

國立臺灣大學生命科學院漁業科學研究所

碩士論文

Institute of Fisheries Science, College of life Science

National Taiwan University

Master Thesis

石門水庫集水區湳仔溝溪之臺灣馬口魚族群生態學研究

The population ecology of lake candidus dace (*Candidia barbatus*) in
Nanzaigou stream of Shihmen Reservoir in Taiwan

研究生：楊芷毓 撰

Chih-Yu Yang

指導教授：李英周 博士

朱達仁 博士

Advisor: Ying-Chou Lee, Ph.D

Ta-Jen Chu, Ph.D

中華民國 100 年 1 月

January, 2011

謝辭

本研究得以完成，首先要感謝指導教授 李英周老師在我修讀碩士期間在課業、研究或是論文寫作上細心的教導與指正，及感謝共同指導教授 朱達仁老師在浦仔溝溪資料上的全力協助與研究論文上的悉心指導，在此致上最崇高的敬意與謝意。此外也感謝交通大學土木工程系 郭一羽老師與臺灣大學生命科學系 莊鈴川老師，百忙之中給予論文的指正與建議。

實驗過程中，很幸運的有許多默默幫助我的人，在此一一致謝。感謝桃園縣百吉國小志工隊及中華大學朱達仁老師實驗室的同仁們在浦仔溝溪採樣上的大力幫助，因為你們我的論文才可以順利的進行。也感謝實驗室惟哲學長和君翰學長當我在論文與實驗上遇到瓶頸時，熱心的幫助並給予建議，還有秉宏、承容、榮琦、小不點學長們跟長毛在碩士過程中帶給我許多歡樂和度過適應期，阿達、正勳、小馬、小號、孟祺、宗祐和小暉的陪伴，還有我的同學球球和小P，因為我們的互相打氣、一同奮鬥、歡笑、忙碌、鬱悶和互吐苦水才可以順利的完成學業。同時也感謝大學和高中時期好友們的關心和鼓勵。

最後，僅將此文獻給摯愛的爺爺、奶奶和爸爸與乾媽一家人，感謝你們一路上的支持和無悔的付出，我才能無後顧之憂的好好完成學業，謝謝你們。

摘要

石門水庫上游集水區湳仔溝溪多年來受到水患影響，於2004年3月至2006年11月進行整治工程，本研究針對該溪之優勢魚種臺灣馬口魚，期望透過長時間調查湳仔溝溪之臺灣馬口魚族群探討其密度、體長、體重、肥滿度受到溪流整治之影響及年齡與成長和生殖週期之研究，了解湳仔溝溪的臺灣馬口魚在受到溪流整治的人為因子及環境變動下族群的結構與動態是否受到衝擊，並探討臺灣馬口魚族群在湳仔溝溪的年齡組成和生殖週期等特性，以期更充分理解臺灣馬口魚在湳仔溝溪之族群生態。2003年11月至2010年11月，依上游百吉四號橋、湳仔溝二號橋、龍行橋、鳳儀橋、新福圳至下游懷德橋各測點由下游往上游以電魚法進行魚類採樣，以one-way ANOVA比較（1）密度、（2）體長、（3）體重、（4）肥滿度之平均值有無差異，試圖了解整治工程對臺灣馬口魚之族群有無影響；2009年9月至2010年11月，每月以蝦籠法與電魚法在相同之六測點採樣並進行年齡形質及與生殖週期之研究。結果顯示，溪流整治對臺灣馬口魚的影響中，密度平均值以龍行橋施工期間最大（7.00尾/15分鐘/100公尺），但龍行橋在施工期間馬口魚的體長及體重偏小，推測原因為龍行橋有加設「避魚柵」及「生態島」對優勢魚種之馬口魚幼魚提供了庇護之故；在第一期施工期間受到艾莉風災之影響，上游各測點之馬口魚密度下降，溪流整治在施工期發生颱風對施工測點馬口魚密度影響極大，而鳳儀橋在施工期間馬口魚體長體重平均值為最大，鳳儀橋其施工工法可能對馬口魚之成魚有助益，因此，湳仔溝溪進行溪流整治的過程中，對於湳仔溝溪臺灣馬口魚的密度、體長、體重及肥滿度未造成極大的傷害，但還是需要後續更長期的環境調查資料探討在施工過後湳仔溝溪台灣馬口魚族群的變動情況；以鱗片形質來進行臺灣馬口魚年齡與成長之研究中，共捕獲192隻，體長範圍在2.9-17.0cm，判讀輪數最高為三輪，利用邊緣成長率分析輪紋一年形成一輪，輪紋形成期約在7-9月，與生殖季同時，推測可能為生殖輪。年齡組成分別為0歲

魚23.4%，1歲魚24.7%，2歲魚41.8%及3歲魚10.1%。臺灣馬口魚族群在浦仔溝溪面臨艾利風災與溪流整治使族群的密度降低、體重與肥滿度偏小、以及物種間食物的競爭壓力大，使臺灣馬口魚傾向選擇發育快、體型小及壽命較短的生存策略，導致年齡結構以提早成熟的低齡魚為主。未來對於臺灣馬口魚保育和復育浦仔溝溪臺灣馬口魚族群，重點應該放在浦仔溝溪的環境改善，保持良好的水質與適合棲息的棲地環境，將有助於族群恢復。

關鍵字：臺灣馬口魚、族群生態、浦仔溝溪、鱗片、年齡與成長



Abstract

Fish will change with and increases along with the environmental condition, the community fades and the age structure. Research in fish's age structure, sex ratio, density, the sphere of action as well as the environment factor influence are called the ecology population. Nanzaigou stream was located at the tributaries of Shihmen Reservoir, it was often over-flooded and caused serious damage along the stream side, so it was restored by the natural ecological engineering from March 2004 to November 2006. The study intends to explore the differences of the dominant species *Zacco barbata* population before, during and after restoration at each site in Nanzaigou Stream, as well as the age structure and reproductive cycle of this species. Sampling was conducted along the stream from Baiji NO.4 Bridge, Nanzihgou NO.2 Bridge, Longxing Bridge, Fengyi Bridge, Sinfu Canal and Huaide Bridge by electrofishing from November 2003 to November 2010. And the mean values of dominant species densities, body length, body weight and condition factor were compared by one-way ANOVA. And used scales to assessment the age and growth of the dominant species were capture of the same sites by Shrimp cage and electrofishing from September 2009 to November 2010. The results were as follows. The density mean value in Long Xingqiao is biggest (7.00/15min), but the fork length and body weight were small, extrapolated that maybe the Evades the fish grid and Ecology island has provided reason of the asylum to the juvenile fish. The first phase of construction with the typhoon, the densities of fish each site declined, so has the typhoon to be enormous to the construction measuring point to the fish density influence. The mean value of body length and weight were biggest at Fengyi Bridge, extrapolated that maybe the construction labor law to the adult fish is of

help. Comprehensive result, when Nanzaigou stream carries on the restoration there has not caused the enormous damage on the mean value of density, body length, body weight and condition factor for *Zacco barbata*, But it will need the following longer-term environment inquiry material discussion to the population of *Zacco barbata* after construction in Nanzaigou stream. A total of 192 individuals were captured to use scales to assessment the age and growth of the dominant species. The range of fork length was 2.9-17.0 cm, the highest rings were counted to 3. The rate of marginal increment was highest from July to September, and which indicated that one ring was formed yearly. The age composition respectively was 0 year old of fish 23.4%, 1 year old of fish 24.7%, 2 year old of fish 41.8% and 3 year old of fish 10.1%. The population in Nanzaigou stream faced with typhoon caused disaster and ecological engineering causes population density to reduce, the body weight and the condition factor is small, as well as the species food competition pressure high, causes it to choose r-selection the survival strategy, the age structure to shift to an earlier time the mature low age fish primarily. In the future regarding the species' care and the cicada chrysalis, which should place the environment improvement with emphasis, maintains the good water quality and suitable to perch roosts the environment, will be helpful in the population restores.

Keywords: *Candidia barbatus*, population ecology, Nanzaigou Stream, scales, Age and growth.

目錄

口試委員審定書.....	i
謝辭.....	ii
中文摘要.....	iii
英文摘要.....	v
第一章 前言.....	1
1.1. 河川生態系之簡介.....	1
1.2. 魚類族群生態學簡述.....	2
1.3. 生態工法沿革與意涵.....	4
1.4. 實驗魚種簡介.....	5
1.5 研究緣起.....	6
1.6. 研究目的.....	8
第二章 材料與方法.....	9
2.1. 研究地點.....	9
2.2. 採樣方法.....	9
2.3. 樣本魚處理.....	10
2.4. 鱗片處理.....	10
2.5. 肥滿度指數之估計.....	10

2.6. 生殖腺指數之估計.....	11
2.7. 性比.....	11
2.8. 資料處理.....	11
第三章 結果.....	13
3.1. 溪流整治對臺灣馬口魚之影響.....	13
3.1.1. 族群密度.....	13
3.1.2. 體長.....	14
3.1.3. 體重.....	15
3.1.4. 肥滿度.....	15
3.1.5. 環境因子.....	15
3.2. 年齡與成長.....	16
3.2.1. 研究樣本簡介.....	16
3.2.2. 尾叉長與體重之關係.....	16
3.2.3. 年齡查定鱗片之選定.....	17
3.2.4. 輪徑長與尾叉長之關係.....	17
3.2.5. 輪紋形成時期.....	17
3.2.6. 輪紋形成時期.....	18
3.2.7. 生殖腺指數的變化.....	18

3. 2. 8. 肥滿度指數的變化.....	19
3. 2. 9. 性比.....	19
3. 2. 10. 年齡組成.....	19
第四章 討論.....	20
4. 1. 溪流整治對臺灣馬口魚族群之影響.....	20
4. 2. 年齡與成長.....	23
4. 3. 未來展望.....	27
第五章 結論.....	28
參考文獻.....	29



表目錄

表 1. 國內外生態工法之沿革與定義.....	39
表 2. 湳仔溝溪各測點施工時間與施工項目.....	40
表 3. 河川棲地型態分類系統表.....	41
表 4 湳仔溝溪臺灣馬口魚施工期間之密度變化.....	42
表 5. 各測點臺灣馬口魚之平均密度.....	43
表 6. 各測點臺灣馬口魚之平均體長.....	44
表 7. 各測點臺灣馬口魚之平均體重.....	45
表 8. 各測點臺灣馬口魚之平均肥滿度.....	46
表 9. 湳仔溝溪各測點水文因子平均值.....	47
表 10. 湳仔溝溪各測點底石組成平均值.....	48
表 11. 湳仔溝二號橋環境因子主成分分析結果的特性向量與特徵值.....	49
表 12. 龍行橋環境因子主成分分析結果的特性向量與特徵值.....	50
表 13. 鳳儀橋環境因子主成分分析結果的特性向量與特徵值.....	51
表 14. 新福圳環境因子主成分分析結果的特性向量與特徵值.....	52
表 15. 未施工測點環境因子主成分分析結果的特性向量與特徵值.....	53
表 16. 鱗片形質判讀二次之判讀率.....	54
表 17. 各輪數之平均輪徑長.....	55

圖目錄

圖 1. 湳仔溝溪地理位置圖.....	56
圖 2. 湳仔溝溪六測點地理位置圖.....	57
圖 3. 湳仔溝溪施工期間之魚種組成.....	58
圖 4. 湳仔溝溪各測點臺灣馬口魚之平均密度.....	59
圖 5. 臺灣馬口魚 2003-2010 平均數量變化圖.....	60
圖 6. 臺灣馬口魚 2003-2010 平均重量變化圖.....	61
圖 7. 湳仔溝溪各測點臺灣馬口魚之體長頻度.....	62
圖 8. 湳仔溝溪各測點臺灣馬口魚之平均體長.....	63
圖 9. 湳仔溝溪各測點臺灣馬口魚之體重頻度.....	64
圖 10. 湳仔溝溪各測點臺灣馬口魚之平均體重.....	65
圖 11. 湳仔溝溪各測點臺灣馬口魚之肥滿度頻度.....	66
圖 12. 湳仔溝溪各測點臺灣馬口魚之平均肥滿度.....	67
圖 13. 臺灣馬口魚之尾叉長與體重頻度圖.....	68
圖 14. 雄魚與雌魚之尾叉長頻度圖.....	69
圖 15. 臺灣馬口魚尾叉長與體重之關係.....	70
圖 16. 鱗片選取之部位之測量軸平均值與 c. v 值.....	71
圖 17. 臺灣馬口魚輪徑長與尾叉長之關係.....	72
圖 18. 臺灣馬口魚尾叉長與輪數頻度圖.....	73
圖 19. 臺灣馬口魚輪徑與輪數頻度圖.....	74
圖 20. 臺灣馬口魚輪徑與輪紋之關係.....	75
圖 21. 臺灣馬口魚鱗片季別邊緣成長率頻度圖.....	76
圖 22. 臺灣馬口魚季別生殖腺指數 (GSI) 變化圖.....	77
圖 23. 臺灣馬口魚尾叉長與生殖腺成熟狀態之關係圖.....	78

圖 24. 雌、雄魚 50%性成熟尾叉長圖.....	79
圖 25. 雌、雄魚季別平均肥滿度(CF)變化圖.....	80
圖 26. 雌、雄魚體長頻度圖.....	81
圖 27. 浦仔溝溪臺灣馬口魚年齡分布圖.....	82
圖 28. 雌、雄魚年齡分布圖.....	83



照片目錄

照片 1. 鱗片選取之部位圖.....	84
照片 2. 臺灣馬口魚鱗片之結構圖.....	85
照片 3-a. 浦仔溝溪整治項目避魚柵.....	86
3-b. 浦仔溝溪整治項目生態島.....	86



第一章、前言

1.1 河川生態系之簡介

河川環境 (river environment) 廣義上可分為 (1) 河川的外在環境：泛指河道外的陸域環境；(2) 河川的內在環境：以河川生物棲息範圍為主的水、陸域環境 (汪 1995)。而河川的環境會隨上、中、下游不同的地質、地形、坡度、溫度、生物種類、汙染程度、人為侵入等因子變化，而使流水生態系統 (lotic ecosystem) 也隨之變化。生活在河川水域中的生物，是河川環境中有生命的組成因子，並與周遭的非生物因子理化環境，共構了河川生態系 (Hynes 1970)。河川主要有三種地形區分：(1) 侵蝕區：河床坡度大、河道不穩定、河岸陡峭而狹窄、沖蝕極為嚴重，多分布在河川的上游源頭。(2) 儲藏和運送區：河道最穩定、輸送沉積物、養分和水、沖蝕與淤積平衡，通常是在侵蝕區的下游。(3) 沉積區：面積比侵蝕區與輸送區大，坡度較為和緩，淤積問題嚴重，通常位於河口 (Faber et al. 1989；陳等 1998)。因河川流經了此三種區域，形成了許多不同的地形地貌，如峽谷、瀑布、水潭、沙洲、瀉湖及濕地等 (汪 1992；高 1993)。而河川也可依據等級和長度來做分類，例如河川序級 (stream order) 就是「河川在支流等及位置正式的測量法」，意即第一級河川沒有支流，第二級河川有第一級河川作支流，第三級河川有第一級和第二級河川作支流，依此類推 (Leopold et al. 1964)。Vannote et al. (1980) 提出河川續動概念 (river continuum concept；RCC)，其將自然河川生態的動態平衡原理 (Principle of dynamic equilibrium) 與河川序級的尺度大小融和以描述河水中動植物縱向的分布模式 (Vannote et al. 1980；Lorenz et al. 1997；Aarts and Nienhuis 2003)，模式主要是指不受干擾的自然河川中，來自枯枝落葉的營養物質被河流從上游往下游帶經過連續不斷變化的物理及化學因子的作用，形成了不同的棲息環境，同時也使棲息於其中的生物分布呈現連續變化的分布，主要以生產/呼吸作用 (P/R，P：gross primary productivity，R：community respiration) 的比率分成三區：(1) 低序級溪段屬上游生產區：無脊椎的掠食者和採集者支配整個動物群，生物多樣性受到低溫、少光和少養分的限制，因此此區的 P/R 率小於 1。(2) 中序級溪段屬中游過度區：此區光線較多，地質植物茂盛，生物多樣性高，河川生物多為自營性，如浮游、附生性藻類，消費者組成以濾食者與刮食者 (grazers) 最多，所以此區的

P/R 率大於 1。(3) 高序級溪段屬下游沉積平原區：來自上游輸入的有機質及營養鹽充分，過濾型植物占優勢，加上此區河道寬廣、流速較慢，增加了河流棲地的多樣性，P/R 率小於 1 (Vannote et al. 1980; Allan 1995; Mitsch and Jørgensen 1995)。臺灣位於亞熱帶地區，地形山高平原小，造成河川源短流急，落差可達數千公尺，年平均降雨量可達 2500 公厘，雨量豐沛但時空分配卻不均勻，雨、旱季降雨量相差極大，也使的臺灣的河川豐、枯流量差異懸殊，但其淡水魚類的多樣性極其豐富(郭 2003)。臺灣的淡水魚類可分為：(1) 初級性(primary)：指終生生活在淡水水域中，多分布於湖泊或河川的中上游，如鯉科、鰍科等；(2) 次級性(secondary)：大部分時間生活於淡水，亦可短期生活於海水的魚類，如慈鯛；(3) 周緣級(peripheral)：為溯河(鮭科)，降海(鰻、鰕虎)洄游之魚類及偶爾可游入河川的廣鹽性魚類，如鰻等。若再將河川魚類由上游至下游區分，其分布可分成上游為鱒魚區及鏟頷魚區；中游為石斑區及中下游的鯉魚區；下游或河口的大肚魚、吳郭魚或烏魚區(邵 1993)。由於地形上的特徵再加上長期為了安全以及經濟上之需求，河川已成為自然與人為力量相互爭奪之地，破壞了河川生態系的平衡。臺灣河川的問題有(1)水土保持；(2)氣候變遷；(3)汙染控制；(4)都市開發；(5)生物棲地消失；(6)河川渠道化；(7)強勢外來物種；(8)生態基流量不足；(9)水資源枯竭(10)災害控制等問題(郭 2003)。而臺灣河川的治理，近年來由於生態環境觀念的興起，已由早期的以防洪工程為主要目的，演變成兼顧水土保持、環境保護、生態復育的生態工程。由上可知，河川的生物多樣性及資源對人類的生存，扮演著舉足輕重的角色，若能加強河川生物多樣性之生態保育及對棲息於河川中之魚類等水生生物的進行保育、復育等工作並進行長期河川生態研究是必須的。

1.2. 魚類族群生態學簡述

魚類生態學的研究首先從物種(species)開始，但是如果單以個體為單位，魚類會隨環境條件和群體的增衰、年齡結構發生變動而變化，使出生率和死亡率等許多生命現象無法獲得正確的說明，所以研究魚類通常不以個體為單位，而是以種內個體棲息在同一生態環境裡所形成的組合群，即族群(population)為對象。而研究魚類的年齡結構、性比、密度、活動範圍以及環境因子的影響稱為魚

類族群生態學 (Population Ecology) (殷 1998)。以下敘述族群生態學的主要研究內容：

(1) 年齡：年齡評估 (Age assessment) 被認為是研究魚類生物學和生態學特性的基礎，也是分析和評價魚類種群數量變動趨勢的基本依據之一 (Ambrose 1983；赤嶺、麥谷 1997；殷 1998)。年齡查定的方法主要有飼育法、標誌放流法、體長頻度分析法與年齡形質法等；其中飼育法與標誌放流法易造成生物生長狀態與自然情形不同；體長頻度分析法對於高齡魚之分離識別較困難，有時僅能獲得相對年齡；而年齡形質法是最繁瑣，但卻是最能有效查定年齡的方法 (黃和郭 1990)。年齡形質法主要是利用鱗片 (scale)、耳石 (otolith)、棘 (spine)、脊椎骨 (vertebra) 與鰓蓋骨 (opercular) 等骨質組織上留下的輪紋標誌來判定 (Ambrose 1983；赤嶺、麥谷 1997；殷 1998)。最早作出用鰻魚的鱗片判定鰻魚的年齡的是荷蘭的 Leeuwenhoek (1684)，而瑞典的 Hans Hederström (1759) 利用白斑狗魚 (*Esox lucius*) 的脊椎骨最先作出可靠的魚類年齡鑑定 (殷 1998)。以鱗片作為年齡鑑定研究的歷史相當悠久，其優點是不需要犧牲魚隻、對魚體造成的傷害為最小；淡水魚則是從 1930 年代才開始運用 (Summerfelt and Hall 1987)。魚類鱗片 (scale) 是覆蓋體表位於真皮 (dermis) 的硬組織，其功能之一是保護體表。鱗片源自中胚葉真皮結締組織中的骨質層，和表皮細胞無關。鱗片前緣的骨芽細胞分泌骨基質促使鱗片往前生長，骨芽細胞則扁平化後消失。鱗片上方的骨芽細胞則分泌形成隆起線，鱗片下方的骨芽細胞形成纖維芽細胞最後變成纖維層板。因此硬骨魚類之鱗片是由外層堅硬的骨質層 (bony layer) 和內層的纖維層板 (fibrillary layer) 兩層構成，依形狀又可區分為表面光滑的圓鱗 (cycloid scale；不具突起棘) 和表面有小棘 (cteni) 突起的櫛鱗 (ctenoid scale)。臺灣馬口魚的鱗片屬於不具突起棘的圓鱗 (Cycloid scale)，屬於圓鱗。鱗片的後端露出於表皮，前端則潛入前一片鱗片之下，形成瓦狀重疊覆蓋體表，其生長線 (Growth line, Circuli) 呈同心圓排列。年輪 (Annulus, Annual ring) 由於生長線的不連續、分枝、切斷、密集等而形成線狀 (line) 或帶狀 (zone) (黃和郭 1990)。在過去二十年間，鱗片的研究已由直接計數年輪的方法發展到由鱗片之微化學結構的層面來探討年齡軌跡，而此法對於海、淡兩棲及底棲的魚種較為有效 (Gauldie et al. 1991；Coutant et al. 1993)。而國內在年齡成長的研究上，主要針對海水魚作探討，

對於淡水魚之年齡成長有彭（1986）針對臺灣鏟頰魚的鱗片作初步研究，及林等（2003）以鱗片和鱗序推論台灣陸封櫻花鉤吻鮭（*Oncorhynchus masou formosanus*）魚類年齡和成長等。

（2）性比（Sex ratio）：魚類性比會隨著成長階段、棲息場所、季節變化而有所差異，性比之多樣性為魚類對其生活環境多樣性之適應屬性（李 1990），而繁殖是魚類生活史的重要環節，透過繁殖將資源傳遞給後代，透過了解魚類的性腺發育程度、性週期等，有助了解其繁殖策略。

（3）密度：是指族群在某一時間、某一區域內個體的絕對數量，透過密度估計可以了解族群的大小和利用率（殷 1998）。

（3）體長、體重關係：魚類的體長和體重有一定的相關關係。一樣長度的魚，體重越重，表示魚體越豐滿，營養狀況和環境條件越佳；肥滿度也是魚類體長、體重關係的另一種表達方式，常用於衡量魚體的豐滿程度、營養狀況和環境條件的指標（殷 1998）。

1.3. 生態工法沿革與意涵

生態工法之觀念源自於德國及瑞士，德國的 Seifert 在 1938 年首先提出近自然河溪整治的概念，表示能夠在完成治理河流的傳統基礎上可以達到接近自然、廉價並保持景觀美的一種治理方案（林等 2004）。1951 年，德國 Kruedener 提出「生物工程（Bioengineering）」直接用於溪流治理，並有最接近台灣現況應用的定義。1962 年，Odum 等人提出將自律行為（self-organizing activities）之生態工程概念應用於污水處理工程之中，並且首度提到「生態工程」（Ecological engineering）（Odum 1971）一詞。1985 年，Holzmann 則認為生態治理是一種可以創造出各式各樣的水深和流路之溪流斷面，注重工程治理和自然景觀的和諧性，把河岸植被規畫成具有多種小生態環境之治理概念。1989 年，Mitsh 則提出「生態工程（Ecological engineering）」是「運用生態系之自我設計（self-design）能力為基礎，強調透過人為環境與自然環境間之互動，達到互利共生（Symbiosis）之目的。」此外，近自然工法必須考慮到整體河道的安定，並且在容許範圍之內設法創造出有深潭、急流或淺灘等各式各樣之棲地環境（福留脩文 2001）。國

內，1997 年，行政院農業委員會水土保持局提出生態工法的定義為「採用天然資源為主要材料，以融合週邊地形自然景觀，減少造成生態環境之衝擊為理念設計，構築可供動植物棲息之空間，創造兼具防災及復育功能之工法。」2002 年，行政院公共工程委員會更進一步提出生態工程的定義為「基於對生態系統之深切認知與落實生物多樣性保育及永續發展，而採取以生態為基礎，安全為導向的工程方法，以減少對生態環境造成傷害（林等 2001）。」，國內外生態工法之沿革與定義（如表 1）。臺灣河川治理規劃早期以滿足人類需求為主要考量，依照人類需求及活動範圍進行河川治理工程，以確保河川周邊的產業活動或居家安全。但是，臺灣因其地形、地質及水文條件特殊，加上地狹人稠的土地利用形態，這種臺灣河溪的自然特性與人為干擾使溪流處於極不穩定的狀態。近年來，由於經濟發展，人民所得提高後，防洪排水安全不再為人民追求的唯一目標，因此河溪整治的目標，除防災、減災外，尚須考量河溪水域環境之保全。常用的於溪流整治的生態工法包括滯洪池、堤防及護岸、固床工、丁壩工、邊坡整治、擋土工及水域棲地營造等工法。其目標包含：（1）減低河溪洪峰流量、（2）降低河溪流速、（3）保護溪岸防止沖刷、（4）維持河溪沖淤平衡、（5）提供水生物洄游路徑、（6）改善水域水質、（7）提供多樣性生物棲地（巨廷工程顧問公司 2005）。溪流整治對於生存在溪流生態系中之魚類、蝦類、藻類等生物影響重大，尤以魚類較常被使用來作為評估指標，魚類具有不同汙染耐受性的種類，不同游泳能力之種類，以及不同的遷移能力，故可利用此三項特性來反應特定水域即時、綜合的影響（朱等 2004）。

1.4. 實驗魚種簡介

臺灣的淡水魚有一百五十餘種以上（曾 1986），早期以分類與分布為主，而溪流魚類的生態研究包括族群結構、棲地選擇、食性及生殖特性，到了 1980 年代才逐漸起步，主要對象以櫻花鉤吻鮭（*Oncorhynchus masou formosanus*）（曹 1988；莊 1988；林等 1989；林等 1990；詹等 1991；林等 1993），台灣纓口鰍（*Crossostoma lacustre*）（張 1989）與臺灣石鰍（*Acrossocheilus paradoxus*）（林及許 1990；林及張 1991；孔 2006）作過較詳盡的生殖及棲地利用之研究，再加上探討平鰭鰍科（Homalopteridae）（曾 1981）之分類與分布，與探討魚類不同生命週期的不同階段棲地使用與物理棲地因子之量化關係（孫及呂 2010），

