

산업단지의 순환경제 도입 현황 및 전망

• • • •

2021-05

산업기술정책 브리프 [2021-05]

산업단지의 순환경제 도입 현황 및 전망

Contents

I. 산업단지와 순환경제	1
II. 환경친화산업단지(EIP) 현황	4
III. 환경친화산업단지(EIP) 기술 동향	8
IV. 결론 및 시사점	34

* World Bank, Circular Economy in Industrial Parks: Technologies for Competitiveness, 2021.4에서 주요 내용을 요약 정리

개 요

■ 대다수의 산업단지에서 에너지 소비와 탄소발자국이 확대되고 있는 가운데 산업단지의 순환경제 도입 필요성이 제기

- 산업단지에는 다양한 업종이 집적되어 있고 산업생산과 결부된 환경 및 사회적 외부효과가 발생하고 있어 순환경제 원칙을 적용하는 데 이상적인 환경을 제공
- 순환경제 도입을 통해 산업단지 및 입주기업의 자원소비와 운영비용을 감축하는 동시에 자체 경쟁력을 상당한 수준으로 끌어올릴 수 있는 가능성 존재

■ 산업단지의 순환경제 도입을 위해서는 환경친화산업단지(Eco-Industrial Parks)와 같은 현실적 개념에서 출발할 필요

- '20년 기준 전 세계 환경친화산업단지는 438개로 '01년 이후 245개 이상 설립
 - 전체 절반 이상의 환경친화산업단지가 OECD 회원국에 설립되어 있으며, 공공기관 운영이 전체의 67%를 차지
- 환경친화산업단지는 다양한 기술을 활용해 순환경제로의 이행을 추진 중
 - (에너지) 에너지관리시스템, 태양에너지, 풍력, 바이오매스 및 폐기물 에너지화 등
 - (수자원) 빗물 저장, 담수화, 분리막 기술, 폐수처리, 폐수로부터 히트류·중금속 제거/회복 등
 - (소재·폐열) 산업적 공생, 소재 및 에너지 회복 등

■ 산업단지의 순환경제를 추진하는데 있어 기존 인프라 활용을 극대화하는 가운데 로컬 환경에 맞게 기술적 설계를 맞춤형으로 추진하는 것이 중요

- 이해당사자 간의 협업은 혁신적이고 기술 및 경제적으로 타당성 있는 지역 맞춤형 순환경제 솔루션 개발의 관건으로 작용

■ 우리 정부도 지난해부터 스마트그린산단을 통해 산업단지의 친환경 첨단 산업 기지화를 적극 시행하고 있는 가운데 다양한 이해관계자의 협력과 기업의 적극적 참여를 유도할 수 있는 다양한 지원책 실시 필요

- 재생에너지 발전, 자원 재활용 및 회수 등에 소요되는 비용과 관련하여 적절한 금융·재정적 지원 및 맞춤형 전략 추진이 중요

I. 산업단지과 순환경제

■ 산업단지(industrial park)는 특정 지역과 공간에 산업개발 노력이 집중된다는 측면에서 국가 산업 발전의 도약대 역할을 수행

- 산업단지는 각 정부 정책이나 국가 우선순위에 따라 다양하게 불리고 있으나 일반적으로 기업단지(business park), 산업지구/단지/클러스터(industrial estates/parks/clusters) 등의 명칭을 가진 단지가 규제 측면에서 상대적으로 많은 혜택을 수혜
 - 관세, 인센티브, 특화 비즈니스 지원 서비스 등의 기능이 더해지면서 특별경제구역(SEZ)*, 수출가공지역(EPZ)** 등으로 진화

* Special Economic Zones ** Export Processing Zones

- UNCTAD에 따르면, 특별경제구역은 140여 개국에서 산업 발전의 엔진 역할을 수행하는 것으로 조사
 - '19년 기준 전 세계에 5,400여 개의 특별경제구역이 운영 중이며, 약 500개가 추가 건설 중
 - 이 중 1,000개소가 지난 5년 내 건설되어 전 세계적으로 특별경제구역이 산업개발 모델로 주목받고 있다는 점을 시사

■ 단, 산업단지의 경제적 편익이 환경을 대가로 얻어지는 경우가 있으며, 이는 결국 산업단지는 물론 해당 단지 입주기업의 경쟁력에 부정적 영향을 초래

- 산업단지는 속성상 대다수가 에너지 소비와 탄소발자국이 큰 업종을 포함
 - '17년 기준 상품 제조와 관련된 소재 추출, 처리 및 생산으로부터 발생하는 온실가스 배출은 전체 배출의 62%를 차지
 - 같은 해 철강, 시멘트, 화학 및 석유화학 분야는 글로벌 최종 에너지 소비의 37%, 글로벌 탄소배출의 24%(8.5Gt)를 차지하고 있으나, 동 업종들에서의 소재 재사용은 점점 줄어드는 추세*

* 철강, 시멘트, 화학 및 석유화학 분야 소재의 재사용율 : ('17년) 9.1% → ('19년) 8.6%

- 이러한 산업단지와 에너지 소비 관련 데이터 및 추세는 산업과 산업단지에 순환경제 원칙을 적용할 경우 상당한 효율성을 도모할 수 있음을 시사

■ 이를 배경으로 환경친화산업단지(Eco-Industrial Parks, EIP)와 같은 새로운 유형의 산업단지가 주목

- 환경친화산업단지는 환경, 경제, 단지 관리, 사회적 성과(social performance) 등의 개선을 위해 각종 조치를 시행하는 산업단지를 의미
 - 세계은행, UNIDO 등은 환경친화산업단지를 “경제, 사회 및 환경 성과와 관련해 공동의 편익을 창출시킬 수 있도록 산업·커뮤니티의 횡단적 협력을 촉진하는 산업 지역”으로 정의
- 그간 환경투자는 비용으로만 간주되어 왔으나 이에 대한 인식이 변화하면서 지속가능성도 ‘선택’이 아닌 ‘필수’로 변화
- 맥킨지(McKinsey)는 순환경제 개념이 정착될 경우 '30년 경 유럽에서만 연간 7천억 달러의 비용을 절감하고 생산성 역시 3% 가량 제고할 수 있을 것으로 평가

■ 산업단지의 순환경제 강화를 목적으로 타깃화된 개입조치를 통해 다양한 업종에 걸쳐 시너지 효과를 창출하게 되면 비용 효과적인 성과를 거둘 수 있을 것으로 기대

- 산업단지에는 다양한 업종이 집적되어 있고 산업생산과 결부된 환경 및 사회적 외부효과가 발생하고 있어 순환경제 원칙을 적용하는 데 이상적인 환경을 제공
- 순환경제의 원칙을 관철함으로써 산업단지 운영자 및 입주기업은 자원소비와 운영비용을 감축하는 동시에 자체 경쟁력을 상당한 수준으로 끌어올릴 수 있는 가능성 존재
 - 전력 수요와 공급을 다변화·최적화함으로써 산업단지는 에너지 비용은 물론 온실가스 배출량까지 감축하는 효과를 유발

■ 산업단지가 이러한 성과를 거두기 위해서는 환경친화산업단지(EIP) 모델 및 기술의 활용이라는 혁신적인 접근법 채택이 요구

- 환경친화산업단지는 화석연료 등 고갈 가능한 자원 의존도를 줄이고, 물, 에너지, 소재 및 폐기물 등 산업생산에 필수적인 자원의 순환성을 제고
 - 재생에너지 활용도 제고, 산업적 공생 시스템 구축, 폐수 처리 및 재사용, 산업 공정에서 발생한 폐열의 활용, 고체폐기물 가치화 등이 필요
- 계획적인 접근법을 통한 시너지 효과를 위해서는 정부, 기업, 국제기구 등이 환경친화 산업단지와 같이 이미 존재하는 개념과 프레임워크에서 출발하는 것이 중요

- 세계은행, UNIDO, 독일국제협력공사(GIZ)는 환경친화산업단지 요건 등이 담긴 국제적 프레임워크를 공동 제정

〈표 1〉 세계은행, UNIDO 및 GIZ의 환경친화산업단지 주요 요건

주제	하위 주제	성과 요건
관리 및 모니터링	환경/에너지 관리 시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 입주기업이 에너지/환경 관리시스템을 운영 - 산업단지 운영자는 동 관리시스템 정보를 단지 수준에서 데이터의 축적, 관리 및 보고 실시 • 에너지 관리시스템을 통해 기업의 에너지 소비량의 최소 10% 이상 관리
에너지	에너지 네트워크와 폐열 회수	<ul style="list-style-type: none"> • 공동 에너지 및 열 교환 네트워크 구축 기회를 포착할 수 있는 메커니즘 및 프로그램 운영 - 산업단지 운영자는 물리적 네트워크를 제공하고 입주기업의 실행을 지원하는 프로그램 운영
	신재생 및 청정에너지	<ul style="list-style-type: none"> • 공동 서비스(태양광 가로등 등) 등에 재생에너지 활용 확대 계획 수립 - 단지 내 전력과 난방에 활용되는 재생에너지가 연간 전국 전력망에서의 재생에너지 비중보다 크거나 동일
	에너지 효율성	<ul style="list-style-type: none"> • 단지 및 입주기업 차원에서 에너지 효율성 제고 기회를 상시적으로 포착하여 에너지 사용과 이와 결부된 온실가스 배출량 감축 - EIP는 자체 및 입주기업에 대해서 기술 및 산업공정과 관련하여 개입 - 에너지 효율성 인증(LEED, EDGE, DGNB, ISO 50001 등)을 획득한 기업의 이산화탄소 배출량이 전체의 10% 이상
수자원 공급 및 폐수처리	폐수 처리/수자원 효율성, 재사용 및 재활용	<ul style="list-style-type: none"> • 단지 내 수자원 절약 및 재사용을 확대할 수 있는 시스템 구축 • 단지에서 발생한 산업 폐수의 100%를 적절한 환경기준에 맞춰 처리 • 단지 입주기업이 방출한 산업폐수의 25% 이상 재사용
폐기물 및 소재 재사용	폐기물/부산물 재사용 및 재활용	<ul style="list-style-type: none"> • 단지 내 입주기업의 소재(ex. 원자재 등) 재사용 및 재활용을 촉진하는 프로그램 및 메커니즘 운영 - 단지 내 기업이 배출한 비유해 고체 폐기물의 25% 이상을 다른 기업, 인근 단지 기업 혹은 커뮤니티가 재사용/재활용
	자원 보존	<ul style="list-style-type: none"> • 단지 운영자와 기업이 의무적으로 순환경제 원칙과 관행 채택 - 신규 원자재를 되도록 적게 사용한 순환 제품, 부품 및 부분품의 재사용과 재제조, 재활용된 소재의 광범위한 활용 등 • 20% 이상의 제조기업의 순환경제 관행 채택 - 산업공생 네트워크(Industrial Symbiosis Network) 참여 - 부차적 원자재의 교환 등 기타 순환경제 관행 추진
기후변화 및 자연환경	공기, 온실가스 배출 및 오염 방지	<ul style="list-style-type: none"> • 산업단지 차원에서 공기, 수로 및 토양 등의 오염 및 온실가스 배출을 제한하거나 저감하기 위한 노력 경주 - 저탄소 기술, 에너지 효율성 강화 조치, 순환경제 관행 채택, 폐열 회수 등 • 입주기업의 50%는 국가 규제치를 초과하는 오염물을 배출하지 않도록 오염 저감 및 방지 전략을 보유

