

台灣東部花腹鯖資源之族群動力學探討¹

方新疇² · 黃四字³

Studies in Population Dynamic of Taiwan Spotted Mackerel on the East Coast¹

Sun-Chio Fong² and Szu-Yu Hwang³

The so called dynamic pool model developed by Beverton and Holt is adapted to study two fisheries of spotted mackerel in the east coast of Taiwan. It is found that the instantaneous fishing mortality rate in Nanfanao is 2.64. To achieve a maximum sustainable yield (MSY) level, a figure of 1.09 is suggested. As to the Taitung stock in the south, a value of $F=1.02$ is estimated which is approximately equal to the suggested value at the MSY level. The model also shows that decreasing the size of first capture would not significantly change the yield per recruit values any increase in actual catch would be up to the actual recruitment to the populations.

前 言

本研究計劃為臺灣東部漁業資源開發計劃之一部份，由農發會補助70年度經費，水產試驗所漁業生物系負責進行。

有關臺灣花腹鯖(*Scomber australasicus* CUVIER)之研究先後已有多篇報告發表。花戶忠夫等⁽¹⁾首先對臺灣東北海域花腹鯖作漁業生物學上之初步探討；曾文陽⁽²⁾，張崑雄和李信徹⁽³⁾曾作食性上之研究；張崑雄、王泰山^(4,5,6)有產卵生態，性比及最小生物體長之探討；吳萱若⁽⁷⁾對年齡及成長之研究，吳文之結果顯示臺灣花腹鯖年齡群變化頗不規則，一般上是以一歲魚及二歲魚為主，北部地區(南方澳、釣魚台、彭佳嶼)(圖1)之體長體重關係與南部(高雄、屏東、恒春、臺東)者不同；方⁽⁸⁾及CHANG, Wu及FONG⁽⁹⁾以形態測定方法對臺灣花腹鯖作族群構造上之分析，認為臺灣花腹鯖族群大致上可分為多個地區性之大族群，而某些族群之間有相當程度之混合；CHANG及CHEN⁽¹⁰⁾以線性判別函數方法分析兩個形態形質因子後亦有類似之結果，並指出花腹鯖之主要補充年齡應為一歲以上；CHANG與Wu⁽¹¹⁾以向量要素(Vector Component)方法分析各地產量變動情形，指出臺灣花腹鯖以漁獲觀點應分為南北兩大群；方⁽¹²⁾比較南北各地產量變化情形亦獲致相同之結論，方⁽¹²⁾又引用S—型曲線理論(Sigmoid curve theory)對北部宜蘭縣、臺北縣及基隆市三地漁船作業地區之綜合魚群作族群動力學上之探討，認為該區之最大持續生產量約為一萬四千公噸左右，目前之漁獲努力量已嫌過高，本文之目的在綜合上述諸人之資料，以畢佛頓—何特(Beverton and Holt)二氏所發展之動態組合(dynamic pool)模型作一分析，以分別了解南北族群之動態情形，並與S—型曲線理論所得結果比較。

方 法

根據吳⁽⁷⁾之資料，臺灣花腹鯖一歲魚平均體長約19.2公分，二歲魚平均體長26.3公分，三歲魚平均體長29.4公分，套用本托蘭斐(Von Bertalanffy)之成長曲線理論⁽¹³⁾，可由此推算魚群之極限體長(L_{∞})，成長係數(K)及零體長時之年齡(t_0)值。極限體長值經由體長—體重關係換算為極限體重(W_{∞})值。吳⁽⁷⁾之報告指出臺灣花腹鯖年齡組成之變化極為複雜，無法由此推算全死亡率。

