

Plastikos

**국가녹색기술연구소
소장
이상협**

열과 압력

그리스어 : Plastikos

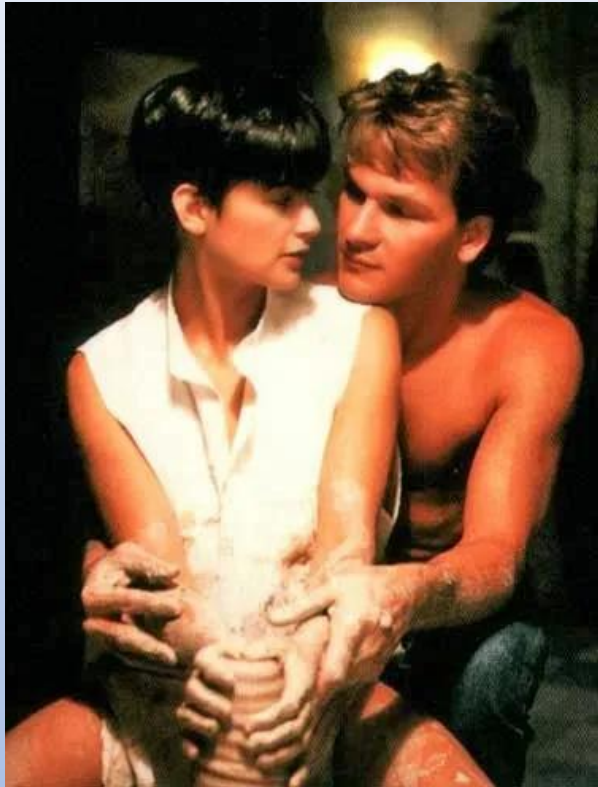
라틴어 : Plasticus

현대 : Plastic

미래 : (개봉박두)

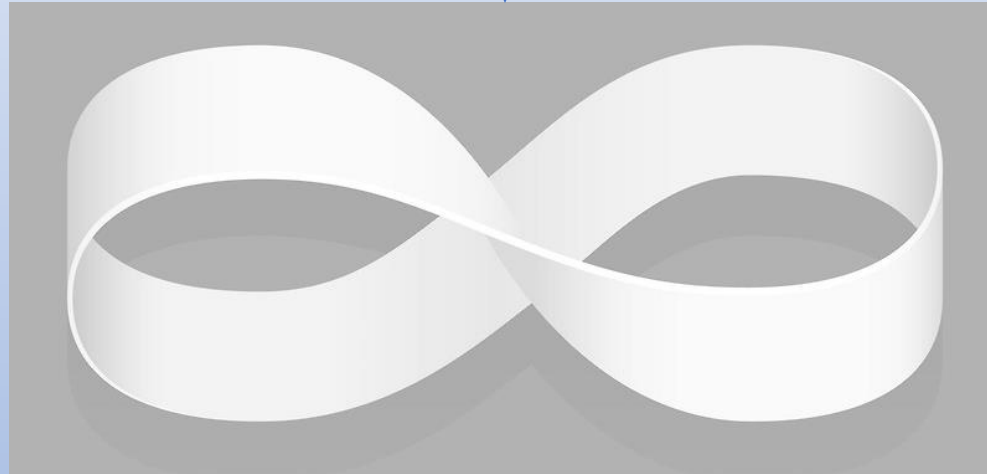
‘everything’

C + H의 유기 화합물



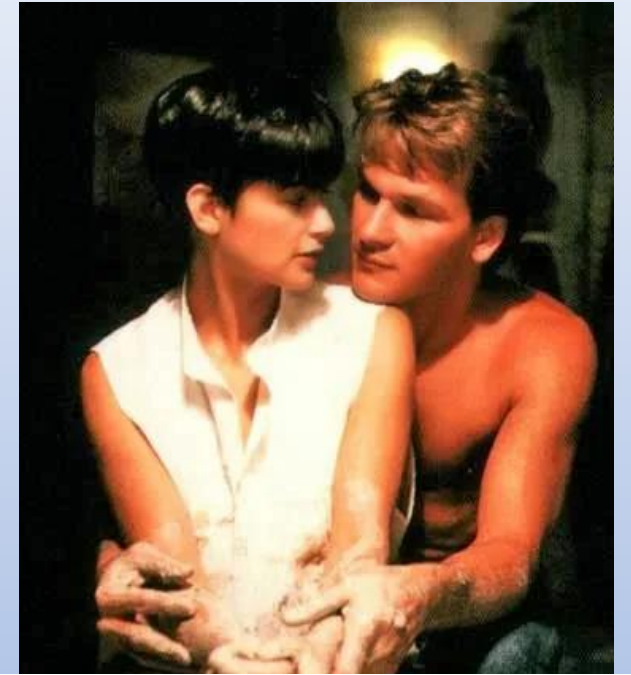
https://i.namu.wiki/i/mHU5BhN7tNU-cGy2rSZIOx8CYKssBRfuUEggfKRmYgp4LX5v-tkScbuv9iWm40TMbNK_LbldrvMfUHnTA3n7Ag.webp

아름답다. 끝



<https://profer.tistory.com/24>

??