較少有對魚類生態有更深入之研究。而本島中低海拔溪流的魚類生態，則有於北部淡水河支流針對臺灣石鱚 (*Acrossocheilus paradoxus*) (許 1991)、臺灣鏟頰魚 (*Varicorhinus barbatulus*) (張 1994) 及臺灣馬口魚 (*Candidia barbatus*) (顏 1993) 進行生殖生物學與族群生態學之研究。為了進一步了解本島溪流魚類的整體特性，有必要針對棲息於本島各溪流的魚類進行族群生態之研究。臺灣馬口魚 (*Candidia barbatus*) 為臺灣特有種魚類，在系統分類學上是屬於脊椎動物亞門 (Vertabrata)、條鰭魚綱 (Actinopterygii)、新鰭亞綱 (Neopterygii)、鯉科 (Cyprinidae)、鬚鱚屬 (*Candidia*) (臺灣魚類資料庫)。最早由 T. Regan (1986) 在日月潭發現。臺灣馬口魚分布於臺灣西部各河川中上游及其支流，性喜冷水域，為雜食性魚類 (詹 1989；曾 1990)。形態特徵為體延長而側扁，腹鰭基部後方具不完全的腹稜。頭中大，吻略短，口端位，口裂中大，向後達眼前緣下方；口裂末端有一對細小的紅色觸鬚。成熟雄魚的上頷較為前突，且略呈鈎狀。體被細小圓鱗；側線完整，由鰓蓋的上緣向腹側明顯下彎呈弧形；側線鱗數 54-57。各鰭均無硬棘，背鰭軟條 3 (不分枝軟條) + 7 (分枝軟條)；臀鰭 3 (不分枝軟條) + 9 (分枝軟條)。體背側呈灰褐色，腹部灰白，體側自前鰓蓋的後緣至尾鰭基部有一極為明顯的藍黑色縱帶；成熟雄魚的吻部有極為明顯而尖銳的追星，其頭部下側、腹部、胸鰭及腹鰭均呈鮮紅色；雌魚的體色較淡；各鰭微黃而白色 (臺灣魚類資料庫)。目前關於台灣馬口魚之研究包括：一般性描述 (詹 1989；曾 1990)，系統分類與遺傳結構 (王 1995)、生殖行為 (莊等 1995)、哈盆溪臺灣馬口魚之生態學初步研究 (顏 1993) 及繁養殖及環境生物學研究 (熊 1999) 外，尚無其他研究報告發表。

1.5. 研究緣起

湳仔溝溪位於桃園縣大溪鎮復興里與新峰里，是石門水庫上游集水區之一支流 (圖1)。湳仔溝溪由於河道狹窄，易遇雨成災，並在當地居民數次陳情下，以野溪生態工法治理湳仔溝溪。於2004年3月至2004年12月進行第一期中下游段整治工程，工程內容主要以溪河拓寬，並包含橋樑工程、護岸工程等整治工程，其中沿河道路亦做了部分調整改道。又於2005年2月至2006年12月進行第二期中上游段整治工程 (表2)。並自整治前2003年11月至2010年11月整治過後共7年之時間，依湳仔溝溪上游百吉四號橋、湳仔溝二號橋、龍行橋、鳳儀橋、新福圳至

下游懷德橋，共六個測點（圖2），進行浦仔溝溪溪流生態監測與情勢評估，共調查了魚類、水生昆蟲、附著性藻類、底棲動物之種類、數量、分布、種組成等生物性資料。浦仔溝溪的魚類組成非常多樣化，於2003至2008年調查至今魚種總計6目9科28種，包括鯉目鯉科的台灣石鱖（*Acrossocheilus paradoxus*）、台灣鏟頰魚（*Onychostoma barbatulum*）、紅鰭鮎（*Culter erythropterus*）、粗首鱖（*Zacco pachycephalus*）、平頰鱖（*Zacco platypus*）、魚密（*Hemibarbus labeo*）、白鰱（*Hemiculter leucisculus*）、鯉（*Cyprinus carpio carpio*）、台灣馬口魚（*Candidia barbatus*）、羅漢魚（*Pseudorasbora parva*）、高體鰱鮠（*Rhodeus ocellatus ocellatus*）、革條副鰱（*Tanakia himantegus*）、日本鰱（*Carassius cuvieri*）、鰱魚（*Carassius auratus auratus*）、朱文錦（*Carassius auratus*）；鯽科的中華花鰍（*Cobitis sinensis*）、泥鰍（*Misgurnus anguillicaudatus*）；鯉齒目花魚將科的大肚魚（*Gambusia affinis*）；合鰓魚目合鰓魚科的黃鰱（*Monopterus albus*）；鱸形目鰱科的斑鰱（*Channa maculata*）；慈鯛科的吉利吳郭魚（*Tilapia zillii*）、雜交吳郭魚（*Oreochromis sp.*）；及鰕虎魚亞目鰕虎科的褐吻鰕虎（*Rhinogobius brunneus*）、明潭吻鰕虎（*Rhinogobius candidianus*）、極樂吻鰕虎（*Rhinogobius giurinus*）、短吻褐斑吻鰕虎（*Rhinogobius rubromaculatus*）等。除大肚魚、鯉魚與吳郭魚為外來種外，其餘多為台灣地區普遍分布的特有種或是原生種（吳等 2008）。

過去有關浦仔溝溪的調查包括：生態評估（朱等 2004；朱 2005；吳等 2008）、應用生物指標法探討浦仔溝溪以生態工法整治影響之研究（朱等 2004）及石門水庫上游集水區生態評估之研究：以浦仔溝溪為例（朱等 2008）。過去的研究主要以概括性及應用生物指數的方式探討浦仔溝溪受到溪流整治之影響，較缺少針對單一物種受到溪流整治影響之研究，魚類較易於觀察其溪流環境受到變化的指標生物之一。從2003年11月至2008年10月，台灣馬口魚在浦仔溝溪之魚種分布，施工前10%、第一期施工17%、第二期施工17%及施工後13%（圖3），顯示在這四個時期台灣馬口魚為屬於台灣特有種之魚種中分布比率最高之魚種，顯示台灣馬口魚為浦仔溝溪之優勢魚種。

過去國內對於馬口魚之相關研究有一般性描述（詹 1989；曾 1990），系統分類與遺傳結構（王 1995）、生殖行為（莊等 1995）、哈盆溪台灣馬口魚之生態學初步研究（顏 1993）及繁養殖及環境生物學研究（熊 1999）外，尚無其他

研究報告發表。因此，本研究期望透過長時間調查浦仔溝溪之臺灣馬口魚族群探討其密度、體長、體重、肥滿度受到溪流整治之影響及年齡與成長和生殖週期之研究，了解浦仔溝溪的臺灣馬口魚在受到溪流整治的人為因子及環境變動下族群的結構與動態是否受到衝擊並探討臺灣馬口魚族群在浦仔溝溪的年齡組成、性比和生殖週期等特性，以其更充分理解臺灣馬口魚在浦仔溝溪之族群生態。

1.6. 研究目的

- 1、針對浦仔溝溪之臺灣馬口魚，比較正在進行施工的測點（B）浦仔溝二號橋（2005.2-2006.2）、（C）龍行橋（2005.2-2006.2）、（D）鳳儀橋（2004.3-2004.12）、（E）新福圳（2004.3-2004.12）及A-F測點中自2003.11至2010.11未進行施工的時期統稱為（Z）未施工測點之密度、體長、體重與肥滿度是否有差異，以及水文因子與棲地間的關係，進而了解浦仔溝溪的臺灣馬口魚在受到溪流整治的人為因子及環境變動下族群的結構與動態是否受到衝擊與影響。
- 2、利用鱗片做為年齡形質，探討浦仔溝溪臺灣馬口魚年齡與成長之關係，了解其年齡結構。
- 3、利用性比、生殖腺指數（gonadosomatic index, GSI）等的變化，瞭解臺灣馬口魚在浦仔溝溪之生殖週期變化。
- 4、利用上述各項因子希望更充分理解臺灣馬口魚在浦仔溝溪之族群生態的變化及分布。

第二章、材料與方法

2.1. 研究地點

湳仔溝屬於石門水庫集水區，位於桃園縣大溪鎮內，發源於新峰里北側標高470m之山區，向南流經約2km之山谷，於腦窟寮南方轉向西南，至百吉後轉向西北，復於湳仔溝再轉向西南，於龍珠灣流入石門水庫，水系面積約7.0km²主流長約10km，河床平均坡降約1/100（朱等2008）。本研究以湳仔溝流域六測點，由上游依次往下游為（A）百吉四號橋、（B）湳仔溝二號橋、（C）龍行橋、（D）鳳儀橋、（E）新福圳、（F）懷德橋等共六站，集水區範圍（圖1）及調查測點如（圖2）所示。

2.2. 採樣方法

從2003年11月至2010年11月，依湳仔溝溪上游百吉四號橋、湳仔溝二號橋、龍行橋、鳳儀橋、新福圳至下游懷德橋，共六個測點，其中各測點以電魚法（電壓8伏特）由下游至上游以Z字型方向進行15分鐘，100公尺之魚類採樣，使單位努力捕獲量CPUE（Capture Per Unit of Effort）維持相同，捕獲之魚隻記錄其尾叉長（fork length）準確至（1mm）及體重準確至（0.1g），最後將魚放回溪流內，採樣頻度每月採樣壹次。鱗片及生殖腺樣本採集則從2009年9月至2010年11月，於百吉四號橋（A）、湳仔溝二號橋（B）、龍行橋（C）、鳳儀橋（D）、新福圳（E）及懷德橋（F）六測點，每月以蝦籠法及電魚法輔助進行魚類之採樣，每月所捕獲魚隻依其體長及數量分層隨機採樣（6-10隻），以10%福馬林保存，帶回實驗室作進一步研究。

水質檢測項目以穿越線法記錄採樣測站內底石種類與比例，底質分析係根據汪（1990）所建議採用之底質分類系統來記錄調查（表3）和水質儀器測量水深、流速、水溫、酸鹼值（pH值）、導電度、懸浮固體（SS）、溶氧（DO）、生化需氧量（BOD）、化學需氧量（COD）、氨氮、濁度和總磷共12項。

2.3. 樣本魚處理

將保存於福馬林中之樣本魚取出，先將魚編號並量測其體全長（total length）、尾叉長（fork length）及體重後，隨即解剖魚體，依生殖腺辨別性別並量測生殖腺重及採集鱗片形質。

2.4. 鱗片處理

根據後述結果所判定，鱗片標本採自背鰭後方側線之上之部位（照片 1 之 C 部位），每條魚採取 8 片左右，從中選取大小相近的 3 片鱗片，放置於含有去離子水的培養皿中清洗，去除表面污垢，再放置於離心管中，利用去離子水及超音波清洗機（Model 1210R-DTH, Branson）震盪 5 分鐘，去除鱗片上的黏膜、表皮組織及其他汙物，再以滴管吸出離心管中的去離子，重複此兩步驟三到五次，視鱗片大小及汙穢程度調整沖洗次數，再將清理乾淨的鱗片放置於兩片載玻片之間，用標籤紙將兩端黏住，自然陰乾(廖 2001)。將製作完成的鱗片製於顯微鏡(Nikon eclipse E400)下，其物鏡的放大倍率設定 4 倍，由 Canon 550D 型相機攝取鱗片影像以供觀察判讀。

2.5. 肥滿度指數之估計

肥滿度為反映魚類個體重量增長程度、生長好壞、肥瘦、營養狀況與對餌料利用程度的一種指標，也可當作比較不同時期成長差異的依據（Bagenal and Tesch 1978），肥滿度指數（Condition factor；CF）的計算式如下（Htun-Han 1978）：

$$CF=(BW/FL^3) \times 10^3 \dots\dots\dots (1)$$

BW：體重

FL：尾叉長

(BW：g；FL：cm)

2.6. 生殖腺指數之估計

生殖腺重量的變化表示生殖腺發育狀況而可作為生殖腺發育之指標 (Htun-Han 1978; Delahunty and De Vlaming 1980)。本研究以生殖腺指數 (gonadosomatic index; GSI) 來判定生殖期，生殖腺指數計算式如下：

$$GSI = (GW/FL^3) \times 10^3 \dots\dots\dots (2)$$

GW：生殖腺重

FL：尾叉長

(GW：g；FL：cm)

2.7. 性比

魚類性比會隨著成長階段、棲息場所、季節變化與漁具選擇性而有所差異，性比之多樣性為魚類對其生活環境多樣性之適應屬性 (李 1990)。性比的計算式如下 (Lee et al. 1986)：

$$\text{Sex ratio} = F/(F + M) \dots\dots\dots (3)$$

(F：雌魚數；M：雄魚數)

2.8. 資料處理

1. 以 One-way ANOVA 比較正在進行施工的測點 (B) 涌仔溝二號橋 (2005.2-2006.2)、(C) 龍行橋 (2005.2-2006.2)、(D) 鳳儀橋 (2004.3-2004.12)、(E) 新福圳 (2004.3-2004.12) 及 A-F 測點中自 2003.11 至 2010.11 未進行施工的時期統稱為 (Z) 未施工測點，在 (1) 密度，(2) 體長，(3) 體重及 (4) 肥滿度之平均值間有無差異，如有差異，再以 Duncan 進行兩兩比較，其數學模式如下：

$$X_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \dots\dots\dots (4)$$

μ = 族群均值， τ_i = 月別效應， ε_{ij} = 試驗誤差。

$i = 1 \dots I$ (測點)。 $j = 1 \dots J$ (月別)。

2. 利用主成分分析法 (Principle Component Analysis) 來分析浦仔溝溪調查到的水文因子與底石組成在環境變異上的貢獻度。主成分分析法是一種多變量統計方法，可將許多相關的變數轉換成新的獨立變數，這些新的變數為原變數的線性組合。分析方法為找出原有變數的線性組合，算出共變異數矩陣 S 及相關矩陣分析 R，求出 S 與 R 的特徵值(eigenvalue)、特徵向量(eigenvector)、貢獻度 (proportion) 和累積貢獻度 (cumulative proportion)。各主成分得點之計算公式如下 (Johnson and Wichern 1988)：

$$Z_i = \sum_{j=1}^n E_{ij} \times S_{ij} \dots\dots\dots (5)$$

Z_i = 第 i 個主成分得點， E_{ij} = 第 i 個主成分得點之第 j 個因子的特徵向量， S_{ij} = 第 i 個主成分得點之第 j 個因子的標準化值，其中

$$\sum E_{ij}^2 = 1$$

再將特徵值依大小順序排列，設分別為 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$ ，求出對應的單位特徵向量 a_1, a_2, \dots, a_p ，其中 $a_i \cdot a_i = 1$ 且 $a_i \cdot a_j = 0$ ，則

$$y_1 = a_1 X = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1p}X_p \quad \text{為第一主成分}$$

$$y_2 = a_2 X = a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2p}X_p \quad \text{為第二主成分}$$

$$\dots\dots\dots$$

$$Y_p = a_p X = a_{p1}X_1 + a_{p2}X_2 + \dots + a_{pp}X_p \quad \text{為第 p 主成分}$$

接著再簡化多變量資料的變數個數並求出解釋的變異比例，若只取最大的 q 個主成分替代原有的 p 個變數，則這 q 個主成了解釋的變異比例為：

$$R^2 = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_q}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_p} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_q}{p} \dots\dots\dots (6)$$

當所能夠解釋的變異比例值越高，顯示這 q 個主成分所能解釋各因子與目的變數之間的可信度越高。

本研究所有測量與計算之數據，皆輸入 Excel，統計軟體使用 spss 12.0。

第三章、結果

3.1. 溪流整治對臺灣馬口魚之影響

3.1.1. 族群密度

本研究將 2003 年 11 月至 2008 年 10 月浦仔溝溪魚種組成依施工期距分成四個時期，顯示施工前臺灣馬口魚佔 10%、第一期施工 17%、第二期施工 17% 及施工後 13%，在這四個時期皆為浦仔溝溪魚類屬於臺灣特有種中分布比率最高的魚種，表示臺灣馬口魚為浦仔溝溪之優勢魚種（圖 3）。而在這四個時期各測點以圓點的大小表示以電魚法調查之臺灣馬口魚平均密度（隻/15 分鐘/100 公尺）變化：在未施工時期密度以最下游測點懷德橋最高（5.5 隻/15 分鐘/100 公尺），其次為龍行橋（5.0 隻/15 分鐘/100 公尺）、百吉四號橋（3.0 隻/15 分鐘/100 公尺）、浦仔溝二號橋（2.8 隻/15 分鐘/100 公尺）、鳳儀橋（1.5 隻/15 分鐘/100 公尺），最低為新福圳（0.8 隻/15 分鐘/100 公尺）；第一期施工期間，由於受到艾利風災（2004 年 8 月）之影響，各測點密度都呈現大幅下降的趨勢，施工之中下游測點鳳儀橋密度為（1.2 隻/15 分鐘/100 公尺）及新福圳甚至完全沒有調查到馬口魚（0.0 隻/15 分鐘/100 公尺），而最下游測點懷德橋的密度卻達到最高（12.1 隻/15 分鐘/100 公尺），其他測點密度依次為龍行橋（2.5 隻/15 分鐘/100 公尺）、浦仔溝二號橋（2.2 隻/15 分鐘/100 公尺）及百吉四號橋（1.5 隻/15 分鐘）；第二期施工期間，密度最高為未施工測點百吉四號橋（16.4 隻/15 分鐘/100 公尺），進行施工測點浦仔溝二號橋（2.4 隻/15 分鐘/100 公尺）及龍行橋（7.0 隻/15 分鐘/100 公尺），進行施工之測點馬口魚密度受到施工影響不大，而施工後之鳳儀橋（1.2 隻/15 分鐘/100 公尺）及新福圳（4.1 隻/15 分鐘/100 公尺），最下游懷德橋則為（7.3 隻/15 分鐘/100 公尺），顯示艾莉風災過後各測點密度都有恢復的趨勢；施工過後，密度最高還是未施工之百吉四號橋（18.1 隻/15 分鐘/100 公尺），其次為龍行橋（11.5 隻/15 分鐘/100 公尺）、最下游之懷德橋（3.1 隻/15 分鐘/100 公尺）、新福圳（1.5 隻/15 分鐘/100 公尺）、鳳儀橋（0.7 隻/15 分鐘/100 公尺），最低為浦仔溝二號橋（0.5 隻/15 分鐘/100 公尺）。從以上結果得知，密度在進行施工時期各測點變化皆不相同（表 4）。

在溪流整治影響之研究中，自 2003 年 11 月至 2010 年 11 月共調查到 1179 尾臺灣馬口魚，其中平均密度最大為(C)龍行橋 7.00 ± 3.83 隻/15 分鐘/100 公尺，其次依序為(Z)未施工測點 4.79 ± 6.03 隻/15 分鐘/100 公尺、(B)湳仔溝二號橋 2.43 ± 1.90 隻/15 分鐘/100 公尺、(D)鳳儀橋 1.20 ± 1.93 隻/15 分鐘/100 公尺，最低為(E)新福州 0.00 ± 0.00 隻/15 分鐘/100 公尺，經檢定過後平均族群密度達到顯著差異 ($p = 0.02 < 0.05$)，再進行兩兩比較後發現 (C)、(Z) 及 (B) 測點之平均密度沒有差異，(Z)、(B)、(D) 及 (E) 測點之平均密度沒有差異，但 (C) 與 (D)、(E) 測點之平均密度有差異(表 5、圖 4)。

從 2003 年至 2010 年臺灣馬口魚的數量變化中，在第一期施工整治數量每月約在 20-40 隻，艾利風災過後數月數量下降，至第二期施工整治期間數量有呈現緩慢恢復的情況，甚至有些月份數量到達 60 隻，但在整治過後，數量持續下降，至 2010 年每月數量只約在 20 隻，可見臺灣馬口魚的族群數量經過溪流整治後有下降的趨勢(圖 5)。重量上的變化則是，在施工前臺灣馬口魚的平均重量在 15-20g，第一期施工期間可能受到艾利風災與溪流整治的影響開始下降，之後臺灣馬口魚之重量隨著整治時間逐漸下降，至 2010 年臺灣馬口魚的平均重量只約在 5g 左右(圖 6)。以上結果顯示，臺灣馬口魚族群在受到艾利風災、溪流整治與魚群之間競爭壓力下發生變化。

3.1.2. 體長

臺灣馬口魚體長範圍介於 1.8cm-14cm 之間，大部分集中在 3-4cm 之間 ($n=497$)。其中(B)湳仔溝二號橋體長範圍 3-13cm ($n=17$)，以 7、9cm 所占比例最高 (41%、35%)；(C)龍行橋體長範圍 3-12cm ($n=49$)；(D)鳳儀橋體長範圍集中在 3-6cm 及 12-14cm 之間 ($n=12$)；(E)新福州未調查到馬口魚而(Z)未施工測點體長範圍 3-14cm ($n=1101$) (圖 7)。平均體長依序為(D) 7.00 ± 4.57 cm > (B) 6.99 ± 2.25 cm > (Z) 6.07 ± 3.15 cm > (C) 5.58 ± 2.63 cm > (E) 0.00 ± 0.00 cm，經檢定過後平均體長達到顯著差異 ($p = 0.00 < 0.05$)，再進行兩兩比較後發現 (D)、(Z)、(B) 及 (C) 測點之平均體長沒有差異，但與 (E) 測點之平均體長有差異(表 6、圖 8)。

3.1.3 體重

體重範圍介於 0.1-44g 之間，大部分集中在 0-10g (n=949)。除了(E)未調查到馬口魚外，(B)、(C)、(D)及(Z)測點之體重範圍皆集中在 0-10g 之間(圖 9)。平均體重依序為 (D)11.81±13.30g > (B)5.97±7.26g > (Z)6.36±8.82g > (C)4.58±5.11g > (E)0.00±0.00g，經檢定過後平均體長達到顯著差異($p=0.02<0.05$)，再進行兩兩比較後發現 (D)、(Z) 測點之平均體重沒有差異；(Z)、(B) 及 (C) 測點之平均體重沒有差異；(C) 及 (E) 測點之平均體重沒有差異，但 (D)、(B) 及 (E) 測點之平均體重有差異(表 7、圖 10)。

3.1.4 肥滿度

肥滿度範圍介於 0.1~183.1 之間，大部分集中在 10-30 之間 (n=909)。其中 (B) 湳仔溝二號肥滿度範圍 10-40 (n=17)，主要集中在 10-20 (59%、71%)；(C) 龍行橋肥滿度範圍 10-70 (n=49)；(D) 鳳儀橋肥滿度範圍集中在 20-30 及 80-90 之間 (n=12)；(E) 新福州未調查到馬口魚而 (Z) 未施工測點肥滿度範圍 10 大於 100 (n=1101) (圖 11)。平均肥滿度依序為 (D)37.75±31.75 > (C)28.94±19.21 > (Z)24.64±24.91 > (B)14.56±6.44 > (E)0.00±0.00，經檢定過後平均體長達到顯著差異($p=0.00<0.05$)，再進行兩兩比較後發現 (D)、(C) 及 (Z) 測點之平均肥滿度沒有差異；(C)、(Z) 及 (B) 測點之平均肥滿度沒有差異；(B) 及 (C) 測點之平均肥滿度沒有差異，但 (D) 及 (E) 測點之平均肥滿度有差異(表 8、圖 12)。

3.1.5. 環境因子

將 (B)、(C)、(D)、(E) 及 (Z) 測點調查到的水深、流速、水溫、pH 值、溶氧、導電度、濁度、氨氮、COD、BOD、懸浮粒子、總磷與底石組成共 13 項環境因子進行平均値之計算(表 9、表 10)，並分別在各測點進行主成分分析。在 (B) 測點發現必須到第四主成分達到累積總變異的 94.1%，四個主成分的特徵值都大於 1，主成分 1 的變異因子是圓石，主成分 2 的變異因子是懸浮固體，主成分 3 的變異因子是總磷，主成分 4 的變異因子是導電度(表 11)。(C) 測點發現必須到第五主成分達到累積到總變異的 94.7%，五個主成分的特

徵值都大於 1，主成分 1 的變異因子是 COD，主成分 2 的變異因子是流速，主成分 3 的變異因子是水深，主成分 4 的變異因子是導電度，主成分 5 的變異因子是氨氮（表 12）。（D）測點發現必須到第五主成分達到累積到總變異的 94.1%，五個主成分的特徵值都大於 1，主成分 1 的變異因子是小漂石，主成分 2 的變異因子是溶氧，主成分 3 的變異因子是導電度，主成分 4 的變異因子是酸鹼值，主成分 5 的變異因子是 BOD（表 13）。（E）測點發現必須到第五主成分達到累積到總變異的 92.9%，三個主成分的特徵值都大於 1，主成分 1 的變異因子是溶氧，主成分 2 的變異因子是大漂石，主成分 3 的變異因子是濁度，主成分 4 的變異因子是圓石，主成分 5 的變異因子是水溫（表 14）。（Z）測點發現必須要到第七主成分才會累積到總變異的 71.5%，七個主成分的特徵值都大於 1，主成分 1 的變異因子是小漂石，主成分 2 的變異因子是水溫，主成分 3 的變異因子是沉積砂土，主成分 4 的變異因子是導電度，主成分 5 的變異因子是 BOD，主成分 6 的變異因子是水深，主成分 7 的變異因子是酸鹼值（表 15）。

3.2. 年齡與成長

3.2.1. 研究樣本簡介

為了瞭解臺灣馬口魚在湳仔溝溪的年齡與成長之關係，本研究於 2009 年 9 月至 2010 年 11 月利用蝦籠法及電魚法採集臺灣馬口魚，共捕獲 192 隻，尾叉長範圍 2.9-17cm，平均尾叉長 7.8cm；體重範圍 0.3-53.0g，平均體重 7.1g（圖 13）。其中，可辨別性別臺灣馬口魚 107 隻，雄魚 78 隻，平均尾叉長 9.1cm；雌魚 29 隻，平均尾叉長 10.1cm（圖 14）。

3.2.2. 尾叉長與體重之關係

尾叉長（FL）與體重（W）之間呈 $W=aL^b$ 的關係，經自然對數轉換後呈 $\ln W=\ln a+b\ln L$ 之直線關係（Ricker, 1973），由於本研究可分辨出雌雄魚之尾數並不多，故將雌雄魚合併計算，經迴歸係數顯著性檢定之結果，顯示迴歸直線成立（圖 15）。尾叉長與體重之關係式如下：

$$W = 6.9 \times 10^{-3} FL^{3.1646} \dots \dots \dots (5)$$

(W : g ; FL : cm)

3.2.3. 年齡查定鱗片之選定

使用鱗片作為年齡查定之形質時，為了減少鱗片形態之差異，必須決定固定之採鱗部位。鱗片因著生的位置不同，其形狀大小均有差異（劉和曾，1972）。本研究選取 5 尾尾叉長相近之魚（平均體長 15.2 ± 1.3 ），並選取 6 個部位（照片 1），每個部位採取 3 片鱗片來分析各部位鱗片之鱗徑平均值及變異系數（coefficient of variation；CV）的變動情形，變異係數求法如下：

$$CV = (S/\bar{x}) \times 100\% \dots\dots\dots(6)$$

S：標準偏差

\bar{x} ：平均值

結果顯示，以 C 部位的平均鱗徑最大，變異係數最小，表示此區域鱗片的變動情形最小，故選背鰭後方測線以上之 C 部位，即背鰭後方，側線以上之部位，作為採鱗之部位（圖 16）。測量軸則是採以鱗片之焦點（focus）向右與邊緣之垂直線為測量軸（照片 2），量取鱗徑（R）及各輪徑（ R_n ）之長度，此 3 片鱗片之輪徑及各輪徑之平均值，即為該尾魚之輪徑及各輪徑之代表值。