1. 本研究為臺灣東部漁業資源開發研究計畫之一部分，70年度由農發會補助經費進行
2. 國立中山大學海洋研究所
3. 台灣省水產試驗所漁業生物系

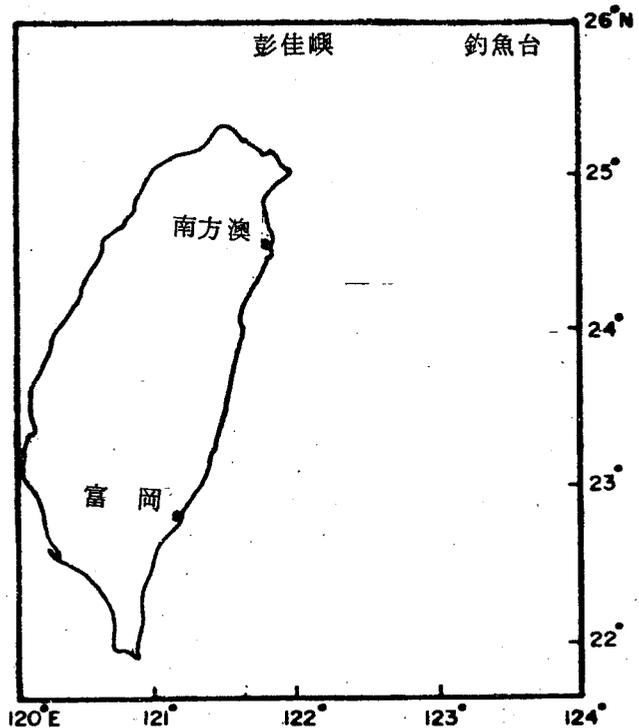


圖1 本省東部鯖魚之主要漁場圖

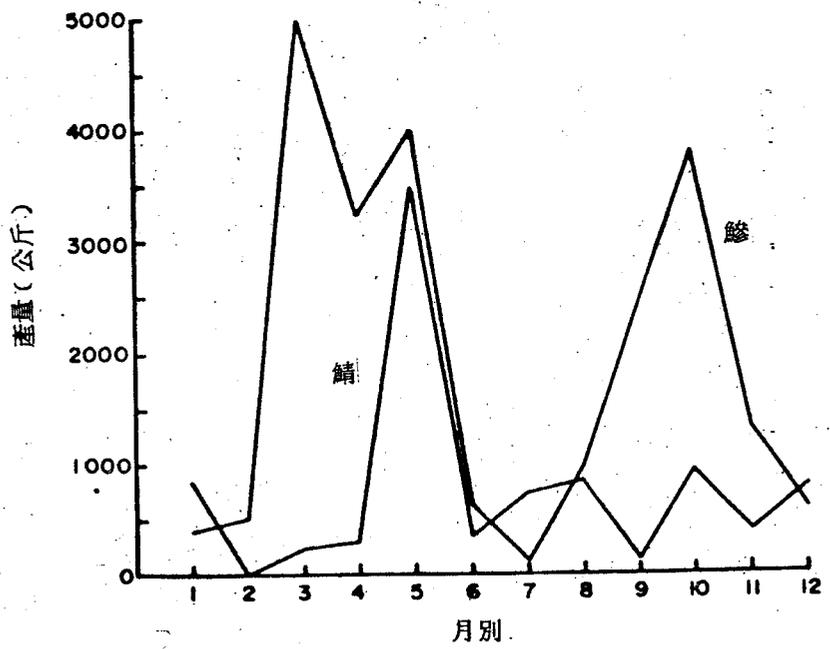


圖2 1979年富岡漁會記錄所得花腹鯖及鱹魚產量變動情形

者在此引用田內(4)之方法，根據田內氏之研究，魚群標本中之體長最大值(b)及平均值(a)與年殘存率 (Survival rate) (s)及標本數(n)有函數關係，其關係可以下式表示之：

$$\frac{S^{b-a} (1-S)}{1-S^{b-a+1}} = \frac{2}{n} \dots\dots\dots(1)$$

其中體長最大值與平均體長之差距必須除以年增長率以標準化之(根據吳⁷⁾之資料，此值應為3.1公分)。各地區魚群之瞬間全死亡率(z)值可經由年殘存率求得。

自然死亡率之推算係田中¹⁰⁾所提出之瞬間自然死亡率對最大年齡之對數值成負迴歸關係之資料。全死亡率與自然死亡率之差即為漁獲死亡率。

以上所得結果套用畢佛頓——何特 (Beverton and Holt, 16) 發展成功之動態組合模式，可求得南北兩群之產量曲線 (Yield curve)。由於花腹鯖魚群之補充群數量極難估算，在此是以每補充漁獲量 (Yield per recruit) 作為族群數量之指標，即

$$\frac{Y}{R'} = FW \sum_{n=0}^3 \frac{\Omega_n e^{-n\lambda} (e^{\lambda} - 1)}{z + n\lambda} [1 - e^{-(z+n\lambda)\lambda}] \dots\dots\dots(2)$$

