

2022. 4
해외 자원순환
OVERSEAS RESOURCE
CIRCULATION INFORMATION **정보**



1 EU, 바이오플라스틱에 대한 공공협의 진행

폐기물 자원순환 법·정책 [기획연구팀]

- 유럽위원회(European Commission)는 바이오기반(Biobased), 생분해성(Biodegradable), 퇴비화 가능한(Compostable) 플라스틱에 대한 새로운 관리정책을 마련하기 위하여 지난 1월 18일부터 3월 15일까지 8주간 의견수렴 및 공공협의를 진행하였음
- 바이오플라스틱은 세계 및 유럽 플라스틱 시장의 1%를 차지하고 있으며, 2020년~2025년, 5~8%의 시장 성장이 예상된다고 함. 주로 특정 포장 및 농업용으로 사용되고, 기존의 플라스틱보다 이산화탄소 배출량이 적고 분해가 가능하다는 장점이 있음
- EU는 바이오플라스틱을 기존 화석연료 기반 플라스틱의 지속가능한 대안으로써 촉진하는 것을 목표로 하고, 이와 관련 발생할 수 있는 문제를 해결하면서 소비자와 기업이 대체 플라스틱의 차이점을 쉽게 이해할 수 있도록 명확한 정보와 지침을 제공하고자 함
- 중점적으로 검토할 사항은 다음과 같음
 - ① 바이오 기반 플라스틱 생산에 사용되는 생물학적 원료의 지속가능성
 - 생물학적 원료 공급으로 인한 토지 이용의 변화, 생물 다양성과 기후영향, 폐기물 발생을 포함하여 바이오기반 플라스틱의 전체 수명 주기에서의 환경영향 또한 고려할 필요가 있음. 소비자들은 바이오기반 플라스틱이 지속가능할 것으로 기대하지만, 현재 EU의 지속가능성 기준은 바이오기반 플라스틱에 적용할 수가 없음
 - ② 생분해성 및 퇴비가능한 플라스틱의 생분해 효과
 - 생분해성 및 퇴비가능한 플라스틱은 생분해성이 표준 검증되는 경우에만 환경적 편익을 제공한다고 할 수 있음(현재는 해양환경과 같은 다른 조건에서의 생분해성에 대한 유럽 표준이 없음). 또한 이러한 플라스틱은 순환경제와 폐기물 계층화 원칙에 따라 제한적 사용을 제안함
 - ③ 대체 플라스틱의 명확한 정보
 - 바이오기반, 생분해성 및 퇴비화 가능한 플라스틱들은 유사하면서도 많은 차이점이 있음. 현재 소비자는 이러한 플라스틱을 구입하거나 폐기할 때 확인할 수 있는 정확한 정보가 없으므로 정보와 라벨표기가 명확해야 함
- EU의 바이오기반, 생분해성, 퇴비가능한 플라스틱에 대한 정책 프레임워크는 2022년 하반기에 수립될 것으로 예상됨

바이오플라스틱이란, 바이오매스를 전체 또는 부분적 원료로 사용하여 제조된 고분자 플라스틱으로 바이오매스의 비율의 함유에 따라 생분해성 플라스틱(50~70%)과 바이오 기반 플라스틱(5~25%)으로 구분할 수 있음
생분해성 플라스틱(천연계-PLA·TPS·PHA 등/석유계-PBS·PES·PBAT 등)은 일정한 조건에서 미생물 등의 작용으로 물과 이산화탄소로 완전히 분해되는 플라스틱이고, 바이오 기반 플라스틱(Bio PE, Bio PET 등)은 생분해성 플라스틱처럼 분해되는 것은 아니지만 기존 석유계 플라스틱 공정보다 이산화탄소 발생량이 적음
자료: 한국에너지공단(2020.2.13., 완전히 분해되는 친환경 플라스틱-바이오플라스틱)

자료: European Commission(2022.1.18.), https://ec.europa.eu/environment/news/public-consultation-biobased-biodegradable-and-compostable-plastics-2022-01-18_en

② 미국, 재활용 강화 법안 입법

폐기물 자원순환 법·정책 [기획연구팀]

