

各種氣候變遷型態對全球海洋漁業之影響

陳郁凱、吳繼倫 摘譯
水產試驗所海洋漁業組

前言

全球暖化導致海水溫度升高，除了造成魚類棲地的改變，亦直接影響魚群洄游的路徑與時間，改變暖水性與冷水性魚種的分布界線，致使漁場改變甚至消失，對漁業資源影響深遠；而暖化的海水也改變了魚類成長、繁殖與加入量等生物特性，進而加劇了魚群資源量的變動。聯合國糧農組織 (FAO) 於 2009 年發表了一份研究報告，針對氣候變遷對全球漁業之影響相關研究進行回顧，指出了如下的關鍵性議題：

一、水溫上升與生物分布的改變

海洋表層水的增溫，可能使某些浮游生物往較高緯度移動，浮游生物、無脊椎動物、魚類與鳥類發生分布上的更替，向南北兩極移動 (圖 1)，暖水性物種取代冷水性物種，使得熱帶水域物種多樣性降低。水溫上升可能造成魚類性比改變，並影響加入量 (圖 2)，而魚群生殖、洄游等生活史事件時間點亦發生改變，漁期與漁場失去規律性，海洋與淡水生態系的生產量降低。

浮游生物對於氣候變遷會出現一些差異性反應，有些對溫度、有些則是對光強度的改變產生反應。因此水溫上升也會改變浮游

植物大量發生的時間以及浮游動物的種類組成，亦即海洋及淡水生態系的營養階層動態，可能會因為氣候變遷導致掠食者 (魚類) 以及餌料 (浮游生物) 之間發生錯置而改變，降低魚類生產力與多樣性，使得漁獲量變動加劇。

