

未來， 始於重複使用

東亞地區循環杯系統與一次性杯系統之
全生命週期環境影響比較



未來，始於重複使用

東亞地區循環杯系統一次性杯系統之全生命週期環境影響比較
2023 年 11 月出版

首席研究員：

Meike Sauerwein 博士（香港科技大學）
Shauhrat S. Chopra 教授（香港城市大學）

研究團隊：

綠色和平東亞分部：

Jeffrey Kwok、Hyewon Heather Choi、Jenny Yeh、
Lea Gajewski、Ling Chun Yeung

香港科技大學：

Peter Chi Choi Lau, Amrita Saraswati Sutedja,
Whitney Wei Lin Yu

香港城市大學：

Dongzhe Liu, Dr. Manoj Nallapaneni, Dr. Shimul Roy

審查者：

林心恬博士，國立成功大學助理教授
賈柁楠博士，Molly

報告設計：

黃子芸

特別感謝為本計畫做出 重大貢獻的循環杯廠商合作者：

Blue Ocean Vision Enterprise Co., Ltd, 環海淨塑實
業有限公司 (台北)
Circular City Limited (香港)
GoodToGo, 好盒器 (台北)
Greenup (釜山)
Re&Go/Nissha Co.,Ltd. (東京)

綠色和平是一個全球性的環保組織，致力以實際行動推動積極改變，保護地球環境與世界和平。我們在全球超過 55 個國家、設有 26 間全國或區域辦公室。為維持公正性和獨立性，綠色和平不接受任何政府、企業或政治團體的資助，只接受民眾和獨立基金會的直接捐款。

繁體中文版作者：張凱婷、楊令衛、吳冠潔、賴映秀、徐聖惠

綠色和平東亞分部 臺北辦公室
www.greenpeace.org/taiwan/
Tel: +886 (2) 2361 2351

著作權及免責聲明：

本報告為綠色和平東亞分部（以下簡稱「綠色和平」）與 Meike Sauerwein 博士、Shaurat S. Chopra 教授和 5 家東亞循環杯服務廠商合作，進行的聯合研究。閱讀本報告即表示您已閱讀、理解並接受下列著作權和免責聲明條款的約束。請認真閱讀。

著作權聲明

本報告由綠色和平發佈，綠色和平是本報告的唯一合法著作權所有人。

免責聲明

本報告為綠色和平於研究期間內基於各種公開訊息以及合作單位提供之一手資料，獨立調查研究產出的成果，綠色和平盡一切努力確保調查結果的準確性，但我們不保證其完整性或對其他案例的適用性，亦不對報告中所涉及資訊的及時性、準確性和完整性作擔保。綠色和平及其附屬機構對因使用或解釋本研究而產生的任何後果不承擔任何責任。

本報告作環保公益和資訊分享目的使用，不作為公眾及任何第三方的投資或決策的參考，綠色和平亦不承擔因此而引發的相關責任。

本報告以英文版本撰寫，並翻譯成繁體中文版本。繁體中文翻譯內容如和英文報告有出入者，一律以英文版本為準。

如您有任何問題或建議，請聯繫
inquiry.tw@greenpeace.org

目錄

研究摘要	04
背景	06
研究方法	10
研究說明	10
生命週期評估 (LCA)	11
生命週期評估在地化	11
環境影響類別	12
資料來源	13
研究範疇及假設	13
研究流程	16
研究限制	18
研究結果	20
一次性飲料杯系統及循環杯系統之間的生命週期評估分析比較	20
各生命週期階段的環境影響	24
情境模擬	26
量化降低環境衝擊之潛力	28
討論與結論	30
綠色和平東亞分部建議	31
參考資料	32
附件一	34
廢棄物處理途徑	34
附件二	35
循環杯租借系統的系統設定參數	35
附件三	36
一次性飲料杯系統的系統設定參數	36
附件四	37
四個地區及整個東亞地區的生命週期評估分析完整結果	37

研究摘要

越來越多民眾瞭解到循環杯的環境效益，得以解決餐飲業常見的「用過就丟」現況。同時，已有許多研究出版利用理論建模的方法，證實循環杯的可行性。然而，身在東亞地區的政策制定者、企業和消費者所面臨的實際情況，與現存理論模型的適用性仍有落差，需要進一步研究來連接兩者。

嗨，
我要外帶飲料，
請幫我用循環杯。



本研究針對東亞的循環杯租借系統及一次性飲料杯系統，進行生命週期評估 (Life-Cycle Assessment, LCA) 的深入比較分析，提供量化證據基礎，展現出循環杯系統的優勢。本研究透過不同的使用頻率情境模擬下，循環杯租借系統相對於一次性飲料杯系統，在多數的環境影響指標類別中都具有更正面的環境效益。本研究的宏觀發現包含：(1) 即便在使用頻率較低的情況下，循環杯租借系統的環境效益，仍等於、甚至超越一次性飲料杯系統的表現，(2) 一次性飲料杯系統的總排放量，絕大部分的比例是源自於生產階段，以及 (3) 相較於其他生命週期階段，循環杯租借系統總排放量的大宗來源，可歸因於清洗階段。

於此同時，本研究提供一種新穎的方法，將分析中的生命週期盤查 (Life Cycle Inventory) 範圍，集中在循環杯服務廠商的營運經驗上，藉以縮小理論與實務之間的差距。這項研究的優勢在於其情境特定法，使研究能聚焦於東亞地區現有循環杯服務廠商的營運資料，以反映出東亞城市中心循環杯服務廠商的實際情況。儘管這項研究並非關於如何建立循環杯租借系統的指引，而是期望提供重複使用系統在東亞的潛在環境效益的深入分析。此外，這項研究的目的是在於為政策制定者、企業界和民間團體提供支持循環杯系統的證據以及需要參考的相關指標和因素，這對於該地區朝著減少一次性產品使用的目標是重要的一步。

背景



問題

快節奏的生活追求更便利的消費文化，**全球一次性飲料杯年消費量達到驚人的 5,000 億個¹**。在東亞，特別是香港、日本、韓國與臺灣等地區，咖啡、珍珠奶茶以及各種使用一次性飲料杯提供的飲料，早已緊密融入民眾的日常習慣。光是在香港，每年就丟棄約 4 億個一次性外帶咖啡杯²。日本的咖啡館、快餐連鎖店及便利商店，每年銷售 39 億杯的咖啡（截至 2016 年為止）³。韓國每年丟棄約 84 億個杯子⁴，而在臺灣，每年消耗高達 40 億個一次性飲料杯⁵。

這些數字反應更大的系統性問題：人類正浪費地球的有限資源。每年生產的塑膠中約有 40% 僅在使用一次後就被丟棄；而每年進入海洋的 800 萬噸塑膠中有 80% 是一次性塑膠製品^{6,7,8}。

換言之，塑膠已然淹沒了我們的地球。從化石燃料中提煉出來的那一刻起，它們就造成污染，向空氣和水釋放各式各樣的有毒物質，同時殘害健康生活環境的社區、摧毀生物多樣性，並在其生命週期的各個階段加劇氣候危機⁹。

一次性塑膠的生產與消費，威脅著陸域與海洋野生動物，以及人體健康與福祉。許多不同物種的動物，都受到塑膠累積的影響，可能會被攝入塑膠並阻塞呼吸道及消化系統^{10,11}。陸續有證據顯示，有害化學物質可從攝取的塑膠，轉移到動物組織中，並最終進到人類食物鏈^{12,13,14,15}。當塑膠分解成微塑膠或奈米塑膠等微小顆粒，就更難以從我們飲用的水或呼吸的空氣中發現及去除這些顆粒。

資源回收長期被視為解決塑膠危機的方法，但現實是全球僅有 9% 的塑膠廢棄物經妥善回收處理¹⁶。即使能夠提升資源回收率，但原有問題依然存在，也就是回收的塑膠越多，它們的毒性就越大，而且能反覆回收利用的次數是有限的¹⁷。

然而，若不徹底解決一次性的使用文化，「減塑」將變形為各種替代材質，和塑膠同樣、甚至更不利於環境。這些替代材質通常成本更高，並帶來一系列環境影響，從森林砍伐到水污染、臭氧消耗或海洋酸化，不應因為單單取代塑膠材質而被視為更好的替代方案¹⁸。

然而，資源回收和替代材質，都無法有效解決這場塑膠危機。反之，尋求真正的循環替代方案，減少開採更多地球有限資源，讓循環杯和循環容器成為有前景的塑膠解決方案。

什麼是重複使用系統？

重複使用系統是一種包裝體系，讓商品的包裝以原有的型態被反覆使用多次。包裝設計具耐用性，並由系統（製造商或第三方）擁有，之後租借或提供給消費者。實際的收回和多次再使用，則是藉由物流系統，並輔以適當的獎勵制度（通常是押金制）推廣之^{19,20}。

重複使用

艾倫·麥克阿瑟基金會 (Ellen MacArthur Foundation) 為不同的**重複使用系統**分類，其中包括顧客自備容器、**由店家提供可重複使用容器、或第三方廠商提供店家可重複使用的容器**²¹。本研究重點放在最後一項，即重複使用系統，重複使用服務廠商（如：循環杯服務廠商）為咖啡館和其他餐飲店家，提供循環杯，並負責逆向物流，包含配送、回收、清潔與維護。這類重複使用系統於使用者註冊流程、杯子追蹤與回收系統，以及和其他企業的合作等方面，可能因當地情況而出現相當大的差異。



循環容器租借服務

餐廳和咖啡館與循環容器服務廠商合作，為顧客提供重複使用方案。

顧客借用、使用並歸還循環杯至指定地點，循環容器服務廠商回收並清洗髒污杯，並經由「逆向物流」的方式，將清洗後的杯子送到餐廳和咖啡館。

自備容器

自備容器 (BYOC) 即自行準備容器，是由顧客來主導的做法，使用者自行攜帶杯子，以代替一次性飲料杯。

在自備容器系統中，顧客自行負責清洗和運輸，而企業可提供經濟誘因來吸引顧客參與。

現存研究探討歐洲地區重複使用系統與一次性系統相較的環境效益，但在東亞地區仍缺乏相似的全面研究^{22,23}。然而，隨著永續替代品的需求不斷上升，東亞地區具有龐大的成功潛力。民眾與企業皆熱切期盼引入減少環境衝擊的循環杯租借系統。

本報告旨在藉由全面的生命週期評估，比較一次性飲料杯系統與基於真實數據模擬的循環杯租借系統，藉以說明循環杯系統作為一次性飲料杯的永續替代品潛力。運用東亞地區釜山、香港、臺北和東京，四個主要城市的新興循環杯服務廠商的資料建構模型，仔細檢視循環杯租借系統的各個階段，從原料（「搖籃」）到最終處置（「墳墓」），分析其環境影響及作為環保解決方案的有效性。

