자원순환 주거단지 실증연구단
10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283
www.zero-waste.kr

국토교통부 KAIA 국토교통과학기술진흥원

국토교통부 도시건축연구사업

주거단지 내 유기성 폐자원 활용 촉진을 위한 실증연구

An Empirical Study on the Application Promotion Technologies of Organic Waste Resources in Housing Complexes

자원순환 주거단지 실증연구단



인사말



한국의 폐기물처리가 대부분 매립처리에 의존하는 실정으로 음식 폐기물 처리문제는 우리에게 많은 문제 해결을 요구하고 있습니다.
이에 대응하여' 자원순환 주거단지 실증연구단' 을 발족하고, 주거 단지 내 발생하는 음식 폐기물이 100% 순환 활용되는 자족형 단지 모델 을 구현을 목표로 연구를 수행하고 있습니다.
단지 내에서 순환 및 재활용되는 Zero Food Waste 공급처리시스템의 사업화와 생활환경기준에 적합하고 경제적이며 친환경적인 자원순환 단지 실증, 공동체 주도의 자족형 자원순환 주거단지의 실증 및 사업화는 무악취, 무소음, 무진동의 쾌적한 생활환경을 구현하기 위한 연구단의 최종 목표입니다.
이에 본 연구단은 성공적으로 목표를 달성할 수 있도록 많은 관계자 여러분들의 적극적인 도움과 관심을 부탁드립니다. 아울러 적극적인 기술보급과 학술적 기여, 정책지원 등을 통한 우리 나라의 환경개선 발전에 기여하도록 노력할 것을 약속 드립니다.
감사합니다.

한국건설기술연구원
주관연구기관 연구책임자 **김 현 수**

자원순환 주거단지 실증연구단 소개

사 업 명: 주거단지 내 유기성 폐자원 활용 촉진을 위한 실증연구
연 구 기 간: 2014년 9월 21일 ~ 2018년 7월 20일 (3년 10개월)
연구개발비: 192억원 (정부출연금)

연구수행 체계

1세부 핵심기술 개발
- 무악취, 숙성/ 저장
- 배관설계
- 통합설계
- 모니터링 운영관리

2세부 자원순환 주거단지 실증 검증
- 발효 소멸
- 혐기소화 (스마트박스)
- 건조 (탄화)

연구단(1세부) 자원순환 주거단지 모델 완성
- 계획
- 설계
- 시공
- 운영관리

중간 연구성과 ▶▶ 유형별 실증단지 적용 검증 ▶▶ 최종연구성과

주관 KICT 한국건설기술연구원
공동 창원대학교
위탁 VITZRO TECH 비트즈로테크

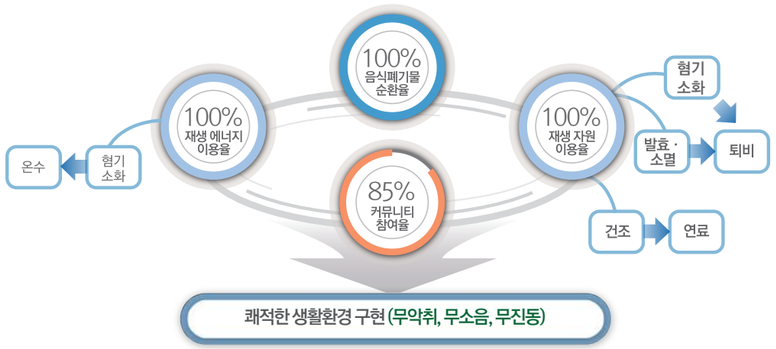
협동 LH 토지주택연구원
공동 코오롱환경서비스(주)
흙살림 HEUKSALIM | DM 주| 도명 E&C
위탁 서울대학교 SEOUL NATIONAL UNIVERSITY | 대전발전연구원 DAEJEON DEVELOPMENT INSTITUTE
(재)환경조경나눔연구원
수원대학교 THE UNIVERSITY OF SUWON | 한일엠이씨 Hanil Mech.Elec.Consultants

KICT 한국건설기술연구원
연구단장: 김현수 선임연구위원

연구 비전 및 목표

비전
주거 단지 내 발생 음식 폐기물이 100% 순환 활용되는 자족형 단지모델 구현

최종목표
- 단지 내에서 순환및 재활용되는 Zero Food Waste 공급처리시스템 사업화
- 생활환경기준에 적합하고 경제적이며 친환경적인 자원순환 단지 실증
- 공동체 주도의 자족형 자원순환 주거단지의 실증 및 사업화



