

大嘴鱸--藍鰈淡水養殖系統的理論和實務介紹

方新疇*

國立中山大學海洋生物研究所

Received 18 May 2015; revised 28 July 2015; accepted 30 July 2015; available online 16 February 2016

摘 要

本報告是以文獻回顧的方式介紹了美國西南各州盛行的大嘴鱸魚與藍鰈複合魚群養殖及管理系統。本理論是由已故奧本大學漁業系系主任史雲高(H.S. Swingle)氏多年前所創立。該理論充份利用了生態學與水產養殖技術的掠食魚--被掠食魚的互動關係，以實証方式開拓並完成了從魚池管理、魚苗放養、魚群監控、管理到理論架構的一系列工作藍圖，並且六十多年來成功地應用在美南地區的淡水養殖業上。遺憾的是本系統在理論探討上缺乏進一步的投入，在學術上亦未獲得應有的重視。作者留美進修時利用田間試驗結果與電腦模擬予以驗證，顯示結果與史氏當初的構想非常符合，特以本報告作完整的介紹。文中並進一步探討利用大嘴鱸魚作為控制吳郭魚生殖，和發展國內淡水埤塘休閒漁業的潛力，最後討論了把史氏的平衡魚群理論用在海洋水產資源管理方面的可能性。

關鍵詞：大嘴鱸、藍鰈、休閒漁業、平衡魚群、吳郭魚生殖控制

一、前言

筆者在 1973 年秋季進入美國阿拉巴馬州奧本大學(Auburn University)漁業及養殖系就讀。系上大部份老師的專長都是有關養殖漁業方面的基礎性實務工作，理論上的探討不多。其中有關淡水湖與河流中的休閒性漁業(Sport fishery)管理，比較接近我的興趣。在第一年修

課和研擬論文題目期間。我花了不少功夫閱讀前系主任史文高(H.S. Swingle，以下稱史氏)博士過去二、三十年來有關魚池養殖的學術報告，頗為意外地發現，史氏早已建立了一套相當完整的掠食魚(predator)與被食魚(pre)的養殖與管理模式。該模式長期應用在處理美國東南各州的淡水湖池的漁業管理上面，獲得很有效的成果。

史氏理論的主要特點是利用大嘴鱸(largemouth bass, black bass) (Davies and Lock, 1997; Wikipedia, 2015a) (臺灣有譯為美洲鱸、黑鱸或加州鱸)與藍鰈

*通訊作者電子信箱：scfong@mail.nsysu.edu.tw

方新疇教授已於 2008 年 2 月自國立中山大學海洋生物研究所退休，現擔任該所兼任教授。

(bluegill) (Wikipedia, 2015b) (可譯為藍鰓太陽魚¹)為主要角色所形成的「掠食---被食者」(predator-prey)的生態互動關係。經由一連串管理手段達到所謂平衡狀態(balanced)魚群。史氏並且定義了平衡狀態下的各種參數(Swingle, 1950)。該理論雖然在東南部所謂狄西地區(Dixieland, 包括喬治亞、佛羅里達、密西西比、路易安那、田納西等州)驗證成功及廣受認同,但卻受到其它北面各州(包括紐約、維吉尼亞、肯特基等)水產學者不同試驗結果的質疑。大嘴鱸成魚體型在一磅左右。在溫暖的南方滿一歲至一歲半即可(在五月)達到成熟產卵階段。但在北方各州的產卵季節較晚(須滿兩歲)²。史氏主張新養魚池不宜放養成魚而應放養魚苗。經由調整魚苗初期放養的數目,即可使掠食---被食者的關係長期維持平衡。其它學者認為這是忽略了自然界生物族群的自我調整能力,對此不表認同。筆者個人在閱讀史氏的報告之後,亦頗存疑問。

當時漁業資源管理的理論的探討正處於單種類管理模式的發展瓶頸,必須另起爐灶或延伸至多種類模式的時代。學術期刊上已出現一些以多種類漁業管理為目標的文獻。但是有關的數學理論尚未有清晰的定論。例如多種類漁業中的最大持續生產量(MSY, Maximum

sustainable yield)即無法明確定義及落實。漁業管理研究是以電腦進行模擬試驗為主。史氏所研擬的平衡模式是雙種類互動的生態模式,基本上是屬於代數式的均衡狀態表現,並未考慮到動態誤差的存在。筆者最後決定以阿州當地的美洲鱸--藍鰓鯛養殖系統為實驗材料,建立魚池中的雙食性隨機過程管理模式,作為博士論文研究題目。論文大綱研擬之初,主要是方法論(methodology)的探討。並未打算要解決史氏養殖理念上的紛爭。想不到在五年之後論文結果分析完成時,發現竟然無意中証實了史氏理念的正確性。在本文中僅就有關証實史氏理論的部分予以介紹。對論文中其它內容有興趣的讀者可與我聯絡或參閱我的論文(Fong, 1979) (未發表)。

