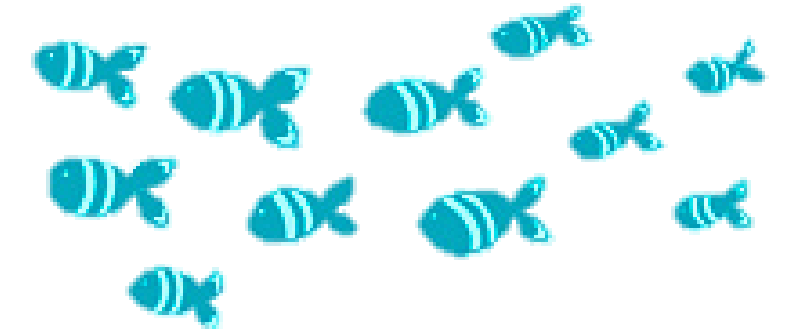


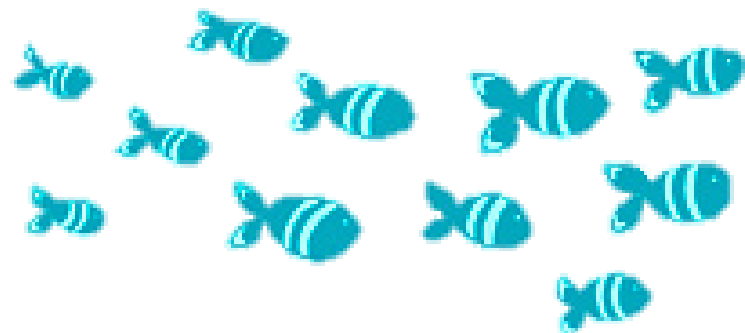
딥러닝 및 NIR기술을 통한 일회용 플라스틱컵의 재활용률 확대 제안



생활폐기물 데이터와 인공지능(AI) 활용 아이디어 해커톤 대회 (SHAKE STAT)



“사용하신 컵은 제대로 버려주세요!”



김민철 안성빈 정은지 정호재 하성진

우리 주변의 골칫거리로 떠오른 생활폐기물, 플라스틱 컵



마실 땐 시원하고 버릴 땐 나몰라라?
도심 점령한 '음료컵'

“길거리 이곳저곳에 버려진 플라스틱 컵.
대부분의 용기 안에 **내용물이 남아있어**
심한 악취와 해충 유발 뿐만이 아니라,
재활용 가능 자원의 낭비로 이어지고 있어...”

출처: '제발 플라스틱만 버려주세요..'_KBS 뉴스(2019)
출처: '길거리에 나뒹구는 플라스틱 컵, 처리는 누구의 몫?', CMB 대전방송 기사(2018)

테이크아웃 컵 전용 휴지통



테이크아웃 컵이 아닌
일반 쓰레기가 섞여있음



“제발 플라스틱만 버려주세요”...전용수거함 열어보니..

길거리의 일회용 플라스틱 컵 쓰레기 문제를
해결하고자 설치한 '테이크아웃 컵 전용 휴지통'.
하지만, 일반 쓰레기가 섞여있어
분리수거가 되지 않는 상황.

출처: 부산진구청 인터뷰 및 촬영(2021)
출처: '당신의 양심' 파이낸셜 뉴스(2019)

현재 일회용컵들은 대표적인 길거리 생활폐기물로 **적절한 폐기 및 분리수거가 이루어지지 않고 있다**

하지만, 분리수거를 해도 플라스틱 컵이 실질적으로 재활용될 확률

5%

출처: '2022년부터 커피-음료 일회용컵 돈 내고 쓴다', 동아일보(2020)

원인1. 플라스틱 컵 내에서 재질 분류의 어려움



“ 이 투명 테이크아웃 컵은 똑같아 보이지만 자세히 들여다보면, 하나는 'PET', 다른 하나는 'PP', 'PS'로 재질이 서로 다르며 육안으로 구분이 어렵습니다 ”

✓ 재질에 따른 분류가 어려워 재활용이 어려움

출처: '재활용품 애써 분리배출했더니...'폐기물'로 버려져' YTN 뉴스 기사(2021)

원인2. 순도가 낮은 라벨 코팅 컵의 혼입



“ 대부분 카페에서 사용하는 플라스틱 컵은 해당 카페의 로고가 적혀 있다. 이는 색을 입힌 플라스틱이어서 재활용 원료로 품질이 떨어져.. ”

✓ 라벨 코팅 컵의 혼입으로 인한 낮은 품질로 재활용 수요가 없음

출처: 신동아 기사(2020)

다음과 같은 이유로 폐기물 처리 업체에서는 투명 일회용 플라스틱 컵을 일괄 소각장으로 보내는 상황이다

영도구청 폐기물 선별장 인터뷰에 근거(2021)

재활용 4원칙을 고려한 인공지능 플라스틱 컵 수거기, '나누미'



