

藍色食物

打造永續糧食未來的 關鍵力量（上）

圖、文 / 農業部水產試驗所 吳美鏘

專題報導

FOCUS

前言

您是否曾想過，餐桌上的每一份食物，都與地球的未來息息相關？儘管科技日新月異、農業持續發展，全球仍有超過 7 億人深陷飢餓之中，氣候變遷與地緣政治動盪，讓這項挑戰更形嚴峻。令人憂心的是，當前以追求產量與效率為優先的糧食生產模式，正造成環境的沉重負擔。根據估計，人類為了生產糧食所排放的溫室氣體高達總排放量的四分之一，而溫室氣體正是導致氣候變遷、極端氣候頻度與強度上升以及生物多樣性喪失的主要因素。這些警訊無不揭示：一場兼顧健康、永續與公平的「餐桌革命」已經刻不容緩。在陸源性糧食生產系統面臨資源瓶頸與環境壓力的此刻，轉向更具潛力的「藍色食物」，或許能為我們開啟通往永續糧食未來的嶄新道路。

糧食系統的困境與轉型呼喚

早在 2015 年，聯合國便立下宏願，希望能在 2030 年前終結全球飢餓與營養不良。目前距離目標時限已不到五年，但全球仍有數億人陷於糧食不足的困境。原本就脆弱的糧食體系，因 2020 年爆發的 COVID - 19 疫情而雪上加霜。各國為防堵病毒，陸續實施封鎖與邊境管制，導致勞動力短缺、投入品供應中斷、生產與物流受阻，全球糧食供應鏈面臨前所未有的不確定性。

這場疫情重創全球，尤以財富匱乏、收入不穩定的弱勢群體所受的衝擊最為嚴重。

即使後來疫情趨緩、經濟逐步復甦，社會不平等的裂縫依舊難以弭平。而 2022 年爆發的俄烏戰爭，更再一次推高糧食價格，使原本艱難的情勢更加惡化。

根據《2024 年世界糧食安全和營養狀況》(The State of Food Security and Nutrition in the World 2024) 報告，截至 2023 年，全球仍有 7.13 億至 7.57 億人處於飢餓狀態，等於平均每 11 人就有 1 人無法獲得足夠食物；在非洲，這個比例甚至高達五分之一。不僅如此，依據「糧食不安全經驗量表」《Food Insecurity Experience Scale》(圖 1) 界定的標準，全球中度或重度糧食不安全人口的比例，從 2014 年的 21.2% 上升至 2019 年的 25.4%。2020 年，隨著 COVID - 19 疫情延燒，這一比例更大幅躍升至 29.5%，幾乎等同於前五年增加的總和。令人憂心的是，即使到了 2023 年，全球糧食不安全情況仍未改善。當年度，估計約有 28.9% 的人口，相當於 23.3 億人處於中度或重度糧食不安全狀態，難以確保每天都能獲得充足的食物。

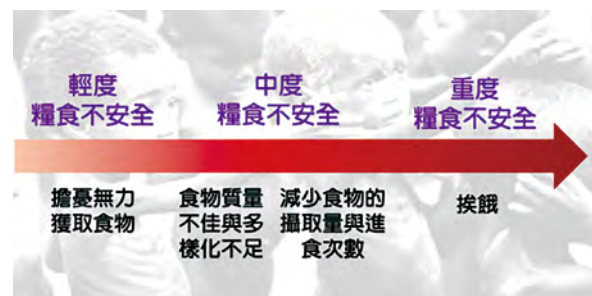


圖 1 糧食不安全程度分級

造成全球糧食不安全的原因錯綜複雜，除了氣候變遷、極端氣候、區域衝突、地緣政治動盪、經濟成長放緩與衰退等外部衝擊外，當前的糧食體系本身更存在諸多結構性問題。例如，糧食資源與農業投入在全球分布極度不均，許多發展中國家的糧食需求長期仰賴進口，經常面臨價格波動的風險；貧困與收入差距使得大量人口無力獲得充足營養；糧食貿易的高度集中與跨國企業的壟斷，削弱了小農與本地生產者的生計與糧食自主權。這些問題為糧食體系中的不同環節帶來多重且複雜的影響，進一步擴大了負面效應。因此，即使全球糧食總產量看似充足，仍無法確保所有人都能穩定獲得健康、可負擔的食物。

