一):9尾;網紋圓雀鯛幼魚(珊瑚叢二):9尾;三帶圓雀鯛幼魚(珊瑚叢二):6尾;藍綠光鰓雀鯛幼魚(珊瑚叢三):23尾;網紋圓雀鯛幼魚(珊瑚叢三):12尾;三帶圓雀鯛幼魚(珊瑚叢三):4尾.....	56
圖二十、2010年7月墾丁藍綠光鰓雀鯛 (<i>Chromis viridis</i>) 幼魚、網紋圓雀鯛 (<i>Dascyllus reticulatus</i>) 幼魚及三帶圓雀鯛 (<i>D. aruanus</i>) 幼魚和可能食物源的穩定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值和 $\delta^{15}\text{N}$ 值關係圖。藍綠光鰓雀鯛幼魚(珊瑚叢一):24尾;網紋圓雀鯛幼魚(珊瑚叢一):26尾;三帶圓雀鯛幼魚(珊瑚叢一):21尾;藍綠光鰓雀鯛幼魚(珊瑚叢二):4尾;網紋圓雀鯛幼魚(珊瑚叢二):18尾;三帶圓雀鯛幼魚(珊瑚叢二):21尾;藍綠光鰓雀鯛幼魚(珊瑚叢三):8尾...	57
圖二十一、2011年4月墾丁(珊瑚叢一) 藍綠光鰓雀鯛 (<i>Chromis viridis</i>) 幼魚 (n=115)、網紋圓雀鯛 (<i>Dascyllus reticulatus</i>) 幼魚 (n=6) 和可能食物源的穩定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值和 $\delta^{15}\text{N}$ 值關係圖。.....	58
圖二十二、2011年4月墾丁(珊瑚叢二) 藍綠光鰓雀鯛 (<i>Chromis viridis</i>) 幼魚 (n=29)、網紋圓雀鯛 (<i>Dascyllus reticulatus</i>) 幼魚 (n=5) 及三帶圓雀鯛 (<i>D. aruanus</i>) 幼魚 (n=7) 和可能食物源的穩定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值和 $\delta^{15}\text{N}$ 值關係圖。.....	59

圖二十三、2011年4月墾丁(珊瑚叢三)網紋圓雀鯛 (*Dascyllus reticulatus*) 幼魚 (n=23) 及三帶圓雀鯛 (*D. aruanus*) 幼魚 (n=2) 和可能食物源的穩定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值和 $\delta^{15}\text{N}$ 值關係圖。..... 60

圖二十四、2011年4月墾丁(水層中)藍綠光鰓雀鯛 (*Chromis viridis*) 成魚 (n=15)、網紋圓雀鯛 (*Dascyllus reticulatus*) 成魚 (n=5) 及三帶圓雀鯛 (*D. aruanus*) 成魚 (n=5) 和可能食物源的穩定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值和 $\delta^{15}\text{N}$ 值關係圖。..... 61



壹、前言

在珊瑚礁常見多種魚類共棲，例如在澳洲大堡礁，直徑三公尺的珊瑚礁就有50種魚類棲息 (Sale 1978)。解釋魚類共棲現象的理論很多，例如Sale (1978) 認為珊瑚礁魚類能多種共棲主要是因為幼魚在沉降過程中逢機地先佔到棲息地先贏，宛若抽樂透彩券，而Munday (2004) 發現澳洲大堡礁的寬紋葉鰕虎魚 (*Gobiodon histrio*) 和紅點葉鰕虎魚 (*G. erythrospilus*) 這兩個生態棲位幾乎相等的物種在競爭棲所—空珊瑚枝條時，也是先搶先贏，後至者必然被先到者驅逐，印證競爭樂透理論 (competitive lottery)。

魚類在體型上的差異也可能形成共棲。Robertson等人 (1981) 在西印度洋Aldabra環礁發現草食性的藍紋高身雀鯛 (*Stegastes fasciolatus*) 偏好在線紋刺尾鯛 (*Acanthurus lineatus*) 和白胸刺尾鯛 (*Aca. leucosternon*) 的覓食區內攝食藻類，因此認為即使是同食群 (guild) 的魚類住在一起、攝取相同的食物，只要體型相差懸殊 (雀鯛遠小於刺尾鯛) 亦能和平共處。Hattori (1995) 在日本沖繩群島的珊瑚礁研究兩種使用同種宿主海葵的海葵魚，克氏海葵魚 (*Amphiprion clarkii*) 和粉紅海葵魚 (*Am. perideraion*) 都躲在同一種海葵 *Radianthus keukenthali* 裡，當兩種海葵魚居住在同一株海葵裡，較強勢的克氏海葵魚會抑制較弱勢的粉紅海葵魚生殖，而當一群粉紅海葵魚自己佔據一株海葵時會禁止克氏海葵魚幼魚進入，另外克氏海葵魚幼魚在沉降時不論大小海葵都不挑剔，粉紅海葵魚幼魚卻只沉降在大海葵裡，因此兩種海葵魚的強弱勢結構和幼魚沉降模式的不同或許是兩種海葵魚能共存的原因。

除前述數例之外，躲避掠食者也可能是珊瑚礁魚類共棲的原因之一。許多研究指出被掠食者捕食是珊瑚礁魚類死亡的主要因素，尤其對剛沉降不久的幼魚而言 (Shulman & Ogden 1987, Hixon 1991, Caley 1993, Hixon & Beets 1993)，因此在珊

珊瑚礁常見多種幼魚因為游泳能力尚弱，共同生活在同一個庇護場所且不敢遠離。利用具有複雜結構的庇護場所或是聚集成群以降低被捕食機率，兩者均為珊瑚礁區幼魚常用的策略 (DeMartini *et al.* 2007)。例如在紅海，灰邊宅泥魚 (*Dascyllus marginatus*) 的幼魚會躲在軸孔珊瑚 (*Acropora* spp.) 或柱珊瑚 (*Stylophora* spp.) 群體枝條間 (Karplus *et al.* 2006)，這些庇護場所對於幼魚存活率有很大的影響；而在法屬波里尼西亞，黃尾宅泥魚 (*D. flavicaudus*) 和三斑圓雀鯛 (*D. trimaculatus*) 均使用軸孔珊瑚枝條做庇護場所，擬鱸、金鱗魚為此兩種雀鯛幼魚的天敵，多於晨昏獵食。若珊瑚枝條間的雀鯛幼魚密度高，會有較多幼魚無法躲在足夠安全的庇護場所而被捕食 (Holbrook *et al.* 2002)；又或在夏威夷，有數種珊瑚礁魚類幼魚，尤其是兩種刺尾鯛，均喜愛使用一種分枝狀微孔珊瑚 (*Porites compressa*) 群體作為庇護場所 (DeMartini *et al.* 2007)。

在上述情況下，這些不同種幼魚如何使用有限的資源成為值得研究的課題。競爭理論預言，當資源有限，生活在一起的物種必須彼此使用不同的資源 (Limbourn *et al.* 2007)。資源分割 (resource partitioning) 可被視為生物多樣性形成過程中的一個重要因子，因其促進近源種或生態意義相近種之共存 (Colwell and Fuentes 1975)。

相關的資源主要是空間和食物。空間的部分，一篇在巴布亞紐幾內亞Kimbe灣做的研究可作為例子：副金翅雀鯛 (*Chrysiptera parasema*) 和黑尾圓雀鯛 (*D. melanurus*) 都是專門生活在活珊瑚群體中的魚類，72%的副金翅雀鯛和85%的黑尾圓雀鯛生活在傘花狀或瓶刷狀軸孔珊瑚群體中，然而鹿角珊瑚 (*Pocillopora* sp.) 群體只有黑尾圓雀鯛會居住，副金翅雀鯛很少使用。在移植實驗中，瓶刷狀鹿角珊瑚群體中的副金翅雀鯛存活率為85%，遠高於在鹿角珊瑚群體中的25%；另外無論在瓶刷狀軸孔珊瑚或鹿角珊瑚群體中，來自黑尾圓雀鯛的競爭會顯著降低剛沉降之副金翅雀鯛幼魚存活率。因此專一性的微棲地需求和針對空間的種間競爭為兩個影響副金翅雀鯛剛沉降之幼魚存活率的因子。

食物是另一種需要競爭的資源，例如棘頭棘胎鰈 (*Acanthemblemaria spinosa*) 和粗頭棘胎鰈 (*A. aspera*) 是兩種近緣且同域生棲的鰈魚，均以橈足類為食。棘頭棘胎鰈的游泳能力比較好，故佔據珊瑚礁上層，水流較強、較亂處，逆流捕食橈足類；粗頭棘胎鰈游泳能力較差，故佔據接近礁盤、水流較弱處，因而兩種鰈魚對有限的食物資源做有效分割 (Clarke et al. 2009)。又或在西南大西洋，雜色眶鋸雀鯛 (*Stegastes variabilis*) 及棕眶鋸雀鯛 (*S. fuscus*) 為兩種同域生棲的領域性魚類，兩者食性無差異，均以絲狀藻為食，但棕眶鋸雀鯛因為攻擊性遠較雜色眶鋸雀鯛強，因此佔據受屏蔽、絲狀藻茂盛的棲地，而雜色眶鋸雀鯛只能生活在水流強、絲狀藻少的棲地 (Medeiros et al. 2010)。也有同時競爭空間和食物的，Limbour 等人的研究 (2007) 指出，三帶圓雀鯛 (*D. aruanus*) 和黑尾圓雀鯛 (*D. melanurus*) 在地理分布上僅小部分重疊，在新幾內亞剛好兩者均有分布，然而共棲情形不如想像得 (逢機) 普及。在兩種雀鯛共同生活的珊瑚群體中，黑尾圓雀鯛活動範圍會比單獨生活時小，獵物體型也較小，顯示當兩種雀鯛一起生活時，對空間及食物均有分割。若單就是否分割食物資源而言，過去的研究多是以成魚為研究對象，對於共棲性幼魚是否會使用不同的食物資源則所知不多，因此共棲性幼魚的攝食生態值得探討。

研究魚類攝食生態需要食性資料。長久以來研究魚類食性的主要方法為胃內容物分析—直接把胃剖開來看裡面有什麼食物。利用這種方法可以直接知道食物項目和其組成百分比，惟各種食物在胃內消化速率不盡相同，使得某些食物項目被忽略或組成百分比被錯估 (MacDonald et al. 1982)。另外，胃內容物分析只能看到魚類被捕獲前不久吃下的食物，並非該種魚食物項目的全貌 (Pinnegar and Polunin 1999; Pinnegar et al. 2001)，還有某些食物項目被半消化難以辨識 (Pinnegar et al. 2001)，因此只靠胃內容物分析不能完整描繪魚類的食性。

近年來，相當多研究應用穩定同位素訊號來分析食物來源和營養階層的關係 (Peterson et al. 1985, Peterson and Fry 1987)。生物的穩定同位素比例值可以反映自

身吸收利用的有機物成分，而呈現食性長時間的平均變化 (Hobson 1999)。目前常常應用到的穩定同位素包括同位素碳和同位素氮。分析穩定同位素氮乃利用動物體內的 ^{15}N 會隨著營養階層升高而增加 (Minagawa and Wada 1984)；分析同位素碳則是基於消費者的同位素碳值會隨著碳源不同而有顯著差異。一般而言，消費者的同位素 ^{15}N 值會比食物高平均 $3.4 (\pm 1.1) \text{‰}$ ，而同位素碳值則與食物差 $1\sim 2 \text{‰}$ (DeNiro and Epstein 1978 & 1981, Fry and Sherr 1984, Minagawa and Wada 1984)。穩定同位素分析也已廣泛應用於魚類食性研究，例如在馬達加斯加十三種雀鯛的食性解析 (Fredrich et al. 2009)。胃內含物為瞬間的食性組成，穩定同位素可反映長時間的食性累積，結合兩者可以得到更精確的魚類食性資料 (Harvey et al. 2002)。

臺灣東北角沿岸的霓虹雀鯛 (*Pomacentrus coelestis*)、燕尾光鰓雀鯛 (*Chromis fumea*) 和斑鰭光鰓雀鯛 (*C. notatus*) 的幼魚常形成魚群，數種共同生活在接近海底礁盤或大石塊上方處；而台灣南部墾丁珊瑚礁的藍綠光鰓雀鯛 (*C. viridis*)、網紋圓雀鯛 (*D. reticulatus*) 和三帶圓雀鯛 (*D. aruanus*) 幼魚則會成群數種共同棲息於一叢枝狀珊瑚群體之間。依照之前的研究結果預測，這些共同使用庇護場所的雀鯛幼魚應該會使用不同的食物資源，以避免種間競爭。本論文將使用胃內容物分析和穩定同位素分析進行研究，試圖了解這些共棲性幼魚在相同的庇護場所中是否使用不同的食物資源，預期能夠佐證前述研究，以及更完整描繪共棲性魚類的攝食生態，補齊幼魚這塊缺失的環節。

貳、材料與方法

一、研究魚種描述

本研究目標物種在臺灣東北部是霓虹雀鯛 (*Pomacentrus coelestis*)、燕尾光鰓雀鯛 (*Chromis fumea*) 及斑鰭光鰓雀鯛 (*C. notatus*)，在臺灣南部是藍綠光鰓雀鯛 (*C. viridis*)、網紋圓雀鯛 (*Dascyllus reticulatus*) 及三帶圓雀鯛 (*D. aruanus*)。

霓虹雀鯛最大體長 9 公分，體背亮藍色，腹面、臀鰭及尾部鮮黃色，廣泛分布於印度—太平洋，棲息在淺海岩礁、珊瑚礁 1 到 20 公尺深水域，以浮游動物、底藻為食 (臺灣魚類資料庫)。

燕尾光鰓雀鯛最大體長 10 公分，身體灰至黃褐色，尾鰭上下葉中央各具一暗色寬縱帶，分布於印度—西太平洋，棲息在水深 3-25 公尺之潟湖或岩礁、珊瑚礁區，主要以浮游動物為食 (臺灣魚類資料庫)。

斑鰭光鰓雀鯛最大體長 17 公分，身體灰褐色，胸鰭基部具一大黑斑，分布於西北太平洋，棲息在 2 至 15 公尺深的岩礁、珊瑚礁區，主要以浮游動物為食 (臺灣魚類資料庫)。

藍綠光鰓雀鯛最大體長 7 公分，身體淡綠色至淡藍色，廣泛分布於印度—太平洋，棲息在 12 公尺深以內的珊瑚礁區，常成群在枝狀珊瑚群體上方盤旋，主要以浮游動物為食 (臺灣魚類資料庫)。

網紋圓雀鯛最大體長 9 公分，身體淡白色，有兩條黑色橫帶，分布於中西太平洋，棲息在淺海珊瑚礁區，通常生活於枝狀珊瑚群體之中，以浮游動物、底棲無脊椎動物及藻類為食 (臺灣魚類資料庫)。

三帶圓雀鯛最大體長 10 公分，身體白色，有三條黑色橫帶，廣泛分布於印度—西太平洋，棲息在淺海珊瑚礁區，常生活在鹿角珊瑚群體上方，以浮游動物、底棲無脊椎動物和藻類為食 (臺灣魚類資料庫)。

二、研究地點

本研究地點是台灣東北部的龍洞灣 (25° 06'N, 121° 55'E) 以及南部墾丁核三場入水口 (21° 57'N, 120° 46'E)。龍洞灣是臺灣東北角著名潛水景點，海底生物群聚豐富多樣，魚種眾多，且本研究三種目標種雀鯛在此地數量豐富。龍洞灣岸邊是海蝕平台地形，海底多半是大型石塊，偶爾有高聳的峭壁，岩石表面覆生大型海藻、海綿、海葵、軟珊瑚、石珊瑚和其他無脊椎動物。核三廠入水口三面被水泥堤圍住，岸邊淺水處多半是死亡的軸孔珊瑚骨骼，最深處約六公尺，海底為平坦沙地與各種珊瑚群體錯落的景觀。選擇此地是因為水淺方便操作實驗，而且藍綠光鰓雀鯛僅在此地數量較多。

三、取樣及實驗項目

本論文以水肺潛水採集研究的魚種，採樣時以目視搜尋魚群，找到可能足夠數量（因為未必能全部抓到）的魚群便動手採集。採集方法是在岩石或珊瑚骨骼上架設刺網，以人力持撈網驅趕，待中刺網後以手將魚隻收入網袋。潛水時若看到大型海藻及螺類、寄居蟹及螃蟹等雀鯛幼魚可能的食物來源，則徒手摘取、捕捉放入封口袋內。在水面上架設浮游動物網，或用人力曳引，或綁在入水口水面繩索上收集浮游動物。實驗期間在龍洞採樣兩次，分別是 2010 年 7 月和 8 月；在墾丁採樣三次，分別是 2009 年 3 月、2010 年 7 月和 2011 年 4 月。採集到的魚隻上岸後放在封口袋內置於冰箱中，帶回實驗室解剖及分析。實驗項目包括測量體重、體長（尾岔長）、肝臟重量、生殖腺重量、取下消化道保存於中性福馬林中以作後續胃內容物分析以及從背部取下一塊白肉做穩定同位素分析。可能的食物包括大型藻類、橈足類、其他浮游動物、腹足類、寄居蟹、螃蟹，先以逆滲透純水清洗，放在適當大小的封口袋內加入 1N 的氫氯酸 (HCl) 酸化，如此可以將樣本

中的碳酸鹽反應成二氧化碳而去除無機碳，待加入氫氯酸而樣本不再冒泡時表示無機碳去除完畢，此時再用逆滲透純水洗淨，送進冷凍庫降溫，然後用冷凍乾燥機在接近真空下、-57°C 冷凍乾燥 60~70 小時。乾燥完成的樣本，魚類白肉取 1 毫克 (mg)，動物性食物取 1–2mg，大型藻類取 2mg，用錫囊包裝後送國外做穩定同位素分析。

四、胃內容物分析

將雀鯛幼魚的消化道放在培養皿上，用小剪刀或銳利的鑷子把胃劃開，用滴管把胃內容物沖洗出來，盡量鋪平，用解剖顯微鏡觀察，分門別類將各種內容物放在小碟子裡。因為雀鯛體型小，胃內容物體積也小，不易直接測量胃內容物的實際體積和重量，因此採用方格法估計各種食物的量，並依此求得各種食物所佔體積百分比 (Hyslop 1980)。

$$\text{體積百分比 (V\%)} = \frac{\text{胃內含物中某種食物所佔方格數}}{\text{所有食物所佔方格數}} \times 100\%$$

參考 Frédérich et al. (2009)，本研究將這六種雀鯛的胃內容物分成橈足類 (copepod)、介形蟲 (ostracod)、藻類 (algae)、卵 (eggs)、魚鱗 (fish scales)、端足類 (amphipod)、糠蝦 (mysis shrimp)、多毛類 (polychaeta)、線蟲 (nematode)、尾蟲 (oikopleura) 及不明物質 (unknown material)。

解剖觀察時不時會遇到空胃的樣本，由於本論文沒有檢視每一個樣本的胃內含物，故不計算空胃率 (空胃樣本佔所有樣本數的比例)。空胃的樣本不列入後續計算，亦不顯示於結果中。

五、穩定同位素分析

魚類樣本應用於穩定同位素分析時，通常取用背部的白肉組織，因為魚體背

部肌肉相較於其他組織，其穩定同位素 ^{13}C 和 ^{15}N 的訊號變異較小，且已廣泛應用於食物網的研究中 (Pinnegar and Polunin 1999; Deudero et al. 2004)。

穩定同位素分析是在美國加州大學戴維斯分校植物研究中心進行。分析原理是藉由高溫燃燒樣本產生氣體，經元素分析儀內的層離管分離 CO_2 和 N_2 ，再經質譜儀測定同位素的組成。

穩定同位素的比例以千分比 ($^0/_{00}$) 為單位，計算公式如下：

$$\sigma X (^0/_{00}) = [(R_{\text{sample}} / R_{\text{standard}}) - 1] \times 1000$$

X 是 ^{13}C 或 ^{15}N ，R 是 $^{15}\text{N} : ^{14}\text{N}$ 或 $^{13}\text{C} : ^{12}\text{C}$ 的比例， δ 值代表重同位素相較於輕同位素的量。 R_{standard} 為標準值，碳同位素的國際標準值為 VPDB (Vienna Peedee Belemnite)，氮同位素以大氣中的 N_2 為標準值 (Frédérich et al. 2010)。



六、統計分析

食物寬度

食物寬度 (Zaret and Rand 1971) 可以了解雀鯛對於所攝食食物種類來源是否具有選擇性，其公式如下：

$$\text{食物寬度 (B)} = \frac{1}{\sum_{i=1}^s P_i^2}$$

其中 P_i 為某種食物種類 i 之體積百分比， s 為全部食物種類數目。B 值若為一表示此種魚類所攝食食物種類僅一種，即對食物選擇具有專一性 (specialist)，若 B 值愈大則表示對食物之選擇較為普遍性 (generalist)。