추진전략



핵심기술

발효소멸
- 목질바이오칩과 음식폐기물을 30~40℃ 호기상태에서 혼합하여 발효 소멸 처리

발생되는 부산물은 숙성하여 퇴비로 재활용



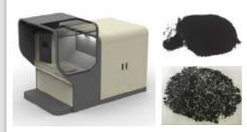
혐기소화 (스마트 박스)
- 공기가 없는 조건에서 음식물 쓰레기를 미생물이 분해하여 처리

발생되는 부산물은 온수 및 퇴비로 재활용

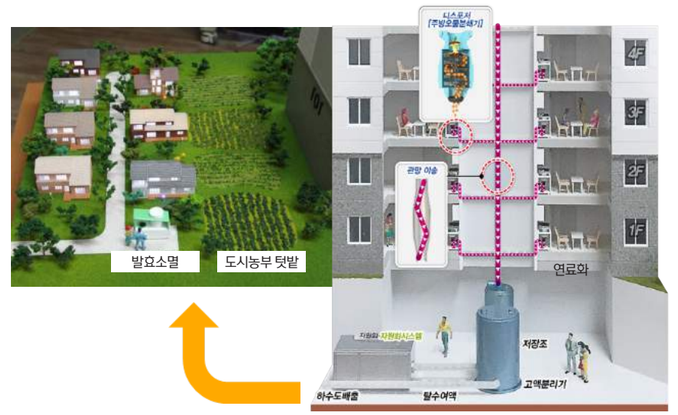


건조/탄화
- 음식물 쓰레기를 건조/탄화하여 처리

발생되는 부산물은 연료로재활용



음식폐기물을 안전한 복합순환시스템을 통해 처리하고, 발생되는 부산물을 활용하여 입주민 주도의 자원순환 커뮤니티 활성화 및 비즈니스 모델을 구축



자족형 자원순환 주거단지 분류

친환경 여가형 주거단지	공동체 복지형 주거단지	특수복합지구
– 민간/공공의 고급형 주거지 – 사유지(전정 또는 후정)와 공유지가 혼재하는 주거단지	– 공공의 보급형 주거지 – 사유지가 없으며, 전체의 복지를 위해 공공조경이 조성되는 주거단지	– 주거단지 외의 필지로 공동생활을 하는 장소 – 공공조경이 조성되는 장소



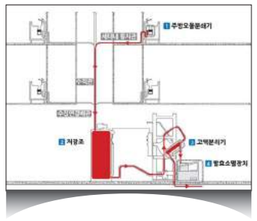
용인 동천 스마트타운,
안산 보네르빌리지, 타운하우스 등



대전 송림마을 4단지,
강남 수서주공, 임대단지 등



여주 소망 교도소,
대진대학교 등



자동회수 발효·소멸



맞춤형 발효·소멸



스마트박스

자족형 자원순환 주거단지 실증현장

단지명(위치)	세대수	유형	적용기술
용인 동천 (경기 용인시)	32세대	신규 단독주택	맞춤형 발효·소멸
송림마을 4단지 (대전 유성구)	861세대	국민임대단지	맞춤형 발효·소멸
LH 수서단지 (서울 강남구)	2,650세대	영구임대단지	맞춤형 발효·소멸
보네르빌지리 (안산)	634세대	민간분양단지	자동회수 발효·소멸 (디스포저–고액분리–발효·소멸
소망교도소 (여주)	–	민간교도소	스마트 박스



01 유기성 폐자원 활용을 위한 핵심기술(배관, 전처리, 처리설비)
02 자족형 자원순환 주거단지 실증연구(발효·소멸 기술)
03 소규모 혐기소화 시스템
04 스마트박스 시스템
05 음식폐기물 건조탄화 시스템
06 음식폐기물 처리 부산물 활용 커뮤니티 조성
07 자원순환 주거단지 맞춤형 비즈니스 모델

01 유기성 폐자원 활용을 위한 핵심기술 (배관, 전처리, 처리설비)