二、美國東南部農家魚池(farm pond)的地理特性和管理

美國東南部鄉村地廣人稀,經濟上以農、牧和林業為主。阿拉巴馬州中部丘陵地帶(rolling plain)的表土,外觀上與台灣桃園縣一帶相若,多是透水性較強的貧瘠紅土。山坡地居民以低廉價格買入不適宜耕作的大片土地,種植松樹後。靜待十多年後長成為木材,作為其投資報酬。部份地主同時在較空曠草地放牧牛隻十來頭。山坡地匯集的雨水在低窪處成為儲水魚池,作為牛隻飲水來源。既然有了水池,不免進一步養殖當地的魚類,作為家庭休閒野餐和釣魚活動之用,同時也具有穩定水質的功能。農家魚池的規劃、闢建、管理等都是州

¹ 海洋中的 sunfish。曾被中譯為太陽魚,亦有人譯為翻車魚,其實是海洋性魚種。在臺灣俗稱為曼波魚。學名是 *Mola mola*。與淡水中的藍鰓太陽魚 bluegill sunfish 魚類無關。

² Davies & Lock(1997)指出大嘴鱸可分為兩個亞種。可能是南北實驗結果差異的原因之一。

政府與學術單位的合作提供協助。其中有關挖掘魚池的土方計算、堤防坡度、填土施工、溢洪道、排水管位置、邊坡維護、施肥等，均有相當完整的資訊。圖 1 是奧本大學實驗用的農家魚池群。都是依地形起伏規劃而成。高處的水池如有滲漏，亦可由下方的水池承接繼續利用，減少水資源的浪費。

農家魚池的主要魚種是大嘴鱸 (largemouth bass)(學名 *Micropterus salmoides* (Lacepede))(圖 2) 和藍鰈 (Bluegill) (*Lepomis macrochirus* (Rafinesque))(圖 3)。二者分別作為掠食魚(predator)和被掠食魚(pre)的種類代表。大嘴鱸個性兇猛，是休閒釣魚運動者的最愛。台灣養殖業者多年前已引進養殖，頗受市場消費者青睞(本魚種習性兇猛，曾經因不慎放養在南美的高山天然湖泊中，導致當地原生魚種資源枯竭，瘧疾爆發。強烈建議有關單位和民眾不應貿然在高山溪湖處從事野放)。藍鰈(台灣未引進)被稱為飼料魚種(forage species)。其主要食物種類廣泛。包括植物、無脊椎動物、蝌蚪與小魚苗等。以上兩種類都是北美的原生魚種，一向為美南民眾喜愛的釣魚對象。州政府為了鼓勵大家從事戶外活動，特別立法禁止在食物店或商場販售以保護野生資源，要吃的人須自行捕釣。

奧本大學漁業系多年來都對附近各州的農家提供有關勘察、設計、建池、施肥；放養、維護、管理及清池等全系列的參考資訊和建議。並且帶領學生到現場進行實地檢驗的訓練。對於運作中

的河川、湖沼、和魚池，則以不同大小



圖 1. 阿拉巴馬州奧本大學試驗用的農家魚池 (farm ponds)。(本圖為指導教授 W.D. Davies 提供)



圖 2. 美洲大嘴鱸的外形。同年出生的一歲魚因食物分配不均，體型懸殊。顯示了魚類在淡水自然環境中與海水中的主要差別。(本圖片由 W.D. Davies 提供)



圖 3. 成熟藍鰈的樣子與吳郭魚相似。鰓蓋上有一深藍色軟骨片是主要的特徵。鰈魚的體高是鱸魚能夠直接吞食的限制因子。(本圖片由 W.D. Davies 提供)

的人力圍網、藥物、電魚(electrofishing)進行取樣。並且視需要對於生產力不佳的魚池進行追肥、放養、或清池等措施。對於公有湖泊，則由州政府雇用專職人員(State biologist)負責不定期監管，擬定開放捕釣的魚種種類大小、可用釣具和漁期等工作。管理經費則由州郡(county)和聯邦政府出售釣魚執照的收入補助支付。圖 4 中展示了郡屬魚池的垂釣公告例子。



圖 4. 阿拉巴馬州公共水庫垂釣管理告示牌例子。(本圖片由 W.D. Davies 提供)

