

# ICT를 통한 지속 가능한 소비와 생산 양식으로의 전환

유영상



본 보고서는 ETRI 기술정책연구본부 기본사업인  
“국가 지능화 기술정책 및 표준화 연구”를 통해 작성된 결과물입니다.





# 목 차

C O N T E N T S

## 핵심 요약

<b>I. 연구 개요</b> .....	<b>1</b>
1. 연구의 배경과 목표 .....	1
<b>II. 책임 있는 소비와 생산(SDG 12) 목표 및 이행 현황</b> ..	<b>3</b>
1. UN의 지속가능발전목표와 한국의 지속가능발전목표 .....	3
2. 책임 있는 소비와 생산(SDG 12) 목표 이행 현황 .....	10
3. SDG 12를 향한 유럽의 노력 .....	30
<b>III. SDG 12 달성을 위한 ICT의 역할</b> .....	<b>40</b>
1. SDG의 Enabler로서의 ICT 역할 .....	40
2. 순환 경제 구현을 위한 ICT의 역할 .....	44
<b>IV. 결론 및 시사점</b> .....	<b>53</b>
1. 지속 가능한 소비와 생산 현황과 대책 .....	53
2. ICT의 역할과 정책적 시사점 .....	56
<b>참고문헌</b> .....	<b>58</b>





## 핵심 요약

 연구의 배경

- 세계 경제의 원동력인 소비와 생산은 계속해서 지구에 파괴적인 영향을 미치는 방식으로 자연 환경과 자원을 사용하는데 의존하고 있으며, 이러한 지속 불가능한 소비 및 생산 양식은 기후변화, 생물 다양성 손실, 오염이라는 지구의 위기를 불러오고 있다.
- 인류의 지속 가능한 발전을 위해 UN은 17개의 지속가능발전목표(SDGs)를 수립하였으며, 모든 국가가 2030년까지 이를 달성하기로 결의하였고 이에 따라 우리나라도 이의 성공적 달성을 위해 지속가능발전기본계획 수립 및 정책과제 시행, 지속가능성보고서 등을 통해 이행을 독려하는 중이다.
- 17개의 지속가능발전목표 가운데 하나인 SDG 12는 지속 가능한 소비 및 생산 양식의 보장을 목표로 하고 있는데, 코로나 19 이후 온라인 소비, 배달 음식의 증가로 인한 생활 양식의 변화는 많은 폐기물을 발생시키며 지속 가능한 소비와 생산으로의 이행에 역행하고 있으며, 지속 가능한 소비와 생산과 관련된 여러 지표가 여전히 심각한 도전 상태로 나타나 이를 해결하기 위한 국가적 노력이 필요한 시점이다.
- ICT는 이러한 지속가능발전목표 이행을 지원할 수 있는 Enabler로서, 코로나 19 이후 지속 가능하고 회복력 있는 경제와 사회를 구축하기 위해 경제성장과 환경 악화의 분리, 탄소 배출의 감소, 자원 효율성 향상 및 지속 가능한 생활 방식 축진의 수용이 가능하도록 할 뿐만 아니라, 기존의 선형 경제 형태에서 벗어나 순환 경제 체제로의 전환을 도울 수 있다.
- 본 연구는 우리나라를 중심으로 전 세계 국가의 SDG 12의 이행 현황과 그와 관련된 과제를 살펴보고, 지속 가능한 소비와 생산 형태로 전환하기 위한 순환 경제 체제 구현 방안과 그를 위한 ICT의 역할을 모색하고자 하였다.

 책임 있는 소비와 생산 목표 및 이행 현황

- UN은 SDG 12의 달성이야말로 기후변화, 생물 다양성 손실, 환경 문제 등 글로벌 위기를 해결하기 위한 전제 조건이자 지속 가능한 발전 달성의 핵심이라고 밝히고 있다. 그러나 현재 지구는 천연자원에 대한 의존도가 높아짐에 따라 지속 불가능한 길로 접어들었고, 전 세계 모든 국가에서 너무 많은 음식이 손실되거나 낭비되고 있으며, 전자 폐기물의 대부분은 불안정하게 관리되어 환경을 오염시키고 인간의 건강에 영향을 미치고 있다. 대기 및 수질오염에서 기후변화

에 이르기까지 환경 및 건강에 부정적인 영향을 미치는 화석연료 보조금은 여전히 놀라울 정도로 높은 수준을 유지하고 있으며, 지속가능발전을 위한 교육 및 세계 시민의식에 대한 지식을 주류화하기 위해서는 법·제도 및 교육 시스템 개선 등 더 큰 노력이 필요한 형편이다.

- 우리나라는 코로나 19로 인한 부정적인 영향으로 경제 성장률 감소, 사회적 거리 두기로 인한 일회용품 사용 증가에 따라 생활폐기물 증가 및 폐기물 재활용률의 감소가 나타났다. 생활폐기물 발생량, 식품 폐기물 발생량, 유해 폐기물 발생량, 생활폐기물 재활용률 등 폐기물 관련 지표가 모두 악화하고 있으며, 이는 2020년 코로나 19로 인한 플라스틱 사용 증가와 의료폐기물 등 특정 폐기물 발생량 증가로 인한 영향인 것으로 판단된다. 이행 지표 중 국가 단위의 자원순환 기본계획과 광역 시·도에서 자원순환 시행계획 수립은 완료되었고, 사업장폐기물 재활용률과 화석연료 보조금 저감 관련 지표는 목표를 향해 순항하고 있다.
- 유럽은 2019년 기후변화에 대한 대응과 환경 보호를 위한 목적으로 기후-에너지 부문부터 환경 부문까지 사회의 전 분야에 걸쳐 녹색전환을 향한 로드맵이라 할 수 있는 그린 딜을 시행하였는데, 그린 딜 이행 과정에서 ‘디지털 전환’도 함께 이룩하고자 하고 있다. 이 디지털 전환을 통해 유럽은 지속 가능한 발전을 도모하면서도 일자리를 창출하는 경제활동을 촉진할 수 있을 것으로 기대하고 있다. 이와 더불어 기후 중립적이며 순환적인 제품과 시장 개발을 통해 지속 가능한 경제적 이익을 창출하기 위한 프레임워크인 ‘순환 경제 실행계획’을 채택하였고, 재활용 이전 단계에서 자원 사용을 줄이고 재사용하는 것을 우선시하는 ‘지속 가능한 제품’ 정책과 소비자의 지속 가능한 소비 권리를 보장하는 ‘수리할 권리(right to repair)’를 도입하기로 하였다.
- 유럽 통계국은 SDG 12의 이행 상황을 측정하는 데 있어서 경제성장에서 환경 영향의 분리, 녹색 경제, 폐기물 생성 및 관리라고 하는 세 영역에 중점을 두고 단기적, 장기적 추세를 모니터링한 결과 유럽은 경제성장에서 환경 영향을 분리하고, 환경 제품 및 서비스 부문의 부가가치를 높이고, 순환 물질 사용을 개선하는 데 어느 정도 진전을 이루었으나, 폐기물 발생은 증가하고 있으며 신차의 평균 CO2 배출량은 목표를 달성할 만큼 빠르게 감소하지 않고 있고, 물질 발자국은 최근 악화하여 더 큰 노력이 필요하다고 하였다.

## SDG 12 달성을 위한 ICT의 역할

- ICT는 SDGs가 추구하는 불평등 해소를 위한 포용적 성장, 다양한 분야에의 활용을 통한 사회 개발, 사회경제적 차등 해소를 위한 사회통합 수단의 역할 등을 통해 산업, 사회, 국가 시스템 전반의 혁신적 변화를 유발하며 SDGs 이행을 지원하는 핵심기술이다. SDGs의 Enabler로서 ICT는 생산성을 높이고, 경제성장을 비 물질화하며, 자원 사용의 효율성을 향상하고, 순환 경제를 지원하며, 생태계를 보호하는 중요한 임무를 수행하고 있다.
- 지속 가능한 소비와 생산을 위해서는 폐기물과 오염을 줄이거나 없애고, 제품과 자원을 계속 사용하며, 자연 시스템을 재생하도록 설계된 순환 경제 접근 방식이 필요한데, 천연자원의 채취

에서 제조, 재제조 및 재활용에 이르는 일련의 과정을 반복하는 순환 경제 체제의 구현에 있어서 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅, 사이버-물리 시스템, 사물인터넷, 가상 및 증강 현실, 블록체인과 같은 첨단 ICT 기술은 순환 경제 개념의 수용과 순환 경제 정책에 시행에 필수적인 역할을 하고 있다.

- 또한, ICT는 순환 경제의 각 단계에서 문제를 해결할 수 있는 기술 솔루션을 제공하여 자원 절약, 오염 저감, 환경 영향의 분리, 폐기물의 감소·재사용·회복, 효율성 증대 등을 가져옴으로써 지속 가능한 소비와 생산이 이루어지도록 돕는 역할을 한다.

## 결론 및 시사점

- 지속 가능한 소비 및 생산 양식으로서의 전환은 글로벌 위기를 해결하기 위한 전제 조건이며 지속 가능한 발전 달성의 핵심이다.
- 지속 가능한 소비와 생산을 위해서는 자원 효율성을 개선하고, 폐기물과 오염을 줄이거나 없애며, 제품과 재료를 계속 사용하고, 자연 시스템을 재생하도록 설계된 ‘순환 경제 접근 방식’이 필요하며 이를 지원할 수 있는 ‘디지털 전환’, 즉 ICT의 활용이 필수적이다.
- ICT는 지속가능발전목표 모든 분야에 적용할 수 있고, 국가별 기술 수준에 따라 그 활용 방법이 무한하며, 순환 경제 구현을 위한 특정 기술 솔루션 제공이 가능하므로 자원 순환성을 고려한 제품설계, 지속 가능한 친환경 소비, 폐기물의 자원으로의 전환, 재생원료 시장 창출을 위한 기술 개발과 같은 단계별 ICT의 다양한 활용방안 모색이 필요하고, 순환 경제로의 전환에 핵심적 역할을 하는 산업계를 지원하기 위한 다각적 수단이 마련될 필요가 있다.
- 지속 가능한 소비와 생산 양식으로서의 전환을 위해서는 반드시 모든 국민의 동참이 필요하고, 모든 국민이 순환 경제를 이해하고 동참하기 위해서는 무엇보다 순환 경제에 대한 지식과 정보 전달이 중요하므로 다양한 ICT 기술의 활용을 통해 시민의식 및 지식을 높이는 방안 마련이 필요하다.
- 아울러 천연자원의 사용이나 오염과 관련된 국제적 영향, 그리고 상품과 서비스의 소비로 인한 사회적·국제적 영향 측면에서 발생하는 부정적인 국제적 파급효과를 줄일 수 있도록 법률 및 정책으로 이를 뒷받침할 필요가 있다.



# I 연구 개요

## 1 연구의 배경과 목표

□ UN의 지속가능발전목표는 모든 UN 회원국이 참여하기로 한 국제규범으로 우리나라 역시 이를 위한 성공적 이행 과정이 필요

- 2015년 제70차 UN 총회에서 2030년까지 달성하기로 결의한 의제인 ‘지속가능발전 목표(SDGs: Sustainable Development Goals)’는 지속 가능한 발전이라는 이념을 실현하기 위한 인류 공동의 17개 목표
- UN의 지속가능발전목표 17개 가운데 12번째인 SDG 12는 ‘지속 가능한 소비 및 생산 양식의 보장’을 그 목표로 하고 있음
- SDG 12는 자원과 에너지 효율을 높이고 지속 가능한 인프라를 조성하며, 모두에게 더 나은 삶의 질을 제공하기 위해 수립된 목표로 지속가능발전목표의 핵심
- 우리나라는 이미 2006년부터 「지속가능발전기본계획」을 수립하고 있으며 현재 제4차 지속가능발전기본계획(2021-2040)을 관계부처 합동으로 수립하여 시행 중
- 또한, 「지속가능발전법」 제14조에 따라 지속가능성 평가 결과를 종합하는 ‘지속가능성보고서’를 작성·공표하도록 되어 있음
- 성공적인 지속가능발전 추진을 위해서는 이행계획 추진 상황 파악과 평가, 그리고 이행 방안을 체계적으로 추진할 수 있는 제도적 장치와 효과적인 수단 마련이 필요

□ 우리나라의 ‘지속 가능한 소비와 생산(SDG 12)’과 관련된 여러 지표는 현재 ‘심각한 도전 상태로 나타나 이를 해결하기 위한 국가적 노력이 필요한 시점

- 지속 가능한 소비와 생산(SDG 12)은 생산·유통·소비의 전 과정에서 자원을 효율적으로 사용하고, 폐기물과 오염을 줄이거나 없애고, 자연 시스템을 재생하기 위해 설계된 순환 경제 체제로 바꾸기 위한 노력에 초점을 맞춘 목표
- 급속한 천연자원 소비의 증가는 지속가능성을 방해하고 있으며, 각종 폐기물은 계속 증가하고 있으나 부적절한 방식으로 처리되어 환경뿐만 아니라 인간의 건강도 위협하고 있는 상황
- 국내 총폐기물 발생량은 ’10년에서 ’19년 사이 32.7% 증가하였고, 특히 주변 환경을 오염시킬 수 있거나 인체에 해로운 지정폐기물은 동 기간에 64.0% 증가

- 국내 생활계폐기물의 재활용률은 OECD 국가의 생활폐기물 평균 재활용률과 비교하면 매우 높은 편이나 2030 목표를 달성하기에는 부족하며, 1인당 유해 폐기물 발생량은 증가하는 추세로 각별한 정책적 관리가 필요
- 국내 플라스틱 폐기물은 '10년 3,991t/일에서 '19년에는 9,293t/일로 급증하였음에도 이의 재활용 비율은 '19년 48.8%로 그리 높지 않은 상황
- 코로나 19 이후 온라인 소비, 배달 음식의 증가로 인한 생활 양식의 변화는 많은 폐기물을 발생시키며 지속 가능한 소비와 생산으로의 이행에 역행하고 있고, 일반 국민의 환경의식 수준도 낮아지고 있는 것으로 나타나 환경의식 개선을 위한 환경교육 다변화가 필요한 시점

□ **정보통신기술은 지속가능발전목표 이행을 지원할 수 있는 Enabler로서 이를 활용한 지속 가능한 소비와 생산 형태로의 전환을 모색해야 할 시점**

- 인공지능, 빅데이터, 클라우드, 사물인터넷, 5G 이동통신 등의 정보통신기술(ICT)은 4차 산업혁명의 핵심 지능화 기술로 지속가능발전목표 모든 분야에 적용될 수 있는 Enabler일 뿐만 아니라 당면한 환경 악화, 자원 효율성 등의 문제를 해결할 수 있는 솔루션 제공이 가능
- 지속가능발전목표 이행에 있어서 ICT의 중요성이 강조되는 가운데 특히 '지속 가능한 소비와 생산'이라는 SDG 12 목표 이행을 위한 ICT 기술의 역할을 살펴볼 필요가 있음
- 아울러 지금은 코로나 19 이후 지속 가능하고 회복력 있는 경제와 사회를 구축하기 위해 경제성장과 환경 악화의 분리, 탄소 배출의 감소, 자원 효율성 향상 및 지속 가능한 생활 방식 촉진을 완전히 수용해야 하는 중요한 시기
- 지속 가능한 소비와 생산 양식을 보장하기 위해서는 기존의 선형 경제(Linear Economy) 형태에서 벗어나 순환 경제(Circular Economy) 체제로 전환해야 하며, 이러한 순환 경제 체제로의 전환에 있어서 ICT의 역할은 매우 중요
- 본 연구의 목표는 우리나라를 중심으로 전 세계 국가의 SDG 12의 이행 현황과 그와 관련된 과제를 살펴보고, 유럽에서 추진하고 있는 그린 딜 정책의 내용을 통해 그 해결 방안으로 제시하고 있는 'ICT를 활용한 지속 가능한 소비와 생산 형태로 전환'하는 방안을 모색하는 것임

## II 책임 있는 소비와 생산(SDG 12) 목표 및 이행 현황

### 1 UN의 지속가능발전목표와 한국의 지속가능발전목표

#### 가. UN의 지속가능발전목표(SDGs)

□ UN은 인류의 지속 가능한 발전을 위하여 지속가능발전목표(SDGs)를 수립하고 모든 국가가 2030년까지 달성하기로 결의

- ‘지속가능발전’이란 ‘미래 세대의 필요를 충족시킬 능력을 저해하지 않으면서 현재 세대의 필요를 충족시키는 발전’으로 정의<sup>1)</sup>
- UN의 지속가능발전목표(SDGs)는 사람(People), 지구(Planet), 번영(Prosperity), 평화(Peace), 연대(Partnership)의 ‘5P’로 표현되는 5개의 영역에서 17개 목표(Goals)와 169개 세부 목표(Targets)<sup>2)</sup>, 231개의 지표(Indicators)를 제시<sup>3)</sup>

그림 1 UN의 17개 지속가능발전목표(SDGs)



\* 출처: UN(<http://www.un.org/sustainabledevelopment/news/communications-material/>)

1) ‘Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.’ World Commission on Environment and Development, ‘Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future,’ 1987.  
 2) UN(2015), Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development, General Assembly, A/RES/70/1.  
 3) 유엔의 SDGs 지표는 SDGs 지표 전문가그룹(Inter Agency and Expert Groups on SDG Indicators: IAEG-SDGs)이 주도하여 232개의 지표를 개발하여 7월 유엔총회에서 채택되었고, 2020년 종합개편을 통해 36개 지표가 변경됨으로써 현재 231개 지표체제로 운영 중. 이에 대한 개별 지표 항목은 UN(2021) 및 통계청(2021) 참조

- UN의 지속가능발전목표 결의안 채택에 따라 각국은 2030년까지 지속가능발전목표 달성을 위해 자국의 여건을 고려한 세부목표 및 지표를 수립하고 이행 중

표 1 UN SDG별 목표 내용, 세부 목표 수 및 지표 수

SDG	목표 내용	세부 목표 수	지표 수
SDG 1	모든 곳에서 모든 형태의 빈곤 종식	7	13
SDG 2	기아 종식, 식량안보 달성, 개선된 영양상태의 달성과 지속 가능한 농업 강화	8	14
SDG 3	모든 연령층을 위한 건강한 삶 보장과 웰빙 증진	13	28
SDG 4	포용적이고 공평한 양질의 교육 보장과 모두를 위한 평생학습 기회 증진	10	12
SDG 5	성평등 달성과 모든 여성 및 여아의 권익 신장	9	14
SDG 6	모두를 위한 물과 위생의 이용가능성과 지속 가능한 관리 보장	8	11
SDG 7	모두를 위한 적정가격의 신뢰할 수 있고 지속 가능하며 현대적인 에너지에 대한 접근 보장	5	6
SDG 8	지속적·포용적·지속 가능한 경제성장, 완전하고 생산적인 고용과 모두를 위한 양질의 일자리 증진	12	16
SDG 9	회복력 있는 사회기반시설 구축, 포용적이고 지속 가능한 산업화 증진과 혁신 도모	8	12
SDG 10	국내 및 국가 간 불평등 감소	10	14
SDG 11	포용적이고 안전하며 회복력 있고 지속 가능한 도시와 주거지 조성	10	14
SDG 12	지속 가능한 소비와 생산 양식의 보장	11	13
SDG 13	기후변화와 그로 인한 영향에 맞서기 위한 긴급 대응	5	8
SDG 14	지속가능발전을 위하여 대양, 바다, 해양자원의 보전과 지속 가능한 이용	10	10
SDG 15	육상생태계 보호, 복원 및 지속 가능한 이용 증진, 지속 가능한 산림 관리, 사막화 방지, 토지 황폐화 중지와 회복, 생물다양성 손실 중단	12	14
SDG 16	지속가능발전을 위한 평화롭고 포용적인 사회 증진, 모두에게 정의 보장과 모든 수준에서 효과적이고 책임성 있으며 포용적인 제도 구축	12	24
SDG 17	이행수단 강화와 지속가능발전을 위한 글로벌 파트너십 재활성화	19	24
전체 세부 목표 및 지표 수		269	231

※ 출처: 환경부(2018) 및 UN(2021)

## 나. 책임 있는 소비와 생산(SDG 12)

### □ ‘책임 있는 소비와 생산(Responsible Consumption and Production)’으로 명명된 SDG 12는 ‘지속 가능한 소비 및 생산 양식을 보장하는 것(Ensure Sustainable Consumption and Production Patterns)’이 그 목표

- UN의 17개 지속가능발전목표 중 12번째 목표인 SDG 12는 자원과 에너지 효율을 높이며 지속 가능한 인프라를 조성하고, 친환경적이고 적절한 일자리를 제공하며 모두에게 더 나은 삶의 질을 제공하기 위한 목적으로 수립된 목표
- 지속 가능한 소비와 생산은 더 적은 자원으로 더 많은 일을 하는 것이며, 경제성장과 환경 악화를 분리하고 자원 효율성을 높이며 지속 가능한 생활 방식을 장려하는 것으로서, 이를 통해 빈곤 완화와 저탄소 및 녹색 경제로의 전환에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대<sup>4)</sup>

### □ SDG 12는 기후변화, 생물 다양성 손실 및 환경 문제 등 글로벌 위기를 해결하기 위한 전제 조건이자 지속 가능한 발전 달성의 핵심

- 세계 경제의 원동력인 전 세계의 소비와 생산은 지구에 계속해서 파괴적인 영향을 미치는 방식으로 자연환경과 자원을 사용하는 데 의존
- 따라서 지속 불가능한 소비 및 생산 패턴이 기후변화, 생물 다양성 손실 및 오염이라는 지구의 세 가지 위기의 근본 원인이 되고 있으며, 이러한 위기와 환경 악화는 인간의 웰빙과 지속가능발전목표의 달성을 위협하고 있다는 것이 UN의 기본적 시각<sup>5)</sup>
- 따라서 가장 큰 글로벌 과제 중 하나는 경제성장에 있어서 환경의 악화를 분리하고, 더 적은 자원으로 더 많은 일을 함으로써 환경의 지속가능성을 경제성장과 복지와의 통합하는 것으로, 지속 가능한 소비 및 생산 양식을 촉진하고 더 친환경적이며 사회적으로 포용적인 세계 경제로 전환하기 위해서는 자원 분리(resource decoupling)와 영향 분리(impact decoupling)가 필요<sup>6)</sup>

※ 자원 분리(resource decoupling)는 경제활동 단위당 자원의 사용률을 줄이는 것을 의미하며 이 '비물질화(dematerialization)'는 동일한 경제적 산출물에 대해 더 적은 재료, 에너지, 물 및 토지자원을 사용하는 것을 기반으로 하고 있고, 이와 대조적으로 영향 분리(impact decoupling)는 부정적인 환경 영향을 줄이는 동시에 경제적 생산량을 증가시켜야 하는 것을 의미하는 것으로 이러한 영향은 필요한 자원(광업 또는 농업으로 인한 지하수 오염 등)의 추출, 생산(토지 황폐화, 폐기물과 배기 등), 상품의 사용 단계(예: CO<sub>2</sub> 배출을 초래하는 운송) 및 소비 후 단계(폐기물과 배기)에서 발생<sup>7)</sup>

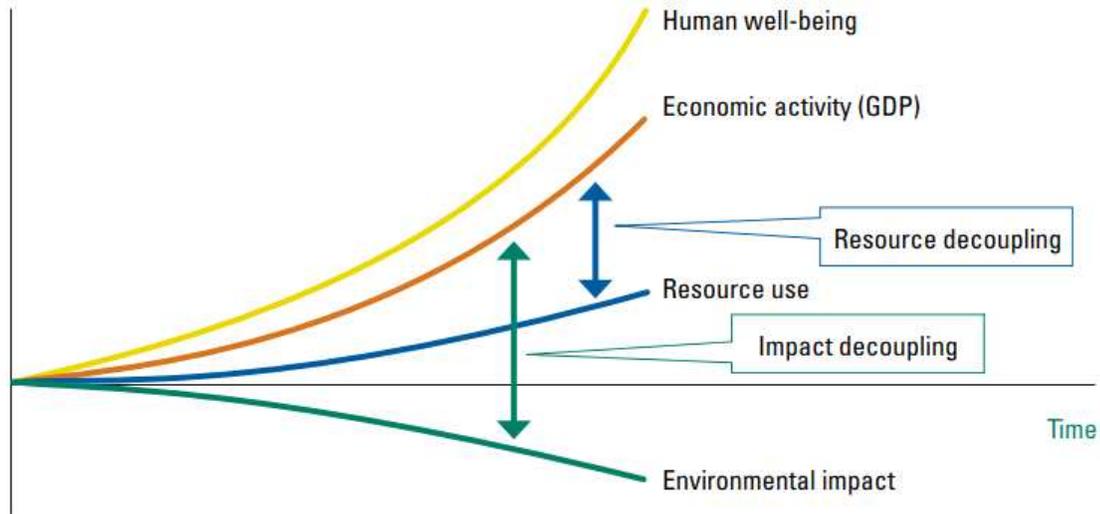
4) UN Regional Information Centre for Western Europe (<https://unric.org/en/sdg-12/>)

5) UN(2022a), The Sustainable Development Goals Report 2022.

