

재사용이 미래다

Reusable is Futurable

동아시아 지역 다회용컵 및 일회용컵 시스템의
환경 성과 전과정평가(LCA) 비교



재사용이 미래다

동아시아 지역 다회용컵 및 일회용컵 시스템의 환경 성과 전과 정평가(LCA) 비교

2023년 11월 발간

그린피스는 1971년 태어난 독립적인 국제환경단체로 지구 환경보호와 평화를 위해 비폭력 직접행동의 평화적인 방식으로 캠페인을 진행하고 있습니다.

그린피스 동아시아. 2023. "재사용이 미래다 - 동아시아 지역 다회용컵 및 일회용컵 시스템의 환경 성과 전과정평가(LCA) 비교" Greenpeace East Asia. 2023. "Reusable is Futurable - A Comparative Life-Cycle Assessment on the Environmental Performance of Reuse and Disposable Cup Systems in East Asia".

책임 연구자

Dr. Meike Sauerwein (홍콩과기대학)
Prof. Shauhrat S. Chopra (홍콩성시대학)

리서치팀

그린피스 동아시아:

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

홍콩과기대학:

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

홍콩성시대학:

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

검수

Dr. Lin Hsin-Tien, Assistant Professor, National Cheng Kung University
Dr. Jia Zhongnan, Molly

디자인 및 레이아웃

Parker Huang

■ 그린피스 동아시아

홍콩 사무소

22/F, Port 33, 33 Tseuk Luk Street, San Po Kong, Kowloon, Hong Kong

전화: +852 2854 8300

이메일: enquiry.hk@greenpeace.org

서울 사무소

서울특별시 용산구 한강대로 257 청룡빌딩 6층 (04322), 대한민국

전화: +82 (0)2 3144 1994

이메일: greenpeace.kr@greenpeace.org

타이베이 사무소

No.109, Sec. 1, Chongqing S. Rd., Zhongzheng District, Taipei City 10045, Taiwan

전화: +886 (0)2 2361 2351

이메일: inquiry.tw@greenpeace.org

도쿄 사무소

Tsao Hibiya 12F, 3-3-13 Shinbashi, Minato-ku, Tokyo 105-0004, Japan

전화: +81 (0)3-4334-6986

이메일: kouhou@greenpeace.org

감사의 말

본 프로젝트 진행을 가능하게 해 준 협력사 분들께 진심으로 감사의 말씀을 드립니다.

Blue Ocean Vision Enterprise Co., Ltd (타이베이)

Circular City Limited (홍콩)

GoodToGo (타이베이)

Greenup (부산)

Re&Go/Nissha Co., Ltd.(도쿄)

저작권 고지

해당 보고서는 그린피스 동아시아에서 발행했습니다. 보고서의 저작권은 그린피스 동아시아가 독점 소유하고 있습니다.

면책조항

본 보고서는 위에 표기된 그린피스 동아시아 사무소 4곳, Meike Sauerwein 박사, Shaurat S. Chopra 교수, 동아시아 다회용컵 대여 서비스 업체 5곳이 공동으로 진행한 연구를 바탕으로 작성했으며 정보 제공 목적으로만 사용할 수 있습니다. 그린피스 동아시아는 본 보고서에 포함된 정보의 정확성, 또는 해당 정보가 다른 사례에 적용될 수 있음을 보장하지 않습니다. 그린피스 동아시아 및 지역 사무소는 본 연구의 이용 또는 해석 과정에서 발생하는 결과에 대한 책임을 지지 않습니다.

목차

요약	04
소개	06
연구 방법	10
연구개요	10
전과정평가(LCA)	11
LCA 현지화	11
환경영향 범주	12
데이터 출처	13
연구 범위	13
방법론 순서도	16
연구 제한점	18
결과	20
일회용 시스템과 재사용 시스템 간 LCA 분석 비교	20
수명주기 단계별 환경영향 기여도	24
시나리오 모델링	26
잠재적 환경 저감 효과 시각화	28
토의 및 결론	30
그린피스 제언	31
참고문헌	32
부록 I	34
수명주기 종료 경로	34
부록 II	35
다회용컵 대여 시스템의 시스템 설정 매개변수	35
부록 III	36
일회용컵 시스템의 시스템 설정 매개변수	36
부록 IV	37
4개 도시 및 광범위한 동아시아 지역에 대한 전체 LCA 결과	37

요약

일상생활에서 널리 사용되는 일회용컵에 대한 실행 가능한 해결책으로서 다회용컵의 환경적 가치가 주목받고 있다. 이론적 모델링을 활용한 다회용컵 연구 결과가 증가하면서 다회용컵의 환경적 지속 가능성 또한 증명되고 있다. 하지만 이론적 모델링과 동아시아에 지역에서의 재사용 시스템 방식이 가지는 격차로 인해, 기존 연구의 실질적 활용에는 한계가 있다.

안녕하세요!

음료는
다회용컵에
담아주세요.



이 연구는 동아시아의 다회용컵 대여 시스템과 일회용컵에 대한 심층적인 전과정평가(life-cycle assessment, LCA)의 비교 분석 결과를 제공한다. 이 결과는 다회용컵의 이점을 정량적으로 보여주는 기초자료가 될 것이다. 또한, 다양한 사용 빈도 조건에서 다회용컵 대여 시스템의 환경 성과를 모델링하여, 다회용컵이 대부분의 환경영향 범주에서 일회용컵에 비해 실질적인 환경영향 저감효과를 가져온다는 점을 입증한다. 이 보고서의 결론은 다음과 같다: (1)다회용컵 대여 시스템의 환경적 성과는 사용 빈도가 낮은 경우에도 일회용컵과 유사하거나 능가하고, (2)일회용컵 시스템의 환경영향 물질 총 배출량이 차이가 큰 이유는 생산 단계에 있으며, (3)다회용컵 대여 시스템의 수명주기 중 환경영향 물질 배출은 세척 단계에서 가장 크게 발생한다.

이 연구는 다회용컵 대여 서비스 업체의 운영 경험을 분석하여 수명주기 정보에 중점을 두고, 이론과 현실 간의 간극을 좁히는 새로운 접근법을 제시한다. 이 연구의 주요 강점은 동아시아 지역에서 기존 다회용컵 대여 서비스 업체의 실제 운영 데이터를 중점적으로 활용해, 동아시아 도시 지역의 다회용컵 대여 서비스 현실을 반영하는 현실 기반 접근법(context-specific approach)을 채택하는 점에 있다. 이 연구는 동아시아 지역의 다회용컵 대여 시스템 구축 방법에 대한 매뉴얼이 아닌, 재사용 시스템의 환경적 잠재력에 대한 정보 제공하는데 그 목적이 있다. 또한, 이 연구는 다회용컵 대여 시스템을 지원할 때 고려해야 할 정보를 정부, 기업, 시민사회에 제공하여, 일회용컵 없는 사회로 전환하는 데 기여할 것으로 기대된다.

소개



©Boris Medvedev/Shutterstock



©wavebreakmedia/Shutterstock



©Greenpeace / James Liu



©Willyam Bradberry/Shutterstock



© Kevin McElvaney / Greenpeace

문제 제기

전 세계 연간 일회용컵 사용량은 5,000억 개에 달한다.¹ 특히 한국, 홍콩, 일본, 대만과 같은 동아시아 지역에서는 일회용컵에 담긴 커피 등 다양한 음료가 소비자들의 일상에서 자연스럽게 녹아들었다. 그 결과 일회용컵 사용량이 놀랄 정도로 증가했다. 홍콩에서만 매년 약 4억 개의 일회용 테이크아웃 커피 용기가 버려지며,² 일본의 카페, 패스트푸드 체인점, 편의점에서도 연간 39억 개의 일회용컵을 폐기한다.³ 한국의 연간 일회용컵 소비량은 연 약 84억 개⁴, 대만은 40억 개에 달한다.⁵

이러한 수치는 지구의 한정된 자원을 무책임하게 소비하는 보다 큰 시스템 차원의 문제를 보여준다. 매년 생산되는 플라스틱의 약 40%가 한 번만 사용하고 버려지는 일회용품이며, 매년 바다로 유입되는 800만 톤의 플라스틱 중 80%는 일회용 플라스틱이다.^{6,7,8}

지구가 플라스틱으로 넘쳐나고 있다. 플라스틱은 화석연료에서 추출되는 순간부터 공기와 물에 다양한 독성물질을 방출해 오염을 일으키며, 그 과정에서 건강한 생활 환경 속에 살아가는 우리의 삶의 질을 떨어뜨린다. 또 플라스틱은 생물다양성을 파

괴할 뿐 아니라 수명주기 전체에 걸쳐 기후 위기를 부추긴다.⁹ 일회용 플라스틱의 생산과 소비는 육지와 바다의 야생동물은 물론 인간의 건강과 삶의 질을 위협하고 있다. 생태계 내에 쌓이는 플라스틱으로 수많은 동물 종이 영향을 받고 있다. 동물이 플라스틱을 섭취하면 기도와 소화기관이 막힐 수 있으며^{10,11} 플라스틱을 섭취한 동물의 조직에 침투한 유해 화학물질이 먹이사슬을 통해 결국 인체로 유입될 수 있다는 증거 또한 많아지고 있다.^{12,13,14,15} 마이크로플라스틱 또는 나노플라스틱처럼 작은 입자로 분해된 플라스틱은 우리가 마시는 물, 심지어 숨 쉬는 공기에서도 검출된다. 이런 작은 플라스틱을 제거하는 일은 더욱 어렵다.

그동안 재활용이 플라스틱 위기에 대한 해결책이라고 알려져 왔지만, 전 세계적으로 플라스틱 폐기물의 9%만 재활용되고 있어 재활용만으로는 이 위기는 해결되고 있지 않다.¹⁶ 재활용률을 높인다고 해도, 플라스틱을 재활용할 수 있는 횟수는 제한적이며 여러 번 재활용할수록 독성이 강해진다는 문제는 여전히 남아 있다.¹⁷

우리 사회에 만연한 일회용 문화를 해결하지 않고 플라스틱을 없앨 경우, 환경영향 측면에서 차이가 없거나 더 해로운 대체품을 찾는 결과를 낼 수 있다. 일회용 플라스틱의 대체품은 더 비싸거나, 삼림 벌채, 수로 오염, 오존층 파괴, 해양 산성화 등 또 다른 환경영향을 야기하기도 한다. 따라서 무조건 플라스틱이 아니면 괜찮다고 생각해서는 안 된다.¹⁸

즉, 재활용이나 일회용 대체품으로는 지금 우리가 처한 위기를 효과적으로 해결할 수 없다는 것이 분명하다. 지구의 유한한 자원에 의존하는 행태에서 벗어나, 컵과 같은 용기를 재사용할 수 있는 시스템은 진정하고 순환가능한 해결책이 될 수 있다.

재사용 시스템이란?

재사용 시스템은 포장재 또는 용기를 같은 목적으로 여러 차례 사용과 반납할 수 있도록 해 주는 시스템이다. 재사용 포장재나 용기는 내구성이 우수하도록 설계되며, 소유자(생산자 또는 제3자)는 소비자에게 대여/제공해 사용할 수 있게 한다. 반납 및 재사용은 적합한 물류 형식을 통해 이루어지며, 이용과 반납의 동기부여를 위해 인센티브 시스템(일반적으로 보증금)이 같이 이용된다.^{19,20}

재사용

엘렌 맥아더 재단(Ellen MacArthur Foundation)은 다양한 형태의 재사용 시스템을 1)고객이 직접 용기를 가져오는 방식, 2)매장에서 재사용 가능한 용기를 제공하는 방식, 3)제3의 업체가 매장에 재사용 가능한 용기를 제공하는 방식 등으로 분류하여 제시한 바 있다.²¹ 해당 보고서는 재사용 서비스 제공업체가 카페 및 기타 식음료 매장에 다회용컵을 공급하고 유통, 수거, 세척, 유지보수 등 소비자에서 공급자로 연결되는 역물류(reverse logistics)를 처리하는 세 번째 방식에 초점을 두고 있다. 이 같은 재사용 시스템 구현은 지역 상황에 따라 사용자 등록 절차, 컵 추적 및 수거 시스템, 다른 비즈니스와의 협업 등에서 큰 차이가 있다.