面對如此嚴峻的挑戰，國際社會已普遍意識到糧食系統轉型的迫切性。為此，2021年9月各國代表齊聚紐約，召開了首屆的「聯合國糧食系統峰會」(United Nations Food Systems Summit, UNFSS)，積極號召全球共同推動糧食體系的變革。這場變革的目標清晰而明確：不再一味追求產量與出口的成長，而是要打造一個更健康、更公正、更具永續性的韌性生產體系。未來的糧食系統必須更具多元性與包容性，更能支持弱勢族群，且力求從產地到餐桌的每一個環節都能貫徹永續原則，促使全球有效消除饑餓、糧食不安全和各種形式的營養不良，進而實現聯合國設定的 17 項永續發展目標 (SDGs)(圖 2)。



*修改自 <https://www.un.org/zh/food-systems-summit/sdgs>

圖 2 永續的糧食系統可促進聯合國 17 項永續發展目標的落實。

陸源性生產系統的瓶頸

全世界人口不斷成長，聯合國預測，到2050年總人口數將高達97億。為了滿足如此龐大的糧食需求，聯合國糧食及農業組織(FAO)估計，屆時全球食物產量必須比現今大幅提昇70%，其中農作物與肉類的年產量需分別提升10億與2億公噸，才能達到供需平衡。

長久以來，糧食安全策略的核心都聚焦於以糧食作物、畜牧與乳製品為主的陸地糧食系統。然而，事實上，陸地僅占地球表面積的29%(約1.5億平方公里)，而且大部分為難以開發利用的山地、冰川與荒漠，實際適合農耕與畜牧的土地僅約3,100萬平方公里。在長期高強度使用下，這些有限的陸地資源面臨日益嚴峻的環境壓力，包括土壤退化、水資源枯竭、污染擴散與城市擴張等問題。近十餘年來，氣候變遷所引發的極端氣候事件，更加劇糧食生產的不穩定性與風險。

根據康乃爾大學查爾斯·戴森應用經濟與管理學院(Charles H. Dyson School of Applied Economics and Management, Cornell University)Ortiz – Bobea教授團隊於《自然氣候變遷》(Nature Climate Change)期刊發表的研究指出【Ortiz – Bobea, A., Ault, T. R., Carrillo, C. M. et al.(2021)Anthropogenic climate change has slowed global agricultural productivity growth. Nat. Clim. Chang, 11: 306 – 312 (<https://doi.org/10.1038/s41558-021-01000-1>)】，儘管近幾十年來，農業科技的進步與化肥的使用，顯著提昇了農業生產力，使得全球糧食供應得以跟上人口增長的步伐，但隨著全球暖化持續加劇，稻米、小麥等主要糧食作物的產量已呈現下滑趨勢。研究團隊透過自建模型分析氣候對全球農業全要素生產率(total factor productivity, TFP)的影響，結果顯示，自1961年以來，人為氣候變遷(anthropogenic climate change)已導致TFP降低約21%，相當於損失了整整七年的生產力。

此外，作為全球蛋白質供給重要支柱的畜牧業，也對環境造成巨大衝擊。聯合國政府間氣候變遷專門委員會(IPCC)指出，畜牧業是全球

溫室氣體排放的主要來源之一，尤其是來自反芻動物的甲烷排放問題。更值得注意的是，畜牧用地占據了全球77%的農業用地，卻僅提供約18%的熱量與37%的蛋白質，顯示其在資源投入與產出效率之間的嚴重失衡。

轉向水域：藍色食物崛起

相較於有限的陸地資源，海洋、湖泊與河川等水域約占地球表面積七成以上，蘊藏著數以萬計可再生的水生生物資源。無論從可利用面積或物種多樣性來看，水生系統無疑具備作為全球未來糧倉的潛力，並在回應糧食短缺與資源有限的挑戰上，展現出超越陸源食物系統的優勢。