6) UNEP, <https://www.unep.org/explore-topics/sustainable-development-goals/why-do-sustainable-development-goals-matter/goal-12>

7) UNEP(2011), Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth

그림 2 지속가능발전에 적용되는 자원 분리와 영향 분리



\* 출처: UNEP(2011), Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth

- 천연자원에 대한 의존도 증가는 민감한 생태계에 대한 압력을 강화하여 궁극적으로 인간의 건강과 경제에 영향을 미치게 되므로 이러한 압력을 줄이려면 자원 효율성 증가, 순환성 조치 및 디지털 전환을 통한 경제성장의 비 물질화 노력이 필요
- SDG 12 달성을 위해 UN은 다음과 같은 11개의 세부목표와 13개의 지표를 설정

표 2 UN의 SDG 12의 세부목표 및 지표

목표	세부 목표	지표
[목표 12] 지속 가능한 소비와 생산 양식의 보장	(12-1) 선진국 주도하에, 개도국들의 역량과 발전을 고려해, 지속 가능한 소비 및 생산에 대한 10년 주기 프로그램 이행	(12.1.1) 지속 가능한 소비 및 생산을 지원하는 정책수단을 개발, 채택, 이행하고 있는 국가 수
	(12-2) 2030년까지 천연자원의 효율적인 사용 및 지속 가능한 관리 달성	(12.2.1) 물질 발자국, 1인당 물질 발자국, GDP당 물질 발자국 (12.2.2) 물질소비량, 1인당 물질소비량, GDP당 물질소비량
	(12-3) 2030년까지 소매 및 소비자 수준에서 1인당 식품 폐기물을 2분의 1로 감소하고 식품 생산 및 유통과정에서 발생하는 식품 손실량 감소	(12.3.1) (a) 식량손실지수 및 b) 식량폐기 지수

<p>(12-4) 2020년까지, 합의된 국제 프레임워크에 따라 화학물질 및 모든 폐기물에 대해 수명 주기 동안 친환경적인 관리를 달성하고, 이들이 인체 건강 및 환경에 끼치는 부정적 영향을 최소화하기 위해, 공기, 물, 토양으로의 배출 크게 감소</p>	<p>(12.4.1) 유해 폐기물과 기타 화학물질에 대한 국제 다자간 환경협약이 요구하는 정보제공에 관한 약속과 의무를 이행하는 당사국 수 (12.4.2)(a) 1인당 유해 폐기물 발생량과 (b) 유해 폐기물 처리 비율(처리유형별)</p>
<p>(12-5) 2030년까지 방지, 감축, 재생 및 재사용을 통해 폐기물 발생 감소</p>	<p>(12.5.1) 국가 재활용 비율, 물질 재활용 톤</p>
<p>(12-6) 기업들이(특히, 대기업 및 다국적 기업) 보고체계에 지속 가능성 관련 정보를 반영토록 하고 지속 가능한 기업 활동을 이행하도록 권고</p>	<p>(12.6.1) 지속가능경영보고서 발간 기업 수</p>
<p>(12-7) 국가 정책 및 우선순위에 따라 지속 가능한 공공조달 관행 촉진</p>	<p>(12.7.1) 지속 가능한 공공조달 정책과 실행 계획 이행 정도</p>
<p>(12-8) 2030년까지 모든 곳에서의 사람들이 지속가능발전과 자연과 조화로운 라이프스타일에 대한 의식 및 정보를 가질 수 있게 보장</p>	<p>(12.8.1) (i)세계시민교육 (ii)지속가능발전교육이 (a) 국가교육정책 (b) 교육과정 (c) 교사교육 (d) 학생평가 영역에서 주류화된 정도</p>
<p>(12-a) 개도국이 지속가능한 소비 및 생산 방향으로 전환할 수 있게 과학기술 역량 강화 지원</p>	<p>(12.a.1) 개도국의 재생에너지 설비 용량</p>
<p>(12-b) 일자리 창출 및 지역 문화 및 상품을 홍보하는 관광업의 지속가능발전 영향을 모니터링하는 도구 개발 및 이행</p>	<p>(12.b.1) 경제 환경 측면에서 지속가능 관광 모니터링을 위한 표준 회계 틀 이행</p>
<p>(12-c) 조세구조 조정 및 유해 보조금의 단계적 폐지를 통한 시장왜곡 요인 제거를 포함해 에너지 낭비를 부추기는 비효율적인 화석연료보조금의 합리화 이행(이때, 개도국의 특수한 상황과 수요를 충분히 고려하고 취약 계층 보호를 통해 개도국의 발전에 대한 악영향 최소화)</p>	<p>(12.c.1) GDP 단위당 화석연료 보조금액</p>

\* 출처: 통계청(2021), 한국의 SDGs 이행보고서 2021.

### 다. 한국의 지속가능발전목표(K-SDGs)

□ 우리나라는 UN의 SDGs와 연계하면서 국내의 여건을 반영하여 4개의 영역에서 17개 목표, 119개 세부목표, 236개의 지표를 설정한 지속가능발전목표(K-SDGs)를 수립

- UN의 SDGs를 이행하기 위한 각국의 목표와 세부목표는 글로벌 수준의 포부에 부합 하되 자국의 역량 및 개발 수준의 차이 등 여건을 고려하여 설정이 가능<sup>8)</sup>
- 우리나라는 사람, 번영, 환경, 평화·협력을 K-SDGs의 4대 전략 핵심 가치로 하여 UN의 SDGs의 17개 목표를 반영한 K-SDGs 17개 목표를 설정
- 우리나라의 K-SDGs에서는 이 가운데 UN의 SDG 12에 상응하는 ‘지속 가능한 생산 과 소비(K-SDG 12)’를 위해 11개의 세부목표와 21개의 지표를 설정하여 관리 중 (UN은 11개 세부목표, 13개 지표)

그림 3 K-SDGs의 비전과 전략, 목표

비전	포용과 혁신을 통한 지속가능 국가 실현			
전략	<b>사람</b> 사람이 사람답게 살 수 있는 포용사회	<b>번영</b> 혁신적 성장을 통한 국민의 삶의 질 향상	<b>환경</b> 미래 세대가 함께 누리는 깨끗한 환경	<b>평화·협력</b> 지구촌 평화와 협력 강화
K-SDGs 17개 목표	<b>[목표1]</b> 빈곤층 감소와 사회안전망 강화  <b>[목표2]</b> 식량안보 및 지속 가능한 농업 강화  <b>[목표3]</b> 건강하고 행복한 삶 보장  <b>[목표4]</b> 모두를 위한 양질의 교육  <b>[목표5]</b> 성평등 보장  <b>[목표11]</b> 지속가능한 도시와 주거지	<b>[목표8]</b> 좋은 일자리 확대와 경제성장  <b>[목표9]</b> 산업의 성장과 혁신 활성화 및 사회 기반시설 구축  <b>[목표10]</b> 모든 종류의 불평등 해소  <b>[목표12]</b> 지속가능한 생산과 소비	<b>[목표6]</b> 건강하고 안전한 물관리  <b>[목표7]</b> 에너지의 친환경적 생산과 소비  <b>[목표13]</b> 기후변화와 대응  <b>[목표14]</b> 해양생태계 보전  <b>[목표15]</b> 육상생태계 보전	<b>[목표16]</b> 평화·정의·포용  <b>[목표17]</b> 지구촌 협력 강화

\* 출처: 관계부처 합동(2021), 제4차 지속가능발전 기본계획 2021~2040

8) UN (2015), Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development, General Assembly, A/RES/70/1, p.12, para. 55.

표 3 K-SDG 12의 세부목표 및 지표

목표	세부 목표	지표
[목표 12] 지속 가능한 생산과 소비	(12-1) 지속 가능한 소비와 생산에 관한 통합적인 국가정책을 수립하고 이행한다.	(1) 자원순환기본계획 및 자원순환시행계획 수립 건수 (2) 국가 지속가능생산·소비기본계획 수립 여부
	(12-2) 모든 자원을 지속가능하게 관리하고 효율적으로 사용한다.	(1) 국내 1인당 자원소비량 (2) 물질흐름분석(MFA) 구축 대상 자원수
	(12-3) 식품의 생산·유통과정에서 발생하는 식품 손실과 소비과정에서 발생하는 식품 폐기물을 감소시킨다.	(1) 식품 손실 지수 (2) 1인당 식품폐기물 발생량
	(12-4) 화학물질과 유해폐기물의 친환경적 관리를 통해 인간의 건강을 보호하고 환경오염을 예방한다.	(1) 화학물질의 유해성 정보 확보율 (2) 사고 대비 화학물질 수 (3) 1인당 유해폐기물 발생량
	(12-5) 폐기물의 원천예방과 감량, 재사용과 재활용을 통해 폐기물 발생을 감소한다.	(1) 생활폐기물의 재활용률 (2) 사업장배출시설계 폐기물의 재활용률
	(12-6) 기업의 지속가능 경영활동을 관리하고 지원을 확대한다.	(1) 지속가능경영보고서 발간 기업 수 (2) 녹색경영 참여 기업수
	(12-7) 녹색 제품 인증 및 녹색 구매의 확대를 통해 지속 가능한 녹색 소비를 촉진한다.	(1) 공공분야(지방자치단체) 녹색제품 구매율 (2) 생활용품의 녹색제품 인증 건수
	(12-8) 모든 국민이 지속가능발전에 대한 의식을 갖도록 환경교육 참여 기회를 확대한다.	(1) 인구대비 환경교육 수혜자 비율 (2) 일반 국민의 환경의식 수준
	(12-9) 플라스틱이 선순환하도록 플라스틱의 재활용을 증가시키고, 친환경재료 개발을 통해 플라스틱의 환경으로 유출을 방지한다.	(1) 1인당 플라스틱 소비량 (2) 플라스틱 폐기물의 재활용률
	(12-10) 지속 가능한 관광의 확대를 통해 환경보전에 기여한다.	(1) 지속가능관광의 참여자수
	(12-11) 화석연료 보조금을 단계적으로 철폐한다.	(1) GDP 대비 화석연료 보조금 비율

\* 출처: 관계부처 합동(2021a) 및 지속가능발전포털(<http://ncsd.go.kr/>)

## 2 책임 있는 소비와 생산(SDG 12) 목표 이행 현황

### 가. UN의 「지속가능발전목표보고서 2022」

□ UN은 2016년 이후 매년 「지속가능발전목표보고서(The Sustainable Development Goals Report)」를 발표하고 있으며 최근 「지속가능발전목표보고서 2022」를 발표<sup>9)</sup>

- UN은 이 보고서에서 SDG 12와 관련하여 지속 불가능한 소비 및 생산 양식이 기후 변화, 생물 다양성 손실 및 오염이라는 글로벌 위기의 근본 원인이며, 이러한 위기 및 관련 환경의 악화는 인간의 웰빙과 SDGs 달성을 위협하고 있다고 진단
- 우리가 일반적인 발전 경로를 계속 따른다면 지구의 유한한 용량으로는 현재와 미래 세대의 생계를 유지할 수 없을 것이며, 따라서 자연과의 관계를 바꾸는 것이 지속 가능한 미래의 열쇠라고 제언
- 세계가 전염병으로부터 지속 가능한 회복을 위한 전략을 개발함에 따라 정부와 모든 시민은 자원 효율성을 개선하고 폐기물과 오염을 줄이며 새로운 순환 경제를 형성하기 위해 협력할 기회를 포착해야 한다고 강조

그림 4 UN의 지속가능발전목표보고서



\* 출처: UN, The Sustainable Development Goals Report, 각 연도

9) UN(2022a), The Sustainable Development Goals Report 2022

그림 5 UN의 지속가능발전목표보고서에 나타난 전 세계 SDG 12 현황



\* 출처: UN(2022a), The Sustainable Development Goals Report 2022

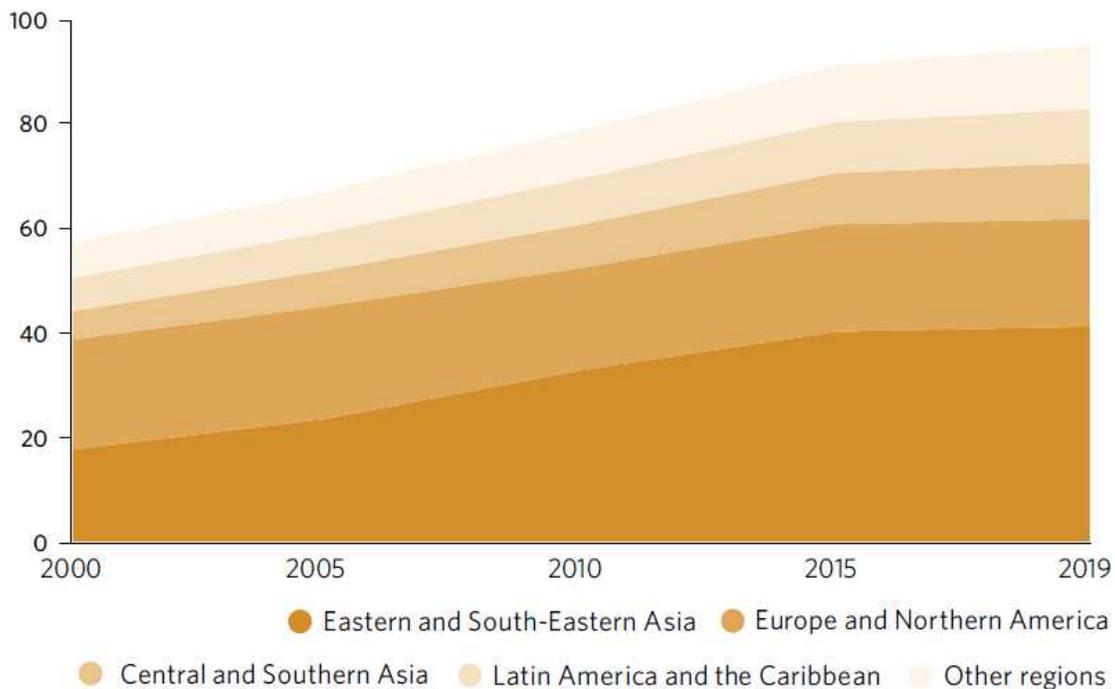
□ 천연자원에 대한 의존도가 높아짐에 따라 지구는 지속 불가능한 길로 진입

- 국내물질소비량(Domestic Material Consumption; DMC)은 2000년부터 2019년까지 전 세계적으로 65% 이상 증가하여 2019년에는 951억 미터톤에 도달하였으며 이는 1인당 12.3톤에 해당

※ 국내물질소비량(DMC)은 1년 동안 국민경제 전체 차원에서 소비를 위해 사용되는 총자원량을 의미하며, 국내 환경에서 투입되는 자원의 총량에서 수출량을 제외한 값으로 계산

- 전 세계 DMC의 약 70%를 차지하는 두 지역은 동아시아·동남아시아와 유럽·북미로, 이 기간에 동아시아·동남아시아의 DMC는 2000년 31%에서 2019년 43%로 가장 가파른 상승세
- 이러한 상승의 주요 동인은 인구 밀도 증가, 산업화 및 선진국에서 개발도상국으로의 자재 집약적 생산의 아웃소싱이며, 천연자원에 대한 의존도 증가로 인해 민감한 생태계가 강한 압력을 받아 궁극적으로 인간의 건강과 경제에까지 악영향
- 이러한 압력을 줄이려면 자원 효율성 증가, 순환성 조치 및 경제성장을 비 물질화하기 위한 전반적인 노력이 필요하다고 강조

그림 6 DMC, 2000-2019년(십억 미터톤)



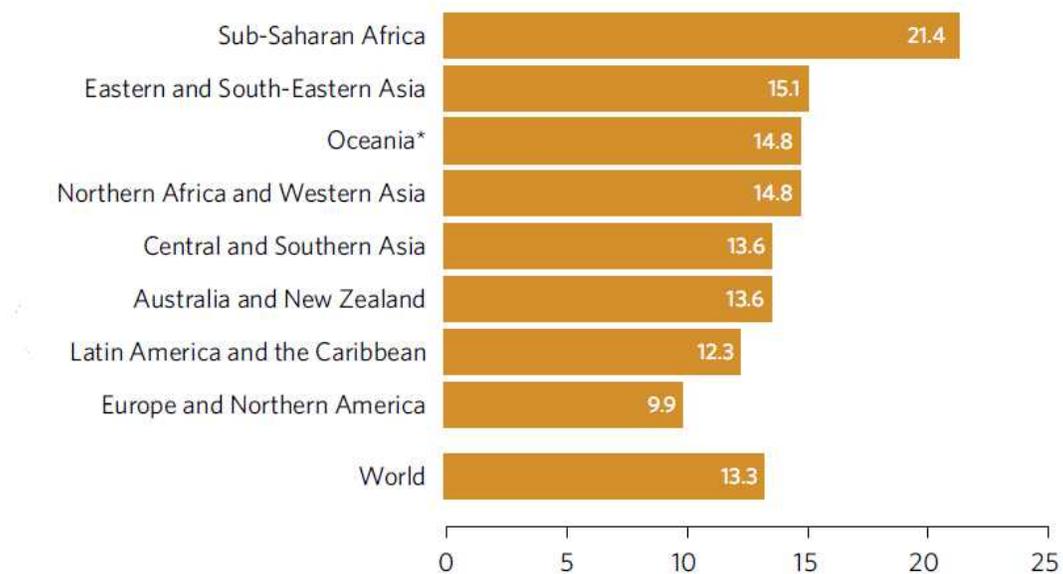
\* 출처: UN(2022a), The Sustainable Development Goals Report 2022

#### □ 전 세계 모든 국가에서 너무 많은 음식이 손실되거나 낭비

- 2020년에는 수확 후 소매 시장에 도달하기 전에 전 세계 식량의 약 13.3%가 손실되었고, 이러한 손실은 농장 활동, 운송, 저장, 가공 및 도매 중에 발생
- 또한, 소비자가 이용할 수 있는 총 식품의 약 17%인 9억 3,100만 미터톤이 가정, 식품 서비스 및 소매 수준에서 낭비되고 있으며, 이는 매년 1인당 121kg으로 환산될 수 있으며 이 폐기물의 약 60%가 가정에서 발생

- 식량 손실과 폐기물은 세계적인 문제로, 식량 손실은 주로 개발도상국에서 발생하지만, 음식물 쓰레기는 대부분 선진국에서 발생
- 식량 손실과 음식물 쓰레기는 모두 상당한 환경적, 사회적, 경제적 결과를 초래하는데, 예를 들면 매립지로 가는 음식은 전 세계 온실가스 배출량의 8~10%를 생성
- 음식물 쓰레기를 줄이는 것은 국가들이 글로벌 메탄 서약을 이행할 수 있는 한 가지 수단이며, 식량이 손실되거나 낭비되면 식량안보를 개선하고 식량 생산 및 소비의 환경 발자국을 줄일 기회도 유실

**그림 7** 수확 후 및 소매 시장에 도달하기 전 식품 손실 비율(%), 2020년



\*Excluding Australia and New Zealand.

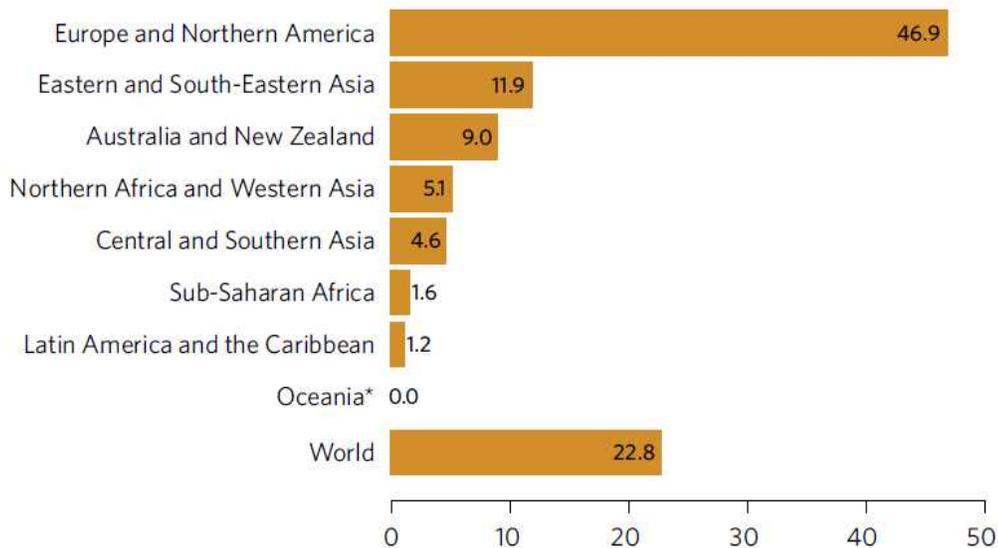
\* 출처: UN(2022a), The Sustainable Development Goals Report 2022

### □ 전 세계 전자 폐기물의 대다수를 불안전하게 관리

- 전기 및 전자 장비가 폐기되면, 그것은 가치 있는 물질과 위험한 물질을 모두 포함하는 폐기물이 되는 것이며, 전자 폐기물이 급격하게 증가한 것은 소비 증가, 짧은 제품 수명 주기 및 사소한 수리로 인해 발생
- 2019년 전 세계적으로 발생한 전자 폐기물의 양은 1인당 7.3kg으로, 그중 1.7kg만이 환경적으로 건전한 방식으로 관리되고 있을 뿐임
- 전자 폐기물 수집 비율은 저소득 및 중간 소득 국가에서는 훨씬 낮아 사하라 사막 이남의 아프리카에서는 1.6%, 라틴 아메리카와 카리브해에서는 1.2%에 불과

- 저소득 및 중간 소득 국가에서는 현지에서 생산되거나 불법으로 수입되는 전자 폐기물을 관리하기 위한 인프라가 아직 개발되지 않았거나 불충분한 상황
- 더욱이 이들 국가의 규제 부족으로 인해 전자 폐기물은 주로 비공식 부문에서 일반적으로 안전하지 않은 방식으로 관리되는데, 예를 들어, 사용된 냉매는 야외에서 배출되고, 귀중한 구성 요소는 개방형 연소 및 산성 욕조에 의해 선택적으로 분해되거나 추출되어 환경을 오염시키고 인간의 건강에 악영향을 초래

그림 8 전자 폐기물 수거율(%), 2019년



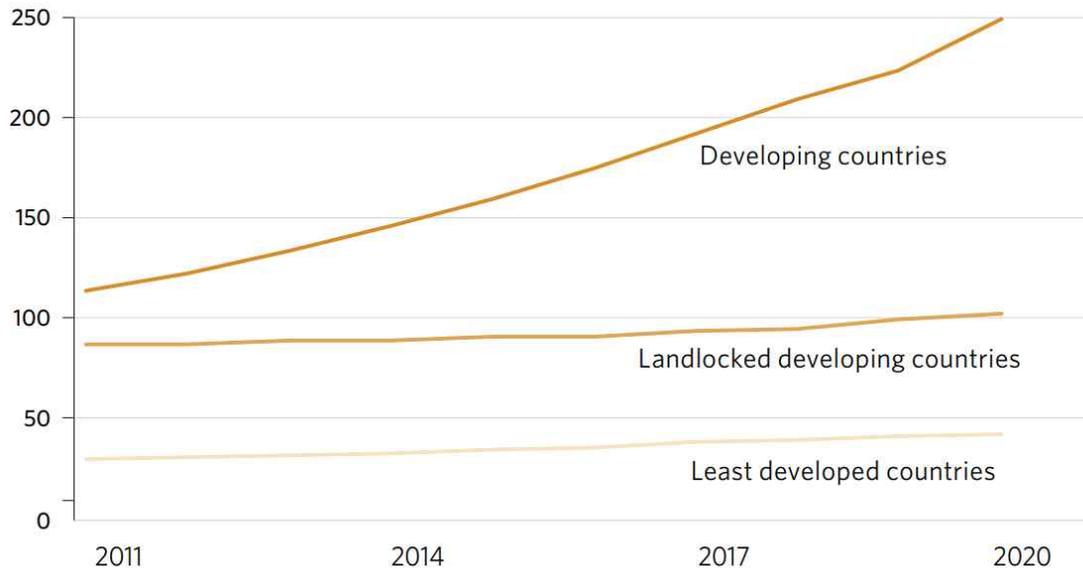
\*Excluding Australia and New Zealand.