3.2.4. 輪徑長與尾叉長之關係

瞭解年齡形質與體長間的關係其目的在於藉由逆算（back-calculation）回推早期各年齡的體長（Casselman 1990），且有助於了解其成長史各階段之成長狀況（Bartlett et al. 1984）。馬口魚之輪徑長（R）與尾叉長（FL）的關係呈簡單迴歸直線 $L=a+bR$ 之傾向（圖 17）。

$$\text{其關係式為：} FL=1.9215+0.0094R \dots\dots\dots(7)$$

（FL：cm；R： μm ）

3.2.5. 輪紋之規則性

年齡形質上輪紋數及輪紋徑若具有（1）體長愈長，輪紋數愈多，（2）同一個體之各鱗片的輪紋數一定，且各輪紋的相對位置大略一致，（3）等輪紋數之異個體間，各輪紋的相對位置大略一致，（4）相鄰輪紋間，各輪紋徑組成彼此均有所分離且各平均輪紋徑均有差異、等規則性，則該形質為有效之年齡形質

(Tan et al. 1965; Lai and Liu 1974)。本研究結果顯示：(1) 馬口魚具有隨著輪徑越大，尾叉長也增加的現象(圖 17)。(2) 隨著尾叉長增加，輪紋數也會增大，且輪數群峰形分離(圖 18)。(3) 隨著輪徑增加，輪紋數也會增大，且輪數群峰形分離(圖 19)。(4) 2、3 輪群其輪紋與輪徑之迴歸直線彼此分離，顯示同輪數異個體間，各輪紋形成之相對位置大致相似(圖 20-a、b)。綜合上述結果可以判定鱗片為一有效之年齡。

3. 2. 6. 輪紋形成時期

輪紋形成期是根據鱗片的邊緣成長率(marginal increment; MI)月別平均值之變化來推定，邊緣成長率之計算式如下(Joung and Chen 1992)：

$$MI = (R - r_n)/(r_n - r_{n-1}) \dots \dots \dots (8)$$

R：輪徑

r_n ：最外一輪之輪紋徑

r_{n-1} ：次外一輪之輪紋徑

(R、 r_n 、 r_{n-1} ： μm)



由於本研究樣本數較少，將雌、雄魚樣本合併處理，並採取季別方式探討輪紋形成期，結果顯示，1-3 輪魚之邊緣成長率平均值 1-3 月為 0.27，4-6 月為 0.26，並在 7-9 月達到最高值 0.30，10-12 月隨即下降至 0.24，一年只有一個高峰，因此推測鱗片之輪紋一年形成一輪，形成期大約在 7 至 9 月間(圖 21)。

3. 2. 7. 生殖腺指數的變化

生殖腺重量的變化表示生殖腺發育狀況而可作為生殖腺發育之指標(Htun-Han 1978; Delahunty and De Vlaming 1980)，本研究以生殖腺指數(gonadosomatic index; GSI)來判定生殖期。其中可辨別出雌雄之樣本數為 107 隻，根據生殖腺指數之季別變化得知，雄魚(n=77)生殖腺指數 1-3 月為最小值 0.067，4-6 月為最大值 0.113，其值在四季中變化不大，雄魚無明顯的生殖盛期；雌魚(n=29)生殖腺指數在 7-9 月達到最大值 0.346，10-12 月則下降至 0.112，顯

示雌魚的生殖季為 7-9 月（圖 22）。將雌、雄魚的生殖腺成熟情形分為未成熟、開始成熟及完全成熟三階段，觀察到雄魚的最小成熟尾叉長皆約為 7.3cm，雌魚為 7.5cm，（圖 23），而雌、雄魚在尾叉長皆約 6-7cm 達到 50%性成熟體長（圖 24）。

3.2.8. 肥滿度指數的變化

雄魚肥滿度季別變化不大，在 1-3 月為最小值 9.884，之後肥滿度值持續上升至 10-12 月達到最大值 11.211；雌魚肥滿度的季別變化可知在 4-6 月為最小值 5.190，隨後在 7-9 月略為上升至 8.541，在 10-12 月達到最大值 11.062。顯示肥滿度變化是在生殖腺指數達到最高值前一季為肥滿度指數為最小值，之後持續呈現上升的趨勢（圖 25）。

3.2.9. 性比

從 2009 年 9 月至 2010 年 11 月共 192 隻，其中可辨別性別之馬口魚為 107 隻（雄魚：78；雌魚：29），性比為 0.271。經卡方分布檢定（Chi-square test）與雌、雄性比 1：1 有顯著性差異（ $X^2=21.736 > X^2_{(0.01,1)}=6.64$ ）。再將尾叉長以 1cm 作組距，將雌雄魚尾叉長用 t-test 比較，雄魚平均尾叉長 8.5 ± 2.3 cm，雌魚平均尾叉長 9.3 ± 2.39 cm，兩性平均尾叉長間無顯著性差異（ $t=1.73, df=104, p > 0.05$ ），再以 K-S 法比較雌雄魚的尾叉長分布後，發現兩性尾叉長分布也無顯著性差異（ $p=0.55 > 0.05$ ）（圖 26）。

3.2.10. 年齡組成

利用鱗片形質判讀馬口魚的年齡，有 4 個年齡群（0-3 歲），年齡組成分別為 0 歲魚 23.4%，1 歲魚 24.7%，2 歲魚 41.8% 及 3 歲魚 10.1%（圖 27）。再以年齡別將馬口魚分成 3 個年齡組，探討各年齡組的馬口魚數量，發現 0-2 歲魚數量雄魚多於雌魚，3 歲雌雄魚數量則相同（圖 28）。

第四章、討論

4.1. 溪流整治對臺灣馬口魚族群之影響

臺灣馬口魚在施工前、中、後在六個測點密度的變化中，在未施工時期，其六個測點的環境經利用生化需氧量（BOD₅）、溶氧量（DO）、氨氮（NH₃-N）及懸浮固體（SS）等四項參數組成並根據其數值來對汙染程度分成：Non-impaired、Slightly impaired、Moderately impaired、Severely impaired 四類的河川汙染指標法（River Pollution Index；RPI），評估顯示是第一級 Non-impaired（未受汙染，稍受汙染），顯示在施工前浦仔溝溪的環境是良好的（朱等，2008），而此時馬口魚的密度是以最下游測點（F）懷德橋最高（5.5 隻/15 分鐘），其次為（C）龍行橋（5.0 隻/15 分鐘）、（A）百吉四號橋（3.0 隻/15 分鐘）、（B）浦仔溝二號橋（2.8 隻/15 分鐘）、（D）鳳儀橋（1.5 隻/15 分鐘），最低為（E）新福州（0.8 隻/15 分鐘）的分布狀態。在第一期施工進行期間，由於受到艾利風災之影響，暴漲的溪水會沖刷原來著生於溪床底石上的藻類及水棲昆蟲，引起魚類短期的食物缺乏，溪床中的底石組成也可能改變，溪岸邊的濱溪植物也被沖光，使溪流的有機質數量改變（林等 2002），可能為上游各測點馬口魚密度皆下降之原因，但是最下游之 F 測點馬口魚密度反而上升，推測為颱風帶來的雨量將上游的魚往下游帶，或是石門水庫區中的水位上升，讓庫區中存在的馬口魚回游至 F 測點，形成此點密度上升之故，與應用生物整合指標法（Index of Biotic Integrity, IBI）（Karr 1981；1991）探討浦仔溝溪以生態工法整治影響之研究指出其 F 測點在 2004 年 9 月時有相當高的 IBI 等級（Non-impaired）（朱等 2007）相同，顯示在施工期間發生颱風使溪流及庫區水位的變動增大，也對馬口魚的密度分布影響極大。

第二期施工期間，在颱風過後環境漸漸恢復，各測點馬口魚的密度皆比受颱風影響期間上升，而密度較高的是以未施工測點的 A 及 F 兩區。施工後，密度以最上游之未施工測點 A 密度最高，其次依序為第二期施工測點 C、最下游之未施工測點 F、第一期施工測點 E、D，最低為第二期施工測點。由以上結果可知，浦仔溝溪馬口魚在施工過後其密度的分布與施工前不同，除了 C 點在施工後未施工測點的馬口魚密度皆比施工測點高，顯示施工整治對馬口魚的族群密度是有影響的，與探討嘉義縣赤蘭溪針對當地魚類調查發現在施工前後魚類分布的變化有改變（莊等 2004）及探討後番子坑溪在經過生態工法整治過後之魚類變

化情形中粗首鱻、臺灣鏟頰魚、臺灣石魚賓以及臺灣馬口魚在工程進行中出現頻度出現大幅下降之情形相似（朱等 2007）。

本研究為了瞭解溪流整治對馬口魚族群的影響，再將進行整治期間的四個測點對其他未進行整治的測點（Z）針對其密度、體長、體重及肥滿度平均值四個參數探討整治是否對馬口魚產生影響，由結果知 C 點馬口魚的密度平均值為最大（ 7.00 ± 3.83 尾/15 分鐘），但其平均體長（ 5.58 ± 2.63 cm）及平均體重（ 4.58 ± 5.11 g）卻偏小，平均肥滿度高（ 28.94 ± 19.21 ），推測其原因可能為 C 測點在施工中水域型態為淺流、岸邊緩流，底石組成種類以砂土、礫石為主（吳等 2008），在整治中有設「避魚柵」及「生態島」的整治項目（照片 3-a、b），「避魚柵」其功能為河道在低流量時提供深潭供水生動物棲息，但在中高流量或洪水時，必須提供水生生物避難之空間；「生態島」由卵塊石所組成，其空隙因有泥砂淤積，已有草本植物生長，再以大顆粒塊石鋪設防止受水流沖刷，可供鳥類、兩棲類棲息，並提供生物安全隱避的空間（經濟部水利署北區水資源局），而生態島上加上岸邊種植豐富的植生提供了豐富的營養來源，而馬口魚的幼魚喜愛成群地聚集在溪流兩岸的緩流處覓食（臺灣魚類資料庫），讓 C 測點的密度及肥滿度平均值高，但是體長及體重平均值偏小之故。

在 C 測點水質資料利用主成分分析後可發現影響 C 測點環境變異的水文因子主要來自 COD、流速、水深、導電度與氨氮，COD 大部分應用在測定河水表面水中有機污染物的含量，可藉此得知水質的好壞，水溫的變異也會影響水中的耗氧量，氨在水中有未解離氨（ NH_3 ）及解離氨（ NH_4^+ ），一般未解離氨是比較有毒（Burkhalter and Kaya 1977；Armston et al. 1978），此形式為脂溶性而很容易擴散到細胞膜（Fromm and Gillette 1958），此外，氨經由硝化細菌的作用，產生中間產物—亞硝酸，亞硝酸會引起魚類的棕血症，將血紅素氧化成為變性血紅素，降低血紅素的攜氧能力（熊 1999），而馬口魚是喜愛棲息於水質清澈、流速較緩且淤積度較淺的水域中，所以 C 測點中 COD、流速、水深與氨氮的變異情形可能會影響馬口魚對棲地的選擇性。

D 測點馬口魚平均密度不高（ 1.20 ± 1.93 尾/15 分鐘），但其體長（ 7.00 ± 4.57 cm）、體重（ 11.81 ± 13.30 g）及肥滿度（ 37.75 ± 31.75 ）平均值皆為最大，其原因可能為 D 測點施工中水域型態為淺流、岸邊緩流，底石組成種類以砂土、礫石為主，而在施工過程中底質組成中砂土數量比例提高（吳等 2008），可能影響 D 測點馬口

魚環境棲地的變異因子可能為溶氧，臺灣馬口魚的致死氧量為 $0.77\text{mgO}_2/\text{L}$ (熊 1999)，比臺灣石斑的 $1-1.2\text{mgO}_2/\text{L}$ (彭 1993) 及青魚 (*Mylopharyngodon piceus*) 的 $0.8-1.1\text{mgO}_2/\text{L}$ (廖等 1991) 為低，所以水中溶氧的變化可能會造成馬口魚密度降低之原因，而此區整治工法的「淺灘深潭營造」其淺灘可作為魚群的餌料場，潭區則提供一個休息庇護之地 (郭 2003)，適合臺灣馬口魚成魚生存之區域。

E 測點在施工整治期間無法記錄到馬口魚，原因為 E 測點在施工整治期間遭遇到艾利風災之侵襲再加上 E 測點中有 1.5 公尺高防砂壩的存在，經由主成分分析發現濁度、溶氧可能為 E 測點影響馬口魚的環境變異因子，濁度的變化可能為艾利風災帶來的豐沛雨量使溪中的大量沙土被帶起往下游沖，也讓水中的溶氧量降低，使喜愛低淤積度且水質清澈棲地類型的馬口魚受到影響，而防砂壩對水生生物的影響可能造成(1)洄游生物路徑阻隔；(2)魚類族群縮小與區隔化；(3)魚類棲息地單調化；(4)水生生物族群基因庫縮小與區隔化，使得 E 測點其環境可能不適用於馬口魚之生存 (張與林 1994)。

此外，在先前浦仔溝溪的研究「應用生物整合指標法探討浦仔溝溪以生態工法整治影響之研究」中指出，優勢度指數(C) 數值越大顯示有明顯的優勢種出現，浦仔溝溪之優勢度指數(C)在施工後有明顯的變動，且呈上揚趨勢，施工區測點 C、D、E 有較高數值形成優勢種出現；數值越大顯示有較豐富的種類出現，浦仔溝溪的種歧異度指數(H')呈現著下降的趨勢，尤以施工測點 C、D、E 等測站較為明顯；而 IBI 值在施工區的 C、D、E 測點也有明顯的變化，呈現著下降的趨勢：C 測點下降至 Slightly impaired 及 Moderately impaired 等級之間；D、E 測點皆下降至 Moderately impaired 等級(朱等 2007)。本篇研究發現，C 點進行施工時，臺灣馬口魚佔全部魚種比例最高(25%)，推測此點之優勢種可能為臺灣馬口魚；D 測點及 E 測點在施工中魚種分布以鯉魚比例最高(35%，52%)，E 測點施工中並無調查到臺灣馬口魚之存在；臺灣馬口魚的平均密度變化也與 IBI 的變化趨勢類似，C 測點的密度皆比 D、E 兩測點高。

在浦仔溝溪實施的溪流施工整治中，施工項目「生態島」、「避魚柵」、「生態滯洪池」及「斜坡式跌水工」等工法，其作用都是為了提高了河道水流阻力，以淨化浦仔溝溪的水質，朱等(2010)針對浦仔溝溪應用微濕地生態工程技術去除水質污染研究指出，「生態島」的除污型水生植物發揮效果使氮磷等營養鹽有下降的趨勢，「滯洪池」、「斜坡式連續性跌水工」、「淺灘深潭營造」等工法發揮了

降低懸浮固體的功效，顯示在浦仔溝溪淨化水質上有正面的影響。但臺灣的溪流因地形、氣候及人為的干擾下，生態工程施作的效果都只維持二、三年，浦仔溝溪整治過後幾年陸續在艾利等颱風影響下，生態島等工程也因棲地受到干擾，無法發揮其效果，浦仔溝溪的臺灣馬口魚在整治過後密度等因子也較難恢復至施工前之情況，綜合結果，浦仔溝溪的臺灣馬口魚在河溪整治的過程中，馬口魚會因棲地環境以及施工工法的不同在密度、體長、體重及肥滿度上出現不同的反應，但溪流整治對於臺灣馬口魚族群所帶來的影響是有相當的衝擊存在，浦仔溝溪位於石門水庫上游，再加上有防砂壩的阻隔，都會使臺灣馬口魚在洄游上受到干擾，是否有造成棲地零碎化的效應，日後對於臺灣馬口魚族群的保育及復育更需進一步的觀察及討論。

4.2. 年齡與成長

一般常用來作為年齡查定的年齡形質有鱗片、耳石、脊椎骨、棘與尾椎骨等硬組織（能勢等 1988）。關於淡水魚的年齡鑑定，除少數無鱗魚或鱗片上的年輪特徵不明顯之種類外，通常都以鱗片作為年齡鑑定的材料（李等 2010），近年來有研究報告指出以鱗片作為年齡查定的形質並不適用，主要原因是因為易產生低估魚類年齡的誤差，這些現象不論是在海水魚或淡水魚中皆有例子，而低估的情形主要以海水魚高於淡水魚（Barnes and Power 1984；Beamish and McFarlane 1983）。原因為就鱗片形質而言，某些魚種在先天上有有判讀上的困難，如年輪的不明顯、斷裂、重合、偽輪或再生鱗等現象，但這並不是造成鱗片較不被接受作為年齡查定形質的主因，1983年Beamish and McFarlane 的研究報告表示，魚體的成長有一定的極限，當魚體成長到一定的限度後，鱗片年輪也伴隨著無法繼續隨年齡再增長下去，以致於高齡魚之年紀不易判讀，容易造成低估，不過由於本樣本於之鱗片形質為年齡組成以淡水魚的低齡魚為主（0-3歲），相較於高齡魚的形質，較不易產生誤判，且鱗片形質的輪徑具有等規則性，是為良好且有效的年齡形質。

由於輪紋判讀法在判讀過程中容易造成人為判定之誤差（Lai and Gunderson, 1987），為了瞭解誤差，本研究取標本魚鱗片樣本，每一鱗片皆判讀兩次，結果顯示兩次判讀間輪數相同者約88.5%（表16），且其餘均相差在一輪以內。在李氏現象（Rosa Lee's phenomenon）方面，理論上隨著魚體的生長，身體各部位亦

保持大致一定的比率增大，而這種現象也可反應在年齡形質上。根據魚類的輪紋半徑的大小，可以推算魚體在不同年齡的體長，逆算推估魚類早期的魚體大小時，所使用的魚類年齡越大，所得到的結果則越小。本研究分析各輪紋群魚同一輪之平均輪紋徑是否有隨著輪紋數越多而平均輪紋徑越小的現象，發現台灣馬口魚的各輪數之平均輪徑又隨著輪數的增加而增大的現象，又經由ANOVA分析各輪之平均輪徑皆有差異（表17），顯示浦仔溝溪之臺灣馬口魚其鱗片形質有反李氏現象的發生，推測原因可能是浦仔溝溪的臺灣馬口魚一出生時即面臨環境與氣候的壓力與其他魚種的競爭，在幼魚階段需要耗費許多體力維持生命，隨著年齡增加，適應了多變的環境，自身的競爭力也隨之增加，成長也漸快速。

鱗片的形成受到多種的環境因子和生物因子影響，在溫帶地區因為溫度的變化導致鱗片的生長和輪紋的形成。熱帶地區輪紋的形成則是受到生殖、遷徙或是攝食行為的變化等的影響(Dudley 1967; Hecht 1980; Merona et al. 1988)。輪紋形成的原因一般來說可能受到水溫改變、生殖行為、餌料供應改變與迴游的造成(Simkiss 1974; Sainsbury and Whitelaw 1984; Joung and Chen 1992)，而本研究樣本魚鱗片形質判讀出之最高輪數為三輪，再利用邊緣成長率分析一年有一個高峰，並在7-9月有最高值，推測本樣本魚之鱗片輪紋為一年形成一輪，輪紋形成期約在7-9月；同為淡水性鯉科的鯉魚(*Catla catla*) (Johal and Tandon 1992)也是一年形成一輪之魚種。另外本研究樣本魚的生殖季也在7-9月之間，與輪紋形成期相同，推測其輪紋的形成可能與生殖行為有關，為生殖輪。

魚類的鱗片、骨骼與耳石都是以鈣質為主的礦化組織，而魚體內鈣質的代謝系統有開放與封閉兩個系統：開放系統的鈣主要通過鰓、鰓進出，小部分經由腸管吸收由腎來控制鈣的流失；封閉系統則是魚體與礦化組織內的鈣在沉積與回收之間存在一種回饋控制之相互關係，儲存於鱗片與骨骼中的鈣可經由此機制循環進出，保持魚體中鈣質的穩定狀態(Simkiss 1974)，有研究指出鱗片中輪紋部位的鈣含量比其他部位低(Xu and Zhang 1988)；鱗片中鈣質含量的降低與卵巢發育有關，且鱗片輪紋部位被再吸收的鈣是作為提供卵母細胞發育之用途(Garrod and Newell 1958)，至於本樣本魚之鱗片其鈣質是否有比其他部位低，則有待更進一步的研究。

臺灣馬口魚是屬於多次產卵的魚類（顏 1993），多次產卵的魚類大多生活在熱帶以及亞熱帶的水域（Nikolsky 1963；Burt et al. 1988），特徵為體型較小，生殖季較長，孕卵數隨著年齡的增加而增加（Burt et al. 1988），也是生活於環境因子不穩定的魚類所採取的一種生殖策略，藉由多次排卵以增加幼魚的存活機會。而多次產卵對於魚類的好處有：（1）增加孕卵數；（2）分散魚卵及幼魚被捕食的機會；（3）減少幼魚之間對食物的競爭；（4）分散因食物及氣候等不穩定的環境因子所增加產卵失敗的危險（McEvoy and McEvoy 1992）。由雌、雄魚生殖腺指數變化顯示，滿仔溝溪臺灣馬口魚雄魚其生殖腺並無相當大的變化，雌魚則是在7-9月時達到高峰，推測滿仔溝溪臺灣馬口魚的生殖季為7-9月，而大甲溪中游臺灣馬口魚的生殖季約為3-12月（詹 1989）；哈盆溪的臺灣馬口魚生殖季約為4-10月（顏 1993），而因地點的不同造成生殖季長短的不同主要是受到環境因子的影響，環境因子中最主要的是光週期的長度、溫度的高低及食物的多寡（Mann and Mills 1984）。魚類生殖季的長短是藉由該地區食物的可供給性（food availability）反應在子代的最大存活率，即雌魚會根據該地區食物的可利用性來決定其生殖季的長短，食物的生產週期（production cycle）會隨著緯度的不同而改變，也造成了生殖季長短的不同（Cushing 1990）。因此，滿仔溝溪的臺灣馬口魚其生殖季與大甲溪及哈盆溪不同，推測可能是本研究因樣本魚數量偏少，以季別觀察GSI值的變化僅可觀察到生殖高峰期為7-9月，也可能是因緯度的不同影響光週期，棲地食物多寡及冬季時間長短的差異的影響。

根據雌、雄魚肥滿度指數季別變化得知肥滿度變化是在生殖腺指數達到最高值前一季肥滿度指數為最小值，之後持續呈現上升的趨勢，而肥滿度的變化往往和生殖腺、脂肪組織、肝臟及飽食程度等重量上的變化有關（Scott 1974）。臺灣馬口魚在準備生殖時，肥滿度為最低，顯示臺灣馬口魚在生殖前會將所有的能量投注在生殖腺的成熟上，且在生殖期間會大量進食以補充生殖需要的營養，與陳（1995）指出魚類會為了因應在製造卵細胞或排卵行為時消耗的大量能量，會大量攝食以提供生殖行為所需的能量而造成肥滿度增高的現象相同。

在雌、雄魚的性比中，隨著年齡的成長，雌魚所佔的比例越高，此為魚類生存策略的基本原則，雌魚為了增加生殖潛能與製造卵細胞的能力（Roff 1983），表示雄魚會先將能量投資在生長而非生殖上，雌魚則較早將能量投資在生殖方面，

與顏（1993）在哈盆溪對臺灣馬口魚的生殖研究中相同，與馬口魚同屬的*Z. temmincki*和*Z. platypus*（川那部和水野 1990）也有相同的情況。此外，因本研究在採樣上樣本魚的數量並不多，在解剖時更發現許多樣本魚其生殖腺呈現尚未發育的狀態，難以辨別性別，以致有些月份甚至沒有雌魚的樣本，因此關於浦仔溝溪生殖腺的組織切片、生殖腺發育階段特徵及孕卵數估計等生殖生物學研究，則有待更進一步的調查，以對浦仔溝溪之臺灣馬口魚有更完善的瞭解。

浦仔溝溪的臺灣馬口魚利用鱗片形質判讀其年齡有4個年齡群（0-3歲），年齡組成分別為0歲魚23.4%，1歲魚24.7%，2歲魚41.8%及3歲魚10.1%，以2歲魚的比例佔最高，其次為0歲及1歲魚，而雌、雄魚平均尾叉長及尾叉長頻度分布皆無差異，尾叉長分布以6-10cm，年齡以0-2歲佔多數，可見浦仔溝溪臺灣馬口魚其分布主要以低齡魚為主，可能是浦仔溝溪的棲地為水淺，泥沙淤積度較高，而兩岸有草叢的環境，較適合臺灣馬口魚的低齡魚生長，也可能是在採樣魚法上形成的誤差，因魚法一部分以蝦籠法為主，蝦籠的口徑較小，較大型的馬口魚無法進入，造成體長上的選擇性。

魚類族群生長時，會受到各種因子影響，以本研究浦仔溝溪的臺灣馬口魚族群而言，浦仔溝溪臺灣馬口魚族群結構是以0-3歲的提早成熟的低齡魚為主，原因可能為溪流整治的影響使棲息環境逐漸趨向淤積多、淺灘較多的單調之棲地形態，而臺灣馬口魚喜愛棲息於水流緩慢水深較深之處，使得臺灣馬口魚適合的棲地逐漸減少，加上臺灣馬口魚屬於雜食性的魚類，而依據前人研究指出浦仔溝溪的魚類多樣性高（吳等 2008），可能與本研究臺灣馬口魚在體重較輕、肥滿度偏小有關。本研究浦仔溝溪臺灣馬口魚雄魚約在尾叉長為7.0公分時達性成熟，雌魚約在尾叉長為7.5公分時達到性成熟，約為1歲魚，與哈盆溪臺灣馬口魚達到性成熟之雄魚的體長為7.9cm，雌魚體長為7.5cm相似（顏 1993），根據前人研究提及臺灣馬口魚的孕卵數約為1000-3000顆（顏 1993），而臺灣鏟頰魚的孕卵數也是1000-3000顆，體長約在12-25公分，可見臺灣馬口魚的體型較小，但其孕卵數與臺灣鏟頰魚相近（張 1994），推測是為了與其他魚種競爭食物的壓力下，導致生殖潛能上升，在環境因子發生變化時，為了使族群能夠延續下去，使浦仔溝溪的臺灣馬口魚在環境的壓力下偏向具有發育快、體型小及壽命較短的生存策略。

臺灣馬口魚族群在浦仔溝溪面臨艾利風災與溪流整治，使族群的密度降低、體重與肥滿度偏小、以及物種間競爭壓力大，使臺灣馬口魚選擇發育快、體型小及壽命較短的生存策略，使年齡結構以提早成熟的低齡魚為主。未來對於臺灣馬口魚保育和復育浦仔溝溪臺灣馬口魚族群，重點應該放在浦仔溝溪的環境改善，保持良好的水質與適合棲息的棲地環境，將有助於族群恢復。

