

國立臺灣大學理學院海洋研究所

碩士論文

Institute of Oceanography

College of Science

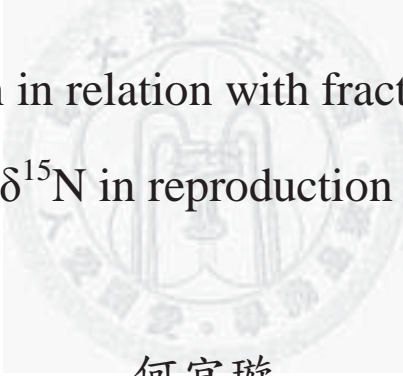
National Taiwan University

Master Thesis

臺灣南部海域藍綠光鰓雀鯛(*Chromis viridis*)

生殖時的能量分配

Energy allocation in relation with fractionation of stable isotopes  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  in reproduction of *Chromis viridis*



何宜璇

Yi-hsuan Ho

指導教授：詹榮桂 博士、戴昌鳳 博士

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

中華民國 102 年 6 月

June, 2013

國立臺灣大學碩士學位論文  
口試委員會審定書

臺灣南部海域藍綠光鰓雀鯛(*Chromis viridis*)生殖時的  
能量分配

Energy allocation in relation with fractionation of stable  
isotopes  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  in reproduction of *Chromis viridis*

本論文係 何宜璇 君 (r99241211) 在國立臺灣大學海洋  
研究所、所完成之碩士學位論文，於民國 101 年 09 月 21 日承  
下列考試委員審查通過及口試及格，特此證明

口試委員： 戴 昌 鳳 (指導教授)

詹 姓 桂

陳 正 平

陳 正 虔

系主任、所長

戴 昌 鳳

## 誌謝

感謝在就讀研究所這段時間以來指導教授詹榮桂老師不厭其煩地教導，尤其是在口試前後反覆地討論、修改，耗費老師很多時間跟精力，自身背景知識的不足也在一開始時讓老師花了很多時間為我解惑、確立方向；還有海研所戴昌鳳老師一路上的協助、督促與包容，使我反思自己的態度；另外，口試委員陳正平老師及陳正虔老師在口試時的建議與指教，點出我的盲點，使論文得以更加完善。此外，還要感謝中研院實驗室的夥伴：旺旺在出差潛水時的技術指導及經驗分享，大歲平日無微不至的照顧、陪伴我們排解不好的情緒，政擇學長在論文觀念上的指正、有時用詼諧的口吻營造輕鬆氣氛，建華學長的叮嚀及有問必答或是以不停地反問促使自己思考，明賢同學的同甘共苦，有一個有相同目標的同伴是很可以激勵人心的一件事；還有台大海洋所上實驗室的商隱學長、旻杰學長、有容學長、元照學長、青納、鳳婷、碩文在這期間各方面的經驗分享和幫助我也都銘記在心，尚要致謝中研院細生所游智凱老師實驗室董哲煌學長在組織切片上的協助、指導以及中研院動物實驗中心。很開心在人生的這個轉彎處可以遇到每位老師、學長姐及同學，你們在專業上以及生活上都是我學習的對象，而與你們的相識將會是我往後人生珍貴的瑰寶與回憶。

最後，感謝我的父母支持我的決定，尤其是當這些決定越來越令人難以招架，但我還是有可以跟你們溝通的空間；姐妹們的陪伴，無論分隔多遠心中總還是惦記著你們，家人永遠是我最強的靠山跟最令人安心的支持。以此論文跟親愛的家人們分享我的喜悅。

何宜璇 謹誌於 臺灣大學海洋研究所 中華民國 102 年 7 月

## 摘 要

位於南灣附近的核三廠入水口(21°57'N, 120°45'E)為一小海灣，在此棲息著很大族群的藍綠光鰓雀鯛 (*Chromis viridis* Cuvier, 1830)。本種雀鯛主要以浮游生物為食，灣內穩定的海流為其帶來食物。這裡的藍綠光鰓雀鯛有週年生殖的現象，為了瞭解在此一環境中，魚類個體在生殖時其體內能量如何分配，乃於 2011 年 1 月至 2012 年 2 月之間，每個月到此採集藍綠光鰓雀鯛標本，分別測量雌、雄個體之白肉、肝臟及生殖腺組織的 C/N 值與穩定同位素  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ ，以檢視生殖時期魚體內部組織間能量轉換的情形。

結果顯示雌魚生殖腺組織的 C/N 值與 GSI (gonadosomatic index)間呈現正相關，在雄魚則反之。由於組織之  $\delta^{13}\text{C}$  值會受到 C/N 值所影響，因此做進一步比較前，先經脂質校正，並以  $\delta^{13}\text{C}'$  表示之。

雄魚生殖腺和肝臟  $\delta^{13}\text{C}'$  之間的差值(亦即生殖腺的  $\delta^{13}\text{C}'$  - 肝臟的  $\delta^{13}\text{C}'$ )，呈現出正負相間的現象，並且其分布與 GSI 間，未具相關性，顯示雄魚生殖腺中的有機碳或非直接從食物經肝臟轉移過來。雄魚生殖腺與肝臟的  $\delta^{15}\text{N}$  差值大部分為負值，其分布亦不受 GSI 所影響，顯示有機氮可能是由肝臟傳遞至生殖腺，但不受到生殖腺大小或成熟度所影響。

雌魚生殖腺與肝臟間同位素的  $\delta^{13}\text{C}'$  差值，當  $\text{GSI} \leq 3$  時，變化範圍高達 3%；當  $\text{GSI} > 3$  時，負值增加，惟變化範圍變小。造成此現象的原因可能為未發育及排卵後的個體均呈現低 GSI，外觀型態及重量相似，但是內部的有機碳來源卻有所不同：未發育的個體有較重的有機碳，且尚未從肝臟轉入新的有機碳，因此其差值為正值；排卵後的個體生殖腺內仍含有未排出的卵，含較輕的有機碳，而此碳源為發育期間直接源自於肝臟，故差值為負。至於  $\text{GSI} > 3$  時負值增加，顯示

食物內的有機碳會經肝臟直接輸送至生殖腺。在  $\delta^{15}\text{N}$  方面，雌性個體生殖腺與肝臟的差異，以正值居多，表示雌魚的生殖腺在發育的過程中，其蛋白質並非直接源自肝臟，或者肝臟並未提供其新得自於食物的蛋白質。

藍綠光鰓雀鯛因應生殖時所需的能量最終可能多係源自於肝臟，亦即得自於所攝食的食物，惟在雌、雄之間，體內能量的分配方式有所不同，導致此種變化的機制尚未清楚。本魚種在研究地點終年皆出現生殖現象，是否在上述能量分配方式下，較能有效利用環境中的營養來源，達到生殖的目的，則仍有待進一步的探討。

關鍵詞：雀鯛、生殖、穩定同位素、能量分配



## Abstract

A large population of the blue-green damsel (*Chromis viridis* Cuvier, 1830) inhabits the small embayment encompassing the water inlet of the Third Nuclear Power Plant at Nanwan, southern Taiwan (21°57'N, 120°45'E). This damselfish mainly feeds on zooplankton. Continuous water flow in the embayment brings in its food. The fish spawns yearly round in this area. To study the energy allocation for reproduction in the blue-green damsel in this environment, monthly specimen collections were made during January 2011 and February 2012, and data on the C/N ratio, stable isotopes of  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$  in white muscle, liver and gonad were gathered from both sexes for analyses.

The C/N ratio in female's gonad was positively related with the gonadal somatic index (GSI), while the relationship was negative in the male. Due to that the  $\delta^{13}\text{C}$  tends to be affected by the C/N ratio in the tissue, calibration of the  $\delta^{13}\text{C}$  was made (denoted as  $\delta^{13}\text{C}'$ ) according to the corresponding C/N value for further comparisons.

In the male, both positive and negative values occurred in the difference of  $\delta^{13}\text{C}'$  between gonad and liver (viz.,  $\delta^{13}\text{C}'$  in gonad minus  $\delta^{13}\text{C}'$  in liver) and its distribution seemed not affected by the GSI, showing that the organic carbon in the gonad might not have directly come from the food through the transfer of liver. Meanwhile, negative values occurred in the majority of the difference of  $\delta^{15}\text{N}$ , and the distribution again was not affected by the GSI, showing that the organic nitrogen was transferred from liver to gonad for development and the transfer was not governed by the size or the developmental stage of the gonad.

In the female, the difference of  $\delta^{13}\text{C}'$  between gonad and liver showed that: for

GSI  $\leq$  3, both negative and positive values occurred, where they centered in zero but were distributed in the range of about 3‰; for GSI > 3, more negative values occurred and distributional range was smaller. This might be due to that: despite that both undeveloped gonad and discharged ovary bore low GSI, their organic carbons might have stemmed from different origins. The undeveloped gonad might bear organic carbons with heavier (hence positive values)  $\delta^{13}\text{C}$  signatures. These organic carbons were not newly transferred from the liver. By contrast, the discharged gonads contained remains of the developed ovary that bore lighter (hence negative values) signatures because the organic carbons mainly originated from the liver. The latter case also explained sufficiently the situation of GSI > 3. In the difference of  $\delta^{15}\text{N}$ , positive values prevailed, indicating either that the organic nitrogen for the ovary development might not come from the liver, or that the liver did not provide the gonad with the nutrients newly obtained from the food.

In the blue-green damselfish, the energy demanded for reproduction might have eventually come from foods through the transfer of the liver. However, the way of energy allocation seemed to differ between sexes. Mechanisms underlying the difference are yet to know. At the study area, spawning of this damselfish was observed throughout the year. Whether the fish may enhance its reproductive gains with the above way of energy allocation remains to be studied.

Keywords : damselfish 、 reproduction 、 stable isotope 、 energy allocation

# 目 錄

誌謝.....	I
摘 要.....	II
Abstract.....	IV
目 錄.....	VI
圖目錄.....	VIII
表目錄.....	IX
附錄目錄.....	X
壹、前言.....	1
貳、材料與方法.....	4
2.1 研究物種.....	4
2.2 研究時間與地點.....	4
2.3 採集樣本及處理.....	4
2.4 胃內含物分析.....	5
2.5 測量穩定同位素.....	5
2.6 石蠟切片.....	6
2.7 資料分析.....	7
參、結果.....	8
3.1 胃內含物分析.....	8
3.2 體指數.....	9
3.3 碳/氮比 (C/N ratio).....	11
3.4 穩定同位素分析.....	12
3.4.1 穩定同位素在組織內的變動.....	12
3.4.2 組織同位素值與體指數之間的關係.....	14
3.4.3 去除脂質影響後的 $\delta^{13}\text{C}$ .....	14
3.4.4 同位素在組織間的差異.....	15
3.5 食物源.....	16
肆、討論.....	18
4.1 藍綠光鰓雀鯛的生殖期.....	18
4.2 C/N ratio.....	18
4.3 穩定同位素分析.....	19
4.3.1 同位素在組織內的變動.....	19
4.3.2 同位素在組織間的差異.....	19
4.4 結論.....	21



伍、參考文獻.....22  
陸、圖.....26  
柒、表.....49  
附錄.....54



## 圖目錄

圖一、藍綠光鰐雀鯛照片及採樣區位置圖 .....	26
圖二、藍綠光鰐雀鯛胃內含物組成體積百分比 .....	27
圖三、解剖顯微鏡內所顯現的不同胃內含物圖示 .....	28
圖四、雄魚及雌魚三種體指數的月份-盒狀圖 .....	29
圖五、生殖腺組織切片圖 .....	30
圖六、雄魚及雌魚 C/N ratio 月平均數之時序折線圖 .....	31
圖七、雄魚三種組織 C/N ratio 與 GSI、HSI 之分布關係圖 .....	32
圖八、雌魚三種組織 C/N ratio 與 GSI、HSI 之分布關係圖 .....	33
圖九、雄魚及雌魚穩定同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 月平均數之時序變化圖 .....	34
圖十、雄魚生殖腺 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 與 GSI、HSI 之分布關係圖 .....	35
圖十一、雄魚白肉 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 與 GSI、HSI 之分布關係圖 .....	36
圖十二、雄魚肝臟 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 與 GSI、HSI 之分布關係圖 .....	37
圖十三、雌魚生殖腺 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 與 GSI、HSI 之分布關係圖 .....	38
圖十四、雌魚白肉 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 與 GSI、HSI 之分布關係圖 .....	39
圖十五、雌魚肝臟 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 與 GSI、HSI 之分布關係圖 .....	40
圖十六、雄魚三種組織 $\delta^{13}\text{C}'$ 與 GSI、HSI 之分布關係圖 .....	41
圖十七、雌魚三種組織 $\delta^{13}\text{C}'$ 與 GSI、HSI 之分布關係圖 .....	42
圖十八、雄魚生殖腺和肝臟、白肉和肝臟的 $\delta^{13}\text{C}$ 及 $\delta^{13}\text{C}'$ 差值與 GSI、HSI 的分布關係圖 .....	43
圖十九、雄魚生殖腺和肝臟、白肉和肝臟的 $\delta^{15}\text{N}$ 差值與 GSI、HSI 的分布關係圖 .....	44
圖二十、雌魚生殖腺和肝臟、白肉和肝臟的 $\delta^{13}\text{C}$ 及 $\delta^{13}\text{C}'$ 差值與 GSI、HSI 的分布關係圖 .....	45
圖二十一、雌魚生殖腺和肝臟、白肉和肝臟的 $\delta^{15}\text{N}$ 差值與 GSI、 HSI 的分布關係圖 .....	46
圖二十二、藍綠光鰐雀鯛主要食物(橈足類)密度時序折線圖 .....	47
圖二十三、藍綠光鰐雀鯛主要三種食物源的 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 時序折線圖 .....	48

## 表目錄

表 1、雄魚及雌魚胃內含物在月份間的差異(MANOVA).....	49
表 2、雄魚三種組織 C/N ratio 在月份間的差異(ANCOVA).....	50
表 3、雌魚三種組織 C/N ratio 在月份間的差異(ANCOVA).....	51
表 4、雄魚三種組織的 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 值在月份間的差異 (ANCOVA，以標準體長為共變數) .....	52
表 5、雌魚三種組織的 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 值在月份間的差異 (ANCOVA，以標準體長為共變數).....	53



## 附錄目錄

附錄 1、雄魚各月份樣本數量、濕重、體長、肝臟、性腺、脂肪重量以及三項體指數(GSI、HSI、MFI)平均值( $\pm$ SD) .....	54
附錄 2、雌魚各月份樣本數量、濕重、體長、肝臟、性腺、脂肪重量以及三項體指數(GSI、HSI、MFI)平均值( $\pm$ SD) .....	55
附錄 3、性別不明的樣本之濕重、體長、肝臟、性腺、脂肪重量以及三項體指數(GSI、HSI、MFI)的值.....	56
附錄 4、雄魚胃內含物各食物項組成百分比 .....	57
附錄 5、雌魚胃內含物各食物項組成百分比 .....	59
附錄 6、雄魚各月份穩定同位素平均值及標準差 .....	61
附錄 7、雌魚各月份穩定同位素平均值及標準差 .....	62



## 壹、前言

在魚類的生命週期中，生殖時期是一個重要階段，扮演著承先啟後的角色。生殖的成功率會影響族群補充量(recruitment)，進而間接改變族群的年級強度(year-class strength)(Hughes 1990)、成魚豐度(Doherty 1983; Shulman et al. 1983; Victor 1983)與族群結構(Davis 1988; Hughes 1990)，甚至是該物種的延續。大部分魚類都會投入大量資源來繁衍後代，為了因應此一需求，個體體內常會發生一些變化。成魚會因應各種條件衍生出不同生殖策略，使配子代有較大的存活機會。例如當環境條件較差時，年死亡率較高或是生活史較短的物種會偏好於有機會的時候就進行生殖；年死亡率較低或是生活史較長的物種則有較高的機率暫停生殖以待環境條件恢復(Roff 1992; Rideout et al. 2005; Jørgensen et al. 2006)。因此，對生殖現象的了解不僅有助於了解族群動態，更能探究魚類如何依照不同的生理或環境條件選擇最佳的生殖策略。

魚類的生殖需要耗費很大的能量。這些能量除了用於產生配子之外，也用於生殖活動中所展示的一些行為，諸如固守領域、驅趕競爭者、求偶...等，對於產沉性卵的魚類而言，其築巢、護巢則會花費更多的能量在這些行為上。一般來說，魚類體內能量的儲存與分配會隨著外在環境的差異而有所變動，這種調節有助於生殖成功率的增加(Potts and Wootton 1984; Tytler and Calow 1985)，如生活在水位有明顯四季變化的魚類，會隨著環境水位高低而有不同的儲存、分配能量的方式(Junk 1985; Finstad et al. 2003; Eggleton and Schramm Jr. 2004)。巴布新幾內亞的羅氏金翅雀鯛(*Chrysptera rollandi*)雌魚生殖腺以及肝臟的醣類含量在淺水礁區較高，肝臟的脂質則是隨著深度增加(Hoey et al. 2007)。食物豐度明顯影響生殖時期能量利用的影響：在生殖前四個月有足夠食物來源(每天餵食)的雌性白莓鱸(*Pomoxis annularis*)有別於每五天餵食一次或完全沒有餵食的雌性，生殖時期的生殖腺較大，也會排放較大顆的卵，由於肝臟跟生殖腺的能量皆會增加，顯示生殖腺能量的補充來源應為外在食物源(Bunnell et al. 2007)。

在能量的調配方面，已知魚類為了進行生殖可能有兩種運用能量的方式：一種是倚賴整年或數年來所攝食的養分，經累積轉換成儲存於體內的能量(capital

spawners), 另一種則是使用生殖期前數週或數月的食物作為生殖腺發育的能量來源(income spawners)(Drent and Daan 1980; Bonnet et al. 1998)。最佳的能量分配策略不僅可以進行當前的生殖活動, 還要確保未來的生殖力。這種在體組織與生殖腺兩者間的條件交換(trade-off)會影響許多生活史特徵: 性成熟的年齡、生殖期過後體組織的成長, 以及下一次生殖期的起始時間, 更會進一步地改變生物的適存度(fitness) (Roff 1992; Stearns 1992; Rocha et al. 2008)。因此, 研究生殖時期能量運用的方式, 有助於了解食物來源在哪個時間點對生殖活動的影響程度最大, 同時也可以對個體生活史的整體脈絡能有更清楚的認知。

一般在討論魚類個體的資源利用及能量分配時係以腸繫膜脂肪、肝臟重量及攝食情形為主要指標 (Townsend and Calow 1981), 若再加上生殖腺的重量以及各者的體指數即能界定至生殖時期的範疇。有研究以組織乾重比值(Allen and Wootton 1982a)或測量卡路里的方式(David 1983; Dos Santos et al. 2010)為依據討論生殖時期組織間能量的差異, 進而推論能量的流轉, 得知三刺魚(*Gasterosteus aculeatus*)生殖腺發育的能量不是直接從體組織轉移而來, 而是靠肝臟調節, 如此可以避免外在食物源的變動對生殖腺的影響(Allen and Wootton 1982b); 雌性孔雀花鱗(*Poecilia reticulata*)在生殖期會耗費平常兩倍的能量於生殖腺發育, 而這些能量在非生殖季時以脂肪而非蛋白質的形式儲存於體內(Reznick 1983)。

近年來, 穩定同位素已被廣泛應用於食性研究上(Syvaranta et al. 2006; Wyatt et al. 2010), 藉由分析生物組織內的輕重穩定同位素與標準品的比例, 追溯過去的進食情況, 為長時間的食性平均變化。目前常使用的穩定同位素為同位素碳及同位素氮: 同位素氮分析係利用生物體內  $^{15}\text{N}$  會隨著營養階層增加而遞增的特性, 一個階層平均會增加  $3.4(\pm 1.1)\%$ ; 同位素碳則是在消費者與食物之間會有平均  $1\sim 2\%$  的差異, 會造成此差異的原因是基於生物個體在代謝時會優先選擇較輕的穩定同位素, 輕重穩定同位素的消耗速率不同所致, 此為分餾(fractionation)現象。不同組織分餾速度不一樣, 或所含營養成分組成不同, 皆會造成不同的穩定同位素數值, 如肝臟比白肉含有較多的脂質, 其穩定同位素碳值就會較輕。因此, 使用穩定同位素分析不僅可以得知個體對食物的利用情形, 還可探究組織間營養成分含量的差異。

臺灣南邊墾丁南灣核三廠的入水口，四周有堤防阻隔，形成一個半封閉的環境；此處為核電廠廠區內的管制區，不易受到人為干擾，灣內的底質上則棲有大量的軸孔珊瑚。核三廠入水閘造成一股持續往內的水流，帶來豐富的浮游生物，提供浮游性魚類充足的食物來源，上述皆是提供魚類生存繁衍的良好條件，故長久以來入水口海域內可見為數眾多的珊瑚礁魚類。其中，藍綠光鰓雀鯛除了在數量上的條件以外，另外還觀察到生殖時期有大量聚集生殖的現象，雌雄混雜的魚群會在短時間內集中至一個巢生殖，此種行為有別於以往的生殖情況，故在本研究，欲使用穩定同位素分析方法，探討白肉、性腺、肝臟三個組織間穩定同位素  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  之差異與 GSI 間的關聯，利用石蠟組織切片確認生殖階段，再以胃內含物分析輔佐其食性變化，欲了解此魚種在生殖時期能量的分配情形。



## 貳、材料與方法

### 2.1 研究物種

藍綠光鰓雀鯛 (*Chromis viridis* Cuvier, 1830) 屬雀鯛科(Pomacentridae)光鰓雀鯛屬(*Chromis*)，為群居性魚種，體色呈藍綠色、淡綠色至淡藍色，腹部略白(圖一 a)；繁殖期時，雄魚體色轉黃，體後半部胸鰭及背鰭漸偏黑色(圖一 b)。分布範圍從印度洋至太平洋，臺灣則在南部及蘭嶼、綠島、小琉球、東沙、南沙等離島皆可見，棲息環境為沿岸、珊瑚礁區，平時不具領域性，群聚至水層中攝食浮游動物，其食物以橈腳類為主。遇敵害則躲進珊瑚枝條內，多躲藏於軸孔珊瑚(*Acropora* sp.)叢中(圖一 c)。繁殖期雄魚會群集在沙地或碎石礫等平坦基質上築巢，用胸、尾鰭清理並固守領域(圖一 d)，並至水層中吸引雌魚至巢中產卵，一個巢可供數隻雌魚產卵，卵為黏著性，由雄魚負責護卵的工作，或利用胸鰭擺動使受精卵獲得充足的氧氣，或須驅趕啄食卵粒的入侵者。

### 2.2 研究時間與地點

研究在 2011 年 1 月至 2012 年 2 月間進行，根據 Cole 在 2007 於新幾內亞的研究，生殖季從聚集生殖(aggregation-formation)開始，故採樣時間集中於每月滿月前後，魚群開始群聚生殖時，共採樣 14 次。於墾丁臺電第三核能發電廠入水口內採樣(圖一 e)，珊瑚群聚由岸邊向海底延伸至水深約 6m 處，轉為沙質海底，尚有珊瑚叢散布，大部分為美麗軸孔珊瑚(*Acropora muricata*)，沙地上可見珊瑚之殘骸、碎枝條。研究期間按照棲地環境不同分為兩個實驗樣區(圖一 f)：A 區水深約 6 m，在沙質地底上散布以美麗軸孔珊瑚為主的群聚結構；B 區水深約 3~6 m，斜坡地形，一半為消波塊，另一半亦為軸孔珊瑚叢，少處有死亡的珊瑚碎枝塊。每月在兩區皆有採樣，惟 A 區較多藍綠光鰓雀鯛聚集。

### 2.3 採集樣本及處理

因藍綠光鰓雀鯛為群居性，故利用其以珊瑚叢為棲所之特性，將圍網架於兩珊瑚叢間，水肺潛水人員以手操網追趕魚群使之往圍網方向游，即可捕獲所需樣本。捕獲後立即放入冰箱保存，攜回後於實驗室測量標準體長(standard length)



與體重(wet body weight)，將其胃保存於 NBF(neutral buffered formalin)，固定胃內含物以作胃內含物分析，並取出肝臟、生殖腺、脂肪秤重至(0.001g)，取適量生殖腺浸泡於 Bouin's solution 固定以待進行石蠟切片，未浸泡於固定液的組織及魚體皆經過冷凍乾燥(-56°C，2~3 天)後保存於-20°C。

