

東亞地區循環杯系統一次性杯系統之全生命週期成本比較

綠色和平東亞分部臺北辦公室 摘要版

本研究合作的名單如下：

首席研究員：

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

審查者：

- 賈榕楠博士, Molly
- 國立臺灣科技大學設計系綠色結構包裝副教授, 許呈湧

循環杯服務廠商

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

緒論：促進可重複使用的循環包裝發展以取代一次性塑膠包裝，是解決塑膠污染、廢棄物處理挑戰以及氣候危機的重要解決方案

隨著全球環境保護意識的提升，減少一次性塑膠包裝與用品的使用已成為各國政府、企業及民眾共同努力的目標。在東亞地區飲料消費習慣盛行，一次性飲料杯的使用量驚人。本研究比較循環杯系統與一次性杯系統在全生命週期內的環境影響和經濟可行性，並提出優化循環杯系統設計的政策建議。

本研究由綠色和平東亞分部臺北辦公室，並與香港城市大學Shauhrat S. Chopra教授、香港科技大學Meike Sauerwein博士及多家東亞循環杯服務廠商合作進行。期望透過這項研究，為循環杯系統的推廣提供科學依據，促進其在東亞地區的廣泛應用。

研究過程中，我們對比循環杯系統以及一次性杯系統在不同使用強度下的全生命週期成本，發現現階段循環杯系統的初期建置成本較高，但隨著使用頻率的增加，循環杯的平均使用成本逐漸下降，顯示出潛在的經濟優勢。此外，我們深入分析了循環杯系統的成本組成及熱點，並進行敏感度分析，探討影響其經濟可行性的關鍵參數。

研究結果顯示，透過改善循環杯系統的運營環境和商業模式，如增加使用頻率、縮短運輸距離等方式，循環杯系統有望成為一種環保且經濟可行的解決方案。政府與企業的資金和技術支持，在推動循環杯系統的發展中起著至關重要的作用。政府應提供低利貸款或創業基金，鼓勵企業參與循環杯系統，同時立法推動一次性塑膠產品的減少。

研究結果分析

1. 循環杯系統在極高度使用情境下，使用成本會低於一次性杯系統

透過一次性杯與循環杯的生命週期成本計算與比較，本研究發現，在現階段輕度使用的情形下，對於循環杯業者來說，經濟可行性是較低的，每次使用的成本約新台幣14.44元，較一次性杯高出 2.7 倍，主要是由於循環杯系統初期建置成本高，且全生命週期的成本都由單一廠商負擔，而一次性杯系統的在成為垃圾後的處理，有部分由政府的公共支出負擔。

然而，從長遠來看，透過增加固定距離內店家使用循環杯系統的頻率、縮短循環杯物流逆物流的循環距離等方式改善循環杯系統的營運環境和商業模式，循環杯系統不僅可以減少浪費、降低汙染，更能節省廢棄物處理的公共支出。如同下表所呈現，當循環杯系統的使用率提升到高度使用情境，循環杯系統的成本就更接近一次性杯的成本，而極高度使用情境，平均每次使用的成本則低於一次性杯的單次使用成本。

