

巴黎奧運永續措施之評估：結合生命週期評估與循環經濟觀點

鄭湘樺、李文泰、余宗龍、余佩珊*

國立中興大學運動與健康管理研究所

摘要

目的：面對日益嚴峻的氣候變遷，永續措施已成為各國亟須應對的課題，本研究旨在運用生命週期評估 (Life Cycle Assessment, LCA) 與循環經濟(Circular Economy, CE) 兩大架構，對巴黎奧運的永續措施進行系統性評估。**方法：**採用文件分析法與質性個案研究法 (qualitative case study)，針對近年奧運官方文件進行分析，輔以 LCA 與 CE 應用於運動賽會之相關文獻。研究聚焦於場館建設、賽會能源使用以及一次性塑膠減量議題，探討巴黎奧運之永續政策內容與實踐成效。**結果：**巴黎奧運最終實現了約 159 萬噸二氧化碳當量的碳足跡，相較里約奧運與倫敦奧運平均減少 54.6%，同時也開創了大型體育賽會結合 LCA 與 CE 的先例。**結論：**研究建議未來台灣如有意規劃大型國際賽會，可考慮引入 LCA 與 CE 架構，作為永續策略的設計基礎，並強化資料揭露與後續管理機制，以建立具可行性與持續性的永續治理模式。

關鍵詞：永續賽會、碳盤查、減塑措施、漂綠爭議

壹、緒論

一、研究背景

在全球面臨氣候變遷挑戰的當下，溫室氣體排放控制與永續發展實踐已成為各國政策與國際合作的核心議題。全球運動產業每年估計排放約 3.5 億噸二氧化碳當量 (tonnes of carbon dioxide equivalent, tCO₂e)，雖然整體排放量相較於製造業或交通運輸業相對較低，但大型賽事已被視為重要的碳排熱點。若未妥善規劃，其生態足跡將對當地與全球產生不可逆的環境影響 (Kucukvar et al., 2021)。

在上述背景下，奧林匹克運動會作為全球矚目的大型賽會亦被賦予更高的環境責任。國際奧委會 (IOC) 在《Olympic Agenda 2020+5》中明確要求主辦城市將氣候行動與永續發展納入核心策略，並降低碳足跡 (IOC, 2021)。2024 舉辦的巴黎奧運，作為首屆全面承諾碳中和的一級國際賽會，具備高度代表性與時效性。其永續目標包括將碳排放量減半、禁用一次性塑膠容器、推動循環經濟與基礎設施再利用 (Šmiralová, 2025)，提供研究者進行系統性檢視的契機。

有鑑於大型賽會牽涉範疇廣泛，為確保減碳成效可衡量與比較性，近年研究多採用標準化分析工具，如生命週期評估 (Life Cycle Assessment, LCA) (Dolf & Teehan, 2015)、溫室氣體盤查框架 (Greenhouse Gas Protocol, GHG Protocol) 與循環經濟 (Circular Economy, CE) 等理念 (Zafari et al., 2025)。然而，應用於奧運規模賽事的整體實踐評估仍相對稀少，既有文獻多聚焦於特定階段或場域，缺乏整合性工具的應用。例如 Wang 等 (2024) 以 LCA 探討中國賽會碳足跡，僅限於建設階段，未納入制度層面分析。整體而言，雖 LCA 與 CE 已廣泛用於永續研究，但兩者結合以跨面向評估大型賽會者仍屬不足 (Al Sholi et al., 2023; Popowicz et al., 2025)。

因此，本文以巴黎奧運為案例，結合 LCA 與 CE 架構，探討其永續實踐的成效與挑戰，期能彌補現有研究在系統性評估上的不足，並為未來大型賽會永續規劃提供參考依據。

二、理論分析：生命週期評估與循環經濟在運動賽會之應用

LCA 是一項依據 ISO 14040 與 14044 制定的標準化工具，常用於分析產品或活動在整個生命週期中的環境衝擊 (ISO, 2020a; ISO, 2020b)，有助掌握碳排來源與策略優化 (Al Sholi et al., 2023)。

例如，運用 LCA 框架的 2022 年卡達世界盃，研究發現建設階段碳排佔比高達 98%，顯示 LCA 有助於揭示隱性排放熱點 (Kucukvar et al., 2021; Su et al., 2025)。

相對的，CE 則強調減量、再利用與資源循環 (Reduce, Reuse, Recycle, 3R)，從產品設計、制度規劃到消費行為轉型，目標為提升資源效率並從源頭減廢 (Ghisellini et al., 2016)。巴黎奧運即明確納入 CE 理念，實踐於模組化臨時場館、設備租賃與「第二生命」材料管理等 (IOC, 2021; Simon et al., 2024)。

因應歐洲法規的變化，循環經濟在歐洲和法國的重要性顯著提升，例如法國的《反浪費與循環經濟法》(Anti-waste and Circular Economy Law, 2020; République Française, 2020)，巴黎奧運制定「用得更少、用得更好、用得更久」之原則，進一步推動環保包裝與建材回收。同時，運動用品循環再利用亦被視為減廢策略的一環，過去研究即指出當前線性製造導致大量運動裝備報廢，循環經濟可提供有效緩解路徑 (Szto & Wilson, 2023)。