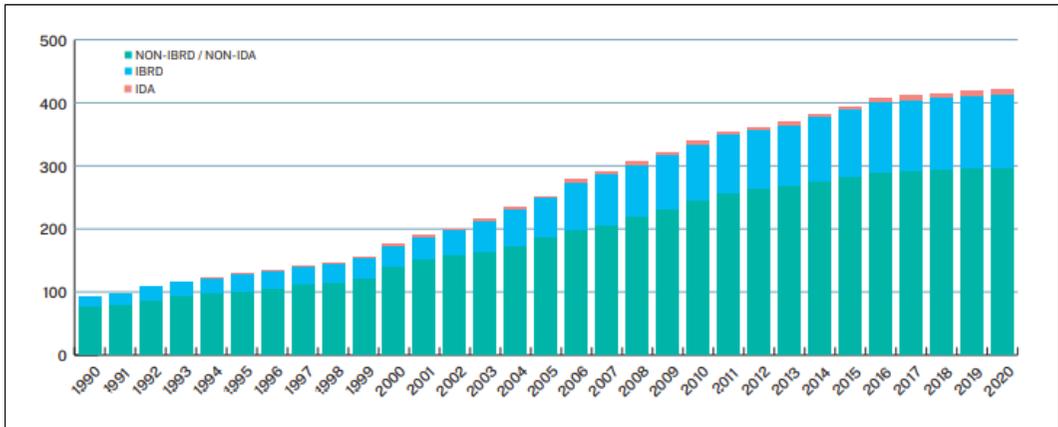
출처 : UNIDO, World Bank & GIZ, An International Framework for Eco-Industrial Parks, Version 2.0, 2021

II. 환경친화산업단지(EIP) 현황

■ 환경친화산업단지는 지난 20년간 전 세계적으로 지속 증가하는 추세

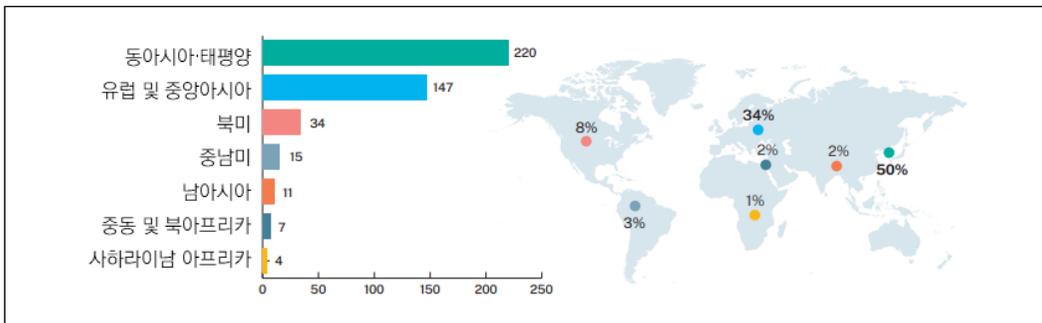
- '20년 기준 전 세계 환경친화산업단지는 438개로 '01년 이후 245개 이상 설립
 - 국제부흥개발은행(IBRD), 국제개발협회(IDA) 등의 지원을 받는 개발도상국의 환경친화산업 단지가 차지하는 비중은 전체의 29%로 작지만 급속히 증가하는 상황

〈그림 1〉 환경친화산업단지(EIP) 수 추이



- 전체 절반 이상의 환경친화산업단지가 OECD 회원국에 설립되어 있으며 지역적으로는 동아시아 및 태평양 지역이 50%, 유럽이 34%를 차지

〈그림 2〉 지역별 환경친화산업단지(EIP) 분포



○ 환경친화산업단지의 상당수는 공공부문에서 개발 및 운영 중

- 전체 환경친화산업단지 438개 중 운영주체는 공공부문 268개(67%), 민간부문 93개(23%), 민관협력파트너십(PPP) 39개(10%)로 조사
- 공공 환경친화산업단지 비중은 IBRD의 지원을 받는 개도국이 60%로, IBRD의 지원을 받지 않는 선진국 57%에 비해 높은 것으로 조사
- '00~'20년 동안 공공, 민간 및 민관협력 환경친화산업단지는 각각 4.8%, 3.4%, 5.2% 증가

■ 환경친화산업단지는 다양한 기술을 활용해 순환경제로의 이행을 추진 중

- 세계은행, UNIDO 및 GIZ의 환경친화산업단지 국제 프레임워크 2.0*는 △에너지 △수자원 △소재 및 폐열 등 3대 분야 기술이 순환경제를 촉진하는 것으로 평가

* International Frameworks for Eco-Industrial Parks Version 2.0

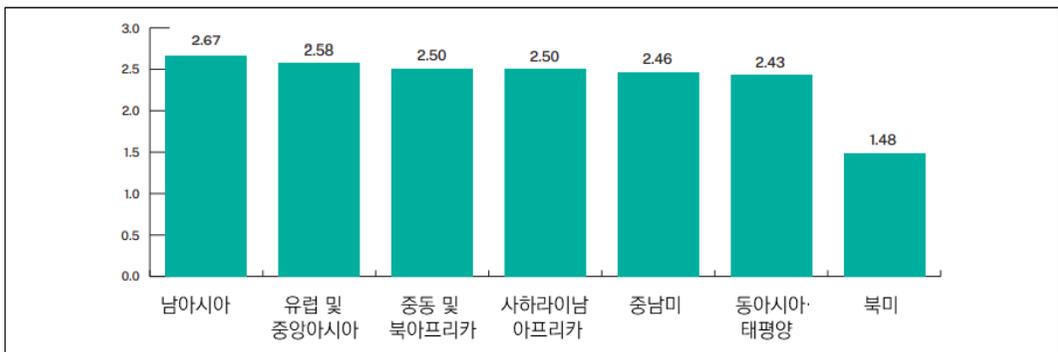
〈표 2〉 환경친화산업단지 기술

에너지	수자원	소재 및 폐열
<ul style="list-style-type: none"> • 에너지 관리 시스템 • 태양광 전력 • 풍력 • 바이오매스 및 폐기물 에너지 전환 	<ul style="list-style-type: none"> • 지속가능한 수자원 공급 • 폐수 처리 • 폐수로부터 중금속 및 금속 회복 	<ul style="list-style-type: none"> • 산업 공생 • 소재 및 에너지 회복

- 전 세계 환경친화산업단지는 순환경제 관련 3대 분야 기술을 평균 2.42건 활용 중

〈그림 3〉 지역별 환경친화산업단지 기술 채택 현황

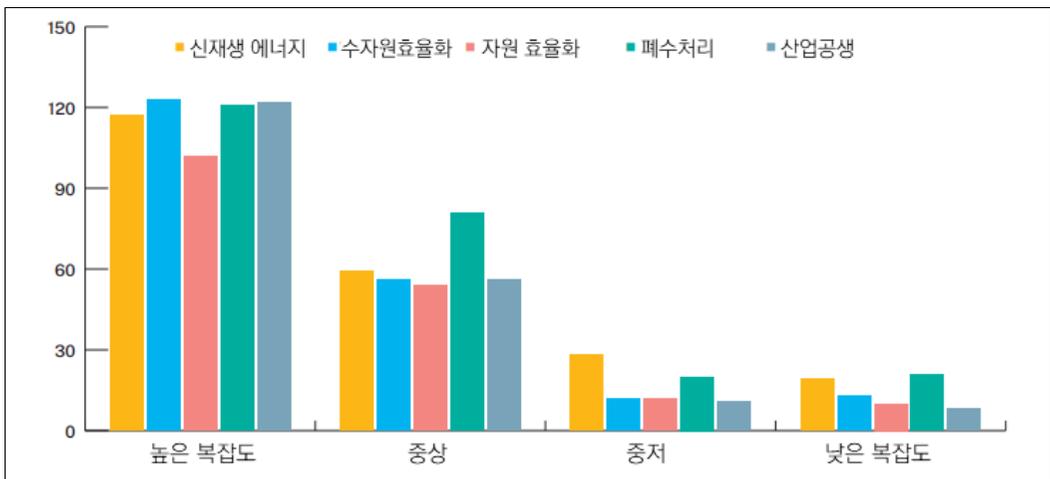
(단위 : 건)



- 활용도가 높은 환경친화산업단지 기술은 폐기물 처리와 재생에너지 기술로 각각 56.6% (248개 단지)와 51.8%(227개 단지)가 활용 중
 - * 수자원 효율성 47.5%(208개 단지), 산업공생 45.9%(201개 단지), 자원 효율성 41.3%(181개 단지)
- 기술 활용도 측면에서는 경제적 복잡도가 높은 지역과 낮은 지역 간 큰 차이가 있는 것으로 파악

〈그림 4〉 경제적 복잡도에 따른 환경친화산업단지 기술 채택

(단위 : 건)



- 공공부문의 산업단지 소유에 대한 참여가 환경친화산업단지 기술 채택에 긍정적인 영향을 준 것으로 해석
 - 조사 대상 환경친화산업단지 중 50% 이상이 3대 분야 환경기술을 모두 채택하고 있다는 점은 공공기관이 순환경제 활성화를 주도하고 있다는 점을 시사
- 도시와 산업 생태계가 통합되어 있는 경우에도 순환경제 네트워크 공유와 환경친화 산업단지의 영역을 확장하는 효과를 야기
 - 산업단지 내 산업생태계와 단지 외 지원기업 간의 연계 효과로 인해 대도시 인접성이 특별경제구역의 성공에 기여한다는 점을 확인
 - 도시와 산업 간 공생 관계는 지역 내 폐기물 관리 및 에너지 교환 등 순환경제 조성에 유리하게 작용

■ 산업단지 운영자는 혁신기술 투자 및 순환경제 철학·관행 도입에 있어 핵심적인 역할 수행 가능

- 목표를 설정하고 법적 구속력이 있는 협약을 체결하고 실행할 것
 - 온실가스 감축 등 구체적인 목표를 세우고 이를 구체화한 법적 구속력 있는 협약 (임대차계약 등)을 입주 기업과 체결하는 것이 중요
 - 지식 교환, 데이터 수집 및 관리를 조율하고, 입주기업의 신뢰를 구축하는 한편 다양한 이익과 니즈를 중재할 것
 - 산업단지 운영자는 환경기술 파악 및 도입 등에 있어서 공공과 민간 이해당사자 간의 이해를 조율하기에 최적의 위치를 점유
 - 도시-공단 간의 공생관계를 염두에 둘 경우 시정부 및 도시계획 담당 부서와의 소통은 공단 내 순환경제 실현에 핵심적
 - 수명주기 비용을 최적화하고 입주기업의 집합적 금융접근을 확대할 것
 - 공동/녹색 인프라 투자에 민간 투자를 촉진하고 입주기업에 대해서는 전력, 천연가스, 폐기물 수거 등과 같은 서비스의 중단 없는 제공 여건을 마련
 - R&D를 지원하고 테스트 시설을 제공할 것
 - 에너지 효율성, 비용 절감, 온실가스 감축 등 환경친화산업단지 기술은 타당성 조사/시범사업 단계에서 평가를 받아야 할 필요
 - 운영사와 입주기업은 공동으로 중앙정부나 지자체로부터 자금 지원 모색 가능
 - 효과적인 환경영향 모니터링 시스템과 기술을 활용할 것
 - 기술 채택 이후 그 성과 관련 데이터를 산업단지 및 입주기업 차원에서 수집
 - 환경친화산업단지 인증을 획득하여 입주기업의 시장접근을 지원할 것
 - 멕시코민간공단협회*는 ‘녹색공단’ 및 ‘지속가능산업단지’ 등의 인증제도를 시행 중이며, 기업의 공동 인프라 투자 및 글로벌 시장 진출에 유리
- * Mexican Association of Private Industrial Parks (AMPIP)
- 산업단지 운영자는 순환경제의 전략적 비전을 제시하는 것 이외에 기술의 집합적 활용을 통해서 단지의 지속가능성 제고 가능

III. 환경친화산업단지(EIP) 기술 동향

1. 에너지

■ 에너지는 모든 산업 공정의 필수 투입재로 기업의 생산이나 비용을 넘어서 산업단지와 입주기업의 경쟁력에 막대한 영향력을 행사

- 산업단지 및 입주기업의 경쟁력 제고를 위해 산업단지 운영자는 국제 표준에 맞춘 효과적 에너지 관리 시스템을 운영하며, 에너지 자원의 순환성 제고를 위해 혁신적이고 경제성 있는 기술의 적극 채택 필요
- 이를 위해 △저비용 에너지 소싱과 에너지 효율성 제고 △재생에너지의 적극적인 활용을 통한 탈탄소화 추구 필요