三、大嘴鱸與藍鰍的種群生物特性介紹

大嘴鱸與藍鰍兩種魚(在後文中簡稱為鱸魚和鰍魚)均可在自然環境中生殖。但肉食性的大嘴鱸在美南至少須滿壹歲方可產卵，產卵期是 5 月起。圖 2 上的三尾鱸魚均屬一歲。在淡水自然環境中，由於食物並非均勻散布及取得，導致懸殊的體型，有別於海水魚的成長情形，可說是淡水生態與海水生態的差異之一。藍鰍(雜食性)四個月大即可產卵。藍鰍與當地其它淡水鰍類(green sunfish 等)的小魚都是大嘴鱸的主

要食物來源。生殖季(五月至八月)約較鱸魚晚一個月左右但生殖期長。通常池中如果能夠維持夠多的大嘴鱸。即可有效地控制藍鰍的族群，使之不致於生下太多小魚。鱸魚本身亦因為食物充沛而成長迅速，成為雙贏的理想狀態。唯藍鰍之繁殖能力很強，一旦中型藍鰍成長至 2.5 英寸以上。其體高已超過大嘴鱸的可吞下的尺寸。這時候可能會因死亡率降低，數目增加，食物不足，反過來攝食鱸魚卵和本種初生的小魚苗。最後鱸、鰍的兩者的生殖完全失敗。池中僅剩大量中型鰍魚和少數未被釣走的大型鱸魚。兩種魚群的優勝劣敗，在不同的釣捕壓力下有多種可能組合。除了前述雙贏的理想狀態之外，魚群失控的狀態通常可有下列三種可能：

- 1、漁獲以大型鱸魚和和大型鰍魚數量佔大宗，殘食作用盛行，產卵新生小魚數量稀少；
- 2、僅有少量的大型鱸魚，而中型鰍魚的數量比例遠高於其它(intermediate bluegill overcrowded)，鱸魚和鰍魚雖有產卵但小魚被中型鰍魚攝食殘食殆盡，漁獲以大型鰍魚為主；
- 3、由於鱸魚被釣走太多，以至無法發揮掠食者的功能，池中底部會有大量殘存的蝦、蝸牛及蝌蚪等。

研究人員以 10 到 50 呎長的拖網在岸邊淺水區圍捕取樣(圖 5)(圖 6)，估算大、中、小魚的相對數量變化、產卵季節時有無小魚出現、和池中殘存的無脊椎動物等作為判別。改善魚群失控的方法包括：視情形開放或暫時停止釣魚、

表 1. 史氏把兩種魚分成大中小三組，其體型以英吋為單位

	大型	中型	小型
大嘴鱸	> 1 磅	介於大小型魚之間	可被平均體型的鱸魚吞食的小鱸魚
藍鰍	>5 吋	2.5"-5"	可被平均大型的鱸魚吞食的小鰱魚(約<2.5")

管理調整漁獲物的種類(圖 4)、補充投放大魚、清池後重新施肥放養等。

野生池沼中肉食性魚除了大嘴鱸之外，尚有少數體型較大之肉食性魚如 Crappies (*Pomoxis* spp.)(成魚)、斑點鱸 (spotted bass, *M. Punctulatus*)、大型鯰魚 (catfish)、pickerel、gar、bowfin 等約八、九種類。藍鰍以外的雜食性飼料生物主要有、綠色太陽魚(*L. cyanellus* Raf.，俗名 green sunfish)、golden shiner (*N. crysoleucas*)、gizzard shad (*D. cepedianum*)、小型鯰魚、鯉魚等二十多種。無脊椎動物有軟體動物、蝦及蝌蚪等。外界生物有鳥類、蛇、螞蟻、田鼠、水獺等，可形成相當複雜的生物鏈關係。

四、史文高(Swingle)氏的飼料魚養殖理論

史氏把兩種魚分成大中小三組，其體型(以英吋為單位)如表 1。

各組之間的餌食關係方向可以箭頭表示如圖 7 所示。

史氏的田野調查指出。只要在產卵季節後在池邊以小圍網(圖 6)取樣。發現兩種魚均有正常之小魚出現。且在該魚池中垂釣時不乏大型魚的收獲(或者以 50 呎大網目魚網進行取樣以驗證，即可

判斷該複合魚群是否處於平衡(balanced)的狀態。所謂平衡的魚群，不同於資源動力學上的定義。這是指能夠長時間提供釣魚人士適當數量的大型鱸魚和鰱魚；中型鰱魚的數量不太多；鱸魚和鰱魚均有正常的產卵以補充下一代。史氏認為一旦魚群達到平衡狀態。兩種魚群均可長期性互動調整其大小比此例。提供不錯的垂釣娛樂。

