



邁向生態系結構的平衡式漁撈

陳郁凱、陳均龍、吳繼倫 摘譯

水產試驗所海洋漁業組

漁撈行為對於生態系以及漁獲量的衝擊受到越來越多的關注，許多管理策略嘗試在維持糧食安全的前提下，降低漁撈行為的衝擊，其中的一個作法就是提高漁獲的選擇性(selectivity)。管理者通常會依據目標魚種的生物學特性及數理模式模擬結果，限定可捕撈魚種的體長範圍或是性別(例如龍蝦)，因此漁獲物的組成比例與自然生態系統中出現的比例是有差異的。然而，有越來越多的證據顯示，選擇性的漁撈(selective fishing)並不會使產量達到最大化，也無法將漁撈的衝擊降至最低。因此有學者提出平衡式漁撈(balanced harvesting)的概念，認為這樣的策略或許能更有效的降低漁撈的負面生態衝擊，以維持漁業的永續。現行的漁業管理模式多針對個別物種、性別、體長、捕撈季節與地點等因子進行限制，平衡式漁撈指的是將適度的漁獲死亡率盡可能分散到在某生態系中所有的物種、系群，並且涵蓋各個體長範圍，讓生態系中不同的物種組成、性別與體長的分佈能夠維持其在自然狀態下應有之比例。

從事漁業的漁民基於實際執行面、經濟考量或者是管理法規等各種不同理由，選擇不同的漁具與漁法，也決定了他們的漁獲種

類以及體型。成長過漁的概念(也就是認為捕撈小型魚將導致總產量減少)是自1950年代以來，現代漁業管理的一個重要基礎，避免捕撈族群中的小型個體，被認為可以讓魚類在被捕撈前獲得至少一次的生殖機會，可提高漁獲選擇性及增加漁產量。聯合國糧農組織(FAO)的漁撈行為準則強調盡量減少捕撈非食用性的種類或體型太小的個體，也就是降低混獲。此外，世界各地的漁業一直以來都是針對魚種進行體長限制、網具限制、禁漁區、禁漁期等管理規定來降低漁業的衝擊。

然而上述的管理方式，選擇性的將族群中某些體長區間的個體移除，無法避免地，最終將改變一個族群或群聚的組成，隨之而來的則是生態系統以及多樣性的改變。年齡大的個體對族群的生殖貢獻最大，即便適度的漁撈也會降低族群中較大年齡群的比例，而選擇性漁撈則會放大這個效應，因為管理規定通常是限制捕撈一定體型以上的個體，而且選擇性的捕撈大型個體並不會如預期得到高漁獲量，並且造成生態上以及演化上的副作用。若將較大年齡群的個體移除，族群豐度的波動將會變大，族群量處於低水平的風險也隨之增加。漁業活動的增加以及選擇

性的漁撈已經被認為會使得族群的性成熟時間提早，而且成熟個體的體型也會變小。雖然我們還並不完全明瞭在環境上以及基因上的改變機制，魚體小型化在世界各海域似乎已經是很普遍的現象。

2002 年，紐約州立大學石溪分校的科學家發表了一個充滿爭議性的實驗。他們捕捉長島周邊的大西洋銀漢魚 (*Menidia menidia*) 蓄養在 6 個水槽中，每個水槽約一千尾。在 190 天後，移除每個水槽內 90% 的魚。在前兩個水槽，他們只移除最大的個體，接下來的兩個水槽只移除最小的個體，剩下的兩個水槽則是隨機移除槽中的個體。之後將每個水槽殘存 10% 的個體繼續蓄養並且刺激牠們繁殖，在經歷四個世代後，大型個體被移除的族群之後代平均重量只有隨機移除族群的三分之一。

但某些學者認為這個實驗失真了。人工刺激繁殖的手段實質上係將族群控制在固定的年齡達到性成熟，因此移除大型個體對那些小體型即成熟的個體較為有利。相對地，在天然環境的野生族群性成熟體長相對來說較為固定，但性成熟年齡則有所差異。成長較慢的個體會較晚成熟，成長快的個體性成熟也較早。因此，體長限制可能會選擇性的移除槽中成長較快的個體。然而該實驗並沒有考量到這樣的可能性。

過去多以魚類達到性成熟典型的體長及年齡來繪製族群的性成熟曲線，但如果不考慮食物充足與否、氣候或是其他環境因子所造成的成長率差異，比較不同族群間的性成熟曲線很可能有所誤導。因此，Olsen 等人 (2004) 發表於 *Nature* 的研究考慮了上述成