- 지난 3월, 미국 상원에서 재활용과 퇴비화 시스템 개선에 초점을 맞춘 ‘재활용 및 퇴비화 책임에 관한 법률’ 과 ‘재활용 인프라 및 접근성에 관한 법률’ 을 제안
- 재활용 및 퇴비화 책임에 관한 법률은 미국 환경보호청(EPA)이 미국 전역의 재활용 및 퇴비화 비율에 관한 자료를 수집하여 공개하도록 하고, 재활용 인프라 및 접근성에 관한 법률은 재활용 시스템과 접근성을 개선하기 위하여 EPA가 교부금을 지원 하는 내용임
- 재활용 및 퇴비화 책임에 관한 법률
 - * 법률제안 원문: <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/senate-bill/3743/text?r=21&s=1>
 - 재활용 시스템에 관한 데이터 수집을 개선하고 국가 퇴비화 전략을 모색하는 것을 목적으로 함
 - 이 법률을 통해 EPA는 국가 및 주 차원에서의 재활용 및 퇴비화 성과를 정확 하게 반영하기 위하여 데이터를 수집하고 공표해야 함
- 재활용 기반 및 접근성에 관한 법률
 - * 법률제안 원문: <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/senate-bill/3742/text>
 - 농촌지역 등의 재활용 인프라가 제대로 구축되어 있지 않은 문제를 해결하기 위함으로 교부금은 50만 ~ 1,500만 달러 사이에서 지급되며, 교부금은 중간집하장과 배출함 확대, 공공-민간 수집운반 파트너십 구축 등 소외지역의 재활용 시스템에 대한 접근을 개선할 수 있는 프로젝트에 사용할 수 있음
- 또한, 이전 법률이나 규정에서 제대로 정의된 적이 없었던 재활용, 선별시설, 재활용 가능한 물질, 집하장 등 관련 용어에 대한 정의를 포함하고 있음
- 한편, 미국은 2030년까지 재활용률을 50%로 높이기 위하여 국가 재활용 전략(2021)을 통해 재활용품 시장 개선, 재활용 인프라 개선, 재활용품 오염 방지, 재활용 지원 정책 강화, 데이터 확보를 전략으로 제시하였음

자료: recycling today(2022.3.7.) <https://www.recyclingtoday.com/article/senators-introduce-recycling-composting-legislation/>

3 영국, 태양열 보조 동력 수집 · 운반차량 시범 운영

생활폐기물 수집운반차량 [청소행정지원팀]

- 영국의 대표적인 폐기물 관리 업체 중 하나인 Biffa는 2021년 7월부터 리즈(Leeds) 시에서 영국 최초 태양열 보조 동력 수집 · 운반차량을 시범적으로 운영하고 있음
- 운행 중인 폐기물 수집 · 운반차량 중 2대에 시범적으로 Vision Techniques사의 VT Solar 기술*을 적용하여 차량 상단에 태양전지 패널을 설치하고, 차량 운행시간 동안 배터리를 충전하게 됨
 - VT Solar 기술은 초박형 태양 전지판으로 수확된 에너지를 사용하여 모든 보조 장비에 전력을 공급하고, 배터리를 충전하는 교류발전기의 연료 사용량을 줄여 CO₂ 배출량을 감축할 수 있음
- 태양 전지 패널로 발전된 에너지를 엔진 출력 보조에 사용 시 차량당 탄소 배출량을 매년 최대 3,100kg까지 저감 가능하며, Biffa 소유의 전체 차량 2,900여대에 적용 시 연간 약 9,000톤의 탄소배출량 감소가 가능하여 탄소제로화에 큰 기여를 할 것으로 예상



<태양열 보조 동력 수집 · 운반 차량>

- 한편, Biffa는 2021년 초, 맨체스터 지역에서 영국 최대 규모로 폐기물 수집운반차량으로 전기차를 도입하였으며, 기존의 디젤 차량을 단계적으로 폐지할 계획임

출처: <https://commercialwaste.trade/biffa-trials-britains-first-solar-assisted-powered-waste-trucks/>

<https://www.circularonline.co.uk/news/news-in-brief-ciwm-business-partner-news-round-up-14/>

4 미래폐자원(폐배터리, 태양광 패널) 재활용 기술

폐기물 처리 기술 [기술지원팀]

□ 개요

- 기후변화 대응을 위해 전기차 보급과 태양광 발전시설 설치를 확대하고 있으며, 이에 따른 폐배터리, 폐패널 등 새로운 유형의 전자 폐기물인 **미래폐자원***의 발생이 증가할 것으로 예상

