

2023-02

탄소중립 목표 달성을 위한 그린-디지털 전환 추진방향

GDX REPORT

탄소중립 목표 달성을 위한 그린-디지털 전환 추진방향

목 차

I. 추진 배경	01
II. 그린-디지털 전환 추진 방향	10
III. 그린-디지털 전환 대표 프로젝트(안)	24



GDX(Grand Digital Transformation) 보고서는
국가 경제 사회 분야 디지털 이슈와 주요 현안을 파악해
선제적으로 정책 대안을 제시하는 보고서입니다.

| 작 성 |

- 한국지능정보사회진흥원 정책본부 AI·미래전략센터
이 규 업 수석 (053-230-1282, rhee@nia.or.kr)

| 기 획 |

- 한국지능정보사회진흥원 정책본부 AI·미래전략센터
신 선 영 센터장

1. 본 보고서는 방송통신발전기금으로 수행한 과학기술정보통신부 정보통신·방송 연구개발사업 (ICT진흥 및 혁신기반조성[정보화, R&D]사업)의 연구결과입니다.
2. 본 보고서 내용의 무단전재를 금하며, 가공·인용할 때는 반드시 출처를 「한국지능정보사회진흥원(NIA)」이라고 밝혀 주시기 바랍니다.
3. 본 보고서의 내용은 한국지능정보사회진흥원(NIA)의 공식 견해와 다를 수 있습니다.

탄소중립 미래를 향한 여정을 가속화하고 기후 변화에 적시에 적응하려면
프로세스의 모든 단계에서 기술과 데이터를 체계적으로 통합해야 합니다.

- 크리스토프 슈바이처, 보스턴 컨설팅 그룹(BCG) CEO -

I. 추진 배경

■ [디지털 전환] AI, 빅데이터, 클라우드, IoT 등 디지털 기술의 발전은 사회 각 분야에서 혁신을 견인하고, 디지털 전환을 가속화하고 있음

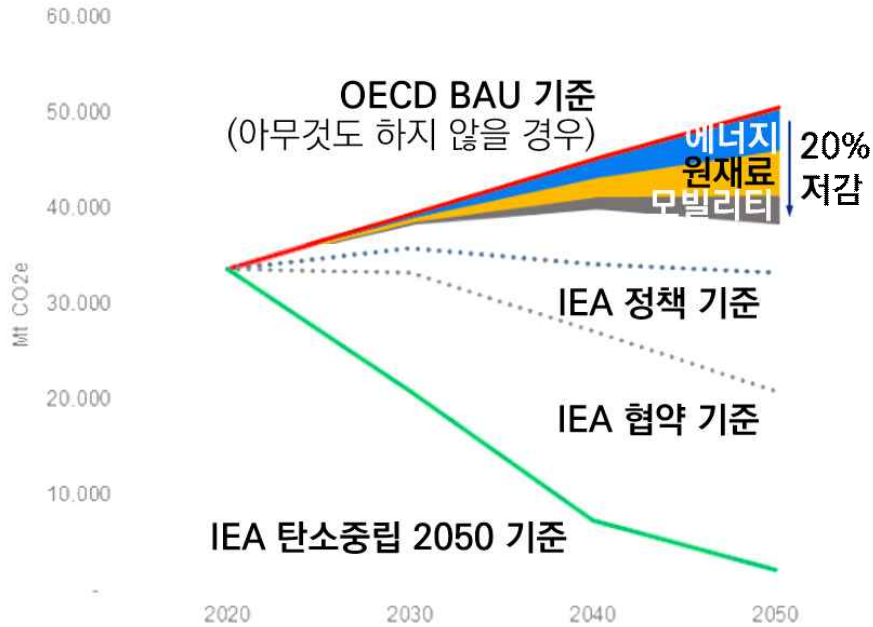
- 4차 산업혁명과 디지털 심화가 본격화됨에 따라, 기존의 ICT를 넘어 '디지털'이 경제와 사회 등 전(全) 분야를 근본적으로 재편하는 양상으로 발전
 - '디지털 심화기'는 디지털 기술의 활용이 국가사회 및 경제 운영·개인 활동 전반에 내재화되어 디지털 기술을 의식하지 않아도 누구나, 언제 어디서나 디지털의 혜택을 받는 상황에 놓인 상태로,
 - 특정 목적을 위해 디지털을 적용·활용하는 디지털 전환기를 넘어, 디지털이 국가사회 전반을 완전히 재편하는 '(심화)시대', 디지털이 국가사회 운영의 인프라가 되는 '(심화)사회'로 돌입

■ [트윈 전환] 2050 탄소중립과 기후 변화 대응을 위한 Green 전환과 디지털 기술을 활용한 Digital 전환이 서로 강화할 수 있다는 기대가 고조

- 디지털 기술이 기존 산업 부문의 효율성을 높여서 녹색 전환을 촉진하고, 녹색 전환은 디지털 기술의 채택을 촉진하여 디지털 전환을 가속할 것으로 전망
 - 2050 탄소 중립을 위한 기후 변화 대응과 디지털 전환은 이미 필수불가결한 것으로 인식되고 있고, 이미 중복되는 영역이 존재하여, 두 가지를 별도로 생각하지 않고 서로의 활동과 성과를 상호 보완 하면서 강화해 주는 것이 그린-디지털 트윈 전환(Twin Transition)임
 - 트윈 전환과 관련된 많은 연구에서 디지털 전환이 그린 전환의 수단으로 강조되고 있으나, 2050 탄소 중립을 달성하기 위한 그린 전환이 진행되는 과정에서, 디지털 전환의 성공사례를 도출하는 트리거 역할도 할 수 있다는 측면도 새로운 기회로서 바라볼 필요¹⁾
- 디지털 기술을 활용한 탄소저감 효과를 분석한 보고서를 종합하면, 20% 내외의 기존 산업 부문의 탄소 배출 감축 효과를 나타낼 것으로 전망
 - 세계경제포럼(WEF)과 함께 한 Accenture의 분석에 따르면 디지털 기술을 산업 전반으로 적용하면 에너지, 원재료 및 모빌리티 산업에서 국제에너지기구(IEA)의 2050년 탄소중립 목표를 달성 하는 데 필요한 감축량의 최대 20%를 차지할 수 있는 것으로 전망
 - 이밖에 디지털 기술의 활용을 통한 탄소중립 달성효과를 분석한 보고서에 따르면 16~20% 수준으로 유사하며, 디지털 기술과의 융합을 통해 에너지·자원 이용의 효율성을 높이고, 탄소 배출량 저감으로 저탄소 산업생태계를 구축할 수 있을 것으로 전망

1) 출처 : 2022 NIA 특별좌담회 '디지털 뉴노멀 시대-디지털 협력과 혁신'

〈 그림 1 〉 디지털 기술을 통한 탄소배출 저감



※ 출처 : WEF, Digital solutions can reduce global emissions by up to 20%. Here's how 재구성

■ [반동 효과] 디지털 기술의 발전은 오히려 에너지 소모를 증가시키고, Rebound 효과가 발생하여 탄소배출이 감소하지 않을 것이라는 전망도 있음

- ChatGPT 등 기술의 발전은 학습, 모델 가동에 필요한 컴퓨팅 자원의 수요를 증가시켜 데이터센터 전력 수요를 폭증시키고 있으며, 비트코인 채굴에도 막대한 전력이 소모되면서 새로운 수요를 발생

 - Open AI는 2012년 이후 대규모 AI 학습 실행에 사용되는 컴퓨팅의 양이 3.4개월마다 2배씩 기하급수적으로 증가하고 있다고 분석하면서, 무어의 법칙(반도체 저장용량 2배 증가 주기가 2년)에 비해 훨씬 빠른 AI 기술 발전으로 인한 컴퓨팅 수요 폭증 추세에 대응할 필요가 있다고 지적
 - 비트코인의 가치가 한 때 6만 달러 이상으로 치솟으면서 채굴이 산업화하고, 채굴 확률을 높이기 위해 더 많은 컴퓨팅 자원을 소모하면서 채굴기업은 막대한 규모의 전력을 소비하는 경쟁에 돌입
- 자율자동차, 스마트시티 등이 본격적으로 등장하면서 IoT 센서 보급이 급증하고, 스마트 폰 보급 등으로 실시간 데이터가 쏟아지면서 이를 수집 분석하는 인프라도 늘어나고 에너지 수요도 급증할 전망

 - Statista에 따르면 2021년 전 세계 데이터센터에서 필요한 전력 수요는 190.81 TWh(테라와트시)로 2020년 신고리 4호 원전 1기가 생산한 8.75TWh와 비교하면 원자력발전소 22기의 생산 전력량에 육박
- 기존 산업부문이 디지털 기술로 도입으로 인한 효율이 높아지는 만큼, 수요가 증가하여 탄소배출 저감효과를 상쇄하는 Rebound 효과가 발생

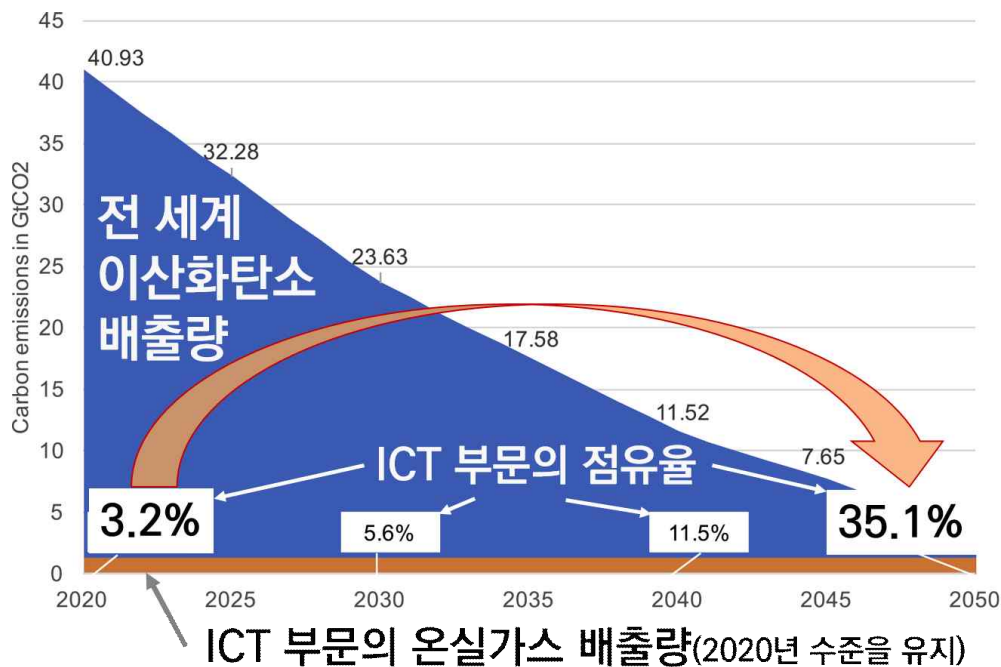
 - 에너지 효율 개선으로 기기 사용이 증가하거나, 새로운 서비스 사용 등이 증가하면서 총량이 증가

* Rebound 효과로 불리는 제본스 역설은 19세기 영국의 경제학자 윌리엄 스탠리 제본스가 증기 기관의 효율성이 높아지면서 석탄 소비가 증가한다는 사실을 관찰한 데서 유래. 증기기관의 효율성이 높아지면서 더 많은 재화와 서비스를 생산할 수 있게 되었고, 이는 결국 에너지 수요 증가로 이어진 것을 발견한 것으로, 인공지능과 같은 디지털 기술은 탄소배출에 반동 효과를 가져올 수 있음

■ [ICT 산업부문의 탄소배출 감소 전략 필요] 에너지 관련 전통 산업부문 수준으로 ICT 산업부문의 탄소배출 감소를 획기적으로 줄일 방안을 수립할 필요

- 2050년 전체 온실가스 배출량에서 ICT 산업부문이 35% 수준에 이를 전망
 - 2020년 현재 전 세계 온실가스 배출량에서 ICT 산업부문은 전체의 3% 수준을 차지하고 있으나, ICT 산업부문 배출량이 현재 수준을 유지한다면 2050년에는 전 산업 배출량의 35.1% 수준에 이를 전망
 - 디지털 기술에 의한 효율 개선이 반동 효과로 ICT 부문이 더 성장할 수 있게 함으로써 배출량을 증가시키고, 블록체인, IoT, AI에 대한 투자와 활용이 증가함에 따른 컴퓨팅 자원의 활용, 전력 소모의 기하급수적 증가로 ICT 산업부문의 탄소배출이 감소하지 않을 것으로 전망²⁾

〈 그림 2 〉 ICT 산업부문의 온실가스 배출 전망



※ 출처 : Charlotte Freitag 등, The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations 재구성