국제 표준 마크							
	PETE	HDPE	PVC	LDPE	PP	PS	OTHER
국내 표기 마크							
	HDPE	PVC	LDPE	PP	PS	OTHER	
재활용 가능 여부	재활용 가능	재활용 가능	재활용 불가능	재활용 가능	재활용 가능	재활용 가능	변동

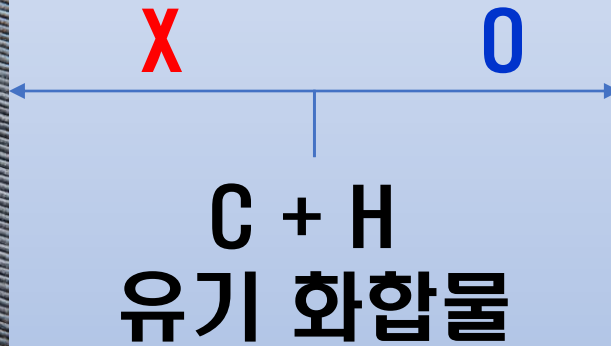
<https://news.skecoplant.com/plant-tomorrow/10567/>

편리하다. 끝

폐 도자기 : 폐 플라스틱



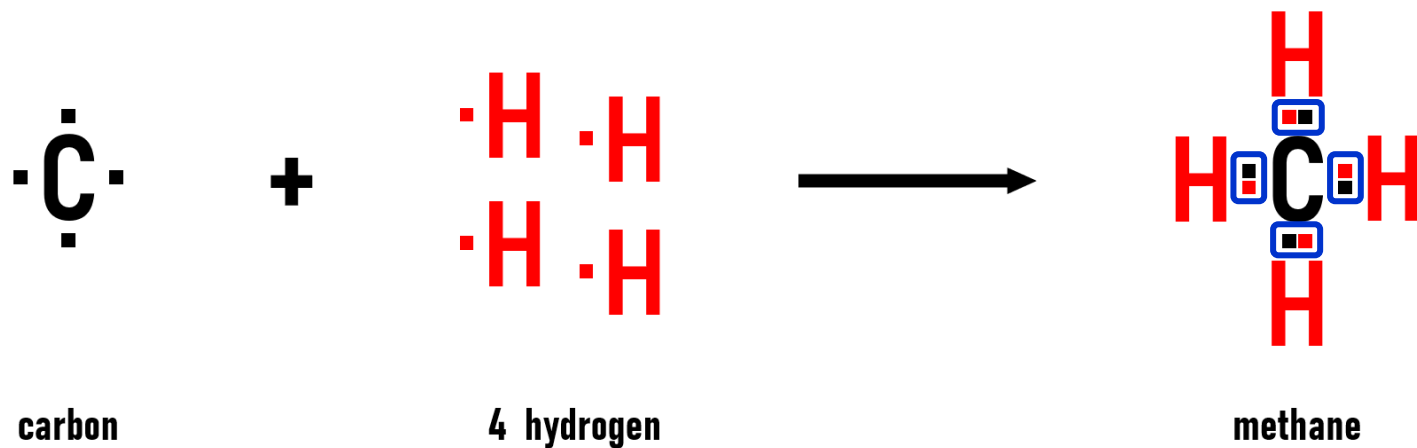
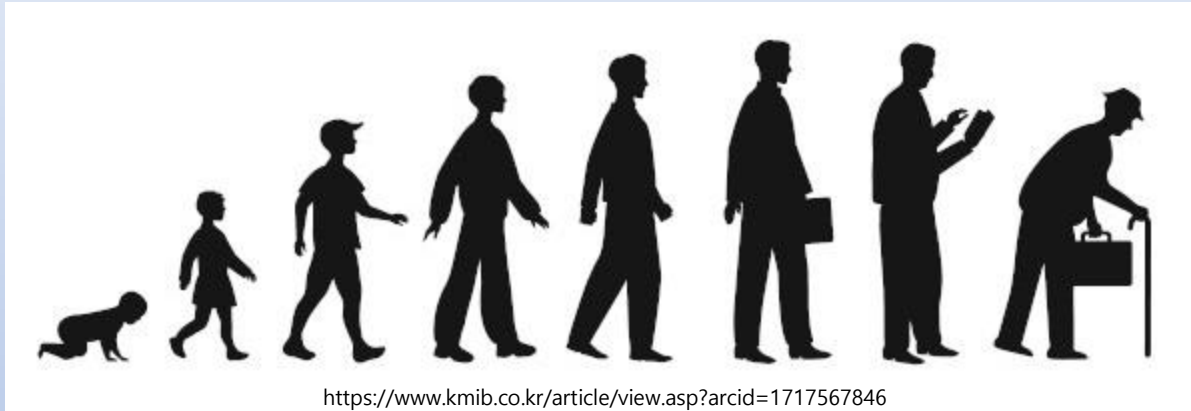
미세 도자기
환경문제 ??