另外亦對食物源進行採集，其主要的食物源為浮游生物，在每次採樣日皆使用浮游生物網收集水中的浮游生物，將加裝流速計數器的浮游網(網口半徑 0.15 m、網目大小 50 μm) 固定於海水表面，約三小時後將網子上的浮游生物用海水沖洗，低溫(-20°C)保存。以浮游生物分割器(plankton sample divider)分至適當的體積後計數，並挑出橈足類以作穩定同位素分析。掛網前後所測得流速計數器的差值代入公式( $\pi \times \text{半徑}^2 \times 0.3 \times \text{差值}$ )即可計算濾水量。

## 2.4 胃內含物分析

將藍綠光鰓雀鯛的胃內含物取出，放置培養皿中鋪平於解剖顯微鏡下觀察。因胃內含物較小，如果計算重量會有含水量的問題，而吸除水分又很容易會破壞樣本，而產生誤差，體積亦難取得精準的數據，故採用方格法估算各食物項目的體積格數，進而求出其體積百分比(Hyslop 1980)。

$$\text{體積百分率}(V\%) = \frac{\text{胃內含物各食物項目所占方格數}}{\text{所有食物方格數}} \times 100\%$$

參考郭(1989)，此研究將藍綠光鰓雀鯛所攝食的食物分成下列項目：橈足類、毛顎類、魚卵、藻類、仔稚魚、蝦、多毛類、等足類、魚鱗和無法辨識之食糜。

## 2.5 測量穩定同位素

分別將保存的肝臟、生殖腺、白肉秤取 1mg，包入 4 × 6mm 的錫箔容器中，送進穩定同位素分析儀(Thermal Finnigan Deltaplus Advantage)中分析測得穩定同位素數值。橈足類冷凍乾燥後還須加入 1N 的 HCL 去除樣本中的無機碳，等到無泡沫產生後，以二次離子水潤洗兩次，再冷凍乾燥兩天，秤取 2mg，包入 4 × 6mm 的錫箔容器中，送進穩定同位素分析儀中分析測得穩定同位素數值。

分析過程為樣本高溫燃燒後產生氣體，經過分析儀內的層離管分離 CO<sub>2</sub> 和 N<sub>2</sub>，再經由質譜儀測定同位素的組成。通常以 δ 表示：

$$\delta X(\text{‰}) = (R_{\text{sample}} / R_{\text{std.}} - 1) \times 1000$$

$R_{\text{sample}}$  為樣本中重同位素與輕同位素的比值， $R_{\text{std.}}$  則為標準品的重同位素與輕同位素比值， $\delta X$  即為樣本相對於標準品的  $\delta$  值。碳同位素的國際標準品為 Vienna PeeDee Belemnite(V-PDB)，氮同位素則是以大氣中的氮氣  $N_2$  為標準材料，樣本皆送由 UC Davis Stable Isotope Facility 分析，三個組織的  $\delta^{13}C$ 、 $\delta^{15}N$  實驗標準品分別為：生殖腺(G-17 USGS-41 glutamic acid): 37.626、47.6，肝臟(G-13 bovine liver): -21.69、7.72，白肉(G-11 nylon): -27.81、-9.77，兩者數據的標準差分別為：碳 0.2‰、氮 0.3‰。

在不同組織中，有許多樣品的 C/N 值大於 3.4，在此情況下， $\delta^{13}C$  會受到脂質含量的影響，因此根據 Logan et al.(2008) 進行校正(生殖腺、肝臟： $\delta^{13}C' = -1560 + 2.427 \ln(C:N) + \delta^{13}C$ ，白肉： $\delta^{13}C' = -4.763 + 4.401 \ln(C:N) + \delta^{13}C$ ) 此將三個組織的  $\delta^{13}C$  經方程式轉換後，稱之為  $\delta^{13}C'$ ，此為去除脂質影響後的穩定同位素數值，可反映組織內脂質以外的營養物質之含量變動。

## 2.6 石蠟切片

將固定於 Bouin's solution 之生殖腺組織取出，以自來水清洗、浸泡四至五次去除殘留之固定液，後置入包埋盒開始脫水(dehydration)、清洗(clearing)、浸潤(infiltration)、包埋(embedding)、切片(sectioning)及染色(staining)後封蓋(mounting)，製成永久組織切片標本以便觀察。組織處理方法與步驟參考陳(1991)，經試驗後加以修改，詳細過程描述如下：

- (1) 脫水(dehydration): 將組織逐步浸泡於濃度由低而高的酒精，從 30%、50%、70%、80%到 90%各浸泡 1 小時，100%無水酒精浸泡 1 小時 3 次。
- (2) 澄清(clearing): 因酒精與石蠟無法互溶，故用二甲苯(xylene)取代組織中的酒精，並且可使組織透明。在酒精與二甲苯體積比為 1:1、1:3 的溶液中各浸泡 1 小時，100%二甲苯浸泡 1 小時 2 次。
- (3) 浸潤(infiltration): 讓石蠟滲透入組織內，填充脫水皺縮的細胞以利切片。

先石蠟與二甲苯體積比 1:1 的溶液中浸泡 1 小時，再浸入石蠟 1 小時 2 次。整個過程皆在 58°C 下進行，以保持石蠟為液態。

- (4) 包埋(embedding): 將 58°C 之液態石蠟倒入鐵製模具內，用熱鏢子將組織置入，再放上寫有編號之包埋盒，置於冷卻台冷卻，亦可放入 -20°C 冰箱加速冷卻，利用鐵與石蠟凝固收縮體積不同使兩者分離，以利拿取。
- (5) 切片(sectioning): 將包埋好之石蠟塊切成適當大小(與刀片接觸之最小面積)，使用自動切片機(rotary microtome)，以 4~5 $\mu$ m 的厚度連續切片，選取較完整的切片，將其放在 42°C 的水面上展蠟，待切片完全展開再用載玻片撈取後烘乾。
- (6) 染色(staining): 以二甲苯溶解切片上的石蠟，再經過濃度遞減的酒精水溶液，方可置入水溶性之蘇木精(hematoxylin)染色，以流水沖洗，並利用自來水的微鹼性使細胞核呈(藍)色，再放入伊紅(eosin)進行對比染色，最後再將切片以濃度遞增的酒精脫水，最後浸泡於二甲苯使其透明。
- (7) 封蓋(mounting): 將切片從二甲苯中取出，以玻片黏膠(permanent mounting medium)將蓋玻片黏合於切片組織上，防止外來物質汙染與破壞，成為可永久觀察之切片。

## 2.7 資料分析

檢視胃內含物所得的各項食物體積百分比資料，去除胃內含物中無法辨識項目及空胃個體後，經正弦反函數(arcsin transformation)轉換後，再使用多變量變異數分析(MANOVA, multivariate analysis of variance)比較食物項目在月份間的差異。

C/N ratio 及穩定同位素  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  的部分則是使用功變數分析(ANCOVA, analysis of covariance)，以魚類個體的標準體長為共變數，分析 C/N ratio 及  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  同位素數值在月份間的差異。三種組織的生殖腺與肝臟、白肉與肝臟的  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  差值，再個別與 GSI、HSI 作曲線分析，取  $p$  值較小、 $F$  值較大者。(統計分析皆使用 SPSS17.0 軟體)

## 參、結果

2011年1月至2012年2月共採集藍綠光鰻雀鯛雄魚308隻(附錄1)、雌魚208隻(附錄2)，以及性別不明的18隻(附錄3)，進行肝臟、生殖腺、腸繫膜脂肪濕重的測量，惟性別不明者的資料並未納入後續的分析，而A、B兩區因無生態上的差異，故將兩區資料合併。每月並取尾長較前的雌、雄魚樣本至多10尾進行C/N ratio的測定及穩定同位素分析，另外於製作穩定同位素的個體中，每月各取5尾雌、雄魚樣本(2011年1、2月除外)，分析其胃內含物(附錄4、5)。

### 3.1 胃內含物分析

#### 雄魚

共觀察78個樣本，其中3個為空胃。其主要食物項目為橈足類，平均體積百分比為 $76.10 \pm 17.07\%$ ，其次為毛顎類( $9.85 \pm 11.93\%$ )、蝦( $0.32 \pm 0.97\%$ )。

#### 雌魚

共觀察81個樣本，其中1個為空胃。其主要食物項目依序為橈足類( $72.86 \pm 18.07\%$ )、毛顎類( $9.73 \pm 10.88\%$ )、鱗片( $0.89 \pm 7.99\%$ )。

綜合而言，藍綠光鰻雀鯛的食物組成以橈足類為主要項目(圖二)，所占的比例最高可達百分之百，其中並以 *Temora*、*Eucalanus*、*Eucheata* 此三大類別為主(圖三)。雄魚的食性在月份間差異顯著( $df = 117, F = 2.541, p < 0.001$ ，表1)，主要係由橈足類、毛顎類、仔稚魚、蝦類的變化所導致。雌魚的食性在月份間亦差異顯著( $df = 104, F = 3.545, p < 0.001$ )，主要變化出現於橈足類、毛顎類、仔稚魚、蝦及多毛類。

## 3.2 體指數

### 生殖腺指數 GSI (gonadosomatic index)

生殖腺指數為判斷生殖腺成熟與否的指標之一，測量生殖腺重量所佔總體重的百分比來衡量生殖腺的成熟程度。同一族群內，相對高值表示生殖腺的成熟程度偏高，相對低值則有兩種可能的情況：一為生殖腺未發育完全或於發育初期，另一則為生殖腺內含配子已排空，發生於生殖期後期或生殖高峰後。

#### 雄魚

在 2011 年 1 月至 2012 年 2 月間，雄魚 GSI 的範圍為 0.15 ~ 14.83 (平均值為 4.69，標準差為 3.10)。分別在 2011 年 4 月及 2011 年 10 月呈現出兩個高峰，其值分別為：8.87、6.57(圖四 a)；在 2011 年 1 月、2011 年 6、7 月及 2012 年 1 月則出現較低值，其值分別為：1.66、1.06、1.54 及 1.68。

#### 雌魚

雌魚在 14 個月內的 GSI 的範圍為 0.20 ~ 17.96 (平均值為 5.04，標準差為 3.45)。在 2011 年 9、10 月及 2011 年 12 月出現較高值，其值分別為：8.96、8.92 及 7.51。另在 2011 年 1 月、2011 年 6、7 月及 2012 年 1 月出現較低值，其值分別為：1.30、0.84、2.42 及 1.04 (圖四 b)。

因單看生殖腺體指數無法判定生殖腺發育情形，便無法進一步確定生殖期，故使用組織切片來檢驗發生生殖腺較低值月份內生殖腺的生理階段：2011 年 1 月、6 月、7 月及 2012 年 1 月。切片結果於 2011 年 6 月及 2012 年 1 月之樣本觀察到細胞間有空腔(圖五)，為精子排放後之現象，而且空腔只出現於部分組織與個體；另外，可在卵巢內看到有多種發育階段之卵細胞。

### 肝臟體指數 HSI (hepatosomatic index)

肝臟體指數為肝臟重量占總體重的比例，因肝臟為生物代謝之主要場所，故可用以觀察動物體內能量儲存及運用的狀態，一般在環境條件良好時有較高的肝

臟體指數，反之亦然。在此與生殖腺體指數對照即可反映生殖期間生物體內能量分配的情形。

### 雄魚

雄魚的肝臟體指數範圍為 0.41 ~ 2.64 (平均值為 1.24, 標準差為 0.39)。月份間平均值上下起伏, 在 2011 年 5 月、10 月及 2012 年 1 月呈現出較高值, 其值分別為: 1.45、1.76、1.67, 表示這三個月的環境條件較佳或是體內的能量需求較小, 2011 年 5 月及 2012 年 1 月的高峰對應於生殖腺體指數 2011 年 6、7 月及 2012 年 1 月的低值, 可能歸因於生殖活動強度的降低(圖四 c)。

### 雌魚

雌魚的肝臟體指數範圍為 0.51 ~ 6.60 (平均值為 1.85, 標準差為 0.71)。從 2011 年 1 年開始攀升至 5 月最高值(2.83), 6 月指數大幅下降後於 10 月達第二高值(2.40) 又馬上下降(圖四 d), 與生殖腺體指數的趨勢相似, 雌魚的肝臟可能較不受到生殖活動的影響。

### 腸繫膜指數 MFI (mesenteric fat index)

此指數為魚體內腸繫膜脂肪與總體重的比例, 腸繫膜脂肪為位於腹膜腔內的脂肪, 可做為觀察生理代謝的指標; 較高值表示魚體儲藏較多的後備能量, 通常為環境較佳時, 低值則表示魚體可能遭遇外在環境條件變差或是經歷消耗的能量大於所攝取的生理活動。

### 雄魚

雄魚的腸繫膜脂肪體指數範圍在 0.00 到 3.01 之間(平均值為 0.55, 標準差為 0.61)。2011 年 2 月到 6 月呈現下降的情形, 2011 年 11 月到 2012 年 2 月的平均數則為上升(圖四 e), 5、6 月的低值雖可以與生殖腺的低值對應, 表示大部分魚體的生殖活動結束時, 體內儲藏的能量也用盡, 但此趨勢可能與季節也有關係。

### 雌魚

雌魚的脂肪體指數範圍在 0.00 到 4.07 之間(平均值為 0.26, 標準差為 0.47)。2011 年 1 月、8 月及 2012 年 1 月出現三個較高值, 分別為: 0.66、0.37、0.62。在三個較高值之後的平均數皆往下降低, 突然攀升到另一個較高值後又再度下降(圖四 f)。

### 3.3 碳/氮比 (C/N ratio)

碳氮比為組織內碳與氮的比值, 可以反映脂質、碳水化合物與蛋白質的比值, 通常用來代表生物體的脂質含量。高值表示魚體內有較多的脂質, 低值則有較少的脂質。

#### 雄魚

生殖腺: 範圍在 3.19~5.51(平均值為 3.49, 標準差為 0.28); 在 2011 年 1 月、6 月及 2012 年 1 月出現較低值(圖六 a), 表示這三個月大部分魚體生殖腺所含脂質較少, 月間變化顯著( $df=13$ ,  $F=2.038$ ,  $p=0.023$ , 表 2a), 與共變數標準體長無相關性。與 GSI 之間呈現曲線關係( $y=3.737-0.087x+0.005x^2$ ,  $R^2=0.145$ ,  $p<0.001$ , 圖七 a), C/N ratio 先隨著 GSI 增加而遞減, 呈幅度甚小的負相關關係, 表示生殖腺的脂質隨其發育而減少, 至 GSI 為 8.7 時有最高值, 而後轉為正相關的關係; 與 HSI 則沒有顯著關係。

白肉: 範圍在 3.13~4.01(平均值為 3.30, 標準差為 0.14); 在 2011 年 8 月有最高值(圖六 b), 表示此時白肉有最高的脂質含量, 月間變化顯著( $df=13$ ,  $F=2.818$ ,  $p=0.001$ , 表 2b), 與共變數標準體長無相關性。與 GSI 沒有顯著關係, 與 HSI 呈現直線關係 ( $y=3.204+0.073x$ ,  $R^2=0.049$ ,  $p=0.011$ , 圖七 d), C/N ratio 與 HSI 變動方向相同, 皆為由小到大, 表示白肉的脂質含量隨肝臟的重量增加。

肝臟: 範圍在 3.97~16.88(平均值為 6.72, 標準差為 2.17); 在 2012 年 1 月具最高值(圖六 c), 此月份的肝臟有最多的脂質含量, 月間變化顯著( $df=13$ ,  $F=8.990$ ,  $p<0.001$ , 表 2c), 與共變數標準體長無相關性。與 GSI 沒有顯著關係, 與 HSI 有顯著的直線相關關係 ( $y=3.182+2.832x$ ,  $R^2=0.302$ ,  $p<0.001$ , 圖七 f), C/N ratio 與 HSI 變動方向相同, 皆為由小到大, 表示肝臟越重, 其脂質含量越多。

## 雌魚

生殖腺：範圍在 3.21~5.34 (平均值為 4.53，標準差為 0.49)；在 2011 年 6 月、2012 年 1 月及 2 月具較高值(圖六 d)，此時的生殖腺有較多的脂質含量，月間變化顯著( $df=13$ ， $F=24.6469$ ， $p<0.001$ ，表 3a)，共變數標準體長對其具有顯著的影響( $df=1$ ， $F=0.296$ ， $p=0.043$ )。與 GSI 具有曲線關係( $y=4.797-\frac{0.705}{x}$ ， $R^2=0.435$ ， $p<0.001$ ，圖八 a)，C/N ratio 與 GSI 有強烈的正相關關係，C/N ratio 上升幅度甚大，隨 GSI 增加而後趨緩，生殖腺發育初期脂質含量增加的速度較快速，而後趨緩；與 HSI 具有線性關係( $y=4.072+0.244x$ ， $R^2=0.092$ ， $p<0.001$ ，圖八 b)，生殖腺的脂質會隨著肝臟變重而增加。

白肉：範圍在 3.13~4.22 (平均值為 3.31，標準差為 0.17)；於 2011 年 1 月及 2012 年 1 月出現較高值(圖六 e)，有較多的脂質含量，惟在月份間差異並不顯著(表 3b)，共變數標準體長的影響不顯著，與 GSI、HSI 亦無顯著的相關關係(圖八 c、d)。

肝臟：範圍在 3.80~14.06 (平均值為 5.52，標準差為 1.61)；於 2011 年 10 月、2012 年 1 月及 2 月出現較高值(圖六 f)，有較高的脂質含量，月間變化顯著( $df=13$ ， $F=15.834$ ， $p<0.001$ ，表 3c)，共變數標準體長對其具顯著的影響( $df=1$ ， $F=8.413$ ， $p=0.004$ )。與 GSI、HSI 呈直線關係( $y=6.519-0.182x$ ， $R^2=0.158$ ， $p<0.001$ ，圖七 e； $y=4.597+0.490x$ ， $R^2=0.034$ ， $p=0.035$ ，圖八 f)，C/N ratio 隨 GSI 的增加而遞減，肝臟的脂質含量隨生殖腺發育而減少，HSI 則反之，與 C/N ratio 正向增加，肝臟的重量變大，脂質含量隨之增加。

## 3.4 穩定同位素分析

### 3.4.1 穩定同位素在組織內的變動

將 2011 年 1 月至 2012 年 2 月間的雄魚共 132 尾、雌魚共 129 尾進行穩定同位素分析，所得結果呈現於附錄 6、附錄 7。

雌雄魚三個組織的同位素值  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  在時間上趨勢類似：生殖腺  $\delta^{13}\text{C}$  值皆在 2011 年 3 月有最低值，而後逐漸升高； $\delta^{15}\text{N}$  值從 2011 年 1 月攀升，至 2011 年 4 月後開始降低，於 2011 年 9 月有最低值。白肉的  $\delta^{13}\text{C}$  值在 2011 年 4 月、8



月及 2012 年 1 月有三個較低值； $\delta^{15}\text{N}$  值從 2011 年 1 月逐漸升高後在 6 月開始下降，於 2011 年 9 月有最低值，後又逐漸升高。肝臟的  $\delta^{13}\text{C}$  值在 2011 年 2 月、7 月及 2012 年 1 月有較低值，在 2011 年 5 月及 2011 年 11 月有兩個高峰； $\delta^{15}\text{N}$  值在 2011 年 9 月有較低值，2011 年 4 月有較高值(圖九)。根據 Two-way ANCOVA 的分析結果，雄魚及雌魚三個組織的  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  值在月份間都呈顯著差異(表 4、表 5)，而且皆受到共變數體長所影響( $p < 0.05$ )，故三個組織的  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  在月份之間有變動，趨勢有所不同。

將 14 個月份的數值綜合起來，整體來看魚體長時間累積的穩定同位素值，以檢視三個組織間的特性與差異。

### 雄魚

生殖腺： $\delta^{13}\text{C}$  的範圍在  $-20.6\text{‰}$  ~  $-17.2\text{‰}$ ，平均值為  $-18.6\text{‰}$ ，標準差為  $0.5\text{‰}$ 。 $\delta^{15}\text{N}$  的範圍在  $5.1\text{‰}$  ~  $9.9\text{‰}$ ，平均值為  $7.6\text{‰}$ ，標準差為  $0.9\text{‰}$ 。

白肉： $\delta^{13}\text{C}$  的範圍在  $-19.1\text{‰}$  ~  $-17.4\text{‰}$ ；平均值為  $-18.0\text{‰}$ ，標準差為  $0.3\text{‰}$ 。 $\delta^{15}\text{N}$  的範圍在  $8.7\text{‰}$  ~  $10.5\text{‰}$ ，平均值為  $9.7\text{‰}$ ，標準差為  $0.4$ 。

肝臟： $\delta^{13}\text{C}$  的範圍在  $-23.5\text{‰}$  ~  $-16.4\text{‰}$ ，平均值為  $-20.1\text{‰}$ ，標準差為  $1.3\text{‰}$ 。 $\delta^{15}\text{N}$  的範圍在  $6.5\text{‰}$  ~  $9.8\text{‰}$ ，平均值為  $8.2\text{‰}$ ，標準差為  $0.7\text{‰}$ 。

### 雌魚

生殖腺： $\delta^{13}\text{C}$  的範圍在  $-21.0\text{‰}$  ~  $-17.6\text{‰}$ ，平均值為  $-19.7\text{‰}$ ，標準差為  $0.8\text{‰}$ 。 $\delta^{15}\text{N}$  的範圍在  $5.8\text{‰}$  ~  $9.1\text{‰}$ ，平均值為  $8.0\text{‰}$ ，標準差為  $0.7\text{‰}$ 。

白肉： $\delta^{13}\text{C}$  的範圍在  $-19.5\text{‰}$  ~  $-17.6\text{‰}$ ，平均值為  $-18.1\text{‰}$ ，標準差為  $0.4\text{‰}$ 。 $\delta^{15}\text{N}$  的範圍在  $8.9\text{‰}$  ~  $10.2\text{‰}$ ，平均值為  $9.5\text{‰}$ ，標準差為  $0.3\text{‰}$ 。

肝臟： $\delta^{13}\text{C}$  的範圍在  $-23.1\text{‰}$  ~  $-18.4\text{‰}$ ，平均值為  $-20.0\text{‰}$ ，標準差為  $0.9\text{‰}$ 。 $\delta^{15}\text{N}$  的範圍在  $5.7\text{‰}$  ~  $9.4\text{‰}$ ，平均值為  $7.6\text{‰}$ ，標準差為  $0.7\text{‰}$ 。

卵巢與肝臟的  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  值均比白肉低，白肉不僅有最高的同位素值，變動範圍也較小( $\delta^{13}\text{C}$ ：雄魚  $1.7\text{‰}$ ；雌魚  $1.9\text{‰}$ ； $\delta^{15}\text{N}$ ：雄魚  $1.8\text{‰}$ ；雌魚  $1.3\text{‰}$ )，

而在肝臟( $\delta^{13}\text{C}$ : 雄魚 7.1‰; 雌魚 7.7‰;  $\delta^{15}\text{N}$ : 雄魚 3.3‰; 雌魚 3.7‰)以及生殖腺( $\delta^{13}\text{C}$ : 雄魚 3.4‰; 雌魚 3.4‰;  $\delta^{15}\text{N}$ : 雄魚 4.8‰; 雌魚 3.3‰)的變動範圍則較大。

### 3.4.2 組織同位素值與體指數之間的關係

雄魚生殖腺  $\delta^{13}\text{C}$  和白肉的  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  值以及雌魚的生殖腺  $\delta^{13}\text{C}$  和肝臟的  $\delta^{13}\text{C}$  值、白肉  $\delta^{15}\text{N}$  及肝臟的  $\delta^{15}\text{N}$  值與 GSI 有顯著相關性; 雄魚生殖腺  $\delta^{13}\text{C}$ 、雌魚生殖腺  $\delta^{13}\text{C}$ 、肝臟的  $\delta^{13}\text{C}$ 、生殖腺的  $\delta^{15}\text{N}$  值等等皆與 HSI 有顯著相關性( $p < 0.05$ , 圖十~圖十五)。

