Global Report

그림 완성하기: 순환경제가 기후변화에 대응하는 방법

1. 기후 목표 달성을 위해서는 우리가 생산하고 사용하는 제품들이 바뀌어야 한다.
2. 순환경제는 기후 목표 달성에 중요한 역할을 한다.
3. 산업을 위한 순환경제 기회
4. 식품시스템의 순환경제 기회
5. 순환경제는 기후 변화 영향에 대한 복원력을 높인다.
6. 다음 단계: 공동의 행동이 필요하다.

KAIA 국토교통 과학기술진흥원

작성자 | 정상규

1. 기후 목표 달성을 위해서는 우리가 생산하고 사용하는 제품들이 바뀌어야 한다.

1.1 기후 활동에 대한 긴급한 요구가 있다: 세계 온실가스 배출 곡선은 아직 구부러지지 않았다.

“채집-가공-폐기” 형태의 선형경제는 채취 위주로 자원 집약적이며 기후 위기를 일으키는 온실가스 GHG를 배출시킨다. 산업체는 자연에서 원료를 추출하고 에너지와 노동력을 이용해서 제품을 제조한 후에 최종 사용자에게 판매하고 더 이상 목적에 맞지 않으면 폐기한다. 화석연료에 의존하고 장기적으로 토지, 물, 광물과 같은 자원을 관리하지 않는 선형경제 방식은 지구의 기후를 위협하는 온실가스를 배출한다. 세계 경제 포럼 World Economic Forum에 따르면, 세계 경제가 직면한 가장 중대한 장기적인 위험은 기후 변화와 관련이 있다.

배출량 감축을 위해 2015년 UN 파리 협정에 서명한 195개국의 협약에도 불구하고 세계는 2100년까지 상승되는 온도를 1.5°C로 제한하기 위한 궤도에 여전히 근접하지 못했다.

2018년 UN 보고서에 따르면, 이산화탄소의 대량 방출로 2100년까지 3°C 상승하거나 에너지 시스템의 개선이 없으면 4°C 상승할 것으로 예상하고 있다.

1.2 기후 목표 달성을 위한 제품의 제조 및 사용 방식의 근본적인 변화

에너지 시스템의 이산화탄소 발생 억제는 필요하고 가속화되어야 한다. 변화는 또한 상품이 제조되고 사용되는 방식에서도 필요하다.

에너지를 공급하고 건물과 교통수단에서 에너지를 소비하는 과정에서 배출되는 온실가스는 전 세계 배출량의 55%에 달하고 나머지 45%는 상품 제조와 토지 관리 과정에서 배출되는 것으로 조사되었다. 공업, 농업, 임업, 기타 토지 이용 과정에서 배출되는 온실가스량은 전세계 배출량의 약 1/4을 차지한다.

2050년까지 철강, 시멘트, 알루미늄 및 플라스틱과 같은 산업 재료에 대한 세계 수요는 2~4배로 증가할 것으로 예상되고 식품 수요도 42% 증가할 것으로 예상된다. 이러한 수요 증가는 온실가스를 지속적으로 대량 배출될 우려가 있으므로 변화를 위한 개입이 이루어지지 않으면 기후 목표를 달성할 가능성은 더욱 줄어들 것이다. 변화에 실패한다면 기후 목표를 달성하지 못할 것이다.

산업체와 음식물 배출을 해결하는 일은 특히 복잡한 과제이다. 산업 분야에서 재생 에너지와 점진적인 프로세스 개선의 느린 채택률과 함께 재료의 수요 증가는 2050년까지 배출량 감소를 특히 어렵게 만들었다. 음식물 쓰레기 배출을 크게 감축하는 일도 수십억 명에 달하는 사람들의 소비습관과 생산습관을 바꿔야하고 복잡한 식품 유통망에서 이산화탄소 발생을 줄여야 실현 가능한 어려운 도전이다. 따라서 기후 목표 달성을 위해서는 배출량 감축의 어려움을 해결할 해법 찾는 일이 중요하다.

2. 순환경제는 기후 목표 달성에 중요한 역할을 한다.

2.1 순환경제란 무엇인가?

순환경제는 비즈니스, 사회 및 환경에 도움이 되도록 설계된 경제 발전을 위한 시스템 수준의 접근 방법이다. 순환경제란 경제의 성장이 유한한 자원의 소비와 경제, 자연 및 사회적 자본을 구축하는 것과의 연계성을 분리시키는 것을 목표로 한다. 재생 에너지원으로의 전환과 재생 가능한 재료의 사용 증가로 뒷받침되는 순환경제의 개념은 모든 면에서 효과적으로 작동되는 경제의 중요성을 강조한다. 이는 중소기업과 대기업, 그리고 국가와 도시로부터 지역 공동체와 그 내부의 사람들에 이르기까지 활발한 참여와 협업을 특징으로 한다.

순환경제 모델은 생물학적 주기와 기술 주기로 구분된다. 생물학적 주기에서는 음식물 및 유기물질 (예: 무명솜이나 목재)은 퇴비화 및 혐기성 소화와 같은 과정을 통해 생태계로 돌아간다. 이 주기는 생태계 (예 : 토양)를 재생하여 경제에 재생 가능한 자원을 제공한다.

기술주기는 재사용, 수리, 재생 또는 재활용의 전략을 통해 제품, 구성재 및 재료를 복구하고 복원한다. 디지털 기술은 가상화, 비물질화, 투명성 및 피드백 중심의 지능을 급증시켜 순환경제로의 전환을 지원할 수 있는 영향력을 갖고 있다.

2.2 순환경제는 어떻게 온실가스 배출을 줄이는가?

상품 및 원자재를 생산하고 사용하는 방식을 변화시키기 위해 순환경제 원리를 적용하면 온실가스 배출을 현저히 줄일 수 있을 것이다.

이것들은 다음과 같이 요약될 수 있다.:

1) 폐기물과 오염물 처리

순환경제는 귀중한 자원을 낭비하고 인간의 건강과 생태계를 파괴하는 경제 활동의 부작용을 방지하기 위한 틀이다.

순환성을 위한 설계

설계는 순환경제의 야심찬 계획에 핵심적인 역할을 한다. 제품과 재료들을 만들 때, 처음부터 부작용을 줄이고 자연계를 유지하고 재생시키도록 하는 것이 필수적이다. 예를 들면, 식품과 관련하여 여분의 음식이나 부산물을 사용하여 식사 및 제품을 설계하는 것은 음식물 낭비를 막을 수 있다. 그러나 많은 상품에는 재생용 투입물로 재사용하기에 안전하지 않은 물질이나 성분이 포함되어 있다. 따라서 설계는 제품 관련 물질의 처리를 고려해야 한다. 예를 들어, 대부분의 플라스틱 포장물은 매립, 소각되거나 한 번 사용 후 버려진다. 재생 과정에서 발생되는 불순물 유입과 품질 저하 현상은 플라스틱의 재생 가치를 심각하게 떨어뜨린다.

근본적인 재설계와 혁신이 없다면 플라스틱 포장의 약 30%가 재사용되거나 재생되지 못할 것이다.

세척용품, 미용 또는 개인위생 제품에 리필용 병이 설계되어 적용된다면 포장 운송비 절감으로 현재 일반화된 1회용 병에 비해 온실가스 배출을 대폭 줄일 수 있다.

제품, 구성재 및 재료/영양소의 활용과 유통을 늘리기 위해서는 제품 설계 단계에서 순환경제 원칙들이 높은 가치로 회수가 가능하고 새로운 순환경제 비즈니스 모델을 개발하기 위해 통합되어야 한다. 이 방식은 분해, 모듈화, 보수성, 가변성과 생분해성이 있는 제품을 설계해야하고 재사용, 재제조, 보수 및 재생이 가능해야 한다.

폐기물 제거

재료 투입을 줄이고 공급망을 최적화하여 폐기물 발생을 줄일 수 있다. 이는 사용되는 에너지와 재료량을 줄이는데 효과적이다. 과다 기준(over specification)으로 인한 폐기물 감축도 한 방법이 된다. 현재 건설 프로젝트에서 철강은 엄밀한 필요치 보다 35~45% 정도로 많이 사용되고 있다. 유럽 자동차의 대부분은 주차되어 있고 자동차를 사용할 때는 5개의 좌석 중 1.5개만 사용되고 있다. 자산의 목적과 활용도 증진을 위한 비즈니스 모델이 설계되어야 한다. 도시에서는 1~2인승 소형차가 유용할 수 있다. 폐기물 제거는 시스템 설계를 통해서 성취될 수도 있다. 생산 과정에서 재료 손실량을 줄임으로써 폐기물 발생을 최소화할 수 있다. 예를 들면, 매년 건축 자재의 약 15%가 시공 중에 폐기된다. 공정 최적화 및 3D 프린팅과 같은 최신 기법과 기술의 적용으로 생산 과정에서 폐기물 발생을 줄일 수 있다. 이 폐기물을 줄이면 온실 가스 배출량을 줄일 수 있다.