食性重疊指數

Schoener's index (α) 用來檢定雀鯛間的食性重疊度，其公式如下：

$$\text{Schoener's index} = 1 - 0.5 (\sum_{i=1}^n |P_{xi} - P_{yi}|)$$

P_{xi} 為某種食物種類在魚種 x 之食物體積百分比， P_{yi} 為某種食物種類在魚種 y 之食物體積百分比。 $\alpha = 0$ 代表食性完全不重疊， $\alpha = 1$ 代表食性完全重疊 (Schoener 1970)； α 在 0.6 以上代表食性有明顯重疊 (Martin 1984)。

胃內含物資料分析

胃內含物分析所得的食物體積百分比資料，先經由正弦反函數轉換 (arcsin transformation) 資料轉換後，再使用 MANOVA (Multivariate Analysis of Variance) 分析各種雀鯛幼魚的胃內含物組成差異。

穩定同位素資料分析

本研究使用 ANOVA (Analysis of Variance) 分析雀鯛的碳、氮穩定同位素訊號。



參、結果

2010 年 7 月，龍洞

本次採樣共採集霓虹雀鯛幼魚 49 尾及斑鰭光鰓雀鯛幼魚 49 尾，於胃內含物部分僅檢視霓虹雀鯛幼魚 13 尾，斑鰭光鰓雀鯛幼魚 16 尾。另有採集水層中的霓虹雀鯛成魚 11 尾、燕尾光鰓雀鯛成魚 6 尾及斑鰭光鰓雀鯛 14 尾。

霓虹雀鯛幼魚 (1.4 - 2.4 cm FL) 胃內含物主要是橈足類，平均體積百分比為 $97.0 \pm 6.0\%$ ，亦尚有少量魚卵及尾蟲。斑鰭光鰓雀鯛幼魚 (1.3 - 3.8 cm FL) 胃內含物主要是橈足類，平均體積百分比為 $93.3 \pm 10.6\%$ ，另外還有少量尾蟲 (圖一)。MANOVA 分析結果顯示霓虹雀鯛幼魚和斑鰭光鰓雀鯛幼魚胃內含物組成無顯著差異 ($Wilks' Lambda = 0.79, F_{3,25} = 2.26, p = 0.11$)。霓虹雀鯛幼魚食性寬度為 1.06，斑鰭光鰓雀鯛幼魚食性寬度為 1.14，顯示此兩種雀鯛幼魚食性均偏專一。霓虹雀鯛幼魚和斑鰭光鰓雀鯛的食性重疊指數為 0.95，顯示此兩種雀鯛幼魚食性高度重疊。

在 $\delta^{13}C$ 方面：

礁盤上的霓虹雀鯛幼魚的 $\delta^{13}C$ 值為 -20.0 - -16.7‰，平均值為 -18.3 ± 0.8 ‰；斑鰭光鰓雀鯛幼魚的 $\delta^{13}C$ 值為 -19.2 - -16.9‰，平均值為 -17.8 ± 0.5 ‰；水層中的霓虹雀鯛成魚的 $\delta^{13}C$ 值為 -19.0 - -17.5‰，平均值為 -18.1 ± 0.4 ‰；燕尾光鰓雀鯛成魚的 $\delta^{13}C$ 值為 -18.6 - -18.0‰，平均值為 -18.3 ± 0.3 ‰；斑鰭光鰓雀鯛成魚的 $\delta^{13}C$ 值為 -21.0 - -17.3‰，平均值為 -18.0 ± 1.0 ‰ (圖十三)。以 ANOVA 分析，霓虹雀鯛幼魚與斑鰭光鰓雀鯛幼魚兩者的 $\delta^{13}C$ 值有顯著差異 ($F = 18.13, df = 1, p < 0.01$)，顯示此兩種雀鯛幼魚攝食的有機碳來源 (食物來源) 可能不同；霓虹雀鯛成魚、燕尾光鰓雀鯛成魚及斑鰭光鰓雀鯛成魚三者的 $\delta^{13}C$ 值無顯著差異 ($F = 0.25, df = 2, p = 0.78$)，顯示此三種雀鯛成魚攝食的有機碳來源可能相同。

可能食物來源：橈足類 (n = 3) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-21.7^0/_{00}$ - $-20.5^0/_{00}$ ，平均值為 $-20.6 \pm 0.1^0/_{00}$ ；尾蟲 (n = 1) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-21.0^0/_{00}$ ；毛顎類 (chaetognatha) (n = 1) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-19.5^0/_{00}$ ；腹足類 (n = 3) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-13.8^0/_{00}$ - $-13.0^0/_{00}$ ，平均值為 $-13.4 \pm 0.4^0/_{00}$ ；端足類 (n = 1) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-18.0^0/_{00}$ ；螃蟹 (n = 2) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-15.5^0/_{00}$ - $-15.3^0/_{00}$ ，平均值為 $-15.4 \pm 0.2^0/_{00}$ ；寄居蟹 (n = 2) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-14.6^0/_{00}$ - $-13.7^0/_{00}$ ，平均值為 $-14.2 \pm 0.6^0/_{00}$ ；大型藻類 (n = 9) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-16.7^0/_{00}$ - $-14.0^0/_{00}$ ，平均值為 $-15.6 \pm 1.0^0/_{00}$ (圖十三)。

在 $\delta^{15}\text{N}$ 方面：

礁盤上的霓虹雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $8.5 - 9.7^0/_{00}$ ，平均值為 $9.1 \pm 0.3^0/_{00}$ ；斑鰭光鰹雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $9.2 - 10.4^0/_{00}$ ，平均值為 $9.8 \pm 0.2^0/_{00}$ ；水層中的霓虹雀鯛成魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $9.4 - 10.1^0/_{00}$ ，平均值為 $9.7 \pm 0.2^0/_{00}$ ；燕尾光鰹雀鯛成魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $9.9 - 10.2^0/_{00}$ ，平均值為 $10.0 \pm 0.1^0/_{00}$ ；斑鰭光鰹雀鯛成魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $9.4 - 10.1^0/_{00}$ ，平均值為 $9.8 \pm 0.3^0/_{00}$ (圖十三)。以 ANOVA 分析，霓虹雀鯛幼魚與斑鰭光鰹雀鯛幼魚兩者的 $\delta^{15}\text{N}$ 值有顯著差異 ($F = 163.60$, $df = 1$, $p < 0.01$)，惟仍在同一食階範圍內；霓虹雀鯛成魚、燕尾光鰹雀鯛成魚及斑鰭光鰹雀鯛成魚三者的 $\delta^{15}\text{N}$ 值無顯著差異 ($F = 2.55$, $df = 2$, $p = 0.10$)，顯示三種雀鯛成魚的食階高度相近。

可能食物來源：橈足類 (n = 3) 的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $6.3^0/_{00} - 7.0^0/_{00}$ ，平均值為 $6.7 \pm 0.4^0/_{00}$ ；尾蟲 (n = 1) 的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $7.9^0/_{00}$ ；毛顎類 (n = 1) 的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $9.4^0/_{00}$ ；腹足類 (n = 3) 的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $5.0^0/_{00} - 7.8^0/_{00}$ ，平均值為 $6.0 \pm 1.6^0/_{00}$ ；端足類 (n = 1) 的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 7.8 ；螃蟹 (n = 2) 的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $9.1^0/_{00} - 9.3^0/_{00}$ ，平均值為 $9.2 \pm 0.1^0/_{00}$ ；寄居蟹 (n = 2) 的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $7.5^0/_{00} - 7.7^0/_{00}$ ，平均值為 $7.6 \pm 0.1^0/_{00}$ ；大型藻類 (n = 9) 的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $4.8^0/_{00} - 6.6^0/_{00}$ ，平均值為 $6.0 \pm 0.5^0/_{00}$ (圖十三)。

2010年8月，龍洞

本次採樣在海底以目視法隨機挑選目標種雀鯛幼魚較多的四處礁盤進行採集，共採集霓虹雀鯛幼魚 37 尾、燕尾光鰓雀鯛幼魚 10 尾及斑鰭光鰓雀鯛幼魚 77 尾，並採集水層中的霓虹雀鯛成魚 5 尾、燕尾光鰓雀鯛成魚 11 尾及斑鰭光鰓雀鯛成魚 10 尾。

礁盤一：

計有檢視霓虹雀鯛幼魚 11 尾，斑鰭光鰓雀鯛幼魚 9 尾的胃內含物。霓虹雀鯛幼魚 (1.4 - 2.6 cm FL) 胃內含物主要是介形蟲，平均體積百分比為 $96.7 \pm 10.1\%$ ；其次是橈足類，平均體積百分比為 $3.0 \pm 10.1\%$ 。斑鰭光鰓雀鯛幼魚 (1.7 - 3.6 cm FL) 胃內含物主要是介形蟲，平均體積百分比為 $84.3 \pm 16.6\%$ ；其次是橈足類，平均體積百分比為 $15.7 \pm 16.6\%$ (圖二)。MANOVA 分析結果顯示霓虹雀鯛幼魚和斑鰭光鰓雀鯛幼魚胃內含物組成無顯著差異 ($Wilks' \Lambda = 0.72, F_{3,17} = 2.23, p = 0.12$)。霓虹雀鯛幼魚食性寬度為 1.06，斑鰭光鰓雀鯛幼魚食性寬度為 1.36，顯示兩者食性均屬專一。霓虹雀鯛幼魚和斑鰭光鰓雀鯛幼魚的食性重疊指數為 0.87，顯示兩者食性高度重疊。

在 $\delta^{13}\text{C}$ 方面，霓虹雀鯛幼魚 ($n = 17$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-18.4 - -17.1\text{‰}$ ，平均值為 $-17.8 \pm 0.4\text{‰}$ ；斑鰭光鰓雀鯛幼魚 ($n = 12$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-17.8 - -16.9\text{‰}$ ，平均值為 $-17.5 \pm 0.2\text{‰}$ (圖十四)。以 ANOVA 分析，霓虹雀鯛幼魚與斑鰭光鰓雀鯛幼魚兩者的 $\delta^{13}\text{C}$ 值無顯著差異 ($F = 3.92, df = 1, p = 0.06$)，顯示此兩種雀鯛幼魚攝食的有機碳來源類似。

在 $\delta^{15}\text{N}$ 方面，霓虹雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $9.4 - 10.4\text{‰}$ ，平均值為 $10.0 \pm 0.3\text{‰}$ ；斑鰭光鰓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $9.8 - 10.6\text{‰}$ ，平均值為 $10.3 \pm 0.3\text{‰}$ (圖十四)。以 ANOVA 分析，霓虹雀鯛幼魚與斑鰭光鰓雀鯛幼魚兩者的 $\delta^{15}\text{N}$ 值有顯著差異 ($F = 7.95, df = 1, p = 0.01$)，惟仍在同一食階範圍內。

礁盤二：

計有檢視霓虹雀鯛幼魚 5 尾，斑鰭光鰓雀鯛幼魚 9 尾的胃內含物。霓虹雀鯛幼魚 (1.3 - 1.6 cm FL) 胃內含物主要是介形蟲，平均體積百分比為 80.0 (± 44.7)%；其次是橈足類，平均體積百分比為 20.0 (± 44.7)%。斑鰭光鰓雀鯛幼魚 (2.0 - 2.9 cm FL) 胃內含物主要是橈足類，平均體積百分比為 79.3 (± 33.1)%；其次是介形蟲，平均體積百分比為 20.7 (± 33.1)% (圖三)。MANOVA 分析結果顯示霓虹雀鯛幼魚和斑鰭光鰓雀鯛幼魚胃內含物組成有顯著差異 ($Wilks' \Lambda = 0.44$, $F_{4,17} = 5.32$, $p < 0.01$)，Tukey HSD post-hoc test 顯示兩者胃內橈足類體積百分比有顯著差異 ($p < 0.01$)，胃內介形蟲體積百分比也有顯著差異 ($p < 0.01$)。霓虹雀鯛幼魚食性寬度為 1.47，斑鰭光鰓雀鯛幼魚食性寬度為 1.49，顯示兩者食性均屬專一。霓虹雀鯛幼魚和斑鰭光鰓雀鯛幼魚的食性重疊指數為 0.41，顯示兩者食性部分重疊。

在 $\delta^{13}\text{C}$ 方面，霓虹雀鯛幼魚 ($n = 9$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 -18.6 - -17.4 0 / $_{\text{00}}$ ，平均值為 -18.0 ± 0.5 0 / $_{\text{00}}$ ；斑鰭光鰓雀鯛幼魚 ($n = 21$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 -18.2 - -17.3 0 / $_{\text{00}}$ ，平均值為 -17.6 ± 0.2 0 / $_{\text{00}}$ (圖十五)。以 ANOVA 分析，霓虹雀鯛幼魚與斑鰭光鰓雀鯛幼魚兩者的 $\delta^{13}\text{C}$ 值有顯著差異 ($F = 11.71$, $df = 1$, $p < 0.01$)，顯示此兩種雀鯛幼魚攝食的有機碳來源可能不同。

在 $\delta^{15}\text{N}$ 方面，霓虹雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 9.6 - 10.6 0 / $_{\text{00}}$ ，平均值為 10.0 ± 0.3 0 / $_{\text{00}}$ ；斑鰭光鰓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 9.3 - 10.8 0 / $_{\text{00}}$ ，平均值為 10.2 ± 0.3 0 / $_{\text{00}}$ (圖十五)。以 ANOVA 分析，霓虹雀鯛幼魚與斑鰭光鰓雀鯛幼魚兩者的 $\delta^{15}\text{N}$ 值無顯著差異 ($F = 3.57$, $df = 1$, $p = 0.07$)，顯示此兩種雀鯛幼魚的食階高度相近。

礁盤三：

計有檢視霓虹雀鯛幼魚 6 尾，燕尾光鰓雀鯛幼魚 2 尾，斑鰭光鰓雀鯛幼魚 9 尾的胃內含物。霓虹雀鯛幼魚 (1.4 - 1.7 cm FL) 胃內含物主要是橈足類，平均體

積百分比為 68.2 (± 30.9)%；其次是藻類，平均體積百分比為 31.8 (± 30.9)%。燕尾光鰓雀鯛幼魚 (1.9 - 2.1 cm FL) 胃內含物完全是橈足類 (100%)。斑鰭光鰓雀鯛幼魚 (1.3 - 2.4 cm FL) 胃內含物主要是橈足類，平均體積百分比為 96.8 (± 7.0)%；其次是介形蟲，平均體積百分比為 3.2 (± 7.0)% (圖四)。MANOVA 分析結果顯示霓虹雀鯛幼魚、燕尾光鰓雀鯛幼魚和斑鰭光鰓雀鯛幼魚胃內含物組成有顯著差異 ($Wilks' \Lambda = 0.44$, $F_{3, 13} = 5.43$, $p = 0.01$)，Tukey HSD post-hoc test 顯示霓虹雀鯛幼魚胃內橈足類所佔體積百分比顯著低於斑鰭光鰓雀鯛幼魚 ($p = 0.04$)，且胃內藻類所佔體積百分比顯著高於後者 ($p = 0.02$)。霓虹雀鯛幼魚食性寬度為 1.77，燕尾光鰓雀鯛幼魚食性寬度為 1.00，斑鰭光鰓雀鯛幼魚食性寬度為 1.07，顯示除了霓虹雀鯛幼魚略較多元，其餘兩者食性非常專一。霓虹雀鯛幼魚和燕尾光鰓雀鯛幼魚的食性重疊指數為 0.68，燕尾光鰓雀鯛幼魚和斑鰭光鰓雀鯛幼魚食性重疊指數為 0.97，霓虹雀鯛幼魚和斑鰭光鰓雀鯛幼魚的食性重疊指數為 0.68，顯示這三種雀鯛幼魚食性均高度重疊。

在 $\delta^{13}\text{C}$ 方面，霓虹雀鯛幼魚 ($n = 6$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 -18.4 - -17.2 0 / $_{00}$ ，平均值為 -17.7 ± 0.4 0 / $_{00}$ ；燕尾光鰓雀鯛幼魚 ($n = 3$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 -18.3 - -18.2 0 / $_{00}$ ，平均值為 -18.2 ± 0.1 0 / $_{00}$ ；斑鰭光鰓雀鯛幼魚 ($n = 27$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 -18.3 - -17.1 0 / $_{00}$ ，平均值為 -17.6 ± 0.3 0 / $_{00}$ (圖十六)。以 ANOVA 分析，霓虹雀鯛幼魚、燕尾光鰓雀鯛幼魚及斑鰭光鰓雀鯛幼魚三者的 $\delta^{13}\text{C}$ 值有顯著差異 ($F = 6.31$, $df = 2$, $p < 0.01$)，Tukey HSD post-hoc test 顯示燕尾光鰓雀鯛幼魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值顯著地比其餘兩者低 ($p = 0.02$)，代表燕尾光鰓雀鯛幼魚攝食的有機碳來源可能與霓虹雀鯛和斑鰭光鰓雀鯛幼魚不同，而後兩者攝食的有機碳來源則相似。

在 $\delta^{15}\text{N}$ 方面：霓虹雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 9.5 - 10.0 0 / $_{00}$ ，平均值為 9.7 ± 0.2 0 / $_{00}$ ；燕尾光鰓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 9.6 - 10.2 0 / $_{00}$ ，平均值為 9.9 ± 0.3 0 / $_{00}$ ；斑鰭光鰓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 9.8 - 10.9 0 / $_{00}$ ，平均值為 10.2 ± 0.3 0 / $_{00}$ (圖十六)。以 ANOVA 分析，霓虹雀鯛幼魚、燕尾光鰓雀鯛幼魚及斑鰭光鰓雀鯛幼魚三者的 $\delta^{15}\text{N}$ 值有顯著差異

($F = 9.42$, $df = 2$, $p < 0.01$), Tukey HSD post-hoc test 顯示霓虹雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值顯著地低於斑鰭光鰓雀鯛幼魚 ($p < 0.01$), 惟仍在同一食階範圍內, 顯示霓虹雀鯛幼魚攝食較多 $\delta^{15}\text{N}$ 值較低的食物 (例如大型藻類)。

礁盤四：

計有檢視霓虹雀鯛幼魚 5 尾、燕尾光鰓雀鯛幼魚 7 尾及斑鰭光鰓雀鯛幼魚 12 尾的胃內含物。霓虹雀鯛幼魚 (1.4 - 2.9 cm FL) 胃內含物主要是橈足類, 平均體積百分比為 79.3 (± 13.9)%; 其次是藻類, 平均體積百分比為 10.8 (± 14.3)%, 另外尚有少量介形蟲。燕尾光鰓雀鯛幼魚 (2.0 - 2.3 cm FL) 胃內含物全為橈足類 (100%)。斑鰭光鰓雀鯛幼魚 (1.5 - 2.8 cm FL) 胃內含物主要是橈足類, 平均體積百分比為 89.2 (± 19.3)%; 其次是介形蟲, 平均體積百分比為 6.6 (± 15.0)% (圖五)。MANOVA 分析結果顯示霓虹雀鯛幼魚、燕尾光鰓雀鯛幼魚和斑鰭光鰓雀鯛幼魚胃內含物組成有顯著差異 ($Wilks' \Lambda = 0.47$, $F_{3, 20} = 7.59$, $p < 0.01$), Tukey HSD post-hoc test 顯示霓虹雀鯛胃內橈足類體積百分比顯著低於燕尾光鰓雀鯛幼魚 ($p = 0.02$), 以及霓虹雀鯛幼魚胃內藻類體積百分比顯著高於燕尾光鰓雀鯛幼魚 ($p = 0.02$) 和斑鰭光鰓雀鯛幼魚 ($p = 0.01$)。霓虹雀鯛幼魚食性寬度為 1.38, 燕尾光鰓雀鯛幼魚食性寬度為 1.00, 斑鰭光鰓雀鯛幼魚食性寬度為 1.14, 顯示三種雀鯛幼魚食性均偏專一。霓虹雀鯛幼魚和燕尾光鰓雀鯛幼魚的食性重疊指數為 0.84, 燕尾光鰓雀鯛幼魚和斑鰭光鰓雀鯛幼魚食性重疊指數為 0.93, 霓虹雀鯛幼魚和斑鰭光鰓雀鯛幼魚的食性重疊指數為 0.89, 顯示此三種雀鯛幼魚食性高度重疊。

在 $\delta^{13}\text{C}$ 方面, 霓虹雀鯛幼魚 ($n = 5$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 -18.2 - -17.8‰, 平均值為 -18.0 ± 0.2 ‰; 燕尾光鰓雀鯛幼魚 ($n = 7$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 -18.4 - -18.3‰, 平均值為 -18.4 ± 0.1 ‰; 斑鰭光鰓雀鯛幼魚 ($n = 17$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 -18.6 - -17.4‰, 平均值為 -17.7 ± 0.3 ‰ (圖十七)。以 ANOVA 分析, 霓虹雀鯛幼魚、燕尾光鰓雀鯛幼魚及斑鰭光鰓雀鯛幼魚三者的 $\delta^{13}\text{C}$ 值有顯著差異 ($F = 22.23$, $df = 2$, $p < 0.01$), Tukey