雄魚生殖腺  $\delta^{13}\text{C}$  與 GSI 有曲線相關性(圖十 a), 當  $\text{GSI} < 7.69$ , 兩者為正相關性, 當  $\text{GSI} > 7.69$ , 兩者呈現負相關性; 表示在  $\text{GSI} = 7.69$  時, 生殖腺的有機碳源較不靠近食物源, 位於體內有機碳鏈的較後端, 此現象於  $\text{GSI} = 7.69$  前後開始遞減, 於兩端的有機碳最接近食物源。雄魚生殖腺的  $\delta^{13}\text{C}$  與 HSI 有直線正相關性(圖十 b), 表示隨肝臟的發育, 生殖腺的有機碳源與食物源越遠。雄魚白肉的  $\delta^{13}\text{C}$  與  $\delta^{15}\text{N}$  與 GSI 有直線負相關性(圖十一 a、c), 表示隨著生殖腺的發育, 白肉的有機碳、氮皆越接近食物源。在雌魚的部分, 生殖腺  $\delta^{13}\text{C}$  與 GSI、HSI 有曲線正相關性(圖十三 a、b), 分別在  $\text{GSI} = 8.27$ 、 $\text{HSI} = 2.49$  時, 生殖腺的有機碳最接近食物源, 此現象漸往兩端遞減, 在  $\delta^{15}\text{N}$  中當  $\text{HSI} = 1.56$  時亦有此現象(圖十三 d)。雌魚白肉的  $\delta^{15}\text{N}$  與 GSI 有直線負相關性(圖十四 c), 表示隨著生殖腺的發育, 白肉的有機碳越接近食物源。肝臟的  $\delta^{13}\text{C}$  與 GSI 有直線正相關性(圖十五 a), 表示隨生殖腺發育, 肝臟在體內有機碳鏈的位置往較後端移動, 在  $\text{HSI} = 2.109$  時則為肝臟與食物源最接近的時候(圖十五 b); 有機氮則與 GSI 有直線負相關性(圖十五 c), 在生殖腺發育後期肝臟的有機氮較接近食物源。

### 3.4.3 去除脂質影響後的 $\delta^{13}\text{C}'$

雄魚

生殖腺: 範圍在  $-18.02\text{‰} \sim -15.86\text{‰}$  之間, 平均值為  $-17.13\text{‰}$ , 標準差為  $0.46\text{‰}$ 。與 HSI 有顯著關聯( $y = -16.703 - 0.888x + 0.394x^2$ ,  $R^2 = 0.097$ ,  $p = 0.001$ , 圖十六

b)，為開口向上的拋物線關係，在 HSI=1.13 時有最低的  $\delta^{13}C'$  值。

白肉：範圍在-18.36‰~-16.96‰之間，平均值為-17.53‰，標準差為 0.25‰。與 GSI 有顯著關聯( $y = -17.571 + 0.041x - 0.005x^2$ ,  $R^2 = 0.102$ ,  $p = 0.001$ , 圖十六 c)，為開口向下的拋物線關係，在 GSI=4.1 時  $\delta^{13}C'$  有最大值。

肝臟：範圍在-18.82‰~-12.88‰，平均值為-17.13‰，標準差為 1.08‰。與 HSI 有顯著相關性( $y = -18.673 + 1.238x$ ,  $R^2 = 0.235$ ,  $p < 0.001$ , 圖十六 f)，為直線正相關性， $\delta^{13}C'$  隨著 HSI 的上升而增長。

#### 雌魚

生殖腺：範圍在-18.72‰~16.28‰之間，平均值為-17.61‰，標準差為 0.59‰。與 GSI、HSI 皆有顯著關聯(GSI： $y = -17.064 - 0.215x + 0.015x^2$ ,  $R^2 = 0.175$ ,  $p < 0.001$ , 圖十七 a，為開口向上的拋物線關係，在 GSI=7.17 時有最低的  $\delta^{13}C'$  值；HSI： $y = -16.424 - 1.15x + 0.25x^2$ ,  $R^2 = 0.064$ ,  $p = 0.015$ , 圖十七 b，為開口向上的拋物線關係，在 HSI=2.3 時有最低的  $\delta^{13}C'$  值)。

白肉：範圍在-18.25‰~-17.08‰之間，平均值為-17.56‰，標準差為 0.23‰。與 GSI 有顯著關聯( $y = -17.535 - 0.027x + 0.003x^2$ ,  $R^2 = 0.071$ ,  $p = 0.01$ , 圖十七 c)，為開口向上的拋物線關係，在 GSI=7.17 時有最低的  $\delta^{13}C'$  值。

肝臟：範圍在-18.83‰~-15.83‰之間，平均值為-17.53‰，標準差為 0.62‰。與 HSI 有顯著關聯( $y = -16.45 - 1.314x + 0.355x^2$ ,  $R^2 = 0.092$ ,  $p = 0.002$ , 圖十七 f)，為開口向上的拋物線關係，在 HSI=1.85 時有最低的  $\delta^{13}C'$  值。

#### 3.4.4 同位素在組織間的差異

計算魚類個體生殖腺與肝臟在  $\delta^{13}C'$ 、 $\delta^{15}N$  上的差值，以及白肉與肝臟在  $\delta^{13}C'$ 、 $\delta^{15}N$  上的差值， $\delta^{13}C'$  差值若為正表示肝臟有較多有機碳( $^{12}C$ )，若為負則表示生殖腺、白肉中含有較多的有機碳( $^{12}C$ )； $\delta^{15}N$  差值若為正表示生殖腺、白肉含有較多有機氮( $^{14}N$ )，正值則反之。

## 雄魚

生殖腺與肝臟的同位素  $\delta^{13}\text{C}$  差值，大部分皆為正值，變動範圍在 5‰，與 GSI、HSI 並無明顯相關(圖十八 a、b)； $\delta^{13}\text{C}'$  的差值在不同 GSI 值中正負值皆有，負值變動較大；HSI 較小時大部分為正值，隨 HSI 變大而呈現負值(圖十八 e、f)。白肉與肝臟的差值亦有相同結果(圖十八 g、h)。生殖腺與肝臟在  $\delta^{15}\text{N}$  的差值大部分為負值，白肉與肝臟的差值反之，皆為正值，兩者與 GSI、HSI 都無明顯變化關係(圖十九)。

## 雌魚

生殖腺與肝臟的同位素  $\delta^{13}\text{C}$  差值，在  $\text{GSI} \leq 2$  時多為正值，且變化範圍較大，達 5‰ 之多， $\text{GSI} > 2$  時負值較多，變動範圍小，在 2‰ 以內，正值變動較大，達 5‰，與 HSI 值則無明顯變化關係，正負值皆有，(圖二十 a、b)； $\delta^{13}\text{C}'$  差值與 GSI、HSI 亦有類似的情形(圖二十 e、f)； $\delta^{15}\text{N}$  差值以正值為多，隨 GSI 值變大而增加，HSI 亦有類似情形(圖二十一 a、b)。白肉與肝臟的  $\delta^{13}\text{C}$  差值則多數為正值，隨 GSI 變大而稍微減少，與 HSI 無明顯關係(圖二十 c、d)； $\delta^{13}\text{C}'$  差值正負值皆有，與 GSI、HSI 無明顯關係(圖二十 g、h)； $\delta^{15}\text{N}$  差值皆為正值，而且隨 GSI、HSI 變大而稍微上升(圖二十一 c、d)。

## 3.5 食物源

藍綠光鰓雀鯛主要以浮游生物為食，每次採樣時的食物密度為浮游生物數量除以濾水量(圖二十二)，於 2011 年 5 月有最大的食物密度。因同位素值為生物累積因子，會隨著體型大小及生長時間而不同，故在此將其食物源分成三個類別(小於 1mm 的橈足類、大於 1mm 的橈足類以及毛顎類，圖二十三)來說明。

### 小於 1mm 的橈足類

樣品為 2011 年共 12 個月及 2012 年 2 月所採集。 $\delta^{13}\text{C}$  變動範圍在 -21.68‰ ~ -18.59‰ 之間，平均值為 -20.69‰，標準差為 0.78‰；在 2011 年 6 月、10 月有較高值，春季有較低值。 $\delta^{15}\text{N}$  變動範圍在 3.14‰ ~ 8.85‰ 之間，平均值為 5.70‰，標準差為 1.38‰。在 2011 年 6 月有最高值，較低值出現在 2011 年 8、9 月。

### 大於 1mm 的橈足類

採集月別：2011 年 1~6、8、10、12 月及 2012 年 2 月。 $\delta^{13}\text{C}$  變動範圍在 -21.61‰ ~ -20.09‰ 之間，平均值為 -20.92‰，標準差為 0.55‰；在 2011 年後半年有較高值，前半年的數值偏低。 $\delta^{15}\text{N}$  變動範圍在 4.41‰ ~ 7.56‰ 之間，平均值為 6.02‰，標準差為 0.76‰；在 2011 年 3 月有最高值，最低值位於 2011 年 8 月。

### 毛顎類

採集月別：2011 年 2~8、10 月及 2012 年 2 月。 $\delta^{13}\text{C}$  變動範圍在 -20.46‰ ~ -19.09‰ 之間，平均值為 -20.21‰，標準差為 0.86‰；於 2011 年 8 月、10 月有較高值，2011 年 3~5 月數值偏低。 $\delta^{15}\text{N}$  變動範圍在 5.84‰ ~ 8.71‰ 之間，平均值為 7.53‰，標準差為 0.85‰；數值較其他兩種食物源高約 2‰，2011 年 3 月有較高值，2011 年 8 月有最低值。



## 肆、討論

經於 2011 年 1 月至 2012 年 2 月間蒐集數據，以體指數（生殖腺指數、肝指數及脂指數）、C/N ratio 及三種組織穩定同位素的數值，對藍綠光鰓雀鯛的生殖現象以及生殖時的能量傳遞做分析，對於所得到的結果，在此做出以下討論。

### 4.1 藍綠光鰓雀鯛的生殖期

先前有研究指出雀鯛科的生殖週期多為月或半月週期，如日本沖繩的雄性藍綠光鰓雀鯛在四月開始有生殖色並形成領域，當七、八月水溫到達 32°C 時停止，九月水溫回到 29°C 以下才恢復生殖，整個生殖季在十月結束，一個月內可觀察到兩次生殖進程(Sasaki 2001)，在新幾內亞的藍綠光鰓雀鯛也同樣有一個月內排卵兩次的情形(Cole 2007)。而本研究十四個月的採樣結果中，只有其中四個月(圖四、2011 年 1 月、6 月、7 月及 2012 年 1 月)的 GSI 值較低落，根據組織切片結果(圖五)，該四個月的 GSI 低值不僅有發育前期的生殖腺，更包含排卵後生殖腺萎縮之個體，推測其生殖型態為非同步成熟型(asynchronous maturation)，顯示在這四個月中雖 GSI 低落，但仍有生殖現象，故在此研究地點中的藍綠光鰓雀鯛於全年皆處於生殖期。

### 4.2 C/N ratio

C/N ratio 可以反映脂質的多寡，由 C/N 值可以進一步瞭解組織間營養物質組成的差異狀況(Waddington and MacArthur 2008)。雄魚生殖腺的 C/N ratio 與 GSI 呈曲線關係(圖七 a)，在 GSI 低值時，其值較高；與 HSI 則無顯著相關(圖七 b)，表示雄魚生殖腺隨著發育所增加的脂質相對較少。而雄魚白肉的 C/N ratio 與 GSI 無顯著相關(圖七 c)，與 HSI 有正相關性(圖七 d)，顯示雄魚白肉的脂質增長與生殖腺的發育無關，但會隨肝臟變大而增多。雄魚肝臟的 C/N ratio 與 GSI 無顯著相關(圖七 e)，與 HSI 有正相關(圖七 f)，再度佐證其肝臟與生殖腺發育的能量轉移無明顯關聯，而本身重量增加時，所儲存的脂質含量也會增加。雌魚生殖腺的 C/N ratio 與 GSI 有曲線相關性(圖八 a)，隨著 GSI 變大，C/N ratio 的增長趨緩。與 HSI 則有線性正相關(圖八 b)，顯示卵巢在發育初期需要大量養份補充，可能

從肝臟轉移脂質，並且隨肝臟重量增加而變多。白肉的 C/N 值與 GSI、HSI 皆無顯著相關(圖八 c、d)，顯示白肉的脂質含量不會受到生殖腺、肝臟發育的影響。肝臟的 C/N ratio 則與 GSI 有負相關性(圖八 e)，與 HSI 有正相關性(圖八 f)，但相關性不大，顯示隨著生殖腺變大，肝臟移轉至生殖腺的脂質變少。

## 4.3 穩定同位素分析

### 4.3.1 同位素在組織內的變動

一般而言，卵巢與肝臟的  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  值均比白肉低(Doucett et al. 1999; Jardine et al. 2004)，因為組織在脂質生成作用(lipogenesis)時重的同位素所佔比例較少，因此富含脂質的組織會有較輕的  $\delta^{13}\text{C}$  值，如紅肉、肝臟、卵巢。生殖腺因為有卵子、精子而富含較多脂質及蛋白質，故含較輕的  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 。肝臟則為代謝、形成能量的主要器官，亦為食物消化後儲存能量的第一站，故同位素數值接近食物源有較輕的同位素數值。而白肉內所含的脂質較肝臟及生殖腺為少，亦為魚體儲存能量的最終場所(Jardine et al. 2005)，故穩定同位素數值最低，亦最為穩定，變動在 2‰ 以內。而胺基酸分解過程中的轉胺作用(transamination)會導致  $^{15}\text{N}$  的增加(Macko et al. 1986)，尤其是在食物不足或生物使用組織內含的蛋白質或有機氮時(Hobson et al. 1993; Doucett et al. 1999; Jardine et al. 2004)，因此  $\delta^{15}\text{N}$  上升表示該組織內的胺基酸及其他有機氮含量升高。

穩定同位素分析是追蹤生物食物來源的一種方法。由於魚體內不同組織穩定同位素的替換速率不同，因此能夠反映出食物源的時間也不一樣。食物源的穩定同位素在魚的肝臟需要約一個月，而白肉需要四到五個月才能反映出來，從變動範圍的差異也可看出組織間有不同的替換速率，肝臟的變動範圍為白肉的三倍以上(Perga and Gerdeaux 2005)。本研究亦觀察到此現象，生殖腺與肝臟的同位素  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  變動範圍大小皆為白肉的二到三倍，雄魚的肝臟更可達四倍。

### 4.3.2 同位素在組織間的差異

魚類生殖時，雌雄配子間在物質組成上有所差異：卵子供應受精卵養分，需較多的有機碳，而精子構造具有較多的蛋白質成分，不過在總量上，卵子需要較

多的能量投資(Jonsson et al. 1991)，亦即雌魚的生殖腺在發育時，需要大量的脂質，例如用以產生卵黃、油球等等，也因此，其生殖腺具有較高的 C/N 值。

肝臟是負責魚體攝食後營養吸收及代謝的主要場所，故以肝臟為基準，比較其他組織與肝臟在穩定同位素數值上的差異，藉以探討能量在組織間的轉移情形。

經脂質校正後，雄魚與雌魚肝臟的  $\delta^{13}C'$  值，與原來的  $\delta^{13}C$  值增加了 2‰ 以上，生殖腺與白肉則在 2‰ 以下，這些變動顯示脂質含量對  $\delta^{13}C$  的影響很大。以脂質校正後的  $\delta^{13}C'$  值為根據，所觀察到組織間營養物質流轉較能符合實際情況。雄魚生殖腺和肝臟  $\delta^{13}C'$  之間的差異，呈現出正負相間，並且其分布未受 GSI 的影響(圖十八 e)，顯示雄魚生殖腺中的有機碳或非直接從食物經肝臟轉移過來。在另一方面，此項負值隨 HSI 的增加而增加(圖十八 f)，顯示除了脂質外，食物內其他的有機碳會隨著肝臟變大而傳入雄魚的生殖腺；白肉與肝臟的  $\delta^{13}C'$  差值亦有類似的現象(圖十八 g、h)，顯示白肉自身儲存有脂質，但其他的有機碳則從肝臟補充，並隨著肝臟變大而增加。

在  $\delta^{15}N$  方面，雄魚生殖腺與肝臟的差值大部分為負值(圖十九 a、b)，顯示有機氮可能是由肝臟傳遞至生殖腺，但不受到生殖腺及肝臟大小所影響。白肉與肝臟的差值則皆為正值(圖十九 c、d)，可能表示白肉使用有機氮的速率大於肝臟補充有機氮的速率，亦有可能因白肉含有較多非必需胺基酸(Peterson et al. 1993；Pinnegar and Polunin 1999；Johnson et al. 2002；Bunn et al. 2003；Jardine et al. 2005)。

在雌魚生殖腺與肝臟間同位素  $\delta^{13}C'$ ，在  $GSI \leq 3$  時，正負變動範圍達 3‰， $GSI > 3$  時，則變動範圍變小，但負值較多(圖二十 e)。造成此現象的原因可能為未發育及排卵後的個體均呈現低 GSI，外觀型態及重量相似，但是內部的有機碳來源卻有所不同——未發育的個體有較重的有機碳，且尚未從肝臟轉入，因此其差值為正值；排卵後的個體生殖腺內仍含有未排出的卵，含較輕的有機碳，而此碳源為發育期間直接源自於肝臟，故差值為負。

在  $\delta^{15}N$  方面，雌性個體生殖腺與肝臟的差異，以正值居多(圖二十一 a、b)，



表示雌魚的生殖腺在發育的過程中，其蛋白質並非直接源自肝臟，或者肝臟並未提供其新得自於食物的蛋白質。

#### 4.4 結論

本研究綜合 C/N ratio、穩定同位素上的資料，推知藍綠光鰓雀鯛的雌性個體在生殖時肝臟會移轉脂質及其他有機碳至生殖腺，同時白肉則從肝臟補充脂質以外的有機碳。而雄魚生殖時肝臟會輸送蛋白質、有機碳至生殖腺，也會轉移有機碳至白肉組織。藍綠光鰓雀鯛因應生殖時所需的能量多係源自於肝臟，亦即得自於所攝食的食物，能量的分配方式在雌雄間會有所不同。本魚種在研究地點終年皆出現有生殖現象，這也顯示環境中週年都可以提供足夠的營養來源，以供其進行生殖之用。



## 伍、參考文獻

- 郭世榮 (1989) 墾丁國家公園海域產雀鯛科魚類攝食生態學之研究。國立臺灣大學碩士論文。141 頁
- 陳玟雅 (1991) 臺灣北海岸變色雀鯛之生殖生態研究。國立臺灣大學碩士論文。60 頁
- Allen JRM, Wootton RJ (1982a) Effect of food on the growth of carcass, liver and ovary in female *Gasterosteus aculeatus* L. J Fish Biol 21:537-547
- Allen JRM, Wootton RJ (1982b) Age, growth and rate of food-consumption in an upland population of the three-spined stickleback, *Gasterosteus-aculeatus* L. J Fish Biol 21:95-105
- Bonnet X, Bradshaw D, Shine R (1998) Capital versus income breeding: an ectothermic perspective. Oikos 83:333-342
- Bunn SE, Davies PM, Winning M (2003) Sources of organic carbon supporting the food web of an arid zone floodplain river. Freshwater Biol 48:619-635
- Bunnell DB, Thomas SE, Stein RA (2007) Prey resources before spawning influence gonadal investment of female, but not male, white crappie. J Fish Biol 70(6):1838-1854
- Cole KS (2007) Observations on spawning behavior and periodicity in the Bluegreen *Chromis* (Pomacentridae: *Chromis viridis*), in Madang Lagoon, Papua New Guinea. Aqua 14:27-34
- David R (1983) The Structure Of guppy life histories: the trade-off between growth and reproduction. Ecology 64(4):862-873
- Davis AR (1988) Effects of variation in initial settlement on distribution and abundance of *Podoclavella moluccensis* Sluiter. J Exp Mar Biol Ecol 117:157-167
- Doherty PJ (1983) Diel, lunar and seasonal rhythms in the reproduction of two tropical damselfishes: *Pomacentrus flavicauda* and *P. wardi* Mar Biol 75:215-224
- Dos Santos RN, Amadio S, Ferreira EJG (2010) Patterns of energy allocation to reproduction in three Amazonian fish species. Neotropical Ichthyology

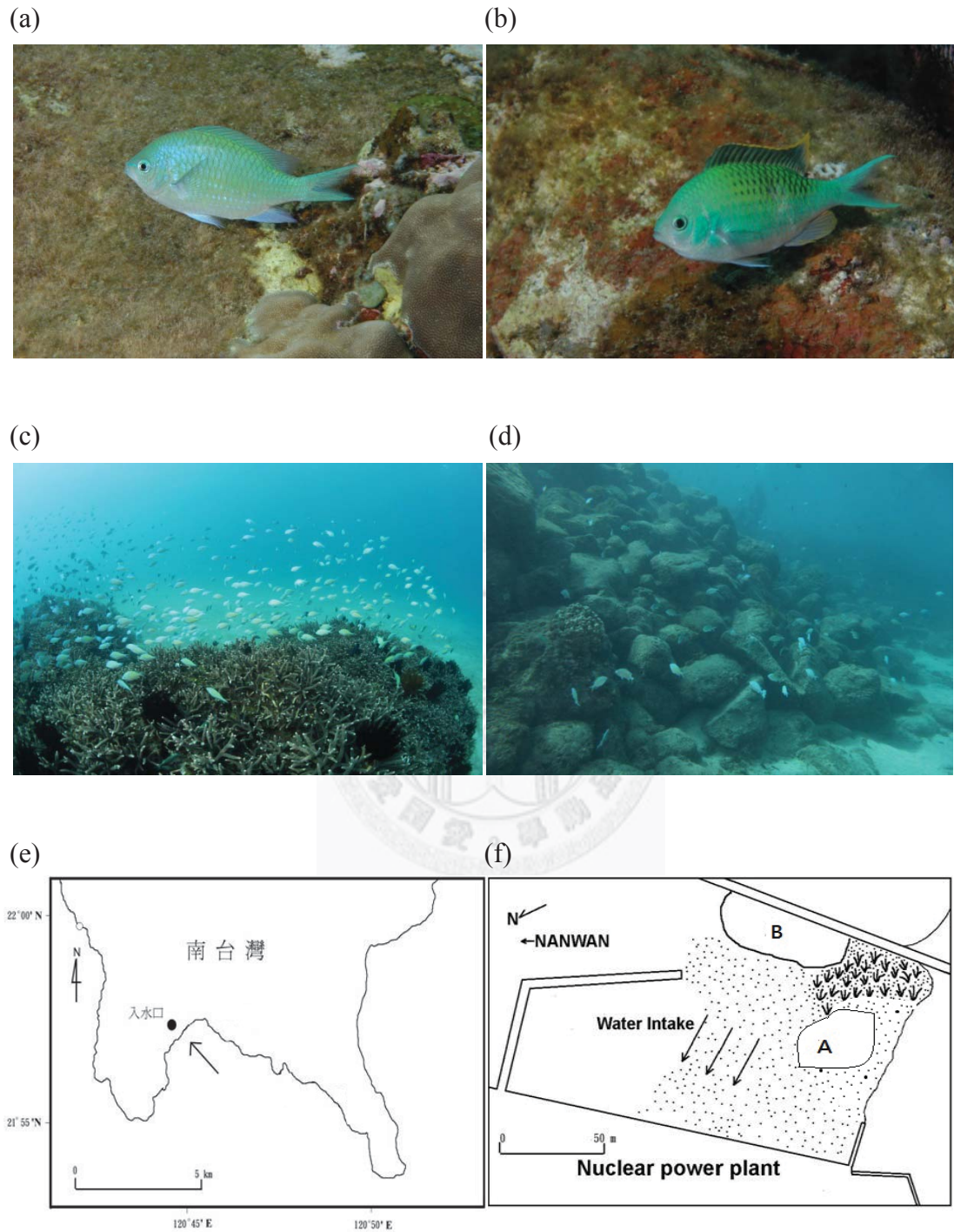
8(1):155-161

- Doucett RR, Booth RK, Power G, McKinley RS (1999) Effects of the spawning migration on the nutritional status of anadromous Atlantic salmon (*Salmo salar*): insights from stable-isotope analysis. *Can J Fish Aquat Sci* 56(11):2172-2180
- Drent RH, Daan S (1980) The prudent parent: energetic adjustments in avian breeding. *Ardea* 68:225-252
- Eggleton MA, Schramm HL (2004) Feeding ecology and energetic relationships with habitat of blue catfish, *Ictalurus furcatus*, and flathead catfish, *Pylodictis olivaris*, in the lower Mississippi River, U.S.A. *Env Biol Fish* 70(2):107-121
- Finstad AG, Berg OK, Lohrmann A (2003) Seasonal variation in body composition of Arctic char, *Salvelinus alpinus*, from an ultraoligotrophic alpine lake. *Ecol Freshw Fish* 12:228-235
- Hobson KA, Atwell L, Wassenaar LI, Yerkes T (1993) Estimating endogenous nutrient allocations to reproduction in Redhead Ducks: a dual isotope approach using delta D and delta C-13 measurements of female and egg tissues. *Funct Ecol* 18(5):737-745
- Hoey J, McCormick MI, Hoey AS (2007) Influence of depth on sex-specific energy allocation patterns in a tropical reef fish. *Coral Reefs* 26:603-613
- Hughes FL (1990) Recruitment limitation, mortality, and population regulation in open systems: a case study. *Ecology* 71(1):12-20
- Hyslop EJ (1980) Stomach contents analysis - a review of methods and their application. *J Fish Biol* 17(4):411-429
- Jardine TD, MacLatchy DL, Fairchild WL, Cunjak RA, Brown SB (2004) Rapid carbon turnover during growth of Atlantic salmon (*Salmo salar*)s smolts in sea water, and evidence for reduced food consumption by growth-stunts. *Hydrobiologia* 527(1):63-75
- Jardine TD, Gray MA, McWilliam SM, Cunjak RA (2005) Stable isotope variability in tissues of temperate stream fishes. *Trans Am Fish Soc* 134:1103-1110
- Johnson BM, Martinez PJ, Stockwell JD (2002) Tracking trophic interactions in coldwater reservoirs using naturally occurring stable isotopes. *Trans Am Fish Soc* 131:1-13

