



全球漁業碳排放研究之計量學及可視化分析

陳佳香¹、嚴國維¹、許嘉閔²

¹ 水產試驗所海洋漁業組、² 東部漁業生物研究中心

前言

氣候變遷及人類活動正持續改變萬物賴以為生的自然環境，特別是城市化和工業化迅速所增添之溫室氣體 (greenhouse gas, GHG) 排放，除造成全球環境變遷，也影響人類生活品質。常見之溫室氣體包含水、二氧化碳、甲烷、氧化亞氮、氟氯碳化物和臭氧等，其中二氧化碳 (carbon dioxide, CO₂) 是碳排放 (carbon emission) 的關鍵角色。過多的碳排放造成大氣中二氧化碳濃度不斷累積升高，進而導致海洋酸化、全球變暖和極端天氣等致災性災害，這一系列後果嚴重威脅著人類的生存環境和健康。自 2015 年啟動的巴黎協定設定全球溫度上升不超過攝氏 1.5 度的目標，顯示了各國減少溫室氣體排放的決心。特別是「2050 淨零排放」在國際間相繼宣示與行動，蔡英文總統也特於 2021 年世界地球日 (4 月 22 日) 呼籲全國迎上世界潮流，宣示我國以「2050 淨零排放」為目標與國際接軌。

海洋的生態系統豐富且多元，不僅提供寶貴食物資源，也是目前最大的碳匯儲存處。據估計，自工業革命以來，海洋吸收約 40% 的人為二氧化碳排放量 (Aronsohn, 2020)。在 2018 年由澳洲與加拿大科學家組成之團隊的一項研究也發現，海洋中捕獲大多數類型的魚類每公斤蛋白質排放的碳與陸

地上生產之牛肉或羊肉等替代品相比少得多 (Parker & Blanchard et al., 2018)。另一篇《Nature climate change》期刊的研究報告按國家/地區劃分的野生漁業碳排放的全球細分，並將每個國家的漁業與農業和畜牧業生產的碳影響進行了比較後發現，在全球範圍內，與牛肉和羊肉等紅肉的環境成本相比，海洋漁業的碳排放量相對較低，是人類蛋白質來源中相對永續的藍色食物 (blue food)。海洋漁業的直接碳排放主要來自漁船在捕撈過程中的柴油消耗，而海洋漁業的間接碳排放主要來自生產過程中的電力消耗，柴油所產生之碳排放恐足以影響人類對於選購該等食品的環保觀感。同年，冰島的科學家研究提出總體漁獲量和豐度是決定碳排放量的最重要因素，漁獲量越大、豐度越大，單位產出的碳排放量就越小。燃料價格也是一個因素，不能忽略技術變革在這一發展中發揮的作用。此外，影響碳排放的不同因素之重要性因漁具類型而異。當增加漁獲魚類的種類不僅可增加產量，還可以提高盈利能力並減少單位產量的碳排放量。

如前所述，海洋漁業相較於畜牧業可能可以提供更低碳排放的產品，但在部分的環節若操作不慎，也可能成為高碳排放食物。也因此當全球高度關注碳排放的同時，漁業碳排放的知識產出正蓬勃發展。在該領域合作關係的建立與知識生產傳播為永續資源的最



核心基礎。主要因為人類對漁業碳排放仍有許多未知領域需要理解，積極探索漁業碳排放的知識特徵和合作關係至關重要。爰此，本研究以漁業碳排放為研究主題進行書目計量與可視化分析，以理解目前國際研發發表的知識累積及網路分布，透過研究主題之發表數、引用數與國家分布，釐清漁業碳排放具體方向與近年發展重點；其二是基於漁業碳排放目前的研究成果，分析國際學術合作網路的特徵及關鍵字的共現網路情況。本文的結果能接軌國際上的科研發展，做為推動漁業碳排放研究與產業發展之參考。

材料方法

本研究透過書目計量學的方式，利用 Web of Science (WOS) 資料庫系統關鍵字「carbon emissions」和「fishery」進行檢索，期刊來源為收錄於「Science Citation Index Expanded (SCI-E)、Social Science Citation Index (SSCI)、Arts & Humanities Citation Index (A&HCI)」為準，分析在 1900—2022 年期間發表漁業碳排放相關研究，總計檢索到之文章篇數為 244 篇，第 1 篇文章發表於 1996 年，相隔 5 年後，才有發表於 2001 年的第 2 篇文章，可以判斷此研究主題仍屬於新興研究領域。