미세 플라스틱
환경문제 !!

C + H 유기 화합물

‘Aging’ = 손상, 훼손



C + H 유기 화합물



자연 유래

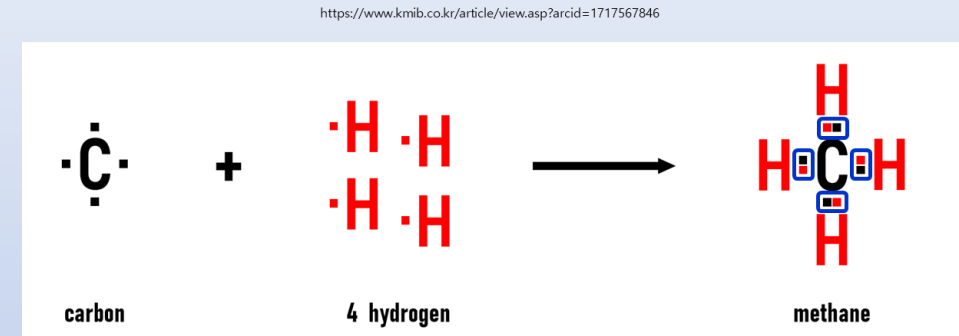
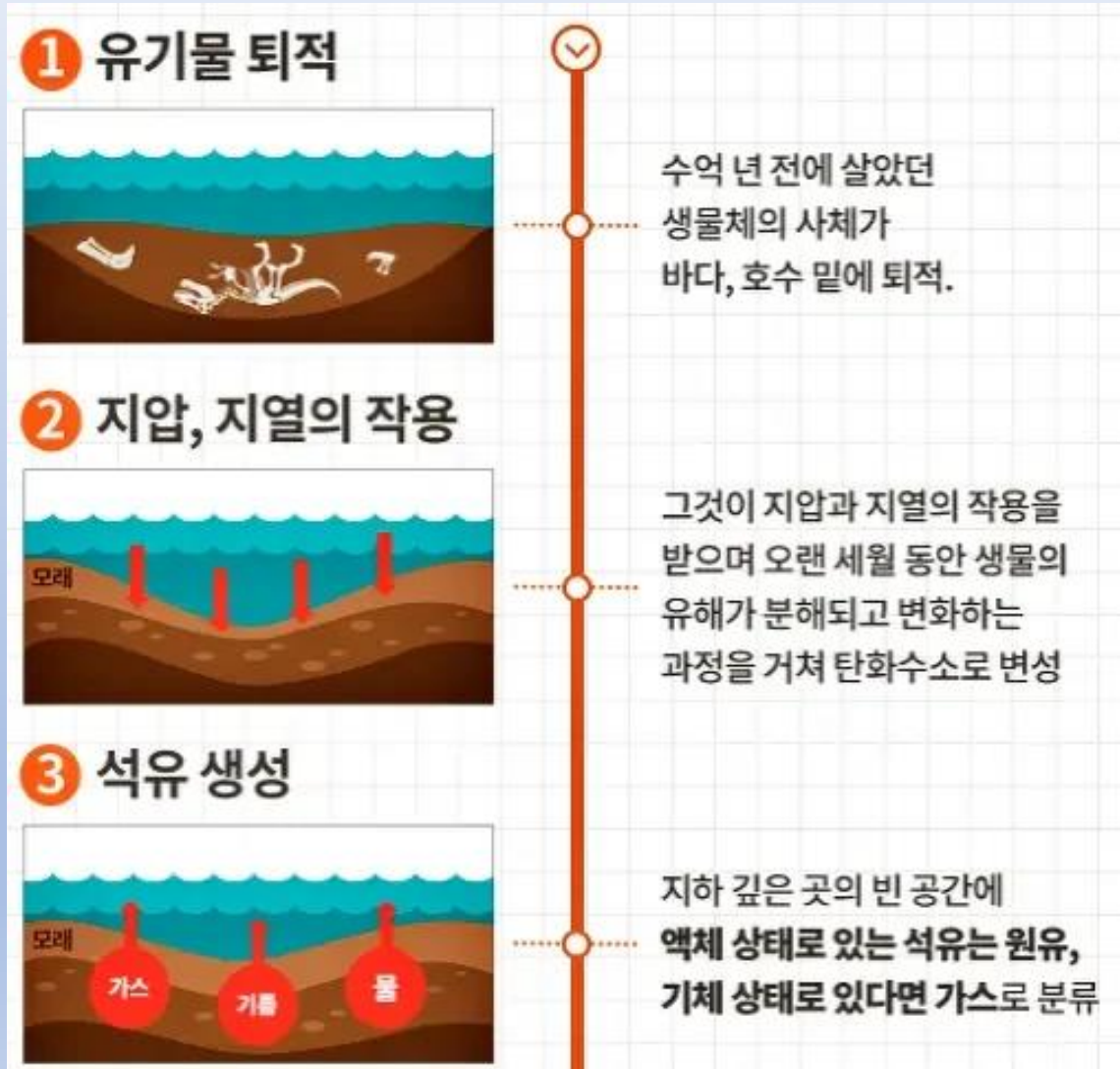
C + H 유기 화합물