HSD post-hoc test 顯示斑鰭光鰓雀鯛幼魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值顯著高於霓虹雀鯛幼魚 ($p = 0.01$) 和燕尾光鰓雀鯛幼魚 ($p < 0.01$)，代表斑鰭光鰓雀鯛幼魚攝食的有機碳來源可能不同。

在 $\delta^{15}\text{N}$ 方面，霓虹雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $9.6 - 10.0\text{‰}$ ，平均值為 $9.8 \pm 0.1\text{‰}$ ；燕尾光鰓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $9.7 - 10.1\text{‰}$ ，平均值為 $9.8 \pm 0.1\text{‰}$ ；斑鰭光鰓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $9.5 - 10.6\text{‰}$ ，平均值為 $10.2 \pm 0.3\text{‰}$ (圖十七)。以 ANOVA 分析，霓虹雀鯛幼魚、燕尾光鰓雀鯛幼魚及斑鰭光鰓雀鯛幼魚三者的 $\delta^{15}\text{N}$ 值有顯著差異 ($F = 22.23$, $df = 2$, $p < 0.01$)，Tukey HSD post-hoc test 顯示斑鰭光鰓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值顯著高於霓虹雀鯛幼魚 ($p = 0.01$) 和燕尾光鰓雀鯛幼魚 ($p < 0.01$)，惟仍在同一食階範圍內。

水層中的成魚：

在 $\delta^{13}\text{C}$ 方面，霓虹雀鯛成魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-19.0 - -17.7\text{‰}$ ，平均值為 $-18.1 \pm 0.5\text{‰}$ ；燕尾光鰓雀鯛成魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-19.3 - -17.7\text{‰}$ ，平均值為 $-18.2 \pm 0.5\text{‰}$ ；斑鰭光鰓雀鯛成魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-18.2 - -17.6\text{‰}$ ，平均值為 $-17.9 \pm 0.1\text{‰}$ (圖十八)。以 ANOVA 分析，水層中的霓虹雀鯛成魚、燕尾光鰓雀鯛成魚及斑鰭光鰓雀鯛成魚三者的 $\delta^{13}\text{C}$ 值無顯著差異 ($F = 1.63$, $df = 2$, $p = 0.22$)，顯示此三種雀鯛成魚攝食的有機碳來源相似。

在 $\delta^{15}\text{N}$ 方面，霓虹雀鯛成魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $10.1 - 10.9\text{‰}$ ，平均值為 $10.4 \pm 0.3\text{‰}$ ；燕尾光鰓雀鯛成魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $10.4 - 10.9\text{‰}$ ，平均值為 $10.6 \pm 0.2\text{‰}$ ；斑鰭光鰓雀鯛成魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $10.2 - 10.8\text{‰}$ ，平均值為 $10.4 \pm 0.2\text{‰}$ (圖十八)。以 ANOVA 分析，水層中的霓虹雀鯛成魚、燕尾光鰓雀鯛成魚及斑鰭光鰓雀鯛成魚三者的 $\delta^{15}\text{N}$ 值無顯著差異 ($F = 3.86$, $df = 2$, $p = 0.04$)，顯示此三種雀鯛成魚食階高度相近。

可能食物源：腹足類 ($n = 2$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-13.7\text{‰} - -13.3\text{‰}$ ，平均值為 $-13.5 \pm 0.3\text{‰}$ ； $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $7.2\text{‰} - 7.6\text{‰}$ ，平均值為 $7.4 \pm 0.3\text{‰}$ 。大型藻類 ($n = 7$) 的 $\delta^{13}\text{C}$

值為 $-18.7^{0}/_{00}$ - $-13.8^{0}/_{00}$ ，平均值為 $-15.2 \pm 1.7^{0}/_{00}$ ； $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $5.6^{0}/_{00}$ - $5.9^{0}/_{00}$ ，平均值為 $5.8 \pm 0.1^{0}/_{00}$ (圖十五 - 十八)。

2009 年 3 月，墾丁

本次採樣以目視法隨機尋找目標種雀鯛幼魚較多的三座珊瑚叢採集，共帶回藍綠光鰓雀鯛幼魚 23 尾、網紋圓雀鯛幼魚 30 尾及三帶圓雀鯛幼魚 10 尾，並採集水層中的藍綠光鰓雀鯛成魚 3 尾、網紋圓雀鯛成魚 4 尾及三帶圓雀鯛成魚 4 尾 (圖十九)。

僅有檢視珊瑚叢 (三) 的藍綠光鰓雀鯛幼魚 23 尾、網紋圓雀鯛幼魚 12 尾及三帶圓雀鯛幼魚 2 尾的胃內含物。藍綠光鰓雀鯛幼魚 (0.4 - 2.7 cm FL) 胃內含物主要是橈足類，平均體積百分比為 $99.5 (\pm 1.1)\%$ ，另外尚有少量介形蟲、魚卵。網紋圓雀鯛幼魚 (1.8 - 4.1 cm FL) 胃內含物主要是橈足類，平均體積百分比為 $94.1 (\pm 5.5)\%$ ，另外尚有少量魚卵和藻類。三帶圓雀鯛幼魚 (1.7 - 2.5 cm FL) 胃內含物主要是橈足類，平均體積百分比為 $84.8 (\pm 1.3)\%$ ，另外尚有少量介形蟲和藻類 (圖六)。MANOVA 分析結果顯示藍綠光鰓雀鯛幼魚、網紋圓雀鯛幼魚和三帶圓雀鯛幼魚胃內含物組成有顯著差異 ($Wilks' \Lambda = 0.14$, $F_{12, 58} = 7.94$, $p < 0.01$)，Tukey HSD post-hoc test 顯示藍綠光鰓雀鯛幼魚胃內橈足類所佔體積百分比與網紋圓雀鯛幼魚 ($p < 0.01$) 及三帶圓雀鯛幼魚 ($p < 0.01$) 有顯著差異，後兩者胃內橈足類所佔體積百分比也有顯著差異 ($p = 0.04$)；藍綠光鰓雀鯛幼魚胃內介形蟲所佔體積百分比與三帶圓雀鯛幼魚有顯著差異 ($p < 0.01$)，網紋圓雀鯛幼魚胃內介形蟲所佔體積百分比與三帶圓雀鯛幼魚也有顯著差異 ($p < 0.01$)；藍綠光鰓雀鯛幼魚胃內魚卵所佔體積百分比與網紋圓雀鯛幼魚有顯著差異 ($p = 0.01$)；藍綠光鰓雀鯛幼魚胃內藻類所佔體積百分比與網紋圓雀鯛幼魚 ($p < 0.01$) 及三帶圓雀鯛幼魚 ($p < 0.01$) 有顯著差異，後兩者胃內藻類所佔體積百分比也有顯著差異 ($p <$

0.01)。藍綠光鰓雀鯛幼魚食性寬度為 1.01，網紋圓雀鯛幼魚食性寬度為 1.13，三帶圓雀鯛幼魚食性寬度為 1.36，顯示三種雀鯛幼魚食性都不寬廣。藍綠光鰓雀鯛幼魚和網紋圓雀鯛幼魚食性重疊指數為 0.94，網紋圓雀鯛幼魚和三帶圓雀鯛幼魚食性重疊指數為 0.89，藍綠光鰓雀鯛幼魚和三帶圓雀鯛幼魚食性重疊指數為 0.85，顯示這三種雀鯛幼魚食性高度重疊。

在 $\delta^{13}\text{C}$ 方面 (圖十九)：

珊瑚叢 (一) 的網紋圓雀鯛幼魚 ($n=9$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-19.4 - -17.4\text{‰}$ ，平均值為 $-18.4 \pm 0.5\text{‰}$ 。

珊瑚叢 (二) 的網紋圓雀鯛幼魚 ($n=9$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-20.8 - -18.7\text{‰}$ ，平均值為 $-19.5 \pm 0.7\text{‰}$ 。三帶圓雀鯛幼魚 ($n=6$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-18.6 - -18.0\text{‰}$ ，平均值為 $-18.3 \pm 0.2\text{‰}$ 。以 ANOVA 分析，網紋圓雀鯛幼魚與三帶圓雀鯛幼魚兩者的 $\delta^{13}\text{C}$ 值有顯著差異 ($F = 20.85$ ， $df = 1$ ， $p < 0.01$)，顯示兩者攝食的有機碳來源可能不同。

珊瑚叢 (三) 的藍綠光鰓雀鯛幼魚 ($n=23$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-19.4 - -18.8\text{‰}$ ，平均值為 $-19.1 \pm 0.1\text{‰}$ 。網紋圓雀鯛幼魚 ($n=12$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-19.0 - -18.3\text{‰}$ ，平均值為 $-18.6 \pm 0.2\text{‰}$ 。三帶圓雀鯛幼魚 ($n=4$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-18.1 - -17.4\text{‰}$ ，平均值為 $-17.6 \pm 0.3\text{‰}$ 。以 ANOVA 分析，藍綠光鰓雀鯛幼魚、網紋圓雀鯛幼魚及三帶圓雀鯛幼魚三者的 $\delta^{13}\text{C}$ 值有顯著差異 ($F = 129.10$ ， $df = 2$ ， $p < 0.01$)，Tukey HSD post-hoc test 顯示三種雀鯛幼魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值均互有顯著差異 ($p < 0.01$)，顯示三種雀鯛幼魚攝食的有機碳來源可能不同。

水層中的藍綠光鰓雀鯛成魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-18.0 - -17.7\text{‰}$ ，平均值為 $-17.8 \pm 0.1\text{‰}$ 。網紋圓雀鯛成魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-18.5 - -17.4\text{‰}$ ，平均值為 $-17.9 \pm 0.5\text{‰}$ 。三帶圓雀鯛成魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-17.3 - -17.0\text{‰}$ ，平均值為 $-17.1 \pm 0.3\text{‰}$ 。以 ANOVA 分析，三種雀鯛成魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值有顯著差異 ($F = 6.96$ ， $df = 2$ ， $p = 0.02$)，Tukey HSD post-hoc test 顯示三帶圓雀鯛成魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值顯著高於藍綠光鰓雀鯛成魚 ($p = 0.05$)

及網紋圓雀鯛成魚 ($p = 0.02$)，顯示三帶圓雀鯛成魚攝食的有機碳來源可能與後兩者不同。

在 $\delta^{15}\text{N}$ 方面 (圖十九)：

珊瑚叢 (一) 的網紋圓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $9.6 - 10.0\text{‰}$ ，平均值為 $9.8 \pm 0.1\text{‰}$ 。

珊瑚叢 (二) 的網紋圓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $8.5 - 9.9\text{‰}$ ，平均值為 $9.4 \pm 0.4\text{‰}$ 。三帶圓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $8.8 - 9.5\text{‰}$ ，平均值為 $9.2 \pm 0.3\text{‰}$ 。以 ANOVA 分析，網紋圓雀鯛幼魚與三帶圓雀鯛幼魚兩者的 $\delta^{15}\text{N}$ 值無顯著差異 ($F = 1.19$ ， $df = 1$ ， $p = 0.30$)，顯示此兩種雀鯛幼魚食階高度相近。

珊瑚叢 (三) 的藍綠光鰓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $7.8 - 9.1\text{‰}$ ，平均值為 $8.7 \pm 0.4\text{‰}$ 。網紋圓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $9.1 - 9.8\text{‰}$ ，平均值為 $9.4 \pm 0.2\text{‰}$ 。三帶圓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $8.7 - 9.8\text{‰}$ ，平均值為 $9.5 \pm 0.5\text{‰}$ 。以 ANOVA 分析，藍綠光鰓雀鯛幼魚、網紋圓雀鯛幼魚及三帶圓雀鯛幼魚三者的 $\delta^{15}\text{N}$ 值有顯著差異 ($F = 21.75$ ， $df = 2$ ， $p < 0.01$)，Tukey HSD post-hoc test 顯示藍綠光鰓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值顯著地比其餘兩者低 ($p < 0.01$)，惟仍在同一食階範圍內。

水層中的藍綠光鰓雀鯛成魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $9.2 - 9.4\text{‰}$ ，平均值為 $9.3 \pm 0.1\text{‰}$ 。網紋圓雀鯛成魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $9.2 - 9.9\text{‰}$ ，平均值為 $9.5 \pm 0.3\text{‰}$ 。三帶圓雀鯛成魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $9.5 - 10.1\text{‰}$ ，平均值為 $9.8 \pm 0.3\text{‰}$ 。以 ANOVA 分析，水層中的藍綠光鰓雀鯛成魚、網紋圓雀鯛成魚及三帶圓雀鯛成魚三者的 $\delta^{15}\text{N}$ 值無顯著差異 ($F = 3.30$ ， $df = 2$ ， $p = 0.09$)，顯示此三種雀鯛成魚食階高度相近。

2010 年 7 月，墾丁

本次採樣以目視法隨機尋找目標種雀鯛幼魚較多的珊瑚叢，共採集三座珊瑚叢上的藍綠光鰓雀鯛幼魚 36 尾、網紋圓雀鯛幼魚 44 尾及三帶圓雀鯛幼魚 42 尾，並採集水層中的藍綠光鰓雀鯛成魚 10 尾、網紋圓雀鯛成魚 28 尾及三帶圓雀鯛成

魚 6 尾。

珊瑚叢一：計有檢視藍綠光鰓雀鯛幼魚 17 尾，網紋圓雀鯛幼魚 12 尾，三帶圓雀鯛幼魚 12 尾的胃內含物。藍綠光鰓雀鯛幼魚 (0.9 - 2.1 cm FL) 胃內含物主要是橈足類，平均體積百分比為 97.6 (± 6.1)%，另外尚有少量介形蟲和魚卵。網紋圓雀鯛幼魚 (1.1 - 3.9 cm FL) 胃內含物主要是 81.9 (± 22.0)%，另外尚有少量介形蟲、魚卵、藻類及線蟲。三帶圓雀鯛幼魚 (0.7 - 1.8 cm FL) 胃內含物主要是橈足類，平均體積百分比為 95.3 (± 11.2)%，另外尚有少量介形蟲、魚卵和線蟲 (圖七)。MANOVA 分析結果顯示藍綠光鰓雀鯛幼魚、網紋圓雀鯛幼魚和三帶圓雀鯛幼魚胃內含物組成無顯著差異 (*Wilks' Lambda* = 0.87, $F_{5, 35} = 1.89$, $p = 0.39$)。藍綠光鰓雀鯛幼魚食性寬度為 1.05，網紋圓雀鯛幼魚食性寬度為 1.44，三帶圓雀鯛幼魚食性寬度為 1.10，顯示此三種雀鯛幼魚食性都不寬廣。藍綠光鰓雀鯛幼魚和網紋圓雀鯛幼魚食性重疊指數為 0.85，網紋圓雀鯛幼魚和三帶圓雀鯛幼魚食性重疊指數為 0.87，藍綠光鰓雀鯛幼魚和三帶圓雀鯛幼魚食性重疊指數為 0.97，顯示此三種雀鯛幼魚食性高度重疊。

在 $\delta^{13}\text{C}$ 方面，藍綠光鰓雀鯛幼魚 ($n = 24$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 -19.0 - -17.7 $^0/_{00}$ ，平均值為 -18.1 $\pm 0.3^0/_{00}$ 。網紋圓雀鯛幼魚 ($n = 26$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 -18.0 - -17.2 $^0/_{00}$ ，平均值為 -17.7 $\pm 0.2^0/_{00}$ 。三帶圓雀鯛幼魚 ($n = 21$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 -18.0 - -16.7 $^0/_{00}$ ，平均值為 -17.3 $\pm 0.4^0/_{00}$ (圖二十)。以 ANOVA 分析，藍綠光鰓雀鯛幼魚、網紋圓雀鯛幼魚及三帶圓雀鯛幼魚三者的 $\delta^{13}\text{C}$ 值有顯著差異 ($F = 36.83$, $df = 2$, $p < 0.01$)，Tukey HSD post-hoc test 顯示此三種雀鯛幼魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值均互有顯著差異 ($p < 0.01$)，顯示三者攝食的有機碳來源可能不同。

在 $\delta^{15}\text{N}$ 方面，藍綠光鰓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 7.8 - 10.2 $^0/_{00}$ ，平均值為 9.0 $\pm 0.6^0/_{00}$ 。網紋圓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 8.3 - 10.2 $^0/_{00}$ ，平均值為 9.5 $\pm 0.5^0/_{00}$ 。三帶圓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 8.0 - 9.7 $^0/_{00}$ ，平均值為 9.0 $\pm 0.5^0/_{00}$ (圖二十)。以 ANOVA 分析，藍綠光鰓雀鯛幼魚、網紋圓雀鯛幼魚及三帶圓雀鯛幼魚三者的 $\delta^{15}\text{N}$ 值有顯著差異

($F = 7.28$, $df = 2$, $p < 0.01$), Tukey HSD post-hoc test 顯示網紋圓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值顯著高於藍綠光鰓雀鯛幼魚 ($p = 0.01$) 和三帶圓雀鯛幼魚 ($p < 0.01$), 惟仍在同一食階範圍內。

珊瑚叢二：計有檢視藍綠光鰓雀鯛幼魚 3 尾，網紋圓雀鯛幼魚 13 尾，三帶圓雀鯛幼魚 15 尾的胃內含物。藍綠光鰓雀鯛幼魚 (1.2 - 2.0 cm FL) 胃內含物主要是橈足類，平均體積百分比為 $97.0 (\pm 5.2)\%$ ；其次是介形蟲，平均體積百分比為 $3.0 (\pm 5.2)\%$ 。網紋圓雀鯛幼魚 (0.9 - 2.9 cm FL) 胃內含物主要是橈足類，平均體積百分比為 $83.3 (\pm 19.1)\%$ ，另外尚有少量介形蟲、魚卵、藻類和多毛類。三帶圓雀鯛幼魚 (0.8 - 2.0 cm FL) 胃內含物主要是橈足類，平均體積百分比為 $93.7 (\pm 13.2)\%$ ，另外尚有少量介形蟲和藻類 (圖八)。MANOVA 分析結果顯示藍綠光鰓雀鯛幼魚、網紋圓雀鯛幼魚和三帶圓雀鯛幼魚胃內含物組成無顯著差異 ($Wilks' \Lambda = 0.68$, $F_{10, 28} = 1.01$, $p = 0.45$)。藍綠光鰓雀鯛幼魚食性寬度為 1.06，網紋圓雀鯛幼魚食性寬度為 1.43，三帶圓雀鯛幼魚食性寬度為 1.14，顯示此三種雀鯛幼魚食性都不寬廣。藍綠光鰓雀鯛幼魚和網紋圓雀鯛幼魚食性重疊指數為 0.86，網紋圓雀鯛幼魚和三帶圓雀鯛幼魚食性重疊指數為 0.89，藍綠光鰓雀鯛幼魚和三帶圓雀鯛幼魚食性重疊指數為 0.96，顯示此三種雀鯛幼魚食性高度重疊。

在 $\delta^{13}\text{C}$ 方面，藍綠光鰓雀鯛幼魚 ($n = 4$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-18.0 - -17.8\text{‰}$ ，平均值為 $-17.9 \pm 0.1\text{‰}$ 。網紋圓雀鯛幼魚 ($n = 18$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-18.1 - -17.3\text{‰}$ ，平均值為 $-17.7 \pm 0.2\text{‰}$ 。三帶圓雀鯛幼魚 ($n = 21$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-17.9 - -16.2\text{‰}$ ，平均值為 $-17.2 \pm 0.4\text{‰}$ (圖二十)。以 ANOVA 分析，藍綠光鰓雀鯛幼魚、網紋圓雀鯛幼魚及三帶圓雀鯛幼魚三者的 $\delta^{13}\text{C}$ 值有顯著差異 ($F = 20.42$, $df = 2$, $p < 0.01$)，Tukey HSD post-hoc test 顯示三帶圓雀鯛幼魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值顯著地比其餘兩者高 ($p < 0.01$)，顯示三帶圓雀鯛幼魚攝食的有機碳來源可能與另兩者不同。

在 $\delta^{15}\text{N}$ 方面，藍綠光鰓雀鯛幼魚 ($n = 4$) 的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $-18.0 - -17.8\text{‰}$ ，平均值為 $-17.9 \pm 0.1\text{‰}$ 。網紋圓雀鯛幼魚 ($n = 18$) 的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $-18.1 - -17.3\text{‰}$ ，平均值

為 $-17.7\pm 0.2\text{‰}$ 。三帶圓雀鯛幼魚 ($n=21$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-17.9 - -16.2\text{‰}$ ，平均值為 $-17.2\pm 0.4\text{‰}$ (圖二十)。以 ANOVA 分析，藍綠光鰓雀鯛幼魚、網紋圓雀鯛幼魚及三帶圓雀鯛幼魚三者的 $\delta^{15}\text{N}$ 值有顯著差異 ($F=26.40$ ， $df=2$ ， $p<0.01$)，Tukey HSD post-hoc test 顯示三帶圓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值顯著地比其餘兩者低 ($p<0.01$)，惟仍在同一食階範圍內。