\* 출처: UN(2022a), The Sustainable Development Goals Report 2022

#### □ 재생 에너지는 전반적으로 개발도상국에서 도약하고 있으나 가장 빈곤하고 가장 불리한 국가는 오히려 뒤처짐

- 개발도상국의 재생 가능 자원에서 전기를 생산할 수 있는 능력은 2011년 1인당 109.7W에서 2020년 245.7W로 인구 증가를 앞지르며 지난 10년 동안 급증하였고, 재생 가능 에너지는 이들 국가의 총 발전 용량의 3분의 1 이상(36.1%)을 차지
- 개발도상국의 전반적인 발전에도 불구하고 최빈국과 내륙 개발도상국은 훨씬 뒤처져 있으며, 2015년부터 2020년까지 개발도상국의 재생 에너지 복합 연간 성장률은 9.5%인 반면 최빈국과 내륙 개발도상국의 경우 각각 5.2%와 2.4%에 불과
- 현재의 연평균 성장률로 볼 때, 이들 국가는 개발도상국이 2020년에 달성한 것과 같은 수준의 진전에 도달하는 데는 거의 40년이 걸릴 것이며, 가장 도움이 필요한 국가에 재생 에너지 배치를 위해서는 표적 조치가 필요

**그림 9** 설치된 재생 에너지 발전 용량, 2011~2020년 (1인당 와트)



\* 출처: UN(2022a), The Sustainable Development Goals Report 2022

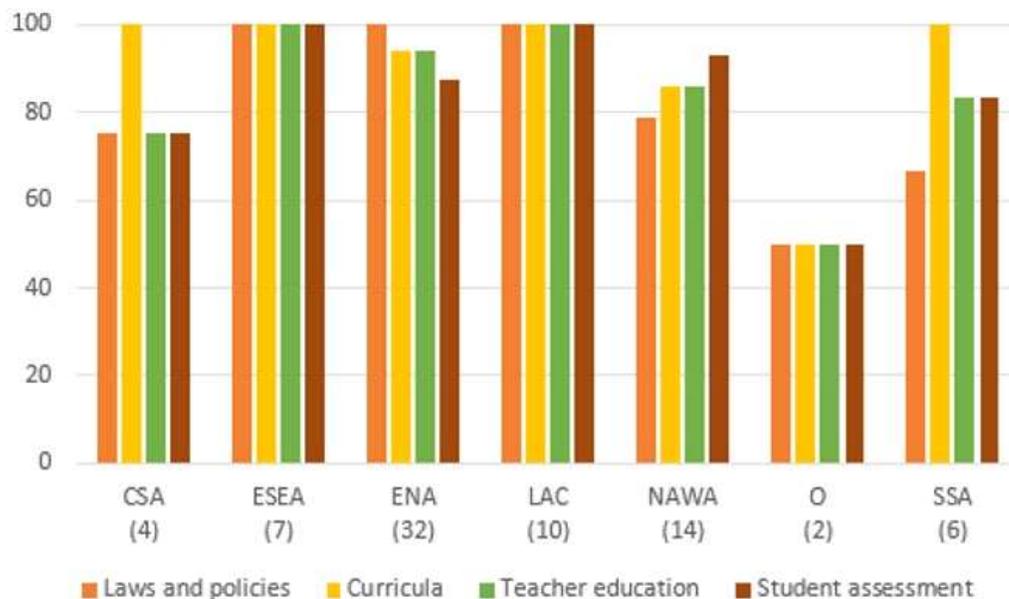
**□ 화석연료 보조금은 2020년 일시적으로 하락했음에도 불구하고 놀라울 정도로 높은 수준을 유지**

- 석탄, 석유, 가스 및 기타 화석연료의 생산 및 사용을 촉진하는 보조금은 대기 및 수질오염에서 기후변화에 이르기까지 환경 및 건강에 다양한 부정적인 영향을 미치며 재생 에너지원으로서의 세계 전환을 방해하는 가장 중요한 재정적 장벽 중 하나
- 2020년에 각국 정부의 화석연료에 대한 보조금 및 기타 지원은 3,750억 달러로, 2019년의 5,260억 달러에서 감소하였으나 이는 주로 구조 개혁보다는 팬데믹 기간 동안 저유가와 수요 감소 때문
- 2021년에는 원자재 및 에너지 가격이 급격히 반등함에 따라 화석연료에 대한 소비 및 생산 보조금이 모두 급등할 것으로 예상
- 보조금 제도 개혁을 미룬 국가들은 증가하는 유가를 상쇄하기 위해 보조금을 유지하거나 인상해야 할 수 있으며, 그 경우 심각한 재정적 결과를 초래할 가능성이 있고 친환경 회복과 지속 가능한 성장에 투자하는 데 필요한 자원의 감축 초래 가능성
- 높은 화석연료 가격에 대한 해답은 재생 가능 에너지원으로서의 더 빠르고 확대된 전환

### □ 국가 교육 시스템에서 지속 가능한 발전과 세계 시민의식을 완전히 주류화하려면 더 큰 노력이 필요

- 지속 가능한 발전, 세계 시민의식 및 평화에 대한 지식은 개인이 적절한 조치를 취하고 지역 사회의 웰빙에 긍정적으로 기여할 수 있도록 함
- 약 90%의 국가에서 지속 가능한 발전을 위한 교육과 세계 시민 교육이 국가 교육법 및 정책, 커리큘럼, 교사 교육 또는 초·중등 학교의 학생평가에서 적어도 부분적으로 주류화되고 있다고 보고

그림 10 지역별 국가 교육 시스템의 지속가능발전교육(ESD) 및 글로벌 시민교육(GCED) 주류화(%)



Note 1: CSA = Central and Southern Asia; ESEA = Eastern and South-Eastern Asia; ENA = Europe and Northern America; LAC = Latin America and the Caribbean; NAWA = Northern Africa and Western Asia; O = Oceania and SSA = sub-Saharan Africa.

Note 2: The numbers in brackets indicate the number of countries responding in each region.

\* 출처: UN(2022b), The Sustainable Development Goals Extended Report 2022

- 그러나 15%의 국가만이 4개 영역 모두에서 높은 수준의 통합을 보고했으며, 기술 및 직업 교육(57%)과 성인 교육(51%)에서 주류화 비율이 훨씬 낮은 것으로 보고
- 초·중등 교사를 대상으로 한 최근 글로벌 설문 조사에 따르면 교사 4명 중 1명은 이러한 주제와 관련된 주제를 가르칠 준비가 되어 있지 않다고 생각하며, 이러한 문제가 국가 교육 시스템의 핵심 구성 요소임을 확인하려면 더 큰 노력이 필요

## 나. SDSN의 「지속가능발전보고서 2022」

- 지속가능발전솔루션네트워크(SDSN)는 국가 및 국제 수준에서 UN의 SDGs의 이행을 촉진하기 위해 2012년 UN사무총장의 후원으로 설립되어 유엔 기관, 다자간 금융 기관, 민간부문 및 시민사회와 협력하여 SDGs 및 기후변화에 관한 파리 협정을 이행하기 위한 교육, 연구, 정책 분석 및 글로벌 협력 등을 수행하는 비영리기관
- SDSN의 Jeffrey Sachs 외 연구자들은 2015년 이후 매년 「지속가능발전보고서」를 통해 SDG 지수(Index)를 발표하고 있으며 최근 지속가능발전보고서 2022 발간<sup>10)</sup>

그림 11 SDSN의 지속가능발전보고서



\* 출처: Sachs 외(2022), Sustainable Development Report 2022

- 본 보고서는 유엔의 공식적 SDG 모니터링 도구는 아니나 유엔, 세계은행 등의 공식 데이터와 연구기관, 비정부 기구 등의 비공식 데이터를 모두 활용하여 SDGs 17개 목표에 대한 지표를 계량화하여 지수를 산출
- 「지속가능발전보고서 2022」에서는 한국의 SDGs 성과를 SDG 지수 77.9점으로 163개국 중 27위로 평가하였으며, 이는 2021년의 28위에서 1단계 상승

표 4 상위 40개국의 SDG 지수

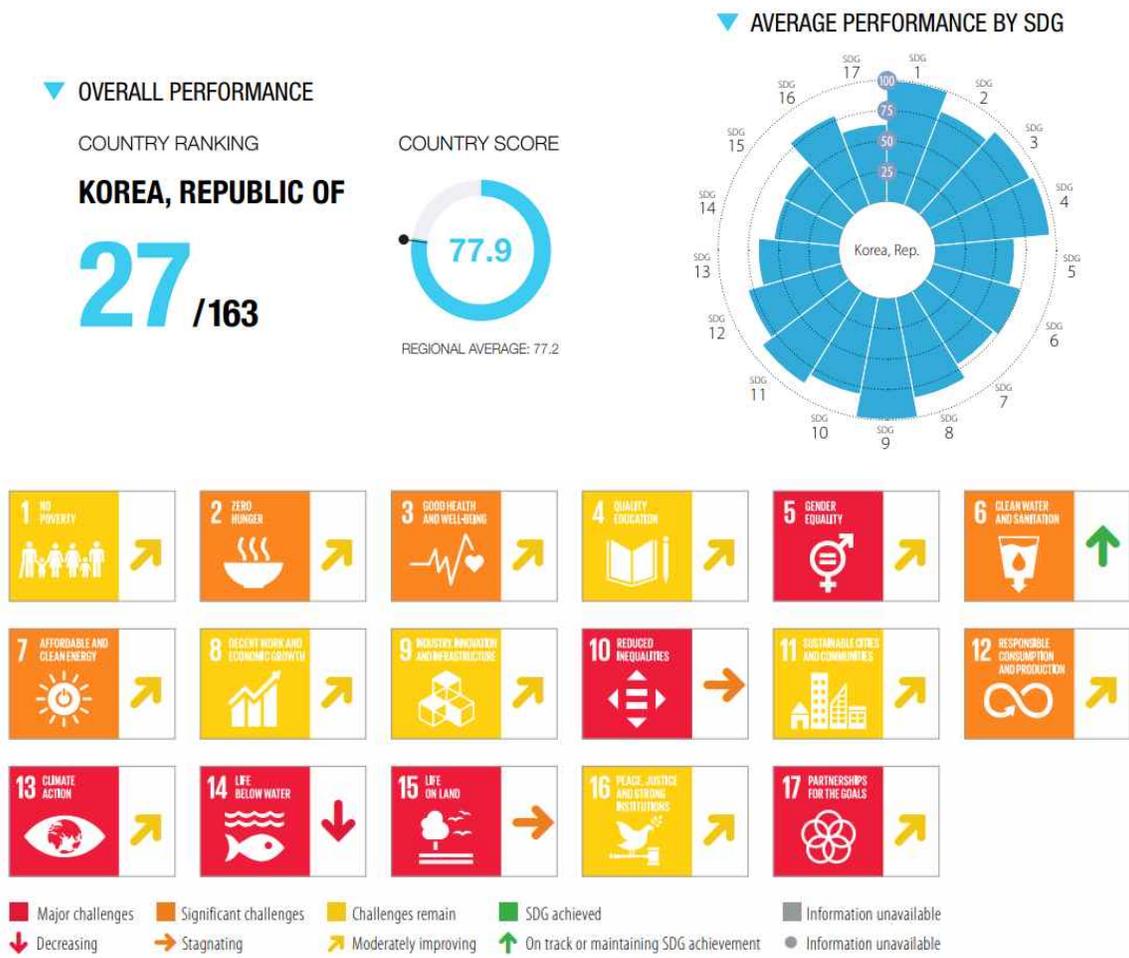
등수	국가	종합 점수	등수	국가	종합 점수
1	핀란드	86.5	21	헝가리	79.0
2	덴마크	85.6	22	아이스랜드	78.9
3	스웨덴	85.2	23	크로아티아	78.8
4	노르웨이	82.3	24	슬로바키아	78.7
5	오스트리아	82.3	25	이탈리아	78.3
6	독일	82.2	26	뉴질랜드	78.3
7	프랑스	81.2	27	한국	77.9
8	스위스	80.8	28	칠레	77.8
9	아일랜드	80.7	29	캐나다	77.7

10) Sachs 외(2022), Sustainable Development Report 2022

등수	국가	종합 점수	등수	국가	종합 점수
10	에스토니아	80.6	30	루마니아	77.7
11	영국	80.6	31	우루과이	77.0
12	폴란드	80.5	32	그리스	76.8
13	체코	80.5	33	몰타	76.8
14	라트비아	80.3	34	벨라루스	76.0
15	슬로베니아	80.0	35	세르비아	75.9
16	스페인	79.9	36	룩셈부르크	75.7
17	네덜란드	79.9	37	우크라이나	75.7
18	벨기에	79.7	38	호주	75.6
19	일본	79.6	39	리투아니아	75.4
20	포르투갈	79.2	40	쿠바	74.7

※ 출처: Sachs 외(2022), Sustainable Development Report 2022

그림 12 한국의 지속가능발전 지수 현황 및 추세 2022



\* 출처: Sachs 외(2022), Sustainable Development Report 2022

### □ SDSN의 「지속가능발전보고서 2022」에 나타난 SDG 12 현황

- 한국의 SDG 12는 현재 ‘심각한 도전(Significant challenges)’ 상태이나 다행히 그 추세는 적절히 개선(moderately improving)되고 있는 양상
- SDG 12 관련 지표를 보면 생산기반 질소 배출량과 재활용되지 않는 생활폐기물은 어느 정도 목표 달성에 접근하고 있으나, 전자 폐기물은 여전히 심각한 상태

표 5 한국의 SDG 12 성과 및 지표

목표	세부 목표	값	연도	등급	추세
[목표 12] 책임 있는 소비와 생산	전자 폐기물(kg/1인당)	15.8	2019	●	●
	생산 기반 SO2 배출량(kg/1인당)	21.4	2018	●	●
	수입에 포함된 SO2 배출량(kg/1인당)	4.1	2018	●	●
	생산 기반 질소 배출량(kg/1인당)	3.5	2015	●	↑
	수입에 포함된 질소 배출량(kg/1인당)	9.3	2015	●	→
	플라스틱 폐기물 수출량(kg/1인당)	1.6	2020	●	●
	재활용되지 않는 생활폐기물(kg/1인당/일)	0.4	2018	●	↑

\* 출처: Sachs 외(2022), Sustainable Development Report 2022

### □ SDGs 달성을 위해서는 국제적 파급효과가 중요

- SDSN 보고서는 국제적 파급효과(international spillovers)를 특히 강조하고 있는데 이는 다른 나라의 부정적인 외부효과가 한 나라의 노력을 상쇄한다면 SDGs 달성이 불가능하기 때문
- 국제적 파급효과는 한 국가의 조치가 시장가격에 반영되지 않음으로써, 소비자와 생산자의 조치로 '내재화'되지 않은 다른 국가에 이익을 창출하거나 비용을 부과할 때 발생하는 것을 의미
- 유럽 연합 회원국과 많은 OECD 국가가 SDG 지수와 세계 행복 보고서에서 1위를 차지했지만, 국제적 파급효과에서는 최악의 국가에 속하며, 상품 및 서비스 소비와 관련된 유럽 연합의 탄소 발자국의 약 40%가 다른 국가에서 발생
- 국제적 파급효과에는 크게 ① 무역으로 구체화 된 환경적, 사회적 파급효과, ② 공기와 물을 통해 직접 국경을 넘는 파급효과, ③ 경제 및 금융 흐름과 관련된 파급효과, ④ 평화 유지 및 보안 파급효과 네 가지가 있으며, 이 가운데 ①과 ②의 파급효과가 SDG 12와 깊은 관련이 있음

- ①번의 무역으로 구체화 된 환경 및 사회적 파급효과의 경우 오염, 천연자원의 사용, 상품과 서비스의 소비로 인한 사회적 영향과 관련된 국제적 영향이 포함되며, 이 범주의 파급효과에는 독성 살충제 수출, 폐기물 거래 등이 포함
- ②번의 한 국가에서 다른 국가로 공기와 물과 같은 물리적 흐름을 통해 발생하는 파급효과의 경우, 국경을 넘는 대기 및 수질오염은 원산지 탓으로 돌리기 어렵고, 국제 파급 지수는 현재 이러한 유형의 파급효과를 추적하는 어떠한 지표도 포함하고 있지 않음

#### □ 디지털 기술 혁명이 SDG 12 달성을 위한 프레임워크를 제공

- 이 보고서는 ① 교육과 기술, ② 건강과 웰빙, ③ 청정에너지 및 산업, ④ 지속 가능한 토지 이용, ⑤ 지속 가능한 도시, ⑥ 디지털 기술에 중점을 둔 6가지 SDG 전환(The Six SDG Transformations) 방안을 제시하면서 이 6가지 SDG 전환 방안은 SDG 달성을 위한 통합 전략을 구성하는 세부 프레임워크를 제공하고, 이를 통해 17개의 모든 SDG를 달성할 수 있다고 제안
- 이 가운데 ⑥번의 디지털 기술에 중점을 둔 SDG 전환은 특히 SDG 12 달성에 매우 중요한 역할을 담당
- 즉, 디지털 기술은 생산성을 높이고, 생산 비용을 낮추며, 배출량을 줄이고, 생산을 비 물질화하며, 자원 사용 효율성을 개선하고, 순환 경제를 지원하며, 탄소 제로 에너지 시스템을 가능하게 하고, 생태계를 모니터링 및 보호하며, SDG를 지원하는 다른 중요한 역할을 수행

## 다. 통계청의 「한국의 SDGs 이행보고서 2022」

- 통계청 통계개발원이 발표하는 「한국의 SDGs 이행보고서」는 글로벌 SDGs 지표에 부합하는 국내 통계를 활용하여 OECD 내 다른 회원국과 우리나라의 이행 상황을 비교<sup>11)</sup>
- 「한국의 SDGs 이행보고서」는 27개 국가의 통계청을 회원으로 한 전문가그룹(IAEG-SDGs)이 개발한 231개의 글로벌 SDGs 지표를 활용하며 이 가운데 한국 데이터 가용 지표 수는 136개<sup>12)</sup>
- 최근에 발표한 「한국의 SDGs 이행보고서 2022」에서는 코로나 19의 지속에 따른 한국 사회의 변화와 이에 대한 대응을 반영하기 위해 지표를 선정하고 시계열적인 비교를 강조

### □ 통계청의 「한국의 SDGs 이행보고서 2022」에 나타난 SDG 12 현황

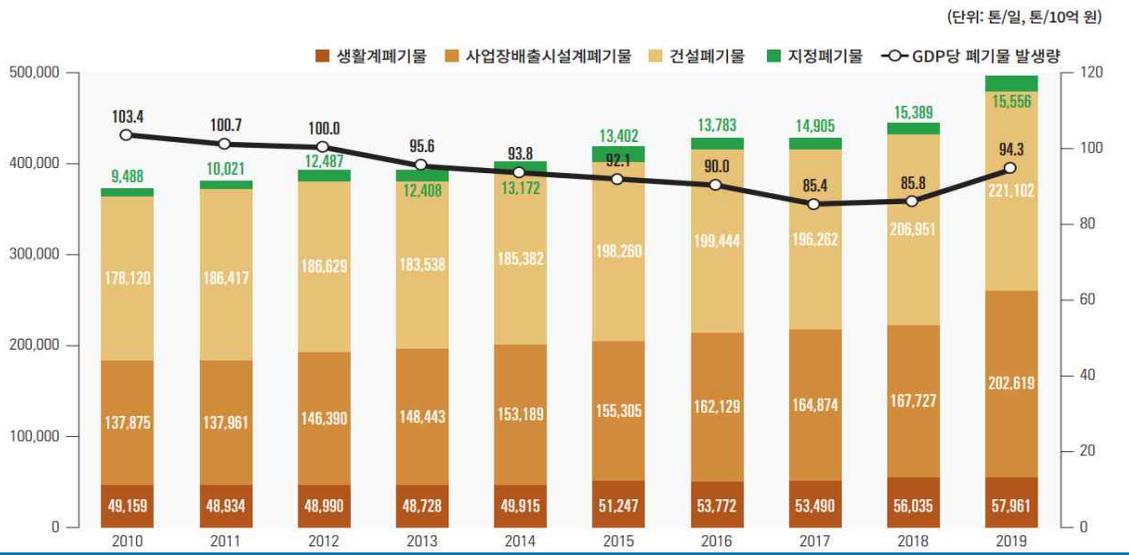
- GDP 대비 전체 폐기물 발생량은 전반적으로 감소하다가 최근 다시 증가하는 추세로 2018년 85.8톤/10억 원에서 2019년 94.3톤/10억 원으로 9.9% 증가
- 국내 총폐기물 발생량은 2010년 374,642톤에서 2019년 497,238톤으로 32.7% 증가하였고, 특히 사업장 폐기물 중 폐산·폐알칼리 등 주변 환경을 오염시킬 수 있거나 감염성 폐기물 등 인체에 해로운 지정폐기물은 동 기간에 64.0% 증가
- 사업장배출시설계폐기물 업종별 발생량은 제조업 업종이 59.6%, 수도, 하수 및 폐기물처리, 원료재생업 업종이 16.1%, 전기, 가스, 증기 및 공기조절 공급업 업종이 14.7% 차지
- 2019년도 폐기물 총발생량은 경기, 충남, 전남 순으로 이들 3개 시도가 전체의 41.5%를 차지하고 있으며, 총폐기물 중 가장 많은 부분을 차지하는 건설폐기물은 경기, 서울, 경북에서 103,419톤/일(46.8%) 발생하였고, 생활계폐기물 발생량은 인구 밀집 지역인 경기, 서울, 경남에서 27,516톤/일(47.5%) 발생<sup>13)</sup>

11) 통계청(2022), 한국의 SDGs 이행보고서 2022.

12) 통계청(2021), 한국의 SDGs 이행보고서 2021.

13) 환경부·한국환경공단(2020), 2019년도 전국 폐기물 발생 및 처리현황

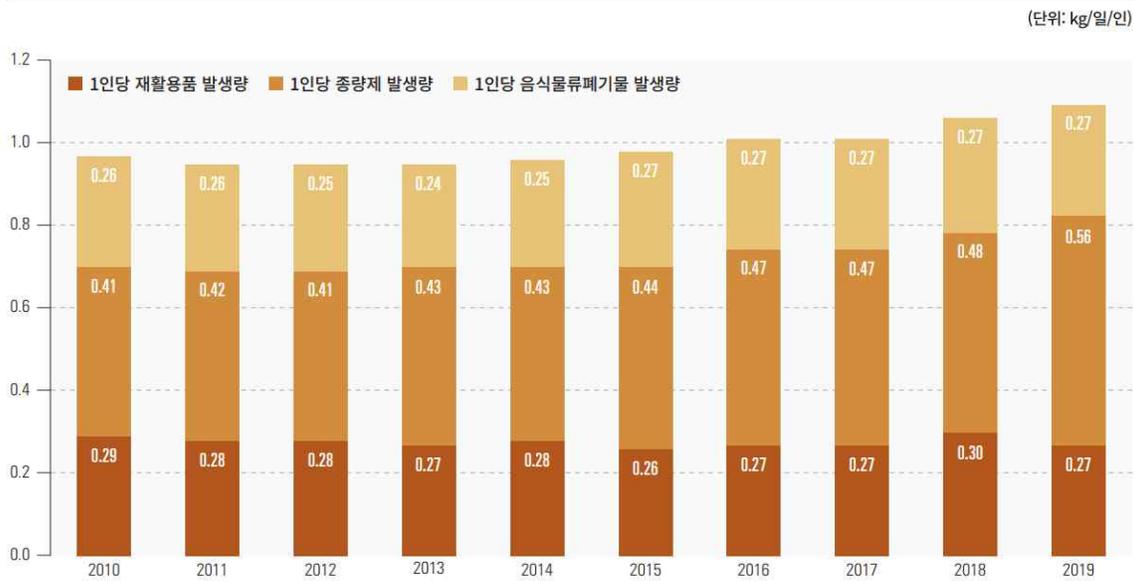
**그림 13** 유형별 폐기물 발생량, 2010~2019



\* 출처: 통계청(2022), 한국의 SDGs 이행보고서 2022.

- 1인당 1일 평균 생활계폐기물의 발생량은 2010년 0.96kg에서 2019년 1.09kg으로 지속해서 증가하였는데 이 가운데 1인당 재활용품과 1인당 음식물류폐기물 발생량은 큰 변동이 없으나, 플라스틱 등 포장재 폐기물이 포함된 1인당 종량제 혼합폐기물 발생량이 증가하였고 이는 코로나 19의 영향, 분리배출이 어려운 제품의 증가 및 다소 비형 변화에 따른 영향인 것으로 분석

**그림 14** 1인당 1일 생활계폐기물 발생량, 2010~2019



\* 출처: 통계청(2022), 한국의 SDGs 이행보고서 2022.

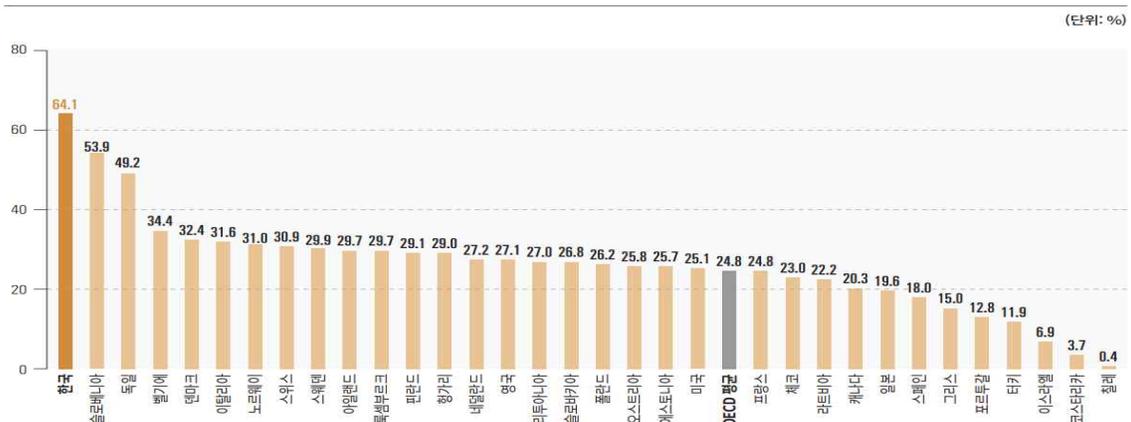
- 폐기물처리 방법에는 매립, 소각, 재활용 등이 있으며, 이 가운데 재활용이 86.6% (2019년)로 가장 높은 비율이며, 특히 건설폐기물의 재활용 비율은 98.9%
- 2010년~2019년 기간 동안 사업장배출시설폐기물의 재활용률은 10.3%p 증가하였는데 이는 매립물량이 재활용으로 전환되었기 때문이며, 지정폐기물은 소각물량이 대부분 재활용으로 전환되어 재활용률이 6.4%p 증가
- 생활계폐기물의 재활용률은 2018년 62.0% 대비 2019년 59.7%로 소폭 감소하였으나 2018년 기준 OECD 국가의 생활폐기물 평균 재활용률 24.8%와 비교하면 매우 높은 편으로 33개국 중 1위를 차지

**그림 15** 폐기물 유형별 재활용 비율, 2010~2019



\* 출처: 통계청(2022), 한국의 SDGs 이행보고서 2022.

