

[illegible]

執行期間：90 年 8 月 1 日 91 年 7 月 31 日

計畫參與人員：李武忠
陳雅惠
王瓊霞

- ☐赴國外出差或研習心得報告一份
- ☐赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- ☐出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- ☐國際合作研究計畫國外研究報告書一份

中 華 民 國 九 十 一 年 八 月

規範性養殖漁業之評估及管理模式之建立

The Assessment and the Management of the Aquaculture

計畫編號：NSC 90-2313-B-002-318-

執行期限：民國 90 年 8 月 1 日至 91 年 7 月 31 日

主持人：陳郁蕙 國立台灣大學農業經濟研究所

主持人電子郵件帳號：YHC@ccms.ntu.edu.tw

摘要

在過去半世紀以來，儘管台灣養殖魚塢多數集中在低產農作區或沿海砂礫及低窪地帶等環境不適合養殖的地區，不過憑藉著養殖業者刻苦耐勞之精神、經驗傳承、及養殖技術不斷創新，加上鄰近全世界最大魚產品消費市場—日本之地利，水產養殖的產量及產值持續創新高，我國高品質水產品之大量出口，不但為我國爭取到巨額的外匯，使得台灣精湛的養殖技術亦深受國際間之肯定，讓台灣在世界水產養殖的舞台上扮演舉足輕重的角色。然而在養殖漁業發展過程中，由於政府缺乏妥適之規劃及管理、政策導向不明確、水資源分配不合理及養殖漁民法治觀念薄弱等缺失，導致生產成本昇高、地層下陷、生產環境惡化、病害叢生、水產物受污染及帶菌等負面影響。而政府及社會大眾對於地層下陷原因之誤解，延伸對水產養殖業產生負面評價，使得養殖產量及產值自 1991 年開始滑落。隨著主、客觀環境變遷，台灣水產養殖競爭優勢正逐漸喪失，尤其加入 WTO 後面臨國內水產品消費市場全面開放之強大壓力。如何透過政府政策之正確導引，整合產銷、管理、環保等領域知識，使得水產養殖業得以永續發展，確為當前台灣水產養殖業最重要之課題。台灣水產養殖涵蓋之魚種眾多，且各魚種產業之情況不盡相同，因此各產業之規範亦應不同，為簡化分析範圍並對問題有深入之探討，本研究以國內鰻魚產業為例，建立鰻魚產業之規範，以做為未來研擬國內水產養殖產業規範之參考。

關鍵詞：水產養殖、比較利益、技術效率、養殖規範

Abstract

Most aquafarms are located at barren or less productive areas, the development of aquaculture in Taiwan has been very successful. This has been attributed in great part to the cooperation between aquafarmers and aquacultural specialists. Although aquaculture has contributed greatly to improving the economy of coastal communities in Taiwan, this was not without some adverse effects. For example, inadequate government planning and management, ambiguous strategies, and the defiant attitude of aqua-farmers toward administration have contributed to the occurrence of land subsidence and environmental degradation. These events resulted in an unprecedented crisis in the aquaculture industry, and the public began to question the actual benefits of aquaculture society.

Furthermore, with its intention of joining the World Trade Organization (WTO), Taiwan is faced with the reality that the space and resources available for agricultural and aquacultural development are extremely limited. This further emphasizes the importance of this critical period of Taiwan's aquaculture industry.

With both internal as well as external pressures, including water and land shortages, high production costs, degradation of culture environment, disease problems, obsolete aquaculture operations, the aquaculture industry in Taiwan has reached a critical crossroad. However, to transform this crisis into an opportunity requires major technological breakthrough, together with significant changes in related strategies and regulations. More importantly, there is a need for a clear direction for Taiwan's aquaculture industry and a basic

plan for implementing the required changes.

In this study, we choose the eel industry as the research object to simplify the research scope. The technical efficiency and the comparative advantage of eel production will be examined followed by the suggestions of the cultural regulations for the eel industry. It is anticipated that the research findings will provide some deep thought for the policy makers in their future policy decisions.

Keywords: Aquaculture, Comparative Advantage, Technical Efficiency, Aquacultural Regulations.

壹、前言

台灣水產養殖之發展，在過去半世紀以來，儘管台灣養殖魚塭多數集中在低產農作區或沿海砂礫及低溼地帶等環境不適合養殖的地區，不過憑藉著養殖業者的刻苦耐勞之精神、經驗傳承、養殖技術不斷創新，與鄰近全世界最大魚產品消費市場—日本之地利，水產養殖的產量及產值持續創新高，產量由 1960 年的 49,030 公噸，增加至 1970 年的 72,724 公噸與 1980 年 175,008 公噸，再快速增加到 1990 年的 344,263 噸，在 1960-90 年這 30 年間產量成長 7.0 倍。在產值方面，亦由 1960 年的 61,484 萬台幣，增加至 1970 年的 136,799 萬台幣與 1980 年的 1,507,074 萬元新台幣，再快速增加 3,153,057 萬台幣，在 1960-90 年這 30 年間產值成長 51.3 倍 (Annon., 1960-1999)。在所有的水產養殖產品中，鰻魚、草蝦、斑節蝦等均曾分別高居日本該等魚種進口量的第一位 (Annon., 1986-1998)，這些水產品出口為我國爭取到巨額的外匯，而高品質水產品之大量出口，亦使得台灣精湛的養殖技術深受國際間之肯定，讓台灣在世界水產養殖的舞台上扮演舉足輕重的角色。然而在養殖漁業發展過程中，由於政府缺乏妥適的規劃及管理，加以政策導向不明確，水資源分配不合理及養殖漁民法治觀念的薄弱等缺失，導致生產成本升高、地層下陷、生產環境惡化、病害叢生、水產物受污染及帶菌等負面影響，如台灣養殖之草蝦、斑節蝦、白蝦、淡水長腳大蝦等相繼遭受病害

侵襲，政府雖曾投入龐大研究經費及人力，迄今仍無復甦的跡象 (Liao et al., 1995)，也間接導致水產飼料、漁業機械、水產藥品等週邊產業規模大幅萎縮；國內養鰻面積及產量大幅萎縮，使得國內加工廠在原料來源嚴重不足的情況下紛紛外移；由於缺乏適當的水產品產銷規劃亦往往造成價格劇烈的波動，使生產業者蒙受亟大損失。政府及社會大眾對於地層下陷原因的誤解，造成對水產養殖業產生負面評價，亦使水產養殖之發展蒙上陰影。反觀許多開發中國家 (如泰國、印尼、印度、中國) 受到台灣經驗的鼓舞，憑藉其豐富的天然資源及低生產成本的優勢，全力推動水產養殖並大有斬獲，使台灣養殖業者在國際市場上備受威脅 (Liao et al., 1995)。隨著主、客觀環境變遷，台灣水產養殖競爭優勢逐漸喪失，尤其是加入 WTO 後面臨國內水產品消費市場全面開放之強大壓力，如何透過政府政策的正確導引，並將生產、行銷、管理、環保、資訊等多重領域知識的整合，讓水產養殖業得以永續發展，確為當前台灣水產養殖業最重要的課題。