다회용기 대여

식당이나 카페는 다회용기 대여 서비스 제공업체와 제휴해 소비자에 재사용 옵션을 제공한다. 소비자는 다회용기를 대여, 사용하고 정해진 곳에 반납한다. 다회용기 대여 서비스 제공업체는 사용 후 컵을 수거, 세척한 뒤 '역물류'를 통해 식당 및 카페로 배송한다.

개인 용기 사용 (BYOC)

BYOC는 'Bring Your Own Container'의 약자로 소비자가 개인 용기를 가져와 일회용 용기 대신 사용하는 것을 말한다. BYOC 시스템에서는 소비자가 직접 용기를 운반하고 세척한다. 식당이나 카페는 사용자 참여를 유도하기 위해 할인이나 포인트 제공 등 경제적 인센티브를 제공할 수 있다.

일회용 시스템과 비교해 재사용 시스템의 환경적 이점들을 조명한 연구들은 다수 있지만, 유럽 중심의 연구가 대부분이며 동아시아 지역에서 이와 같은 연구조사가 본격적으로 진행된 것은 이번이 처음이다.^{22,23} 하지만, 동아시아 내에서 지속 가능한 대안에 대한 수요가 증가하고 있다는 것을 고려할 때 동아시아 지역에서 재사용 시스템이 성공할 가능성은 매우 높다.

본 보고서의 목표는 실제 데이터를 기반으로 일회용컵 시스템과 다회용컵 대여 시스템을 비교하는 종합적인 전과정평가(LCA)수행을 통해, 일회용컵의 대안으로서 다회용컵 대여 시

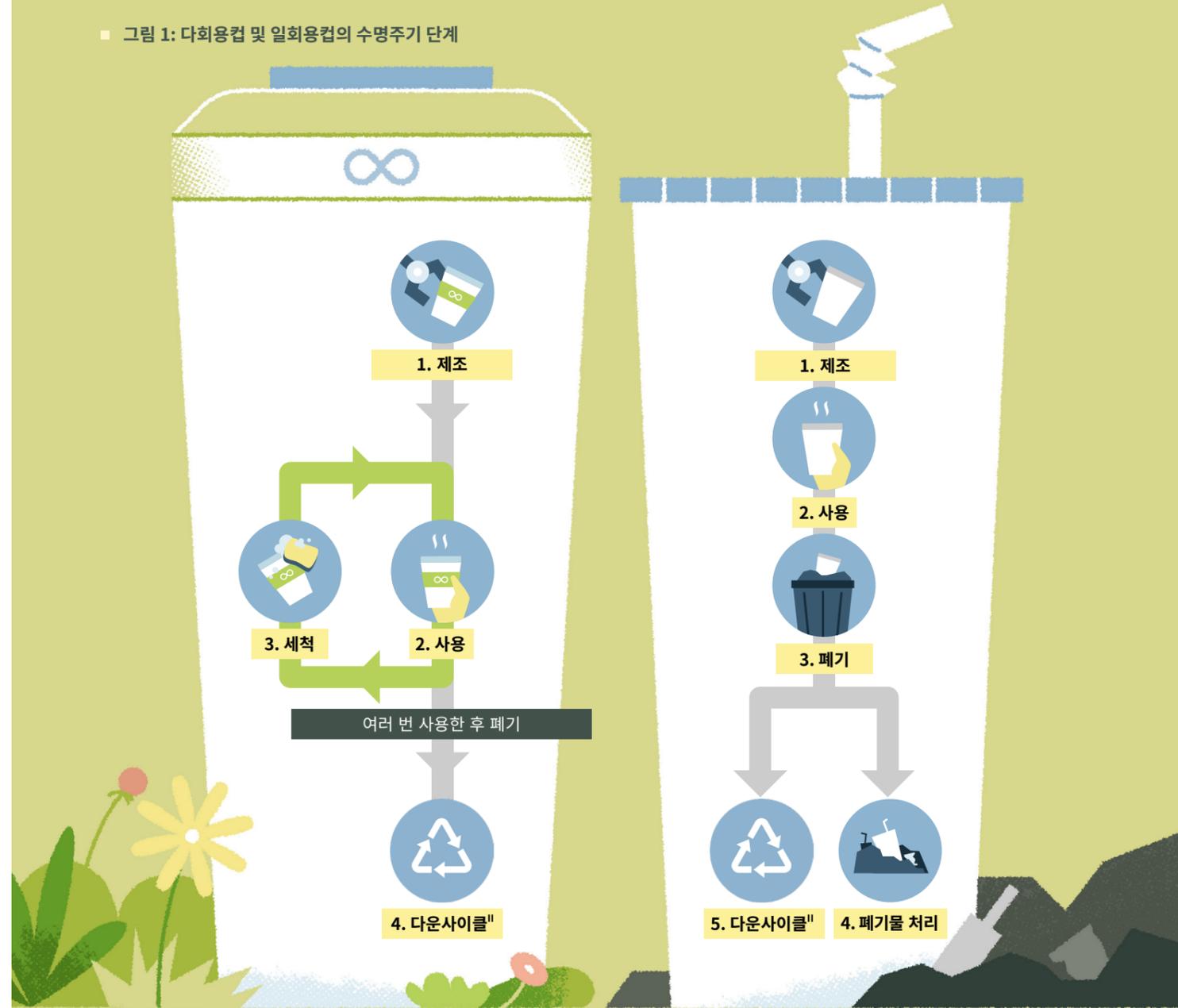
스템의 가능성을 조명하는 것이다. 이를 위해, 동아시아 주요 도시 4곳(부산, 홍콩, 타이베이, 도쿄)의 재사용 서비스 제공업체의 데이터를 활용해 다회용컵 생산부터 최종 폐기까지 단계의 환경영향을 면밀히 검토하여 다회용컵 시스템의 환경적인 이점에 대한 정보를 제공하고자 한다.

²¹대상 도시의 선정은 동아시아 내 주요 대도시 중 연구 관련 데이터 제공이 가능한 재사용 서비스 제공업체가 운영되고 있는 지역을 우선으로 하였다.

다회용컵 VS. 일회용컵

다회용컵과 일회용컵은 제조부터 최종 폐기 단계까지 다른 과정을 거친다. 왼쪽에 표시된 다회용컵 대여 시스템은 컵이 폐기되기 전까지 여러 번 재사용 할 수 있다. 반면 일회용컵은 한 번의 사용 후 폐기된다.

그림 1: 다회용컵 및 일회용컵의 수명주기 단계



다회용컵 시스템

일회용컵 시스템



© Greenpeace



© Fred Dott / Greenpeace

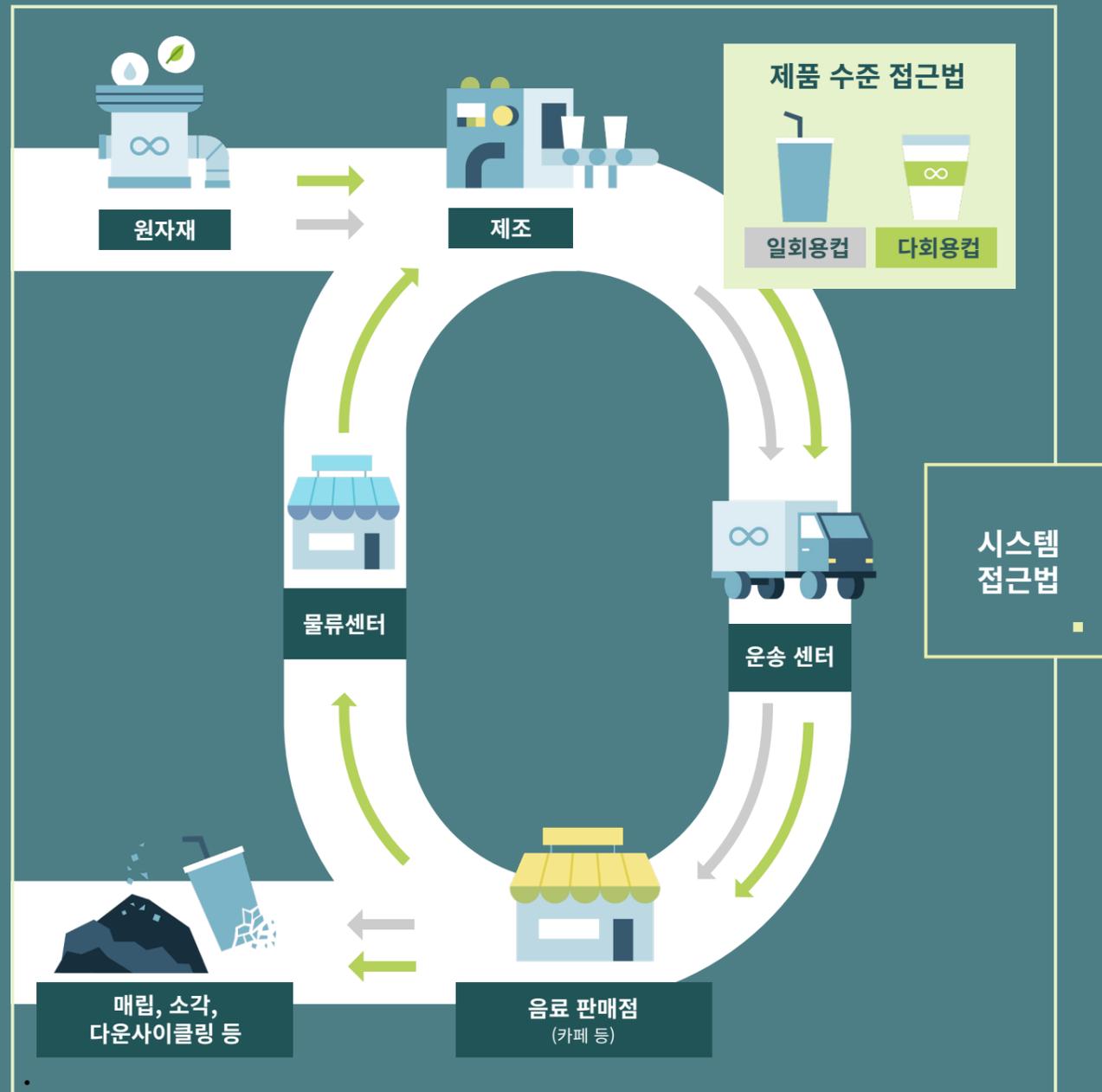
연구 방법

이 연구는 ISO 14040 및 ISO 14044에 명시된 국제 표준 LCA 분석 프레임워크, 동아시아 지역의 다회용컵 서비스 제공업체의 1차 데이터, 에코인벤트(Ecoinvent) 데이터베이스의 2차 데이터를 사용했다.

연구 개요

이 연구는 다회용컵의 환경적 성과를 모델링하고 평가해 일회용컵의 환경 발자국과 비교했다. 이를 위해 다회용컵 대여 시스템과 일회용컵 시스템 각각의 전주기적 영향을 정량화하고 이에 포함되는 모든 이해관계자와 과정을 고려하는 '시스템 접근법(Systems Approach)'을 사용했다(그림 2). 즉, 컵이라는 물리적 제품만을 고려하는 좁은 범위의 접근법인 '제품 수준 접근법(Product-Level Approach)' 대신, 원자재부터 폐기물의 최종 처리까지의 모든 영향과 그 사이의 모든 수명주기 단계 및 프로세스를 검토했다.

■ 그림 2: 다회용컵 및 일회용컵의 수명주기 단계와 관련된 시스템 접근법과 제품 수준 접근법



시스템 접근법은 컵 자체뿐만 아니라 컵이 우리 손에 닿기까지 필요한 모든 단계와 프로세스를 고려한다.

