

以單位加入生產量模式探討太平洋黑鮪資源動態

陳郁凱、陳威克、吳繼倫

水產試驗所海洋漁業組

前言

黑鮪 (bluefin tuna) 根據南北半球地理分布, 分成北方黑鮪 (*Thunnus thynnus*) 及南方黑鮪 (*Thunnus maccoyii*)。南方黑鮪分布於澳洲、印尼之南半球海域; 北方黑鮪則分別棲息於太平洋及大西洋。以往北方黑鮪在分類學上分屬於兩亞種, 但因其各有產卵場, 且無基因交流現象, 目前分成大西洋黑鮪 (*T. thynnus*) 及太平洋黑鮪 (*T. orientalis*) 二種。太平洋黑鮪成魚, 在每年的 4-7 月春夏之際會洄游至中西太平洋的菲律賓東北方水域、台灣東部水域、琉球群島、日本九州南方及日本海等海域產卵, 卵孵化後, 幼魚經由黑潮向北輸送至日本海南方水域。部分幼魚滯留於日本海水域, 具有南北向的季節性洄游習性。秋季至冬季時, 向南洄游並停留在日本西部及北部水域; 其餘 0 歲及 1 歲齡魚群則跨洋洄游至太平洋東岸, 成長至 4 齡後返回太平洋西岸產卵。太平洋黑鮪具有東、西太平洋兩個漁場。美國與墨西哥多使用圍網在東太平洋作業, 日本、台灣和韓國則使用延繩釣、曳繩釣、竿釣及定置網等漁具於西太平洋作業。我國主要是由近海鮪延繩釣漁船以進行產卵洄游的黑鮪為標的。目前國際漁業管理組織對於跨界高度洄游魚類之管理規定日益嚴格, 身為黑鮪資源利用國之一, 應對資源狀況有適當的瞭解以求永續

利用。本文利用單位加入生產量模式評估不同初捕年齡、漁獲死亡係數及自然死亡係數對太平洋黑鮪資源的影響, 同時探討在不同的自然死亡係數下, 現行漁獲死亡係數與生物參考點之間的關係。

材料與方法

本研究採用 Beverton and Holt (1957) 之單位加入生產量模式 (Yield-per-recruit, Y/R) :

$$Y/R = F W_{\infty} e^{-M(t_c - t_r)} \sum_{n=0}^3 \frac{U_n e^{-nk(t_c - t_0)}}{F + M + nk}$$

Y/R : 單位加入生產量 (kg)、 W_{∞} : 極限體重 (g)、 K : 成長係數 (yr^{-1})、 F : 漁獲死亡係數 (yr^{-1})、 M : 自然死亡係數 (yr^{-1})、 t_r : 加入年齡 (yr)、 t_c : 初捕年齡 (yr)、 t_0 : 零體長時理論年齡 (yr)、 U_n : 當 $n=0, 1, 2, 3$ 時, $U_n = 1, -3, 3, -1$ 。

參數設定如下: $W_{\infty} = 761 \text{ kg}$ (Hsu et al., 2000)、 $K = 0.086 \text{ yr}^{-1}$ 與 $t_0 = -0.926 \text{ yr}$ (Wu et al., 2005)、 $F = 0 - 2\text{yr}^{-1}$ 、 $M = 0.16$ 、 0.25 、 0.35 yr^{-1} 、 $t_r = 0.2\text{yr}$ 、 $t_c = 0.2 - 8 \text{ yr}$ 。

結果與討論

單位加入生產量可用來預測資源量處在

不同的漁獲努力量與初捕年齡時，該資源長期的生產量變化。Beverton and Holt (1957) 模式假設族群處於穩定的狀態，漁具選擇效應為刀邊型 (Knife-edge) 效應，亦即在初捕年齡後，所有個體被漁獲的機率都相同 (漁獲死亡係數相同)，並假設自然死亡係數在加入年齡之後都相同。