*미래폐자원은 전기자동차 폐배터리, 태양광 폐패널 및 2차 전지가 포함된 전기·전자제품 등 새로운 유형의 폐기물을 의미

- (폐배터리) 전기차 배터리의 평균수명은 7~10년으로 국내는 2018년부터 배출되고 있음
- (폐패널) 태양광 패널의 평균수명은 25년으로 현재 국내에서는 사용기한 만료, 발전설비의 사용기간 만료, 리모델링 및 발전시설 폐쇄 등으로 대량 발생 중

구분	국내 발생량 추정				
	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년
폐배터리	1,075개	2,907개	5,914개	13,826개	31,696개
폐패널	805톤	1,601톤	9,665톤	6,006톤	4,596톤

<출처 : 환경부 보도자료, 전기자동차 폐배터리 재활용 본격 추진>

□ 해외 재활용 동향

- 미래폐자원을 재사용 가능 여부로 구분하여 재활용 처리
 - 재사용이 가능한 경우: 태양광발전시설용 에너지저장장치(ESS), 전기자전거용 배터리 등 다른 용도의 배터리로 재사용
 - 재사용이 어려운 경우: 파쇄, 분쇄, 선별, 추출 공정 등 물질 재활용방법으로 유가물 회수
- 폐배터리 재활용 동향
 - (EU) 성능 70% 미만인 자동차 폐배터리를 전기 자전거, 전동 휠체어, LED 가로등과 전기차 충전소에 활용계획, EPR 대상 제품에 리튬이온 2차전지를 확대 적용 추진 중
 - (미국, 스위스) GM(제너럴모터스, 미국)과 ABB그룹(스위스)에서 전기자동차 폐배터리를 회수하여 가정용 ESS로 활용하는 방안을 공동추진
- 폐패널 재활용 동향
 - (미국) 캘리포니아주에서 태양광 폐패널 수집, 재사용, 재활용 시스템 구축장려 목적으로 '15년도부터 폐패널을 유해폐기물이 아닌 일반폐기물 지정. 또한, 폐패널의 다양한 재활용방법 개발 중
 - (일본) 태양광 폐패널 수거, 재활용, 적정처리와 관련한 로드맵을 '15년부터 수립하여 친환경적 설계·해체·운반·처리 가이드라인을 제시함

<출처 : 한국환경산업기술원 국내외 IP분석보고서, 미래폐기물 재활용 및 적정처리>

□ 해외 기술 개발 사례

○ 리튬이온 폐배터리 재활용 기술

- 개발사 : Duesenfeld(듀센펠드), 독일

- 특징

- 배터리셀 재활용 효율은 91%로 기존 재활용 공정*보다 재료회수율이 2배이상 높음

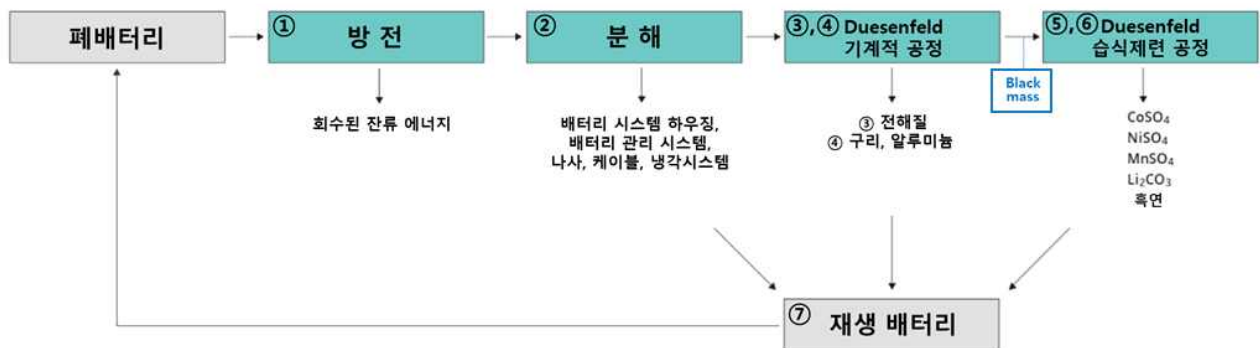
* 기존 폐배터리 재활용 공정

1. 열처리와 물리적 전처리를 통해 알루미늄, 구리, Black mass(리튬 등 금속 포함 잔재물) 등 회수
2. Black mass에서 코발트, 니켈 등 추출
 - ① 건식제련 후 합금/슬래그 등을 습식제련하여 추출
 - ② 열처리 후 습식제련을 통해 추출

