

教育資料與研究雙月刊

第70期 2006年6月 133-142 頁

台灣漁業資源及其相關產業、服務業

李國添

摘要

利用中的海洋漁業資源是屬可再生性之資源，其可分為以光合作用為基石所構成之基礎食物鏈生態，及以其生物廢棄物所構成的底碎屑食物鏈生態。估計全球海洋漁業資源之總可利用量約2億噸左右，而為求海洋生物資源之永續利用，除應再加強資源之管理與增養殖科技外，傳統之漁業相關產業也應高新科技化，另外更應將漁業資源之利用，由產業經濟型產業提升為體驗經濟型產業，或轉型為生物高科技產業，因此現行之漁業相關教育更應有新的政策藍圖，才能「人才興漁、科技興漁」！

關鍵詞：漁業資源再生潛力、漁業產業發展、人才興漁問題

李國添，國立台灣海洋大學校長

電子郵件為：tienlee@mail.ntou.edu.tw

來稿日期：2006年5月15日；修訂日期：2006年5月23日；採用日期：2006年6月16日

Sustainable Development of Fisheries Resources and Related Industries and Services

Kuo Tien Lee

Abstract

Usable marine fisheries resources are renewable biological resources that include phototrophic primary production ecosystem as well as detritus production ecosystem. Utilizable global marine fisheries resources are estimated to be 200 million tons. For the sustainable utilization of marine biological resources, we need to enforce fisheries management and enhance aquaculture technology. Tradition fishery and aquaculture should be environmental friendly and account for resource depletion and environmental restoration(Greed GDP). In addition, it should be transformed from production into value-added biotechnology. Therefore, the fisheries education should follow this policy accordingly for "managing fisheries sustainably and advanced biotechnology for sea food quality."

Keywords: sustainable utilization of fisheries resource, development of fisheries industries, problems of fisheries education

Kuo Tien Lee, President of National Taiwan Ocean University

E-mail: tienlee@mail.ntou.edu.tw

Manuscript received: May 15, 2006 ; Modified: May 23, 2006 ; Accepted: June 16, 2006

一、漁業生物資源之生產及其生態系之能流結構

水生生物資源之發展是源自浮游植物攝取其生活所依賴水體內的水、無機營養鹽、二氧化碳為原料，利用太陽能進行光合作用，以持續植物性浮游生物之增殖，一旦植物性浮游生物增殖密度達到一定程度，以之為餌料之動物性浮游生物或食植性之動物（魚）即因攝食而增長繁殖，再接著以其為餌料之食浮游生物者（**planktivors**）亦隨之繁衍滋長，小魚再被中魚吃，中魚再被更大更兇猛之魚所攝食，這些吃魚的魚被稱為食魚者（**piscivores**），而構成所謂食物鍊及營養階層之能流結構（圖1），水中光合作用的生產量稱之為基礎

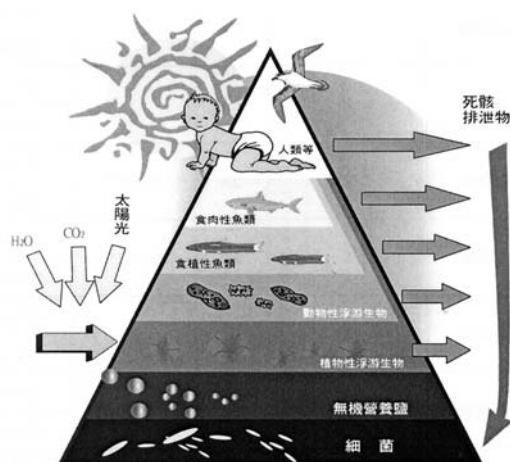


圖1 金字塔型食物鏈

生產量，食浮游生物者又稱之為初級消費者，以下依次為二級、三級、四級及頂級消費者，不同級消費者間之食物鏈間之生物能量的轉移服膺熱力學之第一與第二定律，及（1）能量既不會產生也不會消滅，但可轉換；（2）當能量轉換時，由集中之能流轉換成分散之能流，基此，由生產者轉換成初級消費者間之百分比值稱為生態效率，一般而言約可達30%左右，以下次