LCA 可輔助 CE 的政策落實，透過數據化工具量化循環經濟成效 (Ghisellini et al., 2016)。隨著數位科技發展，LCA 也整合 AI、大數據與區塊鏈應用，提高分析即時性與準確度 (Popowicz et al., 2025)。兩者結合不僅提供量化依據，也能支持制度轉型。研究指出，循環性提高未必等於全面環境改善，仍需 LCA 加以驗證 (Luthin et al., 2024)，顯示雙軌整合有助建立更有效的永續治理模式。

三、歷屆奧運比較與賽會之挑戰

減碳已成為國際上共同努力的方向，IOC 於每一次奧運後皆會發布報告呈現具體碳排，綜觀歷屆賽會永續策略與循環理念之實施情形，本研究整合近幾屆奧運，呈現其在永續標準、3R 實踐情形與爭議等面向之異同，如表 1 所示。

表 1
歷屆奧運永續策略與循環理念之比較

年度	地點	永續標準 / 管理策略	是否採用 3R / 循環理念	永續承諾落差	資料來源
2012	倫敦奧運	ISO 20121、TBL	是 / 部分模組化再利用	後續追蹤與透明度不足，實施成效難以驗證	[1]
2016	里約奧運	ISO 20121、SMP	是 / 模組建築與合作社回收	模組場館未如期拆解再利用、部分目標未達成，永續承諾落實有限	[2] [3]
2020	東京奧運	資源回收與循環政策（無明確框架）	是 / 部分對應循環經濟	循環實踐未有系統評估，資訊揭露受限於疫情	[4] [5]
2022	北京冬奧	綠色電力供應、節能措施	否 / 無明確循環策略	標榜綠色冬奧，但部分碳排估算爭議大，再生雪與氫能實際效益未公開	[6]
2024	巴黎奧運	GHG Protocol、CE	是 / 明確導入循環經濟	部分一次性塑膠措施未落實，資訊揭露與碳抵換，透明度不足	[7] [8]

註：3R = Reduce, Reuse, Recycle (減量、重複使用、回收)；TBL = Triple Bottom Line (三重底線)；SMP = Sustainability Management Plan (永續管理計畫)；CE = Circular Economy (循環經濟)；IOC = International Olympic Committee (國際奧林匹克委員會)；UNEP = United Nations Environment Programme (聯合國環境規劃署)；ACE Hub = Australian Circular Economy Hub (澳洲循環經濟平台)；GHG Protocol = 溫室氣體盤查議定書；卡達 2022 世界盃，因非屬奧林匹克體系，未納入比較表中，惟其首次導入 LCA 之制度實踐仍具參考價值，相關分析見內文。

文獻序號：[1]：Cain & Callan (2025)；[2]：Rio 2016 Organising Committee (2013)；[3]：Rowberg & Rincker (2019)；[4]：The Tokyo 2020 Organising Committee (2021)；[5]：Planet Ark (2021)；[6]：Shi 等 (2023)；[7]：Organising Committee (2024a)；[8]：Organising Committee (2024b)

從表 1 可知，歷屆奧運在永續策略上展現出不同程度的循環經濟導入與實踐，從模組化設施到資源回收不等。然而，仍面臨政策落實、資訊透明與效益評估的挑戰。奧運作為大規模之國際賽會，其碳排放與環境影響往往難以全面估計，因此實踐過程仍不免陷入爭議。例如，2012 年倫敦奧運曾被定位為「最綠色奧運」，強調結合都市再生與永續目標。唯後續缺乏系統性的追蹤機制與資訊揭露，使永續成效難以驗證。部分學者亦指出，制度設計與落實之間仍存在落差 (Royal Geographical Society, 2020)。

同樣的，本屆巴黎奧運雖強調低碳策略與循環原則，但在實務操作過程中，部分永續目標因實行難度而修改 (例如：零一次性塑膠下修為減半)。另外，部分文獻亦指出，賽會在永續性溝通上有漂綠 (greenwashing) 疑慮，包括碳排測量不透明，報告中只擷取片面數據等 (Boykoff, 2025)，顯示透明與可驗證的評估框架是推動永續賽會關鍵，以避免流於口號，真正實現永續承諾 (Gandola & Asdrubali, 2024)。

四、研究目的

本研究聚焦於巴黎奧運中三個面項的永續措施：場館建設、能源使用與一次性塑膠減量。此選擇考量基於 (1)主辦單位可直接管理、(2)與碳排與資源消耗密切相關、(3)高度契合循環經濟 3R 原則、(4)官方資料完整且具可分析性。

據此，本研究以生命週期評估 (LCA) 與循環經濟 (CE) 為分析架構，整合官方資料、學術研究與歷屆賽會經驗，評估巴黎奧運永續策略的實踐成效與潛在落差。具體研究目的如下：