其中 λ 值為進入補充年齡至消失時之時間，亦稱為可用期 (fishable life span) 在花腹鯖的情形為2， Ω_n 為二項式作三次之展開時之各項常數，從 $n=0$ 到3時分別為+1，-3，+3，-1。

結 果

台灣東部地區花腹鯖產量一向以南方澳為最高，花蓮以南則以台東縣富岡為主。本系過去數年來聯絡之東部地區13艘手釣標本漁船匯報之資料可大致看出鯖魚產量之南北差異情形(表一)。富岡漁會民國68年之鯖魚月產量變動情形顯示鯖魚期以五月間為最高，10月時亦有小量上長(圖2)，與南

表一 台灣東部沿海地區花腹鯖產量百分率分配情形

緯 度	產量(公斤)	漁獲努力量(船天)	單位努力漁獲量	鯖魚所佔百分率
25° 30' ~ 26° N	8,615	33	261	0.893
25° ~ 25° 30' N	9,445	24	394	0.297
24° 30' ~ 25° N	7,861	29	271	0.298
23° ~ 23° 30' N	18	2	9	0.096
22° 30' ~ 23° N	25	1	25	0.333

資料來源：13艘手釣標本船。

方澳漁會所得資料頗為相似(圖3)。唯由於花蓮一帶花腹鯖產量稀少，加上形態測定⁽⁸⁾及成長⁽⁷⁾上之差異情形，台東地區之花腹鯖可能不是使用釣魚台一帶海域為產卵場。

根據吳⁽⁷⁾提出花腹鯖一至三歲魚各歲魚之平均體長，求得本托蘭斐成長方程式中之各常數如下(圖4)：

$$L_{\infty} = 31.7 \text{ cm}$$

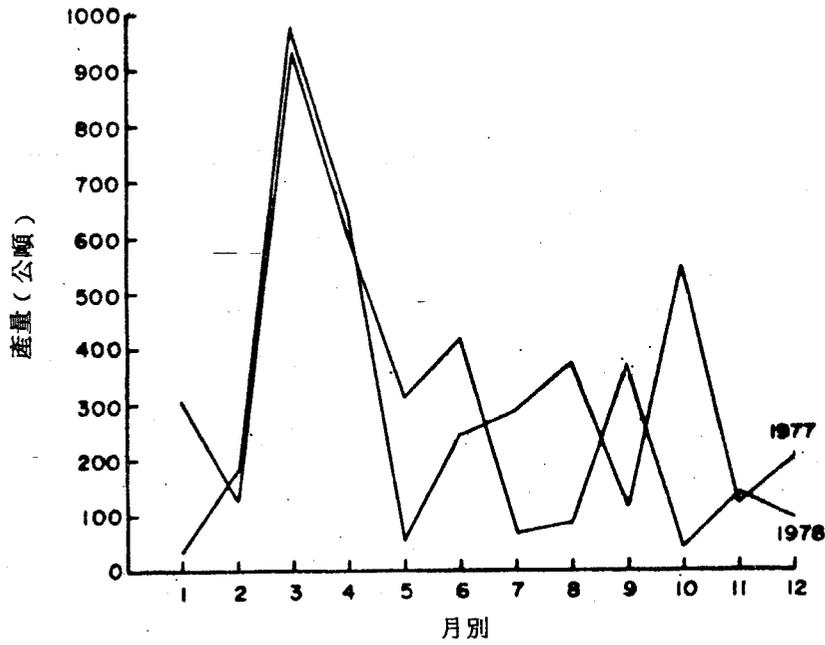


圖3 南方澳漁市場記錄花腹鯖漁獲量月變動情形 (資料由南方澳漁會張德成君提供)