컵홀더와 빨대, 뚜껑을 먼저 분리하고 버릴 수 있는 공간



컵에 마시고 남은 내용물을 바로 버릴 수 있는 공간



간편하게 컵을 세척할 수 있는 공간



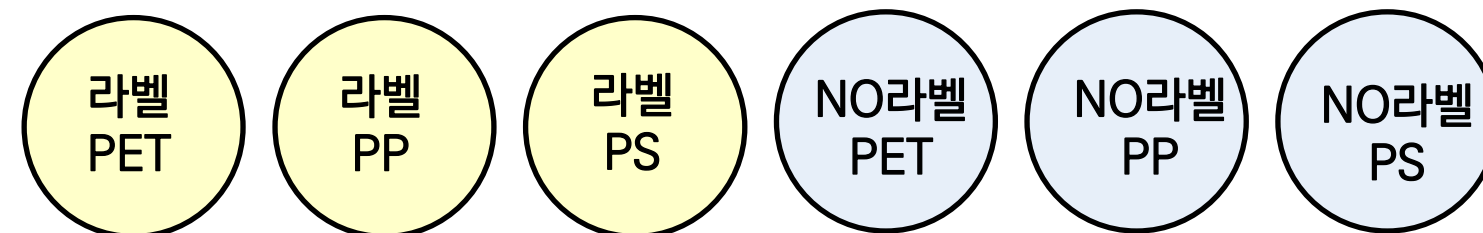
플라스틱 재질별로 나눠 적재할 수 있는 공간



확실한 재활용을 위해 한번 더 나아간
인공지능 검사시스템

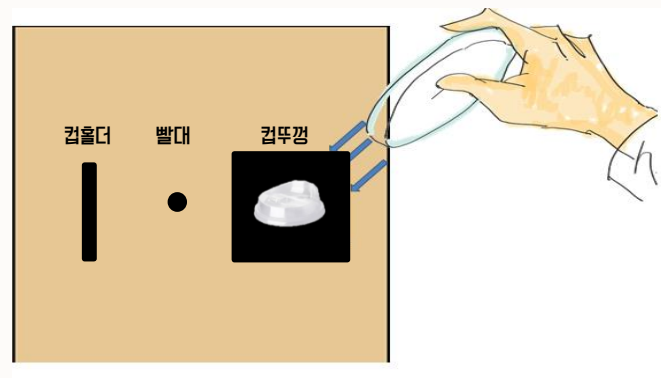


통과시, 적절한 투입구를 개방하는 방식



‘나누미’의 사용방법과 원리

Step 1



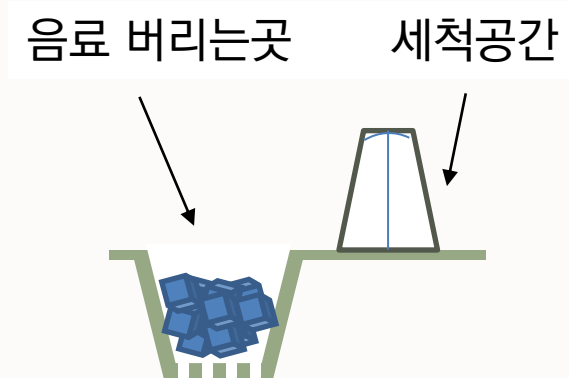
플라스틱 컵을 제외한
일방쓰레기 분리수거를 진행합니다

쓰레기 형태를 고려한 투입구



기존에 쓰레기 형태들을 감안하여 투입구를 설계하여,
다른 쓰레기들과 함께 버려질 것을 사전에 방지 합니다

Step 2



컵을 비우고 깨끗하게 세척합니다

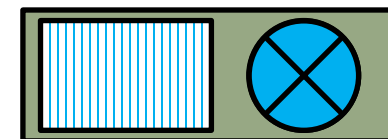
스프레이 린서를 착안한 세척방식



스프레이 린서란?
커피전문점에서 활용되는
분사형 세척시설

물을 튀기지 않으면서 신속하고
빠르게 컵을 세척할 수 있습니다

위에서 바라본 단면

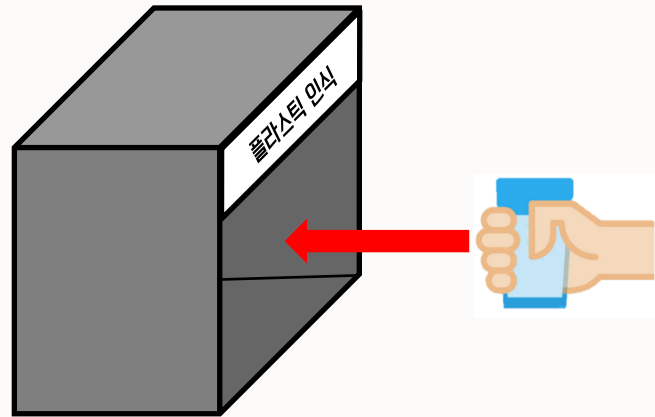


음료 버리는곳 세척공간

오직 음료 쓰레기만을 버리게 하며, 효율적이고 빠르게 세척할 수 있습니다

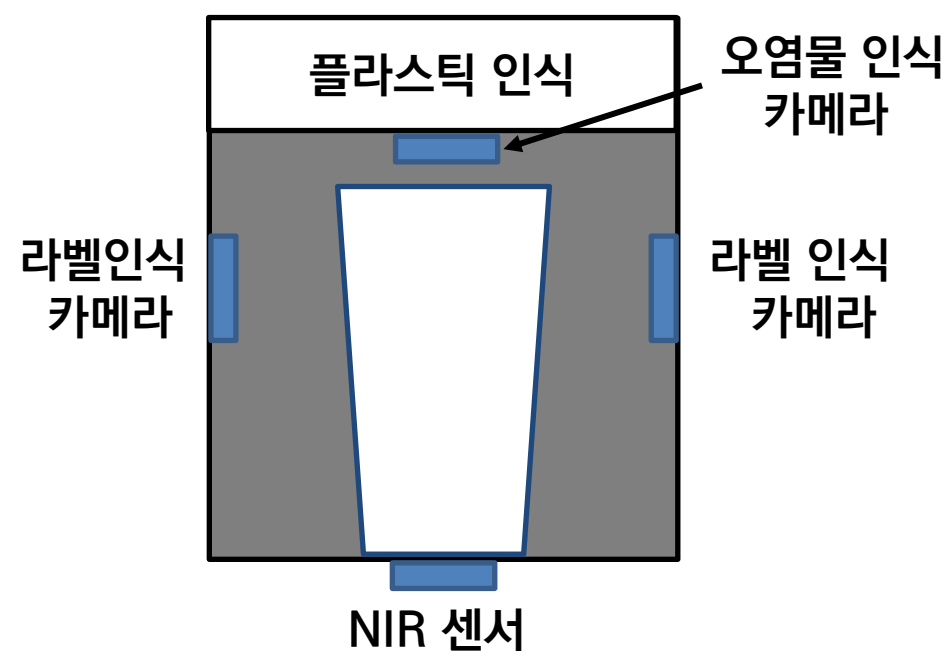
‘나누미’의 사용방법과 원리

Step 3



인식대 위에 플라스틱 컵을 올려주세요.
조금만 기다리면 검사가 완료됩니다.

