

RES 075



RES075

(49.P)

保育研究報告第75號

中華民國國家公園學會合作

墾丁國家公園海域雀鯛科魚類 生殖行為研究

張崑雄 詹榮桂

內政部營建署墾丁國家公園管理處

中華民國八十年六月

保育研究報告第75號

墾丁國家公園海域雀鯛科魚類 生殖行為研究

執行單位：中華民國國家公園學會
計畫主持人：張崑雄教授、詹榮桂博士
執行期限：一年（民國79年7月至80年6月）
參與研究人員：鄭明修、陳仲吉、莊鈴川、陳淑珍、
陳敏山、湯程進

內政部

墾丁國家公園管理處

營建署

中華民國八十年六月

目

錄

中文摘要	1
英文摘要	3
壹、緒言	5
貳、研究材料與方法	7
一、雀鯛科魚類描述	7
二、調查的時間與地點	8
三、進行的方法與步驟	12
參、結果	13
一、黃尾雀鯛 (<u>Pomacentrus flavicauda</u>)	13
二、紅背雀鯛 (<u>Pomacentrus bankanensis</u>)	24
三、單斑雀鯛 (<u>Chrysiptera unimaculata</u>)	26
四、真珠雀鯛 (<u>Plectroglyphidodon lacrymatus</u>)	27
五、太平洋真雀鯛 (<u>Stegastes fasciolatus</u>)	32
肆、雀鯛生殖綜合描述	33
伍、結論與建議	47
陸、主要參考資料	49
附錄	51

中文摘要

墾丁國家公園位處本省最南端，在範圍上除了陸域部份外，也包括了廣闊的海域；本項研究主要是以生態學的觀點，來研究此國家公園海域內的珊瑚礁魚類的生殖行為；藉此一方面將海域生態環境監測資料擴大到魚類的生殖生態學上，另外一方面，有關魚類的生殖行為如築巢、求偶、產卵以及護卵等現象的調查結果，亦可以增進人們對珊瑚礁魚類的瞭解，進而達到大眾教育的功能。

觀察時所選用的材料為雀鯛科的魚類。本計畫自民國七十九年八月開始實際執行，並於該年的十月、十二月以及八十年的一月、四月以及五月分別赴萬里桐、後壁湖、香蕉灣、潭子灣、小港等沿岸海域潛水調查雀鯛科魚類的生殖情形。雀鯛的生殖現象在萬里桐、香蕉灣、小港等三處發現得較多，在這三個地點所觀察到的生殖的雀鯛共三種，它們分別是黃尾雀鯛 (*Pomacentrus flavicauda*)、紅背雀鯛 (*Pomacentrus bankanensis*) 以及單斑雀鯛 (*Chrysiptera unimaculata*)。紅背雀鯛的生殖亦分別出現於A站及B站。另外在潭子灣觀察到真珠雀鯛 (*Plectroglyphidodon lacrymatus*) 及在後壁湖外亞潮帶的A站觀察到太平洋真雀鯛 (*Stegastes fasciolatus*) 的生殖現象。

雀鯛在生殖的過程中，在行為上有程度不一的一些變化；以黃尾雀鯛為例，當把雄魚的生殖依其過程而分成個時四期，亦即築巢期 (Nest-preparation stage)、求偶期 (Courtship stage)、生殖期 (Spawning stage) 以及護卵期 (Egg-caring stage) 時，相似的是：在這些過程中，生殖個體都很少離開自己的領域。除此之外，我們發現生殖個體在這四個時期之間的行為有些差異。例如在築巢期間，表現得比在其它時期還要多的清理產卵巢的動作 (29%對求偶期的5%、生殖期的

(續下頁)

(接上頁)

4%及護卵期的6%)。在求偶期，離巢的行為比在其他時期還要多(29%對築巢期的4%、生殖期的8%與護卵期的3%)。離巢主要是到附近去吸引雌魚到巢中產卵，不過其中也有一部份是在追逐其它個體。在生殖期及護卵期中，在巢中的時間都是相當的多，在前者主要是在巢中行交配，而在後一時期主要是在巢中清理受精卵。

在另外一方面，在過去的一年中，除了四月份之外，香蕉灣內黃尾雀鯛的生殖情況差六年前(即民國七十四年與七十五年之間)的很多。以月份來說，除了兩者在七月份都沒有資料，以及在本期內有一些月份未進行作業之外，在有數據的多數月份裡，前者的生殖巢的數目為後者的2倍以上。導致這種生殖巢數降低的現象，最主要的原因可能是香蕉灣內的黃尾雀鯛的族群量降低的關係。在七十五年的調查中，這裡估計約有160尾左右的黃尾雀鯛，但是在本年內的觀察中，估計只有50尾左右。灣內的黃尾雀鯛的減少，很可能是築港工程所造成的。這裡的船澳是在民國七十五年以後才拓寬的，在施工時以炸藥炸開礁石，或以怪手挖掘底質等等，直接導至生活在附近的個體的死亡，並且破壞了棲所環境。在另外一方面，新拓寬的部份改變海底的地形，也會降低海流帶走海底沈積物的能力。在這種棲息環境不適的情形之下，即使外來仔魚補充的來源充足，族群量也終究無法恢復到原來的狀態。

雀鯛科魚類為墾丁國家公園珊瑚礁生態系中的基本魚種，同時也是本省沿海珊瑚礁以及岩礁內的主要定棲性魚類，因此可以做為監測海域生態環境的一種生物指標。有關雀鯛的生殖地點、生殖巢的分布以及在各海域內的生殖情形將是海域生態環境監測上的一項重要背景資料。本計畫中有關黃尾雀鯛的生殖活動比較即為一例。此外，本調查結果也顯示：海域內工程在進行前有必要評估其可能對生態環境所帶來的衝擊，而工程完成之後也有追蹤調查其環境影響的必要。

A B S T R A C T

Kenting National Park is located on the southern tip of Taiwan. In addition to its wide-scaled landscape, this national park also covers vast marine province. The present project hence aims to study the reproductive ecology, including behavior, of the coral reef fishes in this national park.

We used damselfishes (Pomacentridae) as materials. Underwater observations on the spawning of damselfishes were undertaken by scuba diving in August, October, December of 1990 and January, April and May of 1991. The study site included seven subtidal stations, namely, Wanlitung, Shianchiaowan, Tantzwan, Shiaokang, and Stations A, B and D. Spawnings of Pomacentrus flavicauda, P. bankanensis, and Chrysiptera unimaculata were observed mainly at Wanlitung, Shianchiaowan, and Shiaokang, though spawnings of P. bankanensis also occurred sporadically at Stations A and B. On the other hand, spawning of Plectroglyphidodon lacrymatus was observed at Tantzwan while that of Stegastes fasciolatus was observed at Station A.

All these damselfishes are demersal spawners; males are responsible for nest-building and egg-caring. During spawning, the male fish exhibited a variety of motion patterns. Given Pomacentrus flavicauda as an example, only very rarely did the male leave its nest throughout the nest-preparation, courtship, spawning and egg-caring stages. However, there were variations in the percentage composition of its behavioral patterns related to the nest. For example, during the nest-preparation stage the male invested 29% of its time budget in nest-cleaning (compared to 5% in the courtship stage, 4% in the spawning stage and 3% in the egg-caring stage). At the courtship stage, the fish left its nest more frequently than at any other stage. Actions exhibited at this stage comprised mostly of the two patterns: inviting females to spawn, or chasing other

(continued over)

(continued)

fishes away from the nest. Results from comparisons available between the present yearly data and those collected during 1985-86 reveal that the spawning activity of P. flavicauda declined dramatically at Shianchiaowan. The averaged daily number of nests found six years ago is, in the most months, more than two times of its current counterpart. On the other hand, the population size of this damselfish has decreased from the previous 160 individuals to the current 50 individuals. The change of the population size might have inevitably led to the decrease of the overall spawning activity of this fish. It is more than likely that the construction work involved in the expansion of the local raft retreat a few years ago should be responsible for the decline of the population size of this yellow-tailed damsel. This may help explain the recent occurrence of the relatively low local spawning activity of this damselfish.

Damselfishes, as primary inhabitants on coral reefs, are often assumed keystone species to the ecosystem. The spawning data of damselfish thus would, on the one hand, provide information for the management of reef fish resources; on the other hand, while the fish assumed a bioindicator, for the monitoring of the succession of the marine environment.

壹、緒言

墾丁國家公園位處本省最南端，在範圍上除了陸域部份外，也包括了廣闊的海域；此海域部份的面積達一萬四千九百公頃。這裡的海底除了具有豐富的地形景觀之外，更具有豐富的海洋生物資源，在海面下可以說處處是綺麗的珊瑚美景，以及各色各樣悠游其間的珊瑚礁魚類；近年來這裡的海域活動正蓬勃發展，於目前可以說已經成為本國家公園內主要觀光遊憩的項目之一。

同時在另外一方面，海上活動的增加，以及海洋污染因子（包括熱污染）的存在，也可能增加這些資源的負荷，或是對海洋環境造成衝擊。由於這些豐富的海洋生物資源的資源量是處於動態的變化之下，因此為了瞭解這些資源的現狀，以便進一步對這些資源採取一些必要的保育措施，以使這些資源能永續存在，需要進行一些相關的生態研究。這些研究所得，將是擬訂保育計畫時的一項重要參考資料。而有關珊瑚礁魚類資源方面的研究，即是其中很重要的一部份。

一般來說，有關珊瑚礁魚類的研究，大致可以分成二類，亦即魚類生態群聚的研究以及魚類行為的研究。前者趨於有關珊瑚礁魚類群聚結構的理論研究，而後者則以珊瑚礁魚類的演化行為學為主，兼探討魚種的生命史（Life history）。

以前有關本國家公園海域內的魚類研究，主要是以魚類相以及魚類群聚的基礎調查為主（Chang and Lee 1968, 1969; Jones et al. 1972; Yang et al. 1976; Chang and Shao 1981; 蘇等 1980-1989; 張 1985; 張、邵 1987）。同時根據這些調查研究的結果，目前已知在本海域所記錄到的魚種，已有 1 0 2 0 種之多（沈等 1990）。這些魚類

相以及魚類群聚的變化和消長情形，在國家公園擬定經營管理的方向時，是一項很重要的參考資料。儘管如此，在大眾教育上，有關魚類行為的研究，卻是揭開這些珊瑚礁魚類神秘外衣的一個重要法門。主要的原因是珊瑚礁魚類的一舉一動，可以說幾乎都是長期演化的結果。例如有些魚類所展現的強烈領域行為，與周圍資源的不足有很大的關係。另外，如小丑魚與海葵及清潔蝦的共生，在演化上也都含有深刻的意義。

在珊瑚礁魚類的生命史裡，生殖是最重要的一個現象。因為一尾魚在其一生中，如果沒辦法進行生殖作用，那麼這尾魚將沒有後代，亦即它的「個體適合度」(individual fitness)將等於零；為了生殖，珊瑚礁魚類因此在適應上，也就有了許多不同的變化。從珊瑚礁魚類的生殖行為上，往往可以推及這些魚類的一些生殖策略，並從而解釋這些魚類的生存。

在本項研究中我們所選用的材料為雀鯛科的魚類。雀鯛是本省沿海珊瑚礁以及岩礁內的主要定棲性魚種，在本國家公園海域內的魚種的數目以及個體的數量都相當多。由於雀鯛棲息於珊瑚礁上，因此其族群的變化與整個魚類群聚的變化之間有著很密切的關係；而在另外一方面，這類族群的變化也往往可以做為海域生態環境監測上的一種生物指標。

本計畫即是以行為學的觀點，以一年的時間來研究墾丁國家公園海域內的最主要定棲性魚種—雀鯛—的生殖情形。所得的結果，一方面將提供做為海域生態環境監測上的一項重要背景資料；另一方面則可增進對此珊瑚礁魚類生活史的瞭解，做為日後經營管理國家公園的參考。