- Jonsson N, Jonsson B, Hansen LP (1991) Energetic cost of spawning in male and female Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *J Fish Biol* 39: 39-744  
doi:10.1111/j.1095-8649.1991.tb04403.x
- Jørgensen C, Ernande B, Fiksen Ø, Dieckman U (2006) The logic of skipped spawning in fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquat Sci* 63:200-211
- Junk WJ (1985) Temporary fat storage, an adaptation of some fish species to the river level fluctuations and related environmental changes of the Amazon river. *Amazoniana* 9:315-351
- Logan JM, Jardine TD, Miller TJ, Bunn SE, Cunjak RA, Lutcavage ME (2008) Lipid corrections in carbon and nitrogen stable isotope analyses: comparison of chemical extraction and modelling methods. *J Anim Ecol* 77:838-846
- Macko SA, Estep MLF, Engel MH, Hare PE (1986) Kinetic fractionation of stable nitrogen isotopes during amino-acid transamination. *Geochim Cosmochim Acta* 50(10):2143-2146
- Perga ME, Gerdeaux D (2005) 'Are fish what they eat' all year round? *Oecologia* 144:598-606
- Peterson B, Fry B, Deegan L, Hershey A (1993) The trophic significance of epilithic algal production in a fertilized tundra river system. *Limnol Oceanogr* 38:872-878
- Pinnegar JK, Polunin NVC (1999) Differential fractionation of  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  among fish tissues: implications for the study of trophic interactions. *Funct Ecol* 13:225-231
- Potts GW, Wootton RJ (1984) *Fish reproduction : strategies and tactics*, 410pp
- Reznick D (1983) The structure of guppy life histories - the tradeoff between growth and reproduction. *Ecology* 64(4):862-873
- Rideout RM, Rose GA, Burton MPM (2005) Skipped spawning in female iteroparous fishes. *Fish Fish* 6:50-72
- Rocha MJ, Arukwe A, Kapoor BG (2008) *Fish Reproduction*. Science Publishers, Enfield, NH, USA, 351pp
- Roff DA (1992) *The Evolution of Life Histories*. New York: Chapman & Hall, 535pp

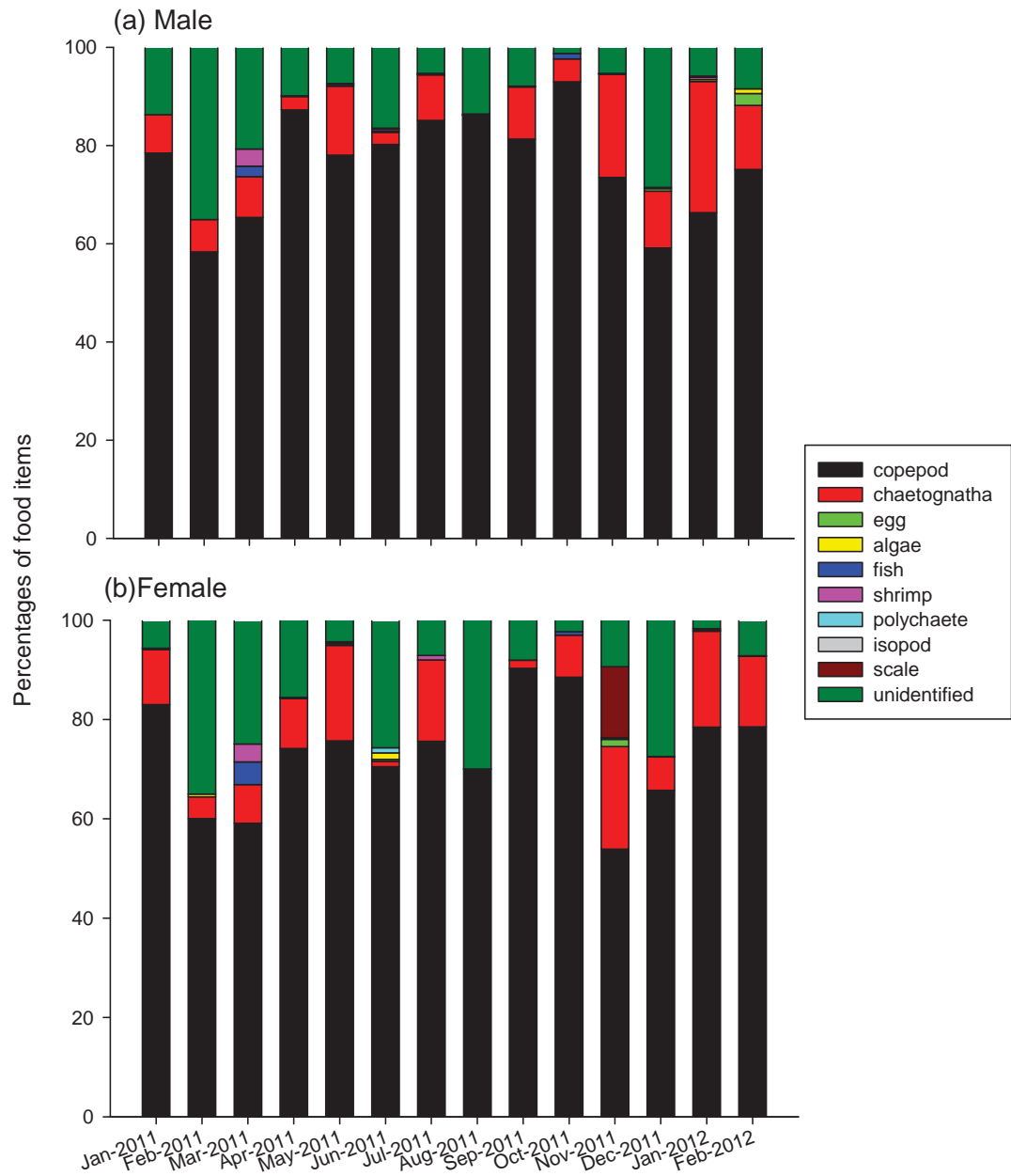
- Sasaki M, Tachihara K (2001) Reproductive ecology of the Blue-green Damselfish *Chromis viridis* at Zampa, Okinawa Island, Japan. *Biol Mag Okinawa* 39:37-47
- Shulman MJ, Ogden JC, Ebersole JP, Mcfarland WN, Miller SL, Wolf NG (1983) Priority effects in recruitment of juvenile coral reef fishes. *Ecology* 64:1508-1513
- Stearns SC (1992) *The evolution of life histories*. Oxford; New York: Oxford University Press, 249pp
- Syvaranta J, Hamalainen H, Jones RI (2006) Within-lake variability in carbon and nitrogen stable isotope signatures. *Freshwater biol* 51(6):1090-1102
- Townsend CR, Calow P (1981) *Physiological ecology*. Blackwell Scientific Publications, p. 393
- Tytler P, Calow P (1985) *Fish Energetics: new perspectives*. Sydney, Croom Helm, p.349
- Victor BC (1983) Recruitment and population dynamics of a coral reef fish. *Science* 219:419-420
- Waddington K, MacArthur L (2008) Diet quality and muscle tissue location influence consumer-diet discrimination in captive-reared rock lobsters (*Panulirus cygnus*). *Mar Biol* 154:569-576
- Wyatt ASJ, Waite AM, Humphries S (2010) Variability in isotope discrimination factors in coral reef fishes: implications for diet and food web reconstruction. *PLoS ONE* 5(10): e13682, 1-10 doi:10.1371/journal.pone.0013682

# 陸、圖



圖一、藍綠光鰓雀鯛照片及採樣區位置圖

- (a) 藍綠光鰓雀鯛(*Chromis viridis*)一般體色；
- (b) 藍綠光鰓雀鯛生殖色；
- (c) 魚群在水層中覓食情形；
- (d) 魚群在岩塊上生殖聚集的情況；
- (e) 採樣區位置圖(圖中箭頭表示水流方向)
- (f) 採樣地點位置圖。



圖二、藍綠光鰓雀鯛胃內含物組成體積百分比  
(Male, total n = 78; Female, total n = 81)



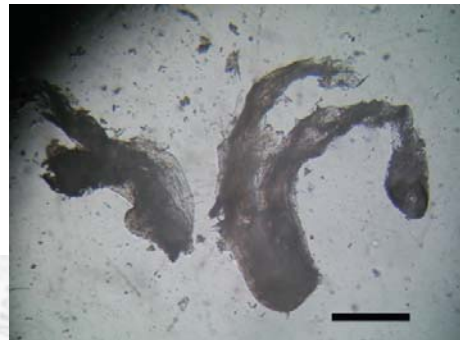
1. *Temora* Scale = 1.0mm



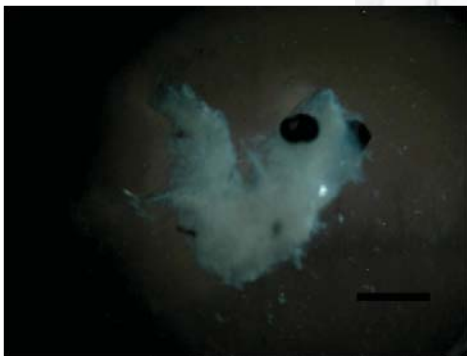
2. *Eucalanus* Scale = 1.0mm



3. *Eucheata* Scale = 0.5mm



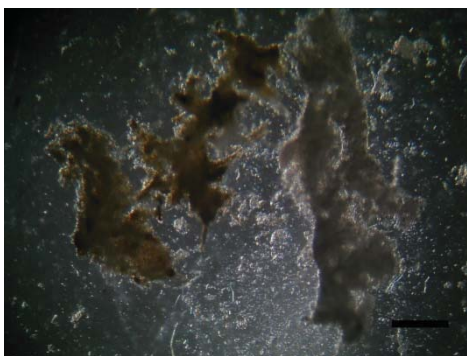
4. *Chaetognatha* Scale = 1.0mm



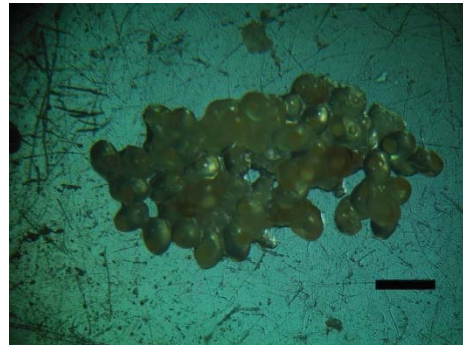
5. Fish Scale = 1.0mm



6. Shrimp Scale = 1.0mm



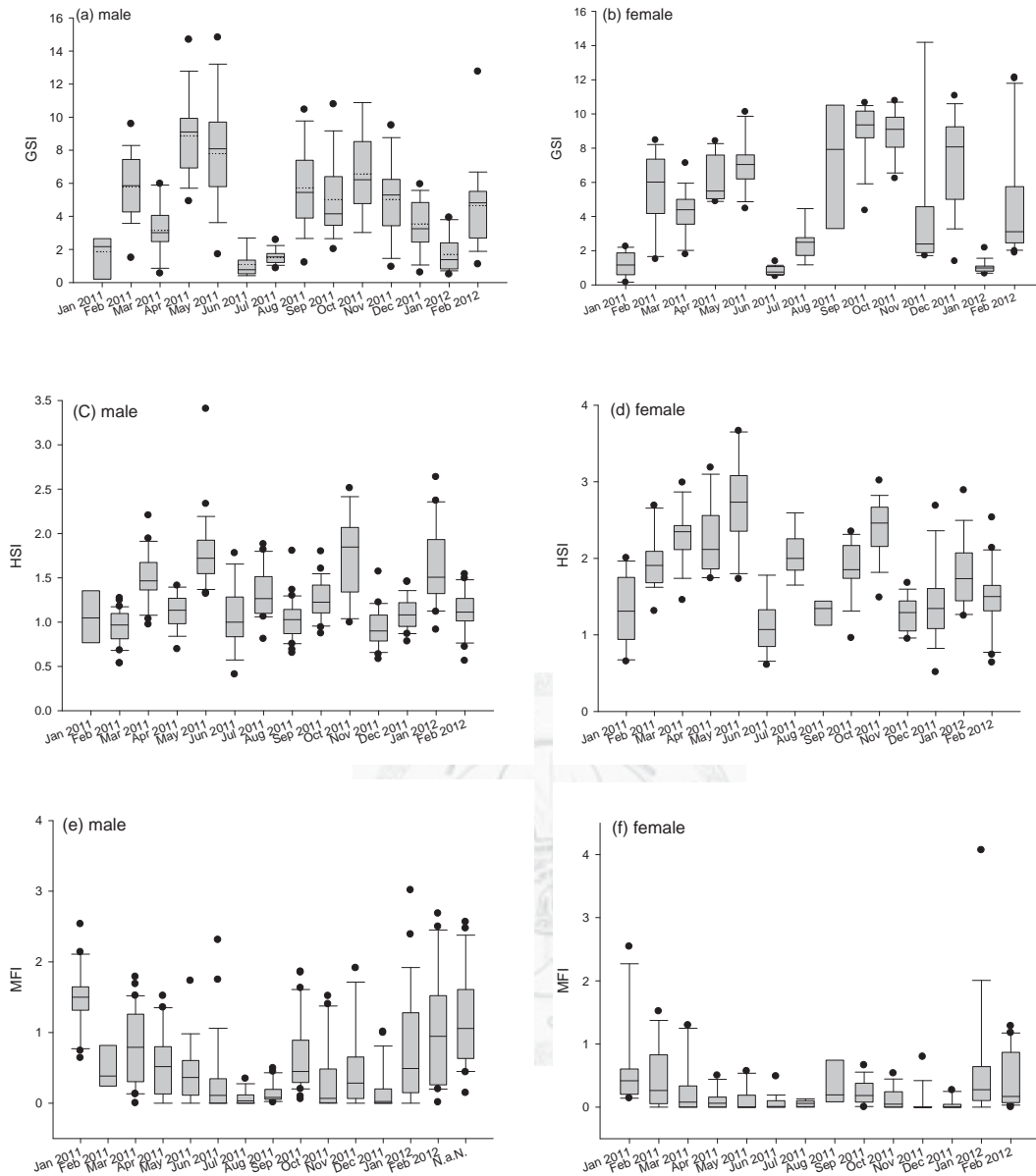
7. Algae Scale = 0.5mm



8. Fish eggs Scale = 1.0mm

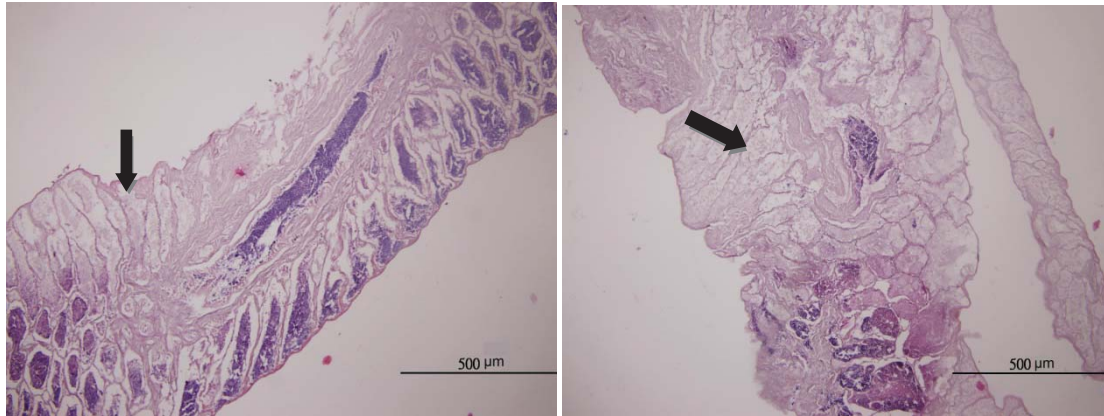
圖三、解剖顯微鏡內所顯現的不同胃內含物圖示。



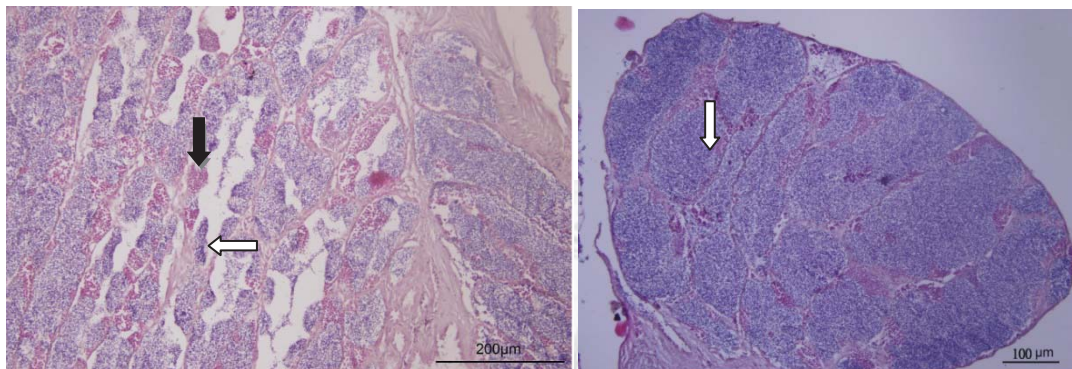


圖四、雄魚及雌魚三種體指數的月份-盒狀圖

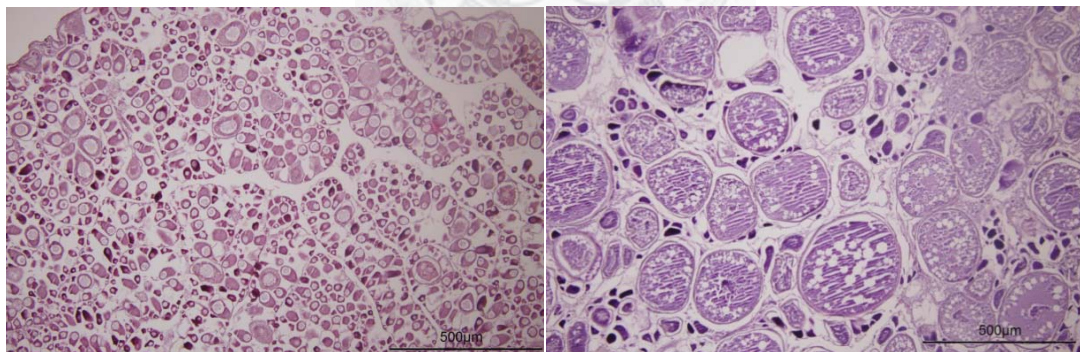
(a)雄魚生殖腺指數 GSI；(b)雌魚生殖腺指數 GSI；(c)雄魚肝臟體指數 HSI；  
 (d)雌魚肝臟體指數 HSI；(e)雄魚腸繫膜體指數 MFI；(f)雌魚腸繫膜體指數 MFI。  
 (黑點為 outlier，虛線為平均數，實線為中位數)



(a)2012年1月雄魚精巢(GSI=0.485) (b)2011年6月雄魚(GSI=0.304)  
 (深紫色部分為成熟精子(spermatozoa)，箭頭處為精子排放後之空腔)



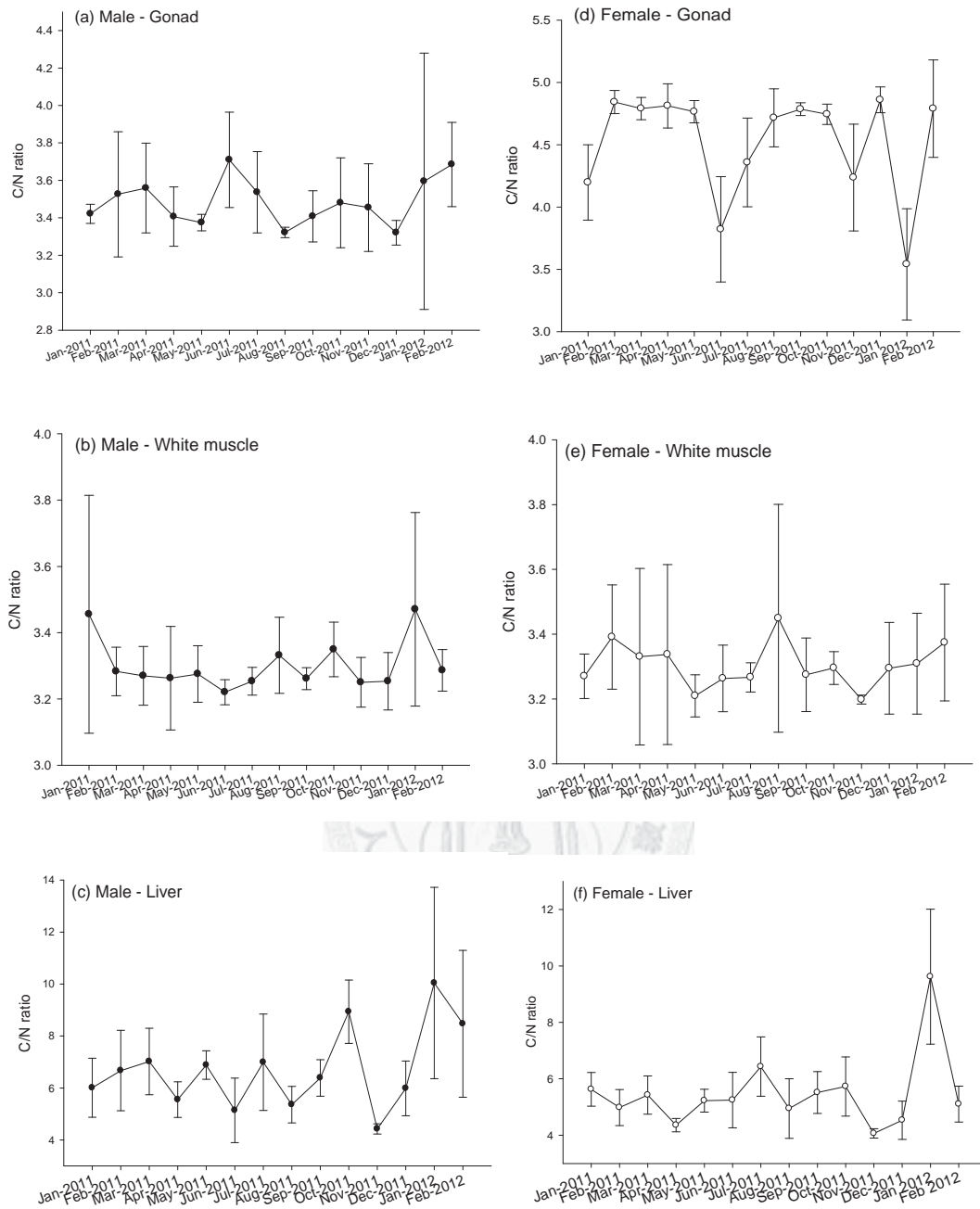
(c)2011年1月雄魚(GSI=0.147) (d)2011年1月雄魚(GSI=0.176)  
 (黑色箭頭為次級精母細胞(secondary spermatocyte)，白色箭頭為精子)



(e)2011年1月未成熟期之雌魚(GSI=0.54) (f)2011年6月發育後期雌魚(GSI=0.595)

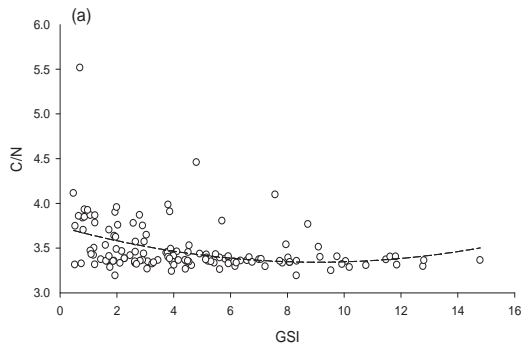
### 圖五、生殖腺組織切片圖

(a)2012年1月雄魚精巢之組織切片；(b)2011年6月雄魚精巢之組織切片；  
 (c)2011年1月雄魚精巢之組織切片；(d)2011年1月雄魚精巢之組織切片；  
 (e)2011年1月雌魚卵巢之組織切片；(f)2011年6月雌魚卵巢之組織切片。