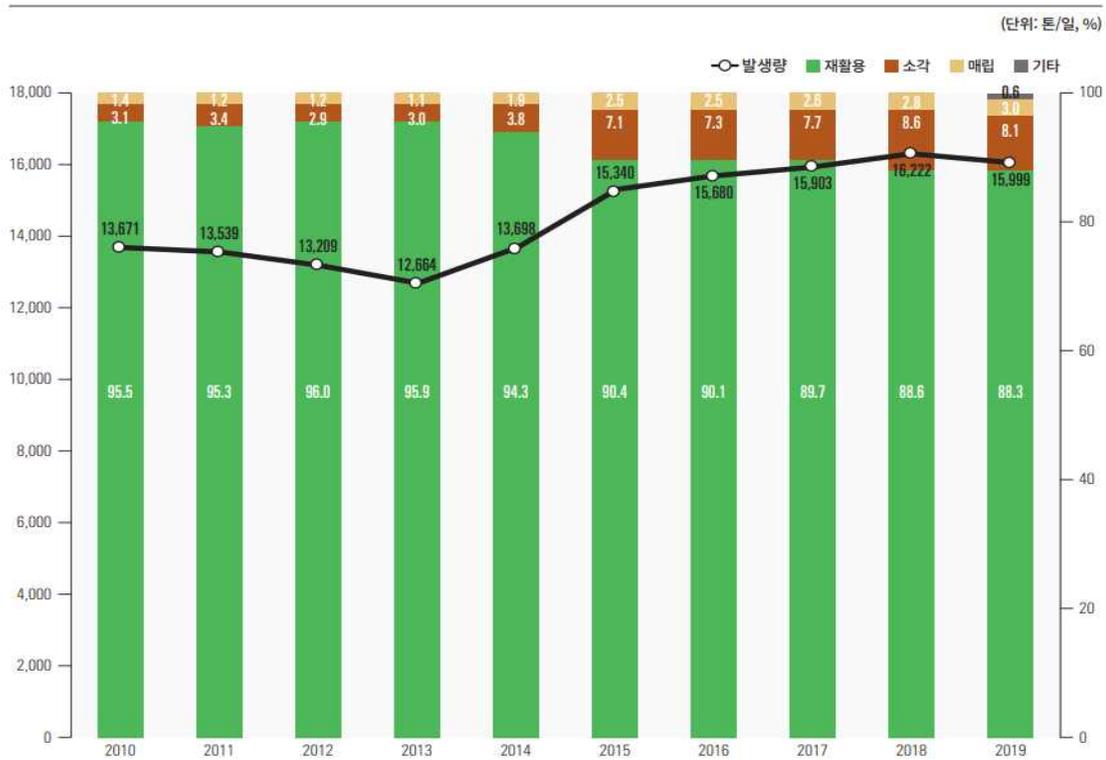
**그림 16** OECD 국가별 생활폐기물 재활용 비율, 2018



\* 출처: 통계청(2022), 한국의 SDGs 이행보고서 2022.

- 생활계폐기물 중 음식물류폐기물 발생량은 종량제 시범 시행 단계에서는 비싼 음식물 쓰레기 종량제 수수료로 인해 종량제 일반 쓰레기나 재활용품 등 타 품목으로 배출하는 경향이 있어 일시적으로 감소하였으나 종량제 제도가 본격화되면서 1인당 음식물류폐기물 발생량은 0.30~0.31kg/일 수준을 유지
- 음식물류폐기물의 처리 방법으로는 재활용, 소각, 매립, 기타 등이 있고 이중 재활용 비중은 2010년 95.5%에서 2019년 88.3%로 지속적 감소
- 음식물류폐기물은 직매립이 금지된 이후 동물 사료 등으로 재활용 처리되었으나, 구제역·조류인플루엔자·아프리카돼지열병 등으로 잔반 사료는 점차 퇴출당하는 경향이 있고 소각에 의한 처리가 지속해서 증가하여 바이오가스화 등 다른 재활용 방법으로의 전환이 필요

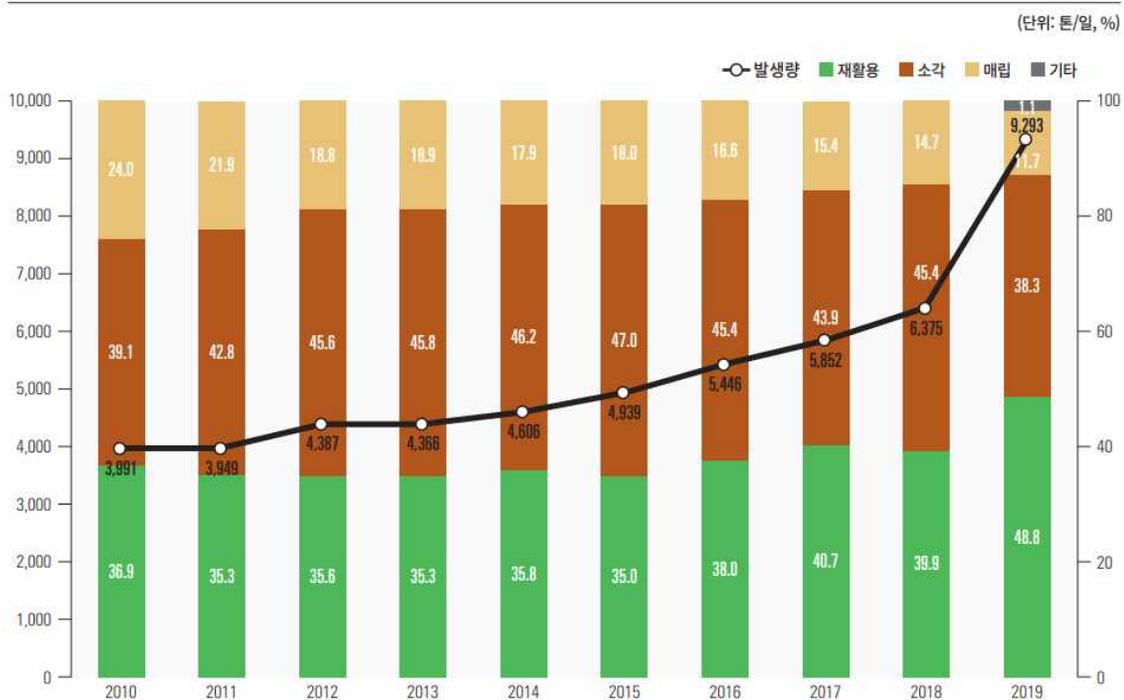
그림 17 음식물류폐기물 발생량 및 처리 방법 비율, 2010~2019



\* 출처: 통계청(2022), 한국의 SDGs 이행보고서 2022.

- 플라스틱 폐기물은 2010년 3,991톤/일에서 2019년에는 9,293톤/일로 급증하였으나 이의 재활용 비율은 높지 않음
- 플라스틱 폐기물의 재활용 비율은 2010년(36.9%)에서 2017년(40.7%) 기간 동안 조금씩 증가했다가 2018년에는 재활용업체의 폐비닐 수거거부 사태와 중국의 플라스틱 폐기물 수입금지 조치의 영향으로 소폭 감소(39.9%)
- 2026년은 수도권에서, 2030년은 전국 차원에서 가연성 생활폐기물 직매립 금지 조치가 시행될 예정으로 매립 처분되던 물량은 상당량 재활용이나 소각으로 전환될 전망

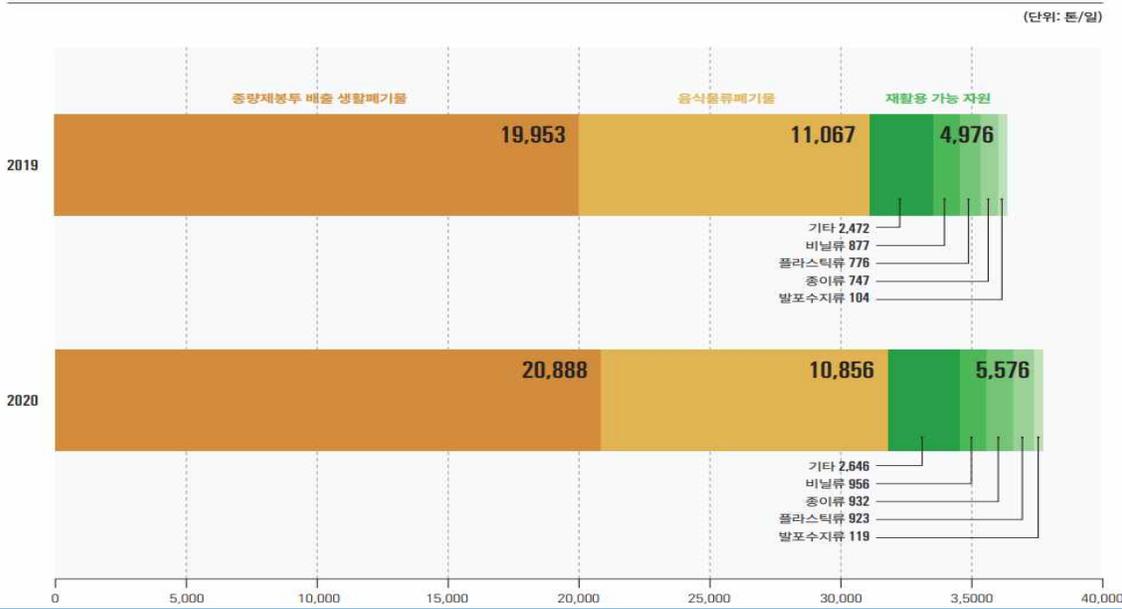
**그림 18** 플라스틱류 폐기물 발생량 및 처리 방법 비율, 2010~2019



\* 출처: 통계청(2022), 한국의 SDGs 이행보고서 2022.

- 코로나 19 이전에는 합성수지류를 제외한 종이류와 플라스틱류 재활용품 폐기물의 발생량은 큰 폭으로 증가하지 않았으나 코로나 19를 기점으로 공공처리시설에 반입된 총 폐기물은 2019년에 35,996톤/일이며, 2020년에는 37,320톤/일로 전체적으로 3.7% 증가
- 재활용 가능 폐기물은 종이류, 플라스틱류, 발포수지류 순으로 급격히 증가하였는데 이는 비대면 소비문화 변화에 따라 택배, 배달 등에 의한 포장재 관련 재활용 폐기물이 대폭 증가한 것에 기인한 것으로 보이며, 음식물류폐기물이 감소한 것은 간편식 선호에 따른 결과로 추정

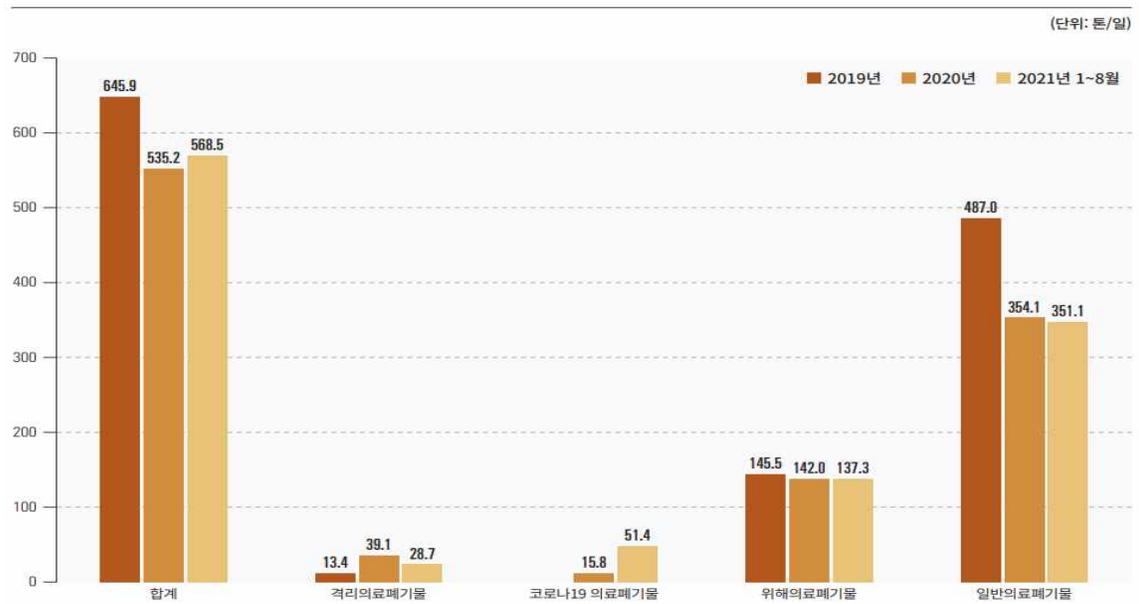
그림 19 코로나 19 전후의 공공폐기물 처리시설 처리량 변화, 2019, 2020



\* 출처: 통계청(2022), 한국의 SDGs 이행보고서 2022.

- 의료폐기물은 격리의료폐기물과 위해의료폐기물, 일반의료폐기물로 구분되어 관리되다가 코로나 19 확진자 발생에 따라 코로나 19 의료폐기물을 신규로 구분·관리
- 코로나 19의 지속적 확산으로 인해 발생한 코로나 19 의료폐기물은 2020년 15.8톤/일로 전체 의료폐기물의 2.9%를 차지

그림 20 코로나 19 전후의 의료폐기물 발생량 변화, 2019~2021



\* 출처: 통계청(2022), 한국의 SDGs 이행보고서 2022.

## 라. 환경부·한국환경연구원의 「2022 국가 지속가능성 보고서」

- 「국가 지속가능성 보고서」는 「지속가능발전법」 제13조 및 제14조에 따라 2년마다 국가의 지속가능성을 평가하여 작성하게 되어 있음
- 우리나라에서는 UN의 SDGs를 자국화한 국가지속가능발전목표(K-SDGs) 체계를 통해 지속가능발전을 추진하고 있으며, 2022년 현재 “제4차 지속가능발전기본계획(2021- 2040)”을 통해 K-SDGs를 이행하고 있는 중
- K-SDGs 체계는 4대 전략, 17개 목표, 119개 세부목표로 구성되어 있으며, 국가지속가능성을 모니터링하기 위한 236개 지표 가운데 정량평가가 가능한 155개 지표를 대상으로 지속가능성 평가를 수행
- 국가 지속가능성 보고서는 최신 5년 가용 통계를 기준으로 연평균 성장률을 분석하여 2040 목표치 달성 가능성에 대해 개별 지표별로 ‘맑음-맑거나 흐림-흐림-뇌우’의 4단계로 정량평가를 수행

표 6 국가 지속가능성 ‘목표 순향도’의 4단계 평가

평가 의미	날씨 표현
최근 5년간의 추세면 2040 목표 달성 (목표 방향만 있는 경우 장·단기 추세 모두 목표 방향 진행)	
목표 방향으로 진행 중이나 현 추세면 2040 목표 달성 불가 (목표 방향만 있는 경우 장기 정체, 단기적으로 목표 방향 진행)	
정체 상태	
최근 5년간 목표 반대 방향으로 진행	

\* 출처: 환경부·한국환경연구원(2022), 2022 국가 지속가능성 보고서

### □ 환경부의 「2022 국가 지속가능성 보고서」에 나타난 SDG 12 현황

- 코로나 19로 인한 부정적인 영향은 경제 성장률 감소, 사회적 거리 두기로 인한 일회용품 사용 증가에 따른 생활폐기물 증가 및 폐기물 재활용률 감소로 나타남
- K-SDGs의 목표 12번(지속 가능한 생산과 소비)은 총 21개 지표로 구성되어 있으나, 정량평가가 가능한 지표는 9개로 이 중 지표 대부분이 악화 중

표 7 K-SDG 12의 지표 및 지표값(최신 5년 가용지표)

세부 목표	지표	지표	2040 목표	목표 순항도												
12-1	(1) 자원순환기본계획 및 자원순환시행계획 수립 건수	현재 국가기본계획(국가) 및 자원순환시행계획(17개 시도)이 수립되어 있음														
	(2) 국가 지속가능생산·소비기본계획 수립 여부															
12-2	(1) 국내 1인당 자원소비량	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2013</th> <th>2014</th> <th>2015</th> <th>2016</th> <th>2017</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1인당 국내 물질소비량</td> <td>15.6</td> <td>15.8</td> <td>15.8</td> <td>15.8</td> <td>15.9</td> </tr> </tbody> </table> <p>※ 자원소비량의 정의가 명확하지 않아 물질소비량 통계로 대체 ※ 물질소비량에 대한 목표치가 정해져 있지 않으므로 평가 보류</p>		2013	2014	2015	2016	2017	1인당 국내 물질소비량	15.6	15.8	15.8	15.8	15.9		
		2013	2014	2015	2016	2017										
1인당 국내 물질소비량	15.6	15.8	15.8	15.8	15.9											
(2) 물질흐름분석(MFA) 구축 대상 자원수	승인된 시계열에 대한 자료 확인 불가															
12-3	(1) 식품 손실 지수															
	(2) 1인당 식품폐기물 발생량	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2006</th> <th>2011</th> <th>2016</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1인당 식품폐기물 발생량</td> <td>332.8</td> <td>311.3</td> <td>367.95</td> </tr> </tbody> </table>		2006	2011	2016	1인당 식품폐기물 발생량	332.8	311.3	367.95						
	2006	2011	2016													
1인당 식품폐기물 발생량	332.8	311.3	367.95													
12-4	(1) 화학물질의 유해성 정보 확보율	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2022</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>화학물질의 유해성 정보 확보율(%)</td> <td>4.81</td> </tr> <tr> <td>전체 화학물질</td> <td>46,083</td> </tr> <tr> <td>유해성정보 등록 화학물질</td> <td>2,216</td> </tr> </tbody> </table>		2022	화학물질의 유해성 정보 확보율(%)	4.81	전체 화학물질	46,083	유해성정보 등록 화학물질	2,216	100	통계제공				
		2022														
	화학물질의 유해성 정보 확보율(%)	4.81														
전체 화학물질	46,083															
유해성정보 등록 화학물질	2,216															
(2) 사고 대비 화학물질 수	2022 기준 사고대비 화학물질 수는 97개. 승인된 시계열 확인 불가	200														
(3) 1인당 유해폐기물 발생량	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2014</th> <th>2015</th> <th>2016</th> <th>2017</th> <th>2018</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1인당 유해폐기물 발생량</td> <td>94.74</td> <td>95.89</td> <td>98.22</td> <td>105.92</td> <td>108.89</td> </tr> </tbody> </table>		2014	2015	2016	2017	2018	1인당 유해폐기물 발생량	94.74	95.89	98.22	105.92	108.89	80		
	2014	2015	2016	2017	2018											
1인당 유해폐기물 발생량	94.74	95.89	98.22	105.92	108.89											
12-5	(1) 생활폐기물의 재활용률	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2015</th> <th>2016</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>2019</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>생활폐기물의 재활용률</td> <td>58.47</td> <td>58.53</td> <td>59.46</td> <td>59.41</td> <td>56.38</td> </tr> </tbody> </table>		2015	2016	2017	2018	2019	생활폐기물의 재활용률	58.47	58.53	59.46	59.41	56.38	75	
		2015	2016	2017	2018	2019										
생활폐기물의 재활용률	58.47	58.53	59.46	59.41	56.38											
(2) 사업장배출시설계 폐기물의 재활용률	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2015</th> <th>2016</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>2019</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>사업장배출시설계 폐기물의 재활용률</td> <td>78.17</td> <td>79.06</td> <td>80.59</td> <td>81.63</td> <td>82.57</td> </tr> </tbody> </table>		2015	2016	2017	2018	2019	사업장배출시설계 폐기물의 재활용률	78.17	79.06	80.59	81.63	82.57	90		
	2015	2016	2017	2018	2019											
사업장배출시설계 폐기물의 재활용률	78.17	79.06	80.59	81.63	82.57											
12-6	(1) 지속가능경영보고서 발간 기업 수	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2016</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>2019</th> <th>2020</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>지속가능경영보고서 발간 기업 수</td> <td>125</td> <td>136</td> <td>137</td> <td>136</td> <td>111</td> </tr> </tbody> </table>		2016	2017	2018	2019	2020	지속가능경영보고서 발간 기업 수	125	136	137	136	111	400	
		2016	2017	2018	2019	2020										
지속가능경영보고서 발간 기업 수	125	136	137	136	111											
(2) 녹색경영 참여 기업수	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>2019</th> <th>2020</th> <th>2021</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>녹색경영 참여 기업수</td> <td>152</td> <td>139</td> <td>131</td> <td>127</td> <td>117</td> </tr> </tbody> </table>		2017	2018	2019	2020	2021	녹색경영 참여 기업수	152	139	131	127	117	1000		
	2017	2018	2019	2020	2021											
녹색경영 참여 기업수	152	139	131	127	117											
12-7	(1) 공공분야(지방자치단체) 녹색제품 구매율	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2016</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>2019</th> <th>2020</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>공공분야(지방자치단체) 녹색제품 구매율</td> <td>53.94</td> <td>53.42</td> <td>53.59</td> <td>52.85</td> <td>53.39</td> </tr> </tbody> </table>		2016	2017	2018	2019	2020	공공분야(지방자치단체) 녹색제품 구매율	53.94	53.42	53.59	52.85	53.39	75	
		2016	2017	2018	2019	2020										
공공분야(지방자치단체) 녹색제품 구매율	53.94	53.42	53.59	52.85	53.39											
(2) 생활용품의 녹색제품 인증 건수																
12-8	(1) 인구대비 환경교육 수혜자 비율	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2018</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>인구대비 환경교육 수혜자 비율</td> <td>19.2</td> </tr> </tbody> </table>		2018	인구대비 환경교육 수혜자 비율	19.2	50									
		2018														
인구대비 환경교육 수혜자 비율	19.2															
(2) 일반 국민의 환경의식 수준	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2013</th> <th>2018</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>일반 국민의 환경의식 수준</td> <td>65.5</td> <td>57.1</td> </tr> </tbody> </table>		2013	2018	일반 국민의 환경의식 수준	65.5	57.1	75								
	2013	2018														
일반 국민의 환경의식 수준	65.5	57.1														
12-9	(1) 1인당 플라스틱 소비량	이소라 외(2019)에 의하면 2015년 기준 1인당 플라스틱 소비량은 113.3kg/인 으로 나타난 바 있음														
	(2) 플라스틱 폐기물의 재활용률	이소라 외(2019)에 의하면 2017년 기준 1인당 플라스틱 폐기물의 재활용률은 58.9%로 나타난 바 있음														
12-10	(1) 지속가능관광의 참여자수	지속가능관광의 정의에 대한 합의 사항 부재														
12-11	(1) GDP 대비 화석연료 보조금 비율	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>2015</th> <th>2016</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>2019</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>GDP 대비 화석연료 보조금 비율</td> <td>0.009</td> <td></td> <td>0.015</td> <td>0.005</td> <td>0.003</td> </tr> </tbody> </table>		2015	2016	2017	2018	2019	GDP 대비 화석연료 보조금 비율	0.009		0.015	0.005	0.003	0	
	2015	2016	2017	2018	2019											
GDP 대비 화석연료 보조금 비율	0.009		0.015	0.005	0.003											

\* 출처: 환경부-한국환경연구원(2022), 2022 국가 지속가능성 보고서

- 2022년 현재 국가 단위의 자원순환기본계획과 17개 광역 시·도에서 자원순환 시행계획 수립은 완료되었고, 목표를 향해 순항하고 있는 지표는 사업장폐기물 재활용률과 화석연료보조금 저감 관련 지표
- 생활폐기물 발생량, 식품폐기물 발생량, 유해폐기물 발생량, 생활폐기물 재활용률 등의 폐기물 관련 지표가 모두 악화되고 있으며, 이는 2020년 코로나 19로 인한 플라스틱 사용 증가와 의료폐기물 등 특정 폐기물 발생량 증가로 인한 영향이 큰 것으로 판단
- 지속가능경영 관련 지표 또한 악화하여 지속가능경영보고서 발간 기업 수는 2011년 105개에서 2015년 136개로 꾸준히 증가하였다가 2016년 125개로 감소하였고 2019년까지 다시 약 136개였다가 2020년 111개로 많이 감소하였으며, 녹색경영 기업은 지난 10년 동안 꾸준히 감소하는 추세
- 이상의 평가 결과를 요약하면 다음과 같음