級、三級、四級、頂級消費者之生態效率越來越低，但變溫之魚類平均可達1/10，遠比陸上恆溫動物之牛、羊的2%為高，遂形成一個以植物性浮游生物為基石之生物生產能流結構之金字塔（圖1、圖2），稱為基礎生產食物鏈生態系統，這是水生生物的第一類生態系，第一類生態系進行能流轉換時，其分散之能流，即能流轉換時所產生之生物廢棄物（如遺骸、排遺等），部分會下沉至海底，此等有機物稱為底碎屑（detritus），底碎屑被棲息在海底附近或底泥中之細菌等底棲生物攝食並增殖，以底棲生物為餌料之蝦蟹也跟著成長增殖，因而在海底附近形成水生生物之第二類生態系統，稱為底碎屑生產食物鍊生態系統（圖2）。

水生生物第三類生態系統是不靠植物

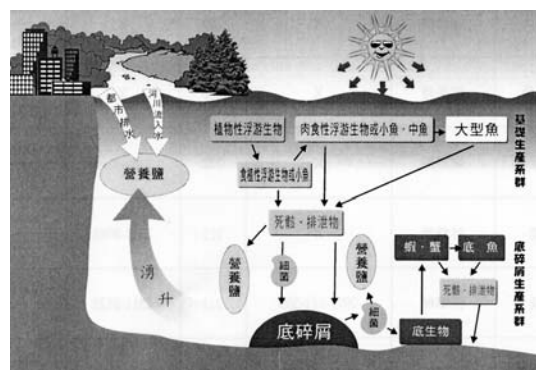


圖2 海洋生物生產的模式圖

光合作用的生態系，稱之為「化學合成生態系（chemosynthesis ecosystem）」，或稱為熱泉生態系（hydrothermal vent ecosystem），此一生態系1977年首度被人類所發現，此源於海底熱泉流液帶來大量之硫化氫，細菌在缺乏日光及氧氣的條件下，吸收噴口四週沉澱液中的硫化氫、微量氧氣、二氧化碳等，並於體內轉化為醣分，提供與其共生之生物體利用。這些底生動物群能藉著與化學合成細菌共生獲得能

源，故有些動物之攝食器官、消化器官消失或退化，不可思議的是有些被視為貧營養之海域，這些生物在高溫海底煙囪之深海底，卻高密度的群集，牠可被視為近三十年來海洋生物學家之「寶庫」。

迄今，人類開發利用之海洋漁業資源仍以光合作用生產系統之生物生產生態系統為主，世界海域基礎生產力之分布如圖3所示（西脇，1974），平均為 $150\text{ mg C/m}^2/\text{日}$ ，則全海洋年間光合成碳素量約200億公噸；如圖4所示，其次再被上表層大洋性魚類（epipelagic fish）攝食，前述能流轉換也被嗜暗性之深海大洋生態系之深海魚類（mesopelagic fish）所利用，而這些基礎生產力生態系之能流轉換過程之生物廢棄物再被眼睛已退化之無光帶的深海大洋性魚類（bathypelagic fish）、下深海大洋性魚類（abyssopelagic fish）、深深海大洋性魚類（hadopelagic fish）及生活在海底之底生生物（benthos）利用，構成海洋生物立體複雜之生態環境系統。

如果200億公噸經能流轉換為食植者之生物約有60億公噸，再轉換為鯖鱈等次級消費者約可達6億公噸左右之資源量；但海洋多樣性生物資源之開發不是只是蛋白質資源之開發而已，人類的嗜好、魚價、資源開發所需之經費等問題不能不加以考慮。因此1976年FAO之IWP（世界指標計

