

摘要

為了解東北角雙溪河口魚類資源之多樣性及其週期性與季節、氣候之關係，自 1998 年 12 月 27 日至 2000 年 5 月 31 日共 522 天的期間內，本實驗於雙溪河口南側福隆漁港旁之沙岸，以捕捉鰻苗之小型沙地拖網進行逐日夜間之稚魚、幼魚以至於部份成魚的樣本收集。總共捕獲 20 目 76 科 236 種魚類 243,341 尾個體，其中包括少部份後期仔魚(Post larvae) 及多數的稚魚 (juvenile)、幼魚 (young)、未成魚 (immature) 和成魚 (adults) 個體等各種不同的發育期階段之魚體樣本。並且得知各物種於河口出現之農曆時節和個體大小等週期性數據，可做為河口魚類生態學研究的參考資料。在調查期間，個體數超過 1 千尾的優勢種依序為：鯔科幼魚（包括大鱗鯔及台灣凡鯔）、日本鯷、白鰻、鱸鰻、科幼魚、黑尾小砂、日本禿頭鯊、花身雞魚、小雙邊魚、麥銀漢魚、粗紋、日本銀帶鯉、黑蝦虎魚等。這些總數超過千尾的種類即佔了總數目的 97.2%，而其棲性 (Guild types) 多屬近海表層洄游性或河海洄游型魚類。

分析以農曆各旬為單位的資料時，發現各旬物種數和個體數有明顯的反比現象。各旬物種數在 1999 年農曆 5 月中旬至 11 月下旬之間，明顯與氣溫成正相關，但與各旬降雨量則不相關。農曆 3、4 月間屬於雙溪口水溫上升期，此時漁獲的個體數皆較多。另外，若發生高於各旬平均雨量之降雨，通常會導致各旬漁獲量的緩慢下降。在魚種之棲性分析上，個體數較多的物種棲性多屬表層洄游型、河海洄游型、河口域魚類，而岩礁性、砂質性魚類數量稍少但對於物種數之貢獻頗鉅。推測因為雙溪河口具備東北角岩岸中少有的大型沙岸地形，且雙溪、隆隆溪與鹽寮灣的魚類亦聚集於此地，故能夠涵養各種棲性魚類幼苗，並同時具有高生物多樣性和多種經濟性魚類，其重要性值得保護以確保各類魚苗能在此成長。

將日本鰻鰻苗每年捕捉到之總個體數與聖嬰現象 (El Niño) 做對照，發現最近二次的日本鰻鰻苗大發生期與較強的聖嬰年約略吻合 (1990~92/1991~94；1998~99/1997~98)，但 1970~1971 及 1979 年的鰻苗大發生則是位於一強一弱的聖嬰年之間。推測鰻苗的發生與聖嬰現象可能存在部份相關性。另外，比對東北角雙溪河口和台灣東部秀姑巒溪鱸鰻苗出現時期和數量，發現兩地之幼苗出現高峰分別於冬季和夏季，而在與日本鰻鰻苗數目的比例上也不同，值得於兩地進行溫帶鰻與熱帶鰻生長環境差異之研究。再者，河海洄游型幼苗如日本禿頭鯊等其數量的減少是否與雙溪和隆隆溪河川破壞有關，亦應深入研究。

本次實驗嘗試以捕鰻用小型拖網於雙溪河口南側沙岸每日的夜間 (7:00pm) 利用魚類活動力降低時，將之捕捉並收集樣本以研究河口域魚類資源量及各物種發育個體出現時期。此方法適於捕獲幼魚、未成魚及成魚個體，不易捕獲到卵和仔稚魚之個體，因此與一般仔稚魚網捕獲之魚體為不同之發育個體樣本。故可做為台灣沿海各地幼魚個體長期調查簡便易行的參考實行方法之一。

Abstract

To understand the biodiversity and the periodic fluctuation of the fish in Shuangchi river estuarine of northeastern Taiwan, related with the season and the climate, we collected juvenile, young, immature, and adult fish individuals every night, with the tool of small trawl of fishing elvers on the west side of Fu-Long harbor from Dec 27, 1998 to May 31, 2000. Totally, we fished 243,341 individuals of 20 orders, 76 families, 236 species, including post larvae, juvenile, young, immature, adult ones, and also obtained the periodic fluctuation and the body size of every kinds of fish for ecological study on estuarine fishes. The superior species whose amount is more than 1,000 are Mugilidae(*Liza macrolepis*, and *Valamugil formosae*, mainly), *Engraulis japonicus*, *Anguilla japonica*, *Anguilla mamorata*, Leiognathidae, *Sardinella melanura*, *Sicyopterus micrurus*, *Terapon jarbua*, *Ambassis miops*, *Atherion elymus*, *Leiognathus lineolatus*, *Spratelloides gracilis*, *Bathygobius fuscus*, successively. These superior species groups constituted approximately 97.2% of the total collection, and most of them are coastal epipelagic migratory or amphidromous fishes.