이 연구의 방법론은 원자재, 운송, 제조, 소비자 사용 단계, 재사용 단계, 최종 폐기 단계에 이르는 전체 수명주기에 걸쳐 소비되는 자원(물, 재료, 에너지 등), 유발되는 배출 오염, 발생하는 폐기물을 총체적으로 고려한다.

이 연구의 특징은 각 부문의 협업을 통해 학계, 시민사회, 재사용 사업자를 아우르는 전과정평가(LCA) 분석을 시행했다는 것이다. 연구는 동아시아 지역에서 운영 중인 재사용 서비스 제공업체의 실제 운영 데이터를 가능한 범위에서 최대한 사용하는 데 중점을 두고 설계됐다. 각 관할 지역의 구체적인 자재 공급, 에너지 및 폐기물 처리 인프라와 관련한 조건은 지역 내 방대한 인프라 변이를 고려해 현지화한 뒤 연구에 포함했다(그림 3, p.16).

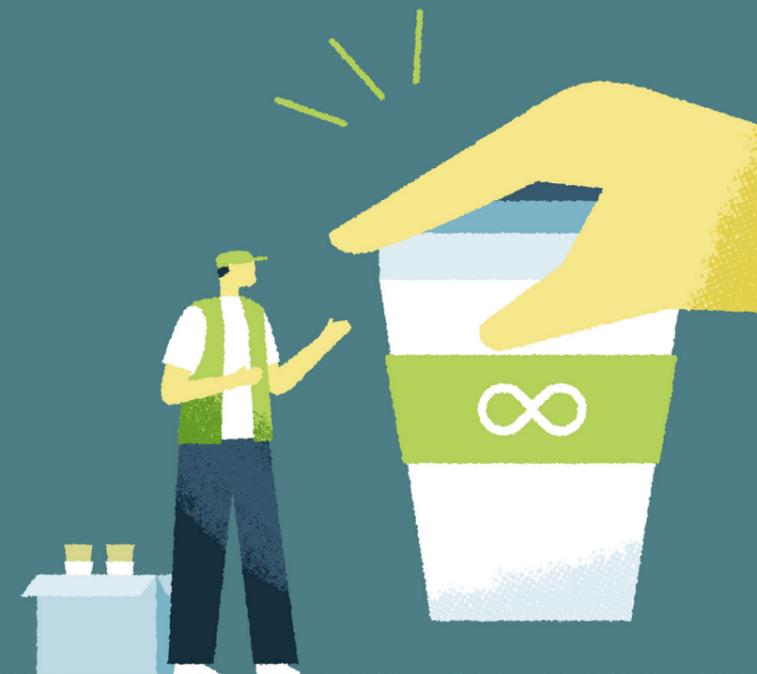
전과정평가(LCA)

일회용컵이나 다회용컵이 만들어지고 사용되고 폐기되는 과정에서 다양한 환경영향 물질이 배출될 수 있다. 예를 들어 다회용컵을 매장에서 세척 시설로 운반할 때 발생하는 환경에 영향을 주는 배출 물질과 사용 후 컵을 따뜻한 물과 세제로 세척할 때 발생하는 배출 물질은 다를 수 있다. 일회용컵 역시 생산과정에서 배출되는 물질과 최종 폐기 과정에서의 배출되는 물질이 다른 것이다. 본 보고서에서의 전과정평가(이하 LCA) 방법은 동일한 환경영향을 유발하는 배출을 그룹으로 묶어 비교 및 대조가 용이한 단일 지표를 통해 환경영향을 설명했다.

LCA 현지화

LCA 분석의 현지화를 통해 부산, 홍콩, 타이베이, 도쿄에서 재사용 서비스를 제공하는 업체의 운영 실태 및 인프라 현실에 맞게 다회용컵 대여 시스템 운영의 실제 조건, 기회 및 장벽을 고려한 상황별 평가를 가능하게 했다. 단, 현지화 절차는 각 도시 간 일률적인 평가가 부적합한 재사용 시스템의 요소가 있어 도시별로 큰 변동성을 보인다. 때문에 본 보고서는 에너지 생성 및 조달(투입)과 폐기물 처리 경로(산출)를 고려했다. 다회용컵 대여 시스템에서 소비하는 에너지가 석탄, 가스 또는 친환경 에너지인지 여부는 시스템의 환경 성과에 중요한 영향을 미치는 요소이다. 폐기물이 매립, 소각 또는 다운사이클링² 되는지 여부도 마찬가지다. 단, 다운사이클링 이후 과정은 해당 연구에 포함되지 않았다(부록 I).

²다운사이클링은 폐기물이 원래의 재료보다 낮은 품질과 기능으로 재활용되는 것을 의미하며, 전통적 의미에서의 재활용은 대부분 다운사이클링에 해당한다.



환경영향 범주

환경영향 범주는 분석을 통해 평가한 환경영향의 다양한 측면을 나타낸다. 이 같은 범주화는 다회용컵과 일회용컵이 환경에 미치는 잠재적 영향을 이해하는 데 도움이 된다. 다음과 같은 16가지 범주는 환경영향 평가 모델인 ReCiPe 방식에 따라 선정했으며, 각각 유엔(UN, United Nations)의 지속가능발전목표(SDGs, Sustainable Development Goals)와 연결된다(표 1).

■ 표 1: 16 가지 LCA 환경영향 범주와 지속가능발전목표(SDGs)와의 관계²⁴

	환경영향 범주	설명
13 기후변화 대응 	기후변화	지구온난화를 유발하는 탄화수소 CO ₂ , CH ₄ 등 배출
	화석연료 고갈	재생 불가능한 화석연료 소비
	오존층 파괴	오존층 파괴 물질 배출
3 건강과 웰빙 	인체 독성	인간의 건강에 부정적 영향을 미치는 독성 물질 배출
	입자상 물질 형성	인간의 호흡기 질환을 유발하는 입자의 공기 중 배출
	광화학 산화제 형성	광화학 오존 형성에 영향을 미치는 기체 배출
	이온화 방사선	인간과 생태계에 유해한 방사성 핵종 방출
6 깨끗한 물과 위생 	물 고갈	물 소비
	담수 생태독성	생태계에 독성 스트레스를 유발하는 물질 배출
14 해양 생태계 	담수 부영양화	담수 생태계의 pH 및 영양소 가용성을 변화시키는 물질 배출
	해양 부영양화	해양 생태계의 pH 및 영양소 가용성을 변화시키는 물질 배출
	해양 생태독성	담수 생태계에 독성 스트레스를 유발하는 물질 배출
12 책임감 있는 소비와 생산 	금속 고갈	금속 소비
15 육상 생태계 	농경지 점유	농경지의 자연 서식지 점유와 변형
	육상 산성화	육상 생태계의 pH를 변화시키는 물질 배출
	육상 생태독성	육상 생태계에 독성 스트레스를 유발하는 물질 배출

데이터 출처

동아시아 지역 4개 도시(부산, 홍콩, 타이베이, 도쿄)에서 운영 중인 5곳의 재사용 서비스 제공업체로부터 1차 데이터를 수집했다. 해당 업체에 포괄적인 데이터 기입 양식을 제공해, 각 사의 사업 운영 요소는 물론 자재, 에너지, 노동력 사용을 상세히 설명하도록 요청했다. 데이터를 수집한 통로는 설문지, 순서도, 데이터 기록, 사진 또는 영상 증거, 운영 매뉴얼, 인터뷰 등이다. 이 같은 주요 데이터를 통해 생산, 다회용컵 대여 서비스 업체의 컵 운송, 사전 세척, 배포, 고객에게 전달, 사용, 수거 및 운반, 세척, 수명이 다한 컵의 폐기를 아우르는 수명주기의 각 단계를 정량화하였다.

2차 데이터는 온라인 채널에서 수집했으며, 분석을 수행한 4개 도시의 물리적, 조직적 인프라 및 지원 서비스 정보를 취합했다. 주요 출처는 정부 통계, 규제 프레임워크, 운송 및 물류비용 구조, 과학 문헌 등이다.

연구 범위

이 연구는 재사용 시스템을 구축하는 여러 가지 방법 중 하나인 다회용컵 대여 시스템에 관한 것이다. 다회용컵 대여 시스템에서 다회용컵 서비스 제공업체는 다회용컵의 구매와 최종 폐기를 주관하고, 식음료 매장 및 소비자에게 재사용 서비스를 제공하며, 재사용을 위한 역물류 시스템을 운영한다. 최종 사용자는 카페를 포함한 식음료 매장에서 커피와 차 등 음료를 주문해 마시는 소비자이다.

다회용컵 대여 시스템에서는 중소 규모 기업인 서비스 제공업체의 운영상 제약 조건에 맞게 최소한의 기술 사용 및 기계화를 가정했다. 깨끗한 다회용컵을 배포하고 사용하고 난 뒤의 다회용컵 수거는 식음료 매장의 카운터에서 이루어진다.

시스템의 범위는 원자재 처리부터 폐기물의 최종 폐기까지이다. 최종 폐기물을 사용한 다운사이클링 공정은 고려하지 않았다.

연구의 정확성을 위해 다회용컵은 폴리프로필렌(PP)으로 제작된 컵을, 일회용컵은 내부가 폴리에틸렌(PE)으로 코팅된 종이컵 50%와 폴리에틸렌-테레프탈레이트(PET) 플라스틱컵 50% 사용을 가정했다.^{III,IV} 분석에 사용한 컵은 모두 473mL 용량이다.

동아시아 도시의 밀집도를 고려해, 사용자는 사용 단계에서 재사용 가능한 컵을 반납하기 위해 추가 이동이 필요하지 않다고 가정한다. 서비스 제공업체의 추정에 따라 사용자의 2%가 다회용컵을 반환하기 전에 행구는 것으로 가정한다.

일회용컵은 한 번 사용하고 버리는 것으로, 다회용컵은 사용 횟수와 관계없이 수명을 3년으로 가정했다.^V 다회용컵은 재사용 시스템에서 3년이 지나면 폐기하는 것으로 가정했다.

이 연구에서는 다회용컵으로 제공되는 연간 음료 수량을 기준으로 세 가지 사용 빈도 시나리오를 고려했다. 연구 수행 당시 동아시아 지역 재사용 서비스 제공업체가 제공한 컵의 평균 재사용 횟수는 연 20회다.

사용 빈도 시나리오

컵당 1년 약 20회 재사용

낮은 사용 빈도

컵당 1년 약 40회 재사용

중간 사용 빈도

컵당 1년 약 60회 재사용

높은 사용 빈도

3년간 재사용 가능

일회용컵의 환경영향 분석은 일회용컵이 해외 수입되어 현지 물류 센터를 통해 음료 매장에 도착한 후 각 관할 구역의 일반적인 폐기물 처리 경로를 따라 폐기된다는 가정하에 이루어졌다. 다회용컵은 각 지역에서 생산되는 것으로 가정한다.