珊瑚叢三：計有檢視藍綠光鰓雀鯛幼魚 7 尾的胃內含物。藍綠光鰓雀鯛幼魚 (1.8 - 2.1 cm FL) 胃內含物主要是橈足類，平均體積百分比為 $88.5 (\pm 13.7)\%$ ，另外尚有少量介形蟲和魚卵 (圖九)。藍綠光鰓雀鯛幼魚食性寬度為 1.27，比起與另兩種雀鯛共棲時較寬。

在 $\delta^{13}\text{C}$ 方面，藍綠光鰓雀鯛幼魚 ($n=8$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-18.2 - -17.9\text{‰}$ ，平均值為 $-18.0\pm 0.1\text{‰}$ (圖二十)。

在 $\delta^{15}\text{N}$ 方面，藍綠光鰓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $8.9\text{‰} - 10.2\text{‰}$ ，平均值為 $9.7\pm 0.4\text{‰}$ (圖二十)。

水層中的藍綠光鰓雀鯛成魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-18.3 - -17.8\text{‰}$ ，平均值為 $-18.0\pm 0.2\text{‰}$ 。網紋圓雀鯛成魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-19.2 - -17.5\text{‰}$ ，平均值為 $-18.1\pm 0.5\text{‰}$ 。三帶圓雀鯛成魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-17.9 - -17.1\text{‰}$ ，平均值為 $-17.4\pm 0.3\text{‰}$ (圖二十)。以 ANOVA 分析，藍綠光鰓雀鯛成魚、網紋圓雀鯛成魚及三帶圓雀鯛成魚三者的 $\delta^{13}\text{C}$ 值有顯著差異 ($F=7.75$ ， $df=2$ ， $p<0.01$)，Tukey HSD post-hoc test 顯示三帶圓雀鯛成魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值顯著高於藍綠光鰓雀鯛成魚 ($p=0.02$) 和網紋圓雀鯛成魚 ($p<0.01$)，代表三帶圓雀鯛成魚可能攝食與另兩者不同的有機碳源。

水層中的藍綠光鰓雀鯛成魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $9.2 - 10.3\text{‰}$ ，平均值為 $9.7\pm 0.4\text{‰}$ 。網紋圓雀鯛成魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $9.2 - 10.3\text{‰}$ ，平均值為 $9.9\pm 0.3\text{‰}$ 。三帶圓雀鯛成魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $9.3 - 9.9\text{‰}$ ，平均值為 $9.6\pm 0.2\text{‰}$ (圖二十)。以 ANOVA 分析，水層中的藍綠光鰓雀鯛成魚、網紋圓雀鯛成魚及三帶圓雀鯛成魚三者的 $\delta^{15}\text{N}$ 值有顯著差異 ($F=3.47$ ， $df=2$ ， $p=0.04$)，Tukey HSD post-hoc test 顯示此三種雀鯛成魚

彼此之間無顯著差異，代表三者食階高度相近。

可能食物源：大型橈足類 (n = 1) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-21.0^{0}/_{00}$ ， $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $6.0^{0}/_{00}$ 。小型橈足類 (n = 1) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-20.1^{0}/_{00}$ ， $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $6.5^{0}/_{00}$ 。端足類 (n = 1) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-19.4^{0}/_{00}$ ， $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $8.2^{0}/_{00}$ (圖二十)。

2011 年 4 月，墾丁

本次採樣以目視法隨機尋找目標種雀鯛幼魚較多的珊瑚叢，共採集三座珊瑚叢上的藍綠光鰓雀鯛幼魚 144 尾、網紋圓雀鯛幼魚 34 尾及三帶圓雀鯛幼魚 9 尾，並採集水層中的藍綠光鰓雀鯛成魚 15 尾、網紋圓雀鯛成魚 5 尾及三帶圓雀鯛成魚 5 尾。

珊瑚叢一：計有檢視藍綠光鰓雀鯛幼魚 40 尾，網紋圓雀鯛幼魚 5 尾的胃內含物。藍綠光鰓雀鯛幼魚 (1.2 - 3.7 cm FL) 胃內含物主要是橈足類，平均體積百分比為 $95.9 (\pm 7.7)\%$ ，另外尚有少量介形蟲、糠蝦。網紋圓雀鯛幼魚 (1.5 - 4.4 cm FL) 胃內含物主要為橈足類，平均體積百分比為 $61.6 (\pm 8.5)\%$ ，其次是藻類，平均體積百分比為 $20.1 (\pm 18.0)\%$ ，另外尚有少量介形蟲和魚卵 (圖十)。MANOVA 分析結果顯示藍綠光鰓雀鯛幼魚和網紋圓雀鯛幼魚胃內含物組成有顯著差異 (*Wilks' Lambda* = 0.17, $F_{6, 38} = 31.42$, $p < 0.01$)，Tukey HSD post-hoc test 顯示兩者胃內橈足類所佔體積百分比有顯著差異 ($p < 0.01$)，兩者胃內魚卵所佔體積百分比有顯著差異 ($p < 0.01$)，兩者胃內藻類所佔體積百分比亦有顯著差異 ($p < 0.01$)。藍綠光鰓雀鯛幼魚食性寬度為 1.02，網紋圓雀鯛幼魚食性寬度為 1.62，顯示網紋圓雀鯛幼魚食性較藍綠光鰓雀鯛幼魚雜。藍綠光鰓雀鯛幼魚和網紋圓雀鯛幼魚食性重疊指數為 0.76，顯示兩者食性高度重疊。

在 $\delta^{13}\text{C}$ 方面：藍綠光鰓雀鯛幼魚 (n = 115) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-21.4 - -18.5^{0}/_{00}$ ，平均值為 $-19.4 \pm 0.4^{0}/_{00}$ 。網紋圓雀鯛幼魚 (n = 6) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 $-19.5 - -18.5^{0}/_{00}$ ，平均

值為 -18.8 ± 0.4 ‰ (圖二十一)。以 ANOVA 分析，藍綠光鰓雀鯛幼魚和網紋圓雀鯛幼魚兩者的 $\delta^{13}\text{C}$ 值有顯著差異 ($F = 10.51$, $df = 1$, $p < 0.01$)，顯示兩者攝食的有機碳來源可能不同。

在 $\delta^{15}\text{N}$ 方面，藍綠光鰓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $5.7 - 10.0$ ‰，平均值為 9.1 ± 0.9 ‰。網紋圓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 $9.1 - 10.4$ ‰，平均值為 10.0 ± 0.5 ‰ (圖二十一)。以 ANOVA 分析，藍綠光鰓雀鯛幼魚和網紋圓雀鯛幼魚兩者的 $\delta^{15}\text{N}$ 值有顯著差異 ($F = 6.18$, $df = 1$, $p = 0.01$)，惟仍在同一食階範圍內。

珊瑚叢二：計有檢視藍綠光鰓雀鯛幼魚 28 尾，網紋圓雀鯛幼魚 5 尾，三帶圓雀鯛幼魚 7 尾的胃內含物。藍綠光鰓雀鯛幼魚 (1.3 - 3.7 cm FL) 胃內含物主要是橈足類，平均體積百分比為 $96.1 (\pm 3.6)\%$ ，另外尚有少量介形蟲和魚卵。網紋圓雀鯛幼魚 (1.7 - 4.0 cm FL) 胃內含物主要為橈足類，平均體積百分比為 $92.7 (\pm 10.5)\%$ ，另外尚有少量介形蟲和魚卵。三帶圓雀鯛幼魚 (1.3 - 4.0 cm FL) 胃內含物主要為橈足類，平均體積百分比為 $84.1 (\pm 9.6)\%$ ，另外尚有少量介形蟲、魚卵和藻類 (圖十一)。MANOVA 分析結果顯示藍綠光鰓雀鯛幼魚、網紋圓雀鯛幼魚和三帶圓雀鯛幼魚胃內含物組成有顯著差異 ($Wilks' \Lambda = 0.38$, $F_{12, 64} = 3.34$, $p < 0.01$)，Tukey HSD post-hoc test 顯示藍綠光鰓雀鯛幼魚胃內橈足類所佔體積百分比與三帶圓雀鯛幼魚有顯著差異 ($p < 0.01$)，網紋圓雀鯛幼魚胃內橈足類所佔體積百分比與三帶圓雀鯛幼魚也有顯著差異 ($p = 0.05$)；藍綠光鰓雀鯛幼魚胃內介形蟲所佔體積百分比與三帶圓雀鯛幼魚有顯著差異 ($p < 0.01$)；藍綠光鰓雀鯛幼魚胃內魚卵所佔體積百分比和網紋圓雀鯛幼魚有顯著差異 ($p = 0.02$)，和三帶圓雀鯛幼魚也有顯著差異 ($p = 0.04$)；三帶圓雀鯛幼魚胃內藻類所占百分比和另兩者有顯著差異 ($p < 0.01$)。藍綠光鰓雀鯛幼魚食性寬度為 1.07，網紋圓雀鯛幼魚食性寬度為 1.16，三帶圓雀鯛幼魚食性寬度為 1.40，顯示三帶圓雀鯛幼魚食性較為寬廣。藍綠光鰓雀鯛幼魚和網紋圓雀鯛幼魚食性重疊指數為 0.96，網紋圓雀鯛幼魚和三帶圓雀鯛幼魚食性重疊指數為 0.91，藍綠光鰓雀鯛幼魚和三帶圓雀鯛幼魚食

性重疊指數為 0.87，顯示此三種雀鯛幼魚食性高度重疊。

在 $\delta^{13}\text{C}$ 方面，藍綠光鰓雀鯛幼魚 ($n=29$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 -19.4 - -18.6 ‰，平均值為 -19.1 ± 0.2 ‰。網紋圓雀鯛幼魚 ($n=5$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 -19.2 - -18.7 ‰，平均值為 -18.9 ± 0.2 ‰。三帶圓雀鯛幼魚 ($n=7$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 -18.5 - -18.0 ‰，平均值為 -18.3 ± 0.2 ‰ (圖二十二)。以 ANOVA 分析，藍綠光鰓雀鯛幼魚、網紋圓雀鯛幼魚及三帶圓雀鯛幼魚三者的 $\delta^{13}\text{C}$ 值有顯著差異 ($F=48.81$, $df=2$, $p<0.01$)，Tukey HSD post-hoc test 顯示三帶圓雀鯛幼魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值顯著地較其餘兩者高 ($p<0.01$)，顯示三帶圓雀鯛幼魚攝食的有機碳來源可能和另兩者不同。

在 $\delta^{15}\text{N}$ 方面，藍綠光鰓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 8.6 - 10.3 ‰，平均值為 9.7 ± 0.4 ‰。網紋圓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 10.1 - 10.3 ‰，平均值為 10.2 ± 0.1 ‰。三帶圓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 9.2 - 10.3 ‰，平均值為 10.0 ± 0.4 ‰ (圖二十二)。以 ANOVA 分析，藍綠光鰓雀鯛幼魚、網紋圓雀鯛幼魚及三帶圓雀鯛幼魚三者的 $\delta^{15}\text{N}$ 值有顯著差異 ($F=4.63$, $df=2$, $p=0.02$)，Tukey HSD post-hoc test 顯示藍綠光鰓雀鯛幼魚和網紋圓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值有顯著差異 ($p=0.02$)，惟仍在同一食階範圍內。

珊瑚叢三：計有檢視網紋圓雀鯛幼魚 18 尾，三帶圓雀鯛 2 尾的胃內含物。網紋圓雀鯛幼魚 (1.0 - 4.3 cm FL) 胃內含物主要為橈足類，平均體積百分比為 96.1 (± 4.2)%，另外尚有少量介形蟲、魚卵和藻類。三帶圓雀鯛幼魚 (1.4 - 1.7 cm FL) 胃內含物主要為橈足類，平均體積百分比為 98.9 (± 1.5)%，另外尚有少量藻類 (圖十二)。MANOVA 分析結果顯示網紋圓雀鯛幼魚和三帶圓雀鯛幼魚胃內含物組成無顯著差異 ($Wilks' \Lambda = 0.89$, $F_{6,13} = 0.28$, $p = 0.94$)。網紋圓雀鯛幼魚食性寬度為 1.08，三帶圓雀鯛幼魚食性寬度為 1.02，顯示此兩種雀鯛幼魚食性均很專一。網紋圓雀鯛幼魚和三帶圓雀鯛幼魚食性重疊指數為 0.97，顯示此兩種雀鯛幼魚食性高度重疊。

在 $\delta^{13}\text{C}$ 方面，網紋圓雀鯛幼魚 ($n=23$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 -21.0 - -18.5 ‰，平均值為 -19.2 ± 0.5 ‰。三帶圓雀鯛幼魚 ($n=2$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 -18.7 - -18.4 ‰，平均值為

-18.5 ±0.2‰ (圖二十三)。以 ANOVA 分析，網紋圓雀鯛幼魚和三帶圓雀鯛幼魚兩者的 $\delta^{13}\text{C}$ 值有顯著差異 ($F = 4.41$, $df = 1$, $p = 0.05$)，顯示兩者攝食的有機碳來源可能不同。

在 $\delta^{15}\text{N}$ 方面，網紋圓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 6.9 - 10.2‰，平均值為 9.5±0.8‰。三帶圓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 8.9 - 9.5‰，平均值為 9.2±0.4‰ (圖二十三)。以 ANOVA 分析，網紋圓雀鯛幼魚和三帶圓雀鯛幼魚兩者的 $\delta^{15}\text{N}$ 值無顯著差異 ($F = 0.28$, $df = 1$, $p = 0.60$)，顯示兩者食階高度相近。

水層中的成魚：

在 $\delta^{13}\text{C}$ 方面，藍綠光鰓雀鯛成魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 -19.2 - -18.1‰，平均值為 -18.7 ±0.3‰。網紋圓雀鯛成魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 -21.6 - -18.4‰，平均值為 -19.6±1.2‰。三帶圓雀鯛成魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 -19.7 - -17.4‰，平均值為 -18.2±0.9‰ (圖二十四)。以 ANOVA 分析，藍綠光鰓雀鯛成魚、網紋圓雀鯛成魚及三帶圓雀鯛成魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值有顯著差異 ($F = 5.91$, $df = 2$, $p = 0.01$)，Tukey HSD post-hoc test 顯示網紋圓雀鯛成魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值顯著地低於藍綠光鰓雀鯛成魚 ($p = 0.01$) 和三帶圓雀鯛成魚 ($p = 0.03$)，顯示前者攝食的有機碳來源可能與後兩者不同。

在 $\delta^{15}\text{N}$ 方面，藍綠光鰓雀鯛成魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 9.0 - 10.0‰，平均值為 9.6±0.2‰。網紋圓雀鯛成魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 9.4 - 10.3‰，平均值為 9.7±0.3‰。三帶圓雀鯛成魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值為 9.5 - 9.9‰，平均值為 9.7±0.1‰ (圖二十四)。以 ANOVA 分析，藍綠光鰓雀鯛成魚、網紋圓雀鯛成魚及三帶圓雀鯛成魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值無顯著差異 ($F = 0.56$, $df = 2$, $p = 0.58$)，顯示此三種雀鯛成魚的食階高度相近。

可能食物源：大型橈足類 ($n = 3$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 -21.6‰ - -21.3‰，平均值為 -21.5±0.2‰； $\delta^{15}\text{N}$ 值為 5.7‰ - 6.7‰，平均值為 6.2±0.5‰。小型橈足類 ($n = 3$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 -21.3‰ - -20.9‰，平均值為 -21.1±0.2‰； $\delta^{15}\text{N}$ 值為 6.5‰ - 6.7‰，平均值為 6.7±0.1‰。尾蟲 ($n = 1$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 -21.5‰， $\delta^{15}\text{N}$ 值為 8.0‰。腹足類 ($n = 2$) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 -15.7‰ - -14.2‰，平均值為 -14.9±1.0‰； $\delta^{15}\text{N}$ 值為 8.6‰ -

10.8‰，平均值為 9.7 ± 1.5 ‰。螃蟹 (n=2) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 -16.9 ‰ - -16.6 ‰，平均值為 -16.7 ± 0.2 ‰； $\delta^{15}\text{N}$ 值為 7.6 ‰ - 8.9 ‰，平均值為 8.3 ± 0.6 ‰。螃蟹卵 (n=3) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 -17.0 ‰ - -16.8 ‰，平均值為 -16.9 ± 0.1 ‰； $\delta^{15}\text{N}$ 值為 5.8 ‰ - 6.5 ‰，平均值為 6.1 ± 0.4 ‰。大型藻類 (n=33) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值為 -23.2 ‰ - -6.4 ‰，平均值為 -15.4 ± 4.2 ‰； $\delta^{15}\text{N}$ 值為 3.2 ‰ - 5.7 ‰，平均值為 4.7 ± 0.7 ‰ (圖二十一 - 二十四)。



肆、討論

龍洞共棲性雀鯛幼魚食性

霓虹雀鯛幼魚、燕尾光鰓雀鯛幼魚及斑鰭光鰓雀鯛幼魚胃內含物皆主要為橈足類、介形蟲以及藻類。胃內含物差異分析顯示若霓虹雀鯛幼魚與斑鰭光鰓雀鯛幼魚共棲，則多半兩者胃內含物組成無顯著差異（惟 2010 年 8 月龍洞礁盤二的霓虹雀鯛幼魚和斑鰭光鰓雀鯛幼魚胃內含物組成有顯著差異）；若加上燕尾光鰓雀鯛幼魚，則三者胃內含物組成有顯著差異，主要差別在霓虹雀鯛幼魚胃內橈足類所佔體積百分比常比另兩者低，且胃內藻類所佔體積百分比常較另兩者高。

以食性寬度來看，霓虹雀鯛幼魚食性寬度較寬，而燕尾光鰓雀鯛幼魚及斑鰭光鰓雀鯛幼魚食性寬度較窄，然而其實三種雀鯛幼魚食性寬度都只略高於 1，顯示食性相當專一。三種雀鯛幼魚食性重疊指數均在 0.6 以上（惟 2010 年 8 月龍洞礁盤二的霓虹雀鯛幼魚和斑鰭光鰓雀鯛幼魚食性重疊指數僅 0.41），顯示食性高度重疊。

穩定同位素訊號方面，霓虹雀鯛幼魚、燕尾光鰓雀鯛幼魚及斑鰭光鰓雀鯛幼魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值常有顯著差異，大體上是燕尾光鰓雀鯛幼魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值最低，霓虹雀鯛幼魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值居中，斑鰭光鰓雀鯛幼魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值最高。燕尾光鰓雀鯛幼魚及斑鰭光鰓雀鯛幼魚皆主要以橈足類為食，然而前者的 $\delta^{13}\text{C}$ 值低於後者。從圖可以看出橈足類的 $\delta^{13}\text{C}$ 值比較輕，燕尾光鰓雀鯛幼魚最專門捕食橈足類，所以 $\delta^{13}\text{C}$ 值最輕，這點可以肯定；但是依胃內含物看來，也吃很多橈足類的斑鰭光鰓雀鯛幼魚 $\delta^{13}\text{C}$ 值卻比較大，這可能代表斑鰭光鰓雀鯛幼魚還會攝取其他 $\delta^{13}\text{C}$ 值較高的食物，只是在做胃內含物分析時未能發現。水層中三種雀鯛成魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值無顯著差異，顯示其攝食的有機碳來源相似。

霓虹雀鯛幼魚、燕尾光鰓雀鯛幼魚及斑鰭光鰓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值常有顯著差

異，大體上是霓虹雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值較低，其餘兩者接近，這可能是因為霓虹雀鯛幼魚取食一些藻類，而藻類的 $\delta^{15}\text{N}$ 值較低。三種雀鯛成魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值無顯著差異，顯示三種雀鯛成魚的食階 (trophic level) 高度相近。

墾丁共棲性雀鯛幼魚食性

藍綠光鰓雀鯛幼魚、網紋圓雀鯛幼魚及三帶圓雀鯛幼魚胃內含物皆主要為橈足類。藍綠光鰓雀鯛幼魚為最絕對的浮游動物捕食者，胃內含物幾乎全部都是橈足類；網紋圓雀鯛幼魚和三帶圓雀鯛幼魚雖然大致上也是以橈足類為主食，但也不時可以發現胃內含物中有不少魚卵、藻類等其他食物，顯示此兩種雀鯛幼魚底棲食性的傾向較藍綠光鰓雀鯛幼魚強烈。

藍綠光鰓雀鯛幼魚、網紋圓雀鯛幼魚及三帶圓雀鯛幼魚的食性寬度皆僅略高於 1，顯示食性相當專一。三種雀鯛幼魚的食性重疊指數均在 0.6 以上，顯示食性高度重疊。

穩定同位素訊號方面，藍綠光鰓雀鯛幼魚、網紋圓雀鯛幼魚及三帶圓雀鯛幼魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值有顯著差異，通常是三種雀鯛幼魚彼此均互有差異或三帶圓雀鯛幼魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值顯著高於其餘兩者。對照胃內含物資料，可能是因為三帶圓雀鯛幼魚攝取比較多藻類。三種雀鯛成魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值也有顯著差異，通常是三帶圓雀鯛成魚的 $\delta^{13}\text{C}$ 值顯著高於其餘兩者，此結果與幼魚時期一致。