Analyzing the lunar data, we found that the number of species and the total amount of fish collected had an inverse proportional relationship. From May,1999 and Sep,1999 of lunar time, the number of species and the air temperature had an obviously positive proportional relationship, but the precipitation didn't. During the temperature-rising phase in Shuangchi river estuary on March and April of lunar time, the total amount of the fish is more abundant. When the precipitation was more than average value, the total amount of the fish would decrease temporarily. The guild types of the superior fishes belong to coastal epipelagic migratory, amphidromous, and estuarine, mainly. Although the total amount of the fish whose habitat is around the rocky or sandy shore is less here, the number of species of these fish is more. Because the coast of the Northeastern Taiwan was mostly rocky, the large overslaugh in Shuangchi river estuary is unusual. The fish from Shuangchi river, Long-long brook, and Yenliao Bay coexisted here and there were large amount of fish larvae of various guild types living here. Therefore, it is important to protect the highly biodiversity and also economic fish larvae here.

Comparing the number of *Anguilla japonica* elvers annually with the El Niño phenomena(El Niño-Southern Oscillation, ENSO), we found that the last two high peaks of *A. japonica* elvers amount approximately matched to the last two ENSO years(1990~92/1991~1994;1998~99/1997~98). However, the other two peaks of elvers in 1970~71 and 1979, happened between one intensive and one weak ENSO years. It is possible that the annual amount of *A. japonica* elvers might be related to the periodical changes of ENSO years. Additionally, when comparing the occurrence time and the amount of *A. mamorata* elvers of Shuangchi river estuary of Northeastern Taiwan with those of Hsuikukuan river estuary, we found that the largest amount of *A. mamorata* elvers occurred in winter and summer, respectively. And the proportion of *A. mamorata* and *A. japonica* elvers in these two places was also different. It is valuable to study the different phenomenon between these two kinds of *Anguilla* elvers of these two places in Taiwan. Furthermore, the decreasing number of amphidromous fish larvae, such as *S. micrurus*, may be related to the destruction of natural Shuangchi river and Long-long brook.

By this method, we can obtain the juvenile, young, immature, and adult individuals, dissimilarly to the fish individuals fishing by general ichthyoplankton nets. It is possible to use this easy method to study the young fish individuals around Taiwan coast in long term.

謝誌

本論文能順利完成，承蒙指導教授曾晴賢老師多年來的提攜、教誨與照顧，使知識能在良好的研究環境下日益累積，並獲得對待大自然及永續利用的正確觀念，讓學生受益匪淺；再者，口試委員中央研究院動物所邵廣昭所長及鄭明修老師對本論文提出許多建議，以及不厭其煩地指正諸多缺點及錯誤，使學生在論文研究過程當中獲益並成長。

同時要感謝福隆地區詹宏仁先生在實驗期間辛苦地幫忙採集每日魚類樣本，以及多年來陪伴在身旁的女友雯玉；時常提供雙溪野外協助的德裕、聖宗、正雄、新言、阿火、錫彥、榮鈺；曾經幫忙分類和鑑定魚類樣本的玉貞、子聿、雨菁。於雙溪相關調查中協助沿岸植物調查的孝銘、子聿、雯玉、阿火、福麟、芝麟；幫忙水廠蝦虎魚幼苗採集的江秋煙先生；分擔蝦虎魚幼苗 24 小時日週期調查的錦梅、阿火、昱人、錫彥；處理極大量水蟲分類鑑定的宗以、智閔、正雄等人，沒有你們的幫忙，實無法以一人之力完成這些不可能的任務。