자연 유래

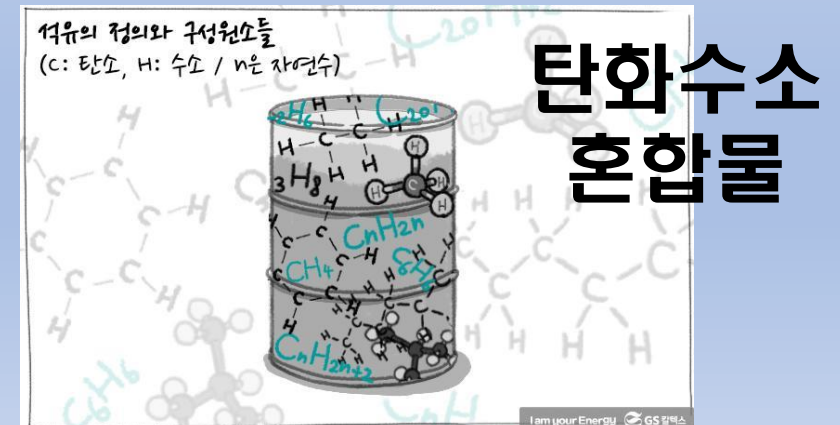
C + H 유기 화합물

순환 가능!

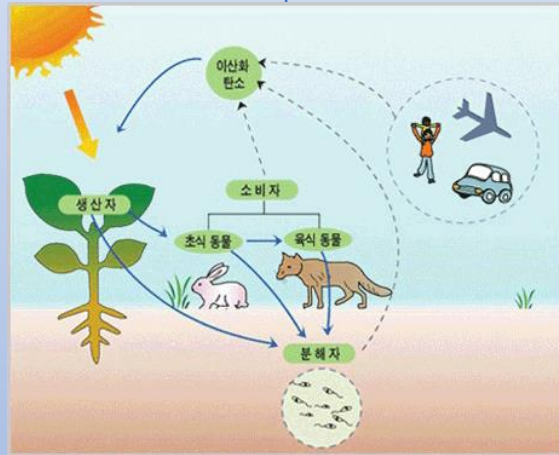
자연유래 C + H 유기 화합물 순환 1



열과 압력 중합(Polymerization)