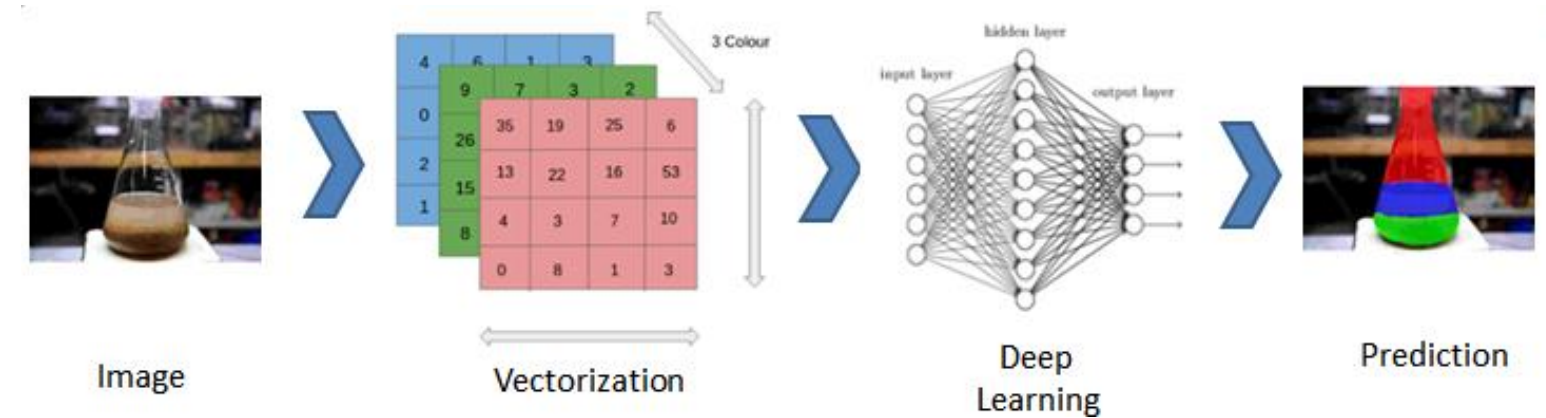
비전인식을 위한 다양한 센서



이 과정에서 다음과 같은 3단계 검사를 진행합니다

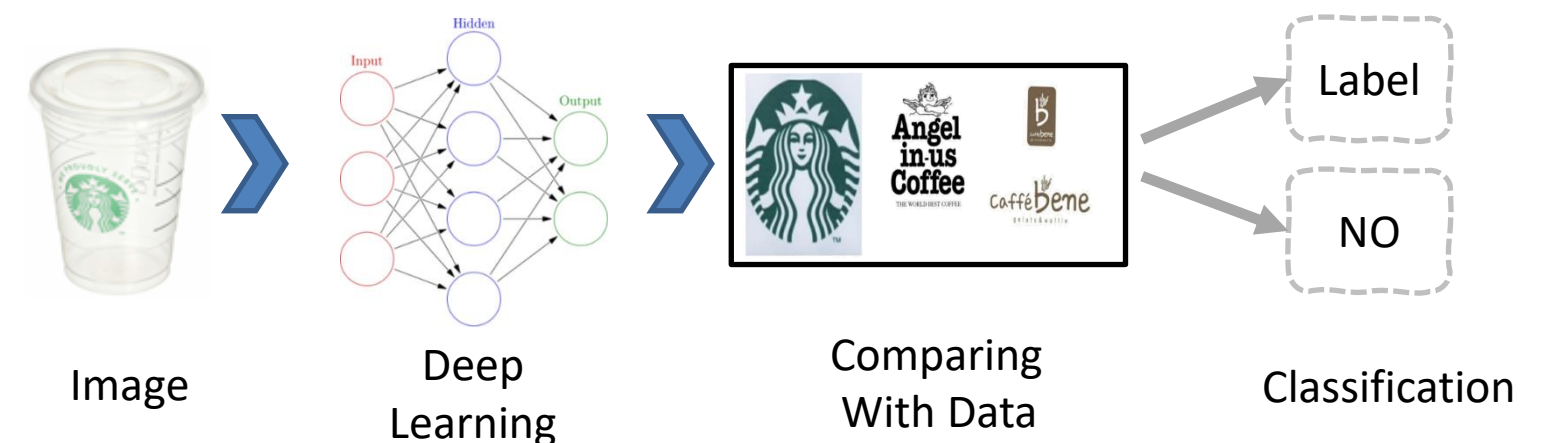
1단계

오염물 인식 카메라의 이미지에 딥러닝 모델을 적용하여
플라스틱 컵 확인 및 컵내 오염도를 검사합니다