貳、研究材料與方法

本項研究計畫是以雀鯛科魚類的生殖行為研究為主，所用的材料為墾丁國家公園海域內的雀鯛魚種。在此首先就這些魚類做一說明。

一、雀鯛科 (Family Pomacentridae) 魚類描述

雀鯛是珊瑚礁中最主要的定居性魚類之一；一般雀鯛的體型並不大，不過由於它們體色鮮豔，並且在水中顯得相當大膽，因此一般深為潛水者所喜愛。世界上已知的雀鯛科魚類大約有二十八屬三百餘種，雀鯛主要分佈在熱帶海域，並且如同許多其他珊瑚礁魚類一樣，分布在印度—太平洋一帶珊瑚礁海域裡的雀鯛的數量和歧異度都是最大的。在此二十多屬雀中，只有 Parma 和 Hypsypops 等兩個屬的魚種是分佈在溫帶海域的。在本省，已發現的雀鯛科魚種有十六屬八十餘種，其中大部份分布在礁岩或珊瑚礁海域。在墾丁國家公園海域中，雀鯛即有七十五種之多。

雀鯛科的魚類在其外部形態上有一些特徵，比如說它的吻部兩側各有一個鼻孔（大多數珊瑚礁魚類每側各有兩個鼻孔），中斷的側線，鱗片一般延伸到鰭部，身體兩側稍微扁平等等。雀鯛屬於小型魚類；大部份的種類即使是成熟的個體，其體型也不大。在世界上，產於東太平洋的背斑雀鯛 (Microspathodon dorsalis) 是最大的一種雀鯛，而其最大體長也不過只有三十公分。在墾丁國家公園海域裡，體型最大的雀鯛當為上述棲息於低潮線下淺水域的拔地雀鯛 (Abudefduf sordidus)，其較大的個體的體全長可以達到20公分之多。

在墾丁國家公園海域中比較常見的雀鯛有黃尾雀鯛 (Pomacentrus flavicauda)、單斑雀鯛 (Chrysiptera unimaculata)、三點光鰓雀

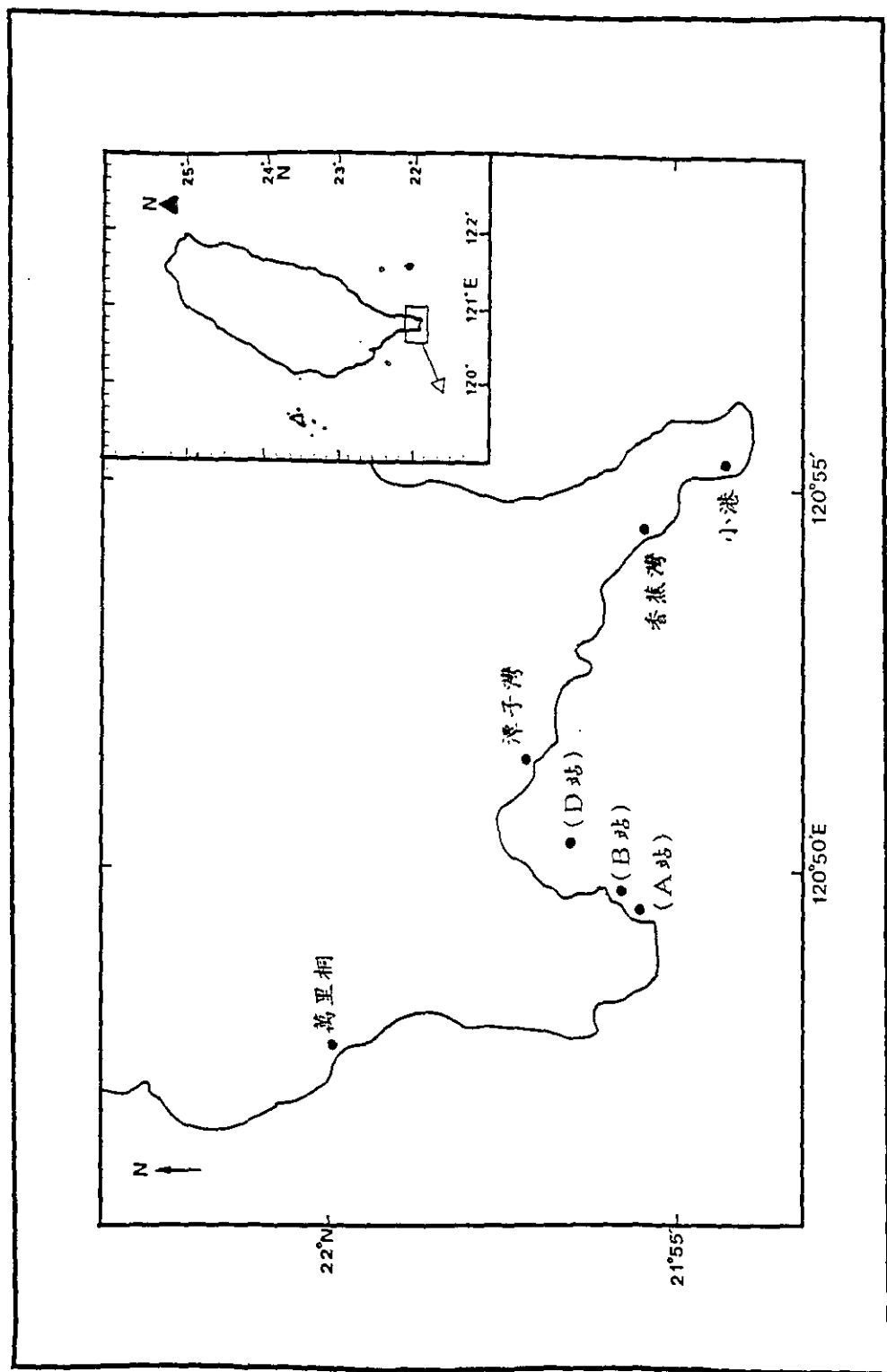
鯛 (Dascyllus trimaculatus)、網紋光鰓雀鯛 (Dascyllus reticulatus)、兩色光鰓雀鯛 (Chromis margaritifer)、公主雀鯛 (Pomacentrus vaiuli)、變色雀鯛 (Pomacentrus coelestis)、紅背雀鯛 (Pomacentrus bankanensis)、條紋雀鯛 (Abudefduf vaigiensis)、梭地雀鯛 (Abudefduf sordidus)、狄氏雀鯛 (Plectroglyphidodon dickii)、君王雀鯛 (Chrysiptera rex)及黑空雀鯛 (Stegastes nigricans) 等等 (詳細的雀鯛種類列於附錄)。

雀鯛所棲息的處所往往因種的不同而異，例如在一般潮池或是低潮線下海流弛緩之處往往可以見到許多單斑雀鯛，再深一點的海域內常見黃尾雀鯛，然後是紅背雀鯛。梭地雀鯛和條紋雀鯛多半棲息於礁塊林立的淺水域或是臨岸礁溝之內；君王雀鯛多棲息於亞潮帶海域礁底近沙處；網紋光鰓雀鯛及狄氏雀鯛則棲息於枝狀的珊瑚叢。

二、調查的時間與地點

本計畫自民國七十九年八月開始實際執行，已經依照計畫所擬進度，分別赴萬里桐、後壁湖港外亞潮帶的A、B、D三站、香蕉灣、潭子灣、小港等沿岸海域潛水調查雀鯛科魚類的生殖情形 (圖一)。以下為所調查的這些地點的海底環境描述。

萬里桐為位於恆春半島西北方的一個小港灣，港灣呈V字形，開口朝西，縱深約五十公尺，水深的變化不大，平潮時調查的範圍所及在5公尺以內；近岸處底質為小礫石和珊瑚碎塊，形成一寬約 3 - 4 公尺的寬帶，港內底質為堅硬的小礁石及礁石碎塊等所組成，不過偶而也可以見到一些較大礁石。礁石上或多或少覆蓋著一些硬珊瑚或軟珊瑚。冬末春初港內生長茂密的藻類；本區愈往港外，砂質含量愈高，但是有一些微孔珊瑚 (Porites lutea) 的大型群體以及大礁石等零星散布其間



圖一、雀鯛生殖調查中各測站的位置圖（測站包括萬里桐、後壁湖外亞
湖帶A、B、D三站、香蕉灣、潭子灣及小港等）。

；港的右緣為一平緩的裙礁，礁上的石珊瑚覆蓋率相當高，約達60-70%，裙礁外緣的礁溝內的底質為砂質，上有許多石塊；港的左緣亦為礁石。

香蕉灣臨南灣，位於其東側，為一面積約1750平方公尺（70m×25m）的小港澳，中央較深之部分係當地漁民之竹筏航道，航道二側為珊瑚礁平台。近年灣內停泊竹筏的區域曾經經過挖掘並且面積也予以擴大。中央航道之底質主要係由珊瑚礁岩所構成，在礁體和散布的小獨立礁之間堆積著大量的珊瑚碎片及礁塊。灣內之深度（平潮水深）變化不大，範圍在2-6m之間，大約每向外延伸20-30m，即增加水深0.5m。隨著深度的增加，灣內沈積物的分布亦隨之而異，大致來說中水區（2.5-3.5m）砂量較少，幾乎全為珊瑚石板及碎塊。淺水區（0-2.5m）除了碎塊及石板之外，還有大量的沈積物堆在珊瑚底質的表層。深水區多為珊瑚礁，珊瑚石板較少，靠外之處沙量逐增。由於水淺，因此白天裡海水鹽份分層現象明顯。

潭子灣濱臨南灣，為南灣南方延綿裙礁中的一段缺口，面積約有600平方公尺（40m×15m），石牛溪的溪水由此注入南灣，故灣內海水的混濁度終年都很高；港內為砂質底，間雜有小塊礁石，在砂地上則偶而可見築洞而居的蝦虎魚與槍蝦共棲在一起。在冬末春初常有大量藻類在此生長，此點與一般的淺水區相類似。灣內的深度（平潮水深）變化不大，深度緩緩由港內向外遞增，範圍在2-5公尺之間，港的左右兩緣皆為裙礁，礁石上覆蓋有石珊瑚，覆蓋率約達40-50%，離岸20公尺以外，礁石間雜於砂質海底，礁石上覆蓋有石珊瑚或軟珊瑚，但覆蓋率較裙礁上珊瑚覆蓋率為低。

小港為位於恆春半島最南方的一個小港灣，緊臨鵝鑾鼻公園，港灣呈U字形，開口朝西，面積約在500平方公尺（50m×10m）左右，灣內的深度（平潮水深）變化不大，近岸竹筏停泊處約為2.5公尺左右，往外

一度水深降到2公尺，再往外則漸深；所調查的範圍在5公尺以內。近岸處底質為較粗的珊瑚砂，這些珊瑚砂堆積成約 2-3 公尺的寬帶，中央水道區的底質含砂量較少，上面大部份為小礁石和礁石碎塊所覆蓋；港內的右緣為珊瑚裙礁，水深在0-2公尺之間。港內礁緣處，礁石盤錯，離港口5公尺處有一凹入的小水道，面積約有3mX7m，水深為2 公尺，水道中央為砂質底，間雜有突起礁塊以及小塊碎石，港口的左緣亦為珊瑚裙礁，水深約同右緣，岸緣除小礁石外，尚分布了一些珊瑚和礁石的碎塊，此處底質的含砂量亦高於右岸；本港因靠近鵝鸞鼻，故港外海流強勁難測。

測站A：於貓鼻頭與雷打石之間，該處距離岸邊約150公尺，水深6-10公尺之間。本調查所選定的定點觀察用石塊為一大方型長方形石塊（Angular block），高約3公尺，東西向寬約4公尺，南北縱深約10公尺。石塊之北端外緣略為突起，中間凹陷，形似馬鞍。東西兩側的溝縫（Fissures）深約8公尺。溝底為礫石。該石塊四周皆為大小不等的多角形石塊。

測站B：在雷打石前方，距離岸邊約150公尺。水深在6-13公尺之間。為一巨大岩石，長寬各在20-30公尺之間。岩石成份並非珊瑚礁石灰岩（Non-limestone basement rock），而是近似砂岩（Sandstone）。該岩石西北邊以溝縫與其他岩石相隔，溝縫深約8公尺，溝底為圓石、礫石等，岩石高出溝縫約2公尺；東南邊的海床深約13公尺，為開闊平坦之砂礫地，岩石高出海底約6公尺。該岩石頂面為平緩斜坡，西北高，東南低，西北頂有一約半公尺高的指狀突起（Boss），在海底是一易於藉以辨認位置的路標。