**표 8** 지속가능한 생산과 소비(K-SDG 12) 평가 결과

맑음	맑거나 흐림	흐림	뇌우
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 사업장폐기물의 재활용률</li> <li>▶ GDP 대비 화석연료 보조금 비율</li> <li>▶ 자원순환기본계획 및 자원순환시행계획 수립 건수</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 공공분야(지방자치단체) 녹색제품 구매율</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 1인당 식품폐기물 발생량</li> <li>▶ 1인당 유해폐기물 발생량</li> <li>▶ 생활폐기물의 재활용률</li> <li>▶ 지속가능경영보고서 발간 기업수</li> <li>▶ 녹색경영 참여 기업 수</li> <li>▶ 일반 국민의 환경 의식 수준</li> </ul>

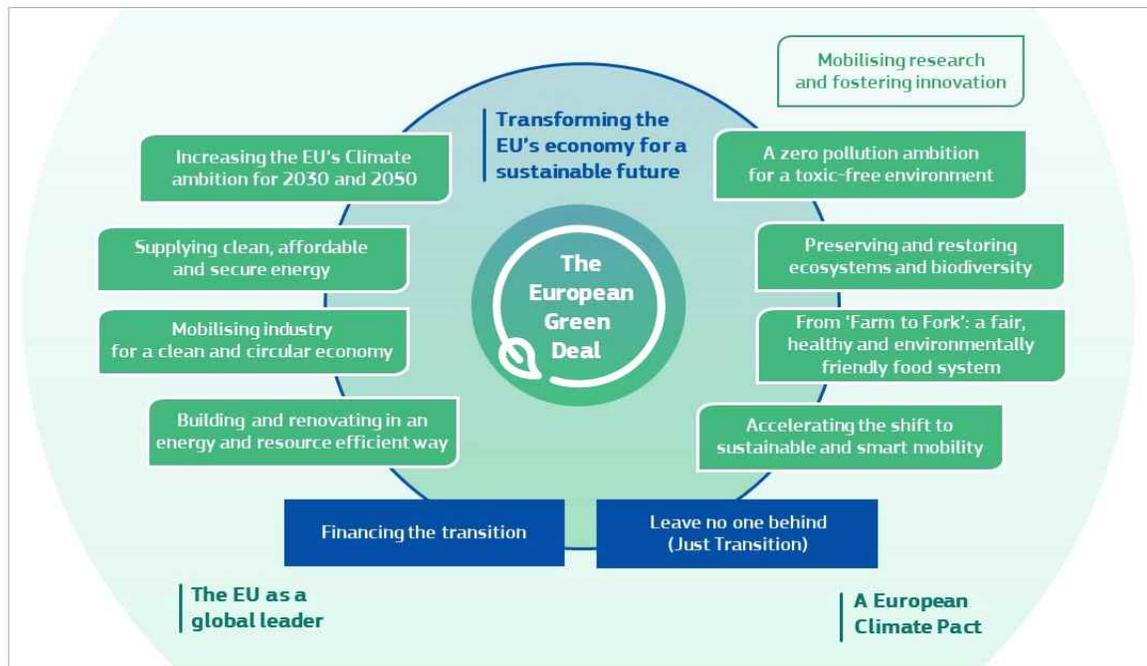
\* 출처: 환경부·한국환경연구원(2022), 2022 국가 지속가능성 보고서

### 3 SDG 12를 향한 유럽의 노력

#### 가. 유럽의 그린 딜(The European Green Deal)

- 유럽연합집행위원회(EC)는 ‘지속 가능한 미래를 위한 유럽연합(EU) 경제의 전환’을 목표로 2019년 새로운 성장 전략인 유럽 그린 딜(이하 ‘그린 딜’)을 제시<sup>14)</sup>
- 그린 딜은 기후변화에 대한 대응과 환경 보호를 위한 목적으로 기후·에너지 부문부터 환경부문까지 사회의 전 분야에 걸쳐 녹색전환을 향한 로드맵이라 할 수 있음
- 그린 딜의 본질은 기후 중립을 향한 ‘녹색전환’이지만, EU는 그린 딜 이행 과정에서 ‘디지털 전환’도 함께 이룩하고자 하고 있으며, 또한 코로나 19 확산 이후에는 그린 딜을 경기회복을 위한 성장수단으로 활용하겠다는 의지도 밝히고 있음<sup>15)</sup>
- 특히 디지털 전환을 통해 대기·수질오염의 모니터링과 에너지·자원 소비의 최적화를 이룰 경우, 지속 가능한 발전을 도모하면서도 일자리를 창출하는 경제활동을 촉진할 수 있을 것으로 기대

그림 21 유럽 그린 딜의 구성 요소



\* 출처: EC(2019), The European Green Deal

14) European Commission (2019), Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, The European Green Deal.

15) 김수현·김창훈(2020), 유럽 그린 딜의 동향과 시사점

- 유럽 그린 딜은 다음과 같은 8가지 분야에서 달성해야 할 정책목표를 설정하였으며, 특히 이 8가지 정책목표 중 산업, 식품, 환경 분야가 SDG 12와 밀접

**표 9** 유럽 그린 딜의 분야별 정책 목표

분야	정책 목표
기후	2030년 및 2050년 기준 EU의 기후변화 대응목표의 상향 조정 (Increasing the EU's climate ambition for 2030 and 2050)
에너지	청정에너지를 적정가격에 안정적으로 공급 (Supplying clean, affordable and secure energy)
산업	청정하고 순환적인 경제를 위한 산업적 전환 (Mobilising industry for a clean and circular economy)
건축	에너지자원 효율적인 건축 및 리모델링 (Building and renovating in an energy and resource efficient way)
교통	지속 가능하고 스마트한 교통체계로의 이전 가속화 (Accelerating the shift to sustainable and smart mobility)
식품	농장에서 식탁까지 공정하고 건강한 친환경적인 식품 시스템 설계 (From 'Farm to Fork': designing a fair, healthy and environmentally-friendly food system)
생태계	생태계 및 생물다양성의 보전과 회복 (Preserving and restoring ecosystems and biodiversity)
환경	무독성 환경을 위한 오염 제로 야망 (A zero pollution ambition for a toxic-free environment)

\* 출처: European Commission(2019) 내용을 기반으로 저자 재작성

### □ (산업) 청정하고 순환적인 경제를 위한 산업적 전환

- EU는 녹색 및 디지털 혁신이라는 두 가지 과제를 해결하기 위해 EU 산업전략(EU Industrial Strategy)과 더불어 '순환 경제 실행계획(circular economy action plan)'을 채택
- 순환 경제 실행계획은 기후 중립적·순환적 제품과 시장 개발을 통해 지속 가능한 경제적 이익을 창출하기 위한 프레임워크로서 관련 법·제도를 정비하여 이를 뒷받침하겠다는 것이 핵심
- 이 실행계획에서는 '지속 가능한 제품' 정책을 통해 섬유·건설·전자·플라스틱산업 등 자원집약도가 큰 부문을 중심으로 재활용 이전 단계에서 자원 사용을 줄이고 재사용하는 것을 우선시
- 또한, EU 시장의 모든 포장재를 2030년까지 경제적으로 실행 가능한 방식으로 재사용하거나 재활용할 수 있도록 하며, 생분해성 및 바이오 기반 플라스틱에 대한 규제 프레임워크를 개발하고, 일회용 플라스틱에 대한 조치, 과잉 포장 및 폐기물 발생을 방지하는 조치와 더불어 포장재, 차량, 건축자재, 배터리 등 의무적으로 재활용된 내

용물이 포함된 2차 원자재 시장을 활성화하기 위한 법과 제도를 수립할 예정

- 폐기물 발생을 피할 수 없는 경우 경제적 가치를 회복하고 환경 및 기후변화에 대한 영향을 최소화하기 위해 과잉 포장 및 폐기물 발생을 방지하는 조치를 마련하며, 나아가, 포장재, 차량, 건축자재, 배터리 등 의무적으로 재활용된 내용물이 포함된 2차 원자재 시장을 활성화하기 위한 법과 제도를 수립할 예정
- 순환 경제 실행계획에는 소비자의 '수리할 권리(right to repair)'를 도입할 예정이며 이것은 재사용할 수 있고(reusable), 내구성이 있으며(durable), 수리 가능한(repairable) 제품을 기업이 제공하면 이를 소비자가 선택할 수 있게 함으로써 소비자의 지속 가능한 소비 권리를 보장하는 것
- 순환 경제 실행계획에서는 디지털화가 크게 기여할 것으로 기대되는데, 디지털화는 EU에서 판매되는 제품의 특성에 대한 정보의 가용성을 개선하는 데 도움이 될 수 있으며 일례로, '전자제품 여권(electronic product passport)'은 제품의 원산지, 구성, 수리 및 해체 가능성, 수명 정보 등을 제공 가능

#### □ (식품) 농장에서 식탁까지-공정하고 건강한 친환경적인 식품 시스템 설계

- 식량 생산은 여전히 대기, 수질 및 토양 오염을 초래하고, 생물 다양성과 기후변화의 손실에 영향을 미치며, 과도한 양의 천연자원을 소비하나 식량의 많은 부분이 낭비됨에 따라 EC는 2020년 5월 20일, '농장에서 식탁까지 전략('Farm to Fork' Strategy)'을 발표<sup>16)</sup>
- 이는 그린 딜의 핵심 전략이자 UN의 SDGs를 달성하기 위한 EC 의제의 핵심으로서, 지속 가능한 식품 시스템으로서의 전환이 환경, 건강 및 사회적 혜택을 가져오고, 경제적 이익을 제공하며, 지속 가능한 경로로 인도할 것이라고 선언
- 또한, 이 전략은 식품의 운송·저장·포장·음식물 쓰레기 처리 전 과정에 조치하여 식품 가공 및 소매 부문의 환경적 영향을 줄이는 것을 목표로 함에 따라 궁극적으로는 순환 경제 달성에 기여할 것으로 기대
- 이 전략에 따라 EU 회원국은 자국의 국가전략계획에 정밀농업, 유기농업, 농업생태학, 농림업 등의 활용방안을 포함할 수 있으며, 화학살충제, 화학비료, 항생제 등의 사용은 줄이되 유기농 재배 면적을 증가시키고, 해충과 질병으로부터 수확물을 보호하는 혁신적인 방법을 개발하며, 식량 시스템의 지속가능성을 개선하는 동시에 안전함을 보장하기 위한 새롭고 혁신적인 기술의 잠재적 역할을 고려하여야 한다고 명시

16) European Commission(2020a), Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, A Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system.

- 이 전략에도 디지털 전환을 활용하여 소비자는 디지털 수단을 통해 식품의 원산지, 영양 정보, 환경 영향 등의 정보를 확인함으로써 건강하고 지속 가능한 식품의 선택권 확대가 가능

#### □ (환경) 무독성 환경을 위한 오염 제로 야망

- EU는 무독성 환경(toxic-free environment)을 조성하기 위해 2021년 5월 12일 공기, 물, 토양에 대한 오염 발생을 방지·처리하는 조치로서 그린 딜의 핵심 결과물인 ‘오염 제로 실행계획(zero-pollution action plan)’을 채택<sup>17)</sup>
- 이 ‘오염 제로 실행계획’은 UN 2030 지속가능발전 의제에 기여하고, 청정 순환 경제 및 복원된 생물 다양성 목표와의 시너지 효과로 2050년 기후 중립 목표를 보완하는 포괄적인 목표로 다음과 같은 세부목표를 설정

2030년 오염 제로 세부 목표	
EU 법에 따라 그린 딜과 다른 이니셔티브와의 시너지 효과로 EU는 2030년까지 다음과 같이 줄여야 함	
1. 대기오염으로 인한 건강 영향(조기 사망자 수) 55% 이상	
2. 교통 소음으로 만성적으로 방해받는 사람들의 비율 30%	
3. 대기오염이 생물 다양성을 위협하는 EU 생태계의 25%	
4. 영양소 손실, 화학살충제의 사용 및 위험, 더 위험한 살충제의 사용, 양식 동물 및 양식업에서의 항균제 판매의 50%	
5. 바다의 플라스틱 쓰레기의 50%, 환경으로 방출되는 미세 플라스틱의 30%	
6. 상당한 총 폐기물 발생량 및 잔류 도시 폐기물 발생량의 50%	

- EU는 경제활동을 늦춤으로써 오염 제로로 가는 것이 아니라 생산 및 소비 방식을 전환하고, 투자를 오염 제로로 유도하여 번영을 유지할 수 있다고 보고 있음
- 즉, 깨끗하고 지속 가능한 설계, 순환 경제 비즈니스 모델, 청정 운송 및 이동성, 저배출 기술, 자연 기반 솔루션 및 지속 가능한 디지털화에 대한 투자가 불평등을 줄이고 일자리를 창출하며 집단 회복력을 높이는 동시에 녹색 성장에서 EU 리더십을 공고히 할 강력한 기회를 제공하리라는 것임
- 대기 질과 관련하여 ‘대기환경지침(Ambient Air Quality Directives)’의 적합성 검사(fitness check) 결과를 반영하여 대기오염 모니터링과 모델링, 대기 질 관련 계획에 관한 규정을 강화하고, 대기 질 표준을 세계보건기구 권고에 맞게 개정할 계획

17) European Commission(2021), Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Pathway to a Healthy Planet for All: EU Action Plan: “Towards Zero Pollution for Air, Water and Soil”.

- 대규모 산업시설로 인한 오염을 해결하기 위해 관련 법규를 부문별로 검토하여 기후, 에너지 및 순환 경제 정책과 완전히 일치할 수 있도록 할 예정
- 그린 딜의 오염 제로 야망 계획의 일부로서 2020년 10월에는 무독성 환경을 조성하기 위한 ‘지속 가능한 화학물질 전략(chemicals strategy for sustainability)’을 채택함으로써 유해 화학물질로부터 시민과 환경을 보호하고, 안전하고 지속 가능한 대체재 개발을 위한 혁신을 장려<sup>18)</sup>
- ‘지속 가능한 화학물질 전략’은 다음과 같은 실행계획을 포함<sup>19)</sup>

- 소비자 제품에서 가장 유해한 화학물질을 금지하고 이러한 화학물질은 사용이 필수적인 경우에만 허용
- 화학물질 위험을 평가할 때 화학물질의 각테일 효과에 주의
- EU에서 과불화화합물(PFAS)의 사용은 필수적인 경우를 제외하고 단계적으로 폐지
- 수명 주기 전반에 걸쳐 설계상 안전하고 지속 가능한 화학물질의 생산 및 사용에 대한 투자와 혁신 역량을 강화
- EU의 주요 화학물질의 공급 및 지속가능성을 촉진
- 화학물질의 위험과 위험을 평가하기 위해 더 간단한 "하나의 물질, 하나의 평가" 프로세스를 설정
- 높은 화학물질 안전 표준을 옹호하고 촉진하며 EU에서 금지된 화학물질을 수출하지 않음으로써 전 세계적으로 주도적인 역할을 수행

#### □ 디지털 기술은 다양한 분야에서 그린 딜의 지속가능성 목표를 달성하는 데 매우 중요

- 유럽 연합은 디지털 전환을 통해 지속 가능한 발전을 도모하면서도 일자리를 창출하는 경제활동을 촉진할 수 있을 것으로 기대
- 또한, 유럽 연합은 디지털 기술이 그린 딜의 지속가능성 목표를 달성하는 데 매우 중요함을 인식하고 인공지능, 5G, 클라우드 및 에지 컴퓨팅, 사물인터넷과 같은 ICT 기술을 통해 기후변화 대처 및 환경 보호를 위한 정책의 영향을 가속화하고 극대화하는 조치를 모색 중

18) European Commission(2020b), Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Chemicals Strategy for Sustainability Towards a Toxic-Free Environment.

19) ECHA, <https://echa.europa.eu/hot-topics/chemicals-strategy-for-sustainability>

## 나. 유럽연합의 SDG 12 이행 상황

- 유럽연합통계국(Eurostat)은 SDGs에 대한 EU의 이행 상황에 대한 정량적 평가를 제공하는 SDGs 진행 상황에 대한 모니터링 보고서를 발표<sup>20)</sup>
- 이 보고서는 유럽의 생활 수준과 삶의 질 향상이 제2차 세계 대전 이후 소득, 생산 및 소비의 증가를 통해 가능했고, 이는 자원 추출 증가와 자연 자본(공기, 물, 토지 및 생물 다양성) 및 기후에 대한 압박 증가와 함께 진행되었기 때문에 EU는 경제성장과 생활 수준 향상을 자원 사용 및 가능한 부정적인 환경 영향과 분리하는 것이 중요하다고 강조
- 이는 경제에서 물질의 순환성을 증가시켜 자원 추출의 필요성과 매립 또는 소각으로 끝나는 폐기물의 양을 줄이는 것을 포함하며, 또한 화학물질의 안전한 관리와 탄소 집약적 에너지 운반체에서 재생 가능한 에너지원으로의 전환을 의미한다고 밝힘
- 이 보고서는 EU의 맥락에서 SDG 12를 모니터링 하는 것은 경제성장에서 환경의 영향을 분리, 녹색 경제, 폐기물 생성 및 관리 영역의 개발에 중점을 둔다고 강조

표 10 유럽의 SDG 12 이행 상황 측정 지표

지표	장기 추세 (과거 15년)	단기 추세 (과거 5년)
<b>경제성장에서 환경 영향을 분리</b>		
유해화학물질의 소비	↗ a)	↘ b)
물질 발자국	↗	↘ c)
신차의 평균 CO <sub>2</sub> 배출량	↗	↘
에너지 생산성	↗ d)	↗
<b>녹색 경제</b>		
환경 제품 및 서비스 부문(EGSS)의 총 부가가치	↗	↗
<b>폐기물 생성 및 관리</b>		
순환 물질 사용률(CMU)	↗	↗
주요 광물성 폐기물을 제외한 폐기물 발생량	↘	↘

\* 출처: Eurostat(2022)

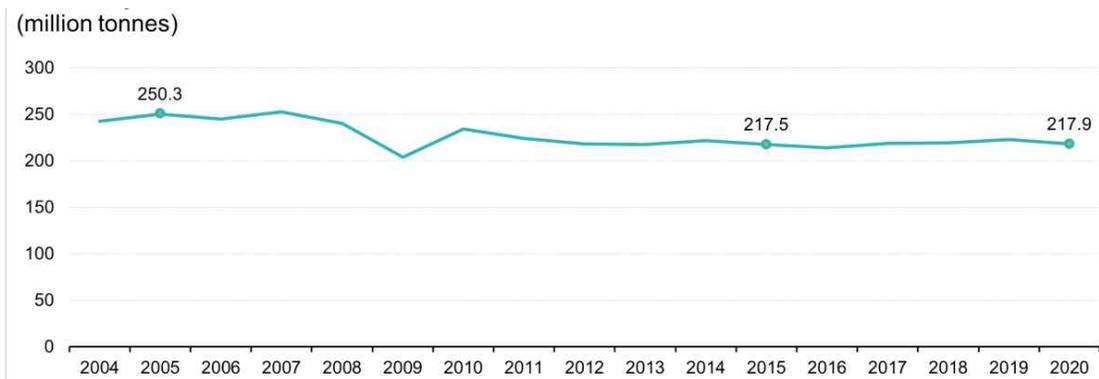
주) a) EU 목표를 향한 완만한 진전, b) EU 목표를 향한 불충분한 진전, c) EU 목표에서 벗어남, d) EU 목표를 향한 상당한 진전

20) EUROSTAT(2022), Sustainable development in the European Union: Monitoring report on progress towards the SDGs in an EU context.

## □ 경제성장에서 환경 영향을 분리

- 경제성장은 사람들의 웰빙을 향상하지만, 자원 및 에너지 소비 증가와 오랫동안 연관됐고 유한한 자원 소비의 지속적인 증가는 환경에 해를 끼치고 기후변화에 크게 영향을 미치므로 EU는 이 문제를 해결하기 위해 새로운 성장 전략인 유럽 그린 딜을 시작
  - 이 그린 딜 전략은 경제성장이 자원 사용으로부터 분리된 현대적이고 자원 효율적이며 경쟁적인 경제를 통해 EU를 공정하고 번영하는 기후 중립 사회로 전환하는 것을 목표로 하며, 동일한 자원과 에너지 투입으로 더 많은 것을 생산할 수 있도록 경제구조를 조정하여 자원 및 에너지 사용 효율성을 개선하는 데 중점
- 경제성장에서 환경적 영향을 분리할 때 단기적으로는 대체로 불리한 것으로 나타났는데, 독성 화학물질과 원자재의 소비가 증가했고 2019년에서 2020년까지 상당한 감축에도 불구하고 신차의 CO<sub>2</sub> 배출량에 대한 EU 목표를 달성하기 위해서는 추가적인 진전이 필요한 것으로 나타남
- (유해화학물질의 소비) 최근 몇 년간 유해 화학물질의 소비는 정체
  - 2020년에 EU에서 2억 1,790만 톤의 유해 화학물질이 소비되었고 2005년 이후 유해 화학물질의 총소비량은 12.9% 감소하였으나, 단기 추세는 2015년에서 2020년 사이에 소비가 0.2% 소폭 증가함에 따라 다소 부정적

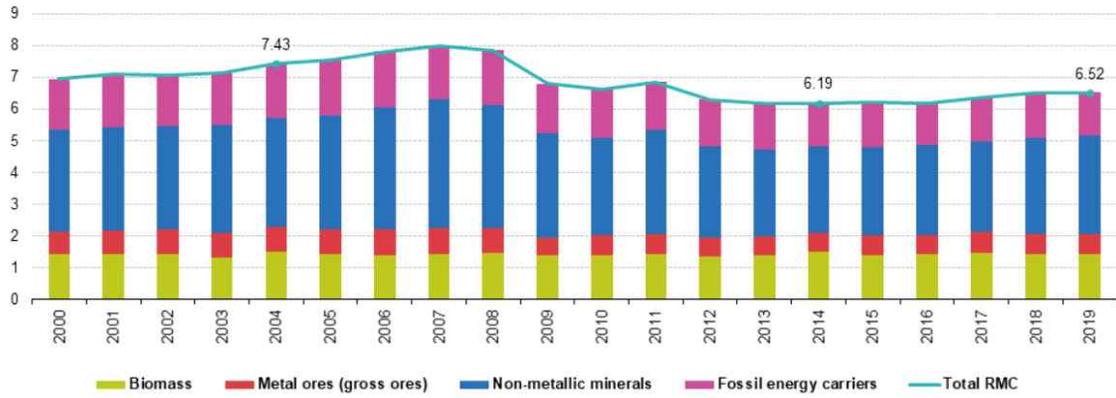
그림 22 유럽의 독성 화학물질의 총 소비량(백만 톤)



\* 출처: Eurostat(2022)

- (물질 발자국) EU의 물질 발자국은 최근 몇 년 동안 악화하여 2019년 EU의 최종 사용자는 2014년보다 5.2% 증가한 65억 2천만 톤의 원자재를 소비하였으며, 유럽 그린 딜의 목표를 달성하기 위해서는 더 많은 노력이 필요
  - ※ 물질 발자국(Material Footprint)은 원자재 소비량(RMC)이라고도 하며, 특정 국가의 최종적인 자원 소비가 국제적 자원 추출에서 차지하는 정도를 나타내기 위한 지표

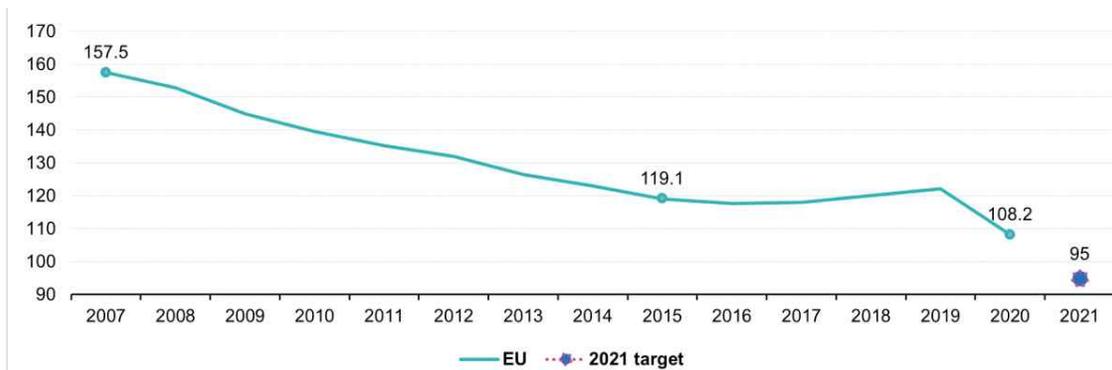
**그림 23** 유럽의 물질별 물질 소비량(RMC), 2000-2019(십억 톤)



\* 출처: Eurostat(2022)

- (신차의 평균 CO<sub>2</sub> 배출량) 신차의 평균 CO<sub>2</sub> 배출량은 2020년에 많이 감소했으나 EU 목표를 달성하려면 더 많은 진전이 필요

**그림 24** 유럽의 신형차 km당 평균 CO<sub>2</sub> 배출량, 2007-2020(g CO<sub>2</sub> per km)



\* 출처: Eurostat(2022)

