

從生產法則談漁業資源之永續利用

曾萬年

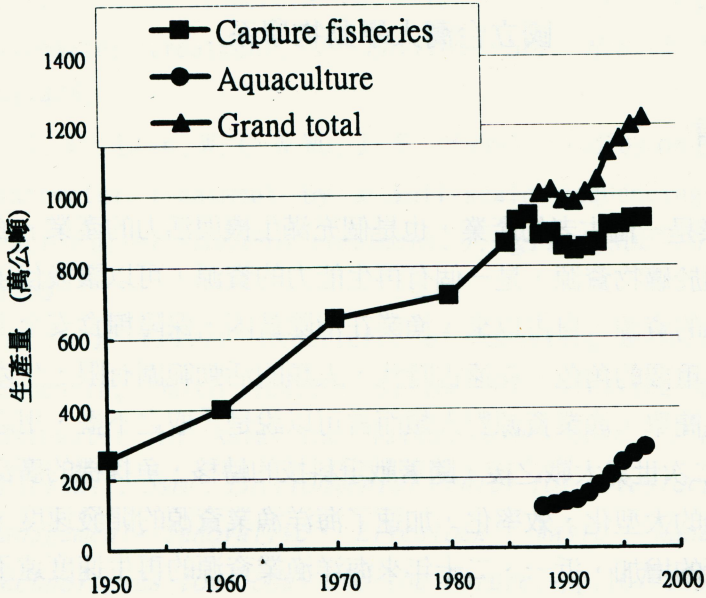
國立台灣大學動物學系

一、引言

漁業是一個古老的產業，也是個充滿生機與活力的產業。漁業資源有別於礦物資源，是一個有再生能力的資源，可以讓後代子孫永續利用的資源。自古以來，漁業在消除貧困，保障糧食安全上扮演著非常重要的角色。在遠古時代，人類的活動範圍有限，生產的工具也很簡單，漁業資源對人類而言可以說是「取之不盡、用之不竭」。但二次世界大戰之後，隨著戰爭科技的轉移，魚探機的廣泛應用，漁船的大型化、效率化，加速了海洋漁業資源的開發速度，漁獲量不斷的増加，近一、二十年來海洋漁業資源的再生速度遠不如捕撈利用的速度，漁業資源從此面臨無比的壓力，世界各地普遍出現資源衰退、生態環境惡化等現象。如何讓漁業資源得以永續利用，成為全世界人類共同關注的話題。

二、歷年來世界漁業生產量的變動

漁業生產量，分別來自天然的捕撈漁業(capture fisheries)及人爲的養殖漁業(aquaculture)。1950 年全世界這兩項漁業的總生產量爲 25.9 百萬噸，到了 1997 年增加爲 122.1 百萬噸。增加的速度非常驚人(圖一)。