4.3. 未來展望

由於環境保育之觀念的興起，未來許多溪流進行溪流生態工程整治的趨勢漸趨頻繁，但在進行整治前應對當地環境棲地及生物進行充分的調查與評估，並擬定完整的棲地保護、復育計畫，以達到讓生物以自然、危害程度最低的方式生存。本篇研究只用密度、體長、體重及肥滿度的方式比較浦仔溝溪溪流整治對馬口魚受到的影響，期望再利用臺灣馬口魚的食性、週邊的水生昆蟲、植生以及物理及化學上的環境因子等參數，更深入的了解整治項目對棲地及生物族群的影響，探討浦仔溝溪臺灣馬口魚受到溪流整治之衝擊。其他魚種如底棲類的明潭吻鰕虎等在經過溪流整治後受到的衝擊，亦需進一步探討。在研究年齡與成長中，本研究只利用鱗片作為年齡成長的判斷，期望日後再利用耳石或脊椎等形質，作為確保年齡判斷的依據；此外，本研究由於在調查上馬口魚的數量不足，在輪紋形成期及生殖期以季節性來判斷，期望日後在浦仔溝溪有更長期的調查，讓浦仔溝溪臺灣馬口魚的年齡與成長及生殖季節有更完整的詮釋。

第五章、結論

1. 浦仔溝溪的臺灣馬口魚在溪流整治過程中，受到颱風及溪流整治影響下，使溪流整治過後族群結構可能發生變化。
2. 浦仔溝溪臺灣馬口魚以鱗片形質作為年齡判斷依據，是為良好的形質。鱗片輪數判讀出 4 個輪數群（0-3 輪），輪紋一年形成一輪，輪紋形成期在 7-9 月，同時也是臺灣馬口魚的生殖季節，推測為生殖輪。
3. 浦仔溝溪臺灣馬口魚的年齡組成以 0-3 歲的低齡魚為主，年齡組成為 0 歲魚 23.4% ，1 歲魚 24.7% ，2 歲魚 41.8% 及 3 歲魚 10.1%。
4. 臺灣馬口魚族群在浦仔溝溪面臨艾利風災與溪流整治導致的棲地單調化，使族群的密度降低、體重與肥滿度偏小、以及物種間食物的競爭壓力大，使臺灣馬口魚傾向選擇發育快、體型小及壽命較短的生存策略，導致年齡結構以提早成熟的低齡魚為主。



參考文獻

- 王弘毅。1995。臺灣溪流中鱻屬與馬口魚屬（鯉形目；鯉科）的系統分類與遺傳結構之研究。東海大學生物研究所碩士論文。
- 孔騏源。2006。屏東縣萬安溪臺灣石鱻之棲地利用與生殖生態。屏東科技大學野生動物保育研究所。
- 巨廷工程顧問公司。2005。行政院公共工程委員會本土化水域生態工法工程技術之研究（第三期）。
- 朱達仁、李宗儒。2004。「應用 IBI 評估工程影響時之生物多樣指數矩陣因素分析研究」，第二屆營建產業永續發展研討會論文集（光碟），pD-41。
- 朱達仁。2005。溪流複合式指標評估模式之建構。特有生物研究已接受。
- 朱達仁、施君翰、李宗儒。2007。應用生物整合指標法探討石門水庫上游湳仔溝溪整治影響之研究。九十三年農業工程研討會論文集：1270-1279。
- 朱達仁、楊錫麒、謝宜衡、施君翰。2007。以模糊綜合評價法評估臺北縣后番子坑溪生態工法整治之生態情勢。臺灣水利55（4）：88-103。
- 朱達仁、郭一羽、施君翰。2008。石門水庫上游集水區生態評估之研究：以湳仔溝溪為例。第一屆亞洲濕地大會中文論文集：307-323。
- 朱達仁、郭一羽、施君翰、陳柏成、鄭裕仁。2010。湳仔溝溪應用微濕地生態工程技術去除水質污染。第一屆濕地生態研討會論文集：527-537。
- 李明德。1990。魚類生態學。天津科技翻譯出版公司。393p.
- 汪靜明。1990。河川魚類棲地生態調查之基本原則與技術森林溪流淡水魚保育訓練班論文集：119-137。
- 汪靜明。1992。河川生態保育。國立自然科學博物館。
- 汪靜明。1995。河川環境教育理念。環境教育季刊 31：27-53。

- 吳俊宗、郭振泰、陳弘成、吳先琪、朱達仁、楊明德、柳文成。2008。石門水庫水質監測、水域生態環境及非點源污染調查研究。經濟部水利署北區水資源局。
- 吳俊宗、郭振泰、陳弘成、吳先琪、朱達仁、楊明德、柳文成。2008。石門水庫集水區湳仔溝溪整治生態環境監測92-97年成果報告。經濟部水利署北區水資源局。
- 李為、張堂林、段明。2010。轉基因鯉放流試驗湖鰾的年齡與生長。淡水漁業 40 (2) : 9-29。
- 林曜松、曹先紹、張崑雄。1989。櫻花鉤吻鮭之生殖生態與行為研究農委會生態研究第 8 號。
- 林曜松、張崑雄、張瓊文。1990。武陵農場魚類教育中心初步規劃農委會生態研究第 2 號，1p。
- 林曜松、許嘉恩。1990。桶后溪石鱚資源之生態研究。農委會生態研究第 36 號，15p。
- 林曜松、張明雄。1991。大甲溪石鱚之族群分佈研究。農委會生態研究第 002 號，16p。
- 林曜松、曹先紹、莊鈴川、戴永禎。1993。櫻花鉤吻鮭棲地之調查研究 (I) — 以七家灣溪上游，雪山溪為主。臺灣省農林廳林務局保育研究系列 82-07 號。
- 林曜松、莊鈴川、黃乙玉。2002。全球變遷：福山森林生態系研究—颱風及人為干擾對哈盆溪魚類群聚之影響研究 (3/3)。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。
- 林鎮洋等。2001。「生態工法技術參考手冊」。經濟部水利署 pp3-13~3-15。
- 林鎮洋、陳彥璋、吳明聖。2004。「河溪生態工法」。明文書局。pp1-13。

- 林正輝、郭金泉。2003。以鱗片和鱗序推論台灣陸封櫻花鉤吻鮭 (*Oncorhynchus masou formosanus*) 魚類年齡和成長。內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 邵廣昭、何林泰、林介平。1993。魚類群聚生態調查監測與分析方法。生物科學 36 (2) : 41-56。
- 高源清。1993。牛頓科學研習百科。牛頓出版股份有限公司。
- 孫建平，呂映昇。2010。魚類於不同生命週期的不同階段棲地使用與物理棲地因子之量化關係。農業工程學報 56 (1) : 40-51。
- 殷名稱。1998。魚類生態學。水產出版社。
- 郭一羽主編。2003。水域生態工程。中華大學水域生態環境研究中心，滄海書局。
- 曹先紹。1988。武陵農場櫻花鉤吻鮭族群分佈與環境因子間關係之探討。國立臺灣大學動物學研究所碩士論文。
- 莊鈴川。1988。櫻花鉤吻鮭 (*Oncorhynchus masou formosanus*) 資源生物學的基礎研究。國立臺灣大學漁業科學研究所碩士論文。
- 莊鈴川，林曜松。1995。臺灣馬口魚之生殖行為短報。國立臺灣大學動物研究所動物學刊 6 (2) : 91-94。
- 莊明德、林志銘、余嘉娟。2004。水利工程對生物群聚影響之研究—以赤蘭溪為例。臺灣水利 52 (2) : 82-91。
- 張明雄。1989。有勝溪台灣纓口鰍 (*Crossostoma lacustre*) 之生態學研究。國立臺灣師範大學生物研究所碩士論文。
- 張明雄、林曜松。1994。攔沙壩對水生生物多樣性的影響。
- 張士晃。1994。哈盆溪臺灣鏟頰魚 (*Varicorhinus barbatulus*) 之族群生態學研究。國立臺灣大學動物學研究所碩士論文。

- 許嘉恩。1991。桶后溪石斑之生殖生物學研究。國立臺灣大學動物學研究所碩士論文。
- 陳文深。1995。臺灣龜山島附近海域日本馬頭魚之漁業生物學研究。國立臺灣海洋大學漁業科學研究所碩士論文。85p。
- 陳義平、楊舒雲、程桂興。1998。從河川型態觀點談河川治理規劃。土木技術 1 (1) : 92-102。
- 曾晴賢。1981。臺灣的平鰭鰍科魚類。中國文化大學碩士論文。
- 曾晴賢。1986。臺灣的淡水魚類。臺灣省政府教育廳自然科學教育叢書，6p。
- 曾晴賢。1990。臺灣的淡水魚(1)。臺灣野生動物資源調查手冊(3)。農委會 81p。
- 彭弘光。1986。鯛魚生物學的初步研究。臺灣省水產試驗所試驗報告 40 : 105-112。
- 彭弘光。1993。石斑對生態環境適應能力研究。水產研究 1 (2) : 25-30。
- 黃士宗、郭慶老 譯。(1990)。水產資源學：第二章 年齡與成長。中國水產 447 : 43-62。
- 詹見平。1989。大甲溪魚類生態調查報告。教育部 15p。
- 詹榮桂、莊鈴川、林曜松、張崑雄。1991。臺灣陸封型櫻鮭型測定及其他 *Oncorhynchus* 屬魚種間之比較研究。農委會生態研究第 001 號。
- 熊文俊。1999。臺灣馬口魚 (*Zacco babata*) 繁養殖及環境生物學研究。國立臺灣大學動物學研究所博士論文。
- 廖一久、湯弘吉、林晏熙。1991。青魚養殖上必須注意之環境因子探討。臺灣省水產試驗所 79 年度試驗工作報告。
- 廖錦焜。2001。臺灣南部海域黃鰭鮪鱗片膠質纖維層作為年齡查定形質可行性之研究。國立臺灣大學海洋研究所碩士論文，pp. 7-32。

- 顏俊雄。1993。哈盆溪臺灣馬口魚 (*Zacco babata*) 族群生態學之初步探討。國立臺灣師範大學生物研究所碩士論文。
- 劉錫江、曾萬年。1972。東海南區、臺灣海峽產白口魚之年齡與成長。臺灣水產學會刊 1 (1) : 21-37。
- 川那部浩哉、水野信彥。1990。日本の淡水魚。山と溪谷社。東京。
- 赤嶺達郎、麥谷泰雄。1997。水產動物成長解析—水產學シリーズ 115。日本水產學會。恆星社厚生閣。
- 能勢幸雄、石井丈夫、清水誠。1988。水產資源學。東京大學出版會。393p。
- 福留脩文。2001。「近自然工法施工技術」。九十年年度近自然工法研討會彙編，pp1-26。
- 經濟部水利署北區水資源局。http://www.wranb.gov.tw/mp.asp?mp=5。
- 臺灣魚類資料庫。http://fishdb.sinica.edu.tw/chi/home.php。
- Aarts, B. G. and Nienhuis, P. H. 2003. Fish zonation and guilds as the basis for assessment of ecological integrity of large rivers. *Hydrobiologia*. **500**(1-3):157-178.
- Allan, J. D. 1995. Stream Ecology-Structure and function of running waters. *Chapman & Hall, London*. pp.388.
- Ambrose, J. Jr. 1983. Age determination. In: Fisheries Techniques. Nielsen, L.A. & Johnson, D.L. (eds.), *Amer. Fishes. Soc., Bethesda, Maryland*. p.301-322.
- Armstrong, P. W., Neill, W. H. and Kelsch S.W. 1985. Temperature preference and heat resistance of grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes), bighead carp, *Hypophthalmichthys nobilis* (Gray), and their F1 hybrid. *J. Fish. Biol.* **27**:239-27.
- Barnes, M. A. and Power, G. 1984. A comparison of otolith and scale ages for western Labrador lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*). *Envir. Bio. of Fishes*. **10**:297:299.

- Bartlett, J. R., Raanderson, P.F., Williams, R. and Ellis, D. M. 1984. The use of analysis of covariance in the back-calculation of growth in fish. *J. Fish. Biol.* **24**:201-213.
- Bagenal, T. B. and Tesch, F. W. 1978. Age and growth. In T. B. Bagenal (ed.). Methods for assessment of fish production in fresh waters, 3rd edition. *Blackwell Sci.Pub., Oxford, England.* p.101-136.
- Beamish, R. J. and McFarlane, G. A. 1983. The forgotten requirement for age validation in fisheries biology. *Trans, Amer. Fish. Soc.* 112:735-743.
- Boujard, T., Lecomte, F., Renno, J. F., Meunier, F. & Neveu, P. 1991. Growth in four populations of *Leporinus friderici* (Bloch, 1794) (Anastomidae, Teleostei) in French Guiana. *Journal of Fish Biology.* **38**: 387–397.
- Burt, A., Kamer, D. L., Nakatsura, K, and Spry, C. 1988. The tempo of reproduction in *Hyphessobrycon pulchripinnis* (Characidae), with a discussion of “multiple spawning” in fishes. *Environmental Biology of Fishes.* 22:15-27.
- Burkhalter, D. E. and Kaya C. M. 1977. Effects of prolonged exposure to ammonia on fertilized eggs and sac fry of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Trans. Am. Fish. Soc.* **106**:470-475.
- Casselman, J. M. 1990. Growth and relative size of calcified structure of fish. *Trans. Am. Fish. Soc.* **119**:673-688.
- Coutant, C.C., and Chen, C.H. 1993. Strontium microstructure in scales of freshwater and estuarine striped bass (*Morone saxatilis*) detected by laser ablation mass spectrometry. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.* **50**:1318:1323.
- Cushing, D. H. 1990. Plankton production and year-class strength in fish population: an update of the match/mismatch hypothesis. *Advances in Marine Biology.* 26:249-293.
- Delahunty, G. and V. L. de Vlaming. 1980. Seasonal relationships of ovary weight, liver weight and fat stores with body weight in the goldfish, *Carassius auratus* (L.). *J. Fish. Biol.* **16**:5-13.

- Dudley, A. F. 1967. Growth of the Kaufe floodplain, Zambia. Predicted effects of the Kaufe George Dam. *Transactions of the American Fisheries Society*. **103**: 181–191.
- Faber, P. A., Keller, E., Sands, A. and Masser, B. M. 1989. The ecology of riparian habitats of the Southern California Coastal Region: A Community Profile. Biological Report 85(7.27). U.S. *Fish and Wildlife Service, Washington, DC*. pp.152.
- Fabre, N. N. and Sanint-Paul, U. 1998. Annulus formation on scales and seasonal growth of the Central Amazonian anostomid *Schizodon fasciatus*. *Journal of Fish Biology*. **53**:1-11.
- Fromm, P. O. and Gillette, J. R. 1968. Effect of ambient ammonia on blood ammonia and nitrogen excretion of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Comp. Biochem. Physiol.* **26**:887-896.
- Garrod, D. J. and Newell, B. S. 1958. Ring formation in *Tilapia esculenta*. *Nature, Lond.* 181:1411-1412. (Cited from Tweddle, D.,1975)
- Gauldile, R.W., West, I. F. and Coote, G. 1991. Seasonal and environmental codes in the chemistry of the scales of hoki *Macrurus novaezelandiae*. *Tissue and Cell*. **23**(4):498-503.
- Hecht, T. 1980. A comparison of the otolith and scale method of ageing, and growth of *Sarotherodon mossambicus* (Pisces: Cichlidae) in a impoundment in Venda (Southern Africa). *South African Journal of Zoology*. **15**:222–228.
- Htun-Han, M. 1978. The reproductive biology of dab *Limanda limanda*(L.) in the North Sea: gonosomatic index, hepatosomatic index and condition factor. *J. Fish. Biol.***13**:369-378.
- Hynes, H. B. N. 1970. The ecology of running waters. University of Toronto Press, Toronto, Canada. 555 pp.
- Joung, S. J. and Chen, C.T. 1992. Age and growth of the big eye, *Priacanthus macracanthus*, from the surrounding waters of Guei-Shan island, Taiwan. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* **58**(3):481-488.

- Johal, M.S. and Tandon, K.K. 1992. Age and growth of the carp *Catla catla* (HamSton, 1822) from northern. *Fisheries Research*. **14** :83-90.
- Johnson, R.A. and Wichern, D.W. 1988. *Applied Multivariate Statistical Analysis*, 4th ed.:430-440.
- Karr, J. R. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries*.6 (6): 21-27.
- Karr, J. R. 1991. A long-neglected aspect of water resource management. *Ecological Application*.1(1):661-84.
- Lai, H. L. and Liu, H.C. 1974. Age determination and growth of *Lutjanus sanguineus* (C.& V.) in the South China Sea. *J. Fish. Soc. Taiwan*. **3**(1):39-57. (Chinese).
- Lai, H. L. and Gunderson, D. R. 1987. Effects of ageing errors on estimates of growth, mortality and yield per recruit for walleye Pollock (*Theragra chalcogramma*). *Fish. Res.* 5:287-302.
- Lee, Y. C. C. Y. Yeh and Liu, H. C. 1986. Age and growth of lizard fish, *Saurida undosquamis*, in the Southern part of the Taiwan Strait. *Acta. Oceangr, Taiwan*.17:105-118.
- Leopold, L. B., Wolman, M. G. and Miller, J. E. 1964. Fluvial processes in geomorphology. W. H. Freeman, San Francisco. 522pp.
- Lorenz, C. M., Van Dijk, G. M., Van Hattum, A. G. M. and Cofino, W. P. 1997. Concepts in river ecology: Implications for indicator development. *Regulated Rivers-Research & Management*.13(6):501-516.
- MacArthur, R. H. and Wilson, E. O. 1967. The theory of Island biogeography. Princeton University Press. 203pp.
- Mann, R. H. K., Mills, C. A. and Crisp, D. T. 1984. Geographic variation in the life-history tactics of some species of freshwater fish. In: Potts, G.W. and Wootton, R. J. (ed.) *Fish Reproduction*. Academic Press. London and New York.
- McEvoy L.A. and McEvoy, J. 1992. Multiple spawning in several commercial fish species and its consequences for fisheries management, cultivation and experimentation. *Journal of Fish Biology*. 41:125-135.

- Merona, B. de, Hecht, T. & Moreau, J. 1988. Croissance des poissons d'eau douce Africains. In *Biologie et ecologie des poissons d'eau douce Africains* (Leveque, C., Bruton, M. & Ssentongo, G. W., eds), pp. 191–220. Paris: ORSTOM.
- Mitsch, W. J. and Jørgensen, S.E. 陳淑珍譯. 1995. 生態工程與生態系統重建. 六河出版社。
- Nikolsky, G.A. 1963. The evolution of sexual dimorphism in fish. *Journal of Fish Biology*. 41:1-20.
- Odum, H.T. 1971. *Environment, Power, and Society*. Wiley. New York.
- Regan, C.T. 1908. Description of new fishes from Lake Candidius, Formosa, collected by Dr. A. Moltrecht. *Ann. Mag. Nat. Hist.* 8(2):358-360.
- Ricker, W. E. 1973. Linear regression in fishery research. *J. Fish. Res. Board. Can.* 30:409-434.
- Roff, D. A. 1983. An allocation model of growth and reproduction in fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40:1395-1404.
- Sainsbury, K. J. and Whitelaw, A. W. 1984. Biology of Peron's threadfin bream, *Nemipterus peronii* (Valenciennes), from the North West Shelf of Australia. *Aust. J. Freshw. Res.* 35:167-185.
- Scott, D. B. C. 1974. The reproductive cycle of *Mormyrus Kannume* Forsk (Osteoglossomorpha, Mormyriformes) in Lake Victoria. *J. Fish. Biol.* 6:447-454.
- Simkiss, K. 1974. Calcium metabolism of fish in relation to ageing. In T. B. Bagenal (ed.) *Ageing of fish*. Gresham Press, Surrey. P1-13.
- Summerfelt, R.C. and Hall, G.E. 1987. *Age and growth of fish*.
- Tan, H. C., Nose, Y. and Hiyama, Y. 1965. Age determination and growth of yellowfin tuna, *Thunnus albacores* by vertebrae. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 31(6):414-422.

Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, J. R. and Cushing, C.E. 1980. The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*.**37**(1):130-137.

Wootton, J. 1973. The effect of size of food-ration on egg production in female threespined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*). *Journal of Fish Biology* **5**:89-96.

Xu, X. and Zhang, Q. 1988. Age and growth of *Saurda tumbil* in the fishing ground of South-Fujian and Taiwan Strait. *Taiwan Strait*. 7(3):256-263.(Chinese)



表 1、國內外生態工法之沿革與定義

時間	提出者	生態工法之用詞	概念或定義
1938	Seifert	近自然河溪整治	在完成傳統河川整治任務的基礎上，可以達到接近自然並保持景觀美的一種治理方案。
1951	Kruedener	Bioengineering (生物工程)	一種在進行大地及水資源工程時，在處理不穩定邊坡或河岸、河床時，所採用應用生物學知識的工程技術。
1962	Odum	Ecological Engineering (生態工程)	在人類操縱的環境中提供能量，這些能量和自然沒有關係，但是足以對案例的結果與過程產生重大的影響。
1971	Odum	Ecological Engineering (生態工程)	生態工程變是自然經營管理，力圖以一獨特之觀點補充傳統之不足，可謂一種與大自然的合夥關係。
1971	Schlueter	Near Nature Control	滿足人類對河川之利用與需求之餘，能兼顧河川多樣性之維護與創造。
1983	Odum	Ecological Engineering (生態工程)	融和生態系的新式工程設計便是一種利用自律行為系統的領域。
1984	日本	近自然工法	以生態系統的設計為主，輔以親水機能，創造出近自然生態的永續生態環境。
1983	Uhlmann	Eco-technology (生態技術)	以深入的生態理解度，利用科技的手段管理生態系統減低成本及對環境的傷害。
1984	Straskraba		
1985	Holzmann	-	創造出具有多元水流斷面、水深、流路之溪流狀態，並能維護河濱植被生態環境結構之層次性，以實現具有生態多樣性及景觀和諧性之工程。
1988	馬世駿	Ecological Engineering (生態工程)	為了使人類獲得廣泛的利益，依據自然生態系統整理論、共生、循環和自我規範原則，綜合出系統分析設計規劃和結構、過程、原則、回饋的規
1989	Mitsch	Ecological Engineering (生態工程)	生態工程是使人類社會與其所在之自然環境都能受益之設計。
1992	Hohmann	Near Natural River and Stream management	指能減輕人類活動對河川生態所造成的損害，維護水域環境及物種多樣性與平衡，使逐漸恢復自然狀況之可行工程技術。
1993	美國 NAS (National	Ecological Engineering (生態工程)	生態工程是一永續經營的生態系統設計，此一生態系統整合人類社會與其所在之自然環境，並使兩者都能受益。
1998	Mitsch and Jørgensen	Ecological Engineering (生態工程)	整合人類社會與其自然環境，基於兩者利益，而發展的永續生態系統設計。
1997	行政院農業委員會水土保持局	自然工法(前農林廳時期)或自然生態工法或近自然生態工法	採用天然資源為主要材料，以融合週邊地形自然景觀，減少造成生態環境之衝擊為理念設計，構築可供動植物棲息之空間，創造兼具防災及復育
2002	行政院公共工程委員會	生態工法	基於對生態系統之深切認知與落實生物多樣性保育及永續發展，而採取以生態為基礎，安全為導向的工程方法，以減少對生態環境造成傷害。

資料來源：行政院公共工程委員會本土化水域生態工法工程技術之研究(第三期)，2005。

表2、浦仔溝溪各測點施工時間與施工項目

測點	是否施工	時間	項目
(A) 百吉四號橋	未施工	2003. 11-2010. 11	未施工
(B) 浦仔溝二號橋	第二期中上游施工	2005. 2-2006. 12.	砌石護岸、加勁護岸、掛網噴植、斜坡式跌水工、生態島。
(C) 龍行橋	第二期中上游施工	2005. 2-2006. 12.	加勁護岸、箱網石籠護岸、掛網噴植、斜坡式跌水工、生態島、避魚柵、滯洪池、拆除防砂壩。
(D) 鳳儀橋	第一期中下游施工	2004. 3-2004. 12.	加勁護岸、掛網噴植、斜坡式跌水工、淺灘深潭營造。
(E) 新福圳	第一期中下游施工	2004. 3-2004. 12.	便橋、防砂壩跌水工。
(F) 懷德橋	未施工	2003. 11-2010. 11	未施工

表3、河川棲地型態分類系統表（汪 1990）

底質型態	大小範圍 (cm)	代號
沈積砂土黏土有機物碎屑	<0.2	1
礫石	0.2~≤1.6	2
卵石	1.6~≤6.4	3
圓石	6.4~≤25.6	4
小漂石（大型石塊）	25.6~≤51.2	5
大漂石（巨石）	>51.2	6

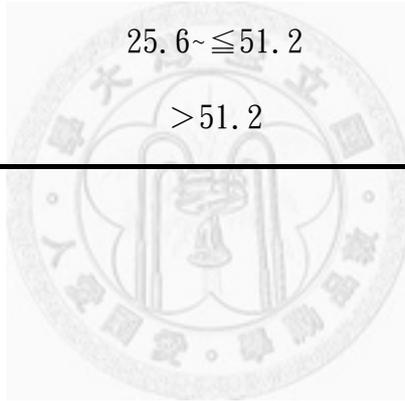


表 4、浦仔溝溪臺灣馬口魚施工期間之密度變化

時間 地點	未施工	第一期施工	第二期施工	施工後
百吉四號橋	mean=3.00  (Z)	mean=1.50  (Z)	mean=16.43  (Z)	mean=15.25  (Z)
浦仔溝二號橋	mean=2.75  (Z)	mean=2.20  (Z)	mean=2.43  (B)	mean=0.38  (Z)
龍行橋	mean=5.00  (Z)	mean=2.30  (Z)	mean=7.00  (C)	mean=10.13  (Z)
鳳儀橋	mean=1.50  (Z)	mean=1.20  (D)	mean=3.57  (Z)	mean=1.13  (Z)
新福州	mean=0.75  (Z)	mean=0.00  (E)	Mean=4.14  (Z)	mean=2.25  (Z)
懷德橋	mean=5.25  (Z)	mean=12.00  (Z)	mean=7.29  (Z)	mean=2.25  (Z)

時間：未施工 2003.11-2004.2；第一期施工 2004.3-2004.12；

第二期施工 2005.2-2006.12；施工後 2007.2-2008.10。

圖例說明：

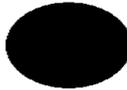
密度 (隻/15分鐘)	圖示	密度 (隻/15分鐘)	圖示
0.0		6.1-7.5	
0.1-1.5		7.6-9.0	
1.6-3.0		9.1-10.5	
3.1-4.5		10.6-12.0	
4.6-6.0		>12.0	

表 5、各測點臺灣馬口魚之平均密度（尾/15 分鐘）

測點	數量	平均密度
B. 涌仔溝二號橋	17	2.43±1.90 ^{ab}
C. 龍行橋	49	7.00±3.83 ^a
D. 鳳儀橋	12	1.20±1.93 ^b
E. 新福圳	0	0.00±0.00 ^b
Z. 未施工	1101	4.79±6.03 ^{ab}
總和	1179	4.47±5.81

表 6、各測點臺灣馬口魚之平均體長 (cm)