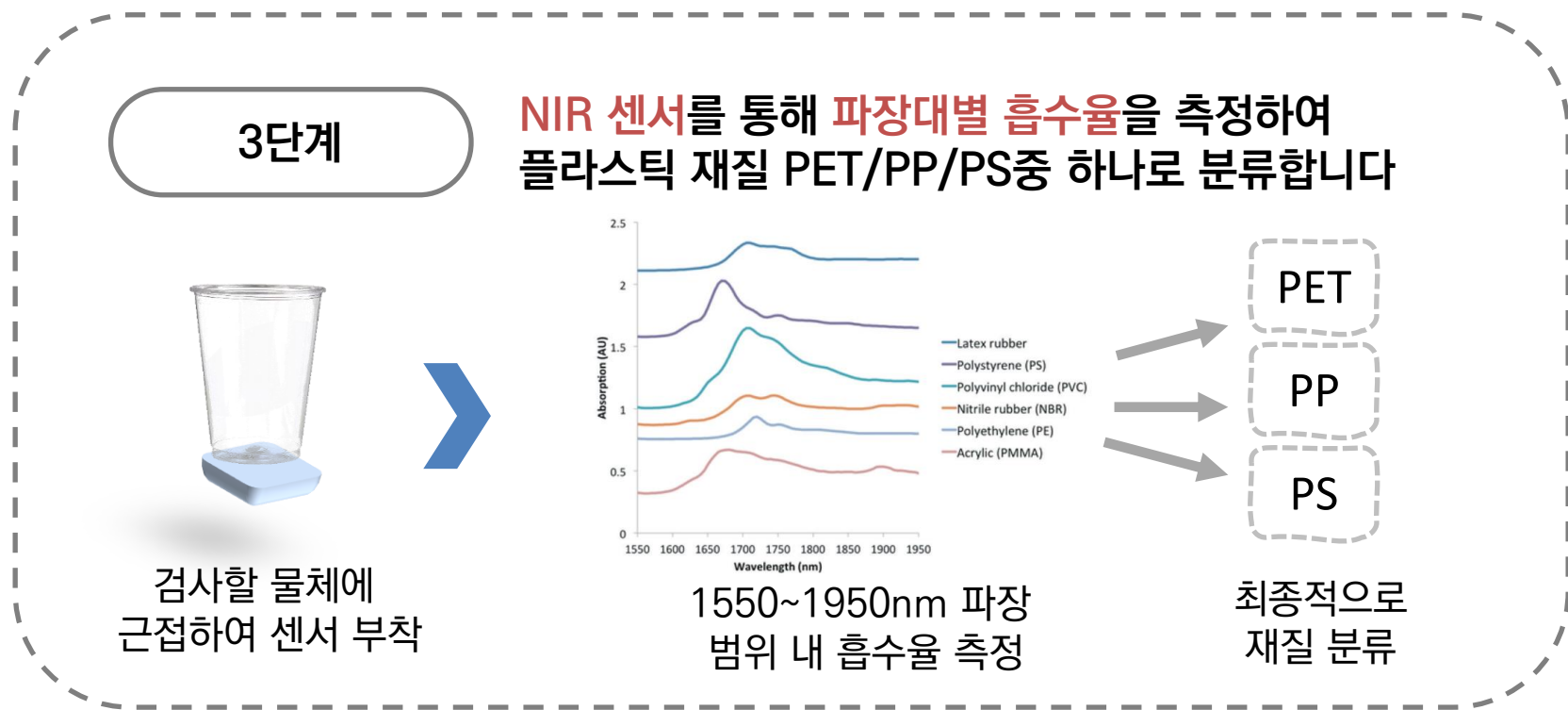
2단계

라벨 인식 카메라의 이미지에 딥러닝 모델을 적용하여
플라스틱 컵의 라벨 유무를 확인합니다



‘나누미’의 사용방법과 원리

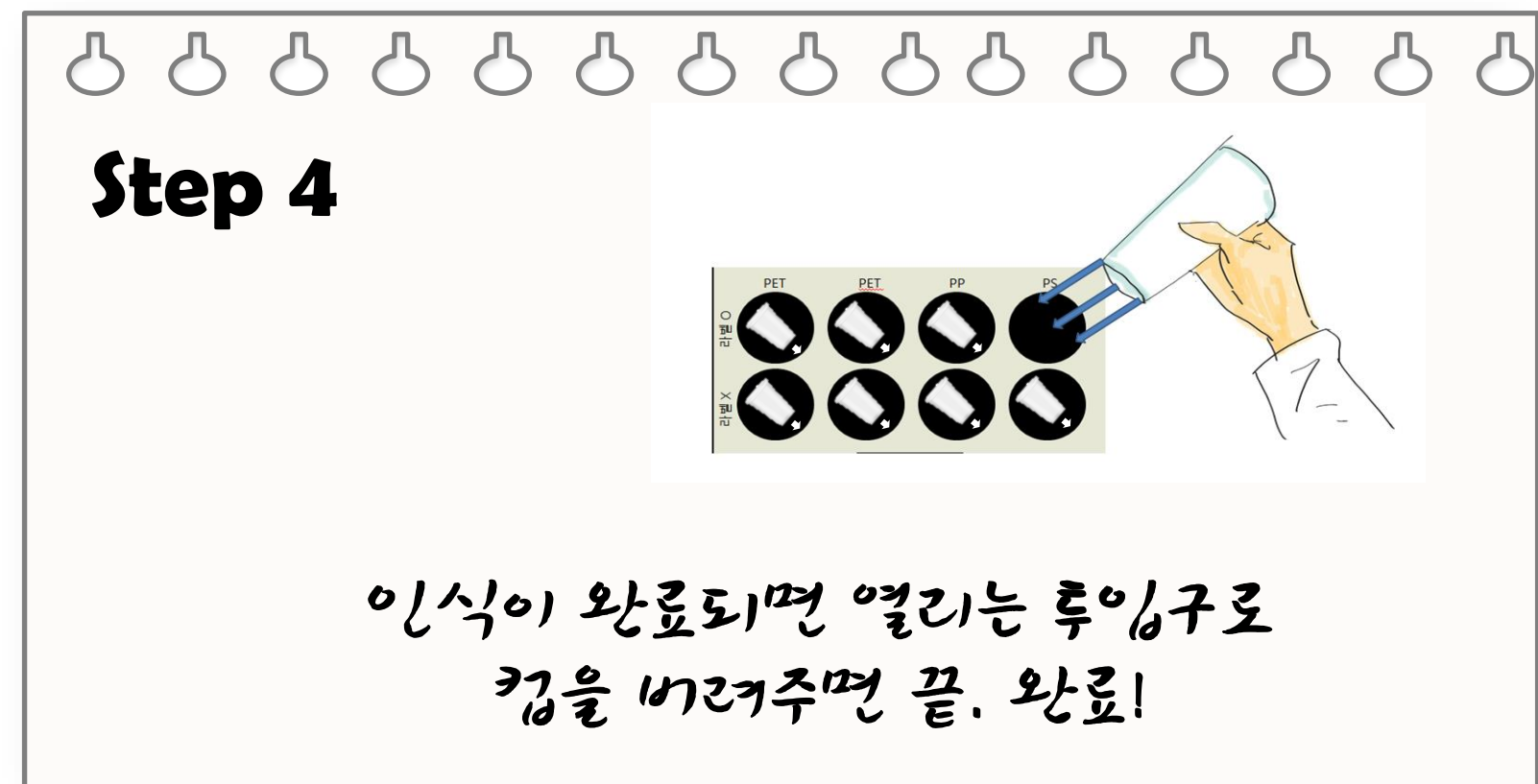
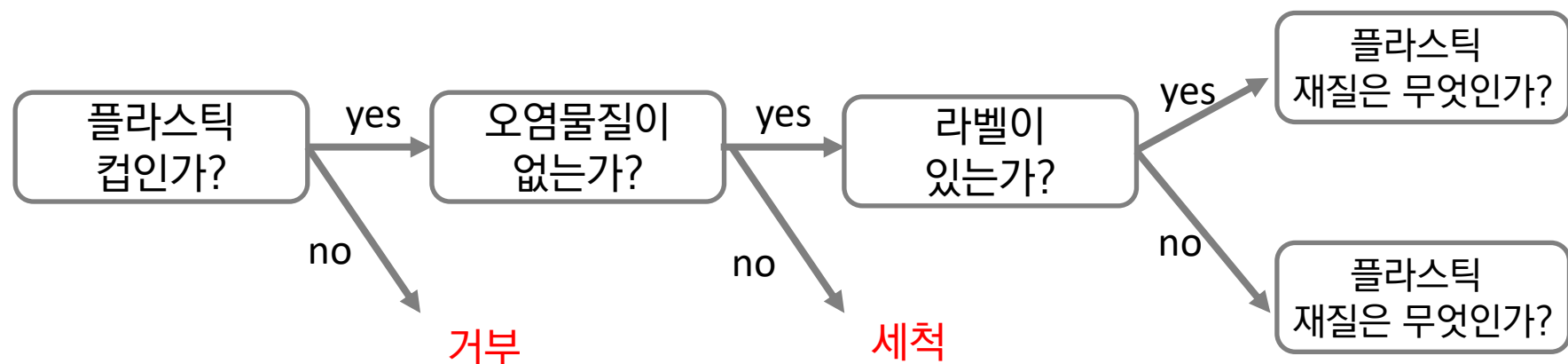
마지막 3단계 검사는 다음과 같아요