為追求產業的永續發展，已有學者就環境生態 (Pillay, 1973 ; Csavas, 1993 ; Ruddle, 1993 ; Phillips et. al., 1993 ; Hopkins et al., 1995 ; Rosenthal, 1994 ; Landesman, 1994)、社會經濟 (Tisdell, 1994a, 1994b, Ridler, 1994 ; Chamberlain and Rosenthal, 1995) 及生物經濟 (Allen et al., 1984 ; Cuenco, 1989 ; Piedrahita, 1988 ; Shang, 1990 ; Sonka and Patrick, 1984 ; Cacho, 1993 ; Leung, 1994) 等觀點出發，以探討水產養殖業存在之價值，但由於欠缺整體的考量，迄今尚未能提出具體有效的解決對策。近年來國外雖有不少專家致力於建立一套與環境維持和諧的生產技術 (Boyd and Schmittou, 1999 ; Boyd, 1999 ; Broedy and Bratvold, 1998 ; Csavas, 1993 ; Howarth, 1994 ; Tookwinas and Yingcharoen, 1994)，但利用有系統之經濟理論與政策模型以探討養殖漁業未來發展與規範之研究仍相當欠缺。

由於台灣水產養殖涵蓋的魚種很多，

且各魚種產業之情況不盡相同，因此對各產業之規範亦應有所不同。有鑑於鰻魚產業近幾十年在產值與出口值上的卓越貢獻，即使最近三年有下滑趨勢，其在國內水產養殖仍佔有舉足輕重的地位，故本研究以國內鰻魚產業為例，探討鰻魚產業之規範，以促進其永續發展，並可做為國內其他養殖產業之參考。

本研究步驟包括：(1)以經濟及技術效率觀點探討台灣鰻魚產業之發展，並利用技術效率模型分析該產業經營效率；(2)利用比較利益法分析主要競爭對手國，日本及中國大陸之競爭力，以期能找到台灣鰻魚養殖業未來之競爭優勢所在；(3)建立台灣供需模型，並對該項產業進行實證分析，以做為未來政策研擬之參考。

貳、研究方法論

本研究採用之理論模型可整理成三部分，首先為產業之生產技術效率模型；其次比較利益理論及其衡量的指標；最後為建立產業最適產出水準之理論模型。

一、隨機性生產邊界法探討生產技術效率

假設某一個產業之生產函數可表示為：

$$y_i = f_i(x_1, x_2, \dots, x_j, x_m), \quad j = 1, \dots, m \quad (1)$$

根據傳統個體經濟學理論，邊界生產函數是指最有效率的投入產出組合所成之軌跡，其中 y_i 表某產品之產量， x_j 表第 j 種投入要素之用量，故邊界生產函數所表示的是在既定技術及投入水準下，所能達到的最大產出水準，故在所有生產者中，最有效率者之生產函數即為邊界生產函數：

$$y^* = \text{MAX}_i f_i(x_1, x_2, \dots, x_m) | T \quad (2)$$

其中 T 表示生產者所面對的某一固定的生產技術水準。由於 y^* 表最有效率者之產出水準，因此可將 $y^* = f(X)$ 與個別生產者實際產出 y 的關係寫成下式：

$$y_i = y^* + \varepsilon_i = f(X) + \varepsilon_i \quad (3)$$

其中 X 表所有投入要素所組成之向量； ε_i 為生產誤差項，而實際產出值必然在生產邊界上或是低於生產邊界，亦即

$$\varepsilon_i \leq 0。$$

根據隨機性生產邊界模型(Aigner et al., 1977)，可將生產誤差項表為隨機誤差項(v_i)及技術無效率誤差項(u_i)之和，故式(3)可改寫為：

$$y_i = f_i(X) + v_i - u_i \quad (4)$$

其中 v_i 為隨機誤差項，表模型之估計誤差與測量誤差以及在生產過程中由於人為不可控制的因素所造成之生產誤差，其服從一期望值為 0 且變異數為 σ_v^2 之常態分配 $N(0, \sigma_v^2)$ ； u_i 表生產過程中由人為可控制之因素所造成之生產誤差，其值將大於或等於零，意指除了落在生產邊界上的最有效率生產者外，其餘落在生產標界下方之生產者都存在技術無效率的情況。本研究根據 Jondow et al.(1982)與 Battese 及 Corra(1977)之假設，令 u_i 服從自原點截斷之截斷型常態分配 (truncated normal distribution)，分配函數可表為 $|N(0, \sigma_u^2)|$ ；而其期望值及變異數則可分別表為 $E(u_i) = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \sigma_u$ 及 $\text{var}(u_i) = \left(\frac{\pi-2}{\pi}\right) \sigma_u^2$ 。

在隨機性邊界生產函數模型中，由於 v_i 為生產者所不可控制的因素所造成之誤差，與個別生產者之技術效率無關係，故隨機性邊界生產函數可定義為 $y^* = f_i(X) + v_i = x_i \beta + v_i$ ，其中 y^* 即為隨機性邊界生產量； x_i 為要素投入之向量； β 為待估參數項之向量。欲估計隨機性邊界生產函數，首先須瞭解其概似函數(likelihood function)，再由其一階條件來推定各待估參數之最大概似估計值，即可求得隨機性邊界生產函數。

在 v_i 與 u_i 互相獨立的條件下， $\varepsilon_i = v_i - u_i$ 的聯合機率密度函數可表為：

$$f(\varepsilon_i = v_i - u_i | \gamma, \sigma^2) = \frac{2}{\sigma} f^*\left(\frac{v_i - u_i}{\sigma}\right) \left[1 - F^*\left(\frac{v_i - u_i}{\sigma} \left(\frac{\gamma}{1-\gamma}\right)^{1/2}\right)\right] \quad (5)$$

$$\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2, \quad \gamma = \sigma_u^2 / \sigma^2$$

其中 f^* 與 F^* 分別為標準常態分配之

機率密度函數與累積機率密度函數。根據式(5)可求得 y_i 之概似函數，對函數取自然對數，可得：

$$\ln L(y | \gamma, \sigma^2) = n \ln \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} + n \ln \sigma^{-1} + \sum_{i=1}^n \ln \frac{1}{1 - F^* \left[\frac{v_i - u_i}{\sigma} \times \left(\frac{\gamma}{1 - \gamma} \right)^{1/2} \right]} - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n (v_i - u_i)^2 \quad (6)$$

利用生產邊界模型所估計的是一種相對技術效率值的概念，故第 i 個漁戶之技術效率為在既定投入組合下，其產出水準 (y_i)，與邊界生產量 ($y^* = f_i(X) + v_i$) 之比值。雖然個別生產者之生產誤差項 $\varepsilon_i = v_i - u_i$ 是可觀察的，但是無法將造成生產誤差項的來源明確分辨係來自隨機誤差項或是技術無效率誤差項，即無法估計 v_i 與 u_i 之實際值。為解決此問題 Jondrow et al. (1982) 提出條件期望值之概念，先由最大概似法求得組合誤差項 (ε_i)，再以條件期望值分解出 u_i 之期望值。本研究將沿用此概念，則在隨機性邊界生產函數中，第 i 個生產者技術無效率誤差項 u_i 條件期望值之最佳估計式為：

$$E(u_i | e_i) = -\gamma(v_i - u_i) + \sigma_A \left[\frac{f^*[(v_i - u_i)\gamma/\sigma_A]}{1 - F^*[(v_i - u_i)\gamma/\sigma_A]} \right] \sigma_A = [\gamma(1 - \lambda)\sigma^2]^{1/2} \quad (7)$$