循環杯系統 VS 一次性杯系統

循環杯和一次性飲料杯從製造到最終處置階段經歷不同的途徑。左側所示的循環杯系統可讓杯子在報廢之前進行多次的重複使用；而一次性飲料杯僅使用一次就被丟棄。

圖 1：循環杯和一次性杯的生命週期階段示意圖



循環杯系統

一次性杯系統



© Greenpeace



© Fred Dott / Greenpeace

研究方法

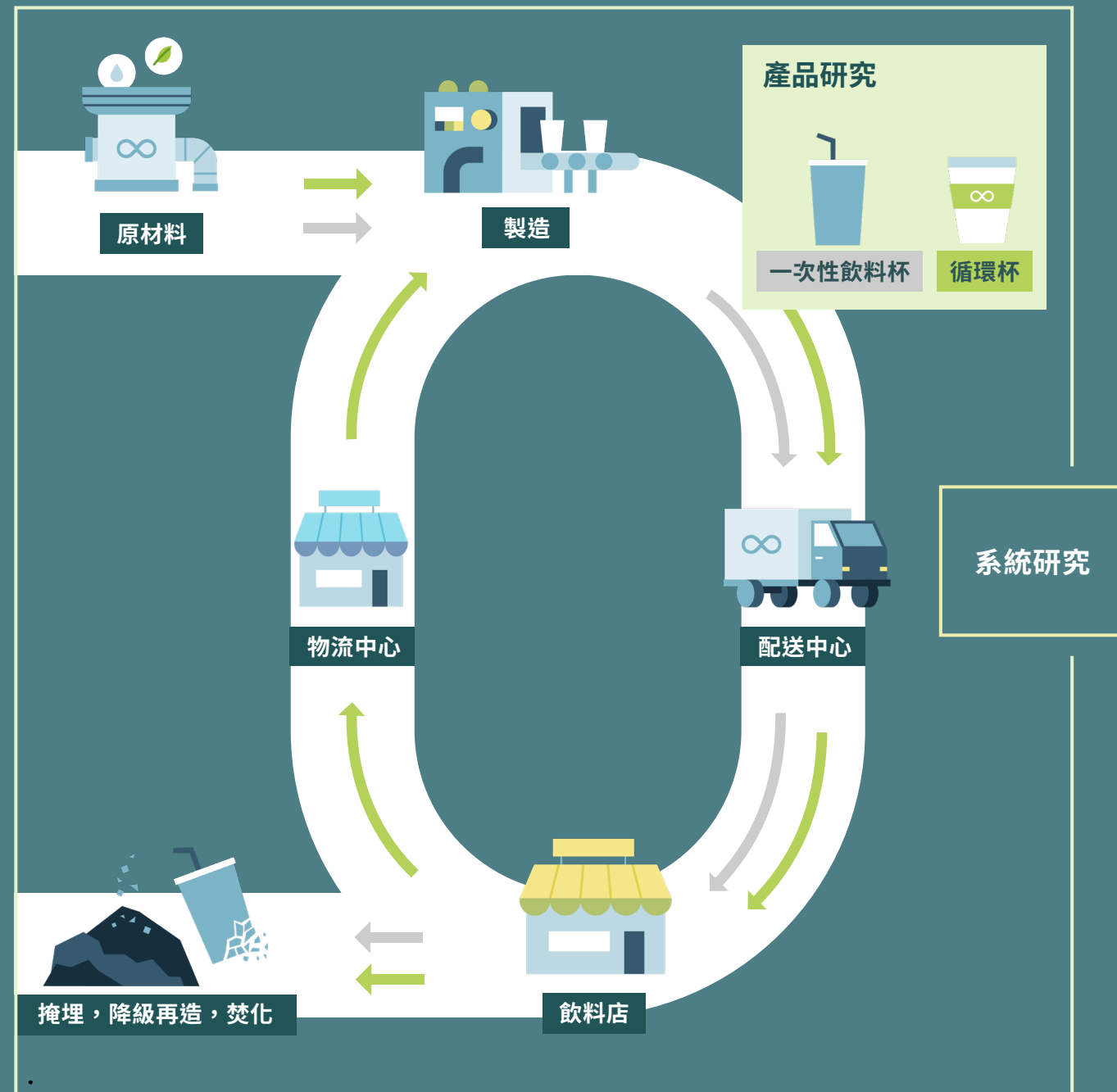
本研究採用 ISO 14040 和 ISO 14044 所列之國際標準化生命週期評估 (LCA) 分析框架，加上來自於合作的東亞地區循環服務廠商的初級資料，與 ecoinvent 生命週期評估軟體資料庫的次級資料。

研究說明

本研究針對循環杯的環境表現建模和評估，並比較循環杯系統與一次性飲料杯系統的環境足跡。採用「系統研究法」，將所有的參與者與流程納入考量，量化循環杯租借系統與一

次性飲料杯系統，從搖籃到墳墓的影響 (參考圖 2)。「產品研究法」衡量的層面較狹隘、只考慮杯子實際產物，而搖籃到墳墓的研究法，納入了從最初的原料 (「搖籃」) 到最終廢料處置 (「墳墓」)，以及中間所有生命週期的階段與過程。

圖 2: 系統研究法與產品研究法對應的一次性飲料杯系統與循環杯租借系統生命週期分析的階段



系統研究法：

評估杯子進到我們手上以前所有步驟與過程，而非僅僅考量杯子本身。

本研究的方法學，確立從原料、運輸、製造、消費者使用階段與重複使用階段 (循環杯)，直到最終處置，整個生命週期中所消耗的資源 (水、材料、能源等等)，所造成的排放污染及廢棄物。

本研究的獨特性在於生命週期評估之資料來源、分析過程與數據檢核，結合學術界、公民社會和重複使用系統業者之間的力量。本研究之設計，特別強調盡可能使用東亞地區現有循環杯服務廠商的實際營運資料。鑒於城市間原物料需求的不同與基礎設施的落差，此研究會特別加入在地化 (Localisation) 的處理步驟，納入各個地區能源與廢棄物處置基礎設施的具體條件。(見圖 3)

生命週期評估 (LCA)

環境污染的排放可分為不同類型，運送已使用的循環杯到清洗廠與以溫水和清潔劑清洗髒杯會產生不同類型的排放。同理可證，一次性杯子在生產相關的排放、與最終處置相關的排放不同。生命週期評估將造成相同環境影響排放源歸類成同一類別，並使用易於對比的單一指標來說明其類別所產生的影響，進而克服不同計算單位或排放因子的差異。

生命週期評估在地化


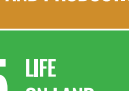
生命週期評估分析 (LCA) 透過在地化加入釜山、香港、臺北和東京的營運和基礎設施實際情況，得以進行具體情況的評估，從而根據當前和新興的循環杯服務廠商業務的實際情況、機會和障礙進行分析。能源生產和採購 (投入) 和廢物處理途徑 (產出) 作為重複使用系統的關鍵，反應出城市間的顯著差異，例如當地能源是來自燃煤、天然氣或再生能源，當地廢棄物處理是掩埋、降級再製或焚燒，都影響重複使用系統的環境影響 (詳細各地區的終端處理請見附件一)。



環境影響類別

影響類別代表在分析過程中，所評估的環境影響的不同面向。這些影響類別有助瞭解循環杯和一次性飲料杯對環境的潛在衝擊。根據常用的環境足跡計算方法（ReCiPe），本研究選出以下 16 項影響類別。下列的影響類別也對應到了聯合國永續發展目標（SDG）。請見表 1。

■ 表 1：16 項生命週期評估環境影響類別及其與永續發展目標（SDG）的關聯

	影響類別	說明
13 CLIMATE ACTION 	氣候變遷	造成全球暖化的碳氫化合物、二氧化碳、甲烷等的排放
	化石燃料消耗	非再生化石燃料的消耗
	臭氧消耗	耗盡臭氧層的排放
3 GOOD HEALTH AND WELL-BEING 	人體毒性	對人體健康有負面影響的有毒物質排放
	懸浮微粒形成	影響人類呼吸道之懸浮微粒的空氣排放
	光化學氧化物質形成	影響光化學臭氧形成的氣體排放
	游離性輻射形成	對人類和生態系統有害的放射性同位素
6 CLEAN WATER AND SANITATION 	水資源消耗	水資源消耗
	淡水生態毒性	對生態系統造成毒性壓力的排放
14 LIFE BELOW WATER 	淡水優養化	改變淡水生態系統酸鹼值與養分可用性的排放
	海洋優養化	改變海洋生態系統酸鹼值與養分可用性的排放
	海洋生態毒性	對海洋生態系統造成毒性壓力的排放
12 RESPONSIBLE CONSUMPTION AND PRODUCTION 	金屬資源消耗	金屬資源消耗
15 LIFE ON LAND 	農業用地佔用	佔用與轉用自然土地為農業用地
	陸域酸化	改變陸域生態系統酸鹼值的排放
	陸域生態毒性	對陸域生態系統造成毒性壓力的排放

資料來源

一手資料來自釜山、香港、臺北與東京，共五家循環杯服務廠商。本研究提供廠商完整的資料收集樣板，方便其詳細記錄自身業務的營運要素和說明自家的原料、能源與勞動力消耗。一手資料收集管道是問卷、流程圖、數據記錄、照片或影片證據、操作手冊和訪談等。這些原始數據允許量化以下生命週期階段：生產、運送杯子給循環杯服務廠商、預先清潔、分發給客戶、使用和收回的物流、清潔和報廢。

二手資料來自於線上管道，包含研究所分析的四個不同城市的基礎設施，以及支援服務等資訊。主要來源為政府統計資料、法規框架、運輸與物流成本結構及科學文獻。

研究範疇及假設

本研究係關於循環杯租借系統，其也是重複使用系統推行的眾多方式之一。在循環杯租借系統中，循環杯服務廠商統籌循環杯的取得及最終處置，提供餐飲店家及其消費者重複使用服務，並安排重複使用之間的逆向物流。目標使用者為咖啡館或現調飲料店的咖啡、茶飲等的消費者。

循環杯租借系統包含的技術支援與機械化最少，符合中小型循環杯服務廠商之重複使用解決方案的營運限制。發送乾淨的循環杯，以及回收使用過的循環杯，皆透過餐飲店家的櫃檯進行。

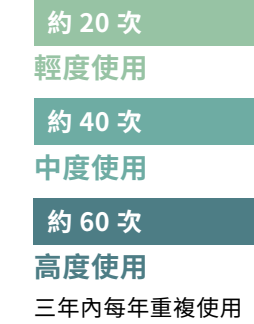
系統範圍始於原料生產，終止於廢料最終處置，降級再製過程的潛在影響並沒有納入。

為了取得最佳比較結果，重複使用的聚丙烯杯，與由 50% 聚乙烯淋膜（PE 淋膜）紙杯和 50% 聚對苯二甲酸乙二酯（PET）杯（50/50 混合比）所組成的一次性飲料杯系統進行比較^{I,II}。所有杯子的容量，均為 16 液量盎司（約 473 毫升）。