KICT 한국건설기술연구원

발효소멸, 혐기소화 , 건조기술별 주거단지 최적 적용을 위한
배관, 전처리, 처리설비 등 핵심기술 검증

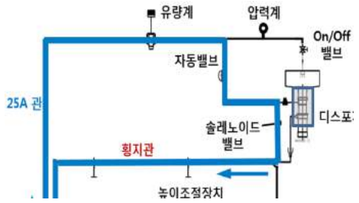
연구목표

- **디스포저 소음 저감 및 관망유기관리 기법 개발 :** 소음 63db(A), 설계인자 2건 이상
- **1차 전처리기술로 고액분리 장치 개발 :** 선별효율 80% 이상
- **발효소멸 장치 영향인자 최적화 및 악취저감 기술 개발 :** 공기공급 및 수분조절제 저감, 악취기준만족
- **음식물 건조처리 장치 악취 및 전력소비 저감 기술 개발 :** 악취기준 만족 및 전력소비량 30% 감소

연구내용 및 결과

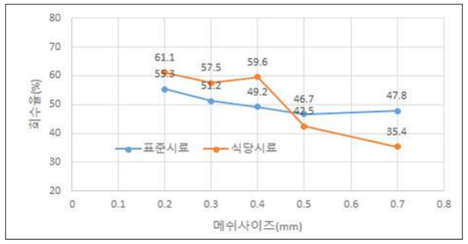
■ **디스포저 및 관망 성능 평가**





■ **고형물 회수율 평가 및 기준선정**

- 고형물 회수율 평가
  : 적정 스크린 메쉬크기 0.3mm 이하
- 배출수 농도 제어 방안
  : 탈수기 후단 배출수 재순환이용
- 현존 탈수기의 적정 회수율 기준
  => 고형물 회수율 60%,
  => 적정 배출수농도 400mg/L BOD



■ **발효소멸 업그레이드 기술**





최종성과물



고액분리장치 및 탈수기 시제품





관망유지관리 실증시험단지 구축



발효소멸 장치 시제품



건조처리설비 시제품

기대효과 및 활용방안

1. **경제:** 디스포저 및 관망시스템 신규 및 기존시설 보완 시장 개척
2. **사회:** 가정집에서 사용하는 기존 시설의 단점 및 문제점 보완을 통한 국민편익 증대
3. **환경:** 디스포저 및 관망시설의 소음 및 진동저감으로 인한 주거환경 개선

- 음식물 감량화 및 자원화에 기여함
- 탈수고형물 자동회수시스템 적용 대규모 단지에 최적화된 저에너지 건조시스템 역할 기대

- 악취 배출량 저감으로 민원 발생 저감
- 입자성 수분 조절제 사용으로 계절적 수요변동에 대한 퇴비 발생량 조절 가능
- 수분 조절제의 순환사용 및 악취처리비용 절감에 따른 유지관리비 절감

- 부산물의 염분제거로 부산물의 활용성 증대
- 흡착성 여재의 재생사용으로 염분제거 비용 절감
- 염분 제거 및 숙성으로 퇴비의 품질향상

02 소규모 혐기소화 시스템

창원대학교

소형 중온 혐기소화 시스템의 실험실규모 시작품
설계·제작 및 운전인자의 최적화

연구목표

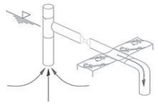
- **정량적 연구목표 :** SCI(E) 논문게재 2건, 시작품제작1건, 인력양성 2건
- **정성적 연구목표 :** 실험실규모 시작품 설계·제작 및 운전 (음식물 쓰레기 1톤당 바이오가스 발생 120㎥이상, 메탄함량 60%이상, HRT30일이내, 유기물 처리 효율 80%이상), 소형 혐기소화 장치 설계 및 운전 매뉴얼 제시