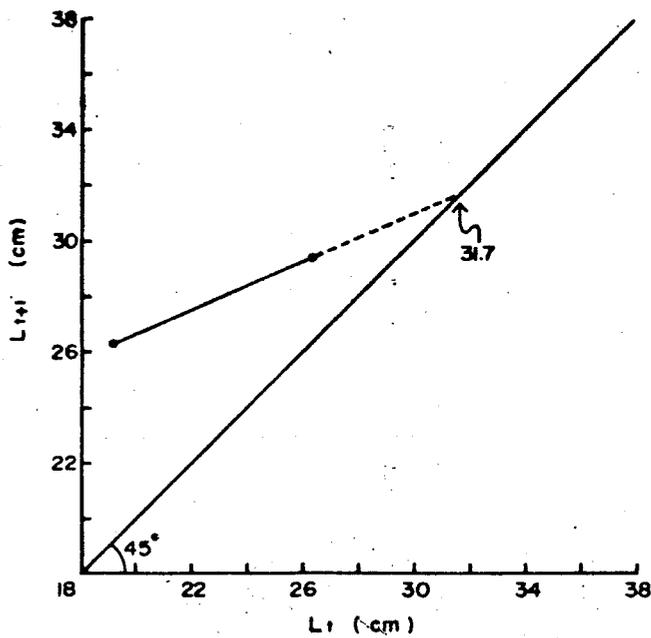


圖4 以福特—韋福特 (Ford-Walford) 繪圖法推算台灣花腹鯖之極限體長及成長常數

$$K = 0.8287$$

$$t_0 = -0.1173$$

由於吳⁷⁾文中並無列出體長—體重之原始資料，無法由極限體長推算在等向成長 (Isometric growth) 條件下之極限體重值 (W_∞)，故假設體重之成長過程與體長成長類似，由南北兩區之體長—體重關係求得各齡魚之平均體重，再通過福特—韋福特圖解法 (Ford - Walford graph method)¹³⁾ 求得極限體重值在南方澳魚群為 507 克，在台東區魚群 (以高雄區體長體重關係計算) 為 535 克。由(2)式中看來，由此引起之可能誤差其實並不重要，對本文中之結論亦無影響。

根據前述田內¹⁴⁾之方法，以各標本中之體長平均值及最大值之差距估算年殘存率，結果如表二。由於主要之資料係取材自方⁸⁾，而北部地區之花腹鯖近年來均持續減產¹²⁾，該區之魚群殘存率可能比表二所示還要低。不過大致上可以看出南部魚群之殘存率較北部者高出甚多，應是合理的結果。

表二 台灣各地區魚群之年殘存率推算

地 區	標本數(n)	最大體長 (mm)	平均體長	差距 / 年成長	2 / n	年殘存率
釣魚台	865	379	295	0.70	0.0023	< 0.001
南方澳	933	376	317	1.90	0.0021	0.04
台 東	27	390	344	1.48	0.074	0.20
高 雄	330	398	321	2.48	0.006	0.14

主要資料來源：方 (1971)

南方澳及台東兩地之年殘存率換算為瞬間全死亡率後分別為 3.22 及 1.60。

假定南北魚群之自然死亡率相同，以田中¹⁵⁾之負迴歸關係推算出花腹鯖之瞬間自然死亡率為 $M = 0.58$ 。由此得南方澳魚群之漁獲死亡率為 $3.22 - 0.58 = 2.64$ ，在台東區則為 $1.60 - 0.58 = 1.02$ 。

以上述資料套入第(2)式，可得圖 5 中之產量曲線 (Yield curve)。由此可看出目前台灣北部之花腹鯖漁業已出現嚴重之過漁現象，欲求得最大持續生產量 (maximum sustainable yield 簡稱 MSY)，漁獲死亡率係數必須從近年來之 2.64 降低為 1.06，如此則產量約可增加百分之二十五左右。台東地區目前之開發率頗為適中，不宜再行增加。