- (一) 探討巴黎奧運在上述三項面向採行之具體減碳措施與循環策略；
- (二) 檢視永續目標與實際執行間之落差與挑戰；
- (三) 臺灣未來賽會管理實務建議。

貳、研究方法

一、資料蒐集與篩選

本研究採用文件分析法與質性個案研究法，聚焦於 2006 年以後之相關學術研究與官方文件。資料主要來自華藝線上圖書館 (Airiti Library)、Olympic World Library、ISO 資料庫 (International Organization for Standardization)，以及巴黎奧運籌委會與 IOC 發布之公開報告。研究收錄範圍涵蓋政策規劃、永續發展策略及執行成果，以確保資料具代表性與時效性。最終整理出表 2 不同年份區間的參考文獻，並以此為基礎進行分析。

表 2
文獻參考年份區間

年份區間	文獻數目
2006 – 2010	3
2011 – 2015	3
2016 – 2020	8
2021 – 2025	27

資料來源：研究者自行整理

辨識賽前規劃與執行期間的落差與挑戰。為補強資料來源的多元性與深度，研究參考 IOC 相關永續發展政策框架及過往奧運之案例資料，以建立分析架構，從政策承諾、執行機制、社會參與與資源分配等面向進行評估。此外，本研究亦將聚焦於環境保護、碳排放管理、基礎建設再利用等具體指標，藉此評估巴黎奧運是否達成其永續目標，並進一步探討永續政策如何因地制宜地在大型賽會中落實。

二、文獻分析架構

(一) 生命週期評估 (LCA) 通常包含以下四階段 (Ortiz et al., 2007)：

- 1. 目標與範疇界定 (Goal and Scope Definition)：確定研究目的、對象與系統邊界，為後續分析建立基礎。
- 2. 生命週期盤查 (Life Cycle Inventory, LCI)：蒐集賽會碳排數據以及官方報告書投入與產出的資料。
- 3. 影響評估 (Life Cycle Impact Assessment, LCIA)：判別哪一階段碳排放最為顯著。
- 4. 解釋 (Interpretation)：評估與分析結果，提出結論與建議，並探討碳排目標相關對策。

LCA 用以檢視巴黎奧運在場館建設、能源使用、交通及物資供應等階段之碳排放影響。

(二) 循環經濟 (CE) 三大原則的檢視方式

CE 其中的減量、再利用、資源循環並稱 3R，以三個面向檢視其在基礎設施再利用、一次性塑膠減量及物資管理之應用。透過減量行動可有效降低原料消耗以及能源投入，進而減少生產及運輸過程中的碳排放與環境衝擊 (Ghisellini et al., 2016)。巴黎奧運採取了多種方式實踐，針對產品包裝、暫時性場館、媒體等部分皆採取了不同手段。相關數位用品，則是達到了100%的重複使用率 (Organising Committee for the Olympic and Paralympic Games Paris 2024, 2024a)

三、資料分析方式

本研究採用次級資料分析法 (secondary data analysis) 與質性內容分析法 (qualitative content analysis)。次級資料分析法是研究國際大型賽會的常用方法，因其高

資料取得成本，研究者多傾向使用主辦單位發布的官方報告作為主要資料來源 (Windle, 2010)。

在分析上，本研究依循生命週期評估 (LCA) 的四個階段 (目標與範疇界定、生命週期盤查、影響評估與解釋)，並結合循環經濟 (CE) 的三大原則 (減量、再利用與資源循環) 進行系統性的交叉比對與分類整理。此雙重架構有助於從官方公開資料中，架構性地檢視巴黎奧運永續策略在資源管理與系統邊界設計上的應用情形，最終評估其實際成效與挑戰，並提出對國內大型運動賽會的具體建議。

參、研究結果

本研究依據上述研究方法，系統性地分析巴黎奧運在場館建設 (部分涵蓋設備再利用)、賽會能源使用、一次性塑膠減量等三項核心永續措施。研究結果顯示，巴黎奧運在環境永續方面取得顯著成就，最終實現約 159 萬噸 tCO₂e 的碳足跡，較里約奧運與倫敦奧運的平均碳排放量減少 54.6%，創下歷屆奧運最低紀錄。此一成果主要歸功於再生能源的大規模使用、場館的模組化設計、一次性塑膠的有效減量，以及設備租賃再利用機制的落實。同時，本研究亦驗證了系統性地將 LCA 與 CE 架構導入大型體育賽會，有助於精準辨識減碳熱點並有效提升資源利用效率，為未來國際賽會的永續治理開創新的典範。以下將針對各項永續措施的政策內容與實踐成效進行詳細闡述。

一、巴黎奧運的永續與減碳策略概覽

巴黎奧運被評為歷來最具永續性的奧運之一，且會為全球大型賽事訂立了新的永續標竿 (IMD, 2024)。法國體育法律與經濟中心 (Center for Law and Economics of Sport, CDES) 亦將巴黎奧運的永續策略建立在兩大核心支柱上：「打造更具責任感的奧運會」，與「建構巴黎奧運的社會與環境遺產」，體現對當代與未來世代的承諾 (CDES, 2023)。

根據 IOC 發布的《巴黎 2024 永續與傳承報告》(Paris 2024 Sustainability and Legacy Report)，本屆奧運的永續成果來自多項具體措施與創新策略，如表 3 所示。