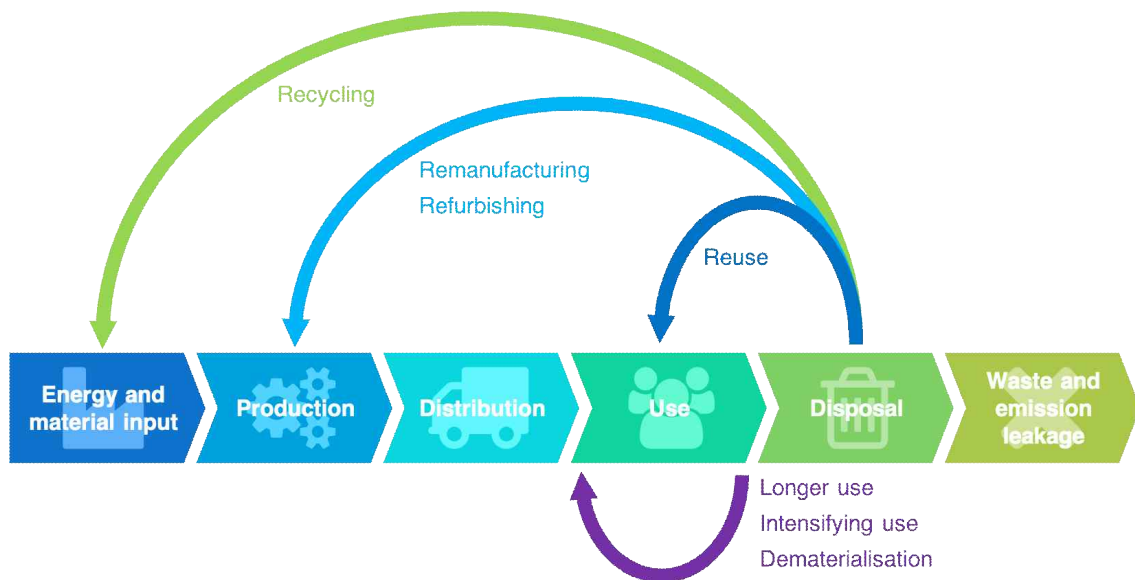
■ [순환경제 대응] EU 중심으로 논의되는 순환(Circular) 경제를 적시에 대응하기 위해서도 디지털 기술의 적용과 데이터 확보 및 연계·활용이 시급

- 현재의 자원소비는 지속가능한 수준을 넘어서 지구가 제공하는 것 보다 더 많은 자원을 추출하여 2040년에는 2.3개의 지구가 필요
 - BCG에 따르면 최근 50년 만에 천연자원 사용량이 3배 증가하여 연간 900억톤을 소비하고 있으나, 이 중 25%만 재활용, 그 결과 기후 변화의 50%, 생물 다양성 손실과 물 부족의 90%를 초래
 - 이러한 화석 자원에 의존한 선형(Linear) 경제성장으로 현재 연간 1.8개의 지구가 있어야 하며, 아무런 변화가 없다면 2040년에는 2.3개의 지구가 필요할 것으로 전망

2) 출처 : Charlotte Freitag 등, The real climate and transformative impact of ICT

- ※ 순환(Circular) 경제는 자원을 사용하고 버리는 선형(linear) 경제 모델과 달리 자원을 재사용하고 재활용하여 자원 낭비와 환경 오염을 줄이는 지속 가능한 경제 모델로 정부 기관과 책임감 있는 소비자는 적극적인 역할을 수행
- ※ 순환경제 시스템에서는 지속 가능성 개념을 최대한 활용하여, 사용되는 에너지원은 깨끗하고 재생 가능하고, 자원 사용과 소비가 효율적이며, 환경 추출부터 산업 전환, 최종 소비자에 이르기까지 재료의 수명 주기 전반에 걸쳐 폐기물 및 오염 제로를 목표로 수명이 다한 재료는 산업 공정으로 재활용하거나, 처리된 유기 잔여물의 경우 자연 재생 주기에 따라 안전하게 환경으로 되돌아가는 방식으로 운영

〈 그림 3 〉 순환경제의 개념



※ 출처 : Martin Geissdoerfer 등, Circular business models: A review

- EU는 지구 착취와 분리된 순환경제로의 전환을 달성하기 위해 Digital Product Passport(DPP)를 도입하여 추진할 계획을 발표
 - DPP는 제품에 대한 투명성을 높이고 재활용성과 순환성을 높이기 위해 수명주기 전반에 걸친 제품 관련 데이터를 개방 공개하는 규제를 도입하여 2026년 이후 DPP 규정을 적용

▶ 탄소중립과 순환경제 전환에 기여할 수 있는 디지털 기술을 살펴보고, 디지털 기술의 역할과 디지털 기술 기반의 탄소중립 추진 방향을 모색할 필요

〈참고 1〉 WEF Digital & Climate 등대(Lighthouse) 사례 ①

- 등대 사례는 주로 탄소배출량이 많으며, 저감효과가 큰 에너지 부문에 집중되어 있으며, 대부분 pilot 단계에 있어 본격적 확산까지는 상당한 시일이 소요될 것으로 전망

적용 기술	세부 내용
AI, 머신러닝	<p>① [에너지·석유가스/Pilot] 머신러닝을 활용해 석유·가스 산업의 에너지 효율성 향상</p> <ul style="list-style-type: none"> 이탈리아의 다국적 에너지 기업인 Eni는 머신러닝(ML)을 사용하여 석유 및 가스 시설의 에너지 성능을 개선 Eni의 에너지 분석 도구는 산업 플랜트의 실시간 에너지 소비 데이터를 모니터링하고, 통합 ML 알고리즘을 통해 이 데이터를 과거 데이터와 비교하고 이상 징후를 감지 미래의 소비 패턴을 예측하고 장비의 예지보전을 통해 에너지 소비와 CO₂ 배출을 감소
양자컴퓨팅	<p>② [에너지/Pilot] 탄소 포집을 위한 양자 컴퓨팅을 활용</p> <ul style="list-style-type: none"> 프랑스의 에너지 다국적 기업인 Total Energies는 새로운 탄소 포집 소재를 개발하고 배치하기 위해 세계 최대 양자 컴퓨팅 기업인 Quantinuum과 협력 슈퍼컴퓨터로도 할 수 없는 고도로 복잡한 금속 유기 프레임워크(MOF)를 시뮬레이션하여 개발을 가속화하기 위해 양자 컴퓨팅을 이용해 탄소 포집의 판도를 바꾸고자 노력 ※ MOF는 표면 면적을 모두 더하면 기존의 다공성 소재들 보다 표면적이 4~5배, 솟보다 10배 이상 높으며, MOF 1그램의 표면적 크기는 10개 이상의 테니스 코트를 붙여놓은 것과 같음
디지털 트윈, IoT(사물인터넷), 클라우드 및 엣지컴퓨팅	<p>③ [에너지·재료/Pilot] 디지털 트윈을 배포하여 탄소중립 부동산을 조성</p> <ul style="list-style-type: none"> 인도의 거대 부동산 기업인 RMZ Corp는 2032년까지 탄소 배출 제로 목표를 달성하기 위해 IoT 센서와 Edge 컴퓨팅의 데이터와 분석을 활용하는 디지털 트윈을 구축 RMZ는 디지털 트윈의 시뮬레이션을 통해 효율적 에너지 관리와 선제적 유지 관리 수행 RMZ가 인도 열대 지방에서 태양광 패널 설치 및 운영을 최적화하여 회사의 사무실 건물과 물류 단지 전체에서 Scope 1 및 2 배출량에 대한 탄소 배출 제로 운영을 지원 기존 대비 25%의 에너지 절감과 함께 연간 백만 평방피트당 8,000톤의 CO₂ 배출량을 줄일 수 있을 것으로 예상하며 에너지 절감을 통해 운영 비용도 절감
디지털 트윈, 빅데이터 분석	<p>④ [에너지/Pilot] 아메리칸 타워 아프리카는 디지털 트윈으로 에너지 소비를 줄임</p> <ul style="list-style-type: none"> 무선 통신 제공업체인 American tower Africa는 남아공의 AI 스타트업과 제휴하여 전력 및 에너지 자산을 위한 디지털 트윈 솔루션을 구축 나이지리아에서 운영 중인 아메리칸 타워의 디젤 발전에 대한 다년간 데이터 기반의 디지털 트윈을 구축하여 전력 소비를 줄이고 운영 성능을 개선하며 유지보수를 개선 이 모델을 아메리칸 타워의 5,200개 사이트에 이 기술을 적용하면 디젤 연료 소비량 61만 리터, 가동 중단 시간 3,651시간 감소, 발전기당 수명 2,496시간을 추가로 절약할 수 있을 것으로 예측
IoT, AI 및 머신러닝, 디지털 트윈, 클라우드 및 엣지컴퓨팅	<p>⑤ [에너지·재료/Pilot] 지능정보기술을 활용한 풍력 발전소의 탄소 발자국 감소</p> <ul style="list-style-type: none"> 영국의 디지털 기업인 Arup 그룹의 디지털 솔루션은 주요 해상 풍력 발전 단지인 London array가 탄소 발자국을 획기적으로 줄이는 데 도움 지속적인 모니터링과 시나리오 모델링을 위해 인공 지능과 스마트 센서를 사용하는 아럽의 솔루션은 런던 어레이의 가동 수명을 최소 10년 이상 연장 또한 운영 및 유지보수를 더욱 효율적으로 개선하여 수명주기 동안 탄소 배출량이 15% 감소하고 연간 2,500만 달러의 가치가 추가로 창출될 것으로 예상
AI 및 머신러닝, 빅데이터 분석	<p>⑥ [재료/Pilot] 디지털 기술을 활용한 초고층 빌딩의 건물 재료 변경으로 탄소배출 저감</p> <ul style="list-style-type: none"> 건물의 거대한 탄소 발자국의 대부분은 콘크리트나 강철과 같은 특정 재료를 사용하면서 발생 Arup 그룹은 디지털 기술을 도입하여 이러한 자재를 지속가능한 목재 하이브리드로 대체 Arup의 솔루션은 머신러닝 알고리즘이 내장된 3D 및 유한요소법(FEM) 모델을 생성하여 암스테르담의 새로운 초고층 빌딩에서 강철과 콘크리트를 목재 하이브리드로 대체 그 결과, 21층 높이의 주거용 건물인 Haut는 기존 고층 건물에 비해 건설부터 폐기까지 건물의 수명 주기 동안 배출되는 CO₂를 측정하는 '체화 탄소'가 50% 더 적음
AI, 빅데이터 분석, 자동화, 클라우드 및 엣지컴퓨팅	<p>⑦ [에너지/대규모 확산] AI와 빅데이터 분석을 통해 쇼핑물의 탄소 발자국을 줄임</p> <ul style="list-style-type: none"> 캐나다의 BrainBox AI는 호주의 한 쇼핑물의 탄소 배출량과 운영 비용을 절감하기 위해 자율 AI, 클라우드 컴퓨팅 및 맞춤형 알고리즘을 통해 시설의 HVAC(난방/환기/냉방)를 개선 건물 분석, 지역 날씨 데이터, 쇼핑물의 전기 요금 구조를 통합하는 맞춤형 전략을 수립·적용하여 HVAC 장비 가동 시간과 전체 에너지 소비를 모두 절감 현재 이 쇼핑물은 HVAC 전기 비용을 16% 절감하고 매년 32톤의 CO₂ 배출량을 감축