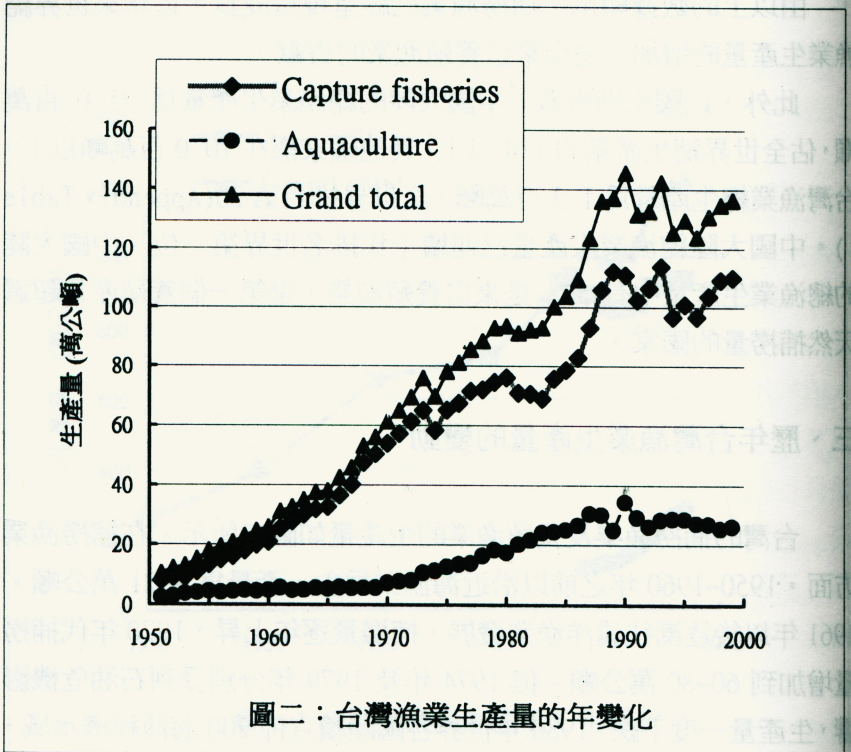


圖一：全世界漁業生產量的年變化

但仔細看近十年來的漁業發展狀況，卻發現天然捕撈漁業呈現逐漸衰退現象。天然捕撈量，1989年達到100.3百萬噸的歷史最高點，之後逐年下降。1997年降到93.3百萬噸，10年間減少7%左右，天然捕撈量已呈現飽和狀態。

另一方面，養殖漁業的生產量，在1988年為11.7百萬噸，到了1997年增加到28.8百萬噸，與上述天然捕撈量來比，養殖漁業卻是呈現快速成長的局面。養殖漁業的生產量，10年間增加250%左

公噸左右。



由以上的產量變動趨勢來看，台灣近十年來不論是捕撈漁業及養殖漁業都呈現減緩的趨勢。

四、海洋魚類的潛在生產量

海洋的面積，佔全球面積的 71%。究竟海洋中可以生產多少魚類呢？Ryther(1969)曾經用能流(energy flow)的概念加以推算。這

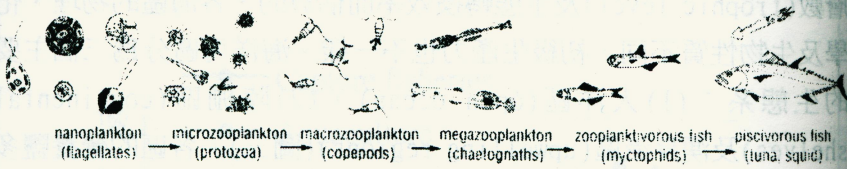
個方法，是依照海洋的初級生產量(phytoplankton)、食物鏈營養階層數(trophic level)及生態轉換效率而估算的，各海區的物理、化學及生物性質不同，初級生產力也不一樣。海洋可區分為三個主要的生態系：(1)大洋區(open ocean)，(2)陸棚區(continental shelves)及湧昇流區(upwelling regions)(圖三)。各區的營養鹽多寡不同，初級生產量的豐富度也不一樣；生態系不同，魚類群聚構造也不同、食物階層數也不一樣。食物位階每升高一階，能量就損失 80~90%。大洋區面積雖然廣大，但是平均單位初級生產量低，而且食物鏈營養階層數又多，生態效率也低，因此其魚類生產量遠不及湧昇流區域，依此方法所估算的海洋魚類總生產量為 240 百萬噸(表一)。目前天然捕撈漁業的總生產量為 100.0 百萬噸左右。換言之，每年幾乎撈掉海洋中魚類總資源量的半數左右，能夠利用的資源已經非常有限，到了不得不認真思考資源永續利用的時候了。

表一. 海洋中魚類生產量的推定(Ryther, 1969)