- 유럽 환경청(EEA)에 따르면 EU에 등록된 신차의 km당 평균 CO<sub>2</sub> 배출량은 2020년 108.2g/km에 도달했으며 이는 2015년 이후 9.2% 감소한 것으로, 특히 2019년에서 2020년까지 11.4% 감소하여 이전 3년 동안 평균 CO<sub>2</sub> 배출량이 다소 증가하는 추세를 역전시킴
- 2019년 승용차는 주요 온실가스인 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)의 국내 총배출량의 14.9%를 차지하였으며, EU는 새 승용차의 전체 차량 CO<sub>2</sub> 평균 배출량에 대한 목표를 2020년부터 킬로미터(g/km)당 95g으로 적용
- (에너지 생산성) 2015년부터 2020년까지 EU의 에너지 생산성은 물질 사용보다 에너지 소비 감소가 더 크기 때문에 에너지 생산성은 향상됨
- 2015년부터 2020년까지 에너지 생산성은 석유 당량(kgoe) 7.8유로에서 8.6유로로 10.6% 증가시켰고 경제성장과 더불어 EU의 총 가용 에너지(GAE)는 7.3% 감소

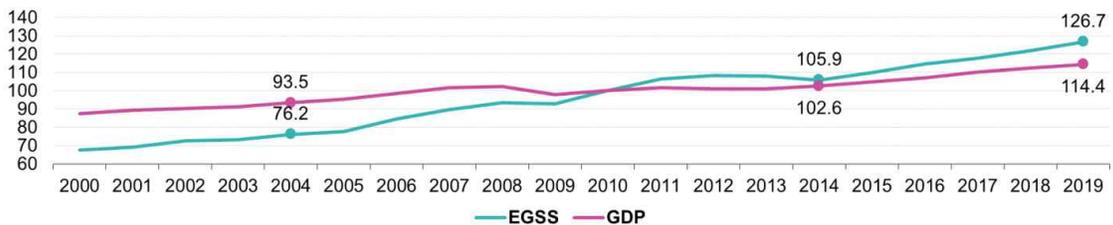
### □ 녹색 경제

- EU의 환경 제품 및 서비스 부문(EGSS)의 부가가치는 증가하는 추세로, 이러한 제품 및 서비스에는 예를 들어 환경 피해 및 자원 고갈을 방지, 측정, 제어, 제한, 최소화 또는 수정하기 위한 제품이 포함

환경 제품 및 서비스 부문(EGSS)은 환경보호 활동 및 자원 관리에 사용되는 제품 및 서비스를 생산하는 경제의 일부로서, 환경 제품 및 서비스는 다음과 같은 주요 목적으로 제조되거나 제공되는 서비스

- ▶ 오염, 황폐화 또는 천연자원 고갈 방지 또는 최소화
- ▶ 공기, 물, 폐기물, 소음, 생물 다양성 및 경관에 대한 손상 복구
- ▶ 오염, 황폐화 및 천연자원 고갈의 감소, 제거, 처리 및 관리
- ▶ 환경 보호 또는 자원 관리와 관련된 측정 및 모니터링, 제어, 연구 및 개발, 교육, 훈련, 정보 및 통신과 같은 기타 활동을 수행

그림 25 유럽의 환경 제품 및 서비스 부문(EGSS)의 총 부가가치, 2000-2019(지수: 2010년=100)

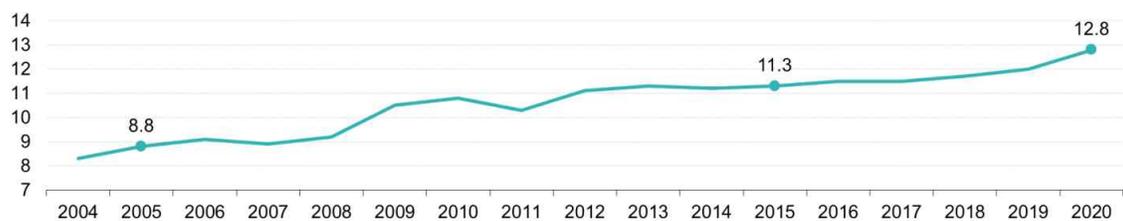


\* 출처: Eurostat(2022)

### □ 폐기물 생성 및 관리

- (순환 물질 사용률) EU의 순환 물질 사용률(CMU)은 지속해서 개선되는 추세
  - 순환 물질 사용률(CMU)은 전체 물질 사용에서 회수되고 경제에 피드백되는 물질의 비율로 CMU 비율 값이 클수록 1차 원료를 더 많은 2차 원료로 대체하고 있으므로 1차 원료 추출의 환경적 영향을 줄일 수 있음
  - 2005년에서 2020년 사이에 순환 물질 사용률은 8.8%에서 12.8%로 증가했으며 2015년 이후 1.5% 포인트 증가

그림 26 유럽의 순환 물질 사용률, 2004-2020(국내 사용을 위한 물질 투입량 %)



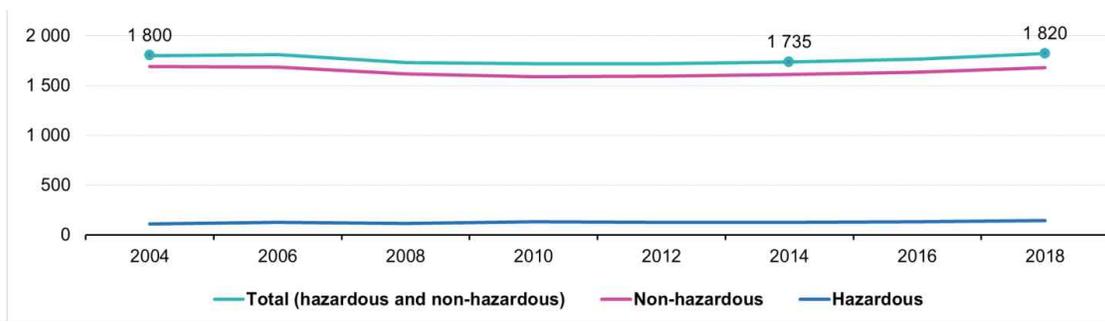
\* 출처: Eurostat(2022)

○ (주요 광물성 폐기물을 제외한 폐기물 발생량) EU의 폐기물 발생량은 증가하는 추세

※ 주요 광물성 폐기물을 제외하는 것은 광업 및 건설과 같은 중요한 경제활동을 하는 일부 국가에서 광물성 폐기물이 많은 양을 차지하기 때문에 국가 간 비교 가능성을 높이기 위함이며, 총폐기물 발생량 중 광업과 건설업종에서 주로 발생하는 광물성 폐기물, 준설토, 오염 토양의 비중은 비광물성 폐기물 발생량의 3배에 육박

- 2018년에 주요 광물성 폐기물을 제외한 8억 1,300만 톤의 폐기물이 EU에서 발생했으며, 이는 주민 1인당 폐기물 1,820kg에 해당하며, 이 중 7.9%가 건강이나 환경에 해로운 것으로 1인당 143kg에 해당
- 다른 8.5%는 식품의 생산, 유통 및 소비에서 발생하는 음식물 쓰레기로, 2018년에는 총 6,900만 톤 또는 1인당 154.6kg에 달했고, 2004년과 2018년 사이에 1.1% 증가

**그림 27** 유해성별 주요 광물 폐기물을 제외한 폐기물 발생 2004-2018(kg/1인당 )



\* 출처: Eurostat(2022)

□ 요약

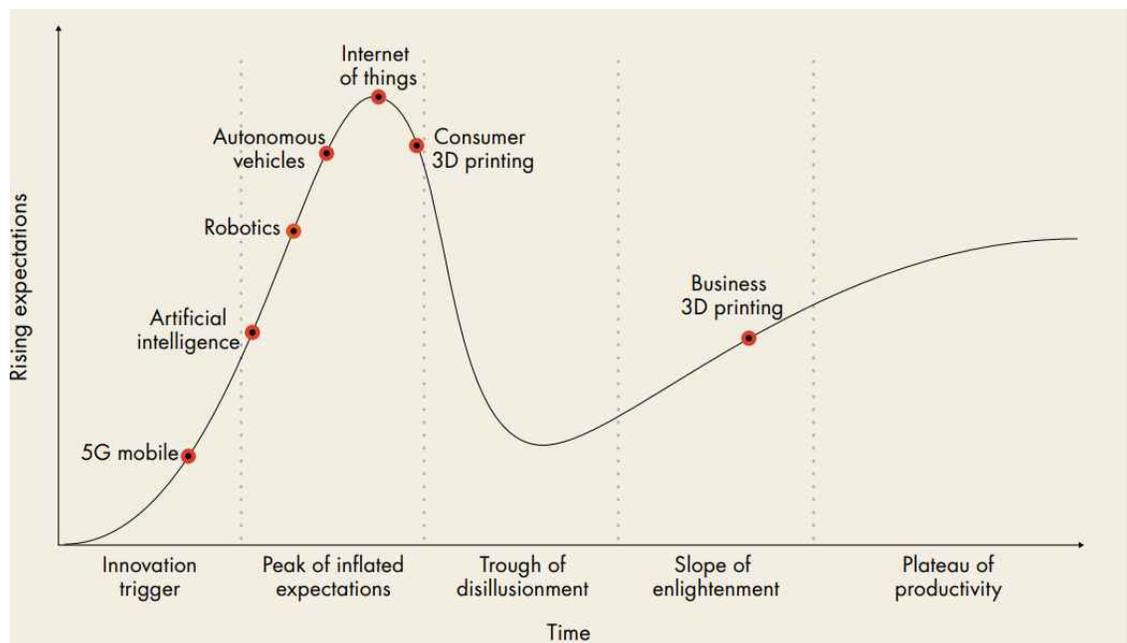
- 유럽의 생활 수준과 삶의 질의 향상은 생산 및 소비의 증가를 통해 가능해졌고, 이는 더 많은 자원 추출 및 공기, 물, 토지 및 생물 다양성과 같은 자연 자본에 대한 압력 증가와 함께 진행
- 따라서 지속 가능한 발전을 위해서는 경제성장과 생활 수준의 향상을 자원 사용 및 부정적인 환경 영향으로부터 분리하는 것이 중요
- 이는 경제에서 물질의 순환성을 증가시켜 자원 추출의 필요성과 폐기물의 양을 줄이는 것을 포함하며, 화학물질의 안전한 관리와 탄소 집약적인 에너지 운반체에서 지속 가능하게 생산되는 재생 가능 에너지원으로의 전환을 의미
- EU는 경제성장에서 환경 영향을 분리하고, 환경 제품 및 서비스 부문의 부가가치를 높이고, 순환 물질 사용을 개선하는 데에 어느 정도 진전을 이루었으나, 폐기물 발생은 증가하고 있으며 신차의 평균 CO2 배출량은 목표를 달성할 만큼 빠르게 감소하지 않고 있고, 물질 발자국은 최근 악화하여 더 큰 노력이 필요

### III SDG 12 달성을 위한 ICT의 역할

#### 1 SDG의 Enabler로서의 ICT 역할

- 정보통신기술(ICT)은 인공지능, 빅데이터, 자율주행차, 사물인터넷 등 4차 산업혁명의 핵심 지능화 기술로서 산업, 사회, 국가 시스템 전반의 혁신적 변화를 유발하며 SDGs 이행을 지원하는 Enabler
- ICT는 SDGs가 추구하는 불평등 해소를 통한 포용적 성장, 다양한 분야에의 활용을 통한 사회개발, 사회경제적 차등 해소를 통한 사회통합 수단의 역할을 수행<sup>21)</sup>
- ICT는 SDGs의 enabler로서 생산성을 높이고, 경제성장을 비 물질화하며, 자원 사용의 효율성을 향상하고, 순환 경제를 지원하며, 생태계를 보호하는 등 SDG를 지원하는 중요한 역할을 수행
- 세계은행은 향후 발전에 광범위한 영향을 미칠 것으로 예상하는 신기술로 5G 이동통신, 인공지능, 로봇틱스, 자율주행차, 사물인터넷, 3D 프린팅 등 ICT 기술을 제시<sup>22)</sup>

그림 28 선택된 디지털 기술에 적용된 Gartner Hype Cycle



\* 출처: World Bank(2016)

21) 남상열 외(2018), 지속가능개발목표(SDGs) 달성을 위한 아태지역 ICT 국제협력 방안 연구. 방송통신정책연구원. 2018-0-00289. 정보통신정책연구원.

22) World Bank(2016), World Development Report 2016: Digital Dividends.

□ Earth Institute 등은 ICT가 SDGs를 위한 필수 인프라 플랫폼이 될 것이며, 이동통신을 그 핵심가속기술로 지목하면서 다음과 같은 ICT의 SDGs 활용방안을 제시<sup>23)</sup>

- ICT는 생산성 향상의 가능성을 제공함으로써 빈곤 종식에 핵심적인 역할을 하며, 모바일 뱅킹과 마이크로크레딧 같은 서비스는 경제적 자원에 대한 동등한 권리보장을 위한 시기적절하고 정확한 정보 서비스를 제공하고, 소규모 생산자들이 자사 제품에 가장 적합한 시장을 찾을 수 있도록 지원
- ICT는 농가가 시장 정보, 일기예보는 물론 파종, 수확, 관개 자문, 물류, 저장에 직접 접근할 수 있도록 함으로써 기아 감소와 식량안보 증진에 도움을 줄 수 있고, 이를 통해 수확량 증가, 토양 복원, 폐기물 감소, 생산성 향상 및 효율성 향상에 기여
- ICT는 전 세계 의료 생태계 전반에 걸쳐 실질적이고 상당한 이점을 제공할 수 있으며, 연결성을 통해 의료 종사자는 정보 및 진단 서비스에 연결할 수 있고, 분석을 통해 질병 발생, 의료서비스 사용량, 환자 지식, 태도, 개인적인 지속적인 질병 관리 및 건강 관행에 대한 예측 수행이 가능
- ICT는 스마트 물관리, 기반 시설 위치, 더 우수하고 저렴한 유지 관리, 최적화된 운영 및 고객에 대한 개선된 서비스 품질 측면에서 매우 중요한 역할 수행
- 이미 환경친화적인 ICT는 탄소 집약도를 낮춤으로써 에너지 효율 개선과 배출 저감에 대한 강력한 잠재력을 입증하고 있으며, 스마트 그리드, 스마트 빌딩, 주택, 스마트 물류 등 ICT 지원 솔루션을 통해 경제 다른 부문의 에너지 효율을 개선하고 에너지 소비량을 낮출 수 있는 강력한 잠재력 보유
- ICT는 탄력적인 기반 시설을 구축·유지하고, 포용적이며 지속 가능한 산업화를 촉진하는 필수적 역할 수행
- ICT는 특히 여성과 소녀뿐 아니라 장애인을 포함하여 사회의 취약계층에 정보 및 지식을 제공하여 사회적·경제적 발전을 가져옴으로써 국가 내 및 국가 간 불평등 감소에 기여
- 스마트 ICT 애플리케이션은 특히 에너지, 교통 및 건물, 제조, 스마트 서비스 및 농업 및 도시화 분야 전반에 걸쳐 기후변화에 대처하고 그 영향 완화에 도움이 될 수 있으며, ICT는 가치사슬을 최적화하고, 자원 사용과 낭비를 줄일 수 있고, 기후 및 실시간 기상 정보를 공유하고, 조기 경보 시스템을 예보하며, 복원력과 기후 적응을 지원하는데 중요한 역할
- 위성 모니터링은 시기적절하고 정확한 글로벌 데이터를 제공하여 책임성을 향상하며,

23) Earth Institute & Ericsson(2016), 'ICT & SDGs,' Final Report.

빅데이터를 사용하여 생물 다양성, 오염, 날씨 패턴 및 생태계 진화를 분석하고 완화 및 적응 전략을 계획하는 데 도움을 줌으로써 해양 보존과 지속가능성에 도움

- ICT는 개선된 모니터링 및 보고를 통해 육상생태계의 보전 및 지속 가능한 이용, 생물 다양성 손실 방지에 중요한 역할을 하고 센서, 데이터 수집 및 분석을 통해 토지 복원의 효율성을 향상
- ICT를 통해 정부가 개방형 데이터를 사용하면 투명성이 향상되고 시민의 권한이 강화되며, 경제성장 촉진에 기여
- ICT는 국제협력 및 조정 강화, 기술이전 촉진, 역량 구축, 다중 이해관계자 협력 구축, 데이터 모니터링 및 책임성 강화 등을 통해 SDG의 구현 수단을 구체적으로 강화하는 고유의 역량 보유

□ ITU는 17개 SDGs 모든 분야에 ICT가 적용될 수 있고, 특히 IoT, 빅데이터, 클라우드, AI와 같은 첨단 ICT는 SDGs 실현에 기여한다며 SDG별 활용방안을 예시<sup>24)</sup>

표 11 ITU의 SDGs 달성을 위한 첨단 ICT 활용 예시

SDGs	SDGs 달성에 ICT가 기여할 수 있는 방안
1. 빈곤종식	물물교환 방식이 아닌 공식시장(formal market)에서의 기업경영 지원
	가격정보 제공을 통한 수익 증대
	모바일 뱅킹을 통한 소액금융 및 대출 접근성 제공
	모바일 지급결제 시스템(payment systems)을 통한 거래비용 감소
2. 기아종식	컴퓨터 시뮬레이션을 통한 정책 개발 지원
	스마트 농업 방식으로 토양 및 기후 상황 감지를 통한 산출량 증대
	식량 공급망 조정을 통한 폐기물 감소
3. 보건·복지	작물 관리를 통한 토질 회복력 증진 및 지속가능한 농업 구현
	사물인터넷(IoT)을 통한 저가의 건강 검진 및 진단 제공
	특수 진단 장비를 통한 도서지역 보건관계자들 지원
4. 교육	빅데이터 분석을 통한 전염병 예보 제공
	온라인 학습 자료 및 교육 공동체의 접근성 제고
	빅데이터 분석을 통해 학습 지원 및 효과적인 지도 형성
5. 양성평등	전문 기술훈련(specialized training) 제공
	여성권한 증대를 위한 교육 및 정보의 접근성 제공
6. 물과 위생	소액금융 및 안전 지급결제 시스템(secure payment system)의 접근성 제공
	스마트 워터 관리를 통한 손실 감소
	수질 감도를 통한 수질 안전성 증진
	스마트 워터 관리를 통한 오염 위험 감소

24) ITU, Measuring the Information Society Report, Vol.1, 2017.

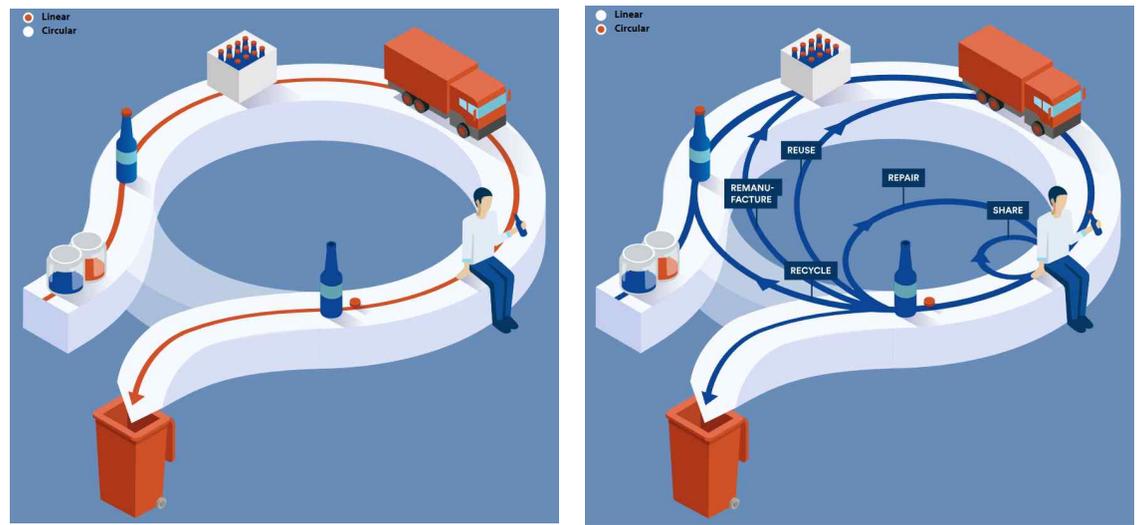
7. 에너지	스마트 계량기 및 기기를 통한 에너지 사용 관리
	마이크로 그리드(micro grid) 및 스마트 그리드(smart grid) 사용을 통해 이산화탄소 배출 감축과 지속가능한 에너지 공급 형성
8. 경제성장	사물인터넷 및 인공지능 활용을 통해 생산과정에 필요한 원료 및 이산화탄소 배출 감소 및 생산성 증대
	적층가공(additive manufacturing)을 통한 소규모 고객중심 제조과정
9. 산업·혁신	ICT, 사물인터넷, 빅데이터, 인공지능을 통한 스마트 기반시설 구현
	예방적 관리(preventative maintenance)와 지속적인 감독을 통한 복원력 증진
	선진 ICT의 가소성을 통해 학습 증진 빠른 시제품화 및 지속적인 혁신
10. 불평등	ICT 활용을 통해 생산을 분권화 지역화 하여 국가 간 소득불평등 저감
	ICT 활용을 통해 교육을 향상시켜 국가 내 개인 간 불평등 감소
11. 도시와 지역 사회	사물인터넷을 통한 스마트 에너지 효율적인 도시 운영
	빅데이터 분석 및 인공지능을 통해 도시 교통 시스템 개선
	안전한 거주지역과 책무성 있는 도시 정부 형성
12. 소비생산	사물인터넷과 빅데이터의 결합을 통한 소비자와 생산자 조화 증진
	적층제 조(additive manufacturing)와 적시 생산방식을 통한 효율성 및 지속 가능성 증진
13. 기후변화	빅데이터 분석과 인공지능 활용을 통해 생산 및 소비과정에서 발생하는 이산화탄소 배출 감소
	정보 공유 및 학습 공동체에서 선례 개발 및 모방
14. 해양생물	감지 및 모니터링 기술로 해양 자원 추적
	빅데이터와 인공지능으로 자원관리 촉진 및 초기 경고 시스템 활용
15. 육상생물	토지자원 사용, 삼림파괴, 토질 감지를 통해 자원 보호
16. 평화정의	빅데이터 분석과 자료 공개 정책을 통한 시민의 권익 증진
	빅데이터 분석 및 모니터링을 통한 정부 투명성 증진
	직접 무역을 통한 국제적 관용의 문화 증진
17. 파트너십	ICT를 통한 시민 참여의 새로운 공동체 형성 활성화
	빅데이터와 인공지능 통한 지식 확산 및 공유를 통해 개발 사례 제공

\* 출처: ITU(2017) p.106, KISDI(2018)에서 재인용

## 2 순환 경제 구현을 위한 ICT의 역할

- 지속 가능한 소비와 생산을 위해서는 폐기물과 오염을 줄이거나 없애고, 제품과 자원을 계속 사용하며, 자연 시스템을 재생하도록 설계된 순환 경제 접근 방식이 필요
- 천연자원의 채취에서 제조, 사용 및 폐기에 이르는 일련의 과정을 거치는 ‘선형 경제 (Linear Economy)’는 자원 고갈, 환경오염, 폐기물 발생 및 지구 온난화 문제를 초래하는 반면, 천연자원의 채취에서 제조, 재사용, 재제조 및 재활용에 이르는 일련의 과정을 반복하는 ‘순환 경제(Circular Economy)’의 구현은 선형 경제가 초래하는 문제점 해결이 가능
- 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅, 사이버-물리 시스템(CPS), 사물인터넷(IoT), 가상 및 증강 현실, 블록체인과 같은 첨단 ICT 기술은 순환 경제 개념의 수용과 순환 경제 정책 시행에 필수적 역할을 수행

그림 29 선형 경제와 순환 경제



\* 출처: European Parliament,  
<https://www.europarl.europa.eu/thinktank/infographics/circulareconomy/public/index.html>

### □ 순환 경제를 위한 ICT 기술 솔루션

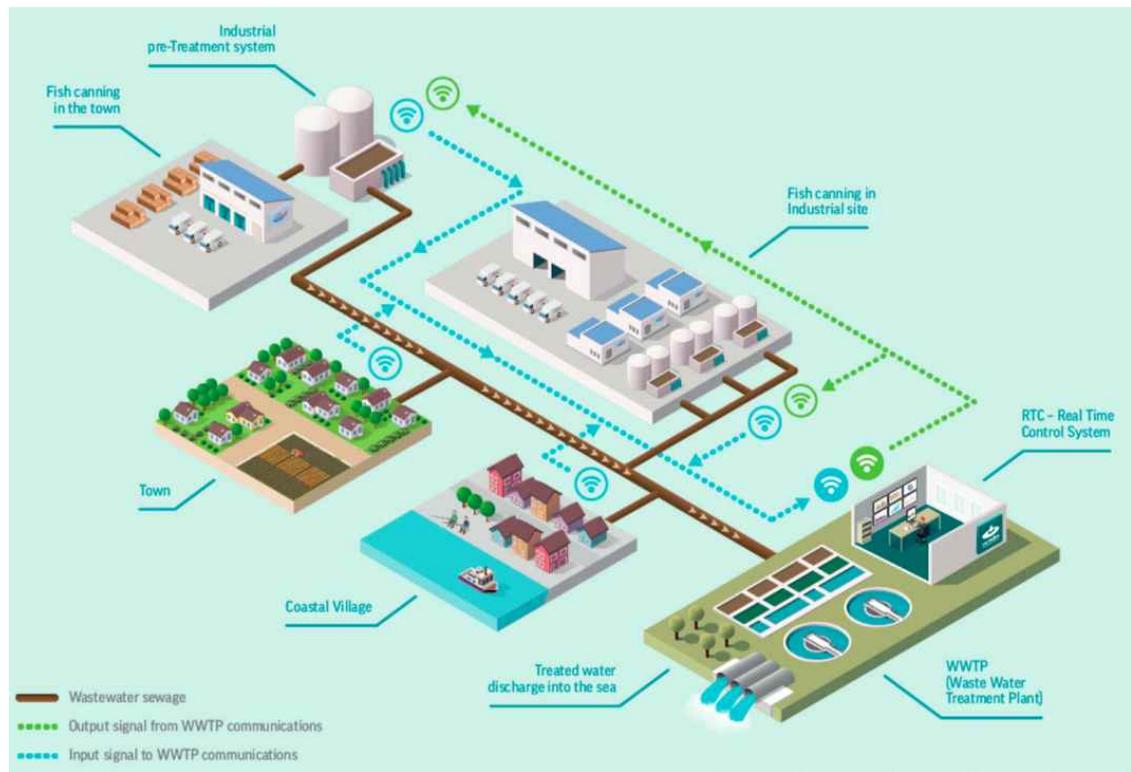
- Demestichas 등(2020)은 순환 경제 실현에 도움을 주는 ICT 기술을 다음과 같이 7가지로 분류하여 제시<sup>25)</sup>

25) Demestichas, K-Daskalakis, E.(2020), Information and Communication Technology Solutions for the Circular Economy, Sustainability, 2020, vol. 12, Issue 24.