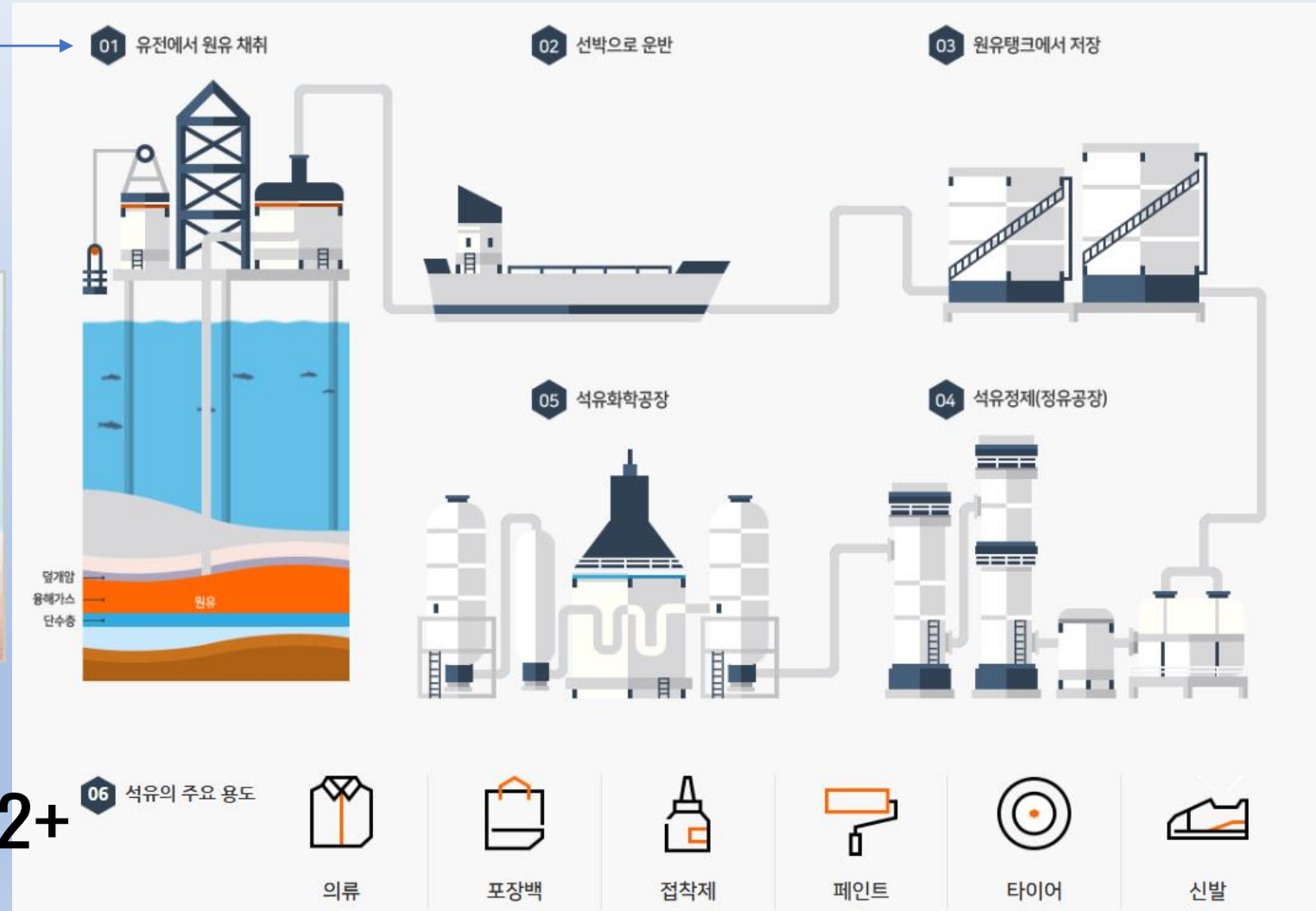


자연유래 C + H 유기 화합물 순환 2

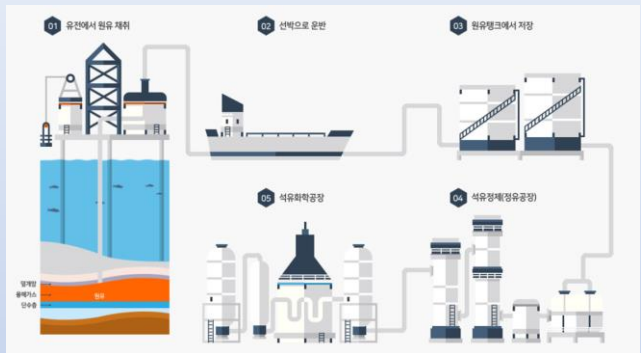


빛에너지

CO₂+



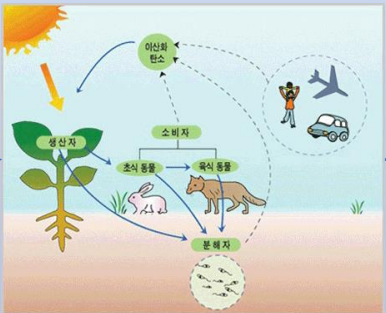
플라스틱의 순환



C+H 유기 화합물

CO₂

빛에너지



C,H 이외

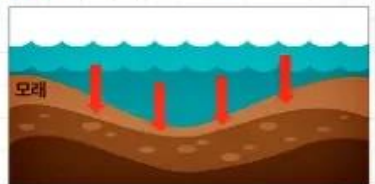
4-6%
[95%]