測站D：位於後壁湖漁港東邊外海約1000公尺處，水深8-10公尺。該測站為6塊大小高約1-2公尺，寬約1-3公尺的圓石所組成。附近海床

開闊、平坦，散布許多東南走向的淺溝，溝底為白色砂礫，淺溝之間為呈丘陵狀起伏的海床。

三、進行的方法與步驟

1. 雀鯛生殖地點的調查研究

魚類的生殖，首先要瞭解這些魚類是在那裡進行生殖的。雖然雀鯛科的魚類具有定棲性，不過它們生殖的地點卻不一定是在棲所裡。因此，進行雀鯛的生殖場所的調查是進行此計畫的第一步工作。

2. 生殖時間及生殖季節的調查

雀鯛的生殖，可能發生在一天中的清晨、中午或黃昏。因此，為瞭解以及能夠確實達到研究其生殖行為的目的，先期調查一些特定魚種生殖的時間及生殖季節，如此才能進一步進行生殖行為的觀查。

3. 生殖行為的調查與分析

主要為調查分析特定雀鯛魚種在生殖時的行為分配情形。在此項研究中，首先將所觀察的個體依其所處的位置及所表現出來的動作，分成「巢內」(In nest)、「清理巢」(Cleaning nest)、「在巢上方」(Above nest)、「離巢」(Away from nest)等類別，然後分別在生殖過程計數這些行為或動作所出現的比率。(在此把雄魚的生殖依其過程而分成個時四期，亦即築巢期(Nest-preparation stage)、求偶期(Courtship stage)、生殖期(Spawning stage)以及護卵期(Egg-caring stage)等。)計數的方法是每尾魚觀察30分鐘，觀察期間每隔30秒鐘記錄一次。除了「生殖期」一期因尾數不足而只記錄了4尾之外，其於三個時期都是記錄了8尾。記錄是在上午11時到12時之間或是在下午4至5時之間。

參、結果

本計畫自民國七十九年七月開始實際執行，並於該年的八月、十月、十二月以及今年的一月、四月以及五月等分別赴萬里桐、後壁湖、香蕉灣、潭子灣、小港等沿岸海域潛水調查雀鯛科魚類的生殖情形。雀鯛的生殖現象在萬里桐、香蕉灣、小港等三處發現得較多，在這三個地點所觀察到的生殖的雀鯛共三種，它們分別是黃尾雀鯛 (Pomacentrus flavicauda)、紅背雀鯛 (Pomacentrus bankanensis) 以及單斑雀鯛 (Chrysiptera unimaculata)。紅背雀鯛的生殖亦分別出現於A站及B站。另外在潭子灣觀察到真珠雀鯛 (Plectroglyphidodon lacrymatus) 及在後壁湖外亞潮帶的A站觀察到太平洋真雀鯛 (Stegastes fasciolatus) 的生殖現象。

以下分別將所調查及觀察到的結果，包括這些雀鯛的生殖地點、生殖時間、產卵類型及生殖行為等加以說明如下：

一、黃尾雀鯛 (Pomacentrus flavicauda)

1. 一般習性

黃尾雀鯛為一具強烈領域性，居住於淺水處（二至二點五公尺）的珊瑚礁底棲性魚種，食性主要以藻類為主，但亦吃少量的小型無脊椎動物。以香蕉灣內的情形來說，灣內黃尾雀鯛的族群量約在50尾左右（六次潛水目測調查），分布於水深一公尺半到五公尺（平潮水深）的範圍之內。

性成熟的雄魚（全體長六至六點五公分）負責築巢及護卵。巢的位置位於凸起礁石的邊緣或死珊瑚碎塊交雜之處。巢穴多築在平板珊瑚塊

或貝類空殼的下方。雌魚及未成熟之幼魚則棲息於珊瑚礁之上。雌、雄魚均具有明顯的領域性。

2. 產卵地點及產卵季節

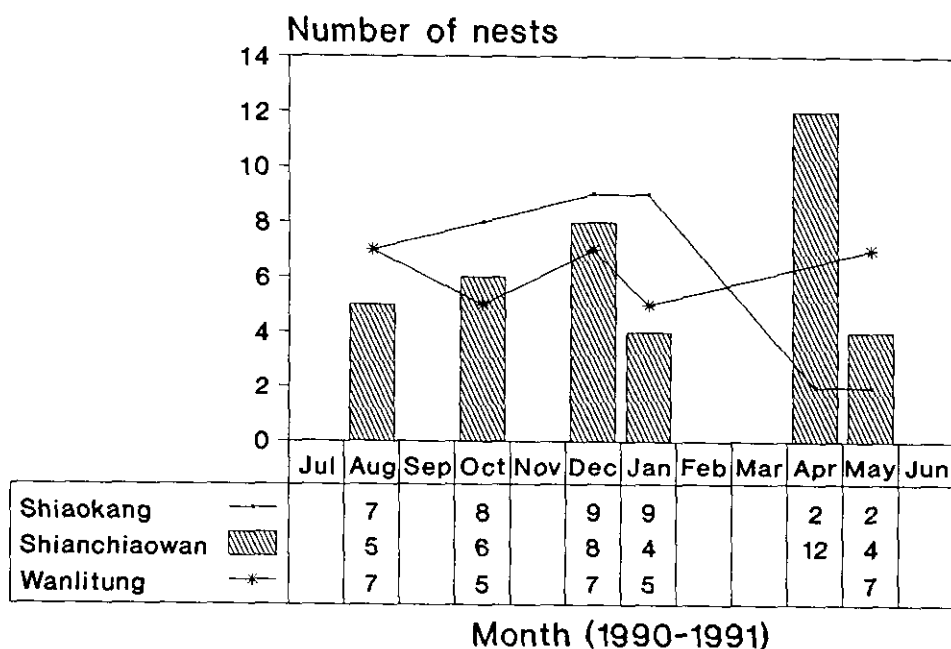
一般在香蕉灣、小港以及萬里桐都可以發現到黃尾雀鯛所築的巢。在本計畫的執行當中，於小港發現的巢共37個，香蕉灣內發現39個，在萬里桐發現31個。在此六個調查期間之中，除了今年四月在萬里桐之外，其它各次及各地都有發現到產卵巢，因此大致上，在一年中，黃尾雀鯛是呈一種連續性的產卵的狀態。詳細的產卵巢出現情形請參閱圖二。

3. 生殖行為

在生殖之前，清理巢穴時雄魚以尾鰭將巢下方較細之碎塊及砂石搗開，再用嘴將巢內較大的顆粒銜出並清除石板下方的附著生物。交配時雌魚將卵產在巢內石板底部，形成一單層的卵塊。在白天的時候，雄魚會停留在巢邊護卵，偶而於巢附近一至二公尺的範圍內覓食。夜間雄魚則棲息於巢邊的珊瑚礁狹縫之內。巢與巢之間的距離不等；同一巢內大多會有好幾個不同發育時期的卵塊。

在白天裡可以見到雌雄個體在巢內交配產卵。受精卵塊孵化的時間分別約在清晨及黃昏太陽下山之際。受精卵的孵育期 (Incubation period) 通常為五天。但在孵育期內若遇有水溫低於 24°C 的狀況出現時則會多延長一天。雄魚白天的護巢行為極富攻擊性，侵入的動物祇要是接近生殖巢便會受到強烈的攻擊，即使潛水人員或海蛇、章魚…等大型動物亦不例外。巢內卵塊消失情形經常可見，有關卵塊掠食者的種類無法盡知，綜合過去所做觀察，已知的卵塊掠食者的有二種：一為金壁岩螺，一為小章魚。

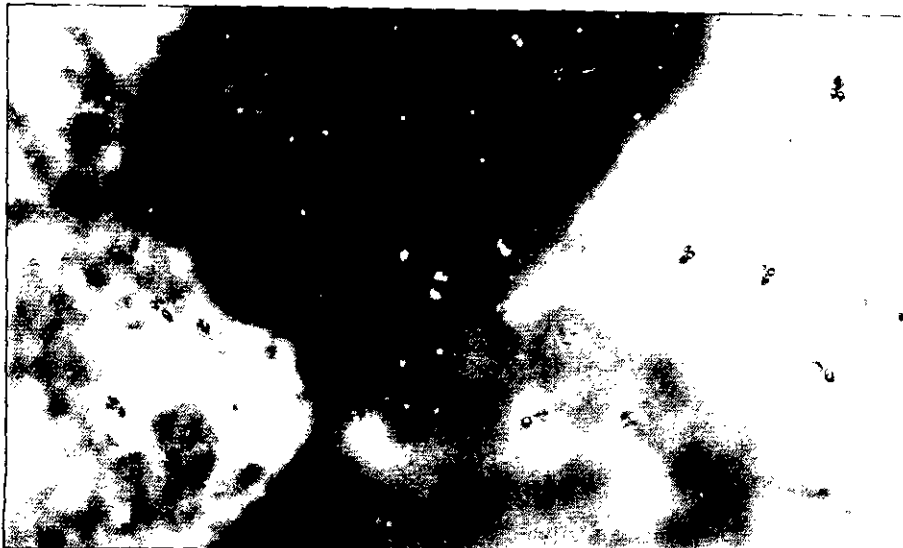
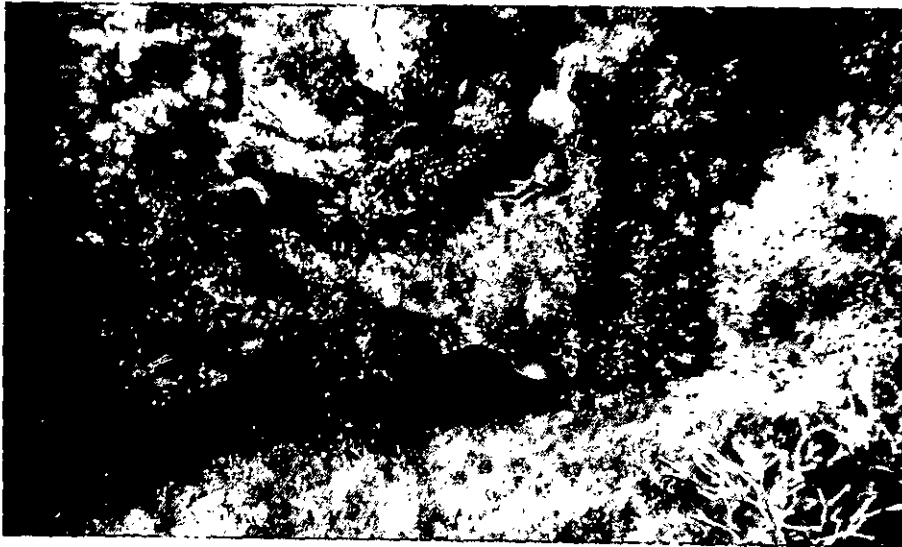
Numbers of *P. flavicauda* Nests Observed in Different Study Areas



圖二、黃尾雀鯛 (*Pomacentrus flavicauda*) 在香蕉灣 (Shianchiaowan)、小港 (Shiaokang) 以及萬里桐 (Wanlitung) 海域內的生殖巢數的月別變化情形。

右圖說明：

黃尾雀鯛居住於淺水處，具強烈領域性。生殖時，雄魚負責築巢及護卵。巢的位置位多於凸起礁石的邊緣或是倒置的空貝殼內（上圖所示的為一尾正在巢外保護其生殖巢的雄魚）。在生殖之後，護巢的雄魚需時時進入巢中，一方面繼續維持巢穴的清潔，一方面搗動水流，以使新鮮的海水帶來受精卵發育時所需要的大量溶氧（中圖）。受精卵孵化後即散於水中（下圖），並為海流所帶開。