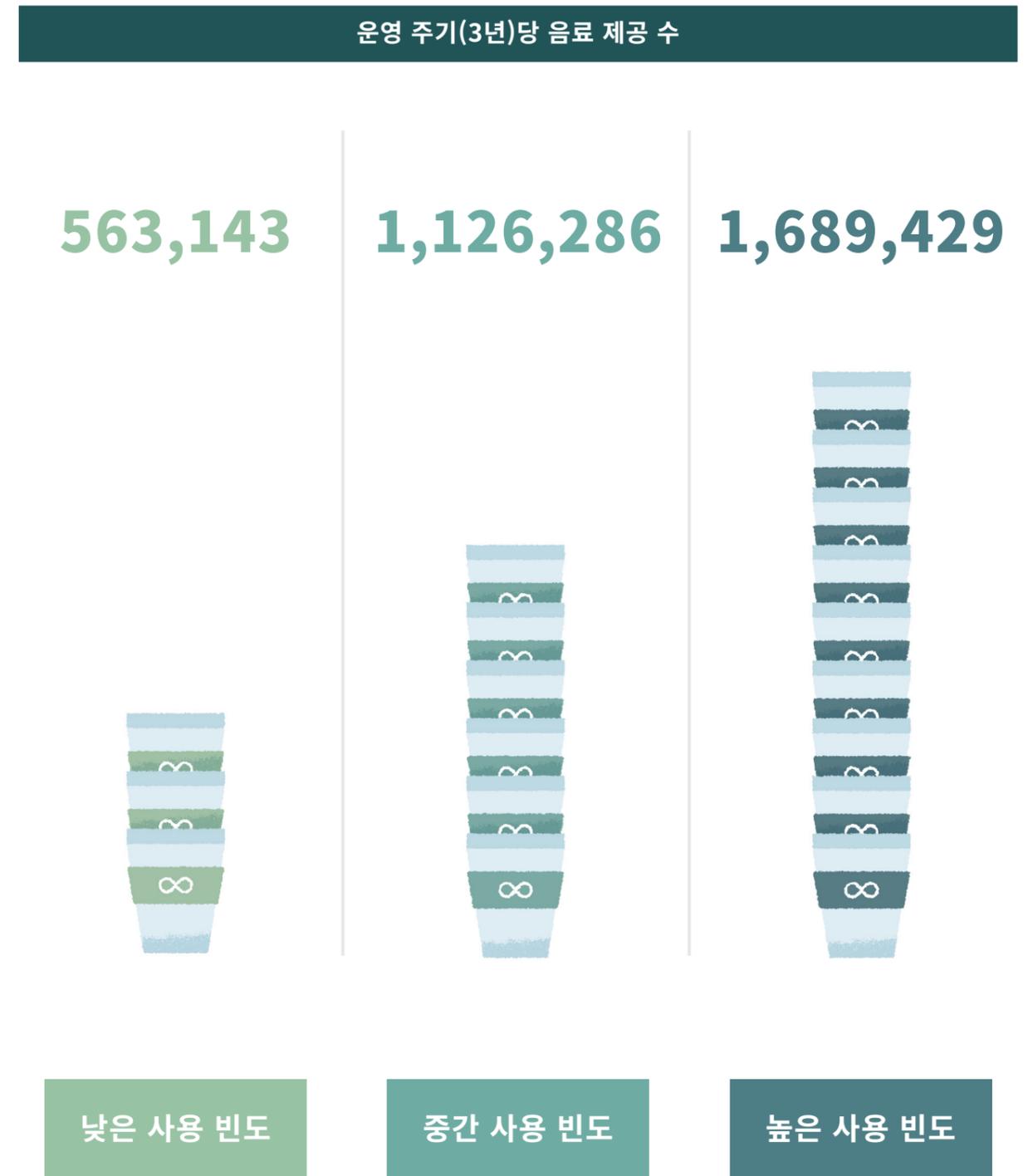
기능 단위는 제공된 음료 한 잔으로, 음료 한 잔을 제공할 때 사용된 일회용컵 1개를 다회용컵을 1회 재사용하는 경우와 비교했다.

^{III} PE 코팅 종이컵과 PET 플라스틱컵의 50/50 비율은 그린피스 동아시아가 홍콩과 도쿄에서 실시한 설문조사 결과와 동아시아 지역의 주문 제작 음료 부문에서 일회용컵 소비량을 반영한 것이다.^{25,26}

^{IV} 연구에 포함된 일회용컵 중 일회용 플라스틱컵은 홍콩과 도쿄에서는 재생 플라스틱(rPET)의 사용을 전제했다. 이 연구의 진행 당시 한국과 대만은 일회용 플라스틱컵 생산에 rPET의 사용을 허용하지 않아 부산과 타이베이에서는 신재 플라스틱(virgin-PET) 사용을 전제했다.

^V 다회용컵의 대략적인 수명은 3년이다. 이는 보수적인 수치이며 LCA 분석의 한정된 시간 범위를 정의하기 위해 설정한 것이다. 사용, 물류 및 관리에 따라 다회용컵의 수명은 더 길어질 수 있다.

■ 표 2: 다회용컵 대여 시스템의 설정



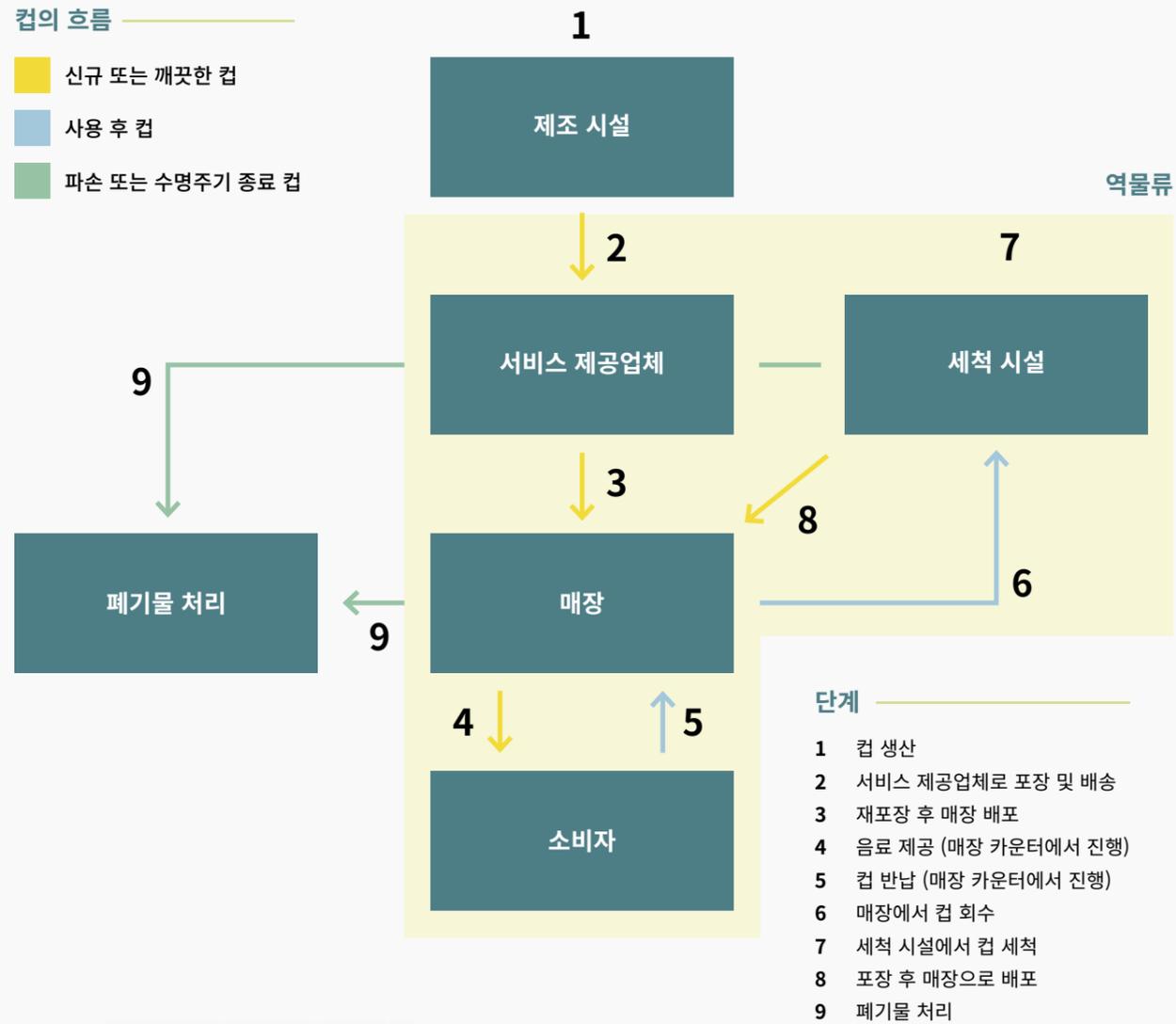
전체 시스템 설정 조건은 부록 II 및 부록 III 을 참조

^{vi} 재사용 서비스 제공업체는 매년 다회용컵의 7%가 손실되는 것으로 추정한다. 손실분의 절반 가량은 반환되지 않은 컵, 약 4분의 1은 깨진 채로 반환되는 컵, 4분의 1은 취급 과정에서 손상되거나 너무 낡아서 다시 재사용하지 못하는 컵이다.

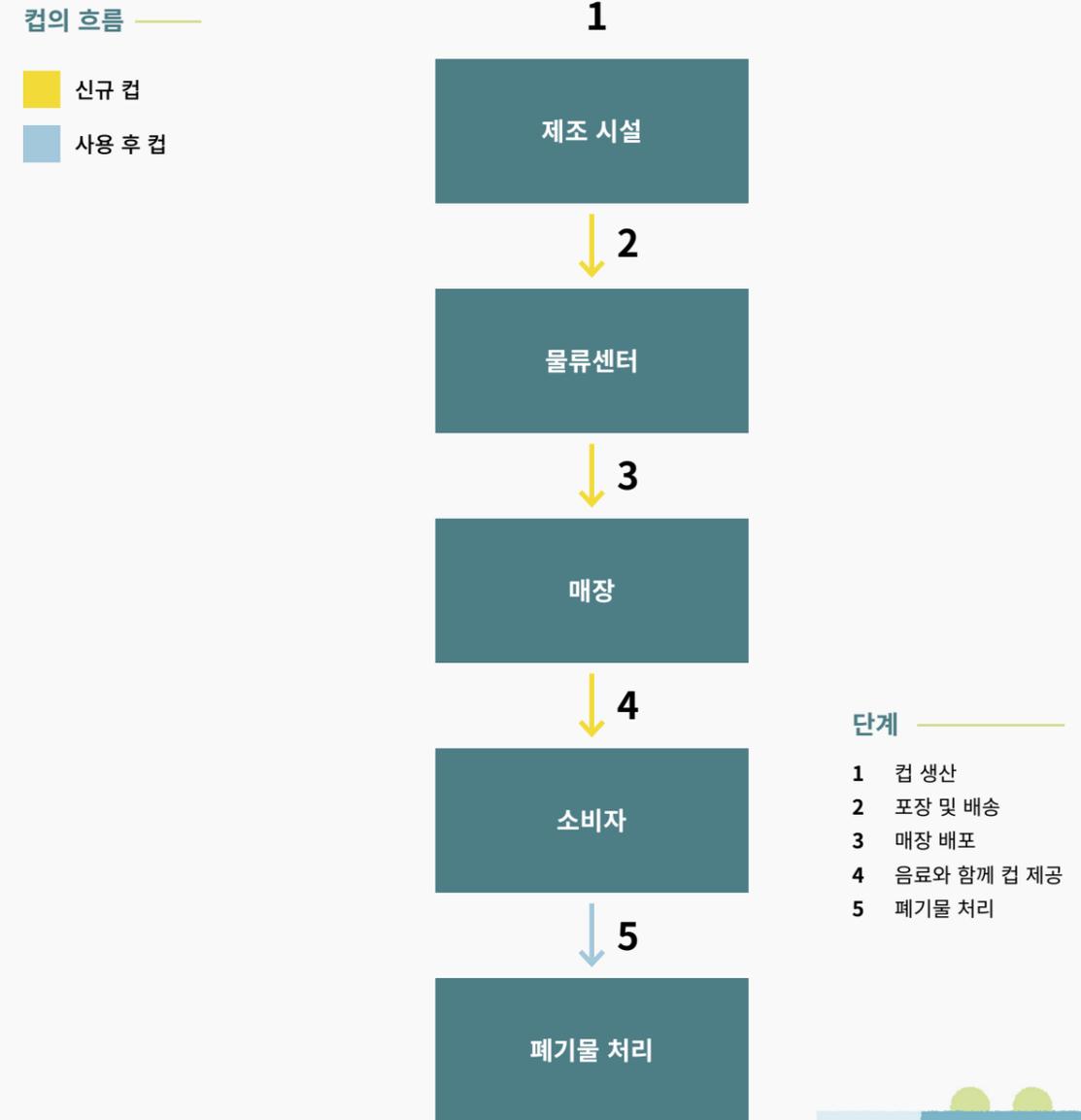
■ 그림 3: 방법론 순서도



■ 그림 4: 다회용컵 대여 시스템 구조 및 범위



■ 그림 5: 일회용컵 시스템의 구조 및 범위



연구 제한점

이 연구에서 분석한 다회용컵 대여 시스템 및 연구 협업 대상인 다회용컵 대여 서비스 제공업체 5곳으로부터 얻은 데이터는 다양한 조건과 비즈니스 모델로 구성된 재사용 생태계 전체를 대표하지 않는다. 연구 모델의 운영 규모는 시스템 설정의 가정에 따라

재사용 서비스 제공업체가 운영할 수 있는 다회용컵 대여 서비스의 규모에 한정된다. 매장, 세척 시설 등 시스템 내 다른 이해관계자의 운영 규모는 명시적으로 정의되지 않았다. 연구 결과는 재사용 시스템의 특정 설정을 검토한 것으로, 모든 유형의 다회용컵 대여

서비스에 적용할 수 있는 것이 아니다. LCA 프레임워크에서는 시스템 범위 내에서의 영향만 정량화하고, 시스템 범위 밖에서 배출되는, 간접적으로 유발되는 영향은 제외된다. 간접적으로 유발되는 영향은 매우 다양할 수 있으며 어업, 생물다양성, 산업, 주민 생계에

미치는 영향, 기후변화가 개인과 지역사회에 미치는 영향 등을 포괄한다.