再者，思民、子元、名允、勇欣、仁傑及豐奇等學長在生態、演化及分類方面文獻和經驗上的分享；新竹動物園植物相調查及規劃期間交大劉育東教授、李家和講師及其學生，和動物園園長蘇金城、洪明仕等不吝提供各方面的經驗；施志昀博士和洪明仕園長在大型無脊椎動物上提供文獻和鑑定協助；內灣林南忠大哥在鞘翅目和鱗翅目上復育的心得分享；前朗島國小校長鄭漢文對蘭嶼文物及動植物的傳授；新竹文化中心、新竹鳥會及新竹荒野分會生態活動參與的經驗；新竹高中生物老師許慶文、動機系李雄略教授及自然野趣店店長黃麟一的環境保護政策；以及跟著實驗室在頭前溪河岸的植物相調查、中部濁水溪烏溪魚蝦類及水棲昆蟲調查、武陵農場櫻花鉤吻鮭族群數量調查、惠蓀林場關刀溪長期生態研究及清華大學校園動植物生態調查等，其實都影響著我心靈的成長。從東北角到蘭嶼，從塔關山的碎石地到墾丁海裡的珊瑚熱帶雨林，皆讓短短的大學四年和碩士二年期間充滿了各種不同的挑戰和經驗的累積，構成絢麗而無價的永恆回憶！

而小魚兒實驗室、自然保育社、自然學友之家和墾丁陽光之子解說員等各個伙伴們更讓大學和碩士生活中充滿了無數歡笑和驚奇。更重要的是感謝父母、大姊和小妹的支持，使我在求學和研究期間能夠在無後顧之憂的環境下順利完成在清華大學六年來的學業。希望未來有機會能夠在動植物及生態的領域中精益求精、更上層樓，以不負眾人對我的期望。也冀望台灣未來在生態和環保及研究的環境能夠改進，使自然之美與生存在這片土地上的子民們永續共存。

目錄

摘要、	i
英文摘要、	ii
謝誌、	iii
目錄、	iv
表目錄、	vi
圖目錄、	vii
壹、前言	1
(1) 河口的重要性	
(2) 仔稚魚及幼魚的定義	
(3) 魚苗的經濟價值	
(4) 雙溪河口地理位置	
(5) 雙溪河口氣候概述	
(6) 仔稚魚的全省調查	
(7) 雙溪河口魚類相調查緣起	
(8) 建立完整的雙溪流域魚類資料庫	
貳、材料與方法	6
(1) 採集地點	
(2) 採集工具	
(3) 採集時間	
(4) 保存與鑑定	
(5) 豐度、歧異度與均勻度之計算	
參、結果與討論	9
(一) 基礎資料敘述	9
(1) 調查結果	
(2) 雙溪河口域新紀錄種	
(3) 氣候資料	

(二) 科別檢索表	12
(三) 物種簡要分類及採集結果描述	19
(四) 雙溪河口域之優勢魚種	66
(五) 物種數與個體數與氣候之比較	79
(1) 物種數和個體數	
(2) 相對豐度、歧異度與均勻度	
(3) 物種數和氣溫及雨量	
(4) 個體數和氣溫及雨量	
(六) 魚種棲性組成	81
(1) 深海型魚類	
(2) 河口域魚類	
(3) 淡水域魚類	
(4) 河海洄游型魚類	
(5) 岩岸潮間帶魚類	
(6) 岩礁海域魚類	
(7) 礁區外圍砂地及其它砂質性魚類	
(8) 表層洄游魚類	
(七) 與台灣其它仔稚魚測站採集結果比較	86
(1) 各區域特有科別之魚類	
(2) 台灣沿岸之廣佈種	
(3) 生物多樣性較高之區域	
(4) 個體數多之科別魚類	
(5) 個體數多之測站	
(6) 各站相對豐度、歧異度與均勻度	
(7) 影響採集結果之因素	
肆、結論	93
(1) 雙溪河口之生物多樣性	
(2) 物種週期性探討	
(3) 與台灣各地其它仔稚魚調查比較之結果	
(4) 簡便沿岸幼魚調查法的應用	
伍、雙溪流域未來危機	97
陸、參考文獻	98