這些文章來自於全球 55 個國家，貢獻的作者數量為 1,220 人次，發表於 128 個期刊，關鍵詞有 1,030 個，總引用次數達 14,833 次。這些基本計量資料提供進一步分析此研究領域之學術合作關係連結，本研究擷取自該資料庫中有關作者、國家、關鍵字。同時運用

VOSviewer 可視化軟體，分析共著作者之國家合作關係、文獻引用之作者分析及關鍵詞共現關係，進行後續可視化分析。

研究成果

一、文獻發表量與引用分析

由 WOS 資料庫引用次數，研究熱度最高出現在 2022 年達 44 篇，引用次數最高在 2007 年達 3,694 次。在 1996—2010 年間發表篇數均低於 5 篇，自 2011 年之後發表篇數就逐漸上升（圖 1）。

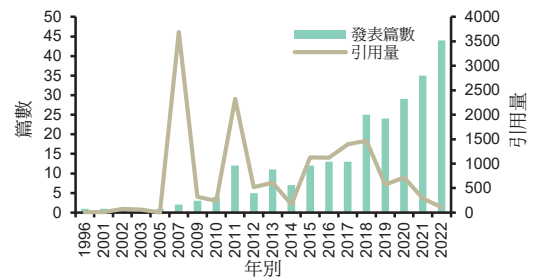


圖 1 漁業碳排放 1996-2022 文獻發表篇數及引用量

從引用數量來看，2007 年僅發表 2 篇，引用量最高的 1 篇為澳洲生物學家兼氣候科學家 Hoegh-Guldberg, O. 為主要作者之跨國研究團隊，發表於 Science 期刊，題目為「Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification」（面臨快速氣候變遷和海洋酸化下的珊瑚礁），作者共有 17 人、來自澳洲等 7 國，此篇文章引用次數達 3,646 次。雖然 2011 年發表 12 篇，引用量有 2,325，但仍然不及 2007 年這一篇的高引用量。

二、文獻發表國家分析

此研究主題有 55 個國家有貢獻論文，但在 1996—2022 年發表篇數超過 10 篇的國家

僅有 12 個。發表篇數前十名國家，依序為美國 (n=68)、英國 (n=45)、澳洲 (n=45)、中國 (n=43)、加拿大 (n=42)、西班牙 (n=28)、德國 (n=18)、印度 (n=14)、挪威 (n=13)、瑞典 (n=12)、法國 (n=10) 及日本 (n=10)。國家之引用率超過 1,000 次的國家有 4 個，美國最高為 9,393 次，其次為澳洲 6,899，英國 6,419 次及加拿大 6,005 次。圖 2 顯示前十名國家的歷年發表篇數及引用量。由此也可發現美國在這個領域數量佔主導地位，發表篇數約佔整體數量的 28%。此外，亦可發現除了澳洲、中國、印度與日本以外，以歐美國家佔大部分，可見歐美國家比較重視並已及早投入漁業碳排放的研究。

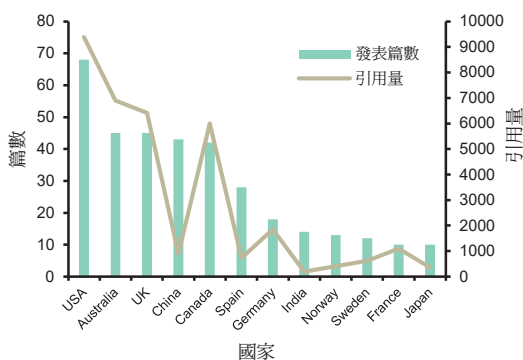


圖 2 前十名國家發表篇數及引用量

三、作者貢獻度與核心文獻探討

此研究主題有 1,220 個作者有貢獻論文，圖 3 說明發表篇數超過 5 篇以上的 10 位作者及引用數，發現發表篇數 9 篇 (排名第 2) 的作者 Cheung, WWL 引用數達 1,199 次最高，而發表篇數 6 篇 (排名第 6) 的 Sumaila, UR 引用數有 897 排第二。