在使用階段，鑒於此研究選取的東亞城市的距離與密度，我們假設使用者不需要額外跑一趟去歸還循環杯。根據循環杯服務廠商的估算，大約有 2% 的使用者在歸還之前會沖洗循環杯。

一次性飲料杯使用一次後就丟棄，而循環杯無論使用次數如何，使用壽命皆預設為三年^{III}。循環杯在重複使用系統中使用三年後即被報銷。

本研究根據每年以循環杯提供的飲品數量，考慮了三種使用情境。在本研究持行期間，每年每個循環杯被使用約 20 次是最貼近東亞循環杯服務廠商的使用頻率。



對一次性飲料杯環境表現的分析，所做的假設為一次性飲料杯是進口的，並透過當地物流中心送達飲料店，且並按照每個管轄區平均廢棄物的處理路徑進行最終處置。本研究假設循環杯都是在地製造的。

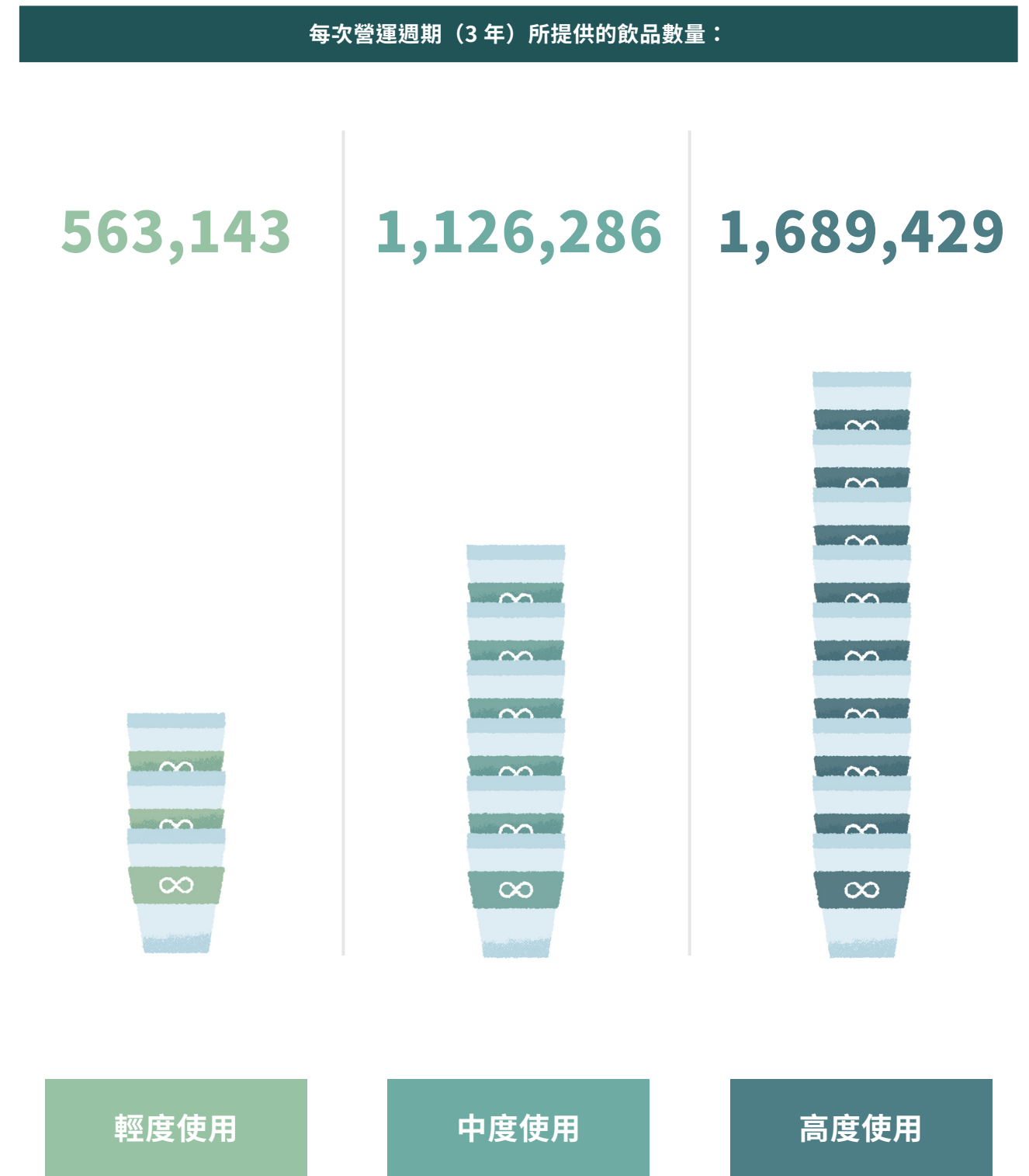
計算單位為每份提供的飲品；代表一次性飲料杯提供一次飲品，與循環杯提供一次飲品進行比較。

I: 香港與東京使用再生聚對苯二甲酸乙二酯 (rPET) 做為原物料，而釜山與臺北使用原生聚對苯二甲酸乙二酯 (PET)。在此研究進行時，南韓與臺灣的法規並不允許使用再生聚對苯二甲酸乙二酯 (rPET) 來製作飲料杯子。

II: 50/50 的混和比的設定是來自於綠色和平東亞辦公室在香港與東京對於現調飲料產業的調查結果^{25,26}。

III: 此研究為了提供生命週期分析所需的時間範圍，保守估計並設定循環杯使用壽命為 3 年。根據使用狀況、物流和管理的情況，循環杯的使用壽命可以更長。

■ 表 2：循環杯服務系統設定



IV: 假設循環杯服務廠商每年損失 7% 的循環杯。損失的其中大約一半是未歸還的杯子，大約四分之一是歸還的杯子有損壞，另外四分之一是由於在處理過程中損壞或由於磨損程度太嚴重而被淘汰。