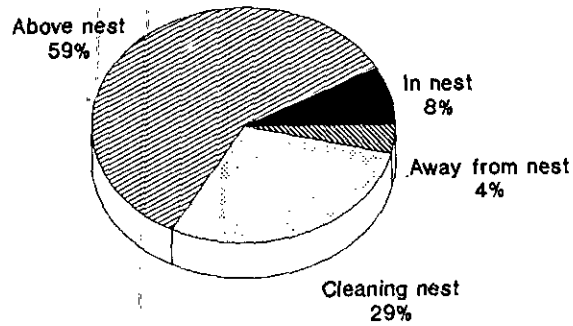
當把雄魚的生殖依其過程而分成個時四期，亦即築巢期（Nest-preparation stage）、求偶期（Courtship stage）、生殖期（Spawning stage）以及護卵期（Egg-caring stage）等等。相似的是：在這些過程中，生殖個體都很少離開自己的領域（詳細比較示於圖三及圖四）。除此之外，我們發現生殖個體在這四個時期之間的行為有些差異。例如在築巢期中，表現得比在其它時期還要多的清理巢的動作（29%對求偶期的 5%、生殖期的4%及護卵期的6%）。在求偶期，離巢的行為比在其他時期還要多（29%對築巢期的4%、生殖期的 8%與護卵期的3%）。離巢主要是到附近去吸引雌魚到巢中產卵，不過其中也有一部份是在追逐其它個體。在生殖期及護卵期中，在巢中的時間都是相當的多，在前者主要是在巢中行交配，而在後一時期主要是在巢中清理受精卵。這些行為上的不同顯示出了生殖過程的複雜，在另一方面，像清理產卵巢或離巢到附近去求偶的時間相當長，也顯示出在這段時間內個體的能量消耗是相當大的。

4. 生殖巢數與以前的數據相比較

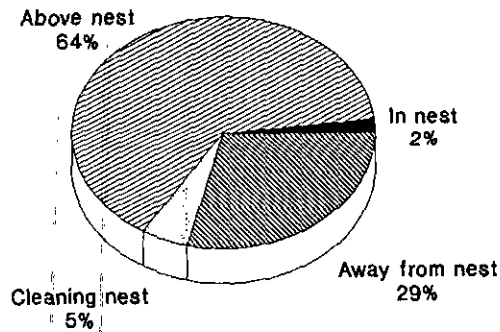
由於筆者等在民國七十四年與七十五年之間在香蕉灣曾經收集過黃尾雀鯛生殖的資料，因此在此能夠將之與在本計畫的執行中所收集到的資料相比較，此項數據示於圖五。圖中顯示：在過去的一年中，除了四月份的資料之外，香蕉灣內黃尾雀鯛的生殖情況低於六年前的很多。以月份來說，除了兩者在七月份都沒有資料，以及本期的一些月份未進行作業之外，在有數據的多數月份裡，六年前調查所得的生殖巢數高於本計畫調查所得的二倍以上。（在七十五年的一月因寒流來襲，生殖活動降到幾乎靜止的地步，因而以本期內所得到的數據為大。）

導致這種生殖巢數降低的現象，最主要的原因可能是香蕉灣內的黃尾雀鯛的族群量降低的關係。在七十五年的調查中，這裡估計約有160

Nest-preparation Stage

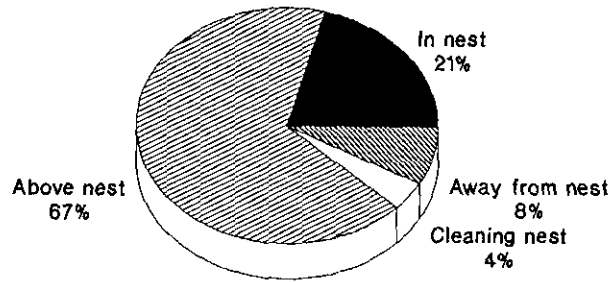


Courtship Stage

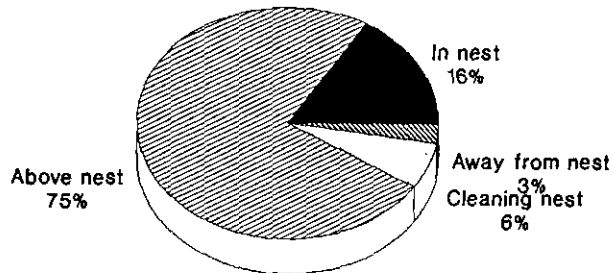


圖三、當把雄魚的生殖依其過程而分成個時四期，亦即築巢期（Nest-preparation stage）、求偶期（Courtship stage）（以上示於本頁）、（以下示於次頁）生殖期（Spawning stage）以及護卵期（Egg-caring stage）時的行為成份組成圖。

Spawning Stage

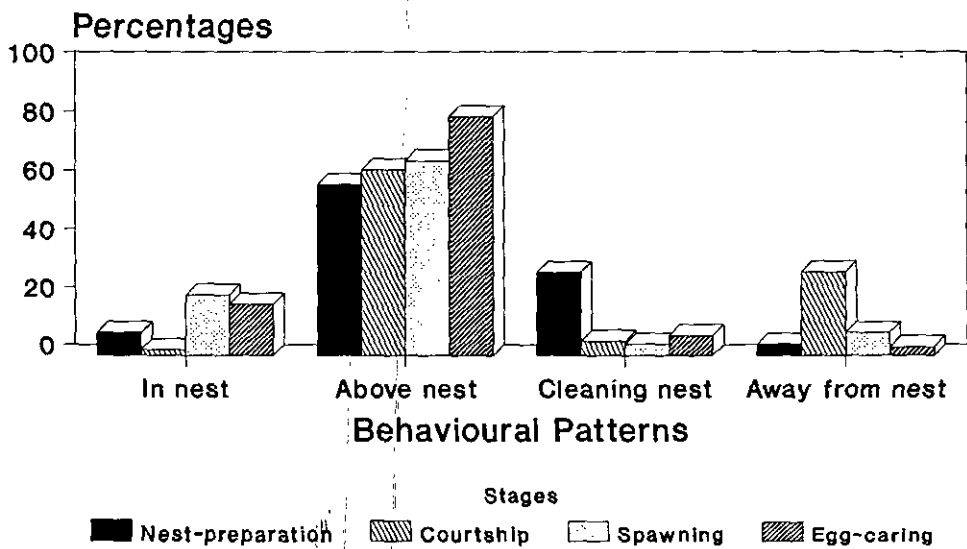


Egg-caring Stage



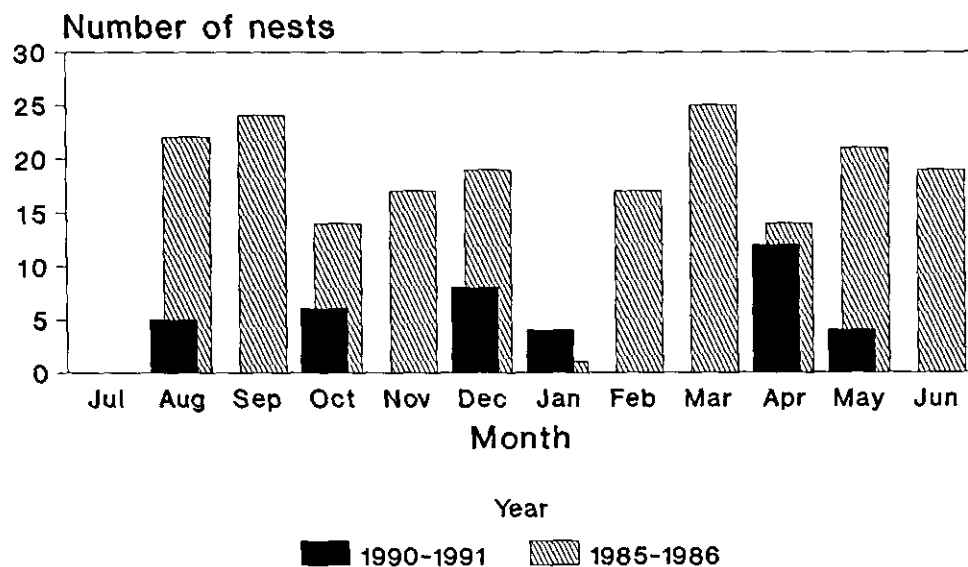
圖三 (續)

Percentages of Different Behavioural Patterns Observed at Four Different Spawning Stages



圖四、圖三所示的生殖的四個階段中各行為成份所佔百分比的變化圖。

Comparisons of spawnings of
P. flavicauda at Shianchiowan between
1985-86 and 1990-91



圖五、民國七十四-七十五年間香蕉灣內黃尾雀鯛的生殖活動與本計畫的調查結果之間的比較圖。

尾左右的黃尾雀鯛，但是在本年內的觀察中，的黃尾雀鯛數量顯然減少了許多，目前估計只有50尾左右。在環境中能量有限的情況下，個體數量的減少，也就直接影響了生殖巢的數目。

造成魚類族群量減少的可能原因有很多，生物性的原因方面，包括了不同種之間的競爭、後代補充量的不足、或為掠食者所掠食等等；但是以香蕉灣的情形來看，灣內的黃尾雀鯛的減少，很可能是築港工程所引起的。這裡的船澳是在民國七十五年以後才拓寬的，在施工時以炸藥炸開礁石，或以怪手挖掘底質等等，直接導致生活在附近的個體的死亡，並且破壞了棲所環境。在另外一方面，新拓寬的部份改變海底的地形，也會降低海流帶走海底沈積物的能力，（目前這裡的淺水區除了碎塊及石板之外，珊瑚礁底質的表層經常有厚厚的一層沈積物。）在這種棲息環境不適的情形之下，即使外來仔魚補充的來源充足，族群量也終究無法恢復到原來的狀態。

二、紅背雀鯛 (*Pomacentrus bankanensis*)

1. 一般習性

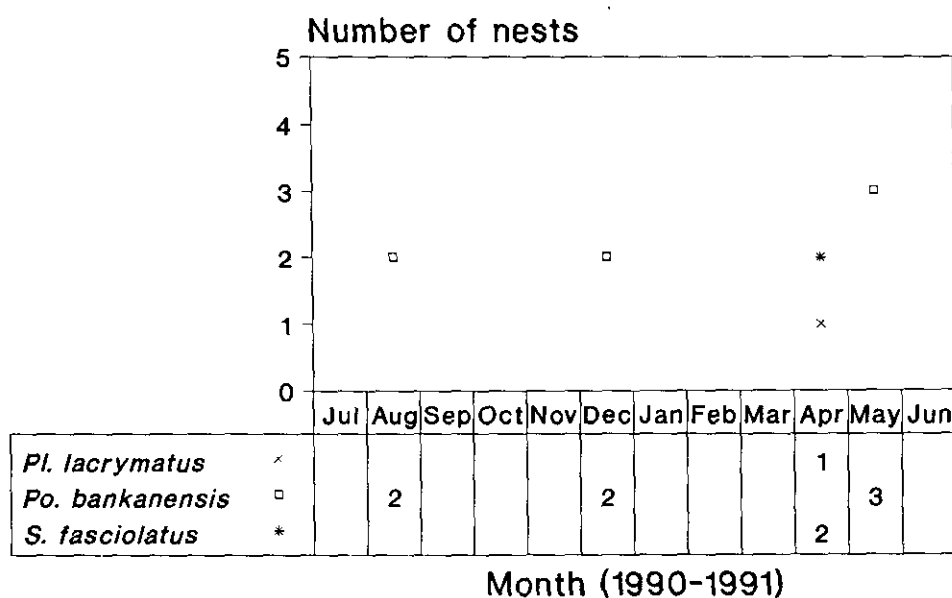
紅背雀鯛棲息在珊瑚礁上，一般棲息的深度較單斑雀鯛及黃尾雀鯛的為深，到水深十公尺處尚可發現到它的蹤跡。

2. 產卵地點及生殖行為

紅背雀鯛的生殖現象是在萬里桐水深7公尺以及在A站及B站內分別發現到的。一共只觀察到7個生殖巢（圖六）。

紅背雀鯛的在生殖的時候，雄的紅背雀鯛會離開棲所——在萬里桐及

Numbers of Nests Observed on Damselfishes other than *P. flavicauda* and *C. unimaculata*



圖六、過去一年內所觀察到的紅背雀鯛 (*Pomacentrus bankanensis*)、真珠雀鯛 (*Plectroglyphidodon lacrymatus*) 與太平洋真雀鯛 (*Stegastes fasciolatus*) 的生殖巢數。

A站它們會到附近的礁溝底部尋找適合築巢的地點，而在B站是在軟珊瑚群體的下方礁面——然後開始築巢。有時候會有許多隻雄魚同時在一個地區築巢。如同黃尾雀鯛，它們的生殖巢也是築在礁石上的洞穴或是珊瑚礁塊的下方隱蔽處；其清巢的方法與黃尾雀鯛的相類似，亦即雄魚以尾鰭將巢下方較細之沈積物及細砂搗開，再用嘴將巢內較大的顆粒銜出並清除石板下方的附著生物。