결과

일회용 시스템과 재사용 시스템 간 LCA 분석 비교

전과정평가(LCA) 분석 결과, 전반적으로 다회용컵 시스템이 일회용컵 시스템보다 환경적으로 우위에 있는 것으로 나타났다. 다회용컵 대여 시스템의 주요 장점으로는 온실가스 배출 감소, 담수 및 해양 생태계에 대한 영향 감소, 대기질 개선 효과 등을 꼽을 수 있다. 연구 결과에 따르면 일반적으로 다회용컵의 사용 빈도가 높을수록 환경 성과가 높으며, 시스템 내에서 다회용컵의 사용률과 활용률이 증가할수록 재사용 시스템의 환경적 잠재력이 향상된다.

본 연구의 일회용컵과 다회용컵의 설정 조건에서, 일부 환경영향의 범주는 일회용컵 시스템이 다회용컵 대여 시스템보다 나은 환경 성과를 보였다. 광화학 산화제 형성, 화석연료 고갈, 담수 부영양화 등이 이에 해당하며, 이는 다회용컵 대여 시스템을 구축하는 이해관계자들이 향후 주요하게 고려해야 할 사항이다. 광화학 산화제 형성은 전기차 등 내연기관을 사용하지 않는 운송 방법을 통해 해결이 가능하며, 화석연료 고갈과 담수 부영양화의 경우 재사용 비율을 높이거나 보다 친환경적인 화학물질을 사용함으로써 각각의 영향을 최소화할 수 있다.

표 3은 세 가지 사용 빈도에 대한 일곱 가지 환경영향 범주의 결과와 함께, 다회용컵 및 일회용컵 시스템이 지구 생태계, 인간의 건강과 삶의 질, 천연자원 사용에 미치는 영향의 일부이다 (부록 IV).

표 3의 결과값은 일회용컵을 1회 사용할 때와 다회용컵을 1회 사용할 때의 온실가스 배출량 또는 환경영향 차이를 나타낸다. 예를 들어, 20은 다회용컵을 사용하면 일회용컵을 사용할 때보다 해당 항목의 환경영향이 20% 감소한다는 뜻이다. 녹색은 다회용컵이 일회용컵보다 환경 성과가 우수함을 의미하고, 회색은 그 반대를 나타낸다.



■ 표 3: 일곱 가지 환경영향 범주에 따른 일회용컵 시스템 대비 다회용컵 대여 시스템의 환경 성과 개선 비율

■ 다회용컵이 일회용컵보다 우수
■ 일회용컵이 다회용컵보다 우수



기후변화
(CO₂-eq 배출)

중간 사용 빈도 시나리오로 부산에서 일회용컵을 다회용 컵으로 대체할 때마다 탄소 배출 42.4% 감소!

	낮은 사용 빈도	중간 사용 빈도	높은 사용 빈도
동아시아	14.5	22.6	24.6
부산	36.6	42.4	44.3
홍콩	15.5	22.4	24.7
타이베이	25.4	31.7	33.8
도쿄	18.3	27.2	30.2



입자상 물질 형성
(PM10-eq 배출)

	낮은 사용 빈도	중간 사용 빈도	높은 사용 빈도
동아시아	16.4	21.8	24.0
부산	50.3	54.9	56.4
홍콩	17.8	23.5	25.4
타이베이	36.0	41.0	42.7
도쿄	42.5	48.3	50.2



인체 독성
(1,4-DCB-eq 배출)

	낮은 사용 빈도	중간 사용 빈도	높은 사용 빈도
동아시아	28.6	34.1	34.1
부산	32.2	36.1	37.4
홍콩	25.9	31.6	33.6
타이베이	19.6	24.0	25.4
도쿄	48.9	54.8	56.7

1,4-DCB는 살충제나 자동차 부품용 탈지제에서 발견되는 독성 화합물이다. 다른 독성물질 배출량은 1,4-DCB의 독성 수준을 기준으로 조정한다.
독성 평가는 생태계 대기 및 수질에 대한 허용 가능 농도 가이드라인, 인체 허용 가능 일일 섭취량을 기반으로 한다.



담수 생태독성
(1,4-DCB-eq 배출)

	낮은 사용 빈도	중간 사용 빈도	높은 사용 빈도
동아시아	20.5	20.5	27.2
부산	23.3	27.0	28.3
홍콩	25.7	31.5	33.4
타이베이	7.8	11.7	13.0
도쿄	21.5	27.3	29.2



해양 생태독성
(1,4-DCB-eq 배출)

	낮은 사용 빈도	중간 사용 빈도	높은 사용 빈도
동아시아	20.9	28.1	28.1
부산	23.2	27.1	28.4
홍콩	26.7	32.6	34.6
타이베이	7.3	11.2	12.5
도쿄	25.1	31.2	33.2

사용 빈도 증가 시 재사용 시스템 환경 성과 향상

한국과 대만의 규제는 일회용 플라스틱컵 생산에 신재 플라스틱 (virgin-PET)만 허용하고 다른 지역은 재생 플라스틱(rPET) 사용을 허용하고 있어 부산과 타이베이의 일회용 페트컵에 대한 화석연료 수요가 가장 높고, 부산과 타이베이의 재사용 시스템이 일회용에 비해 상대적으로 더 나은 성과를 내는 것으로 나타났다.



화석연료 고갈

	낮은 사용 빈도	중간 사용 빈도	높은 사용 빈도
동아시아	-14.3	7.1	7.1
부산	47.3	54.8	57.3
홍콩	-12.3	2.4	7.2
타이베이	42.2	50.4	53.1
도쿄	-19.6	-2.9	2.7



물 고갈(물 사용)

	낮은 사용 빈도	중간 사용 빈도	높은 사용 빈도
동아시아	33.8	35.7	35.7
부산	33.3	35.9	36.8
홍콩	34.7	36.0	36.5
타이베이	36.9	39.3	40.1
도쿄	35.8	38.2	39.0

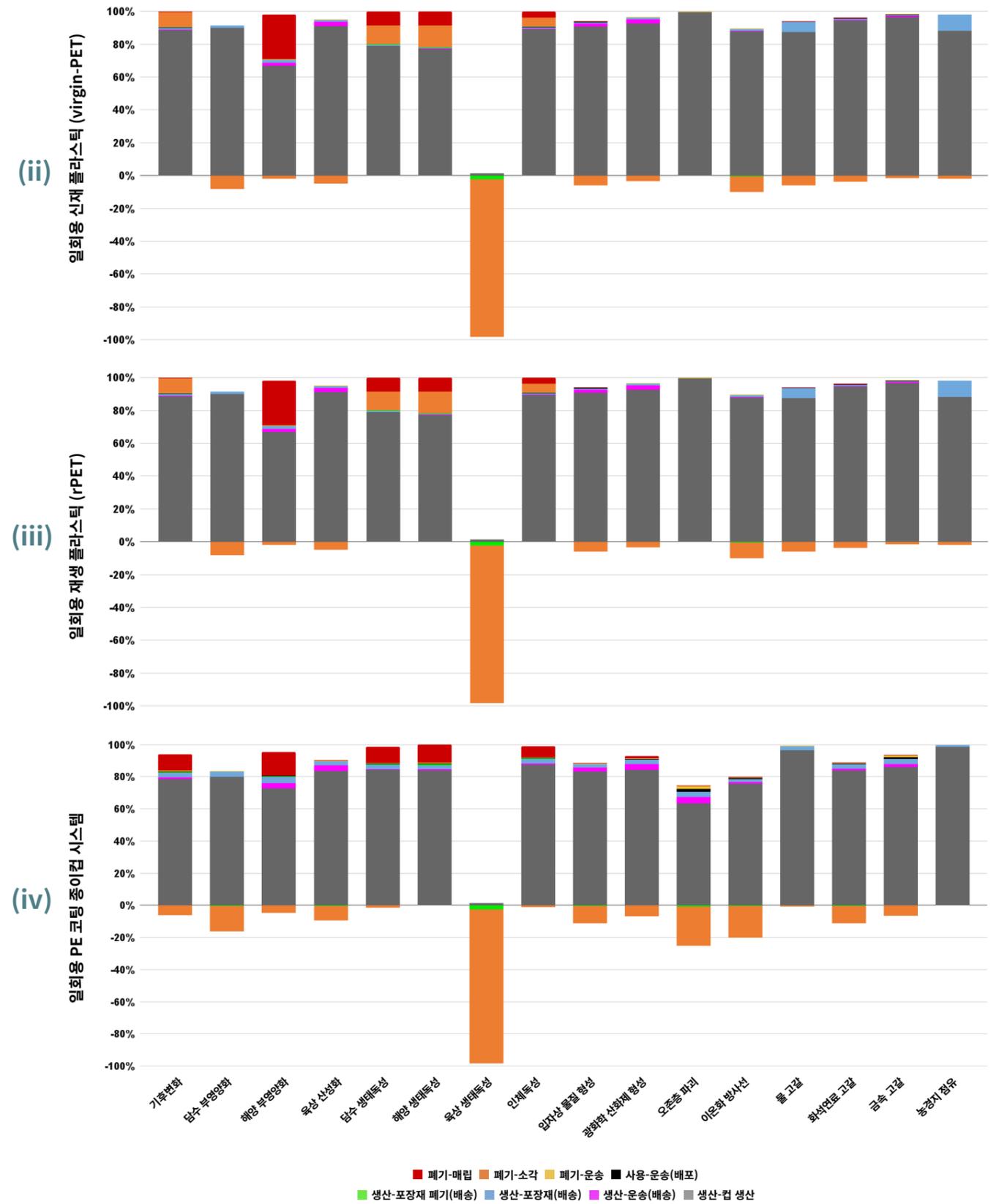
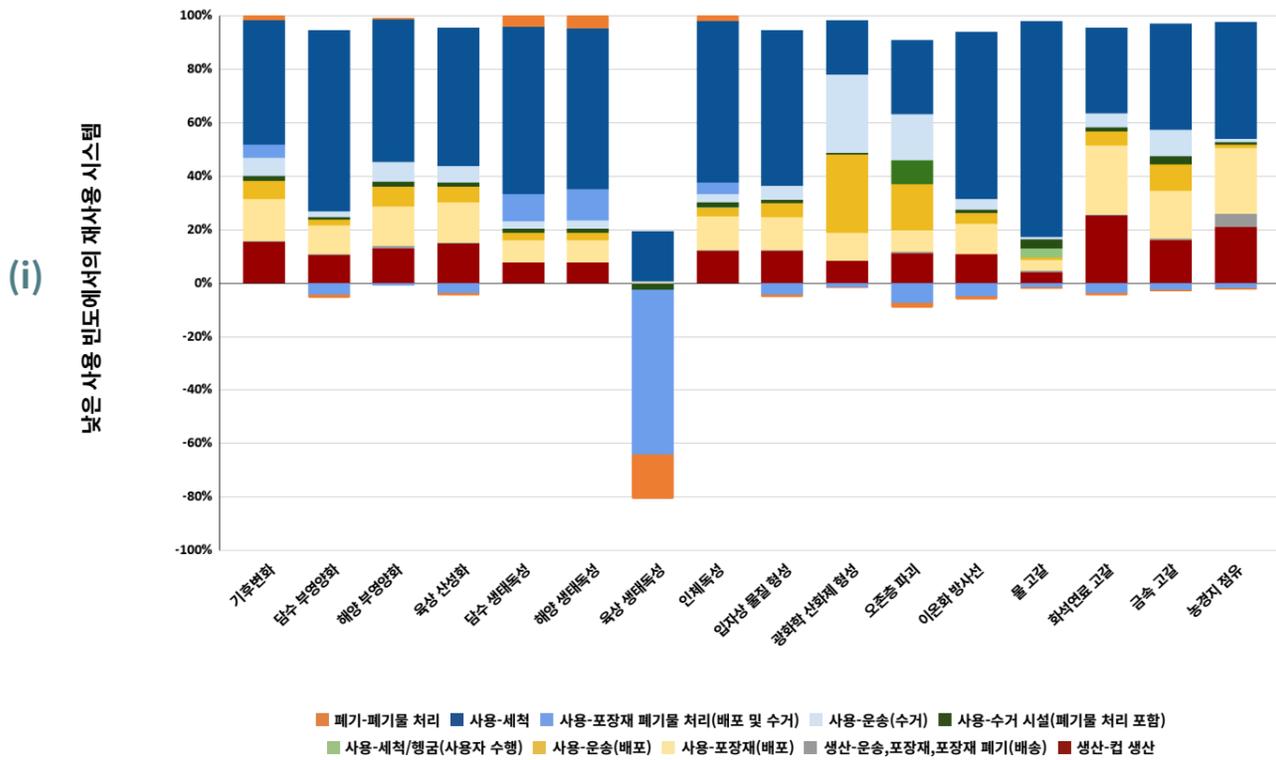
수명주기 단계별 환경영향 기여도