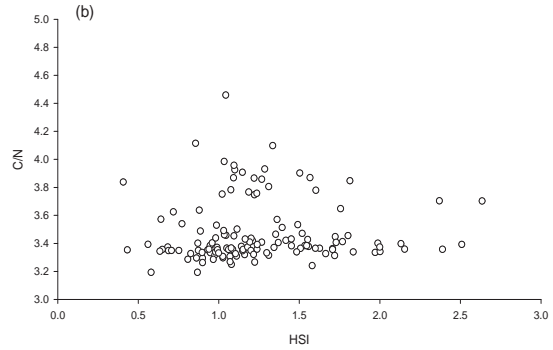


圖六、雄魚及雌魚 C/N ratio 月平均數之時序折線圖：(bar 為±SD)

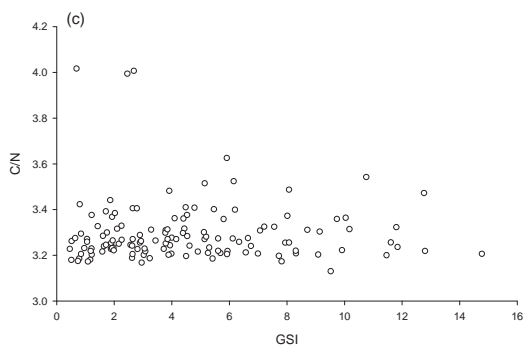
雄魚：(a)生殖腺，(b)白肉，(c)肝臟；雌魚：(d)生殖腺，(e)白肉，(f)肝臟。



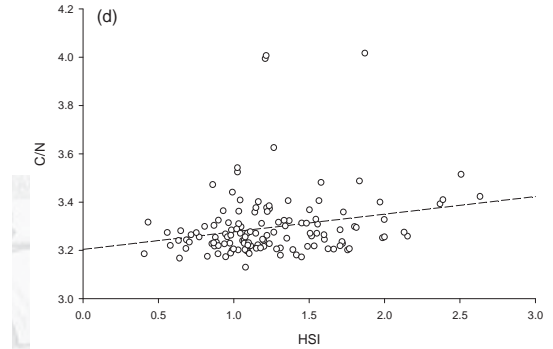
(a)雄魚性腺的 C/N ratio 與 GSI 的分布關係圖  
 $y = 3.737 - 0.087x + 0.005x^2$ ,  $R^2 = 0.145$ ,  $p < 0.001$



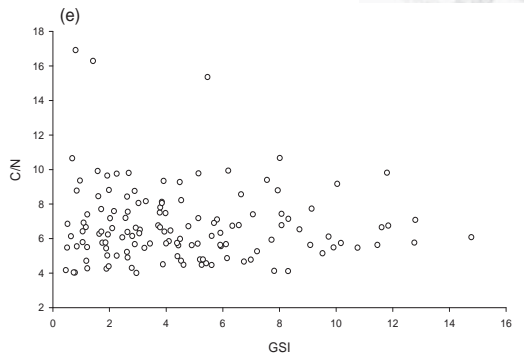
(b)雄魚性腺的 C/N ratio 與 HSI 的分布關係圖



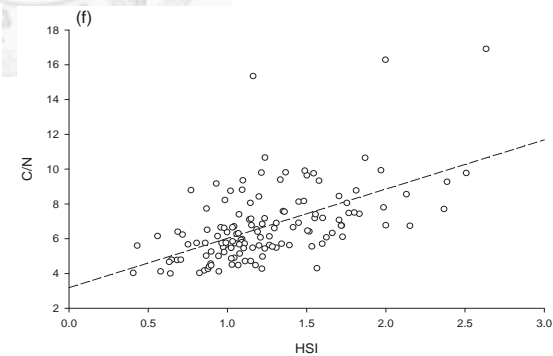
(c)雄魚白肉的 C/N ratio 與 GSI 的分布關係圖



(d)雄魚白肉的 C/N ratio 與 HSI 的分布關係圖  
 $y = 3.204 + 0.073x$ ,  $R^2 = 0.049$ ,  $p = 0.011$

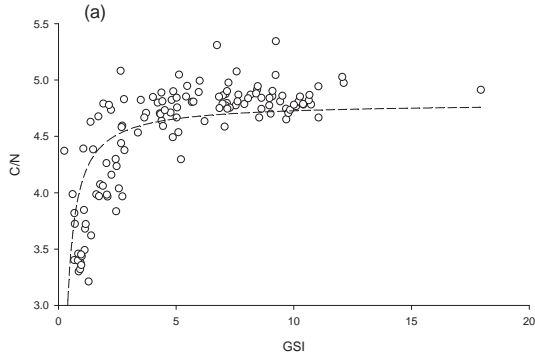


(e)雄魚肝臟的 C/N ratio 與 GSI 的分布關係圖

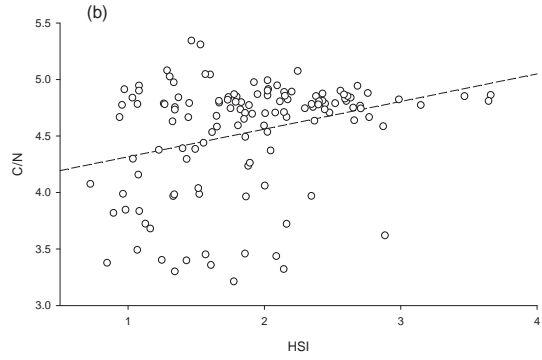


(f)雄魚肝臟的 C/N ratio 與 HSI 的分布關係圖  
 $y = 3.182 + 2.832x$ ,  $R^2 = 0.302$ ,  $p < 0.001$

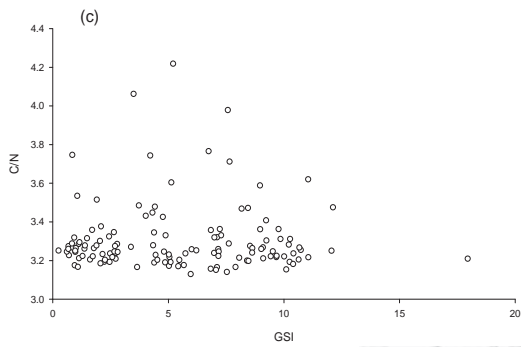
圖七、雄魚三種組織 C/N ratio 與 GSI、HSI 之分布關係圖



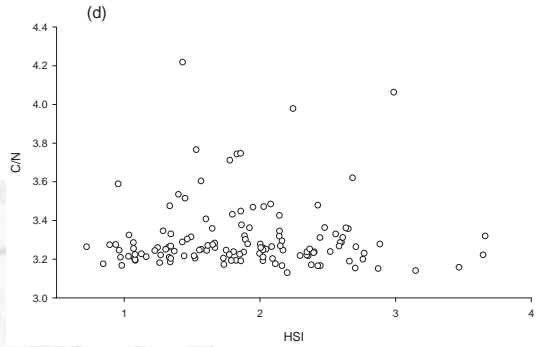
(a)雌魚性腺的 C/N ratio 與 GSI 的分布關係圖  
 $y = 4.797 - \frac{0.705}{x}$ ,  $R^2 = 0.435$ ,  $p < 0.001$



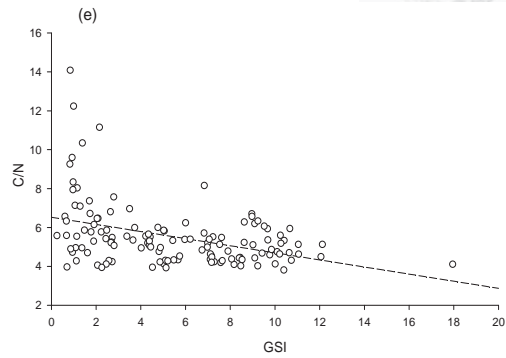
(b)雌魚性腺的 C/N ratio 與 HSI 的分布關係圖  
 $y = 4.072 + 0.244x$ ,  $R^2 = 0.092$ ,  $p < 0.001$



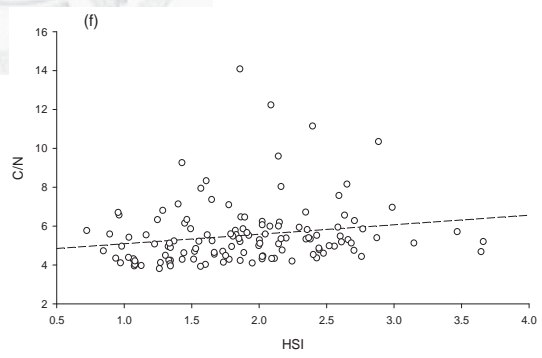
(c)雌魚白肉的 C/N ratio 與 GSI 的分布關係圖



(d)雌魚白肉的 C/N ratio 與 HSI 的分布關係圖



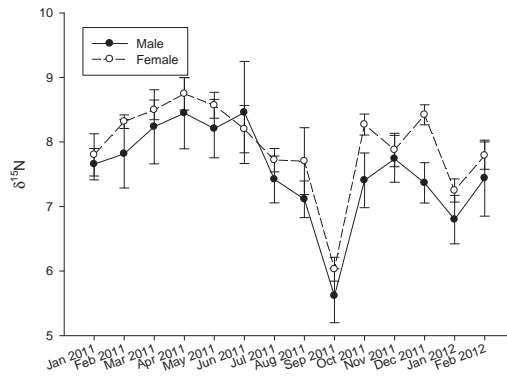
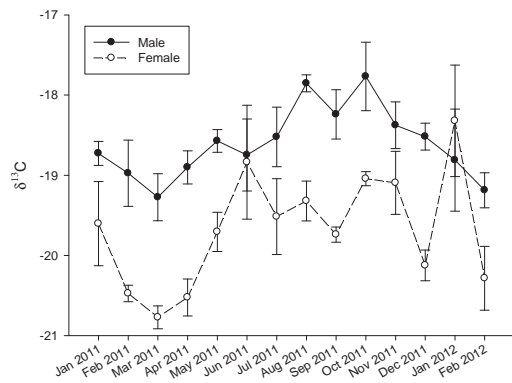
(e)雌魚肝臟的 C/N ratio 與 GSI 的分布關係圖  
 $y = 6.519 - 0.182x$ ,  $R^2 = 0.158$ ,  $p < 0.001$



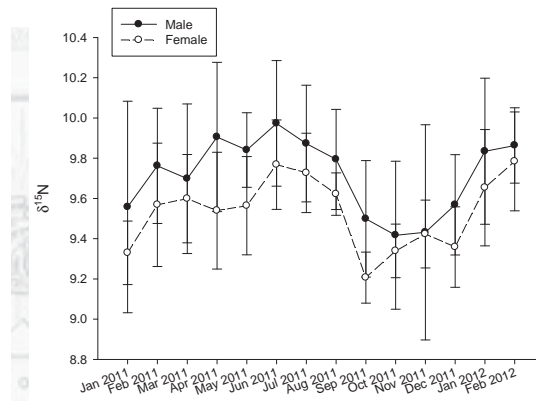
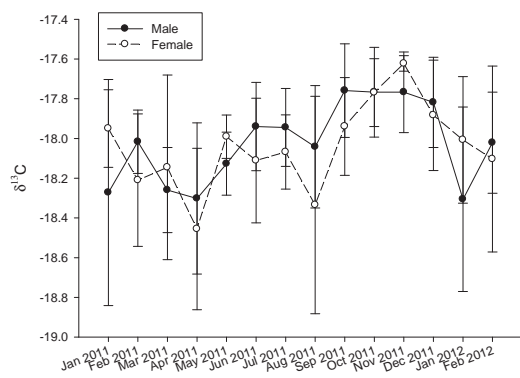
(f)雌魚肝臟的 C/N ratio 與 HSI 的分布關係圖  
 $y = 4.597 + 0.490x$ ,  $R^2 = 0.034$ ,  $p = 0.035$

圖八、雌魚三種組織 C/N ratio 與 GSI、HSI 之分布關係圖

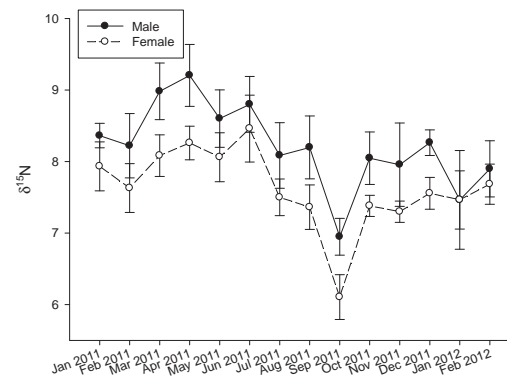
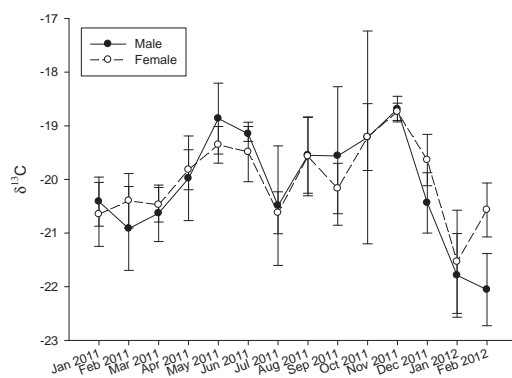
## Gonad



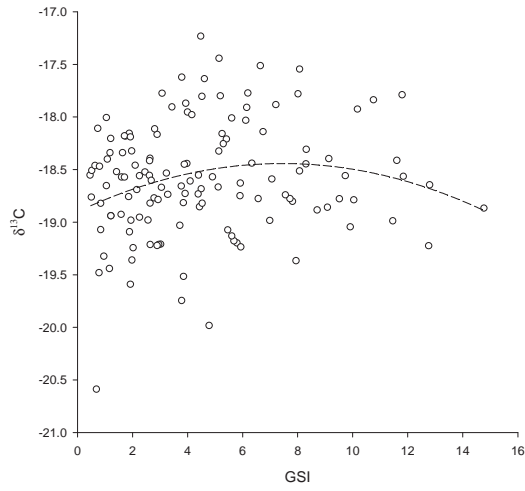
## White muscle



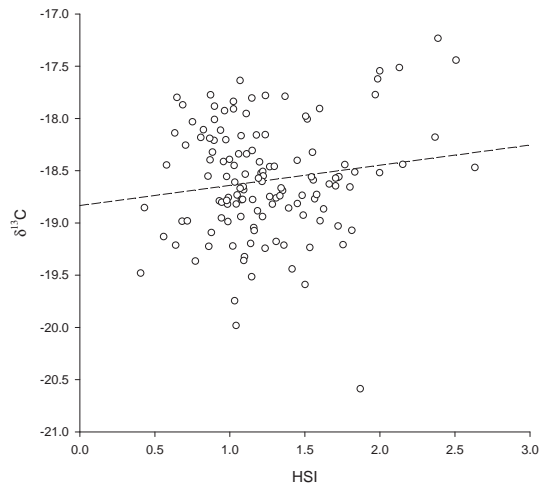
## Liver



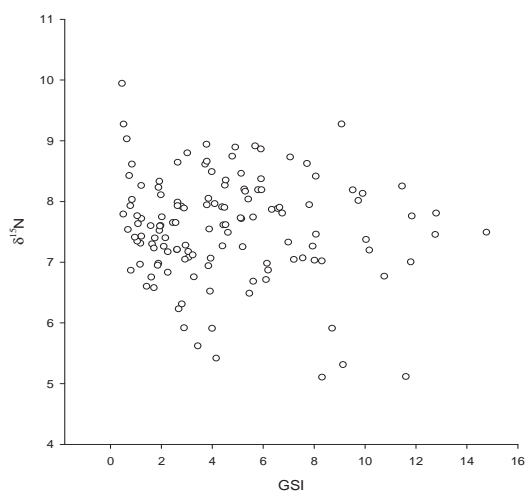
圖九、雄魚及雌魚穩定同位素  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  月平均數( $\pm\text{SD}$ )之時序折線圖



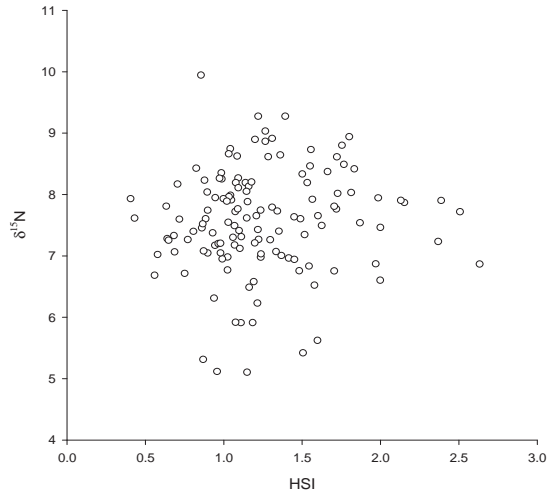
(a)雄魚生殖腺  $\delta^{13}\text{C}$  跟 GSI 的分布關係圖  
 $y = -18.901 + 0.123x - 0.008x^2$ ,  $R^2 = 0.051$ ,  $p = 0.033$



(b)雄魚生殖腺  $\delta^{13}\text{C}$  跟 HSI 的分布關係圖  
 $y = -18.057 - 1.019x + 0.424x^2$ ,  $R^2 = 0.063$ ,  $p = 0.015$

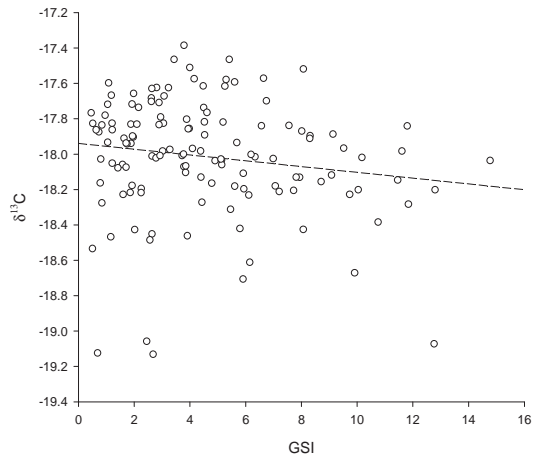


(c)雄魚生殖腺  $\delta^{15}\text{N}$  與 GSI 的分布關係圖



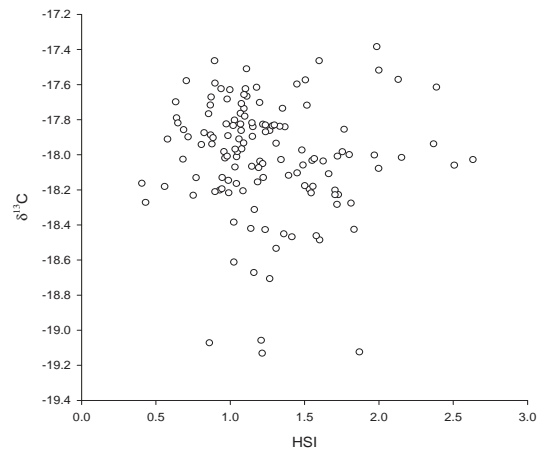
(d)雄魚生殖腺  $\delta^{15}\text{N}$  與 HSI 的分布關係圖

圖十、雄魚生殖腺  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  與 GSI、HSI 之分布關係圖

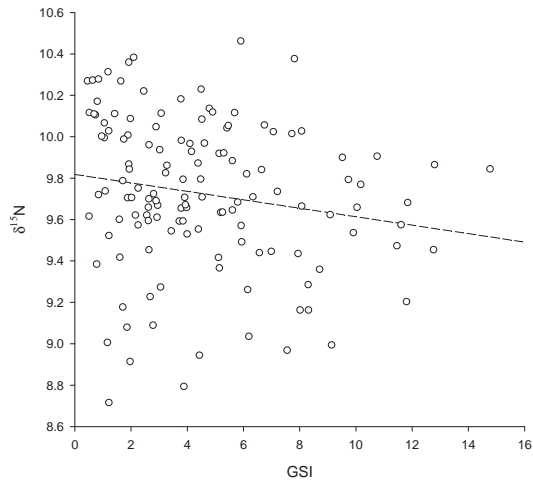


(a)雄魚白肉  $\delta^{13}\text{C}$  與 GSI 的分布關係圖

$$y = -18.048 + 0.037x - 0.004x^2, R^2 = 0.051, p = 0.033$$

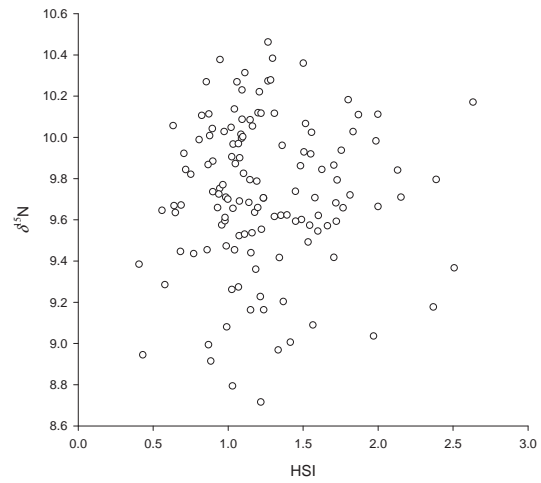


(b)雄魚白肉  $\delta^{13}\text{C}$  與 HSI 的分布關係圖



(c)雄魚白肉  $\delta^{15}\text{N}$  與 GSI 的分布關係圖

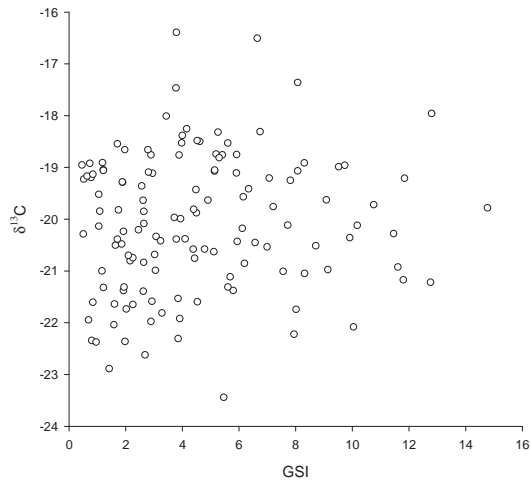
$$y = 9.818 - 0.02x, R^2 = 0.032, p = 0.041$$



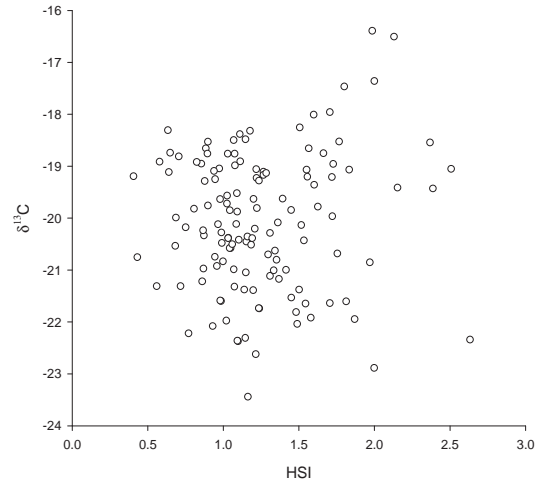
(d)雄魚白肉  $\delta^{15}\text{N}$  與 HSI 的分布關係圖

圖十一、雄魚白肉  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  與 GSI、HSI 之分布關係圖

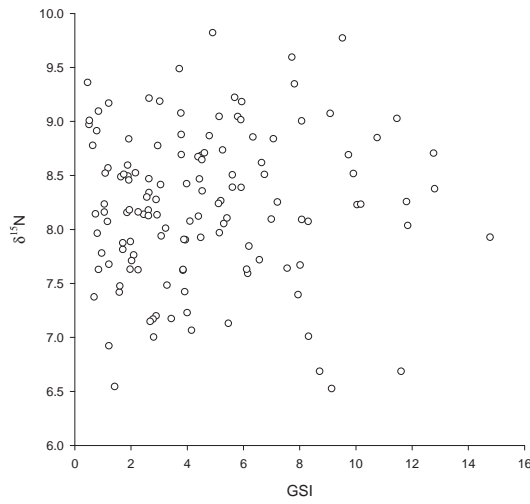




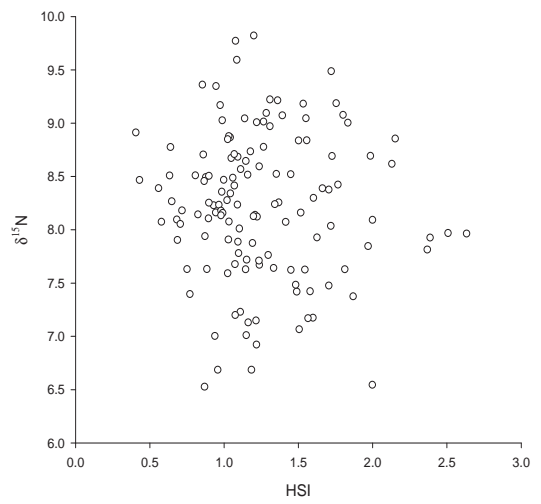
(a)雄魚肝臟  $\delta^{13}\text{C}$  與 GSI 的分布關係圖