而在技術效率估計值之計算方面，本研究則是採取 Battese 及 Coelli(1988)對生產者技術效率值之最佳估計式¹：

$$TE_i = E[\exp(-u_i) | e_i] = \frac{1 - F(\sigma_A + \gamma e_i / \sigma_A)}{1 - F(\gamma e_i / \sigma_A)} \exp(\gamma e_i + \sigma_A^2 / 2) \quad (8)$$

式中所有變數定義如前述，在本研究中各生產者之技術效率將直接以上式來進行估計。

二、比較利益與衡量指標

Pearson 及 Meyer (1974) 定義比較利益為：「一國第 i 種生產活動，當其增加一單位邊界產出時所需之社會機會成本

(social opportunity costs) 低於 i 產品之邊界價格(border price)時，則 i 生產活動具有國際比較利益。」，據此觀念可導引出，國內資源成本(Domestic Resource Cost, DRC)及社會淨收益(Net Social Profitability, NSP)二種方法，作為衡量比較利益之指標。以下將就 DRC 與 NSP 二部分加以說明。

(一) 國內資源成本(Domestic Resource Cost, DRC)

國內資源成本是指賺取(出口時)或節省(進口替代時)一邊際單位外匯，而從事 i 產品生產時，所需耗費國內資源成本之價值(曾慶鐘, 1978)，其定義式可表示如下：

$$DRC_i = \frac{i \text{ 生產活動所消耗的國內資源成本}}{\text{淨外匯賺款(或淨節省外匯)}} \quad (9)$$

其計算式可表為：

$$DRC_i = \frac{\sum_{j=k+1}^n a_{ij} V_j + E}{P_i - \sum_{j=1}^k a_{ij} P_j} \quad (10)$$

其中 a_{ij} 於 $j=1, \dots, k$ 時表可貿易性投入之係數， $j=k+1, \dots, n$ 時則表國內資源和非貿易性投入之係數； V_j 表國內資源和非貿易性投入的機會成本； P_j 表可貿易性投入的邊界價格； P_i 表 i 產品的邊界價格； E 則為 i 產品生產時的外部成本。

(二) 社會淨收益(Net Social Profitability, NSP)

社會淨收益指用來衡量產品之價值和全部要素投入(包括可貿易性投入、不可貿易性投入及原始投入要素)成本的差額。NSP 為正時，表示生產活動可以產生經濟剩餘(economic surplus)；反之，NSP 為負值時，表示該生產活動的資源利用為無效率的(陳希煌, 1988)。根據 NSP 之定義(曾慶鐘, 1978)，其可表為：「產品的國際價格」減去「可貿易投入的國際價格、國內資源及非貿易性投入的機會成本與外部成本」。因此，進一步以數學式表為：

$$NSP_i = P_i - \sum_{j=1}^k a_{ij} P_j - \sum_{j=k+1}^n a_{ij} V_j - E \quad (11)$$

依式(10)與式(11)可知 NSP 與 DRC 之觀念相同，只是公式表示方式不同而已；即依 DRC 衡量結果為有利時，NSP 之衡量結果亦屬有利，反之亦然。

¹其詳細介紹與推理過程請參照溫祖康(2001)。

三、產業最適產出水準

過去個別養殖戶僅以經濟面為考量制定其生產決策，這樣之決策方式往往忽略其對環境所造成之外部性，在兼顧經濟與環保的考量下，將產業所造成之環境外部成本內部化，所決定之產量才是對社會有利之最適生產量。一般而言，社會成本之計算公式如下所示：

$$\text{社會成本} = \text{私人成本} + \text{外部成本}$$

由於產業在決定最適產量時，是採用邊際成本來決定，故須求產業之邊際私人成本(Marginal Private Costs, MPC)、邊際外部成本(Marginal External Costs, MEC)與邊際社會成本(Marginal Social Costs, MSC)；其中 MEC 可間接由外部成本求得。在市場需求為已知之情況下，產業若只考慮邊際私人成本，則最適的產量與最適價格將分別為 P^m 與 Q^m ；若產業兼顧經濟與環境面，必須將邊際外部成本納入考量，即以邊際社會成本來決定最適產量，則社會的最適產量與價格為 Q^* 與 P^* ，其生產總量會較未考慮外部成本的產量低，即 $Q^* < Q^m$ (圖 2)(Barry, 1994)。

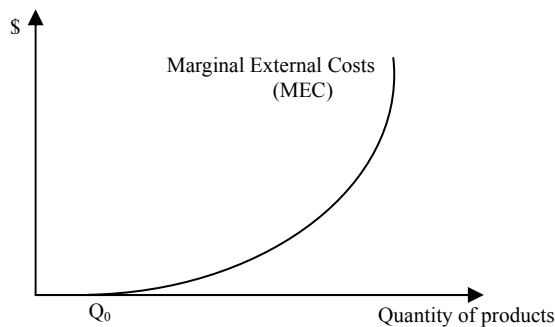


圖 1 邊際外部成本

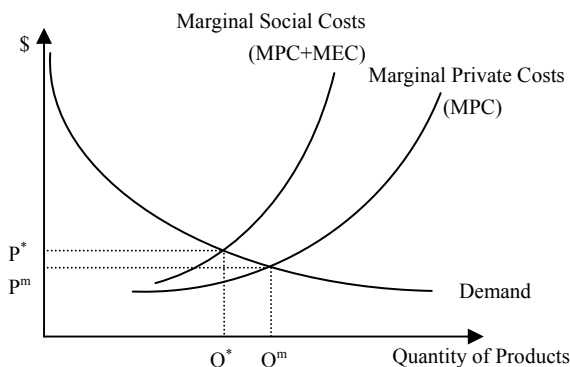


圖 2 最適產量之決定

根據上述理論並參酌產業實際情況，台灣鰻魚市場模型可表示如下：

$$S_t = F(P_{ft}, e_t, u_t) \quad (12)$$

$$D_t = F(P_{rt}, Y_t, v_t) \quad (13)$$

$$P_{rt} = F(P_{ft}, r_t) \quad (14)$$

$$S_t = D_t \quad (15)$$

式(12)代表國內鰻魚供給函數，其中 S_t 代表鰻魚供給量； P_{ft} 為影響供給量所組成之價格向量； e_t 為一個影響供給之外生變數(Supply shifters)所組成之向量； u_t 代表一個均數為零之隨機干擾項(error term)。式(13)則為總合鰻魚需求函數，其中 D_t 為需求量； P_{rt} 為鰻魚市場零售價格； Y_t 為影響國內鰻魚需求量的之外生變數(Demand shifters)所組成之向量； v_t 代表均數為零之隨機干擾項。式(14)為鰻魚市場之價格傳遞式，一個完整之市場模型，除了供給、需求及市場供需均衡外，模型中必會存在一組價格傳遞式，溝通產地市場和零售市場之交易行為，其中 r_t 為一均數為零之隨機干擾項。最後式(15)為國內鰻魚總供給與總需求市場均衡式。

參、實證分析

一、技術效率

(一)實證模型設定

鰻魚養殖主要生產要素包括鰻苗、飼料、勞力(包含雇工與臨時工)、土地與資本等。在生產函數為 Cobb-Duglas 型式之假設下，隨機性生產邊界函數可表為：

$$\ln Y_i = \alpha_0 + \alpha_1 \ln QSEED_i + \alpha_2 \ln QFEED_i + \alpha_3 \ln QTLAB_i + \alpha_4 \ln QLAND_i + \alpha_5 \ln CAPT_i + \varepsilon_i$$