16개 환경영향 범주 전체에서 생산 단계가 주요 배출원인만큼, 일회용 플라스틱(신재 플라스틱(virgin-PET), 재생 플라스틱(rPET), PE 코팅 종이컵)은 공통적으로 생산 단계에서 야기되는 영향이 크다는 점은 주목할 만하다. 일회용컵 폐기 경로에서 배출되는 탄소 배출량은 상대적으로 적다. 생산 단계의 환경영향이 크다는 점은 일회용컵 생산량을 줄임으로써 배출량을 줄일 수 있다는 사실을 증명한다. 다회용컵 대여 시스템의 경우, 광화학 산화제 형성을 제외한 모든 영향 범주에서 세척 단계가 주요 배출원으로 나타난다. 따라서 지속가능성에 초점을 맞춘 다회용컵 대여 시스템에서는 세척 과정을 최적화하여 추가적인 환경영향을 저감하는 해결책을 찾아야 한다.

다음 네 개의 도표는 일회용컵과 다회용컵 시스템의 수명주기 단계 별 환경영향 분포를 나타낸다. 일회용컵 시스템의 경우, 신재 플라스틱(virgin-PET)컵, 재생 플라스틱(rPET)컵, PE 코팅 종이컵을 개별적으로 분석해 컵 소재의 환경영향을 살펴보았다. 다회용컵 대여 시스템의 경우, 낮은 사용 빈도 시나리오를 이용했다.

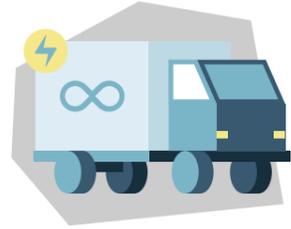
막대 별 각 부분 값의 높이는 해당 수명주기 단계가 각 환경영향 범주에 기여하는 비율을 의미한다. 0% 상단의 영역은 환경영향 물질 배출량과 관련되며, 0% 하단은 배출량에 영향을 미치는 요소가 시스템 내에서 (-) 배출량 형태로 환산되었음을 의미한다. 예를 들어, 폐기물의 에너지화(Waste-to-Energy)는 지역 전력망에 전기를 공급함으로써 기존의 연료 혼합 방식에 의한 전력 공급 및 그 과정에서 발생하는 배출량과 대조해 시스템에서 (-) 배출량으로 환산할 수 있다.

■ 그림 6: 총 배출량에 대한 개별 수명주기의 단계별 분포도 - 낮은 사용 빈도에서의 재사용 시스템(i) 및 동아시아 지역의 16개 환경영향 범주에 따른 일회용 신재 플라스틱(virgin-PET)(ii), 일회용 재생 플라스틱(rPET)(iii), 일회용 PE 코팅 종이컵 시스템(iv)에 대한 분석



시나리오 모델링

환경영향 물질 배출량에 대한 다회용컵 대여 시스템의 각 구성 요소별 민감도를 조사하기 위해 시스템 설정(부록 II)에 대한 대체 시나리오를 생성, 시나리오 모델링을 실시했다. 시나리오 모델링은 확인되지 않은 환경영향 물질의 배출 위험이 높은 다회용컵 대여 시스템의 구성 요소(예: 기기 사용 등)와 시스템 최적화 및 환경영향 감소에 가장 큰 잠재력을 가진 구성 요소에 대한 분석이다. 주요 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.



역물류 단계: 매장과 세척 시설, 보관 장소 사이에서 사용 전후의 컵을 운송하는 과정에서 큰 환경영향 물질 배출이 발생할 수 있다. 전기 자동차, 대량 운송, 경로 최적화, 배송 및 수거 서비스 통합을 통해 개선이 가능하다.



사용 단계: 사용한 다회용컵을 반납하기 전에 온수와 세제를 사용해 행구거나 세척하는 과정은 불필요하고 추가적인 온실가스 배출을 야기할 수 있다.



상업용 세척 시설: 친환경 여부와 관계없이 세제의 종류가 독성물질 배출 및 환경에 큰 영향을 미칠 수 있다.



기기 사용: 자동 대여기, 반납기 등 최신 기술을 활용하는 컵 배포 및 수거는 전력 소비가 많아 에너지를 과도하게 소비할 수 있다.



세척 단계: 장비의 에너지 효율 및 세척 처리량이 환경 성과를 최적화하는 핵심 요소가 된다.



© Greenup / Greenpeace



© Chilam Wong / Greenpeace



© Greenpeace



© Chihiro Hashimoto / Greenpeace



© Greenpeace / RexRu



© Greenpeace / RexRu



© Greenpeace / RexRu

잠재적 환경 저감 효과 시각화

이 연구 결과에서 다회용컵 대여 시스템으로의 전환을 통해 달성할 수 있는 환경영향 저감 효과는 아래 방법으로 파악했다. 먼저 일회용컵 시스템(50/50 혼합)과 다회용컵 대여 시스템(높은 사용 빈도 시나리오)을 각각 1회 이용할 때의 환경 성과 차이를 파악한다. 그다음, 해당 저감 효과를 특정한 컵의 수량 단위로 바꿔 추정한다. 이렇게 잠재적인 환경영향 저감을 계량하는 목적은 다회용컵 대여의 이점을 가시적이고 시각적인 방식으로 묘사하기 위해서다. 계량화에 동아시아 및 지역별 결과를 모두 사용함으로써 4개 지역을 개별적으로 볼 수 있을 뿐만 아니라, 동아시아 지역으로 통합하여 볼 수도 있다. 계량화 결과는 다회용컵 대여 시스템이 본 연구에서 정의한 시스템 설정 내에서 운영된다고 가정한다(표 2).

동아시아

이 연구에서 살펴본 4개 지역에서 소비되는 컵 총 100억 개를 다회용컵에 담아 제공할 경우 다음과 같은 환경영향을 저감할 수 있다.

홍콩

홍콩에서는 매년 약 4억 개의 일회용컵이 버려진다. 다회용컵을 이용할 경우 다음과 같은 환경영향을 저감할 수 있다.

일본

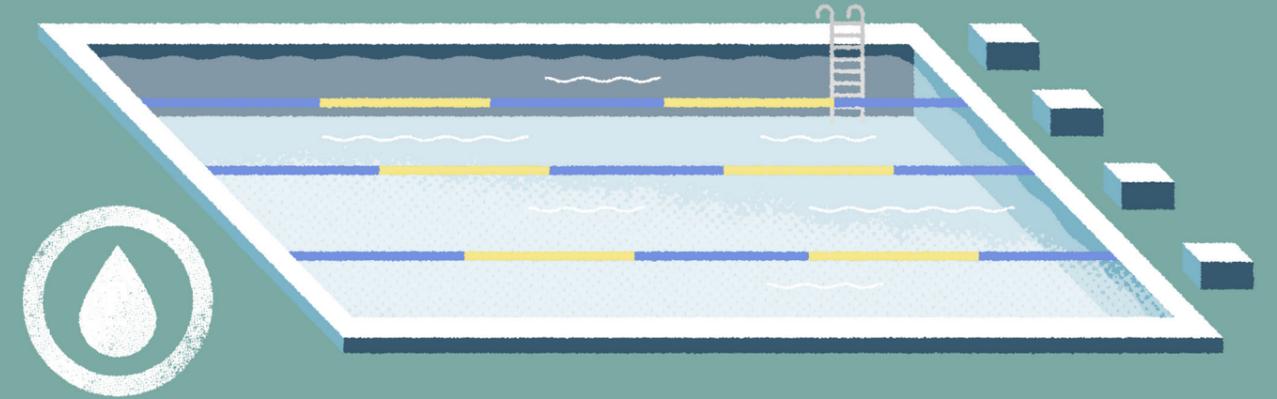
일본의 카페, 패스트푸드 체인점, 편의점에서는 연간 39억 1천만 개의 컵이 버려진다. 다회용컵을 사용할 경우 다음과 같은 환경영향을 저감할 수 있다.

한국

한국에서는 플라스틱컵과 종이컵이 연간 약 84억 개가 버려졌다. 다회용컵을 사용할 경우 다음과 같은 환경영향을 저감할 수 있다.

대만

대만에서는 연간 40억 개의 일회용컵이 버려진다. 다회용컵을 사용할 경우 다음과 같은 환경영향을 저감할 수 있다.



