

溫室氣體排放對全球魚類生物量變動之影響

吳美錚

水產試驗所技術服務組

前言

我們正處在一個緊迫的時期，糧食不安全加劇、分配不平等擴大、生態系統退化以及氣候危機日趨嚴重等諸多挑戰接踵而來。為了突破這些困境，聯合國於 2015 年制定了《2030 年永續發展議程》，針對飢餓、氣候變遷和生物多樣性喪失等問題，列出 17 項永續發展目標 (SDGs) (圖 1)，呼籲世界各國加速行動實現這些目標 (<https://sdgs.un.org/goals>)，並強調應以堅實的科學知識為基礎，儘速擬定可以減少溫室氣體 (GHG) 排放、保護生態系統同時又可滿足日益增長之糧食需求的解決方案。

全球漁業現狀

漁業是人類獲取食物與維持生計的主要來源之一。根據聯合國糧食及農業組織 (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) 最新的《世界漁業和水產養殖狀況》(SOFIA, 2024) 資料顯示 (表 1)，2022 年，全球漁業和水產養殖總產量達 2.23 億公噸，其中水生動物達 1.85 億公噸，藻類為 0.38 億公噸。水生動物產量中有 89% 用於人類消費。水生動物食品的消費量自 1961 年以來一直保持每年成長 3% 的速度，幾乎是人口年增率的 2 倍，也超過所有陸生動物肉類的整體增速 (同期年均增速估計為



圖 1 聯合國提出的 17 項永續發展目標

表 1 世界漁業和水產養殖業趨勢概覽

	1990s*	2000s*	2010s*	2020	2021	2022
百萬公噸 (鮮重)						
生產						
捕撈漁業						
內陸	7.1	9.3	11.3	11.5	11.4	11.3
海洋	81.9	81.6	79.8	78.3	80.3	79.7
合計	88.9	90.9	91.1	89.8	91.6	91.0
水產養殖						
內陸	12.6	25.6	44.8	54.5	56.4	59.1
海洋	9.2	17.9	26.7	33.2	34.7	35.3
合計	21.8	43.4	71.5	87.8	91.1	94.4
捕撈和養殖合計	110.7	134.3	162.6	177.5	182.8	185.4
利用						
食用	81.6	109.3	143.1	157.4	162.5	164.6
非食用	29.1	25.0	19.5	20.1	20.3	20.8
人均消費量(kg)	14.4	16.9	19.5	20.2	20.6	20.7
貿易						
出口量	39.3	51.2	60.8	63.8	67.8	70.0
出口量佔總產量比例(%)	35.4	38.3	37.5	35.8	36.9	37.6
出口值(10 億美元)	46.6	76.4	141.8	151.0	176.6	192.2
就業(百萬人)						
水產養殖	12.1	15.9	21.9	22.2	22.3	22.1
捕撈漁業	24.4	29.1	31.9	34.3	33.4	33.6
不明	7.2	6.8	7.0	6.3	6.1	6.1
漁船(百萬艘)						
動力與非動力漁船	4.5	4.7	5.0	5.3	5.1	4.9

註：生產、利用和貿易方面的資料均針對水生動物，不包括水生哺乳動物、鱷、短吻鱷、凱門鱷、水生產品（特指珊瑚、珍珠、貝殼和海綿）和藻類；*表 10 年均值產量（資料來源：FAO, 2024）

2.7%)。2022 年，漁業和水產養殖初級生產部門僱用了約 6,200 萬名工人，全球從事捕撈作業的漁船約有 490 萬艘，所漁獲與生產的水產品在全球貿易中仍然佔有無可取代的重要地位。據統計，全球的水產品貿易規模持續擴展，目前已涉及 230 多個國家和地區，2022 年貿易額創下 1,922 億美元的紀錄，佔農產品貿易總額（不包括林產品）的 9.1% 以上，佔商品貿易總額的 1% 左右。

不同氣候情境下漁業生物量變動

捕撈漁業與水產養殖均深受環境與氣候的影響。已有諸多研究證實，氣候變遷正在改變全球海洋生物的分布和生產力，破壞聯合國為實現多項永續發展目標而推動的漁業管理策略，同時也對建立韌性、公平和永續之水生糧食生產系統的藍色轉型願景造成不利影響。因此，深入了解和預測魚類生物量的增減，對於規劃與制定適應氣候變動的漁業發展及管理策略至關重要。