完整的模型設定指標，請參閱附件二及附件三

圖 3：研究方法流程圖

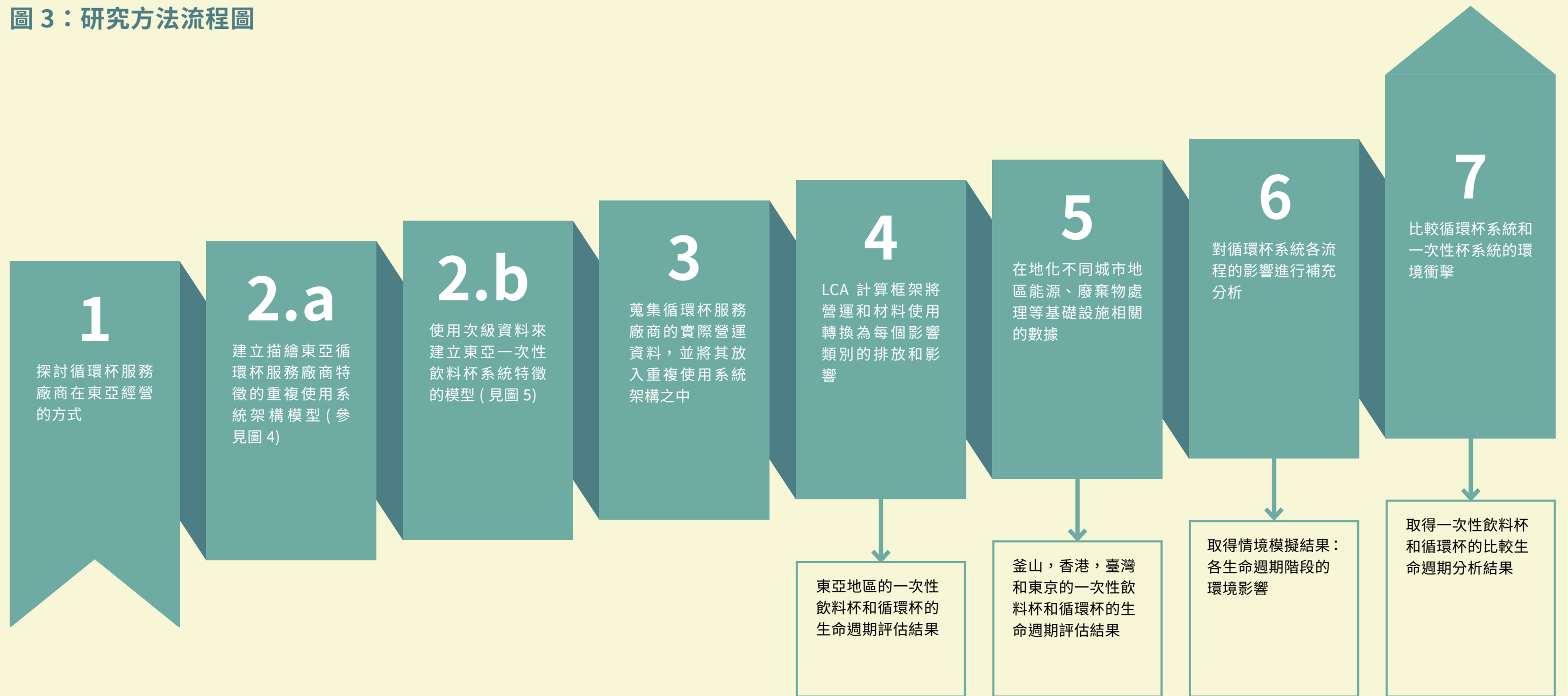


圖 4：循環杯系統示意圖與涵蓋範圍

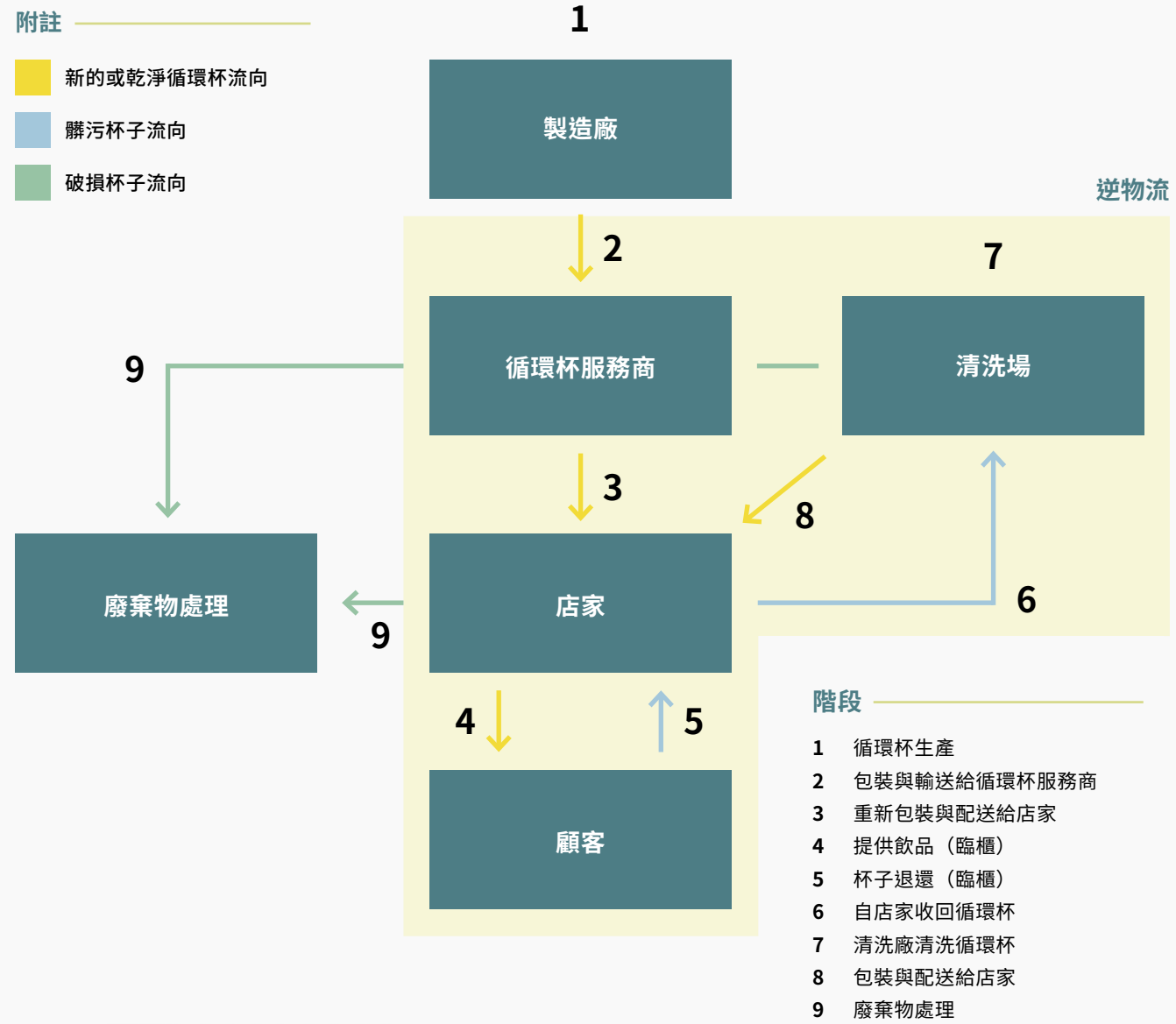


圖 5：一次性飲料杯系統示意圖與涵蓋範圍



研究限制

本研究中的循環杯租借系統，以及從五家重複使用租借服務廠商所獲得的資料，並不代表包含各種設定與商業模式的整個重複使用生態系統。研究模型的營運規模，僅限於重複使用服務廠商在既定假設系統設定下，可營運的重複使用租借服務量。並未明確定義該系統中，其他利害關係人（如：店家及清洗廠）的營運規模。本研究結果的適用性，不可擴及所有類型的循環杯租借服務；反之，本研究之結果旨在檢視重複使用系統的特定設置。在生命週期評估框架下，僅量化系統邊界內的影響，並排除系統邊界以外排放的間接下游之影響。前述「間接的影響」範疇廣泛，包括對漁業、生物多樣性、產業、生計的影響，以及氣候變遷對個人與社區的影響。

研究結果

一次性飲料杯系統及循環杯系統之間的生命週期評估分析比較

總體而言，生命週期評估分析結果發現，循環杯系統，比一次性飲料杯系統更具環境優勢，排放量更低，影響也更小。循環杯租借系統的主要優點是降低溫室氣體排放量、減少對淡水與海洋生態系統的影響，以及減少對空氣品質的影響。結果顯示，更高的循環使用頻率通常會有更好的表現，且系統內循環杯的採用與使用頻率增加，也能夠帶來更多的正面環境效益。

一次性飲料杯在光化學氧化劑形成、化石資源枯竭及淡水優養化這幾個環境影響類別中的負面影響對比循環杯租借系統（其中一個或多個使用頻率的情境下）還要小。上述資源枯竭與排放，應做為利害關係人建立循環杯租借系統的關鍵考量因素。光化學氧化劑形成，可藉由引入不含有廢氣排放的運輸方案解決；而增加使用頻率與選用環保清潔劑，則可降低化石資源枯竭與淡水優養化。

研究中著重的三種使用頻率中，各個使用頻率下的七項選定環境影響類別之結果將展示在下一章節中，顯示出循環杯租借系統及一次性飲料杯系統，如何影響地球生態系統、人體健康與福祉，以及自然資源運用（表 3）。完整之結果，請參閱附件四。

下列數字代表一次性飲料杯的「用完就丟」，與循環杯的「重複使用」之間，排放或影響的差異程度。例如，表格中的數字 20 表示與選用一次性飲料杯相比，循環杯於相應影響類別上降低了 20%。綠色表示循環杯的表現優於一次性飲料杯，而灰色則代表相反的情形。



■ 表 3：與一次性飲料杯系統相較，循環杯租借系統於七項選定環境影響類別中的環境表現改善百分比

■ 循環杯環境表現較優
■ 一次性杯環境表現較優



氣候變遷
(二氧化碳排放當量)

中度使用情境：在釜山每次將一次性飲料杯，換成循環杯時，二氧化碳排放量就會減少 42.4%！

	輕度使用	中度使用	高度使用
東亞	14.5	22.6	24.6
釜山	36.6	42.4	44.3
香港	15.5	22.4	24.7
臺北	25.4	31.7	33.8
東京	18.3	27.2	30.2



懸浮微粒形成
(PM10 排放當量)

	輕度使用	中度使用	高度使用
東亞	16.4	21.8	24.0
釜山	50.3	54.9	56.4
香港	17.8	23.5	25.4
臺北	36.0	41.0	42.7
東京	42.5	48.3	50.2

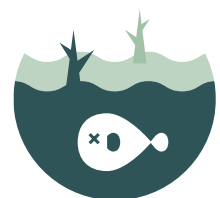


人體毒性
(1,4-二氯苯排放當量)

	輕度使用	中度使用	高度使用
東亞	28.6	34.1	34.1
釜山	32.2	36.1	37.4
香港	25.9	31.6	33.6
臺北	19.6	24.0	25.4
東京	48.9	54.8	56.7

1,4-二氯苯 (1,4-DCB) 是有毒化合物，存在於殺蟲劑、除蟲劑與汽車零件除脂劑之中。其作為參照單位，將其他有毒化合物之排放，調整成 1,4-二氯苯的毒性水準。

毒性評估係以生態系統空氣與水的耐受濃度準則，以及人類可耐受與可接受的每日攝取量為基礎。



淡水生態毒性
(1,4-二氯苯排放當量)

	輕度使用	中度使用	高度使用
東亞	20.5	20.5	27.2
釜山	23.3	27.0	28.3
香港	25.7	31.5	33.4
臺北	7.8	11.7	13.0
東京	21.5	27.3	29.2

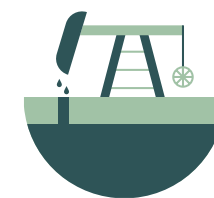
使用頻率增加，重複使用系統的環境表現也會更加出色



海洋生態毒性
(1,4-二氯苯排放當量)

	輕度使用	中度使用	高度使用
東亞	20.9	28.1	28.1
釜山	23.2	27.1	28.4
香港	26.7	32.6	34.6
臺北	7.3	11.2	12.5
東京	25.1	31.2	33.2

本研究資料收集時間，南韓與臺灣法規只允許使用原生 PET 來生產一次性塑膠杯，而其他地區皆允許使用再生 PET，導致釜山與臺北的一次性 PET 杯的化石燃料需求最高，且使臺北與釜山的重複使用系統表現較其一次性飲料杯更好。



化石燃料消耗

	輕度使用	中度使用	高度使用
東亞	-14.3	7.1	7.1
釜山	47.3	54.8	57.3
香港	-12.3	2.4	7.2
臺北	42.2	50.4	53.1
東京	-19.6	-2.9	2.7



水資源消耗
(水使用量)

	輕度使用	中度使用	高度使用
東亞	33.8	35.7	35.7
釜山	33.3	35.9	36.8
香港	34.7	36.0	36.5
臺北	36.9	39.3	40.1
東京	35.8	38.2	39.0