반짝반짝

1 유기물 퇴적



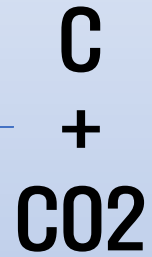
2 지압, 지열의 작용



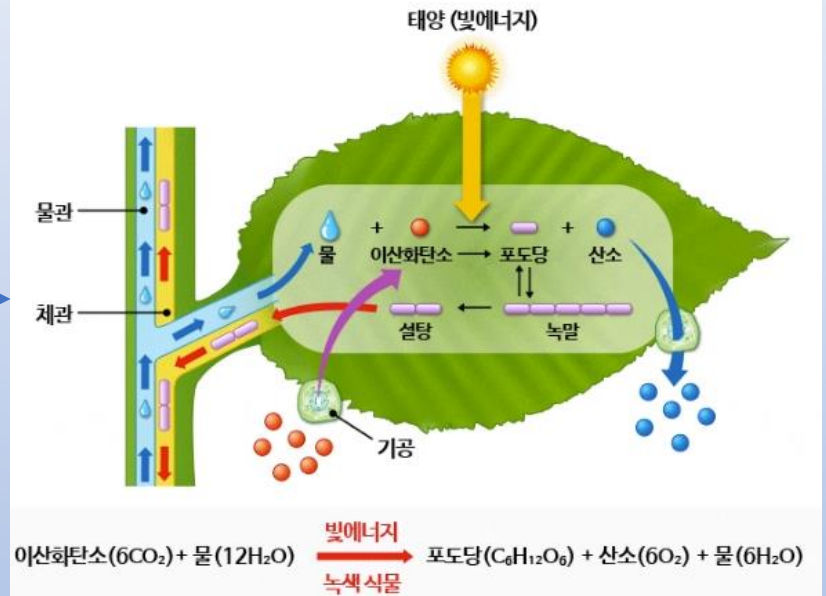
3 석유 생성



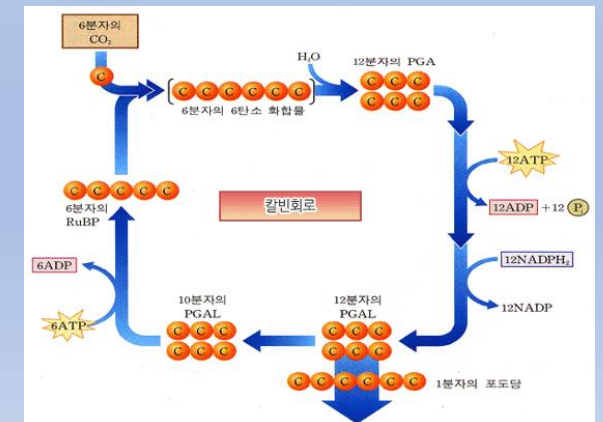
광합성



<https://m.blog.naver.com/ssf17/221779184958>



완벽!



Homo Sapiens

생태 구성원으로 플라스틱

**원유 따라하기
(C+H 탄화수소 혼합물)**

**항상 반짝반짝 플라스틱으로
바라보기**

생태 구성원으로 플라스틱

구분	PLA (폴리젯산)	PHA (폴리하이드록시알카노에이트)
유래	자연물 유래 (식물)	자연물 유래 (미생물)
원재료	옥수수, 사탕수수 등의 녹말	미생물의 먹이가 되는 당, 지방 등 유기물
핵심 공정	식물 원료를 발효하여 만듦	미생물이 스스로 합성하여 몸 안에 저장
석유 관련성	전혀 없음	전혀 없음

원료 확보

미생물 균주 찾기

원유 따라하기

구분	핵심 원리	주요 투입 원료	핵심 생산물	장점	단점 및 과제
열분해 (Pyrolysis)	무산소 상태에서 고열로 고분자 사슬을 불규칙하게 절단하여 기름으로 전환	혼합 폐플라스틱 (PE, PP, PS 비닐류 등)	열분해유 (정제 후 납사 등 석유화학 원료로 사용)	- 다양한 혼합 플라스틱 처리 가능 - '도시 유전'으로 불리는 직접적 자원화	- 불순물 제거를 위한 고도화된 후처리(정제) 기술 필수 - PVC 등 염소 함유 플라스틱 사전 선별 필요
가스화 (Gasification)	고온·저산소 상태에서 부분 산화시켜 고분자 구조를 완전히 파괴하고 가스로 전환	저급 폐기물을 포함한 모든 가연성 폐기물, 혼합 플라스틱	합성가스(Syngas) (수소, 메탄올, 암모니아 등 기초 화학 원료)	- 원료 제약이 거의 없음 - 수소 등 다양한 고부가가치 원료 생산 가능	- 막대한 초기 설비 투자 비용 - 생성 가스의 타르 및 불순물 정제 기술 요구
해중합 (Depolymerization)	중합의 역반응을 이용해 고분자 사슬을 선택적으로 끊어 최초의 기본 단위체로 복원	단일 재질 플라스틱 (PET, PS, 나일론 등)	단량체(Monomer) (새 제품과 동일한 품질의 순수 원료)	- 신재와 동일한 고순도 원료 확보 - 품질 저하 없는 무한 재활용(Closed-loop) 가능	- 적용 가능한 플라스틱 종류가 제한적 - 특정 재질을 선별해야 하는 복잡성
용매 기반 재활용 (Solvent-based)	특정 용매를 사용해 원하는 플라스틱만 선택적으로 녹여 분리, 정제	혼합 폐플라스틱	고순도 재생 폴리머 (고분자 구조 유지)	- 고분자 구조를 유지하며 첨가제, 오염물질 제거 - 고품질의 재활용 원료 생산	- 재질별 효과적인 용매 개발 필요 - 사용한 용매의 회수 기술이 경제성을 좌우