模擬各種不同的初捕年齡 (t_c) 與漁獲死亡係數 (F) 組合所得到的 Y/R ，結果如圖 1 所示。圖中紅色箭頭代表現行初捕年齡 ($t_c = 0.2 \text{ yr}$) 與漁獲死亡係數 ($F_{\text{current}} = 0.3\text{yr}^{-1}$) (Southwest Fisheries Science Center HMS Report, 2008) 下的 Y/R 。在 $M = 0.16 \text{ yr}^{-1}$ 的情況下， Y/R 會隨著 t_c 的升高而增加， t_c 在 6~8 歲時， Y/R 最高可達 30–40 kg；當 $M = 0.25 \text{ yr}^{-1}$ ， t_c 為 4–6 歲時， Y/R 最高可到 15–20 kg；隨著 M 值升高到 0.35 yr^{-1} ， t_c 為 3–5 歲時， Y/R 最高只能到達 8–10 kg，且若 t_c 超過 6 歲， Y/R 反而會下降。若現行初捕年齡不變，略微降低漁獲死亡係數可以提高 Y/R ；若現行漁獲死亡係數不變，初捕年齡增加也可提高 Y/R 。若持續增加漁獲死亡係數， Y/R 也不能增加反而還會降低。

生物參考點 ($F_{0.1}$) 指的是單位加入生產量曲線上斜率為初始斜率 10% 時的漁獲死亡係數，具有穩健保守的特性而常被漁業管理者作為訂定總漁獲努力量的參考依據。在現行初捕年齡 ($t_c = 0.2\text{yr}$) 及現行漁獲死亡係數 ($F_{\text{current}} = 0.3\text{yr}^{-1}$) 的情況下 (圖 2)，當 $M = 0.16\text{yr}^{-1}$ 時， F_{current} 已超過生物參考點 ($F_{0.1} = 0.17\text{yr}^{-1}$)；當 $M = 0.25\text{yr}^{-1}$ 時， F_{current} 恰等於生物參考點 ($F_{0.1} = 0.3\text{yr}^{-1}$)；當 $M = 0.35 \text{ yr}^{-1}$ 時， F_{current} 低於生物參考點 ($F_{0.1} =$

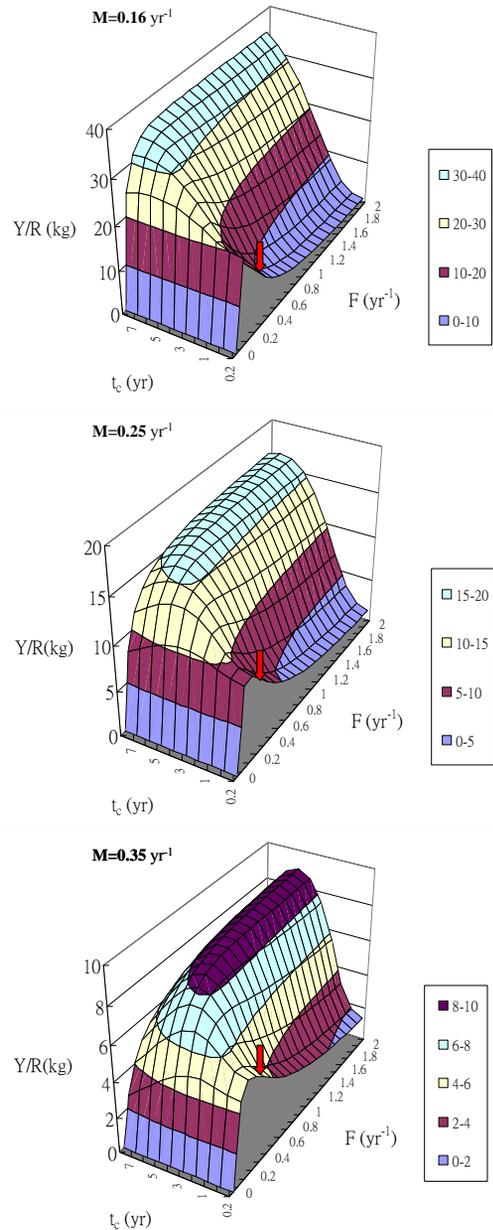


圖 1 在不同的自然死亡率、漁獲死亡率與初捕年齡下，太平洋黑鮪的單位加入生產量變化

0.47yr^{-1})。由現行漁獲死亡係數與目標參考點的關係可以得知，不論自然死亡係數為 0.16、0.25 或 0.35 yr^{-1} ，增加 F 只會造成 Y/R 的下降，因此不建議增加漁獲努力量。