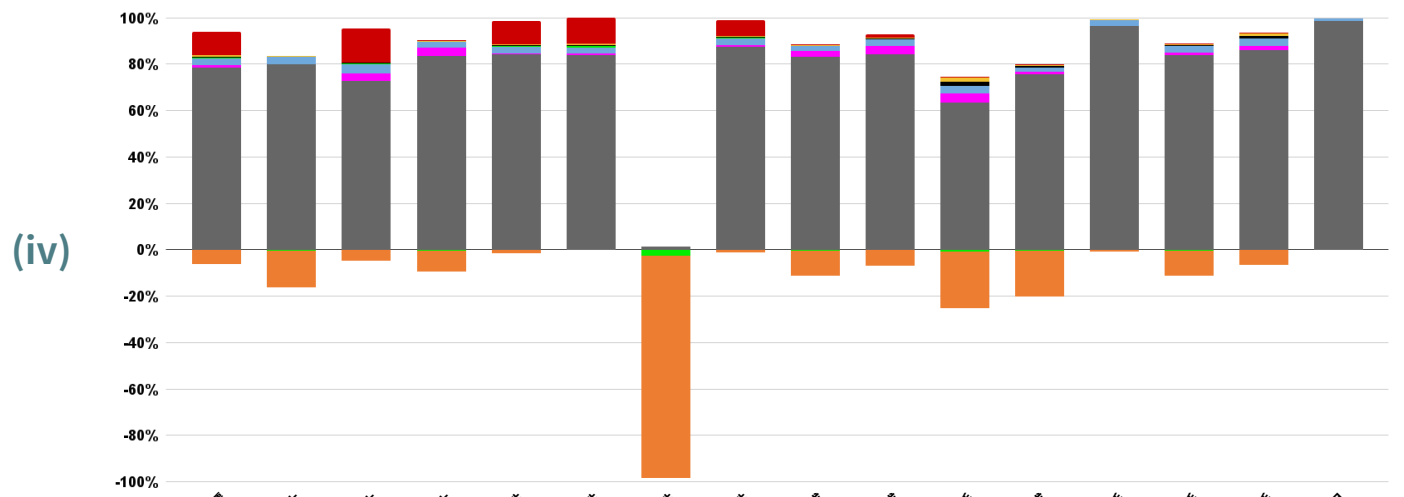
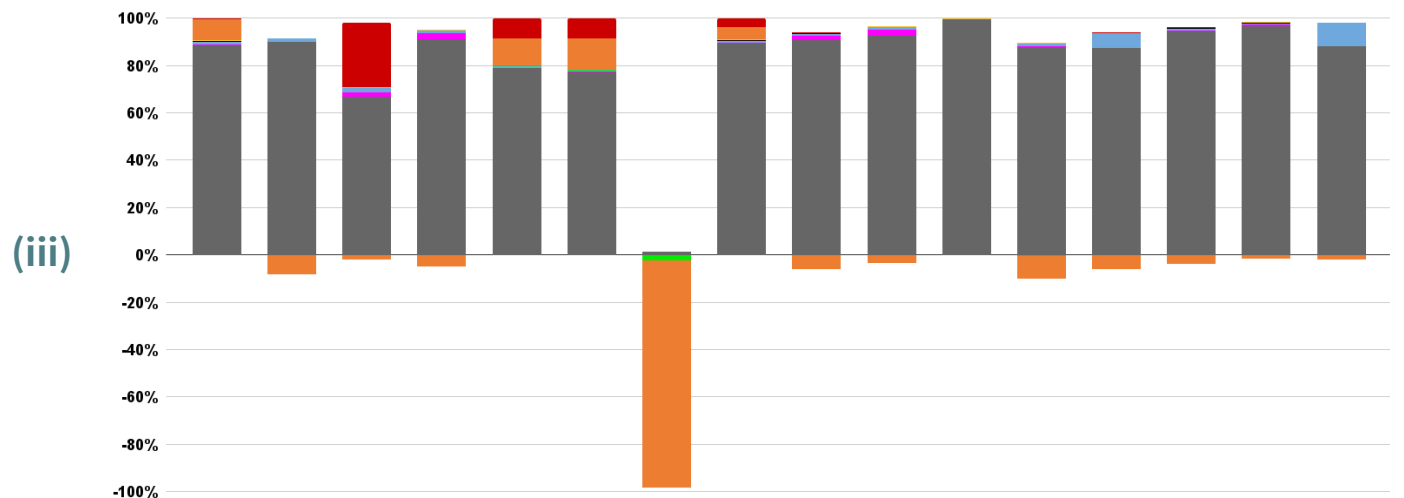
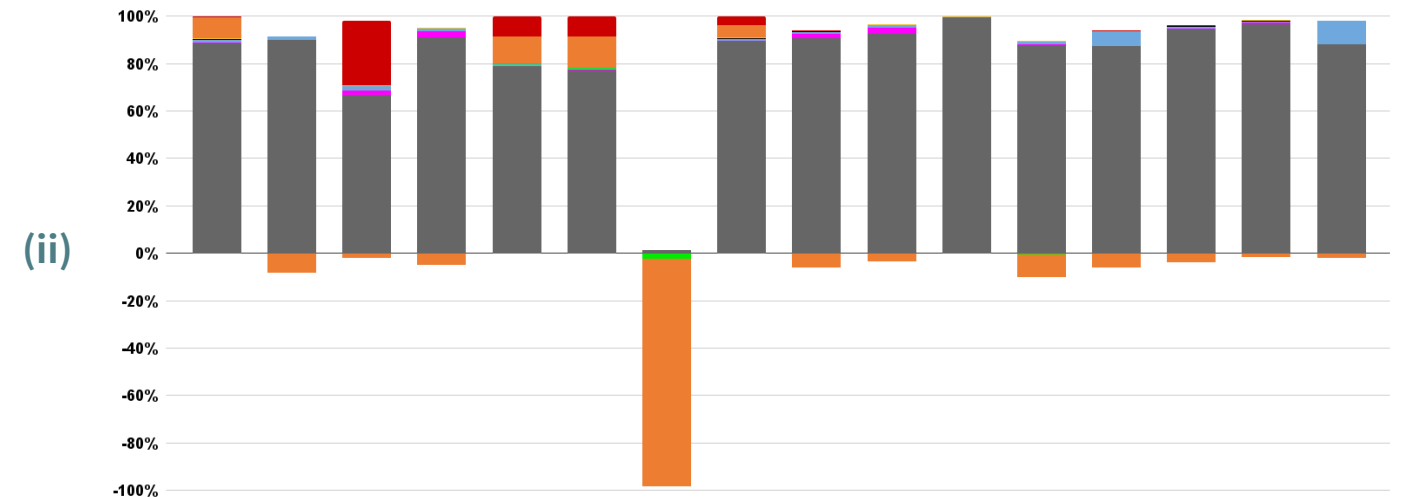
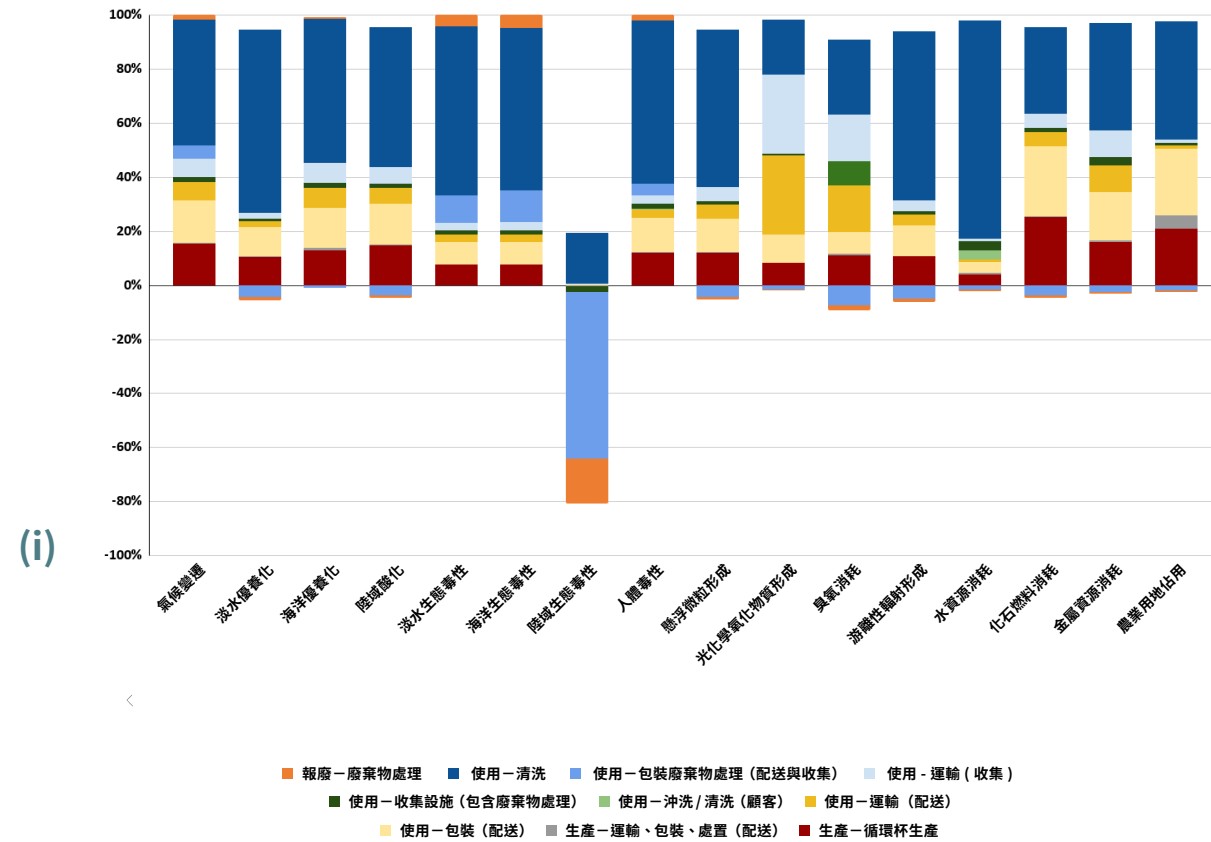
各生命週期階段的环境影響

各個生命週期的階段，對一次性飲料杯系統及循環杯租借系統的整體環境影響之占比各不相同。其中，一次性的原生 PET、一次性的再生 PET (rPET) 塑膠杯以及一次性的 PE 淋膜紙杯在生產階段所造成的影響佔了絕大的比例，需特別注意，而且其生產階段是所有 16 個影響類別的主要排放源。一次性飲料杯報廢途徑中的排放量占比相對較小，凸顯出減少排放量的龐大潛力在於減少一次性飲料杯生產的數量。而循環杯租借系統，清洗階段是所有影響類別的主要排放源 - 除了光化學氧化劑影響類別。因此，以永續發展為重點的循環杯租借系統工作，應注重改善清洗階段的解決方案，以進一步減少環境衝擊。

以下四張圖代表了一次性飲料杯和循環杯系統整個生命週期階段的环境影響分佈。針對一次性飲料杯系統，分別分析了三種材料類型，即原生 PET、再生 PET (rPET) 塑膠杯以及 PE 淋膜紙杯，分別顯示材料類型在 16 個影響類別中不同的占比。對於循環杯系統，顯示的是輕度使用的使用情境。

長條圖中各部分的長度，是對生命週期中各階段對環境影響類別的占比。高於 0% 的部分代表在對應的生命週期階段所造成的排放量，而低於 0% 的部分則代表被避免掉的排放或因為重複使用帶來的效益重新計入系統。例如：廢棄物燃燒發電將電力回饋給當地電網，而非使用傳統燃料的發電方式，是重新利用輸出並回饋進系統的一個例子。

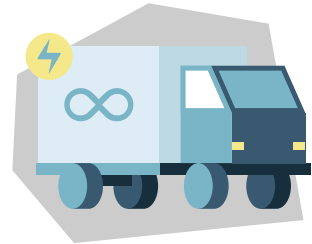
圖 6：對於東亞地區的個別生命週期階段分布分析，涵蓋了 16 個環境影響類別，包括 (i) 輕度使用頻率下的循環杯系統、(ii) 一次性原生 PET 杯、(iii) 一次性 rPET 杯、以及 (iv) 一次性 PE 淋膜紙杯。



報廢-掩埋 報廢-焚化 報廢-運輸 使用-運輸(配送) 生產-包裝處置(配送)
 生產-包裝(配送) 生產-運輸(配送) 生產-一次性杯生產

情境模擬

為探索循環杯租借系統運作中的各個構成要素對系統總排放量的敏感性，本研究依據附件二所列的系統設定，建立不同的情境進行模擬。情境模擬分析確立出循環杯租借系統中，會造成顯著排放的因子，以及最能實現系統最佳化及降低環境影響的構成要素。情境模擬分析的重要發現總結如下：



逆物流階段中，於商店、清洗杯子設施和倉儲地點之間的運輸是一個主要的排放源，可以透過改成電動交通運具、路線優化以及整合或共享物流及回收設施整批收回等方式因應。



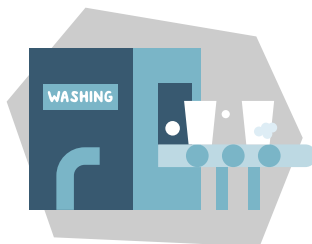
使用完畢、送至逆物流以前，使用溫水與清潔劑沖洗或清洗循環杯，會造成額外不必要的溫室氣體排放。