測點	數量	平均體長
B. 涌仔溝二號橋	17	6.99±2.25 ^a
C. 龍行橋	49	5.58±2.63 ^a
D. 鳳儀橋	12	7.00±4.57 ^a
E. 新福圳	0	0.00±0.00 ^a
Z. 未施工測點	1101	6.07±3.15 ^b
總和	1179	6.02±3.17

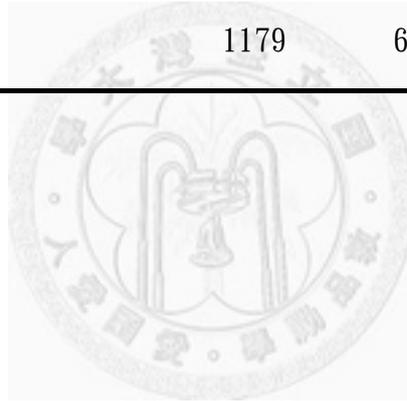


表 7、各測點臺灣馬口魚之平均體重 (g)

測點	數量	平均體重
B. 涌仔溝二號橋	17	5.97±7.26 ^b
C. 龍行橋	49	4.58±5.11 ^{bc}
D. 鳳儀橋	12	11.81±13.30 ^a
E. 新福圳	0	0.00±0.00 ^c
Z. 未施工測點	1101	6.36±8.82 ^{ab}
總和	1179	6.28±8.73

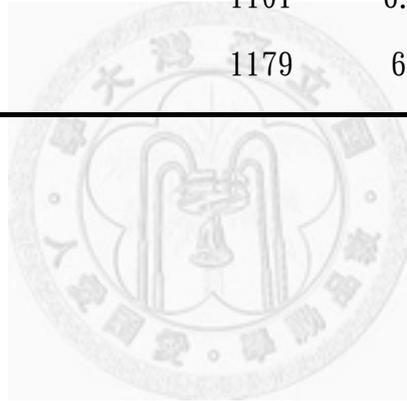


表 8、各測點臺灣馬口魚之平均肥滿度

測點	數量	平均肥滿度
B. 涌仔溝二號橋	17	14.56±6.44 ^{bc}
C. 龍行橋	49	28.94±19.21 ^{ab}
D. 鳳儀橋	12	37.75±31.75 ^a
E. 新福圳	0	0.00±0.00 ^c
Z. 未施工測點	1101	24.64±24.91 ^{ab}
總和	1179	24.59±24.67

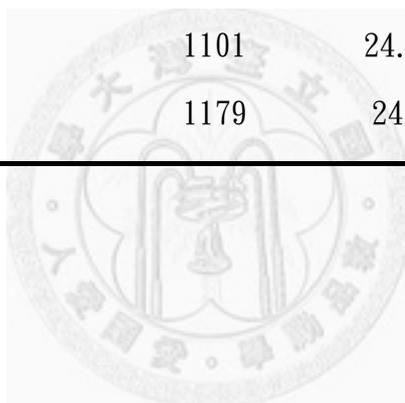


表 9、浦仔溝溪各測點水文因子平均值

測點	項目	平均值											
		水深	流速	水溫	酸鹼值	溶氧	導電度	濁度	氨氮	化學需氧量	生化需氧量	懸浮固體	總磷
(B)浦仔溝二號橋	mean	0.25	0.08	22.60	7.60	6.56	159.23	109.55	0.37	10.69	4.47	133.26	0.05
	S. D.	0.29	0.03	5.18	0.44	0.94	47.22	161.96	0.32	11.38	3.51	218.77	0.02
(C)龍行橋	mean	0.34	0.14	23.34	7.20	7.15	163.14	265.07	0.42	9.61	5.00	137.14	0.06
	S. D.	0.09	0.10	5.01	0.83	1.07	47.39	372.85	0.40	9.87	4.02	148.66	0.04
(D)鳳儀橋	mean	0.35	0.331	24.94	7.77	7.34	214.3	61.76	0.482	6.18	4.06	144.28	0.20
	S. D.	0.22	0.20	4.65	0.45	1.00	31.55	53.42	0.21	1.88	1.10	126.18	0.24
(E)新福圳	mean	0.53	0.31	24.42	7.72	6.88	220.50	104.92	0.37	6.04	94.24	168.94	0.23
	S. D.	0.23	0.17	5.13	0.58	0.91	38.30	192.73	0.08	1.73	71.20	157.46	0.27
(Z)未施工	mean	0.51	0.37	19.48	7.64	7.05	204.52	44.63	0.20	6.46	2.82	28.23	0.07
	S. D.	0.39	0.21	5.07	0.47	1.01	40.69	142.82	0.16	5.05	1.70	64.97	0.09

表 10、涌仔溝溪各測點底石組成(%)平均值

項目		平均值					
測點		1號石	2號石	3號石	4號石	5號石	6號石
(B)涌仔溝二號橋	mean	68.63	10.42	7.85	4.55	3.47	5.08
	S. D.	25.46	6.57	8.46	3.10	1.89	5.68
(C)龍行橋	mean	20.77	17.12	16.82	27.70	12.87	4.73
	S. D.	12.48	5.64	6.06	8.00	3.57	4.87
(D)鳳儀橋	mean	73.79	21.39	1.6	0.43	0.84	1.95
	S. D.	16.47	13.17	2.45	0.11	0.59	1.26
(E)新福圳	mean	41.95	25.32	19.64	15.17	4.25	1.23
	S. D.	12.34	3.67	10.11	24.29	1.73	0.54
(Z)未施工	mean	28.94	20.08	19.47	15.70	10.32	5.69
	S. D.	18.22	8.86	9.38	9.31	7.27	4.99

表 11、浦仔溝二號橋 (B) 環境因子主成分分析結果的特性向量與特徵值

測量變項	因子1	因子2	因子3	因子4
水深	.909	.008	-.060	.385
流速	.961	-.019	.144	.173
水溫	-.577	-.261	.502	-.547
酸鹼值	-.051	-.914	.216	-.041
溶氧	.136	-.192	-.964	.123
導電度	.043	-.320	.550	.755
濁度	-.734	.020	-.007	-.235
氨氮	.368	-.007	-.854	-.012
化學需氧量	-.119	.789	.487	.346
生化需氧量	.084	.929	.234	-.158
懸浮固體	-.147	.976	-.035	-.154
總磷	.033	-.001	.859	.318
一號石組成	-.972	.072	.214	.048
二號石組成	.925	-.179	-.309	-.011
三號石組成	.972	.028	-.211	-.066
四號石組成	.978	.029	-.029	-.127
五號石組成	.929	.341	-.105	-.034
六號石組成	.928	-.285	-.224	-.020
特徵值	8.249	3.719	3.563	1.413
累積特徵值	8.249	11.968	15.531	16.944
貢獻度 (%)	45.826	20.659	19.795	7.853
累積貢獻度 (%)	45.826	66.485	86.281	94.133

表 12、龍行橋 (C) 環境因子主成分分析結果的特性向量與特徵值

測量變項	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5
水深	-.072	-.102	-.968	.124	.176
流速	.169	.949	-.061	.122	-.178
水溫	-.211	-.320	.861	.024	-.001
酸鹼值	-.941	.044	.049	-.304	-.003
溶氧	-.737	-.102	-.612	-.125	.228
導電度	.133	.045	-.074	.987	-.028
濁度	.022	-.404	.607	-.080	.349
氨氮	.265	.006	-.050	.019	.949
化學需氧量	.961	-.135	-.043	-.141	.130
生化需氧量	.716	-.095	-.006	-.633	-.272
懸浮固體	.650	-.002	.327	-.590	-.195
總磷	.195	-.163	.091	.689	-.572
一號石組成	.318	-.905	.188	.142	-.077
二號石組成	-.870	-.161	.260	.071	-.287
三號石組成	.190	.820	-.462	-.234	.014
四號石組成	-.519	.688	-.303	-.347	.197
五號石組成	-.169	.876	.227	.247	.119
六號石組成	.949	-.224	.018	.154	.137
特徵值	5.583	4.053	3.014	2.648	1.754
累積特徵值	5.583	9.636	12.65	15.298	17.052
貢獻度 (%)	31.019	22.518	16.744	14.712	1.754
累積貢獻度 (%)	31.019	53.537	70.281	84.993	94.740

表 13、鳳儀橋 (D) 環境因子主成分分析結果的特性向量與特徵值

測量變項	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5
水深	-.356	.413	-.740	-.159	-.205
流速	-.035	-.105	-.759	-.393	.366
水溫	-.395	-.689	.130	-.099	.532
酸鹼值	-.097	-.208	.237	-.859	.283
溶氧	.044	.913	-.121	.022	-.104
導電度	.282	.018	.885	-.058	.309
濁度	.785	.035	.110	-.264	.518
氨氮	.524	.176	.363	.669	-.054
化學需氧量	-.601	-.393	-.298	.043	.573
生化需氧量	-.244	-.113	-.143	-.073	-.911
懸浮固體	.098	-.245	.330	.795	.397
總磷	.446	-.022	.428	.750	.180
一號石組成	-.885	.039	-.352	-.266	-.032
二號石組成	.827	-.182	.407	.265	.020
三號石組成	.867	.363	.231	.208	.025
四號石組成	.229	.850	.149	.011	.422
五號石組成	.936	.214	.047	.206	.038
六號石組成	.774	.512	-.135	.204	.100
特徵值	5.642	2.990	2.925	2.920	2.457
累積特徵值	5.642	8.632	11.557	14.477	16.934
貢獻度 (%)	31.346	16.613	16.250	16.221	13.650
累積貢獻度 (%)	31.346	47.958	64.209	80.429	94.079

表 14、新福圳 (E) 環境因子主成分分析結果的特性向量與特徵值

測量變項	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5
水深	.531	.191	.441	.623	-.069
流速	.790	.154	-.099	.508	-.004
水溫	-.045	-.092	.268	.131	.937
酸鹼值	.635	.160	.412	-.286	.380
溶氧	.883	-.057	-.012	-.171	-.044
導電度	-.648	-.080	.512	-.519	-.029
濁度	-.006	-.041	.973	-.035	.151
氨氮	.905	.007	.235	-.041	.078
化學需氧量	.640	-.053	-.043	.058	.706
生化需氧量	.805	.165	.219	.409	.235
懸浮固體	-.427	-.886	-.087	.008	-.066
總磷	-.825	-.378	-.185	-.201	-.238
一號石組成	-.747	-.615	.127	-.158	-.019
二號石組成	-.279	-.256	-.890	-.121	-.124
三號石組成	.806	.508	.076	.168	.011
四號石組成	-.039	.134	-.021	.902	.141
五號石組成	.724	.584	.170	.188	.255
六號石組成	-.158	.894	.103	.213	-.257
特徵值	7.087	2.925	2.656	2.219	1.838
累積特徵值	7.807	10.732	13.388	15.607	17.445
貢獻度 (%)	39.372	16.248	14.756	12.328	10.214
累積貢獻度 (%)	39.372	55.620	70.376	82.704	92.918

表 15、未施工測點 (Z) 環境因子主成分分析結果的特性向量與特徵值

測量變項	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5	因子6	因子7
水深	-.189	-.064	-.102	-.214	-.023	-.760	.120
流速	.064	.055	.045	-.102	.026	.620	.233
水溫	-.025	.745	-.025	-.162	-.075	.086	.192
酸鹼值	.015	.182	.186	.110	.028	.174	.702
溶氧	.146	-.242	-.086	.702	.001	.025	.411
導電度	-.049	-.375	.100	-.736	.003	-.041	-.170
濁度	-.056	.430	.323	-.048	-.063	.131	-.565
氨氮	-.244	-.234	.015	.672	.104	.006	-.281
化學需氧量	.339	.596	.134	-.288	.290	.101	-.113
生化需氧量	.016	.284	.015	.110	.847	-.108	.069
懸浮固體	-.009	.738	.075	.182	.105	.001	-.078
總磷	.001	-.120	-.069	-.026	.854	.143	-.005
一號石組成	-.544	-.028	-.798	.105	-.028	-.059	-.106
二號石組成	-.667	-.122	.479	-.047	.040	-.264	.080
三號石組成	-.100	.114	.884	-.045	-.072	.139	-.015
四號石組成	.756	.104	.150	-.180	.114	.327	.081
五號石組成	.888	-.048	.044	-.016	-.018	.150	.006
六號石組成	.712	-.021	.040	.155	-.025	-.413	.087
特徵值	2.859	2.071	1.872	1.784	1.587	1.454	1.521
累積特徵值	2.859	4.930	6.802	8.586	10.173	11.627	13.148
貢獻度 (%)	15.884	11.506	1.872	1.784	1.587	1.454	1.251
累積貢獻度 (%)	15.884	27.390	37.790	47.700	56.514	64.594	71.547

表 16、鱗片形質判讀二次之判讀率

差異	年齡				百分比
	0	1	2	3	
0	25	18	20	6	88.5
±1	2	4	2	1	11.5
±2	0	0	0	0	0.0
總計	27	22	22	7	100.0

表 17、各輪數之平均輪徑長

輪數群	數量	輪徑長			
		R	r ₁	r ₂	r ₃
0	37	422.74			
1	39	552.46	471.95 ^c		
2	66	828.31	566.43 ^b	763.71 ^b	
3	16	1188.96	680.82 ^a	977.53 ^a	1127.95
r _i		748.12	573.06	870.62	1127.95
SE		264.24	108.55	150.30	127.05
n	158	158	121	82	16

$\alpha=0.05$ ；同一輪數群相同符號表示沒有差異，不同符號表示有差異

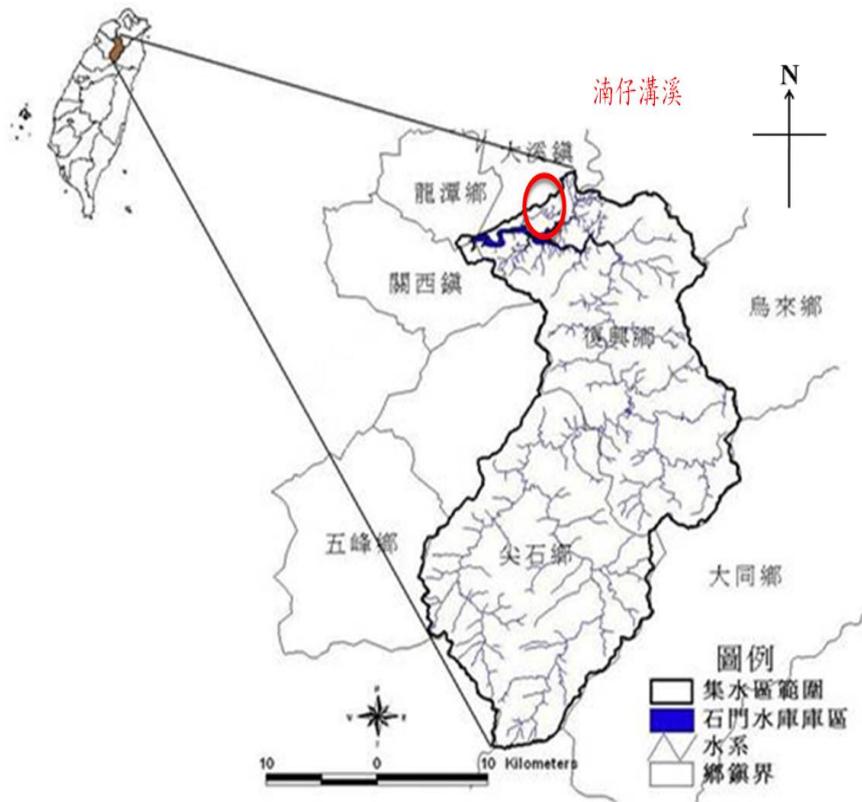


圖 1、浦仔溝溪地理位置圖

(資料來源 經濟部水利署北區水資源局)

網站：<http://www.wranb.gov.tw/ct.asp?xItem=2605&ctNode=815&mp=5>)

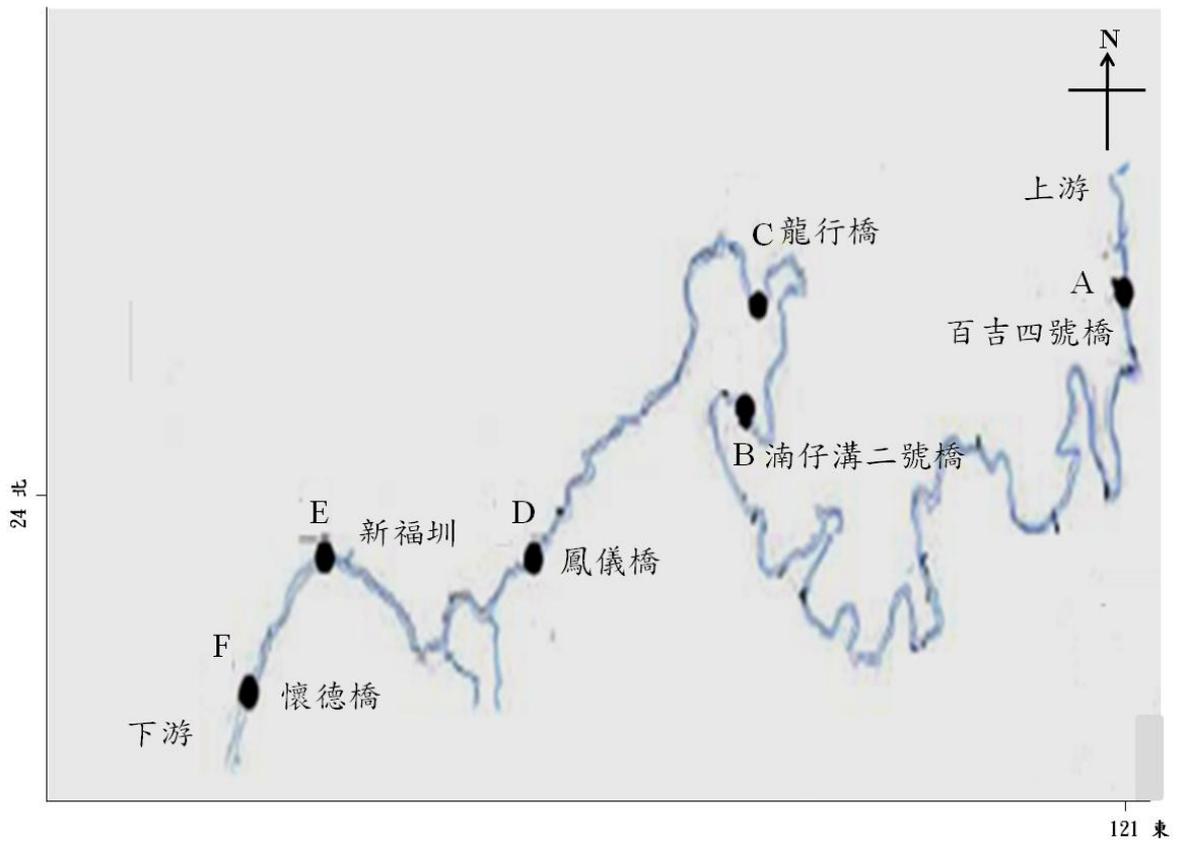


圖 2、浦仔溝溪六測點地理位置圖

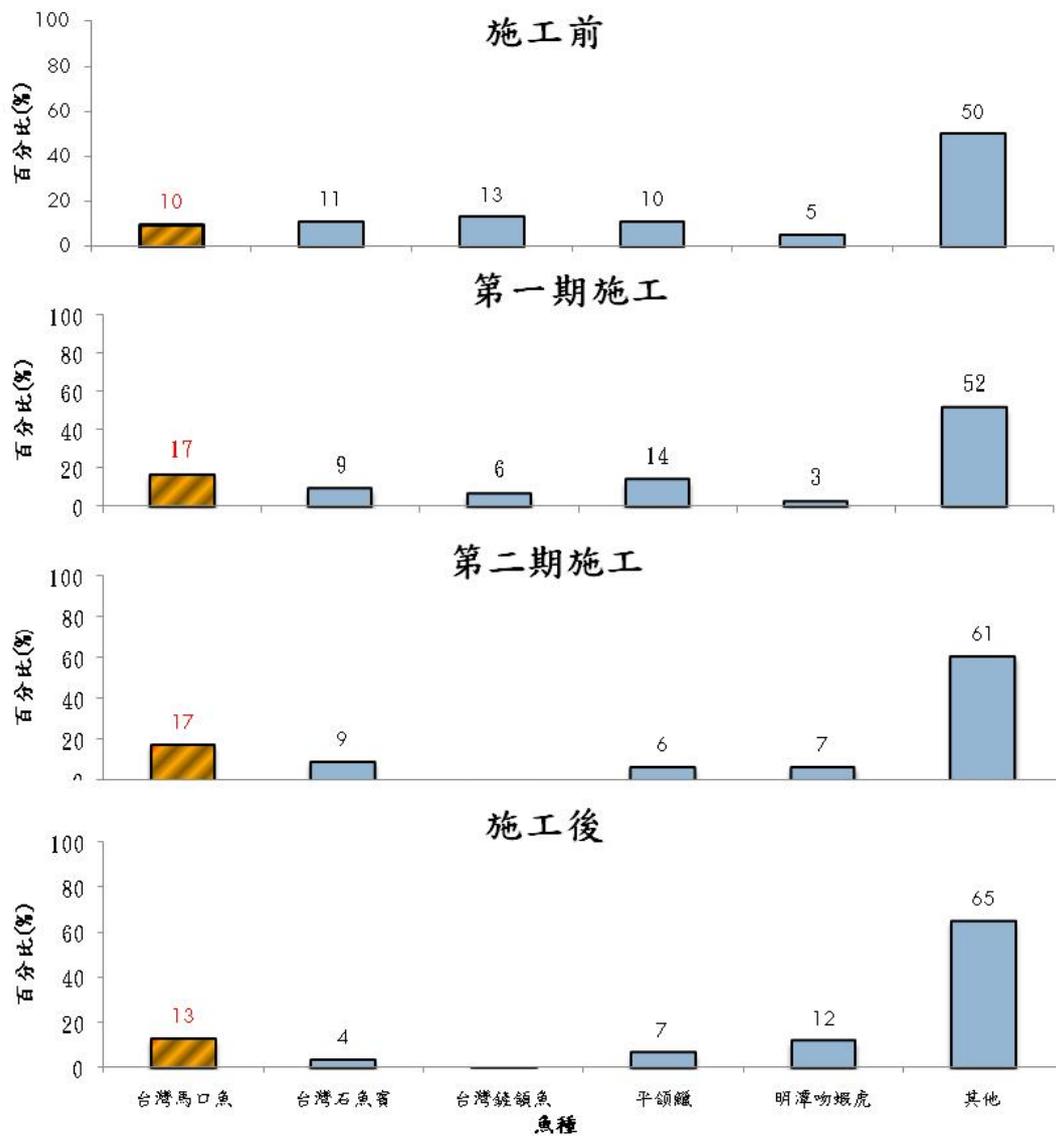


圖 3、浦仔溝溪施工期間之魚種組成

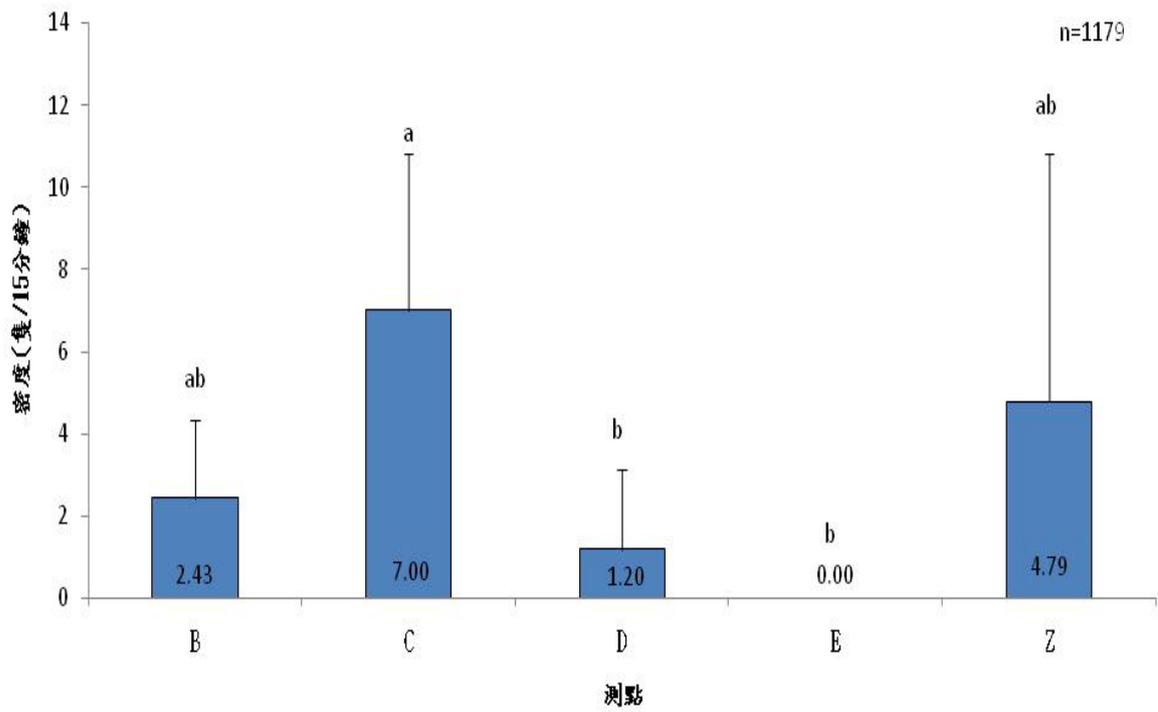


圖 4、浦仔溝溪各測點臺灣馬口魚之平均密度 (尾/15 分鐘/100 公尺)