재료 대체

재료 대체는 재생, 저탄소 또는 2차 재료들을 새로운 생산을 위한 대체 투입재료로 사용하는 것을 말한다. 이것들은 동일한 기능을 발현하면서도 온실가스 배출량이 더 적다. 재생 재료의 사용은 배출 가스를 없애기 어려운 투입물을 대체할 때 특히 흥미롭다. 제품에 탄소를 결합시켜 탄소 흡수체로 작용할 수 있다. 목재와 같은 재생 가능한 재료를 사용하는 경우에는 불법 벌채는 인해 방대한 천연 탄소 흡수원이자 관련 생물 다양성을 영구적으로 파괴하기 때문에 지속적으로 관리되는 농장을 통해 재료를 공급하는 것이 중요하다. 지속가능하게 얻을 수 없는 목재로 만든 제품을 사용하는 것은 건물에 저탄소 재료를 사용하여 얻는 편익을 고려해도 환경 적으로 더 해롭다. 빠르게 성장하는 재생 가능한 재료의 좋은 예는 대나무다. 대나무는 콘크리트의 압축강도와 철근의 인장강도와 맞먹는 강도를 갖고 있다. 새로운 목재 기술이 또 다른 사례이다, 이러한 목조 건축 기술로 건축에 사용되는 광물 건축 자재의 62%를 절약할 수 있다. 재생 가능한 재료 이외에도 2차 재료(예: 재활용 재료), 처음 만들어진 버진 재료 virgin material의 투입을 줄이기 위한 고성능 재료나 재사용이 가능한 특성(예: 재생성, 내구성)을 갖는 재료와 같은 다른 저탄소 재료도 대체 재료로 고려할 수 있다.

예를 들어, 콘크리트의 원료인 시멘트는 배출 측면에서 95% 이상의 탄소 발자국[1)]을 갖고 있다. 시멘트를 만드는 데 필요한 클링커[2)]를 이산화탄소를 덜 방출하고 동일 성능을 제공하는 고급 필러 재료로

1) 개인 또는 단체가 직·간접적으로 발생시키는 온실 기체의 총량

대체하는 것이 가능하다.

2) 사용 중인 제품과 재료 유지

상품 및 구성재의 재이용

재사용 조치의 목적은 제품, 구성재 및 재료를 제조하는 데 사용되는 에너지 및 기타 가치 있는 자원들을 보존하는 것이다. 제품을 더 많이 사용할수록 재료, 노동, 에너지 및 자본과 같은 제품에 이미 투입된 자원들의 측면에서 비용 절감 효과가 커진다. 게다가 제품과 재료를 계속 사용함으로써 새로운 재료 생산 및 폐기 처리와 관련된 온실 가스 배출을 피할 수 있다. 따라서 재사용 기반 비즈니스 모델은 재료 투입량이 적을 뿐만 아니라 더 적은 온실가스 배출로 사회적 혜택을 제공한다. 의복의 경우에도 의복 착용 시간을 2배 늘리면 가치 있는 의복들을 폐기하지 않음으로써 온실가스 배출량을 44% 가량 줄일 수 있다.

재료 재순환

재순환이란 기술적 주기와 생물학적 주기 내에서 재료를 재활용하는 것이다. 새로운 최초 재료를 이용한 생산과 수명 종료 처리(소각 및 매립)를 피함으로써 온실 가스 배출을 줄일 수 있다. 또한 제품 활용도를 높이고 제품 수명을 연장하는 조치는 제품 내에서 포함된 에너지를 유지하는 데 가장 크게 기여하고, 에너지를 방출하는 재활용 작업은 최초 재료를 사용한 생산에 소요되는 에너지보다 훨씬 적은 에너지가 투입된다. 예를 들어 강재의 재활용은 1차 강재 생산에 필요한 에너지에 비해 10~15%의 에너지만 필요로 한다. 플라스틱의 경우 1톤을 재활용하면 최초 재료로부터 같은 양의 플라스틱을 생산하는 작업에 비해 1.1~3.0톤의 이산화탄소 배출을 줄일 수 있다. 재활용은 에너지 사용으로 인한 배출뿐만 아니라 가장 처리하기 어려운, 생산 공정에서 발생하는 배출을 줄일 수 있다. 또한 새로운 재료들을 생산하는 것에 비해 재생을 위해 전기와 기타 저탄소 에너지원을 사용하는 것이 더 쉽다. 식품의 재순환 과정에서 깨끗하고 순도 높은 식품 부산물은 구조재, 직물 또는 심지어 새로운 식품으로 재탄생시킬 수 있다. 불순물이 혼합된 식품 부산물은 퇴비화하거나 발효과정을 거쳐 에너지를 생산하거나 토양을 비옥하게 만드는 제품을 생산할 수 있다. 이러한 식품 부산물의 가치를 높이기 위한 변환 공정은 음식물 쓰레기 매립에서 발생되는 직접적인 온실가스 배출뿐만 아니라 재생 가능한 재료 생산에 소요되는 에너지 사용량도 줄일 수 있다. 가치가 상승한 제품이 퇴비화 되거나 다른 형태로 흙으로 돌아갈 때에는 자연계의 재생에도 기여할 수 있다.

3) 자연계 재생

재생농업

재생 농업은 주변 자연 생태계의 건강을 증진시키는 작물과 가축의 생산방법을 말한다.

재생 농업의 잠재력을 여는 핵심 메커니즘은 토양 교란을 최소화하고 토양 내 탄소 함량을 늘리는 것이다. 재생 농업은 함수율 향상을 위해 토양 구조를 개선하고 합성물질 투입 없이 토양을 생물학적으로 활성화시켜서 그 자체로 토양을 비옥하게 만들 수 있다. 예를 들면, 재생 농업의 실무 사례에는 유기농 비료 사용, 피복 작물 식재, 농작물 다양성 증진 등이 포함된다. 이러한 순환경제 전략들은 더 넓은 경제에 적용되어 기후변화에 대응하기 위한 일련의 기회들을 제시한다.

3. 산업을 위한 순환경제 기회

3.1 산업 배출량 감소를 위한 순환경제 전략

순환경제 방식은 2050년에 주요 산업 자재에서 발생하는 전 세계 이산화탄소 배출량을 40 % 또는 37억 톤으로 줄일 수 있을 것으로 전망한다. 이를 달성하기위한 핵심은 자산, 제품 및 구성재를 사용하면서 자원을 생산적이고 효율적으로 사용하는 비즈니스 모델이다. 이들 모두 두 가지 핵심 순환 경제 원칙에 의해 지원된다.:

1) 폐기물 처리

폐기물(연간 90억 톤의 이산화탄소) 제거: 가치 사슬과 제품 설계에서 폐기물 발생을 없애면 온실가스 배출을 막을 수 있다. 순환 경제 전략은 제품 및 자산에 투입되는 자재량을 줄이고 건설 폐기물 발생을

2) 시멘트의 제조 과정에서 분쇄한 광물을 융해 온도로 구워 굳힌 덩어리

줄이는 것이다. 이를 통해 2050년에 전세계 이산화탄소 배출량을 9억 톤 줄일 수 있다.

2) 사용 중인 제품과 재료의 유지

• 제품 및 구성재 사용: 임대, 공유 및 PPU 등의 서비스 기반의 비즈니스 모델은 제품 및 자산의 활용도 (즉, 사용 강도)를 높이고 수명을 연장 할 수 있다. 재사용, 개조 및 재생산 등의 활동으로 제품 및 구성재의 가치를 높이고 활용성을 유지하여 에너지가 더 오래 보존되고 새로운 생산 및 폐기의 빈도를 줄일 수 있다. 이로써 신제품 생산으로 인한 온실가스 배출을 크게 줄일 수 있다. 2050년에는 필요한 시멘트, 철강, 플라스틱 및 알루미늄의 양을 감축시켜 전 세계적으로 11억 톤에 달하는 이산화탄소를 줄일 수 있을 것으로 예측되었다.

• **재료 재순환**: 순환경제 시나리오는 수집, 분류 및 재활용 활동을 촉진하는 새로운 비즈니스 모델의 기회를 모색한다. 이 시나리오는 재활용률 향상을 예측한다. 또한 재활용 재료에 대한 수요 증가로 재활용 재료의 수집이 가속화될 것으로 된다. 재활용 활동을 통해 생산에 따른 에너지 소비를 줄이고 생산에 따른 이산화탄소 배출과 폐기에 따른 소각으로 인한 배출을 피할 수 있다. 이를 실현하려면 철강, 시멘트, 플라스틱 등에 대한 다양한 측정이 필요하다. 철강 제품의 경우, 대부분 전기 공정을 통한 재활용 방식이 이미 확립되어 있다. 그러나 현재의 제품 설계, 폐기 및 스크랩 처리 공정은 철강재의 품질을 오염시키고 저하시킨다. 따라서 재활용률을 높이려면 철강재의 품질 저하 방지 조치가 필요하다. 플라스틱의 경우, 수거 및 분류 공정 개선, 재활용 공정에서의 오염 감소 등의 조치로 재활용률을 높일 수 있다. 시멘트의 경우, 새로운 시멘트를 대체할 콘크리트 입자를 재사용하면 공정 배출이 감소될 수 있다. 기존 콘크리트에서 미반응 시멘트를 회수하여 새로운 시멘트로 사용할 수 있다. 다른 대안으로 비산회, 고로슬래그 및 소성 점토를 사용할 수 있다.