■ 저비용 청정에너지를 안정적으로 공급하기 위한 에너지 관리 전략 필요

- 목적 달성을 위해 산업단지 운영자 입장에서 수요측 또는 공급측 개입이 중요
 - (수요측 개입) 에너지 수요를 줄이는 방향으로 에너지 및 자원 효율성 제고를 위한 각종 조치
 - (공급측 개입) 전통적 에너지원과 비슷하거나 더 좋은 조건으로 에너지원을 다변화·최적화하는 등의 조치
- OECD 국가에서 산업단지 운영자는 단순한 부동산 비즈니스 모델에서 벗어나 서비스 기반 비즈니스 모델로 전환 중인 것으로 확인
 - 전 세계 438개 환경친화산업단지 중에서 196개소(44.7%)가 ISO 50001 인증 에너지 관리 시스템을 운영 중으로 대부분(183개소)이 OECD 회원국 소재
 - 서비스 기반 비즈니스 모델을 채택한 산업단지 운영자는 전용발전소 운영 에서부터 송배전, 에너지 거래 등의 에너지 관리 서비스도 제공

■ 선도적 산업단지들은 3가지 형태의 에너지 관리 비즈니스 모델을 운영 중

- △에너지 성과계약 △에너지 공급계약 △통합 에너지 계약으로 에너지서비스 기업(ESCO)이 이러한 모델에 의거해 에너지 서비스를 제공

- 현재 중국, 인도, 태국 등 개도국과 미국 시장에서 에너지 성과계약이 주류를 이루고 있으며, 프랑스와 독일 등 유럽지역에서는 에너지 공급계약이 주류

〈표 3〉 환경친화산업단지 에너지 관리 비즈니스 모델

구분	내용
에너지 성과계약 (Energy Performance Contracting, EPC)	• 턴키 서비스(엔지니어링 설계, 계획, 건설, 운영 및 보수)와 프로젝트 파이낸싱을 결합하여 고객에게 투자를 상회하는 비용절감 성과를 제공하는 수요측 개입 조치
에너지 공급계약 (Energy Supply Contracting, ESC)	• 턴키 서비스와 에너지 소싱 및 배전과 관련된 파이낸싱(전력, 압축공기, 열 공급 등)을 통해서 고객에게 저비용 안정적 청정 에너지 공급
통합 에너지계약 (Integrated Energy Contracting, IEC)	• EPC와 ESC를 결합하여 에너지 효율성을 제고하는 수요측 조치와 재생 에너지 등을 통한 저비용 에너지를 공급

- 이러한 에너지 관리 비즈니스 모델을 산업단지에 적용함으로써 자원 및 에너지 소비의 비효율성을 방지하고 입주기업에 경쟁력 있는 가격으로 전력 제공이 가능
 - 자원 보존, 온실가스 감축 등을 강화하면서 탄소배출권 획득을 통한 새로운 수입원 창출, 생산비 절감 등을 달성

■ 각 산업단지는 에너지관리시스템 관련 ISO 50001 인증을 획득함으로써 단지의 에너지 효율성을 높이고 운영비용을 감축하면서 투자가의 기대에 부응 가능

- ISO 50001 인증은 에너지 소비를 줄임으로써 실질적 비용절감으로 연계 가능
 - ISO 50001 인증은 국제표준기구(ISO)가 개발한 표준으로 에너지관리시스템 구축, 실행, 유지 및 개선과 관련된 요건을 적시
 - 터키 앙카라 ASO-1 산업단지*는 인증 획득을 위해 19만 달러를 투입했으며 투자비용 회수에는 16개월이 소요된 것으로 평가

* Ankara ASO-1 Organized Industrial Zone(OIZ)

- 각 정부는 국가적 정책을 통해 에너지 관리시스템의 확산과 보급을 촉진함으로써 산업단지의 비효율적 에너지 소비를 줄이기 위한 노력 필요
 - 터키는 '11년 '에너지 자원과 에너지 활용 효율성 증대를 위한 규제'*를 시행하고, 에너지 관리시스템 도입을 의무화하면서 산업단지의 ISO 50001 인증 획득을 유도

* Regulation Regarding the Increase of Efficiency in the Use of Energy Resources and Energy

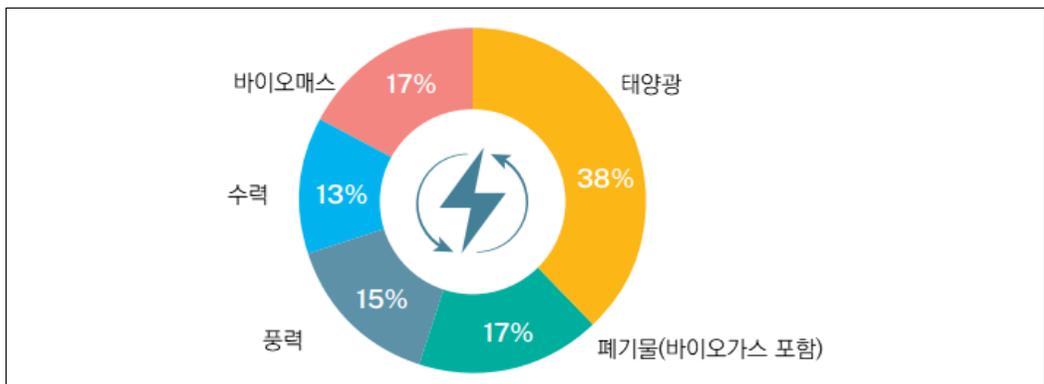
〈표 4〉 주요국 환경친화산업단지의 에너지 관리 시스템 추진 현황

국가명	EIP 개소	에너지 관리시스템 구축 EIP (개, 비중)
멕시코	9	8 (88%)
스웨덴	6	6 (100%)
독일	22	21 (95%)
한국	105	95 (90%)

■ 저비용 재생에너지 채택은 단지운영자가 입주기업의 경쟁력 강화를 위해 채택할 수 있는 전략 중의 하나

- 이외에도 재생에너지는 산업단지 운영자에게 새로운 수입원으로 역할 가능
 - 탄소배출 거래시스템에서 배출권 거래(EU, 중국) 또는 재생에너지 인증 거래 (인도) 등을 통해 창출된 시장에 참여하는 방식
- 전 세계적으로 전용 재생에너지 발전소를 설치하는 산업 단지가 지속적으로 증가하는 추세
 - 전 세계 환경친화산업단지의 35%(120개)는 재생에너지를 사용하고 있으며, 30%는 ISO 50001 등 에너지 관리시스템을 운영 중

〈그림 5〉 환경친화산업단지의 재생에너지 사용 분포



주 : 재생에너지를 사용하는 환경친화산업단지 120개가 대상

- 태양광은 에너지균등화비용(Levelized Cost of Energy, LCOE)이 가장 낮아 많은 각광을 받고 있는 상황

〈표 5〉 '25년 발전원별 에너지균등화비용(LCOE) 비교

(단위: 달러/MWh)

	설비 이용률(%)	균등화 자본비용	균등화 고정비용	균등화 가변비용	균등화 송전비용	LCOE
초임계 석탄화력	85	47.57	5.43	22.27	1.17	76.44
열병합	87	8.40	1.59	26.68	1.20	38.07
연소터빈	30	16.17	2.65	44.33	3.47	66.62
첨단원자력	90	56.12	15.36	9.06	1.10	81.65
지열	90	20.38	14.48	1.16	1.45	37.47
바이오매스	83	39.92	17.22	36.44	1.25	94.83
온소어 풍력	40	29.63	7.52	0.00	2.80	39.95
오프쇼어 풍력	44	90.95	28.65	0.00	2.65	122.25
태양광	29	26.14	6.00	0.00	3.59	35.74
수력	59	37.28	10.57	3.07	1.87	52.79

〈참고〉 터키 코냐 산업단지의 태양광 이용사례

- 개요 : 터키 코냐산업단지 (Konya Organized Industrial Zone, OIZ)
 - 면적 및 입주업체 : 2,283헥타르 내 622개 업체 입주
 - 주요부문 : 기계 및 장비, 육상차량, 트레일러, 고무, 플라스틱 및 식품 등
- 순환경제 솔루션 및 기술 채택
 - 4.5MW 급의 태양광 발전시설(연간 6.01GWh)을 단지 내 건립 (면적 65천㎡)
- 경제적 타당성
 - 자본비용: 4.5백만 달러
 - 연간 운영비용 : 34,000달러 (CAPEX의 0.75%)
- 가능 요인
 - 재생에너지법(Renewable Energy Law)에 의거하여 발전차액 보조
 - 에너지자원부의 전략계획 내에서 재생에너지 비중 목표 설정
 - '01년 경제자유화 이후 민간사업자 발전사업 참여 가능
 - EBRD 차원에서 재생에너지 건설을 적극 파이낸싱 지원
- 성과
 - 전력비용 절감 : 연간 단지 전력비용 절감분은 약 804,000달러
 - 연간 온실가스 감축량 : 4,420t-CO₂e

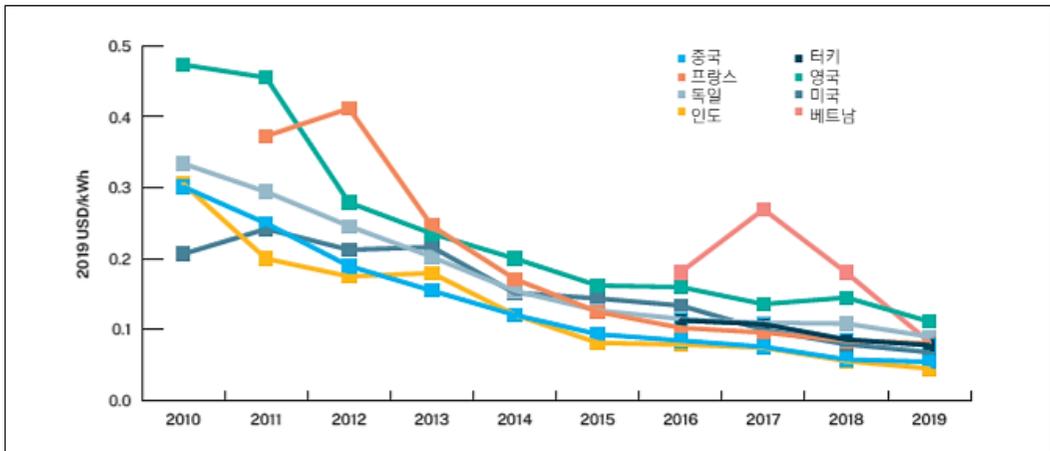
- 주요 시사점
 - 단지 내 공터에 전용 재생에너지 발전시설 건설
 - 전력 단가 비교를 통해 송전망 전력 등과 교차 사용
 - 재생에너지 관련 국가적 제도 속지 필요



■ (태양에너지) 태양광, 태양열, 태양 냉난방 시스템 등이 활용

- 태양광(photovoltaic)이 가장 보편적으로 활용되나 태양열(Concentrating Solar Power, CSP)과 태양 냉난방(Solar Heating and Cooling, SHC) 역시 환경친화산업단지 운영에서 높은 잠재력 보유

〈그림 6〉 신규 태양광 프로젝트 발전비용(LCOE) 추세



- **(태양광)** 가장 대표적인 태양광 패널 설치 방법은 △지상형 △육상형 △수상형으로 최근에는 수상형의 인기가 높아지는 상황
 - 태양광 발전의 라이프사이클 비용은 설치기술과 유지보수비용에 영향을 받기 때문에 에너지균등화비용(LCOE)이 송전망 전력보다 낮게 나올 경우 경제적 타당성 확보
 - 일부 지역적 격차는 있으나 태양광 발전 에너지균등화비용은 전 세계에서 지속 하락하는 추세로, 인도에서조차도 태양광 발전은 석탄화력 발전에 비해 저렴한 상황
 - 최근 들어 수상형 태양광 발전을 활용하는 산업단지도 나타나고 있으며, 가치가 높은 육상 공간을 사용하지 않아도 된다는 것이 가장 큰 강점