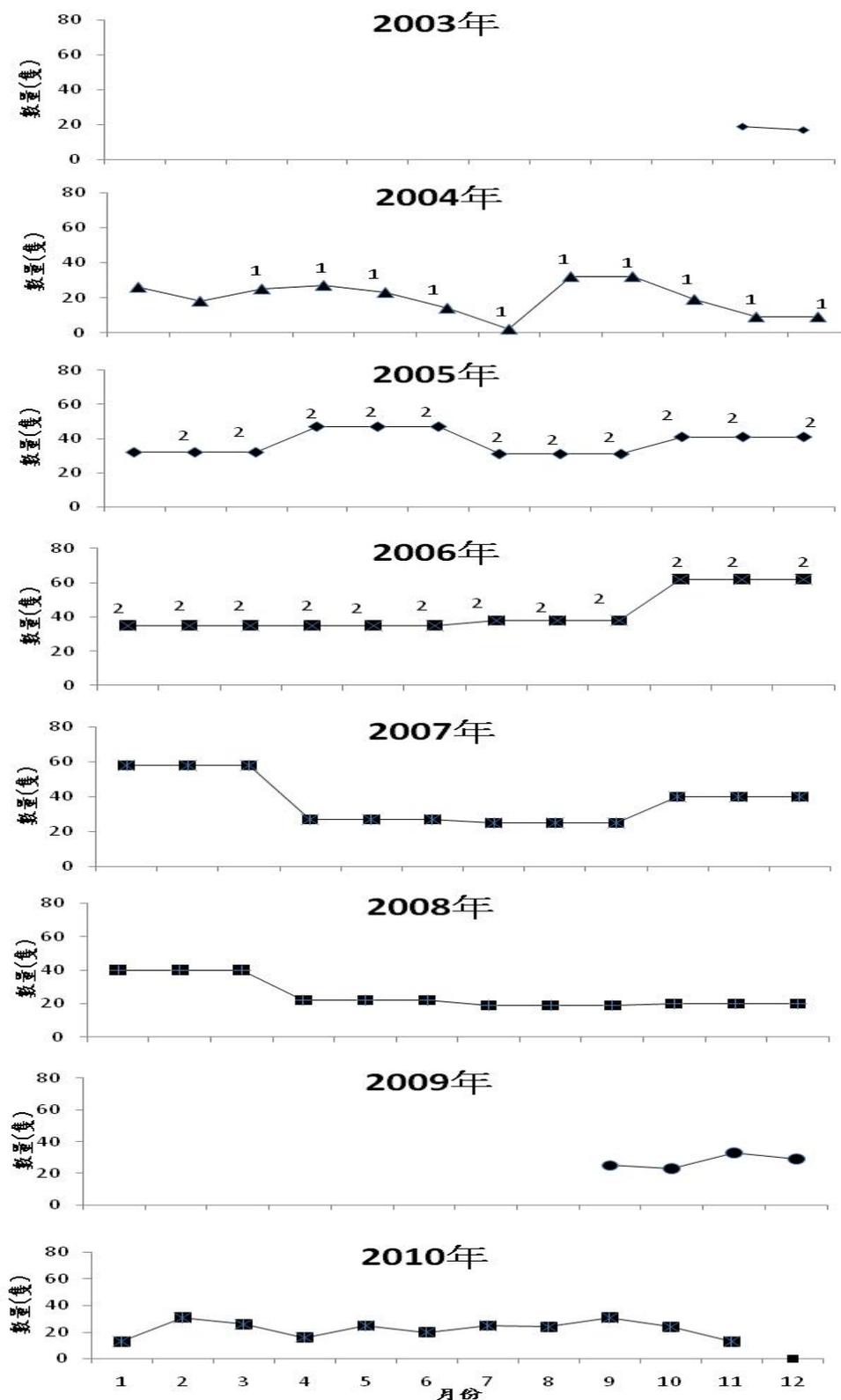


圖 5、臺灣馬口魚 2003-2010 平均數量 (隻) 變化圖

1：第一期施工，2004 年 3 月－2004 年 12 月

2：第二期施工，2005 年 2 月－2006 年 12 月

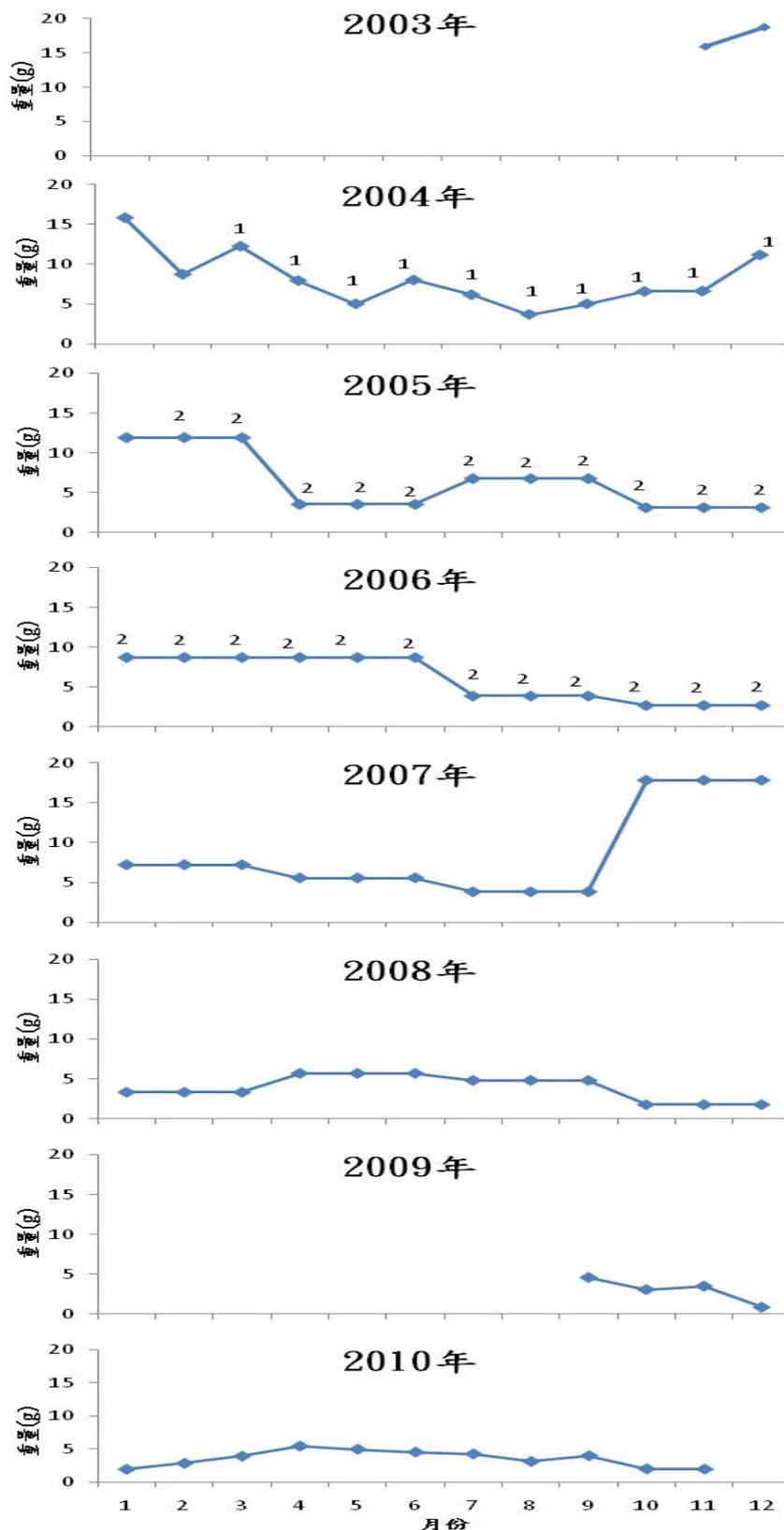


圖 6、臺灣馬口魚 2003-2010 平均重量 (g) 變化圖

1：第一期施工，2004 年 3 月－2004 年 12 月

2：第二期施工，2005 年 2 月－2006 年 12 月

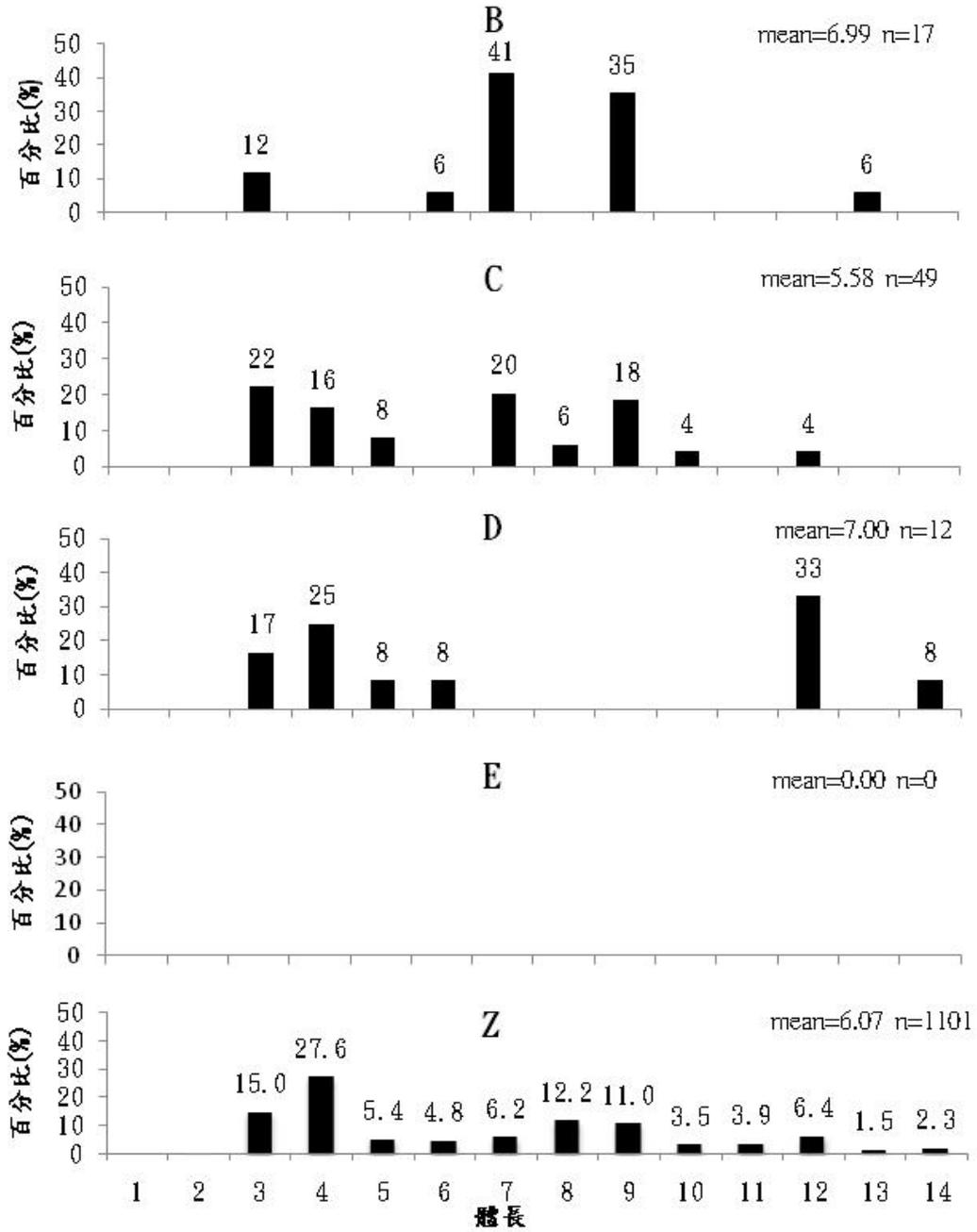


圖 7、浦仔溝溪各測點臺灣馬口魚之體長頻度

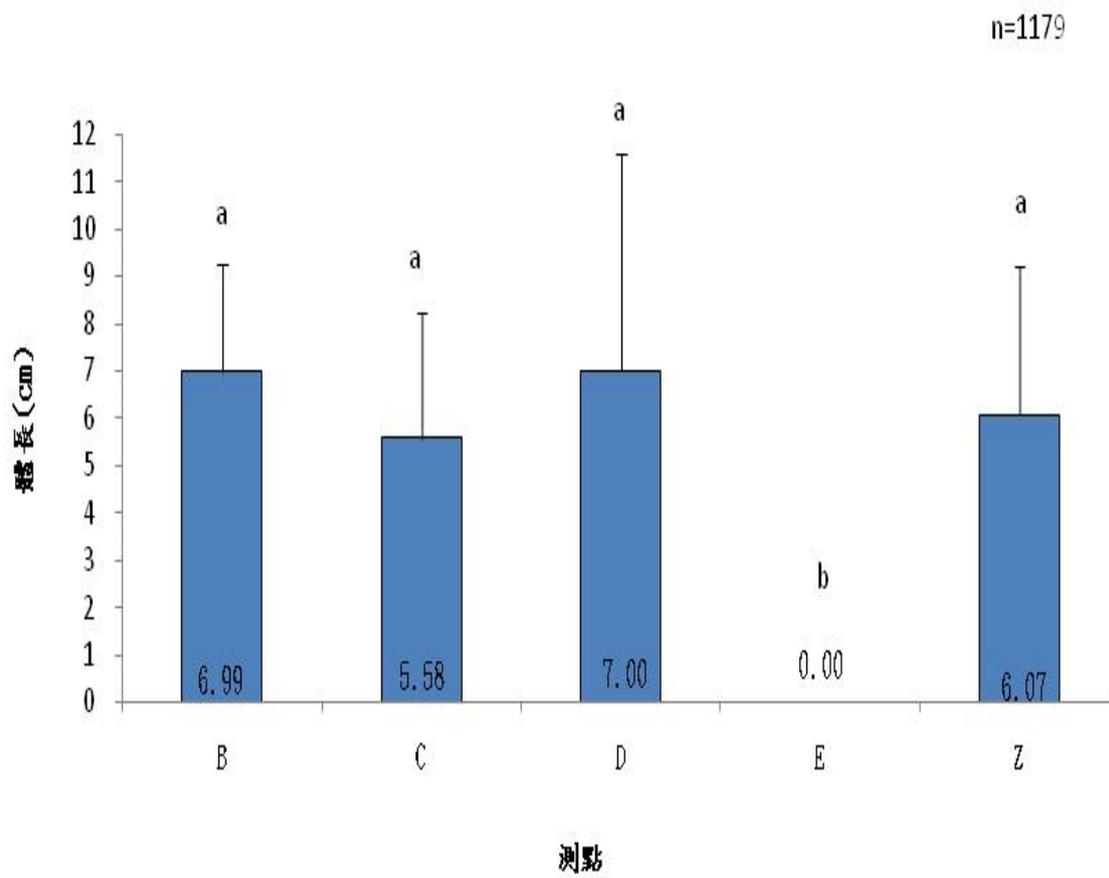


圖 8、涌仔溝溪各測點臺灣馬口魚之平均體長

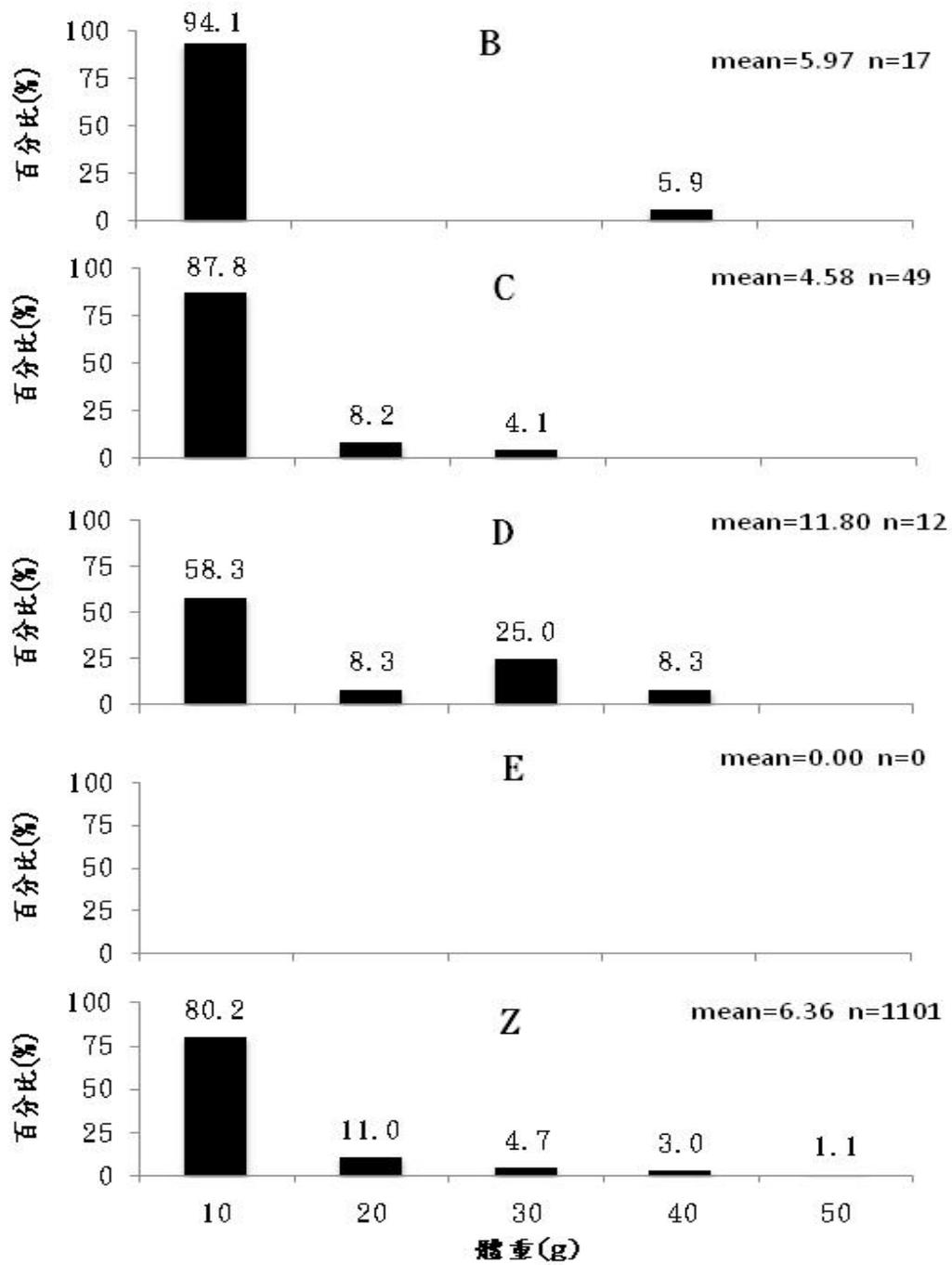


圖 9、浦仔溝溪各測點臺灣馬口魚之體重頻度

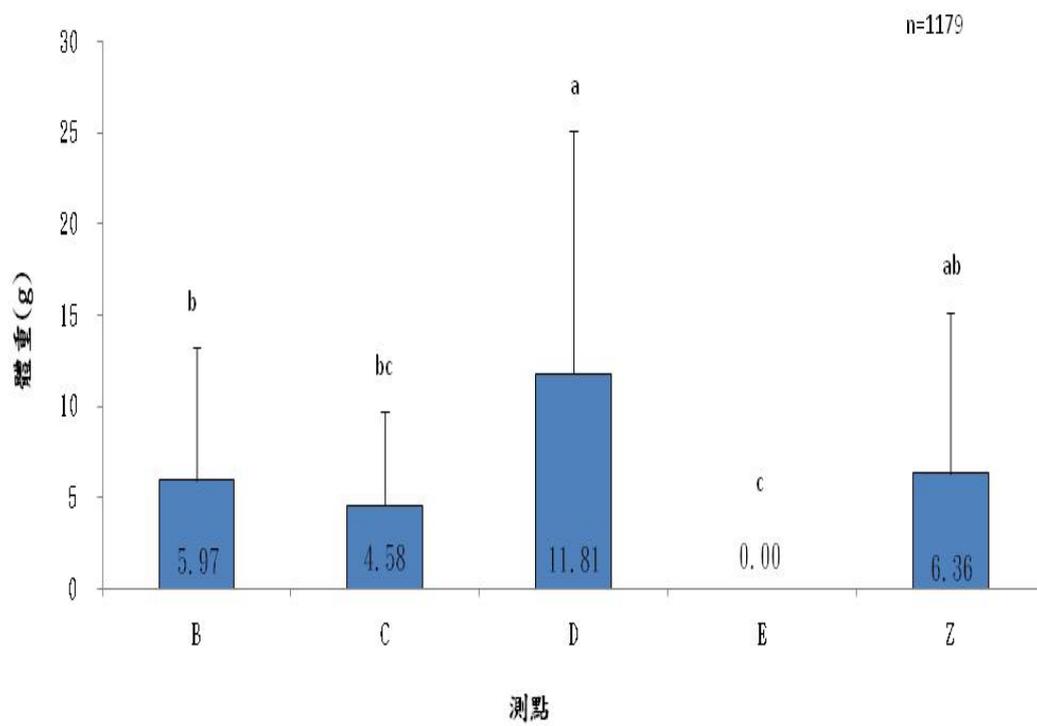


圖 10、涌仔溝溪各測點臺灣馬口魚之平均體重

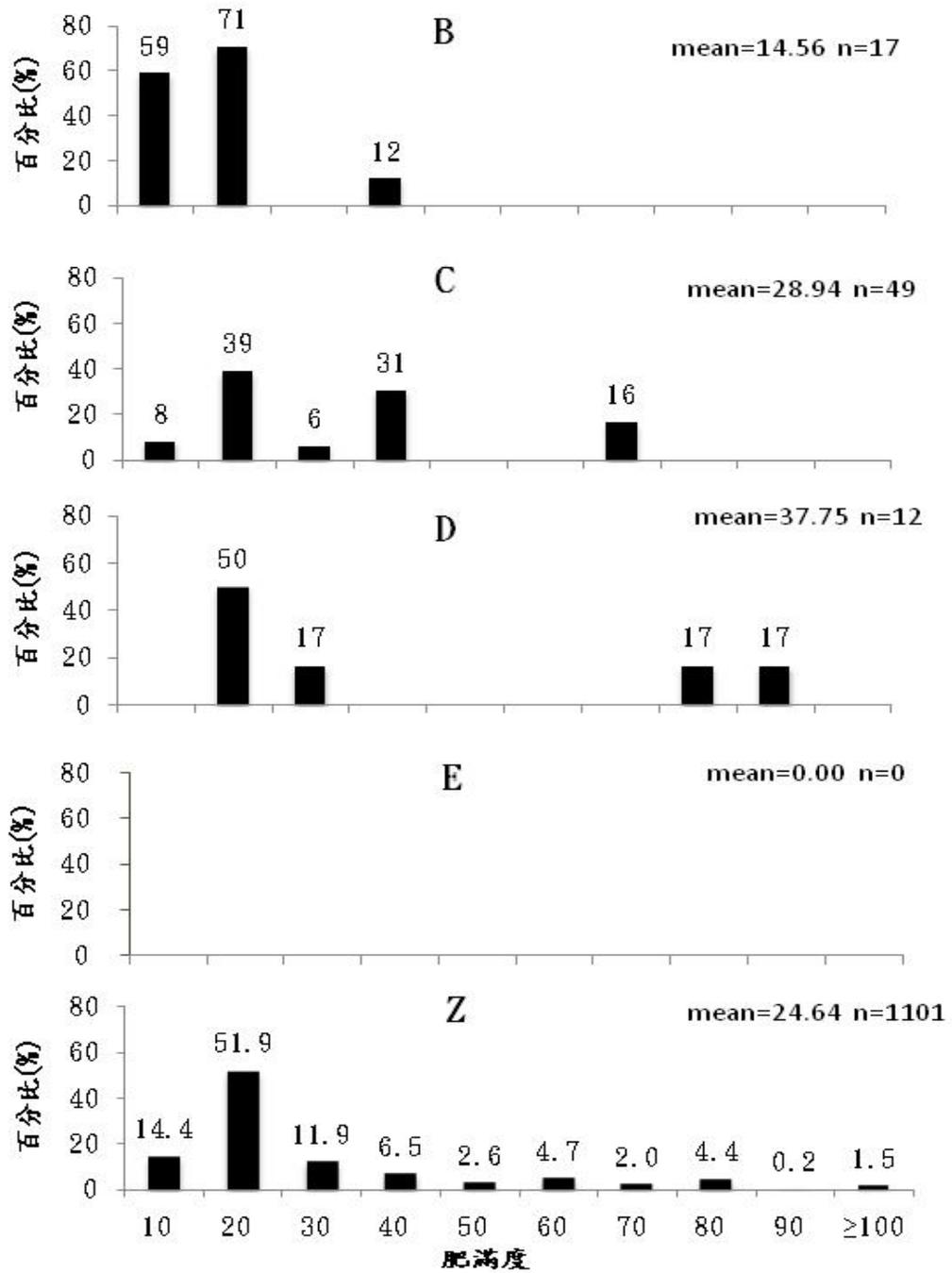


圖 11、滿仔溝溪各測點臺灣馬口魚之肥滿度頻度