3.2 산업 배출량을 더 줄이기 위한 추가 개입이 필요하다.

주요 산업 자재의 순환경제로의 전환이 2050년에 전 세계 배출량을 40% 줄일 수는 있지만 나머지 배출량 격차를 해소하기 위한 추가 조치가 필요하다. 여기에는 혁신적인 산업 공정 및 탄소 포집 및 저장/사용 (CCS/ U; carbon capture and storage/use)과 같은 조치가 포함된다. 예를 들어, 새로운 저배출 산업 공정은 기본 생산 공정과 공급 원료를 근본적으로 변경하여 배출량을 줄일 수 있다. 목표는 처음부터 화석 연료를 제거하고 재생 가능한 자원으로 대체하는 것이다. 이러한 접근 방식은 화석 연료 연소로 인한 배출량을 최대 90%까지 포집할 수 있다. 예를 들면, 신재료 제조를 위한 화학 물질 생산 시 포집된 탄소를 공급 원료로 재활용하는 방식을 고려할 수 있다. 하지만 이를 구현하기 위해서는 사회적 수용, 고비용 소요, 대규모 현장 시연 등이 필요하다. 완전한 순 제로 경제를 실현하기 위해서는 청정 생산 공정으로 전환하여야 한다. 이를 위해서는 제로 탄소 zero-carbon 제품 생산을 위한 실질적 혁신과 투자가 필요하다.

3.3 순환경제 방식은 비용 효율적이다.

가장 경제적이고 매력적인 옵션 중 몇 가지는 제품 활용도와 수명을 늘리는 데 초점을 둔 순환 경제 전략에서 찾을 수 있다. 비용절감은 일부 순환경제 시스템의 생산성을 향상시킬 수 있다. 이는 생산성 향상을 위해 시스템을 대폭 개선해야하기 때문이다. 예를 들어, 공유 및 순환형 교통 시스템은 운행비용을 70%까지 줄일 수 있다. 집중적으로 사용되도록 최적화되고 더 긴 수명을 갖도록 설계된 공유 차량은 더 많은 선행 투자가 필요할 수 있지만 장기적으로 비용을 분산시켜 결과적으로 훨씬 적은 비용이 소요된다. 자원을 좀 더 생산적으로 활용하면 재료 사용이 감소된다. 재료를 덜 사용하면 높은 투지비가 소요되는 대체재 공급이 필요할 수 있다. 높은 투자비는 인력투입, 재고 및 물류비용 증가에서 비롯될 수 있다. 예를 들어, 전체적인 재료 사용을 줄이기 위해 콘크리트 부재나 강철 빔을 최적화하면 복잡성 및 조정 비용이 증가하고 일반적으로 공장 제작(prefabrication)방식이 요구된다. 하지만 이러한 기회비용은 다른 많은 저탄소 생산 기회비용보다 저렴하다.

생산 및 건설 현장에서 폐기물 발생을 줄이면 기술의 진보로 폐기물 감소 비용을 크게 줄일 수 있다. 대표적인 예로 3D 프린팅과 같은 적층 제조법(additive manufacturing methods)을 들 수 있는데 이 방식은 생산 부산물을 거의 없앨 수 있다.

재료 재순환의 경우에 재활용의 경제적 매력은 원재료의 가치를 유지하는 성능에 크게 좌우될 것이다. 수거 비용을 줄이고 새로운 시장을 개발하며 생산된 2차 재료의 가치를 보존해야 한다. 그러한 상황 속

에 플라스틱 재활용은 수익성을 높일 수 있고 더 큰 규모로 부각될 것이다.

3.4 이 방식은 시스템 전반에 걸쳐 이점을 제공한다.

순환경제 구현으로 사회적 혜택을 추가로 얻을 수 있다. 순환경제 전략은 GHG 배출량을 크게 줄이는 일 이외에도 경제적 기회 및 사회와 환경에 대한 다양한 혜택을 제공한다. 순환 경제는 재화와 서비스 이용비용을 낮출 수 있다 예를 들면 새로운 비즈니스 모델을 제공하고 고품질의 2차 재료로 1차 재료를 대체하고 공급망의 구조를 개선하기 위해 디지털 기술을 활용하여 비용을 절감할 수 있다. 편리한 대중교통과 공유 플랫폼을 통해 차량 이용 효율을 높이고 에너지 효율이 좋은 차량의 도입으로 운영비를 절감할 수 있다. 디지털화된 공유 경제는 교통체계에서 이동 시간과 혼잡을 줄일 수도 있고 식품, 상품, 서비스에 대한 접근성을 향상시킬 수 있다. 순환경제는 자원의 소비 지향적 경제활동에서 벗어나 더 큰 번영과 더 나은 삶의 질을 제공한다.

심화 내용: 건축환경을 위한 기회

건축환경은 매년 배출되는 전 세계 물질의 거의 절반을 사용하며 현재 예측에 따르면 전 세계에 걸쳐 2060년까지 매주 파리시와 동등한 도시가 건설될 것으로 추정하고 있다. 현재 도시화 추세가 계속되면 세계 도시의 물질 소비량은 2010년 400억 톤에서 2050년까지 지구가 지속적으로 제공할 수 있는 공급량을 초과하는 약 940억 톤에 이르기까지 증가할 것으로 예상된다. 도시의 고밀도화 추세는 농지 등에 대한 토지이용 부족 현상을 야기할 것이고 건설을 통해 발생되는 이산화탄소 배출량이 크게 증가할 것이다. 따라서 미래의 기후목표를 달성하기 위해서는 재생에너지로의 전환과 에너지 효율 향상 이외에도 건물을 효과적으로 설계하고 시공하고 사용하는 방법을 찾아내는 일이 아주 중요하다. 건축환경에 대한 순환 시나리오는 철강, 알루미늄, 시멘트 및 플라스틱에 대한 수요절감으로 건축자재에서 발생하는 이산화탄소의 배출량을 감축시키는 것이다, 계획된 시나리오는 주택 거주자들에게 상품, 서비스 및 주거에 대한 접근성을 개선하고 거주지와 근무지의 실외 공기질(outdoor air quality)을 향상시킬 수 있는 건축환경을 제시한다. 이러한 시스템은 모듈식(modualr way)으로 설계되고 재활용 및 무독성 재료로 시공된, 내구성 있는 복합건물들을 통합한다. 이들은 공유되고 가변적인 사무실 공간들 덕분에 활용률이 매우 높아질 것이다.

폐기물 처리

• **건물 설계물로 부터의 폐기물 제거:** 건설 프로젝트에서 종종 실제로 필요한 양보다 더 많은 재료가 사용된다, 예를 들어, 현재 사용되고 있는 시멘트 양의 50~60% 만 사용하여 동일한 구조 강도를 성취할 수 있는 경우가 종종 있다. 이는 콘크리트의 시멘트 함량을 줄이고 구조물 내에서 콘크리트를 덜 사용함으로써 성취될 수 있다. 최소 재료가 적용된 건물의 설계는 과잉 사양(over- specification)을 줄이고 디자인을 개선하며 고강도 재료를 사용하게끔 유도한다. 예를 들어, 포스트 텐셔닝(post-tensioning)과 같은 기술로 얻어진 고강도 강철은 필요한 재료량을 30%까지 줄일 수 있다.

• **건설 폐기물 제거:** 도시의 고형 폐기물의 40% 이상이 건설 및 철거 폐기물(construction and demolition waste (CDW))인데 유럽에서는 CDW의 54%가 매립된다. 조립식 건물 부재, 비현장(offsite) 시공, 3D 인쇄와 같은 산업화 건설 공정은 재료 수요와 폐기물 배출을 줄일 수 있다. 모듈식 건축 행위를 공장과 같은 통제된 환경으로 옮기면 제조업체는 고품질 표준, 생산성 향상, 전체 폐기물 최소화를 달성할 수 있다. 이는 전통적 건설 방식에 비해 현장 폐기물 생성을 최대 90%까지 줄일 수 있다.

사용 중인 제품 및 재료의 유지

• **공유형 비즈니스 모델:** 활용률이 낮은 건물들이 많다. 예를 들어 유럽의 경우 업무 시간 중 60%의 사무실 공간이 사용되지 않고, 영국 주택들의 49%가 사용하지 않는 침실을 2개 이상 갖고 있다. 순환경제에서 공유와 같은 서비스 기반 비즈니스 모델들은 사용되지 않는 건물, 공간 및 건축 구성재의 활용도를 높인다. 예를 들어, 런던에서 피어 투 피어(peer to peer (P2P)) 임대, 더 나은 도시 계획, 사무실 공유, 용도 변경 건물 및 다목적 건물들은 새 건물의 가치를 높이고 2036년까지 도시 건물들 중 20%에 해당하는 건물들의 활용률을 두 배로 높일 수 있을 것이다.