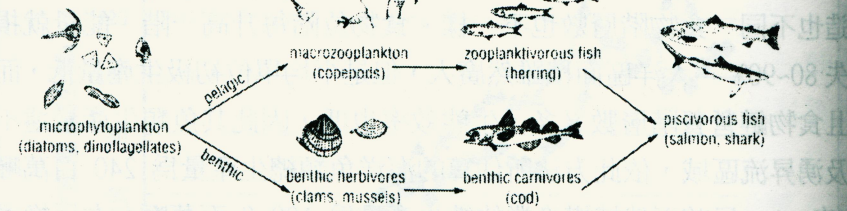
水域	面積 (km ²)	面積 的 比率 (%)	平均 初級 生產量 (gC/m ² / 年)	總 生產量 (10 ⁹ 噸 C/年)	食物鏈 營養 階層數	生態 效率 (%)	魚類總 生產量 (噸)	魚類 單位 生產量 (g/m ² / 年)
大洋區	326×10 ⁶	90.0	50	16.3	5.0	10	16×10 ⁵	0.005
沿岸域*	36×10 ⁶	9.9	100	3.6	3.0	15	12×10 ⁷	3.4
湧昇流區	3.6×10 ⁵	0.1	300	0.1	1.5	20	10×10 ⁷	360
合 計				20.0			24×10 ⁷	

*包括生產力高的陸棚區

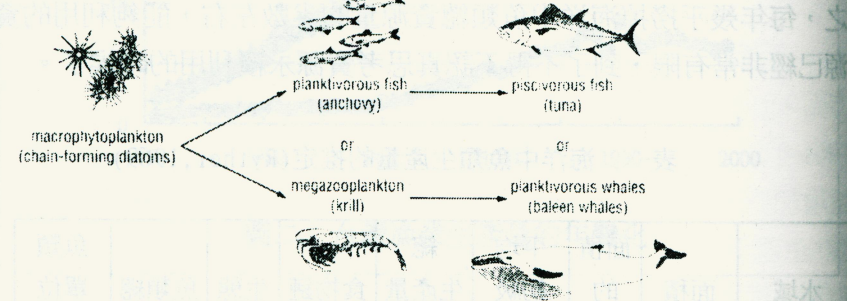
I. Open ocean (6 trophic levels)



II. Continental shelves (4 trophic levels)



III. Upwelling regions (3 trophic levels)

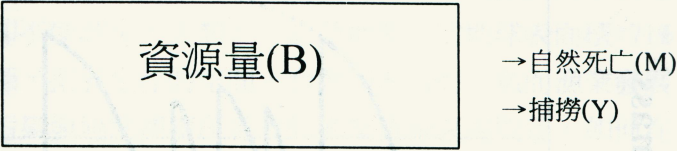


圖三：三種不同海洋生態系的食物鏈之比較。圖中的生物代表每一食物位階（生物大小不成比例）

五、最大持續生產量的概念

魚類資源是可再生的資源(renewable resources)，其資源量的變動受到生殖與生長以及自然死亡與捕撈等四項因子的控制。資源

量的變動模式如下：



資源量，因生殖與生長而增加；相反地，因自然死亡與捕撈而減少。如果捕撈量(Y)大於生殖(R)、成長(G)及自然死亡(M)三項的總合時，資源量(B)就會下降。適當的捕撈，有益生殖與生長。但是要捕撈多少，才是最適當呢？以下的剩餘生產量模式(surplus yield models)可以解答之。

在自然情況下魚類資源量(stock biomass)隨著時間呈現邏輯曲線(或S型曲線)的方式遞增(圖四)。資源量(B)的變化率為

$$dB/dt = rB (1 - B/ B_{\infty}) \text{ ----- (1)}$$

式中，r 為自然增加率， B_{∞} 為最大資源量。

假設每年的捕撈量為Y的話，則

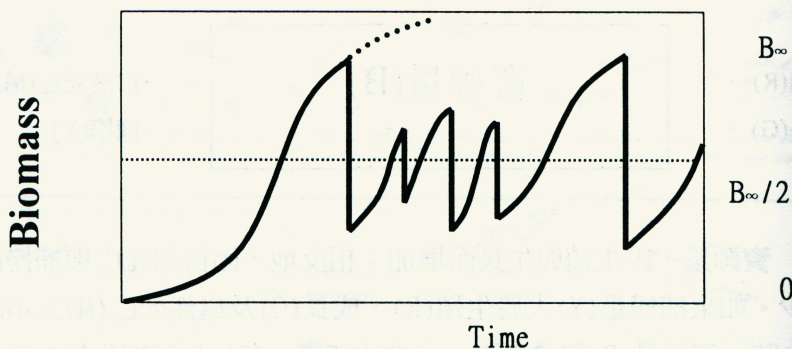
$$dB/dt = rB (1 - B/ B_{\infty}) - Y \text{ ----- (2)}$$