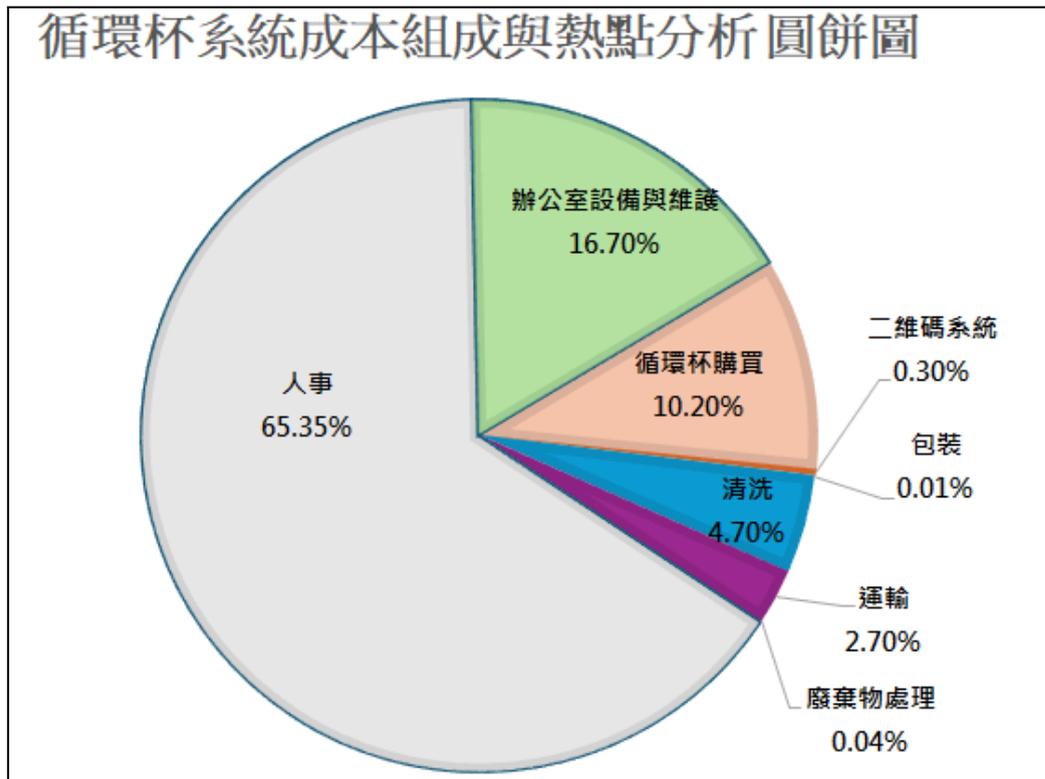
一次性杯系統以及循環杯系統不同強度使用情境成本比較表

| 幣別：新臺幣 | | | |
|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| | 輕度使用下的成本 (一個循環杯一年使用 20次) | 高度使用下的成本 (一個循環杯一年使用 60次) | 極高度使用下的成本 (一個循環杯一年使用 80次) |
| 一次性杯系統 | 5.36 | 4.7 | 4.38 |
| 循環杯系統 ¹ | 14.44 | 5.42 | 4.03 |

2. 循環杯系統的營運成本，以「人事成本」最高，「辦公室設備與維護」成本次之，「循環杯購置」、「清洗」以及「運輸」成本第三高

本研究所計算的循環杯系統生命週期成本組成包括循環杯購置成本、二維碼系統建置(以利杯子管理與追蹤)成本、包裝成本、清洗成本、運輸成本、廢棄物處理成本、人事成本和辦公室設備與維護成本。其中，「人事成本」最高，「辦公室設備與維護」成本次之，「循環杯購置」、「清洗」以及「運輸」成本第三高。理解這些成本組成，有助於接下來透過敏感性分析聚焦探討降低循環杯系統的生命週期成本的特定參數因子。