• **수명 연장:** 전통 방식으로 건축된 건물의 수명은 50~100년이지만 일반적으로 20~30년 후에는 경제적 가치가 사라진다. 따라서 종종 철거가 해법이 되기도 한다. 순환 경제에서 건물의 경제적 가치는 '기능적' 수명의 연장을 통해 유지된다, 모듈식의 가변적이고 내구성 있는 설계를 통해 건물 수명을 연장할 수 있다. 이러한 설계 방식은 또한 건물이 변화하는 사용자 요구에 대응할 수 있을 뿐만 아니라 건물의 유지보수와 개조를 더 쉽게 해준다. 모듈식 설계는 일반적으로 건물 외장재의 80%를 재사용함으로써 모듈성과 내구성을 결합시켜 건물수명을 100년 이상 지속시킬 수 있다.

• **건축재료 재사용:** 건설 해체 폐기물(CDW)의 20~30%만 재생이나 재활용되는데 이는 종종 설계가 취약하고 건물의 재료 구성 정보가 부족하기 때문이다. 재활용 재료를 설계하면 새로운 1차 재료의 필요성을 제거하고 재활용 재료들을 최상의 상태로 재도입할 수 있다. 예를 들어, 네델란드 암스테르담에서는 7만개의 신축 아파트 공사에서 재료 재활용률을 향상시켜 2040년 전까지 50만 톤의 자재 절약 효과를 얻을 수 있을 것으로 전망했다,

• **재료 재생:** 재료 재생의 확대는 수명이 다했을 때 새로운 생산을 위한 투입물로 사용될 수 있도록 분해와 고부가가치의 재생을 위한 재료 설계를 수반할 것이다. 건축환경의 경우에 수명이 다한 건물에서 얻어진 재료에 재생 기술을 적용할 수 있다. 재생 재료를 사용하면 새로 첫 생산되는 재료에 대한 수요가 줄고, 재생 골재의 공정은 새 골재 생산 공정에 비해 이산화탄소 배출량이 40~70% 정도 줄어든다. 재생 재료 설계, 재생 물량 확대, 2차 재료의 품질 향상이 필요하다. 강철에 대해서는 재료재생 기술이 이미 제대로 정립되었지만 시멘트와 플라스틱 재생을 위해서는 기술 향상이 요구된다. 특히 플라스틱의 경우에는 제품을 효과적으로 수집, 분류 및 재생 할 수 있는 생산 체계 구축이 전술한 야심찬 계획을 실현하기 위한 핵심이 된다.

도시를 위한 기회와 이점: 도시계획

건물 구조물들의 설계 및 사용 방식에 영향을 미치는 데 도시의 역할이 중요하다.

도시는 건축환경에서 배출되는 온실가스를 감축하기 위한 순환 기회를 제공한다. 예를 들어, 순환경제 원칙을 도시개발에 적용하면 도시의 물리적 설계물과 기반시설들이 물, 유기물, 산업 부산물, 건축 구성재, 가정용 재활용품과 같은 자원의 효과적인 재사용, 수거 및 재분배 작업을 보다 효과적으로 도와줄 것이다. 이는 복합용도시설들로 콤팩트 시티(compact city)를 디자인함으로써 가능하고 콤팩트 도시는 통제되지 않은 무분별한 도시 확장 현상인 도시 난개발(urban sprawl)을 감소시켜줄 것이다. 예를 들어 유럽에서 도시 난개발 현상의 감소는 2050년까지 최대 30만㎢의 토지 절약으로 보다 생산적인 자산 이용을 가능하게 할 것으로 전망하고 있다. 이산화탄소 배출은 도시 밀도 및 구조와 밀접한 관련이 있기 때문에 콤팩트 시티는 도로, 하수구, 수도관 및 기타 기반시설들의 신설을 최소화하여 온실가스 배출량을 줄이는 데 기여할 수 있다. 소득 수준과 인구가 비슷한 바르셀로나와 애틀랜타를 비교했을 때 두 도시의 서로 다른 도시 밀도로 인해 온실가스의 배출량이 서로 다르게 나타났다. 도시 밀도가 높은 바르셀로나는 애틀랜타에 비해 운송면적이 26배나 작아 이산화탄소배출량도 10배가 낮다. 도시의 치밀화는 추가적인 사회적 혜택을 제공해서 도시의 생산성을 증가시킬 수 있는 것으로 예상하고 있다. 이로써 지구에 가해지는 압박을 최소화하고 부를 창출하고 빈곤을 없애는 방향으로 도시화를 실현할 수 있다. 건축환경 개선을 위한 순환경제 조치는 오염도를 낮추고 도시를 보다 건강하고 살기 좋게 만들 것이다. 전술하였던 도시 공간, 자산 및 재료의 활용률 향상도 사회적 혜택을 제공할 것이다. 도시를 위한 이러한 순환 전략은 미세먼지 (PM2.5 및 PM10) 배출로 인한 사회적 비용 지출을 줄일 수 있는 잠재력을 갖고 있다. 도시의 경우에 기존 건물을 보다 효율적으로 사용하고 신축을 자제하는 순환경제로 “소비기반 온실 가스 배출량”을 줄이면 그에 따른 비용 절감 효과를 얻게 될 것이다.

심화 내용: 교통수단을 위한 기회

자동차 이용에 따른 온실가스 배출이 심각한 상황에서 2050년에는 전 세계 자동차 수가 2배 이상 증가할 것으로 예상된다. 향후에 하이브리드 및 전기 자동차 보급 증가로 자동차 사용으로 인한 가스 배출량은 줄겠지만 자동차 제조업체의 온실가스 배출량은 증가할 수 있다.

전기 자동차를 통한 미래의 기후목표 달성을 위해서는 차량 설계, 생산 및 사용 방식이 매우 중요하다. 전기로 움직이고 상호 연동되어 자율 주행되는 공유형 다중 모드 교통시스템에 대한 이산화탄소 배출 절감을 위한 순환 시나리오를 구상할 수 있다. 이 시나리오에서 승용차는 점차 서비스로 공유될 수 있고 내구성과 재활용성을 고려하여 설계될 수 있다. 이러한 변화는 유지관리비 절감, 주차 및 도로용 공간 및 투자비용 절약, 대기 오염 감소 등과 같은 긍정적인 부수적 효과와 함께 적지만 더 효율적으로 활용되는 차량들을 의미한다.

폐기물 처리

• 경량화된 차량 설계: 현재 추세에 따르면 연비를 줄이기 위해 차체 중량을 줄이려는 노력에도 불구하고 차량의 총 중량이 수년에 걸쳐 증가하고 있는 것으로 나타났다.

이 분야의 재료 혁신은 더 낫지는 않지만 더 적은 양으로도 잘 작동하는 재료를 찾아내도록 도와줄 수 있다. 리버심플(Riversimple)사의 라사(Rasa)는 무게가 40kg 미만인 초경량 섬유 복합 소재로 만들어진 수소 연료 전지 구동 자동차이다. 재료 소요량이 적어 제작과정에서 온실가스 배출을 감소할 뿐만 아니라 혁신적 재료 적용으로 더 나은 공기 역학과 수명 연장 효과를 얻을 수 있다.

사용 중인 제품 및 재료의 유지

• **공유형 비즈니스 모델:** 오늘날 교통체계는 최적화된 방식으로 이용되지 않고 구조적으로 많은 폐기물을 발생시키고 있다. 대중 및 개인의 공유 서비스는 차량 이용률을 높이면서 다양한 형태의 교통수단에 편리하게 접근할 수 있도록 유도하여 이러한 문제를 해결할 수 있다. 지하철과 같은 대규모 철도 운송수단을 이용하면 승용차를 이용하는 것에 비해 승객 1인당 이산화탄소 배출량을 약 76% 가량 줄일 수 있다. 기차, 버스 또는 택시 등의 이용객이 많아지면 도로 위의 차량들이 줄고 이산화탄소 배출량을 줄일 수 있다.

• **내구성 증진을 위한 디자인:** 차량 판매로 수익이 창출되지만 기업이 내구성이 뛰어난 차량을 설계할 동기는 거의 없다. 하지만 내구성을 위한 설계는 유지 관리비가 고객이 아닌 사업에 미치는 서비스 기반의 비즈니스 모델에 특히 유용하다. 이 경우에 모듈식이고 유지관리와 수리가 용이한 차량 설계로 차량 가치를 유지할 수 있다. 고장이 나거나 오래된 단순 부품들을 직접 교체할 수 있어서 차량 수명을 최대 10배까지 연장할 수 있다.