연구내용 및 결과

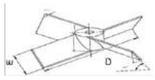
혐기 소화조 내 구성 장치 인자 검토



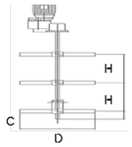
유출수 U 트랩



유출수 정류관



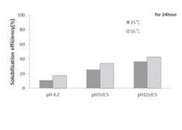
임펠러 형태



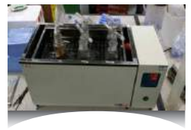
교반 위치

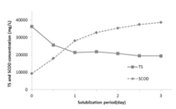
가용화조 운전인자 도출





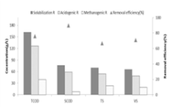
온도 및 pH조절에 따른 가용화 효율 측정



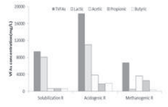


적절 가용화 기간 검토

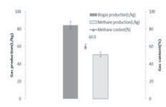
중온 이상 혐기소화조 운전



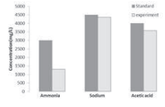
유기물 농도측정



VFA농도 측정

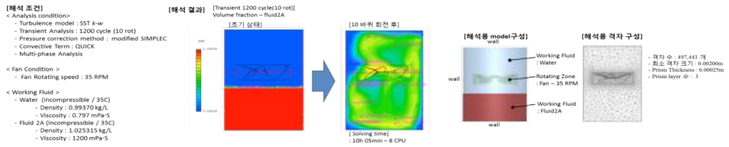


가스발생량 측정



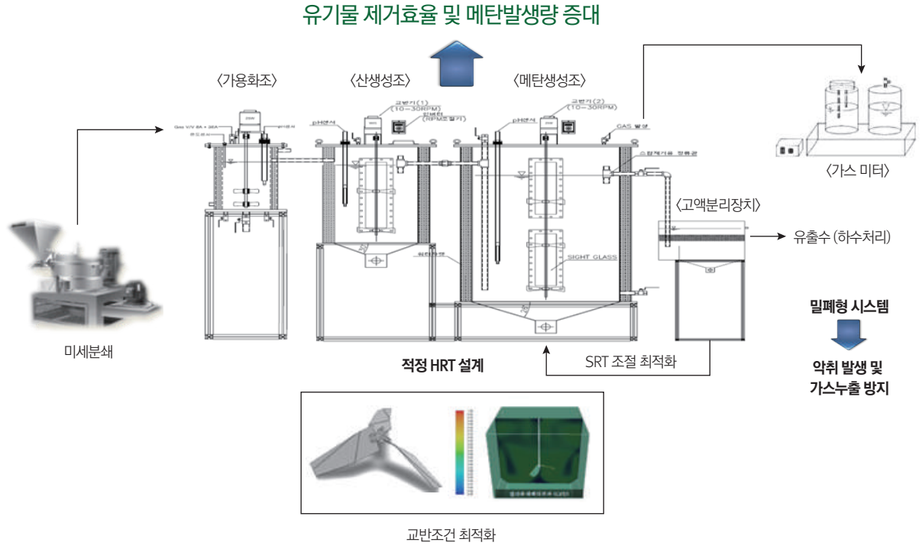
저해요인 검토

반응조 내부 교반 해석 검토 (기초자료 해석)



최종성과물

실험실 규모 중온 이상 소형 혐기소화 장치



기대효과 및 활용방안

◆ 기존 혐기성 소화 시스템의 소형화에 따른 운전기술(인자) 검토 및 개선

- 중온(35℃) 혐기소화 시스템에 의한 운전 에너지 절감
- 적정 HRT 도출 및 SRT 조절에 따른 장치의 소형화 –> 설치 비용 및 부지 절감
- 교반조건 최적화에 따른 소화 효율 증대
- 에너지생산 및 처리 효율을 높임으로써 주거단지 내 유기성 폐자원의 활용을 촉진
- 소형 혐기성 소화 장치 운전 데이터 베이스 구축 및 기술의 신뢰성 향상
- 위생과 안전을 고려한 밀폐형 시스템으로부터 악취 발생 및 가스누출 방지
- 혐오 시설이 아닌 에너지 자원화 시설로서 주민들의 인식 전환에 기여

03 자족형 자원순환 주거단지 실증연구 (발효 · 소멸 기술)