畫工作委員會），由當時人類利用中之重要經濟性魚種推估，其潛在資源量約有1億公噸左右（圖5），如果將當時未完全開發之外洋性魷魚、多獲性浮魚及南極蝦包括在內，當時預估在邁入二十一世紀之前全海域應有2億公噸之開發潛力，再加上中深海魚種之開發的話，則海洋中約有3至4億公噸之潛在資源量，然而自1990年代迄今為止，全世界海洋漁業之漁獲量一直在8,000-9,000公噸之間徘徊（圖5），已達觸頂之狀

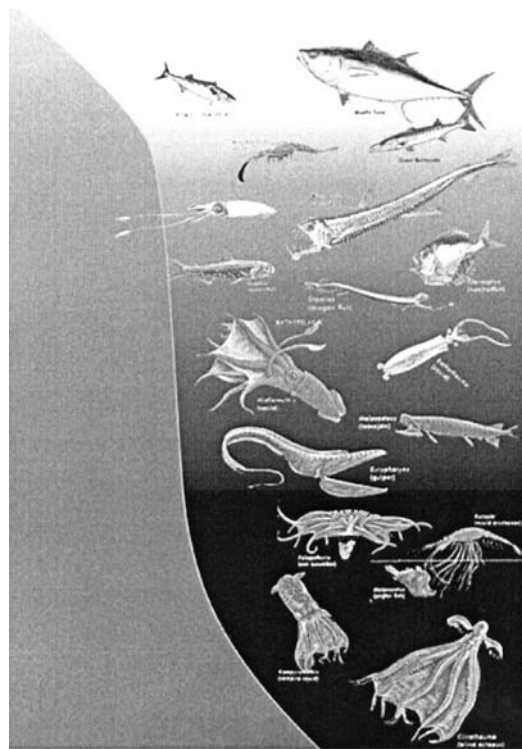
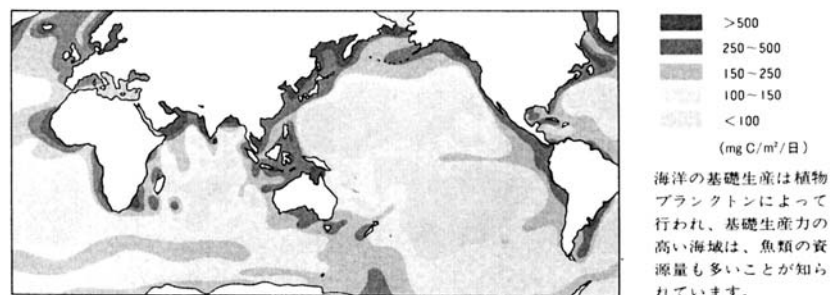


圖4 海洋剖面生物垂直分布圖



世界における基礎生産力の分布（西脇（編），1974，資源生物論）

圖3 世界海域基礎生產力分布圖
資料來源：西脇，（1974）。

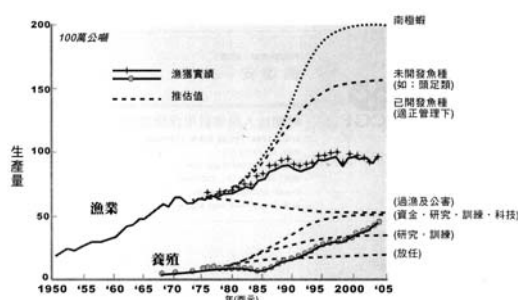


圖5 1974-2004世界漁獲量開發趨勢(FAO, 2005)

態。從1975年迄今，鮪魚增產了250萬公噸以上，魷漁業也增產150萬公噸，鯉魚增加100萬公噸左右。雖然人類很努力開發深海資源，但何以海洋總漁獲量無法成長？反之養殖漁業之成長一如IWP之預估，在廿一世紀已佔世界漁業總產量之1/3以上。此並非當時科學家們之推估不正確，而是因為：

(一) 漁獲量超出漁業資源的恢復力，隨著人口之膨脹，糧食需求殷切，漁船不斷增加，加上新科技、機械之引進等，漁獲能力大幅提升，根據FAO (2005) 之評估 (圖5) 指出，世界海洋主要漁獲魚種，近三成之經濟魚種已超出其資源恢復力，另有半數經濟魚種處於完全開發狀態，若再增加漁獲壓力，資源將失去回復能力。