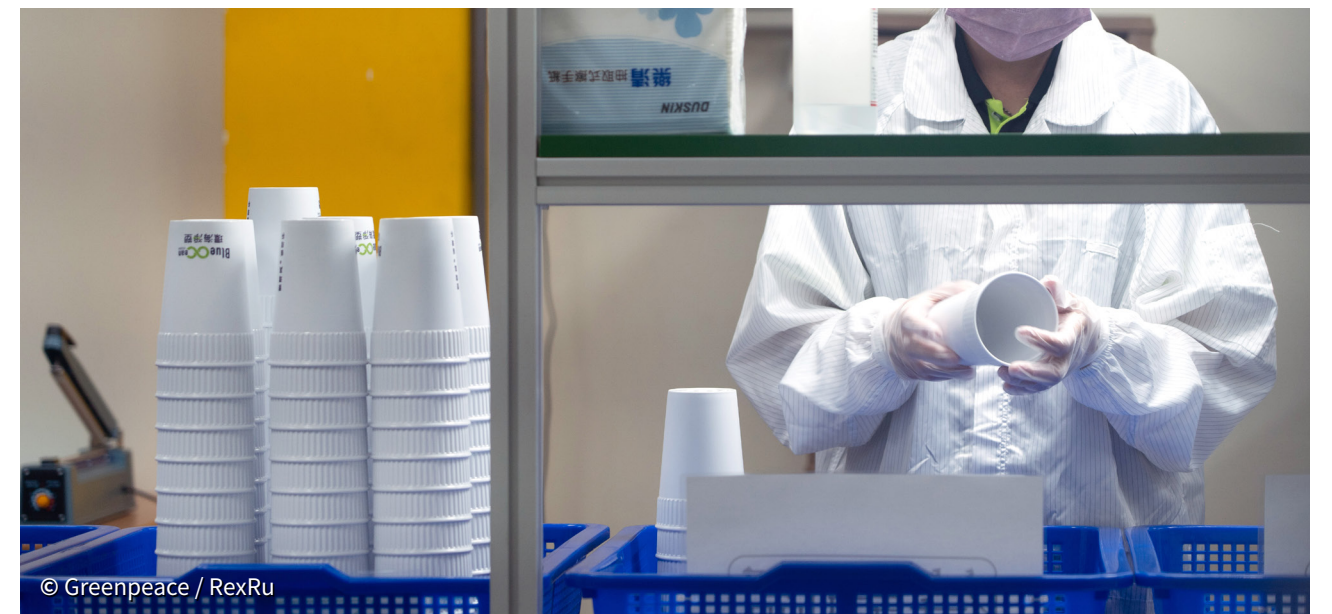
商業清洗廠中，無論是否使用環保清潔劑，清潔劑類型都會對有毒物質排放及環境，有重大影響。



自動借杯、還杯機，因是由機器自動運作，可能會產生高耗電量。



清洗階段中，設備的能源效率及清洗吞吐量，是提升環境表現的關鍵。



量化降低環境衝擊之潛力

利用本研究的結果可量化出「如果轉型到重複使用系統可能達成的降低環境衝擊之潛力」，首先確立在單次使用下，一次性（50/50 混合比）與重複使用（高度使用情境）之間環境影響的存在差異，進一步計算如果根據各個城市所使用的杯子數量情境下可降低的環境衝擊。量化潛在環境衝擊減少效益是期望藉由具體且視覺化的方式，描繪使用循環杯租借系統的益處。運用東亞及特定區域結果，可分別量化與四個地區的結果，亦可合併成東亞區域的分析。此量化假設循環杯租借系統，是於本研究定義的系統設定範圍內運作（表 2）。

東亞

若四個地區合計共消耗 100 億個杯子，全都改用循環杯的話，將能減少以下環境衝擊：

香港

在香港，民眾每年丟棄約 4 億個一次性外帶咖啡杯。若全數改為循環杯供應飲品，將能減少以下環境衝擊：

日本

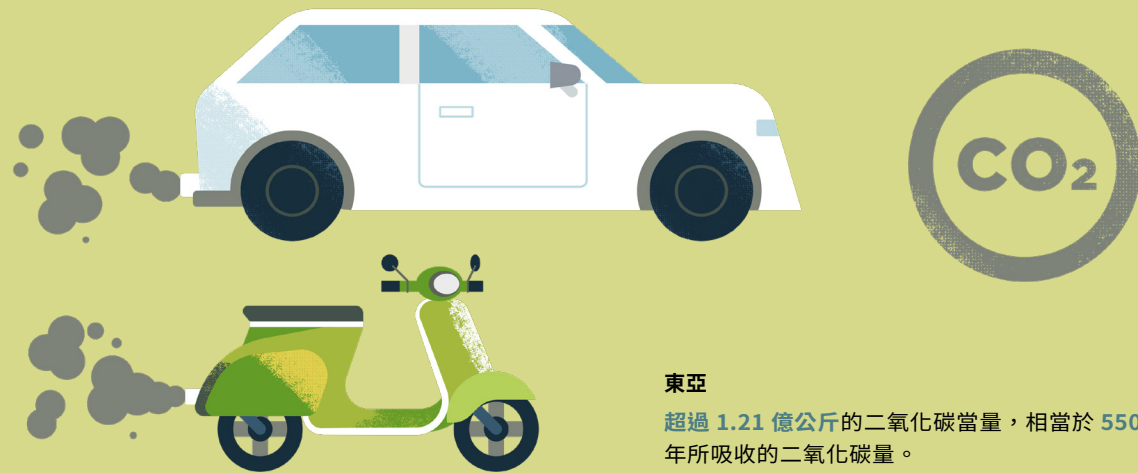
日本的咖啡館、快餐連鎖店及便利商店，每年提供 39.1 億個杯子。若全數改為循環杯供應飲品，將能減少以下環境衝擊：

韓國

在韓國，約有 84 億個廢棄杯是塑膠杯與紙杯。若全數改為循環杯供應飲品，將能減少以下環境衝擊：

臺灣

在臺灣，每年有多達 40 億個一次性飲料杯。若改用循環杯提供如此數量之飲料，將能減少以下環境衝擊：



東亞

超過 1.21 億公斤的二氧化碳當量，相當於 550 萬棵樹木一年所吸收的二氧化碳量。

香港

超過 500 萬公斤的二氧化碳當量，相當於香港街道一整年少了超過 1,380 輛汽車，或 232,000 棵樹木一年吸收的二氧化碳量。

日本

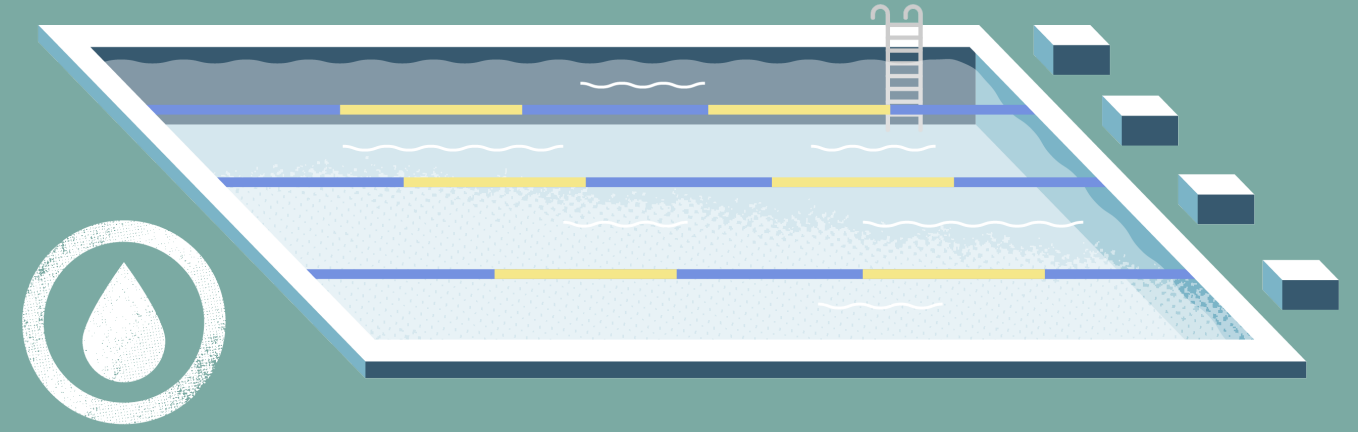
超過 6,030 萬公斤的二氧化碳當量，相當於日本街道一整年少了超過 44,000 輛汽車，或 270 萬棵樹木一年吸收的二氧化碳量。

韓國

超過 2 億 4780 萬公斤的二氧化碳當量，相當於韓國街道一整年少了超過 92,000 輛汽車，或 1130 萬棵樹木一年吸收的二氧化碳量。

臺灣

超過 7,810 萬公斤的二氧化碳當量，相當於臺灣街道一整年少了超過 319,000 輛機車，或 350 萬棵樹木一年吸收的二氧化碳量。



東亞

超過 180 萬立方公尺的水，相當於超過 500 座奧運游泳池。

香港

超過 78,000 立方公尺的水，相當於超過 21 座奧運游泳池。

日本

超過 793,000 立方公尺的水，相當於超過 212 座奧運游泳池。

韓國

超過 180 萬立方公尺的水，相當於 480 多座奧運游泳池。

臺灣

超過 920,000 立方公尺的水，相當於超過 245 座奧運游泳池。



東亞

超過 1,000 萬公斤油當量，相當於超過 73,000 桶石油。

韓國

超過 1 億 4000 萬公斤油當量，相當於超過 1 百萬桶石油。

香港

超過 450,000 公斤油當量，相當於超過 3,300 桶石油。

臺灣

超過 5,900 萬公斤油當量，相當於超過 433,000 桶石油。

日本

超過 120 萬公斤油當量，相當於超過 9,400 桶石油。

討論與結論

重複使用系統作為替代一次性的可行方案，本研究建立在許多的重複使用系統可減少環境衝擊的證據基礎上。**我們的生態系統、人體健康與福祉，以及地球的稀缺資源，在本生命週期研究評估的框架下顯示，都是受益的，且其間接效益則更加深遠。**同時，本研究模擬及量化如果轉型到重複使用系統可以減少的環境衝擊，有助於從原先的理論性的探討，前進到對實際操作上有更深的理解，進而幫助相關利害關係人推行相關措施。即使是目前較小規模、試辦中規模，仍能明顯看見轉型到重複使用模式的優勢，如報告前一個章節所示——呈現出各個地區及廣大東亞地區的預估效益。

