

2025년도
에너지기술개발사업
연구개발과제기획보고서

에너지수요관리핵심기술개발사업
- 수요관리기반 (I) -

목 차

I . 동향분석	1
1. 개 요	
2. 산업·기술동향	
3. 특허동향	
4. 표준화동향	
5. 정부R&D 지원현황	
6. 시사점	
II . 기획대상연구개발과제 도출	57
1. 연구개발과제기획방향	
2. 개발위험 관리방안	
3. 기획연구개발과제 RFP/기술개요서	

1. 실시간 전력시장 대응 온디바이스 AI 기반 상시제어장치 및 집합 수요자원화 기술 개발 및 실증

1. 개 요

□ 개 념

- 주택, 건물 등의 참여 고객의 스마트 기기를 대상으로 차기 실시간 전력 시장에 적용할 수 있도록 집합 수요자원으로 가상화하고, 온디바이스 AI 기술을 적용한 양방향 자동 제어기술을 통해 고품질 수요자원화와 이를 관리하는 플랫폼 개발 및 제품·서비스 기술 개발 및 실증
- 차기 실시간 전력시장에 적용할 수 있는 집합 수요자원 양방향 자동 수요 관리 플랫폼 제공
- 온디바이스 AI 엣지 기술을 기반으로 주택 및 건물의 에너지 관리를 최적화하여 피크 전력을 줄이고, 일상적인 에너지 소비를 절감 (피크 전력 20%, 일상적인 에너지 소비 10% 이상 절감)



[집합수요자원 양방향 수요관리 시스템 개념]

□ 주요이슈

- (정책적 측면) 지속적인 DR 제도개선을 통해 민간 참여 활성화하고 있으며, 최대전력 및 전력 소비량 절감 목표를 상향 (출처 : 제10차 전력수급 기본계획)
 - (국민DR) 참여조건 완화(70kW 미만→200kW 미만) 및 1일 발령한도 확대(1회→2회) 등('22.12)
 - (Fast DR) 59.85Hz 1개 구간 도입('20.11) → 59.85Hz, 59.65Hz 2개 구간으로 확대 운영('22.12)
 - (피크수요 DR) 동·하계 수급대책기간 中 예측 수요가 기준수요 초과시 낙찰 가능하도록 조건 추가('22.12)
 - 최종년도 기준 최대전력은 17.7GW(기준수요의 13.0%), 전력소비량은 105.7TWh(기준수요의 15.0%) 절감 추진
 - ※ 9차 전기본 : 기준수요 대비 최대전력은 12.6%, 전력소비량은 14.9% 감축 목표
- 현행 하루 전 현물 시장 개선을 위한 실시간 시장 도입 및 수요측 자율성을 확대하기 위한 양방향 입찰 제도 도입을 추진 중
 - (실시간 시장) 하루전 시장에서 계획된 수요-공급 차이를 반영하고, 실시간으로 예측한 수요를 토대로 15분 단위로 전력 거래('25)
 - (양방향 입찰제) 기존 공급측(발전사) 중심의 입찰 구조에서 벗어나, 수요측(판매사)의 입찰 참여를 허용('27)
- (산업적 측면) 주택 및 건물의 스마트 기기를 집합 수요자원으로 활용하는 기술 개발을 위해 관련 산업 생태계를 조성하고, 시장 성장 가능성을 고려한 전략적 접근이 필요
 - 전 세계 수요관리 시장은 2024년 약 60억 달러에서 시작해 2032년까지 약 98억 달러로 성장할 것으로 예상되며(CAGR: 약 6.17%), 이러한 시장 확대에 대응하는 기술 및 비즈니스 모델 개발이 중요 (출처: Business Research Insights)
 - 스마트 기기 제조사, 전력회사, 플랫폼 제공업체 간 협력 체계를 강화하여 집합 수요자원 관리 산업을 활성화하고, 산업 생태계 구축 필요

- 양방향 자동 제어기술 및 플랫폼 서비스를 기반으로 한 다양한 수익 모델을 설계하고, 참여 고객에게 경제적 이익을 제공하는 인센티브 구조 마련이 필요
- (기술적 측면) 차기 실시간 전력시장 참여를 위해 수요 변화 및 공급 불균형에 신속히 대응할 수 있는 수요관리 기술 개발이 필요
 - 실시간 데이터 분석 및 신속한 의사결정을 통해 변화하는 수요에 즉각적으로 대응하는 온디바이스 AI 기반 수요관리 기술 개발
 - 엣지 디바이스의 제한된 처리 성능과 메모리 환경에 최적화된 AI 알고리즘 개발
 - 실시간 전력 시장 참여를 유도하기 위해 온디바이스에서 편의성을 유지하면서 에너지 소비 효율을 극대화할 수 있는 실시간 자율 에너지 운영 기술 개발
 - 대규모 수요자원 관리 및 운영을 위한 안정적이고 확장 가능한 플랫폼을 개발
 - 실시간 데이터를 기반으로 차기 실시간 전력 시장에서 수요 변화와 공급 불균형을 예측하고 조정할 수 있는 기술 개발
- (사회경제적 측면) 에너지 요금 절감, 수요반응 참여 인센티브 확대, 탄소 배출 절감, 신산업 창출 및 경제적 효율성 확보
 - 스마트 기기와 온디바이스 AI 기술을 통해 에너지 소비 패턴을 최적화하고, 전력 소비를 효율적으로 관리하여 전기요금을 절감
 - 에너지 절약에 따른 요금 할인, 현금 보상 등의 인센티브로 실시간 전력 시장에서 고객의 적극적인 참여를 유도
 - 에너지 소비 최적화로 전력 낭비를 줄여 탄소 배출을 감소시키며, 지속 가능한 에너지 관리와 환경 친화적인 사회 구축에 기여
 - 차기 실시간 전력시장에 적용가능 기술 개발을 통해 신산업을 창출하고, 효율적인 에너지 관리 기술을 적용하여 경제적 효율성을 증대시키고 기업 및 사회에 긍정적인 영향을 미침