表 3
巴黎奧運具體措施與創新策略

指標	數值	備註
新建場館比例	5 %	95% 為既有或臨時場館
設備回收率	75 %	運動裝備 75%採租用或免費提供
再生能源使用率	98 %	電力來源為 100% 再生能源
賽會廢棄物	- 60 %	相較 2012 倫敦奧運
一次性塑膠減半	52 %	相較 2012 倫敦奧運

資料來源：Organising Committee for the Olympic and Paralympic Games Paris 2024，
由研究者整理

由表 3 可進一步看出，巴黎奧運在場館、能源與資源使用上均採取多項減碳與永續策略。在大幅降低新建場館比例的同時，選手村亦採高環保標準建造，並於賽後轉型為當地住宅區，以促進都市再生與社區發展。能源方面則積極導入再生能源，如太陽能與風能；設備部分亦有約 75%的設施採租賃或免費提供形式 (Organising Committee for the Olympic and Paralympic Games Paris 2024, 2024a)。惟本研究聚焦於場館、能源與塑膠減量三大議題，部分設備如模組化座椅已納入場館建設策略中，故於相關段落中略作說明，不另行展開分析。

二、巴黎奧運永續實踐分析：從 LCA 框架與 CE 觀點出發

巴黎奧運以「減碳 50%」為核心目標，其永續策略雖未明確採用 LCA，但在場館建設、能源使用與材料管理等面向，實際上均採行符合 LCA「搖籃到墳墓」的生命週期思維，並輔以循環經濟(CE)之減量、共享、模組化與延長產品壽命等原則。本研究依 LCA 四階段架構整理其主要永續措施如表 4 所示

表 4
巴黎奧運永續實踐分析：LCA 與 CE 策略對應

LCA 階段	永續領域	巴黎奧運作法摘要	CE 對應原則	主要減碳措施
1. 目標與範疇界定	整體策略	設定碳排減量 50%；範疇涵蓋 Scopes 1–3；鎖定場館、能源與材料為主要減碳重點	從源頭設計	確保政策聚焦、跨部門整合
	場館建設	95% 使用既有場館；新建場館導入木材、低碳混凝土、再生材料；大量模組化臨時設施租賃使用（20 萬座位）	減量、共享、模組化、延長壽命	建設碳排減少 47% ；場館類別僅佔碳足跡 29%
2. 盤查	能源使用	全面接入國家綠電網（太陽能＋風能）；淘汰柴油機組；必要時使用生質燃料、電池備援	基礎設施共享、低碳能源	綠電供應 98.4%；營運碳排由 33% 降至 18%
	塑膠減量/廢棄物	大量飲水站、鼓勵自備水瓶（80%響應）；可重複餐具；完善回收系統	循環材料、再利用、回收	塑膠較倫敦奧運減 50%；廢棄物量減 60%；78% 資源回收

LCA 階段	永續領域	巴黎奧運作法摘要	CE 對應原則	主要減碳措施
3. 衝擊評估	綜整結果	估計總碳足跡 159 萬噸 tCO ₂ e，較倫敦+里約平均減少 54.6%	CE 與 LCA 策略	全生命週期減碳成效顯著
4. 解釋與建議	政策推論	提前界定目標+跨部門合作是關鍵；CE 與 LCA 可成為大型活動永續規劃新目標	系統性策略	建議未來賽會參考其治理模式

註：LCA= Life Cycle Assessment (生命週期評估)；CE= Circular Economy (循環經濟)；Scopes 1–3=溫室氣體排放範疇 (依 GHG Protocol 定義)：範疇 1：直接排放 (如使用柴油)、範疇 2：能源間接排放 (如外購電力)、範疇 3：其他間接排放 (如採購物資、員工交通等)；tCO₂e= tonnes of Carbon Dioxide Equivalent (二氧化碳當量公噸)

首先，在場館建設方面，巴黎奧運大量使用既有場館，僅少量新建設施，並採用低碳建材及模組化設計以降低生命週期排放，相關措施使建設類別碳足跡降為總排放的 29%。能源部分，賽會全面接入國家綠電網，提高再生能源使用比例至 98.4%，並以氫能、生質燃料及電池系統取代傳統柴油備援。廢棄物與一次性塑膠減量方面，透過飲水補給站、自備容器、可重複餐具及完善回收系統，廢棄物較倫敦奧運減少約 60%，其中 78%以上的賽時廢棄物實現了資源回收或能源回收 (Sport for Business, 2024)，大幅減少了送往掩埋場的比例。

整體而言，巴黎奧運最終碳足跡約 1.59 MtCO₂e (Organising Committee for the Olympic and Paralympic Games Paris 2024, 2024a)，較倫敦與里約平均減少約 54.6%。其經驗顯示，於規劃初期便納入生命週期邊界、並以 CE 原則調整場館與物資流動 (United Nations Economic and Social Council, 2018)，可有效降低大型賽會的整體環境衝擊，為未來活動提供可行之永續治理模式。