在研究裡的循環杯租借模型中可看到，相較於使用一次性飲料杯，增加使用頻率，進而使循環杯在其生命週期內，有更高的重複使用次數，可因每次重複使用而讓環境衝擊減少的效益更加提升。**因此，擴大循環杯推行範圍及提高使用率，可望更全面提升重複使用系統可減少環境衝擊的效益。**從單一的循環杯租借系統，擴展到更廣泛地在社會各個層面應用可重複使用系統；隨著擴展循環杯租借系統，以及循環杯租借杯使用人次成長 - 也假設循環杯租借系統以相應成長的使用率運作 - 更有可能因其消除的一次性飲料杯排放，而帶來更少的環境衝擊。而當在整個社會中推行重複使用時，應關注規模經濟帶來的機會，以及大規模物流所帶來的挑戰。

針對重複使用服務廠商的實際情況分析，能特別深入理解東亞地區具環境敏感性的營運參數。值得注意的是，清洗階段為重複使用系統帶來顯著的排放，而杯子運輸對空氣品質有著巨大的影響。選擇環保節能的清洗方式、去除逆物流中的廢氣排放，以及改善運送及收回的流程，是三大關鍵因素；隨著重複使用系統變得更加主流、營運規模不斷擴大，需要更有計畫地處理，以確保重複使用系統發揮最佳的表現。

若要減緩一次性飲料杯系統的環境影響，必須減少生產、最終完全淘汰。一次性飲料杯生產階段是所有 16 項影響類別中最大宗的排放來源，而減少生產是全面而直接的大幅減少排放量。同時，透過資源回收而減少環境衝擊的效益是有限的，資源回收無法作為全球依賴一次性用品的解決方案，從源頭減量才是關鍵。

重複使用系統若要取代主流且對環境造成破壞的一次性飲料杯系統，需要兼具環境競爭力及經濟可行性。未來發展的研究應投入於探討不同採用規模下的經濟成效，尤其需要超越理論模型，而將重複使用服務廠商在真實世界所遇到的情境納入評估指標與模型的系統假設。於此同時，也應探討在推動一次性用品轉向重複使用系統的路上，如何讓公民社會、公部門與私部門三方共同努力——這也是本研究未能顧及的面向。

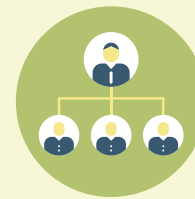
循環杯租借系統作為重複使用系統推行的眾多方式之一，重複使用包裝正受到世界各地歡迎，其滿足餐飲業（包含餐

廳、咖啡館與外燴）以及包裝食品業（包含瓶裝飲料與即食食品）中的其他部門對重複使用方案的需求。可能需要進一步研究這些不同的重複使用應用，以確保重複使用系統，成為更好的一次性用品替代品。

本研究的結果，與世界各地的大量研究一樣，顯示出重複使用模式的環境效益，更解決在東亞城市中，重複使用系統如何實際運作的知識鴻溝。東亞城市中心環境表現的差異性，突顯出情境特定分析的重要性。本研究亦欲透過深入且具針對性地運用東亞重複使用服務廠商的真實世界資料，做為瞭解重複使用系統在東亞營運實況的一個窗口。

綠色和平東亞分部建議

當前社會迫切需要發展重複使用系統，以遏制過度使用一次性包裝，不僅是在食品、飲料相關產業，也包含所有其他使用一次性商品包裝的產業。政策制定者及企業肩負停止過度使用塑膠的責任，而利害關係人應以果斷與合作的態度，推行重複使用解決方案。**綠色和平東亞分部敦促各政府與企業，制定 2030 年前達成 50% 重複使用的目標，以做為推動該地區淘汰一次性包裝的措施。**政府與企業的核心工作應為：



政策制定者應設定各產業部門重複使用目標，

並應從技術上最為可行的產業，像是餐飲業及包裝食品產業，開始分階段實施重複使用。



政府應引入財政獎勵措施，

以協調與擴大建立重複使用系統所需的基礎設施，並應優先於資源回收計畫的投資。這些基礎設施的建置包括但不限於：制定標準和可互通的規格、容器設計、回收與物流、教育訓練、清洗廠等等。



企業應明確訂定採行不同重複使用系統的路徑圖，

並公開揭露一次性用品的消耗量與減少量。

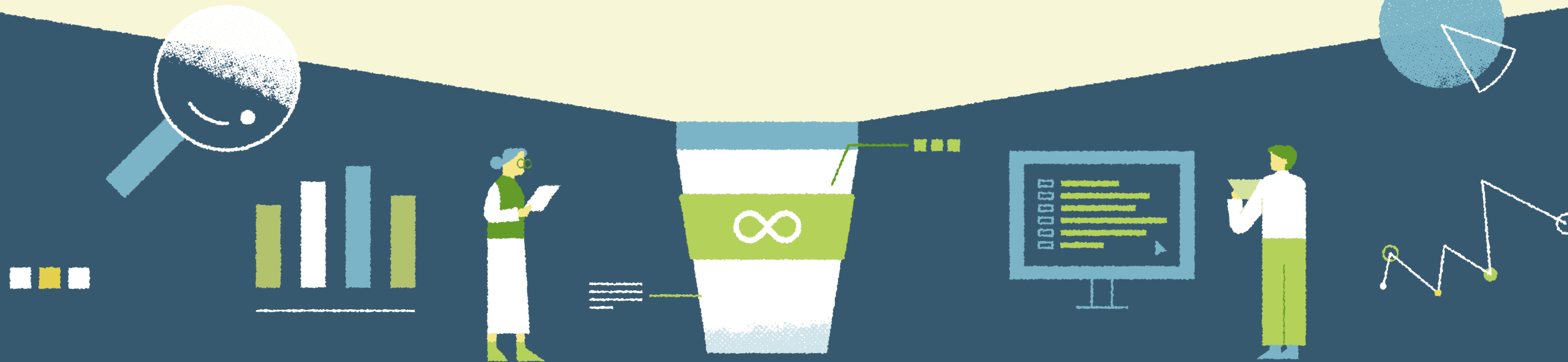


應針對包裝引入生產者延伸責任（EPR），並明確區分重複使用系統及一次性包裝。

EPR 計畫中應訂定經濟獎勵措施，以促使消費者與中小企業積極採用重複使用系統。

參考資料

1. United Nations Environment Programme. 2021. Single-use beverage cups and their alternatives - Recommendations from Life Cycle Assessments.
2. Greenpeace Hong Kong. 2022. “香港人年均消耗 4 億個外賣咖啡杯 綠色和平推社區重用杯借還計劃 建議政府研發.” <https://www.greenpeace.org/hongkong/issues/plastics/press/35119/> 香港人年均消耗 4 億個外賣咖啡杯 - 綠色和平推社區 /
3. 伊藤忠紙パルプ株式会社. 2022. 脱石油由来プラスチックに向けた紙製品のクローズドループモデル .
4. Ministry of Environment, Republic of Korea. 2019. “1 회용품 함께 줄이기 계획” .
5. Ministry of Environment, Republic of China. 2018. “為什麼要管制” . <https://hwms.epa.gov.tw/dispPageBox/onceOff/onceOffDetail.aspx?ddsPageID=EPATWH81>
6. United Nations. 2017. “Factsheet: Marine pollution.” In Proceedings of the Ocean Conference, June 5-9, 2017, New York City, USA. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Ocean_Factsheet_Pollution.pdf.
7. McDermott, Kristin L. 2016. “Plastic Pollution and the Global Throwaway Culture: Environmental Injustices of Single-use Plastic.” ENV 434 Environmental Justice. 7. https://digitalcommons.salve.edu/env434_justice/7.
8. Geyer, Roland, Jenna R. Jambeck, and Kara Lavender Law. 2017. “Production, use, and fate of all plastics ever made.” Science Advances 3 (7). 10.1126/sciadv.1700782.
9. Villa, Priscilla, Yvette Arellano, Miriam Gordon, Doun Moon, Kathryn Miller, and Kristen Thompson. 2019. Plastic & Health: The Hidden Costs of a Plastic Planet. <https://www.ciel.org/wp-content/uploads/2019/02/Plastic-and-Health-The-Hidden-Costs-of-a-Plastic-Planet-February-2019.pdf>.
10. Duncan, Emily M., Zara L. Botterell, Annette C. Broderick, Tamara S. Galloway, Penelope K. Lindeque, Ana Nuno, and Brendan J. Godley. 2017. “A global review of marine turtle entanglement in anthropogenic debris: a baseline for further action.” 34 (12): 431–448. 10.3354/esr00865.
11. Schuyler, Qamar, Britta D. Hardesty, Chris Wilcox, and Kathy Townsend. 2014. “Global analysis of anthropogenic debris ingestion by sea turtles.” Conservation Biology 28 (2): 129-139. 10.1111/cobi.12126.
12. Oehlmann, Jörg, Ulrike Schulte-Oehlmann, Werner Kloas, Oana Jagnytsch, Ilka Lutz, Kresten O. Kusk, Leah Wollenberger, et al. 2009. “A critical analysis of the biological impacts of plasticizers on wildlife.” Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci, (7). 10.1098/rstb.2008.0242.
13. Rochman, Chelsea M., Eunha Hoh, Tomofumi Kurobe, and Swee J. Teh. 2013. “Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress.” Scientific Reports 3 (11). 10.1038/srep03263.
14. Rochman, Chelsea M. 2013. “Plastics and Priority Pollutants: A Multiple Stressor in Aquatic Habitats.” Environ. Sci. Technol. 47 (3): 2439–2440. 10.1021/es400748b.
15. Ross, Peter S., and Linda S. Birnbaum. 2003. “Integrated Human and Ecological Risk Assessment: A Case Study of Persistent Organic Pollutants (POPs) in Humans and Wildlife.” Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal 9:303-324. 10.1080/727073292.
16. OECD. 2022. Global Plastics Outlook: Economic Drivers, Environmental Impacts and Policy Options. OECD Publishing. 10.1787/de747aef-en.
17. Gerassimidou, Spyridoula, Paulina Lanska, John N. Hahladakis, Elena Lovat, Silvia Vanzetto, Birgit Geueke, Ksenia J. Groh, Jane Muncke, Maricel Maffini, Olwenn V. Martin, and Eleni Iacovidou, 2022. “Unpacking the complexity of the PET drink bottles value chain: A chemicals perspective.” Journal of Hazardous Materials 420. 10.1016/j.jhazmat.2022.128410
18. Upstream. 2021. Reuse wins: The environmental, economic, and business case for transitioning from single-use to reusable in food service.
19. Zero Waste Europe. 2022. Packaging Reuse vs. Packaging Prevention. Understanding which policy measures best apply.
20. International Organization for Standardization [ISO]. 2012. “Packaging and the environment — Reuse ISO 18603:2013(en).” <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:18603:ed-1:v1:en>.
21. Ellen MacArthur Foundation. 2019. Reuse – rethinking packaging.
22. Brazão, Marta, Luisa Marques, Ana Carvalho, Lindsey Wuisan, João Almeida, and Carla Arguello. 2021. “Making the business case for Packaging reuse systems.”
23. ReLoop & Zero Waste Europe. 2020. Reusable VS single-use packaging: a review of environmental impact.
24. Sala, Serenella, Eleonora Crenna, Michela Secchi, and Esther Sanyé-Mengual. 2020. “Environmental sustainability of European production and consumption assessed against planetary boundaries.” Journal of Environmental Management 269 (9). 10.1016/j.jenvman.2020.110686.
25. Greenpeace Japan. 2022. Disposable cups in the Japanese Café Industry. https://www.greenpeace.org/static/planet4-japan-stateless/2022/07/5226ce29-disposablecupsinjapanesecafeindustry_en.pdf
26. Greenpeace Hong Kong. 2022. “Sheung Wan Borrow and Return Cup Program Gives the Earth a Coffee Break.” <https://www.greenpeace.org/eastasia/blog/7499/sheung-wan-borrow-and-return-cup-program-gives-the-earth-a-coffee-break/>