동아시아

180만m³ 이상의 물 절약 - 올림픽 공식 규격 수영장(3,750m³) 500개 이상을 채우는 양

홍콩

7만8,000m³ 이상의 물 절약 - 올림픽 공식 규격 수영장(3,750m³) 21개 이상을 채우는 양

일본

79만 3,000m³ 이상의 물 절약 - 올림픽 공식 규격 수영장(3,750m³) 212개 이상을 채우는 양

한국

180만m³ 이상의 물 절약 - 올림픽 공식 규격 수영장(3,750m³) 480개 이상을 채우는 양

대만

92만m³ 이상의 물 절약 - 올림픽 공식 규격 수영장(3,750m³) 245개 이상을 채우는 양



동아시아

1억 2,000만kg 이상의 탄소(CO₂-Eq) 절감 - 성목 550만 그루가 1년 동안 흡수하는 양

홍콩

500만kg 이상의 탄소(CO₂-Eq) 절감 - 홍콩에서 1년 동안 1,380대 이상의 자동차가 배출하는 양 또는 성목 23만2,000그루가 1년 동안 흡수하는 양

일본

6,030만kg 이상의 탄소(CO₂-Eq) 절감 - 일본에서 1년 동안 4만 4,000대 이상의 자동차가 배출하는 양, 또는 성목 270만 그루가 1년 동안 흡수하는 양

한국

2억 5,000만kg 이상의 탄소(CO₂-Eq) 절감 - 한국에서 1년 동안 9만 2,000대 이상의 자동차가 배출하는 양 또는 성목 1,130만 그루가 1년 동안 흡수하는 양

대만

7,810만kg 이상의 탄소(CO₂-Eq) 절감 - 대만에서 1년 동안 31만 9,000대 이상의 스쿠터가 배출하는 양, 또는 성목 350만 그루가 1년 동안 흡수하는 양



동아시아

1,000만kg 이상의 석유-Eq 절감 - 석유 7만 3,000배럴 이상

한국

1억 4천만kg 이상의 석유-Eq 절감 - 석유 100만 배럴 이상

홍콩

45만kg 이상의 석유-Eq 절감 - 석유 3,300 배럴 이상

대만

5,900만kg 이상의 석유-Eq 절감 - 석유 9,400 배럴 이상

일본

120만kg 이상의 석유-Eq 절감 - 석유 43만3,000배럴 이상

토의 및 결론

해당 연구는 한 번 사용 후 폐기하는 관행에 대한 대안으로써 재사용 시스템의 환경적 이점을 다룬다. **전과정평가(LCA) 프레임워크의 매개변수로 살펴볼 때, 생태계, 인류의 건강과 삶의 질, 지구의 부족한 자원 등은 모두 재사용 시스템으로 이익을 얻을 것으로 나타난다.** 그리고 간접적인 혜택은 더 방대할 것이다. 환경에 미치는 영향의 저감 규모를 모델링하고 수치화하면, 재사용 시스템 논의를 이론적 기반 위에서 보다 심층적으로 이해할 수 있다. 그리고 이는 이해관계자들이 시스템을 구현하는 데 도움을 준다. 재사용 시스템으로의 전환은 동아시아 지역 및 4개 도시에서 예상되는 환경 성과를 시각화에서 볼 수 있듯이, 소규모 시범 사업 수준에서 운영할 경우에도 그 이점이 입증된다.

본 연구를 통해 다회용컵 대여 모델에서 컵의 사용 빈도를 높여 수명주기 동안 재사용 횟수를 늘릴수록, 다회용컵 1회 사용 시 환경영향 저감 효과가 일회용컵에 비해 커지는 것을 확인할 수 있었다. **따라서 재사용 시스템의 환경적 잠재력을 최대한 끌어올리기 위해서는 다회용컵 시스템을 도입하고, 사용률을 높여야 한다는 목표를 달성하기 위해 노력하는 것이다.** 이를 위해 다회용컵의 자발적 사용에서 벗어나 사회적 차원에서 재사용 시스템으로 전환하는 것이 필요하다. 다회용컵 대여 시스템이 적절한 이용률로 운영된다는 가정하에, 시스템이 확대되고 다회용컵 사용자가 증가하면 일회용컵의 배출 중단으로 인한 누적 환경영향 저감 효과도 커질 것이다. 재사용 시스템을 사회에 전반적으로 도입하는 과정에서 규모의 경제로 인한 기회와 대량 물류, 이 두 가지 측면을 고려해야 한다.

재사용 서비스 제공업체의 현실을 분석하는 과정은 동아시아 맥락에서 환경적으로 민감한 운영 매개변수에 대한 고유한 통찰력을 제공한다. 특히 배출량 기여도에서 세척 단계가 큰 부분을 차지하는 것은 주목할 만하다. 컵 운송 또한 대기질에 큰 영향을 미친다. 재사용 시스템이 주류 시스템으로 자리 잡기 위해서, 그리고 운영 규모의 확대에 따라 최적의 성능과 스마트한 설계를 보장하기 위해서는 다음 세 가지 요소를 중요하게 고려해야 한다: 1) 친환경적이고 에너지 효율적인 세척 방식을 채택하고, 2) 역물류 과정에서의 배기가스 배출을 방지해야 하며, 3) 최적화된 배송 및 수거 시스템을 도입하는 것이다. **일회용컵 시스템이 환경에 미치는 영향을 완화하기 위해서는, 궁극적으로 일회용컵의 완전한 퇴출을 목표로 생산을 억제해야 한다. 일회용컵의 생산 단계는 16개 영향 범주 전체에서 가장 많은 배출량을 차지한다. 따라서 생산량 감축을 목표로 삼으면 전반적으로 배출량을 크게 줄일 수 있다. 재활용을 통한 배출량 감축은 그 잠**

재력이 제한적이며, 전 세계적인 일회용품 의존도를 낮추는 궁극적인 해결책이 될 수 없다. 핵심은 일회용품의 원천적인 제거다.

재사용 시스템이 환경 파괴적인 일회용컵 시스템을 대체하기 위해서는 환경적 경쟁력과 경제성을 모두 갖춰야 한다. 따라서 다양한 규모의 재사용 시스템 도입에 따른 경제적 성과를 조사하는 추가 연구가 필요하다. 특히 이론적 모델링을 넘어 재사용 서비스 제공업체가 현실 세계에서 직면하는 상황을 반영한 상황별 지표와 시스템 설정에 기반을 둔 연구가 필요하다. 같은 맥락에서, 이 연구에서는 다루지 않았지만 일회용 시스템에서 벗어나 재사용 시스템으로 전환하기 위해 시민, 공공, 민간 부문이 함께 노력할 수 있는 방법 또한 모색해야 한다.

다회용컵 대여 시스템은 많은 재사용 모델 중 하나이며 이외에도 다양한 재사용 모델이 있다. 예컨대, 포장재 재사용은 전 세계적으로 주목을 받고 있다. 레스토랑, 카페, 케이터링 등 조리된 식품으로 부문은 물론, 병음료, 즉석식품 등 포장된 형태로 유통되는 식품 산업 부문에서도 재사용 옵션으로 포장재 재사용이 대두된다. 재사용 시스템이 일회용품보다 환경적으로 더 나은 대안으로 자리 잡으려면, 이처럼 다양한 재사용 적용 분야에 대한 추가 연구도 필요하다.

본 연구는 잘 설계된 재사용 시스템의 환경적 이점을 제시하는 세계 다수의 연구와 결과가 일치하며, 동시에 동아시아 도시 맥락에서 재사용 시스템이 어떻게 작동하는지를 보여준다. 또한, 본 연구는 동아시아 도시 간 상황별 분석의 중요성을 보여주며, 다회용컵 대여 서비스 제공업체에서 제공받은 실제 데이터의 활용을 통해 동아시아의 재사용 시스템 운영 현실을 반영했다.

그린피스 제언

본 보고서는 대표적인 일회용품이라고 할 수 있는 일회용컵과 다회용컵의 환경영향을 비교 분석함으로써 '재사용 시스템'에 대한 논의를 본격적으로 시작하고자 했다. 컵 외에도 우리 일상에는 다양한 일회용 플라스틱 포장재가 무분별하게 사용되고 있다. 일회용컵을 포함한 플라스틱 전반에서 재사용 시스템을 적용해 플라스틱의 줄이려는 노력이 시급하다.

특히 일회용 플라스틱 문제는 전 세계가 함께 해결해야 하는 문제로 대두되면서 국내에서도 여러 가지 해결을 위한 방법을 기업과 정부가 내놓고 있는 듯하지만, 그들이 일회용 플라스틱 저감을 위해 채택하는 방법은 일관성 없고 강력하지 않아 그 실효성을 의심케 한다.

기업은 재사용 시스템을 최우선 순위로 두고 도입하려는 의지를 보이지 않고, 경량화나 무라벨 상품 개발, 바이오플라스틱 개발 등으로 실제 사용량의 극히 일부의 플라스틱 사용을 감축하고 더 많은 플라스틱을 판매하거나 신기술 개발에만 막대한 자원을 투입하고 있다.

정부는 재사용의 시스템화를 위한 정책적 변화의 도모보다 시민에게 책임을 떠넘기는 개인 용기 사용(BYOC)을 독려하고 있다. 무분별하게 찍어내는 일회용 플라스틱의 수도꼭지를 잠글 수 있는 주체는 기업에 있기 때문에 정부는 기업에 재사용 시스템화를 강제하는 정책 도입을 해야 한다. 이런 이유로 그린피스 서울사무소는 정부와 기업이 2030년까지 재사용 목표를 50%로 설정해 일회용 플라스틱 사용의 단계적 퇴출을 도모할 것을 촉구한다. 더불어 정부와 기업의 핵심 의무를 아래와 같이 제안한다.



정부는 기업에 부문별 재사용 할당량을 설정해야 한다.

이러한 할당량은 조리식품 및 포장 식품 산업을 포함해 기술적으로 당장 실행할 수 있는 부문부터 단계적으로 도입해야 한다.



정부는 재활용에 대한 투자보다 재사용 시스템 구축에 우선순위를 뒤야 한다.

재사용 시스템 인프라를 조성하고 확대하기 위한 재정적 인센티브가 필요하다. 이러한 인프라에는 표준화, 용기 디자인, 수거 및 물류, 교육, 세척 시설 등의 개발이 포함되나 반드시 이들 항목에 국한되지는 않는다.



정부는 국제 플라스틱 협약의 강력한 체결을 위해 재활용(화학적 재활용, 열분해 등)과 폐기물의 에너지화 등의 폐기물 처리 단계가 아닌 생산단계에서 저감이 가능한 근본 해결책을 포함하는 협약 체결에 동의하고 앞장서야 할 것이다.

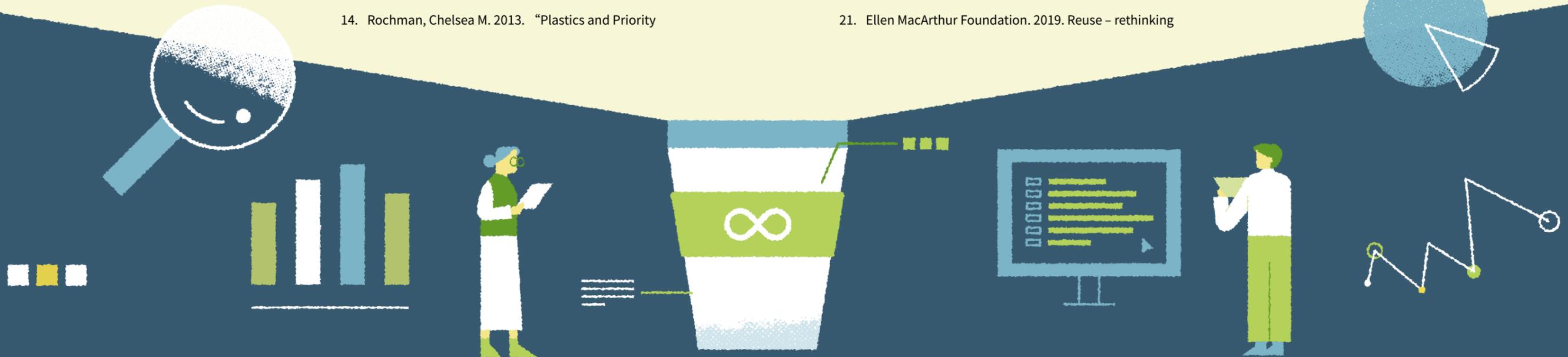
강력한 협약은 1) 플라스틱 생산량 2040년까지 2019년 대비 75% 감축 2) 일회용 플라스틱의 단계적 퇴출 3) 재사용과 리필 기반의 시스템 전환 4) 정의로운 전환을 반드시 포함해야 한다.



기업은 다양한 재사용 시스템 도입을 위해 명확한 로드맵을 수립하고, 일회용품 사용량과 감축량을 공개해야 한다.