漁業碳排放研究中引用數前十名之核心文獻 (表 1)，排名一的文獻引用數量高於 3,000 次與排名二的文獻引用數高於 1,000

次。前十名中第一作者 Hoegh-Guldberg, O 有 2 篇。此外這 10 篇文獻中單一國家與國際合作研究各居一半。

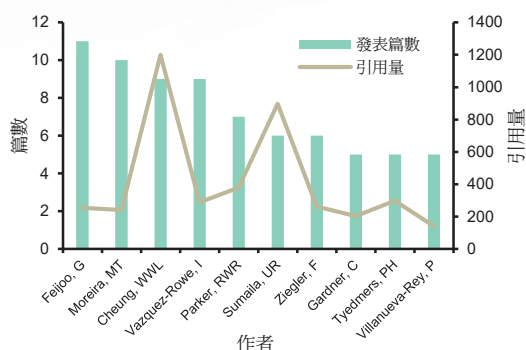


圖 3 發表篇數超過 5 篇之作者與引用量

視覺化網路分析

一、國際合作分析

圖 4 說明本研究 55 個國家的合作現況之網路關係，根據 VOSviewer 的聚類分析共分為 10 群，主要跨國合作之核心國為美國、澳洲、英國、中國、加拿大、德國、法國、墨西哥、瑞典及義大利，越接近圖形中央且圖形越大者表示為貢獻較大的國家。其中又以發表篇數分居第一與第二的美國與澳洲的合作國家 27 與 21 國最為密集，跨國合作發表最為活躍，亦位於網路圖的核心位置。

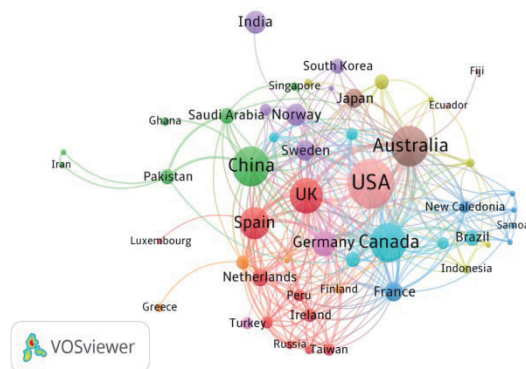


圖 4 國家合作網路圖



表 1 論文引用數前十名之論文清單

排序	篇 名	引用量	合 作 屬 性
1	Hoegh-Guldberg, O. et al., (2007) Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. <i>Science</i> , 318(2007): 1737-1742.	3,646	國際合作 (澳洲、英國、美國、菲律賓、加拿大、墨西哥、坦桑尼亞)
2	Donato, D. et al., (2011) Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. <i>Nature Geoscience</i> , 4: 293-297. 10.1038/ngeo1123 .	1,380	國際合作 (美國、印尼、芬蘭)
3	Gattuso, J. P. et al., (2015) Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO ₂ emissions scenarios. <i>Science</i> , 349(6243): 45-45.	804	國際合作 (法國、新喀里多尼亞、加拿大、德國、瑞士、摩納哥、美國、澳洲、英國)
4	Frölicher, T. L., Fischer, E. M. & Gruber, N. (2018) Marine heatwaves under global warming. <i>Nature</i> , 560: 360-364. https://doi.org/10.1038/s41586-018-0383-9	477	單一國家 (瑞士)
5	Hamilton, S. E., & Casey, D. (2016) Creation of a high spatio-temporal resolution global database of continuous mangrove forest cover for the 21st century (CGMFC-21). <i>Global Ecology Biogeography</i> , 25: 729-738. doi: 10.1111/geb.12449	447	單一國家 (美國)
6	Clark, M. & Tilman, D. (2017) Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice. <i>Environmental Research Letters</i> , 2017,12, 064016.	419	單一國家 (美國)
7	Clune, S., Crossin, E., & Verghese, K. (2017) Systematic review of greenhouse gas emissions for different fresh food categories, <i>Journal of Cleaner Production</i> , 140, Part 2: 766-783.	413	國際合作 (英國、澳洲)
8	Nijdam, D., Rood, G. & Westhoek, H.. (2012) The price of protein: Review of land use and carbon footprints from life cycle assessments of animal food products and their substitutes. <i>Food Policy</i> , 37: 760-770. 10.1016/j.foodpol.2012.08.002	353	單一國家 (荷蘭)
9	Hoegh-Guldberg O, Poloczanska, ES, Skirving, W & Dove S (2017) Coral Reef Ecosystems under Climate Change and Ocean Acidification. <i>Frontiers of Marine Science</i> , 4: 158.	308	國際合作 (澳洲、美國)
10	Powlson, D. S., Gregory, P. J., Whalley, W. R., Quinton, J. N., Hopkins, D. W., Whitmore, A. P., Hirsch, P. R. & Goulding, K. W. T. (2011) Soil management in relation to sustainable agriculture and ecosystem services. <i>Food Policy</i> , 36, S72-S87. https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2010.11.025	288	單一國家 (英國)

資料來源：本研究整理

二、作者合著分析

本研究統計的作者數量為 1,220 位，根據作者發表篇數統計，發表篇數達 9 篇以上的 2 位，發表篇數達 5 篇的 10 位，發表篇數 2 篇以上的 111 位，發表篇數 1 篇的則高達 1,109 位。由於此研究領域在 2011 年起才大量增加，因此如圖 5 所示，作者合著之網路較為分散，除了有少部分作者間會相互連結，多數的作者都是分散存在於此圖。