항상 반짝반짝 : 분별, 분리

구분 (공정 단계)	핵심 역할	주요 기술	기술 발전 동향 (고도화)
선별 공정	재질(PET, PE, PP 등), 색상별로 플라스틱을 분류하고 이물질을 제거하는 품질 결정의 핵심 단계	수작업 선별: 인력이 컨베이어 벨트에서 직접 이물질과 재질을 분류 기계식 선별: - 풍력 선별 (가벼운 비닐 등 분리)- 자력 선별 (금속류 제거) - 광학 선별 (NIR): 근적외선을 쏘아 재질별 고유 파장을 분석, 자동으로 분류	AI 기반 로봇 선별 • 딥러닝 기술을 탑재한 로봇이 재질, 색상, 형태는 물론 오염도까지 인식하여 사람보다 빠르고 정확하게 선별 • 선별 효율과 재생원료의 순도를 획기적으로 향상
분쇄/파쇄 공정	선별된 플라스틱을 잘게 부수어 세척 및 가공이 용이한 작은 조각 플레이크(Flake)로 만드는 단계	파쇄기 (Crusher): 단단하고 부피가 큰 플라스틱을 1차로 잘게 부숨 분쇄기 (Grinder): 파쇄된 플라스틱을 더욱 미세하고 균일한 크기로 분쇄	- 저소음, 저진동, 저전력 분쇄 기술 - 칼날의 내마모성 강화 및 교체 주기 연장 기술 - 필름류나 연질 플라스틱도 막힘 없이 처리하는 특수 분쇄기 개발
세척/분리 공정	분쇄된 플레이크에 붙어있는 흙, 음식물, 접착제 등 이물질과 오염물질을 깨끗하게 제거 하는 단계	비중 분리 (세척조): 물을 이용해 물에 뜨는 재질(PP, PE 등)과 가라앉는 재질(PET 등)을 분리 마찰 세척: 고속 회전 스크류를 이용해 플레이크를 서로 마찰시켜 표면의 이물질 제거> 고온 세척: 온수와 약품을 사용해 기름때나 강력한 접착제 성분 제거	- 세척 용수(用水)의 재사용률을 높이는 폐쇄형 순환 시스템 - 환경친화적인 고효율 세척제 개발 - 미세 플라스틱 유출을 최소화하는 필터링 시스템
용융/압출 공정	세척·건조된 플레이크를 녹여 압출기를 통해 균일한 품질의 '재생 펠릿(Pellet)'으로 생산하는 최종 단계	압출기 (Extruder): - 고온으로 플레이크를 녹여 용융 상태로 만듦 - - 스크류로 이송하며 불순물 가스(Gas)를 제거 - 국수처럼 뽑아낸 플라스틱을 잘게 잘라 펠릿 형태로 제조	- 고성능 탈취 기술: 용융 과정에서 발생하는 냄새를 효과적으로 제거하여 재생원료의 품질 향상 - 컴파운딩(Compounding) 기술: 재생 펠릿에 다양한 첨가제(보강재, 착색제 등)를 혼합하여 특정 물성(강도, 색상 등)을 강화한 고부가가치 맞춤형 원료 생산

항상 반짝반짝 마음 갖기 '아나바다'



개인적으로는

플라스틱이 걸어온 160년



마치면서 1

1860년대 | 플라스틱, 코끼리의 구원자로 등장하다

녹나무에서 추출한 고형분을 이용해 최초의 플라스틱으로 꼽히는 셀룰로이드(celluloid)