참고문헌

- United Nations Environment Programme. 2021. Single-use beverage cups and their alternatives - Recommendations from Life Cycle Assessments.
- 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 /
- 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 .
- Ministry of Environment, Republic of Korea. 2019. "1회용품 함께 줄이기 계획".
- Ministry of Environment, Republic of China. 2018. “為什麼要管制” . <https://hwms.epa.gov.tw/dispPageBox/onceOff/onceOffDetail.aspx?ddsPageID=EPATWH81>
- 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.
- 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.
- 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.
- 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>.
- 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.” Conservation Biology 28 (2): 129-139. 10.1111/cobi.12126.
- 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.
- 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.
- 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.
- Rochman, Chelsea M. 2013. “Plastics and Priority
- Pollutants: A Multiple Stressor in Aquatic Habitats.” Environ. Sci. Technol. 47 (3): 2439-2440. 10.1021/es400748b.
- 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.
- OECD. 2022. Global Plastics Outlook: Economic Drivers, Environmental Impacts and Policy Options. OECD Publishing. 10.1787/de747aef-en.
- 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
- Upstream. 2021. Reuse wins: The environmental, economic, and business case for transitioning from single-use to reusable in food service.
- Zero Waste Europe. 2022. Packaging Reuse vs. Packaging Prevention. Understanding which policy measures best apply.
- 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>.
- Ellen MacArthur Foundation. 2019. Reuse – rethinking packaging.
- Brazão, Marta, Luisa Marques, Ana Carvalho, Lindsey Wuisan, João Almeida, and Carla Arguello. 2021. “Making the business case for Packaging reuse systems.”
- ReLoop & Zero Waste Europe. 2020. Reusable VS single-use packaging: a review of environmental impact.
- 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.
- Greenpeace Japan. 2022. Disposable cups in the Japanese Café Industry. https://www.greenpeace.org/static/planet4-japan-stateless/2022/07/5226ce29-disposablecupsinjapaneseindustry_en.pdf
- 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/>



부록 I

수명주기 종료 경로

아래는 2019~2021년 각 지역에서 발표된 공식 통계에서 얻은 데이터다. 다운사이클링 이후 과정은 해당 연구에 포함되지 않았다. 재사용 및 일회용 시스템 모두에서 다운사이클링을 통해 생산된 2 차 재생원료의 영향은 고려하지 않았다.

■ 표 4: 동아시아 지역에서의 재료 구분에 따른 수명주기 종료 경로

	기본 모델링 (동아시아)	대만	홍콩	일본	한국
폐기물 처리					
회수 불가 폐기물	70% 소각 30% 매립	93% 소각 7% 매립	100% 매립	89% 소각 11% 매립	95% 소각 5% 매립
PET, PP	25% 소각 25% 매립 50% 다운사이클링	3% 소각 97% 다운사이클링	89% 매립 11% 다운사이클링	70% 소각 6% 매립 24% 다운사이클링	20% 소각 80% 다운사이클링
PE	50% 소각 25% 매립 25% 다운사이클링	47% 소각 53% 다운사이클링	89% 매립 11% 다운사이클링	70% 소각 6% 매립 24% 다운사이클링	20% 소각 80% 다운사이클링
판지	20% 소각 15% 매립 65% 다운사이클링	34% 소각 66% 다운사이클링	53% 매립 47% 다운사이클링	17% 소각 2% 매립 81% 다운사이클링	27% 소각 1% 매립 72% 다운사이클링

부록 II

다회용컵 대여 시스템의 시스템 설정 매개변수

■ 표 5: 다회용컵 대여 시스템의 시스템 설정 매개변수

변수	값		
식음료 매장 수	40개 매장		
다회용컵 개수	10000개		
연간 손실률	7%		
시스템 내 활성 컵 수(초기)	8000개		
재고에서 교체된 컵 수(연간)	560개/년		
3년간 시스템 내 활성 컵 수	9680개		
컵 용량	16 온즈(473ml)		
컵 및 뚜껑 재질	폴리프로필렌(PP)		
컵 중량	85 g		
뚜껑 중량	15 g		
컵의 기술적 수명	300회(재)사용		
매장에 세척 컵 배포	낮은 사용 빈도	중간 사용 빈도	높은 사용 빈도
	1회/주	2회/주	3회/주
매장당 배송 컵 수	90개		
10,000개 컵의 총 수명주기 (구비부터 최종 폐기까지)	3년		
3년간 제공된 음료 수	낮은 사용 빈도	중간 사용 빈도	높은 사용 빈도
	563,143	1,126,286	1,689,429
3년간 컵당 재사용 횟수	낮은 사용 빈도	중간 사용 빈도	높은 사용 빈도
	58	116	174
한 주간 컵당 재사용 횟수	낮은 사용 빈도	중간 사용 빈도	높은 사용 빈도
	0.37	0.74	1.11

부록 III

일회용컵 시스템의 시스템 설정 매개변수

■ 표 6: 일회용컵 시스템 (PET 및 PE 코팅 종이컵이 50:50으로 구성)의 시스템 설정 매개변수

변수	값	
	일회용 PET 컵	일회용 PE 코팅 종이컵
컵 재질	재생 폴리에틸렌-테레프탈레이트. 예외: 부산과 타이베이는 신재 폴리에틸렌-테레프탈레이트. ^{vii}	저밀도 폴리에틸렌으로 코팅한 표백 판지
뚜껑 재질	재생 폴리에틸렌-테레프탈레이트. 예외: 부산과 타이베이는 신재 폴리에틸렌-테레프탈레이트	폴리프로필렌
컵 및 뚜껑 중량	컵: 15.6 g 뚜껑: 3.5 g	컵: 13.5 g 뚜껑: 3.5 g
포장 (제조)	일회용컵 50개를 PE필름 팩 1개(4g)에 포장하고, 25개 팩을 1개 종이상자(700g)에 포장 일회용컵 50개를 PE필름 팩 1개(6.3g)에 포장하고, 20개 팩을 1개 종이상자(836g)에 포장	일회용컵 50개를 PE필름 팩 1개(4g)에 포장하고, 25개 팩을 1개 종이상자(700g)에 포장 일회용컵 50개를 PE필름 팩 1개(6.3g)에 포장하고, 20개 팩을 1개 종이상자(836g)에 포장
수명주기 종료	소각, 매립, 다운사이클링 - 현지 경로를 따름	소각, 매립 - 현지 경로를 따름

^{vii} 연구 진행 시점을 기준으로 한국과 대만은 일회용컵 생산에서 재생 플라스틱 (rPET)의 사용을 허용하지 않는다.

부록 IV

4개 도시 및 광범위한 동아시아 지역에 대한 전체 LCA 결과

■ 표 7: 다회용컵 및 일회용컵 시스템의 16가지 환경영향 범주에 따른 LCA 환경 성과 비교 결과 (동아시아)

동아시아	환경영향 범주 (ReCiPe Midpoint H)	낮은 사용 빈도	중간 사용 빈도	높은 사용 빈도
생태계 영향	기후변화	14.5	22.6	24.6
	담수 부영양화	-25.0	-16.7	-16.7
	해양 부영양화	43.9	47.9	49.2
	육상 산성화	15.2	21.2	27.3
	담수 생태독성	20.5	20.5	27.2
	해양 생태독성	20.9	28.1	28.1
	육상 생태독성	67.2	72.6	74.5
인간 건강	인체독성	28.6	34.1	34.1
	입자상 물질 형성	16.4	21.8	24.0
	광화학 산화제 형성	-70.1	-63.3	-63.3
	오존층 파괴	3.6	18.8	18.8
	이온화 방사선	-45.5	-38.2	-34.5
자원 활용	물 고갈	33.8	35.7	35.7
	화석연료 고갈	-14.3	7.1	7.1
	금속 고갈	39.0	42.7	44.5
	농경지 점유	95.5	96.2	96.2

■ 표 8: 다회용컵 및 일회용컵 시스템의 16가지 환경영향 범주에 따른 LCA 환경 성과 비교 결과 (부산)

부산	환경영향 범주 (ReCiPe Midpoint H)	낮은 사용 빈도	중간 사용 빈도	높은 사용 빈도
생태계 영향	기후변화	36.6	42.4	44.3
	담수 부영양화	-6.1	-1.8	-0.4
	해양 부영양화	37.6	42.0	43.5
	육상 산성화	50.9	56.0	57.7
	담수 생태독성	23.3	27.0	28.3
	해양 생태독성	23.2	27.1	28.4
	육상 생태독성	2700.9	2430.7	2340.6
인간 건강	인체독성	32.2	36.1	37.4
	입자상 물질 형성	50.3	54.9	56.4
	광화학 산화제 형성	-17.3	-12.1	-10.4
	오존층 파괴	98.2	98.5	98.5
	이온화 방사선	-22.9	-19.1	-17.8
자원 활용	물 고갈	33.3	35.9	36.8
	화석연료 고갈	47.3	54.8	57.3
	금속 고갈	67.9	71.2	72.3
	농경지 점유	95.2	95.8	96.0

■ 표 9: 다회용컵 및 일회용컵 시스템의 16가지 환경영향 범주에 따른 LCA 환경 성과 비교 결과 (홍콩)

홍콩	환경영향 범주 (ReCiPe Midpoint H)	낮은 사용 빈도	중간 사용 빈도	높은 사용 빈도
생태계 영향	기후변화	15.5	22.4	24.7
	담수 부영양화	1.4	7.7	9.8
	해양 부영양화	57.5	60.7	61.7
	육상 산성화	-15.0	-8.5	-6.4
	담수 생태독성	25.7	31.5	33.4
	해양 생태독성	26.7	32.6	34.6
	육상 생태독성	-338.7	-340.3	-340.9
인간 건강	인체독성	25.9	31.6	33.6
	입자상 물질 형성	17.8	23.5	25.4
	광화학 산화제 형성	-78.9	-71.6	-69.2
	오존층 파괴	27.5	36.6	39.6
	이온화 방사선	55.5	62.1	64.3
자원 활용	물 고갈	34.7	36.0	36.5
	화석연료 고갈	-12.3	2.4	7.2
	금속 고갈	39.6	45.8	47.9
	농경지 점유	96.0	96.6	96.8

■ 표 10: 다회용컵 및 일회용컵 시스템의 16가지 환경영향 범주에 따른 LCA 환경 성과 비교 결과 (타이베이)

타이베이	환경영향 범주 (ReCiPe Midpoint H)	낮은 사용 빈도	중간 사용 빈도	높은 사용 빈도
생태계 영향	기후변화	25.4	31.7	33.8
	담수 부영양화	-35.0	-29.3	-27.4
	해양 부영양화	40.1	44.9	46.5
	육상 산성화	41.7	47.1	48.9
	담수 생태독성	7.8	11.7	13.0
	해양 생태독성	7.3	11.2	12.5
	육상 생태독성	52.3	53.4	53.7
인간 건강	인체독성	19.6	24.0	25.4
	입자상 물질 형성	36.0	41.0	42.7
	광화학 산화제 형성	-18.7	-13.1	-11.2
	오존층 파괴	98.1	98.3	98.4
	이온화 방사선	-1.4	4.3	6.2
자원 활용	물 고갈	36.9	39.3	40.1
	화석연료 고갈	42.2	50.4	53.1
	금속 고갈	67.1	70.5	71.7
	농경지 점유	96.3	96.9	97.1

■ 표 11: 다회용컵 및 일회용컵 시스템의 16가지 환경영향 범주에 따른 LCA 환경 성과 비교 결과 (도쿄)

도쿄	환경영향 범주 (ReCiPe Midpoint H)	낮은 사용 빈도	중간 사용 빈도	높은 사용 빈도
생태계 영향	기후변화	18.3	27.2	30.2
	담수 부영양화	26.0	32.5	34.7
	해양 부영양화	38.4	43.5	45.1
	육상 산성화	16.1	22.8	25.0
	담수 생태독성	21.5	27.3	29.2
	해양 생태독성	25.1	31.2	33.2
	육상 생태독성	65.4	73.0	75.5
인간 건강	인체독성	48.9	54.8	56.7
	입자상 물질 형성	42.5	48.3	50.2
	광화학 산화제 형성	-77.4	-69.8	-67.2
	오존층 파괴	11.7	21.9	25.2
	이온화 방사선	7.8	13.9	15.9
자원 활용	물 고갈	35.8	38.2	39.0
	화석연료 고갈	-19.6	-2.9	2.7
	금속 고갈	26.5	32.5	34.5
	농경지 점유	94.9	95.5	95.7

GREENPEACE