肆、討論

本研究以 2024 年巴黎奧運為案例，運用生命週期評估 (LCA) 與循環經濟 (CE) 雙重架構，系統性探討其永續措施的實踐成效與挑戰。研究結果顯示，巴黎奧運在場館利用、再生能源使用與一次性塑膠減量上，成功將生命週期觀點落實於實務，碳排量顯著低於歷屆奧運，並與過去文獻中提出的永續策略相互呼應，如 Simon 等 (2024) 強調奧運碳排放熱點的管理策略、周宇輝等 (2013) 亦指出場館永續經營及場館備妥率是成功佈建國際大型賽會時的重要關鍵。因此，本研究為未來賽會的永續治理模式提供可行的實務參考。

值得注意的是，儘管巴黎奧運並未明確採用 LCA 作為官方評估框架，但其多項永續措施在概念與實務操作上，與 LCA 的框架高度契合。這也應證了 Finnveden 等 (2009) 所指出，LCA 正迅速成為國際間最廣為接受的整體環境影響評估方法之一。過往大型賽事的研究，多以單一框架為主，相較之下，本研究所採雙軌並行架構，除量化巴黎奧運

的環境績效外，亦評估其系統性循環效益。此舉補足了現有研究中較少整合 LCA 與 CE 進行跨面向評估之缺口 (Al Sholi et al., 2023; Popowicz et al., 2025)，並強調量化工具結合制度設計的重要性，進一步呼應 Ghisellini 等 (2016) 和 Gandola 與 Asdrubali (2024) 對於建立從原料選擇、產品設計、使用階段至回收再利用的主張，且認為唯有在理論與工具整合的基礎上，才能有效支持國際大型賽會的資源調度、場館再利用、碳排管理等永續轉型。避免因缺乏量化標準與監督機制而加劇環境負面影響 (Simon et al., 2024)。

然而，本研究亦指出巴黎奧運存在目標與實際執行的落差，特別是在一次性塑膠政策與資訊揭露方面，與 Carbon Market Watch (2024) 與 Boykoff (2025) 對於「漂綠」現象與實務挑戰的觀察一致，也與 Simon 等 (2024) 對於大型國際賽會在永續實踐上的挑戰依然嚴峻的看法不謀而合。這些發現進一步凸顯，在追求賽事綠色轉型的同時，更需建立有效的監測、回饋與問責機制，以實現真正具持續性的永續治理模式。

一、巴黎奧運具體減碳措施與循環策略

巴黎奧運被譽為史上最具永續性的奧運，總碳排放量 (含歷屆奧運) 呈現如表 4。原奧組委預測，營運賽事的碳足跡會佔整體排放約三分之一，但最終只佔了 18%。

儘管主辦單位未明確表示以 LCA 為工具，其多項策略在概念上已涵蓋生命週期思維，並首次依據 GHG Protocol 聚焦於核心減碳策略。

同時，巴黎奧運亦導入 CE 概念，如設計減量、模組化共享、賽後再利用等策略，呈現與生命週期觀念互補的永續價值。整體而言，巴黎奧運在 3R 的系統中展現具體減碳潛力，成功將生命週期觀與循環經濟原則轉化為實務行動，成為大型賽事永續規劃的一大里程碑。

表 4
歷屆奧運碳排放總量

年度	奧運舉辦地點	碳排放 (萬噸)
2012	倫敦	340
2016	里約	450
2020	東京	301
2024	巴黎	159

資料來源：Carbon emission and energy risk management in mega sporting events: challenges, strategies, and pathways. (2025)，由研究者整理

二、永續目標與實際執行間之落差與挑戰

巴黎奧運曾於申辦初期承諾將成為史上首屆全面禁用一次性塑膠的奧運會 (Reuters, 2023)。然隨籌備進展，主辦方因應臨時場館基礎設施限制加上贊助商(如可口可樂)需求，部分場域最終仍使用回收塑膠瓶供應飲品，選手亦因安全因素持續採用密封瓶裝飲品，致使「全面禁用」政策被迫調整。

環保組織 Oceana (2024) 亦指出，雖然巴黎奧運於部分場館成功推動可重複容器，有效減少塑膠廢棄物，但整體執行標準不一。Boykoff (2025) 更批評，巴黎奧運大量使

用象徵性語言（如碳中和、氣候正效益），卻未清楚揭露碳抵換細節與企業協議內容，某些場館甚至出現將一次性瓶裝飲料倒入重複杯中的「表面減塑」做法，反而造成額外資源浪費（Chrisafis, 2024）。

類似問題亦非巴黎奧運獨有。Müller 等（2021）指出，奧運永續性自 2012 年起呈現逐屆惡化，Rowberg 與 Rincker（2019）亦認為申辦承諾與實際執行間的落差，是國際大型賽事存在的核心挑戰。

三、臺灣未來賽會管理實務建議

如前所述，循環經濟（CE）概念已長期應用於奧運國際賽會之規劃中，並在 2024 年巴黎奧運被官方明確採納。然而，考量到歷屆奧運賽後普遍面臨資訊不透明、指標不一致等問題，影響永續制度的實施效果。康正男等（2017）亦指出，我國運動場館雖逐步導入永續理念，然在指標建構與成效評估上仍欠缺系統化設計，導致實施成效受限。