*NIR은 근적외선(Near Infrared Radiation)의 약자입니다

*출처: Advanced Industrial and Engineering Polymer Research

검사를 통해 다음과 같은 결과를 도출합니다

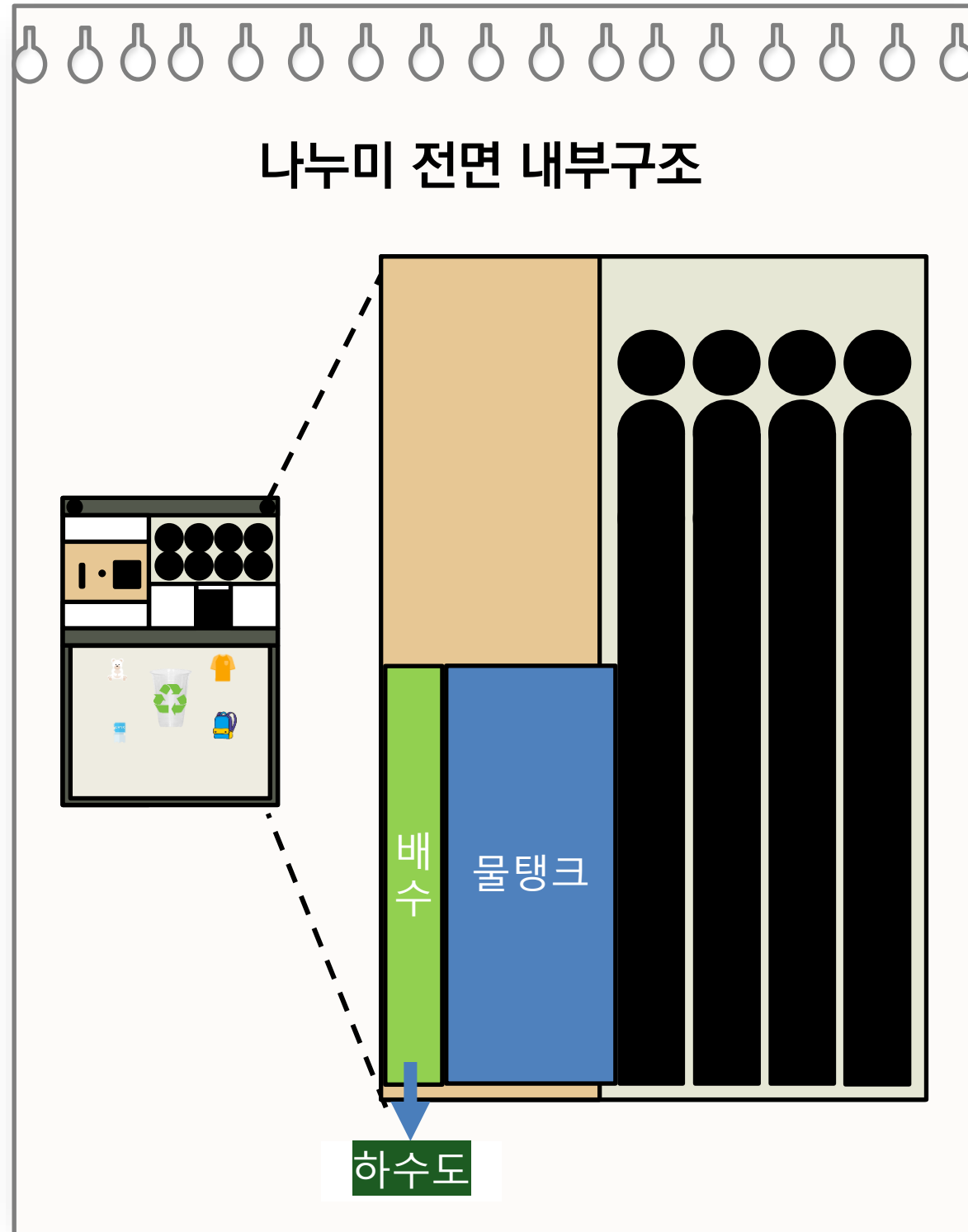


컵 재질과 라벨 구분을 위한 8개 투입구

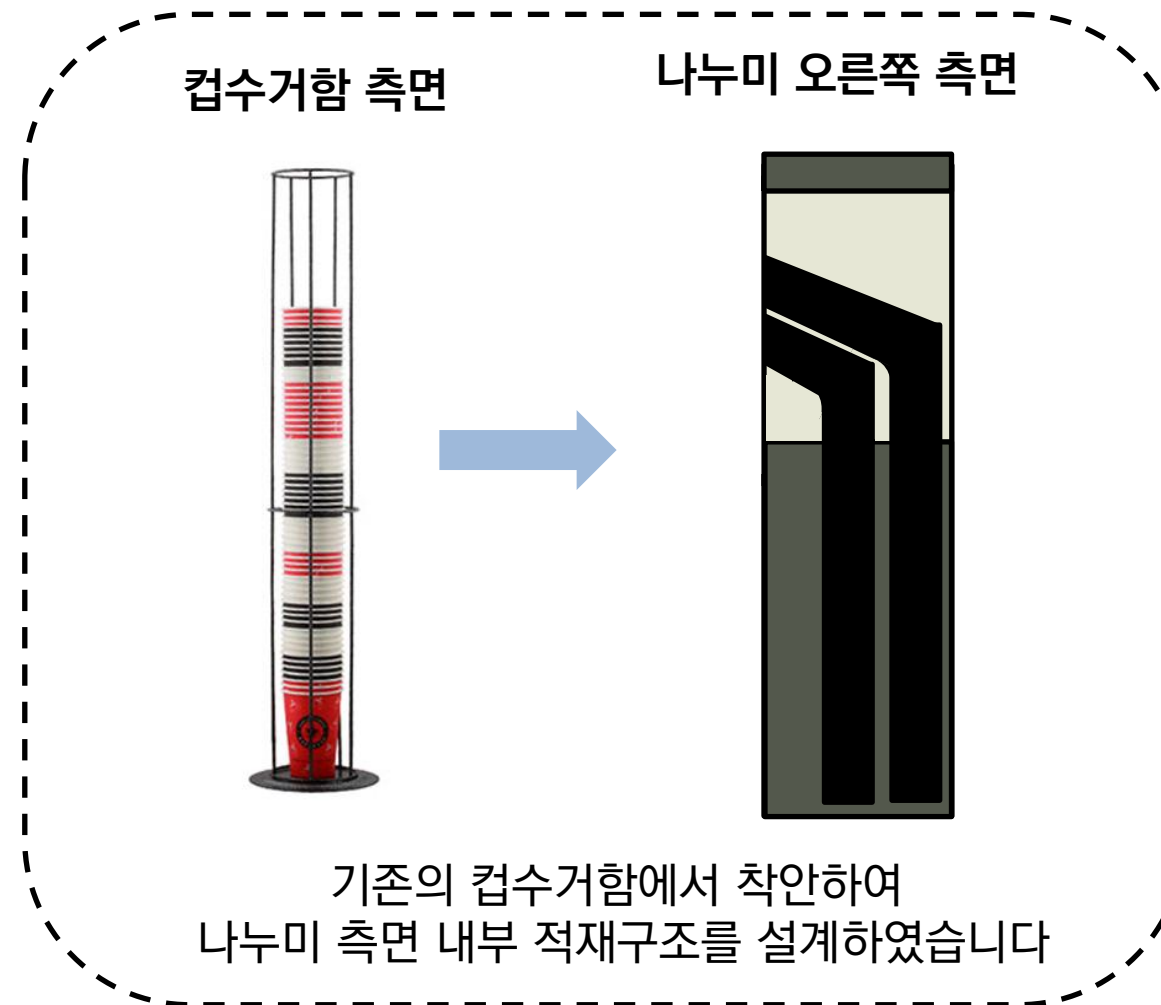


최종적으로 심사를 통과한 컵만이 최종적으로 구분된 적재함에 수거됩니다

‘나누미’의 내부 구조와 특징

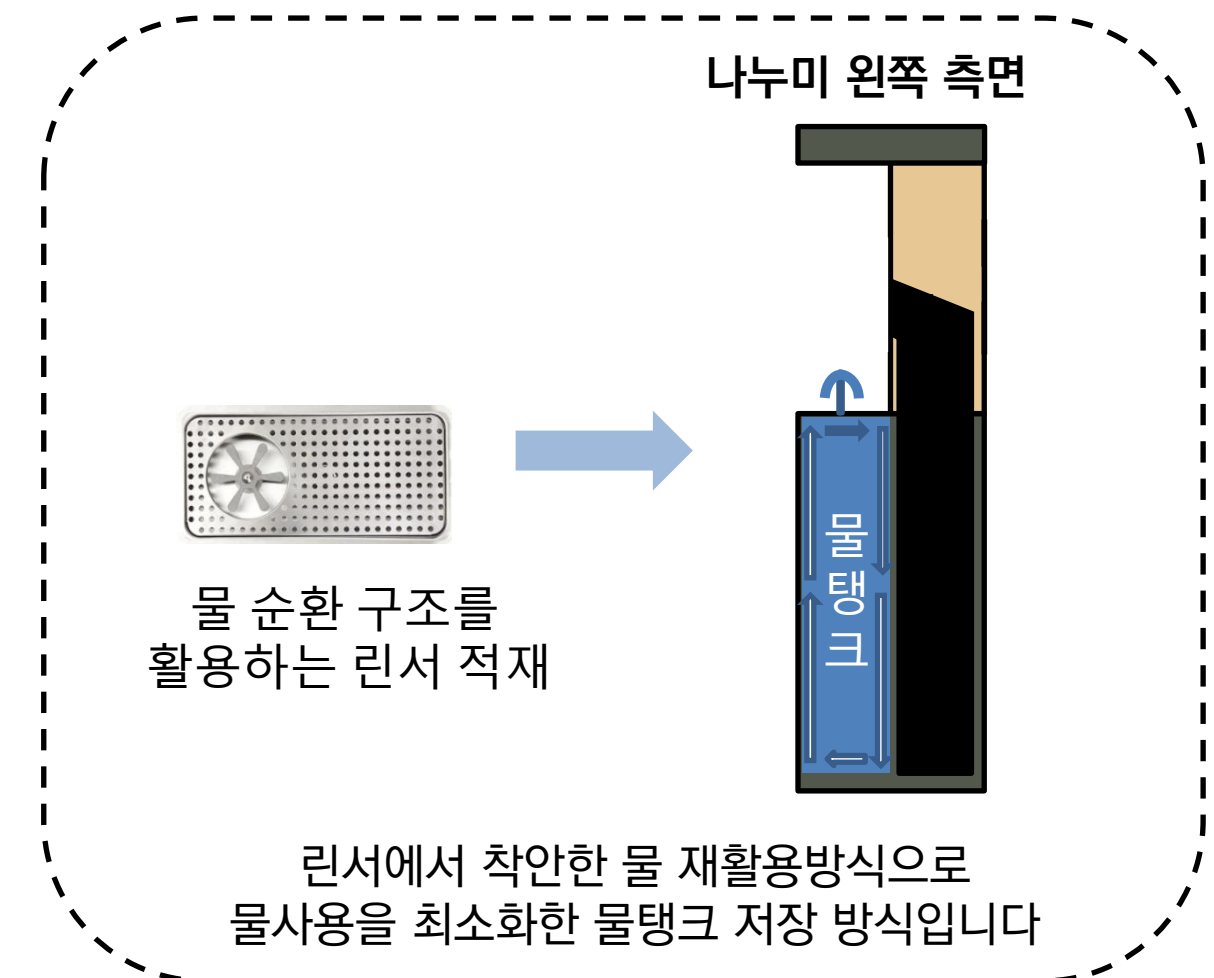


효율적으로 플라스틱컵 수거 및 저장을 위한 적재구조



- ✓ 공간낭비를 최소화한 방식으로 최대 1200개의 플라스틱 컵을 적재할 수 있습니다.
- ✓ 내부 이동경로를 최소화하여 사용전력을 최소화하여 적재가 가능합니다
- ✓ 재질별(PET/PP/PS) 비율을 고려하여 적재함을 6:1:1 크기로 제작하였습니다

수도 연결 없이도 어디서나 사용가능한 세척시스템



- ✓ 지속적 물공급이 가능한 최대 100L를 채울 수 있는 저장공간을 가지며, 일반적인 사용에는 50L만으로도 충분합니다.
- ✓ 지속적인 물공급을 위해 약 1주일 간격으로 담당자가 보충해주는 방식입니다.