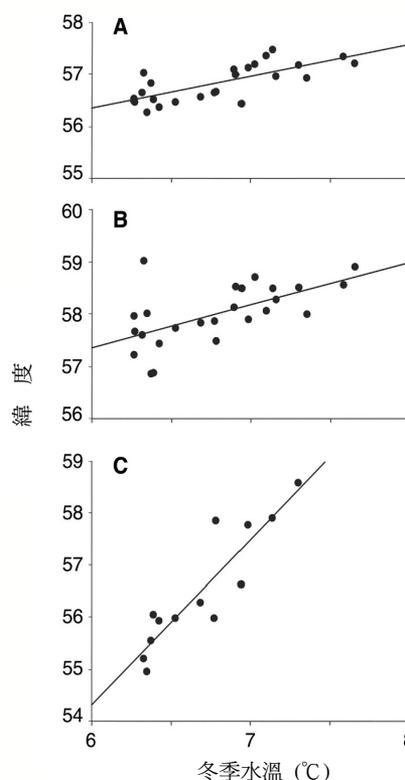


圖 1 以北大西洋之北海(North Sea)為例，魚類分布緯度已經因為氣候暖化而出現向極區移動的趨勢。(A)鱈魚(B)鮫鱈(C)鰵科魚類

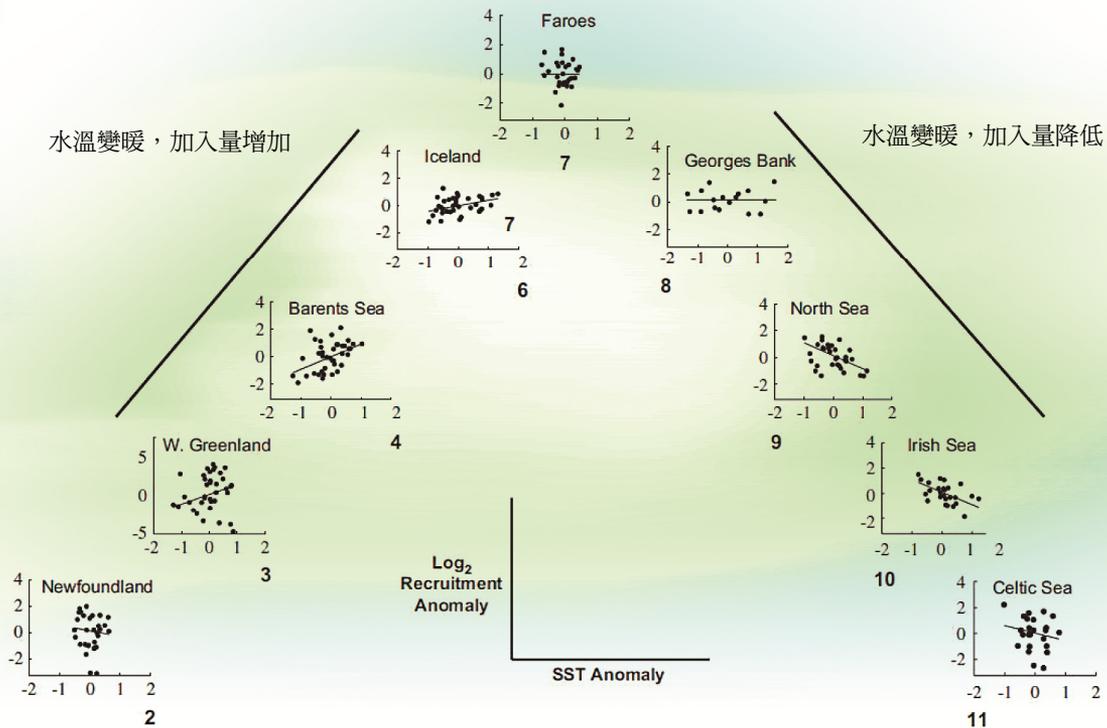


圖 2 北大西洋各地的鱈魚系群加入量異常值(取對數)與水溫異常值(°C)之間的關係(座標軸如圖中下方所示)。處冷水域的系群，水溫與加入量基本上呈正相關，而處暖水域的系群則呈負相關；處居中溫度範圍的系群，水溫與加入量則無關係存在

二、成層現象

全球的海洋基礎生產力在近數十年來略為下降，但是預測本世紀結束之前，反而會略微上升，不過地域上的差異會相當大。由於氣候變遷引起溫度及鹽度變化的綜合效應將使海洋表層水的密度降低，增加了垂直的分層現象。在某些熱帶地區，海洋中垂直分層現象增強以及水體穩定性增加（也包括湖泊），影響了表層的混合作用，很可能降低有光層得到營養鹽補充的能力，而基礎生產力以及次級生產力也會因此降低。然而在高緯度或是高海拔的湖泊，未來的冰層覆蓋量可能會減少，同時水溫會升高，有光層中懸浮物質的滯留時間會增加，浮游植物的生長

季節因此延長，進而提高了藻類豐度與基礎生產力。

三、洋流系統與沿岸湧昇的改變

洋流系統的改變，可能使外來種、疾病與藻華等事件增加，並透過影響魚類幼體加入的成功率，影響魚群的豐度，導致海洋與淡水魚類的生產力降低。湧昇流的季節性可能因氣候變遷產生變動，對食物鏈與生態系造成影響。此外，有證據顯示，在近數十年內，某些地區（如加州與北非的阿拉伯海）沿岸的湧昇流有增強的現象，與全球暖化導致沿岸風場增強，使湧昇頻率增加的假設一致。雖然在接近赤道的某些區域，全球暖化會使湧昇流稍微減弱，然就全球性的尺度而

言，環流模式模擬結果顯示，湧昇流現象對於全球暖化並無明顯的反應。現有的氣候預測模式尚無法解析沿近岸湧昇流的動態，因此氣候變遷是否會影響湧昇流的形成，仍需進一步的研究。

四、海平面上升

過去幾年來海平面以越來越快的速度不斷上升，沿岸魚類喪失紅樹林與珊瑚礁區等進行生殖與孵育行為的場所，導致沿岸魚類的生產力與漁獲量降低。同時海平面上升亦將使海岸線地形發生改變，暴露於海浪侵襲的沿岸地區面積增加，暴風伴隨的大浪與上升的海平面將使沿岸社區與港口、堤防等硬體設施遭受損害。

五、二氧化碳增加與海洋酸化

過去兩百年來，海水的 pH 值降低了 0.1 個單位，而模式預測，在未來一百年內，海洋會持續酸化，海水的 pH 值會下降 0.3—0.5 個單位。二氧化碳增加與海洋酸化，對貝類、甲殼類、珊瑚、海膽及某些浮游植物等含碳酸鈣的生物有不良影響，造成此類海洋生物資源與生態相關物種的生產力降低，漁獲量也因此下降。

六、降雨量、河川、海洋間的交互作用

降雨量、河川流量及湖泊水位改變，乾旱或洪水增加等氣候變遷現象，將造成海洋以及河川流水、沉積量的改變，並導致細胞低氧症、成層現象還有鹽度改變等後遺症。上述的影響過程並無通則可描述，但已知的是可能會造成浮游生物以及魚類群聚組成、季節性以及產量的改變。而上述氣候變遷現象對於內陸魚類的影響又特別嚴重，特別是在以陸地為基礎、用水量大的開發中國家食