如果捕撈量(Y)與生殖、生長及自然死亡等三項總和相等時，資源量維持不變($dB/dt=0$)。於是

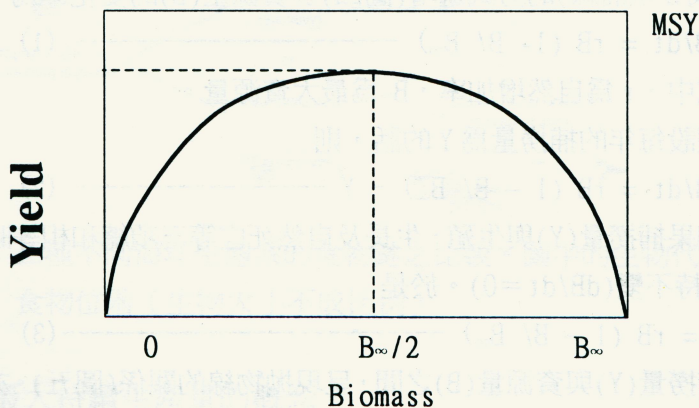
$$Y = rB (1 - B/ B_{\infty}) \text{ ----- (3)}$$

捕撈量(Y)與資源量(B)之間，呈現拋物線的關係(圖五)。亦即，將資源量維持在最大資源量(B_{∞})的一半時，可以得到最大的持續生產量(MSY, Maximum Sustained Yield)

六、邁向 21 世紀永續漁業的發展方向



圖四：資源量 (B , stock biomass) 隨時間變化的邏輯 (或 S 型) 曲線。資源量到達最大資源量 (B_{∞}) 的一半時，因資源開發利用導致資源量的變動情形。



圖五：捕獲量 (yield) 與資源量 (stock biomass) 之關係。當資源量控制在 $B_{\infty}/2$ 時，可以得到最大持續生產量 (MSY)。

當今全球面臨著人口增長、資源衰竭以及環境惡化等三大難題，尋求世界經濟的永續發展是人類共同的目標。世界人口不斷增加，耕地資源卻不斷減少，人類不可避免地要向佔地球表面積 71% 的海洋索取資源，拓展生存的空間。台灣四面環海，然而漁業發展也面臨著環境污染與過度捕撈所導致的漁業資源衰竭問題。如何在漁業經濟發展與資源保護之間取得平衡，是台灣也是世界各國共同關心的緊迫課題。解決之道，就是注重漁業資源的永續利用，具體做法如下：

1. 加強對漁業資源和生態環境的保護，嚴格控制捕撈強度：

據估計，全世界有 47% 的漁業資源種類受到過度捕撈，如果不加以保護、降低捕撈強度，資源即將逐漸枯竭。以彼岸的中國大陸為例，爲了保護漁業資源，已經在中國沿海全面實施伏季休漁制度，讓魚類每年有產卵與哺育的機會；並實施捕撈產量的“零增長”計畫。同時逐步縮減捕撈漁船數量、控制捕撈強度，使捕撈強度不至於超過資源再生能力，確保漁業資源的永續利用。

2. 發展健康的養殖模式，保證水產養殖業的永續發展：

台灣的土地資源及水資源都非常有限，沿海低窪地區的過度開發利用，容易導致土地鹹化及地層下陷。要積極推廣健康的養殖技術和生態養殖模式，加強對養殖業的管理，對養殖區域進行合理規劃和佈局，加強健康種苗的培育、提高飼料轉換效率、減少藥物使用量、加強疾病防治、促進產銷平衡、保護水域生態環境和種苗資源，早日邁向健全養殖業的永續發展。

3. 加強國際漁業合作與交流：

台灣漁業與世界漁業發展同步，台灣漁業的總產量有 70% 以上是來自台灣領海以外的海域。世界漁業所發生的問題也就是台灣的問題。我們必須繼續本著平等互利的原則，與有關國家發展漁業合作關係，共同發展漁業經濟，共同確保漁業資源的永續利用。