史氏過去數十年來收集了阿拉巴馬州與喬治亞洲 89 處農家魚池歷來使用的



圖 5. 利用 15 呎網在岸邊撈捕小魚及無脊椎動物。(本圖片由 W.D. Davies 提供)



圖 6. 利用 50 呎網在岸邊撈捕大中型魚。(本圖片由 W.D. Davies 提供)

狀態及清池後的記錄。依野外紀錄分為平衡及不平衡兩類。再個別把清池後的魚種總重量(W)分為掠食魚(carnivores species。以下簡稱 C)及被掠食魚(Forage species，以下簡稱 F)兩大類。對於能夠被 C 類平均體型所吞食的 F 類的小型魚。則以代號 Y 表示其總重量(以下簡稱 Y)。一般上低於 2.5 吋的藍鰈鯛和小鯰、綠色太陽魚等均屬之。值得注意的是史氏放棄了生物學者慣用以種(species)為基本單位的習慣，直接以掠食魚和被食魚為分割的標準。對於同一種魚則依據其食性或成長階段作不同的劃分。以鯰魚和小鱸魚為例，小時候是屬於被掠食魚(F)，長大後則屬於掠食魚(C)。

又從上述資料中推算出下面的三個主要的魚群關係指標：

- 1、 A_T 參數：魚池中能夠被漁民視為收獲的大型魚(體長 5 吋以上，含 C 及 F 魚種)佔總重量(W)的百分數；
- 2、F/C 參數：飼料魚(F)與掠食魚(C)的總重量比值；
- 3、Y/C 參數：飼料魚中作為食物部份重量(Y)對掠食魚(C)的總重量比

值。

上述一共 89 個魚池的長期產量資料(包括平衡魚群 55 池及不平衡魚群 34 池)分別求得指標參數的頻度分布。整理後得到圖 8 的結果。圖上顯示了 F/C、Y/C 與 A_T 三個參數在平衡與不平衡魚群中的頻度分布狀況。不平衡魚群的參數值分布散漫且向兩端漂移，顯示出 F 與 C 魚類相的失衡現象。平衡魚群的參數分布相當集中且為單峰。上圖經整理後成為圖 9 的結果，作為正式的魚群狀態判別標準。

由此歸納出，對於平衡魚群而言。最適當的存在條件如下：

$$3.0 \leq F/C \leq 6.0$$

$$1.0 \leq Y/C \leq 3.0$$

$$40 \leq A_T \leq 85$$

參數分析中尚包括有關各個別魚種中分別屬於大、中、小魚的重量百分率。平衡與不平衡魚群最大的差別是前者具有很大比例的大魚，而後者具有很大比例的小魚。這些參數的分析顯示它們在複合魚群中的變化與魚群單獨存在的狀況有相當大的差異。在本文中予以從略。