近年來大型圍網引進在北部地區作業。水產試驗所資源系研究人員在漁市場觀察結果顯示大型圍網所捕花腹鯖體型較手釣者為小。從圖 6 中可以看出，大型圍網終年作業，其對象 (主要為鯖鱈) 並不僅限於產卵期間之母魚。目前漁業界又計劃推行定置網漁業，其作業對象亦將包括東部沿岸一帶體型較小之花腹鯖。為明瞭上述情況對魚群產量之影響，茲以半歲魚 (體長約 13 公分) 以上體型之魚為作業對象 ($t_0 = 0.5$, $\lambda = 2.5$) 套入(2)式中求得另一組產量曲線如圖 7。顯示對 $F = 2.6$ 之漁獲死亡率而言，南方澳之產量仍為 16 單位，無顯著之增減，但事實上由於提早了魚群進入補充之年齡，進入補充之數量應較圖 5 中之情形為高，故實際產量亦應較高。真正之幅度需視補充群之作用方式明瞭後纔能推算出來。

又圖 7 中可以看出為達到最大持續生產量之水平，漁獲死亡率必須更低 (自圖 5 中之 1.06 降至 0.9)，實際減少之漁獲努力量需視乎不同漁具間之作業度係數而定。

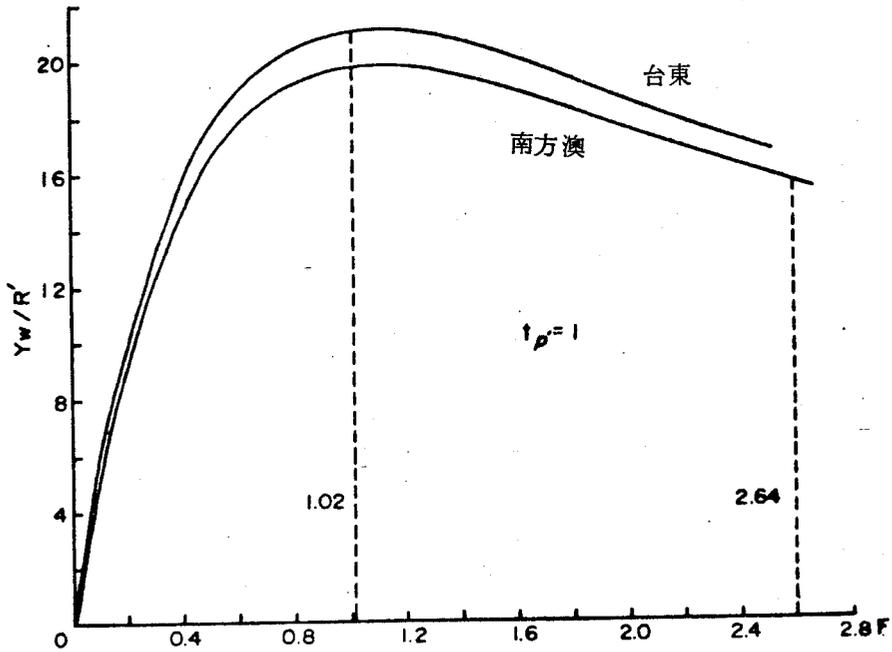


圖5 南方澳及台東地區花腹鯖產量曲線，前者目前之瞬間漁獲死亡率值約為2.64，後者約為1.02。

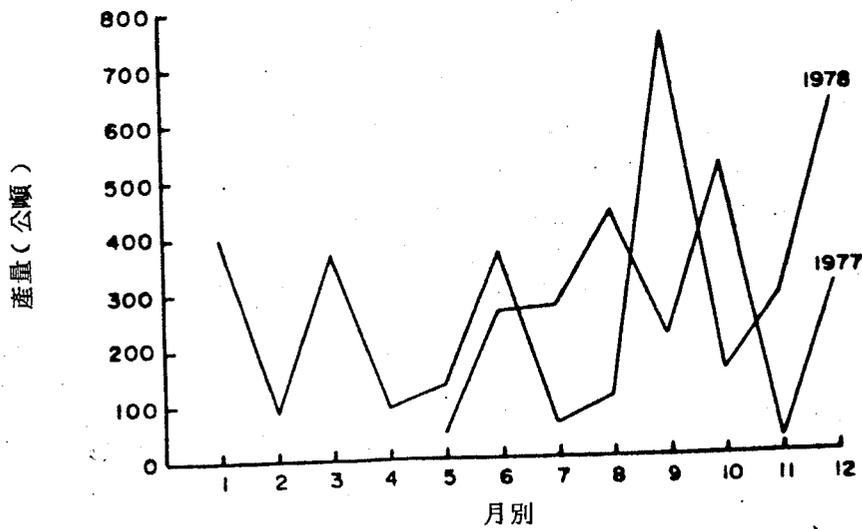


圖6 順天漁業公司大型圍網漁獲量月變動情形(資料來源：南方澳張德成君)