효율적인 방식의 적재 및 물공급을 통해 설치가 쉽고 관리가 간편합니다

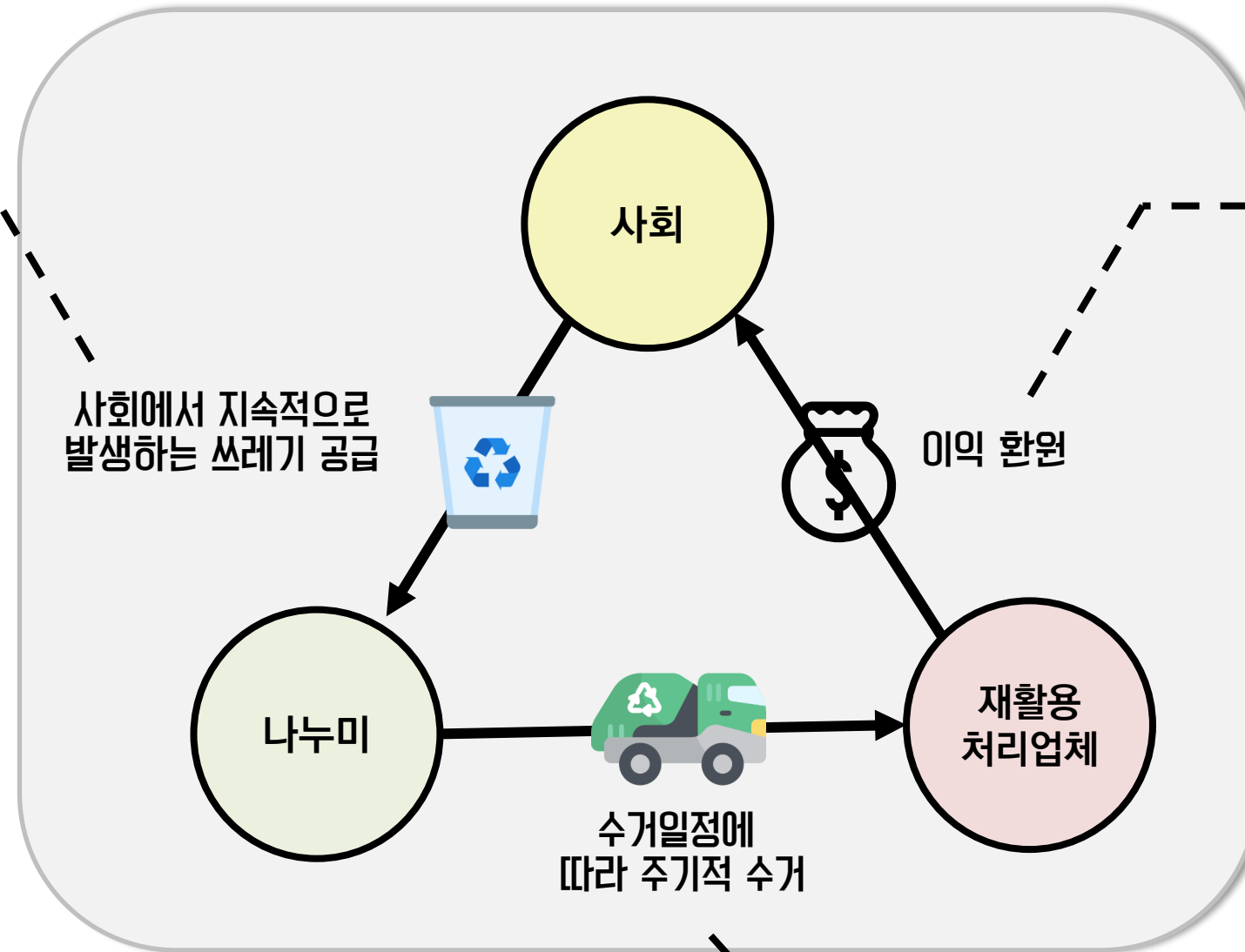
‘나누미’ 순환 시스템

환경적 기여1



더 이상 남은 음료로 인한 악취와 플라스틱 컵 쓰레기로 몸살을 앓는 길거리가 아닌 **깨끗한 길거리**

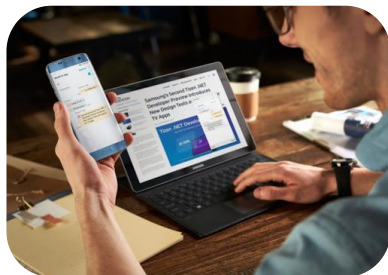
사회에서 지속적으로 발생하는 쓰레기 공급



경제적 기여

1. 재활용 원료로 가공 및 판매하여 **수익 창출**, 수익을 통한 고용과 생산활동으로 경제에 기여.
2. 매립 및 소각할 필요가 사라지므로 그에 따른 매립 및 소각 비용이 감소해 **공익 창출**

일정에 비해 수거기가 먼저 찬 경우는?



각 적재함에 탑재된 IOT센서를 통해 80%이상 적재된 것이 확인될 시, 사전에 지자체 및 수거업체에 알림 서비스를 통한 일정 최적화

환경적 기여2

쓰레기 수거업체를 거치지 않고, 바로 재활용 처리업체로 공급하여 **직접적으로 재활용**될 수 있는 구조

‘나누미’는 모두가 함께 이익을 창출할 수 있으며, 이러한 과정은 반복되어 효과가 극대화됩니다

지자체에서 '나누미' 도입시 경제적 효과

재활용 수익 창출 및 처리 비용 절약

지하철역 인근에 기계를 설치하는 경우와
평일과 주말 2회 수거를 가정

In 부산(지하철 역 개수 150개)

7722만원의 재활용 수익
2550만원의 처리 비용 절약 ➡ 1억 272만원

In 서울(지하철 역 개수 329개)

1억 6937만원의 재활용 수익
5593만원의 처리 비용 절약 ➡ 2억 2530만원

→ 지자체별 1 ~ 2억 상당의 경제적 효과 발생

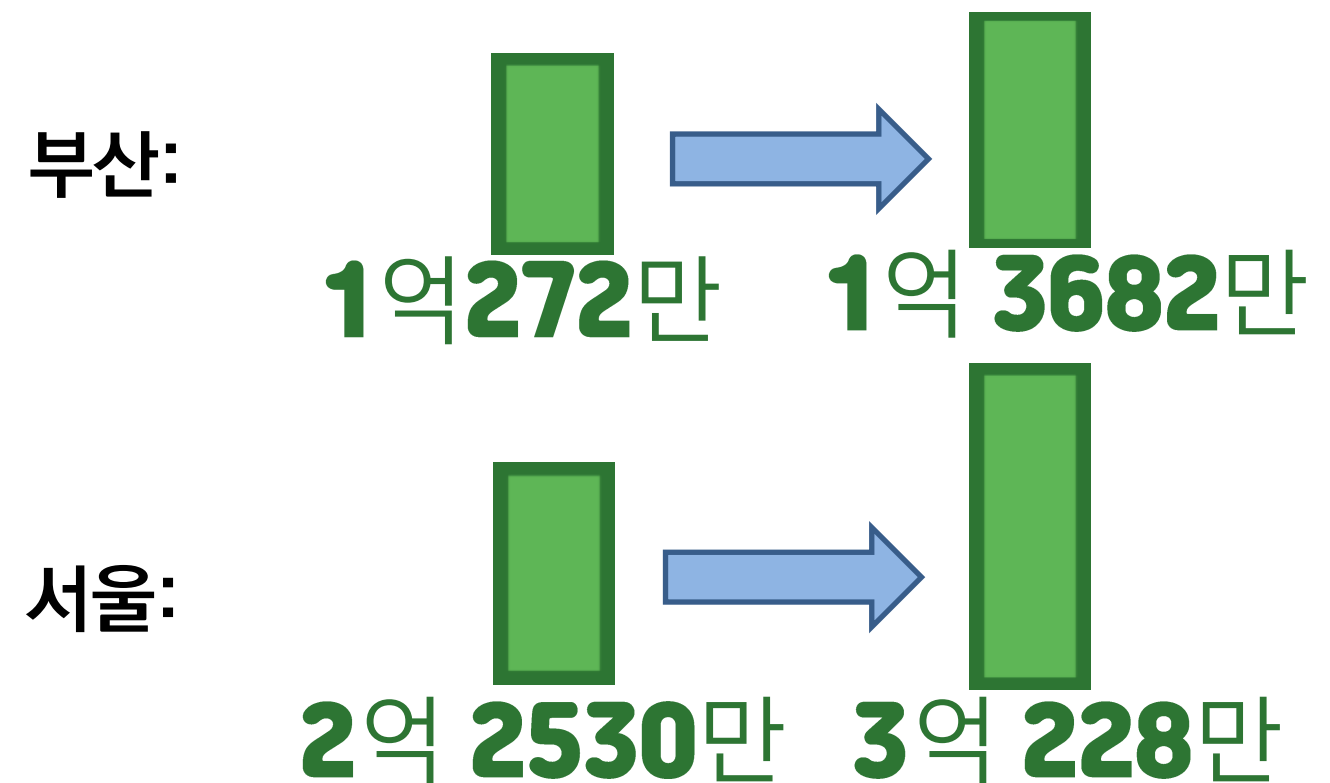
* 수익 계산:

1. 재질 원료의 평균 단가 : (581원(pet) + 534원(pp) + 431원(ps)) / 3 = 548.6 ≒ 550
2. 수거량: 플라스틱 컵의 주 재질인 pet (90%) 의 적재 개수 = 900개
→ 일주일 수거량: 900개 × 2 = 1,800개, 일년 수거량: 1,800개 × 52 = 93,600개
3. 무게: 플라스틱 컵 무게를 10g(0.01kg)으로 잡으면
93,600개 × 0.01kg = 936kg
4. 나누미 한 대의 예상 수익: 936kg × 550원 = 514,800원
5. 전체 예상 수익 : 514,800 × (지하철 역 개수) = (전체 예상 수익)