其中， Y_i 表示第 i 家鰻魚養殖戶之產出水準(公斤/公頃)； $QSEED_i$ 為鰻苗投入(尾/公頃)； $QFEED_i$ 為飼料投入(公斤/公頃)； $QTLAB_i$ 為總勞動投入(人/公頃)； $QLAND_i$ 為土地投入(公頃)， $CAPT_i$ 則為資本投入(元/公頃)。

理論上，在環境可容載量(carrying capacity)及技術可行範圍內，鰻苗投入量越多，鰻魚產量相對上越大，故預期 $\alpha_1 > 0$ ；同理，當其他條件維持不變下，飼料投入

越多，鰻魚產量相對越多，預期 $\alpha_2 > 0$ ；總勞力投入越多，代表平日池間之管理照料情形較佳，分養次數較多，對產量預期有正向之影響，故 $\alpha_3 > 0$ ；本研究中之土地投入，是以每公頃租金成本除以單位地租成本作為替代變數，此數值越高，表示在租用相同土地面積下，租金成本越高，而租金成本越高，代表養殖池之區位佳或池子較新，對鰻魚生產應有正向之影響，故預期 $\alpha_4 > 0$ ；而鰻魚養殖係屬高資本投入產業，資本投入與鰻魚產出應有正向之關係，故預期 $\alpha_5 > 0$ 。

本研究除估計鰻魚產業之隨機性邊界生產函數及各鰻魚養殖戶之技術效率外，還要進一步探討影響鰻魚養殖戶技術效率之可能因子，其中技術效率影響因子模型(Technical Efficiency Effect Model)或稱技術無效率模型(Technical Inefficiency Model)即為用來探討技術效率影響因子的方法之一。本研究在技術效率影響因子模型係根據 Battese 及 Coelli(1995)之方法²，將技術效率值之估計及其影響因子之分析，在相同的假設下同時進行推估，模型中關於技術效率之估計部分仍沿用隨機性生產邊界之概念。即假設個別養殖戶之技術效率差異為互相獨立且具有相同分配，為截斷型常態分配 $|N(\mu_i, \sigma^2)|$ (Truncated-Normal Distribution)，其中 μ_i 受到養殖規模、業者的教育程度、養殖經驗、養殖池齡與養殖池種類等之影響，故技術無效率之實證模型設定如下：

$$\mu_i = \beta_0 + \beta_1 A_i + \beta_2 E_1 + \beta_3 E_2 + \beta_4 EXP + \beta_5 PAGE + \beta_6 TYPE + \beta_7 REC + \beta_8 SIGN$$

其中 μ_i 為技術無效率誤差項 u_i 之期望值，式中各變數之定義如上所述。在技術無效率模型之係數值解釋上， A_i 為養殖規模之虛擬變數；理論上，養殖規模越大(1公頃以下屬小規模養殖)，可享有規模經濟之優勢，而有較高之技術效率，預期 $\beta_1 < 0$ 。 E_1 、 E_2 代表教育程度，預期教育

程度越高，對養鰻技術之研發與創新應有較多之投入與研究，預期可增進技術效率，故預期 $\beta_2 < 0$ ， $\beta_3 < 0$ 。EXP 代表養殖業者之養殖經驗，養殖經驗越久者，對養殖池之環境控制及管理的能力越佳，技術效率值應較大，預期 $\beta_4 < 0$ 。PAGE 代表養殖池之池齡，池齡越久，則池中微生物增加，特別在軟池之管理上，雖 3-5 年會實施清池，以清除池底之淤泥，而無可避免的，養殖池之環境狀況將轉差而生產力亦會降低，效率將因此降低，故 $\beta_5 > 0$ 。而 TYPE 則代表養殖池之種類，以 TYPE=1 代表硬池(即水泥池)，TYPE=0 代表軟池(即土池)，依專家之意見，軟池之生產力較硬池佳，預期 $\beta_6 > 0$ 。此外，養殖池具備自動化設備(REC)，透過循環水設施及水質監控器，可穩定鰻池之水質，有利鰻魚之生長環境，故預期 $\beta_7 < 0$ 。鰻苗具有穩定之貨源(遠期契約之簽訂)，可使養殖業者避免生產上之風險，然而，遠期契約卻需承擔鰻苗價格波動之風險，故遠期契約之簽訂，是否顯著增加養殖之技術效率，尚有待觀察，故 β_8 之符號未定。

(二)資料蒐集及處理

台灣鰻魚養殖主要集中在彰化、嘉義、雲林、高雄、台南等縣市，因此本資料係以隨機取樣方式，先進行試調，以修正調查表內容，再自該等縣市選取 48 戶樣本戶進行實地訪談。

本文實證模型分析之原始樣本為，1998 年實際自 48 家鰻魚養殖業者調查蒐集之資料。調查內容包括鰻魚養殖之產量、面積、存活率、飼料換肉率、放養密度、鰻苗投入、飼料投入、勞動投入、養殖池租金、水電費用、折舊費用、維護費用、化學藥劑費用、利息費用、其他雜項費用、養殖業者之養殖經驗、年齡、學歷；養殖池之池齡、池子種類(軟池或硬池)、自動化設備有無與契約簽訂與否等。茲將各項變數名稱、定義及處理過程列示如表 1。

²此法可避免過去文獻在探討技術效率影響因子模型假設上所發生之矛盾現象；此估計方法自 1995 年提出後，即成為技術估計之主要方法。

表 1 估計技術效率模型使用之各變數名稱、定義及處理過程

變數	變數定義 (單位)	說明
Y	鰻魚產量 (公斤/公頃, 年)	
A1	養殖場規模 (公頃)	1 公頃以下, A1=0 1 公頃以上(不含 1 公頃), A1=1
EXP	養殖經驗 (年)	
E1、E2	養殖場主學歷	國小, E1=E2=0; 中學, E1=1, E2=0; 專科, E1=0, E2=1
PAGE	養殖池年齡 (年)	
TYPE	養殖池種類	硬池(即水泥池), TYPE=1 軟池(即土池), TYPE=0
REC	自動化程度	是否具備循環水設施及水質監控器, REC=0, 無; REC=1, 有
SIGN	養殖池簽訂契約	是否在鰻苗開放捕撈初期即事先議價簽訂交易價格 SIGN=0, 無; SIGN=1 有
QSEED	鰻苗投入 (尾/公頃, 年)	鰻苗投入=鰻苗費用/鰻苗價格
QFEED	投入飼料量(公斤/公頃, 年)	投入飼料量=飼料費用/飼料價格
QTLAB	總勞動投入量 (人/公頃, 年)	總勞動投入量=雇工投入+臨時工投入
QLAND	總土地投入量 (公頃/年)	土地投入量=地租費用/單位地租成本 (單位地租成本 = 100000 元/公頃)
CAPT	總資本投入 (元/公頃, 年)	總資本投入=水電費用+折舊費用+維護費用+化學藥劑費+其他雜費+利息費用