- 독성가스(HF 등) 발생 방지를 위해 습식제련 공정의 열처리 시 낮은 온도에서 실시하여 배기가스를 처리할 필요가 감소 : 배터리 1톤당 1톤의 CO₂ 발생 방지

- 기존 재활용 공정은 습식제련공정에서 코발트와 니켈만 회수 가능하였으나 해당 기술의 경우 흑연, 리튬, 망간까지 회수 가능

- 공정흐름

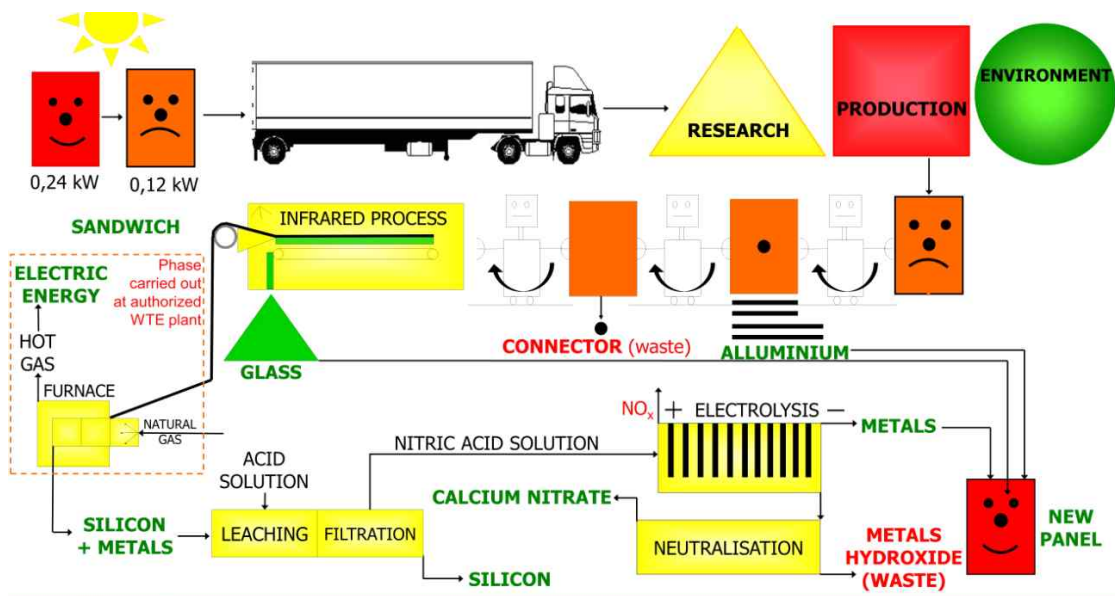


1. 회수된 폐배터리를 방전시켜 배터리 내 잔류에너지 회수
2. 방전된 폐배터리를 분해하여 전자장치(배터리시스템하우징, 배터리관리시스템), 나사, 케이블 회수
3. 전자장치가 분리된 배터리 셀은 불활성기체 내에서 분쇄 후 감압증류법을 통해 전해질을 회수(낮은 온도에서 처리하여 독성가스 발생을 방지)
4. 전해질을 회수한 파쇄된 배터리 셀은 크기, 밀도 등 물리적 특성에 따라 분류한 후 금속추출 및 정제
5. Black mass를 습식제련전에 전처리하여 불소를 제거하여 독성가스(불화수소) 생성 방지
6. 불소제거 후 금속을 침출시켜 흑연에서 분리한 뒤, 금속별 추출방법을 통해 코발트, 니켈, 망간, 리튬, 흑연을 회수
7. 회수된 재료들을 이용하여 재생배터리 제조 등에 활용

<출처 : https://www.duesenfeld.com/recycling_en.html, https://www.duesenfeld.com/comparison_recycling.html>

○ 유럽의 태양광 폐모듈 재활용 프로젝트, FRELP

- 프로젝트명 : FRELP(full recovery end of life photovoltaic)
- 참여기관 : SASIL S.r.l.(유리제조사, 이탈리아), PVCycle(비영리단체, 벨기에), SSV(유리연구소, 이탈리아)
- 프로젝트 목표 : 수명이 다한 태양광발전(photovoltaics, PV)패널을 경제적으로 실행 가능한 방식으로 100% 재활용하기 위한 혁신적인 기술을 테스트하고 개발
- 폐패널에 사용되는 고품질 유리를 회수하여 유리 용해 공정에서 에너지 회수 및 CO₂ 배출 절감. 또한 규소를 회수하여 재사용함으로써 새로운 규소 생산과 관련된 에너지 소비 및 CO₂ 배출 절감
- 기존 250W 모듈 1개를 만드는데 필요한 전력량은 약 750kWh인데 같은 모듈 내 소재를 회수하는데 필요한 전력은 5kWh임
- 공정 흐름