¹ 循環杯系統假設：融資利率為1%，平均運輸距離25公里

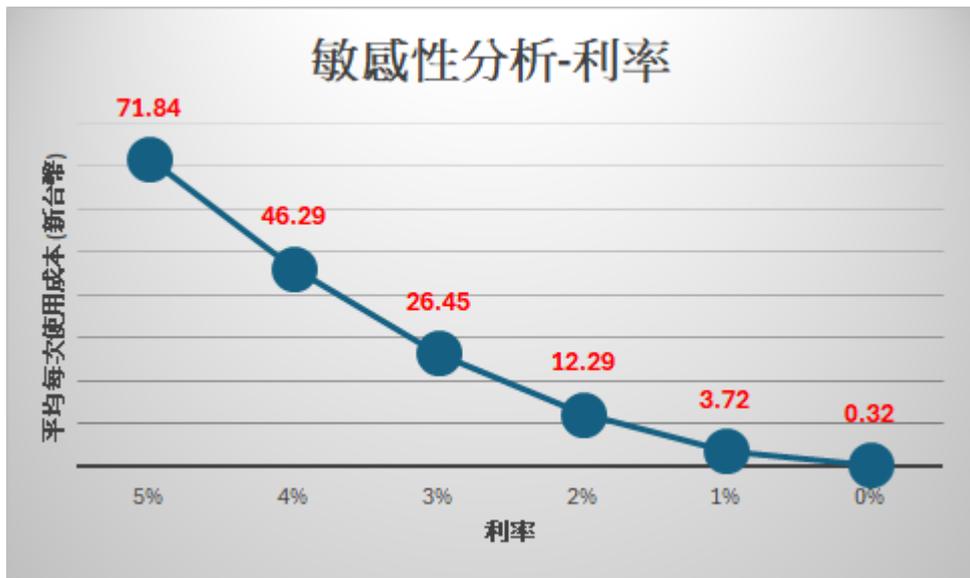


3. 循環杯系統生命週期成本敏感性分析

透過不同情境的模型設定，本研究探討影響循環杯系統生命週期成本的特定參數因子，包括了循環杯的平均運輸距離、運輸頻率、融資利率、循環杯系統營運期間等。

3-1. 利率：在固定的營運期間內，循環杯業者如能獲取較低的融資利率，其平均每次使用的成本也能隨之下降

循環杯系統的建立，包含固定成本及變動成本，皆需要資金的投入，尤其是新創營運初期，需要較大量的資金投入建置營運所需軟硬體設備（循環杯購置、清洗設備、辦公設備、循環杯管理系統等）、物流及逆物流系統建置等。為了了解融資機構可以如何在新創營運初期給予循環杯系統業者更多的支持，本研究將融資利率做為模型中的一項參數，進行敏感性分析，發現在3年的營運期間內，低利率的生命週期成本是較低的。

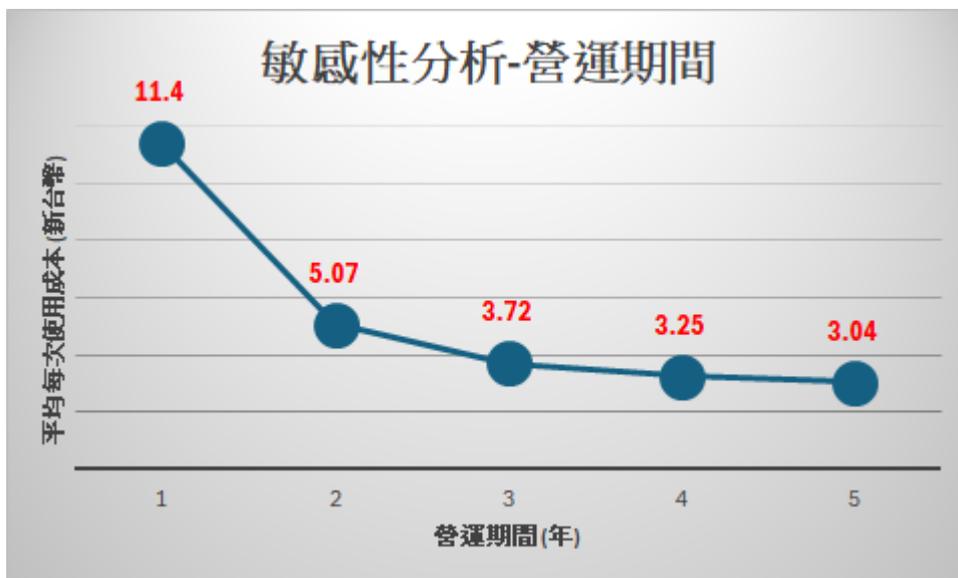


2

3-2 營運期間: 隨著營運期間拉長，初期投入的固定成本隨著時間攤提，平均每次使用的成本亦會顯著下降

營運時間表示循環杯使用的時間長短，若循環杯的使用年限越長，表示營運時間越長。營運時間3年表示，循環杯投入市場使用3年之後，不管循環杯的狀態如何，都將成為廢棄物。

本研究發現，循環杯營運期間若是1年，使用成本約每次是新台幣11.4元，但只要營運期間到2年，使用成本就會顯著下降到每次新台幣5.07元，降低將近一半，而再隨著營運期間拉長，使得平均每次使用的成本亦會持續下降。