資料來源：本研究計算整理。

(三)估計結果及說明

本文實證以 1998 年鰻魚養殖戶之橫斷面資料(cross-section data), 利用隨機性生產邊界函數及技術無效率模型, 對國內鰻魚產業之生產技術效率進行估計, 估計結果整理於表 2。在顯著水準 5%下, 鰻苗投入、總勞動力投入、土地投入及總資本投入量等皆有顯著性的正向關係。此結果呈現出幾項意義：(1)養殖鰻魚屬高投資產業, 較其他淡水養殖魚種需要較大的資金；(2)放養密度(每公頃鰻苗投入量)與產量呈正向相關, 顯示在一定範圍內隨著放養密度提高, 產量相對增加, 台灣鰻魚養殖形態從過去粗放、半集約演進到集約養殖, 平均每公頃放養量從 5 萬、8 萬至 12 萬尾, 要進一步提高放養量, 主要受限於天然鰻苗捕撈數量及價格, 因此未來若能積極尋求鰻魚人工繁殖技術確立, 進而穩定供應台灣養殖所需的鰻苗數量, 將可降低因鰻苗不足所產生之價格與生產風險；(3)鰻魚養殖目前仍屬傳統性產業因此對土地、勞力、資金等有形生產要素需求甚深。鑑於台灣水土資源有限, 未來資源之開發與利

用將受限制, 鰻魚產業要永續發展必須逐步擺脫初級生產的經營模式, 朝向自動化系統研發、加工、行銷等二級產業經營規模；(4)隨機性邊界生產函數之係數和為 1.1675, 此表示台灣地區鰻魚產業目前處於規模報酬遞增之階段, 未來可擴大經營規模。

表 2 鰻魚養殖隨機性生產邊界函數及技術無效率模型估計結果

變數	係數	t-ratio
鰻魚養殖戶隨機性生產邊界函數估計結果		
截距項	-1.5297	-1.3405
QSEED	0.1988	2.5674*
QFEED	0.1044	1.5274
QTLAB	0.1420	2.0714*
QLAND	0.1572	3.5746*
QCAPT	0.5651	5.6410*
鰻魚養殖戶技術無效率模型估計結果		
截距項	0.1314	1.9258
A1	-0.0113	-0.6376
E1	-0.0048	-0.6986
E2	-0.0173	-1.4896
EXP	-0.0060	-11.1324*
PAGE	0.0083	2.8307*
TYPE	0.0076	1.0512
REC	-0.0336	-2.9574*
SIGN	0.0235	1.6166
Gamma(γ)	0.99	3.1057*
LR test of the one-sided error = 48.3246		
The critical value of the LR test=17.67		

資料來源：本研究計算整理。

註：*表示在 5%之顯著水準下, 該係數估計值顯著異於 0。

而技術無效率模型之實證結果顯示：在 5%之顯著水準下, 養殖經驗、養殖池齡及具備自動化設備對技術效率皆有顯著性之影響；但養殖場規模於 1 公頃以上, 其技術效率並未顯著高於規模較小者。本研究亦發現, 學歷高低與技術效率之差異並無顯著之關係, 亦即學歷較高之養殖業者技術效率並未顯著高於學歷較低者, 此乃由於台灣高等水產學校所培育出的人才多數集中在飼料業、繁殖場、藥廠及行政機關等, 實際從事第一線之水產養殖比例偏低, 顯示傳統之水產養殖經驗傳承較學歷來的重要。此外, 研究結果亦發現養殖經驗長者之技術效率顯著高於養殖經驗較短者, 此表示鰻魚產業存在進入障礙, 亦即進入鰻魚生產之養殖戶皆需對整個產業結構有詳細之瞭解, 否則將因面臨經驗(如鰻苗買進時機、成鰻出售時機與體型等)不足, 而失去競爭優勢, 退出市場。另有關養殖池之種類, 大體可分為硬池與軟池兩

種，前者為水泥結構，後者為土池，依據邱毅(1992)研究發現，硬池養殖因飼料費用、人事費用及電力費用較軟池高，致生產成本高出 10-20%，且軟池具有水質穩定、病害少等優點，目前已成為台灣主要養殖形態，惟本文之實證結果並不顯著。而實證結果亦顯示養殖池池齡越高者，由於池底累積淤泥，水中有害物質增加，致養殖物罹病率增加，使效率降低。此外，由估計結果亦發現具備自動化設備者之技術效率顯著高於無自動化設備者，此乃由於自動化設備可監控水質，使水質穩定。此外，鰻苗遠期契約之簽訂與否是否影響技術效率，在本文中並無顯著之結果。

本文之樣本資料效率估計值顯示，臺灣鰻魚生產之技術效率於 1998 年，平均約為 0.87 左右，其中，技術效率在 0.9 以上者，約佔總養殖戶(48 戶)之 1/3，且效率低於 0.8 者，僅佔 3 戶，顯示鰻魚整體養殖技術在研究機構及業者長期努力研究改進下，已相當成熟。此點可從台灣鰻魚養殖主要採集約化養殖印證，此乃因為集約化養殖較粗放養殖與半集約養殖需要較高之生產技術。

二、競爭力分析

由上述分析可知，台灣鰻魚養殖戶之生產已具效率，但產業之發展除了生產面因素之外，市場面之競爭亦是一個重要因素，因此以下僅就亞洲主要鰻魚養殖國家—台灣、日本及中國之鰻魚養殖產業進行競爭力分析。

就整體產業發展而言，成本往往是決定優勝劣敗之關鍵，故本文將以國內資源成本理論為基礎，來分析上述三地區鰻魚產業的比較利益，並分析其變動趨勢。

(一)台灣方面

根據國內資源成本理論，對台灣鰻魚生產之比較利益進行實證分析，分析結果列於表 3。實證結果顯示由於生產要素機會成本升高，台灣鰻魚產業逐漸喪失其比較利益。以 1990 年為例，DRC 係數為 0.73，表示當年台灣鰻魚生產每賺取 1 元之外匯，僅需耗費國內資源 0.73 元，其每公斤之社會淨收益為 30.24 元，是屬於生產有利

的產品。在 1990 年至 1997 年間，台灣鰻魚產業的 DRC 係數均小於 1，表示此期間台灣鰻魚生產具比較利益，但 DRC 係數逐漸升高，比較利益程度漸趨降低。1997 年為 0.87，而 1998 年 DRC 係數上升到 1.22，顯示 1998 年時台灣鰻魚生產已不具比較利益。1999 年由於鰻苗豐收，可貿易性投入成本大幅降低，因此 DRC 係數降為 0.51。

表 3 台灣、日本與大陸等三國之鰻魚比較利益指標

年別	DRC			NSP (元/Kg)		
	台灣	日本	大陸	台灣	日本	大陸
1990	0.73	1.00	2.13	30.24	0.50	-40.03
1991	0.78	0.81	1.30	22.65	26.50	-20.01
1992	0.73	0.91	1.03	31.75	12.21	-2.24
1993	0.76	1.10	1.05	30.05	-13.31	-4.14
1994	0.74	1.12	0.43	37.79	-18.09	83.25
1995	0.85	1.11	0.43	19.10	-15.85	93.84
1996	0.94	1.66	0.53	7.38	-61.35	68.07
1997	0.87	2.08	0.65	14.03	-82.04	47.93
1998	1.22	2.36	0.73	-21.00	-97.45	26.15
1999	0.51	0.63	0.42	103.88	108.85	101.85

資料來源：本研究計算

(二)日本方面

由實證結果可知，1990 年日本鰻魚產業的 DRC 係數約等於 1，處於比較利益的平衡點，此時日本從事鰻魚生產所節省的外匯與國內資源成本約略相等。1991、1992 年 DRC 係數分別為 0.81 與 0.91，均小於 1，社會淨收益亦為正值，屬於生產有利的產品。1993 年 DRC 係數為 1.10，社會淨收益亦轉為負值，顯示 1993 年時日本鰻魚生產已不具比較利益。自 1993 年至 1998 年之間，DRC 係數均大於 1，顯示在此期間日本鰻魚生產已不具比較利益，且 DRC 係數逐漸上升，表示日本鰻魚生產有傾向更不利之趨勢，至 1998 年 DRC 係數升高至 2.36。1999 年由於鰻苗豐收，使鰻苗費大幅下降，因此 DRC 係數降為 0.63。