藍綠光鰓雀鯛幼魚、網紋圓雀鯛幼魚及三帶圓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值常有顯著差異，通常是網紋圓雀鯛幼魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值顯著高於其餘兩者，惟仍在同一個食階範圍內，這可能意味網紋圓雀鯛幼魚會吃一些 $\delta^{15}\text{N}$ 值較高的食物，例如大型無脊椎動物，只是在做胃內含物分析時未能發現。三種雀鯛成魚的 $\delta^{15}\text{N}$ 值無顯著差異，顯示三種雀鯛成魚位於同一個食階。

結論

本研究結果顯示臺灣沿海共棲性雀鯛幼魚不一定會使用不同的食物資源。

因為資源分割 (resource partitioning) 能促使近緣物種或生態棲位相近物種共存，故長久以來被視為生態群聚中物種多樣化的關鍵因子之一 (Hutchinson 1959; Schoener 1974)。

之前針對共棲性雀鯛如何使用資源的研究多半聚焦在成魚身上，較少關注幼魚。Frédérich 等人 (2010) 在馬達加斯加 Toliara 潟湖做的研究或許可以給一點參考：三帶圓雀鯛會形成一個個小群各自躲在珊瑚群體裡，每一個小群中的個體依照體型大小形成階級，階級較高、體型較大的成魚會在水層中啄食營養價值比較高的游泳型橈足類，階級較低、體型較小的幼魚則在接近底質的地方捕食營養價值較低的底棲性橈足類及等足類，顯示即使是同種之間也必須對食物資源做若干分割，而體型小的幼魚居於劣勢只能使用較差的食物資源。

然而也有不行資源分割亦能共存的例子。在紅海的 Elat 灣，三帶圓雀鯛及灰邊宅泥魚 (*Dascyllus marginatus*) 常常一同居住在萼柱珊瑚 (*Stylophora pistillata*) 或軸孔珊瑚 (*Acropora* spp.) 群體中，兩種雀鯛生態棲位在空間、時間及食物均重疊，個體間的攻擊行為也無種內或種間的差別，這種現象或許是因為幼魚在沉降的過程中是採取隨機的方式、兩種雀鯛都是先雌後雄的後宮 (harem) 社會結構，以及強大的捕食壓力促使兩種雀鯛共存 (Shpigel 1982)。

在本研究中，臺灣北部共棲性的霓虹雀鯛幼魚、燕尾光鰓雀鯛幼魚和斑鰭光鰓雀鯛幼魚，以及臺灣南部共棲性的藍綠光鰓雀鯛幼魚、網紋圓雀鯛幼魚和三帶圓雀鯛幼魚，雖然數種幼魚一同使用庇護場所，然而不一定使用不同的食物資源。這樣的結果顯示對於棲息在同一庇護場所內不同種的雀鯛幼魚而言，牠們攝食的方式可能與環境中食物源的變動有關；當環境中食物資源豐度不均，在食物較少的庇護場所中的雀鯛幼魚會選擇不同的食物，而在食物較充足的庇護場所中的雀鯛幼魚自然就可以使用相同的食物。穩定同位素的資料常常與胃內含物分析結果

有出入，證明穩定同位素分析可以彌補胃內含物分析為一瞬間紀錄的缺點。綜合胃內含物與穩定同位素的分析結果指出，食物資源的分配會是臺灣沿岸不同種雀鯛幼魚之間能夠共棲的一個重要的因素。將來有需要對庇護場所空間資源的利用及捕食壓力等因素做進一步的研究，以期能對雀鯛幼魚的共棲有更完整的了解。



伍、參考文獻

傅以承 (2007) 台灣南部珊瑚礁海域兩種固齒雀鯛食性適應性之研究 – 利用胃內含物和穩定同位素分析. 國立台灣大學海洋研究所碩士論文, 59 pp

Caley MJ (1993) Predation, recruitment, and the dynamics of communities of coral-reef fishes. *Mar Biol* 117: 33-43

Clarke RD, Finelli CM and Buskey EJ (2009) Water flow controls distribution and feeding behavior of two co-occurring coral reef fishes: II. Laboratory experiments. *Coral Reefs* 28: 475-488

Colwell RK and Fuentes ER (1975) Experimental studies of the niche. *Ann Rev Ecol Syst* 6: 281-310

DeMartini EE and Anderson TW (2007) Habitat associations and aggregation of recruitment fishes on Hawaiian coral reefs. *Bull Mar Sci* 81: 139-152

DeNiro MJ and Epstein S (1978) Influence of diet on the distribution of carbon isotope in animals. *Geochim Cosmochim Acta* 42: 495-506

DeNiro MJ and Epstein S (1981) Influence of diet on the distribution of nitrogen isotope in animals. *Geochim Cosmochim Acta* 45: 341-351

- Deudero S, Pinenegar JK, Polunin NVC, Morey G and Morales-Nin B (2004) Spatial variation and ontogenic shifts in the isotopic composition of Mediterranean littoral fishes. *Mar Biol* 145: 971-981
- Fry B and Sherr EB (1984) $\delta^{13}\text{C}$ measurements as indicators of carbon flow on marine and freshwater ecosystems. *Contrib Mar Sci* 27: 13-47
- Frédérich B, Fabri G, Lepoint G, Vandewalle P and Parmentier E (2009) Trophic niches of thirteen damselfishes (Pomacentridae) at the Grand Récif of Toliara, Madagascar. *Ichthyol Res* 56: 10-17
- Frédérich B, Lehance O, Vandewalle P, and Lepoint G (2010) Trophic niche width, shift, and specialization of *Dascyllus aruanus* in Toliara lagoon, Madagascar. *Copeia* 2: 218-226
- Harvy CJ, Hanson PC, Essington TE, Brown PB and Kitchell JF (2002) Using bioenergetics models to predict stable isotope ratios in fishes. *Can J Fish Aquat Sci* 59: 115-124
- Hattori A (1995) Coexistence of 2 anemonefishes, *Amphiprion clarkii* and *A. perideraion*, which utilize the same host sea-anemone. *Enviro Biol Fishes* 42(4): 345-353
- Hixon MA (1991) Predation as a process structuring coral reef fish communities. In: Sale PF (ed) *The ecology of fishes on coral reefs*. Academic Press, San Diego, p

475-508

Hixon MA and Beets JP (1993) Predation, prey refuges, and the structure of coral-reef fish assemblages. *Ecol Monogr* 63: 77-101

Hobson KA (1999) Tracing origins and migration of wildlife using stable isotopes: a review. *Oecologia* 120: 314-326

Holbrook SJ and Schmitt J (2002) Competition for shelter space causes density-dependent predation mortality in damselfishes. *Ecology* 83(10): 2855-2868

Hutchinson GE (1959) Homage to Santa Rosalia or why there are so many species? *Am Nat* 93: 145-159

Hyslope EJ (1980) Stomach content analysis – a review of methods and their application. *J Fish Biol* 17: 411-429

Karplus I, Katzenstein R and Goren M (2006) Predator recognition and social facilitation of predator avoidance in coral reef fish *Dascyllus marginatus* juveniles. *Mar Ecol Prog Ser* 319: 215-223

Limbourn AJ, Jones GP, Munday PL and Srinivasan M (2007) Niche shifts and local competition between two coral reef fishes at their geographic boundary. *Mar Freshwater Res* 58: 1120-1129

MacDonald JS, Waiwood KG, and Green RH (1982) Rates of digestion of different prey in Atlantic cod (*Gadus morhua*), ocean pout (*Macrozoarces americanus*), winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*), and American plaice (*Hippoglossoides*). *Can J Fish Aquat Sci* 39: 651-659

Martin FD (1984) Diet of four sympatric species of *Etheostoma* (Pisces: Percidae) from southern Indiana: interspecific and intraspecific multiple comparisons. *Environ Biol Fishes* 11: 113-120

Medeiros PR, Souza AT and Ilarri MI (2010) Habitat use and behavioral ecology of the juveniles of two sympatric damselfishes (Actinopterygii: Pomacentridae) in the south-western Atlantic Ocean. *J Fish Biol* 77: 1599-1615

Minagawa M and Wade E (1984) Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: further evidence and the relation between $\delta^{15}\text{N}$ animal age. *Geochim Cosmochim Acta* 48: 1135-1140

Munday PL (2004) Competitive coexistence of coral-dwelling fishes: the lottery hypothesis revisited. *Ecology* 85(3): 623-628

Peterson BJ, Howarth RW and Garritt RH (1985) Multiple stable isotopes used to trace the flow of organic matter in estuarine food webs. *Science* 227: 1361-1363

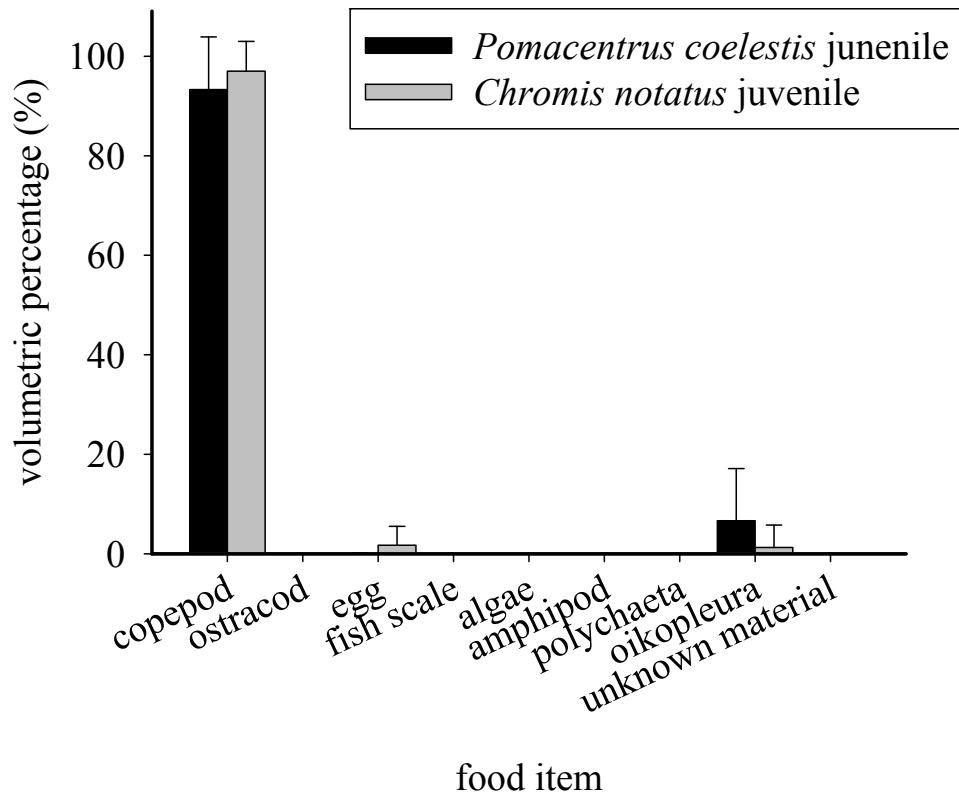
Peterson BJ and Fry B (1987) Stable isotopes in ecosystem studies. *Annu Rev Ecol Syst* 18: 293-320

- Pinnegar JK and Polunin NVC (1999) Differential fractionation of $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ among fish tissues: implication for the study of trophic interactions. *Funct Ecol* 3: 225-231
- Pinnegar JK, Campbell N and Polunin NVC (2001) Unusual stable isotope fractionation patterns observed for fish host-parasite trophic relationships. *J Fish Biol* 59: 494-503
- Robertson DR and Polunin NVC (1981) Coexistence: symbiotic sharing of feeding territories and algal food by some coral reef fishes from the western Indian ocean. *Mar Biol* 62: 185-195
- Sale PF (1978) Coexistence of coral reef fishes – a lottery for living space. *Env Biol Fish* 3(1): 85-102
- Schoener TW (1970) Non-synchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. *Ecology* 51: 408-418
- Schoener TW (1974) Resource partitioning in ecological communities. *Science* 185: 27-39
- Shpigel M (1982) Niche overlap among two species of coral dwelling fishes of the genus *Dascyllus* (Pomacentridae). *Env Biol Fish* 7(1): 65-68
- Shulman MJ and Ogden JC (1987) What controls tropical reef fish populations: recruitment or benthic mortality? An example in the Caribbean reef fish *Haemulon flavolineatum*. *Mar Ecol Prog Ser* 39: 233-242

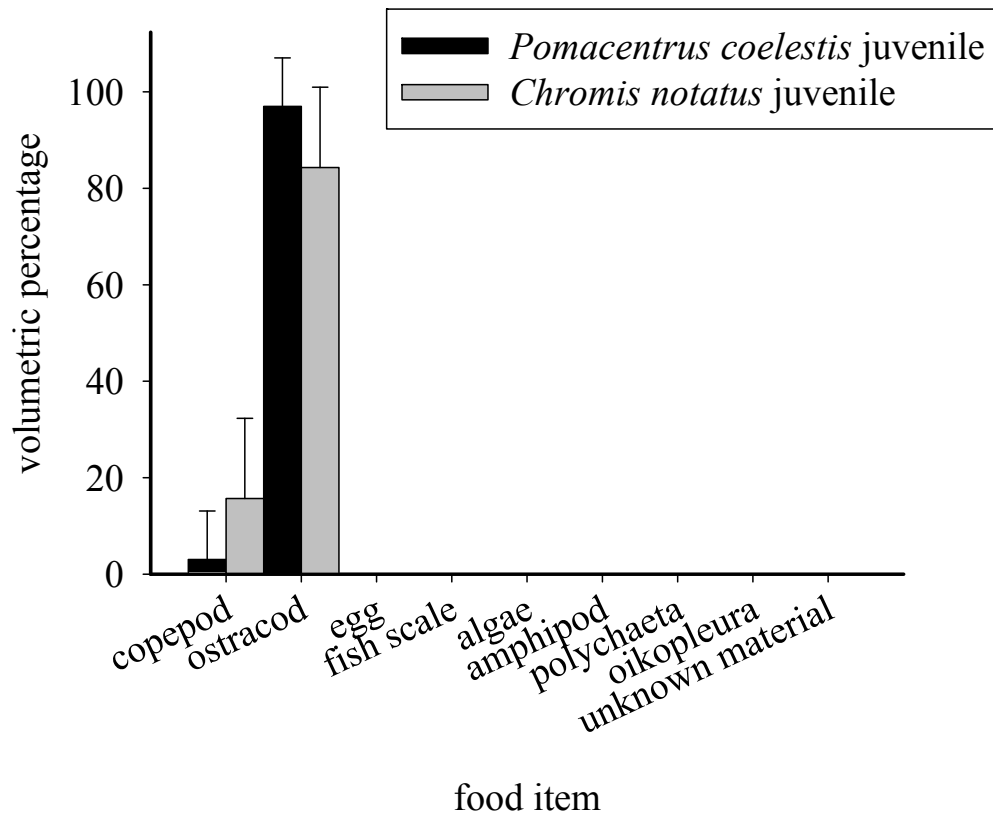
Zaret T and Rand AS (1971) Competition in tropical stream fishes support for the competitive exclusion principle. Ecology 52: 336-342



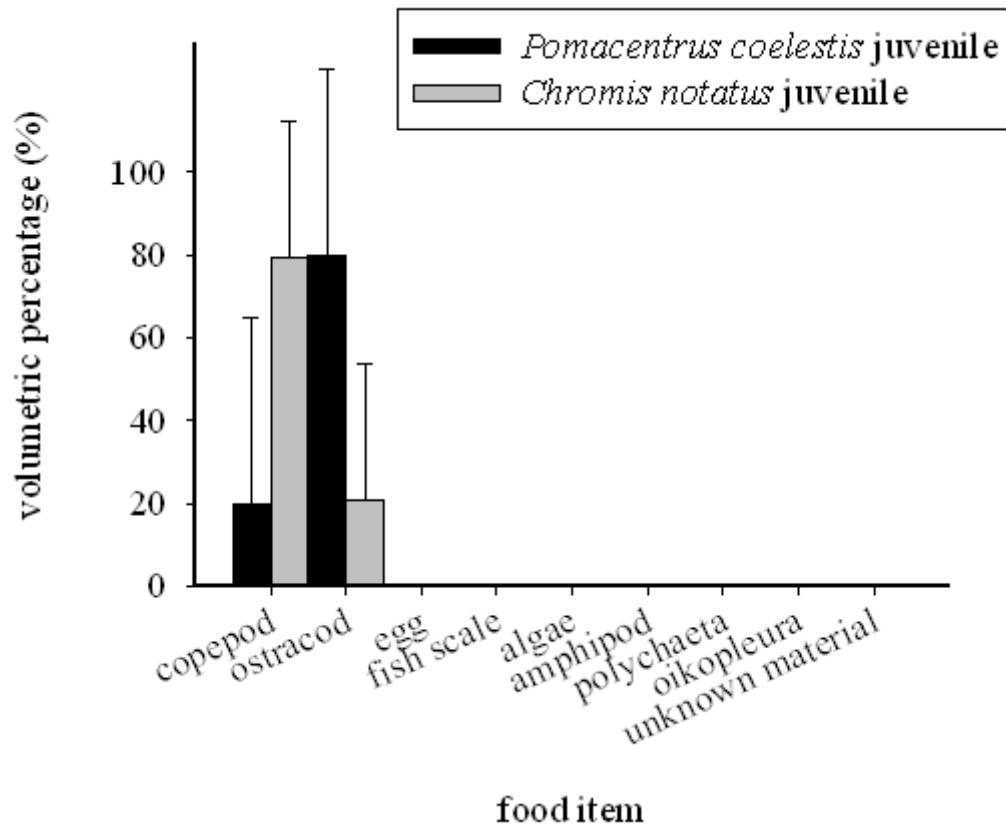
圖



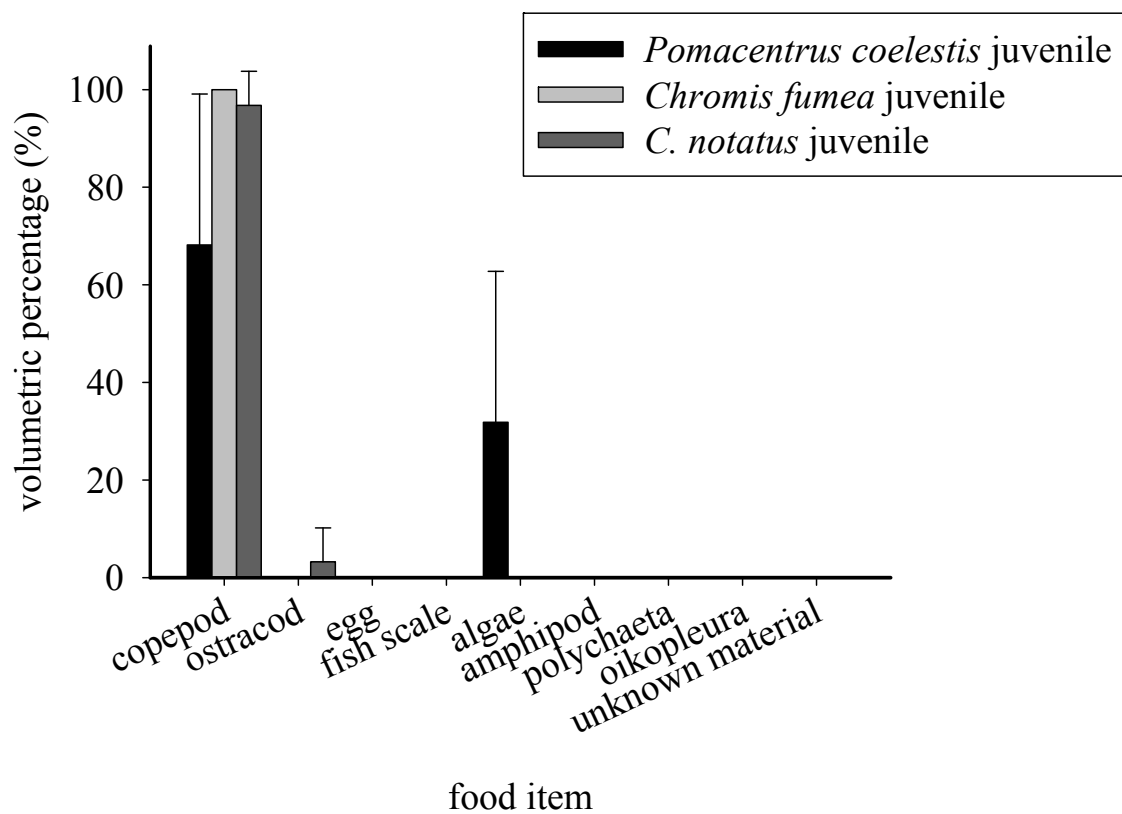
圖一、2010年7月龍洞霓虹雀鯛 (*Pomacentrus coelestis*) 幼魚 (n=13) 及斑鰭光鰈雀鯛 (*Chromis notatus*) 幼魚 (n=16) 胃內食物項目體積百分比圖。