附件一

廢棄物處理途徑

資料來源於 2019 年至 2021 年之間相關地區的官方統計數據。在這研究的設定，終止點 (cut-off point) 為廢棄物收集階段，重複使用系統和一次性杯子系統都沒有包括二次原材料產出和降級再製的階段。

■ 表 4：東亞（基礎模型），臺灣，香港，日本，南韓的各材料終端處理途徑

	東亞 (模型基礎)	臺灣	香港	日本	南韓
廢棄物處理					
不可回收廢棄物	70% 焚化 30% 掩埋	93% 焚化 7% 掩埋	100% 掩埋	89% 焚化 11% 掩埋	95% 焚化 5% 掩埋
PET 及 PP	25% 焚化 25% 掩埋 50% 降級再製 (終止點)	3% 焚化 97% 降級再製 (終止點)	89% 掩埋 11% 降級再製 (終止點)	70% 焚化 6% 掩埋 24% 降級再製 (終止點)	20% 焚化 80% 降級再製 (終止點)
PE	50% 焚化 25% 掩埋 25% 降級再製 (終止點)	47% 焚化 53% 降級再製 (終止點)	89% 掩埋 11% 降級再製 (終止點)	70% 焚化 6% 掩埋 24% 降級再製 (終止點)	20% 焚化 80% 降級再製 (終止點)
卡紙	20% 焚化 15% 掩埋 65% 降級再製 (終止點)	34% 焚化 66% 降級再製 (終止點)	53% 掩埋 47% 降級再製 (終止點)	17% 焚化 2% 掩埋 81% 降級再製 (終止點)	27% 焚化 1% 掩埋 72% 降級再製 (終止點)

附件二

循環杯租借系統的系統設定參數

■ 表 5：循環杯系統在輕度使用、中度使用和高度使用情境下的定量系統設置參數

參數	數值		
食品店及飲料店數量	40 家		
杯子總數	10000 單位		
每年損失率	7%		
系統中的現役杯數 (初始)	8000 單位		
以庫存更換的杯數 (每年)	560 單位 / 年		
3 年內系統中的現役杯數	9680 單位		
杯子容量	16 液量盎司		
杯、蓋材質	聚丙烯		
杯重	85 公克		
蓋重	15 公克		
杯子技術壽命	300 次 (重複) 使用		
向店家配送新杯子頻率	輕度使用	中度使用	高度使用
	1 次 / 週	2 次 / 週	3 次 / 週
每次配送到店家的杯數	90 單位		
10,000 個杯子從初始到最終處置的總使用壽命	3 年		
三年內提供飲品總數	輕度使用	中度使用	高度使用
	563,143	1,126,286	1,689,429
三年內每杯重複使用數	輕度使用	中度使用	高度使用
	58	116	174
每週每杯重複使用數	輕度使用	中度使用	高度使用
	0.37	0.74	1.11

附件三

一次性飲料杯系統的系統設定參數

■ 表 6：一次性飲料杯系統中的一次性 PET 杯和一次性 PE 淋膜杯的系統設置參數

參數	數值	
	一次性 PET 杯	一次性 PE 淋膜杯
杯子材質	除釜山與臺北使用原生聚對苯二甲酸乙二酯外 (PET)，其他使用再生聚對苯二甲酸乙二酯 (rPET) ^V	塗有低密度聚乙烯的漂白卡紙
蓋子材質	除釜山與臺北使用原生聚對苯二甲酸乙二酯外，其他使用再生聚對苯二甲酸乙二酯	聚丙烯
杯重、蓋重	杯：15.6 克 蓋：3.5 克	杯：13.5 克 蓋：3.5 克
包裝 (製造)	50 個一次性飲料杯，裝進 1 個 PE 膜包裝 (重量：4 克)，25 個包裝裝進 1 個紙箱 (重量：700 克)。 50 個一次性杯子，裝進 1 個 PE 膜包裝 (重量：6.3 克)，20 個包裝裝進 1 個紙箱 (重量：836 克)。	50 個一次性飲料杯，裝進 1 個 PE 膜包裝 (重量：4 克)，25 個包裝裝進 1 個紙箱 (重量：700 克)。 50 個一次性杯子，裝進 1 個 PE 膜包裝 (重量：6.3 克)，20 個包裝裝進 1 個紙箱 (重量：836 克)。
報廢	焚化、掩埋、降級再製 ——依當地途徑而定	焚化、掩埋 ——依當地途徑而定

^V: 在這項研究進行時，韓國和臺灣的法規不允許在一次性杯子的生產中使用再生聚對苯二甲酸乙二酯 (rPET)

附件四

四個地區及整個東亞地區的生命週期評估分析完整結果

■ 表 7：循環杯系統與一次性飲料杯系統在 16 個環境影響類別下的環境性能對比生命週期評估結果—東亞地區

東亞	影響類別	輕度使用	中度使用	高度使用
生態系統影響	氣候變遷	14.5	22.6	24.6
	淡水優氧化	-25.0	-16.7	-16.7
	海洋優氧化	43.9	47.9	49.2
	陸域酸化	20.5	20.5	27.2
	淡水生態毒性	25.0	25.0	31.3
	海洋生態毒性	20.9	28.1	28.1
	陸域生態毒性	67.2	72.6	74.5
人體健康	人體毒性	28.6	34.1	34.1
	懸浮微粒形成	16.4	21.8	24.0
	光化學氧化劑形成	-70.1	-63.3	-63.3
	臭氧消耗	3.6	18.8	18.8
	游離輻射形成	-45.5	-38.2	-34.5
資源使用	水資源消耗	33.8	35.7	35.7
	化石資源消耗	-14.3	7.1	7.1
	金屬資源消耗	39.0	42.7	44.5
	農業用地佔用	95.5	96.2	96.2

■ 表 8：循環杯系統與一次性飲料杯系統在 16 個環境影響類別下的環境性能對比生命週期評估結果—釜山

釜山	影響類別	輕度使用	中度使用	高度使用
生態系統影響	氣候變遷	36.6	42.4	44.3
	淡水優氧化	-6.1	-1.8	-0.4
	海洋優氧化	37.6	42.0	43.5
	陸域酸化	50.9	56.0	57.7
	淡水生態毒性	23.3	27.0	28.3
	海洋生態毒性	23.2	27.1	28.4
	陸域生態毒性	2700.9	2430.7	2340.6
人體健康	人體毒性	32.2	36.1	37.4
	懸浮微粒形成	50.3	54.9	56.4
	光化學氧化劑形成	-17.3	-12.1	-10.4
	臭氧消耗	98.2	98.5	98.5
	游離輻射形成	-22.9	-19.1	-17.8
資源使用	水資源消耗	33.3	35.9	36.8
	化石資源消耗	47.3	54.8	57.3
	金屬資源消耗	67.9	71.2	72.3
	農業用地佔用	95.2	95.8	96.0

■ 表 9：循環杯系統與一次性飲料杯系統在 16 個環境影響類別下的環境性能對比生命週期評估結果—香港

香港	影響類別	輕度使用	中度使用	高度使用
生態系統影響	氣候變遷	15.5	22.4	24.7
	淡水優氧化	1.4	7.7	9.8
	海洋優氧化	57.5	60.7	61.7
	陸域酸化	-15.0	-8.5	-6.4
	淡水生態毒性	25.7	31.5	33.4
	海洋生態毒性	26.7	32.6	34.6
	陸域生態毒性	-338.7	-340.3	-340.9
人體健康	人體毒性	25.9	31.6	33.6
	懸浮微粒形成	17.8	23.5	25.4
	光化學氧化劑形成	-78.9	-71.6	-69.2
	臭氧消耗	27.5	36.6	39.6
	游離輻射形成	55.5	62.1	64.3
資源使用	水資源消耗	34.7	36.0	36.5
	化石資源消耗	-12.3	2.4	7.2
	金屬資源消耗	39.6	45.8	47.9
	農業用地佔用	96.0	96.6	96.8

■ 表 10：循環杯系統與一次性飲料杯系統在 16 個環境影響類別下的環境性能對比生命週期評估結果—臺北

臺北	影響類別	輕度使用	中度使用	高度使用
生態系統影響	氣候變遷	25.4	31.7	33.8
	淡水優氧化	-35.0	-29.3	-27.4
	海洋優氧化	40.1	44.9	46.5
	陸域酸化	41.7	47.1	48.9
	淡水生態毒性	7.8	11.7	13.0
	海洋生態毒性	7.3	11.2	12.5
	陸域生態毒性	52.3	53.4	53.7
人體健康	人體毒性	19.6	24.0	25.4
	懸浮微粒形成	36.0	41.0	42.7
	光化學氧化劑形成	-18.7	-13.1	-11.2
	臭氧消耗	98.1	98.3	98.4
	游離輻射形成	-1.4	4.3	6.2
資源使用	水資源消耗	36.9	39.3	40.1
	化石資源消耗	42.2	50.4	53.1
	金屬資源消耗	67.1	70.5	71.7
	農業用地佔用	96.3	96.9	97.1

■ 表 11：循環杯系統與一次性飲料杯系統在 16 個環境影響類別下的環境性能對比生命週期評估結果—東京

東京	影響類別	輕度使用	中度使用	高度使用
生態系統影響	氣候變遷	18.3	27.2	30.2
	淡水優氧化	26.0	32.5	34.7
	海洋優氧化	38.4	43.5	45.1
	陸域酸化	16.1	22.8	25.0
	淡水生態毒性	21.5	27.3	29.2
	海洋生態毒性	25.1	31.2	33.2
	陸域生態毒性	65.4	73.0	75.5
人體健康	人體毒性	48.9	54.8	56.7
	懸浮微粒形成	42.5	48.3	50.2
	光化學氧化劑形成	-77.4	-69.8	-67.2
	臭氧消耗	11.7	21.9	25.2
	游離輻射形成	7.8	13.9	15.9
資源使用	水資源消耗	35.8	38.2	39.0
	化石資源消耗	-19.6	-2.9	2.7
	金屬資源消耗	26.5	32.5	34.5
	農業用地佔用	94.9	95.5	95.7

GREENPEACE
綠色和平