※ 출처 : WEF Digital and Climate 웹페이지

〈참고 1〉 WEF Digital & Climate 등대(Lighthouse) 사례 ②

적용 기술	세부 내용
IoT, 센서 및 이미징, AI 및 머신러닝, 디지털 트윈, 빅데이터 분석, 클라우드 및 엣지컴퓨팅	<p>⑨ [에너지/재료/Pilot] 디지털 물 관리로 석유화학 플랜트의 온실가스 배출량을 저감</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ecolab은 디지털과 스마트 물 관리 기술을 결합하여 석유화학 공장의 에너지 효율과 생산성을 제고 • 물을 이동, 처리, 가열하는 데는 에너지가 필요하므로 기업이 운영 전반에 걸쳐 물 사용량을 파악하면 에너지 소비와 온실가스 배출을 줄이며 비용을 절감할 수 있음 • 에코랩의 플랫폼과 제어 솔루션은 석유화학 플랜트에서 세부 데이터를 수집하여 디지털 트윈을 구축 • AI를 사용하여 공장의 물 사용량을 모니터링하고 의사 결정자가 생산성과 지속 가능성을 극대화하기 위한 조치를 할 수 있도록 지원
클라우드 및 엣지컴퓨팅	<p>⑩ [에너지/대규모 확산] 클라우드 인프라로 온실가스 배출량을 줄임</p> <ul style="list-style-type: none"> • 다국적 발전 및 배전 회사인 Enel은 클라우드 기반 인프라를 완전히 수용하여 온실가스 배출량과 에너지 사용량을 크게 감축 • 현장 IT 인프라를 클라우드 모델로 대체함으로써 Enel은 더 이상 서버 냉각과 같은 에너지 집약적인 운영이 필요하지 않게 되었으며, 그 결과 에너지 소비가 16% 감소하고 CO₂ 배출량이 88% 감소
센서 및 이미징, AI 및 머신러닝, 빅데이터 분석, 클라우드 및 엣지컴퓨팅	<p>⑪ [에너지/Pilot] AI와 빅데이터 분석을 통해 파력 발전 에너지 추출 및 생산 확대</p> <ul style="list-style-type: none"> • 휴렛팩커드 엔터프라이즈(HPE)와 카네기 클린 에너지는 파력발전이 가진 잠재력을 현실화하기 위해 협력 • 카네기는 HPE의 슈퍼컴퓨터와 AI 전문가를 통해 파동 물리학을 모델링하고 각 파동에서 최대 에너지를 추출 • 파도의 움직임을 그리드에 사용할 수 있는 청정에너지로 전환하여 현재 지구가 필요로 하는 에너지의 5배를 생산할 수 있는 부유식 구조물을 만드는 것이 목표
AI, 디지털 트윈	<p>⑫ [에너지/대규모 확산] AI와 디지털 트윈으로 세계 최대 재생 에너지 발전소를 운영</p> <ul style="list-style-type: none"> • 기술 및 통신 공급업체인 화웨이와 황허 수력 발전소 간의 파트너십을 통해 건설된 2.2GW 규모의 태양광 발전소는 태양열을 통해 연간 약 50억 킬로와트시의 청정 전기를 생산 • 지능형 및 디지털 기술은 에너지 생산량을 2% 이상 개선하고, 운영 및 유지보수 효율성을 50% 이상 높이며, 에너지 비용을 절감하는 데 도움
자동화, 클라우드 및 엣지컴퓨팅	<p>⑬ [에너지/대규모 확산] 에너지 친화적인 빌딩을 위한 커넥티드 솔루션을 적용하여 전기 생산</p> <ul style="list-style-type: none"> • 북반구에서 가장 에너지 효율이 높은 건물인 Powerhouse Brattørkaia(브라토르카이아)는 그 자체로 발전소이자 차세대 스마트 빌딩 (계절에 따라 일조량이 크게 달라지는 적도 북쪽 63°에 위치한 노르웨이 트론헤임에 위치) • 빌딩용 소방, HVAC(난방, 환기, 냉방) 및 보안 장비의 다국적 공급업체인 Johnson Controls가 지은 브라토르카이아 발전소는 오픈볼루의 커넥티드 솔루션 제품군을 활용 • 솔루션은 약 3,000㎡에 달하는 태양열 패널의 에너지 소비 및 발전을 포함하여 운영을 최적화 • 이 건물은 연간 소비량의 약 2배에 달하는 50만 kWh의 청정 에너지를 생산하며, 지역 마이크로 그리드를 통해 주변 건물, 전기 버스, 자동차 및 선박에 재생 에너지를 공급
IoT, 센서 및 이미징, AI 및 머신러닝, 클라우드 및 엣지컴퓨팅	<p>⑭ [에너지/대규모 확산] 인공위성과 클라우드 기술로 천연가스 공급 과정에서 메탄 배출 감소</p> <ul style="list-style-type: none"> • 천연가스 공급 시스템의 메탄 누출을 줄이기 위해 마이크로소프트는 에너지 기업 및 액센츄어와 협력 • 위성을 활용하여 실시간으로 누출을 감지 추적한 다음 클라우드 플랫폼에 데이터를 제공 • 이 플랫폼을 통해 더 신속하게 대응하여 누출을 차단할 수 있으며, AI 및 고급 데이터 분석을 통해 향후 누출을 방지하는 데 도움이 될 수 있는 예측 인사이트를 제공하여 온실가스 배출 저감에 기여
AI, 빅데이터 분석, 자동화	<p>⑮ [에너지/대규모 확산] 엣지 컴퓨팅과 AI로 채굴을 더욱 친환경적으로 지원</p> <ul style="list-style-type: none"> • 마이크로소프트는 금속 추출 및 생산을 전문으로 하는 스웨덴 회사와 제휴하여 클라우드 인프라, IoT 센서, 엣지 컴퓨팅, AI 기반 컴퓨터 비전으로 채굴을 더욱 지속 가능하게 지원 • 이 정교한 데이터 수집, 데이터 공유 및 데이터 분석 도구 모음은 광산, 우물, 댐 및 기타 구조물에 대한 자동화된 24시간 모니터링과 인사이트를 제공 • 이를 통해 현장 관리자는 안정성을 더 잘 평가하고, 사고를 예방하고, 환경 영향을 제한할 수 있음 • 또한 이러한 데이터와 분석은 더 안전하고 생산적이며 진정으로 지속 가능한 채굴을 위한 장기 전략을 수립하는 데 필요한 혁신적 운영을 위한 새로운 관점을 제공
IoT, 빅데이터 분석, 자동화	<p>⑯ [모빌리티/이디더 구제화] IoT 및 빅데이터 분석을 통해 조선산업 넷제로 달성</p> <ul style="list-style-type: none"> • IoT 센서, 자동화 및 빅 데이터 분석을 통해 해운 대기업인 미쓰이 O.S.K(조선)는 곧 온실가스 배출량을 줄이기 위해 노력 중 • 데이터 수집, 데이터 전송 및 데이터 분석을 업그레이드하기 위해 이러한 기술을 적용 • 목표는 선박 운항을 더 잘 모니터링하고, 운항을 최적화하여 온실가스 배출을 줄이고, 에너지 절약 장치에 대한 새로운 기회를 도모 • 데이터 시각화를 통해 조선소, 공급업체 및 연구소와 함께 가스 배출을 저감 방법을 모색 • 이 프로젝트는 미쓰이조선이 2050년까지 탄소중립 목표를 달성하는 데 도움이 될 것으로 예상

※ 출처 : WEF Digital and Climate 웹페이지

〈참고 1〉 WEF Digital & Climate 등대(Lighthouse) 사례 ③

적용 기술	세부 내용
5G, IoT, 자동화, 클라우드 및 엣지컴퓨팅	<p>⑯ [에너지/Pilot] 지능형 초효율 에너지 마이크로그리드를 구축하여 에너지 절감</p> <ul style="list-style-type: none"> 독일 대기업이자 유럽 최대 산업 제조업체인 지멘스는 비엔나에 위치한 기업 캠퍼스에 에너지 효율이 매우 높은 첨단 마이크로그리드를 도입 지멘스 마이크로그리드 컨트롤러, 태양광 발전, 전자 충전 인프라, 배터리 스토리지, 노키아가 공급한 Private Wireless 네트워크 덕분에 지멘스 캠퍼스 마이크로그리드는 연간 약 100톤의 탄소 배출량을 줄이는 동시에 피크 전력 사용량도 감축 이 프로젝트는 지능형 부하 관리가 기존 그리드를 확장하지 않고도 전기 모빌리티와 태양광 발전을 통합할 수 있는 방법을 제시
IoT, 센서 및 이미징, AI 및 머신러닝, 디지털 트윈, 빅데이터 분석, 자동화, 클라우드 및 엣지컴퓨팅	<p>⑰ [에너지/대규모 확산] IoT 지원 디지털 아키텍처는 넷제로 빌딩을 구현</p> <ul style="list-style-type: none"> 프랑스 그르노블의 디지털 에너지 및 자동화 솔루션업체인 슈나이더 일렉트릭이 건설한 IntenCity 빌딩은 평방미터당 에너지 사용량이 유럽 평균의 약 11%에 불과 슈나이더의 IoT 지원 에코스트럭처 솔루션과 end to end 디지털 아키텍처를 기반 4,000㎡의 태양광 패널과 풍력 터빈을 통해 스마트 그리드에 대응하고 에너지를 자급자족하는 IntenCity는 모니터링을 위해 건물의 자체 BIM(빌딩 정보 모델링)을 구축 운영
IoT, 센서 및 이미징, 빅데이터 분석, 자동화, 클라우드 및 엣지컴퓨팅	<p>⑱ [에너지/Pilot] AI와 클라우드를 통해 천연가스를 더 친환경적으로 생산</p> <ul style="list-style-type: none"> 셸은 AI, 클라우드, 데이터를 혁신적으로 활용하여 LNG에서 발생하는 온실가스 배출량 감축 노력 압력, 온도, 유량을 측정하는 센서의 현재 및 과거 정보를 포함한 방대한 양의 데이터를 클라우드에 통합하고, AI가 데이터를 분석하여 미세 조정함으로써 CO₂ 배출을 최소화 예를 들어, 한 LNG 플랜트에서는 이 '실시간 프로세스 옵티마이저'를 통해 플랜트가 최대 용량으로 가동될 때 발생하는 비등 가스 플레어를 70%까지 감축 Shell은 이 솔루션을 LNG 운영 전반에 걸쳐 확장하여 탄소 발자국을 낮추기 위해 노력
센서 및 이미징, 디지털 트윈, AI 및 머신러닝, 빅데이터 분석	<p>⑲ [에너지/Pilot] AI와 빅데이터로 석유화학의 지속 가능성을 높임</p> <ul style="list-style-type: none"> 터키의 원유 정제 및 석유화학업체인 Tupas는 AI와 빅데이터를 통해 운영 방식을 혁신 정유, 제조, 물류, 판매 등 모든 단계에서 AI로 강화된 데이터 수집, 분석 및 배포 이 데이터를 분석하고 운영팀과 협업하여 에너지 소비와 탄소 배출을 최소화 제조 공장과 장비의 디지털 트윈을 생성하여 운영 및 환경을 더욱 개선
IoT, 센서 및 이미징, AI 및 머신러닝, 디지털 트윈, 빅데이터 분석, 자동화, 클라우드 및 엣지컴퓨팅	<p>⑳ [에너지/대규모 확산] 배터리, 클라우드 및 엣지 기술로 재생 에너지 그리드 지원</p> <ul style="list-style-type: none"> 스웨덴의 다국적 에너지 기업인 Vattenfall은 바람과 태양과 같은 간헐적인 에너지원에 의존하는 재생 에너지의 생산량 확보를 위한 안정적인 전력망 구축과 및 에너지 공급을 지원 바텐폴의 산업용 배터리는 클라우드 및 Edge 기술과 결합하여 전력망이 미래의 수요를 위해 더 많은 에너지를 저장하고, 안정성을 유지하며, 한겨울에도 필요할 때 에너지를 공급 재생 에너지를 통합하기 위해 그리드를 업그레이드 할 필요성을 줄여줌으로써 재생 에너지 투자를 유발하고, 최종 사용자에게 더 저렴한 전기 요금을 제공
IoT, 센서 및 이미징, AI 및 머신러닝, 빅데이터 분석	<p>㉑ [식품·농업/Pilot] 디지털 온실가스 계산기를 통해 지속 가능한 식량의 미래 개척</p> <ul style="list-style-type: none"> 노르웨이의 비료기업 Yara 인터내셔널은 농부들이 지속 가능한 방식으로 전 세계에 식량을 공급할 수 있도록 지원 광물질 비료의 주요 생산업체인 야라는 반세기에 걸친 작물 영양 R&D, 농업 모델링 및 디지털 농업 기술을 기반으로 농부들을 위한 디지털 온실가스 배출량 계산기를 개발 농부들은 토양, 작물, 종자, 비료와 같은 주요 변수를 입력하고 배출량 시뮬레이션을 수행한 후 질산염 기반 제품 등 보다 지속 가능한 생산을 추구 이를 통해 탄소 발자국을 줄이는 데 관심이 있는 많은 기업과 소비자로부터 프리미엄 획득 가능 이 계산기는 현재 프랑스의 유채 재배 농가에서 사용 야라는 이 계산기의 사용을 확대하기 위해 식품 및 재생 에너지 기업과의 협업 노력

※ 출처 : WEF Digital and Climate 웹페이지

〈참고 1〉 WEF Digital & Climate 등대(Lighthouse) 사례 ④



ENERGY & UTILITIES, ENERGY, OIL & GAS

Eni's machine learning tool enhances energy efficiency in oil & gas industry



ENERGY

Quantinuum and TotalEnergies advances on quantum computing for carbon capture



ENERGY, MATERIALS

RMZ Corp deploys digital twins to help create net zero real estate



ENERGY

American Tower Africa cuts energy consumption with digital twins



ENERGY, MATERIALS

Arup Group helps reduce carbon footprint of London Array wind farm



MATERIALS

Arup Group's digital tech cuts skyscraper emissions with timber-hybrid



ENERGY

Brainbox AI reduces a shopping mall's carbon footprint



ENERGY, MATERIALS

Ecolab's digital water management cuts greenhouse gas emissions



ENERGY

Enel slashes greenhouse gas emissions with cloud infrastructure



ENERGY

Hewlett Packard Enterprise and Carnegie Clean Energy team up for wave power



ENERGY

Huawei's AI and refined management help run world's largest renewable energy plant



MATERIALS

Johnson Controls deploys connected solutions for energy-positive building



ENERGY

Microsoft cuts methane emissions with satellites and cloud tech



ENERGY

Microsoft makes mining greener with edge computing and AI



MOBILITY

Mitsui advances toward net zero shipping with IoT and big data analytics



ENERGY

Nokia and Siemens create intelligent, ultra-efficient energy microgrid



ENERGY

Schneider Electric's IoT-enabled digital architecture creates net zero building



ENERGY

Shell makes natural gas greener with AI and cloud



ENERGY

Tupras makes petrochemicals more sustainable with AI and Big Data



ENERGY

Vattenfall's battery, cloud and edge technology make the grid renewable-ready



FOOD & AGRICULTURE

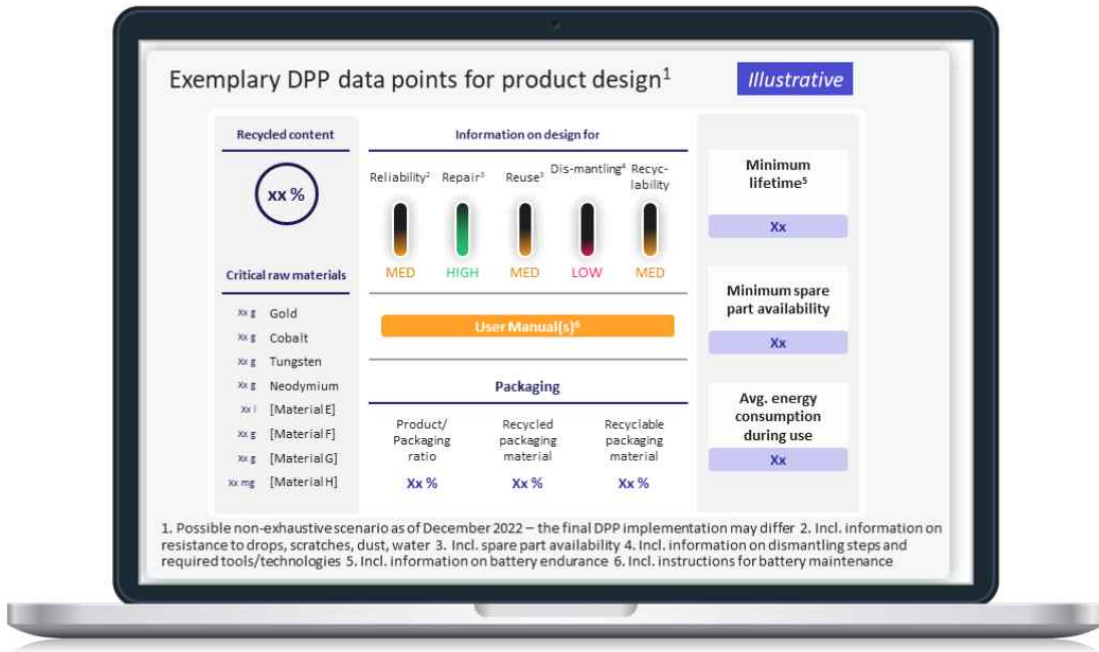
Yara International helps build a sustainable future for food