• **재활용과 재생산을 위한 설계:** 오늘날의 차량은 재사용을 위해 설계되고 관리되지 않는다. 이는 차량 수명이 다했을 때 더 잘 사용될 수 있음에도 가치 있는 구성재와 재료들이 폐기된다는 것을 의미한다. 순환경제에서 모듈화, 재사용 및 재제조를 위해 설계된 차량은 자산의 수명을 연장시키는 데 도움을 줄 것이다. 이러한 조치는 구성재의 가치를 높이고 새로운 구성재의 생산을 지양하여 원료를 절약하고 온실가스 배출을 감축할 것이다.

다른 이점은 차량 노후화를 방지하고 유지 보수를 용이하게 하며, 공급망을 단축시킬 수 있는 생산의 현지 생산을 지원할 수 있다는 것이다. 르노(Renault)사는 이러한 조치로 수명이 다한 차량의 골격 43%를 재사용 할 수 있었다. 미쉐린(Michelin)사는 마모된 타이어의 85%를 재사용 할 수 있음을 보여주었다. 자동차 엔진을 재제조할 경우에 기존의 새로운 엔진 제조 공정에 비해 이산화탄소 배출을 크게 감소시킬 수 있다.

• **재순환 재료:** 대부분의 차량이 수명이 다하면 폐기된다. 예를 들어, 유럽에서 수명이 다한 차량들은 매년 8~9백만 톤의 폐기물을 방출하지만 재생이 점점 더 일반화되고 있다. 유럽 수명 종료 차량 지침(European End-of Vehicles Directive)은 이미 연간 차량 당 95%의 재활용성을 목표로 수립되었다. 현재의 재활용 공정은 재료와 가치를 크게 저하시키는 문제가 있다. 그러나 르노(Renault)사는 차량의 85%를 재활용할 수 있도록 설계함으로써 높은 수준의 재활용 가능성을 보여주었다. 이러한 조치는 에너지 수요를 80% 가량 줄일 수 있다

도시를 위한 기회와 이점: 다중형 교통체계

도시 밀도와 토지 이용 패턴은 교통 습관을 크게 결정한다. 컴팩트하고 대중교통 지향적이며 복합용도 근린주구가 밀집된 도시는 공유형 교통수단 (예: 버스, 지하철, 승차 공유 등)과 능동적 교통 옵션 (예: 걷기, 자전거 타기 등) 모두에게 유리한 조건을 제공한다.
유럽의 경우에 공유형 다중 교통 시나리오는 즉 재생에너지로 전기 동력을 공급 받을 수 있는 거의 완전히 탈탄화된(decarbonised) 교통체계로 유도할 수 있다. 일부 경미한 배출은 생산 단계에 발생될 수 있지만 차량 수명을 연장하고 구성재와 재료를 재사용하여 감축시킬 수 있다. 이러한 시나리오는 주민들의 건강과 삶의 질을 향상시킬 것이다.
차량 수와 교통량이 적으면 사고를 줄이고 사람들의 거리 활동을 장려하여 사회적 응집력과 지역경제를 강화할 수 있다. 공유형 다중 교통 시스템은 디지털 플랫폼과 인공지능의 도움으로 편의시설과 직접적인 접근을 용이하게 만들고 이동 시간을 감축시킬 수 있을 것이다. 이러한 시스템은 접근성, 연결성, 자원 절약, 혼잡 및 오염 감소와 관련된 기회를 확대하는 데 중요한 역할을 할 수 있다. 예를 들어, OECD 연구에 따르면 자율주행 차를 대중교통과 통합하면 이론적으로 유럽 도시의 차량 10대 중 9대를 없앨 수 있다고 추정했다.
이로 인해 주차공간을 충분히 확보할 수 있고 기존의 주차공간들이 도로 개설 및 자전거 도로 등과 같은 공공 목적으로 재활용될 수 있을 것이다. 이러한 순환형 교통 시스템은 교통 혼잡 및 유해물 (PM2.5 및 질소 산화물 오염물질) 배출 문제 해소에 소요되는 사회적 비용 감축과 같은 부수적인 이점들을 얻게 해줄 것이다.

4. 식품시스템의 순환경제 기회

4.1 식품시스템에서 배출량 감소를 위한 순환경제 전략

이 전략은 다음과 같은 세 가지의 핵심적인 순환경제 원칙에 의해 지지된다.

1) 폐기물 처리

전 세계적으로 대량의 음식물 쓰레기를 발생하는데 쓰레기가 분해되면서 메탄가스가 배출된다. 음식물 쓰레기 최소화는 2030년까지 1인당 음식물 쓰레기와 손실을 절반으로 줄이겠다는 야심찬 계획을 세운 유엔 SDG 12.3에서 공식화된 주요 글로벌 아젠다 항목이다. 이 목표를 달성하기 위해 적용 가능한, 다양한 메커니즘이 있다.

2) 사용중인 제품 및 재료의 유지

식량 자원은 잘 관리되지만 폐기되는 유기물은 농업 부산물, 음식물 찌꺼기, 도시 조경 관리('녹색 폐기물'), 도시 하수를 통해 늘 생성된다. 식품의 가장 큰 소비처인 세계의 도시들은 이러한 재료들의 주요 생산자가 된다. 매년 도시는 어마어마한 유기 폐기물을 발생시키며 그 중 극히 적은 일부만이 생산적인 용도로 쓰인다. 순환경제에서는 이러한 유기물질은 폐기물이 아니라 타 분야의 원료로 간주된다. 폐기물 흐름이 비교적 순수한 경우에 이 재료를 사용하여 고 의류용 직물, 포장 및 가구용 구조재, 혁신적인 새로운 식품과 같은 고부가가치 제품을 생산할 수 있다.
혼합 폐기물 흐름의 경우, 특히 도시 주변 지역에서 재생 식품 생산을 지원할 수 있는 토질 개선 제품을 생산하는 영양소 순환(nutrient looping)이 적용될 수 있다. 충분한 원료와 적절한 기반시설이 사용 가능한 경우, 이는 혐기성 소화 방식을 통한 에너지 회수로 보완될 수 있다.
영양소 순환은 탄소 배출 폐수 처리장의 설계 및 운영에 적용될 때 특별한 영향력을 줄 수 있다. 개발도상국에서 폐수처리장의 에너지 수요는 향후 15년간 20% 증가할 것으로 예상된다. 폐수처리장이 에너지 생산자로 운영될 수 있음을 입증한 사례를 보면, 덴마크의 오르후스(Aarhus)와 오덴세(Odense)의 폐수처리장들은 슬러지의 혐기성 소화를 통해 바이오 가스를 회수하여 높은 에너지 효율을 성취하였다. 이 과정에서 남은, 양분이 풍부한 바이오 고체는 지역 농장에서 유용하게 쓰일 수 있다.
퇴비화는 주로 메탄보다 지구 온난화 잠재력이 훨씬 낮은 이산화탄소를 생성하는 공정이다.
퇴비에는 탄소 외에 토양에 영양을 공급하고 토질을 개선할 수 있는 다른 영양소가 포함되어있어 농작물 재배에 퇴비를 사용한다. 이는 화학 비료가 적고 관개가 덜 요구된다는 의미이다. 결과적으로 광업(원료채굴), 산업(암모니아 생산) 및 에너지(관개용 동력)와 같은 부문의 배출이 줄어든다.

3) 생태계 회복

재생 농업은 토양 건강, 생물 다양성 및 지역 생태계를 개선하는 방식으로 식품을 재배하는 것이다. 실제로 이 작업의 수행 방법은 상황, 규모 및 기타 요소에 따라 다르지만 모든 방식은 농장을 생태계의 일부로 간주하고 토양 유기물을 구축하는 것이 중요하다.

방목 관리법은 목초지에서 방목 시간과 휴식 시간을 신중하게 제어하면서 비옥한 토양을 만들기 위해 가축을 사용하는 것이다, 잘 관리하면 토질 개선, 탄소 격리, 함수율 증가, 사료 생산량 증가 효과를 얻을 수 있다. 이 방법은 가축밀도 최적화, 다양한 잔디 종 사용, 동물 회전 주기 등과 같은, 다양한 방목 기술이 필요하다.

4.2 식품시스템 배출량을 더 줄이기 위해 추가 개입이 필요하다.

순환경제 전략을 채택하면 전체 식품시스템 배출량을 49% 줄일 수 있다. 그 효과를 높이려면 전술한 방법 외에 농법의 추가 개선, 지속적인 개선과 신기술 개발, 행동 변화를 장려하는 조치가 필요하다.

신기술은 정밀 농법 및 소 사료에 메탄 억제제 사용 확대와 같은 광범위한 개입을 포함한다.