有鑑於此，本文針對臺灣未來籌辦國際性賽會提出以下建議：

- (一)導入整合性評估框架於規劃初期
- (二)應於賽會初期即納入 LCA 與 CE 的整合性框架，明確界定建設、營運與廢棄階段之目標與績效指標，建立可追蹤性之減碳治理邏輯。
- (三)強化場館與設施的生命週期碳管理
- (四)應於設計階段即明確設定使用低碳建材、可回收組件，並規劃賽後再利用或拆解回收路徑，以實現資源的封閉循環與最大化減碳效益。
- (五)提升資料揭露與第三方監督機制
- (六)建立公開透明的資訊平台，引入獨立第三方進行驗證與績效評估，減少自我揭露偏誤，提升社會大眾對永續承諾的信任度。

總體而言，巴黎奧運提供了具指標性的實務案例。未來台灣如有意規劃大型國際賽會，亦應優先納入 LCA 與 CE 架構之評估模式，作為永續策略與減碳政策設計的重要基礎。

四、研究限制與後續研究建議

本研究於彙整歷屆奧運資料時，發現因各屆資料來源、計算方法與範疇定義不一致，導致各項數據難以直接比較。相關研究中亦可發現，大多僅能透過文字敘述與人為量化推論，難以獲得一致且具體的數據對應。如 Simon 等（2024）在巴黎奧運前針對歷屆奧運進行比較時，僅能呈現碳排數據及的預期目標。另如 Rowberg 與 Rincker（2019）對東京與里約奧運的比較研究，雖以評分方式呈現，然其方法仍高度依賴主觀判斷，皆對賽後實施效果的評估造成限制。因此，引入標準化且以量化為核心的 LCA 方法，實為必要。

此外，雖本研究嘗試整合 LCA 與 CE 框架進行評析，惟在實務應用上仍面臨若干挑戰。首先，巴黎奧運官方並未系統性採用完整 LCA 架構，導致生命週期四

階段的界定與應用重疊不清，例如臨時設備涉及「材料選擇」、「製造」、「使用」及「廢棄」，但相關資料難以區分各階段成效來源。

其次，本研究獲得的資料多仰賴官方與贊助商提供，較欠缺獨立第三方交叉驗證；此外，測量方法與範疇定義不一，也限制了不同屆奧運之間的數據可比性，可能影響 LCA 所仰賴的量化評估基礎，唯此類資料取得方式與其信、效度之限制，亦為本研究最主要的瓶頸，並可能影響整體研究的學術貢獻度與研究價值；建議後續研究者可採用具更高信效度之資料來源，以提升永續評估結果的可靠性與一致性。

本研究已涵蓋場館建設、能源使用及一次性塑膠減量（餐飲）等三大面向，從源頭探討其永續策略與減碳潛力。然而，交通面向之所以未納入，主要是因為交通排放一直被視為大型運動賽會中最具不確定性、最缺乏一致性資料的領域；其資料多仰賴假設模型，且公開資訊有限，難以進行具體的量化、歸類 (Bae & McCullough, 2025; Wang et al., 2024)。因此，交通面向亦列為未來研究可補強的重要方向。

循環經濟實踐方面，雖部分措施具代表性，但其封閉循環成效仍難以驗證，例如：塑膠瓶回收率低、模組化座椅與臨時建材賽後去向不明、再利用與回收資訊揭露不完整 (Carbon Market Watch, 2024)，皆降低整體評估的可信度與準確性。所以，未來研究應進一步推動評估工具的標準化與透明化，強調資訊揭露與監督機制，以提升永續評估之實踐性與公信力。

參考文獻

- 周宇輝、胡林煥、康正男 (2013)。我國都會區申辦國際大型運動賽會運動場館發展策略之研究。臺灣體育運動管理學報，13(2)，175-199。
<https://doi.org/10.6547/tassm.2013.0008>
- 康正男、葉公鼎、陳成業 (2017)。運動場館永續發展指標建構與評估。臺灣體育運動管理學報，17(2)，163-200。
<https://doi.org/10.6547/tassm.2017.0007>
- Al Sholi, H. Y., Wakjira, T., Kutty, A. A., Habib, S., Alfadhli, M., Aejas, B., Kucukvar, M., Onat, N. C., & Kim, D. (2023). How circular economy can reduce scope 3 carbon footprints: Lessons learned from FIFA world cup Qatar 2022. *Circular Economy*, 2(1), 100026. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cec.2023.100026>
- Bae, Y., & McCullough, B. P. (2025). Environmental impact and carbon emissions of sport events: The significance of Scope 3. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 16(4), e70017. <https://doi.org/10.1002/wcc.70017>
- Boykoff, J. (2025). Greenwash Gold?: The Paris 2024 Olympics. *Capitalism Nature Socialism*, 1-8. <https://doi.org/10.1080/10455752.2025.2464556>