表目錄

表一、雙溪河口南沙岸於 1998 年農曆 11 月至翌年 4 月半年間各旬採獲之魚種名錄、物種數、個體數、歧異度、均勻度及棲位分類之統計表	106
表二、雙溪河口南沙岸於 1999 年農曆 5 月至 10 月半年間各旬採獲之魚種名錄、物種數、個體數、歧異度、均勻度統計表	113
表三、雙溪河口南沙岸於 1999 年農曆 11 月至翌年 4 月半年間各旬採獲之魚種名錄、物種數、個體數、歧異度、均勻度統計表	120
表四、西元 1998 年 12 月 2000 年 5 月之間國曆與農曆各旬日期對照表	127
表五、農曆 1998 年 11 月至 2000 年 4 月之間各旬採獲物種數及個數數之比較表	127
表六、農曆 1998 年 11 月至 2000 年 4 月之間各旬平均氣溫及降雨量之比較表	127
表七、雙溪河口南沙岸於 1998 年 12 月至 2000 年 5 月間採獲個體數超過 50 尾之魚種時間分佈表	128
表八、本實驗與台灣各地先前仔稚魚調查採獲之物種數和科別數之統計比較表	129
表九、本實驗與台灣各地先前仔稚魚調查採獲總個體量之統計比較表	134
表十、本實驗與台灣各地先前仔稚魚調查採獲之總個體量與科別歧異度和均勻度之統計比較表	139

圖目錄

圖一、東北角雙溪河口福隆漁港旁之採集點	140
圖二、雙溪河口福隆附近冬季常用以在沙灘捕撈鰻苗之單人拖網	140
圖三、雙溪河口福隆地區於 1999 年 1 月 1 日至 2000 年 5 月 31 日以旬為單位之氣溫及降雨量統計對照圖	141
圖四、本實驗期間採獲之十三種主要魚類佔全體組成百分比示意圖	141
圖五、鯔科幼魚於 1998 年農曆 11 月至 2000 年 4 月間每旬數量與氣溫統計分佈圖	142
圖六、鯔科幼魚於 1998 年農曆 11 月至 2000 年 4 月間每旬數量與降雨統計分佈圖	142
圖七、日本鯔幼魚於 1998 年農曆 11 月至 2000 年 4 月間每旬數量與氣溫統計分佈圖	143
圖八、日本鯔幼魚於 1998 年農曆 11 月至 2000 年 4 月間每旬數量與降雨統計分佈圖	143
圖九、日本鰻鰻苗於 1998 年農曆 11 月至 2000 年 4 月間每旬數量與氣溫統計分佈圖	144
圖十、日本鰻鰻苗於 1998 年農曆 11 月至 2000 年 4 月間每旬數量與降雨統計分佈圖	144
圖十一、鱸鰻鰻苗於 1998 年農曆 11 月至 2000 年 4 月間每旬數量與氣溫統計分佈圖	145
圖十二、鱸鰻鰻苗於 1998 年農曆 11 月至 2000 年 4 月間每旬數量與降雨統計分佈圖	145
圖十三、科幼魚於 1998 年農曆 11 月至 2000 年 4 月間每旬數量與氣溫統計分佈圖	146
圖十四、科幼魚於 1998 年農曆 11 月至 2000 年 4 月間每旬數量與降雨統計分佈圖	146
圖十五、黑尾小砂 於 1998 年農曆 11 月至 2000 年 4 月間每旬數量與氣溫統計分佈圖	147
圖十六、黑尾小砂 於 1998 年農曆 11 月至 2000 年 4 月間每旬數量與降雨統計分佈圖	147
圖十七、日本禿頭鯊於 1998 年農曆 11 月至 2000 年 4 月間每旬數量與氣溫統計分佈圖	148
圖十八、日本禿頭鯊於 1998 年農曆 11 月至 2000 年 4 月間每旬數量與降雨統計分佈圖	148
圖十九、花身雞幼魚於 1998 年農曆 11 月至 2000 年 4 月間每旬數量與氣溫統計分佈圖	149
圖廿、花身雞幼魚於 1998 年農曆 11 月至 2000 年 4 月間每旬數量與降雨統計分佈圖	149
圖廿一、小雙邊魚於 1998 年農曆 11 月至 2000 年 4 月間每旬數量與氣溫統計分佈圖	150
圖廿二、小雙邊魚於 1998 年農曆 11 月至 2000 年 4 月間每旬數量與降雨統計分佈圖	150
圖廿三、麥銀漢魚於 1998 年農曆 11 月至 2000 年 4 月間每旬數量與氣溫統計分佈圖	151
圖廿四、麥銀漢魚於 1998 年農曆 11 月至 2000 年 4 月間每旬數量與降雨統計分佈圖	151
圖廿五、粗紋 於 1998 年農曆 11 月至 2000 年 4 月間每旬數量與氣溫統計分佈圖	152
圖廿六、粗紋 於 1998 年農曆 11 月至 2000 年 4 月間每旬數量與降雨統計分佈圖	152
圖廿七、日本銀帶鯪於 1998 年農曆 11 月至 2000 年 4 月間每旬數量與氣溫統計分佈圖	153
圖廿八、日本銀帶鯪於 1998 年農曆 11 月至 2000 年 4 月間每旬數量與降雨統計分佈圖	153
圖廿九、黑蝦虎於 1998 年農曆 11 月至 2000 年 4 月間每旬數量與氣溫統計分佈圖	154
圖三十、黑蝦虎於 1998 年農曆 11 月至 2000 年 4 月間每旬數量與降雨統計分佈圖	154
圖三十一、西元 1991 年 9 月 2000 年 3 月白鰻鰻苗數量和價格統計圖	155
圖三十二、雙溪河口南沙岸於農曆 87 年 11 月上旬至 89 年 4 月下旬之間每旬採獲之物種數及總個體數統計分佈圖	155
圖三十三、雙溪河口南沙岸於農曆 87 年 11 月上旬至 89 年 4 月下旬之間每旬採獲之歧異度及均勻度統計分佈圖	156
圖三十四、雙溪河口南沙岸於農曆 87 年 11 月上旬至 89 年 4 月下旬之間每旬採獲之豐度以	