〈참고〉 방글라데시 BSMSN 경제지역 수상 태양광 발전 이용사례

- 개요 : 방글라데시의 BSMSN 경제지역(Bangabandhu Sheikh Mujibur Shilpa Nagar Economic Zone)
 - 면적 및 입주업체 : 12,140 헥타르 내 131개 업체 입주
 - 주요부문 : 섬유류, 농산물 등
- 순환경제 솔루션 및 기술 채택
 - 세계은행 금융 지원으로 수상형 태양광 발전시설(10MWp) 설치
- 경제적 타당성
 - 자본비용: 1천만 달러
 - 연간 운영비용 : MW 당 10,000달러 → 연간 10만 달러 수준
- 가능 요인
 - 중앙 정부가 지속가능재생에너지개발청(Sustainable and Renewable Energy Development Authority, SREDA)을 운영하는 등 정책 의지 확고
 - 방글라데시경제지역청(BEZA)의 적극적 개발 의지
 - 세계은행에서 방글라데시 정부에 310MW 규모의 재생에너지 금융 지원 약속
- 기대 효과
 - 180GWh 가량의 화석연료 발전소를 대체함으로써 탄소배출량을 8만 톤 감축
- 주요 시사점
 - 인구밀도가 높은 방글라데시 등에서 수상형 태양광발전의 경제적 타당성은 높은 편
 - 단, 지역적으로 연안 산업단지에만 적용 가능

- **(태양열)** 담수화 공정, 식품 가공, 화학 공정, 광물 처리 등 다양한 공정에서의 발전에 활용 가능
 - 열에너지 저장 기술 등을 활용해야 할 경우 설치비용이 동급 태양광 대비 4.5배를 상회하기 때문에 높은 잠재력 대비 보급률은 적은 상황
 - 비용 역시 지속적 감소추세로 열에너지 저장을 난방 등으로 활용하게 될 경우 경제적 타당성은 높아질 것으로 전망
- **(태양 냉난방)** 태양에너지로부터 온수 공급, 공간 냉난방 등에 활용
 - 설치비용은 기술 내용에 따라 상당한 차이를 나타내는 경향이 있으며, 시스템 평가를 추진하지 않을 경우 상당한 유지보수 비용이 유발
 - 적절한 디자인 가이드라인이 정립되어 있지 않기 때문에 단지 운영자 입장에서는 기술 전개에 애로사항 존재

■ **(풍력) 풍력은 태양 에너지에 대한 강력한 대안으로 인식**

- '19년 현재 온쇼어 풍력발전 에너지균등화비용은 인도와 중국에서 각각 0.046달러/kWh, 0.049달러/kWh를 기록하는 등 경제성 측면에서는 상당한 수준의 타당성 보유
- 산업단지 운영자는 단지 수준에서 적절한 계약/판매 정책을 개발함으로써 입주 기업의 풍력 활용을 촉진 가능

〈참고〉 벨기에 에볼리스 비즈니스단지의 풍력 발전 이용사례

<ul style="list-style-type: none"> • 개요 : 벨기에 에볼리스 비즈니스 단지(Evolis Business Park) <ul style="list-style-type: none"> - 면적 및 입주업체 : 25 헥타르 내 15개 업체 입주 - 주요부문 : 건설소재, IT 솔루션, 섬유 의류, 장비 및 전자제품 등 • 순환경제 솔루션 및 기술 채택 <ul style="list-style-type: none"> - 단지 내 2MW 용량으로 4기의 풍력 터빈 설치, 입주기업 및 5,900세대에 전력 공급 • 경제적 타당성 <ul style="list-style-type: none"> - 자본비용: 1,186만 달러 - 연간 운영비용 : 87,000달러 • 가능요인 <ul style="list-style-type: none"> - 벨기에 정부는 온실가스를 '50년까지 '90년 대비 80~95% 감축기로 결정('13년) - 이에 각 지자체가 호응하여 2020년까지 이산화탄소배출량을 20% 삭감정책을 수립 - 민관협력 파트너십의 형태로 단지 내 풍력 터빈 설치 추진 • 성과 : 연간 10,311톤의 이산화탄소 배출량을 감축

- 산업단지 내 풍력 발전 추진에 있어 몇 가지 장애 존재
 - 위치에 따라 풍력의 잠재력이 달라지기 때문에 모든 산업단지에 맞는 옵션이 아닐 가능성 존재
 - 풍력 터빈 날개의 경우 견고하지만 부드러운 수지와 화이버글라스 혼합물로 만들어지기 때문에 수명 종료 후 재활용 및 재사용의 여지가 없는 문제 발생
 - * 미국의 경우 향후 20년간 72만톤의 날개 폐기물이 발생할 것으로 전망
 - 소음공해로 인해 EU에서는 '18년 환경 소음가이드라인을 발표
 - 풍향, 풍속, 풍량 등의 가변성으로 인해서 전력망 안정성 유지 곤란
 - 유지보수비용이 풍력 에너지균등화비용의 30%를 차지할 만큼 높은 상황

■ (바이오매스 및 폐기물 에너지화) 유기폐기물 및 바이오매스 열처리하는 산업단지와 인근 시 정부 간에 통합서비스로 추진 가능

- 산업단지 외부와의 연계를 통해서 전력 가격의 경쟁력을 강화하고, 폐기물을 에너지 원료로 활용함으로써 산업단지와 지역의 폐기물 증가를 최소화
 - 이 과정에서 발생한 부산물이 적절히 처리되지 못한다면 환경, 보건 및 기후 관련 리스크 초래 가능
- 산업단지 운영자는 바이오매스와 폐기물을 에너지화하는 데 있어 2가지 유형의 기술 검토 가능
 - (연소/소각 과정) 폐기물·바이오매스 연소에서 발생된 열은 증기 터빈을 작동하는 데 사용되어 전력을 발생
 - (가스화 과정) 탄소를 포함한 재질이 포함된 피드스톡이 합성가스로 전환되고 가스터빈을 작동하는 데 사용되어 전력을 발생
- 바이오가스는 산업단지에 중요한 재생에너지원이자 인근 도시와의 공생 계기로 작용
 - 스칸디나비아 국가들은 산업단지 내 바이오가스 프로젝트 시행 면에서 모범 사례를 제공하는데, 스웨덴의 경우 관련 국가 환경 규제와 EU 지침을 결합하여 환경친화 산업단지 내 바이오가스 플랜트 설치를 합리화
 - 이들 국가는 폐기물 분류, 유기 폐기물과 여타 가연성 폐기물의 매립 제한 등의 정책과 더불어 폐기물 소각에 대한 세금을 부과함으로써 이 같은 성과를 제고

- 폐기물 에너지화 소각 플랜트 건설비용은 중국의 경우 폐기물 처리여력 1톤당 250 달러, 미국은 840 달러로 추산되는 등 국가마다 차이
 - 반면, 가스화 공정의 경우 상당히 높은 비용 소요
 - * 열분해(pyrolysis): 8,000~11,500달러/kW, 혐기성 소화(anaerobic digestion): 7,500~11,000달러/kW

〈참고〉 독일 획스트 산업단지의 바이오가스 이용사례

- 개요 : 독일 획스트 산업단지(Hoechst Industrial Park)
 - 면적 및 입주업체 : 460 헥타르 내 90개 업체 입주
 - 주요부문 : 제약, 바이오기술, 기초 및 특수화학, 농약, 식품첨가제 등
- 순환경제 솔루션 및 기술 채택
 - 산업용 바이오 고형폐기물 및 부산물로부터 3만㎡의 바이오가스를 발생시키는 통합소화(codigestion) 공장을 건설
 - 발생된 바이오가스로는 전력과 스팀, 바이오메탄 등을 생산
- 경제적 타당성
 - 자본비용: 1,800만 달러
 - 연간 운영비용 : 산업단지 운영자가 부담
- 가능 요인
 - 독일은 세계 최대 바이오가스 시장
 - EU 차원의 공동농업정책이 바이오가스 발전을 위한 바이오매스 가득성을 제고
 - '04년 도입된 재생에너지법은 이 같은 시장 환경 조성에 유리하게 작용
 - 산업단지 운영자(Infraserv)의 비전과 계획
- 성과
 - 연간 31만 톤의 하수 슬러지와 19만 톤의 보조기질(cosubstrates) 처리

- 기술 활용에 있어 다수의 과제도 발생
 - 폐기물 소각과 관련된 부정적 환경 외부성의 존재
 - 폐기물의 형태가 일관적일 필요
 - * 음식 폐기물은 젖어있기 때문에 소각에 어려워 그만큼 칼로리 가치도 낮은데다, 해마다 양도 자주 변화해 전력발전에는 부적합
 - 피드스톡 공급 안정성이 중요하며, 산업단지 폐기물로는 충분치 않을 가능성 존재
- 폐기물 에너지화 기술이 활용되기 위한 여건도 중요
 - 인근 지자체와의 협력, 무분별한 쓰레기 투기를 막기 위한 규제, 정부의 재정적 지원 등 금융상의 지원책 등 필요

〈표 6〉 산업단지의 재생에너지 솔루션 도입을 위한 정책 제언

분야	애로사항	정책 개입 사례 및 제언
에너지 시장 개혁	<ul style="list-style-type: none"> 규제 시장에서는 에너지 발전 비용 증가가 소비자에 전가되지 않기 때문에 더 높은 효율성을 도모할 필요성 부족 	<ul style="list-style-type: none"> 전력의 비용구조를 수정하여 송전망 전력 단가에 상향압력을 가하게 될 경우, 단지 운영자와 입주기업이 보다 저렴한 재생에너지 활용 가능
전용 발전 전략	<ul style="list-style-type: none"> 재생 전용 발전 시설은 자본 비용이 높으며, 특히 에너지 판매를 목적으로 하는 전력망 규모의 재생에너지 투자는 상당한 규모의 투자 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 재생에너지 서비스 기업(RESCO)들을 육성하여, 제3자 재생에너지 공급업체로의 접근성을 개선 넷 미터링을 도입하여 입주기업이 전체 전력 소비량 중에서 현장 재생에너지 생산량만큼 상쇄할 수 있도록 여건 마련
환경외부성 관리	<ul style="list-style-type: none"> 가장 보편적인 폐기물 에너지화 기술인 소각로는 환경보호 조치에도 불구하고 오염을 증가시키는 결과 초래 	<ul style="list-style-type: none"> 폐기물 관리, 쓰레기 분리, 처리 및 매립 과정에 대한 감독을 강화하기 위해서 선택적 금지, 과세 등을 추진함으로써 환경적 부작용을 감축
금융 및 재정적 지원	<ul style="list-style-type: none"> 적절한 금융 및 세제 혜택이 없으면 재생에너지는 화석연료 대비 경쟁력이 취약 	<ul style="list-style-type: none"> 청정 기술에 대한 전용 펀드를 모집하여 지원 하고, 녹색 채권 등 시장에 기반을 둔 톨을 통해서 재생에너지를 위한 금융 자원을 확충 투자세제 혜택(ITC), 생산세제 혜택(PTC), 자본 및 이자 보조금 등과 같은 재정적·금융적 인센티브 설계 프로젝트 준비 및 타당성 조사의 경제성을 높이기 위한 보조금 마련
기술 보급	<ul style="list-style-type: none"> 신재생 기술 연구개발과 프로젝트 시행의 모범사례 등은 일부 업선된 국가 정부, 기업 혹은 시행기구 등에 국한되기 쉽기 때문에 보다 적극적인 협력을 통해서 재생기술의 확산을 촉진할 필요성 제기 	<ul style="list-style-type: none"> 펀딩 기관의 맞춤형 지원을 이끌어낼 수 있도록 재생에너지 기술 관련 토종 R&D 및 시범사업을 적극 지원 전문지식과 기술 이전 플랫폼을 개발하여 맞춤형 재생 솔루션과 에너지 니즈 간의 합치를 지원 양자간·다자간 협력을 활성화하여 청정기술에 대한 투자를 촉진