(二) 漁業活動或人類其他活動對生態環境之衝擊，每一種經濟魚種在生態系中均扮演一定之角色功能，故漁業活動對標的魚種 (target species)、非標的魚種、甚至基因多樣性均會造成或多或少之衝擊，也會對棲地構造、漁場環境造成衝擊，例如底拖網 (demersal trawling) 不只網具與海底接觸面積設計成最大，而且網板 (otterboard)、沉子網 (ground rope) 及滾筒 (chains and bobbins)，均由重材料所構成，其拖曳軌跡內除底質地將受到破壞外，表棲底生物 (epibenthic organisms) 亦

不免有傷亡外，對以之為產卵或攝食場之生物將造成毀滅性之傷害，另外底拖網之漁獲選擇性差，丟棄 (discard) 生物種量太多，而圍網、刺網、籠具、甚至延繩釣等亦均對生態環境有一定程度之衝擊而遭到環境保育團體之質疑。

(三) 海獸之食害：隨著地球環境污染、資源減少、物種滅絕、生態失衡，特別是可再生的生物資源之生產效率降低等現象不斷在人類眼前浮現，環境保護與生態保育成為人類重大課題之一，然而各國由於歷史文化背景之差異，及對自然及野生生物距離之遠近與利害關係之有無，而對此一議題有不同之主張，如國際動物福利基金會 (International Fund for Animal Welfare, IFAW) 與Greenpeace等主張無條件尊重生命，野生生物一如人類之有人權般，提倡動物有動物權 (animal rights)，因此利用野生生物視為捕殺野生生物，是罪惡行為。其次如國際自然及天然資源保護協會 (International Union for Conservation of Nature and Natural Resource, IUCN) 等，主張經由野生生物永續利用，以達到野生生物及其生息環境之保護，這類團體因為對野生生物利用與保育有何關連，在科學上、知識上不易說清楚、講明白，所以一般大眾及媒體不太容易接受。另外世界野生生物基金會 (World Wildlife Fund, WWF) 等，一面以促進自然資源之永續利用為目的，一面對如鯨、豚、海獅、海豹等明星動物又迎合動物權之主張，全面禁捕，據日本學者之研究估計其年間之食害約在2億公噸左右。

二、海洋生物資源之永續發展

就一海洋生物之處女生態系而言，其

資源之增加要因為加入量（仔稚魚成長後加入資源之量），加上增重量（成長量），資源減少之要因為自然死亡，而兩者之差即為資源變化量，當此一處女資源增加至該海域環境之最大容許量（ B_{max} ），生物將不再增加，但如果在此環境中之生物量低於 B_{max} 時，則生物將可繼續成長增加，但增加量與現存量有關，因此生物量隨時間之變動為S型曲線（圖6），而增加量之變動則隨時間呈現山型分布，會有一個最大值出現，如果人類使用生物資源的部分，僅是增加的數量，則資源可以在不減

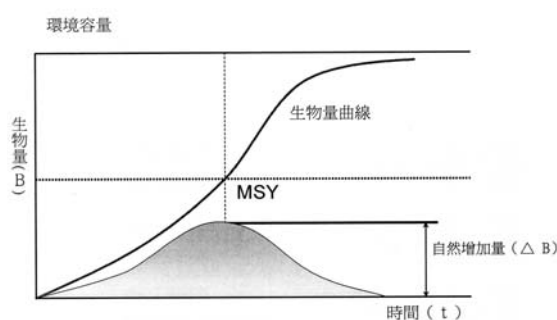


圖6 海洋環境收容量及漁業資源之最適利用

少的情況下，持續被利用，如果能把持續利用量控制在山型增加量之最高點，則為最大可能利用量，稱為MSY（最大持續生產量）。此一數量為環境容許量之一半，即 $1/2 B_{max}$ ，即人類如果能管理控制漁獲量於MSY，可使資源之加入量與增加量反而增加，自然死亡量減少，具體來說，系群之資源量減少，但個體成長速度加快，初步產卵之年齡變年輕，卵之抗力增強，致使加入前之死亡率降低。因此透過漁業管理之漁獲行為的介入，反而可提高海洋生物資源生產體系之生產效率，如此，天然之水產資源將處於最佳之利用狀態，以為漁業的可持續利用之第一要義。