1. 폐모듈에서 알루미늄 프레임과 정선박스(전기배선의 설치와 유지관리 등을 쉽게 하기 위한 배선을 위한 장치를 박스 내부에 넣어 보호하도록 만든 장치)를 수동 분리 및 회수
2. 폐모듈에 존재하는 EVA(ethylene vinyl acetate, 밀봉재)를 적외선공정으로 연화시켜 유리와 EVA가 포함된 셀로 분리
3. 분리된 유리는 전량 회수하며, EVA가 포함된 셀은 열처리 공정(FURNACE)으로 전기에너지와 규소+금속 등으로 분리 및 회수
4. 규소는 침출공정을 통해 회수되며 기타 금속 등은 침출액으로부터 여과 및 전기 분해를 통해 회수

<출처 : <https://frelp.info/4-2/>, <https://sasil-life.com/ricerca-e-sviluppo/progetti-life/progetto-frelp/>>

5 미국 볼티모어, 재활용품 오염 감소를 위한 교육 캠페인 실시

생활폐기물 분리배출 [분리배출팀]

- 미국 볼티모어시 공공사업부(Baltimore City Department of Public Works; DPW)는 주민들을 대상으로 올바른 분리배출 방법을 교육하기 위하여 2022년 3월부터 2개월 간 “The Feet on the Street” 캠페인을 실시함
- “The Feet on the Street” 캠페인은 환경미화원이 재활용품 배출함을 확인하여 분리배출이 제대로 이루어지지 않았을 경우 “Oops” 태그를 부착하여 주민들에게 재활용이 가능한 품목에 대하여 즉각적인 피드백을 제공하게 됨
 - 주로 비닐봉투, 음식물이 남아있는 포장재, 냅킨, 정원 호스, 전선, 의류 등이 재활용품 배출함으로 잘못 배출되고 있고, 특히 가장 문제가 되는 품목은 비닐류로 처리비용을 증가시키고 선별 시설에서 장치 걸림 등의 문제를 야기함
- 캠페인은 순환경제 비영리 단체인 The Recycling Partnership에서 지역사회가 경제적으로 효율적인 재활용 프로그램을 달성하는 것을 목적으로 개발한 프로그램으로, 전국 80개 지역에서 시행하고 있으며, 일부 지역에서는 프로그램을 통해 비재활용품이 57% 감소하고, 양질의 재활용품이 27% 증가한 것으로 나타남
- 한편, 볼티모어는 The Recycling Partnership 등과의 민간 협력을 통해 2021년 9월부터 65갤런의 재활용품 배출함을 가정에 무상으로 보급함
 - 작은 용량(35갤런)의 배출함은 별도 요청이 필요하며, 모든 배출함에는 가정별로 추적코드가 부여됨



<정보 태그>



<재활용배출함(65갤런)>

자료: <https://publicworks.baltimorecity.gov/news/press-releases/2022-03-02-dpw-launches-%E2%80%9Cfeet-street%E2%80%9D-educational-campaign-reduce-recycling>
<https://www.wmar2news.com/news/local-news/dpw-launching-feet-on-the-street-recycling-campaign-on-tuesday> <https://twitter.com/BaltimoreDPW/status/1503755413304586250/photo/1>
<https://publicworks.baltimorecity.gov/residential-recycling-carts>

6 미국 재활용단체, 쓰레기 거점배출 운영 가이드라인 마련

생활폐기물 분리배출 [분리배출팀]