(b)雄魚肝臟  $\delta^{13}\text{C}$  與 HSI 的分布關係圖

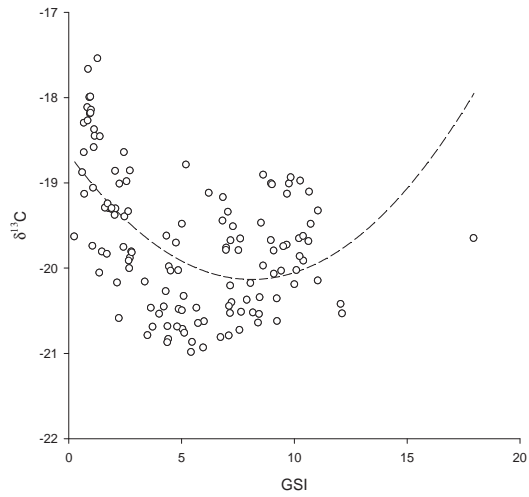


(c)雄魚肝臟  $\delta^{15}\text{N}$  與 GSI 的分布關係圖

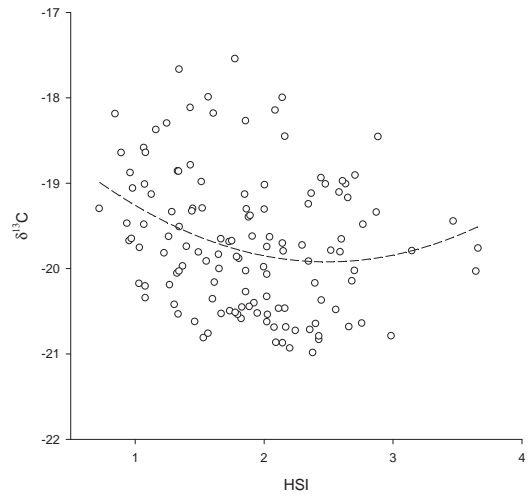


(d)雄魚肝臟  $\delta^{15}\text{N}$  與 HSI 的分布關係圖

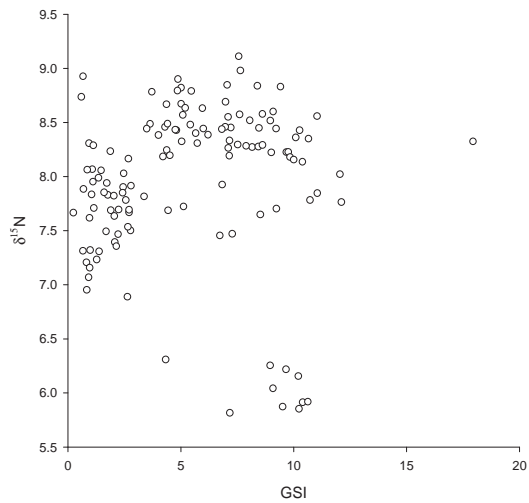
圖十二、雄魚肝臟  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  與 GSI、HSI 之分布關係圖



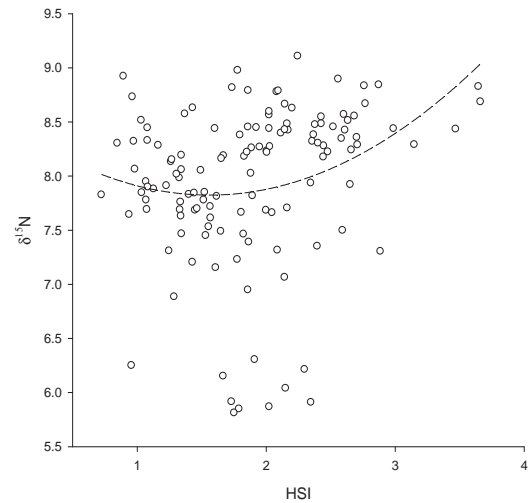
(a)雌魚生殖腺  $\delta^{13}\text{C}$  與 GSI 的分布關係圖  
 $y = -18.658 - 0.364x + 0.022x^2$ ,  $R^2 = 0.317$ ,  $p < 0.001$



(b)雌魚生殖腺  $\delta^{13}\text{C}$  與 HSI 的分布關係圖  
 $y = -18.068 - 1.49x + 0.299x^2$ ,  $R^2 = 0.080$ ,  $p = 0.005$

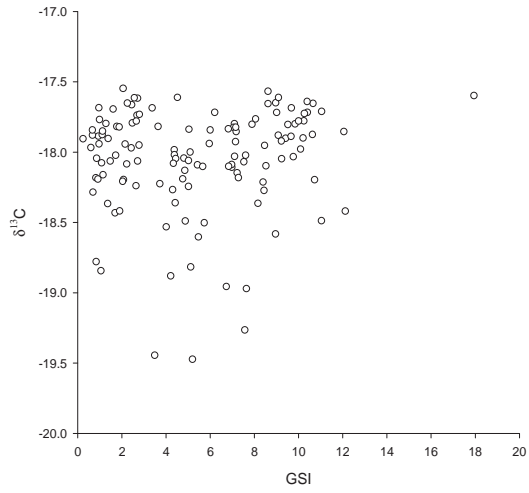


(c)雌魚生殖腺  $\delta^{15}\text{N}$  與 GSI 的分布關係圖

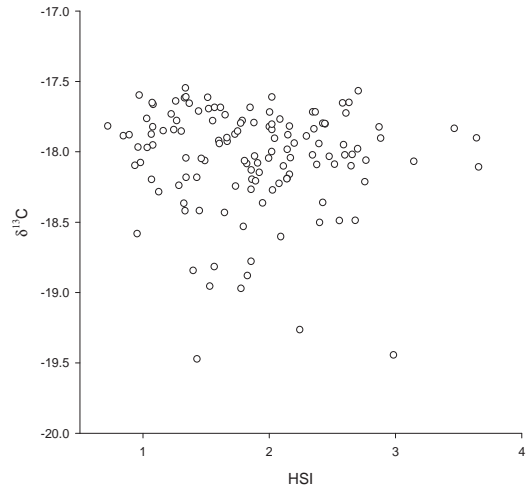


(d)雌魚生殖腺  $\delta^{15}\text{N}$  與 HSI 的分布關係圖  
 $y = 8.494 - 0.858x + 0.275x^2$ ,  $R^2 = 0.078$ ,  $p = 0.006$

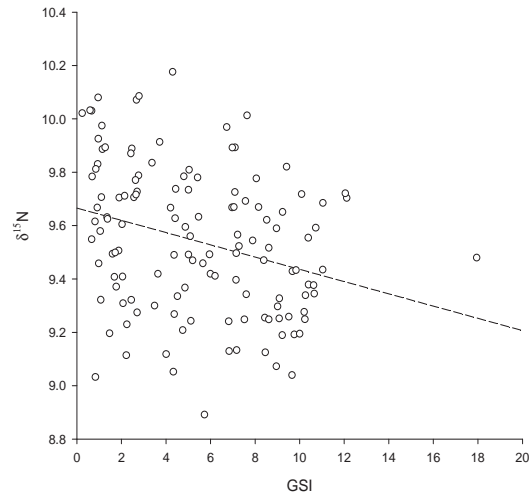
圖十三、雌魚生殖腺  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  與 GSI、HSI 之分布關係圖



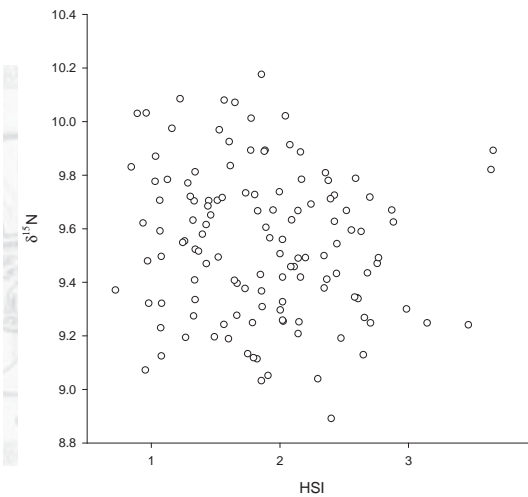
(a)雌魚白肉  $\delta^{13}\text{C}$  與 GSI 的分布關係圖



(b)雌魚白肉  $\delta^{13}\text{C}$  與 HSI 的分布關係圖

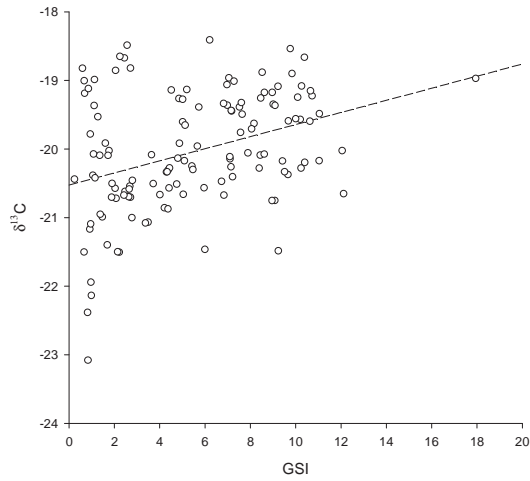


(c)雌魚白肉  $\delta^{15}\text{N}$  與 GSI 的分布關係圖  
 $y = 9.666 - 0.023x$ ,  $R^2 = 0.088$ ,  $p = 0.001$

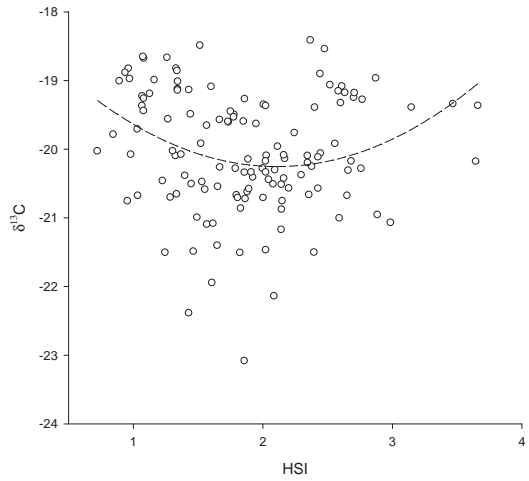


(d)雌魚白肉  $\delta^{15}\text{N}$  與 HSI 的分布關係圖

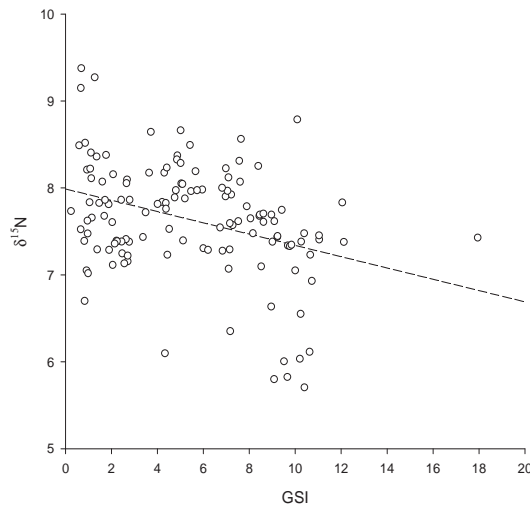
圖十四、雌魚白肉  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  與 GSI、HSI 之分布關係圖



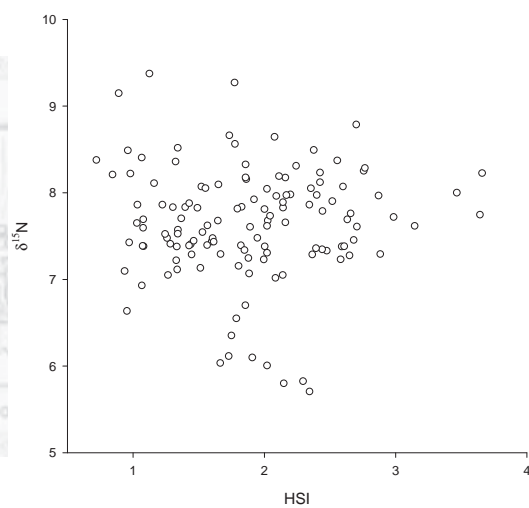
(a) 雌魚肝臟  $\delta^{13}\text{C}$  與 GSI 的分布關係圖  
 $y = -20.525 + 0.088x$ ,  $R^2 = 0.128$ ,  $p < 0.001$



(b) 雌魚肝臟  $\delta^{13}\text{C}$  與 HSI 的分布關係圖  
 $y = -18.021 - 2.117x + 0.502x^2$ ,  $R^2 = 0.084$ ,  $p = 0.004$

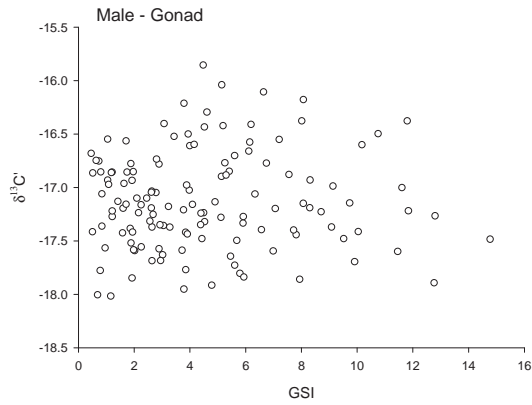


(c) 雌魚肝臟  $\delta^{15}\text{N}$  與 GSI 的分布關係圖  
 $y = 7.988 - 0.065x$ ,  $R^2 = 0.122$ ,  $p < 0.001$

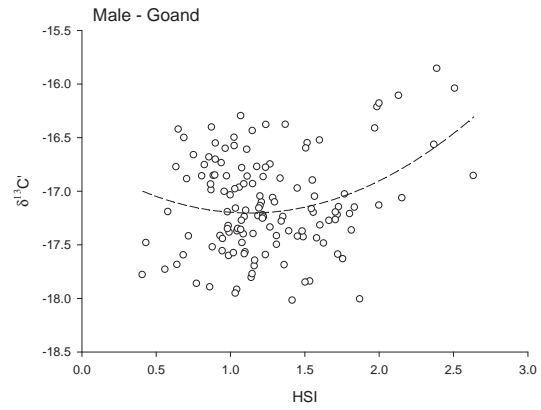


(d) 雌魚肝臟  $\delta^{15}\text{N}$  與 HSI 的分布關係圖

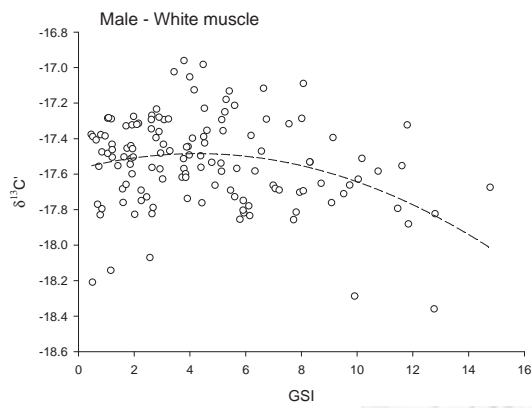
圖十五、雌魚肝臟  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  與 GSI、HSI 之分布關係圖



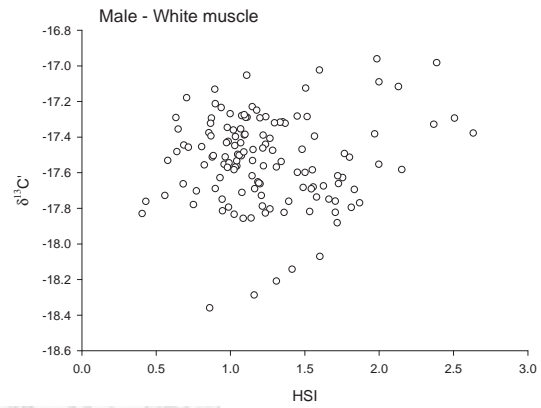
(a) 雄魚生殖腺  $\delta^{13}C$  與 GSI 的分布關係圖



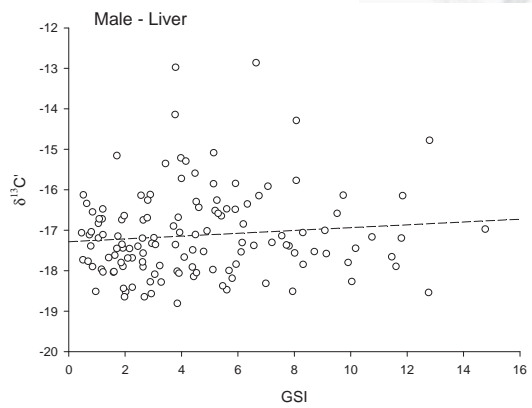
(b) 雄魚生殖腺  $\delta^{13}C$  與 HSI 的分布關係圖  
 $y = -16.703 - 0.888x + 0.394x^2, R^2 = 0.097, p = 0.001$



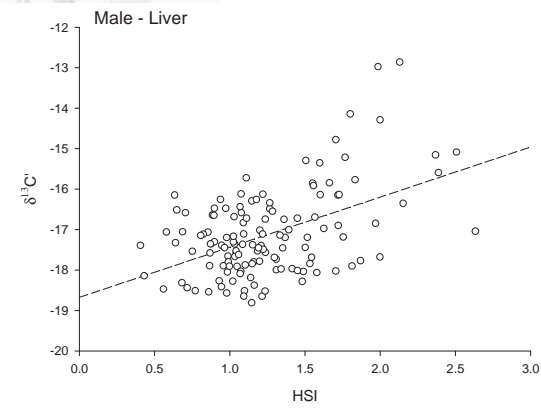
(c) 雄魚白肉  $\delta^{13}C$  與 GSI 的分布關係圖  
 $y = -17.571 + 0.041x - 0.005x^2, R^2 = 0.102, p = 0.001$



(d) 雄魚白肉  $\delta^{13}C$  與 HSI 的分布關係圖

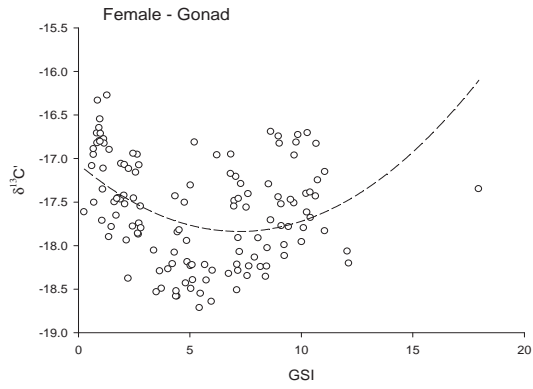


(e) 雄魚肝臟  $\delta^{13}C$  與 GSI 的分布關係圖  
 $y = -17.286 + 0.035x, R^2 = 0.011, p = 0.241$

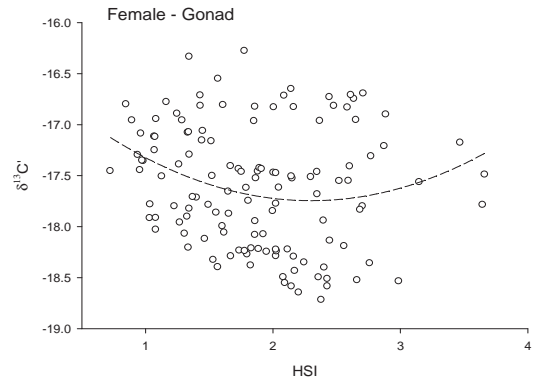


(f) 雄魚肝臟  $\delta^{13}C$  與 HSI 的分布關係圖  
 $y = -18.673 + 1.238x, R^2 = 0.235, p < 0.001$

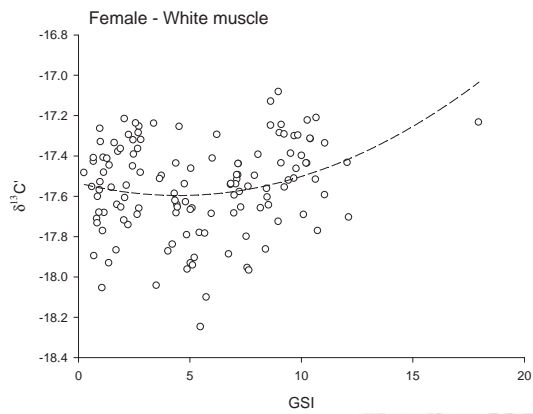
圖十六、雄魚三種組織  $\delta^{13}C$  與 GSI、HSI 之分布關係圖



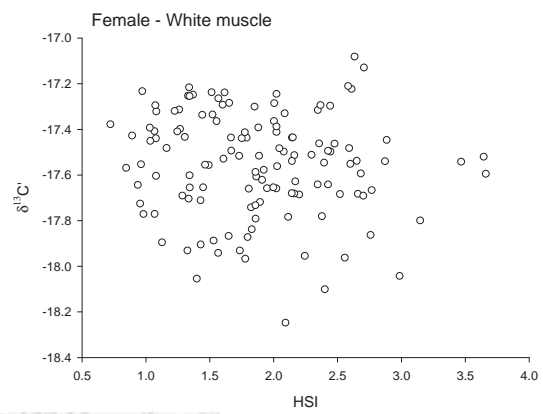
(a) 雌魚生殖腺  $\delta^{13}\text{C}$  與 GSI 的分布關係圖  
 $y = -17.064 - 0.215x + 0.015x^2, R^2 = 0.175, p < 0.001$



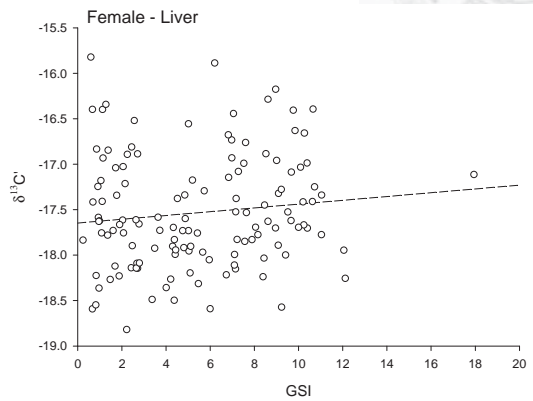
(b) 雌魚生殖腺  $\delta^{13}\text{C}$  與 HSI 的分布關係圖  
 $y = -16.424 - 1.15x + 0.25x^2, R^2 = 0.064, p = 0.015$



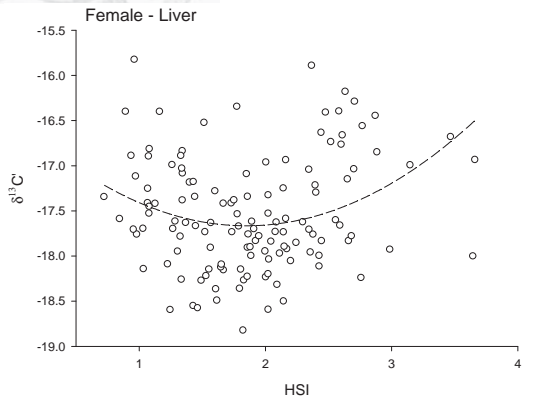
(c) 雌魚白肉  $\delta^{13}\text{C}$  與 GSI 的分布關係圖  
 $y = -17.535 - 0.027x + 0.003x^2, R^2 = 0.071, p = 0.01$