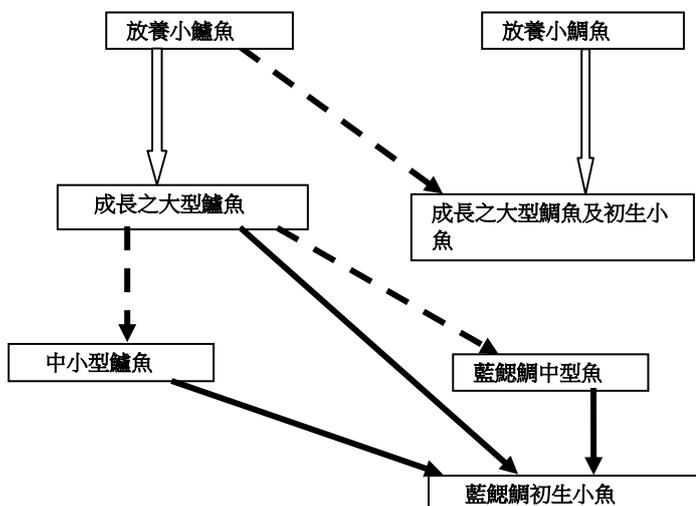


圖 7. 大嘴鱸與藍鰈鯛的攝食關係圖。框線代表成長進入，實線代表整年均攝食，虛線代表僅攝食其中較小體型的魚。

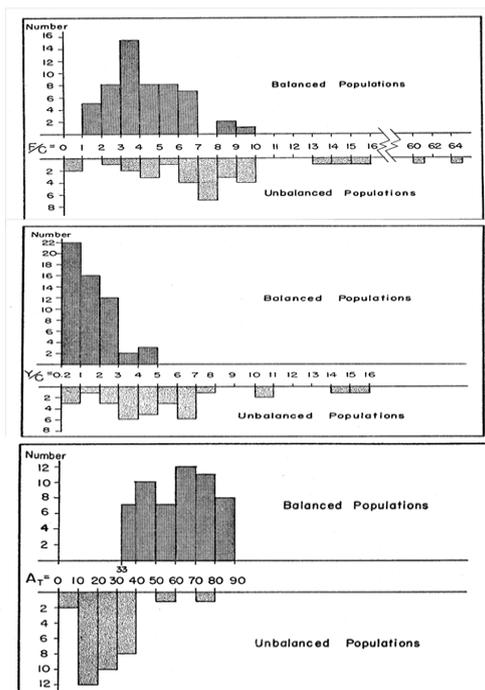


圖 8. 平衡與不平衡魚群三種參數的實測頻度分布圖。(本圖片由 Swingle, 1950 原圖合併)

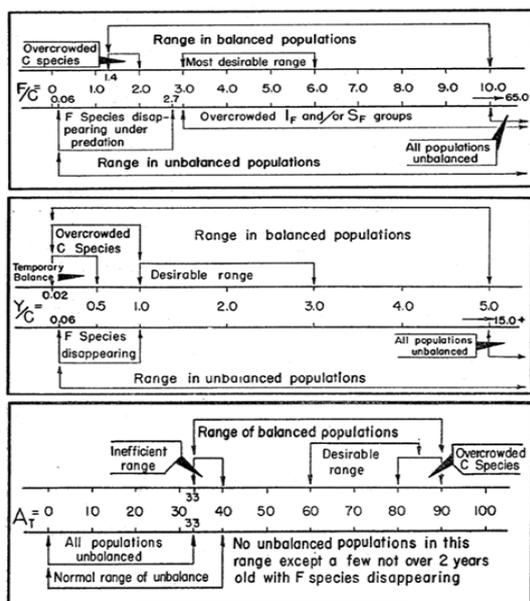


圖 9. 平衡與不平衡魚群三種參數的理论分布範圍。(本圖片由 Swingle, 1950 原圖合併)

五、農家魚池放養小魚而非成魚的生物學考量

史氏認為必須在魚池放養的初期即盡快促使魚群進入平衡的狀態。雖然直

接以成魚放養，利用它們的產卵能力來生產第一代，是比較符合經濟的做法。但在全新的魚池中，因食物(次級生產量)充沛，鱸魚成魚可能提早在 5 月大量持續產卵。如此一來容易造成失控的狀態。因此認為利用鱸魚幼魚及鯽魚幼魚(fingerling)放養，使鯽魚產卵小魚在鱸魚產卵之後出現，藉由成長中的鱸魚控制初生鯽魚小魚，是比較可以掌握情況的方式。

假設要達到F/C值介於 3---6 之間的話，以當地每英畝水面總漁產量約為 400 英磅以上的自然負載量(carrying capacity)為準，放養 100 尾鱸魚幼魚和 100 尾鯽魚幼魚，在年死亡率分別為 70%和 75%的狀態下，一年後約有 70 磅個平均體重為一磅的鱸魚成魚，和 25 磅(75 尾個體重為 0.33 磅)的鯽魚成魚。二者合共為 70+25=95 磅。其餘中小魚則為 400-95=305 磅。此時之F/C值為 $(305+25) \div 70=4.7$ 。但 $A_T=95 \div 400=23.8\%$ 。如果A_T值至少在 40%以上的話，必須增加兩種魚的放養數量。經過各種試算衡量之後，最後調整為每英畝放養 100 尾鱸魚幼魚和 1500 尾鯽魚幼魚。以公制表示之³，就是每公頃 250 尾鱸魚幼魚和 3700 尾鯽魚幼魚。

綜合以上所述，史氏提出使魚池魚群達到平衡的管理策略如下：

- 1、在春初使用 2.5 吋以內的大嘴鱸小魚(fingerling)和藍鯉鯽小魚在新闢或清池過的魚池中放養。放養密度

³ 當時正值美國社會決定轉為使用公制的時代。1 公頃=2.4711 英畝。

分別為每公頃 250 尾大嘴鱸及 2500 尾藍鰈小魚。

- 2、根據池水的營養狀況予以適當施肥以培養基礎和次級生產力作為第一年的食物。粗略估算，到第二春季時滿週歲的放養魚苗攝食魚池中的無脊椎動物及鯛類小魚，其 F/C 比值會到達 3~6 之間。AT 值會在 80% 以上。
- 3、藍鰈小魚在放養約至七、八月即可開始產卵。並且持續維持產卵。初生的第二代小魚可作為大嘴鱸的食物。
- 4、不直接使用成魚作為放養的原因。是考量到部份鱸魚成魚在放養當年即有可能產下小魚，藍鰈成魚可能提早在四、五月產卵，兩種情況均較會使複合魚群出現不平衡的狀態。