(三)中國方面

實證結果顯示，在 1990 至 1993 年之間，中國鰻魚產業的 DRC 係數均大於 1，社會淨收益亦均為負值，顯示其屬於生產不利的產品，但在同一期間內，DRC 係數自 1990 年的 2.13，至 1993 年降為 1.05，比較利益程度逐漸改善，而且自 1994 年以後，中國鰻魚產業各年 DRC 之值均小於 1，已具比較利益。在 1999 年時，由於鰻苗費降低，使生產因素成本大幅下降，DRC

係數更進一步降為 0.42。

三、養殖與管理

(一)實證模型

在假設模型中所包括之所有方程式均為線性之函數，根據前述之理論模型可知，台灣鰻魚產業之模型設定如下。

1.在無外部性之情況下台灣鰻魚產業之模型設定

$$S_t = A_0 + A_1 P_{ft} + A_2 Larvl_t \quad (16)$$

式(16)表國內鰻魚供給函數，其中 S_t 為台灣鰻魚年產量； P_{ft} 為鰻魚國內池邊價格； $Larvl_t$ 為國內鰻苗之價格；而 $A_0 - A_2$ 則為國內鰻魚供給方程式之待估參數。

台灣鰻魚產業之供給量主要受到池邊價格之影響，供給量將隨池邊價格提高而增加；在鰻魚生產之過程中，鰻苗為影響鰻魚生產之最重要投入，一般而言鰻苗費用佔其總生產成本之 60%以上，因此在供給函數中必須將其納入考量，而預期產出水準將會隨鰻苗價格增加而減少。

$$D_t = B_0 + B_1 P_{rt} + B_2 POP_{jt} + B_3 P_{rjt} \quad (17)$$

式(17)為台灣鰻魚之總合需求，其中 D_t 為國內鰻魚年消費量； P_{rt} 為台鰻國內零售價格； POP_{jt} 為日本年人口數； P_{rjt} 為日本鰻魚之零售價格；而 $B_0 - B_3$ 則為總合需求方程式之待估參數。

在其他條件維持不變之情況下，台灣鰻魚之總合需求量將隨鰻魚零售價格增加而減少。由於台灣鰻魚總合需求有 75%以上供應日本之鰻魚消費市場，根據 1985-2000 年之統計資料顯示，台灣鰻魚出口需求佔其總合需求 51%-93%，且由於日本為全球鰻魚最主要之消費國，故日本年人口數將影響台灣鰻魚市場之總合需求，當其年人口數增加時，預期鰻魚之消費人口亦增加，故其係數之預期符號為正。因為日本為台灣鰻魚主要出口國，與日本當地鰻魚生產者相互競爭，故預期日本零售價格將對台灣總合需求造成影響，預期日本零售價格越高，則對台灣鰻魚之需求量將越高，即日本零售價格之係數預期將為正。

$$P_{rt} = E_0 + E_1 P_{ft} \quad (18)$$

台灣鰻魚市場模型包括產地市場與消費市場，且鰻魚之供給於產地市場，而消費者需求則發生在零售市場，故必須利用價格傳遞式以連結兩市場而充分反映完整之產業情況。式(19)則為市場結清式。

$$S_t = D_t \quad (19)$$

2.將外部性納入考量下之台灣鰻魚產業之模型設定

將外部性納入考量後之鰻魚產業供需模型之與前述模型設定之唯一差別在於供給方程式之設定。在此情況下，必須將生產之外部成本納入函數之中，故整個產業模型亦包含四條方程式，其可表示如下。其中 $Extr$ 表外部性之變數，而所有其他變數則如同前述之定義。

$$S_t = A_0 + A_1 P_{ft} + A_2 Larvl_t + A_3 Extr \quad (20)$$

$$D_t = B_0 + B_1 P_{rt} + B_2 POP_{jt} + B_3 P_{rjt} \quad (21)$$

$$P_{rt} = E_0 + E_1 P_{ft} \quad (22)$$

$$S_t = D_t \quad (23)$$

(二)估計結果及說明

本研究假設模型中之方程式均為線性函數，利用 2SLS 方法與 1970 至 2000 年之時間序列資料來估計台灣鰻魚養殖市場模型。

無外部性之模型估計結果列示於表 4，根據其結果顯示，供給方程式中所有變數之係數符號皆與預期相同，鰻魚池邊價格與鰻苗價格係數之 t 值分別為 3.14 與 -2.86，在 5%之顯著水準之下，鰻魚池邊價格對鰻魚供給量有顯著正向影響，亦即池邊價格越高鰻魚產量越高；反觀，鰻苗價格對鰻魚供給之則有顯著負向影響，因此鰻苗價格越高將使鰻魚產量減少。經計算求得之鰻魚供給之價格彈性為 1.59，顯示池邊價格每增加 1%，將使得國內鰻魚供給量增加 1.59%。

在總合需求方面，台灣鰻魚零售價格、日本總人口數與日本鰻魚零售價格之係數符號與預期相同。在顯著水準 10%以下，台灣鰻魚零售價格對總合需求有負的顯著影響，即當總合需求量將隨國內零售價格提高而下降；在無外部性之產業模型中，需求之價格彈性為-2.86，顯示當零售價格增加 1%時，總合需求將減少 2.86%；

由於總合需求之絕大部分為出口需求，因此需求彈性可反映鰻魚出口市場之激烈競爭。日本總人口數係數之 t 值為 4.01，顯示在 5% 之顯著水準下，日本總人口數對總合需求有顯著之正向影響。

在價格傳遞式方面，鰻魚池邊價格對零售價格有顯著之影響，其係數之 t 值為 98.58。

表 4 在無外部性之情況下台灣鰻魚產業模型之估計結果

變數名稱	估計係數值	標準差	t-值
國內鰻魚產業供給方程式			
常數項	-2,950.34	11,136.9600	-0.26
P_t	186.09	59.2376	3.14***
$Larvl$	-1,152.97	402.6443	-2.86***
鰻魚總合需求方程式			
常數項	-392,823.00	132,057.7000	-2.97***
P_t	-286.30	162.1183	-1.77*
POP_j	3.80	0.9476	4.01***
P_t	25.28	37.2534	0.68
價格傳遞式			
常數項	30.73	2.5758	11.93***
P_t	0.98	0.0099	98.58***

* 在 10%顯著水準下為顯著；

** 在 5%顯著水準下為顯著；

*** 在 1%顯著水準下為顯著。

資料來源：本研究計算整理。

由於台灣鰻魚養殖必須使用大量淨水，地下水是主要水源，由於使用地下水之費用並未納入生產成本之中，又抽用地下水牽涉公共財故應將其納入外部性考量。此外，養殖漁業另一為人批評之處在於養殖廢水之問題，其亦將造成社會成本，故亦應將其納入外部性之考量。本研究將分別探討針對外部性之不同處理方式，一為僅將抽用地下水納入外部性，另一則為僅將污染防治納入外部性，分別對產業模型之影響進行估計；估計結果整理於表 5。在國內供給方面，池邊價格、鰻苗價格及外部成本之係數符號均與預期一致，其中池邊價格與外部成本之 t 值分別為 2.85 與 3.02，顯示兩者對產量有顯著之影響，亦即產量將隨池邊價格增加而提高；而地下水之使用與國內鰻魚供給呈同向變動關係。供給之價格彈性為 1.38，意味著池邊價格增加 1%，將使鰻魚國內供給增加 1.38%。