※ 출처 : WEF Digital and Climate 웹페이지

〈 참고 2 〉 EU Digital Product Passprot를 대응하는 기업의 준비

- EU 집행위(EC)는 지속 가능한 친환경 설계를 위한 제품규정(ESPR)을 마련하고, 전자, 자동차, 섬유, 플라스틱, 건설 및 건물, 화학물질 등 우선순위를 설정하여 DPP를 추진

분야	설명
데이터 수집 표준화	<p>제품 생산 활동 전반에 걸친 데이터 수집 및 확보와 표준화를 통한 품질 개선</p> <ul style="list-style-type: none"> • 자재 명세서, 디자인 정보, 패키징 데이터 등의 데이터를 수집하여 관리 • 사용 중 에너지 소비량, 최소 제품 수명 등의 정보를 포함 • 기업은 이미 현재 사용 가능한 제품 데이터를 평가하고 DPP 대응을 위해 누락된 데이터를 수집하기 위해 데이터 포인트를 매핑하고 기업 내외부와 협업하여 데이터 연계 활용 • 제품의 밸류체인 전반에 걸쳐 제품정보를 공유하기 위해 데이터를 표준화하고 품질을 개선 • 데이터 수집, 연계, 활용, 표준화 등에 신뢰와 협업을 제고하기 위해 데이터 거버넌스 구축
기술변화에 대한 예측과 적용	<p>효율성 제고, 프로세스 개선, 순환성 향상을 위해 디지털 기술을 활용</p> <ul style="list-style-type: none"> • 데이터 요구사항 충족, 데이터 활용성 제고, 상호 운용성 향상 등을 위해 잠재적인 기술 솔루션을 발굴 및 개발하고, 데이터 아키텍처, 인프라 등 디지털 기술변화를 예측 • DPP 도입으로 인한 향후 영향을 고려하여 기술 통합, 인프라구축 등 추가 투자를 결정, NGO 및 업계 전문가와 협력하여 업계 표준을 만들고 DPP 구현을 위한 테스트를 진행
고객 참여 확대 및 홍보	<p>고객 중심의 친환경 디자인과 기능 개선을 통해 만족도를 향상</p> <ul style="list-style-type: none"> • 제품 디자인 팀은 제품 사용 중 데이터를 수집하여 제품의 친환경 디자인과 기능을 개선 • 순환성 목표 달성을 위해 전부서가 협업하여, 고객 참여를 개선하고 제품의 지속가능성을 홍보



〈 [예시] 전자기기 수명주기 관점에서 데이터 요구사항을 반영한 DPP 대시보드 〉

※ 출처 : The EU Digital Product Passport shapes the future of value chains, Boston Consulting Group(2022)

디지털 혁신 전략은 사람과 지구를 핵심으로 삼아야 합니다.
저탄소 모델로의 전환은 21세기에 필수적이며, 데이터를 활용하여 프로세스를 개선하고 효율성을 혁신하며 환경에 미치는 영향을 줄여야 합니다.

- 안토니오 네리, Hewlett Packard Enterprise CEO -

II. 그린-디지털 전환 추진 방향

- 디지털 기술이 경제성장과 탄소중립의 Decoupling을 선도하는 역할을 수행
- 디지털 기술을 활용하여 탄소발자국 저감을 지원(Scope 3까지 관리)
- 새로운 방식의 소재 부품, 시스템 설계, 소프트웨어 기술 개발에 투자
- 데이터를 활용하여 프로세스를 개선하고 효율성을 혁신
- 민관 협업을 강화하고, 중소기업과 시민(소비자) 참여를 확산

< 그림 4 > 탄소중립과 관련된 디지털 기술과 디지털 기반 탄소중립



※ 출처 : 저자 작성

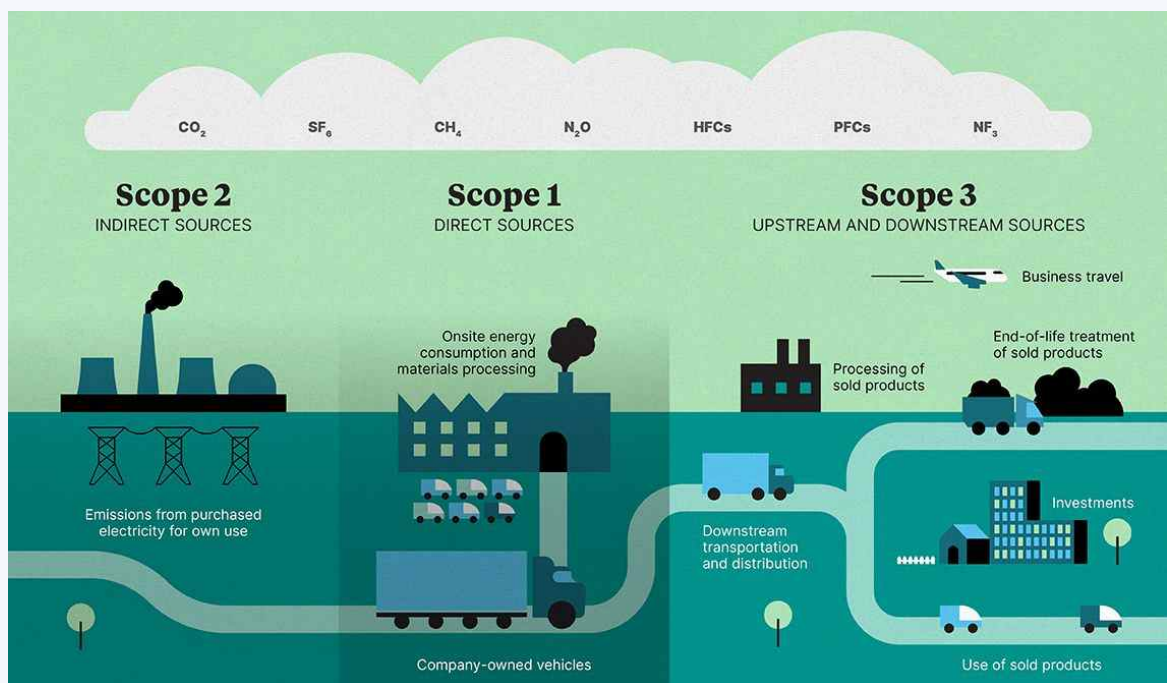
■ [경제성장과 탄소중립의 탈동조화] 우리 산업구조 및 ICT 관련 산업이 차지하는 비중을 감안하면 디지털 기술을 적극 활용해야만 탄소중립을 추구하는 과정에서 산업경쟁력의 하락을 막을 수 있음

- EU, 미국 등 선진국은 탄소중립을 새로운 무역장벽(녹색 보호주의)으로 삼고 'RE100' 등을 내세워 기업 및 정부 차원에서 전략적 활용
 - 최근 독일 완성차 업체가 'RE100 미충족'을 이유로 국내 자동차 부품기업과의 계약을 취소
- 우리나라가 강점을 가진 디지털 기술을 활용하여 탄소중립을 달성하고, 기존 산업의 경쟁력을 높여서 지속가능한 경제성장을 도모할 필요

■ [Scope 3까지 탄소발자국 저감] 기존 산업의 탄소 배출 저감을 지원하고, Scope 3까지 밸류체인 전반의 프로세스를 혁신할 수 있도록 관리

- 에너지, 원재료, 운송 및 모빌리티, 빌딩 등 탄소배출이 많은 산업의 배출량 저감, 효율성 제고, 순환성 등을 디지털 기술을 활용하여 혁신
- Scope 1(직접 배출)과 Scope 2(간접 배출)에 대한 탄소 배출 관리를 넘어서, Scope 3(전 주기 배출)에 대한 관리를 위해 데이터 수집, 활용과 인공지능 분석 등이 필요
 - 자동차 공장을 예로 들면, Scope 1 배출은 공장에서 연료를 연소할 때 발생하는 배출과 같이 자동차 생산에 따른 직접 배출이며, Scope 2 배출은 공장에 전력을 공급하기 위한 전기 구매로 인한 간접 배출이고, Scope 3 배출은 고객에게 자동차를 운송할 때 발생하는 배출, 고객이 자동차를 사용할 때 발생하는 배출, 수명이 다한 자동차를 폐기할 때 발생하는 배출이 포함

< 그림 5 > 탄소배출의 Scope 1 ~ 3

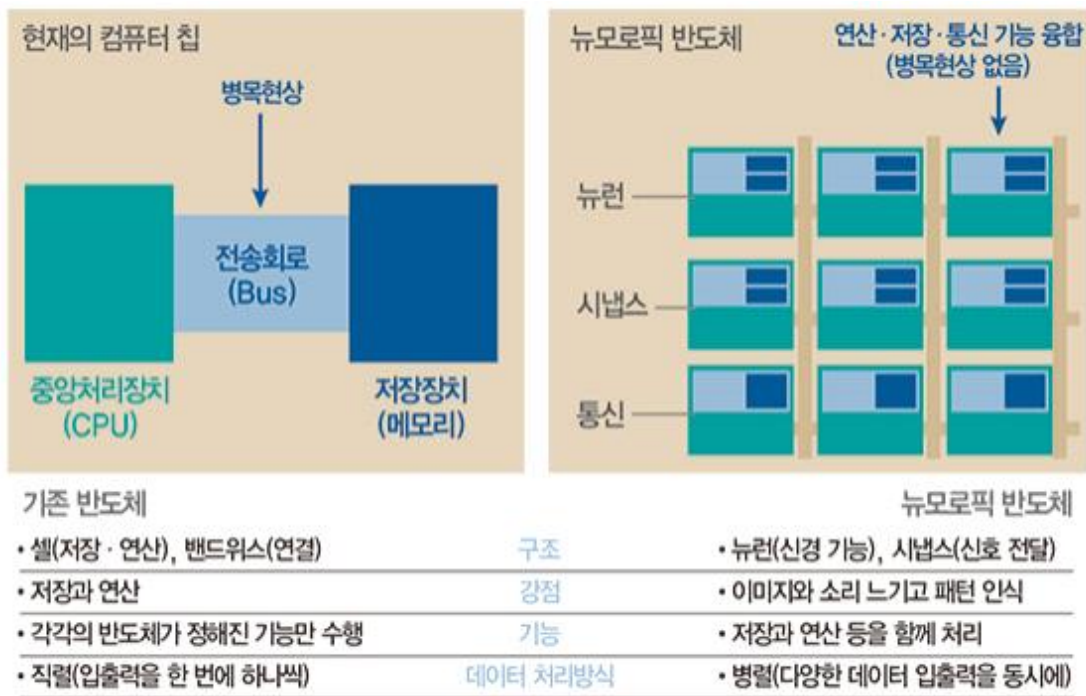


※ 출처 : Oliver Wyman Forum, There's no low-carbon future without cutting Scope 3 emissions

■ [새로운 디지털 기술 개발에 투자 확대] 탄소중립을 위해 에너지 효율 최적화, 탄소배출 저감, 에너지 사용 최소화 등을 위한 기술 개발에 투자 필요

- 인공지능 기술 발달로 데이터 센터 전력 사용이 급증하고, IoT 센서, 모바일 기기 사용 확대에 따라 늘어나는 에너지 사용에 대응하기 위한 R&D 투자 확대
 - 삼성전지도 2021년 PIM(Process in Memory) 칩을 개발하여 기존 GPU 가속기 대비 에너지 소모를 50% 감소, 삼성전자는 네이버와 같이 거대 AI에 최적화된 지능형 반도체 솔루션을 개발 중이며, 뉴모로픽 반도체는 2030년까지 개발할 계획
 - 최근 영국에서 데이터센터의 장비를 물속에 넣어 열을 식히고, 온수를 수영장에 공급한 것이 주목
 - 국내 업체도 유전체 용액을 사용하는 액침 냉각(Immersion cooling) 장비를 최근 개발

〈 그림 6 〉 기존 반도체와 뉴모로픽 반도체의 비교



※ 출처 : 매일경제, 반도체 턴어라운드 Part Ⅲ AI 반도체 | 인간두뇌 모방한 차세대 칩 '지능형 반도체' 시대 성큼

■ [데이터를 활용한 프로세스 개선] 탄소배출 및 탄소저감 활동 전반에 걸쳐서 데이터를 생산, 수집, 가공, 활용, 분석할 수 있도록 지원

- '통합 데이터 지도'와 연계한 '탄소중립 데이터' 수집 및 활용 지원, 탄소중립 데이터의 표준화 및 품질 확보 등을 통해 데이터 가용성을 확보
 - 과기정통부와 NIA는 [참고 7]과 같이 21개의 빅데이터 플랫폼을 구축 운영 중