生殖前期，雌的個體會離開所棲息的珊瑚礁，而到雄魚選定的巢區。這個時候，雄魚開始做出一些求婚的動作，這個動作包括迎游，回引，及左右顫動身軀等等。在這同時，原來灰暗的體色會有幾條淡色橫帶出現，不過這種顏色變化只維持很短的一段時間，亦即個體很快會恢復到原來的體色。決定接受求婚的雌魚於是會跟著雄魚回到所清理好的洞穴，然後開始產卵。產的卵具有黏性，會黏附在洞穴內上方及左右礁石的表面。

產完卵後的雌魚隨即離開生殖巢，返回原來的棲所。而雄魚則仍舊停留在巢邊，繼續照顧受精後正在孵化的魚卵，如此一直待到仔魚孵化漂入周圍水層之後，雄魚方才返回本身的棲所。

三、單斑雀鯛 (Chrysiptera unimaculata)

1. 一般習性

單斑雀鯛是個體小、生活在靠近海岸淺水域裡的一種雀鯛，所攝食的食物以底著性藻類為主。

2. 產卵地點

在香蕉灣、小港及萬里桐可以觀察到單斑雀鯛的生殖。本期內共觀察到52個生殖巢，其中香蕉灣14個、小港 34個及萬里桐4個（圖七）。生殖的地點為於靠近低潮線浪拂區的礁石、碎礁海底。

3. 生殖行為

在產卵時，一般是由雄魚在扁平的礁塊或是覆蓋著的貝殼內築巢，由於這些巢的位置大都是在隱蔽處，因此若不從個體行為上加以觀查，很難在外觀上查覺到這些巢的存在。雄魚在生殖之前需先在海底清理出一個生殖巢。雄魚以尾鰭將留積在海底的沉積物掘走，或用嘴將巢內的碎礁塊及珊瑚碎片等阻礙物銜走，此外，並將巢內原有的附著生物清除乾淨。

所產的卵為黏性卵，交配時卵黏附在巢內礁塊底部，形成一單層的卵塊。交配後雌魚會馬上離開此生殖巢，回到原來的棲所；雄魚則仍舊留在巢的周圍，赶走靠近來意圖攝食卵塊的其他魚種，以保護受精卵。

四、真珠雀鯛 (Plectroglyphidodon lacrymatus)

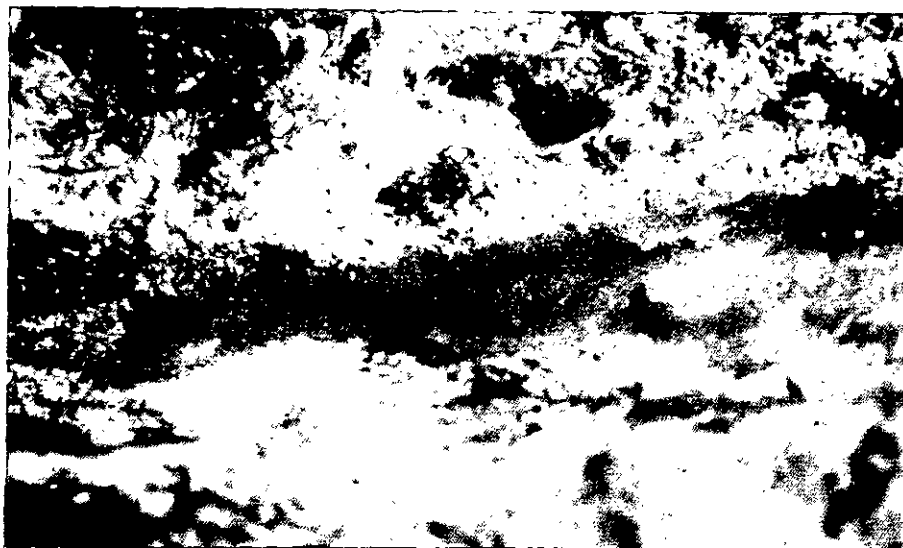
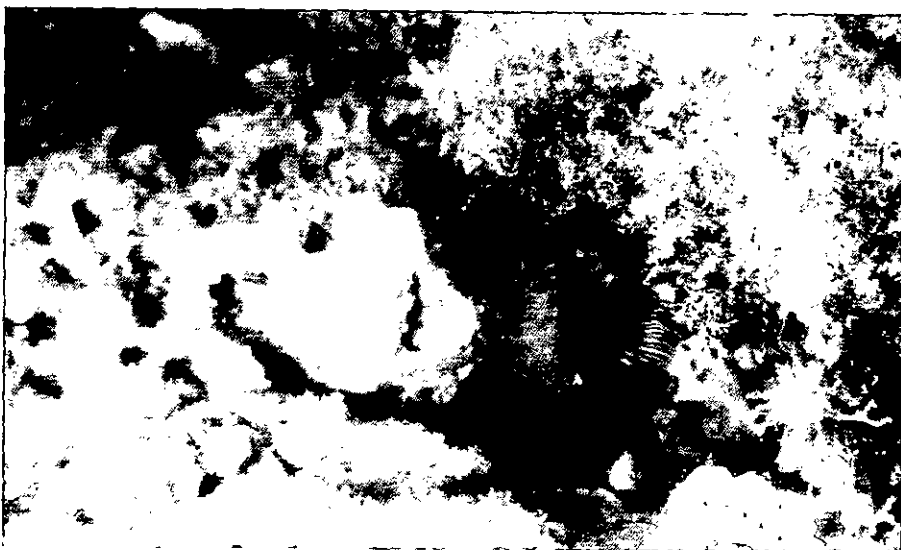
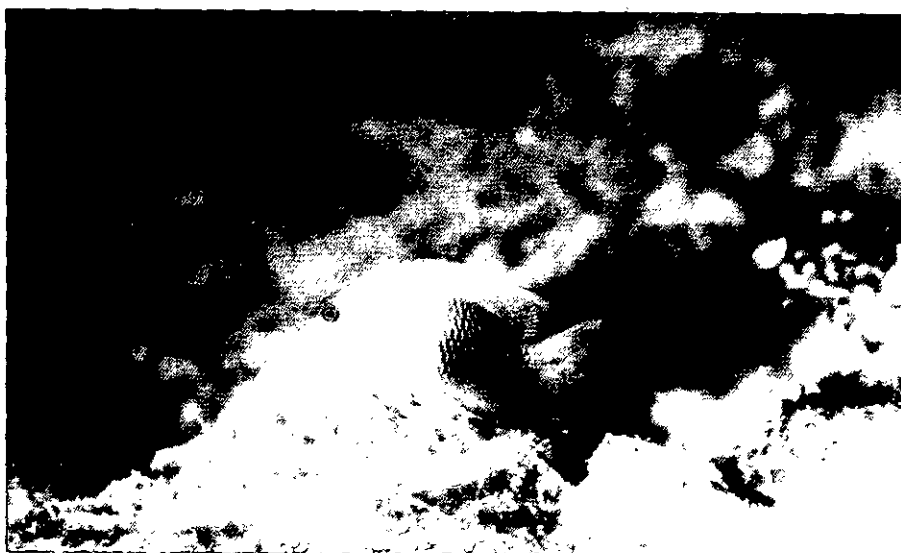
1. 一般習性

真珠雀鯛的個體較單斑雀鯛為大，一般棲息在亞潮帶水深3至10公尺深的海域。真珠雀鯛所攝食的食物以附著性藻類為主，平時具有強烈的領域行為。在此國家公園海域內的個體數並沒有黃尾雀鯛或單斑雀鯛這麼多。

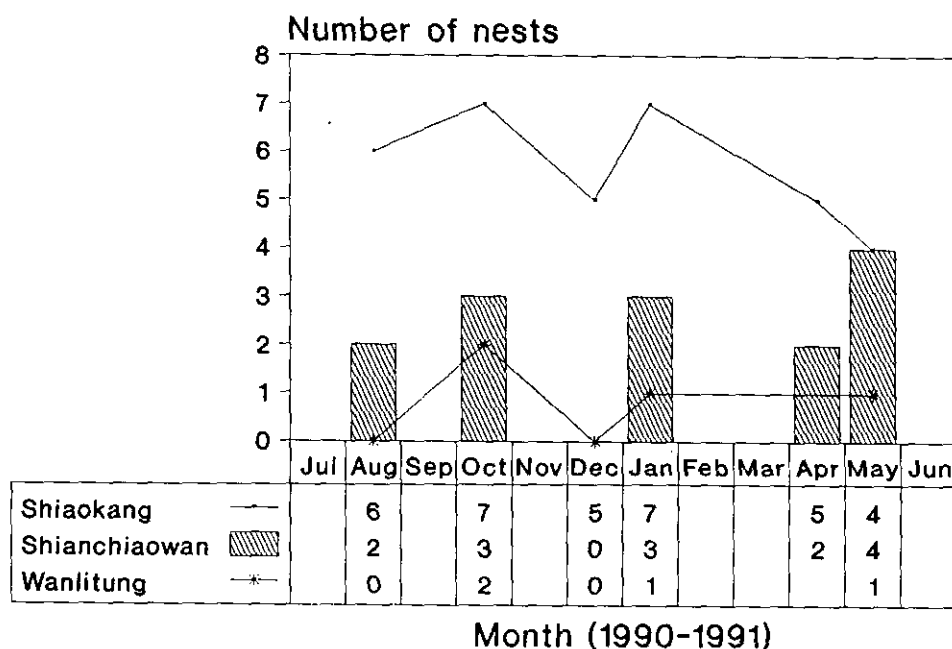
2. 護巢行為

右圖說明：

單斑雀鯛是個體小、生活在靠近海岸淺水域裡的一種雀鯛，所攝食的食物以底著性藻類為主（上圖）。在產卵時，一般是由雄魚在扁平的礁塊或是覆蓋著的貝殼內築巢（中圖），由於這些巢的位置大都是在隱蔽處，因此若不從個體行為上加以觀查，很難在外觀上查覺到這些巢的存在。生殖巢是雄魚在生殖之前，以尾鰭將留積在海底的沉積物搗走，或用嘴將巢內的珊瑚塊銜走，而在海底清理出來的。所產的卵為黏性卵，交配時卵黏附在巢內礁塊底部，形成一單層的卵塊（下圖）。交配後雌魚會馬上離開此生殖巢，回到原來的棲所；雄魚則仍舊留在巢的周圍，赶走靠近來意圖攝食卵塊的其他魚種，以保護受精卵。



Numbers of *C. unimaculata* Nests
Observed in Different Study Areas



圖七、單斑雀鯛 (*Chrysiptera unimaculata*) 在香蕉灣 (Shian-
chiaowan)、小港 (Shiao Kang) 以及萬里桐 (Wanlitung) 海域
內的生殖巢數的月別變化情形。

在本計畫的執行期限內只在潭子灣觀察到一尾護卵的個體，時間為今年的四月份（圖六）。生殖巢築在水深約5公尺的一個珊瑚礁上緣的洞穴之中。親魚有極為強烈的護巢行為。

五、太平洋真雀鯛 (Stegastes fasciolatus)

1. 一般習性

本種雀鯛的體色為暗棕灰色，在體形上它比以上所述的四種雀鯛都要來得大。太平洋真雀鯛棲息在水深3至10公尺之處，在所調查的地點中只出現於位於貓鼻頭外亞潮帶中的A站，並且在此處的數量相當多，為主要的雀鯛魚種之一。它一般以藻類為食，也有強烈的領域行為，常棲息在Stylophora珊瑚群體的下方，因此常與棲息於此珊瑚上的狄氏雀鯛 (Plectroglyphidodon dickii) 一起出現。

2. 生殖巢

太平洋真雀鯛的生殖現象是在A站水深6公尺的礁溝內發現的。一共只見到兩個巢，都是出現於本年四月（圖六）。這兩個巢都是位於堅固的岩縫裡，其清巢的方法與同樣在附近礁溝內產卵的紅背雀鯛的相類似，亦即雄魚以尾鰭及胸鰭將巢礁縫內較細之砂粒搗開，或用嘴將巢內較大的顆粒銜出。不過因為紅背雀鯛的巢比較小，並且都是築於石塊之下，因此此兩種雀鯛築巢所用的基質並不相同。