LH 토지주택연구원 | 서울대학교 | 대전발전연구원 | (재)환경조경나눔연구원 | 한일엠이씨

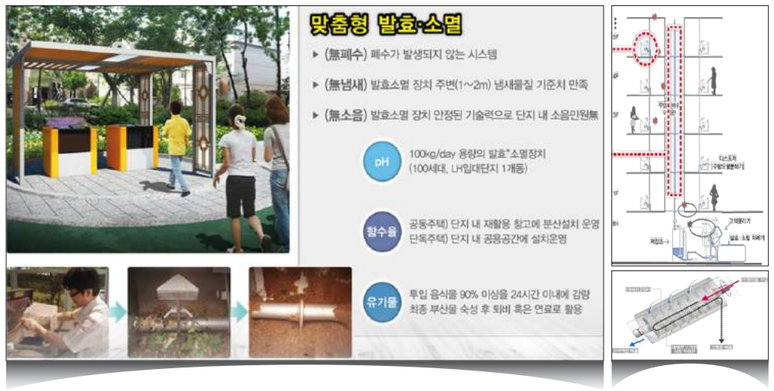
공동체 주도로 주거단지 내 발생하는 **음식폐기물이 발효·소멸 처리되고 100% 순환·활용**되는 자족형 자원순환 주거단지 실현

연구목표

- 자동회수 발효·소멸 기술 자원순환 주거단지 실증(안산보네르빌리지_634세대, 민간분양 공동주택)
- 맞춤형·발효소멸 기술적용 자족형 자원순환 주거단지 실증 및 모니터링 운영·관리 (용인동천스마트타운_32세대, LH송림국민임대단지_861세대, LH수서영구임대단지_2,650세대)
- 자동회수/맞춤형 발효·소멸 시스템 최적 설계안 제시
- 자원순환 주거단지 사업 홍보 및 기반 구축

연구내용 및 결과

단지명	용인 동천 (경기 용인시)	LH송림마을 (대전 유성구)	LH 수서단지 (서울 강남구)	보네르빌리지 (경기 안산시)
세대수	32세대	861세대	2,650세대	634세대
유형	신규 단독주택	기존 공동주택 (국민임대)	기존 공동주택 (영구임대)	기존 공동주택 (민간분양)
실증단지 전경				
적용기술	맞춤형 발효·소멸			자동회수 발효·소멸 (디스포저-고액분리-발효·소멸)



최종성과물

맞춤형 발효·소멸기술을 이용한 실증 단지



용인동천스마트타운(32세대)
누적투입량 : 2,715kg
누적배출량 : 260kg
"약 90%이상 감량 효과"



LH송림국민임대단지(861세대)
누적투입량 : 10,361kg
누적배출량 : 2,710kg
"약 75%이상 감량 효과"

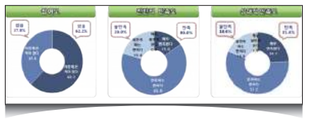


LH수서영구임대단지(2,650세대)
누적투입량 : 9,558kg
누적배출량 : 1,021kg
"약 90%이상 감량 효과"

음식폐기물 발효·소멸장치 매뉴얼 제작



입주민 만족도_ 80%이상 달성



주방오물분쇄기_고액분리 시스템 인허가 신청

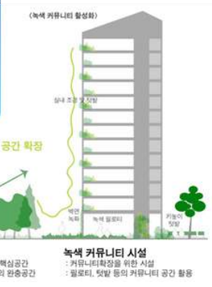


시스템 최적화



자원순환 주거단지 커뮤니티 공간 계획







기대효과 및 활용방안

- 국가적 음식폐기물 처리문제 해결을 선도
- 음식폐기물 제로화 주거단지 건설 기술에 활용

04 특수 · 복합지구형 실증 (스마트박스 기술)

코오롱환경서비스(주)

기존 특수•복합지구 내 발생되는 음식물쓰레기를 외부 반출없이 자체 처리하는 소규모 분산형 스마트박스 (Smart Box)® 실증 구축

연구목표

- 설계도서 2, 조감도 1, 지적재산권 1건, 현장적용 1 , 성과홍보 1, 매출액 3억원
- 음식물 1톤당 바이오가스 120㎥ 생산,
- 고형물 회수율 100%, 부산물 활용처 2개소 이상

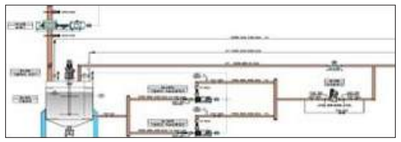
연구내용 및 결과

소망교도소(특수·복합지구) 내 발생된 음식물을 **스마트박스 기술**로 **교도소 식당내 온수공급**, **커뮤니티 연계 텃밭 활성화**로 단지내 자원 재순환을 실현하는 **소규모 실증시설 구축**