- 국내 중소기업이 손쉽게 이용할 수 있도록 데이터 기반 활용 도구를 개발 지원하고, 공급망 전반의 신뢰성 있는 데이터 연계를 위한 보안을 강화
 - 중소기업이 저비용으로 자체 탄소배출량을 측정할 수 있는 모듈을 개발 지원하고, 제품별로 측정 기술을 실증 및 운영할 수 있는 시범사업 및 리빙랩 지원
- EU의 디지털 제품 Passport(DPP) 등 순환경제 전환에 대응하기 위해 이와 관련된 데이터 거버넌스를 수립하고, 데이터 구축 및 수집, 표준화 및 연계, 활용 등을 강화할 필요
 - EU 집행위(EC)는 지속 가능한 친환경 설계를 위한 제품규정(ESPR)을 마련하고, 전자, 자동차, 섬유, 플라스틱, 건설 및 건물, 화학물질 등 우선순위를 설정하여 DPP를 추진
 - DPP에는 자재 명세서, 디자인 정보, 패키징 데이터 등의 정보, 사용 중 에너지 소비량, 최소 제품 수명 등이 포함되어 제품의 환경 영향을 가시화하고, 순환 설계(예: 재활용성을 고려한 설계)와 폐쇄 루프 활동(예: 수리, 리퍼비시) 등 제품의 순환성을 확장

〈 그림 7 〉 EU 디지털 제품 Passport 기재내용(예시)



※ 출처 : Simen Kjellberg, Prepare Now for the EU Digital Product Passport

■ [민관 협업 강화 및 참여 확산] 민간 중심 추진 및 중소기업, 소비자 참여 유도

- 대기업, 중소기업, 스타트업 민간 중심으로 추진하기 위해 협의체를 운영하고, 전문기관을 통해 지속적인 사업 추진 및 관리를 진행할 필요
 - 과기정통부는 통신업체, 인터넷 업체 등과 함께 '디지털 탄소중립 협의회'를 출범(21.12) 운영 중
- 중소기업 역량 강화를 위한 컨설팅 등을 지원하고, 소비자 참여 확대를 위해 탄소배출 정보 표시, 데이터 기반 에너지 사용 정보 제공 등을 추진
 - EU의 DPP 추진과정을 지속적으로 모니터링하여 DPP에 부합하도록 기준을 마련

〈참고 3〉 [EU] Green Transition을 지원하는 디지털 기술

분야	설명	포함된 주요 기술
AI 및 스마트 로봇틱스	AI와 스마트 로봇틱스는 환경을 분석하고 목적을 달성하기 위해 어느 정도의 자율성을 가지고 행동하는 일련의 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 이미지, 비디오, 오디오 처리 • 가상 어시스턴트 및 추천 시스템 • 로봇 공정 자동화 및 자율주행 차량 • 머신 및 딥 러닝
데이터 기반 기술	데이터 주도형 기술은 대량의 데이터를 활용하여 통찰력을 제공하고 예측, 권장 사항을 생성하고 조치	<ul style="list-style-type: none"> • 기술적 분석 및 데이터 시각화 • 예측 분석 및 시뮬레이션 • 알고리즘 기반 의사 결정
사물 인터넷 (IoT)	사물인터넷은 센서가 내장된 물리적 개체 집합이 네트워크에 연결되어 정보를 송신	<ul style="list-style-type: none"> • 모바일 및 웨어러블 디바이스 • 스마트 센서 및 디바이스 • 지리적 위치 기술
컴퓨팅 인프라	컴퓨팅 인프라는 데이터 저장 및 처리, 네트워킹, 시뮬레이션 및 시각화와 같은 IT 작업을 수행하기 위한 하드웨어 및 소프트웨어 양자 컴퓨팅은 고전 컴퓨터 및 슈퍼컴퓨터와는 크게 다른 새로운 패러다임으로, 새로운 인프라와 알고리즘을 제안	<ul style="list-style-type: none"> • 고성능 컴퓨팅 • 클라우드 컴퓨팅, 엣지 컴퓨팅, 양자 컴퓨팅 • DNA 디지털 데이터 저장 • 그래핀 기반 트랜지스터 • 분산 컴퓨팅
통신기술	단거리 및 장거리로 정보를 주고받을 수 있게 하는 하드웨어 및 소프트웨어 요소	<ul style="list-style-type: none"> • 5G 및 6G 네트워크, 모바일 장치 • IPv6 • Wi-Fi, WiMAX, LoRa, 블루투스, 위성 통신, 드론
소프트웨어 및 서비스 기술	소프트웨어 및 서비스 기술은 소프트웨어 제품의 개발, 유지 보수 및 배포와 관련된 특정 산업의 활동을 포함 비즈니스 지원 서비스, 기술 지원 및 교육, 공학, 컨설팅 및 문서 작성도 포함	<ul style="list-style-type: none"> • API, 웹 서비스 및 마이크로 서비스 • 산업용 프로세스 및 기계 프로그래밍 및 임베디드 시스템 • 3D/4D 프린팅 • 마이크로프로세서 및 나노 기술
분산 원장 기술	분산 원장 기술은 자산 거래를 분산 방식으로 기록하는 기술. 기록은 동시에 여러 장소에서 발생	<ul style="list-style-type: none"> • 암호화폐 • 스마트 계약 • 분산 금융, 토큰화된 경제
Bio-기반 및 뉴로모픽 컴퓨팅	바이오 기반 및 뉴로모픽 컴퓨팅 분야는 인체와 뇌의 연결과 이 연결을 디지털 수단을 통해 이해, 시각화 및 자극하는 방법을 탐구	<ul style="list-style-type: none"> • Mind to Machine, Machine to Mind • 전기 자극, 감각 재건 • 뉴로모픽 패러다임
확장 현실 및 메타버스	주어진 인지적 및 정보적 프레임에서 정보의 확장 및 출처 증강, 현실 세계의 시뮬레이션, 증강 또는 가상 현실을 시각화 및 상호작용, 완전히 상호작용적이며 실감할 수 있는 몰입 환경 구축 등을 포함	<ul style="list-style-type: none"> • 소셜 컴퓨팅 • 증강 현실, 가상현실, 융합현실 • 인터랙티브 홀로그램 • 증강 환경, 몰입형 환경 • 아바타화
기타	기존 분류 포함되지 않는 새로운 디지털 기술	새로운 디지털 기술

※ 출처 : EU, Towards a GREEN and DIGITAL Future

〈참고 4〉 [EU] Green Transition을 지원하는 디지털 기술의 기능과 역할

분야	설명
모니터링과 추적	<p>모니터링 및 추적은 실시간으로 정확한 지식을 제공 가능</p> <ul style="list-style-type: none"> • 디지털 기술은 탄소 배출, 생태계 상태 및 자재의 흐름을 모니터링 가능 • 순환 경제에서 디지털 추적기술은 재사용 및 재활용을 위한 가능하게 함 • 스마트 센서나 통신 센서는 환경의 상태(예: 대기 또는 수질)에 대한 실시간 정보 제공 • 디지털 인프라와 AI에 결합한 데이터는 의사 결정을 쉽게 하고 환경 문제 대응 가능 • 데이터 분석 결과, 알고리즘 및 통찰력은 지속 가능 발전을 위한 환경 정보를 제공
시뮬레이션과 예측	<p>시뮬레이션과 예측은 효율성 향상 가능</p> <ul style="list-style-type: none"> • 디지털 시뮬레이션을 통해 제품의 전 생애주기에 대한 지식을 확보 가능 • 환경적인 영향을 개선하고, 노후화로 이어지는 결함 지점 수리 및 업그레이드를 개선 • 예를 들어 <ul style="list-style-type: none"> - 건물의 컴퓨터 모델은 생애주기 동안 에너지 소비를 줄이기 위한 대안적인 냉각 방법을 테스트 - 날씨나 전기 수요 등의 예측은 에너지 그리드의 수요와 공급을 균형을 맞추어, 중단을 예방하고 위기 상황에 대비 - 예측 유지보수에서는 수리가 필요한 시기를 알 수 있어 기계의 다운타임을 피하는 것이 가능 - 건물 난방에서는 스스로 학습하는 스마트한 온도 조절기가 사용자 습관을 이해하고 난방 주기를 최적화 - 교통관리 시스템은 실시간 데이터를 활용한 디지털 트윈을 통해 현재 상황에 따른 경로 최적화 가능.
가상화	<p>가상화는 산업을 변화시키고 환경의 영향을 감소시킴</p> <ul style="list-style-type: none"> • 가상화는 전자책, 비디오 회의, 가상 현실 경험 또는 디지털 프로토타입 등으로 기존 방식 대체 • 확장된 가상 현실 기술은 더 많은 서비스, 생산 또는 소비 활동을 온라인으로 이동 • 가상화는 온라인 쇼핑, 이벤트 및 콘서트 증가와 같은 다른 분야로의 발전을 포함 • 소매업을 예로 들면, 실제 매장에서 수요가 감소할 수 있으나, 상품의 배송 및 반품을 위한 운송 수요는 증가할 것으로 예상 • 가상화는 사람들이 행동을 변경하고 새로운 솔루션에 적응하기를 원하는 소비자의 의지에 기반
시스템 관리	<p>디지털 기술을 사용한 시스템 관리는 증대된 복잡성에 대한 대처를 도움</p> <ul style="list-style-type: none"> • 산업계에서 AI 기술의 성공적인 도입은 생산과정을 더욱 효율적이고 자원 소모 감소 • 현실 데이터 기반 디지털 트윈 기술은 기계와 시스템의 스마트하고 효율적인 관리 지원 • 예를 들어 <ul style="list-style-type: none"> - 스마트시티는 녹색과 디지털 전환을 체계적인 방식으로 어떻게 이루어질 수 있는지를 보여줌 - 도시 시스템에 적용된 IoT와 AI와 같은 다양한 기술의 결합은 혁신적인 비즈니스 모델, 새로운 서비스, 그리고 더 나은 자원 관리를 촉진 - 에너지 분야에서 '스마트' 전력 그리드는 소비자 사용량(예: 전기 자동차 충전, 배터리 충전)을 관리하고, 발전량을 균형 있게 조절하며, 수요를 조절하여(peak shaving, valley filling) 전력 그리드 용량을 최적화함. - GIS와 대시보드를 활용한 데이터 시각화는 데이터를 이해하고 해석하는 능력을 향상
새로운 상호작용	<p>정보통신기술은 새로운 수준의 상호작용을 가능하게 함</p> <ul style="list-style-type: none"> • 현대의 정보통신기술은 거의 제한 없는 정보 수집 및 전파가 가능하도록 기회를 제공하며, 사용자 행동에 긍정적인 영향을 줄 수 있는 잠재력을 가짐 • 예를 들어, 라벨 및 스마트 패키징은 제품의 환경적인 이동 추적과 '전체 비용'을 확인 • 디지털 플랫폼은 특정 제품의 공급 및 수요 매칭을 제공할 수도 있음. • 모든 개인은 비즈니스 주체가 되어 자신의 에너지, 사용된 또는 사용하지 않은 제품 및 차량을 공유하고 거래할 수 있음

※ 출처 : EU, Towards a GREEN and DIGITAL Future

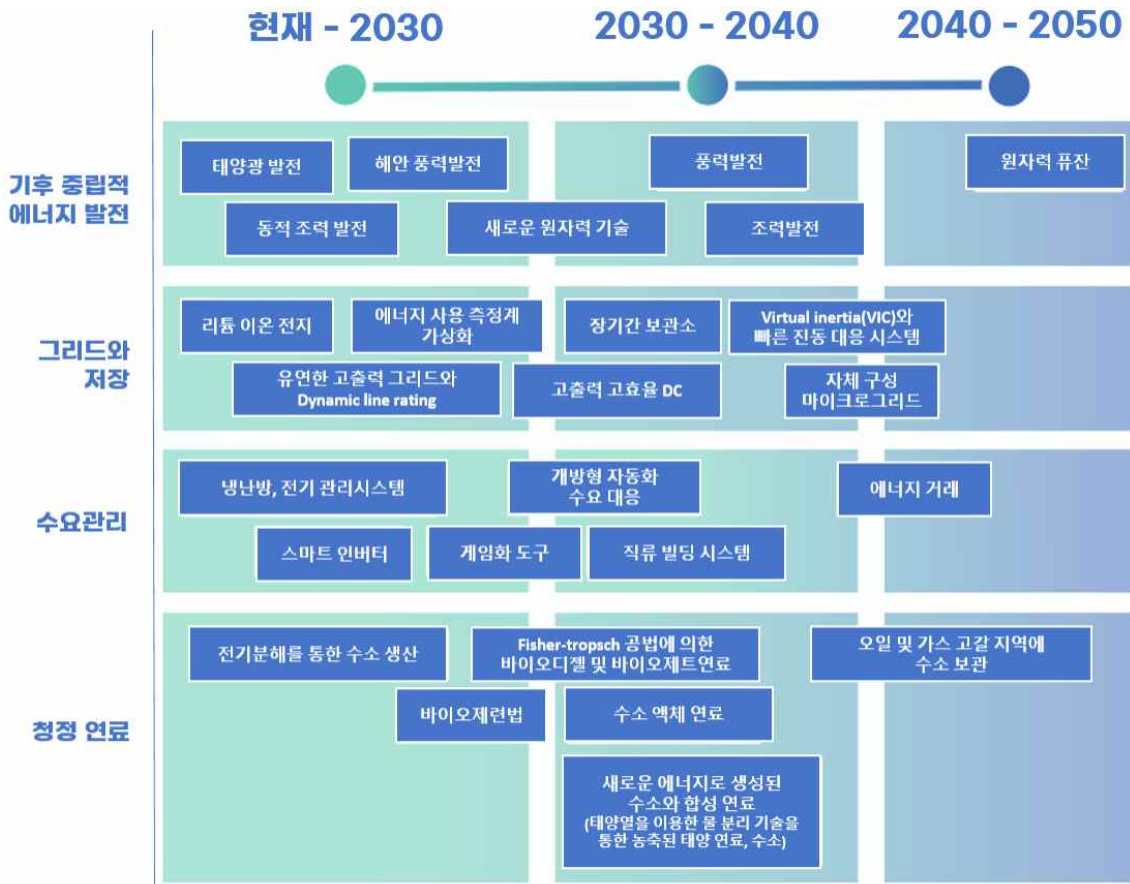
〈 참고 5 〉 [EU] Green Transition을 위한 주요 요구사항