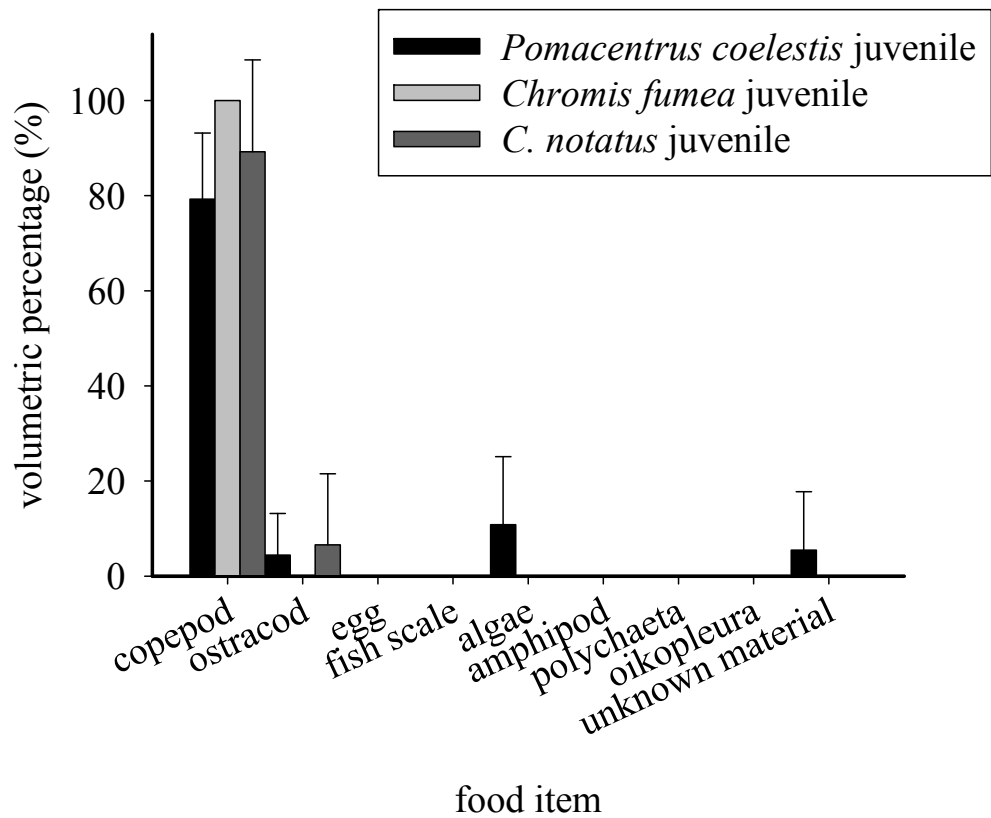
圖二、2010年8月龍洞(礁盤一)寬虹雀鯛 (*Pomacentrus coelestis*) 幼魚 (n=11) 及斑鰭光鰓雀鯛 (*Chromis notatus*) 幼魚 (n=9) 胃內食物項目體積百分比圖。



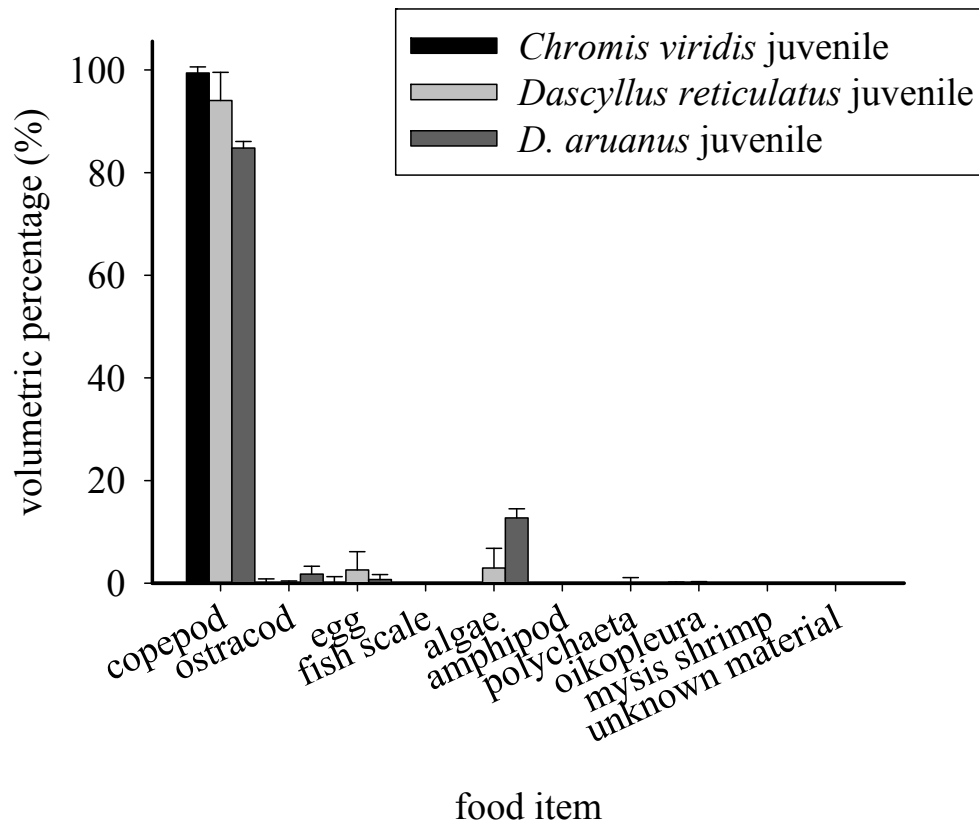
圖三、2010年8月龍洞(礁盤二)霓虹雀鯛 (*Pomacentrus coelestis*) 幼魚 (n=5) 及斑鰭光鰓雀鯛 (*Chromis notatus*) 幼魚 (n=9) 胃內食物項目體積百分比圖。



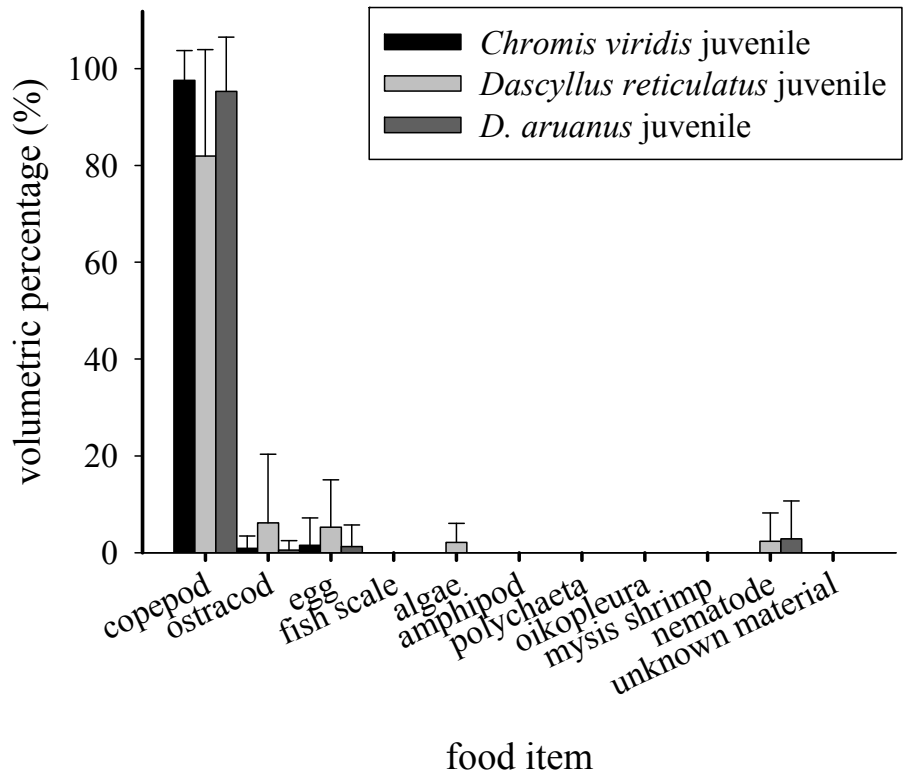
圖四、2010年8月龍洞(礁盤三)霓虹雀鯛 (*Pomacentrus coelestis*) 幼魚 (n=6)、燕尾光鰓雀鯛 (*Chromis fumea*) 幼魚 (n=2) 及斑鰭光鰓雀鯛 (*C. notatus*) 幼魚 (n=9) 胃內食物項目體積百分比圖。



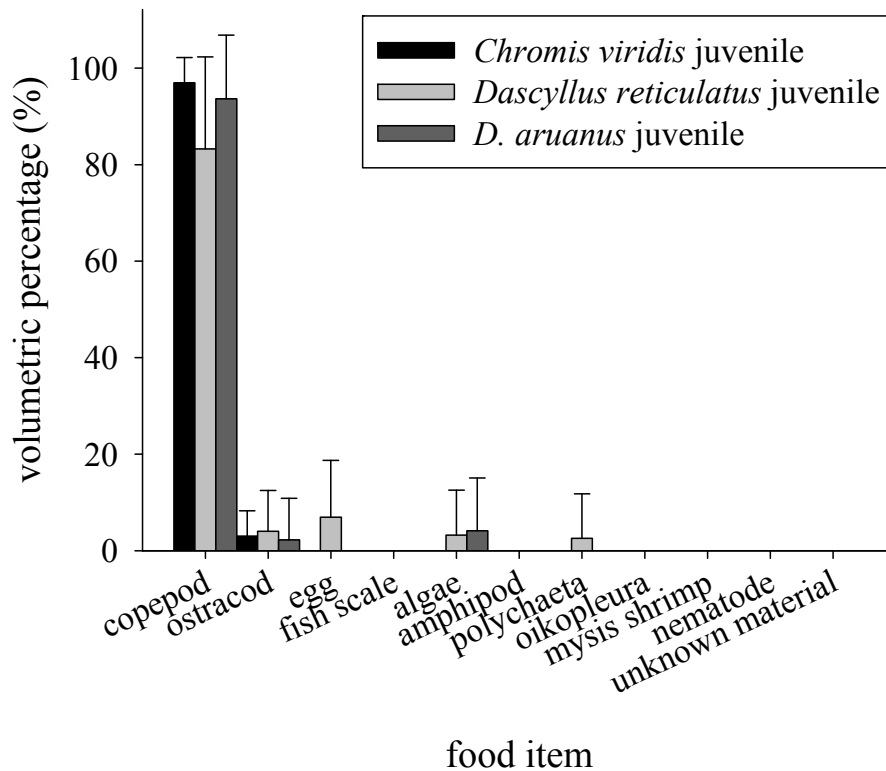
圖五、2010年8月龍洞(礁盤四) 霓虹雀鯛 (*Pomacentrus coelestis*) 幼魚 (n=5)、燕尾光鰓雀鯛 (*Chromis fumea*) 幼魚 (n=7) 及斑鰭光鰓雀鯛 (*C. notatus*) 幼魚 (n=7) 胃內食物項目體積百分比圖。



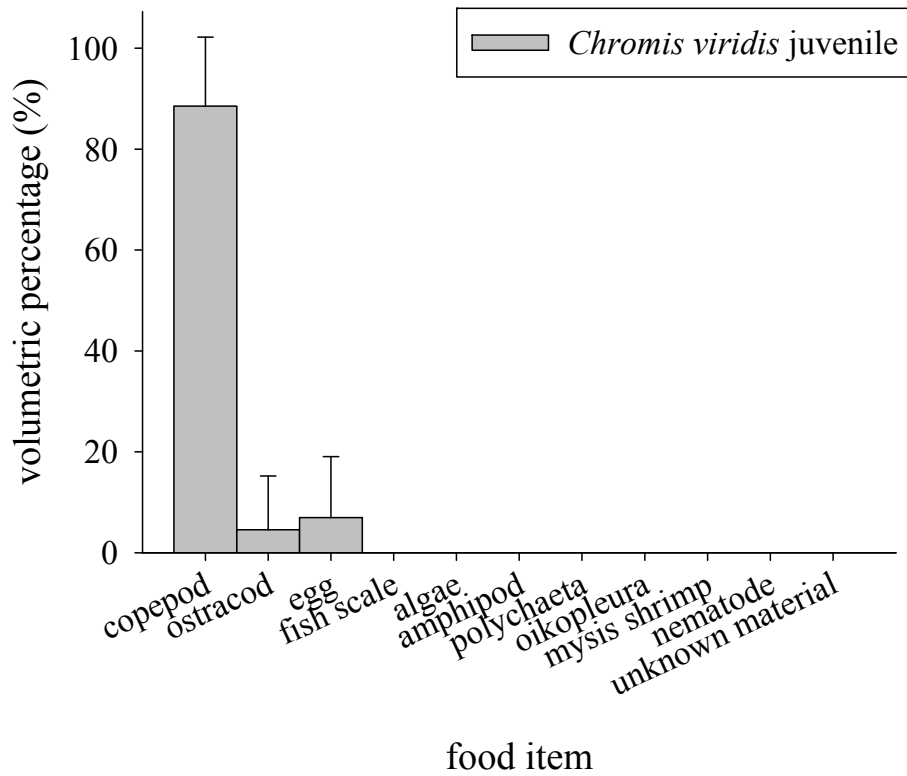
圖六、2009年3月墾丁(珊瑚叢三)藍綠光鰓雀鯛 (*Chromis viridis*) 幼魚 (n=23)、網紋圓雀鯛 (*Dascyllus reticulatus*) 幼魚 (n=12) 及三帶圓雀鯛 (*D. aruanus*) 幼魚 (n=2) 胃內食物項目體積百分比圖。



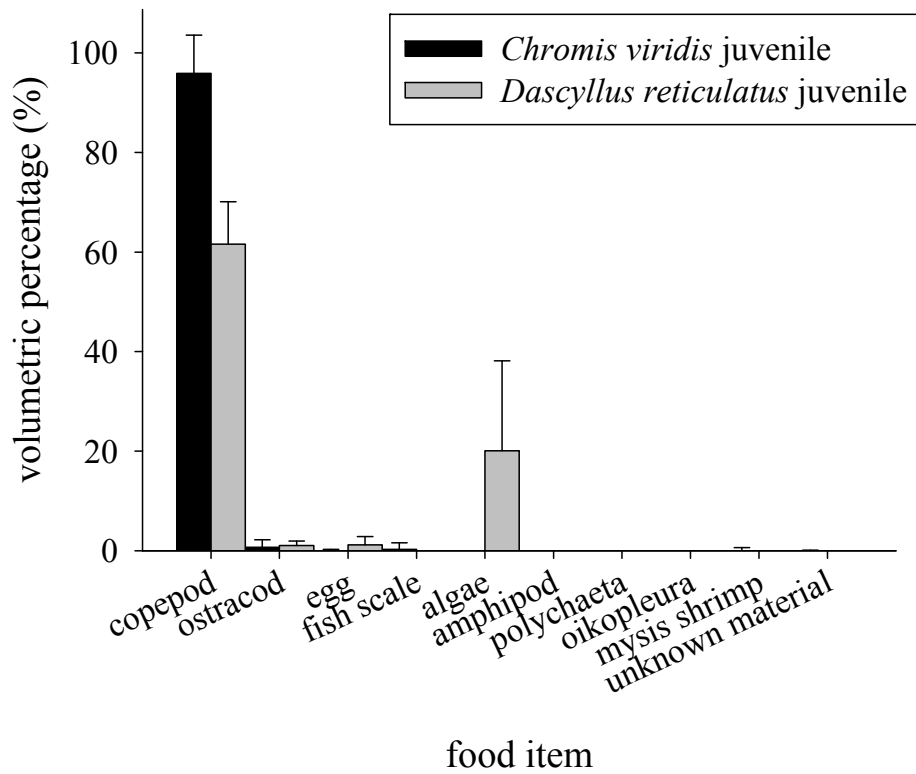
圖七、2010年7月墾丁(珊瑚叢一)藍綠光鰓雀鯛 (*Chromis viridis*) 幼魚 (n = 17)、網紋圓雀鯛 (*Dascyllus reticulatus*) 幼魚 (n = 12) 及三帶圓雀鯛 (*D. aruanus*) 幼魚 (n = 12) 胃內食物項目體積百分比圖。



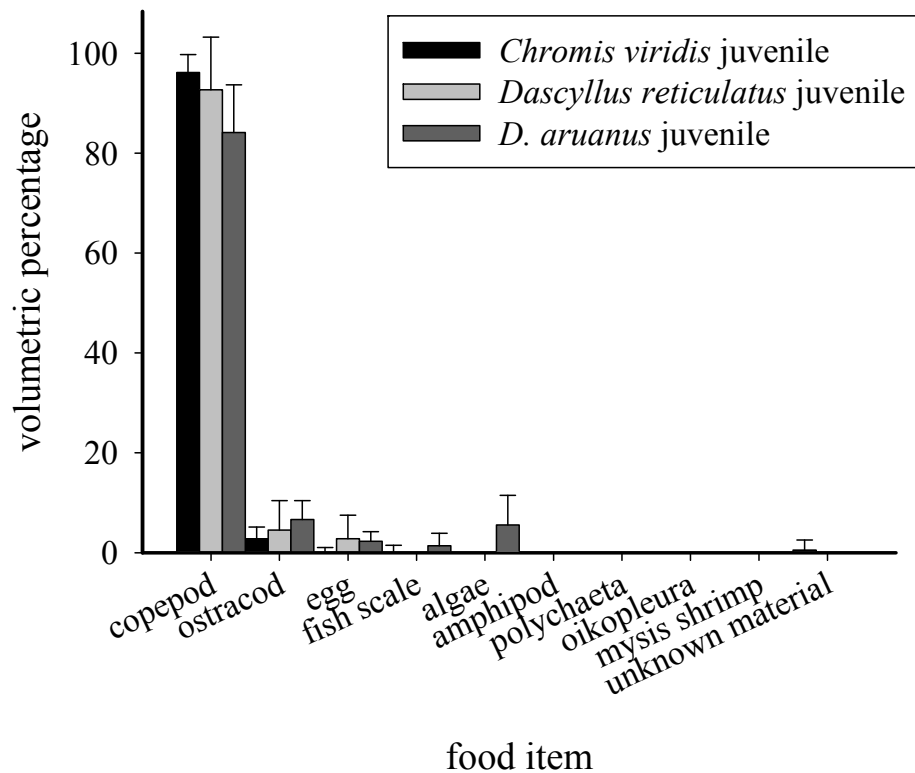
圖八、2010年7月墾丁(珊瑚叢二)藍綠光鰓雀鯛 (*Chromis viridis*) 幼魚 (n=3)、網紋圓雀鯛 (*Dascyllus reticulatus*) 幼魚 (n=13) 及三帶圓雀鯛 (*D. aruanus*) 幼魚 (n=15) 胃內食物項目體積百分比圖。



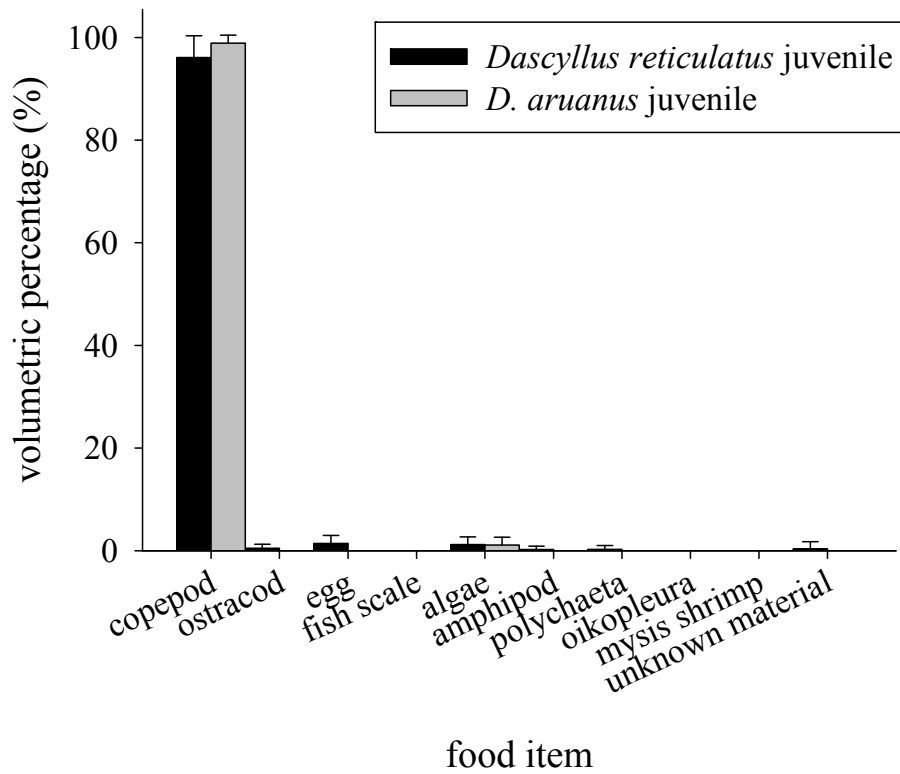
圖九、2010年7月墾丁(珊瑚叢三)藍綠光鰓雀鯛 (*Chromis viridis*) 幼魚 (n=7) 胃內食物項目體積百分比圖。