在另外一方面，生殖巢距離這些雄個體的棲所最少也有6公尺，這比較特別的。可惜的是我們只觀察到含有卵塊的生殖巢而沒有見到生殖行為，不過顯然生殖之前，雌的個體會離開所棲息的珊瑚礁，而到雄魚選定的巢區去產卵。

肆、雀鯛生殖綜合描述

雀鯛科魚類在整個珊瑚礁魚類群聚中的地位相當重要，研究雀鯛科魚類的生殖將有助於對魚類的生活史以及魚類群聚的組成的進一步瞭解。在本省，有關珊瑚礁魚類的行為研究並不多，目前所知有關珊瑚礁魚類生殖方面的知識更屬一鱗半爪，並且僅及於本省北部的雀鯛科魚類（Chang and Jan 1983; Jan and Chang 1984; Jan 1989; Jan 1991）。在這裡我們綜合調查研究墾丁國家公園海域中雀鯛生殖結果，以及國內外相關的資料（國外資料以Thresher 1984為主），將雀鯛的生殖生態，包括生殖類型、求偶方式、交配行為、魚卵的保護、以至於魚卵的孵化等等作一說明；此外，並順帶提及這些魚類不同的生殖類型在生態上以及演化上的意義，以供參考。

一、雌雄的辨別

我們藉卵巢的有無可以輕易地辨別雀鯛的性別。雀鯛的精巢為一對長形的器官，位於腹腔的後端背部，末端為狹窄的生殖管，最後結成泄殖孔。在顏色上，成熟的雀鯛的精巢是多半白色的，而且精巢是橫切面為三角形。雀鯛的兩個精巢並不對稱；左側的精巢較右側的大，而且位於右側精巢下面一點。卵巢的外形和精巢類似，不過橫切面為圓形，顏色則變化較大，例如Abudefduf屬的卵的顏色會從尚未成熟時的灰白半透明變成成熟時的粉紅色至深紅色。此外，Stegastes屬及Pomacentrus屬的卵的顏色則為淡淡的金黃色。

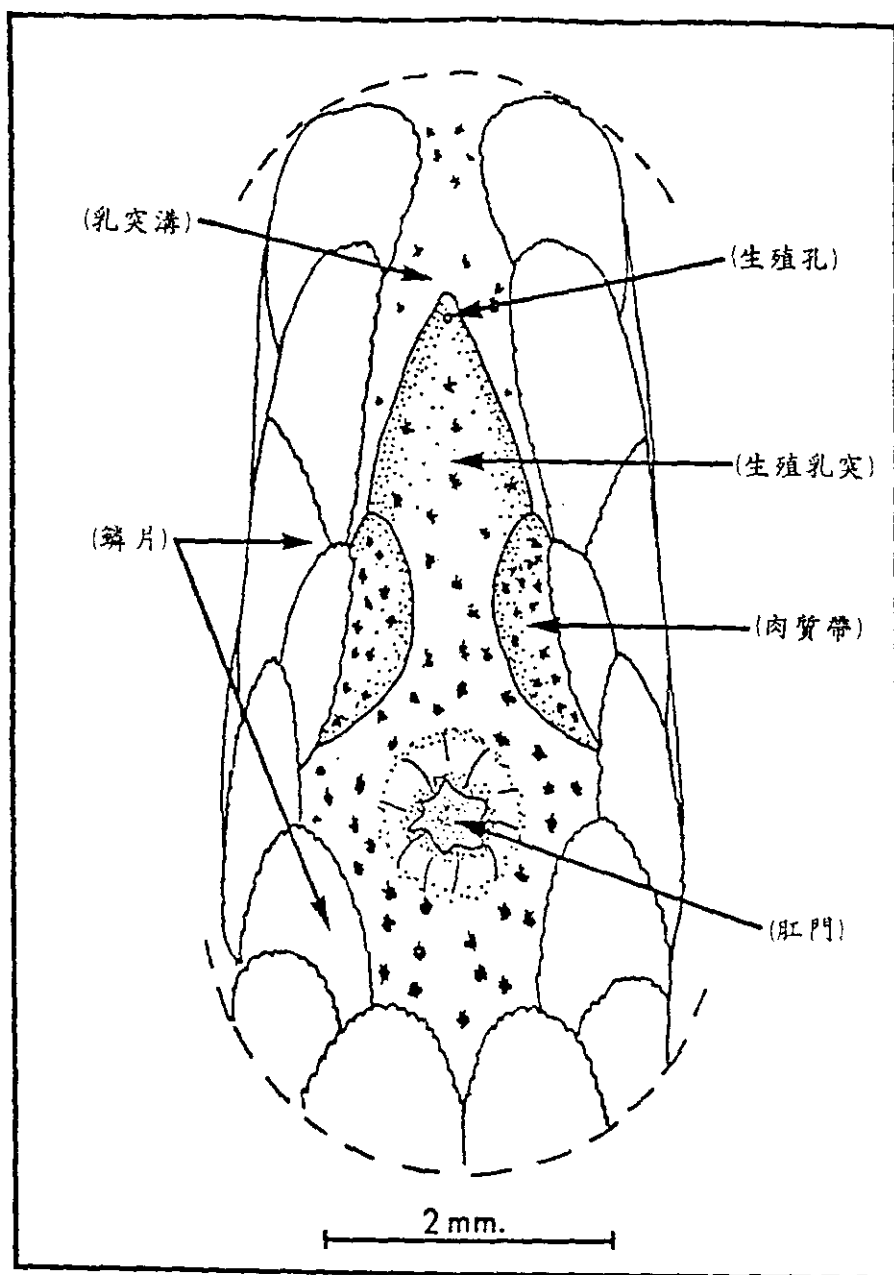
對於少數的一些雀鯛，我們可以藉體型或體色來辨別成熟個體的性別，但是也有許多雀鯛種類的性別是很難以其外觀來判定的。以墾丁國家公園海域內的雀鯛為例，雄的網紋光鰓雀鯛的個體一般較雌的個體為大，並且體色也較深，所以很容易就可以分辨出來。此外，變色雀鯛的

雄魚在生殖期時尾鰭具有藍色邊緣，由這項特徵也可以據以判別個體的雌雄。不過在另外一方面，本海域內的條紋雀鯛與其他海域內的條紋雀鯛一樣，都是很難以體色及體表特徵來判斷其個體雌雄的。如果要說其雌魚和雄魚在外部形態之間的不同點的話，有兩項形態比較上的差異存在，那就是：雌魚的（腹鰭長／體長）之比稍大於雄魚，而且雌魚的尾鰭上葉長度大於下葉的比率較雄魚大。不過，當魚體在游動時，實在沒有有效的目視鑑別方法。

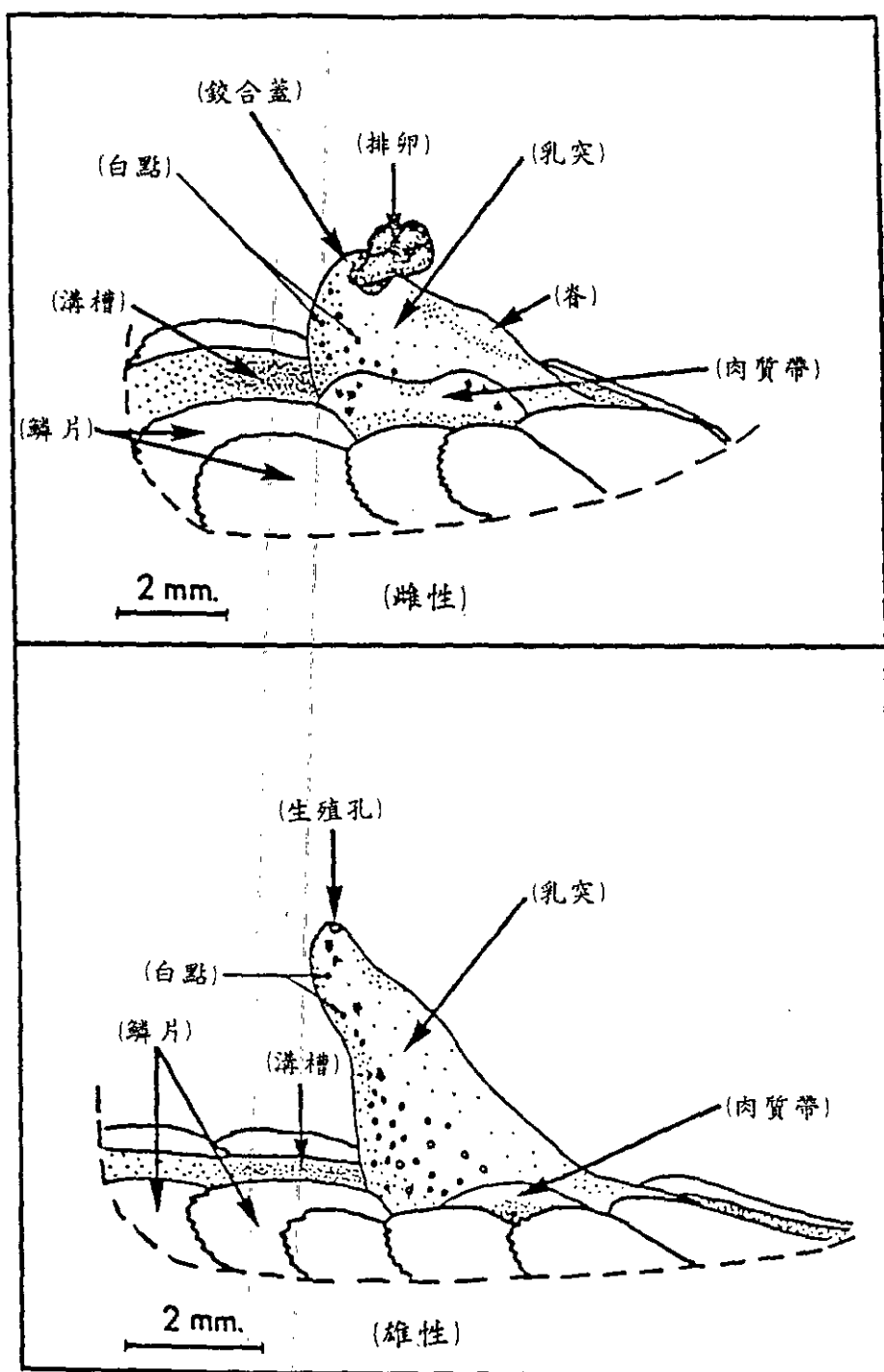
雖然在平時大部份的雀鯛雌雄之間體色上的差異並不大，但是大多數的雀鯛在求偶及產卵時，雌雄之間在顏色上會出現一些明顯的變化。這些體色上的變化或多或少因種而異，不過以雄魚來說，有許多屬的雄雀鯛在生殖時會顯現出一些在平時所未具有的生殖體色；這種變化經常出現在Pomacentrus、Stegastes、Chrysiptera、Paraglyphidodon、Abudefduf、Chromis以及Dascyllus等屬的雀鯛。就Abudefduf屬而言，許多種類的雄魚在求偶時會產生深藍或淺藍色，而身上一般常見的垂直條紋則會消褪掉。以大部分的其他雀鯛來說，此種暫時性的體色變化經常包括了全身或部份身體顏色的變淡，以即伴隨出現的一或多條水平或垂直的條紋。

如果沒有上述生殖期中暫時性的體色變化，或是沒有實際看到魚在產卵，那麼檢查個體的生殖突是從外觀判斷雀鯛的性別的一種比較可行方法（生殖突是位於肛門和第一根尾棘之間的一種乳頭狀突起）。