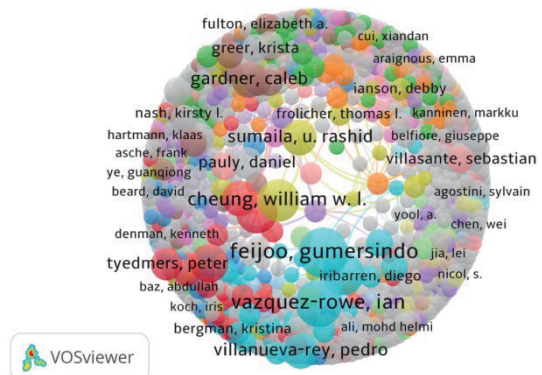


圖 5 作者合作網路圖

本研究利用 VOSviewer 進行關鍵詞聚類分析，共計有 1,030 個關鍵詞，為獲取高頻次出現之關鍵詞，限定出現 2 次以上進行篩選，獲得 95 個關鍵詞。前五名分別是 fisheries、carbon footprint、impacts、climate change 及 life-cycle assessment，說明目前漁業碳排放研究的發展趨勢中除了海洋漁業本身之外，由於氣候變遷驅動的碳足跡研究是對產品的整個生命週期過程產生的二氧化碳排放量有關，所以是前五名的核心關鍵字。為進一步掌握重要關鍵詞之間的關係，關鍵詞共現的網路關係如圖 6 所示。表 2 說明關鍵詞的聚類分群，共分為 6 個群集。

結語

水產品市場、漁業、能源及氣候變遷等是國界所不能限縮之國際問題，需要更有更高的國際思維政策加以管理以促進其永續性。目前各國陸續投入漁業碳排放之研究，也讓該領域成為新興研究領域。我國與許多國家

同步投入相關研究，迫切也必須深入了解國際的發展趨勢，並反覆檢視是否能進行區域性的整合或與全球碳排放的數據進行比較之策略與途徑，以充分建立完善的碳排放科學與技術。本研究透過書目計量的方法，除了發現相關領域研究作者的行為特性，進一步了解相關國際合作的趨勢，更掌握了該領域重要的關鍵字與關鍵成果，這些內容都將有助於我國漁業碳排放與國際接軌，並可做為因應氣候變遷、擬定漁業政策及回應「2050 淨零排放」政策目標之重要參據。

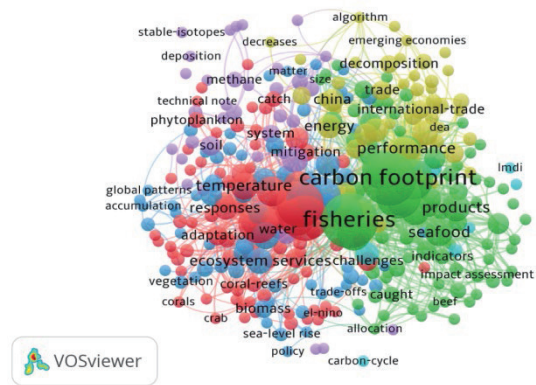


圖 6 關鍵詞共現網路圖

表 2 漁業碳排放研究關鍵詞共現分群說明

聚類	數量	核 心 關 鍵 字 (共現關鍵詞)	主 要 關 鍵 字 及 出 現 次 數
1	87	Impacts (n=33)	climate change (n=32)、ocean acidification (n=24)、carbon (n=22)、marine (n=14)、growth (n=13)
2	83	Fisheries (n=47)	Carbon footprint (n=45)、life-cycle assessment (n=30)、greenhouse-gas emissions (n=25)、sustainability (n=23)、aquaculture (n=17)
3	70	Management (n=29)	Emissions (n=20)、blue carbon (n=11)、biodiversity (n=10)、ecosystem services (n=10)、carbon emissions (n=9)
4	51	CO ₂ emissions (n=18)	carbon-dioxide emissions (n=10)、consumption (n=9)、energy (n=9)、China (n=8)、energy-consumption (n=8)
5	35	carbon-dioxide (n=10)	Nitrogen (n=6)、soil (n=6)、system (n=5)、fluxes (n=4)、greenhouse gases (n=4)
6	8	global warming (n=8)	carbon emissions (n=6)、carbon neutral (n=3)、carbon sink (n=2)、carbon-cycle (n=2)、marine fishery (n=2)

資料來源：本研究整理