FAO 近期發布了「氣候變遷對海洋生態和漁業造成的風險」(Climate Change Risks to Marine Ecosystems and Fisheries) 報告，內容

根據「漁業和海洋生態系統模型比對計畫」平臺 (Fisheries and Marine Ecosystem Model Intercomparison Project, FishMIP) (<http://www.fishmip.org>) 資料，預測到 2100 年時，世界各國和各地區在不同氣候情境下，可開發之魚類的生物量變動。

FishMIP 是一個由來自世界各地 100 多位海洋生態系統預測模型建構者和相關研究人員組成的網路平臺，於 2013 年正式啟動。成立的目標是希望能整合不同的海洋生態系統模型，以深入解析和預測氣候變遷對漁業和海洋生態系統的長期影響，從而為產業和政府提供更確切的建議，並協助強化水生糧食生產系統的韌性和彈性。2024 年，為了提高模型預測的精確性，並廣泛因應與糧食安全和海洋資源管理的相關政策，正式啟動了 FishMIP2.0 計畫，而如何應對氣候變遷的衝擊仍然是首要課題。

FishMIP 預測氣候變遷對海洋與淡水生態系統之影響係依據「政府間氣候變遷專門委員會」(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 所設定的兩種不同情境，即：(1) SSP1—2.6 (低排放情境)：在 2050 年後達成淨零排放目標，全球大氣變暖幅度到 2100 年時低於 2°C；(2) SSP5—8.5 (高排放情境)：溫室氣體排放量持續增加，並在本世紀末之前達到高峰，導致 2100 年全球溫度上升 4°C 以上。

模型分析結果顯示，到本世紀中葉，大多數國家之魚類生物量的下降幅度均超過 10%，尤其是在高排放的情境下。倘若溫室氣體排放量一直居高不下，則到本世紀末，全球將增溫 3.0—4.0°C，魚類資源量將進一

步惡化，有 48 個國家和地區的下跌幅度甚或超過 30% 以上。相對的，在低排放情境下，全球變暖幅度控制在 1.5—2°C 之間，如此一來則約有 178 個國家和地區的魚類生物量可維持穩定，或者下降幅度不超過 10%。

氣候變遷的衝擊幾乎遍及全世界，無論是魚類主要生產國或者生產量較低但高度依賴水產品的國家都無一倖免。以魚類捕撈量最多的 7 個國家，即中國、印度、印尼、秘魯、俄羅斯、越南和美國為例 (2022 年該些國家的漁獲量合計約佔全球海洋捕撈總量的 50%)，在高排放情境下，到本世紀中葉，該些國家可開發之魚類生物量將明顯減少 (表 2、圖 2)，並在本世紀末進一步加劇；而在低排放情境下，則可有效減緩下降程度。例如下滑幅度最大的前 3 個國家—秘魯、中國與美國，在高排放情況下，迄 2100 年時，其魚類生物量將劇減 37、31 與 29%；但在低排放情境下，則損失則可減輕為 8、9 與 10%。

另外，對一些高度依賴漁業維持生計或提供蛋白質的發展中小島國家，氣候變遷導致的生態和社會經濟風險更高。例如在太平洋島國中，巴布亞紐幾內亞、吐瓦魯、諾魯、所羅門群島、帛琉和密克羅尼西亞，在高排放情境下，到本世紀末其可利用魚類生物量下降率預計均超過 4 成以上。反之，在低排放情境下，則可大幅減少 68—90% 的損失。

結語

氣候變遷的影響深遠且複雜，涉及到生態、經濟和社會等多個層面。根據 FishMIP 的預測結果，我們可以看到在不同的溫室氣

表 2 相較於 2005-2014 年，7 個主要捕撈國家在低排放和高排放情境下，於本世紀中葉（2041-2050 年）和本世紀末（2091-2100 年）可利用魚類之平均生物量的變動比例（%）預測