## 1. 통신 기술

- 통신 인프라 없이 ICT 솔루션을 적절한 순환 경제에 사용하는 것은 불가능하며, 에너지 효율적인 통신은 중요한 자원 절약을 가져오므로 순환 경제 모델에 더 적합
- 2G부터 5G까지 모바일 기술은 순환 경제 애플리케이션의 핵심 빌딩 블록으로 활용되고 있으며, Gutierrez 등(2019)은 2세대 이동통신인 GPRS(General Packet Radio Service) 네트워크 인프라와 SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition; 감독 제어 및 데이터 수집)를 활용하여 소규모 참치 통조림 회사의 배출물을 도시 위생 시스템에 통합하여 수질오염을 줄이고 강과 바닷물의 수질을 개선하기 위한 솔루션을 제안<sup>26)</sup>

그림 30 산업 폐수를 도시 위생 시스템에 통합하는 솔루션 개요



\* 출처: Gutierrez 등(2019)

- 통신 기술은 순환 경제의 조력자(enabler)로서의 잠재력을 강화하기 위해 가상화, 적응형 전송(adaptive transmission) 또는 캐시(caches)와 같은 새로운 기술을 활용하여

26) Gutierrez, M.:Etxebarria, S.:Revilla, M.:Ramos, S.:Ciriza, A.:Sancho, L.:Zufia, J.(2019), Strategies for the Controlled Integration of Food SMEs' Highly Polluted Effluents into Urban Sanitation Systems. Water 2019, Vol. 11, Issue 2.

환경에 미치는 영향을 줄이도록 진화하고 있으며, Hatzivasilis 등(2018)이 제안한 새로운 산업용 사물인터넷(IIoT)은 SDN(Software-Defined Networking)과 NFV(Network Function Virtualization) 기술을 활용하는 풍력 단지의 5G 산업 네트워크에서 기존의 솔루션에 비해 훨씬 빠르고 효율적인 것으로 나타남<sup>27)</sup>

- 인지 무선(cognitive radio)은 무선 스펙트럼을 효율적으로 활용하는 것뿐만 아니라 필요할 때 언제 어디서나 신뢰할 수 있는 통신을 제공하는 것을 목표로 동적으로 프로그래밍되고 구성되는 무선 액세스 유형으로, 보다 전력 효율적이고 일반적으로 친환경적 통신

## 2. 컴퓨팅 기술

- 클라우드 컴퓨팅, 에지 컴퓨팅 및 분산 컴퓨팅과 같은 다양한 유형의 컴퓨팅은 순환 경제를 향한 경로에서 촉매 역할을 수행
- 클라우드 컴퓨팅은 동적으로 관리할 수 있는 구성 가능한 컴퓨팅 리소스의 공유 풀에 쉽게 액세스할 수 있는 모델로, Kallio 등(2018)은 센서, 네트워킹 및 데이터 분석을 사용하는 클라우드 기반 렌탈 서비스를 제공하여 도구의 사용을 최적화하고 환경에 미치는 영향을 줄이는 솔루션을 제시<sup>28)</sup>
- 클라우드 컴퓨팅의 주요 개념을 기반으로 하는 클라우드 제조(Cloud Manufacturing)는 글로벌 규모의 제조 리소스 및 기능의 구성 요소화, 통합 및 최적화를 포괄하는 새로운 비즈니스 모델로서, Fisher 등(2018)은 클라우드 제조가 협업 설계, 자동화, 프로세스 탄력성, 폐기물의 감소·재사용·회복 등을 통해 지속가능성에 끼친 중요한 기여를 강조<sup>29)</sup>
- 클라우드 컴퓨팅뿐만 아니라 분산 컴퓨팅 및 에지 컴퓨팅은 종종 순환 경제 모델의 촉진자 역할을 하며, Damianou 등은 블록체인을 사용하는 사물인터넷(IoT) 네트워크의 성능과 효율성을 높이고 자원 소비와 폐기물 생성을 줄이는 데 있어 엣지 컴퓨팅의 기여를 강조<sup>30)</sup>
- 순환 경제의 이점을 얻기 위한 컴퓨팅 사용의 또 다른 구체적인 예는 "씬 클라이언트

27) Hatzivasilis, G.; Fysarakis, K.; Soultatos, O.; Askoxylakis, I.; Papaefstathiou, I.; Demetriou, G. The Industrial Internet of Things as an enabler for a Circular Economy Hy-LP: A novel IIoT protocol, evaluated on a wind park's SDN/NFV-enabled 5G industrial network. *Computer Communications*, 2018, Vol. 119, 127–137.

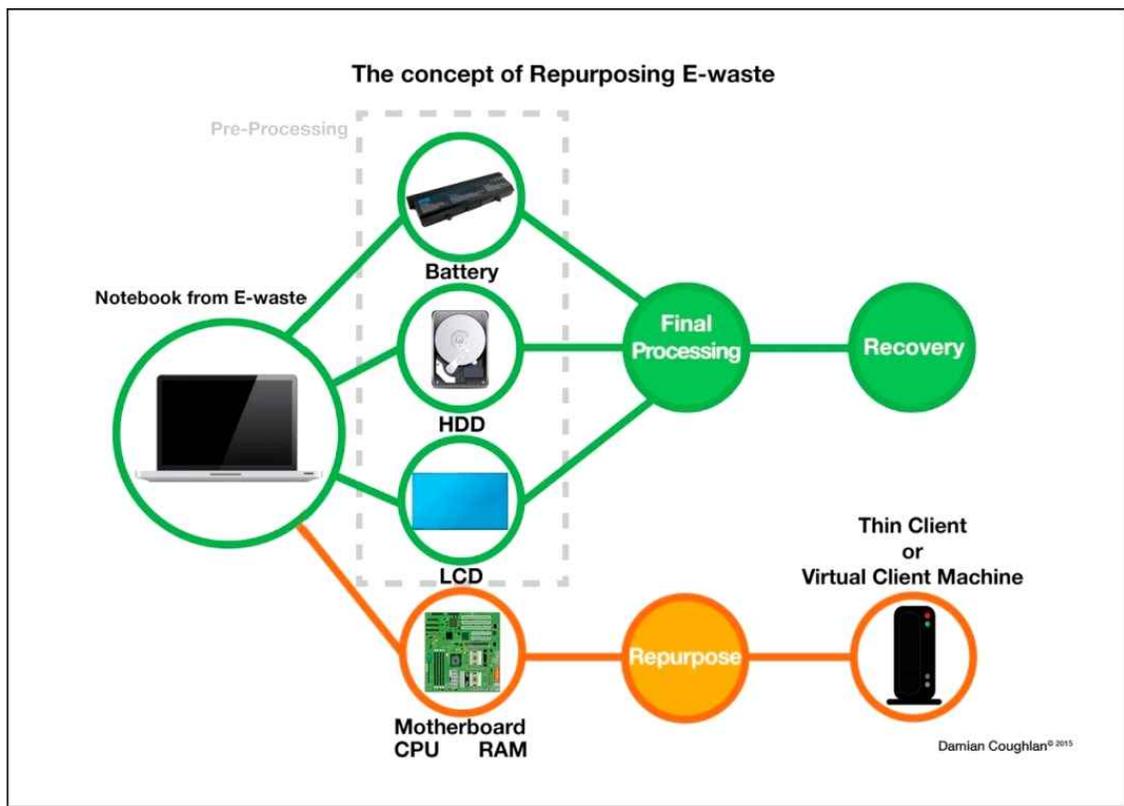
28) Kallio, J.; Antikainen, M.; Kettunen, O.; Korpipää, P. Internet of Things and Cloud Computing Enabling Circular Economy: A tool rental service. *Int. J. Adv. Internet Technol.* 2018, 11, 92–102.

29) Fisher, O.; Watson, N.; Porcu, L.; Bacon, D.; Rigley, M.; Gomes, R., Cloud manufacturing as a sustainable process manufacturing route. *Journal of Manufacturing Systems*, 2018, Vol. 47, 53–68.

30) Damianou, A.; Angelopoulos, C.M.; Katos, V., An architecture for blockchain over edge-enabled IoT for smart circular cities. In *Proceedings of the 15th International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS)*, 29–31 May 2019, pp. 465–472.

(thin clients)"로서, 썬 클라이언트 컴퓨팅 시스템은 데스크톱 컴퓨터에서 사용할 수 있는 것과 동일한 애플리케이션 및 그래픽 사용자 인터페이스를 제공하는 반면, 무거운 계산 부하는 강력한 서버에 집중되는 방식으로 관리 비용 절감 및 보다 효율적인 컴퓨터 리소스의 사용이 가능한데, Coughlan 등(2018)은 수명이 다한 노트북의 전자 폐기물을 이용하여 썬 클라이언트 컴퓨터로 용도를 변경하는 솔루션을 제시<sup>31)</sup>

**그림 31** 전자 폐기물의 용도변경 개념



\* 출처: Coughlan 등(2018)

### 3. 사이버 물리 시스템

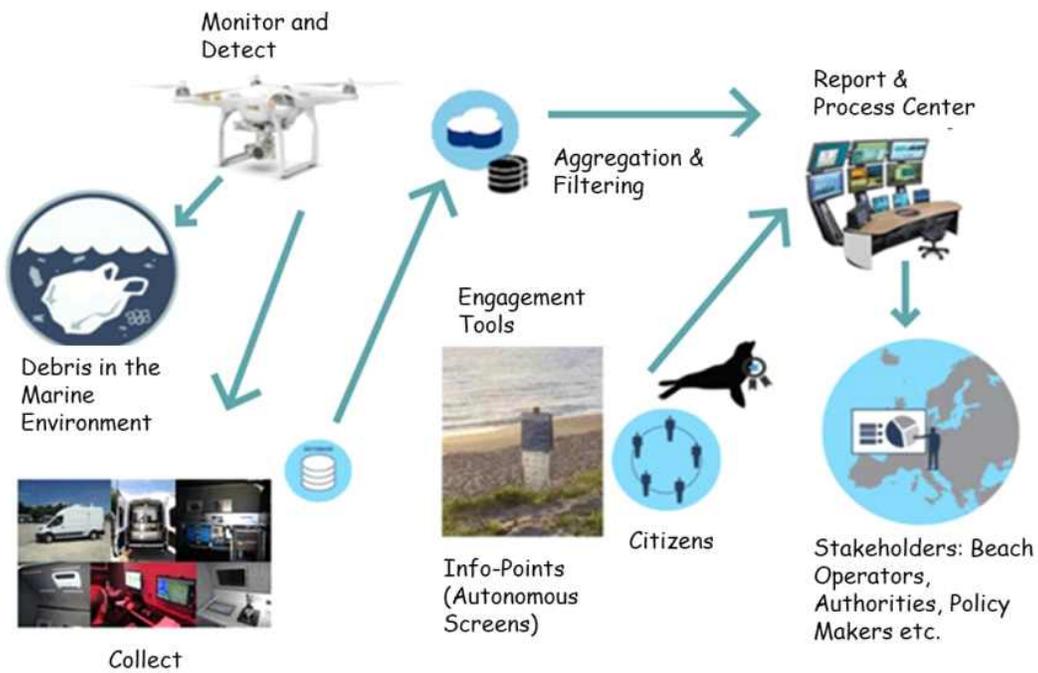
- 사이버 물리 시스템(Cyber-Physical Systems; CPS)은 컴퓨팅과 물리적 프로세스의 통합을 말하며, Sharpe 등(2018)은 CPS 구현을 시연하여 WEEE(전기전자제품폐기물) 리퍼비시 사업 내에서 추적 가능성을 높이고 HCI(Human-Computer Interface)를 제공하여 의사 결정을 지원하는 솔루션을 제안하여 보다 정확하고 효율적인 리퍼비시 프로세스에 기여<sup>32)</sup>

31) Coughlan, D.; Fitzpatrick, C.; McMahon, M. Repurposing end of life notebook computers from consumer WEEE as thin client computers-A hybrid end of life strategy for the Circular Economy in electronics. Journal of Cleaner Production, 2018, Vol. 192, 809-820.

32) Sharpe, R.; Goodall, P.; Neal, A.; Conway, P.; West, A., Cyber-Physical Systems in the re-use, refurbishment

- 적층 제조(additive manufacturing, 종종 3D 프린팅이라고 함)는 다양한 제품 수명 주기, 개인화를 통한 제품 부착, 복잡한 형상을 통한 자원 효율성, 수리 용이성, 향상된 효율성과 분산 제조를 통한 지역 사회 역량 강화 등을 포함해서 순환 경제에 광범위하고 가치 있는 기여를 제공하는 특정 유형의 CPS라고 할 수 있음
- 디지털 트윈 기술은 디지털 세계에서 물리적 개체의 동작을 시뮬레이션하기 위해 가상 모델을 생성하는 것으로, Rocca 등(2020)은 시뮬레이션을 통해 WEEE 분해 공장의 구성을 가상으로 테스트하기 위해 디지털 트윈과 가상 현실 기술을 통합하는 실험실 애플리케이션을 제시하였고 그 결과 이 애플리케이션이 WEEE 분해 프로세스를 더 잘 관리하고 자원을 최적화한 것으로 나타남<sup>33)</sup>
- Stegnos 등(2019)은 무인 항공기(UAV) 및 IoT 클라우드 기반 분석을 기반으로 해양 쓰레기 방지 솔루션을 제안<sup>34)</sup>

그림 32 해양쓰레기 방지 기술 솔루션 안



\* 출처: Stegnos 등(2019)

and recycling of used Electrical and Electronic Equipment. Journal of Cleaner Production, 2018, Vol. 170, 351 – 361.

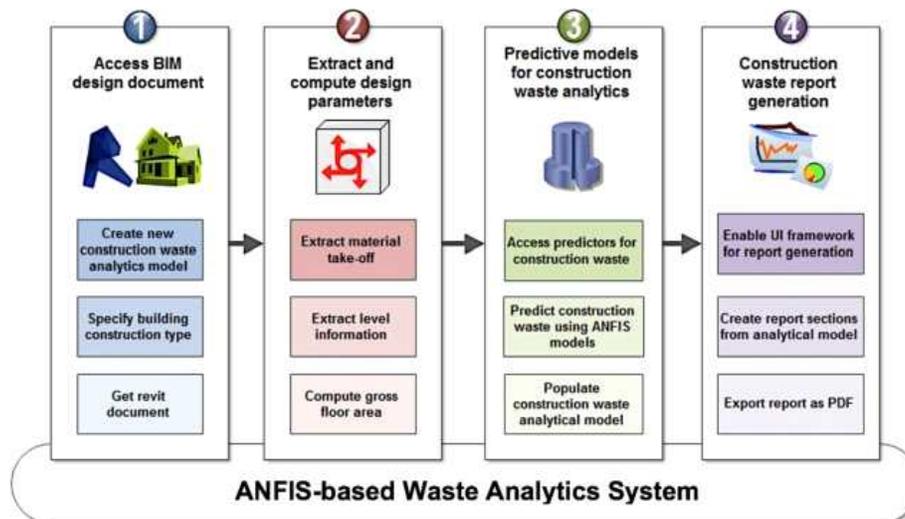
33) Rocca, R.; Rosa, P.; Sassanelli, C.; Fumagalli, L.; Terzi, S.(2020), Integrating Virtual Reality and Digital Twin in Circular Economy Practices: A Laboratory Application Case. Sustainability, 2020, 12, 2286.

34) Stegnos, G.; Ponis, S.T.; Plakas, G.; Yamas, A.(2019), A Proposed Technology Solution for Preventing Marine Littering Based on UAVS and IoT Cloud-Based Data Analytics. In Proceedings of the International Conferences ICT, Society, and Human Beings 2019; Connected Smart Cities 2019; and Web Based Communities and Social Media 2019, Porto, Portugal, 10–12 July 2019; pp. 391–394.

#### 4. 데이터 분석 및 인공지능 알고리즘

- 빅데이터는 가장 인기 있는 순환 경제의 enabler 중 하나로 빅데이터 영역에서 중요한 측면은 데이터 시각화이며, 데이터 시각화는 방대한 양의 데이터를 상황 인식을 향상시키는 방식(예: 그림 또는 다이어그램 표현)으로 표현하는 것으로, 데이터 시각화를 사용하는 두 가지 인기 있는 기술은 증강 현실(AR)과 가상 현실(VR)임
- Mourtzis 등(2018)은 OEM이 보다 효율적이고 비용 효율적인 방식으로 제조 네트워크를 설계할 수 있도록 하는 AR 제품 맞춤화 애플리케이션을 제안한 바 있으며<sup>35)</sup>, Behzadan 등(2015)은 작업자가 매장된 공공설비(상하수/폐수 파이프, 도관, 케이블 등)를 감지하고 시각화하여 우발적인 공공설비 손상을 방지하는 데 도움이 되는 굴삭기용 AR 기반 시스템의 잠재력을 강조<sup>36)</sup>
- 순환 경제 영역에서 사용되는 또 다른 기술인 퍼지 논리(fuzzy logic)는 모호성을 모델링하고 자연어를 사용하여 실제 응용 프로그램에서 부분적인 진실을 일관된 방식으로 표현하고 처리하는 다값 논리(참 혹은 거짓의 이진 논리에서 벗어난 다치성으로 표현하는 논리)의 한 유형으로, Akinade 등(2019)은 ANFIS(Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) 기술을 기반으로 정확한 폐기물 예측을 달성하고 건설 폐기물 최소화 기회를 제공하는 폐기물 분석 시스템을 제시<sup>37)</sup>

그림 33 ANFIS 기반 폐기물 분석 시스템



\* 출처: Akinade 등(2019)

35) Mourtzis, D.(2018), Design of customised products and manufacturing networks: Towards frugal innovation. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 2018, Vol. 31, 1161-1173.

36) Behzadan, A.; Dong, S.; Kamat, V.(2015), Augmented reality visualization: A review of civil infrastructure system applications. Advanced Engineering Informatics, 2015, Vol. 29, 252-267.

37) Akinade, O.; Oyedele, L.(2019), Integrating construction supply chains within a circular economy: An ANFIS-based waste analytics system (A-WAS), Journal of Cleaner Production, 2019, Vol. 229, 863-873.

- Taylor 등(2018)은 기계 학습 및 데이터 기반 접근 방식으로 부식 관리를 개선하여 자원 효율성 및 자산 보존을 가능하게 하는 방법을 제시하였고,<sup>38)</sup> Neves Da Silva 등(2017)은 도시, 상업 및 산업 클라이언트의 자원 소비를 최적화하는 데 기계 학습 기술을 사용하여 물, 에너지 및 폐기물 관리를 위한 모니터링 센터의 기여를 강조<sup>39)</sup>

## 5. 데이터 수집 및 IoT

- 데이터 수집 및 IoT 기술로는 자산 태깅, 건물 정보 모델링(BIM), 위성 이미징, GIS, SCADA 등 다양한 기술이 있으며 가장 널리 사용되는 기술로는 스마트 태그와 무선 주파수 식별(RFID)이 있음
- 스마트 태그는 메모리, 데이터 처리 및 통신 기능을 결합한 소형 장치로서 다양한 모양과 크기로 제공되며 다양한 응용 분야(예: 물체 또는 동물 식별, 제조, 개인 보안, 상품 운송)에 사용이 가능하고, 작은 마이크로 칩이 내장된 RFID 태그는 전자기장을 사용하여 물체를 식별하는 데 매우 널리 사용되어 제품의 재활용 및 회수율 향상에 크게 기여
- 빌딩 정보 모델링(BIM)은 건물의 정확한 가상 모델을 생성하는 기술로 이러한 모델은 구축할 대상을 시각화하여 잠재적인 설계, 구성 또는 운영 문제를 식별할 수 있도록 하며 RFID 및 BIM 기술은 새로운 설계에서 건물 요소를 더욱 추적할 수 있고 적용 가능하며 재사용할 수 있도록 함
- 순환 경제의 주요 기술 중 하나가 사물 인터넷(IoT)으로 이를 통해 폐기물 관리나 리소스 사용 최적화 등 많은 분야에 활용이 가능하며, 산업용 사물 인터넷(IIoT)은 에너지 생산, 제조, 농업, 의료, 소매, 운송, 물류, 항공, 우주여행 등 다양한 분야를 포괄
- 지리 정보 시스템(GIS)은 지리 공간 데이터를 저장, 관리, 분석 및 표시하는 컴퓨터 시스템으로, Vadoudi 등(2014)은 GIS 기술과 현재 PLM(제품 라이프사이클 관리)의 통합을 기반으로 지속 가능한 제조를 위한 새로운 정보 전략 프레임워크를 제시하였고,<sup>40)</sup> Iglesias 등은 WorldView-2 위성 이미지를 사용하여 나이지리아의 Hadejia 계곡의 Typha 잡초를 매핑하여 이 식물의 제어와 바이오가스 생산을 위한 지속 가능한 사용에 기여<sup>41)</sup>

38) Taylor, C.; Sours, A.(2018), Materials Stewardship: A Framework for Managing and Preserving Materials in the Circular Economy; NACE International: Houston, TX, USA, 2018.

39) Neves Da Silva, A.; Novo, P.(2017), Hubgrade Smart Monitoring Centers: Measuring Resource Consumption and Moving towards a Circular Economy. Field Actions Science Reports, Journal of Field Actions, 2017, 17, 32-37.

40) Vadoudi, K.; Troussier, N.; Zhu, T.W.(2014), Toward sustainable manufacturing through PLM, GIS and LCA interaction. In Proceedings of the International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE), Bergamo, Italy, 23-25 June 2014; pp. 1-7.

41) Iglesias, E.; Rivas, D.; Othman, M.K.; Escribano, F.; Tarquis, A.(2019), Assessment of macrophyte Typha spp

- 무선 센서 네트워크 분야는 많은 모니터링 응용 분야에 활용될 수 있는데, Tsakalides 등(2018)은 누수 및 오염을 제거하고 심각한 환경 영향을 줄이는 데 있어 무선 센서 네트워크의 중요성을 강조<sup>42)</sup>

## 6. 데이터 관리 및 저장

- 정보관리시스템(IMS)은 데이터 저장, 검색 및 검색을 담당하는 소프트웨어 시스템으로 이러한 솔루션의 몇 가지 잠재적인 이점에는 보다 효율적인 정보 추적 및 처리, 개선된 보안 및 고객 관계, 보다 나은 공급 제어가 포함
- Reddy 등(2019)은 블록체인 기술을 사용하여 유기농 식품 공급망의 효율성을 개선할 수 있는 가능성을 제시하였고,<sup>43)</sup> Dindarian 등(2019)은 블록체인 기술이 추적성을 가능하게 함으로써 전자 폐기물 처리를 개선한 사례를 제시<sup>44)</sup>

## 7. 소프트웨어 및 시뮬레이션

- 소프트웨어는 순환 경제 관련 ICT 솔루션에 필수적이며, 시뮬레이션 기술은 순환 경제로의 전환에서 촉매 역할을 담당하고 있고, 모바일 애플리케이션은 순환 경제에 점점 더 중요한 역할
- 디지털 플랫폼 및 관련 기술은 순환 경제 발전에 중요한 자산으로, 디지털 플랫폼의 한 가지 이점은 산업 공생의 맥락에서 시너지 효과뿐만 아니라 기업 간 부산물 교환을 촉진
- 개방형 온라인 교육, 기술 강화 학습, 개방형 교육 리소스, 진지한 게임, 대규모 개방형 온라인 과정, 기술 인프라 및 개방형 교육과 같은 디지털 플랫폼과 기술이 결합되면 순환 경제를 위한 분석 기술과 평생학습 육성이 가능
- 시뮬레이션 모델과 관련 기술 역시 순환 경제에 중요한 역할을 하며, 일례로 Zheng 등(2012)은 실시간 시뮬레이터(Real Time Digital Simulator; RTDS) 기술을 기반으로 태양광 발전 방식에 대한 실시간 시뮬레이션 방식을 제시하였는데 이는 시스템 장애로 인한 에너지 및 자원 손실을 방지하여 태양광 발전 체계의 정상적인 기능에 기여<sup>45)</sup>

invasion in the Hadejia Valley Irrigation Scheme using WorldView-2 satellite image analysis. Geophysical Research Abstracts, 2019.