在總合需求方面，台灣鰻魚之零售價格、日本總人口數與日本零售價格之係數符號皆與預期相同，日本總人口數係數之 t 值為 4.12，顯示在 5% 之顯著水準下，日本

總人口數對台灣鰻魚總合需求有顯著之影響。

在價格傳遞式方面，池邊價格亦對零售價格有顯著之影響，其係數之 t 值為 98.58。

表 5 以水費衡量外部性下之台灣鰻魚產業模型之估計結果

變數名稱	估計係數值	標準差	t-值
國內鰻魚產業供給方程式			
常數項	-28,023.10	13,367.5200	-2.10**
P_t	161.02	56.5278	2.85***
$Larvl$	-578.98	426.4196	-1.36
$Extr_t$	0.05	0.0169	3.02***
鰻魚總合需求方程式			
常數項	-389,303.00	132,055.4000	-2.95***
P_t	-261.38	162.0242	-1.61
POP_j	3.90	0.9473	4.12***
P_t	13.70	37.1648	0.37
價格傳遞式			
常數項	30.73	2.5758	11.93***
P_t	0.98	0.0099	98.58***

* 在 10%顯著水準下為顯著；

** 在 5%顯著水準下為顯著；

*** 在 1%顯著水準下為顯著。

資料來源：本研究計算整理。

以污染防治費衡量外部性之下台灣鰻魚產業模型估計結果整理於表 6。在供給方面，池邊價格、鰻苗價格與外部成本之係數符號與預期一致，其 t 值分別為 2.87、-2.48 與 4.27，顯示其對產量有顯著之影響。鰻魚供給會隨池邊價格增加而提高，但鰻苗價格則恰好相反，至於外部成本則與產出水準有正向影響。供給之價格彈性為 1.18，較先前計算之彈性值低。

在總合需求函數方面，零售價格、日本總人口數與日本零售價格之係數符號與預期相同，但只有日本總人口數係數之 t 值在顯著水準為 5% 下為顯著。在價格傳遞式方面，產地價格對零售價格亦有顯著影響。

表 6 以污染防治費衡量外部成本之模型估計結果

變數名稱	估計係數值	標準差	t-值
國內鰻魚產業供給方程式			
常數項	-26,437.500	10,244.3500	-2.58***
P_t	138.476	48.2293	2.87***
$Larvl$	-816.908	329.3682	-2.48***
$Extr_t$	0.035	0.0082	4.27***
鰻魚總合需求方程式			
常數項	-372,976.000	125,557.1000	-2.97***
P_t	-237.716	153.9965	-1.54
POP_j	3.803	0.9005	4.22***
P_t	7.761	35.2921	0.22
價格傳遞式			
常數項	30.73	2.5758	11.93***
P_t	0.98	0.0099	98.58***

* 在 10%顯著水準下為顯著；

** 在 5%顯著水準下為顯著；

*** 在 1%顯著水準下為顯著。
資料來源：本研究計算整理。

(三)外部性對最適鰻魚產量之影響

根據估計結果，在2000年時，台灣鰻魚產業之實際供給量為30,481公噸，在無外部成本之情況下之估計值為32,031，二者之差距為5%，顯示模型的預測能力不錯。而在以水費衡量外部成本之情況下供給量之估計值將下降至26,338公噸，顯示考慮外部成本時將使得產出水準下降17.8%。若以污染防治費來衡量外部成本，則產量將下降為23,574公噸，顯示以此衡量外部成本時將使得產出水準下降26.4%。

在2000年時，台灣鰻魚產業之實際池邊價格每公斤為185元，在無外部成本之情況下之價格模擬值為每公斤347元。以水費衡量外部成本並將其內生化，將使得池邊價格上升至每公斤380元，顯示考慮外部成本時將使得價格水準上升9.5%。若以污染防治費來衡量外部成本，則價格將上升為每公斤401元，顯示以此衡量外部成本時將使得池邊價格上升15.6%。

在2000年時，台灣鰻魚產業之實際零售價格每公斤為192元，在無外部成本之情況下之估計值為每公斤369元。若將水費外部成本內生化，零售價格上升至每公斤402元，因此使得零售價格水準上升8.9%。若將污染防治成本內生化，則零售價格將上升為每公斤422元，顯示以此衡量外部成本時將使得零售價格上升14.4%。

伍、養殖管理

若政府欲達到社會最適產出水準並維持鰻魚產業之穩定發展之目標，將外部性內生化是一可行之方法。根據前述之模擬結果可知，當台灣鰻魚產業之生產考慮環境外部性時，將使得最適產出水準下降。在最適產出水準減少之情況下，可移轉之生產許可系統(Transferable production permit system)為一具體可行之管制方法。

根據本研究之結果顯示，外部成本內生化將使得產出水準下降，且預期鰻魚養殖面積亦將減少，執行之問題在於如何將生產許可分配給已從事鰻魚養殖之業者。目前政府正在推動養殖「計畫生產區域

(planned production area)」之設置，建議未來若採用生產許可系統時，在計畫生產區域內已從事養殖之業者應具有優先分配權，至於生產許可數量之分配則依其過去生產記錄為分配基準；而那些位於地層下陷區域之養殖業者雖亦可取得許可證，但僅能為過去生產水準之小部分。建議生產許可證應該可以移轉(買賣)，方能提供足夠經濟誘因使較不具生產效率或養殖池位於地層下陷之養殖業者能夠藉由買賣方式將其許可證轉移給其他較具效率之業者甚至將土地移轉給其他產業。

根據台灣鰻魚市場之歷史資料顯示，台灣鰻魚消費約為 6,000 公噸，而當考慮到外部性時，產量將由 32,031 公噸分別下降至 26,338 公噸與 23,574 公噸，顯示將會出口 20,338 公噸與 17,574 公噸。根據過去鰻魚之貿易水準經驗顯示，在此規範下，台灣鰻魚產業仍能穩定其在鰻魚出口市場之比例。因此，台灣鰻魚產業在國際市場仍具有競爭力。

參考文獻

- Annon. 1960-1999, 中華民國台灣地區漁業年報，台灣省政府農林廳漁業局。
- Annon. 1986-1998, 農產貿易統計要覽，行政院農業委員會。
- 邱毅，1992，台灣兩岸鰻魚業現狀，1992 年鰻魚業年鑑，中華漁業雜誌社發行，第 170-185 頁。
- 陳希煌，1988，經濟自由化與我國農業發展政策之調適，行政院國家科學委員會研究計畫。
- 曾慶鐘，1978，台灣重要農產品生產比較利益，碩士論文，台灣大學農業經濟研究所。
- 溫祖康，2001，台灣草蝦養殖產業之技術效率分析—擬似追蹤資料之應用，碩士論文，台灣大學農業經濟研究所。
- Aigner, D. J., C. A. K. Lovell and P. Schmidt, 1977, "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Models", *Journal of Econometrics* 6(1): 21-37.
- Allen, P. G., L. W. Botsford, A. M. Schuur and W. E. Johnson, 1984, "Bioeconomic of Aquaculture", Elsevier Science Publishers, New York.
- Barry, C. Field, 1994, "Environmental Economics: An Introduction", McGraw-Hill, Inc., pp.45-261.
- Battese, G. E. and G. S. Corra, 1977, "Estimation of a Production Frontier Model: with Application to the Pastoral Zone of Eastern Australia", *Australian Journal of Agricultural Economics* 21(3): 169-179.
- Battese, G. E. and T. J. Coelli, 1988, "Prediction of Firm-Level Technical Efficiencies with A Generalized Frontier Production Function and Panel Data", *Journal of Econometrics* 38: 387-399.