- Cain, A., & Callan, M. (2025). Principles in practice? A policy review of the IOC's environmental sustainability agenda. *Front Sports Act Living*, 7, 1511092. <https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1511092>
- Carbon Market Watch. (2024, April). *Going for green: Assessing the climate strategy and communication of the 2024 Paris Olympics*. <https://carbonmarketwatch.org/publications/going-for-green-olympics-report/>
- Center for Law and Economics of Sport. (2023). *Interim evaluation report on the "legacy & sustainability strategy" of Paris 2024: Strategic focus "Building the social and environmental legacy of Paris 2024"*. Université de Limoges. https://library.olympics.com/Default/doc/SYRACUSE/3157060/interim-evaluation-report-on-the-legacy-sustainability-strategy-of-paris-2024-strategic-focus-buildi?_lg=en-GB
- Chrisafis, A. (2024, August 7). *Greenwash Games? French public points finger at Coca-Cola over Olympics plastic waste*. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/sport/article/2024/aug/07/greenwash-games-french-public-points-finger-at-coca-cola-over-olympics-plastic-waste>
- Dolf, M., & Teehan, P. (2015). Reducing the carbon footprint of spectator and team travel at the University of British Columbia's varsity sports events. *Sport Management Review*, 18(2), 244–255. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.smr.2014.06.003>
- European Commission. (n.d.). *Circular economy*.
- European Union. https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy_en
- Finnveden, G., Hauschild, M. Z., Ekvall, T., Guinée, J., Heijungs, R., Hellweg, S., Koehler, A., Pennington, D., & Suh, S. (2009). Recent developments in Life Cycle Assessment. *Journal of Environmental Management*, 91(1), 1–21. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.06.018>
- Gandola, D. M., & Asdrubali, F. (2024). A Methodology to Evaluate GHG Emissions for Large Sports Events. *Sustainability*, 16(4), 1504. <https://doi.org/10.3390/su16041504>
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11–32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
- IMD. (2024). *Paris 2024: The 'greenest ever Games' has set a new standard for global events*. <https://www.imd.org/ibyimd/sustainability/paris-2024-the-greenest-ever-games-has-set-a-new-standard-for-global-events/>
- International Olympic Committee. (2021). *Olympic Agenda 2020+5: 15 recommendations*. Athor. <https://olympics.com/ioc/olympic-agenda-2020-plus-5>
- International Organization for Standardization. (2020a). *Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework (ISO Standard No. 14040:2006)*. <https://www.iso.org/standard/37456.html>

- International Organization for Standardization. (2020b). *Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines (ISO Standard No. 14044:2006)*. <https://www.iso.org/standard/38498.html>
- Kucukvar, M., Kutty, A. A., Onat, N. C., Al Jurf, N., Al-Abdulmalek, N., Naser, A., & Ermolaeva, Y. (2021). How can collaborative circular economy practices in modular construction help Fédération Internationale de Football Association World Cup Qatar 2022 to achieve its quest for sustainable development and ecological systems? *Frontiers in Sustainability*, 2, 5–17
- Luthin, A., Traverso, M., & Crawford, R. H. (2024). Circular life cycle sustainability assessment: An integrated framework. *Journal of Industrial Ecology*, 28(1), 41–58. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jiec.13446>
- Müller, M., Wolfe, S. D., Gaffney, C., Gogishvili, D., Hug, M., & Leick, A. (2021). An evaluation of the sustainability of the Olympic Games. *Nature Sustainability*, 4(4), 340–348. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00696-5>
- Oceana. (2024, December 12). *Reusable packaging at Paris Olympics dramatically reduced single-use plastic*. <https://oceana.org/press-releases/reusable-packaging-at-paris-olympics-dramatically-reduced-single-use-plastic/>
- Organising Committee for the Olympic and Paralympic Games Paris 2024. (2024a). *Paris 2024 sustainability & legacy post-Games report summary: Strategic focus: Delivering more sustainable Games*. Author. https://library.olympics.com/Default/doc/SYRACUSE/3460235/paris-2024-sustainability-legacy-post-games-report-summary-strategic-focus-delivering-more-sustainable?_lg=en-GB
- Organising Committee for the Olympic and Paralympic Games Paris 2024. (2024b). *Thinking about after the Games before the Games: Paris 2024 strategy for a more circular event*. Author. https://library.olympics.com/Default/doc/SYRACUSE/3157966/thinking-about-after-the-games-before-the-games-paris-2024-strategy-for-a-more-circular-event-organi?_lg=en-GB
- Ortiz, O., Castells, F., & Sonnemann, G. (2009). Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA. *Construction and Building Materials*, 23(1), 28–39.
- Planet Ark. (2021). *How the Tokyo Olympics are embracing the circular economy*. Australian Circular Economy Hub (ACE Hub). <https://acehub.org.au/news/how-the-tokyo-olympics-are-embracing-the-circular-economy>
- Popowicz, M., Katzer, N. J., Kettele, M., Schöggel, J.-P., & Baumgartner, R. J. (2025). Digital technologies for life cycle assessment: A review and integrated combination framework. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 30(3), 405–428. <https://doi.org/10.1007/s11367-024-02409-4>