六、從電腦模擬結果來驗證史文高氏的養殖理論

本文作者在博士論文研究(Fong, 1979)中一共建立了三個電腦模型以探討大嘴鱸---藍鰈複合魚群的生態動力學。第一個取名為 STOCK_II。首先以野外試驗在魚池中放養不等數目的魚苗，一年半之後清池，並且記錄鱸魚(C 種類)與藍鰈(F 種類)三體型組的數量及重量。根據圖 5 中各項在池中出現的攝食關係，利用魚池養殖資料和通用線性複迴歸分析(general linear model)來找尋所有(生物學上)合理且顯著的迴歸方程式和統計誤差。各迴歸方程式組成了

一套模型來模擬一年半中不同放養率對複合魚群的影響。這是所謂實證式模型(empirical model)。第一階段的模擬試驗理所當然地反映了試驗的結果(例如放養鱸魚平均體重與回捕(recruits)數量的關係)，作為模型有效性的驗證。但對於比較間接(例如放養數與鱸魚平均體重，或與 F/C 值的抽象關係，都不會在野外試驗中找到，必須在電腦中重複模擬千百次才能浮現。

第二個模型(取名為 SimBass)，利用野外長期養殖的實證資料和理論參數整合後，再模擬複合魚群在野外的長期變化。並且在第一年中把 Stock_II 放在最前面，以驗證史氏主張，利用小魚放養可以長時間維持魚群平衡的假說。第三個模型利用從 SimBass 模擬中產生的穩定機率轉移矩陣(stationary transitional matrix)，置入馬可夫鏈(Markov chain)隨機過程(stochastic process)理論中作為魚群平衡狀態的預測，提供漁業管理的參考。由於模式建構的內容相當複雜，且超過本文的篇幅容許範圍。在此僅以條列方式介紹與史氏養殖理論中有關的重要模擬結果。有興趣參考全文(電子檔)的讀者歡迎與作者聯絡。

電腦模擬結果條列：

- 1、以每公頃 250 尾大嘴鱸小魚及 2500 尾藍鰈小魚的放養密度在十八個月後確實可以達到最高機率的平衡狀態。符合史氏 F/C 值介於 3~6，Y/C 值 1~3，和 AT 值 40% 以上的要求。
- 2、隨著放養鱸魚數目增加，生存成

魚的平均體重以曲線方式下降，符合食物競爭導致個體成長減少的事實。藍鰓鯛產量隨著放養數增加而以直線方式緩慢下降，但幅度不大，顯示競爭的壓力不大。

- 3、鱸魚放養數目增加與個體成長減少的混合效應結果顯示，每公頃放養 400 尾大嘴鱸小魚可以得到最高的鱸魚產量，約為每公頃 108Kg 以上。高於原建議的 250 尾/公頃(後者漁產量約 90 公斤)。此時的三主要參數估值分別約為：F/C 值低於 3，Y/C 值低於 1，AT 值 50~70% 以上。
- 4、F/C 及 AT 參數隨著藍鰓鯛的放養增加而呈現正向的增加；Y/C 參數呈現負向減少，顯示產卵減少或鯛魚殘食小魚的作用。但三者的作用緩慢，遠不及鱸魚放養率的影響來得顯著。
- 5、由上述(3)的結果進一步以線性計劃(linear programming)進行推論，發現如果每公頃放養增加至 400 尾小鱸魚及鯛魚 3000 尾，並且在 18 個月左右開放垂釣的話，即可以得到最高可達 70kg/公頃的鱸魚和 120kg/公頃的鯛魚漁獲物，可以在第二年中捕獲後，魚群在第三年仍有相當的機會維持在平衡的狀態。放養超過每公頃 400 尾小鱸魚則有負面效果。
- 6、在 Simbass 模型中設定十年以上的模擬試驗結果顯示，不同的鱸魚

放養率對於鱸魚漁產量變化可以導致不同的長期影響，但對藍鰓鯛的漁產量影響不大。

- 7、漁獲率是影響複合魚群變化的重要因素。漁獲率超過 70% 時，鱸魚漁產量會在短期內持續萎縮，鯛魚漁獲量尚能維持，但系統變化呈現不穩定的情形。
- 8、利用馬可夫鏈(Markov chain)隨機過程(stochastic process)理論，可成功推算出對於任一農家魚池，均可預測短期內的平衡---不平衡狀態的轉移機率，可作為州政府資源管理的衡量依據。