적용 기술	세부 내용
사회적	<p>공정한 전환 보장 예를 들어, 디지털 격차를 극복하고 사회 취약 계층에게 혜택이 돌아가지 않는 보조금을 피하는 등 사회 전체가 두 가지 전환의 혜택을 누려야 함</p> <p>변화의 필요성에 대한 사회적 합의 강화 Twin Transition에 맞도록 상식적 행동과 가치를 바꾸기 위한 인식과 포용적인 사회적 토론이 필요</p> <p>개인정보 보호와 윤리적 사용 보장 익명화를 통해 개인정보를 보호하고, 데이터 수집을 꼭 필요한 데이터로 제한하며, 최종 사용자가 자신의 데이터가 어떻게 사용되고 그로부터 어떤 이점을 얻을 수 있는지 이해할 수 있도록 지원함으로써 데이터 공유에 대한 의욕을 고취</p>
기술적	<p>혁신 인프라 구현 녹색-디지털 기술의 개발과 개선을 위해 연구 생태계가 필요. 더 나아가, 기술을 구현하기 위한 적절한 인프라 구축</p> <p>일관성 있고 신뢰성 있는 기술 생태계 구축 기술 상호운용성과 기술의 신뢰성은 점점 더 복잡하고 상호연결된 시스템에서 중요</p> <p>데이터의 가용성과 보안 보장 데이터 거버넌스 규정은 누가 데이터를 소유하고 누가 데이터에 접근할 수 있는지에 대한 명확성을 보장해야 하며, 이해관계자를 보호하고 데이터의 보안을 보장할 필요</p>
환경적	<p>반동 효과(rebound effect)의 방지 의도하지 않은 녹색-디지털 솔루션 구현의 부작용 발생을 완화시키기 위해 인식 개선, 적절한 거버넌스 시스템, 시장 실패를 피하도록 하는 시장 매커니즘 등이 필요</p> <p>녹색-디지털 기술의 환경적 발자국(footprint) 축소 그린 디지털 솔루션의 전체 수명 주기 동안 자원 소비, 배출 및 오염은 감소해야 함</p>
경제적	<p>적극적인 시장 창출 시장은 제품의 환경 비용을 내재화하여 녹색 디지털 솔루션에 대한 장기적인 투자와 인센티브를 제공하고 좌초자산(기후변화 등 환경의 변화로 자산가치가 떨어져 상각되거나 부채로 전환되는 자산)과 매몰 비용을 극복하기 위해 제품의 환경 비용을 내재화해야 함</p> <p>시장 참여자의 다양성 보장 녹색-디지털 솔루션 시장은 소수의 대기업이 지배하는 것이 아니라 중소기업과 스타트업을 포함한 건전한 생태계가 되어야 하며, 이를 통해 경쟁과 혁신이 이루어지도록 함</p> <p>적절한 기술을 가진 노동력 확보 교육과 훈련은 녹색-디지털 기술을 다루기 위해 노동력이 필요한 기술을 습득하도록 보장하고, 혁신을 주도할 충분한 전문가를 확보</p>
정치적	<p>적절한 표준 구현 표준은 서로 다른 기술 간 상호 운용성을 보장하고 진입 장벽을 낮게 유지하고, 기술이 수명이 다 되기 전에 진부화되는 것을 방지</p> <p>정책 일관성 보장 장기적으로 국가 및 지역 간에 일관된 규정을 유지해야 하며, 협력과 혁신을 촉진하면서 불필요한 복잡성을 피할 수 있는 안정적인 프레임워크 필요</p> <p>녹색-디지털 솔루션으로의 투자 유도 규제를 풀어서 녹색-디지털 솔루션으로 공공 및 민간 투자를 유도</p>

※ 출처 : EU, Towards a GREEN and DIGITAL Future

〈 참고 6 〉 [EU] 분야별 Green - Digital 기술 혁신 발전 전망 ①

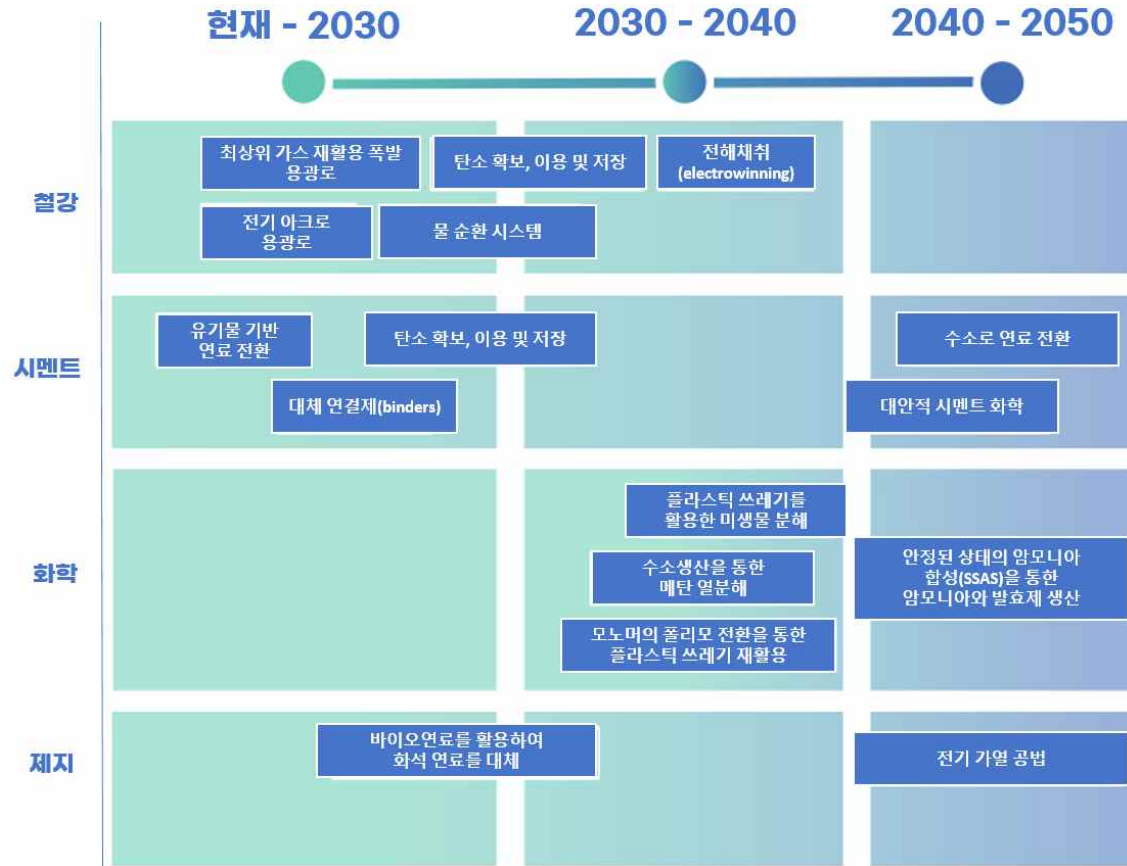
[에너지 분야]



※ 출처 : EU, Towards a GREEN and DIGITAL Future

〈참고 6〉 [EU] 분야별 Green - Digital 기술 혁신 발전 전망 ②

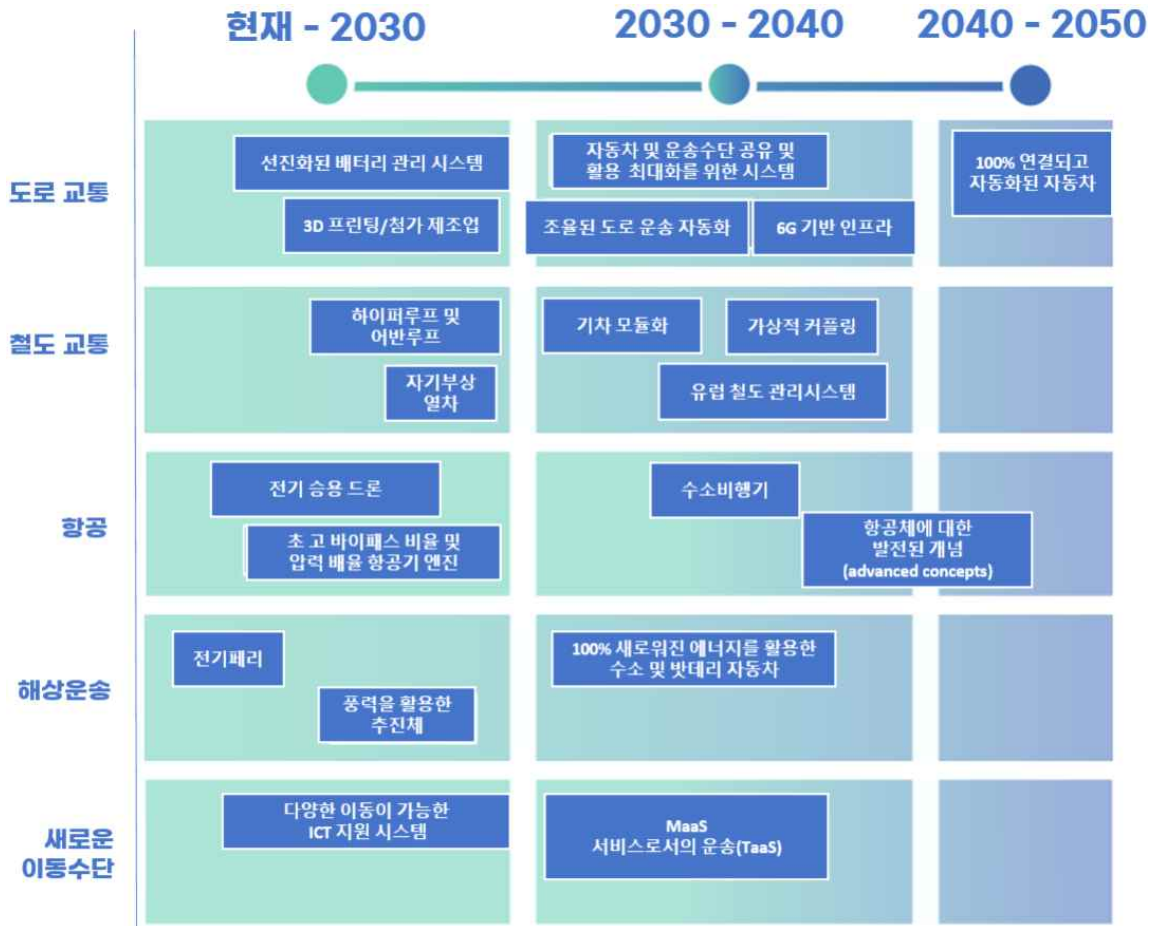
[에너지 집약 제조 산업 분야]



※ 출처 : EU, Towards a GREEN and DIGITAL Future

〈 참고 6 〉 [EU] 분야별 Green - Digital 기술 혁신 발전 전망 ③

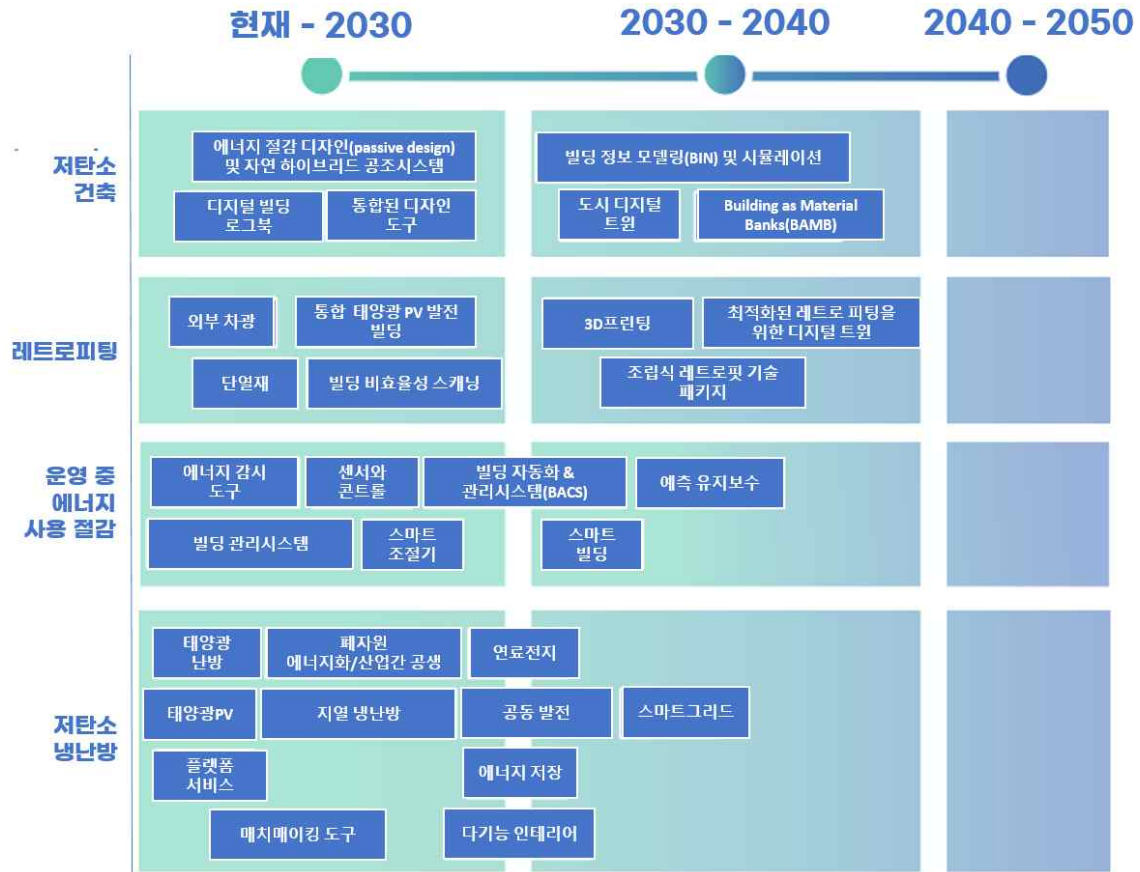
[자동차 및 운송 산업 분야]