2. 수자원

■ 물은 산업생산을 포함해 경제 및 사회개발의 핵심 자원

- 물은 생리적인 니즈뿐만 아니라 다양한 주거용, 상업용, 농업 및 산업용 목적으로 소비
 - UNESCO에 따르면, '19년 기준 농업은 글로벌 물 사용의 69%를 차지하고 있으며, 산업과 가정이 각각 19%와 12%를 차지
 - 세계인구 증가와 경제성장이 진전되면서 물 소비는 '50년까지 20~30% 가량 증가할 것으로 전망
- 물의 수요 증가에도 불구하고 절대적 총량이 증가하지는 않을 것이기 때문에 22개국 20억 명에게는 높은 수준의 물 부족 사태가 나타날 전망
 - 현재와 같은 추세의 자연환경 악화가 진행된다면 '50년에는 글로벌 GDP의 45%, 세계 인구의 52%, 세계 식량 생산의 40% 가량은 물 부족에 직면

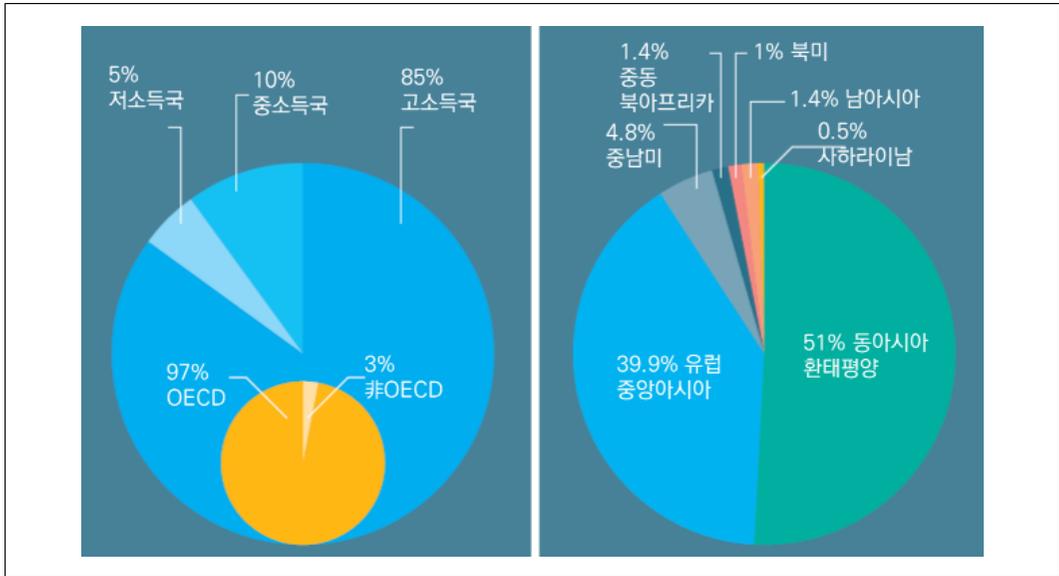
■ 물 부족 문제에 적극적으로 대응하기 위해서는 산업계에서 현장 폐수 리사이클링, 물 소비를 줄이기 위한 첨단 냉각기술 등의 채택이 필요

- 산업단지 차원에서도 단지 내 물 사용의 효율성을 제고함으로써 단지의 지속 가능성과 입주기업의 경쟁력 제고에 역할 가능
- 이를 위해서는 한정된 육상 수자원 활용을 최소화하고 재생가능 수자원(빗물) 활용을 강화하면서 전통적으로는 쓸 수 없었던 수자원(염수)까지 활용 필요

■ 환경친화산업단지 438개 중 208개(47.5%)는 수자원 효율화 기술을 사용 중이며 대다수는 고소득 선진국, 특히 OECD 회원국에 몰려 있는 상황

- 수자원 이용 효율성을 증대하기 위한 조치를 취하는 환경친화산업단지 중 공공기관 운영 단지가 다수를 차지
 - 수자원 효율화 기술을 활용하는 환경친화산업단지 208개의 운영주체 비율은 공공기관 66.3%, 민간 25%, 민관협력 파트너십 8.7%로 확인

〈그림 7〉 수자원 효율화 기술의 지리적 분포 상황(환경친화산업단지 소재지)



- 순환경제 접근은 물부족 지역의 환경친화산업단지나 산업단지에서 더욱 필요
 - 고갈될 수 있는 담수 자원의 이용을 최소화하면서 수자원 및 폐수 재사용을 극대화할 수 있는 다양한 기술 채택이 필요

■ (빗물 저장) 지붕이나 집수 지역에서 빗물을 직접적으로 받아두어 저장·재사용하는 공정

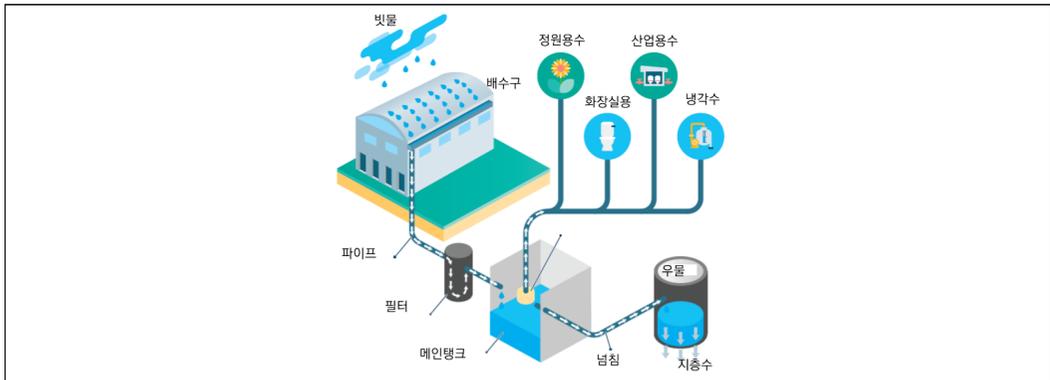
- 빗물 저장은 대형우수저장, 빗물지붕저장 등 2가지 기술로 구분 가능

〈표 7〉 빗물 저장 기술

구분	내용
대형 우수 저장 (large-scale stormwater harvesting)	<ul style="list-style-type: none"> • 배수관을 통해서 집수된 빗물을 사용 - 집수된 폭우에는 오염원이 섞여있을 수 있으므로 본격 사용 이전에 소정의 처리 과정을 거칠 필요 - 이 같은 처리과정은 최종용도에 따라 달라질 수밖에 없으며, 건설용/소방용의 경우 단순한 필터링/살균 과정만 필요하나, 식수용으로 쓰기 위해서는 스크리닝, 응집, 필터링, 탄소 흡수, 살균 등 복잡한 처리가 필요
빗물 지붕저장 (rainwater harvesting)	<ul style="list-style-type: none"> • 지붕에서 빗물 저장 - 지붕에 저장된 빗물은 우수에 비해서는 오염도가 낮기 때문에 최소의 처리 과정을 거쳐서 산업에 활용 가능

- 빗물 저장 시스템을 구축하는 데 필요한 비용은 규모와 저장고 크기 등 설계 요소 등에 따라 차이
 - 인도와 같은 개발도상국에서는 빗물저장 시스템은 평방미터 당 1~1.5 달러의 비용이 투입되는 것으로 조사
 - 투자에 대한 재무적 수익 역시 공공 당국이 부과하는 수도료 등에 따라 달라질 수밖에 없는 구조
 - 빗물 저장 시스템은 구조가 간단하고 유지보수(저수지 청소, 펌핑 시스템 유지, 필터 교체 등) 비용도 적은 장점을 보유하고 있어페이백 기간도 대체적으로 짧은 편
 - 기후변화에 따라 프로젝트 추진 지역에서 강우 패턴이 변할 경우 빗물 집수량에 리스크로 작용 가능

〈그림 8〉 빗물 저장 시스템 체계도



- 산업단지에서의 빗물 활용 기술 채택을 위해서는 수도료 인상, 조세 인센티브, 관련 인지도 제고 등 몇 가지 정책조합이 필요

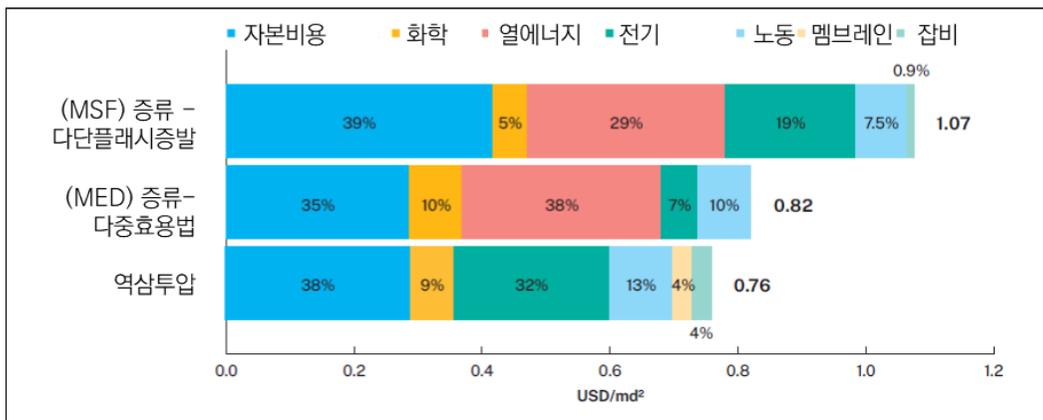
〈사례〉 말레이시아의 빗물 활용 사례

- 말레이시아는 연간 강우량이 많고 인구 1인당 물 사용량*도 높은 편
 - * 1일 당 209~228리터
 - 전체 물 사용량 수요의 36%가 산업용에서 비롯
- 수자원 보존과 지속가능성을 높이기 위해 말레이시아 정부는 '09년 작성된 국가기후변화정책에서 물 사용 효율화를 주요한 지침으로 규정
- 이에 따라 조호르주에서는 산업용 수도료를 물 소비수준에 따라 차등화
 - 산업단지에서는 수도료 비용을 절약하기 위해서 빗물 저장시스템 구축에 투자

■ (담수화) 담수가 부족하고 해안에 위치한 산업단지의 경우 담수화 기술 적용 가능

- 담수화 기술은 탈염 필요성이 높을수록 에너지와 유지보수 비용이 많이 들어가게 되어 있으나, 산업용수의 경우 탈염정제의 필요가 그만큼 낮기 때문에 담수가 부족한 해안, 해안염호, 해양인접 강하구 등에 위치한 산업단지에는 유용한 기술
- 현재 중동과 북아프리카 지역이 전 세계 담수화시설의 48%를 차지하고 있으나 주로 지자체 상수도용으로 활용
 - 산업용 담수화시설은 북미, 동아시아 및 환태평양, 서유럽에 집중되어 있으며, 각각 전 세계 담수화 설비의 18.4%, 11.9%, 9.2%를 차지
- 산업단지 차원에서는 역삼투압(Reverse Osmosis, RO) 등을 활용한 멤브레인 방식과 열증류 방식 등 적용 가능
 - 역삼투압 방식은 전체 담수화 공장의 84%, 전 세계 담수화된 수자원의 69%를 차지할 정도로 인기가 높은 상황
 - 역삼투압 방식은 에너지를 적게 사용하고 수율도 높은 편으로 순환경제 관점에서는 역삼투압 방식이 바람직
- 담수화 시설은 초기 자본투자 비용이 담수 생산 비용의 40%를 차지할 정도로 크며, 에너지 비용도 담수 생산비용의 40% 이상을 차지
 - 해양수의 염도가 높을 경우 유지보수 비용에 부담으로 작용