來自海洋與淡水環境的魚類、甲殼類、軟體動物、海藻與其他水生植物等被統稱為「藍色食物」(Blue Foods)，其來源涵蓋野生捕撈與水產養殖等多元形式。牠們不僅是全世界數十億人的重要營養來源，也是許多沿海社區人民生計、經濟和文化的基石。然而，這些富含營養又具永續潛力的食物，卻長期未被納入主流的糧食政策討論中。

為了喚起全球對藍色食物價值的重視，並探討其在未來糧食系統中日益重要的角色，2019年，匯集美國史丹福海洋解決方案中心(Stanford Center for Ocean Solutions)、瑞典斯德哥爾摩大學斯德哥爾摩復原力中心(Stockholm Resilience Centre)、EAT基金會(EAT Foundation)、FAO等超過25個機構的100多位資深學者的力量，共同催生了BFA(Blue Food Assessment, 藍色食物評估)。

BFA團隊針對現有知識缺口，從營養(nutrition)、環境績效(environmental performance)、生產體系脆弱性(blue food vulnerability)、氣候變遷(climate change)、公平正義(justice)、小規模漁業與水產養殖(small – scale fisheries and aquaculture)及消費需求(demand)等面向，對藍色食物系統進行系統性分析，並彙整為綜合性報告供各國決策者參考。這些研究成果陸續發表於《Nature》系列期刊(詳見表1)，為理解藍色食物的多重價值奠定科學基礎。

表 1 BFA 研究團隊針對藍色食物生產系統可能遭遇的挑戰與其所具備的潛能與優勢彙整成論文發表於國際知名的《Nature》系列期刊

<p>營養 nutrition</p>	<p>滋養全民的水生食物 (Aquatic foods to nourish nations) Golden, C. D., Koehn, J. Z., Shepon, A. et al. (2021) Nature, 598: 315 – 320. https://doi.org/10.1038/s41586-021-03917-1</p> <p>全球數十億人面臨營養不良。藍色食物能滋養弱勢，卻常被糧食政策忽略。現有分析多著重陸地食物，或簡化水產種類，且僅計算蛋白質和熱量，忽略維生素、礦物質和脂肪酸等重要營養素。本研究發布了最全面的「水產食物成分資料庫」(AFCD)，分析逾 3,750 種水生生物，詳細揭示各類營養素含量，並整合陸地與水域食物模型，協助政策制定者比較營養效益，並做出更具前瞻性的糧食與營養決策。</p>
<p>環境績效 environmental performance</p>	<p>藍色食物的環境績效 (Environmental performance of blue foods) Gephart, J. A., Henriksson, P. J. G., Parker, R. W. R. et al. (2021) Nature, 597: 360 – 365. https://doi.org/10.1038/s41586-021-03889-2</p> <p>藍色食物是永續飲食的潛力選項，過去卻常被忽略。本研究透過分析逾 2,500 個漁場和養殖場數據，提供水產品生產所造成的環境壓力，並從中找出表現優良的種類和減排機會，為政策制定者提供具體建議，以促進永續且營養的飲食，並避免負面影響。</p>
<p>藍色食物生產體系的脆弱性 blue food vulnerability</p>	<p>水產糧食系統對人為環境變遷的敏感性 (Vulnerability of aquatic food supply to human – induced environmental change) Cao, L., Halpern, B. S., Troell, M. et al. (2023) Nature Sustainability, 6: 1186–1198. https://doi.org/10.1038/s41893-023-01156-y</p> <p>人們越來越關注水產品生產過程中可能對環境造成的影響，卻很少有人關注人為的壓力源會對本系統產生什麼影響。本文首度評估藍色食物系統對人為環境變遷的脆弱性，指出十大產量壓力與七大安全風險，並提供地區差異、優先調適方向與政策建議，以建構更強大、更具彈性的藍色食物生產系統，並作為日後因應相關威脅與制定策略時之參考。</p>
<p>氣候變遷 climate change</p>	<p>複合氣候風險對藍色食物體系之威脅 (Compound climate risks threaten aquatic food system benefits) Tigchelaar, M., Cheung, W. W. L., Mohammed, E. Y. et al. (2021) Nature Food, 2: 673 – 682. https://doi.org/10.1038/s43016-021-00368-9</p> <p>全球暖化對捕撈與養殖產業帶來多重風險，例如物種分布改變、海洋酸化與乾旱等，嚴重威脅經濟與糧食安全。本文首次預測在氣候變遷下，各地可能喪失的藍色食物效益，並根據各國氣候危害、對藍色食物的依賴及喪失後的脆弱性，提出降低風險的對策。</p>