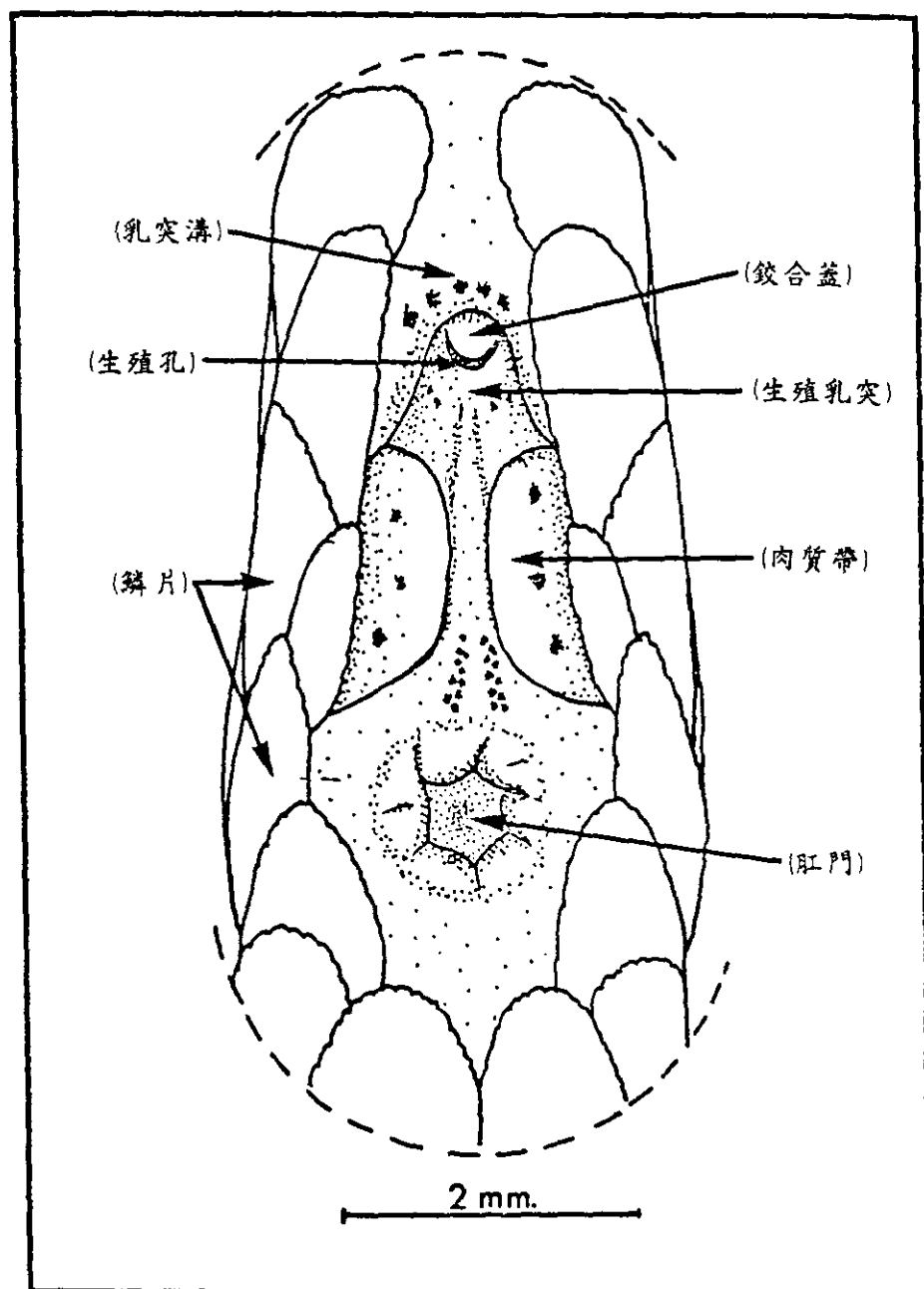
不過在實際操作時也並不容易，而且可能需要有相當的經驗才能做出確實的判斷。其主要原因還是由於這種乳頭狀突起相當小（例如一尾標準體長12公分的條紋雀鯛的生殖突大約只有4或5公釐長，而且只有在產卵期間才易觀察。在其他的時間，這乳狀突起緊靠身體，平置於鱗片包圍而成的凹溝中；此時也可用探針或長針把它挑起來觀察，同時



圖八、雄性條紋雀鯛的生殖乳突的細部構造圖（源自Cummings 1968）。



圖九、條紋雀鯛生殖乳突的側視圖 (源自Cummings 1968)。



圖十、雌性條紋雀鯛的生殖乳突的細部構造圖（源自Cummings 1968）。

，如果在其腹腔略為施以壓力，此生殖突會稍微豎起。雄魚的這種乳頭狀突起比較長，並且窄而尖，而且末端有一個小的生殖孔（圖八、九）。雌魚的這種突起雖然和雄魚的情形相類似，但是顯然是比較短一些，並且比較堅硬一些，頂端比較圓，而且在此突起上接近頂端之處，有個比雄魚大很多的生殖孔（圖九、十）。

二、產卵季節

一般來說，在熱帶海域裡，有許多雀鯛是經年都會產卵的，並且在初夏的時候有一個明顯的生殖高峰。在墾丁國家公園海域中的黃尾雀鯛即終年都可以產卵。

許多棲息在亞熱帶的種類與上述熱帶海域雀鯛的生殖模式不同，它們大都只在一年當中較溫暖的月份內產卵，例如本省北部海域內所產的雀鯛，包括條紋雀鯛、變色雀鯛、燕尾光鰓雀鯛（*Chromis fumea*）、太平洋真雀鯛（*Stegastes fasciolatus*）等等，只在四月至九月間產卵。澎湖海域內的變色雀鯛的產卵季節與本省北部海域的相似，亦即是在四月至九月之間。值得一提的是，綠島海域內的條紋雀鯛的生殖季節要比北部的來得早些，在二月份就有大規模的生殖出現。至於墾丁國家公園海域中的條紋雀鯛的生殖季節，由於在本計畫的執行中並未發現其產卵場，因此無法加以比較以及做進一步的討論。

生活在珊瑚礁區的雀鯛的生殖活動往往呈現出月週期性，這種週期性可能表現在月週期或是半月週期上，也就是在接近新月和滿月時出現生殖高峰。這類生殖活動具有月週期的現象也許也會因地而異，以黃尾雀鯛為例，在澳洲的大堡礁的黃尾雀鯛的生殖活動即呈現出半月週期的現象，但在墾丁國家公園海域中的黃尾雀鯛的生殖活動卻並未顯示出此種週期性。

三、生殖行為

雀鯛的產卵有發生於早晨的（如黃尾雀鯛），也有持續超過中午的（如單斑雀鯛、條紋雀鯛）。就目前所知，所有雀鯛所產的卵都是沉性卵，而且親魚會保護及照顧自身的受精卵直到這些卵孵化為止。因此，雀鯛產卵前的活動就依此雀鯛在平日是否具有領域性而定，如果牠是擁有永久性的領域，則極可能亦據有現成的產卵地點，如果牠平時沒有領域性（這類魚大部分是離開底層而至水層中覓食浮游生物），則必須在求偶和產卵開始之前先建立一處暫時的領域，前者包括 Stegastes、Plectroglyphidodon（如真珠雀鯛）和 Pomacentrus 等屬的大部分魚種，後者則包含 Abudefduf、Neopomacentrus 和 Chromis 各屬的大部分種類；Dascyllus 的雀鯛則大致上屬於中間型，多半具有永久性的領域但是也會到水層中覓食。

雀鯛的生殖行為一般包括雄魚的產卵地點選擇、產卵點的事前整理、求偶、產卵（通常包含若干尾雌魚的連續產卵），以及產卵後雄魚的照顧和看守卵等等。產卵的地點點隨魚種不同而有一些差異。Chromis 屬的雀鯛會將卵產在的海藻、岩礁表面和珊瑚的分枝上；Abudefduf 屬的魚種（如條紋雀鯛）的大部分種類將卵產在礁壁上。Pomacentrus 屬的魚種（如黃尾雀鯛及紅背雀鯛）多將卵產在海床上所挖掘出的洞穴裡。生殖時雄魚具有強烈的領域性；有的魚種獨自覓地築巢，但是有的魚種在生殖時會集結在一起，並分別築巢。

四、巢位的選擇

巢位選擇與產卵前活動與魚種的社會行為有關。例如在本省北部海域內數量相當多獨居並有強烈領域行為的太平洋真雀鯛（Stegastes fasciolatus），往往所建的巢就在領域內的礁洞裡。（太平洋真雀鯛

在本省北部海域內數量相當多，在墾丁國家公園海域內的數量較少，並且在本調查中只觀察到二尾生殖並且護卵的個體。）許多雄魚在生殖期會變得比較有攻擊性，而且大多會在同一地點重覆產卵。產卵的地點從岩石的邊緣和下面、礁洞，以及漁港的護堤礁塊。

燕尾光鰓雀鯛 (*Chromis fumea*) 是一種平日在水層中聚集成群、以浮游生物為食的雀鯛。在本省北部，這種雀鯛的產卵季節可以說始於雄魚降到海底並開始尋覓築巢地點；這些雄的個體有時會回到並佔住前一年所用的巢位，不過也會覓得新的巢位（特別是年輕的雄魚）。牠們起初沒有領域性，而且個體間會成群迴遊。接下來是選擇巢位（通常是在裸露的圓石下方），此時群集的頻度已經減少，每尾雄魚每天花數小時去整理、準備產卵巢，而且這個整理過程不止是去除藻類和外部的無脊椎動物，同時也會挖走細砂、甲殼及小石頭，以便增加產卵的空間。雄魚同時也變得愈來愈具有領域性。接下來便是開始會向經過的雌魚展開求偶及交配。

群居產卵的條紋雀鯛 *Abudefduf vaigiensis* 的巢位選擇則與上述的兩種雀鯛之間有很大的不同。在非生殖季期間，這種魚從小群到大群不等在水層中覓食，而且只有在零星地進食時才靠近海底，黃昏時則尋找居所過夜。當生殖期接近時，鬆散的魚群會融合成單一，比較能凝聚的群體，同時從事「探測性游動」。此種探測行動趨向於發生在兩個時段，上午9點至10點左右和剛到黃昏的時候。魚群由數十至近百尾個體組成，大約有3到5尾魚的寬度，數公尺到十數公尺長，由成熟的雄魚帶領，每尾雄魚已經顯現出銅青色的生殖色，而且有部份生殖突豎立起來。數量較多的雌魚，明顯地因腹中懷有卵而脹大，緊跟在雄魚之後；同行的還有較小的成魚、幼魚以及少數幾尾雌魚。當魚群經過大的礁塊時，成熟的雄魚會互相炫耀（以側面展示其豎起的鰭）。雄魚會成群游到許多凹窪或洞穴或垂直礁壁的地點，牠們接近這些區域的時後，有時

候會有少數雌魚跟隨，巡視任何小凹洞或裂縫。如果這個區域內的築巢場所不合適或是不敷使用時，會被放棄，而雄魚會再加入游經牠們的雌魚群。然而，假如這塊區域被接受了，雄魚會分散開來，並開始建立其產卵領域。

每尾雄魚會漸漸停止大範圍的游動，而開始集中在幾處特定的地點活動，在民國七十五年的生殖季節裡，在本省北部野柳半島南邊的龜吼村漁港旁即共發現了六個築巢區，各區範圍大小不等，一般是6~8平方公尺。

在佔領築巢地點的時後，魚體的鋼青色變深，同時領域性越來越強。成熟雄魚在到達其領域後半個鐘頭內便大致確定下來，而這些雄魚的領域性攻擊行為也逐漸地由身體的接觸改變為威嚇和追逐，最後終於對熟悉的鄰魚採取接受及不理睬的態度。

整個產卵期每天雄魚都會確立自己的領域，這時通常是彼此互相靠近，以及游近大的雄魚所佔領的區域的邊緣。產卵活動最活躍的中心會逐漸由領域內某一個區域移轉到另一個區域。至於領域內的產卵巢內（不論是礁塊的側面或下方裂隙），除了短的藻類殘株外，每一樣東西都被仔細地清除掉。建立領域後一個半小時到二個小時，便開始求偶。

當然，具有永久領域性的雀鯛並沒有上述那種產卵前的活動，相同的是：許多種類的雄魚在生殖期會變得比較具有攻擊性，而且大多會在同一地點重覆產卵。產卵的地點從腹足類和斧足類的空殼到岩石的邊緣和下面，洞穴中（通常是在頂部），以及乾淨的珊瑚分枝。