環境剩餘容量的一半空間（圖7）可供給人類自由利用，因此各國紛紛在其週邊

水域進行淺海養殖、箱網養殖，以增加海洋漁業資源之產量，此為漁業的可持續利用之第二要義。人類過去已經透過箱網技術、魚貝類繁殖技術及淺海筏式養殖等科技的開發，讓世界許多國家的潮間帶、淺海養殖得以大規模發展，而良種的應用、科學投餌、病害防治、抗風抗浪性強箱網等配套技術之發展，更提高環境剩餘容量之生產效率；利用生物技術與遺傳工程開發或改良養殖品種，培育成長快、抗寒、及抗病之種苗的積極研究，也讓世人對漁業資源的持續利用充滿期待！

再者，海洋生物之基礎生產只發生在海洋的表層，頂多只發生在200公尺以淺之水層而已，但這一水層雖然因太陽光之透過而有充足之能源可進光合作用，但光合成所需之營養鹽類卻十分缺乏。而200公尺以深之水域，則是海洋生物遺骸所蓄積的地方，尤其是700到2,000公尺間，其海水密度最高，為營養鹽類最豐富的地方，可惜，這地方已是海洋中暗無天日之區，沒有光線可供光合成，除非在沿岸湧流強的地區，否則以深海水之循環理論而言，這些富饒海水再次被湧昇至表層要如前所述1,500年之久。因此漁業的持續利用之第三要義為人造生態環境技術之開發，其方法有：（一）人工魚礁生態系的造成；（二）製造人工湧昇流，將深層海水之營養鹽送到陽光透過層；（三）利用光纖將太陽能導入營養豐富之水層，以增加海洋之生產力。人工魚礁之成果已勿用多言，而隨著人類半導體、電晶體科技、通信科技之日新月異，科學家們對其他的兩個辦法亦充滿了「憧憬」！另外日本以直接以虹吸法汲取海洋深層水，以其無菌及富營養鹽之特性，飼育養殖及栽培漁業之種苗，培育初期餌料之藻類及浮游生物，並作為藻場

造成及海域施肥之用，深層水如能結合食品微生物之培育及礦泉水之製造、食品工業等之用途，深層水對海洋資源之持續發展正方興未艾。

漁業資源的持續利用的另一個要義是海洋環境保全及海洋環境的修護，三十多年來，人口急速成長，已使海洋生物資源環境遭受到（一）過漁及非法捕魚（電、毒、炸魚）；（二）污染導致物種消失，群聚及生態系改變，環境賀爾蒙破壞海洋生物之免疫力、繁殖力…等；（三）河口、潟湖、紅樹林及珊瑚礁等卵、稚魚生命搖籃之棲地的破壞；（四）不當外來種的跨海引入，導致生態系結構之改變；（五）全球環境變遷而改變海洋生物之時空分布及其資源動態等問題，故建立種源庫、基因庫，並保育、復育這些物種，修護或保護這些棲地等均是漁業持續利用的重要環節！

持平而言，漁業與農業同屬一次產業，就歷史軌跡來看，十九世紀的一次產業是化學農業時代，那時農業藉著肥料及農藥之發展，生產量不斷提高，但歷經二世紀之發展，也讓地球廣泛受到無機質的污染及土壤酸化之負作用；而二十世紀是物理學發展的農業時代，機械省力化、電腦化讓一次產業技術更精益求精，但其結果是山坡地的過度開發及高冷地區農業之不當發展，歷經不到一世紀，已造成濫墾濫伐，洪水、土石流橫行。所以人類如果希望活存下去，只有善用科技使資源不斷地再循環利用，尤其是台灣是一個海島國家，自然資源十分缺乏，不能永遠只靠輸入原料加工後再輸出生存下去，故陸上只能建立「綠色矽島」，另外藍色國土的海洋，其生物資源屬於再生生物資源，為循環型的一次產業，而科學家們異口同聲認