<p>公平正義 justice</p>	<p>權利與參與：邁向更公正的藍色食物系統 (Rights and representation support justice across aquatic food systems)</p> <p>Hicks, C. C., Gephart, J. A., Koehn, J. Z. et al. (2022) Nature Food, 3: 851–861. https://doi.org/10.1038/s43016-022-00618-4</p> <p>藍色食物支撐全球數十億人的生計與膳食，創造了高達 4,240 億美元的經濟價值。然而，這些利益在各國之間分配極不均衡，且氣候變遷與人口變動恐將進一步擴大此落差。若要打造健康、公平與永續的糧食系統，必須深入理解藍色食物體系中所存在的不正義現象。本文從環境與社會正義的角度出發，剖析全球水產體系中的不平等，探討邁向更公平體系的路徑。研究團隊橫跨多國調查影響水產利益分配的經濟、政治與社會障礙，並分析 173 國的相關法律與政策。結果指出，當政策降低參與門檻、強化決策的包容性，或提升對人權的保障時，確實有助於改善現況。將正義置於政策對話核心，有助於實現更公平的藍色食物未來。</p>
<p>小規模捕撈與 養殖漁業 small – scale fisheries and aquaculture</p>	<p>善用小規模生產者的多樣性是維繫水生糧食系統的關鍵 (Harnessing the diversity of small – scale actors is key to the future of aquatic food systems)</p> <p>Short, R. E., Gelcich, S., Little, D. C. et al. (2021) Nature Food, 2: 733 – 741. https://doi.org/10.1038/s43016-021-00363-0</p> <p>小規模漁業與水產養殖對全球健康與經濟影響深遠，雖然規模不大，卻生產了三分之二以上供人類食用的水生食品，並支撐逾 8 億人的生計。然而，它們在糧食政策對話中常被忽視，也經常被誤認為可用單一方式管理。實際上，小規模生產橫跨不同地區、文化與制度，需更深入的理解與應對。本文以全球 70 個案例為基礎，解析小規模生產者面對氣候變遷與疫情等衝擊的適應力，並剖析其多樣性、優勢與脆弱性。研究呼籲政策制定者研擬具地方性與包容性的解方，以真正支持這些社群。</p>
<p>需求 demand</p>	<p>跨地域與跨時間的藍色食物需求 (Blue food demand across geographic and temporal scales)</p> <p>Naylor, R. L., Kishore, A., Sumaila, U. R. et al. (2021) Nature Communication, 12: 5413. https://doi.org/10.1038/s41467-021-25516-4</p> <p>全球有超過 30 億人仰賴藍色食物攝取關鍵營養與蛋白質，且需求持續快速上升。過去的研究大多假設人口成長與收入提高是主要驅動力，並常將藍色食物簡化為單一的同質類別（例如以魚類含括所有水產品），忽略了物種的多樣性與各地區的消費差異與變化。本文針對藍色食物的消費趨勢進行分析，彌補過去在地理、文化與飲食偏好等面向的資料缺口，並揭示藍色食物需求如何隨時間與地區而變化。研究結果提供更精確的需求預測，協助制定能兼顧永續生產與多元消費習慣的政策，以支撐公正與永續的糧食體系。</p>
<p>綜論 synthesis</p>	<p>藍色食物協助各國實現糧食體系目標的四大途徑 (Four ways blue foods can help achieve food system ambitions across nations)</p> <p>Crona, B. I., Wassénus, E., Jonell, M. et al. (2023) Nature, 616: 104 – 112. https://doi.org/10.1038/s41586-023-05737-x</p> <p>藍色食物多樣且對營養、經濟與文化具關鍵貢獻，卻在全球糧食政策中常被忽視。為推動健康、公平與永續的糧食體系，本文依據「藍色食物評估」提出四項政策目標，協助各國依據在地情境制定適切策略，兼顧營養改善、社會正義與環境永續。</p>