1880년대 | 할리우드 열풍의 주역, 플라스틱

조지 이스트만(George Eastman)은 플라스틱 소재의 '투명 셀룰로이드 필름 롤'을 개발

1880년대 | 할리우드 열풍의 주역, 플라스틱

조지 이스트만(George Eastman)은 플라스틱 소재의 '투명 셀룰로이드 필름 롤'을 개발

1900년대 | 천의 용도를 지닌 신소재, 최초의 합성 수지 베이클라이트의 등장

베이클라이트는 페놀과 포름알데히드를 축합해 내열성과 전기절연성, 내약품성*[efn_note]산, 알칼리, 염 등의 화학약품에도 견디는 성질[efn_note]이 뛰어난 특징
어떤 환경에서도 버티는 '천의 용도를 지닌 신소재'가 발명

1940년대 | 플라스틱을 활용한 식품 보관

Tupper

1940년대 | 사랑은 노래를 타고, 노래는 플라스틱을 타고

PVC(폴리염화비닐)를 이용한 LP판이 대중화되며 더 많은 사람들이 음악을 즐길 수 있게 되었는데요.
카세트테이프, CD 등 플라스틱을 활용한 더 작고 가벼운 기기의 등장으로 음악은 대중의 공유물로 자리매김

1960년대 | 플라스틱과 함께한 인류의 위대한 도약

우주복은 폴리에틸렌계를 비롯한 총 21가지의 플라스틱
일회용 마스크, 주사기, 인공관절, 인공혈관, 인공심장

마치면서 2

핵심 분야	주요 기술	R&D 핵심 목표	주요 참여 기관/기업
화학적 재활용	열분해 후처리 기술	- 열분해유 불순물(염소 등) 제거 및 고순도화 - 정유·석유화학 공정 원료(납사)로 직접 투입 - 상용 플랜트 공정 최적화	SK지오센트릭, GS칼텍스, 현대오일뱅크 등
	해중합 기술	- PET 등을 원료 단량체로 고효율 분해 - 저에너지·친환경 공정 개발 (예: 초임계 기술) - 신재와 동일한 품질의 고순도 원료 확보	LG화학, 롯데케미칼 등
물리적 재활용	AI 기반 초정밀 선별	- AI 비전 및 로봇을 이용한 선별 자동화 - 재질·색상·오염도 판별 정확도 극대화 - 고품질 재생원료의 순도 향상	재활용 설비, AI 및 로봇 기업
	식품용기 재활용	- 투명 페트병을 다시 식품용기로 재활용 - 이물질 제거를 위한 고도 세척·살균·소독 기술 - 국내외 식품접촉물질 안전 기준 충족	식음료, 재활용 및 설비 기업
바이오 플라스틱	차세대 바이오 소재	- 해양 등 자연에서 분해되는 PHA의 생산성·가공성 향상 - 내열성·내구성을 높인 고기능성 바이오 플라스틱 개발	CJ제일제당, LG화학, SK케미칼 등
	대체 원료 기술	- 비식용 바이오매스(폐목재 등) 활용 기술 - 이산화탄소, 미세조류 등 3세대 원료 활용 - 식량 자원과 충돌하지 않는 지속가능 원료 확보	한국화학연구원(KRICT) 등 정부출연연구소

마치면서 3

방사선 기술 융합 폐플라스틱 저감 기술개발 사업

[2024년 신규사업]

- 2024년도 예산: 20억 원
- 총 사업 기간: 2024년 ~ 2026년 (3년)
- 총 사업비: 약 230억 원
- 핵심 연구 분야:
 - 방사선 기술을 이용한 생분해성 플라스틱 원료 개발
 - 난분해성 플라스틱 분해 미생물 개발
 - 재활용 물질의 위해성 평가 기술 개발

주요 사업명	사업 기간	총 사업비 (국고 기준)	주관 부처 (추정)	핵심 기술 분야
폐플라스틱 활용 원료·연료화 기술 개발	2022~2026년	344억 원	환경부	열분해, 가스화 등 화 학적 재활용
폐유기자원을 C2 단량체로 전환 기 술개발	2022~2025년	270억 원	환경부	폐자원→에틸렌/아세 틸렌 전환 (화학적 재활용)
미래 발생 폐자원 재활용 촉진 기술 개발	2022~2024년	252억 원	환경부	태양광 폐패널, 폐이 차전지 등 재활용

마치면서 4

Plastikos



‘성형하기 알맞은’

‘모양을 만들 수 있는’

석유의 C를 원료로 사용하여

‘성형하기 알맞은’

‘모양을 만들 수 있는’

‘사용한 프라스틱 구조 내, C를 원료로 사용하여’

성형하기 알맞은’

‘모양을 만들 수 있는’

CCU

PPlastics(어원의 출발)

마치면서 5

플라스틱 과 자원순환

8 5 3 5 4 6 5 8

3 8 8 0 1 3

1 6 1 4

7 5

2

<

플라스틱 과 재활용

8 5 3 5 5 10 5

3 8 8 5 5

1 6 0

7 0

7