출처: 자원순환정보시스템(2020)

플라스틱 품질 향상을 통한 재활용 판매 단가 상승

2022년부터 시행되는 폐기물 수입 금지 제도와
나누미를 통해 높아진 플라스틱의 품질은
판매 단가를 높일 것으로 예상



→ 기존 대비 약 33%의 경제적 효과 증가 예상

* 원료 단가가 상승해 작년 가격인 800원을 회복했다고 가정

* 매립 및 소각 비용 계산:

1. 매립 및 소각 비용:
(14만원(톤당 매립 비용) × 1.8 + 26만원(톤당 소각 비용) × 1.0) / 2.8 = 18.2 만원
2. 절약한 매립 비용:
0.936톤(나누미 연간 수거량) × 18.2만원/톤 = 17.03 ≒ 17만원
3. 절약한 전체 매립 비용:
17만원 × (지하철 역 개수) = (절약한 전체 매립 비용)

출처: 조선일보(2019)

‘나누미’ 정책적 기대효과

출처: 환경부 보도 (2021)

폐기물 수입 금지 제도

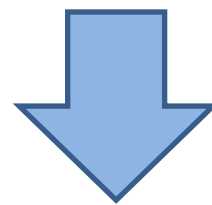
✓ 한국은 매년 10만톤의 폐플라스틱을 수입해오고 있다.

“막대한 양의 폐플라스틱이 수입되는 건 국산 폐플라스틱의 ‘상품성’ 이 떨어지기 때문”

출처: 한국경제(2019)

✓ 2022년부터 폐플라스틱, 폐섬유 등 수입 금지

재질별 플라스틱 분리수거가 되지않고 있는 한국의 분리수거 체계에서는 상품성이 높은 폐플라스틱 공급 부족 문제가 발생할 수 있다



나누미를 통해 상품성이 높은 국산 폐플라스틱 공급 가능



“한국의 분리수거 체계에서 발생하고 있는 폐플라스틱 재질별 분류 문제를 해결함과 동시에 여태까지 수입했던 폐플라스틱을 대체할 수 있다.”

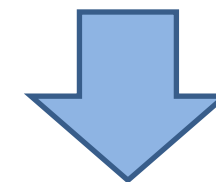
출처: 재활용 처리업체 우시산 관계자

일회용 컵 보증금제

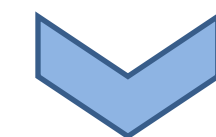
✓ 2022년 6월부터 일회용 컵 보증금제 시행

커피전문점 등에서 음료를 주문할 때 1회용 컵에 일정 금액의 보증금을 부과하고, 컵을 반납하면 보증금을 돌려주는 제도.

재활용이 가능한 컵이 길거리 쓰레기로 방치되고 있는 문제를 해결하기 위해 도입.



‘나누미’에 QR코드 도입을 통한 보증금 반환

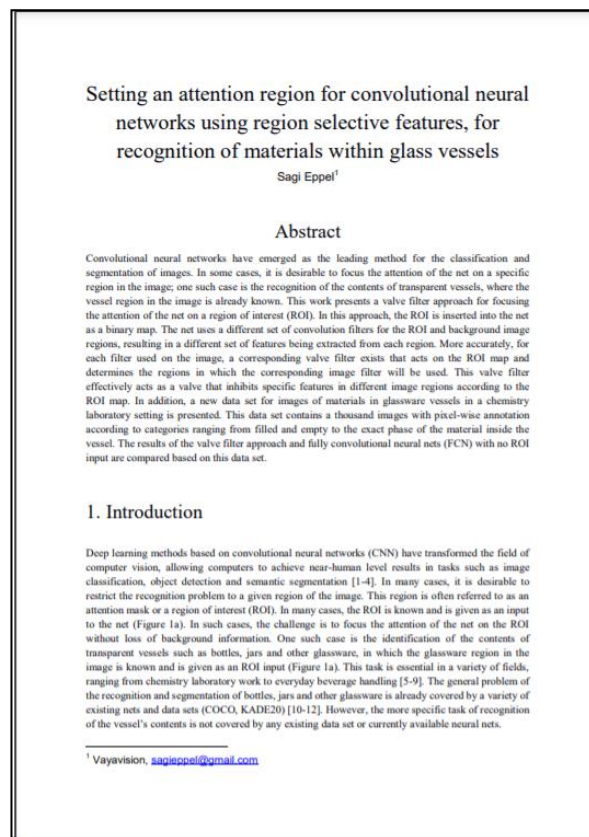


컵 수거율 향상을 통한 정책 효과 향상 기대

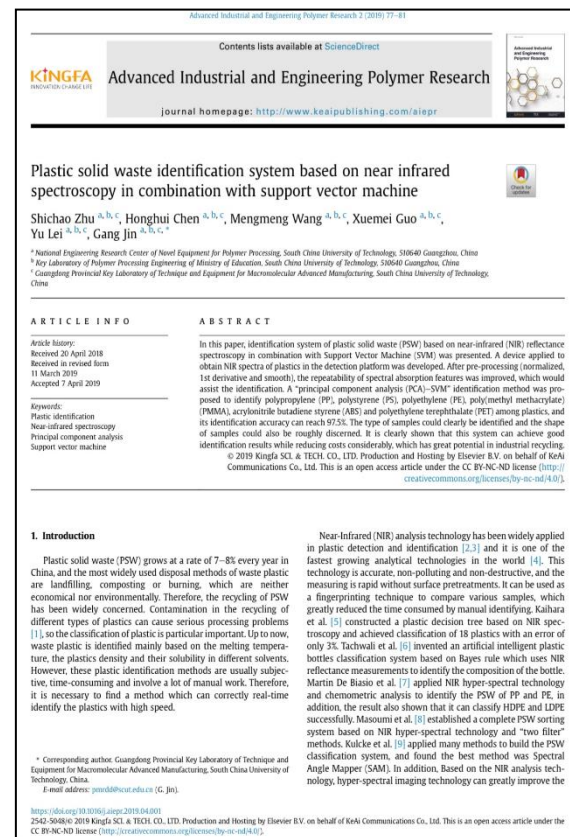


참고 논문:

- 1) CNN 기술 관련 논문(p.6)
- 용기형태 및 내용물 인식



- 2) NIR 기술 관련 논문(p.7)
- 근적외선을 통한 플라스틱 재질 분류



(1) 링크: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1708/1708.08711.pdf>

(2) 링크: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542504818300113>

3) 상업화된 NIR 센서관련 자료

<https://www.spectralengines.com/products/nirone-sensors>

참고 인터뷰 기관 :

- 부산진구청 청소행정과
- 사회적 기업 (주)우시산
- 이노버스
- 부산영도구청 청소행정과

참고 문헌 :

- 한국의 사회동향 2020, 통계청
- 포장재 분리배출표시 실태조사, 한국소비자원
- 재활용품 분리배출 길라잡이, 서울특별시