- République Française. (2020). *Loi n° 2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire*. Légifrance. <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000041553759>
- Reuters. (2023, May 26). *Paris to ban single-use plastic from 2024 Olympics*. <https://www.reuters.com/sustainability/paris-ban-single-use-plastic-2024-games-2023-05-26/>
- Rio 2016 Organising Committee. (2013). *Sustainability management plan: Rio 2016™ Olympic and Paralympic Games (Version 1)*. https://www.climateaction.org/images/uploads/documents/sustainability_management_plan_aug2013.pdf
- Rowberg, K., & Rincker, M. (2019). Environmental Sustainability at the Olympic Games: Comparing Rio 2016 and Tokyo 2020 Games. *European Journal of Sustainable Development*, 8, 121. <https://doi.org/10.14207/ejsd.2019.v8n4p121>
- Royal Geographical Society (with IBG). (2020). *Assessing the impact of the London 2012 Olympics*. <https://www.rgs.org/about-us/what-is-geography/impact-of-geography/assessing-the-impact-of-the-london-2012-olympics>
- Shi, T., Yang, N., & Wan, J. (2023). Powering green and low-carbon Olympics. *Environmental Science and Ecotechnology*, 16, 100263. <https://doi.org/10.1016/j.ese.2023.100263>
- Simon, T., Sinha, S., Mili, A., & Hernwal, D. S. (2024). The carbon footprint of mega sport events: A comparative study to understand the sustainability of Olympic Games. *International Journal of Development Research*, 14(06), 65983–65988. <https://doi.org/10.37118/ijdr.28419.06.2024>
- Šmiralová, M. (2025). Eco-Innovation and Responsibility: The Paris Olympics 2024 and its Impact on City Urbanism. *E3S Web of Conferences*, 608. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202560805020>
- Sport for Business. (2024, December 16). *Paris 2024 reports on success in reducing carbon footprint*. *Sport for Business*. <https://sportforbusiness.com/paris-2024-reports-on-success-in-reducing-carbon-footprint/>
- Su, X. Z., Chen, L., & Xu, X. L. (2025). Carbon emission and energy risk management in mega. sporting events: challenges, strategies, and pathways. *Frontiers in Environmental Science*, 12, 1513365. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1513365>.
- Szto, C., & Wilson, B. (2023). Reduce, re-use, re-ride: Bike waste and moving towards a circular. economy for sporting goods. *International Review for the Sociology of Sport*, 58(6), 911–931. <https://doi.org/10.1177/10126902221138033>
- The Tokyo Organising Committee of the Olympic and Paralympic Games. (2021). *Sustainability post-games report: Tokyo 2020*. Author. <https://library.olympics.com/Default/doc/SYRACUSE/1327958/sustainability-post->

games-report-tokyo-2020-the-tokyo-organising-committee-of-the-olympic-and-paraly?_lg=en-GB

- United Nations Economic and Social Council. (2018, OCTOBER 10). *Joint meeting of ECOSOC and the Second Committee on “Circular Economy for the SDGs: From concept to practice”*. United Nations. <https://ecosoc.un.org/en/events/2018/joint-meeting-ecosoc-and-second-committee-circular-economy-sdgs-concept-practice>
- Wang, H., Tian, J., Li, Y., Wang, Y., Lu, Y., Zhang, J., Lei, C., & Li, C. (2024). Study on life-cycle carbon footprints and an uncertainty analysis of mega sporting events: An analysis in China. *Buildings*, 14(8), 2510. <https://doi.org/10.3390/buildings14082510>
- Windle, P. E. (2010). Secondary data analysis: is it useful and valid?. *Journal of PeriAnesthesia Nursing*, 25(5), 322–324.
- Zafari, Z., Golzary, A., Rouhi, K., & Mansourihanis, O. (2025). From conventional approaches to circular systems: Evolution of waste management in mega-sporting events. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 75(5), 368–386. <https://doi.org/10.1080/10962247.2025.2462005>

Evaluating Sustainability Strategies of the Paris 2024 Olympics: Integrating Life Cycle Assessment and Circular Economy Perspectives

Hsiang-Hua Cheng, Wen-Tai Lee, Chung-Long Yu, Pei-Shan Yu*

National Chung Hsing University Graduate Institute of Sports and Health Management

Abstract

Purpose: As climate change becomes increasingly severe, sustainability in major events has drawn global attention. This study aims to assess the sustainability strategies of the Paris 2024 Olympic Games through Life Cycle Assessment (LCA) and Circular Economy (CE) principles. **Methods:** Using document analysis and a qualitative case study approach, this study examines recent official Olympic reports and relevant literature. The analysis focuses on three key aspects: venue construction, energy use, and single-use plastic reduction. **Results:** The Paris Olympics achieved a carbon footprint of approximately 1.59 million tCO₂e, reflecting a 54.6% decrease compared to the Rio and London Olympics. This event marked a pioneering case of integrating LCA and CE principles in large-scale sports event planning. **Conclusion:** The study suggests that future hosts, such as Taiwan, may adopt LCA and CE frameworks as foundations for sustainable planning. Greater emphasis on data transparency and post-event governance is recommended to ensure long-term sustainability outcomes.

Keywords: Sustainable sport events, Carbon accounting, Plastic reduction, greenwashing