(d) 雌魚白肉  $\delta^{13}\text{C}$  與 HSI 的分布關係圖

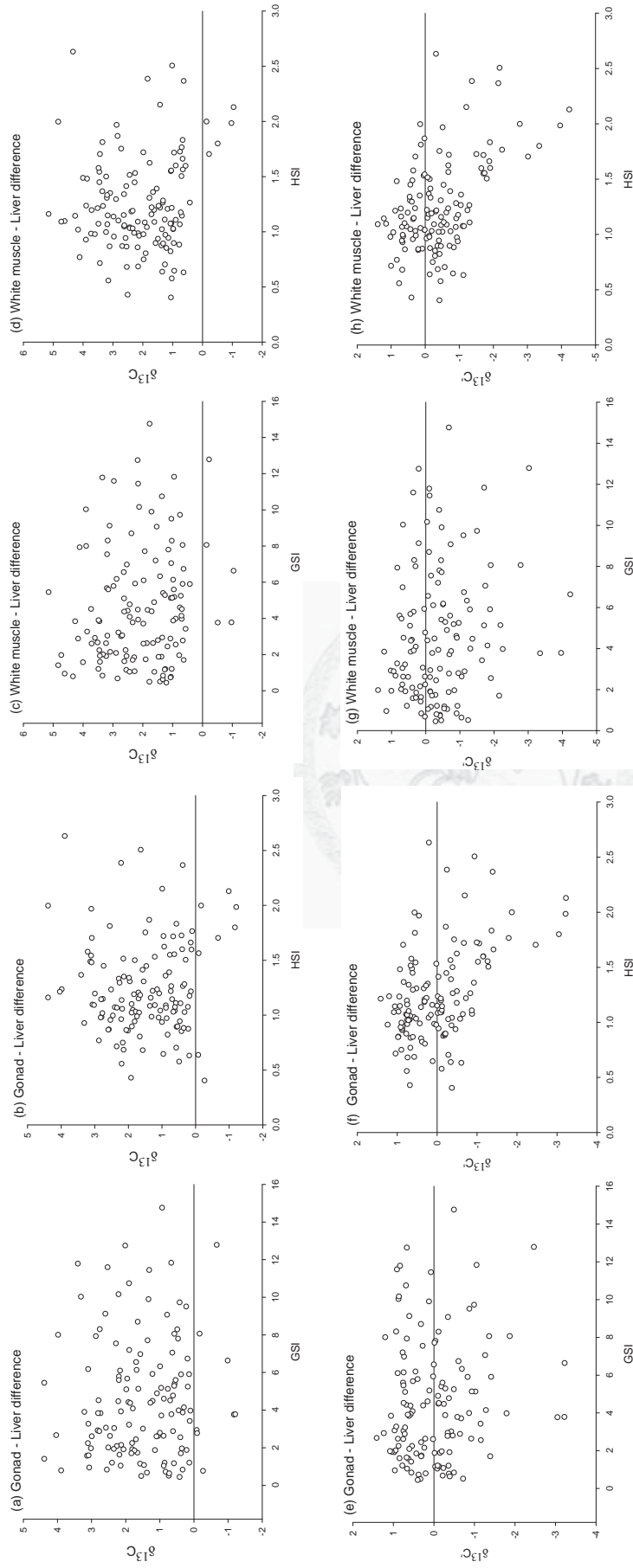


(e) 雌魚肝臟  $\delta^{13}\text{C}$  與 GSI 的分布關係圖  
 $y = -17.647 + 0.021x, R^2 = 0.014, p = 0.183$



(f) 雌魚肝臟  $\delta^{13}\text{C}$  與 HSI 的分布關係圖  
 $y = -16.45 - 1.314x + 0.355x^2, R^2 = 0.092, p = 0.002$

圖十七、雌魚三種組織  $\delta^{13}\text{C}$  與 GSI、HSI 之分布關係圖



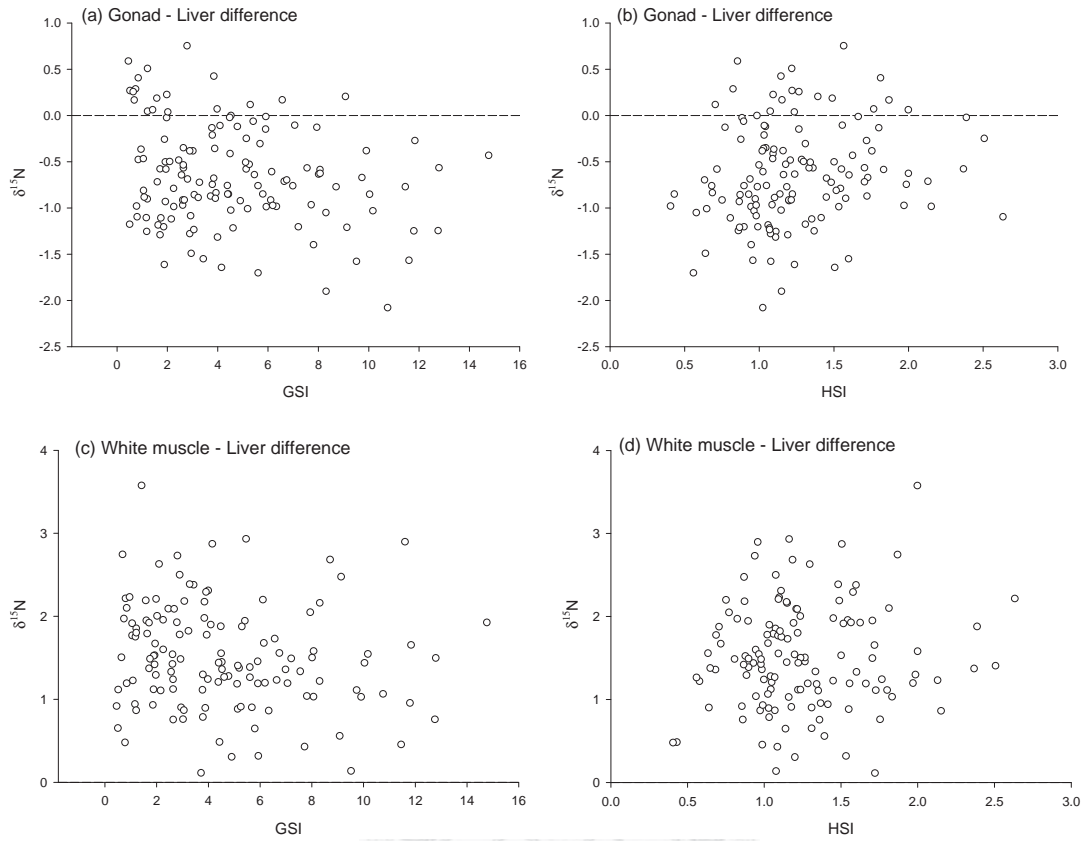
圖十八、雄魚生殖腺和肝臟的  $\delta^{13}\text{C}$  差值與(a)GSI，(b)HSI；

白肉和肝臟的  $\delta^{13}\text{C}$  差值與(c)GSI，(d)HSI；

生殖腺和肝臟的  $\delta^{13}\text{C}$  差值與(e)GSI，(f)HSI；

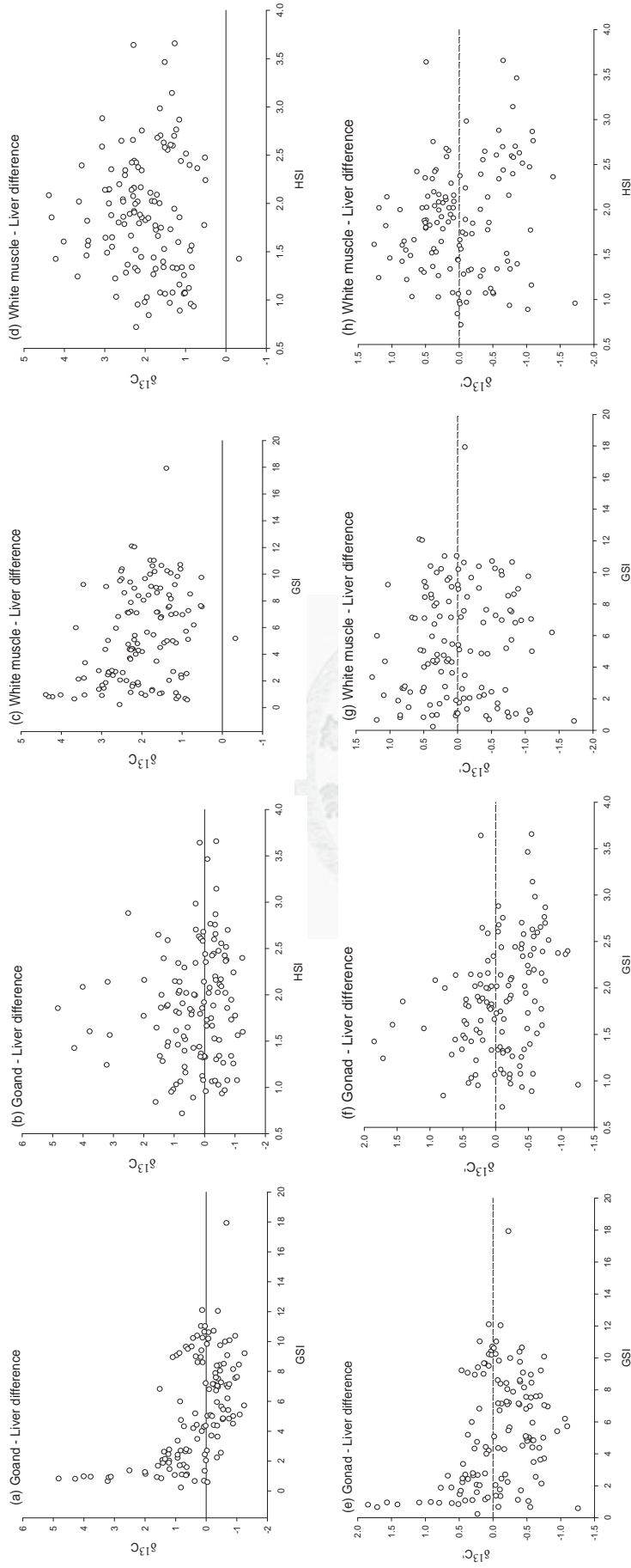
白肉和肝臟的  $\delta^{13}\text{C}$  差值與(g)GSI，(h)HSI 的分布關係圖

(附有  $x=0$  的參考線)



圖十九、雄魚生殖腺和肝臟的  $\delta^{15}\text{N}$  差值與(a)GSI，(b)HSI；  
白肉和肝臟的  $\delta^{15}\text{N}$  差值與(c)GSI，(d)HSI 的分布關係圖  
(附有  $x = 0$  參考線)





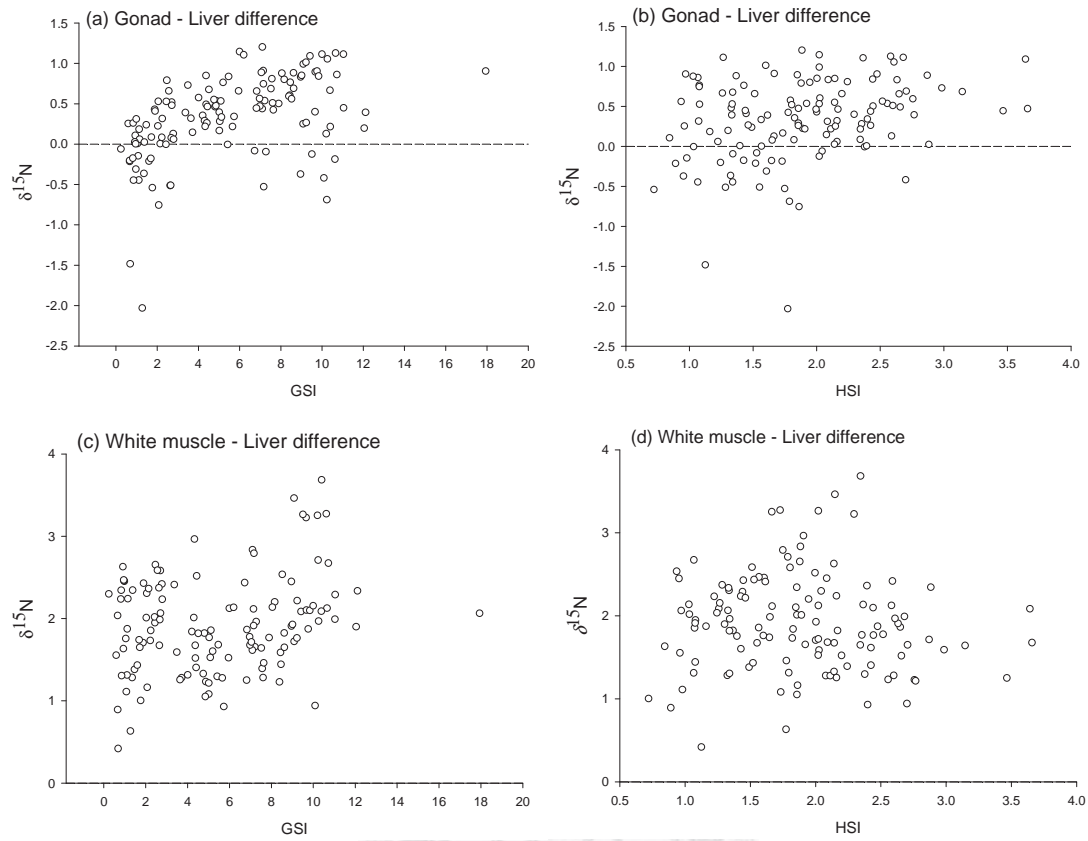
圖二十、雌魚生殖腺和肝臟的  $\delta^{13}C$  差值與(a)GSI，(b)HSI；

白肉和肝臟的  $\delta^{13}C$  差值與(c)GSI，(d)HSI；

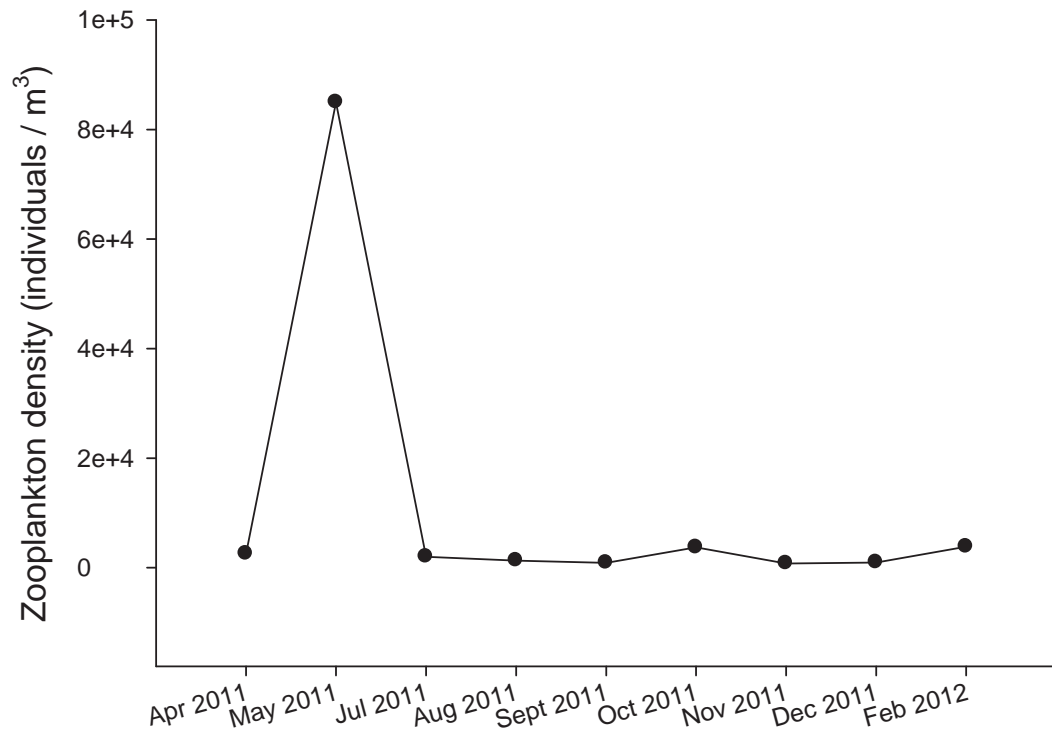
生殖腺和肝臟的  $\delta^{13}C$  差值與(e)GSI，(f)HSI；

白肉和肝臟的  $\delta^{13}C$  差值與(g)GSI，(h)HSI 的分布關係圖

(附有  $x = 0$  的參考線)

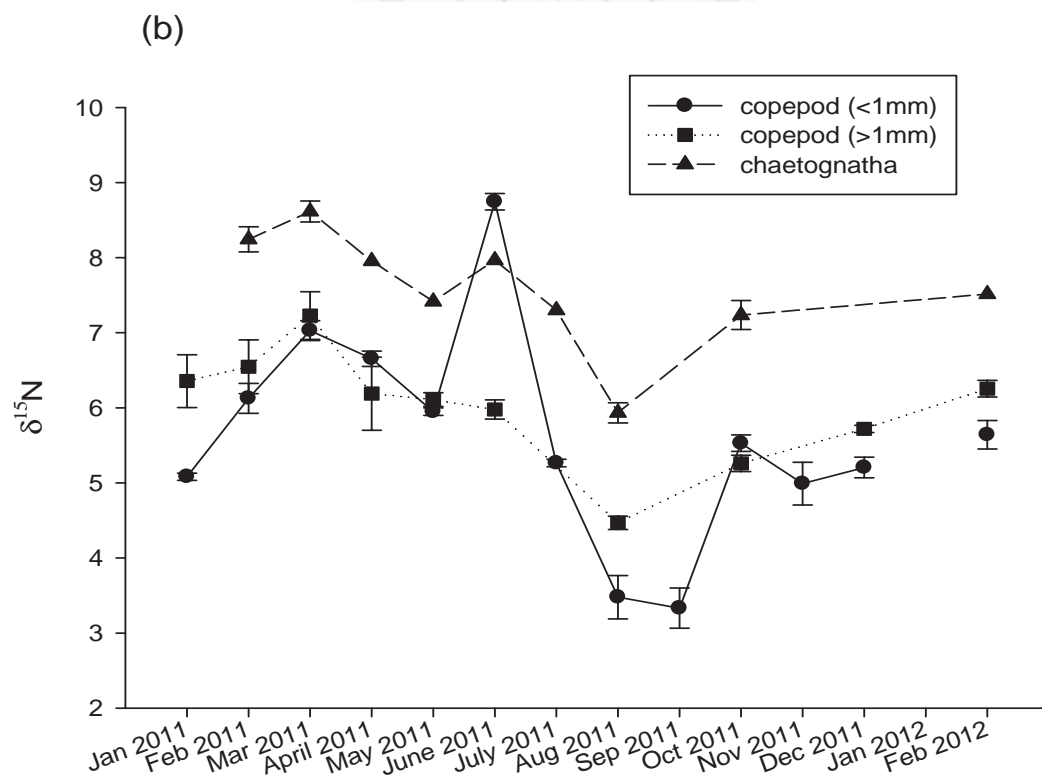
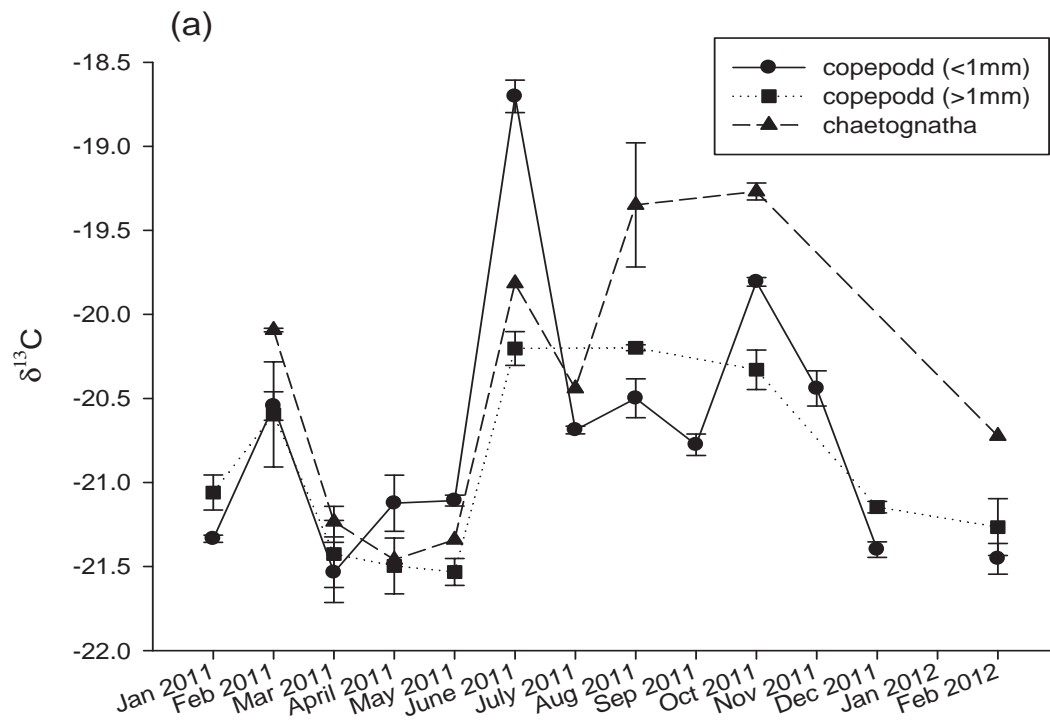


圖二十一、雌魚生殖腺和肝臟的  $\delta^{15}\text{N}$  差值與(a)GSI，(b)HSI；  
白肉和肝臟的  $\delta^{15}\text{N}$  差值與(c)GSI，(d)HSI 的分布關係圖  
(附有  $x = 0$  參考線)



圖二十二、藍綠光鰓雀鯛主要食物(橈足類)密度時序折線圖





圖二十三、藍綠光總雀鯛主要三種食物源的  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  時序折線圖

## 柒、表

表 1、雄魚及雌魚胃內含物在月份間的差異(MANOVA)

(a)雄魚、(b)雌魚

(a)

Effect	Wilk's Lambda	F	Hypothesis <i>df</i>	Error <i>df</i>	<i>p</i>
Intercept	0.027	216.119	9	53	<0.001
Month	0.017	2.541	117	409.610	<0.001

(b)

Effect	Wilk's Lambda	F	Hypothesis <i>df</i>	Error <i>df</i>	<i>p</i>
Intercept	0.037	192.622	8	59	<0.001
Month	0.013	3.545	104	417.268	<0.001



表 2、雄魚三種組織 C/N ratio 在月份間的差異(ANCOVA)：

(a)生殖腺、(b)白肉、(c)肝臟

(a)

Effect	SS	<i>df</i>	MS	F	<i>p</i>
Intercept	10.785	1	10.785	148.892	<0.001
SL	0.085	1	0.085	1.171	0.281
Month	1.919	13	0.148	2.038	0.023
Error	8.475	117	0.072		

(b)

Effect	SS	<i>df</i>	MS	F	<i>p</i>
Intercept	10.948	1	10.948	667.951	<0.001
SL	0.006	1	0.006	0.364	0.548
Month	0.602	13	0.046	2.818	0.001
Error	1.918	117	0.016		

(c)

Effect	SS	<i>df</i>	MS	F	<i>p</i>
Intercept	24.223	1	24.223	9.299	0.003
SL	3.841	1	3.841	1.474	0.227
Month	304.445	13	23.419	8.990	<0.001
Error	304.792	117	2.605		

表 3、雌魚三種組織 C/N ratio 在月份間的差異(ANCOVA)：

(a)生殖腺、(b)白肉、(c)肝臟

(a)

Effect	SS	<i>df</i>	MS	F	<i>p</i>
Intercept	18.637	1	18.637	263.314	<0.001
SL	0.296	1	0.296	4.187	0.043
Month	22.514	13	1.732	24.469	<0.001
Error	8.069	114	0.071		

(b)

Effect	SS	<i>df</i>	MS	F	<i>p</i>
Intercept	8.789	1	8.789	297.211	<0.001
SL	0.042	1	0.042	1.422	0.235
Month	0.482	13	0.037	1.253	0.252
Error	3.371	114	0.030		

(c)

Effect	SS	<i>df</i>	MS	F	<i>p</i>
Intercept	53.668	1	53.668	59.606	<0.001
SL	7.575	1	7.575	8.413	0.004
Month	205.843	13	15.834	17.586	<0.001
Error	102.644	114	0.900		

表 4、雄魚三種組織的  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  值在月份間的差異(ANCOVA，以標準體長為共變數)

(a)雄魚生殖腺  $\delta^{13}\text{C}$

Effect	SS	df	MS	F	p
Intercept	400.838	1	400.838	3727.291	<0.001
SL	0.895	1	0.895	8.327	0.005
Month	25.360	13	1.951	18.140	<0.001
Error	12.582	117	0.108		

(b)雄魚生殖腺  $\delta^{15}\text{N}$

Effect	SS	df	MS	F	p
Intercept	25.559	1	25.559	153.275	<0.001
SL	7.287	1	7.287	43.698	<0.001
Month	68.525	13	5.271	31.611	<0.001
Error	19.510	117	0.167		

(c)雄魚白肉  $\delta^{13}\text{C}$

Effect	SS	df	MS	F	p
Intercept	392.044	1	392.044	6346.681	<0.001
SL	1.749	1	1.749	28.318	<0.001
Month	5.444	13	0.419	6.780	<0.001
Error	7.227	117	0.062		