42) Tsakalides, P.; Panousopoulou, A.; Tsagkatakis, G.; Montestruque, L.(2018), Smart Water Grids: A Cyber-Physical Systems Approach, CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2018.

43) Reddy, G.B.; Kumar, K.(2020), Quality Improvement in Organic Food Supply Chain Using Blockchain Technology, In Innovative Product Design and Intelligent Manufacturing Systems; Springer: Singapore, 2020; pp. 887-896.

44) Dindarian, A.; Chakravarthy, S.(2019), Traceability of Electronic Waste Using Blockchain Technology. Electronic Waste Management, Chapter 7, 2019, 188-212.

- 모바일 애플리케이션 기술은 순환 경제 발전에 크게 기여하고 있는데 Lönn(2019)은 순환 경제에 대한 인식을 높이고 순환 경제 개념의 채택을 촉진하기 위해 AR 기반 스마트폰 애플리케이션을 제안하였고,<sup>46)</sup> Faria 등(2020)은 모바일 및 웹 애플리케이션의 개발이 순환 경제 개념의 적용 가능성을 촉진할 수 있다고 하면서 순환 경제의 목적(주로 디지털화 및 재사용)을 지원하는 의류 판매, 구매 또는 대여에 사용되는 모바일 애플리케이션을 검토<sup>47)</sup>

45) Zheng, F.; Zhang, J.; Ding, M.(2012), Low voltage ride-through modeling and control strategy for photovoltaic generation system based on RTDS. Dianli Xitong Zidonghua (Automation of Electric Power Systems) 2012, 36, 19–24.

46) Lönn, C.(2019), Augmented Reality Smartphone Applications as a Tool to Raise Awareness of Circular Economy. Master's Thesis, KTH, Stockholm, Sweden, 2019.

47) Faria, R.; Lopes, I.; Pires, I.; Marques, G.; Fernandes, S.; Garcia, N.; Lucas, J.; Jevremović, A.; Zdravevski, E.; Trajkovik, V.(2020), Circular Economy for Clothes Using Web and Mobile Technologies—A Systematic Review and a Taxonomy Proposal, Information 2020, Vol. 11.

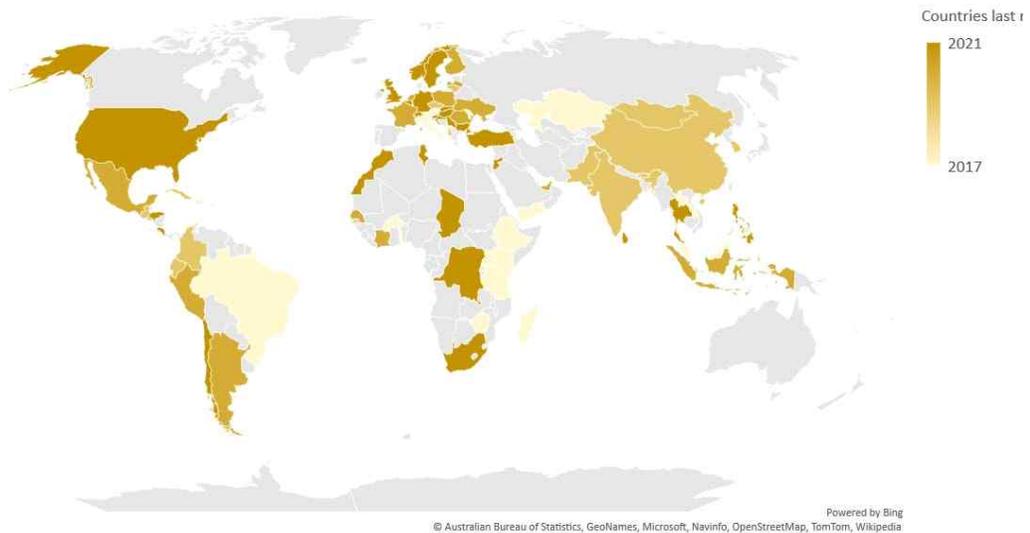
# IV 결론 및 시사점

## 1 지속 가능한 소비와 생산 현황과 대책

□ (현황) 지속 불가능한 소비 및 생산 양식은 기후변화, 생물 다양성 손실 및 오염을 일으키고 환경을 악화함으로써 인간의 웰빙과 지속 가능한 발전 목표의 달성을 위협

- 인류는 지금까지 경제성장과 삶의 질 향상을 위해 천연자원에 의존하여 생산과 소비를 증가해왔고, 또한 식량이나 전자제품 등은 낭비되거나 무분별하게 관리되어 사회적, 환경적 손실을 초래
- 천연자원의 지속 가능하지 않은 사용과 함께 증가하는 세계 인구는 기후변화를 촉진하고 자연을 파괴하며 오염 수준을 높이는 등 지구에 엄청난 영향을 미치고 있음
- 따라서 지속 가능한 소비 및 생산 양식으로의 전환이야말로 기후변화, 생물 다양성 손실 및 오염을 포함한 글로벌 위기를 해결하기 위한 전제 조건이며 지속 가능한 발전 달성의 핵심
- 전 세계적으로 지속 가능한 소비 및 생산을 위한 정책 및 활동을 펼치고 있으나 여전히 미흡한 상황
- 우리나라의 경우 코로나 19 이후 온라인 소비, 배달 음식의 증가로 인한 생활 양식의 변화는 많은 폐기물을 발생시키며 지속 가능한 소비와 생산으로의 이행에 역행

그림 34 지속 가능한 소비 및 생산에 대한 국가 실행계획 또는 정책 보고 국가



\* 출처: UN(2022b)

- (대책) 지속 가능한 소비와 생산을 위해서는 자원 효율성을 개선하고, 폐기물과 오염을 줄이거나 없애며, 제품과 재료를 계속 사용하고, 자연 시스템을 재생하도록 설계된 '순환 경제 접근 방식'이 필요하며 이를 지원할 '디지털 전환'이 필요
- 천연자원에 대한 의존도 증가는 민감한 생태계에 대한 압력을 증가시키고, 궁극적으로 인간의 건강과 경제에 영향을 미치게 되므로 이러한 압력을 줄이려면 자원 효율성 증가, 순환성 조치 및 경제성장을 비 물질화하기 위한 전반적인 노력이 필요
  - 식량 손실과 낭비는 세계적인 문제로 모든 국가에서 발생하고 있으며, 식량 손실과 음식물 쓰레기는 모두 상당한 환경적, 사회적, 경제적 결과를 초래할 뿐만 아니라 식량안보의 개선과 소비의 환경 발자국을 줄일 기회도 상실
  - 석탄, 석유, 가스 및 기타 화석연료의 생산 및 사용은 대기 및 수질오염에서 기후변화에 이르기까지 환경과 건강에 부정적인 영향을 미쳐 화석연료 대신 재생 가능 에너지원으로서의 더 빠르고 규모가 큰 전환이 필요
  - 유럽은 이에 대한 대책으로 '그린 딜'을 시행하면서, 동시에 '순환 경제 실행계획'을 채택하였는데 이의 핵심은 기후 중립적이며 순환적인 제품과 시장 개발을 통해 지속 가능한 경제적 이익을 창출하는 것으로서 관련 법·제도를 정비·수립하여 이를 뒷받침
  - 또한, '지속 가능한 제품 정책'을 통해 재활용 이전 단계에서 자원 사용을 줄이고 재사용하는 것을 우선시하며, 모든 포장재와 일회용 플라스틱, 폐기물 등에 대한 조치와 더불어 포장재, 차량, 건축자재, 배터리 등 의무적으로 재활용된 내용물이 포함된 2차원자재 시장을 활성화하기 위한 법과 제도를 수립
  - 아울러 유럽은 그린 딜 이행 과정에서 '디지털 전환'을 추구하고 있으며, '디지털 전환'을 통해 지속 가능한 발전을 도모하면서도 일자리를 창출하는 경제활동을 촉진할 수 있을 것이라 기대하고 있고, '순환 경제 실행계획'에서도 '디지털 전환'이 크게 기여할 것으로 기대
  - 유럽 집행위원회는 디지털 기술이 그린 딜의 지속가능성 목표를 달성하는 데 매우 중요함을 인식하고 인공지능, 5G, 클라우드 및 에지 컴퓨팅, 사물인터넷과 같은 디지털 기술이 기후변화 대처 및 환경 보호를 위한 정책의 영향을 가속하고 극대화하는 조치를 모색 중
  - 우리나라는 현재 '제4차 지속가능발전기본계획'에 따라 지속 가능한 순환 경제를 실현하는 것을 목표로 추진전략을 시행 중<sup>48)</sup>
  - 주요 추진전략 내용으로는 재사용·재활용 확대를 통해 자원순환을 촉진하고, 이러한

48) 관계부처 합동(2021)

자원의 선순환을 통해 지속 가능한 순환 경제를 실현하며, 식품 손실을 감소하고, 화학물질 관리를 강화하며, 폐기물 발생을 감소하는 것 등을 포함

- 이러한 추진전략에 따라 정부 부처별 추진해야 할 세부 정책과제를 설정하고, 이를 다시 '지속가능발전지표'를 통해 지속가능성을 평가
- 2022년 우리나라의 지속가능성 평가 결과를 보면 사업장폐기물 재활용률과 화석연료 보조금 저감 관련 지표는 2040년 목표를 향해 순항하고 있으나, 생활폐기물 발생량, 식품 폐기물 발생량, 유해 폐기물 발생량, 생활폐기물 재활용률 등의 폐기물 관련 지표가 모두 악화하고 있고, 지속 가능 경영 관련 지표 또한 악화<sup>49)</sup>
- 이를 개선하기 위해서는 생활폐기물 억제를 위한 일회용품 사용 제로화 및 과대포장 근절, 식품 폐기물 발생 감소를 위한 세대별 RFID 종량제 방식 의무화, 유해 폐기물 저감을 위한 폐기물관리법·화학물질관리법 관리 사각지대 해소방안 마련 및 수은 취급에 대한 전 과정 안전관리 규정 마련, 환경의식 개선을 위한 환경교육 다변화 등 정책적 노력이 필요

49) 환경부·한국환경연구원(2022)

## 2 ICT의 역할과 정책적 시사점

### □ ICT는 지속가능발전목표의 enabler일 뿐만 아니라 순환 경제 구현을 위한 기술 솔루션 제공이 가능

- ICT는 지속가능발전목표가 추구하는 불평등 해소를 통한 포용적 성장, 다양한 분야에의 활용을 통한 사회개발, 사회경제적 차등 해소를 통한 사회통합 수단의 임무를 수행함으로써 산업, 사회, 국가 시스템 전반의 혁신적 변화를 유발
- 또한, ICT의 장점은 지속가능발전목표 모든 분야에 적용할 수 있고, 국가별 기술 수준에 따라 그 활용 방법이 무한하며, 순환 경제 구현을 위한 특정 기술 솔루션 제공이 가능
- 순환 경제 구현을 위한 몇 가지 ICT 활용 용례로는 모바일 통신 기술과 사물인터넷을 통한 폐기물 관리 및 수질오염 방지 솔루션, 그리고 무인 항공기와 IoT 클라우드 기반 분석을 통한 해양쓰레기 방지 솔루션 제공 등을 들 수 있음
- 또 엣지 컴퓨팅 활용을 통해 블록체인을 사용하는 사물인터넷 네트워크의 성능과 효율성을 제고함으로써 자원 소비와 폐기물 생성 감축이 가능하고, 클라우드 컴퓨팅 기반의 클라우드 제조는 협업 설계, 자동화, 프로세스 탄력성, 폐기물의 감소·재사용·회복 등을 가능하게 함으로써 지속가능성에 기여
- 사이버 물리 시스템을 활용하면 전자제품 폐기물의 추적 가능성이 향상되어 더욱 정확하고 효율적인 리퍼비스 프로세스 제공이 가능하며, 3D 프린팅은 자원 효율성과 수리 용이성, 분산 제조를 통한 지역 사회 역량 강화 등 순환 경제에 가치 있는 기여 제공
- 이와 더불어 증강 현실 기술은 작업자가 매장된 공공설비(상하수/폐수 파이프, 도관, 케이블 등)를 감지하고 시각화하도록 하여 우발적인 공공설비 손상을 방지하는 데 도움을 줄 수 있고, 기계 학습을 통해 자원 효율성 향상 및 자산 보존을 가능하게 하고, 물, 에너지 및 폐기물 등 자원 소비를 최적화하는 기술 솔루션 제공이 가능

### □ 정책적 시사점

- 지속 가능한 소비와 생산 양식으로의 전환을 위해서는 반드시 모든 국민의 동참이 필요하며, UN은 각 개인과 기업이 지속 가능한 소비와 생산을 위해 할 수 있는 역할을 다음과 같이 제시<sup>50)</sup>
  - 개인은 음식물을 버리지 말고, 플라스틱 사용을 줄이며, 재사용이 가능한 가방을

50) UN(2020), Responsible Consumption & Production: Why It Matters.

사용하고, 플라스틱 빨대 사용을 거부하고, 플라스틱병을 재활용하는 등 폐기물 줄이기에 동참

- 소비자가 구매할 때에는 정보에 근거하여 가능한 한 지속 가능한 옵션을 선택함으로써 기업이 지속 가능한 관행을 채택하도록 압력을 행사
- 기업은 지속 가능한 소비 및 생산 양식을 가능하게 하는 새로운 솔루션을 찾아야 하며, 제품 및 서비스의 환경 및 사회적 영향에 대한 더 나은 이해가 필요
- 기업은 시스템 전체에서 환경 및 사회적 영향을 개선할 수 있는 가장 큰 잠재력을 가진 가치사슬 내 ‘핫 스팟’을 식별해내야 하며, 이를 통한 기업의 혁신 및 디자인 솔루션은 개인이 환경적 영향을 줄이고 웰빙을 개선하면서 더욱 지속 가능한 라이프스타일을 이끌 수 있도록 지원하고 영감을 줄 수 있음
- 따라서 모든 국민이 순환 경제를 이해하고 동참하기 위해서는 무엇보다 순환 경제에 대한 지식과 정보 전달이 중요하므로 디지털 트윈, 메타버스와 같은 다양한 ICT 기술의 활용을 통해 환경교육을 다변화하여 시민의식 및 지식 제고 방안 마련이 필요
- 순환 경제로의 전환을 가속화 하기 위해서는 생산, 유통, 소비, 폐기물 관리, 재생원료 분야 등 모든 단계에서 자원의 사용을 최소화하여야 하며 그를 위한 ICT의 다양한 활용방안 모색이 필요
- 즉, 재사용·재활용이 용이하도록 자원 순환성을 고려한 제품설계, 지속 가능한 친환경 소비, 폐기물의 자원으로의 전환, 재생원료 시장 창출을 위한 기술 개발이 필요하며, 특히 순환 경제로의 전환에 핵심적 역할을 하는 산업계를 지원하기 위한 다각적 수단이 마련될 필요가 있음<sup>51)</sup>
- 4차 산업혁명의 핵심 기술인 인공지능, 클라우드, 사물인터넷, 모바일 통신, 빅데이터와 더불어 사이버 물리 시스템, 블록체인, 증강·가상현실, 3D 프린팅 등 ICT 기술은 보다 스마트한 제품 제조, 에너지·물질·자원의 효율적인 사용, 폐기물 및 오염 제거, 재생 불가능한 자원의 사용 최소화 등 순환 경제 구현에 필요한 기술 솔루션을 제공할 수 있으므로 이와 관련된 국내외 다양한 활용 사례의 발굴 및 보급이 필요
- 전반적으로 고소득 국가나 OECD 국가가 천연자원의 사용이나 오염과 관련된 국제적 영향, 그리고 상품과 서비스의 소비로 인한 사회적·국제적 영향 측면에서 가장 큰 부정적 파급효과를 발생시켜 다른 국가의 지속 가능한 발전 노력을 약화하는 경향이 있으므로, 법률 및 정책을 통해 부정적 파급효과를 줄이도록 노력할 필요가 있음

51) 한국환경정책·평가연구원(2020), 순환경제로의 전환을 위한 그린 뉴딜 추진 방향, 환경포럼, 제24권 제12호.

## 참고문헌

### ○ 국내자료

- 관계부처 합동(2021), 제4차 지속가능발전 기본계획 2021~2040.
- 김수현·김창훈(2020), 유럽 그린 딜의 동향과 시사점, 에너지경제연구원.
- 이소라 외(2019), 순환 경제로의 전환을 위한 플라스틱 관리전략 연구, KEI 연구보고서 2019-17, 한국환경정책·평가연구원.
- 통계청 통계개발원(2021), 한국의 SDGs 이행보고서 2021.
- 통계청 통계개발원(2022), 한국의 SDGs 이행보고서 2022.
- 한국환경정책·평가연구원(2020), 순환경제로의 전환을 위한 그린 뉴딜 추진 방향, 환경포럼, 제24권 제12호.
- 환경부(2018), 유엔 지속가능발전목표, 국문본.
- 환경부·한국환경공단(2020), 2019년도 전국 폐기물 발생 및 처리현황.
- 환경부·한국환경연구원(2022), 2022 국가 지속가능성 보고서.

### ○ 국외자료

- Akinade, O.; Oyedele, L. (2019), Integrating construction supply chains within a circular economy: An ANFIS-based waste analytics system (A-WAS), Journal of Cleaner Production, 2019, Vol. 229, 863–873.
- Behzadan, A.; Dong, S.; Kamat, V. (2015), Augmented reality visualization: A review of civil infrastructure system applications. Advanced Engineering Informatics, 2015, Vol. 29, 252–267.
- Coughlan, D.; Fitzpatrick, C.; McMahon, M. (2018), Repurposing end of life notebook computers from consumer WEEE as thin client computers—A hybrid end of life strategy for the Circular Economy in electronics. Journal of Cleaner Production, 2018, Vol. 192, 809–820.
- Damianou, A.; Angelopoulos, C.M.; Katos, V. (2019), An architecture for blockchain over edge-enabled IoT for smart circular cities. In Proceedings of the 15th International

Conference on Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS), 29–31 May 2019, pp. 465–472.

Demestichas, K.; Daskalakis, E. (2020), Information and Communication Technology Solutions for the Circular Economy, Sustainability, 2020, vol. 12, Issue 24.

Dindarian, A.; Chakravarthy, S. (2019), Traceability of Electronic Waste Using Blockchain Technology. Electronic Waste Management, Chapter 7, 2019, 188–212.

European Commission (2019), Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, The European Green Deal.

European Commission (2020a), Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, A Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system.

European Commission (2020b), Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Chemicals Strategy for Sustainability Towards a Toxic-Free Environment.

European Commission (2021), Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Pathway to a Healthy Planet for All: EU Action Plan: ‘Towards Zero Pollution for Air, Water and Soil.’

EUROSTAT (2022), Sustainable development in the European Union: Monitoring report on progress towards the SDGs in an EU context.

Fisher, O.; Watson, N.; Porcu, L.; Bacon, D.; Rigley, M.; Gomes, R. (2018), Cloud manufacturing as a sustainable process manufacturing route, Journal of Manufacturing Systems, 2018, Vol. 47, 53–68.

Gutierrez, M.; Etxebarria, S.; Revilla, M.; Ramos, S.; Ciriza, A.; Sancho, L.; Zufia, J. (2019), Strategies for the Controlled Integration of Food SMEs’ Highly Polluted Effluents into Urban Sanitation Systems, Water, 2019, Vol. 11, Issue 2.

Hatzivasilis, G.; Fysarakis, K.; Soutatos, O.; Askoxylakis, I.; Papaefstathiou, I.; Demetriou, G. (2018), The Industrial Internet of Things as an enabler for a Circular Economy Hy-LP: A novel IIoT protocol, evaluated on a wind park’s SDN/NFV-enabled 5G industrial network,

- Computer Communications, 2018, 119, 127–137.
- Iglesias, E.; Rivas, D.; Othman, M.K.; Escribano, F.; Tarquis, A.(2019), Assessment of macrophyte *Typha* spp invasion in the Hadejia Valley Irrigation Scheme using WorldView-2 satellite image analysis. Geophysical Research Abstracts, 2019.
- ITU(2017), Measuring the Information Society Report, Vol.1.
- Kallio, J.; Antikainen, M.; Kettunen, O.; Korpipää, P. (2018), Internet of Things and Cloud Computing Enabling Circular Economy: A tool rental service, International Journal on Advances in Internet Technology, 2018, Vol. 11, 92–102.
- Mourtzis, D. (2018), Design of customised products and manufacturing networks: Towards frugal innovation, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 2018, Vol. 31, 1161–1173.
- Neves Da Silva, A.; Novo, P.(2017), Hubgrade Smart Monitoring Centers: Measuring Resource Consumption and Moving towards a Circular Economy. Field Actions Science Reports, Journal of Field Actions, 2017, 17, 32–37.
- Reddy, G.B.; Kumar, K.(2020), Quality Improvement in Organic Food Supply Chain Using Blockchain Technology, In Innovative Product Design and Intelligent Manufacturing Systems, Springer: Singapore, 2020; pp. 887–896.
- Rocca, R.; Rosa, P.; Sassanelli, C.; Fumagalli, L.; Terzi, S. (2020), Integrating Virtual Reality and Digital Twin in Circular Economy Practices: A Laboratory Application Case. Sustainability, 2020, 12, 2286.
- Sachs, J.; Kroll, C.; Lafortune, G.; Fuller, G.; Woelm, F. (2021), Sustainable Development Report 2021.
- Sachs, Jeffrey; Lafortune Guillaume; Kroll, Christian; Fuller, Grayson; Woelm, Finn(2022), Sustainable Development Report 2022.
- Tsakalides, P.; Panousopoulou, A.; Tsagakatakis, G.; Montestruque, L.(2018), Smart Water Grids: A Cyber-Physical Systems Approach, CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2018.
- UN(2015), Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development, General Assembly, A/RES/70/1.
- UN(2020), Responsible Consumption & Production: Why It Matters.
- UN(2021), Global indicator framework for the Sustainable Development Goals and targets of



the 2030 Agenda for Sustainable Development, A/RES/71/313.

UN(2022a), The Sustainable Development Goals Report 2022.

UN(2022b), The Sustainable Development Goals Extended Report 2022.

UNEP(2011), Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth.

Vadoudi, K.; Troussier, N.; Zhu, T.W.(2014), Toward sustainable manufacturing through PLM, GIS and LCA interaction. In Proceedings of the International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE), Bergamo, Italy, 23–25 June 2014; pp. 1–7.

World Commission on Environment and Development(1987), ‘Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future.’

## ○ 웹사이트

지속가능발전포털, <http://ncsd.go.kr/>

ECHA, <https://echa.europa.eu/hot-topics/chemicals-strategy-for-sustainability>

European Parliament, <https://www.europarl.europa.eu/thinktank/infographics/circulareconomy/public/index.html>

UN, <http://www.un.org/sustainabledevelopment/news/communications-material/>

UNEP, <https://www.unep.org/explore-topics/sustainable-development-goals/why-do-sustainable-development-goals-matter/goal-12>

UN Regional Information Centre for Western Europe, <https://unric.org/en/sdg-12/>

---

## 저자소개

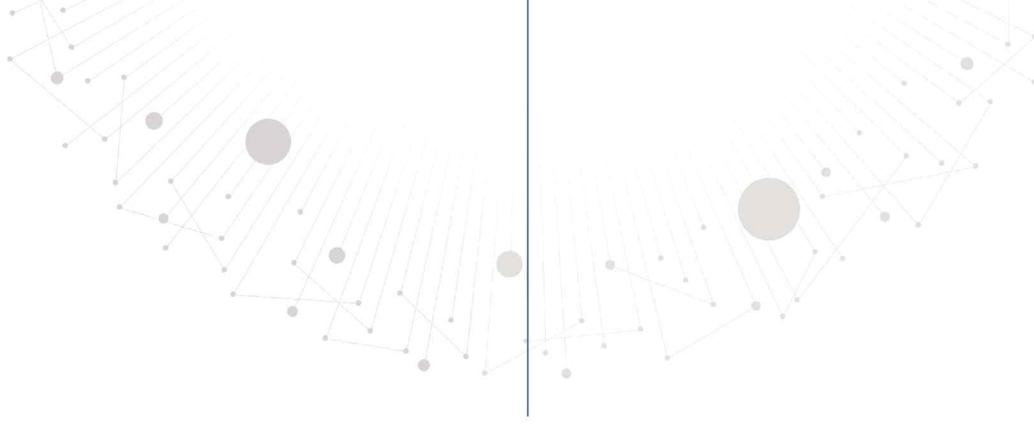
**유영상** ETRI 지능화융합연구소 기술정책연구본부 산업제도연구실 책임연구원  
e-mail: heyoo@etri.re.kr Tel. 042-860-6849

---

## 기술정책연구본부 기술정책 이슈

**발행인** 이 지 형  
**발행처** 한국전자통신연구원 지능화융합연구소 기술정책연구본부  
**발행일** 2022년 12월 31일





[www.etri.re.kr](http://www.etri.re.kr)

본 저작물은 공공누리 제4유형:

출처표시+상업적이용금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.



**ETRI** Electronics and Telecommunications  
Research Institute

34129 대전광역시 유성구 가정로 218  
TEL.(042) 860-6114 FAX.(042) 860-6504