〈그림 9〉 담수화 기술별 비용구조



〈사례〉 트리니다드 토바고 포인트 리사스 단지의 담수화 설비 이용 사례

- 개요 : 트리니다드 토바고 포인트 리사스 단지(Point Lisas Industrial Estate)
 - 면적 및 입주업체 : 862 헥타르 내 103개 업체 입주
 - 주요부문 : 메탄올, 암모니아, 우레아, 제철 및 경공업
- 순환경제 솔루션 및 기술 채택
 - 지하수 자원의 한계로 인해 산업 발전에 장애
 - 트리니다드 토바고 담수화공사(DESALCOTT)에서 담수화 작업을 처리, 국가 수자원청 (Water and Sewerage Authority, WASA)에 판매
 - WASA는 절반가량을 산업단지에 판매하고 나머지는 생활용수로 활용
- 경제적 타당성
 - 자본비용: 2억 달러
- 가능 요인
 - 산업단지 운영업체는 기술 검토를 통해서 타당성에 의거 담수화 공장 설립추진
 - 양질의 용수를 입주업체에게 제공하면서 업체들이 개별적으로 수처리를 하지 않아도 되기 때문에 운영비용 절감 가능
 - 상수도료가 높기는 하나 경제적 타당성 입증
- 성과
 - 담수 소비량을 1일 4만^m³ 절감

■ (분리막 기술) 분리막 기술은 물을 정화하고 폐수를 처리하는 데 핵심적인 기술로 산업단지 폐수 재사용에 필요

- 가장 보편적인 기술은 가압 분리막 처리기술(pressure-driven membrane processes)로 산업단지 상수도 사전처리와 하수도 사후 처리 등에 활용
 - 지류 인근에 위치한 산업단지에서 입주 기업에 용수를 공급하는데 사용되며, 특히 오염된 수자원에 적용
- 자본 비용 등은 처리 시설의 규모, 처리 수량, 처리 후 수질 수준 등에 따라 다를 수밖에 없으며, 처리 수질 수준이 높을수록 자본 및 유지보수 비용도 상승
 - 산업단지 차원의 기술 적용을 위해서는 최종사용자에게 부과할 수도료 평가액과 기존 수도료를 비교함으로써 경제적 타당성 확인 필요

■ (폐수처리) 산업단지에는 효과적인 폐수처리 플랜트와 시스템이 필요

- 첨단폐수처리(advanced wastewater treatment), 폐수무방류 시스템(Zero-Liquid Discharge, ZLD), 희토류·중금속 제거/회복(heavy and rare earth metal removal/recovery) 등이 가장 보편화된 순환경제 수단
- (첨단생물폐수처리기술) 산업단지에서 발생하는 유기 폐수(탄소, 질소 및 인 등으로 구성)를 처리하기 위해 사용
 - 표준활성슬러지법(Conventional Activated Sludge, CAS), 연속식회분반응기(Sequence Batch Reactor, SBR), 막생물반응기(Membrane Bioreactor, MBR) 등이 가장 보편적

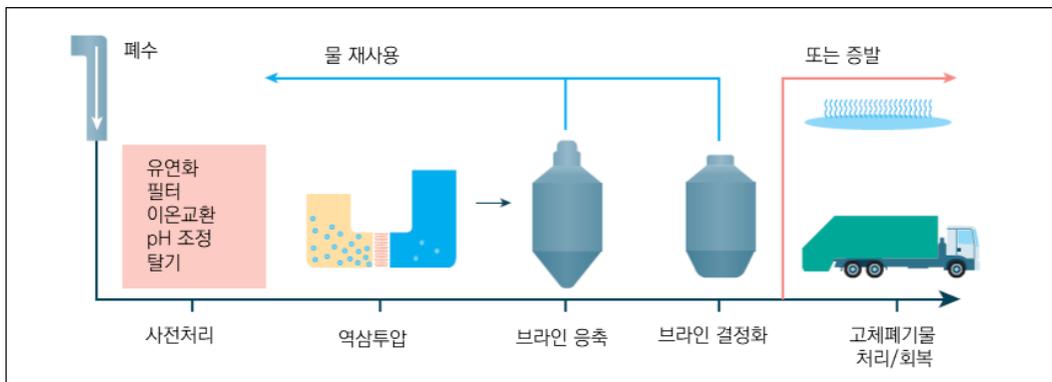
〈표 8〉 생물폐수처리기술 비교

표준활성슬러지법(CAS)	연속식회분반응기(SBR)	막생물반응기(MBR)
프로세스		
<ul style="list-style-type: none"> • 산소를 주입하여 유기폐기물을 분해하는 미생물을 발생 • 상층부에 맑은 액체가 형성되어 제거될 때 미생물은 하층부로 침전 	<ul style="list-style-type: none"> • CAS와 공정이 유사하며, 유일한 차이는 전 공정에 단일 탱크만을 사용 	<ul style="list-style-type: none"> • CAS 공정에 막을 달아서 미세 필터링을 추진 • 처리된 폐수가 막을 통과하는 동안 부유물질과 분리
처리된 물의 품질		
<ul style="list-style-type: none"> • 불균등 	<ul style="list-style-type: none"> • CAS와 동일하지만 병원체 제거율 저조 	<ul style="list-style-type: none"> • 폐수에 부유물질이 너무 많이 함유되어 있지 않는 한 고품질
운영 과정의 용이성		
<ul style="list-style-type: none"> • 상대적으로 용이 • 가장 보편적으로 보급된 기술 	<ul style="list-style-type: none"> • 정밀 제어방식과 타이밍으로 인해 CAS 대비 높은 숙련도 필요 • 공기주입 기기 막힘, 슬러지 배출 타이밍 등에서 장애가 빈번 • 무단절 전력 공급 필요 	<ul style="list-style-type: none"> • 막 청소, 추가적 화학물질 및 전력 사용, 정기적 막 교체 등으로 인해 높은 유지관리 비용
공간 요건		
<ul style="list-style-type: none"> • MBR, SBR 대비 공간을 더 차지 	<ul style="list-style-type: none"> • 공간을 덜 차지하는 것이 장점 	<ul style="list-style-type: none"> • 표준 CAS 장비 규모의 절반

표준활성슬러지법(CAS)	연속식회분반응기(SBR)	막생물반응기(MBR)
슬러지 발생량		
<ul style="list-style-type: none"> • 3개 기술 중 슬러지 발생량 최대 • 슬러지의 칼로 가치에 따라 폐기물 에너지화와 연계에 적합 	<ul style="list-style-type: none"> • 슬러지 발생량이 CAS 대비 작음 	<ul style="list-style-type: none"> • 슬러지 발생량 최소
처리기술 비용		
<ul style="list-style-type: none"> • (CAPEX) 110~3,000달러/m³ 1일당 • (OPEX) 0.15~0.30달러/m³ 1일당 	<ul style="list-style-type: none"> • (CAPEX) 1,800~5,000달러/m³ 1일당 • (OPEX) 0.40~0.60달러/m³ 1일당 	<ul style="list-style-type: none"> • (CAPEX) 400~1,500달러/m³ 1일당 • (OPEX) 0.20~0.60달러/m³ 1일당

- **(폐수무방류 시스템)** 폐수 전량을 재사용에 적합한 청정한 물로 전환함으로써 업계의 방류기준 적합성과 물의 효율적 사용에 기여
 - 폐수로부터 최대 98%까지 청정수 회복 가능

〈그림 10〉 폐수무방류 시스템 공정 개요



- 자본집약적 공정으로 구체적인 고정/가변 비용은 폐수의 성질에 따라 차이*가 있으나 비용이 큰 만큼 물 부족 지역에서는 비즈니스 모델만 맞으면 경제성 보유

* 자본비용 1일 7,000~14,000m³ 처리에 25~50백만 달러 소요

〈사례〉 에티오피아 하와사 산업단지의 폐수무방류 시스템 이용 사례

- 개요 : 에티오피아 하와사 산업단지(Hawassa Industrial Park)
 - 면적 및 입주업체 : 130 헥타르 내 24개 업체 입주
 - 주요부문 : 섬유 의류
- 순환경제 솔루션 및 기술 채택
 - 이디오피아인 만성적 물 부족에도 불구하고 섬유산업에 의한 표층수 오염 심각
 - ZLD 시스템 구축을 통해 위와 같은 문제점 해결 추진
- 경제적 타당성
 - 정부보조가 있을 경우 1 달러 투자에 대해 5~13 달러의 수익
- 성과
 - 폐수무방류 시스템 도입을 통해서 하루 8천㎥의 담수 소비절약

○ (희토류·중금속 제거/회복) 폐수에서 생분해가 되지 않는 중금속 등을 처리함으로써 환경상의 피해를 막고 회복된 자원으로 추가적 수입원 확보 가능

- 각 금속 제거 및 회복 기술 비용은 폐수 내 물질 구성과 수량에 따라 결정

* 크로뮴과 몰리브덴 추출을 위해서 폐수를 시간당 3㎥씩 처리할 경우 자본비용 635,000 달러, 연간운영비 43,000 달러 소요('10년 기준)

〈표 10〉 희토류 및 중금속 제거/회복 기술

기술 유형	내용	장점	단점
약품침전 (Chemical precipitation)	• 침전제를 사용하여 금속을 비용해성으로 전환	• 단순하고 비용 저렴 • 폐수에서 희귀금속 제거에 효과적	• 슬러지 대량 발생 • 추출에 시간 소요 • 금속 처리를 위해 화학약품 다량 필요
이온교환 (ion exchange)	• 이온 교환 수지를 활용해 폐수 내 금속 제거	• 단순하고 비용 저렴 • 희귀금속 제거에 효과적 • 금속의 개별적 분리 가능 • 금속 재생 효과 다대	• 슬러지 대량 발생 • 추출에 시간 소요 • 금속 처리를 위해 화학약품 다량 필요
용매추출 (solvent extraction)	• 추출 용액을 활용, 화학 반응으로 금속을 분리	• 다양한 금속 추출 가능 • 금속의 개별적 분리 가능	• 금속 이온 응축도가 낮은 폐수에는 적용 불가 • 추출에 시간 소요 • 금속 처리를 위해 화학약품 다량 필요
흡수 (absorption)	• 폐수 처리시 특정 흡수제 표면에 금속 입자 흡착	• 초기비용, 유연성, 설계의 단순성, 운영 용이성, 중금속 이온에 대한 대응성 등에서 타 기술 대비 우월	N/A

〈참고〉 중국 텐진경제개발구역의 중금속 및 귀금속 회복기술 사례

- 개요 : 중국 텐진 산업단지(Tianjin Industrial Park)
 - 면적 및 입주업체 : 4만 헥타르 내 900여개 업체 입주
 - 주요부문 : 자동차, 전자, 바이오, 식품, 기계 제조 등
- 순환경제 솔루션 및 기술 채택
 - 자동차 공업에서 광범위 사용되는 전기도금 작업으로 중금속 및 독성물질을 다량 함유한 폐수 발생
 - 텐진경제개발구역에서는 이를 위해 중앙폐수처리시설(CETP)을 건립하고 이동용 유닛 등을 설치
 - 이동용 유닛은 하루 1,000㎥ 폐수를 처리
- 경제적 타당성
 - 이동용 유닛의 도입을 통해서 텐진경제개발구역은 고정식 도금폐수처리 플랜트와 결합된 중앙폐수 처리시설 운영 대비 초기투자비용의 36%, 운영비용의 63%를 절감
- 성과
 - 폐수처리를 통한 환경 보호 효과와 더불어 회수된 중금속 판매를 통한 수익창출