4. 加強漁業科技的應用及理論的研究：

漁業是一個由捕撈、養殖、加工、產銷、漁業工業以及科技、教育相互配套，融合為一的完整產業體系。近年來漁業資源管理人才出現斷層現象，沿近海漁業資源的評估、管理及漁業調整工作無法落實。今後政府應加強漁業科技及教育人才的培育，使我國早日邁向漁業現代化的國家。

七、參考文獻

1. 楊堅。(2000)。中國漁業的發展與展望。第三次世界漁業大會主題報告講稿。北京，2000 年 10 月 31 日。14 頁。
2. 中國水產學會編。(2000)。邁向 21 世紀的漁業科技創新。2000 年中國水產學會學術年會論文集，海洋出版社，北京，693 頁。
3. 劉錫江主編。(1994)。兩岸海洋漁業發展研討會專輯。中國水產協會出版，台北，300 頁。
4. U. S. Department of Commerce. (1999). Fisheries of the United States, 1998. Current Fisheries Statistics No. 9800. 130pp.
5. Hancock, D. A., Smith, D. C., Grant, A. and Beumer, J. P.

- (1997). Developing and sustaining world fisheries resources: The state of science and management. 2nd World Fisheries Congress. 797pp.
6. King, M. (1995). Fisheries biology, assessment and management. Fishing News Books. 341pp.
7. Lalli, C. M. and Parsons, T. R. (1993). Biological oceanography: An introduction. Pergamon Press, New York. 301 pp.
8. Ryther, J. H. (1969). Photosynthesis and fish production in the sea. Science 166: 172-176.

Appendix Table 1
WORLD AQUACULTURE AND COMMERCIAL CATCHES BY COUNTRY OF FISH,
CRUSTACEANS, AND MOLLUSKS, 1993-97

Country	1993	1994	1995	1996	1997
	Metric tons				
China	19,708,119	23,833,631	28,418,359	31,936,876	35,037,967
Peru	9,009,639	12,005,120	8,943,111	9,521,960	7,877,252
Japan	8,080,820	7,389,335	6,787,414	6,765,484	6,688,833
Chile	6,036,007	7,838,538	7,590,985	6,908,896	6,083,913
United States	5,940,634	5,926,130	5,637,977	5,394,814	5,448,385
India	4,545,717	4,737,765	4,905,921	5,257,546	5,378,004
Russian Federation	4,461,381	3,780,537	4,373,827	4,729,565	4,715,024
Indonesia	3,685,439	3,913,151	4,139,057	4,290,711	4,403,810
Thailand	3,385,003	3,522,056	3,572,772	3,514,830	3,488,104
Norway	2,588,261	2,570,220	2,802,714	2,960,106	3,222,970
South Korea	2,649,368	2,700,676	2,688,070	2,771,759	2,596,474
Iceland	1,718,498	1,560,184	1,616,033	2,063,855	2,209,607
Philippines	2,226,395	2,232,919	2,222,031	2,133,035	2,136,249
Denmark	1,657,520	1,916,227	2,043,763	1,722,941	1,865,760
Viet Nam	1,061,618	1,177,556	1,394,176	1,431,000	1,546,000
Mexico	1,131,000	1,223,242	1,355,049	1,495,423	1,528,520
Argentina	931,758	949,520	1,148,842	1,250,050	1,352,400
Bangladesh	1,047,170	1,090,610	1,172,868	1,264,435	1,342,730
Spain	1,221,009	1,336,458	1,391,142	1,332,220	1,341,311
Taiwan	1,410,887	1,248,895	1,288,428	1,229,886	1,295,578
All others	21,859,953	21,226,939	22,549,095	21,966,808	22,578,675
Total	104,356,272	112,188,707	116,041,634	119,942,200	122,137,566

Note: Data for 1993-1996 are revised. For the United States the weight of clam, oyster, scallop, and other mollusk includes the shell weight. This weight is not included in U.S. landings shown elsewhere.

Data for marine mammals and aquatic plants are excluded.

Source: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).