物生產體系，維持生計的農耕、漁業與水產養殖的成功率將大幅降低。

七、偶發極端事件與長期微幅變異的氣候趨勢

暴風頻率增加，將使漁船可出海作業天數減少並增加發生意外的風險，而讓貧窮者想要靠漁業維生顯得更加不易。沿岸的養殖區、海上箱網等養殖設施更容易遭受暴風破壞，降低大規模養殖業者的獲利，並需支付更高的保險費用。此外，某些研究指出，南方震盪 (ENSO) 與北大西洋震盪 (NAO) 等大氣現象發生的頻率與強度將會增加，改變湧昇流發生的時間與地點，進而影響大洋性魚類的分布，並可能導致珊瑚白化與死亡，降低了珊瑚礁區魚類生產力與漁獲量。然整體氣候模式預測顯示，未來全球各洋區會呈現均勻的暖化趨勢，並且未來十年微幅震盪的趨勢將與 20 世紀所觀察到的現象一致。

在不同時間尺度上的預測

與溫度、風場以及海洋酸化等現象相關的長期變化，預估會對海洋以及水產生物系統造成一定程度的影響。

短期而言 (幾年內)，溫度增加對於魚類生理會造成負面影響。因為在溫度較高的情況下，能夠被組織吸收的氧氣會隨之降低，而此生理上的因素很可能對養殖漁業產生很大的限制，同時也會使得淡水以及海水魚類的分布發生改變，並且會透過影響魚類加入的過程而間接影響到魚群的豐度。魚類的生殖、洄游等發生的時間也會受氣候變遷影響

而改變，特別是浮游生物、烏賊以及小型洄游魚類等壽命較短的種類。

在中期的尺度而言（數年至十年），因為溫度而產生的生理壓力與表現型的變化將影響到加入的成功與否，許多海洋以及水產生物族群的豐度也將受到影響。生物在其分布的北端或南端界線處受到溫度變化的影響特別明顯，因為生物皆有其主要分布地區，界線處代表環境已經不適合生存，因此溫度變化將會使得分布於界線處的生物出現劇烈的變動，且壽命較短的種類特別容易受到影響。這些生物豐度的改變會造成群聚組成的改變，對於海洋生態系結構及生產力也可能會造成影響。我們對群聚結構改變的淨效應（總生物量或總生產力）所做的預測並不是非常肯定，因為被影響的族群可能會被具有同樣生態功能的族群所取代，因而產生補償的效應。另外，我們預測在許多地方海洋垂直分層的現象將會增強，而分層現象增強將導致垂直混合作用降低，阻礙了營養鹽的補充，造成基礎生產力降低。

就長期的尺度而言（數十年），我們所能夠做的主要是針對海洋中淨基礎生產力的變化以及轉換到其他營養階層的效率做出一些預測。在全球的尺度上，現有的模式預測結果間存在著很大的差異，因此較不具可信度。但就地區性的尺度而言，由於範圍較小，我們對於特定的生物過程有較完整的背景知識，因此預測可能會較為準確。大部分的模式預測結果顯示浮游植物的組成趨向於小型化，因此會造成基礎生產力的降低，但這些預測結果仍存在相當的地區性差異。

結語

為降低各種預測存在的高度不確定性，聯合國糧農組織於該報告中指出了目前較欠缺的研究方向：(1)針對結合個別影響因子（如漁撈、污染）所可能產生的綜合效應；(2)推測未經漁業開發前的海洋生態系統狀態；(3)漁業的開發導致生態系統對於氣候變遷影響的回復力降低至何種程度；(4)某些臨界值出現的時間、地點及伴隨的效應，而海洋生物對這些改變又會發展出什麼樣的適應與演化的能力。

氣候變遷對漁業資源之衝擊，其機制與強弱仍尚未明瞭，相關研究仍需加強；然相較之下，過度漁撈導致漁業資源枯竭才是台灣沿近海漁業面臨的主要問題；因此，將漁業規模降至適當的程度實為首要之務，同時配合海洋保護區的劃設、禁漁期的限制及關鍵生態物種的保護，將可減輕人為漁獲與環境衝擊的雙重壓力，使漁業資源得以休養生息；此外，加強魚類棲地復育與漁場造成等亦為資源培育之積極措施；而氣候變遷的效應仍持續發展中，唯有進行長期監測，才能為我國周邊海域生態環境與漁業資源之變遷留下紀錄，以供各類模式分析及評估，據以研擬符合氣候變遷及資源變動因素的管理策略。

本文節譯自：

Climate change implications for fisheries and aquaculture: overview of current scientific knowledge. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. No. 530. Rome, FAO. 2009. 212 p.