3

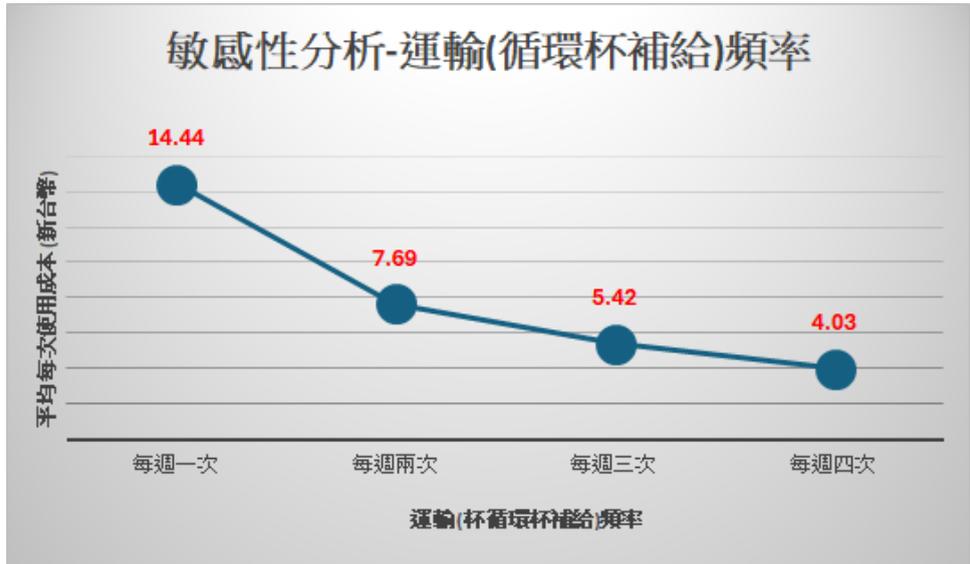
3-3. 運輸頻率: 在固定的時間內，增加循環杯循環次數(增加杯子的使用頻率)，有機會能提高循環杯系統的經濟可行性

運輸頻率表示每週乾淨的循環杯從循環杯業者送至店家，再將使用過待清洗的循環杯送回至循環杯業者清洗的次數。敏感性分析顯示，每週乾淨的循環杯從循環杯業者送至店家，再將使用過待清

² 此圖呈現的是循環杯系統在每週4次運輸補給及運輸距離5公里的設定下的不同融資利率之情境。

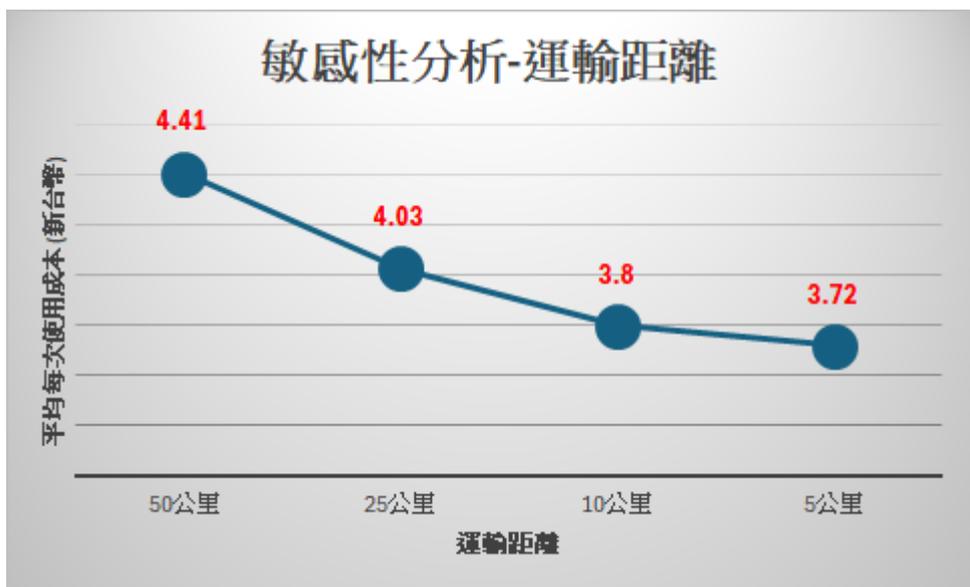
³ 此圖呈現的是循環杯系統在利率為1%，每週4次運輸補給及運輸距離5公里的設定下的不同營運期間之情境。