(d)雄魚白肉  $\delta^{15}\text{N}$

Effect	SS	df	MS	F	p
Intercept	58.251	1	58.251	911.538	<0.001
SL	5.476	1	5.476	85.693	<0.001
Month	3.616	13	0.278	4.353	<0.001
Error	7.477	117	0.064		

(e)雄魚肝臟  $\delta^{13}\text{C}$

Effect	SS	df	MS	F	p
Intercept	567.583	1	567.583	780.685	<0.001
SL	10.246	1	10.246	14.093	<0.001
Month	138.754	13	10.673	14.681	<0.001
Error	85.062	117	0.727		

(f)雄魚肝臟  $\delta^{15}\text{N}$

Effect	SS	df	MS	F	p
Intercept	39.652	1	39.651	315.717	<0.001
SL	4.569	1	4.569	36.379	<0.001
Month	42.890	13	3.299	26.271	<0.001
Error	14.694	117	0.126		



表 5、雌魚三種組織的  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  值在月份間的差異(ANCOVA，以標準體長為共變數)

(a)雌魚生殖腺  $\delta^{13}\text{C}$

Effect	SS	df	MS	F	p
Intercept	303.649	1	303.649	2227.883	<0.001
SL	1.000	1	1.000	7.340	0.008
Month	63.752	13	4.904	35.981	<0.001
Error	15.538	114	0.136		

(b)雌魚生殖腺  $\delta^{15}\text{N}$

Effect	SS	df	MS	F	p
Intercept	35.675	1	35.675	649.888	<0.001
SL	0.439	1	0.439	7.993	0.006
Month	51.625	13	3.971	72.342	<0.001
Error	6.258	114	0.055		

(c)雌魚白肉  $\delta^{13}\text{C}$

Effect	SS	df	MS	F	p
Intercept	265.251	1	265.251	2795.781	<0.001
SL	1.490	1	1.490	15.701	<0.001
Month	5.085	13	0.391	4.123	<0.001
Error	10.816	114	0.095		

(d)雌魚白肉  $\delta^{15}\text{N}$

Effect	SS	df	MS	F	p
Intercept	51.882	1	51.882	1176.055	<0.001
SL	0.582	1	0.582	13.188	<0.001
Month	4.088	13	0.314	7.128	<0.001
Error	5.029	114	0.044		

(e)雌魚肝臟  $\delta^{13}\text{C}$

Effect	SS	df	MS	F	p
Intercept	358.413	1	358.413	1460.397	<0.001
SL	4.924	1	4.924	20.062	<0.001
Month	62.702	13	4.823	19.653	<0.001
Error	27.978	114	0.245		

(f)雌魚肝臟  $\delta^{15}\text{N}$

Effect	SS	df	MS	F	p
Intercept	31.263	1	31.263	273.033	<0.001
SL	0.610	1	0.61	5.326	0.023
Month	37.569	13	2.890	25.239	<0.001
Error	13.053	114	0.115		

## 附錄

附錄 1、雄魚各月份樣本數量、濕重、體長、肝臟、性腺、脂肪重量以及三項體指數(GSI、HSI、MFI)平均值(±SD)

Month	Number of specimen	Wet body weight(g)	Body length (cm, FL)	Liver weight (g)	Gonad weight (g)	Fat weight (g)	GSI	HSI	MFI
2011.01	8	11.35±	6.18±	0.12±	0.19±	0.05±	1.66±	1.01±	0.46±
		8.17	1.27	0.11	0.23	0.03	1.55	0.38	0.25
2011.02	30	19.56±	7.70±	0.19±	1.15±	0.18±	5.81±	0.94±	0.81±
		4.99	0.76	0.07	0.44	0.13	2.14	0.19	0.51
2011.03	21	19.29±	7.58±	0.28±	0.63±	0.14±	3.10±	1.45±	0.57±
		6.62	1.00	0.11	0.32	0.11	1.42	0.24	0.48
2011.04	19	21.10±	7.87±	0.24±	1.80±	0.10±	8.87±	1.11±	0.44±
		5.17	0.71	0.08	0.48	0.10	2.63	0.19	0.41
2011.05	27	17.65±	7.27±	0.31±	1.42±	0.06±	7.89±	1.72±	0.31±
		7.61	1.26	0.14	0.81	0.13	3.37	0.25	0.55
2011.06	18	13.00±	6.88±	0.14±	0.14±	0.01±	1.06±	1.07±	0.07±
		6.09	1.06	0.08	0.12	0.01	0.74	0.39	0.10
2011.07	20	16.55±	7.34±	0.21±	0.25±	0.02±	1.54±	1.32±	0.14±
		4.37	0.67	0.06	0.09	0.02	0.44	0.27	0.14
2011.08	30	13.13±	6.81±	0.13±	0.77±	0.07±	5.72±	1.03±	0.66±
		4.62	0.76	0.05	0.46	0.05	2.49	0.23	0.51
2011.09	26	19.89±	7.82±	0.25±	0.94±	0.06±	5.02±	1.27±	0.32±
		2.96	0.52	0.06	0.34	0.10	2.48	0.22	0.49
2011.10	17	18.11±	7.36±	0.33±	1.15±	0.08±	6.57±	1.76±	0.47±
		5.28	0.70	0.16	0.43	0.09	2.67	0.47	0.60
2011.11	22	16.76±	7.51±	0.16±	0.87±	0.02±	5.03±	0.94±	0.17±
		5.30	0.79	0.06	0.42	0.03	2.31	0.22	0.29
2011.12	28	15.84±	7.37±	0.17±	0.54±	0.11±	3.55±	1.09±	0.77±
		3.39	0.56	0.05	0.22	0.12	1.59	0.18	0.78
2012.01	19	17.02±	7.36±	0.29±	0.30±	0.15±	168±	1.67±	0.92±
		5.16	0.79	0.13	0.23	0.1	1.09	0.44	0.73
2012.02	23	18.03±	7.61±	0.20±	0.80±	0.22±	4.55±	1.12±	1.24±
		4.01	0.59	0.06	0.39	0.13	2.63	0.23	0.70

附錄 2、雌魚各月份樣本數量、體重、體長、肝臟、性腺、脂肪重量以及三項體指數(GSI、HSI、MFI)平均值( $\pm$ SD)

Month	Number of specimen	Wet body weight(g)	Body length (cm, FL)	Liver weight (g)	Gonad weight (g)	Fat weight (g)	GSI	HSI	MFI
2011.01	11	11.33 $\pm$	6.39 $\pm$	0.17 $\pm$	0.18 $\pm$	0.07 $\pm$	1.30 $\pm$	1.38 $\pm$	0.66 $\pm$
		6.85	1.20	0.13	0.16	0.10	0.70	0.41	0.75
2011.02	18	15.96 $\pm$	7.24 $\pm$	0.32 $\pm$	0.98 $\pm$	0.07 $\pm$	5.60 $\pm$	1.96 $\pm$	0.47 $\pm$
		5.24	0.82	0.11	0.54	0.07	2.23	0.35	0.50
2011.03	18	17.14 $\pm$	7.48 $\pm$	0.39 $\pm$	0.75 $\pm$	0.04 $\pm$	4.15 $\pm$	2.26 $\pm$	0.29 $\pm$
		5.84	0.94	0.15	0.38	0.04	1.45	0.37	0.42
2011.04	11	15.68 $\pm$	7.32 $\pm$	0.35 $\pm$	0.95 $\pm$	0.01 $\pm$	5.99 $\pm$	2.25 $\pm$	0.10 $\pm$
		3.61	0.52	0.09	0.34	0.02	1.27	0.45	0.15
2011.05	16	15.72 $\pm$	7.11 $\pm$	0.46 $\pm$	1.14 $\pm$	0.01 $\pm$	7.02 $\pm$	2.83 $\pm$	0.13 $\pm$
		5.32	0.77	0.20	0.51	0.02	1.39	0.53	0.19
2011.06	17	11.35 $\pm$	6.78 $\pm$	0.15 $\pm$	0.10 $\pm$	0.01 $\pm$	0.84 $\pm$	1.35 $\pm$	0.07 $\pm$
		4.02	0.70	0.12	0.05	0.01	0.26	1.37	0.12
2011.07	9	14.64 $\pm$	7.09 $\pm$	0.31 $\pm$	0.37 $\pm$	0.01 $\pm$	2.42 $\pm$	2.04 $\pm$	0.06 $\pm$
		4.06	0.78	0.11	0.19	0.01	0.94	0.29	0.05
2011.08	8	10.97 $\pm$	6.51 $\pm$	0.14 $\pm$	0.89 $\pm$	0.03 $\pm$	7.16 $\pm$	1.29 $\pm$	0.37 $\pm$
		4.47	0.78	0.07	0.71	0.04	3.56	0.19	0.43
2011.09	16	12.61 $\pm$	6.66 $\pm$	0.24 $\pm$	1.16 $\pm$	0.03 $\pm$	8.96 $\pm$	1.88 $\pm$	0.23 $\pm$
		2.87	0.52	0.07	0.40	0.03	1.65	0.35	0.20
2011.10	18	15.69 $\pm$	7.06 $\pm$	0.38 $\pm$	1.40 $\pm$	0.02 $\pm$	8.92 $\pm$	2.40 $\pm$	0.13 $\pm$
		4.93	0.66	0.14	0.50	0.02	1.34	0.38	0.18
2011.11	14	15.11 $\pm$	7.22 $\pm$	0.19 $\pm$	0.79 $\pm$	0.01 $\pm$	4.48 $\pm$	1.26 $\pm$	0.06 $\pm$
		4.63	0.66	0.06	1.21	0.03	4.84	0.23	0.21
2011.12	15	15.77 $\pm$	7.39 $\pm$	0.23 $\pm$	1.22 $\pm$	0.01 $\pm$	7.51 $\pm$	1.45 $\pm$	0.04 $\pm$
		3.31	0.83	0.10	0.53	0.01	2.61	0.52	0.09
2012.01	17	13.52 $\pm$	6.94 $\pm$	0.25 $\pm$	0.14 $\pm$	0.07 $\pm$	1.04 $\pm$	1.78 $\pm$	0.62 $\pm$
		2.74	0.49	0.10	0.07	0.12	0.35	0.43	0.10
2012.02	20	16.30 $\pm$	7.37 $\pm$	0.24 $\pm$	0.74 $\pm$	0.06 $\pm$	4.51 $\pm$	1.49 $\pm$	0.41 $\pm$
		2.87	0.47	0.07	0.55	0.07	3.18	0.42	0.46

附錄 3、性別不明的樣本之濕重、體長、肝臟、性腺、脂肪重量以及三項體指數 (GSI、HSI、MFI)值\*

Month	Area	Wet body weight (g)	Body length (cm,FL)	Liver weight (g)	Gonad weight (g)	Fat weight (g)	GSI	HSI	MFI
2011.01	A	5.350	5.300	0.060	0.030	0.010	0.561	1.121	0.187
2011.03	A	NA	6.700	0.250	0.360	0.010	NA	NA	NA
2011.03	A	4.850	5.230	0.070	0.020	0.000	0.412	1.443	0.000
2011.05	A	3.310	4.550	0.04	0.020	0.000	0.6042	1.208	0.000
2011.07	A	3.243	4.650	0.058	0.000	0.000	0.000	1.788	0.000
2011.07	A	2.576	3.955	0.040	0.009	0.000	0.349	1.553	0.000
2011.07	A	2.964	4.400	0.044	0.000	0.000	0.000	1.484	0.000
2011.07	A	2.543	4.080	0.044	0.006	0.000	0.236	1.730	0.000
2011.07	A	2.626	4.170	0.014	0.000	0.000	0.000	0.533	0.000
2011.08	A	4.563	5.000	0.046	0.004	0.008	0.088	1.008	0.175
2011.08	A	2.536	4.120	0.026	NA	0.003	0.000	1.025	0.118
2011.08	B	NA	8.380	0.323	0.993	0.000	NA	NA	NA
2011.10	A	4.891	5.270	0.054	NA	0.003	NA	NA	0.061
2011.11	A	5.980	5.480	0.093	0.050	0.035	0.836	1.555	0.585
2011.11	A	4.971	4.950	0.048	0.023	0.043	0.463	0.966	0.865
2011.12	A	12.319	7.020	0.452	NA	0.055	NA	3.669	0.446
2012.01	B	9.081	6.110	0.120	0.043	0.008	0.474	1.321	0.088
2012.01	B	14.409	7.830	0.244	NA	0.147	NA	1.693	1.020

\*NA : data are not available



附錄 4、雄魚胃內含物各食物項組成百分比

Month	Area	copepod	chaetognatha	egg	algae	fish	shrimp	polychaeta	isopod	scale
2011.01	A	80.46	19.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.01	A	80.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.01	A	85.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.01	A	75.03	21.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.01	A	49.23	1.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.01	A	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.01	A	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.01	A	57.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.02	A	50.00	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.02	A	44.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.02	A	51.13	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.02	A	90.91	9.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.02	A	68.18	4.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.02	B	45.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.02	B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.02	B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.03	B	74.80	3.15	0.00	0.00	1.57	3.94	0.00	0.00	0.00
2011.03	B	75.89	6.38	0.00	0.00	1.77	2.48	0.00	0.00	0.00
2011.03	B	65.57	5.74	0.00	0.00	0.82	3.28	0.00	0.00	0.00
2011.03	B	47.73	9.09	0.00	0.00	5.30	6.06	0.00	0.00	0.00
2011.03	B	62.64	17.24	0.00	0.00	1.15	1.72	0.00	0.00	0.00
2011.04	B	93.26	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.04	B	83.82	1.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.04	B	85.96	0.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.04	B	90.96	1.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.78	0.00	0.00
2011.04	B	82.31	9.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.05	A	92.98	4.75	0.00	0.30	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00
2011.05	A	97.84	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.05	B	77.88	19.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.05	B	53.38	27.76	0.00	0.00	1.78	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.05	B	74.91	4.32	0.00	0.48	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.05	B	71.15	27.20	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00
2011.06	A	74.53	3.31	0.00	0.21	0.00	1.66	0.41	0.00	0.00
2011.06	A	70.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00
2011.06	B	67.95	3.09	0.00	0.77	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00
2011.06	B	93.41	5.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.06	B	94.82	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.07	A	96.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.07	A	48.18	33.58	0.00	0.00	0.00	0.73	0.00	0.00	0.00
2011.07	A	88.24	9.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.07	A	96.48	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.07	B	95.93	3.25	0.00	0.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.08	B	97.24	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.08	B	85.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.08	B	75.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.08	B	77.75	0.65	0.00	0.16	0.32	0.39	0.00	0.00	0.00
2011.08	B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.08	B	95.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.09	A	90.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.09	B	74.34	23.98	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00
2011.09	B	97.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.09	B	48.48	29.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.00
2011.09	B	96.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.10	A	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.10	B	94.12	2.94	0.00	0.00	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.10	B	79.49	18.34	0.00	0.00	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.10	B	98.67	1.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.10	B	92.59	0.62	0.00	0.00	4.32	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.11	A	89.02	7.99	0.29	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29
2011.11	A	46.21	52.17	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00
2011.11	A	77.32	16.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

下頁續

續上頁

2011.11	A	85.00	13.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.11	B	70.00	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.12	B	44.44	11.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.12	B	74.07	18.52	0.00	1.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.12	B	54.29	22.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.12	B	64.86	5.41	2.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.12	B	57.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2012.01	A	81.03	15.52	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00
2012.01	A	43.43	48.00	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00	0.00	0.00
2012.01	A	57.62	35.76	0.00	0.00	0.00	0.66	0.00	0.00	0.00
2012.01	A	76.92	21.74	0.00	0.00	0.00	0.33	0.33	0.00	0.67
2012.01	B	72.61	12.45	0.00	2.07	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00
2012.02	A	66.67	8.89	11.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2012.02	A	73.33	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2012.02	A	79.21	15.84	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2012.02	A	61.11	30.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2012.02	A	95.24	0.00	0.00	4.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mean		73.17	9.47	0.19	0.14	0.24	0.31	0.03	0.01	0.01
STD		22.29	11.85	1.29	0.61	0.84	0.95	0.14	0.07	0.08



附錄 5、雌魚胃內含物各食物項組成百分比

Month	Area	copepod	chaetognatha	egg	algae	fish	shrimp	polychaeta	isopod	scale
2011.01	A	82.43	14.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.01	A	73.02	25.40	1.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.01	A	55.39	34.90	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.01	A	88.89	11.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.01	A	88.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.01	A	75.00	10.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.01	A	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.01	A	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.01	A	90.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.01	A	84.21	15.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.01	A	75.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.02	A	93.81	0.00	0.00	6.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.02	A	30.19	1.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.02	A	93.75	5.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.02	A	37.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.02	A	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.02	A	34.57	6.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.02	A	92.31	7.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.02	A	36.36	9.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.02	A	44.44	3.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.02	A	66.67	6.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.02	B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.02	B	30.77	7.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.03	A	58.28	12.27	0.00	0.00	4.29	3.68	0.00	0.00	0.00
2011.03	A	53.03	4.55	0.00	0.00	0.00	4.55	0.00	0.00	0.00
2011.03	A	58.42	13.86	0.00	0.00	0.00	2.97	0.00	0.00	0.00
2011.03	A	60.54	6.12	0.00	0.00	4.76	4.76	0.00	0.00	0.00
2011.03	A	65.35	1.98	0.00	0.00	13.86	1.98	0.00	0.00	0.00
2011.04	A	73.68	1.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.04	A	76.36	1.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.04	B	62.63	26.29	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.04	B	74.92	14.33	0.00	0.00	0.33	0.65	0.00	0.00	0.00
2011.04	B	83.11	6.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.05	A	89.16	9.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.05	A	74.19	15.05	0.00	0.00	1.08	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.05	B	76.11	18.58	0.00	0.00	0.44	0.00	0.44	0.00	0.00
2011.05	B	63.33	34.07	0.00	0.40	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00
2011.06	A	57.14	0.00	2.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.06	A	63.83	3.19	0.00	1.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.06	B	75.95	1.27	0.00	2.53	0.00	0.00	2.53	0.00	0.00
2011.06	B	91.18	0.98	0.00	0.98	0.00	0.00	0.98	0.00	0.00
2011.06	B	64.26	0.00	0.00	2.01	0.00	0.00	1.61	0.00	0.00
2011.07	A	79.40	17.09	0.00	0.00	0.00	1.01	0.00	0.00	0.00
2011.07	A	97.70	1.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.07	A	47.52	36.11	0.00	0.00	0.12	0.10	0.00	0.00	0.00
2011.07	A	70.82	24.14	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00
2011.07	B	82.54	3.17	0.00	0.00	0.00	3.17	0.00	0.00	0.00
2011.08	B	70.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.08	B	75.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.08	B	72.86	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.08	B	61.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.09	A	93.69	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.09	A	89.11	5.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.09	A	82.43	14.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.09	A	73.02	25.40	1.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.09	A	55.39	34.90	1.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.10	A	88.89	11.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.10	A	88.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.10	B	75.00	10.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

下頁續

續上頁

2011.10	B	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.10	B	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.11	A	90.00	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.11	A	84.21	15.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.11	A	75.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.11	A	93.81	0.00	0.00	6.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.11	B	30.19	1.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.12	A	93.75	5.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.12	B	37.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.12	B	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.12	B	34.57	6.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011.12	B	92.31	7.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2012.01	A	36.36	9.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2012.01	A	44.44	3.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2012.01	A	66.67	6.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2012.01	B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2012.01	B	30.77	7.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2012.02	A	58.28	12.27	0.00	0.00	4.29	3.68	0.00	0.00	0.00
2012.02	A	53.03	4.55	0.00	0.00	0.00	4.55	0.00	0.00	0.00
2012.02	A	58.42	13.86	0.00	0.00	0.00	2.97	0.00	0.00	0.00
2012.02	A	60.54	6.12	0.00	0.00	4.76	4.76	0.00	0.00	0.00
2012.02	A	65.35	1.98	0.00	0.00	13.86	1.98	0.00	0.00	0.00
Mean		70.48	8.12	0.09	0.25	0.47	0.44	0.10	0.00	0.00
STD		20.99	9.69	0.39	0.96	2.07	1.17	0.43	0.00	0.00





附錄 6、雄魚各月份穩定同位素平均值及標準差

Month	Gonad $\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$	Gonad $\delta^{15}\text{N}(\text{‰})$	Liver $\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$	Liver $\delta^{15}\text{N}(\text{‰})$	White muscle $\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$	White muscle $\delta^{15}\text{N}(\text{‰})$
2011.01	-18.7±0.2	7.7±0.2	-20.4±0.5	8.4±0.2	-18.3±0.6	9.6±0.5
2011.02	-19.0±0.4	7.8±0.5	-20.9±0.8	8.2±0.5	-18.0±0.2	9.8±0.3
2011.03	-19.3±0.3	8.2±0.6	-20.6±0.5	9.0±0.4	-18.3±0.2	9.7±0.4
2011.04	-18.9±0.2	8.5±0.6	-20.0±0.8	9.2±0.4	-18.3±0.4	9.9±0.4
2011.05	-18.6±0.1	8.2±0.5	-18.9±0.7	8.6±0.4	-18.1±0.2	9.8±0.2
2011.06	-18.8±0.5	8.5±0.8	-19.2±0.1	8.8±0.4	-17.9±0.2	10.0±0.3
2011.07	-18.5±0.4	7.4±0.4	-20.5±1.1	8.1±0.5	-17.9±0.2	9.9±0.3
2011.08	-17.9±0.1	7.1±0.3	-19.6±0.7	8.2±0.4	-18.0±0.3	9.8±0.3
2011.09	-18.2±0.3	5.6±0.4	-19.6±1.3	7.0±0.3	-17.8±0.2	9.5±0.3
2011.10	-17.8±0.4	7.4±0.4	-19.2±2.0	8.1±0.4	-17.8±0.2	9.4±0.4
2011.11	-18.4±0.3	7.7±0.4	-18.7±0.2	8.0±0.6	-17.8±0.2	9.4±0.5
2011.12	-18.5±0.2	7.4±0.3	-20.4±0.6	8.3±0.2	-17.8±0.2	9.6±0.3
2012.01	-18.8±0.6	6.8±0.4	-21.8±0.8	7.5±0.4	-18.3±0.5	9.8±0.4
2012.02	-19.2±0.2	7.4±0.6	-22.1±0.7	7.9±0.4	-18.0±0.3	9.9±0.2



附錄 7、雌魚各月份穩定同位素平均值及標準差

Month	Gonad $\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$	Gonad $\delta^{15}\text{N}(\text{‰})$	Liver $\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$	Liver $\delta^{15}\text{N}(\text{‰})$	White muscle $\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$	White muscle $\delta^{15}\text{N}(\text{‰})$
2011.01	-19.6±0.5	7.8±0.3	-20.7±0.6	7.9±0.3	-18.0±0.2	9.3±0.2
2011.02	-20.5±0.1	8.3±0.1	-20.4±0.5	7.6±0.3	-18.2±0.3	9.6±0.3
2011.03	-20.8±0.1	8.5±0.2	-20.5±0.3	8.1±0.3	-18.1±0.5	9.6±0.2
2011.04	-20.5±0.2	8.8±0.3	-19.8±0.4	8.3±0.2	-18.5±0.4	9.5±0.3
2011.05	-19.7±0.2	8.6±0.2	-19.4±0.3	8.1±0.3	-18.0±0.1	9.6±0.2
2011.06	-18.8±0.7	8.2±0.4	-19.5±0.6	8.5±0.5	-18.1±0.3	9.8±0.2
2011.07	-19.5±0.5	7.7±0.2	-20.6±0.4	7.5±0.3	-18.1±0.2	9.7±0.2
2011.08	-19.3±0.3	7.7±0.5	-19.6±0.7	7.4±0.3	-18.3±0.6	9.6±0.1
2011.09	-19.7±0.1	6.0±0.2	-20.2±0.5	6.1±0.3	-17.9±0.3	9.2±0.1
2011.10	-19.0±0.1	8.3±0.2	-19.2±0.6	7.4±0.2	-17.8±0.2	9.3±0.1
2011.11	-19.1±0.4	7.9±0.3	-18.7±0.2	7.3±0.2	-17.6±0.0	9.4±0.2
2011.12	-20.1±0.2	8.4±0.2	-19.6±0.5	7.6±0.2	-17.9±0.3	9.4±0.2
2012.01	-18.3±0.7	7.3±0.2	-21.5±1.0	7.5±0.7	-18.0±0.2	9.7±0.3
2012.02	-20.3±0.4	7.8±0.2	-20.6±0.5	7.7±0.3	-18.1±0.5	9.8±0.3