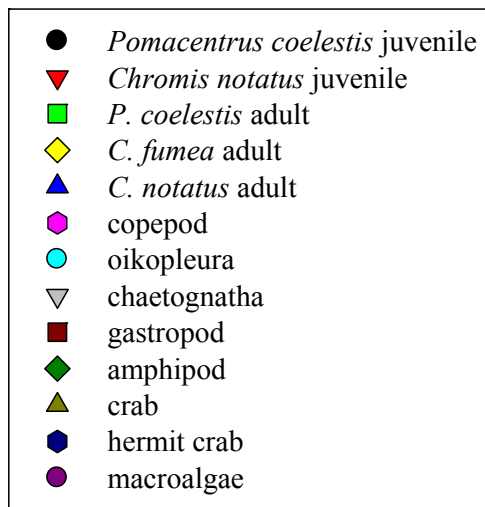
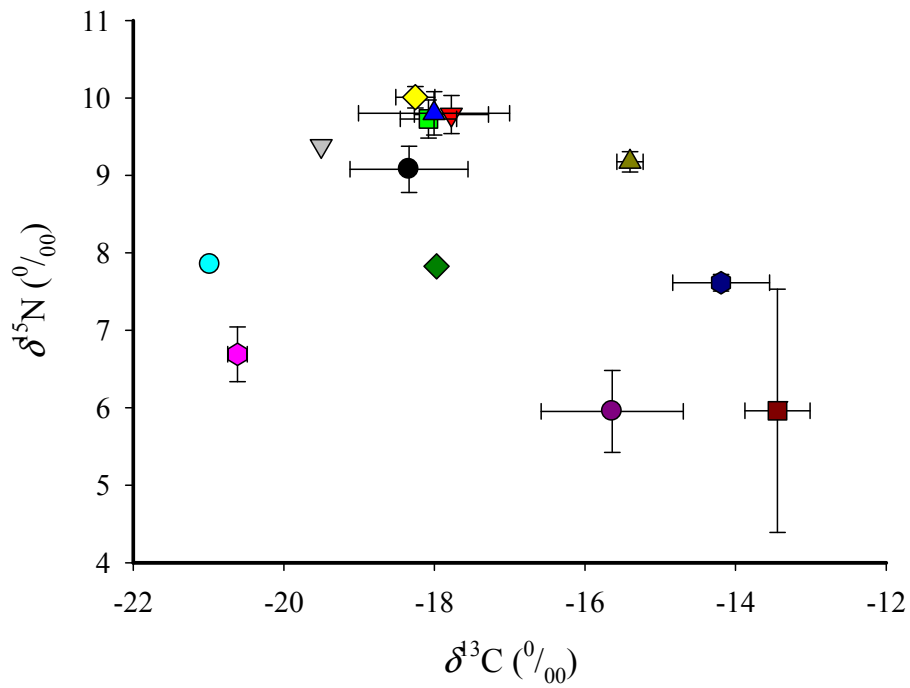
圖十、2011年4月墾丁(珊瑚叢一)藍綠光鰓雀鯛 (*Chromis viridis*) 幼魚 (n=40) 及網紋圓雀鯛 (*Dascyllus reticulatus*) 幼魚 (n=5) 胃內食物項目體積百分比圖。



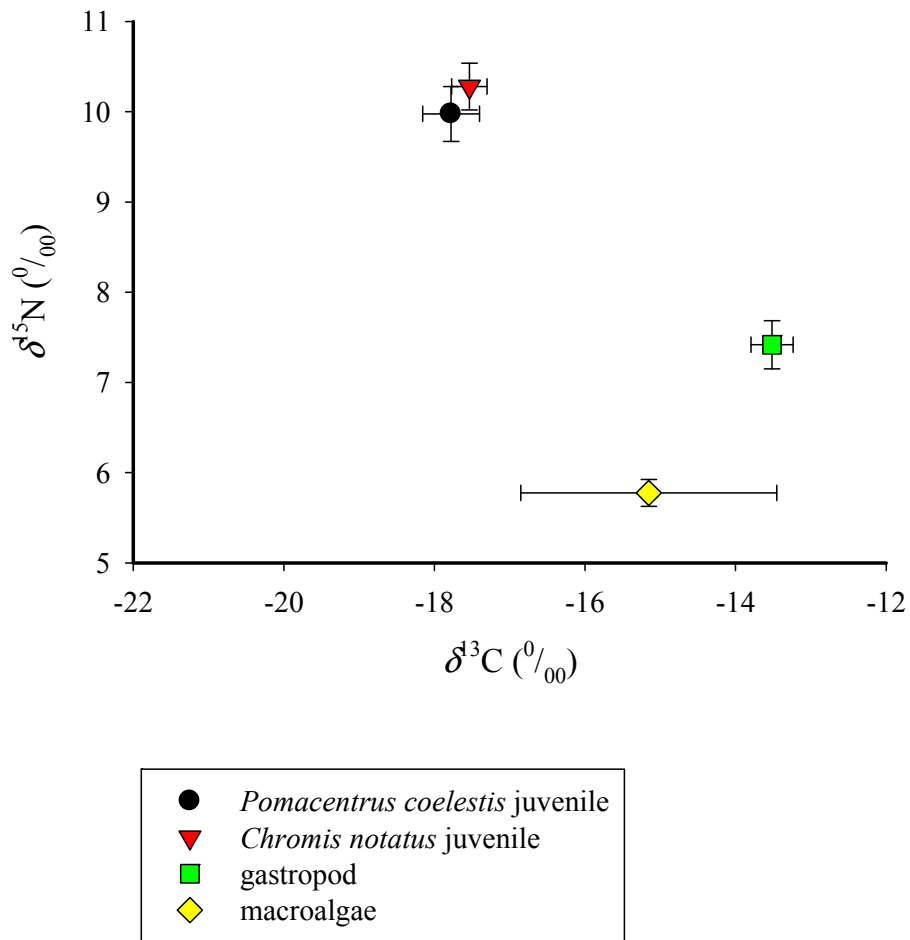
圖十一、2011年4月墾丁(珊瑚叢二)藍綠光鰓雀鯛 (*Chromis viridis*) 幼魚 (n = 28)、網紋圓雀鯛 (*Dascyllus reticulatus*) 幼魚 (n = 5) 及三帶圓雀鯛 (*D. aruanus*) 幼魚 (n = 7) 胃內食物項目體積百分比圖。



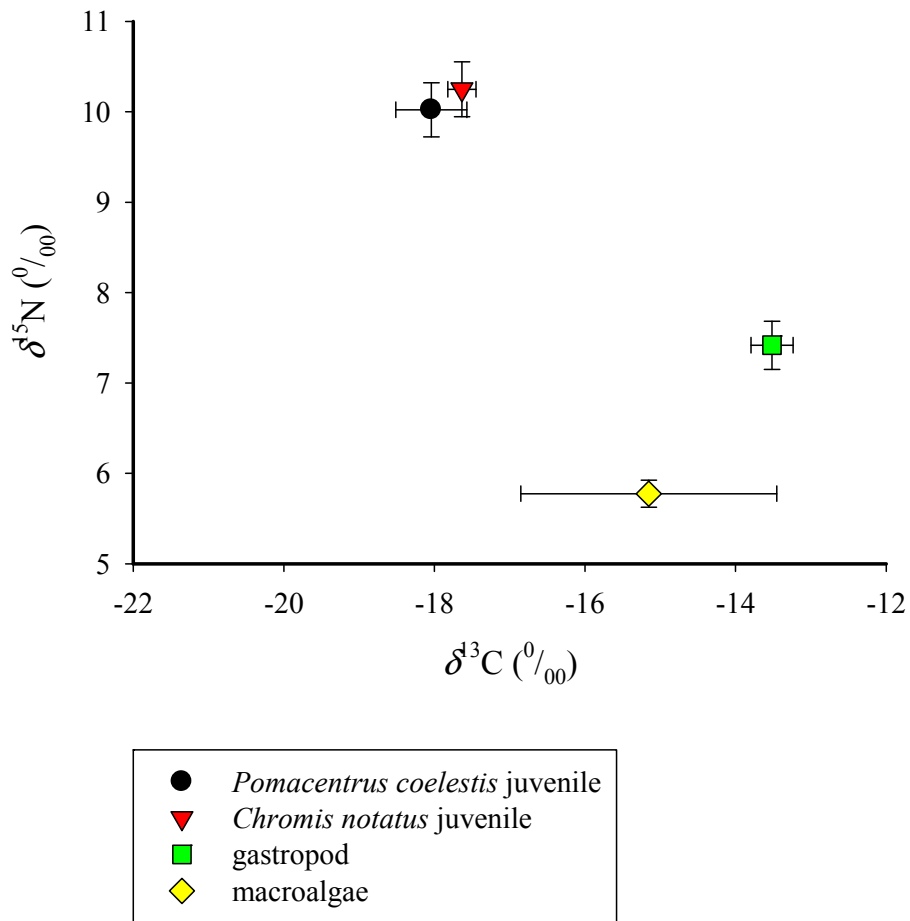
圖十二、2011年4月墾丁(珊瑚叢三)網紋圓雀鯛 (*Dascyllus reticulatus*) 幼魚 (n = 18) 及三帶圓雀鯛 (*D. aruanus*) 幼魚 (n = 2) 胃內食物項目體積百分比圖。



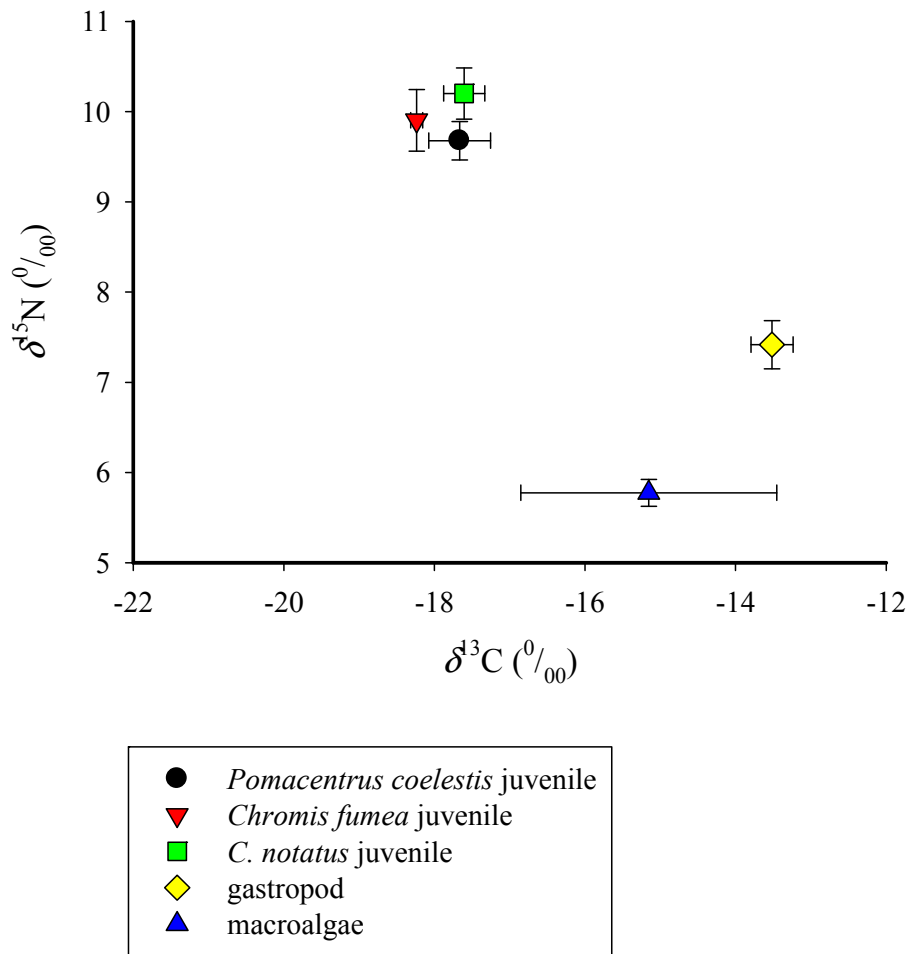
圖十三、2010年7月龍洞霓虹雀鯛 (*Pomacentrus coelestis*) 幼魚 (n=49) & 成魚 (n=11)、斑鰭光鰓雀鯛 (*Chromis notatus*) 幼魚 (n=49) & 成魚 (n=14) 及燕尾光鰓雀鯛 (*C. fumea*) 成魚 (n=6) 和可能食物源的穩定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值和 $\delta^{15}\text{N}$ 值關係圖。



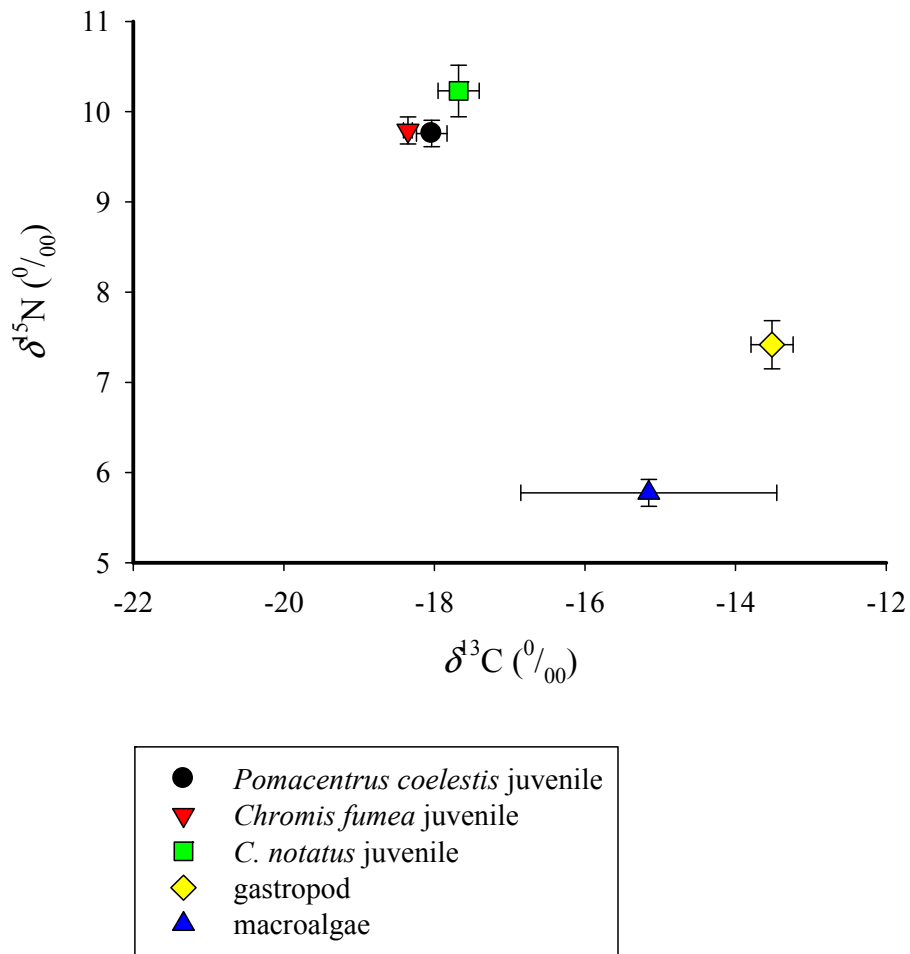
圖十四、2010年8月龍洞（礁盤一）霓虹雀鯛（*Pomacentrus coelestis*）幼魚（n = 17）及斑鰭光鰓雀鯛（*Chromis notatus*）幼魚（n = 12）和可能食物源的穩定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值和 $\delta^{15}\text{N}$ 值關係圖。



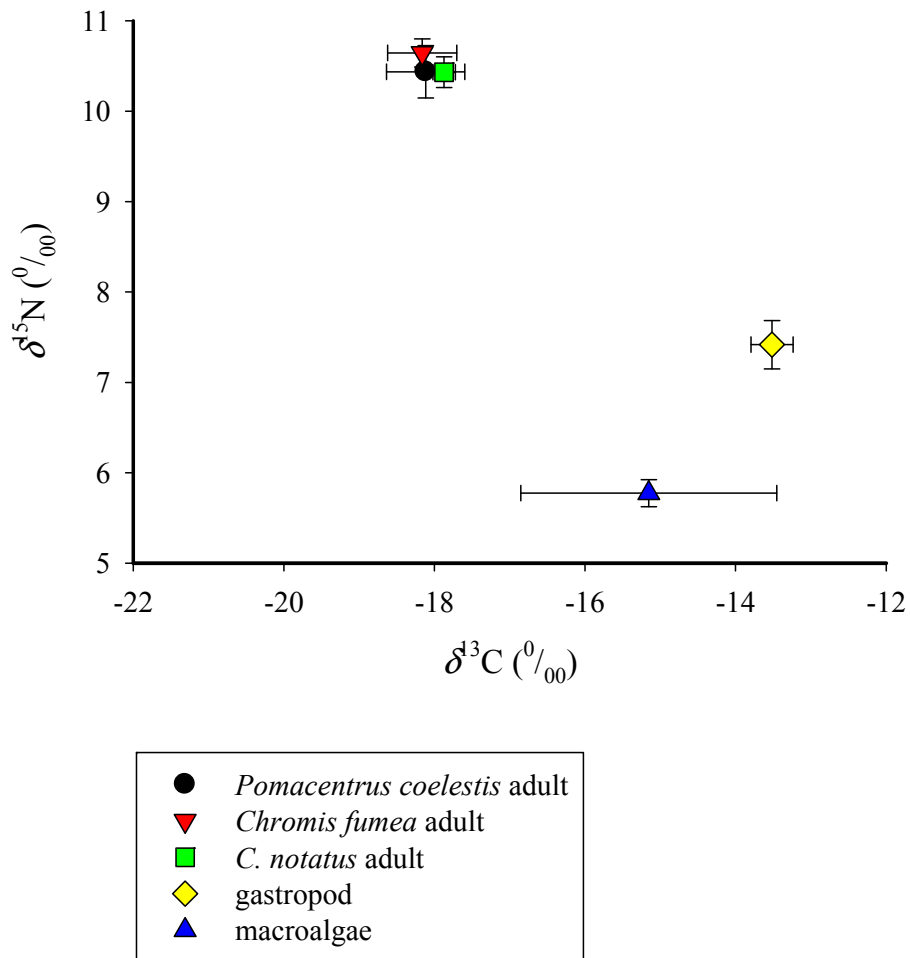
圖十五、2010年8月龍洞（礁盤二）霓虹雀鯛 (*Pomacentrus coelestis*) 幼魚 (n = 9) 及斑鰭光鰓雀鯛 (*Chromis notatus*) 幼魚 (n = 21) 和可能食物源的穩定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值和 $\delta^{15}\text{N}$ 值關係圖。



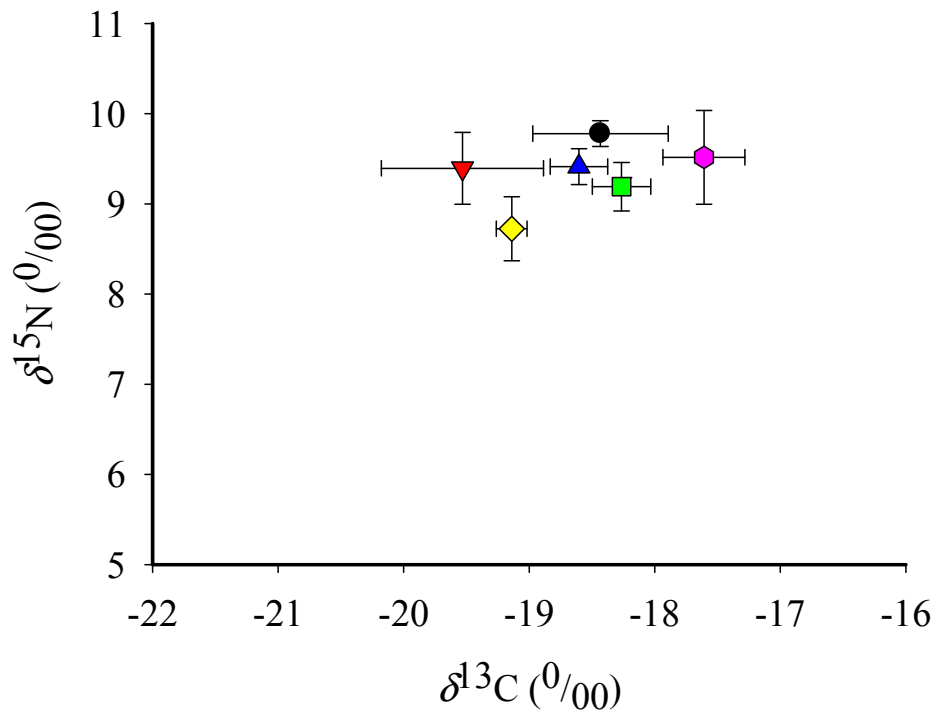
圖十六、2010年8月龍洞（礁盤三）霓虹雀鯛（*Pomacentrus coelestis*）幼魚（n = 9）、燕尾光鰓雀鯛（*Chromis fumea*）幼魚（n = 3）及斑鰭光鰓雀鯛（*C. notatus*）幼魚（n = 27）和可能食物源的穩定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值和 $\delta^{15}\text{N}$ 值關係圖。