洗的循環杯送回至循環杯業者清洗的次數由1次提升至4次時，循環杯平均每次使用的成本就會大幅下降至原本的1/3。這代表，在假設的營運量能下(請詳附件一 研究範疇與假設說明)，極大化循環杯的使用率有助於降低平均每次使用的成本。



3-4. 運輸距離: 在愈短的距離內服務系統營運量能所能支持的店家數，有機會能提高循環杯系統的經濟可行性

運輸距離表示將乾淨的循環杯從循環杯業者送至店家，再將使用過待清洗的循環杯送回至循環杯業者清洗的平均運輸距離。敏感性分析顯示，乾淨的循環杯從循環杯業者送至店家，再將使用過待清洗的循環杯送回至循環杯業者清洗的平均距離由50公里縮短至25公里、10公里、5公里時，循環杯平均每次使用的成本也會隨之下降。這代表在愈短的距離內使用循環杯的店家數越多，越能提高系統的經濟可行性。



⁴ 此圖呈現的是循環杯系統在利率為1%，運輸距離25公里的設定下的不同運輸頻率之情境，此設定較符合臺灣目前循環杯營運現況。

⁵ 此圖呈現的是循環杯系統在利率為1%，運輸頻率每週一次的設定下的不同運輸距離之情境，此設定較符合臺灣目前循環杯營運現況。

4. 以循環杯系統取代一次性杯系統，能夠有效降低廢棄物數量以及降低政府廢棄物處理的成本負擔。以臺灣每年使用40億個一次性塑膠杯來計算，若全部由循環杯系統取代，每年可節省新台幣1.6億的公共支出

本研究結果顯示，採用循環杯系統不僅可以減少一次性塑膠杯的使用，藉此降低一次性塑膠杯所帶來的嚴重的環境污染問題。同時，以循環杯系統取代一次性杯系統，能夠有效降低政府廢棄物處理的成本負擔。本研究計算若把臺灣每年估計40億個一次性飲料杯全部都轉換成循環杯系統，並參考臺灣現行的廢棄物處理費用⁶，分別計算一次性杯系統以及循環杯系統所衍生的廢棄物處理成本，發現若全面採用循環杯系統，可為臺灣社會省下約1.6億的政府處理廢棄物的成本負擔，節省將近95%的廢棄物處理費用。

| 採用循環杯系統可減少的政府廢棄物處理費用計算說明 | |
|---|---------------------------|
| 全臺一次性杯使用量 | 40億個 |
| 本研究假設下，換算一次性飲料杯總重量 | 76,400噸 |
| 一次性飲料杯廢棄物處理成本 (A) | 約新台幣16,502萬元 (1.65億) |
| 本研究假設下 全面取代40億個一次性飲料杯使用 所需要的循環杯數量 | 2,145.9萬個 |
| 全面取代40億個一次性飲料杯使用 所需要的循環杯數量總重量 | 2,253噸 |
| 循環杯廢棄物處理成本 (B) | 約新台幣486.7萬元 |
| 減少的廢棄物處理成本 (A-B) | 約新台幣16,016萬元(1.6億) |