為二十一世紀將進入生物科技時代，藉由生物科技之發展，人類可與環境共生，我們拭目以待。

三、漁業及其相關產業、服務業

海洋生物與環境的多樣行及其再生資源之特性，對漁民而言，猶如水下銀行，漁民漁獲漁業資源之再生部分（利息）以維生，也讓世人從第二次世界大戰後努力脫離貧困、糧食安全保障及營養之確保上立下了汗馬功勞。另外水產之加工、銷售、分配、網具製造、造船及電動機的保養維修，均使濱海漁業社區提供了與漁業有關之產業與就業機會，一般而言，漁業產業中的海洋漁業、水產養殖業稱為產業經濟中的第一級產業，其次則包括水產品加工和漁具、漁具材料及漁船及漁用機具製造業等二級產業，再則是水產品、水產物流及水產加工品之批發零售貿易業、休閒觀光及教育文化等體驗型服務業（圖7）。另外，隨著生物科技之發展和人類生活水準之提高，海洋生物活性物質之分布、作用以及作為藥用及保健品之功效逐漸被究明，甚至產業化。體驗型服務業及高新科技產業不在本文討論之列。

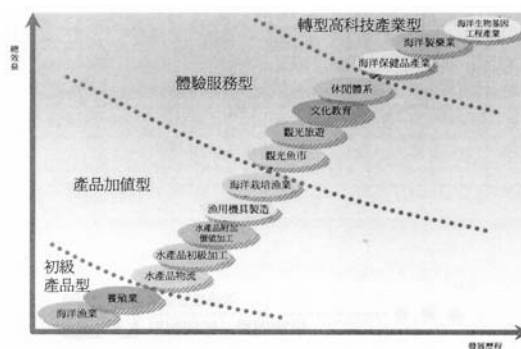


圖7 漁業資源及其相關產業演進示意圖

四、世界漁業相關產業發展趨勢

(一) 海洋漁業

1. 區域及國際漁業組織強化漁業資源管理（包含公海漁業）

包括建立漁業管理之相關漁業法規、健全和嚴格漁業資源管理制度、環境保護措施，特別是鮪類相關國際與區域性國際組織已實行總許可捕撈量（TAC）制度及國別配額制度、白名單船制度（許可捕撈制度）等，而且初步成果已顯現。其他如實施禁漁區、禁漁期、混獲比例規定、限制幼魚比例及規定標的魚種等也廣為漁業管理機構或各國漁業管理機構所用；另外網目尺寸、作業船數等亦在限制之列。

2. 國際漁業合作之主流趨勢日漸困難，且競爭態勢依舊存在

200浬專屬經濟區實施以來，沿海國家因擁有海域及海洋生物資源之開發利用的主權，但卻缺乏資金和技術，希望與漁業發達之國家進行合作，漁業合作曾經成為主流趨勢，但各國對外國漁船之入漁條件越來越苛刻，加上國際或區域漁業組織實施總量管理制度，漁業合作越來越困難，而且水產品市場以日本、歐州為主要市場之集中態勢也越來越明顯，造成入漁壁壘加高，排外傾向明顯，漁場競爭激烈。

3. 漁業的多功能性機能重新受到重視

遠洋漁業受到公海漁業及他國經濟水域的嚴格規制，各國對自己水域內漁業資源之適正管理及以增養殖方法提升資源之高度利用是重點，因此漁業對糧食資源、增進國民健康及醫藥品等原物料之供給機能十分重要外，對藉著生物資源能流轉換以淨化環境與保全環境之功能，以及在創造所得及雇用、繼承及創造文化等漁村社區功能之維持十分被期待，漁業活動對海域及生態系之守護也是漁業不可忽視之功