圖十七、2010年8月龍洞(礁盤四)霓虹雀鯛 (*Pomacentrus coelestis*) 幼魚 (n = 5)、燕尾光鰓雀鯛 (*Chromis fumea*) 幼魚 (n = 7) 及斑鰭光鰓雀鯛 (*C. notatus*) 幼魚 (n = 17) 和可能食物源的穩定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值和 $\delta^{15}\text{N}$ 值關係圖。

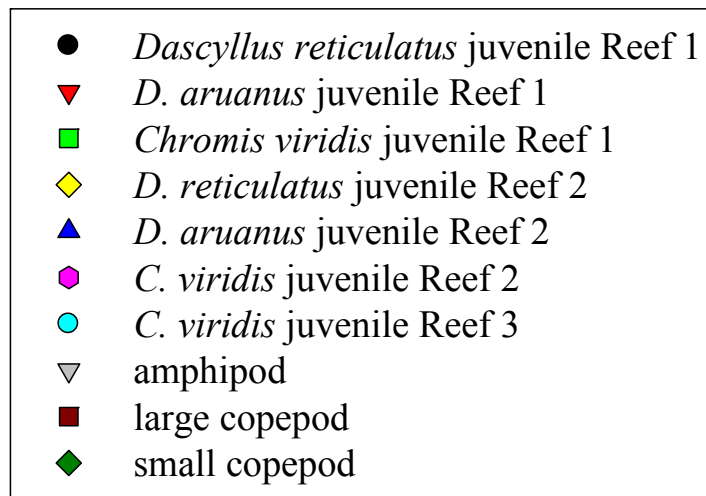
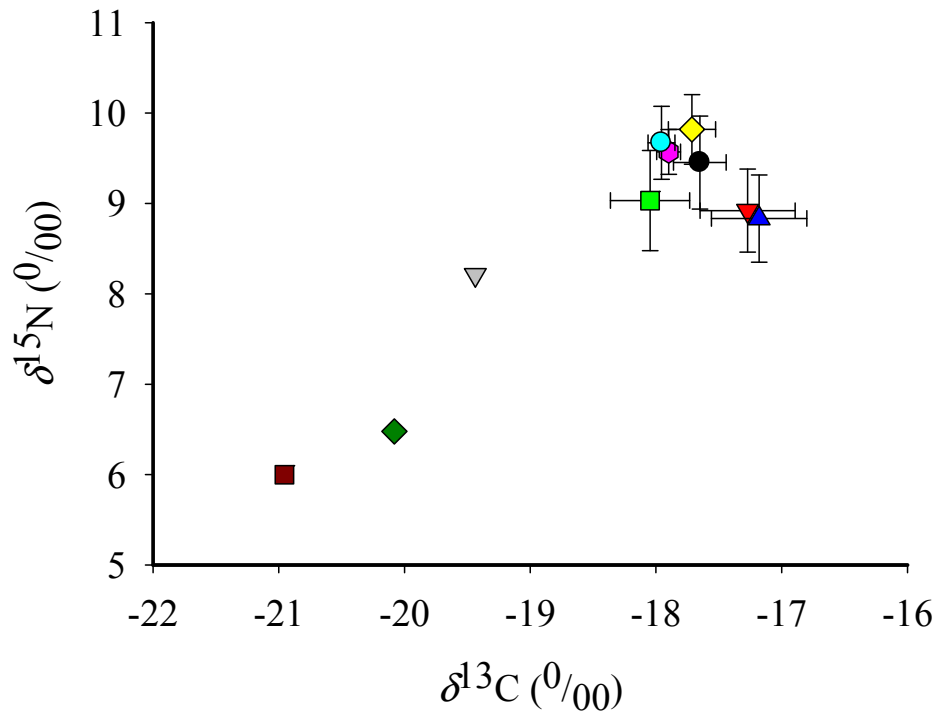


圖十八、2010年8月龍洞(水層中)霓虹雀鯛 (*Pomacentrus coelestis*) 成魚 (n = 5)、燕尾光鰓雀鯛 (*Chromis fumea*) 成魚 (n = 11) 及斑鰭光鰓雀鯛 (*C. notatus*) 成魚 (n = 10) 和可能食物源的穩定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值和 $\delta^{15}\text{N}$ 值關係圖。

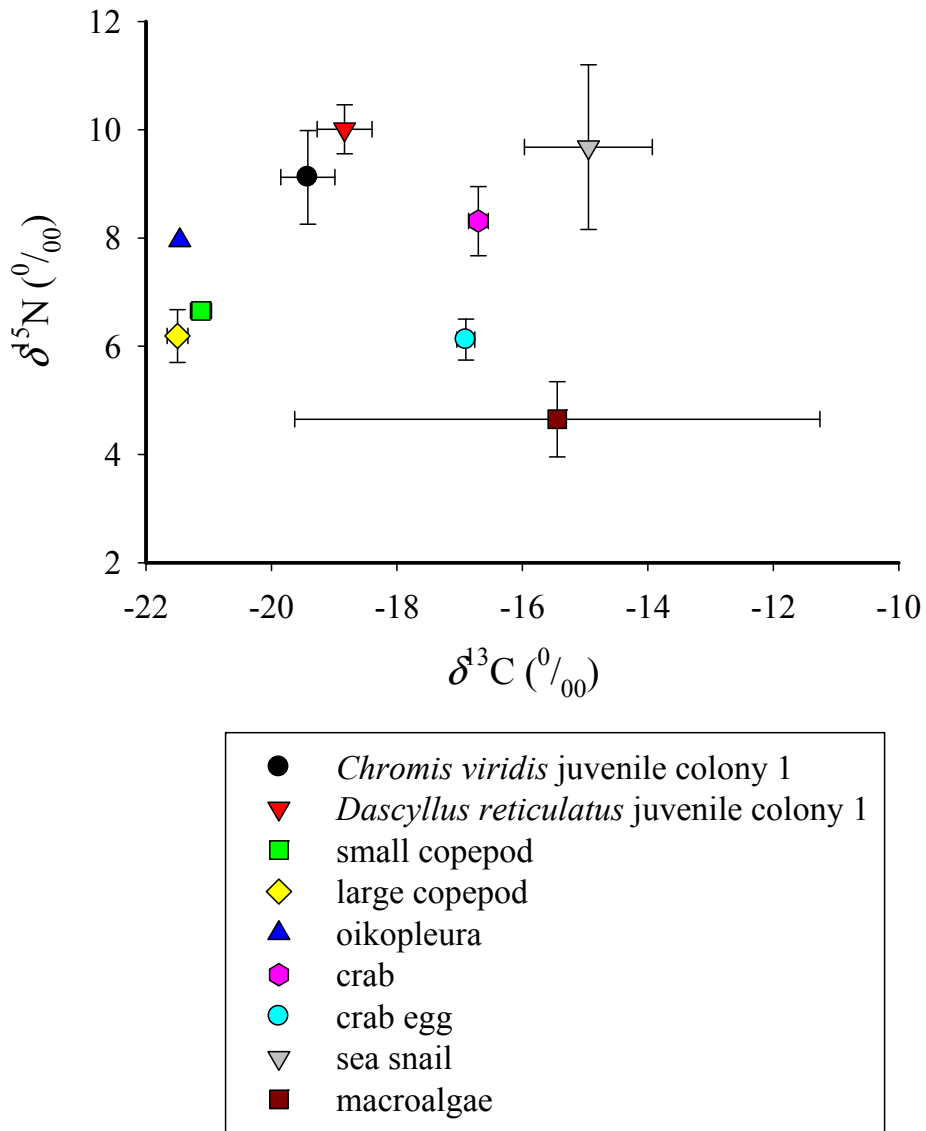


- *Dascyllus reticulatus* juvenile colony 1
- ▼ *D. reticulatus* juvenile colony 2
- *D. aruanus* colony 2
- ◆ *Chromis viridis* juvenile colony 3
- ▲ *D. reticulatus* juvenile colony 3
- ⬠ *D. aruanus* juvenile colony 3

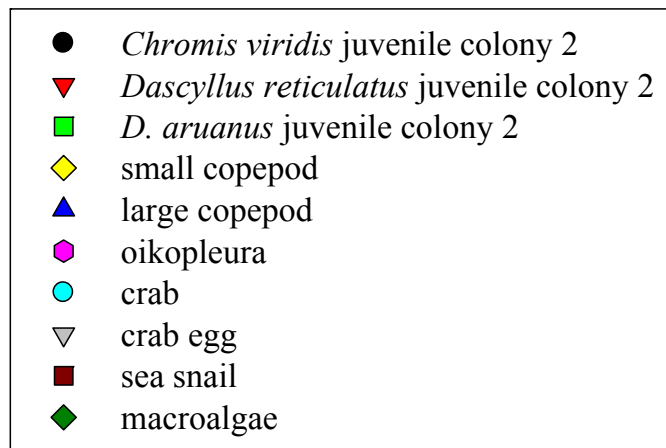
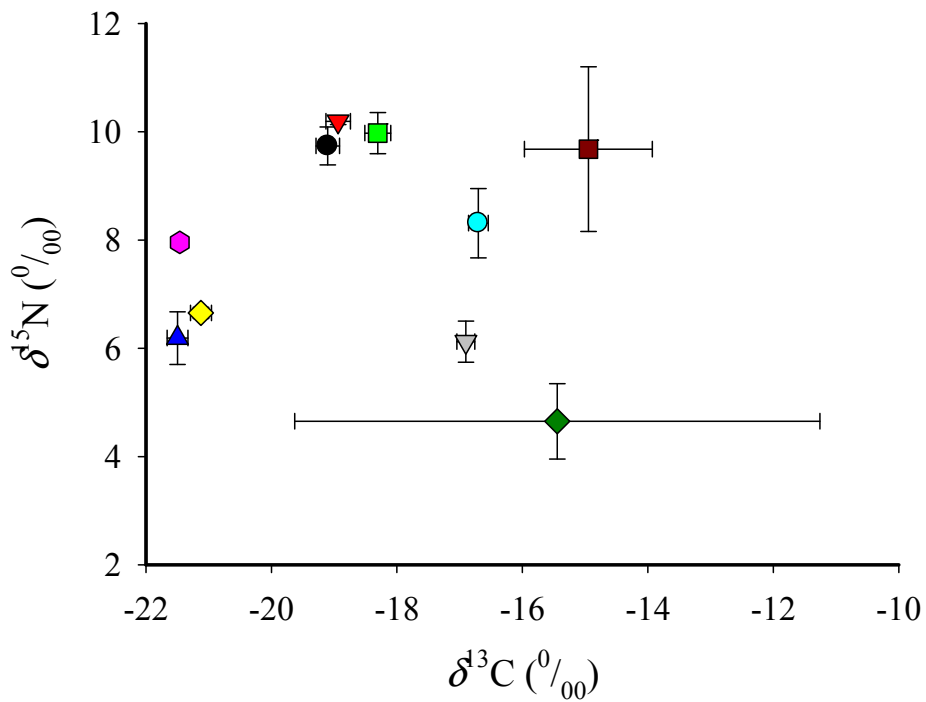
圖十九、2009年3月墾丁藍綠光鰓雀鯛 (*Chromis viridis*) 幼魚、網紋圓雀鯛 (*Dascyllus reticulatus*) 幼魚及三帶圓雀鯛 (*D. aruanus*) 幼魚和可能食物源的穩定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值和 $\delta^{15}\text{N}$ 值關係圖。網紋圓雀鯛幼魚 (珊瑚叢一): 9尾; 網紋圓雀鯛幼魚 (珊瑚叢二): 9尾; 三帶圓雀鯛幼魚 (珊瑚叢二): 6尾; 藍綠光鰓雀鯛幼魚 (珊瑚叢三): 23尾; 網紋圓雀鯛幼魚 (珊瑚叢三): 12尾; 三帶圓雀鯛幼魚 (珊瑚叢三): 4尾



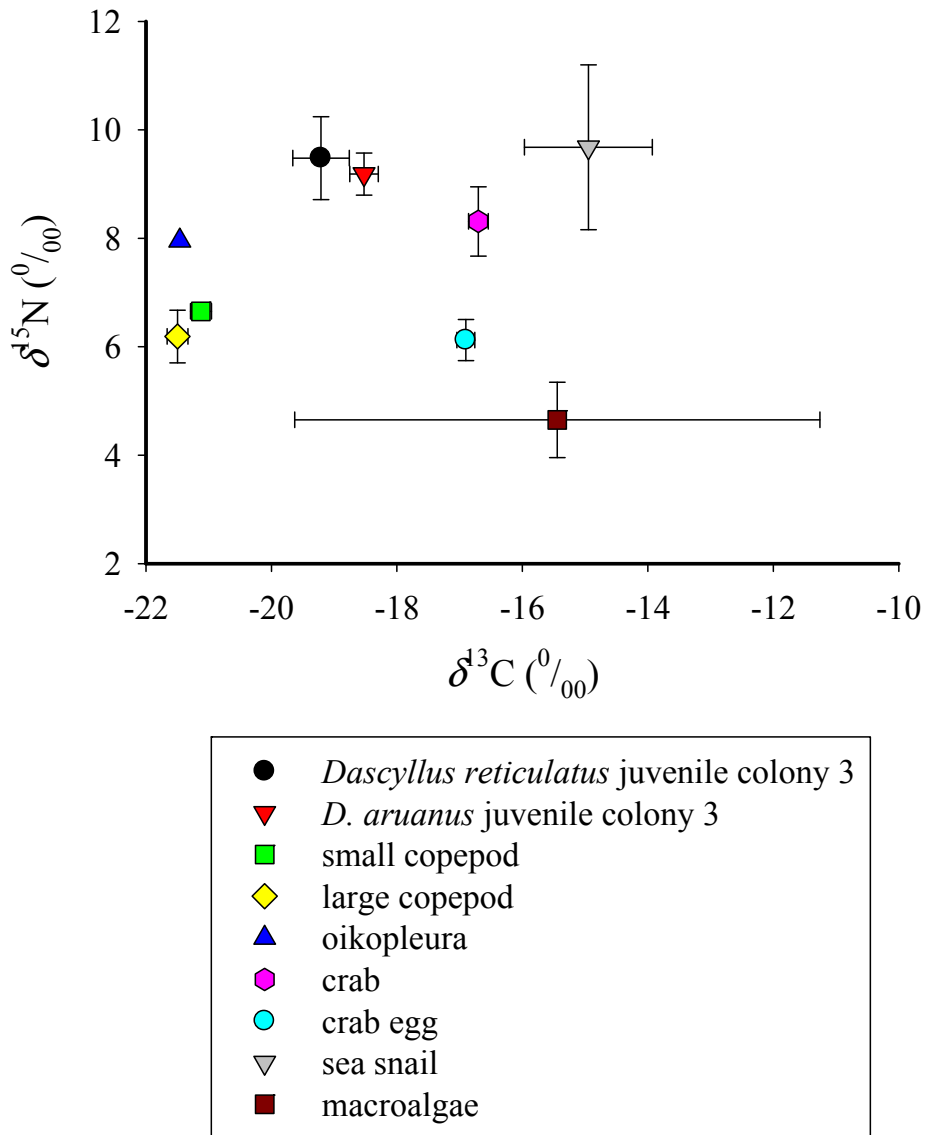
圖二十、2010年7月墾丁藍綠光鰓雀鯛 (*Chromis viridis*) 幼魚、網紋圓雀鯛 (*Dascyllus reticulatus*) 幼魚及三帶圓雀鯛 (*D. aruanus*) 幼魚和可能食物源的穩定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值和 $\delta^{15}\text{N}$ 值關係圖。藍綠光鰓雀鯛幼魚 (珊瑚叢一): 24 尾; 網紋圓雀鯛幼魚 (珊瑚叢一): 26 尾; 三帶圓雀鯛幼魚 (珊瑚叢一): 21 尾; 藍綠光鰓雀鯛幼魚 (珊瑚叢二): 4 尾; 網紋圓雀鯛幼魚 (珊瑚叢二): 18 尾; 三帶圓雀鯛幼魚 (珊瑚叢二): 21 尾; 藍綠光鰓雀鯛幼魚 (珊瑚叢三): 8 尾



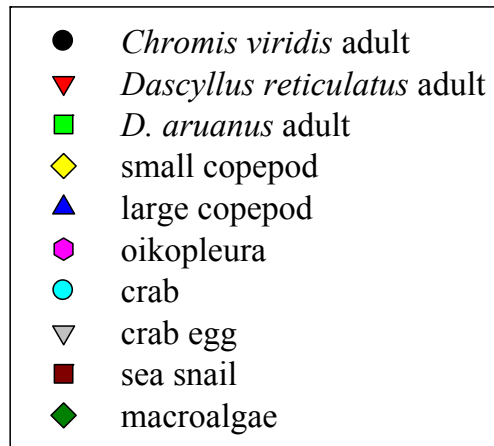
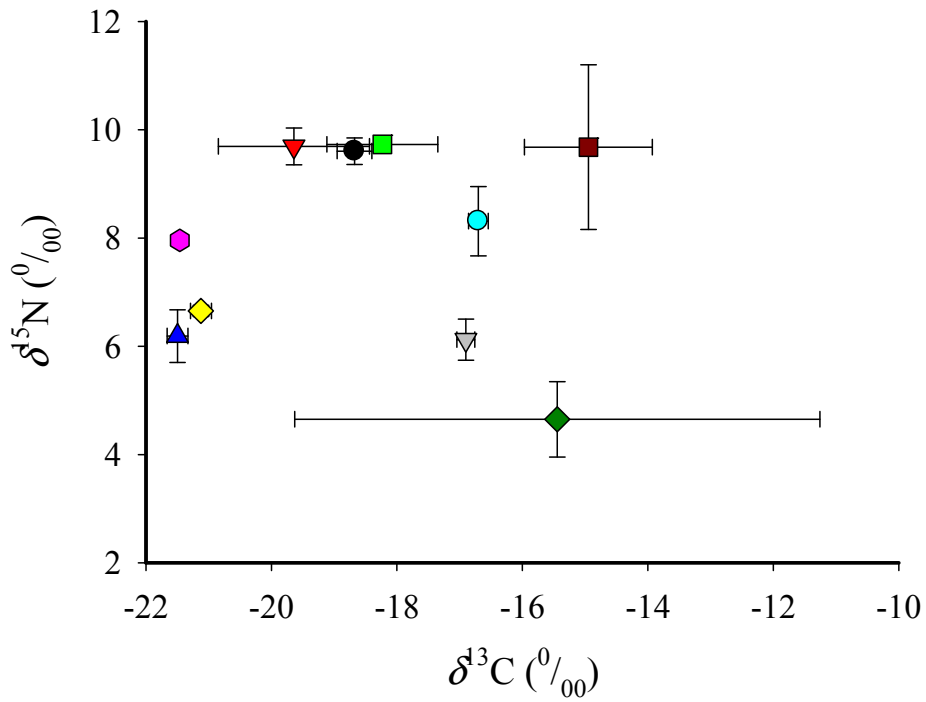
圖二十一、2011年4月墾丁(珊瑚叢一)藍綠光鰓雀鯛 (*Chromis viridis*) 幼魚 (n = 115)、網紋圓雀鯛 (*Dascyllus reticulatus*) 幼魚 (n = 6) 和可能食物源的穩定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值和 $\delta^{15}\text{N}$ 值關係圖。



圖二十二、2011年4月墾丁(珊瑚叢二)藍綠光鰓雀鯛 (*Chromis viridis*) 幼魚 (n = 29)、網紋圓雀鯛 (*Dascyllus reticulatus*) 幼魚 (n = 5) 及三帶圓雀鯛 (*D. aruanus*) 幼魚 (n = 7) 和可能食物源的穩定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值和 $\delta^{15}\text{N}$ 值關係圖。



圖二十三、2011年4月墾丁(珊瑚叢三)網紋圓雀鯛 (*Dascyllus reticulatus*) 幼魚 (n=23) 及三帶圓雀鯛 (*D. aruanus*) 幼魚 (n=2) 和可能食物源的穩定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值和 $\delta^{15}\text{N}$ 值關係圖。



圖二十四、2011年4月墾丁(水層中)藍綠光鰐雀鯛 (*Chromis viridis*) 成魚 (n = 15)、網紋圓雀鯛 (*Dascyllus reticulatus*) 成魚 (n = 5) 及三帶圓雀鯛 (*D. aruanus*) 成魚 (n = 5) 和可能食物源的穩定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值和 $\delta^{15}\text{N}$ 值關係圖。