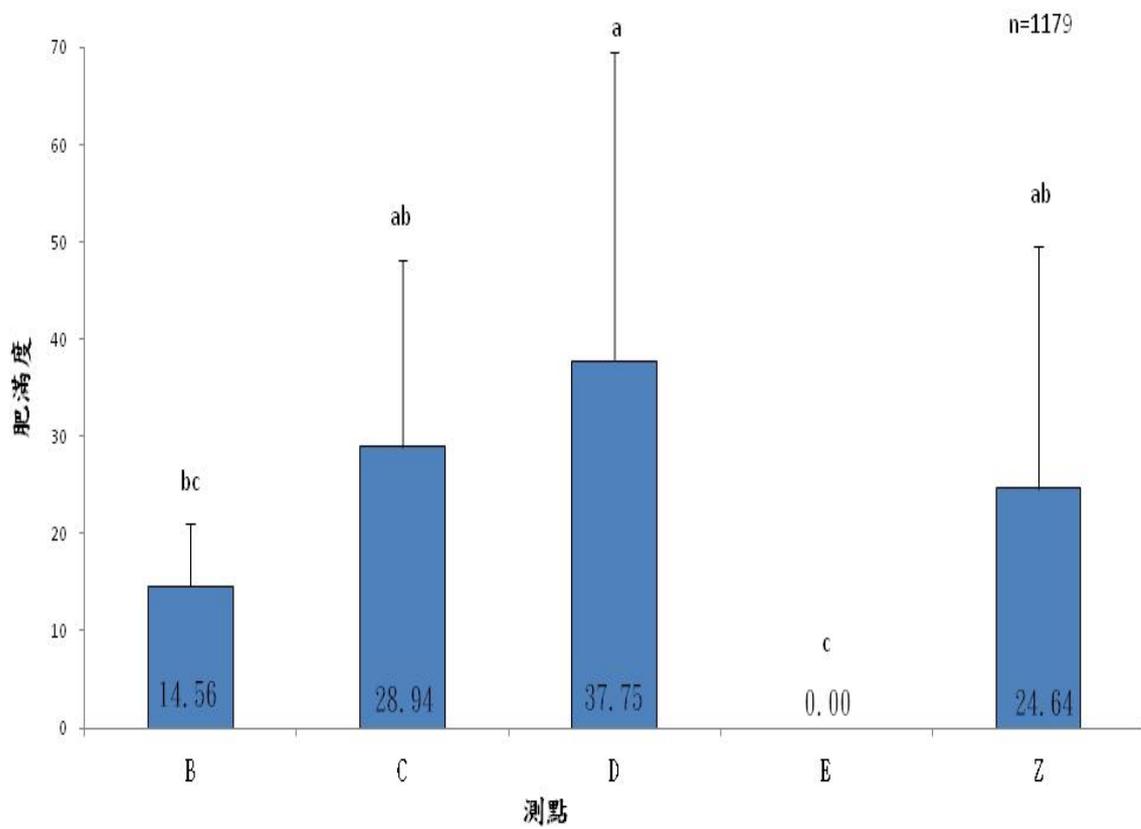


圖 12、浦仔溝溪各測點臺灣馬口魚之平均肥滿度

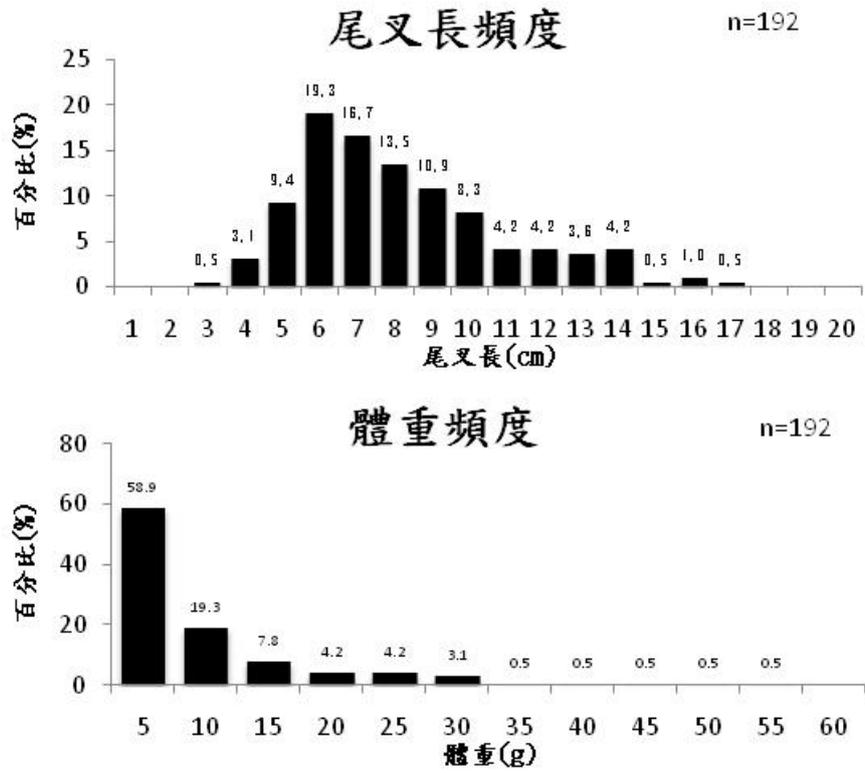


圖 13、臺灣馬口魚之尾叉長與體重頻度圖

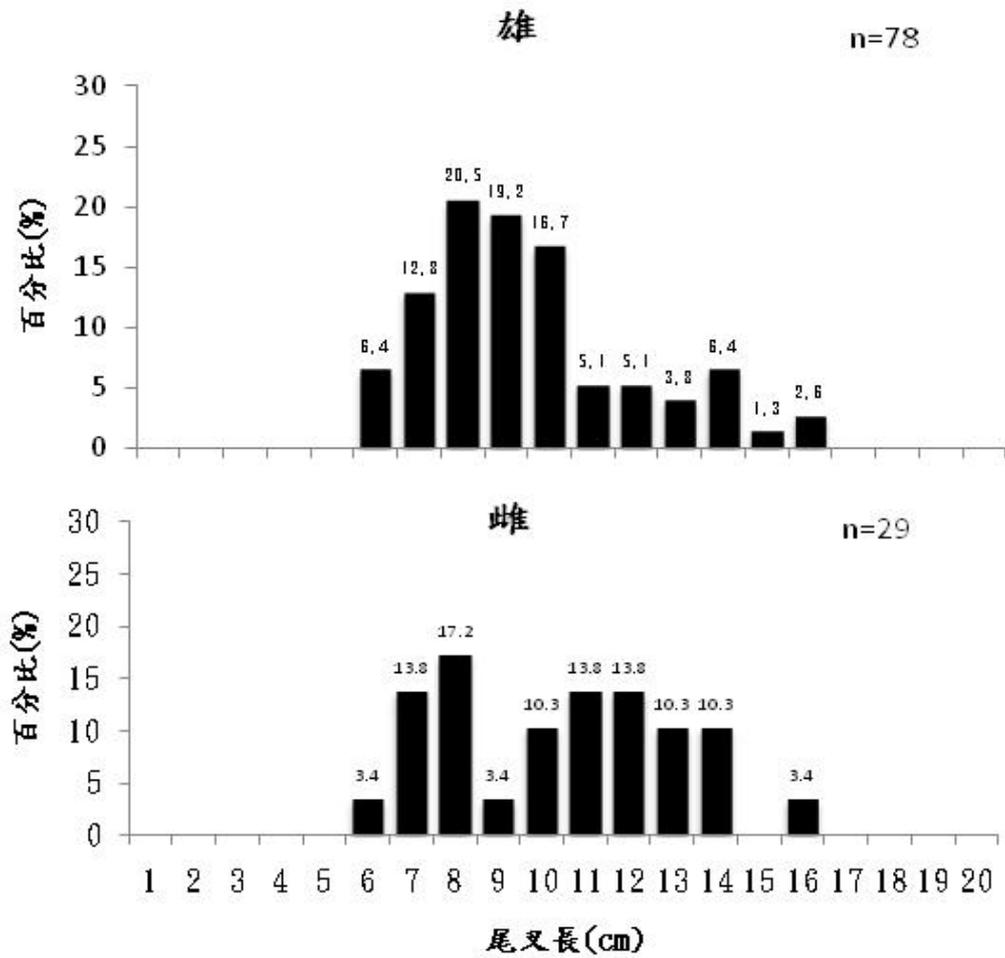


圖 14、雄魚與雌魚之尾叉長頻度圖

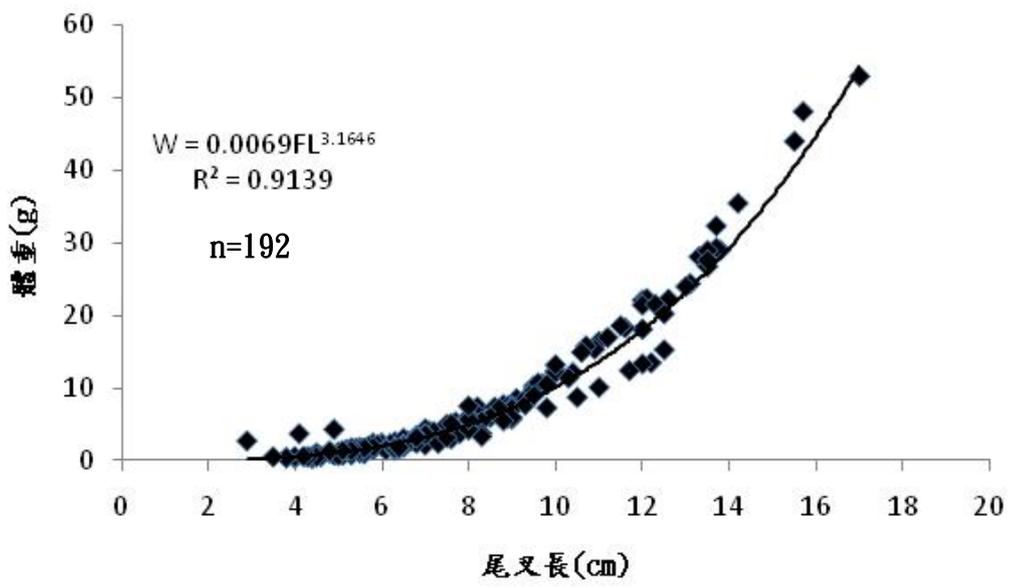


圖 15、臺灣馬口魚尾叉長與體重之關係

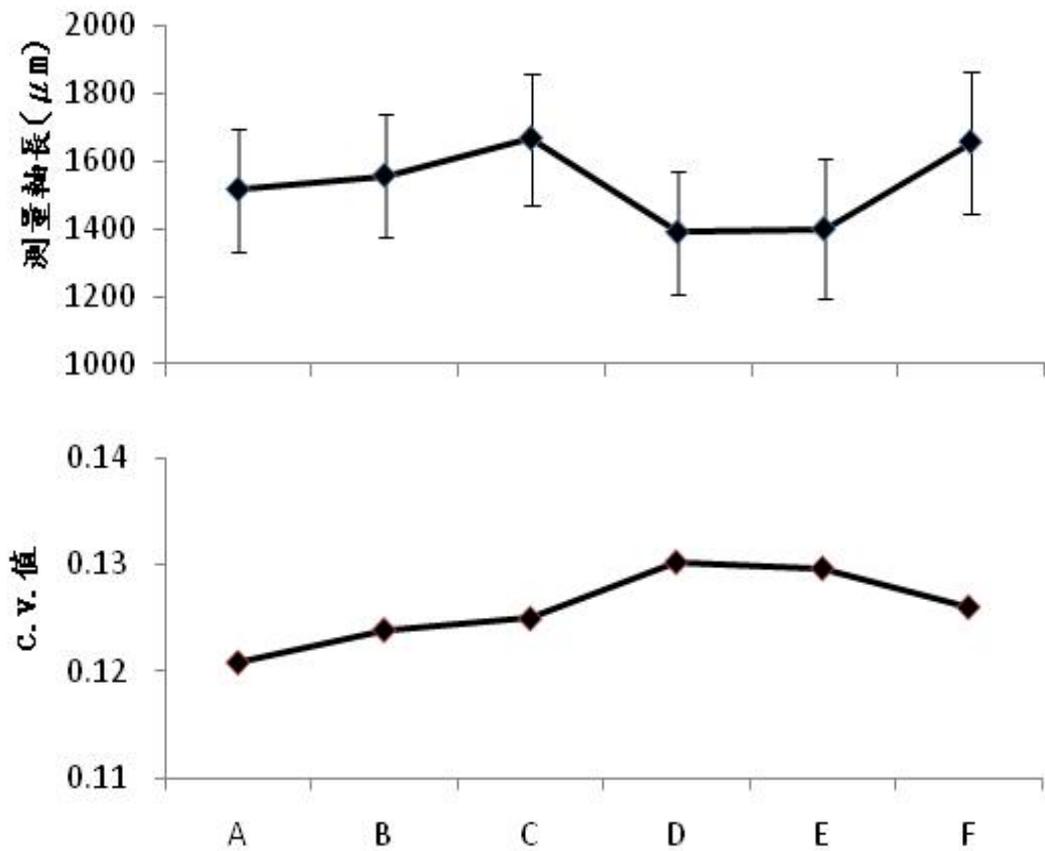


圖 16、鱗片選取之部位之測量軸平均值與 c.v 值

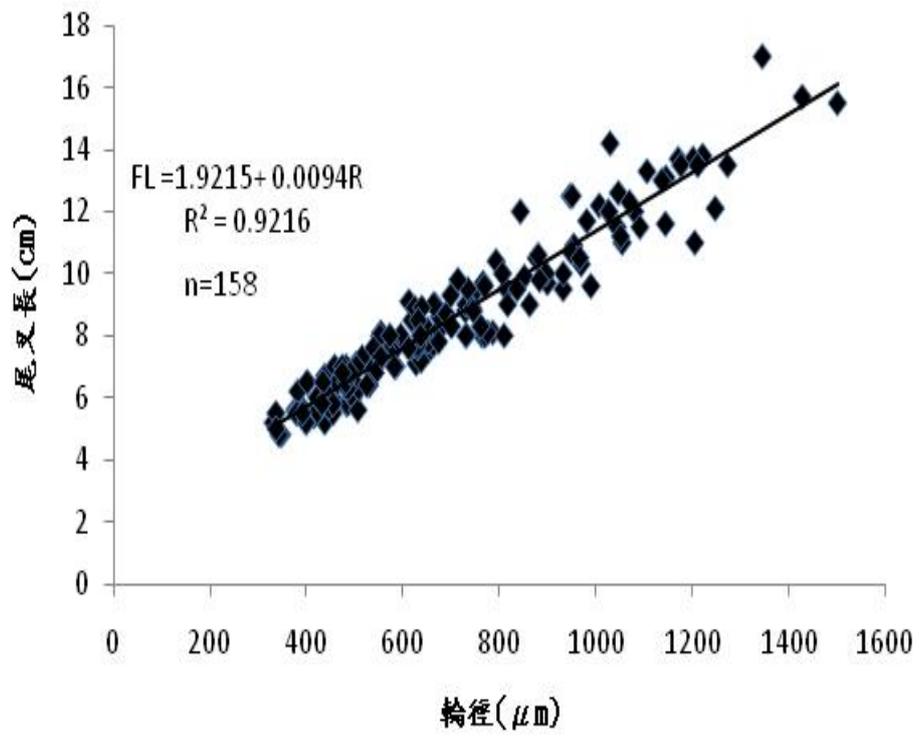


圖 17、臺灣馬口魚輪徑長與尾叉長之關係

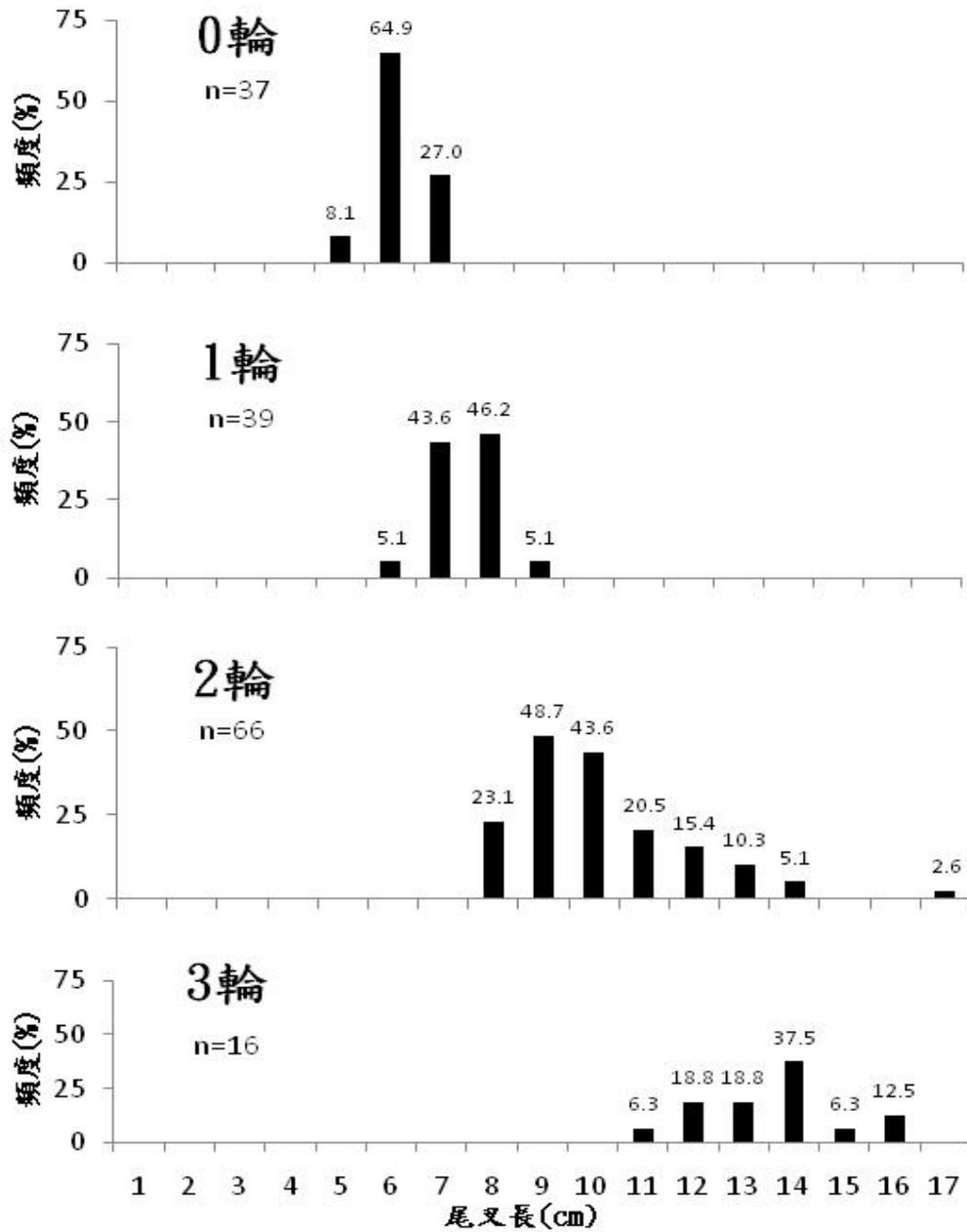


圖 18、臺灣馬口魚尾叉長與輪數頻度圖

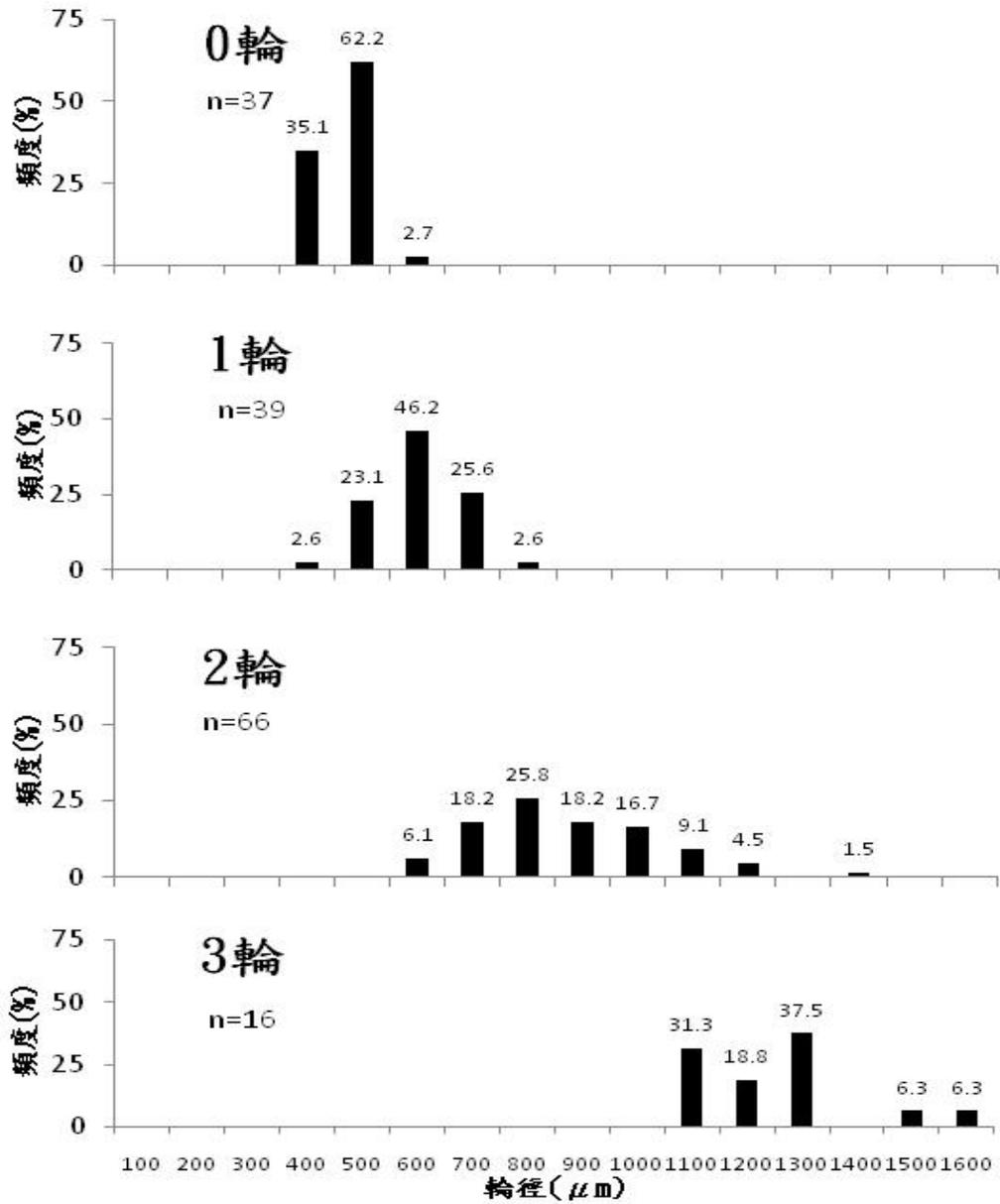


圖 19、臺灣馬口魚輪徑與輪數頻度圖

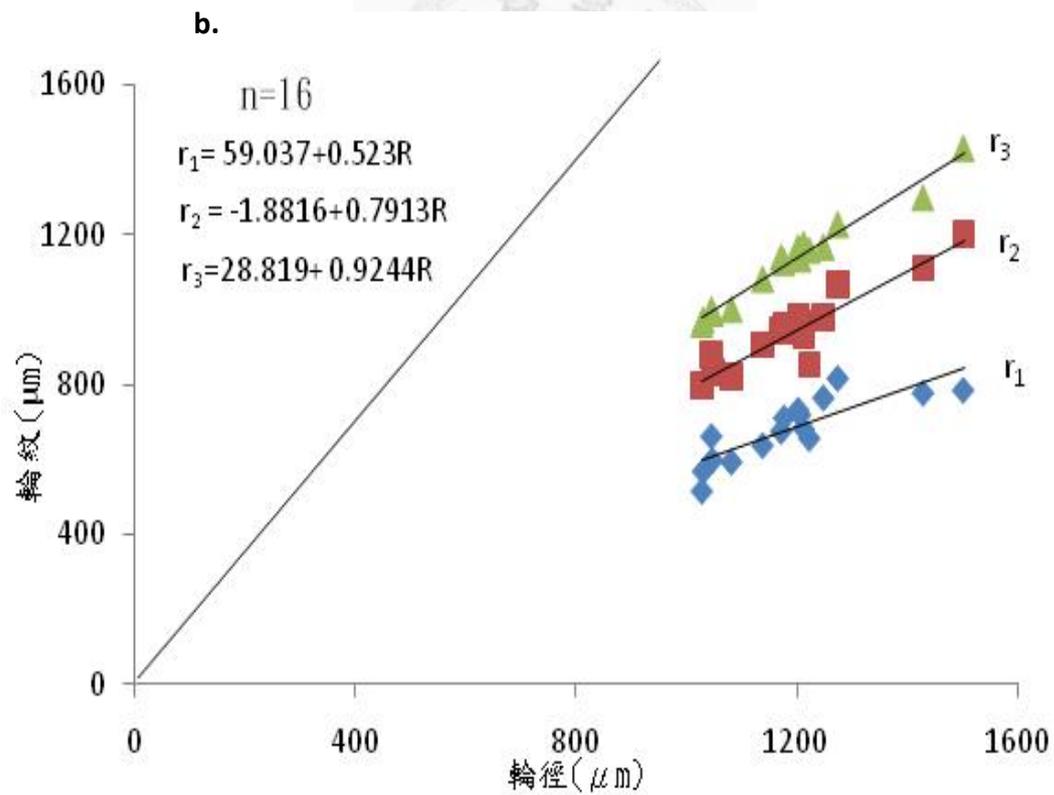
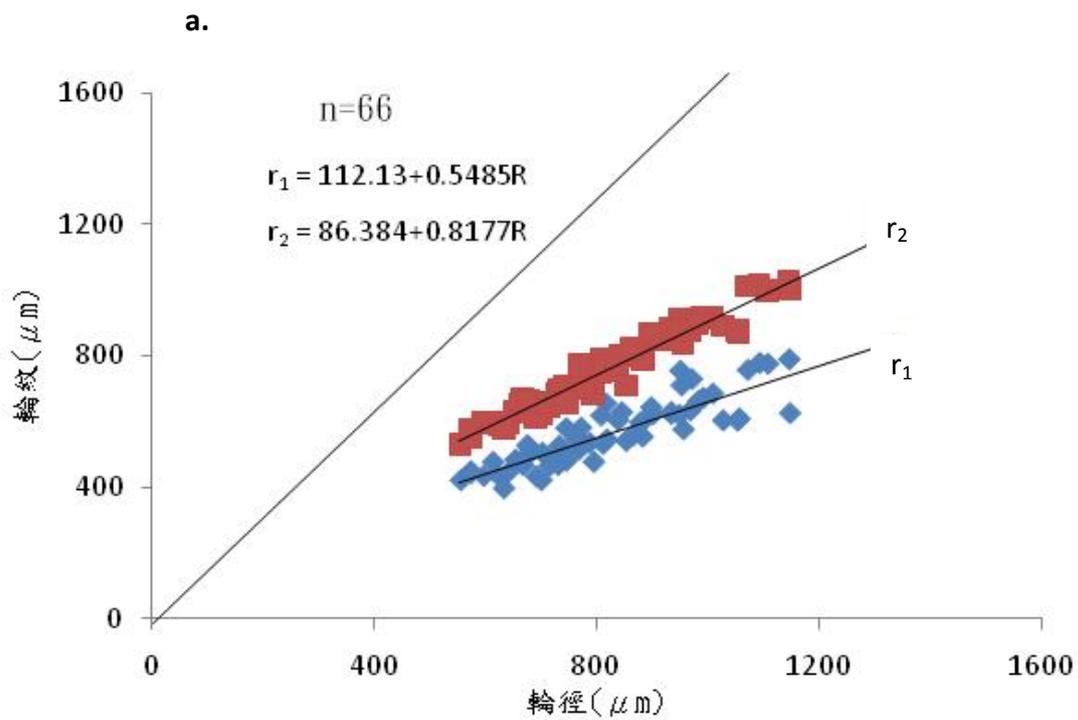