효율적인 공정 구성

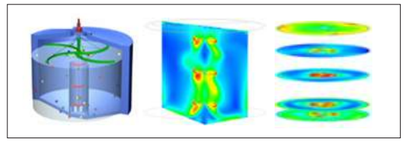
① 음식물 분해속도 향상

- 음식물 2단계 분쇄(분쇄기 → 미쇄분쇄기, 4㎜↓)
- 가용화설비(55℃, 2.5d) 반영



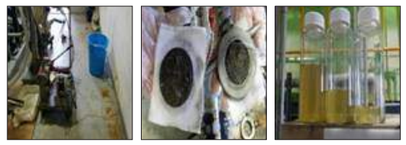
② 검증된 기술 적용

- KIWAD®공법 적용(녹색기술 인증 제GT-14-15호)
- 스컴 제거효율 우수



③ 공정 단순화 및 효율향상

- 제올라이트 활용 처리 공정 정립
  (⇒ 탈수, 연계수질 , 퇴비성분)
- 발생 악취 소각처리



최종성과물

- 소망교도소내 음식물쓰레기 **자체 처리 실증시설 구축 및 운영(외부 미반출)**
- **커뮤니티 연계 부산물 활용(온수, 퇴비)**을 통한 **단지내 자원 재순환** 실현
- 소망교도소의 교화 프로그램 활성화로 **관련기관의 보급 확대 기회** 확보
- 소규모 분산형 처리시설(실증시설) 사업화를 위한 기반 구축 및 홍보 확대







기대효과 및 활용방안

- 소규모 분산형 음식물쓰레기 처리기술 정립
- 기존 복합·특수지구내 유기성폐기물의 자원순환 부산물 해결을 통한 인식 전환
- 자체 음식물쓰레기 처리를 통한 2가지 이상 부산물(열, 온수, 전기 등) 활용 자족형 자원순환 단지 기반 조성
- 대상지 – 군부대, 교정시설, 도서지역, 도농복합지구, 대형병원, 대규모 요양시설, 대학교 기숙사, 주상복합건물 등
- 대상규모 – 음식물쓰레기 1일 300㎏ 이상 발생 지역
- 부산물 활용 – 바이오가스 : 냉난방 열원, 취사용, 전기 생산(매전 또는 보안등 활용)
  퇴비 : 도시농업, 텃밭, 수목용 시비

05 음식폐기물 건조탄화 시스템

KICT 한국건설기술연구원
VITZRO TECH (주)비즈로테크

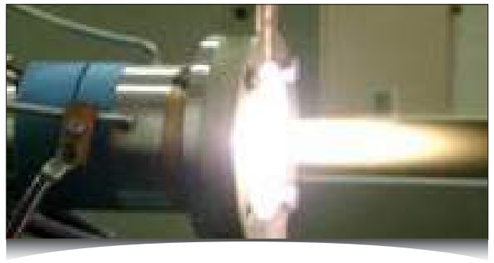
플라즈마를 이용한 음식폐기물 건조탄화장치로 자동화되어 배출되는 음식물 쓰레기를 98%이상 감량하는 장치

연구목표

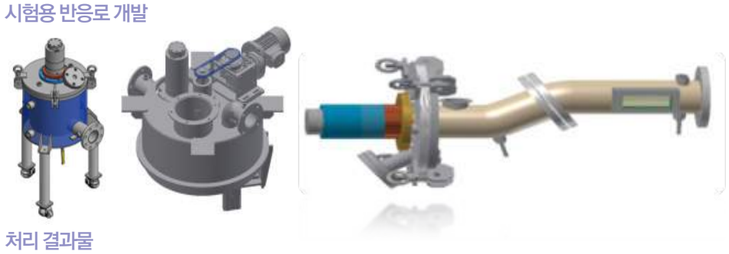
- 플라즈마를 이용한 처리 능력 검증
- 시험용 제반 설비 구축 및 최적화 설비 개발
- 반응로 형태별, 조건별 감량율 시험, 처리물 성분분석
- 제품화된 실증 설비 개발