五、求偶

雀鯛的求偶行為包括許多不同的動作、聲音和體色變化。若加以細

分，雀鯛的求偶行為中基本的動作模式一般有「領游」(Leading)、「示意跳躍」(Signal jumping)和「上下速游」(Dipping)等等，但是這些動作的確實界限並沒有清楚的經過定義。最簡單而且最直接的求偶形式為「領游」；在這個動作中，正在護巢的雄魚會直接游向雌魚，突然轉向到她前面，然後直接回到產卵點。同時，在游動時常常以誇張的彎曲路線行動。一般習慣上「領游」包括了水平方向和趨近海底的動作。「領游」與「示意跳躍」在動作上是完全一樣的，唯一的區別在於後一動作多用於吸引水層中的雌魚。

雀鯛最後一個普遍的求偶行為是「上下速游」。與「示意跳躍」不同的是：「上下速游」包含了上和下的快速移動，緊接著突然轉向下方而且朝海底突進後，接著自海底逐漸上升，例如黃尾雀鯛在求偶時即經常表現出明顯的「上下速游」這個動作。

由雄魚向雌魚求愛的特殊動作模式，也顯示出雀鯛各屬之間的差異其實與類緣有關。例如「示意跳躍」像是Abudefduf和Chromis的特色，同時也能預期像Neopomacentrus和Lepidozygus等同樣在中水層中攝食的魚種會有這類的動作出現。至於在「上下速游」方面，在本質上大多局限在Dascyllus和Stegastes兩個屬。

六、婚姻色與聲音

求偶期間，大部分雀鯛的雄魚都會呈現出比較特殊的體色，這種體色上的變化可能對雄魚本身的權利具有傳遞訊息的功能，而且也可以增加生殖時行動的顯著性。求偶時雀鯛也會發出與平時不一樣的叫聲。藉由水下喇叭將錄製的聲音重現可進一步證明，雀鯛能夠辨別與求偶有關的聲音以及與其他行為（如群集行為）有關的聲音；更進一步的是，即使沒有雌魚，單是求偶的聲音便能刺激成熟的雄魚產生求偶時所特有的

行為，如「上下速游」。同時，每種雀鯛對於同種所發出的聲音反應最好；這也顯示出雀鯛對聲音的發出及識別具有種的專一性。

七、產卵

接著求偶的動作及體色和聲音變化所組成的複雜過程，產卵本身卻是相當簡單。以條紋雀鯛來說，雄魚首先帶領雌魚游近已築好巢的地點，雄魚接著掠過巢邊，然後以其腹部（也可能是生殖突）碰一碰巢內的礁石表面，而後平滑地橫掠過巢。雌魚在接近巢時雄魚會稍微往後縮，然後雌魚便開始進行產卵。每次產下的卵粒成一系列一系列地覆蓋在巢上，漸漸地一系列列的卵湊在一起形成一片密實整齊的單層卵塊，這些卵一端具有黏性，可穩固地附著在底質上，但是卵與卵之間卻不會黏在一起。

當雌魚正在產卵時，雄魚會在其周圍環繞，積極有力地保護雌魚和產卵巢以防止卵的掠食者或其他雄魚的靠近（這些雄魚會嘗試偷偷接近雌魚，趁著那尾正在防衛的雄魚尚未授精之前使卵受精）。在另一方面，雄魚會定時靠近雌魚在她旁邊或就在她的後方授精。

每回合產卵所進行的時間因種的不同而有很大的變異；*Chromis* 屬的雌魚只在游回水層前於短暫時間內產卵，但是雌魚是不是回去和同一尾雄魚重覆產卵則難以確定；反之，一對具有永久性領域的雀鯛其產卵過程可能持續幾個小時，這表示巢中的雌魚可能是和同一尾雄魚產下所有的卵。

然而由於雄魚經常會領回許多尾雌魚到巢內產卵（一夫多妻），因此巢內的卵塊往往是由許多尾雌魚所產下的。建立暫時性領域的雀鯛其一夫多妻制特別明顯。雖然在本計畫期中並未在墾丁國家公園海域內見到黑腋光鰓雀鯛 *Chromis atripectoralis* 的生殖活動，但是有報告陳述

這種雀鯛的雄魚可接連與20~30尾雌魚交配，估算這種雀鯛巢裡面卵的總數可高達200,000個，而且孵出的小魚一般大概有40,000~100,000尾。具有永久性領域的種類由於在區域內的雌魚的數目較少，因此一夫多妻制發生的機會也較低。

八、護卵

雀鯛產卵之後，卵的保護和照顧是由單親（雄魚）負責。這類的照顧行為包括清除巢上的砂和碎屑以保持巢內卵塊的乾淨、移走（咬除或吃掉）未受精或長菌的卵、掄動水流以使孵化中的卵粒得到充分的氧氣供應，以及防止卵的掠食者侵入巢內。

九、卵的大小

雀鯛的卵為橢圓形，而且藉著卵的一端的絲狀物與底質相黏。以橢圓形卵的長徑來看的話，雀鯛卵因種的不同而有大小的差異，它們長徑的變化範圍可以從0.49mm到2.3mm。一般來說，亞熱帶和溫帶的雀鯛的卵比熱帶的雀鯛的大。例如，棲息於溫帶的Chromis屬的兩種雀鯛其卵的長徑分別有0.9mm和1.14~1.32mm之多，此比任何已測量過的熱帶種類都要來得大。

十、卵的孵化時間

在常溫下，各屬之間受精卵的孵化時間並不相同；不過卵較大者孵化的時間也較長些。一般而言，Chromis的卵需要2到3天才會孵化，Dascyllus要3天，Stegastes和Pomacentrus要3天半到6天（通常要4到6天），而Abudefduf則要5到7天。當然，孵化的時間是隨著水溫的升高而縮短；A. vaigiensis在28到29℃時只要5到6天就孵化，在

24℃時則要6天半。大部分雀鯛的卵都是在黃昏或是在晚上孵化。

十一、仔魚的發育

剛孵化的仔魚全長的範圍從1.1mm (*Chromis dispilis*) 到3.06mm (*Chromis punctipinna*)。剛孵化的雀鯛身體細長，有個鈍形的頭（通常在頂端有色素塊），上下顎發育良好，眼睛具有色素，有連續的垂直鰭褶，以及小形卵黃囊。卵黃囊完全被吸收約需3天，然後便開始覓食為生。到目前為止，已知仔魚在發育時基本上是連續的，也就是說沒有突然變態的情形。仔魚背鰭軟條到第5天開始明顯，到第8天背鰭的硬棘才出現。第5天到第8天之間，仔魚的身體顏色加深，鰭的部分變得很清楚。腹鰭長得特別大，而且很快就發育出明顯的黑色及黃色色素粒。到了第13天仔魚長全長至平均為6mm，在體型上也發育到像成魚的身體比例（除了腹鰭較大外）。大約20天的時候，全長可以達到12mm，仔魚開始長出像成魚身上的縱帶，同時遷徙至淺水的區域開始定棲。

十二、仔魚的棲所選擇

雖然目前我們對雀鯛仔魚的生活史所知並不多，但是有相當多的研究和討論是集中在「引起牠們定棲在珊瑚礁」及「決定生活在珊瑚礁的魚種組成」的因素上。比較廣泛提到的有兩個假說，亦即「秩序性假說 (Order hypothesis)」與「運氣假說 (Lottery hypothesis)」。 「秩序性假說」是假設不同種的仔魚各有其特定的定棲方式，因此棲地的分配便成為同在珊瑚礁棲息的相關種類雀鯛共同生存的主要因素。相反的，「運氣假說」則假設魚種之間定居模式的不同是有限度的，結果在比較能被接受的棲地便有很多重疊使用的情形。由於魚種本身無法預測出棲所的分布情形，而仔魚補充的速率也有限，再加上一個魚種往

往無法完全排除其他種類，此乃為「運氣假說」解釋整個魚類群聚中的魚種之所以能夠共同生存的原因。

定棲之後，這些幼魚還需經過一些過程，例如有許多雀鯛會自組或加入魚群；Chromis和Neopomacentrus這類平日生活在中水層的種類，通常都是形成鬆散的小魚群，而很少有獨居的個體，這表示幼魚在定棲之後，會遷移並尋找同類，而且只有當同種出現時才會變成定居，但是毫無疑問的，對幼小的個體來說，遷移時的危險性是很高的。就生殖的觀點而言，可能在遷移後會定棲在找不到適合配偶的區域，因而得不償失也說不定。

另一種情況則是幼魚之間可能會為了空間而發生競爭，特別是底棲性種類，而且這些幼魚也可能會由於受到成魚的排斥而避開某些區域。很多雀鯛的幼魚，特別是底棲並具有領域性的種類都具有與成魚不同的體色，而且在顏色上一般要比成魚的來得較為鮮艷。（例如在本省北部海域內數量很多的太平洋真雀鯛的成魚即與幼魚的體色不同；成魚為暗灰色而幼魚為草黃色。）幼魚特有的顏色可能會促使成魚習慣他們的存在。另外一種可能情況則是這些顏色可能對幼魚間的競爭有些功用，也許是藉著向其他幼魚宣告某一尾幼魚的出現，警告牠們離開牠的領域。

伍、結論與建議

對生物群聚施以必要的保育措施是國家公園經營管理上的方針之一。在珊瑚礁海域魚類的這一部份，一般除了需要防止一些可能出現偶發性的環境衝擊之外，還需要瞭解這裡魚類群聚變動情形以及可能導致這些變動的主要因子。魚類群聚變動與其他生物群聚的變動一樣，往往是經過一些複雜的過程。對於這樣的一個問題，雖然在學術上目前有關變動機制的研究還是處於理論探討的階段，不過也有許多研究是值得做並且也是可以做得到的。

珊瑚礁魚類的群聚結構是動態的，會因幼魚的補充、個體的遷出遷入與死亡，以及環境的變化等等因素而改變。一般而言，珊瑚礁魚類在其生命史裡的早期階段死亡率較高，特別是在授精卵經孵化及隨之而來的仔魚階段。剛孵化的仔魚並不怎麼會攝取食物，加上食物在水層中分布不一，因此有很多仔魚可能會在這個時期餓死。而長大之後，有些也會因年紀或因與年紀有關的疾病而死亡，不過至今這類資料仍甚為缺乏。除此之外，有很大一部份是死於被其他個體所吃或是海況的變壞（如季風或颱風的來襲、水溫或鹽度的劇烈變化等等）。由於以上因素，一般仔稚魚補充到成魚族群的時間以及補充到成魚族群的數量都變化很大。換句話說，目前我們仍然沒有足夠的知識來精確地預測出每年到底有多少珊瑚礁魚類的新生代能回到珊瑚礁區。

我們固然知道有關珊瑚礁魚類群聚結構的研究並非一蹴可幾，不過如果我們自影響幼魚補充量的一個最根本的因素—生殖現象—來看，如果魚類的生殖活動發生變化，影響所及，當然會導致群聚發生變化，因此魚類的生殖也不失是一個可行探討的角度。

在此，茲綜合本計畫的執行的緣由、過程及成果做以下的結論與建議：

- (一) 雀鯛科魚類為珊瑚礁生態系中的基本魚種。雀鯛也是本省沿海珊瑚礁以及岩礁內的主要定棲性魚種，因此可以做為監測海域生態環境的一種生物指標。有關雀鯛的生殖地點、生殖巢的分布以及在各海域內的生殖情形將是海域生態環境監測上的一項重要背景資料。本計畫中有關黃尾雀鯛生殖巢數的比較即為一例。
- (二) 研究雀鯛科魚類在生殖時對產卵基質的利用情形，可以探討環境中的產卵基質是否可能為影響生殖成功率的生態限制因子，此結果將可驗證當前一些解釋魚類生態群聚的理論，在珊瑚礁魚類生態體系上的瞭解上具有重要的價值。
- (三) 特定雀鯛魚種的年產卵量以及所孵化出的仔魚量，直接影響加入族群仔魚量，因此可提供做為從事進一步探討此國家公園海域內特定雀鯛的族群動態之用。
- (四) 海域內工程在進行前有必要評估其可能對生態環境所帶來的衝擊，而之後也有追蹤調查其環境影響的必要。
- (五) 有關雀鯛的生殖行為如築巢、求偶、產卵以及護卵等現象的調查結果可以增進人們對珊瑚礁魚類的瞭解，達到大眾教育的功能。類似的研究應可擴及其它如隆頭魚、蝦虎魚等本國家公園海域魚類群聚中的主要魚種組成。