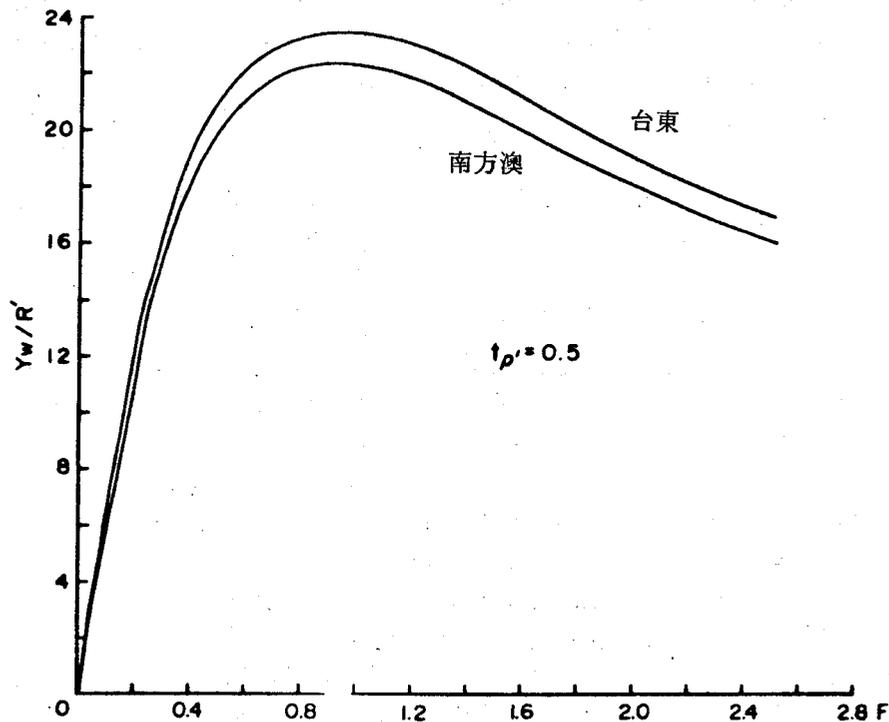


圖 7 首次捕獲年齡降為 0.5 歲時，南方澳及台東地區花腹鯖之產量曲線圖

討 論

圖 4 中所得極限體長估值為 31.7 公分，此值可能估計偏低（高雄地區曾採得體長 39.8 公分之標本）。由於理論上之極限體長值亦為一平均值，且在換算為極限體重後對最大持續生產量之相對位置無關，故決定接受此一數字。

圖 5 及圖 7 中之縱座標是以單位補充漁獲量（catch per recruit）為產量之指標。台東地區之產量由於魚體體型較大，其位置在南方澳之上。但若以補充群加入考慮後南方澳實際產量將較台東高出甚多。

圖 5 中又可以看出若南方澳漁獲死亡率減為原來（3.22）之 40% 左右，方可獲得最大持續生產量，此一數字與方¹²套用 S—型曲線理論推算出之漁獲努力量必須自 270,000 船噸減少至 150,000 船噸（約為 56%）相類似。兩者互相印證，似甚合理。

由於花腹鯖是一種洄游性之魚類，其食物以動物性浮游生物為主^(2,3)，壽命甚短（最高年齡三歲），其產量受漁獲作用影響低而受環境因子影響大。本文計算所得 44% 之年自然死亡率（以四歲為最高年歲取得亦有 40%）可說是非常高。如何減低幼魚自然死亡（如嚴格禁止炸魚）及利用人工魚礁一類方法增進其生存空間，並配合漁業政策降低目前漁獲努力量，或許就是改進花腹鯖漁產量之主要途徑了。