〈표 11〉 산업단지 내 수자원 공급 및 폐수처리 관련 정책 제언

분야	애로사항	정책 개입 사례 및 제언
수자원 가득성에 대한 이해	<ul style="list-style-type: none"> • 수자원의 품질과 양에 대한 정보 부족 	<ul style="list-style-type: none"> • 정책 수립 이전에 이하 활동 추진 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 종합적 수자원 평가 - 기존 물 소비 추세에 기반한 향후 수자원 가득성 관련 시나리오에 대한 기술 검토 • 국제적인 지원을 받은 후 국제협력 추진
물 소비 및 공급	<ul style="list-style-type: none"> • 수자원 채취 및 사용비용이 낮은데 따라 지속불가능한 수자원 패턴 • 산업단지 운영자가 대안적 수자원 소스를 발굴하기에는 유인과 정책적 압력 부족 	<ul style="list-style-type: none"> • 산업분야 물 소비 감축을 위한 정책 <ul style="list-style-type: none"> - 싱가포르의 경우 공장이 공공 상수도에서 특정 한도 이상의 물을 소비할 경우 높은 과징금 부과 - 싱가포르 정부는 수자원효율성펀드(Water Efficiency Fund)를 조성하여 효율성 제고를 추진하는 업계 지원 : 타당성조사, 물 사용 감리, 리사이클링, 대안적 소스 활용, 수자원 절약 프로그램 등에 사용 - 빗물 등 대안적 수자원 소스 발굴(멕시코 등) - 정책목표 설정: 중국은 12차 5개년 계획('11~ '15)에서 '15년까지 산업부가가치 당 산업용 물 소비량을 30% 감축하기로 목표 설정

분야	애로사항	정책 개입 사례 및 제언
		<ul style="list-style-type: none"> • 재생 수자원 활용 확대 정책 - 인도는 다수 시정부가 면적 100㎡를 상회하는 건물에 빗물 저장시설 건설을 의무화 - 영국은 수자원 효율화 공장이나 기계에 대해서 세제 혜택 제공 - 영국 정부는 매년 수혜 대상 수자원 기술을 업데이트(빗물 저장은 지원 대상)
폐수 처리	<ul style="list-style-type: none"> • 중앙정부 및 지자체 규범 미준수로 부적절한 폐수처리 이행 	<ul style="list-style-type: none"> • 상당한 산업기반을 갖춘 나라들 대부분은 엄격한 폐수처리 규제를 시행 • 환경규제 준수를 정착시키기 위한 정책 추진 : 불법적 폐수 방류에는 벌금을 부과하고 주기적/랜덤 감사 실시
물 재사용/리사이클	<ul style="list-style-type: none"> • 관련 정책적 압력이나 유인 부족 	<ul style="list-style-type: none"> • 물 재사용/재활용 의무화 • 세제혜택 제공이나 면세 등 재무적 인센티브를 통해서 기업이나 산업단지가 물 재사용/재활용 기술을 채택하도록 독려
국제협력	<ul style="list-style-type: none"> • 지역 수준에서 기술적 전문성 부족 • 해외로부터 기술수입에 따른 비용 	<ul style="list-style-type: none"> • 국제적 펀딩과 기술적 전문성을 활용하여 폐수처리 기술 등 활용 역량 개발 - 세계은행은 산업용수 재사용/리사이클에 초점을 맞춘 2030 수자원 그룹(Water Resources Group)을 결성: 관련 PPP 기회 발굴, 모범사례 소개 및 전파, 산업용수 수도료 구조 개발 지원, 수요측 효율성 척도 실시 등을 추진

3. 소재 및 폐열 회복

■ 산업단지 내 다양한 공정을 통해서 고체, 액체 및 기체 등 다양한 형태의 소재 회복이 가능하며, 다른 공정의 투입물로 활용 가능

- 이를 체계적으로 연계하면 다양한 기업 간 상호의존에 따라 더 높은 생산성과 이익을 창출할 수 있는 산업적 공생 네트워크의 실현 가능
 - 소재, 에너지, 물 및 부산물의 물리적 교환은 자연에서의 생태계의 작용을 모방하여, 최소한의 폐기물이 발생하는 가운데 지속적인 에너지와 소재가 순환
- 환경친화산업단지에서 이 같은 공생 솔루션은 △단지와 개별 기업 간(단지 대 기업 모델) △기업과 타기업 간의 연계(기업 대 기업 모델)의 두 가지 방식으로 전개 가능
 - (단지 대 기업 모델) 보일러에서 발생한 폐열을 기업에 공급하는 방식과 같은 단지 내 공동 인프라
 - (기업 대 기업 모델) 기업 간의 에너지, 소재의 회복, 교환 및 재사용 네트워크 창출
- 산업적 공생 솔루션과 기술은 사례마다 다르고 현장의 조건에 의존

■ 많은 국가들이 국가, 지역 차원에서 산업적 공생을 도모하고 추진 중

- 영국은 국가산업공생프로그램(National Industrial Symbiosis Programme) 추진을 통해서 다수의 성과를 창출
 - △매립될 산업 폐기물 4,700만 톤 회복 △신규 세일즈 7.7억 달러 규모 창출 △탄소배출 4,200만 톤 감축 △유해폐기물 180만 톤 재사용 △일자리 1만개 창출 △비용 절감 10억 달러
- 조사대상 환경친화산업단지 중 252개(57.5%)가 산업적 공생 또는 자원 효율화 조치를 추진 중
 - 이 중 48%는 자원효율화(녹색인프라) 또는 산업적 공생(입주기업 간 시너지) 중 하나를 추진하고, 나머지 52%는 2가지 조치를 모두 추진

〈그림 11〉 산업적 공생과 자원효율화 간의 분포



- 자원 효율화를 추진하고 있는 환경친화산업단지의 운영주체는 공공부문 65.5%, 민간 24.1%, 민관협력 파트너십이 10%를 차지
 - 산업적 공생 추진 환경친화산업단지 중에서는 공공부문 71%, 민간 18%, 민관협력 파트너십이 11%를 차지
 - 이러한 현상은 산업공생과 자원효율화 기술과 관행의 채택에 있어서 정부의 지원이 중요하다는 점을 시사

- 지역적으로는 아시아·환태평양 지역이 46.7%, 유럽 및 중앙아시아가 32%를 차지
 - * 북미(8.2%), 중남미(5.7%), 중동·북아프리카(4.1%), 남아시아(3.3%)

■ (산업적 공생 기술) 산업단지 운영자는 환경뿐만 아니라 사회·경제적 관점에서 산업적 공생 인프라 및 서비스 추구 필요

- 산업적 공생 관계는 단순한 산업단지의 지리적 경계를 넘어서 인근 도시나 산업계로 확대 가능

〈표 12〉 산업단지의 산업적 공생 인프라 추진 사례

산업단지	추진 내용
호주 글래드스톤 (Gladstone)	<ul style="list-style-type: none"> • (외부성) 건기 동안 인근 저수지에서 수자원 채취 및 소비 • (이해당사자) 산업단지 인근 커뮤니티 • (추진 동기) 알루미늄 제조에 물 소비가 매우 큼 • (산업공생 프로젝트) 인근 도시 하수처리 플랜트에서 2차 처리수를 끌어오기 위한 8.5km 파이프라인 건설 • (편익) 가뭄 시에도 알루미늄 생산 가능, 도시 하수처리장에 3차 처리시설을 건설하지 않아도 되는 데 따른 비용 절감
덴마크 칼룬보르 (Kalundborg)	<ul style="list-style-type: none"> • (외부성) 정유 공정에서 발생하는 폐기 자원 • (이해당사자) 산업단지 인근 커뮤니티 • (추진 동기) 플레어링 공정에서 손실되는 가스의 양 감축 • (산업공생 프로젝트) 플레어 가스를 인근 발전소에 공급하여 부가적 연료로 활용 • (편익) 발전소의 온실가스 배출과 더불어 운영비용 감축, 정유공장에 부가적 매출원 파생
호주 퀸나나 (Kwinana)	<ul style="list-style-type: none"> • (외부성) 오염수 발생 • (이해당사자) 산업단지 인근 커뮤니티 • (추진 동기) 이산화티타늄 제조업체가 희석 염산을 발생 • (산업공생 프로젝트) 염산 재사용 • (편익) 재사용을 통해 부차적 수입원을 창출하고, 처리비용 절감과 더불어 수자원 보존

〈사례〉 스웨덴 핸델뢰 산업단지의 도시-산업단지 공생사례

<ul style="list-style-type: none"> • 개요 : 스웨덴 노르쇼핑시(Norrköping) 핸델뢰 산업단지(Händelö EIP) <ul style="list-style-type: none"> - 면적 및 입주업체 : 발틱해 연안 600 헥타르 면적 산업 단지 • 순환경제 솔루션 및 기술 채택 <ul style="list-style-type: none"> - E.ON, 도시의 고체폐기물과 인근 숲에서 바이오매스로 열병합발전소 운영 - 노르쇼핑 지역에 바이오 에탄올 공장이 들어오면서, 동 열병합발전소 증기 수급 - 동 공장에서 발생한 에탄올 이외에 부산물 이산화탄소와 알콜증류폐액을 회복하여 인근 화학공장과 바이오 가스 공장 등에 제공 - 인근 지역 자연환경과 경제활동을 서로 연계한 도시-산업단지 공생 관계 구축 • 성과 : 에너지 소비 및 온실가스 배출 감축 (연간 12만 tCO₂)

〈표 13〉 주요 자원 회복 기술

자원	기술 내용
물	<ul style="list-style-type: none"> • (소스) 냉각수, 산업용 공정수, 처리 폐수 • (추진 조치) 소재 회복 • (공정) 추가적 처리 없이 직접적으로 사용 또는 재사용 • (관련 기술) 폐수처리
에너지	<ul style="list-style-type: none"> • (소스) 시멘트 생산에 사용된 보일러와 가마에서 발생한 폐열 • (추진 조치) 에너지 회복 • (공정) 에너지 인프라, 열병합발전 또는 증기와 발전소 폐열 등의 공동 활용 • (관련 기술) 유기적 랭킨 사이클
비프로세스 (nonprocess) 폐기물	<ul style="list-style-type: none"> • (소스) 포장재, 기계부품, 일상적 운영과정에서 발생한 폐기물, 가정 폐기물 • (추진 조치) 소재 회복/에너지 회복 • (공정) 부산물/폐기물 발생과정에서 특정 소재 분리 및 회복, 처리를 통해 유용한 제품 생산 • (관련 기술) 폐기물 분류 및 회복, 열분해 등
기타	<ul style="list-style-type: none"> • (소스) 폐수, 이산화탄소, 유해 폐기물 • (추진 조치) 소재 회복 • (공정) 집합적 처리, 처치 또는 회복을 위한 서비스 또는 유틸리티 공유 • (관련 기술) 이산화탄소 회복

〈표 14〉 산업단지 내 소재 및 폐열 회복 관련 정책 제언

분야	애로사항	정책 개입 사례 및 제언
폐기물 감축 및 관리	<ul style="list-style-type: none"> • 폐기물 생성의 사회적 비용이 내부화되지 못했기 때문에 기업들이 법적 준수 수준을 넘어서는 추가적 노력을 기울일 유인 부족 • 소재 회복 관련 가치 창출은 아직 미실현 상태 	<ul style="list-style-type: none"> • 폐기물 생산자에게 비용적 함의를 보유한 규제 필요 • EU에서는 국가 법제도 설정과 관련 3가지 원칙을 제시 <ul style="list-style-type: none"> - 오염자 부담: 폐기물 관리비용은 폐기물 발생자 또는 현재/과거 폐기물 보유자가 부담 - 생산자책임재활용제(Extended Producer Responsibility, ERP)를 통해서 폐기물 관리 책임을 소비자와 당국에서 제품 생산자에게 이전 - 환경 디자인을 촉진하는 통합적 제품 표준의 적극 활용