- Battese, G. E. and T. J. Coelli, 1995, "A Model for Technical Inefficiency Effects in A Stochastic Frontier Production Function for Panel Data", *Empirical Economics* 20: 325-332.
- Boyd, C. E. and H. R. Schmittou, 1999, "Achievement of Sustainable Aquaculture through Environmental Management", *Aquaculture Economics and Management* 3(1): 59-69.
- Boyd, C. E., 1999, "Codes of Practice for Responsible Shrimp Farming", Global Aquaculture Alliance, St Louis, Missouri.
- Broedy, C. L. and D. Bratvold, 1998, "Preliminary Development of a Biosecure Shrimp Production System", In: Moss, S.M.(Editor), *Proceedings of the U.S. Marine Shrimp Farming Program Biosecurity Workshop*, February 14, 1998, Oceanic Institute, Hawaii, pp.84.
- Cacho, O. J. 1993, "Development and Implementation of a Fish-farm Bioeconomic Model: A Three Stage Approach", U. Hatch and H. Kinnucan (Eds.) *Aquaculture: Models and Economics*, 4. West View Press. Boulder/San Francisco/Oxford, pp.55-72.
- Chamberlain, G. W. and H. Rosenthal, 1995, "Aquaculture in the Next Century: Opportunities for Growth, Challenges of Sustainability", *World Aquaculture* 26(1): 21-25.
- Csavas, I., 1993, "Aquaculture Development and Environmental Issues in Developing Countries of Asia", In: *Environment and Aquaculture in Developing Countries* (eds. R. S. V. Pullin, H. Rosenthal and J. L. Maclean), pp.75-103, ICLARM conference proceedings 31, Manila.
- Cuenca, M. L., 1989, "Aquaculture Systems Modeling: An Introduction with Emphasis on Warm Water Aquaculture", *ICLARM Studies and Reviews* 19, pp.46.
- Hopkins, J. S., P. A. Sandifer and C. L. Browdy, 1995, "A Review of Water Management Regimes Which Abate the Environmental Impacts of Shrimp Farming", In C. L. Browdy and J. S. Hopkins, (eds.) *Swimming Through Troubled Waters. Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming, Aquaculture '95. World Aquaculture Annual Meeting*, San Diego, California. 2-6, February 1995, pp.157-166.
- Howarth, W., 1994, "The Law of Aquaculture", *Fishing News Books*. pp.271.
- Jondrow, J., C. A. K. Lovell, I. S. Materov and P. Schmidt, 1982, "On estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model", *Journal of Econometric* 19: 233-238.
- Landesman, L., 1994, "Negative Impacts of Coastal Aquaculture Development", *World Aquaculture* 25(2): 12-17.
- Leung, P. S., 1994, "Bio-economic Modeling in Aquaculture after Two Decades", In Y. C. Shang, P. S. Leung, C. S. Lee, M. S. Su and I C. Liao (eds.) *Socioeconomics of Aquaculture. TML Conference Proceeding No. 4, Tunghang Marine Laboratory, Taiwan Fisheries Research Institute Taiwan and the Oceanic Institute, Hawaii*, pp.115-137.
- Liao, I C., W. C. Lee and Y. K. Hsu, 1995, "Aquaculture in Taiwan: toward a sustainable Industry". In: *Proceedings of the 7th Biennial Conference of the International Institute of Fisheries Economics and Trade* (eds D. S. Liao). 2: 297-312.
- Pearson, S. R. and R. K. Meyer, 1974, "Comparative Advantage among African Coffee Producers", *American Journal of Agricultural Economics* 56: 310-313.
- Phillips, M. J., C. K. Lin and M. C. M. Beveridge, 1993, "Shrimp Culture and the Environment: Lessons from the World's Most Rapidly Expanding Warm Water Aquaculture Sector", In Pullin, R. S. V., H. Rosenthal and J. L. Maclean. (eds.) *Environment and Aquaculture in Developing countries. ICLARM, Manila*, pp.171-198.
- Piedrahita, P. H., 1988, "Introduction to Computer Modeling of Aquaculture Pond Ecosystems", *Aquaculture and Fisheries Management* 19: 1-12.
- Pillay, T. V. R., 1973, "The Role of Aquaculture in Fishery Development and Management", In *Technical conference on Fisheries Management and Development*, Vancouver, Canada, pp.24.
- Ridler, N. B., 1994, "The Comparative Advantage of Canadian and Chilean Farmed Salmon", In Y. C. Shang, P. S. Leung, C. S. Lee, M. S. Su, and I C. Liao (eds.) *Socioeconomics of Aquaculture. TML Conference Proceeding No.4, Tunghang Marine Laboratory, Taiwan Fisheries Research Institute Taiwan and the Oceanic Institute, Hawaii*, pp.351-361.
- Rosenthal, H., 1994, "Aquaculture and the Environment", *World Aquaculture* 25(2): 4-11.
- Ruddle, K., 1993, "The Impacts of Aquaculture Development on Socioeconomic Environments in Developing Countries: Toward a Paradigm for Assessment". In Pullin, R. S. V., H. Rosenthal and J. L. Maclean. (eds.) *Environment and Aquaculture in Developing countries. ICLARM, Manila*, pp.1-19.
- Shang, Y. C., 1990, "Aquaculture Economic Analysis: An Introduction", *The World Aquaculture Society. Baton Rouge, Louisiana*, pp.211.
- Sonka, S. T. and G. F. Patrick, 1984, "Risk Management and Decision Making in Agricultural Firms". In P. J. Barry (Ed.) *Risk Management in Agriculture*, 8. Iowa State University Press. Iowa, American, pp.95-115.
- Tisdell, C. A., 1994a, "Socioeconomic Considerations in the Development of Aquaculture", In Y. C. Shang, P. S. Leung, C. S. Lee, M. S. Su, and I C. Liao (eds.) *Socioeconomics of Aquaculture. TML Conference Proceeding No.4, Tungkan Marine Laboratory, Taiwan Fisheries Research Institute Taiwan and the Oceanic Institute, Hawaii*, pp.1-13.
- Tisdell, C. A., 1994b, "Aquaculture and Environmental Economics", In Y. C. Shang, P. S. Leung, C. S. Lee, M. S. Su, and I C. Liao (eds.) *Socioeconomics of Aquaculture. TML Conference Proceeding No.4, Tungkan Marine Laboratory, Taiwan Fisheries Research Institute Taiwan and the Oceanic Institute, Hawaii*, pp.331-349.
- Tookwinas, S. and D. Yingcharoen, 1994, "Application of seawater irrigation system for an intensive marine shrimp farming practice toward sustainability", *Book of Abstracts. World Aquaculture '99, the Annual Int. Conf. and Expo. of the World Aquaculture Society; 26 April to 2 May 1999; Sydney Australia*.