七、台灣淡水養殖技術的可能改良建議

在公共電視節目上看到介紹桃園客家埤塘的節目，與阿拉巴馬州農家魚池的情況相似。頗有認同之感。淡水養殖在台灣日漸衰落，與大陸方面的差距亦持續擴大。電視節目⁴中顯示，鱸魚已廣泛在廣東至江蘇一帶以企業化方式進行大規模養殖，並且以活魚行銷至北京市場。但兩岸均停留在小魚池人工飼料的生產方式。未能善用史氏「掠食---被食者」生態平衡功能的優點。尼羅魚(*Tilapia sp.*)(在台原名吳郭魚，近年來流行的名字為台灣鯛)是亞洲地區最重要的養殖魚種，目前已有許多亞種用在淡水和鹹淡水養殖中。野生尼羅魚對於養殖業最大的困擾就是池底築巢和大量生產小魚的行為，導致食物的浪費。美國南部自十多年前開始進行利用鱸魚的掠

⁴ 緯來電視節目: 錢進人民幣。

食本性來控制尼羅魚的增殖，已有初步的成果 (Shafland, 1981; Shafland and Pestrek, 1983; Wurts et al, 2014)。

Fong (2009)利用 STELLA 模擬系統分析鱸魚---尼羅魚混養狀態下的漁獲量變化，初步結果顯示鱸魚的放養密度仍然是影響鱸魚的產量主要因子；鱸魚的平均體重隨著尼羅魚的放養密度增加而增加；尼羅魚產量受施肥作用影響大。以上詳見圖 10。

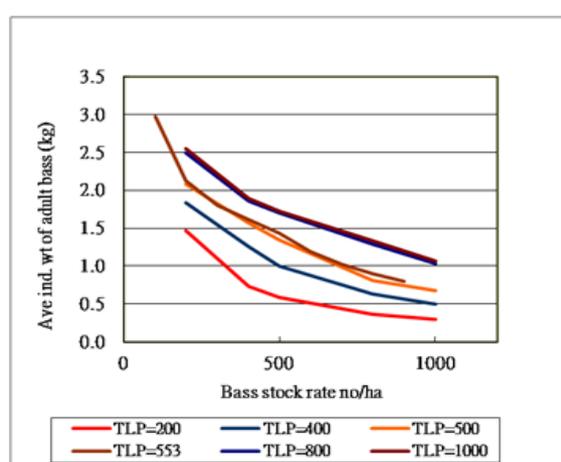


圖 10. 利用 STELLA 模擬系統分析鱸魚---尼羅魚混養狀態下的漁獲變化。池中鱸魚平均體重隨著大嘴鱸放養的數目增加而呈現平行式下降，但在縱軸上的高度隨著尼羅魚的每公頃放養數目增加而增加。(本圖摘自 Fong, 2009)

生態觀光漁業已開始在兩岸受到重視。垂釣運動在臺灣非常普及，大都以海釣及公共水庫為主。日前在電視綜合節目⁵中見已被用為節目材料。桃園縣已有許多埤塘被規劃為觀光湖泊(方, 2006)。如果能夠應用本文中介紹的理論及方法作為管理的工具，應可提升國內埤塘水資源管理和提昇觀光利用的境界。更進一步來說，本土中生產的其它

掠食性淡水魚種，例如大型鯰魚、鱧魚 (snakehead)等，亦可能比照同樣的方式研擬出適當的肉食魚--飼料魚混養系統，使我們的水產養殖技術更上一層樓。

八、史氏的平衡魚群理論的新思維和可能應用

最大持續生產量 (Maximum sustainable yield, MSY)一向是水產資源管理的終極管理目標。在 1930 年代開始逐漸成為水產科學的圖騰。MSY 雖然具有數學上的完美性，在實務上卻很難達成 (Larkin, 1977)，更由於主要以單一族群為工作目標，成為許多爭議的焦點，在溫熱帶多種類漁業管理上尤其不適用。由於缺乏適當的替代目標，八十年多來 MSY 仍然如百足之蟲，死而不僵 (Barber, 1988)。史氏著作是從生態學的角度為出發點，破除了生物學者以往執著於漁業運作都必須透過魚種 (species) 層次的迷思，並且從魚群的食物關係中直接提出易懂並且反映真實狀況的管理目標 (F/C、Y/C、 A_T 等)。有別於最大持續生產量，平衡魚群 (balanced population) 的目標不僅更為合理，而且給予自然界運作適當的彈性空間。漁業學者不再汲汲於浪費其精力在一些艱深的數學處理上；管理者可不再死守著一個可能永遠達不到目標，而放棄許多短時間內可以立竿見影的措施。資源管理上對於後面的這類選擇，有一個比較現代的稱呼，叫適應性 (漁業) 管理 (adaptive management) (Wikipedia,