圖 20、臺灣馬口魚輪徑與輪紋之關係

a. 二輪群魚

b. 三輪群魚

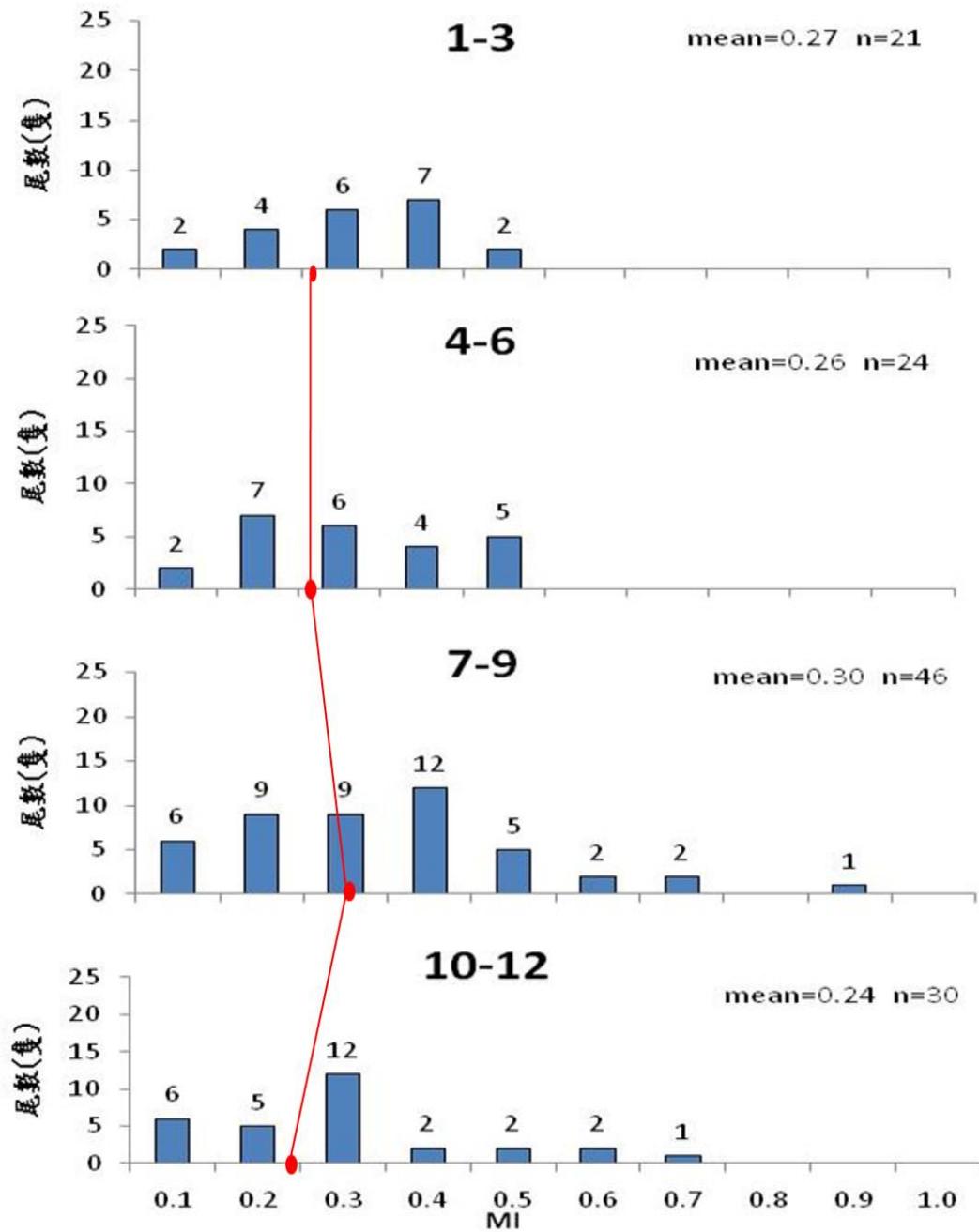


圖 21、臺灣馬口魚鱗片季別邊緣成長率頻度圖

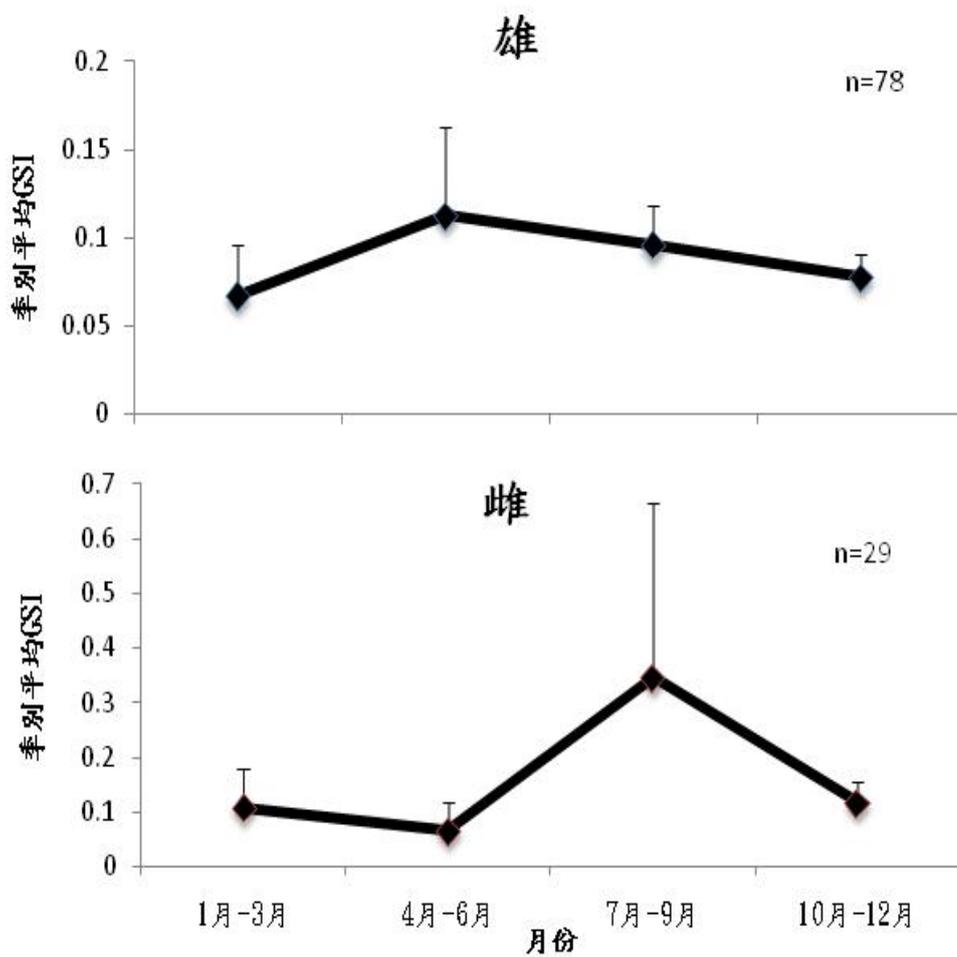
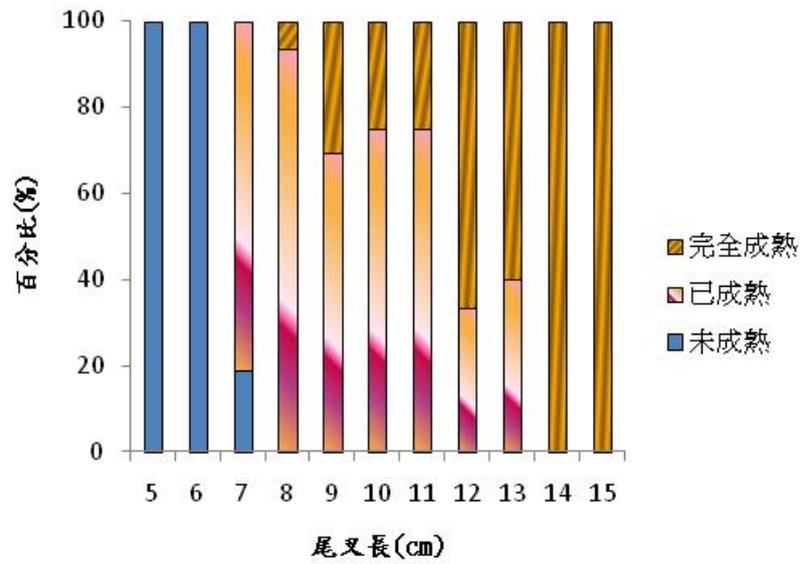


圖 22、臺灣馬口魚季別生殖腺指數 (GSI) 變化圖

a. 雄魚



b. 雌魚

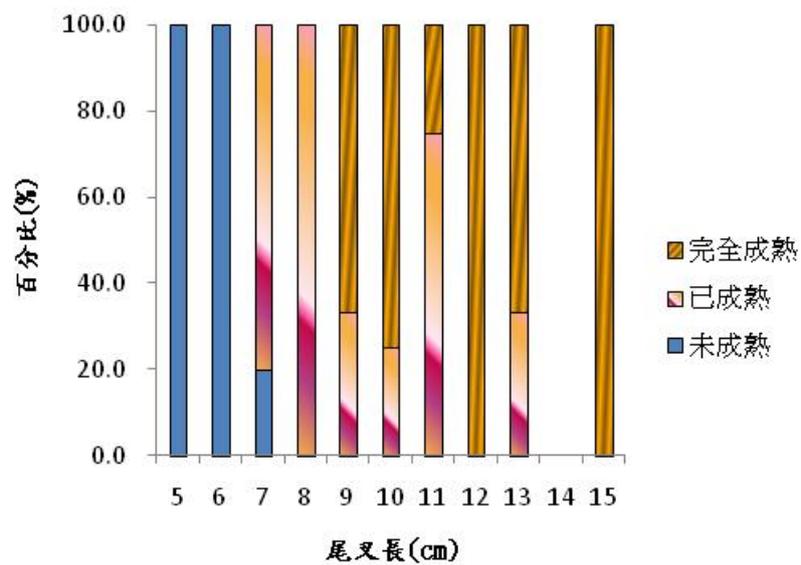


圖 23、臺灣馬口魚尾叉長與生殖腺成熟狀態之關係圖

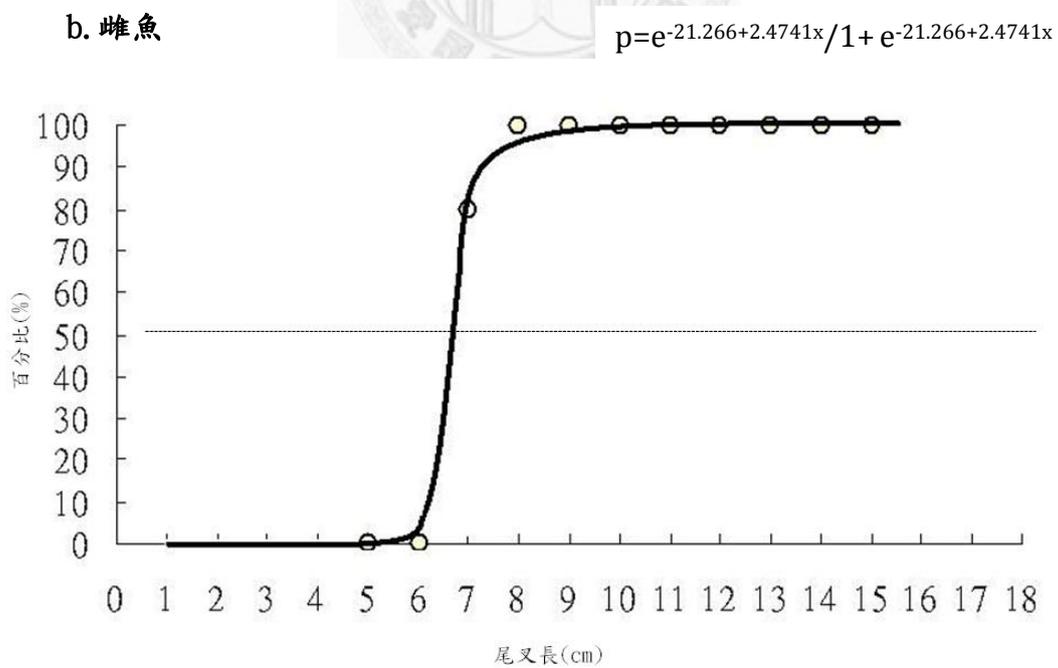
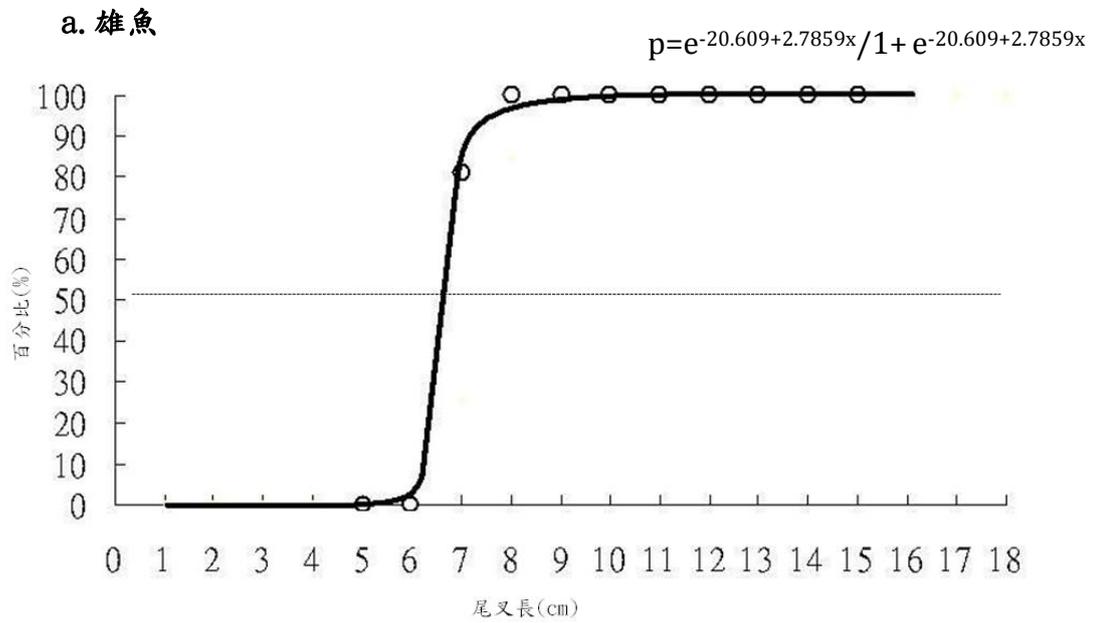


圖 24、雄、雌魚 50%性成熟尾叉長圖

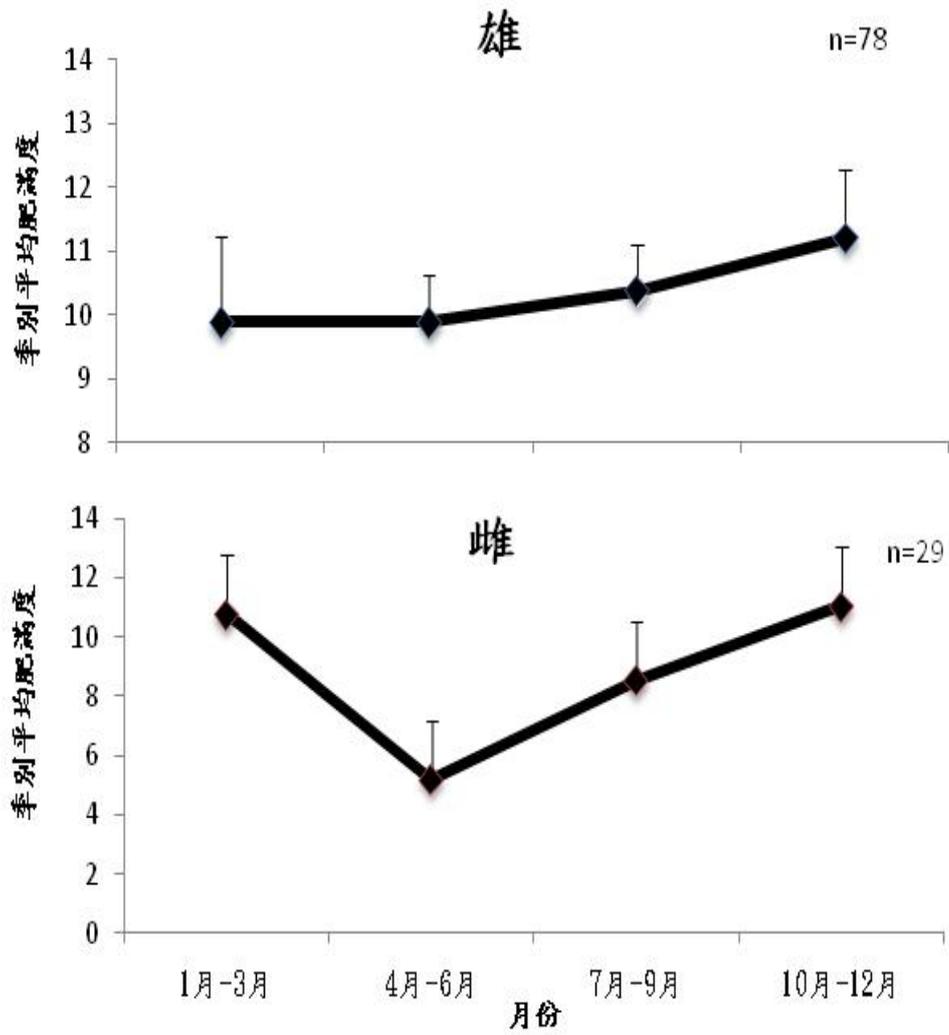


圖 25、雄、雌魚季別平均肥滿度(CF)變化圖

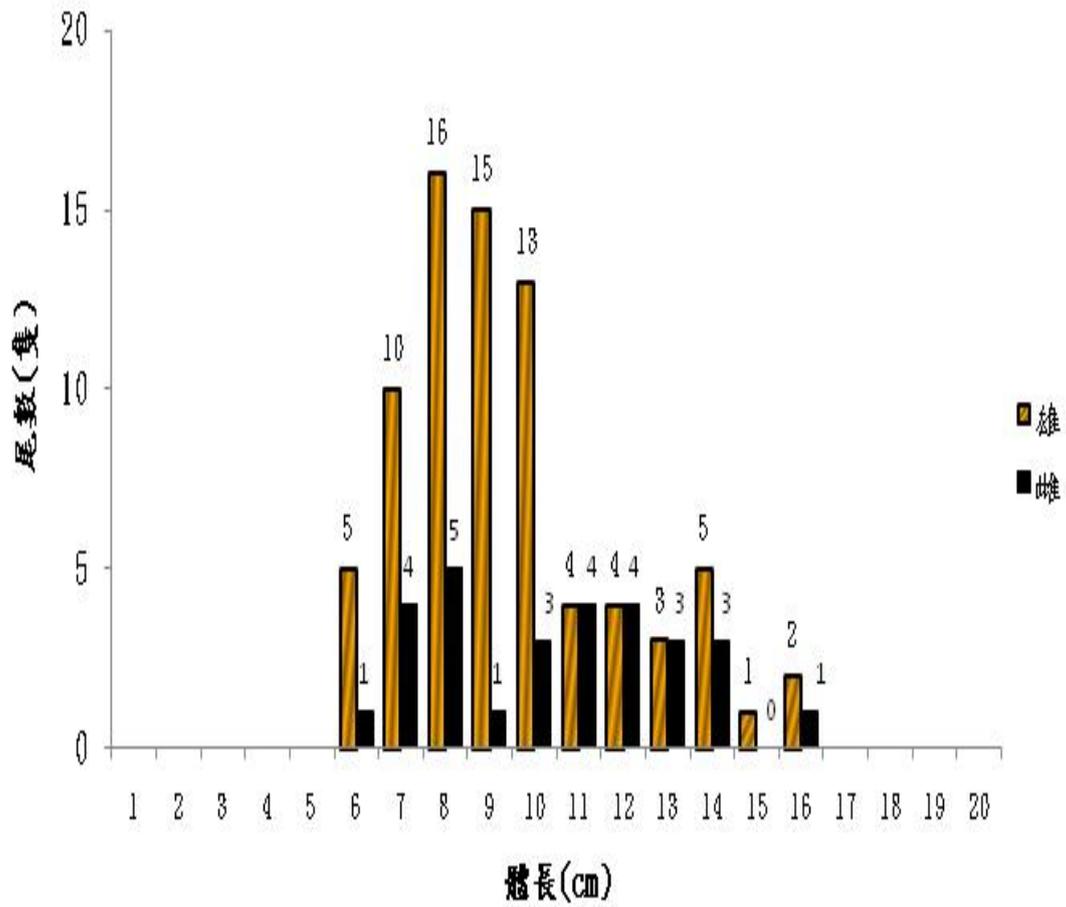


圖 26、雄、雌魚體長頻度圖

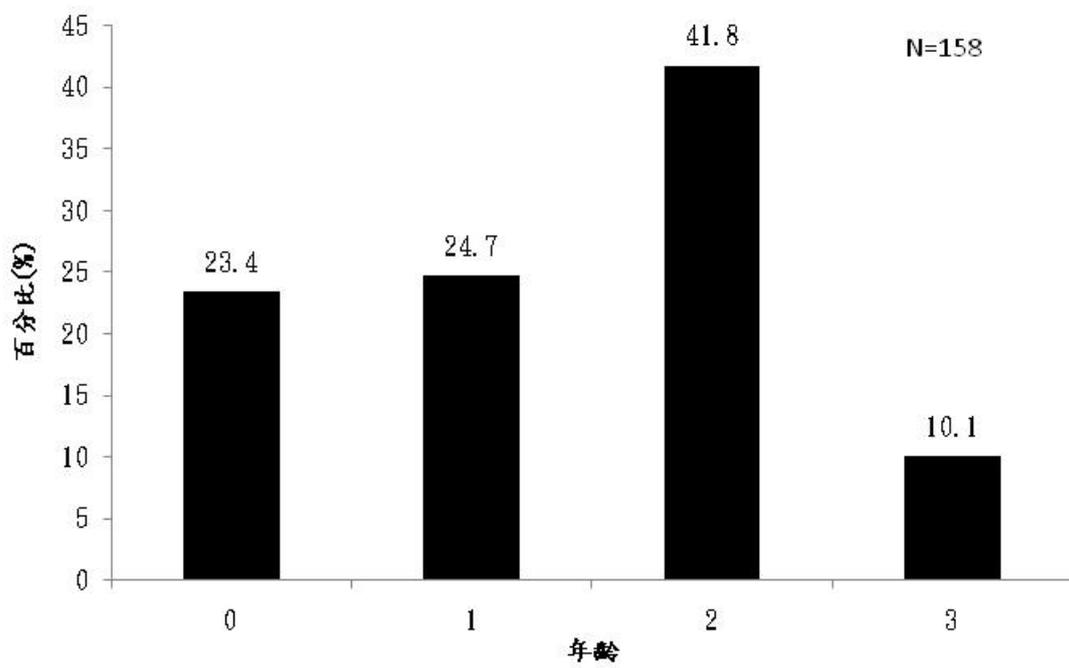


圖 27、浦仔溝溪臺灣馬口魚年齡分布圖

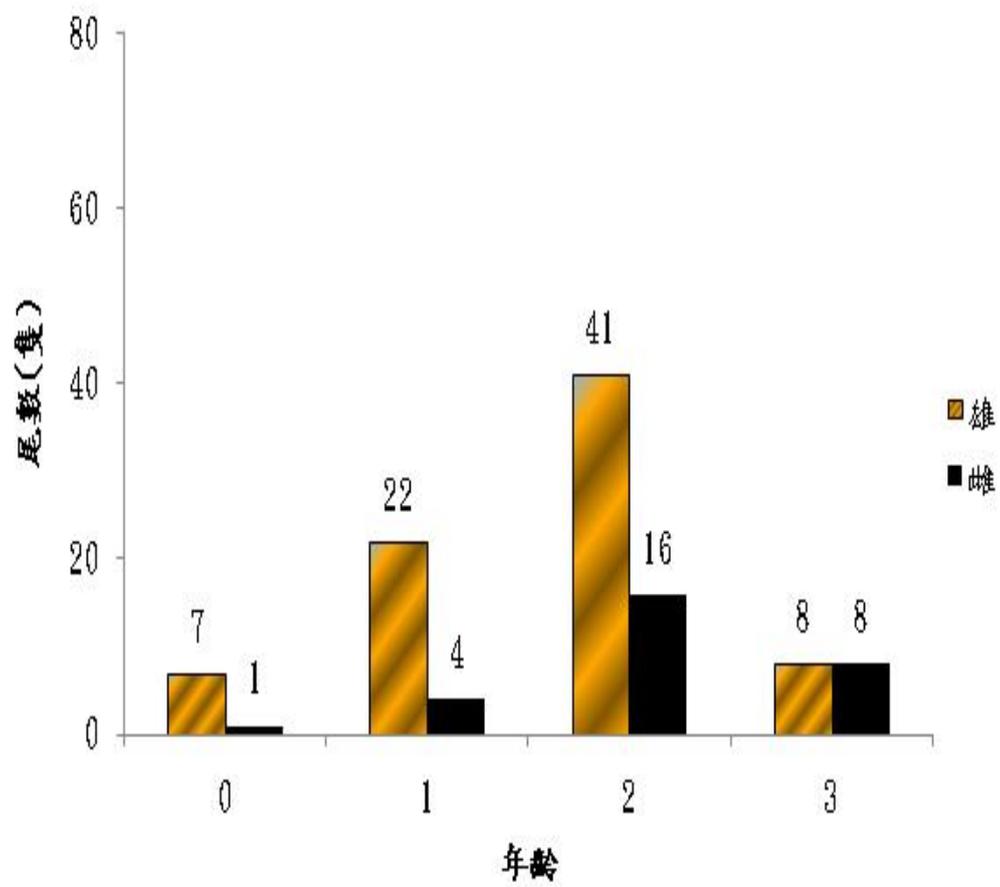
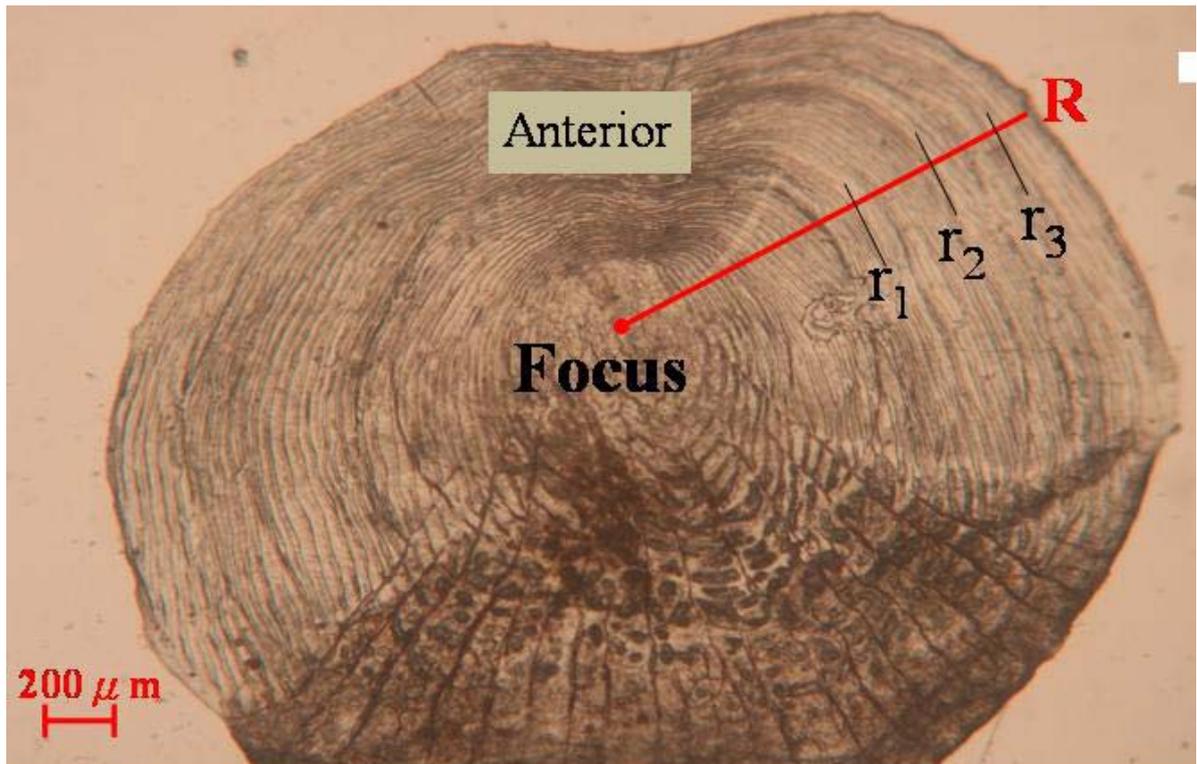


圖 28、雄、雌魚年齡分布圖



照片 1、鱗片選取之部位圖



照片 2、臺灣馬口魚鱗片之結構圖

Focus 為鱗焦，紅線為測量軸，R 為全輪徑長， r_1 為第一輪徑長， r_2 為第二輪徑長， r_3 為第三輪徑長。Anterior 表示為鱗片之前區。

(a)



(b)



照片 3-a、浦仔溝溪整治項目避魚柵

3-b、浦仔溝溪整治項目生態島

(引述自 經濟部水利署北區水資源局網站)