摘 要

根據國內學者以往提出之報告及資料推算花腹鯖之成長方程式，又以體長分布情形估計全死亡率

及以極限年齡方法估算自然死亡率。套用畢佛頓—何特發展之動態組合模型以分析南方澳及台東之花腹鯖魚群。結果顯示漁獲努力偏高，為求獲得最大持續生產量，漁獲死亡率必須減少約一半。台東地區漁獲量維持目前水準即為最適當之開發量。假設補充群不受影響，以半歲以上魚為作業對象時產量可望增加，其幅度需視補充群而定，唯漁獲努力量需更降低。

謝 辭

本文中引用之部份資料係由南方澳漁會張德成君及富岡漁會鄭標順君提供，謹致謝意。

— 參 考 文 獻

- (1) 花戶忠夫、楊鴻嘉、林敏彥、賴聯基 1968 鯖魚資源調查研究報告。中國水產 192:4 ~ 10。
- (2) 曾文陽 1969 鯖魚食性之研究。台灣省水產試驗所，水產生物系研究報告第 21 號。
- (3) Chang K.H. & S.C. Lee 1971 Studies on the feeding habit of spotted mackerel (*Scomber australasicus*) found in the water of Taiwan. Bull. Inst. Zool., Acad Sinica, 9:39~59.
- (4) 張崑雄、王泰山 1970 鯖魚資源研究初步報告Ⅱ，台灣花腹鯖 *Scomber tapeinocephalus* Bleeker 之產卵習性(1)成熟與產卵，中國水產 209:3 ~ 8。
- (5) 張崑雄、王泰山 1970 鯖魚資源研究初步報告Ⅱ，台灣花腹鯖 *Scomber tapeinocephalus* Bleeker 之產卵習性(2)抱卵數與產卵，中國水產 211:8 ~ 14。
- (6) 張崑雄、王泰山 1971 鯖魚資源研究初步報告Ⅱ，台灣花腹鯖 *Scomber tapeinocephalus* Bleeker 之產卵習性(3)性比、生物最小型與抱卵數之月別推移，中國水產 222:7 ~ 14。
- (7) 吳萱若 1970 台灣花腹鯖的年齡與成長，台灣大學動物研究所碩士學位論文，33 頁。
- (8) 方新疇 1971 台灣花腹鯖形態統計學之研究，台灣大學海洋生物研究所碩士學位論文，39 頁。
- (9) CHANG K.H., W.L. Wu & S.C. Fong 1974 Comparison of meristic characters of Taiwan spotted mackerel *Scomber australasicus* Cuvier. Journal of the Fisheries Society of Taiwan. Vol.3, No 2, 1974, pp 9 ~ 14.
- (10) CHANG K.H. & C.P. CHEN 1976. The stock discrimination and recruitmental age of spotted mackerel, *Scomber australasicus* in Taiwan. Bull Inst. Zool., Academia Sinica 15 (2):57 ~ 64.
- (11) CHANG K.H. & W.L. Wu 1977 Catch analysis of the spotted mackerel (*Scomber australasicus*) from the waters off Taiwan. ACTA oceanographica Taiwanica No 7 pp.146 ~ 153.
- (12) 方新疇 1980 台灣北部地區花腹鯖資源之研究。台灣省水產試驗所試驗報告第 32 號 149 頁 ~ 158 頁。
- (13) Gulland J.A. 1969. Manual of methods for fish stock assessment. Part 1. Fish population analysis, FAO, Rome 154 P.
- (14) 田內森三郎 1947 年齡、體重、體長の最大値ご平均値ごをつかつて見掛けの生殘率を求める方法の吟味。日本水產學會誌第十三卷第三號，91 頁 ~ 94 頁。
- (15) 田中昌一 1960 水產生物の population Dynamics 上漁業資源管理。東海區水產研究所研究報告第 28 號，1 ~ 200 頁。
- (16) Beverton R. J. H. & S. J. Holt 1957. On the dynamics of exploited fish populations H. M. Stationery Off., London, Fish Invest., Ser 2, Vol 19. 533 p.