⁵ 三立電視：寶島漁很大

2015c)。本文作者認為可以把平衡魚群的觀念延伸到適應性海洋漁業的管理上。有關海洋中(開放式)平衡魚群的判別參數的定義和推算，尚有許多困難有待努力。我們或可以本文中所介紹的 F/C 、 Y/C 及 A_T 值等作為起始點。首先對於目標複合魚群中的食物鏈及能量換算關係進行判別，然後從生態系統分析的角度歸納出若干達到平衡狀態的指標值。使得在漁業資源管理上能夠有更直接和合理的連結，並且以逐年追蹤和不斷修正的方式慢慢靠近，達到平衡。相信這是漁業管理工作上值得考慮的全新方向。

九、參考文獻

- 方偉達 (2006) 消失中的桃園文化資產：探討近百年來埤塘與都市變遷始末。桃園縣社區文化資產守護網研討會，桃園縣文化基金會。
- Barber W.E. (1988) Maximum sustainable yield lives on North Amer. *Journal of Fisheries Management* 8: 153-157.
- Davies, J.T., J.T. Lock (1997) Largemouth bass: Biology and life history. Southern Regional Aquaculture center Publication 200: 2p.
- Fong, S.C. (1979) Dynamics of bass-bluegill populations in farm ponds. Dissertation submitted to the graduate department of Fisheries and Allied Aquaculture. Auburn University, Auburn, Alabama. 145pp.
- Fong, S.C. (2009) Simulation on the control of Tilapia spawning by largemouth bass within pond. 12th International symposium, Conf. Soc. Chinese Bioscientists in Amer., June 15, 2009, Taipei. (Poster no: PA1-4)
- Larkin P.A. (1977) An Epitaph for the Concept of MSY. *Transactions of the American Fisheries Society* 106(1): 1-11.
- Shafland, P.L. (1981) Predation on blue Tilapia by largemouth bass in experimental ponds. *Proceedings of the Annual Conference of the Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies* 35: 443-448.
- Shafland, P.L., J.M. Pestrek (1983) Suppression of largemouth bass production by blue tilapia in ponds. *Proceedings of the Annual Conference of the Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies* 37: 441-446.
- Swingle, H.S. (1950) Relationships and dynamics of balanced and unbalanced fish populations. *Fishery Bulletins*. 274, Agricultural Experiment Station of the Alabama Polytechnic Inst., Auburn Ala., 74pp.
- Wikipedia (2015a) Largemouth bass. http://en.wikipedia.org/wiki/Largemouth_bass
- Wikipedia (2015b) Bluegill. <http://en.wikipedia.org/wiki/Bluegill>
- Wikipedia (2015c) Adaptive management. http://en.wikipedia.org/wiki/Adaptive_management
- Wurts, W.A., D.A. Davis, E.H. Robinson (2014) Polyculture of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) with blue tilapia (*Oreochromis aurea*): using tilapia progeny as forage. ResearchGate: 6p.

十、謝辭

筆者在進修博士學位期間，承蒙指導教授 Dr. William Davies 多方指導，提供實驗用魚池、人力支援及各種工具等。使論文研究順利完成，特此銘謝。

Introduction to the Theory and Practice of the Bass-Bluegill Farm Pond System on the Southeastern United States

Sun-Chio Fong*

Institute of Marine Biology, National Sun Yat-sen University

Received 18 May 2015; revised 28 July 2015; accepted 30 July 2015; available online 1 February 2016

ABSTRACT

This is a review of the combined bass-bluegill fish population of the southeastern United States. The theory and practice were developed and documented by the late H.S. Swingle back in 1950. It took advantage of the predator-prey relationship of the two fish population within freshwater pond, and developed into a fish culturing system that automatically balanced itself for the benefits of the fishermen. The culturing system has been well-adopted in the farm pond management of southeastern US for more than sixty years. However, it was not well recognized and documented in fishery sciences. This paper reviewed the most important parts of Swingle's theory and sequential developments that followed. Computer simulation by the author confirmed that Swingle's concepts and predictions were reasonable and correct. Suggestions were given for controlling *Tilapia* reproduction within earthen ponds, as well as potential use in sport fishery in Taiwan. Adaptation use of Swingle's balance population concept on marine fishery were also suggested in this paper.

Keywords: largemouth bass, Bluegill, Sport fishery, Balanced fish population, controlling tilapia reproduction

* Correspondence E-mail: scfong@mail.nsysu.edu.tw