能之一。

4. 漁業國家亟待提升漁業之國際競爭力，改善漁船漁業結構

200浬經濟體制確立，加上全球化與貿易自由化，開發中國家逐出漁業國之遠洋漁業船隊，掌握巨大的漁場，致魚食消費國之魚價不升反降，漁業問題暫時被這些國家主政者擱置一旁，這些國家漁業界也墨守成規，甚至利用廉價之外籍勞工，勉強維持競爭力，不思改革，因此漁船漁業呈現疲弱不振之局面，技術研發隨之停擺，與陸上社經結構之變化，形成強烈對比，主流觀點甚至認為一次產業已無法在先進國家立足，但隨著全球水產品供應愈來愈吃緊，為發展嶄新的優質漁業而進行汰舊建新，已在歐、美、日等國家形成之漁業政策藍圖中。

(二) 養殖漁業

1. 大力發展養殖漁業

全世界總漁業產量中，養殖漁業產量所佔比例已超過1/3（圖8），而海洋漁業的

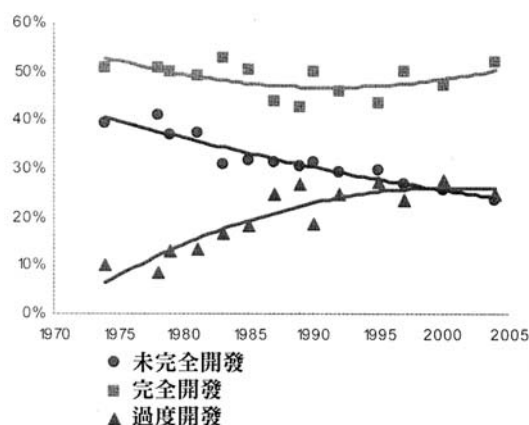


圖8 世界漁獲量及其生產趨勢預測
(1976年FAO之IWP)

持續穩定之發展也要靠增養殖業，由於養殖魚類具有供應穩定、肉質佳之優點，國際市場對養殖蝦類、鯛魚、紅魷、鰻

魚、海鱷、蟹類、石斑魚、吳郭魚及鮪魚等之需求量日增，加上資金、研究、人才訓練及科技能果之推波助瀾下，各國均大力發展養殖漁業。

2. 以高科技為基礎的養殖時代已來臨，生物技術發展正逐漸應用到海水養殖業上，養殖病害之有效診斷與防治、系統化與生態調控技術等均有令人鼓舞之突破，為海外養殖業永續發展提供必要之前題。

3. 海洋產業高新科技園區之建立海洋深層水科學園區已進入量產階段，養殖業是其中之核心產業之一。

（三）水產食品業

1. 嚴格要求漁產品的保鮮、加工及儲運管理

當前的消費者，尤其是先進國家和地區，對食品安全要求愈來愈嚴格，食品工業受到各國法規，甚至區域性或國際法規的高度規範，為此，漁產品必須從海上生產之第一環節到消費者為止，實現處理過程之管理責任，尤其是現代之消費者消費水產品不只要求「清潔安全、新鮮好吃而已」，而且漁產品最好是耀眼奪目又易於調理，顯示出高品質之印象（high class image）。

2. 增加漁產品附加價值

增加漁產品附加價值之方法很多，有形的的方法是讓產品變得更容易食用或更美味，如將產品切片、包裝、烹煮或搭配其他食材等以減少烹調時間，提升食用之方便性或創新口味等。無形價值則是讓食品更符合現代消費意識，如健康、安全、環保議題等，如生產履歷、生態標籤、私家品牌，或共同品牌之建立等。