研究結論：循環杯系統具經濟可行性，亦能有效減少政府在廢棄物處理方面的負擔。然需要政策明確的引導與介入，優化循環杯系統的設計

本研究旨在探討可重使用的循環杯系統潛在效益和挑戰，研究發現指出這一系統在環境和經濟方面帶來顯著的好處。然而，要實現這一目標，還需要克服現存的障礙並搭配政策做必要的改進。

循環杯系統的經濟條件依賴於利率、運送次數與距離以及營運成本的綜合控制。通過建立逆物流網絡，才足以實現這一系統的有效運作，逆物流指的是將使用過的循環杯從消費者端返回到清洗和重新分配點(至店面)的過程。這一過程需要建立起穩定的收集、配送和運輸系統，以確保循環杯能夠有效地被回收和再返回店家重複使用。

本研究發現，目前可重複使用循環杯系統的經濟可行性較低，這主要是由於設置和運營此類系統的前期成本較高。例如，初期需要大量的資金來建立逆物流網絡和收集設施，這對於個體企業(及非連鎖業者)而言，在使用量未達規模化時負擔過於沉重。為了克服這些障礙，政府與企業朝向重複使用系統的擴大，資金和技術支持需逐步到位。包含但不限於建立專門的環境友善創業基金，為初

⁶ 係以雙北隨袋徵收費率進行估算，其廢棄物處理成本應屬低估

創企業和相關項目提供融資，並推動基礎設施建設，如增加循環杯歸還點的設置，方便消費者歸還。

此外，推動可重複使用循環杯系統的成功還需要政策和社會層面的支持。政府可以通過立法或提供獎勵措施，鼓勵企業和消費者參與此系統。例如，可以推動對一次性塑膠產品徵稅，或提供使用循環杯與一次性杯使用上的價差，有助於消費者選用循環杯來提高系統使用率，對於減少一次性塑膠的依賴也會有明顯的效果。這些措施不僅可降低一次性外帶杯的使用量，也能夠有效減少政府在廢棄物處理方面的負擔。

政府優化循環杯系統的政策與法令建議：

1. 提供低利貸款和創業基金：低利貸款或創業基金等，有效降低創業門檻可吸引更多業者成為重複使用產業鏈其中角色。

政府部門和金融監管單位，例如經濟部、金管會，對於循環杯或是循環包裝業者，可提供環境友善創業基金或是鼓勵提供零利率貸款或類似利率的貸款補貼等方案，以支持循環杯系統等重複使用產業發展，降低該產業初期業者須承擔的較高成本，例如辦公室、清洗設備及維護成本、人事成本、管理系統建置成本等。其中辦公室設備及維護成本、人事成本係受大環境影響，較無法透過政府建立基礎設施、技術支持、媒合降低該成本，友善的融資和補助能夠提供無龐大資金的循環杯業者在營運初期降低其成本熱點的支出，同時避免循環杯業者於營運初期面臨倒閉的風險，延長其營運期間，亦有助於增加循環杯及循環包裝產業發展的經濟可行性。

2. 透過政策與法令提升循環杯的使用率：政府可以通過立法或提供獎勵措施，提高民眾使用循環杯或是其他重複使用系統的誘因，鼓勵企業和消費者參與此系統。例如：

- 推動對一次性塑膠包裝及產品徵稅，或提供使用循環杯與一次性杯使用上的價差，有助於消費者選用循環杯來提高系統使用率
- 立法限制更多場所必須禁用一次性杯、必須採用循環杯，如餐飲內用場域、電影院、賽事等封閉型場所，或是、強制大型活動使用一定比例的循環杯)
- 增加歸還點，提升借還方便性
- 設定重複使用目標並入法，要求大型業者必須採用一定比例的循環杯或循環包裝