정밀 농기술은 각 작물 생산 단위에 필요한 투입량(종자, 물 또는 화학 물질)을 줄일 수 있다. 이로써 비료의 남용을 해결할 수 있다. 2010년에는 비료 남용이 농업 생산 배출량의 19%를 차지했다. 질소 비료는 가장 강력한 온실 가스 중 하나인 아산화질소를 방출한다. 비료 사용을 줄이면 생산과 관련된 배출이 감소한다. 메탄 억제제를 사료에 섞으면 동물 가축에서 장내 발효를 최대 30%까지 감소시킨다. 장내 발효물질은 농업에서 배출되는 온실가스의 원천이다. 디지털 기술 공간, 인공 지능 (AI), 사물 인터넷 (IoT), 유전자 편집 기술 및 기타 4차 산업혁명 기술도 식품시스템 배출 문제를 해결하는 데 중요한 역할을 할 수 있다.

AI 지원 음식물 쓰레기 주방 저울과 같은 간단한 데이터 수집 시스템은 음식물 쓰레기 데이터를 자동으로 수집하여 식당이나 호텔 음식 조달에 대한 의사결정을 개선할 수 있다.

예를 들어 AI의 사용은 더 낮은 에너지로 새로운 유형의 식품 디자인에 공급되는 재생 가능한 바이오 공급 원료에 대한 더 많은 사용을 식별하는 데 도움이 되는 고급 응용 프로그램으로 확장될 수 있다. 칠레에 본사를 둔 NotCo사의 AI 플랫폼은 식품을 분자 수준으로 분석하여 탄소 함량이 적은 식품을 설계했는데 기존 식품과 질감과 맛은 비슷하다.

개선된 농기술도 광범위한 배출 감소 해법을 제공한다. 논에 대한 중기 배수법(mid-season drainage)은 벼의 재배 조건을 혐기성에서 호기성으로 전환하여 메탄을 크게 감소시킨다.

분뇨 관리 기술은 개선 동물의 대소변에서 방출되는 산화질소와 메탄가스를 줄여준다.

행동변화는 주로 식생활을 바꾸고 과소비를 줄이는 것으로 개인, 기관, 회사 및 가정에서 음식물 쓰레기를 줄이는 데 중요한 요소이다. 이는 배출 감소에 결정적인데 교육 프로그램과 공중 보건 캠페인이 필요하다. 정기적으로 순환식 '식품 디자이너'는 탄소 배출량이 적은, 다양한 식품을 제공함으로써 행동 변화에 영향을 줄 수 있다.

4.3 순환경제 방식은 비용 효율화이다.

전술한 순환 전략을 시행함으로써 얻을 수 있는 경제적 이익은 2050년까지 매년 7,000억 달러로 추정된다.

식용 식품 재배분을 통해 도시는 귀중한 음식이 매립되는 것을 막고, 비용을 절감할 수 있다.

식품시스템에 순환적 사고를 적용함으로써 수많은 다른 경제적 이익이 발생할 수 있다. 주방 폐기물에 대한 정기적 분석결과를 도출하는 Winnow사의 스마트 계량 저울은 요식업체의 식자재 비용을 2~8% 절감시킬 수 있다.

재생 농업은 농업에 투입 물량을 줄여서 비용을 절감할 수 있다. 인디애나 주의 농부 로드니 룰론(Rodney Rulon)은 6,200에이커의 경작지에서 작물 종자에 약 10만 달러를 투자해서 비료 값 5만7천 달러를 절약하고 10만7천 달러까지 소득을 늘렸다.

인도 북부에서 16만 명 이상의 농부들이 제로 예산 자연 농업을 실천하고 있다. 농업 부산물을 토양 활성화, 종자 보호를 위한 원천으로 만든다. 결과적으로 농민들은 값 비싼 합성 투입물을 구매하기 위해 돈을 빌리지 않기 때문에 부채를 줄이고 소득을 증대시키고 있다.

이탈리아의 도시들은 보다 효과적인 유기 폐기물 수거의 이점을 실현하고 있다. 파르마(Parma)에서는

길가에서 가정으로 유기물 폐기물 수거가 옮겨지면서 유기 폐기물 처리 비용이 연간 45만 유로(51만 달러)가량 줄어들었다.

4.4 이 방식은 시스템 전반에 걸쳐 이점을 제공한다.

순환형 식품시스템은 '행성 경계(planetary boundaries)' 내에 머무르고 UN의 지속가능한 개발목표(SDG)를 실현시킬 수 있다. 세계적 맥락에서, 더 많은 순환 식품시스템이 많은 '행성 경계'에 긍정적인 영향을 미칠 가능성이 크다. 스톡홀름 복원 센터(Stockholm Resilience Centre)가 개발한 이 개념은 9가지 가장 중요한 지구 시스템의 과정을 의미한다.

특히 2개의 경계인 재생 식품 생산과 영양소 순환 개선은 인과 질소 유출 및 종 다양성 보존에 긍정적인 영향을 줄 수 있다. 다른 환경 편익은 생물 다양성, 토양 분해 방지와 용수 보존에 대한 긍정적인 작용들을 포함한다.

IRP의 2016 보고서는 위한 사회적 혜택을 포함하는 환경을 넘어서서 '자원-스마트' 식품시스템은 17개의 지속가능한 개발 목표들 중 최소 12개 이상을 달성하는 데 필수적이라는 확실한 증거를 제공한다. 순환형 식품시스템은 또한 상당한 보건상의 이점을 제공한다.

살충제 노출 감소로 살충제 관련 질병으로 인한 보건비용을 절감할 수 있다. 미래의 공중 보건 위협이 심각하게 걱정된다. 가축과 어류 사육에 적용되는 재생 관행은 개선된 폐수 처리와 함께 항균 저항으로 수백만 명의 사람들에게 미칠 수 있는 위협을 완화하는 데 도움이 될 수 있다. 수질 오염, 식품 매개 질병 및 대기 오염의 감소는 다른 건강 문제에 긍정적인 영향을 미친다. 순환형 농업을 통한 대기 오염 해소로 많은 생명을 구할 수 있을 것이다. 기후 변화 대응은 우리 시대의 가장 큰 과제 중 하나이며, 수억 명이 넘는 굶주린 사람들의 영양실조 문제를 해소하고 세계인의 삶의 질을 향상시킬 것이다. 긍정적인 소식은 최근 기후 변화에 관한 정부 간 패널로 재생 농업과 기타 순환적 방식이 이러한 중요한 문제를 동시에 해결할 수 있는 잠재력을 가지고 있다는 것이다.

5. 순환경제는 기후 변화 영향에 대한 복원력을 높인다.

5.1 기후 변화의 영향은 비즈니스에 심각한 위험을 표출한다.

기후 변화는 비즈니스와 투자자에게 심각한 영향을 미치면서 광범위한 물리적 위험을 야기한다. 물리적 기후 위험은 급성 또는 만성으로 분류될 수 있다. 급성 물리적 위험은 가뭄, 홍수 및 산불과 같은 극한 기후조건에서 발생하고 만성 물리적 위험은 지속적인 고온 및 해수면 상승과 같은 장기적인 기후 변화로 인해 발생한다.

기후 변화는 기업에게 노출될 수 있는 체계적인 위험으로 인식되고 있다. 기후 변화와 관련된 상위 5대 우려 사항은 다음과 같다.

1. 생산력 감소/ 정지 (예: 정전)
2. 운영비용 증가 (예: 공급이나 백업 비용 증가)
3. 사업수행 중단 (예: 시설이나 유통 시스템 손상)
4. 자본비용 증가 (예: 플랜트나 장비 업그레이드, 보험 비용 등)
5. 재화와 서비스에 대한 수요 감소 (예: 시장 선호도 변화)

구조적 요인들은 이러한 위험에 대한 비즈니스의 복원력을 약화시킨다.

오늘날 세계 경제는 상호 연결된, 상호 의존적이고 복잡한 공급망을 개발해왔다.

기업은 최대 효율성(예: 적시(適時) 생산)에 의존하면서 전 세계에서 점점 더 많은 소재와 구성재를 조달한다.

원거리에서 폭풍이나 가뭄으로 인한 혼란은 전체 공급망을 정지시킬 수 있다.

2011년 태국의 심각한 홍수는 전자 및 자동차 산업 공급업체를 강타하여 전 세계적으로 태국 의 공급업체에 의존하는 14,500개의 사업이 중단되었다. 세계 하드 드라이브 시장의 3분의 1을 차지했던 Western Digital이 선적량의 45%를 달성하지 못함에 따라, HP사는 20억 달러의 손실을 입었고, Toyota, Honda 및 Nissan은 각각 240,000, 150,000 및 33,000 대의 자동차를 공급할 수 없었다.

기후 복원력의 가치와 성취 방법

복원력에 투자하면 이익과 비용 효과가 있다는 증거들이 많다. 최근 한 보고서에 따르면 향후 10년간 기후대응 전략에 1.8조 달러를 투자하면 총 순이익이 7.1조 달러로 늘어날 것으로 전망했다. 복원력을 높이는 데 필요한 요소는 잘 정립되어 있으며 다양성, 유연성, 협업, 통합 및 포괄성을 포함한다. 공급업체의 72%가 기후 위험이 비즈니스 운영, 수익 또는 지출에 크게 영향을 줄 수 있다고 생각하지만 현재 절반만이 위험을 관리하고 있다.