綜合上述模擬可以得知，在太平洋黑鮪

自然死亡係數等於 0.25yr^{-1} ，現行初捕年齡為 0.2 歲 (尾叉長為 30 cm) 的情況下，現行漁獲死亡係數 ($F_{\text{current}} = 0.3\text{yr}^{-1}$) 尚未超過生物參考點 ($F_{0.1} = 0.3\text{yr}^{-1}$)，仍屬可接受的範圍；若在漁獲努力量不增加的情形下欲提高 Y/R，在延繩釣漁業管理上，可藉由改變鈎別大小來提高初捕年齡為 4–6 歲，以族群中體型較大的個體為漁獲對象，以達漁業資源之合理利用。

雖然太平洋黑鮪是具有高經濟價值的漁業資源，其資源動態也受到國際關注，但由於本資源的利用國家眾多，所使用的漁具漁法也大不相同，加上並無強制要求作業漁船

需填報漁獲日誌，因此相較其他如大西洋黑鮪或南方黑鮪資源，目前對太平洋黑鮪的資源動態仍是不甚了解，與資源評估有關的研究亦相對不足。為永續利用本資源，應儘速建立我國近海鮪延繩釣漁業的漁船作業日報表系統，蒐集包括漁船基本資料 (船隻代碼、噸級別、船員數等)，以及漁具漁法 (幹繩、支繩、浮標繩長度及質料、使用餌料種類及數量、漁獲物的種類，體長與體重測定) 等作業資訊。只有經過長期持續的蒐集基本漁獲統計資料，未來方能進行更精確的資源評估，以制訂本漁業的管理措施，確保本資源得以永續利用。

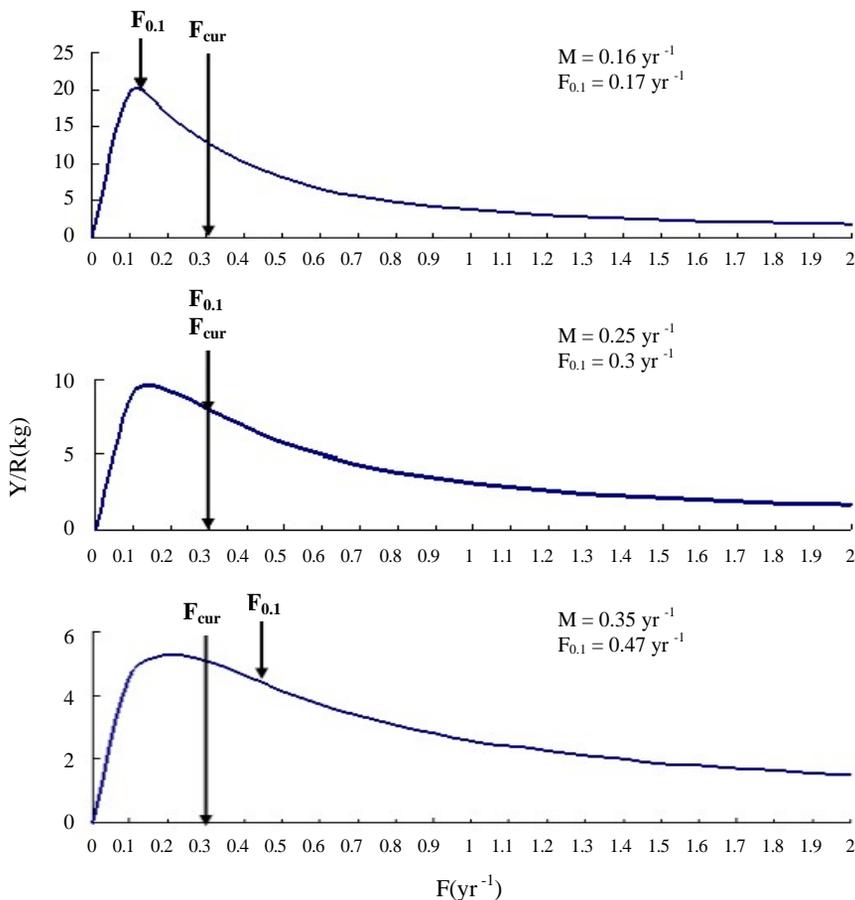


圖 2 現行漁獲死亡率與生物參考點及單位加入生產量間的關係