연구내용 및 결과

플라즈마 토치 개발



시험용 반응로 개발



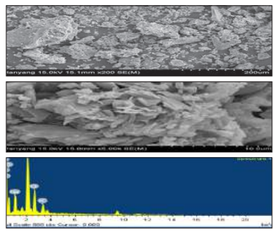
처리 결과물

- 95%이상 감량 시간 단축 : 15분 이상/kg → 6분 내외/kg



반응 후 남은 물질

Bulk	Metal	
C	64.2678	mass%
N	7.9922	mass%
Na	5.8798	mass%
Mg	0.3439	mass%
Al	0.1133	mass%
Si	0.1261	mass%
P	1.8875	mass%
S	0.3665	mass%
Cl	8.1467	mass%
K	3.3737	mass%
Ca	6.8485	mass%
Ti	0.0165	mass%
Cr	0.0154	mass%



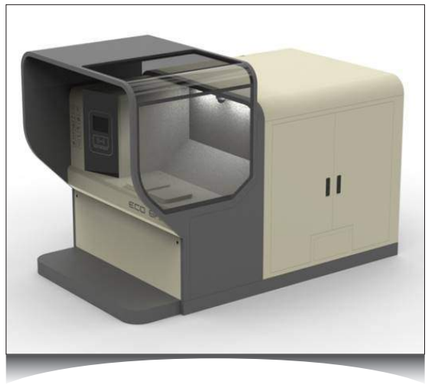
최종성과물

옥내용



- 감량율: 98% 이상
- 일일처리량: 80kg 이상
- 소모전력: 30kW(100가구기준)
- 처리 음식물: 모든음식물 (조개껍질 및 생선뼈 포함)

옥외용



- 봉지 투입 형 처리설비 (봉지류 회수 불필요)
- RFID 시스템 적용
- 사용자 요구색상 선택 (주변 어울림)
- 실내/외 장비 선택 가능 (실외용 : 커버 설치)
- 외부 물청소 가능

기대효과 및 활용방안

- 본 연구를 통해 패키지화된 최적설비를 제품화
- 제품화된 설비로 소규모 주거단지별 실증화 연구
- 유기성 폐기물을 발생지역에서 자체적 처리로 수집/운반 처리에 따른 오염물 발생량 및 폐수, 악취 등 2차 오염물질 저감 효과
- 발생 부산물 이용 방안 활용 모델 개발 및 유기성 폐기물 자체 처리 및 활용 사이클 모델 개발
- 소규모 장비의 활용 검증을 통한 대규모 처리 시설에 대한 시험연구 및 모델 개발 활용

06 음식폐기물 처리 부산물 활용 커뮤니티 조성

흙살림 HEUKSALIM

연구목표

- 자원순환을 통해 생산된 음식폐기물 부산물(퇴비)을 활용하여 주거단지 내에서 도시농업 등에 연계한 공동체 활동 프로그램 활성화로 주민 자족형 커뮤니티 구축·운영 확립

연구내용 및 결과

- **친환경 여가형 자원순환 주거단지(동천 스마트타운)**
  주거단지 현황분석 및 현장조사, 입주민 설명회, 커뮤니티 교육 및 활동 성과 달성

- **공동체 복지형 자원순환 주거단지(유성 LH 송림마을)**
  주거단지 현황분석 및 현장조사, 입주민 설명회, 커뮤니티 활동 성과 달성

- **공동체 복지형 자원순환 주거단지(수서 LH 수서단지)**
  주거단지 현황분석 및 현장조사, 입주민 설명회 성과 달성

- **특수 복합형 자원순환 주거단지(소망교도소)**
  주거단지 현황분석 및 현장조사 성과 달성


흙(토양) 분석서

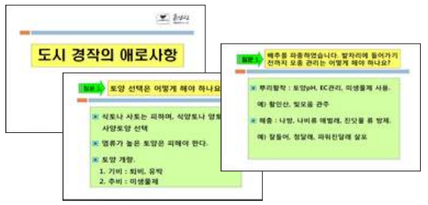

도시농업 교육자료


주거단지 현장조사 및 분석

최종성과물

커뮤니티 교육





커뮤니티 활동





입주민 설명회





농작물 재배







기대효과 및 활용방안

- 도시농업 활성화로 주민들간 소통 및 단합 유도
- 음식물 및 자원의 순환으로 Recyle Roll Model로 대표 명소 자림 매김
- 지역 도시농업 문화 교실로서 자리매김과 함께 인근 지역으로 확산
- 농경문화를 통한 세대간 격차 해소와 도농교류의 확산
- 식생활네트워크 구성과 안전농산물, 올바른 식탁문화 개선 유도