분야	애로사항	정책 개입 사례 및 제언
기술 및 산업적 역량 개발	<ul style="list-style-type: none"> • 국가/지역 차원에서 산업적 공생 기술에 대한 인지도 부족 • 산업적 공생 프로젝트 개발 및 네트워크 운영 관련 노하우 부족 • 산업적 공생 솔루션의 기술 및 금융 타당성에 대한 제한적 지식 	<ul style="list-style-type: none"> • 산업단지 운영자가 산업적 공생 기회의 핵심 요건을 이해할 수 있도록 가이드라인 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 이탈리아는 ‘환경친화적 산업시대’ 법을 통해서 산업단지 개발자에게 가이드라인을 제시하고, 공동 인프라에 대한 투자를 극대화하는 한편, 입주자가 소재 및 에너지 교환 네트워크를 구축토록 지원 • 산업적 공생 관련 단지 운영자에게 원스톱 정보 소스가 될 수 있도록 기술 플랫폼이나 전담기관 설립 <ul style="list-style-type: none"> - 한국과 EU는 스마트폐쇄전력망시스템 (Smart Closed-loop Grid System)과 FISSAC 등 디지털 플랫폼을 개발하여 산업적 공생 네트워크 개발을 지원하고 지역 수준에서 복제될 수 있도록 지원
파이낸싱 접근 개선	<ul style="list-style-type: none"> • 높은 자본투자 비용 • 금융상의 수익 실현 	<ul style="list-style-type: none"> • 타당성 조사에 대한 금융지원 <ul style="list-style-type: none"> - 한국 정부는 산업단지가 경제적 편익을 파악하기 위한 타당성 조사에 대해 금융 지원을 제공하여 과거 15년간 247개의 공생프로젝트를 실행하는 데 민간투자를 유치하고 비즈니스 모델 스케일업을 유도 • 산업적 공생에 참여하는 기관/기업에 대한 세제혜택 <ul style="list-style-type: none"> - 핀란드는 폐기물 교환 및 인수를 위한 산업적 공생 네트워크 구축에 대해 세제혜택 제공
국제협력	<ul style="list-style-type: none"> • 지역 시장에 대한 기술적 전문인력 부족 • 기술 수입 관련 비용적 함의 	<ul style="list-style-type: none"> • 관련 경험이 풍부한 국제기구의 지원 활용 • 산업공생 관련 R&D 시설 건립과 기술 이전을 촉진하기 위한 양자 간 협약 체결

IV. 결론 및 시사점

■ 순환경제는 산업단지를 포함한 산업계 경쟁력 아젠다의 최우선에 위치

- 정부, 산업단지 운영자의 순환경제적 개입은 환경적 편익뿐만 아니라 경제적으로도 타당하기 때문에 산업단지뿐만 아니라 입주기업 경쟁력 제고에 유익
- 환경친화산업단지는 순환경제를 추진해 나가는 데 있어서 중요한 디딤돌 역할 수행
 - 환경친화산업단지는 화석연료 등 고갈 가능한 자원 의존도를 줄이고, 물, 에너지, 소재 및 폐기물 등 산업생산에 필수적인 자원의 순환성을 제고

■ 순환경제를 추진하는 데 있어 기존 인프라 활용을 극대화하는 가운데 로컬 환경에 맞게 기술적 설계를 맞춤형으로 추진할 필요

- 만병통치식의 순환경제 전략이란 있을 수 없으며 그 기술적 타당성 역시 기술의 가독성, 현장에서 파악한 한계점이나 가능 요인 등에 의존
 - 예를 들어, 바이오 가스 생산을 위해서는 일정한 양의 바이오매스, 유기폐기물, 슬러지 등의 흐름이 필요하며, 지역적으로 유통네트워크가 있는지부터 확인 필요
- 현장에서 획득 가능한 자원을 활용해야만 비즈니스 모델을 개선할 수 있으며, 자본 및 운영비용의 절감이 가능

■ 이해당사자 간의 협업은 혁신적이고 기술 및 경제적으로 타당성 있는 지역 맞춤형 순환경제 솔루션 개발의 관건으로 작용

- 단지 개발/운영자, 입주기업, 업종협회, 지역 공급업체, 인프라 운영자, 국가 및 지자체 정부, 서비스/기술 제공자, 금융기관 등의 밀접한 협업이 중요
- 이해당사자 간 협업을 통해 혁신적인 방식의 계약 체결, 민관협력파트너십(PPP) 등 금융 옵션 개발 방법을 발굴하고 새로운 비즈니스 모델 구축의 필요성 제기
- 산업단지 운영자 혼자 힘으로는 이러한 협업이 불가능하며, 각종 장애물을 제거하고 시너지 창출을 위해 정책적 지원과 금융 인센티브가 필요

■ 혁신기술 도입뿐만 아니라 중앙정부 및 지자체, 산업단지 운영자, 기술 및 서비스 제공업체, 입주업체 및 금융업계의 기술적 역량도 중요

- 디지털 기술은 과소이용 자산, 2차 소재 및 인적 자원을 찾아내는데 유익하다는 측면에서 디지털 기술과 플랫폼의 적극 활용 필요
- 데이터 수집, 정보 관리 및 공유, 이해당사자간 실시간 소통 등을 가능하게 하는 정보통신 및 기술 인프라 구축이 중요

■ 우리 정부도 지난해부터 스마트그린산단을 통해 산업단지의 친환경 첨단 산업 기지화를 적극 시행

- ‘스마트그린산단 실행전략(’20.9)’, ‘스마트그린 산업단지 추진전략 (’21.4)’ 등을 통해 기존 스마트산단*에 디지털뉴딜과 그린뉴딜을 융합한 스마트그린산단을 ’30년까지 총 35개 조성한다는 계획을 발표

* (스마트산단 개념) 데이터의 연결·공유를 통해 기업 생산성과 근로자 삶의 질 향상, 신산업을 창출하는 활력 넘치는 산단

- 산업단지의 3대 요소인 산업·공간·사람에 디지털전환, 에너지혁신 및 친환경화를 중점 추진한다는 내용이 중심이며, ‘공간’ 분야에서는 그린과 디지털의 융합을 통해 저탄소 친환경 공간으로의 전환을 추진
- 최근 파리기후협약 등 전 세계적인 기후 공동 대응 움직임을 계기로 기업의 ESG*의 중요성이 크게 부각되고 있는 가운데 스마트그린산단이 ESG 차원에서 기업의 경쟁력에 일조할 수 있는 역할을 할 것으로 기대

* Environment, Social and Corporate Governance

- 기업 필요 전력의 10%를 재생에너지에서 공급받겠다는 자발적 캠페인인 RE100을 실현할 수 있도록 스마트그리드 등 그린인프라 구축 추진을 통해 기업의 ESG 달성에 기여

■ 스마트그린산단과 같은 환경친화산업단지의 성공은 중앙 정부를 비롯해 지역의 다양한 이해관계자의 협력이 필요한 만큼 소통의 창구를 확실히 확보하고 기업의 적극적인 참여를 유도할 수 있는 다양한 지원책 실시 필요

- 순환경제 실현에 있어 산업단지 또는 입주기업의 재생에너지 발전, 자원 재활용 및 회수 등에 소요되는 비용과 관련하여 적절한 금융·재정적 지원 및 맞춤형 전략 추진이 중요

산업기술정책 브리프 발간현황

2021년

호수	제목	발간연월
2021-01	유럽 녹색산업정책을 위한 제언	2021.01
2021-02	글로벌 디지털 경제에 대응하는 미국의 대전략 제언	2021.03
2021-03	기후 주도 무역 아젠다를 위한 제언	2021.04
2021-04	중국 14.5규획과 전략적 신흥산업 육성계획의 주요 내용 및 시사점	2021.05

2020년

호수	제목	발간연월
2020-01	주요국의 연구개발 전략 분석: 유럽연합(EU)·영국·독일·프랑스	2020.01
2020-02	일본, 제 11차 과학기술예측조사를 통해 본 '과학기술 발전에 따른 사회의 미래상'	2020.02
2020-03	자율주행 기술에 관한 미국의 리더십 확보 전략 : AV 4.0	2020.04
2020-04	주요국 규제 사례를 통해 본 혁신 친화적 규제 접근방식의 주요 내용과 시사점	2020.04
2020-05	코로나19 위기에 대응한 OECD의 분야별 정책 권고 주요 내용	2020.06
2020-06	혁신 창출 환경 및 주요 산업별 혁신 변화의 추이와 전망	2020.07
2020-07	영국의 넷제로(Net-Zero) 경제로의 전환을 위한인력 정책 방향 제언	2020.08
2020-08	EU·독일·호주 수소전략의 주요 내용 및 시사점	2020.08
2020-09	최근 미국과 중국 AI 정책동향 및 시사점	2020.09
2020-10	연구개발·혁신 파이낸싱 동향과 정책 과제	2020.10
2020-11	글로벌 반도체 산업 동향과 미국의 국가 간 공조를 통한 산업 발전 방안 제언	2020.11
2020-12	디지털 시대의 혁신 활성화를 위한 정책	2020.12

2019년

호수	제목	발간연월
2019-01	「미국 혁신 촉진을 위한 투자수의 이니셔티브」 북서 초안	2019.01
2019-02	주요국 연구자금 지원기관 조직설계 및 거버넌스	2019.02
2019-03	중국의 인공지능 정책과 연구개발 동향	2019.03
2019-04	독일의 포괄적인 AI 생태계 조성 전략	2019.05
2019-05	일본의 인공지능(AI) 정책 동향	2019.05

호수	제목	발간연월
2019-06	OECD 국가의 디지털 혁신 정책 현황	2019.06
2019-07	중국 : 산업 및 혁신강국으로의 도전과 전망	2019.07
2019-08	영국의 전기자동차 스마트 충전기 보급방안	2019.08
2019-09	Horizon Europe(2021-2027)의 산업혁신 프레임워크	2019.09
2019-10	AI 산업 및 국가별 정책 동향	2019.11
2019-11	주요국의 R&D 예산 및 투자 전략(I):미국의 NITRD와 EU의 다년도 지출예산(안)을 중심으로	2019.12
2019-12	주요국의 R&D 예산과 투자 전략(II):R&D 및 기업지원 예산을 중심으로	2019.12
2019-13	주요국의 R&D 전략과 예산배분 시스템, 기술분야별 연구개발 전망	2019.12
2019-14	주요국의 연구개발 전략분석 :미국·일본·중국·인도	2019.12

■ 2018년

호수	제목	발간연월
2018-01	미국의 기술창업을 통한 경제성장 방안	2018.01
2018-02	4차 산업혁명 확산을 위한 기업과 정부의 대응 방안	2018.02
2018-03	산업용 로봇 도입에 따른 글로벌 제조업 가치사슬 변화 및 시사점	2018.03
2018-04	일본의 중소기업과 제조벤처 간 제휴 실태와 활성화 과제	2018.04
2018-05	미국의 '제조업 확장 파트너십(MEP)' 프로그램 현황과 시사점	2018.05
2018-06	R&D 보조금 정책이 신생 혁신기업에 미치는 영향과 시사점	2018.06
2018-07	일본의 '미래투자전략 2018'	2018.07
2018-08	일본의 산업기술혁신정책 현안과 대응 과제	2018.08
2018-09	영국 'Innovate UK'의 혁신 지원 프로그램	2018.09
2018-10	프랑스의 디지털 산업전환 전략과 혁신정책	2018.10
2018-11	미국의 첨단 제조업 리더십 확보 전략	2018.11
2018-12	독일의 「사람을 위한 연구와 혁신-하이테크전략 2025」	2018.12
2018-13	2018년도 OECD 과학기술혁신 전망	2018.12

※ ~ 2021년 현재까지 발간물은 KIAT 홈페이지(www.kiat.or.kr)를 통해 열람 가능

KIAT 산업기술정책 브리프
KIAT Industrial Technology Policy Brief

발행일	2021년 6월
발행처	한국산업기술진흥원 산업기술정책센터 동향조사연구팀
담 당	홍천택 연구원
주 소	(06152) 서울 강남구 테헤란로 305 한국기술센터
문의처	hongct@kiat.or.kr

- ※ 본 자료에 수록된 내용은 한국산업기술진흥원의 공식견해가 아님을 밝힙니다.
- ※ 산업기술정책브리프의 내용은 무단 전재할 수 없으며, 인용할 경우, 반드시 원문출처를 명시하여야 합니다.
- ※ 산업기술정책브리프는 KIAT 홈페이지(www.kiat.or.kr)를 통해서도 보실 수 있습니다.



산업단지의 순환경제 도입 현황 및 전망



발행일 2021년 6월

주 소 (06152) 서울 강남구 테헤란로 305 한국기술센터

발행처 한국산업기술진흥원 산업기술정책센터 동향조사연구팀

문의처 hongct@kiat.or.kr