附件一 研究範疇與假設說明

(一)循環杯系統在輕度使用、中度使用、高度使用和極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 | | | |
| 向店家配送新杯子並回收使用過杯子進行清洗的頻率 | 輕度使用 | 中度使用 | 高度使用 | 極高度使用 |
| | 1次/週 | 2次/週 | 3次/週 | 4次/週 |
| 每次配送至店家的杯數 | 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 | 極高度使用 |
| | 563,143 | 1,126,286 | 1,689,429 | 2,252,572 |
| 三年內每杯重複使用數 | 輕度使用 | 中度使用 | 高度使用 | 極高度使用 |
| | 58 | 116 | 174 | 232 |
| 每週每杯重複使用數 | 輕度使用 | 中度使用 | 高度使用 | 極高度使用 |
| | 0.37 | 0.74 | 1.11 | 1.48 |

(二) 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) | 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 | Polypropylene 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 |

附件二 研究方法與執行方式

本研究使用ISO 14040 和 ISO 14044 中的國際標準化的生命週期評估(LCA)分析框架，並運用生命週期成本法(LCC)進行技術經濟分析，計算發生在生命週期內的成本，包含初始成本和持續成本，以此量化產品(循環杯以及一次性杯)生命週期內的所有成本。本研究聚焦於討論可重複使用循環杯系統服務的生命週期成本，並提供資訊以支援資源的有效分配和營運的執行。

生命週期成本計算方法涉及以下步驟：

1. 確定與可重複使用的循環杯系統相關的所有成本，包括初始成本(例如循環杯的成本、收集和清潔系統的成本以及行銷和促銷的成本)和持續成本(例如員工成本、電費和維修費)。
2. 計算所有成本的現值。這可以透過使用反映貨幣時間價值的折現率將未來成本折現為其現值來實現。
3. 將成本的現值除以成本發生的年數來計算等效統一年度現金流量，以此作為成本評估的數值。