※ 출처 : EU, Towards a GREEN and DIGITAL Future

〈 참고 6 〉 [EU] 분야별 Green - Digital 기술 혁신 발전 전망 ④

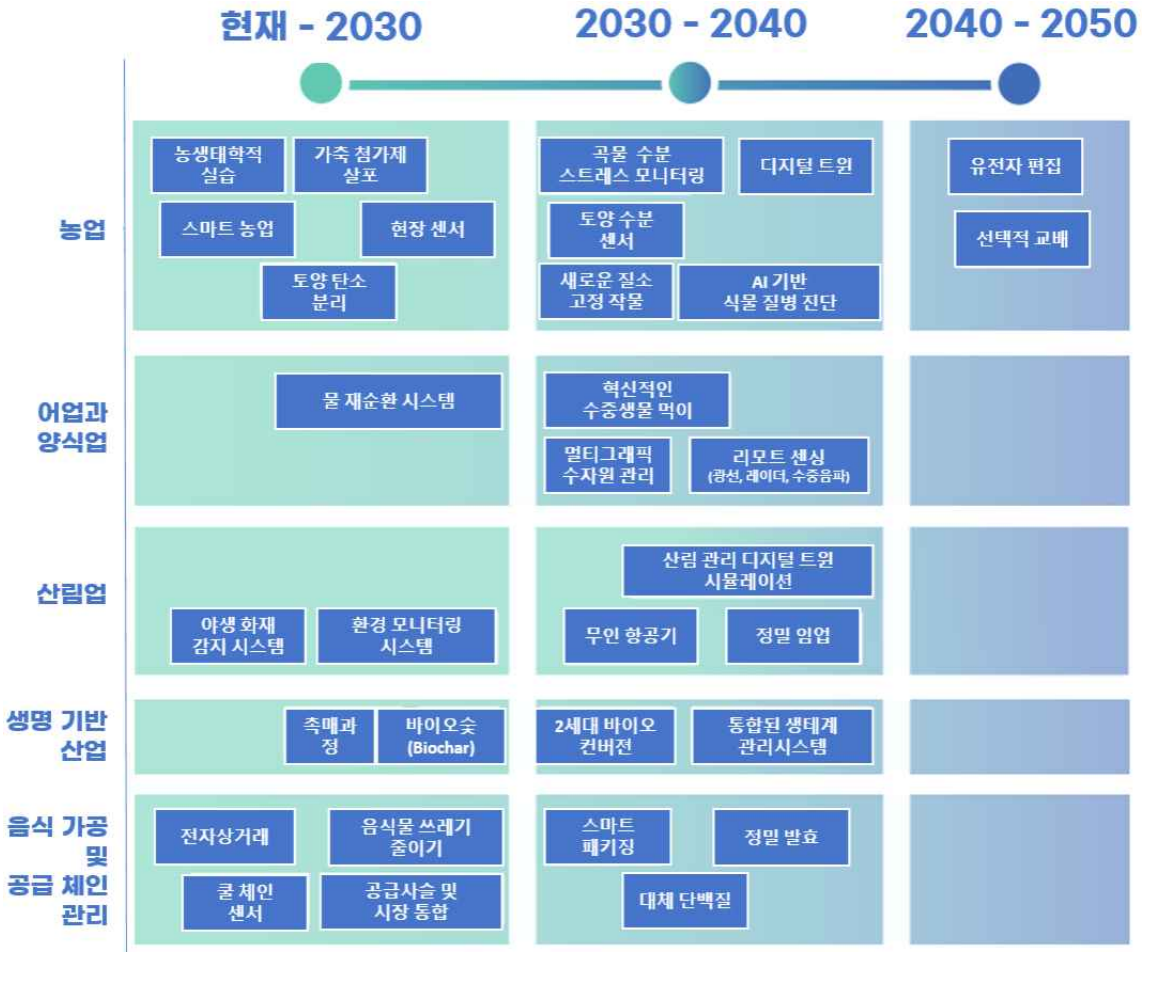
[건물관리 및 건축 분야]



※ 출처 : EU, Towards a GREEN and DIGITAL Future

〈 참고 6 〉 [EU] 분야별 Green - Digital 기술 혁신 발전 전망 ⑤

[농업 분야]



※ 출처 : EU, Towards a GREEN and DIGITAL Future

〈참고 7〉 빅데이터 플랫폼 및 센터 구축 현황 (2023년 4월 기준) ①

분 야		수행기관	센터 구성	플랫폼 주요내용
1	금융	비씨카드	11개 (노타, 닐슨컴퍼니코리아, 바이브컴퍼니, 이노핀, 여기어때컴퍼니, 해빗팩토리, KT, 한국감정평가사협회, 기용정보통신, 깃플, 부산광역시)	○ 금융(카드소비, 보험 증권), 비금융(통신, 소셜, 유통, 미디어, 상권) 데이터를 활용하여 생활 금융에 대한 데이터 공급, 가공·컨설팅까지 빅데이터 원스톱 서비스 제공
2	환경	한국수자원공사	12개 (한국기상산업기술원 국립생태원 한국환경연구원 한국지질자원연구원 GDS컨설팅그룹 그린에코스 KAIST 노보코스 에코인파트너스 국립중앙과학관 강원대학교 한국해양과학기술원)	○ 물, 기상기후, 미세먼지, 지질재해, 생태자원, 화학물질, 환경 SNS 및 환경법규 등의 데이터를 융합하여 대기질 분석기반 공원 추천 및 언론 환경이슈 분석 서비스 등 제공
3	문화	한국문화정보원	15개 (국립중앙도서관 국민체육진흥공단 한국문화예술위원회 한국청년문화진흥원 부산정보산업진흥원 아놀자 레드타이틀 레드타이 데이터 마케팅코리아 티엔엠에스 원투아이 재주교명공사 컨슈머인사이트 한국문화원연합회 히어로웍스)	○ 문화, 숙박, 레저, 음식, 상권, 도서, 트렌드 등의 데이터 융복합을 통한 문화여가 중화정보 서비스 및 정책의사결정 지원을 위한 SOC 대시보드 서비스 등 제공
4	교통	한국교통연구원	12개 (울산정보산업진흥원 포항테크노파크, 아이너비, KT, KCB, 성남시, 진주시, 대전시, 서울시, 부동산원, 오픈메이트온, 철도기술연구원)	○ 전국(이력)교통량, 대중교통, 열차, 고속도로, 내비게이션, 유동인구, 부동산 등의 데이터를 융합하여 교통 서비스 고도화 및 발굴
5	헬스케어	국립암센터	10개 (삼성서울병원 연세암병원 건강대병원, 대구가톨릭대학교의료원, 전북대병원, 분당서울대병원, 서울대학교 산학협력단, 화순전남대병원, 아주대학교병원, 가천대길병원)	○ 10대 암종별 임상데이터를 융합하여 암 진단, 치료 의사 결정 및 항암 치료제 연구개발 등 활용
6	유통소비	매일방송	13개 (나이스디앤알, 바이브컴퍼니, 데이블, 로플랫, 빌트온, 식신, 온누리에이치엔씨, 지인플러스, 코리아크레딧뷰로, 한국우편사업진흥원, 나이스디앤비, 경동도시가스, 에반유니온)	○ 유통상품, 카드결제, 택배송장, 통신, 부동산, 상권, 물류, 맛집, 중고차시세, SNS 등의 데이터를 융합하여 라이프 스타일별 선호 외식업종 서비스 및 지역별 온라인 상품 구매정보 서비스 등 제공
7	통신	KT	14개 (비씨카드, 한국인터넷진흥원, 인천테크노파크, 소상공인연합회, 경기대, 어메이징푸드솔루션, 두잉랩, 코난테크놀로지, 오픈메이트, 넥스트이지, 네스, 한국스마트그리드사업단, 제로투원파트너스, 모토브)	○ 유동인구, 상권, 카드소비, 관광, 교통카드정보, SNS 등의 데이터를 융합하여 상권분석 서비스 및 생활인구 분석 서비스 등 제공
8	중소기업	더존비즈온	12개 (박밸류, 한국생산성본부, 한국무역정보통신, 와이즈넷, NICF평가정보, 한국산업기술진흥협회, 인크루트, 녹색기술센터, 선도소프트, 한국물가정보, 한국법령정보원, 한국경영인증원)	○ 중소기업 회계정보, 부동산, 보험계약, 기업 고용·복지후생, SNS 등의 데이터를 융합하여 기업 경영정보 분석 서비스 및 일자리 수요예측 서비스 등 제공
9	지역경제	경기도청	10개 (경기도일자리재단, 더아이엠씨, 경기신용보증재단, 한국평가데이터, 국토연구원, 한양대학교 산학협력단, 한국생산기술연구원, 코나아이, 펌포킨, 한국신용데이터)	○ 지역화폐 결제정보, 기업정보, 일자리, 신용평가, 카드사정보, 경기도 인구·주거·환경 등의 데이터를 융합하여 지역 소비패턴 분석 서비스 및 맞춤형 일자리 매칭 서비스 등 제공
10	산림	한국임업진흥원	12개 (카카오VX, 아로정보기술, 인포보스, 한국산림복지진흥원, 시선아이티, 우림엔알, 삼야항업, 에이콘컴퍼니, 마켓링크, 한국한의학연구원, 에코아이, 에너지엑스)	○ 임업, 등산로·숲길·자전거, 대중교통, 산악기상, 산림재해, 항공영상 등의 데이터를 융합하여 트레킹 서비스 및 임산물 정보 등 서비스 제공

※ 출처 : NIA

〈참고 7〉 빅데이터 플랫폼 및 센터 구축 현황 (2023년 4월 기준) ②

분야		수행기관	센터 구성	플랫폼 주요내용
11	농식품	한국농수산식품유통공사	10개 (와이즈레이크, 로지스올시스템즈, 장보고식자재마트, 나이스지니데이터, 케이플러스, 민개의레시피, 한국무역통계진흥원, 전남정보문화산업진흥원, 원데이터기술, 플랜인포나)	○ 농식품 생육 통계, 양돈 통계, 농식품 유통, 거래지역 및 거래 패턴 데이터 등을 활용하여 농식품 데이터 유통거래를 활성화를 위한 통합 데이터 허브 구축
12	디지털 산업 혁신	한국산업기술시험원	10개 (에프앤가이드, 퓨처메인, 한국M&A 거래소, 대덕넷, 알리콘, 이앤씨지엘에스, 한국인사이트연구소, 헤브론스타, 벡스인텔리전스, 광개토연구소)	○ 국내외 기업정보, 과학기술정보, 기술특허정보 등의 데이터를 활용하여 빅데이터 플랫폼을 구축하고 이를 통해 산업 위기 대응 및 정책 수립 활용, 민간 개방을 통한 산업별 새로운 비즈니스를 창출
13	라이프 로그	연세대	12개 (고려대학교의료원, 강원대학교 산학협력단, 한림대학교 산학협력단, 아이센스, 베이글랩스, 휴라이프저티브, 굿닥, 대한정각학회, 케이웨더, 헬스맥스, 헬스브릿지, LG U+)	○ 생애 전주기(출생에서 사망까지) 라이프 로그(일상 기록) 데이터의 수집, 분석, 활용이 가능한 라이프로그 빅데이터 구축 및 산업 생태계를 육성
14	소방 안전	소방청	9개 (서울소방본부, 부산소방본부, 한국소방산업기술원, 한국화재보험협회, 올라이트라이프, 업데이터, 한방유비스, 예측진단기술, 강원도)	○ 소방재난안전 및 소방산업 데이터 수집 분석을 통한 양질의 소방재난안전정보 제공 및 유통 거래 기반 마련
15	스마트 치안	경찰대학	10개 (더치트, 경남도청, 인피니그루, 서울신용보증재단, 지란지교데이터, 에스투더블유, 이투온, 아이티로, 서울특별시청, 연합뉴스)	○ 위험예측 분석이 가능한 민간-공공의 치안 데이터를 융합하여 대국민 안전 보호 기반 마련
16	해양 수산	한국해양수산개발원	11개 (해양교통안전공단, GIST, 한국해양대, UNST, 목포대 램프투윈, 전라해양, 에어리더블유, 해운항만물류정보협회, 빌리언21, 올시데이터)	○ 해양, 해운, 수산, 항만 전 분야 데이터 수집 체계를 구축하고 데이터 융합, 가공, 유통 가능한 해양수산 빅데이터 마켓플레이스 구축
17	감염병	KAIST	10개 (국립중앙의료원, 더브레인, 옴니시스템, 매지스, 비네아, 셀키, 이화여대, 레몬헬스케어, 비엘티, 용인산업진흥원)	○ 코로나19 데이터의 기록 보존과 활용 분석 기반 마련, 신종 감염병 출현에 효율적, 신속한 대응이 가능한 생태계 구축
18	공간 융합	한국국토정보공사	10개 (지엔티솔루션, 공간정보기술, 에이모, 펜타시스템테크놀로지, 한컴어썬텍, 차세대 융합기술연구원, 뉴레이어, 호정솔루션, 아파트엔, 제타릭스시스템)	○ 민간-공공 협업 공간정보 거래 플랫폼 구축으로 공간정보 데이터 생태계 성장 촉진, 융합 시너지 창출, 공간정보 데이터 기반 비즈니스 창출 기회 확대
19	부동산	한국부동산원	9개 (한국교통연구원, 공간정보산업진흥원, 스페이스워크, 오아시스비즈니스, 텍시브, 어반베이스, 직방, 리파인, 피타그래프)	○ 주거 및 상업 부동산 시세정보, 건축도면, 교통환경-공간정보 융합데이터를 활용한 부동산 신산업(프롭테크) 육성과 공공-민간산업 데이터 연계 기반 조성에 이바지
20	스마트 팜	네이버 클라우드	10개 (한국산업기술시험원, 한국동식물의공화국연구원, 홍익솔루션, 경남테크노파크, 유비엔, 엑스텐정보, 웰니스파머, 뉴컨, 휴미템, 랫스팜)	○ 에너지-탄소중립 데이터, 가공 및 융합 공공 데이터, 가축질병(돼지) 진단-예찰관리 데이터 등을 활용하여 유통 활성화 중심의 디지털 농업 기반 조성
21	연안	한국해양과학기술원	10개 (국립해양조사원, 국립수산물품질관리원, 인하대 해양정보기술, 비엔티, 오서닉, 지오스토리, 일렉오션, 지오시스템리서치, 엔에스원소프트)	○ 연안기상 기후, 지형 재해 해양쓰레기 데이터 등을 활용하여 연안 해결 신산업 육성 및 공공-민간 데이터 결합을 통한 데이터 생태계 조성, 연안 재난 및 안전에 대한 국가적 대응체계 기반 마련