長率變異，指出相較於 1980 年出生的北方鱈魚 (*Gadus morhua*)，1987 年出生的鱈魚性成熟的年齡較低，性成熟體型也較小。發生這個改變後，隨之而來的就是 80 年代晚期至 90 年代初期加拿大近岸的鱈魚資源急遽崩潰。這是近年來最著名的漁業資源崩潰，這樣的改變很可能會造成急速的演化，強大的漁獲壓力是造成這些改變的主因，但是具有體型選擇性的漁撈行為使這個問題更惡化。

對於魚體小型化現象，從海水溫度的變化到食物的短缺等都是可能的解釋，但最主要的原因卻可能是設計用來保護漁業的措施。例如，許多國家強制規範拖網漁船必須使用較大的網目，讓體型小且年輕的魚能夠逃離網目，這個邏輯相當簡單：如果僅捕撈族群中年齡大、成長最快的個體，將只有年齡小的魚能存活、生殖並繁衍後代。漁業科學家以及保育人士支持體型限制，因為他們認為體型限制能夠保護資源，漁民也樂於以大型且高經濟價值的魚類為主要漁獲對象。

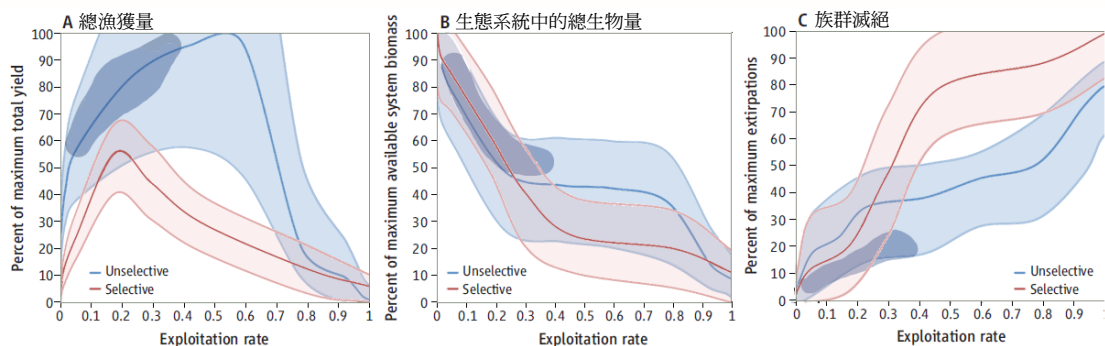
但如果限制漁獲體型的理論是錯的怎麼辦呢？在過去五十年間，科學家並沒有發現太多的證據，來支持減少捕捉幼魚或體型小的魚能夠增加年度的漁獲量。取而代之的是，現在有少數的研究人員提出這樣的論點——認為魚類正在適應這些體長限制，將較多的能量分配在提早達到性成熟而非用來快速成長。魚類體型變小導致的結果就是他們將會產下較少的卵。雖然這些科學家並不否認過漁是對漁業的最大威脅，但他們認為人為的演化壓力將會造成難以逆轉的有害衝擊，人們未來幾年內仍可以忽視這個現象而平安無事，但這個現象具有累積性，問題仍然不

斷的在擴大。

漁業導致族群演化改變的理論最早可追溯到 1981 年，當時加拿大的漁業科學家 William Ricker 認為銀鮭 (*Oncorhynchus kisutch*) 以及粉紅鮭 (*O. gorbuscha*) 的性成熟體型變小是因為日本的刺網漁船只針對公海上體型最大的鮭魚進行捕撈。以斯柯西亞陸棚區 (Scotian Shelf) 及北海 (North Sea) 的漁業為例，強大的漁獲壓力與選擇性捕撈，所產生的效應之一就是改變了原有群聚的營養階層結構，使得魚類組成從大型的種類轉變成小型的種類為主。1976 年時，體長大於 100 cm 的大型母鮭佔了阿拉斯加河鮭魚產卵族群的 20% 以上，時至今日，這個數目已經小於 4%，而母鮭所產下的卵數也下降了 16%。相較之下，非洲許多的小型內陸漁業，雖然漁獲壓力也很高，漁民使用非法網具大小魚通吃，但該地區的營養階層組成似乎較為多樣化且完整，與未開發地區的組成相當類似，其差別只是生物量比較低而已，魚類族群仍能夠維持一定的體型分布比例。