07 자원순환 주거단지 맞춤형 비즈니스 모델

DM |주| 도명 E&C

주거단지 유형별 사업타당성 평가, 맞춤형 비즈니스 모델의 확산 및 보급을 위한 전략제시

연구목표

- 유기성 폐자원 활용기술의 실용화, 정착을 위한 사업 타당성 평가 시스템 개발
- 타당성 평가지표 및 시나리오 플랜을 이용한 시장 맞춤형 비즈니스 모델 제시

연구내용 및 결과

맞춤형 비즈니스 프레임워크 개발

프로그램 정의

맞춤형 비즈니스 모델을 위한 사업타당성 평가 시스템

개발목적

사업타당성 평가 TOOL을 활용한 사용자 맞춤형 프로그램



프로그램 메뉴얼



사업타당성을 위한 평가기준 및 DB구축

- 환경성 평가

에너지 소비량 산정

전기, 가스, 유류, 상수 사용량 등

▼

온실가스 배출량 산정

이산화탄소(CO_2)

환경영향분석 | 국토교통부 /환경부 탄소배출DB

원단위 활용, 베이스라인 및 배출량 설정

- 경제성 평가

시설투자비(원/톤)

거래가 및 내구연한 적용

+

운영경비(원/톤)

음식물 쓰레기 1톤당 운영비용 산정

+

운영경비(원/톤)

최종 생산품의 시장가치

시설비용 + 운영비용

음식물 쓰레기 톤당 온실가스 발생량 및 처리비용

비즈니스 모델 및 사업타당성 평가시스템 개발

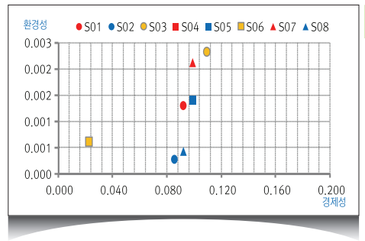
최종성과물

분석을 위한 정보분류 및 시나리오 작성



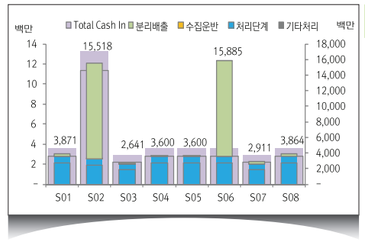


30년간 경제성 및 환경성 비교



- 경제성 = 총수익 / 총투자비 X100
- 환경성 = 온실가스 배출량 / 총투자비 X100
- 환경부하가 낮고 경제성이 높은 순으로 시나리오 해석

30년간 scenario를 통한 수익 분석



- 시나리오별 Total cash의 In-out 분석
- 제품유형, 가격, 시장수요 등을 고려한 사업성 평가
- 내구년수 30년 가정, 생애주기 동안의 투자비 대비 수익분석

기대효과 및 활용방안

- ◆ 에너지 사용, 관리비 절감, 부산물 활용 정보 등 기술효과에 대한 시각화 정보 제시
- ◆ 지자체, 입주민, 건설업체, 기기·설비 제작업체 등 수요자에 따른 맞춤형 정보 제공
- ◆ 시장진출에 따른 위험도 제고, 수익성 확대를 위한 전략 제시로 사업추진 의사결정 지원
- ◆ 정부 정책 방향, 물가인상률 등을 반영하여 장래의 시장성 평가, 사업화 가이드라인 제시

자원순환 주거단지 실증연구단

KICT 한국건설기술연구원

LH 토지주택연구원

창원대학교

코오롱환경서비스(주)

흙살림 HEUKSALIM

DM |주| 도명 E&C

VITZRO TECH (주) 비즈로테크

서울대학교 SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

대전발전연구원 DAEJEON DEVELOPMENT INSTITUTE

USW 수원대학교 THE UNIVERSITY OF SUWON

(재)환경조경나눔연구원

한일엠이씨 HANIL MECH.ELEC.CONSULTANTS

주거단지 내 발생 음식 폐기물이

100% 순환 활용되는 자족형 단지모델 구현



An Empirical Study on the Application Promotion Technologies of Organic Waste Resources in Housing Complexes