5.2 순환경제는 복원력 증가로 위험 해결에 도움을 줄 수 있다.

산업의 순환경제 비즈니스 모델은 복원력을 높일 수 있는 잠재력을 갖고 있다.

순환경제에서 비즈니스 모델은 제품을 재사용하고, 부품을 재생산하고, 재료를 재활용할 수 있는 디자인에 의해 지지된다. 이 모델은 공급망에 따라 기후 관련 혼란의 위험을 분산시켜 복원력을 높일 수 있다. 이러한 비즈니스 모델의 위험 감소 효과가 인식되기 시작했다.

유럽위원회는 재활용을 "위험 감소 조치"로 간주한다. 재생산과 재활용으로의 전환은 고부가가치의 경제 활동을 다양화하고 추가할 수 있다. 예를 들어, 르노사는 프랑스에 공장을 설립하여 자동차 부품을 재생산하고 재생(recondition)하여 해외 자원에 대한 의존도를 줄일 뿐 만 아니라 공급망을 재구성함으로써 위험이 감소되었다. 하지만 상황이 중요하며 이러한 기회를 추구함으로써 얻어지는 총체적인 복원 효과가 결정될 것이다. 기후 영향에 대한 취약성은 모든 국가들이 기후 위험에 대한 노출 수준, 경제 발전 수준, 재료 및 상품의 수출입 의존도, 정치적 맥락에 따라 다르기 때문에 지역마다 다르다. 따라서 조직은 기후 위험에 대한"대규모의 다차원적 관점"을 취해야한다. 다른 고려 사항이 있다. 더욱 분산된 공급망을 구축할 때는 보다 복잡한 네트워크가 비용이 많이 들고 관리가 어렵기 때문에 운영 효율성을 고려해야한다.

식품 부문은 기후 위험에 특히 취약하다.

전술한 물리적 위험은 농업에 영향을 미친다. 2019년 6월 미국 중서부 지역의 홍수로 수백만 에이커의 땅에 파종이 불가능하게 되었다. 미국 캘리포니아 지역의 가뭄(2011-15)은 농업에 소요되는 직접비의 급상승을 초래했다.

기후 변화는 동식물의 생애주기에 영향을 주고 해충과 질병에 대한 노출을 증가시켜 식량 체계에 특수한 위험요인이 된다. 이러한 부작용은 예측이 어렵고 광범위하고 복잡하며 지역별로 그리고 시시각각 변화하고 기존의 사회·경제적 상황에 영향을 받을 것이다.

기후변화는 단기적으로는 온난지역의 평균 기온이 약간 상승해서 생산량이 증가할 수 있으나 물이 제한된 열대지역에서는 수확량이 감소할 수 있다. 확실한 것은 장기적으로 불확실성이 증가할 것이고 일부 이점에도 불구하고 부정적 영향이 클 것이다.

식량 순환경제의 핵심요소인 재생 농업은 토양의 복원력을 높일 수 있다. 건강한 토양은 물을 흡수하고 저장하는 능력이 더 높기 때문에 홍수와 바람과 홍수로 인한 침식에 잘 견딜 수 있다.

복원력 구축 농법은 상황에 따라 다르다. 예를 들어, 기후 변화에 특히 취약한 소규모 농업은 보존 농업 또는 자연 농업 시스템을 채택하여 복원력을 증가시킬 수 있다. 예를 들어 인도의 안드라 프라데시(Andhra Pradesh)주에서 13만 명 이상의 농부들이 실시한 저입력 기술인 제로 예산 자연 농법(ZBNF; Zero Budget Natural Farming)는 발효된 농장 부산물을 사용하여 토양 미생물을 활성화시키고 녹색 비료의 적용과 함께 토양의 수분 함유량을 증가시켜 수확량을 늘리고 농작물을 튼튼하게 한다.

결론적으로 순환경제는 기후 복원력을 높일 수 있는 흥미로운 잠재력을 가지고 있지만 후속 연구가 필요하다. 순환경제를 통해 기후 변화 영향에 대한 복원력을 높이기 위한 심층적 연구가 필요하다. 특히 농업외 분야에서 이 주제가 아직 다루어지지 못했다: 고밀도의 압축 도시를 만들면 자산과 자원을 보다 생산적으로 사용할 수 있지만 위험이 집중되어 도시의 기후 변화 대응에 취약해질 수도 있다. 하지만 앞서 제시한 잠재력의 초기 징후는 고무적이고 추가연구에 합당하다. 기후 변화 대응 전략은 반드시 필요하며 이 전략이 배출량을 줄이고 경제적 가치를 창출하는데 기여할 것으로 전망한다.

6. 다음 단계: 공동의 행동이 필요하다.

● 국제기관의 역할

순 제로(net-zero) 배출 순환경제로의 전환을 위한 표준 제정, 조정 및 장려.

• 국제 안건에 순환경제 상정

기후목표에 기여하고 기후변화에 대한 회복력을 높이기 위한 순환경제 조치의 잠재력은 중요하나 현재 기후 담론에서 다루어지지 않고 있다. 순환경제는 산림회복, 에너지 효율 및 재생 에너지 분야와 같은 국제 프로세스에서 인정된 다른 기후활동의 핵심 분야와 동등한 지위를 가져야한다. 이로써 유엔기후변화협약 (UNFCCC)과 같은 조직은 순환모델을 NDC의 효과적인 틀로 인식하여 2050년 기후목표 달성에 필요한 순 제로 탄소(net-zero carbon)로의 전환을 가속화 할 수 있다. 이를 위해 2019년 3월 UN 환경회의에서“지속가능한 소비와 생산을 달성하기 위한 혁신적 경로”에 대한 결의가 이루어졌다.

• 순환형 제품 및 재료의 거래

순환경제 지원을 위해 국제 무역은 “환경 및 탄력적 의제를 이행을 위한 수단”으로 작용해야 한다. 재활용성, 보수성, 생태디자인, 재료 및 화학 물질 사용에 대한 국제표준설정은 매우 중요한 역할을 한다. 이는 2차 재료, 재생산 및 재가공 제품에 대한 거래를 막는 무역 장벽을 없앨 수 있다. 순환경제를 가능하게 하는 기술들은 순환경제의 전 세계적 수용을 촉진할 수 있다.

• 순환경제로의 투자 유도

영향력 있는 투자자는 순 제로 순환경제로의 전환을 위한 가속화를 돕는 재정을 지원하는데 중요한 역할을 한다.

예로써 지난 5년간 EIB(European Investment Bank)는 자재 및 에너지 소비를 줄이고 환경 및 기후 이점을 제공하고 혁신에 기여한 중소기업이 운영하는 순환 프로젝트을 위한 공동 자금 조달에 21억 유로를 제공했다. 유사한 방식이 World Bank, the International Financial Corporation, Asian Infrastructure Investment Bank, and the African Investment Bank와 같은 개발 금융 기관 내에 적용될 수 있다, 저탄소 경제로의 전환을 가속화하기 위해 EU는 순환경제 전략을 포함한 지속가능성 고려 사항을 재무 정책 프레임워크에 통합할 방법을 검토하고 있다. 목표는 지속 가능한 성장을 위한 투자를 유도하고 전 세계적으로, 특히 신흥 경제를 위한 프로젝트 벤치마킹을 지원하는 것이다.

• 기후 정책 조정

순환경제는 여러 정책 목표를 충족하면서 세계에서 가장 시급한 국제문제에 대한 해법을 제시한다. 기후 변화에 대처하고 많은 SDG들을 달성하며 경제적 번영과 복원력을 제공할 잠재력이 있다. 이를 실현하려면 상호 강화 정책을 수립 할 수 있도록 시너지 효과를 일으켜야 한다.

• 협업의 장려와 지원

순환경제로 전환하려면 정부, 투자 공동체, 산업체, 회사, 학계 및 시민단체 간의 협력이 필요하다. 국제기관은 이들을 소집시킬 수 있다. 플라스틱, 전자, 식품 및 바이오경제, 비즈니스 모델 및 시장 변화와 관련된 세계적인 공공-민간 협력이 중국, 아시아, 유럽 및 아프리카에서 리더십, 협업, 투자, 정책 개혁 및 순환 경제에 대한 행동을 가속화함으로써 변화를 추진하는 데 도움을 주고 있는 순환경제 가속화를 위한 세계 경제 플랫폼 (PACE; World Economic Platform for Accelerating the Circular Economy)이 대표적인 사례이다.

● 정책결정자의 역할

• 기후변화 전략에 순환경제 통합

순환경제의 야망은 초국가적, 국가적, 도시적 기후 전략, 로드맵, 장기 목표에 통합될 수 있고 탄력적이고 순 제로 탄소 경제로의 전환을 달성을 지원할 계획이다. 예를 들어, 파리 협약을 통해 국가들은 NDC를 제출하고 배출량을 줄이고 기후 변화 대응하기위한 노력에 대해 보고해야 한다. 이 NDC는 5년마다 갱신되어야 한다. 이를 통해 국가적으로 결정된 기후목표를 달성하거니 보다 야심 찬 목표로 나아

가기 위해 순환경제 조치를 실행 계획에 통합할 수 있다.