物種數 / 總個體數之 S/N 值做各旬豐富度參考之統計分佈圖	156
圖三十五、雙溪河口南沙岸於農曆 87 年 11 月上旬至 89 年 4 月下旬之間每旬採獲之物種數與各旬均溫統計分佈圖	157
圖三十六、雙溪河口南沙岸於農曆 87 年 11 月上旬至 89 年 4 月下旬之間每旬採獲之物種數與各旬雨量統計分佈圖	157
圖三十七、雙溪河口南沙岸於農曆 87 年 11 月上旬至 89 年 4 月下旬之間每旬採獲之總個體數與各旬均溫統計分佈圖	158
圖三十八、雙溪河口南沙岸於農曆 87 年 11 月上旬至 89 年 4 月下旬之間每旬採獲之總個體數與各旬雨量統計分佈圖	158
圖三十九、雙溪河口沙岸於農曆 87 年 11 月上旬至 89 年 4 月下旬之間採獲魚類依生態棲性分類之物種數和個體數統計圖	159
圖四十、台灣各地仔稚魚調查測站大致分佈圖	160
圖四十一、台灣各地仔稚魚調查採獲之物種科別和物種數比較圖	161
圖四十二、台灣各地仔稚魚調查採獲之總個體數多寡之對數比較圖	161
圖四十三、台灣各地仔稚魚調查採獲之科別數之歧異度與均勻度比較圖	162
圖四十四、台灣各地仔稚魚調查採獲之種別數之歧異度與均勻度比較圖	162
圖四十五、台灣各地仔稚魚調查採獲之科別數與總個體數所得之相對豐度之統計比較圖	163
圖四十六、台灣各地仔稚魚調查採獲之物種數與總個體數所得之相對豐度之統計比較圖	163

附圖

附圖一、魚苗早期發育階段的區分圖	164
附圖二、曾所做 1964~1994 年間日本鰻鰻苗捕獲量及需求量之統計圖	165
附圖三、秀姑巒溪口 1996 年 11 月至 1997 年 9 月間所捕獲之鱸鰻鰻苗數量統計表	165
附圖四、日本禿頭鯊早期生活史及洄游環境示意圖	166
附圖五、使用於彭佳嶼附近黑潮邊緣交換區之 RMI Net	166
附圖六 仿 Maruchi-D 型仔稚魚網	167
附圖七 於淡水河口用來捕抓鯢科魚類之流袋網	167
附圖八 於大肚溪口使用捕抓仔稚魚之桁式截網之型態與結構圖	168
附圖九 於彰化王功港用以捕抓仔稚魚之無桁式截網之型態與結構	168
附圖十、於台東成功富岡用以捕抓仔稚魚之魚苗叉網之型態與結構圖	169