3. 漁產品不只生產、加工、流通、販

售一體化，而且與休閒、觀光、餐飲、娛樂、品牌漁業等一體化、綜合化經營。

五、台灣漁業相關產業之教育概況及其問題點

政府遷台後漁業蓬勃發展，漁業教育體制在七〇年代、八〇年代達全盛之時代，與漁業資源開發相關之學校在大學有國立台灣海洋大學、國立台灣大學、國立中山大學、國立成功大學（船舶機械系），在技術學院及專科有國立高雄海洋科技大學、國立澎湖科技大學、中國海事商業專科學校，而高級職校方面有國立基隆海事水產、國立蘇澳海事水產、國立台南海事水產、國立東港海事水產、國立成功海事水產等職校，另外鹿港高中附設有養殖科，金門高級農工職校設有漁業科、水產養殖科，馬祖高中亦附設有漁業科、水產養殖科，在當時二十年之間，漁業教育事業不但在數量上穩步增長，同時亦不斷調整結構、提高質量，其中國立海洋大學、國立高雄海洋科技大學均設有較完整的漁業相關產業之相關課程或系所，台灣海洋大學、台灣大學、中山大學之部分學系及其碩博士班則著重於生物及資源領域之學術研究與人材之培育，其他漁業相關高等人才培育方面，造船相關系所逐漸更名，輪機工程系已逐漸更名為輪機與機械系，但新設海洋生物技術系及生物技術系，基礎技術人才培育方面，水產養殖科及水產食品科、水產製造科在此期間受到社會之重視，培育人才亦有不錯之成長與表現，但現在則只剩基隆、蘇澳、澎湖三所海事水產職校設有漁業科，漁業科在六〇、七〇年代是漁業學群之骨幹，原本為各海事

水產職校中均有設立，且為主科，但因政府一直對漁業經營、船員聘雇等證照制度之改革缺乏遠見，對漁業科技、漁業生產自動化、漁船生活環境等改善也一直沒有大的政策藍圖，導致漁業科學生不願到漁船工作，目前我國遠洋鮪漁業產量為世界數一數二，魷漁業則佔世界第三位，沿近海漁業亦為背山面海漁村之經濟命脈，但經營卻一直疲弱不振，漸漸以外勞為主，勉強經營之狀態。但漁業資源是人類糧食安全之保障，在原物料日漸高漲之今日，「維持強大遠洋漁船隊，建構優質沿近海漁業，發展高品質養殖漁業，提升水產食品之安全保障」應該是我們的基本目標，站在海事水產教育之立場，目前的漁業教育體制是否足以完成這一目標，答案可能是否定的，原因是（1）學系（科）設置不利於漁業資源多元化利用之發展（圖8），以往過度集中在漁業、製造、輪機、養殖等傳統產業之人材培育，具交叉專長或體驗經濟與轉型經濟之人才少；（2）漁業相關教育及科研經費投入不足，高職之定位不明，精省以來幾乎已沒有資本門可添購設備，然而科技日新月異，不只原有儀器已落伍，與今日漁業科技脫節更大，而大學教育經費緊縮，漁業教育之現場在海洋，不只接近現場之成本高、設備費高，而且未曾配置教學實習之船隻，也就是其辦學經費是以陸上產業之思維公平分配的，培育之學生自然難以學以致用；（3）漁業等傳統產業相關科系沒有因應高新科技化之發展趨勢而調整課程內涵，培育人才在漁業產業中之貢獻率低（已如前述）；（4）產學研結合不夠，教師研究力量分散，研究成果轉化為產業技術之比率低，教師為升等及申請計畫經費等，忽視科技之連續

性，命題要求快且易顯現成果之項目，造成研究成果之成熟度低。

參考文獻

- 李國添（2001，11月）。**海洋大環境與其生物資源之永續發展，海洋資源開發、利用及發展**。論文發表於中國礦冶工程學會九十年年會專題討論會，台北。
- 李國添（2003）。漁業之永續發展。載於邱文彥（主編），**海洋與台灣過去現在未來—海洋產業發展**（頁111-130）。台北：胡氏圖書。
- 西脇昌治（1974）。**世界における海洋環境と生物の生産力および潜在資源**。資源生物論（海洋学講座13）。東京：東京大学出版会。
- FAO Fisheries Department(2005). *Review of the state of world marine fishery resources*. FAO.