• 새로운 순환 해법 확장의 장려와 가속화

공적 자금은 순환 비즈니스 해법의 확장을 가능하게 하고 가속화하는 데 사용될 수 있다. 2015년 OECD 국가의 정부 지출은 GDP의 25~57%를 차지했다. 또한 순환경제 및 이산화탄소 농도 기준을 공공 조달 입찰 내용에 포함시킬 수 있다. 토론토 시는 순환 경제 조달 구현 계획 및 프레임워크를 확립했고 2021년에 권고 사항을 전달하기 전에 3년간 시범 운영한다. 또한 유럽 녹색 공공 조달(European Green Public Procurement)정책 기준에는 순환경제 구성요소가 포함된다.

• 순환 경제에 대한 투자 활성화 및 위험 제거

고도의 잠재력과 위험성을 함께 갖고 있는 순환 프로젝트의 경우에 공공-민간 파트너십과 벤처를 사용하여 투자 위험을 공유하고 감축할 수 있다. 예를 들어, EU JESSICA Urban Development Funds는 도시의 지속가능한 도시 개발 및 재생을 지원하는 프로젝트에 대한 지분, 대출 및 보증으로 투자된 EU 회원국, 도시 및 기타 공공 또는 민간 재원으로부터의 기부금을 포함하고 있다.

• 인프라 구축 및 자산 갱신

도시는 도시 지역에서 재료, 제품 및 식품의 효과적인 재순환을 보장하는 데 특히 중요한 역할을 한다. 이를 위해서는 자산 공유 인프라, 폐기물 수거 및 처리 시설, 재료 은행, 분해 및 재활용 센터와 같은 인프라가 필요하다.

인프라 혁신과 교체를 위한 전략적 자산 배분을 위한 Mercer 기후 변화 시나리오에는 2차 재료로 만들어진 탄소발생이 적고 에너지 효율적이며 모듈식이고 수리와 적응이 용이하고 내구성이나 견고성이 있는 디자인을 고려할 기회도 있다.

위니펙(Winnipeg)시에서 개발된 것과 같은 유지보수, 디자인, 사용률, 성능, 도시자산 유형 등에 대한 지방 정부의 포괄적인 자산 데이터베이스는 도시자산의 공유와 유형에 대한 명확한 그림을 제시할 수 있다. 이런 유형의 지식은 순환경제 성능 지표와 더불어 자산 이용과 관리의 개선을 유도할 수 있다.

• 활성화 규정 수립

규제는 자원의 재사용과 폐기물 감소를 촉진할 수 있다.

저 배출 해법 실현을 위해 기존 표준(예: 콘크리트 최대 시멘트 함량 기준)을 수정해야 한다.

제품 및 재료의 이산화탄소 배출정도, 재사용성, 재활용성 및 수리가능성에 대한 할당량 및 표준은 일부 제품의 내구성에 긍정적인 영향을 미치면서 2차 재료 및 제품의 개선을 가능하게 할 수 있다. 예를 들어, 다가올 순환 경제법의 일환으로 프랑스는 수리 가능성 지수를 연구하고 판매되지 않은 상품의 파기를 금지하려고 노력하고 있다.

● 사업의 역할

• 순환 경제를 전략에 통합

순환 경제의 가치 창출 가능성은 회사 전략 및 거버넌스에 포함될 수 있다. 이는 사명 선언, 약속, 목표 및 계획의 형태가 될 수 있다. 기후 및 순환경제 전략이 확립되면 측정을 위한 도구와 지표가 필요하다. 예를 들어 기업은 순환성이 온실가스 배출 절감, 비용 절감, 고객 관계개선, 회사 차별화, 혁신의 정도를 측정할 수 있다.

• 기업 소통과 대중 인식 캠페인

기업 소통과 대중 인식 캠페인의 목적은 2차 제품 및 재료에 대한 신뢰를 구축하고 사용자들에게 이를 알리고 순환경제 기회가 가져올 수 있는 온실가스 배출 감축 잠재력에 대한 인식을 확산시키는 것이다.

• 협업 고무

기후 변화 대응은 분산된 노력으로 해결하기에는 너무 복잡하다. 플라스틱, 섬유 또는 식품과 같은 복잡한 재료 흐름과 관련된 전체 가치 사슬은 공통의 비전을 중심으로 협력하고 조정해야 한다. 순환경제의

재료 순환 방식에 관심이 있는 사람들의 헌신, 격려와 행동이 필요하다.

● 투자자의 역할

• 순환경제 투자로 자본 동원

투자자는 제품 혁신, 업스케일링 노력, 2차 재료 및 재생 상품을 위한 시장 개발 등을 통해 순환 공급망에서 더 높은 가치를 포착하는 기업에 더 많은 자산과 자본을 전달하는 데 중요한 역할을 할 수 있다.

• 순환경제 투자의 저위험성 인식과 평가

위험 및 가격 모델(risk and pricing model)은 순환 비즈니스 모델에서 자재의 가격 변동성, 신용 위험, 자산 평가. 제품 및 자산 관리를 평가한다. 순환경제 고려사항들을 검토하여 이러한 위험 및 가격 모델을 조정하면 투자자가 순환경제가 기후 변화 및 기후 변화로 인한 변동성을 포함한 시스템의 위험을 투자 포트폴리오에서 감소시킬 수 있는 효과적인 전략임을 입증할 수 있다. 또한 순환 비즈니스 모델은 환경, 사회 및 거버넌스 (ESG; Environmental, Social, and Governance) 성과를 향상시킬 수 있다.

• 재정적 조언 제공

재활용과 재생 상품의 가치를 평가할 수 있는 전문 지식을 보유한 은행은 프로젝트의 위험을 효과적으로 완화하거나 재무성을 개선하는 방법에 대한 전문 투자 자문을 원하는 기업을 지원할 수 있다.

● 학계의 역할

• 순환경제 교육

순환경제 원리에 기초한 전연령 대상 교육은 미래의 리더와 젊은 전문가가 순환경제에 관한 통찰력과 기술력을 얻을 수 있는 사고의 전환을 지원한다. 이는 저탄소 경제로 나아가는 데 필요한 기술과 지식 변화를 지원한다. 예를 들어 네덜란드의 델프트 공대 TU Delft는 학생과 전문가들이 접근할 수 있는 '지속 가능한 건축 환경을 위한 순환경제, MOOC(Circular Economy for a Sustainable Built Environment)'를 개발했다.

엑서터 대학(University of Exeter)은 기후 변화 대응을 위한 그랜드 챌린지(Grand Challenge)를 포함한 순환경제센터(Centre for Circular Economy)를 통해 다양한 학습 기회를 제공한다.

• 순환경제 연구 집중

혁신의 원동력인 응용 연구는 산업 및 정책 변화를 시작하는 데 필요한 중요한 통찰력과 지식을 제공할 수 있다. 많은 중요한 주제들이 아직 연구되지 않았거나 초기 단계인 순환경제에 대한 연구에 집중하는 것은 산업행위를 변화시키고 기후 변화 대응할 수 있는 이해와 지식을 개발하는 데 필요한 일이다.

런던대학은 CircEL을 통해 재료를 재사용, 재생, 다시 경제로 환원하는 관점에서 건물과 제품의 디자인을 향상시키기 위해 대학의 전문 지식을 활용하는 것을 목표로 하는 흥미로운 학제 간 이니셔티브를 발족했다.

• 학생들에 의한 혁신 주도

학생들의 참여, 적용 및 주제 탐구를 통해 순환 해법을 주도하는 발의는 순환 경제로의 전환동력이 될 수 있다. 조지아 공과 대학교(Georgia Tech University)는 학생들이 여름에 산업체에서 일하며 조직의 탄소 발자국(carbon footprint)을 줄이기 위한 새로운 아이디어와 기술을 개발하도록 장려하는 탄소 절감 도전(Carbon Reduction Challenge)을 시작했다.

• 부동산 관리

대학 캠퍼스는 일반적으로 큰 구매력과 복잡한 공급망을 갖춘 대규모 부동산이다. 이 조직은 부동산 운영 전반에 걸쳐 순환경제 실행의 시위대 역할과 지역 지도자 역할을 할 수 있다. 많은 대학들이 지속 가능한 캠퍼스를 위한 야심찬 계획과 배출량 감축 목표를 갖고 있다.

• **지역의 변화 주도**

대학은 종종 지역에 큰 영향을 미치며 변화의 리더이자 대리인으로 활동한다. 대학은 지방자치단체와 협력하여 여러 기후문제를 해결하면서 순환경제로의 집단운동의 원동력을 제공할 수 있다.

<원문제목> Completing the Picture: How the Circular Economy Tackles Climate Change
<원문출처> Ellen MacArthur Foundation