生命週期成本分析的結果將提供有關可重複使用循環杯系統的成本效益的資訊。此資訊可用於決定是否實施該系統以及實施該系統的最佳方式。

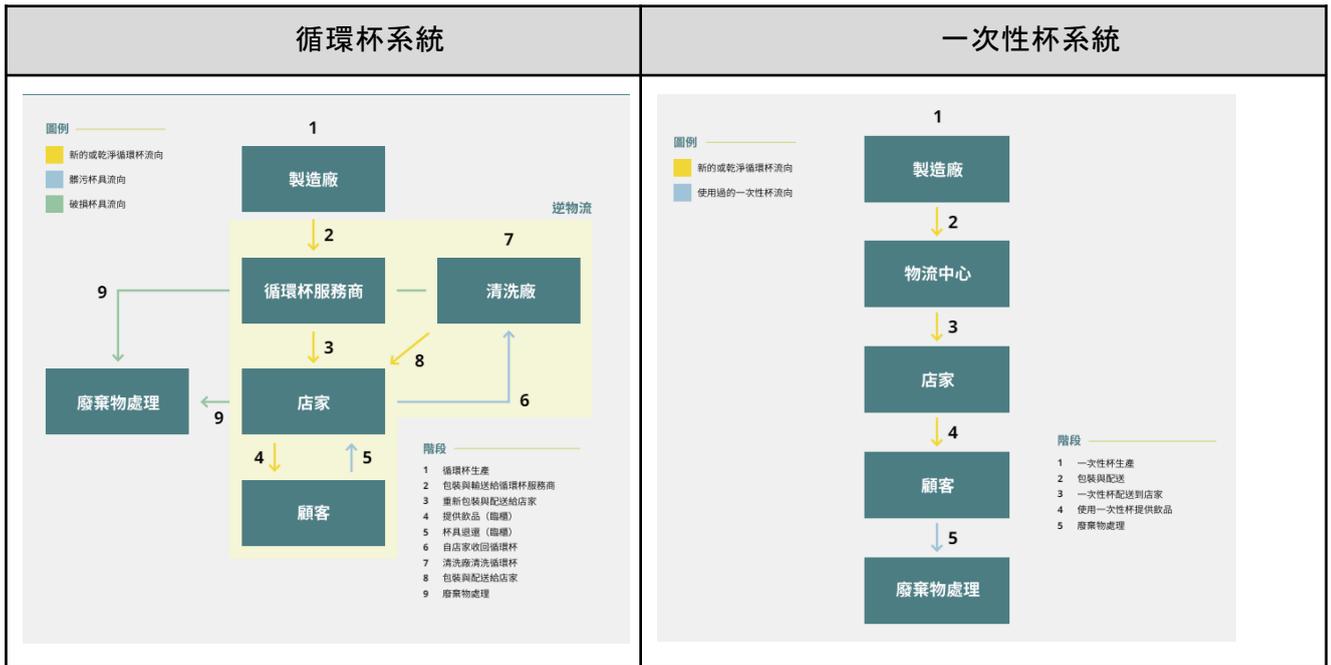
資料來源

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模板，方便其詳細記錄自身業務的營運要素和說明自家的資本成本、經常性成本、營運成本、維護成本、處置成本、剩餘成本。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、清潔和報廢的成本。

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。

研究流程

1. 探討循環杯服務廠商在東亞經營方式
2. 建立模型
 - a. 建立描繪東亞循環杯服務廠商特徵的重複使用系統架構模型
 - b. 使用二手資料建立一次性飲料杯系統特徵的模型
3. 蒐集循環杯服務廠商的實際營運成本資料，並將其放入重複使用系統架構之中
4. 運用生命週期成本法(LCC)進行技術經濟分析，計算循環杯系統和一次性杯系統發生在生命週期內的成本，包含初始成本和持續成本
5. 比較循環杯系統和一次性杯系統的生命週期成本以及其成本結構
6. 對循環杯系統生命週期成本的系統設定環節進行敏感性測試：銀行利率設定、營運時間長短、運輸頻率與運輸距離



成本計算與成本結構

根據上述循環杯系統以及一次性飲料杯系統的模型設定，將蒐集來的成本資訊分為以下幾個類別：

- 資本成本：它是專案的購買價格或專案的初始設定成本。在大多數情況下，它還包括安裝成本。
- 經常性成本：它代表購買或專案設定後的所有成本，主要包括營運和維護費用。
- 營運成本：這些成本與資產的使用有關，例如能源和水。
- 維護成本：這些成本與維修和更換費用有關。
- 處置成本：這些成本是在資產處置時產生的，例如垃圾掩埋。
- 剩餘成本：這些代表資產在其使用壽命結束時的價值。

再依照成本發生環節細分出不同系統下的成本結構，進一步進行比較和分析：

| 循環杯系統系統成本結構 | 一次性杯系統成本結構 |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ● 循環杯購置成本 ● 二維碼登記成本 ● 包裝成本 ● 清洗成本 ● 運輸成本 ● 廢棄物處理成本 ● 人事成本 ● 辦公室營運成本 | <ul style="list-style-type: none"> ● 一次性杯購置成本 ● 運輸成本 ● 廢棄物處理成本 |

研究限制

本研究中的循環杯營運模式，係從 5 家循環杯廠商提供的數據與資料進行假設，不能代表所有的循環杯營運系統。本研究模型限定於一家循環杯服務廠商在給定的假設環境之下操作循環杯服務，而並沒有對於其他涉及的廠商如物流或是清洗廠的規模進行明確定義。

東亞地區循環杯系統一次性杯系統之全生命週期成本比較

綠色和平東亞分部臺北辦公室 摘要版

著作權及免責聲明：

《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》完整報告由綠色和平東亞分部(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研究。

摘要版之內容摘自英文版報告。閱讀本摘要即表示您已閱讀、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

本摘要及原始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。

本摘要及原始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。

本摘要之原始報告以英文版本撰寫，並翻譯成中文版本。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

2024年7月出版