※ 출처 : NIA

지속가능성은 사회적, 경제적 필수 요소가 되었습니다.
미래 세대를 위해 지구를 보존하려면
디지털 기술을 매개로 기업과 가치 사슬 전반에 걸친 협력이 필요합니다.
 - 크리스찬 클라인, SAP SE CEO -

III. 그린-디지털 전환 대표 프로젝트(안)

- **[그린-디지털 선단(船團)형 플래그십 프로젝트]** 에너지, 원재료, 모빌리티 등 대표 산업 분야의 기업과 지자체, 지역 대학 등이 매칭하여 탄소배출 저감을 위한 신제품과 혁신서비스 개발·확산하여 해당 산업 내 혁신 생태계를 조성
 - **(목적)** 산업내 밸류체인 전반에 걸쳐 생산·유통되는 데이터를 클라우드 등 디지털 인프라에 기반하여 수집·연계·활용하여 그린-디지털 연계 신제품과 서비스를 개발하여 산업 전반의 혁신을 선도하고 글로벌 진출을 도모
 - 산업 분야별 그린-디지털 시범 기술 및 서비스 개발을 챌린지 형식으로 추진
 - **(船團 구축)** 산업별 대기업, 협력업체(중소기업), 디지털 플랫폼 기업, 디지털 기술·솔루션 기업 및 스타트업이 협업하여 데이터 기반의 기술 생태계를 구현
 - 전통 산업 대기업(선도프로젝트 기획 및 기술 지원), 협력업체(분야별 기술 개발 및 프로세스 개선), 디지털 플랫폼 기업(AI, 클라우드, 네트워크 등 인프라 지원), 디지털 기술·솔루션 기업(솔루션 및 응용프로그램 개발) 등 역할을 분담하여 협업
 - **(지역 기반)** 지역 경쟁력 제고를 위해 다양한 행정적·재정적 지원을 책임지는 지자체가 참여하고, 지역 대학이 지역내 혁신 인재 조달 및 육성을 담당
 - 지역 중소기업의 경쟁력 강화를 위해 지역 내 디지털 기술·솔루션 업체가 기술 컨설팅, 서비스 개발 지원에 참여하고, 지역 대학이 인턴십, 산학연계 연구를 담당
 - 지자체는 예산 지원, 세제 지원 등 인센티브 제공을 통해 기업 활동을 지원
 - **(데이터 플랫폼)** 기존 공공·민간의 플랫폼과 연계하여 ‘탄소중립’ 데이터 플랫폼을 구축하고, 데이터 활용성을 강화하여 데이터 기반 혁신 및 효율성 제고
 - 산업별 데이터 Lake 구축, 데이터 표준화 및 품질개선을 통해 데이터 활용을 활성화
 - 중소기업을 분석 역량 제고를 위한 주요 산업별 데이터 수집·분석 시범과제를 추진하고, 탄소중립 관련 데이터 시각화 및 분석 지원 도구 등을 개발·지원
 - **(참여 및 홍보)** 일반 국민도 참여할 수 있는 데이터 기반 탄소배출 표시 및 등급제 도입, 우수사례 홍보를 위한 쇼케이스 등을 추진하여 성과 확산 도모의 혁신을 선도하고 글로벌 진출을 도모

■ 참고자료

- [1] 과학기술관계장관회의. (2021.03.31.). 탄소중립 기술혁신 추진전략(안).
<https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&mId=113&mPid=112&pageIndex=&bbsSeqNo=94&nttSeqNo=3180091&searchOpt=ALL&searchTxt=>
- [2] 과학기술정보통신부. (2020.12.08.). 민관 합동 디지털 탄소중립협의회 출범식 개최
<https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&mId=113&mPid=112&pageIndex=1&bbsSeqNo=94&nttSeqNo=3181090&searchOpt=ALL&searchTxt=>
- [3] 과학기술정보통신부. (2023.03.02.). 디지털 심화 시대, 디지털 신(新)질서 정립 착수.
<https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&mId=113&mPid=238&bbsSeqNo=94&nttSeqNo=3182791>
- [4] 과학기술정보통신부. (2023.05.19.). 한국형 탄소중립 100대 핵심기술 확정 본격적인 탄소중립 기술개발 청사진 제시.
<https://www.gov.kr/portal/ntnadmNews/3477560>
- [5] 관계부처 합동. (2023.04.10.). 국가 탄소중립녹색성장 전략(안) 및 제1차 국가 탄소중립 녹색성장 기본계획(안)
<https://www.2050cnc.go.kr/base/board/read?boardManagementNo=3&boardNo=1460&searchCategory=&page=1&searchType=&searchWord=&menuLevel=2&menuNo=17>
- [6] 디지털타임스. (2023.02.26.). 태양광 6만 600곳 전력 생산량, 원전 1기 가동 수준.
https://www.dt.co.kr/contents.html?article_no=2020121602100658614001
- [7] 매일경제. (2020.01.30.). 반도체 턴어라운드 Part III AI 반도체 | 인간두뇌 모방한 차세대 칩 '지능형 반도체' 시대 성큼.
<https://www.mk.co.kr/news/culture/9181904>
- [8] 아시아투데이. (2020.12.15.). [삼성 반도체 40년④] 챗GPT는 시작에 불과?... 진짜 '지능' 갖춘 반도체 향해 달린다. <https://www.asiatoday.co.kr/view.php?key=20230226010014492>
- [9] 이일우. (2022.11.21.). [TTA Journal vol.200] 디지털 탄소중립 현황과 전망. 한국정보통신기술협회
https://www.tta.or.kr/tta/preportNewsNDownload.do?sfn=20220502024534557_oPnu.pdf
- [10] 이정민. (2023.4.26.). [DPG+ REPORT 23-03] 디지털 심화 시대, 디지털 리터러시 강화 방안. NIA.
https://www.nia.or.kr/site/nia_kor/ex/bbs/List.do?cbldx=66361
- [11] 최병남. (2023.). [kt cloud: SUMMIT 2023] 데이터센터의 ESG 경영을 위한 Immersion Cooling
<https://youtu.be/obrUTpo0kFQ?t=194>
- [12] 최새술. (2021.). [기술정책 이슈 2021-17] 탄소중립시대의 ICT: 기회와 도전. 한국전자통신연구원
<https://ksp.etri.re.kr/ksp/plan-report/file?id=1009>
- [13] 최새술. (2022.). [기술정책 브리프 2022-15, 디지털 대한민국 정책 시리즈 제12호] 탄소중립 시대 디지털전환. 한국전자통신연구원
<https://ksp.etri.re.kr/ksp/plan-report/file?id=1053>
- [14] 한경 글로벌마켓. (2023.05.15.). [단독] 유럽發 'RE100의 공습'...녹색 보호주의에 공지 몰린 韓 부품사.
https://www.hankyung.com/economy/article/2023051546741?fbclid=IwAR1dNhncZEDuXjhVwd3J2mPwMbErlCbpQUAP_AcsojP8Nfn8UsXfUSTDBvw
- [15] 한국지능정보사회진흥원. (2022.12.30.). 2022 NIA 특별좌담회-디지털 뉴노멀 시대 디지털 협력과 혁신.
https://www.nia.or.kr/site/nia_kor/ex/bbs/View.do?cbldx=44086&bcldx=25408&parentSeq=25408

- [16] 허태욱, (2021.08.12.). [월간 SW중심사회 8월호] 디지털과 그린의 공존: 지속가능발전을 향하여. 소프트웨어정책연구소
https://www.spri.kr/posts/view/23302?code=data_all&study_type=industry_trend
- [17] 홍천택, (2021.08.13.). [글로벌 이슈 특집-②] 주요국의 탄소중립을 위한 산업정책 현황과 시사점, 한국산업기술진흥원
https://www.kiat.or.kr/front/board/boardContentsView.do?board_id=71&contents_id=78594&MenuId=878cb9b6d5ec41bf914ad5c0f590ed14
- [18] Charlotte Freitag, Mike Berners-Lee, Kelly Widdicks, Bran Knowles, Gordon S. Blair, and Adrian Friday. (2021. 09. 10). The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations. Patterns vol 2, issue 9
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666389921001884>
- [19] EU Joint Research Centre. (2022.06.29). Towards a GREEN & DIGITAL Future : Key requirements for successful twin transition in the European Union
https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/twin-green-digital-transition-how-sustainable-digital-technologies-could-enable-carbon-neutral-eu-2022-06-29_en
- [20] Global Enabling Sustainability Initiative(GeSI) & Deloitte Touche Tohmatsu Limited. (2019). Digital with purpose: delivering a SMARTer2030.
<https://gesi.org/research/download/36>
- [21] KBS NEWS. (2023.05.10). [크랩] “이게 된다고?” 데이터센터 ‘폐열’로 수영장 물 데우는 이 나라!
<https://news.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=7672273>
- [22] Martin Geissdoerfer, Marina P.P. Pieroni, Daniela C.A. Pigosso, Khaled Soufani. (2020). Circular business models: A review, Journal of Cleaner Production 277(2020)
https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/222423121/1_s2.0_S0959652620337860_main.pdf
- [23] Oliver wyman Forum (n.d.). There’s no low-carbon future without cutting Scope 3 emissions.
<https://climateactionnavigator.oliverwymanforum.com/scope-3-emissions>
- [24] OpenAI. (2018.05.16.). AI and compute
<https://openai.com/research/ai-and-compute>
- [25] Payal Dhar. (2020.5). The carbon impact of artificial intelligence, Nature Machine Intelligence | VOL 2 | August 2020 | 423-425.
<https://www.nature.com/articles/s42256-020-0219-9>
- [26] Simen Kjellberg. (2022.06.20.). Prepare Now for the EU Digital Product Passport
<https://kezzler.com/prepare-now-for-the-eu-digital-product-passport/>
- [27] Statista. (2023). Energy demand in data centers worldwide from 2015 to 2021, by type.
<https://www.statista.com/statistics/186992/global-derived-electricity-consumption-in-data-centers-and-telecoms/>
- [28] The New York Times. (2023.04.09). The Real-World Costs of the Digital Race for Bitcoin
<https://www.nytimes.com/2023/04/09/business/bitcoin-mining-electricity-pollution.html?searchResultPosition=2>
- [29] World Business Council for Sustainable Development(wbcSD) & Boston Consulting Group(BCG). (2023.01.24). The EU Digital Product Passport shapes the future of value chains.
<https://www.wbcd.org/Pathways/Products-and-Materials/Resources/The-EU-Digital-Product-Passport#:~:text=>

=The%20overarching%20report%20%E2%80%9CThe%20EU%20Digital%20Product%20Passport,like%20for%20actors%20along%20the%20electronics%20value%20chain

- [30] WEF. & Accenture. (2022.05.23). Digital solutions can reduce global emissions by up to 20%.
<https://www.weforum.org/agenda/2022/05/how-digital-solutions-can-reduce-global-emissions>
- [31] WEF. (2021.05.23.). Bridging Digital and Environmental goals: A framework for Business Action
https://www3.weforum.org/docs/WEF_Bridging_Digital_and_Environmental_Goals_2021.pdf
- [32] WEF. (n.d.). Digital and Climate
<https://initiatives.weforum.org/digital-transformation/digital-and-climate>
- [33] WEF. (n.d.). Digital Solutions Explorer
<https://initiatives.weforum.org/digital-transformation/digital-solutions-explorer>
- [34] WEF. (n.d.). Lighthouse Examples
<https://initiatives.weforum.org/digital-transformation/lighthouse-examples#>
- [35] Wikipedia (n.d.). Circular Economy
https://en.wikipedia.org/wiki/Circular_economy

탄소 중립 목표 달성을 위한 그린-디지털 전환 추진방향