研究結果顯示，當漁獲壓力遍及各個物種與各種體型時，漁民可以捕到更多的魚，而且這樣的捕撈方式要將某單一族群滅絕的機率很低。

將數十個不同生態系統的資料綜合在一起進行模擬 (如圖)，結果顯示，適度的漁獲死亡率若能廣泛遍及生態系中的許多物種，並且涵蓋各種不同的體長範圍，可以使總漁獲量最大化，並較有效地保護生物多樣性。只有在漁獲死亡率極低的情形下，選擇性漁撈才能同時維持生物多樣性，然而這樣的漁獲量並沒有經濟效益，無法支撐漁業。在多物種漁業模式 (multispecies fishery models) 中顯示，提高網目的大小可能會降低總漁獲量，而針對特定物種或體長範圍的個體進行捕撈，無論漁獲死亡率的高低，均無法使生物多樣性最大化。若漁撈對象能涵蓋較多的種類以及體長區間，漁獲量會較高，而且在各種不同的漁獲死亡率下，族群滅絕與生物量耗竭等漁撈造成的衝擊，會比選擇性漁撈要低。



模擬傳統選擇性漁撈 (紅線) 與無選擇性漁撈 (藍線) 之衝擊。無選擇性漁撈是指捕撈所有可利用的種類 (微型生物及幼生類除外)，平衡式漁獲死亡率被設定為與各組別單位生物量貢獻的生產力成比例，族群滅絕係指族群數目小於未開發狀態的 10% 稱之。圖中實線代表涵蓋 36 種不同生態系的模型平均值，上限與下限則分別為第 5 與第 95 百分位。深藍色區域則涵蓋超過 90% 以上模擬的平衡式漁撈下的開發率水準 (引用自 <http://www.sciencemag.org/content/335/6072/1045.figures-only>)

「提高漁獲選擇性」的傳統漁業管理架構可能與現在的目標不一致，目前的管理目標是希望在管理漁業的同時，也必須將漁撈對生態系統產生的所有後果都納入考量。平衡式的漁撈也是具有選擇性的，但將原本所謂的選擇性範疇從漁撈作業方式、漁撈對象系群，擴大到整合生態系生產力與衝擊的層面。

傳統的選擇性漁撈將生態系中的特定部分移除，造成了與某些國際公約相牴觸的非預期後果，其中一個公約即為使全球漁業資源回復到可維持最大持續生產量的水準(MSY)。有越來越多的證據顯示，並沒有辦法單獨的去重建生態系中個別系群最高的MSY水準，而必須要整體來考量。如果重點放在降低多少漁獲死亡率及漁獲量的高低，然而MSY對於捕撈方式並無特別限制，那麼系群內體長的選擇性以及以物種間的選擇性都被忽略了。平衡式漁撈必須調整有關漁獲選擇性的規定，以平衡各種漁業對某生態系中各種類及體長的相對衝擊，然MSY的管理手段則無法達到此要求。

全球許多海域均以提高選擇性，也就是管控網目的大小作為漁業管理的方式。但模擬結果卻顯示，這樣的管理規定通常反而無法達到維持生物多樣性以及增加漁獲量的目標。欲落實平衡式的漁撈，必須考量生態系統結構、現行漁撈選擇性可能的衝擊以及未來漁獲量的可能變化，並量化漁業活動及其對生態系產生的衝擊，才能做出跨漁業別的整合性管理，達到平衡式漁撈的目標。

漁業管理應加強維護整個群聚的特性，例如群聚內各物種體型大小的分布。生態系

模式的模擬能夠幫助我們決定適合的漁獲死亡率以及選擇性的形式，來保護原有的生態系結構，混獲對象範圍亦必須加以限制，並非僅對目標漁獲進行管理。或許，實施平衡式漁撈管理最大的挑戰來自於混獲問題以及市場機制。當生態系中的各個元素都必須被適量的捕獲，混獲就不再是漁撈作業時希望降至最小的問題，反而成了管理策略的一部分。在西方國家原屬混獲的資源，在地中海、亞洲、南半球等地卻常常被利用，因此若欲實施平衡式漁撈，市場以及漁獲處理部門需要一些動機來適應漁獲種類的增加，例如：(1)原有混獲種類加強商業化處理利用，以作為動物飼料或為人類食用；(2)將現行的混獲種類改變為目標魚種；(3)開發目前較少利用的魚種。

隨著漁業科學研究的進步，對資源的動態有更深入的了解，漁業政策也需要隨之改變。平衡式漁撈的理論要能說服所有人仍有相當的難度，其實際施行與潛在效益亦仍有爭論，某些族群特徵，例如性成熟年齡提早，可能會使得某些魚類族群反而更有生產力。因此在考量糧食安全性以及降低生態衝擊的情況下，或許保護魚類資源的最好方式就是少抓一點，如此而已！

註：本文摘譯自

1. Garcia et al. (2012) Reconsidering the consequences of selective fisheries. *Science*, 335(6072): 1045-1047.
2. Borrell, B. (2013) Ocean conservation: A big fight over little fish. *Nature*, 493: 597-598.