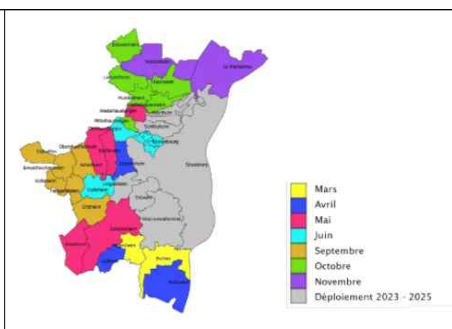

- 미국의 주요 지역은 도로변 수거방식(Curbside recycling)으로 쓰레기를 수집운반해오고 있으나, 미국 거주인의 약 45%는 시골 지역 또는 다가구 주택 구조 때문에 도로변 배출이 아닌 거점장소를 활용하여 쓰레기를 배출하고 있음
- 거점 배출 방식은 배출장소의 관리가 어렵고 재활용품이 오염될 확률이 높기 때문에 양질의 재활용품을 회수하기 위해서는 지역사회의 참여가 가장 중요한 요소이지만, 지역 정부의 거점배출시설 운영지원은 제한적임
- 이에 미국의 비영리 재활용 단체인 The Recycling Partnership은 거점 배출 시설의 오염을 줄이기 위하여 많은 지역 사회와 협력해왔으며, 이러한 경험을 바탕으로 미시간주 환경·에너지부(이하 MI EGLE)와 함께 쓰레기 거점배출시설의 운영 가이드라인을 개발함
- 가이드라인은 선별시설 및 수집운반작업자와 배출시설에 대해 논의하는데 필요한 지침, 분리배출함 표시 개선, 불법투기 등으로 인한 오염을 줄이는 방법, 시설 운영 관리 및 보고방식, 관리인 배치 지침, 참여 가구 및 선별시설 대상 설문조사 지침 등을 포함
- 미시간주는 소규모 지역이 The Recycling Partnership의 가이드라인과 프로그램을 활용할 수 있도록 신청을 받아 보조금을 교부하고 있음
- The Recycling Partnership은 가이드라인이 미시간주와의 작업을 통해 개발되었지만 미국 전역에 적용할 수 있다고 하며, 가이드라인을 활용하여 지역사회의 참여율을 높이고 효율적인 재활용 수거가 이루어질 수 있을 것으로 기대

자료: <https://www.waste360.com/recycling/recycling-partnership-releases-new-resource-improve-drop-recycling-programs>
<https://recyclingpartnership.org/dropoff/>

7 프랑스 스트라스부르, 음식물쓰레기 분리배출 시작

음식물 감량 및 자원화 [음식물팀]

- 프랑스 중동부에 위치한 스트라스부르(Strasbourg)*는 3월 18일, 가정에서의 음식물 쓰레기 분리배출을 공식화함
 - *스트라스부르 유로메트로폴리스(Eurométropole de Strasbourg;EMS): 스트라스부르시를 포함 33개 자치단체로 구성
- 분리배출 대상 음식물쓰레기는 재료손질에 의한 껍질, 달걀껍질, 남은 음식물, 커피 티백 등으로 일반폐기물의 1/3에 해당하며 현재는 재활용품을 제외한 일반폐기물과 혼합배출하여 소각처리하고 있음
- 앞으로 음식물쓰레기를 분리수거하여 퇴비 및 바이오가스로 재활용 할 계획으로, 주민에게 10L 용량의 바이오버킷(bioseau)과 퇴비화 봉투를 무료로 제공하고, 주민은 음식물쓰레기를 담은 봉투를 인근에 설치되어 있는 수거함에 배출해야 함
 - 버킷은 음식물쓰레기의 습기가 증발할 수 있고 부패를 방지하도록 구멍이 뚫린 바구니 형태이며, 봉투는 퇴비화 가능한 크래프트 종이 재질임
 - 수거함은 300명 당 1개가 효율적인 것으로 확인하고, 전역에 총 1,800개를 설치할 예정으로 프랑스 환경·에너지관리 기구로부터 800만 유로의 투자 자금을 조달
- 2022년 말까지 페거스하임(Fegersheim), 에쇼(Eschau) 등 인구 10,000명 미만의 모든 지역에 적용하고, 스트라스부르를 포함 나머지 지역은 2023년부터 2025년까지 적용할 계획으로, 수거된 음식물쓰레기는 Oberschaeffolsheim 지역에 있는 메탄화시설에서 바이오가스 및 퇴비로 재활용

		
<p>바이오버킷 및 퇴비화봉투</p>	<p>음식물 분리배출 수거계획 수립 일정</p>	<p>Oberschaeffolsheim 메탄화시설 (자료:Lingenheld facebook)</p>

- 한편, 프랑스는 2025년까지 음식물쓰레기 분리배출을 일반화 할 계획으로 현재는 일부 지역에서만 진행 중이며, 각 지역에서 자체적으로 준비해야 함

자료: <https://france3-regions.francetvinfo.fr/grand-est/bas-rhin/strasbourg-0/eurometropole-de-strasbourg-les-habitants-bientot-equipés-pour-trier-leurs-dechets-alimentaires-2504259.html>