



失去穩定性的漁業資源

陳郁凱、吳繼倫 摘譯

水產試驗所海洋漁業組

長久以來，族群生態學的研究重點在於瞭解生物豐度的波動，尤其著重人類對於漁業資源變動之影響。從經濟面而言，當人類利用的魚類資源量呈現變動，即意味漁民收入的不確定性增加；另一方面，亦將提高資源滅絕的機率。漁業生態學家認為漁撈是產生漁業資源量變異性的原因之一，而此論點的驗證是需要系群的原始資源量與長期經漁業開發後的漁獲資料，然多數漁業資源由於缺乏漁業開發初期的漁獲統計資料，因此難以區分資源量的變動是基於人為漁撈或自然環境的影響。

Hsieh et al. (2006) 利用 CalCOFI (California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations) 的仔稚魚豐度資料庫，探討仔稚魚豐度變化是肇因於漁撈或環境，結果顯示，漁撈行為會導致魚類資源量的變動幅度加大並逐漸喪失穩定性的回復機能。Anderson et al. (2008) 再分析 CalCOFI 蒐集的 50 年仔稚魚資料，證明使用選擇性漁具，將造成系群中大體型的個體減少，導致系群的平均體長與年齡下降，而使得系群資源量呈現大幅變動，並喪失了回歸穩定的機能。

Anderson et al. (2008) 提出三種假說，說明由於漁撈行為造成資源量變動幅度加劇現象。假說一：漁撈強度和系群資源量變動呈正相關。本論點經實驗後證實魚類資源量的

變動確實和漁撈強度有關，但主要係因漁撈所產生的系群內部變化。由於漁具的選擇性，系群中大體型、高齡魚被捕的機率加大，導致年齡－截斷 (age-truncation) 效應，因此已受到漁業開發的系群平均年齡遠低於處女系群 (virgin stock)。而此受到漁業開發的“低齡化”族群，其族群動態在未來所可能產生的變化可藉由下述假說二、三說明。

假說二：當組成系群的主要成員為新加入的個體時，此低齡化的系群資源量易受環境因子影響而產生變動。雖然年輕、體型小的個體較能適應環境變動並於惡劣的環境增加存活機率，但是缺少了如年齡高、體型大個體所具有的體脂肪，而此體脂肪是進行生殖洄游、游離惡劣環境及產下優質子代所必需，以確保系群在環境產生變動的情形下仍能維持穩定性。但本假說仍未能完整描述魚類資源量變動加劇的現象。爰此，Anderson et al. (2008) 提出假說三：魚類資源量的變動加劇係因經過漁撈的系群年齡結構發生變化，造成系群生物參數（性成熟年齡、系群成長率）的改變，亦增加系群動態的變異性。高齡、大體型的魚類，因漁具選擇性影響而移出系群，導致系群內的低齡個體出現性成熟提早的現象，而系群性成熟的提早具有生態上和演化上的意義，若系群因環境的改變造成系群個體外觀形態特徵的改變，此改變屬

生態效應 (ecological effect) 是可逆的，則為表現型可塑性 (phenotypic plasticity)。若屬於不可逆的，即為演化反應 (evolutionary response)。近年許多研究證明漁撈對系群在生態上或演化上的影響非常迅速。更多證據顯示，年齡－截斷效應將導致系群處於永久性的不穩定狀態 (圖 1)。

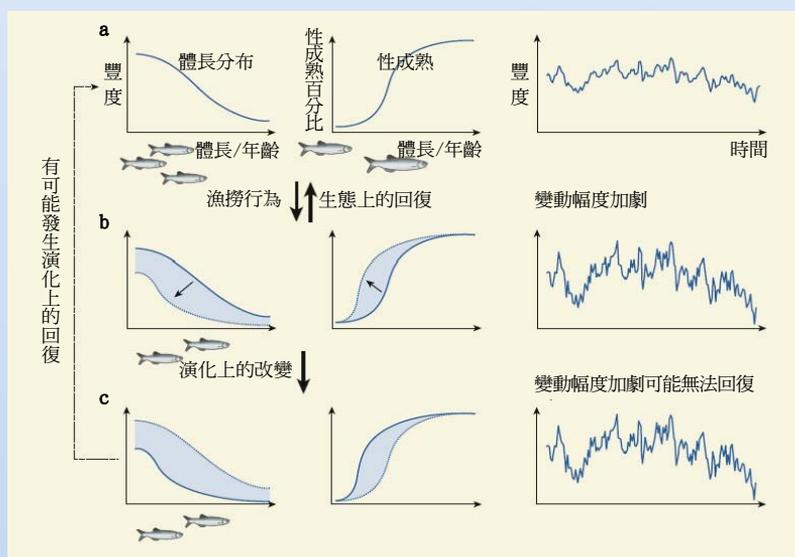
上述研究顯示預警式的漁業管理措施是必需的，因為低齡化的族群可能是無法再回復到處女系群的。當生態效應已經在特定魚類系群出現時，演化效應可能亦逐漸發生，這可能是不可逆的改變，或者至少只能慢慢地回復，視系群內是否有足夠的基因變異性而定。由於漁撈行為造成系群年齡結構改變的速度，遠遠短於使系群年齡結構復原以及資源豐度回復穩定性所需的時間，因此預警式的漁業管理措施也就顯得特別重要。

因受漁撈所造成系群的低齡化，在生態時間上與演化時間上可能產生的綜合影響引人深思。生態學家必須多加探討像是性成熟

提早等生活史參數變化所產生的生態效應，而演化生態學者則必需更深入考量演化上的改變可能造成的生態效應。研究漁業開發對魚類系群生態與演化的影響有其迫切性，但這種研究的架構並不容易付諸實現，因為缺乏未經漁業開發的系群資源量長期變動資料，因此希望未來能夠有更多類似 CalCOFI 這樣的資料庫。此外，透過探討系群資源豐度波動加劇的原因，也就是 Anderson 等人發現的系群年齡結構參數的歷史性變化，可以幫助我們瞭解系群豐度波動加劇現象可能產生的演化上的效應，並且有助於評估透過漁業管理政策能夠把這個魚類資源量變動加劇的現象回復到什麼樣的程度。

本文摘譯自：

1. Nature/Vol452/17 p 825 April 2008. Destabilized fish stocks.
2. Nature/Vol452/17 p 835 April 2008. Why fishing magnifies fluctuations in fish abundance.
3. Nature/Vol443/19 p 859 October 2006. Fishing elevates variability in the abundance of exploited species.



a. 未開發系群的體長分布、性成熟曲線以及系群豐度變化，顯示系群資源豐度存在著一定程度的變異性。

b. 漁撈行為使得系群出現年齡截斷(低齡化)效應，造成平均年齡降低及性成熟提早，此現象將導致系群資源豐度的波動增加。這個改變若僅止於表現型(生態上)的改變，則有可能回復。

c. 但若漁撈行為造成年齡結構發生永久(演化上)的改變，將導致系群資源量失去穩定性而無法回復。除非系群的基因仍可產生充分的變異，年齡結構才有可能回復到未開發狀態。

圖 1 漁撈行為對魚類系群動態所產生的生態變化與演化效應