國 家	本世紀中葉 (2041-2050 年)						本世紀末 (2091-2100 年)					
	低排放情境(SSP1-2.6)			高排放情境(SSP5-8.5)			低排放情境(SSP1-2.6)			高排放情境(SSP5-8.5)		
	mean	sd	agr	mean	sd	agr	mean	sd	agr	mean	sd	agr
全 球	-5.3	1.6	100	-6.9	1.6	100	-6.7	3.1	100	-21.0	6.1	100
中 國	-11.9	3.1	100	-11.3	4.4	100	-9.1	3.8	100	-30.9	12.1	100
印 度	-7.2	3.5	100	-8.7	2.5	100	-9.3	3.8	100	-19.6	8.1	90
印 尼	-8.7	6.6	90	-12.4	6.3	100	-9.1	5.7	100	-24.9	12.3	100
祕 魯	-6.0	5.7	80	-10.0	7.1	90	-8.3	6.5	100	-37.3	20.4	100
俄羅斯	-2.0	2.9	70	-4.1	4.1	80	-5.1	4.6	90	-19.7	11.9	100
美 國	-8.4	4.1	100	-11.1	6.5	100	-9.6	3.4	100	-28.9	28.9	100
越 南	-10.1	4.1	100	-11.6	4.2	100	-8.4	5.0	100	-22.7	9.0	100
臺 灣	-15.2	7.8	100	-14.4	5.7	100	-11.2	4.1	100	-32.6	10.9	100

sd：標準差；agr：變化方向與預測模型的一致性；粗體顯示的數值代表與參考期（2005-2014 年）相較具有顯著差異（ $p < 0.05$ ，Wilcoxon 統計檢驗）；資料來源：J. L. Blanchard and C. Novaglio, eds. (2024)

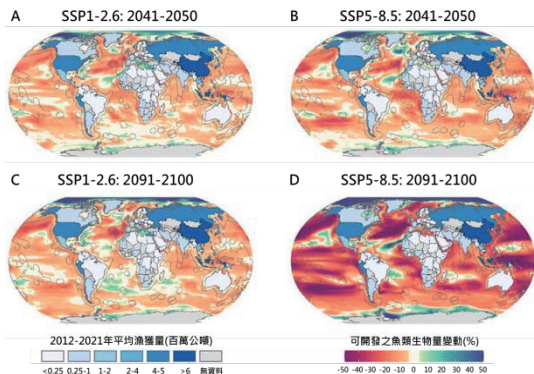


圖 2 在不同排放情境下，可開發之魚類生物量的變動（改製自 J. L. Blanchard and C. Novaglio, eds., 2024）

備註：海域部分，分別顯示低排放 (A, C) 和高排放情境 (B, D) 下，2005-2014 年與 2041-2050 年 (A, B) 或 2091-2100 年 (C, D) 之間可捕撈魚類生物量的變動。這些預測排除了漁撈活動因素，僅反映氣候變化對生態系統的影響。陸地部分，則顯示世界各國在 2012-2021 年間的年均漁獲量

體排放情境下，魚類資源量的變動差異可說相當巨大。在高排放情境下，魚類生物量的急劇下降，將對全球糧食安全和漁業經濟帶來嚴重挑戰，而在低排放情境下，則可有效緩解這些負面影響。

為了協助各國實現 FAO 的藍色轉型願景，亟需建立更具彈性、公平和永續的水生食品生產系統。FishMIP2.0 的研究範圍除持續進行氣候變遷引起的海洋生態系統與漁業資源變動，還會擴大探討漁業以外的其他海洋和沿海利用方式及水產養殖對海洋和陸地系統的依賴所造成的影響，同時持續推進相關研究和強化數據收集，以支持氣候變遷、生物多樣性、淡水和糧食安全的政策方向，進而制定更加科學、更為有效的應對策略。

參考資料來源：

1. Blanchard, J. L. and Novaglio, C., eds. (2024) Climate change risks to marine ecosystems and fisheries-Projections to 2100 from the Fisheries and Marine Ecosystem Model Intercomparison Project. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 707. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cd1379en>
2. FAO News and Media (10/07/2024) Climate risks projected to affect fish biomass around the world's ocean, FAO report says. <https://www.fao.org/newsroom/detail/climate-risks-projected-to-affect-fish-biomass-around-the-world's-ocean-fao-report-says/en>
3. FAO (2024) The state of world fisheries and aquaculture 2024-blue transformation in action. <https://openknowledge.fao.org/items/39252084-8b0b-4492-b527-a431d5ded151>