2. 산업·기술 동향

□ 해외 동향

- 전 세계적으로 Net-Zero 달성을 위한 수단으로 수요반응(DR) 자원 확보를 추진 중이며, 2030년까지 515GW 규모 달성이 목표임
 - 글로벌 DR 시장 규모는 2023년 기준 약 290억 달러이며, 연평균 17.4% 성장해 2030년 약 888억 달러에 이를 것으로 전망됨
 - (미국) DR 보유량 30GW로 글로벌 1위이며, AMI 보급, 전기차 및 재생에너지 확대에 DR 자원 확대 중
 - (유럽) 주요국들은 DR 보유량을 지속적으로 확대하며 신재생에너지 간헐성 문제 해결을 위해 활용하고 있음.
 - (호주) DR 시장은 2024년부터 2034년까지 연평균 9.9% 성장 전망
 - 글로벌 주요 기업들은 AMI 보급으로 실시간 데이터를 수집·분석하며, DR 자원을 통합한 플랫폼을 개발해 유연성 확보와 신사업 기회 창출을 추진 중
 - 효율화 사업과 연계를 통해 DR 자원 확대를 적극적으로 모색하고 있음
- 북미와 유럽(영국, 독일 중심)의 계통운영기관들은 신재생에너지의 간헐성 문제를 해결하기 위해 수요반응 자원을 적극 활용하고 있음
 - (미국) PJM*은 주파수조정에비력 확보를 위해 DR 자원을 활용하며, 미국에서 가장 큰 DR 시장을 운영하고 있어 전체 DR 시장에서 36%의 비중을 차지
 - * PJM : 미국 동부의 델라웨어, 일리노이 등 13개 주와 워싱턴 지역의 전력수급을 담당하는 광역송전운영기관(RTO)
 - ESS와 가정용 부하를 주요 DR 자원으로 사용하며, 100kW급 Flywheel을 기준으로 최소 참여용량을 설정
 - DR 자원의 매집을 허용하고, 보상은 제공가능용량에 따른 정산금과 감축실적에 따른 실적 정산금으로 구분됨. 미감축량에 대해서는 패널티가 부과됨
 - (영국) DR 자원을 UFR(Under Frequency Relay)과 연계하여 주파수 변동에 대응하는 수요반응자원으로 활용

- DR 자원은 주파수추종예비력과 3차 대기예비력으로 나뉘며, 최소 참여 용량은 10MW로 규정됨
- (독일) 신재생에너지의 확대에 의한 출력 변동성을 완화하기 위해 1차 예비력으로 DR 자원과 ESS를 활용
- DR 자원은 SOL(부하차단)과 PCR(수요변화 대응) 자원으로 구성됨
- 유럽 국가들은 예비력시장 내 정산 가격을 기준으로 DR 자원의 보상금을 산정하고 있으며, 실적금은 감축용량에 실적 가격을 곱하는 방식으로 이루어짐
- 유럽과 북미를 중심으로 재생에너지 확대와 전력 수급 불안정성을 해결하기 위해 실시간 전력시장(RTM)을 활용하고 있음
 - (유럽) 주요 전력시장(예: 독일, 프랑스)은 하루 전 시장(DAM)과 실시간 시장(RTM)을 긴밀히 연계해 시장 효율성을 제고하고 있음
 - 유럽 주요 전력시장에서 실시간 거래는 하루 평균 30~50GW 규모로 이루어짐
 - (미국) PJM과 CAISO 같은 계통 운영기관이 실시간 시장을 통해 전력 수요와 공급의 균형을 맞추고 있음
 - 미국 주요 시장(PJM, CAISO)에서 실시간 거래 규모는 연간 약 500억 달러에 달함
 - (호주) 실시간 시장에서 유연성 자원 확보를 위해 연평균 약 10억 달러를 투자하고 있으며, 연간 약 15GW의 전력 자원이 거래됨
- 미국, 유럽을 중심으로 스마트홈, 스마트 빌딩, 산업 자동화 시장이 빠르게 성장하고 있으며, 재생에너지 변동성 대응 및 전력 수급 안정화를 위해 자율제어 기술 적용을 확대하고 있음
 - (스마트홈 분야) 글로벌 스마트홈 시장은 AI 기반의 자동제어 기술 도입으로 원격 관리와 에너지 절감 기능을 강화하며 지속 성장 중임
 - (상업 분야) 에너지 관리와 보안 강화를 위한 스마트 빌딩 기술 도입이 확산되고, 운영 비용 절감과 효율성 향상에 기여하고 있음
 - (산업 분야) 글로벌 산업 자동화 시장은 2,058억 6천만 달러(2022년)에서 3,950억 9천만 달러(2029년)로 연평균 9.8% 성장할 것으로 전망됨

- 자동화·지능화·무인화 확산에 따라 자동제어기 수요가 지속적으로 증가하고 있음
- 최근 글로벌 표준인 매터(Matter) 도입으로 개방형 생태계가 조성되고 있으며, 생성형 AI 기술과의 접목을 통해 주거환경의 자동화·지능화 트렌드가 확산
 - 매터란 스마트홈의 연결 표준으로서, 제조사 간 상호운용성을 확보하기 위하여 스마트홈 국제표준단체(CSA)*에서 구글, 아마존 등 글로벌 기업과 협업하여 출시
 - * Connectivity Standards Alliance : 스마트홈 기기 등의 무선 연결표준을 개발·표준화하는 단체
 - 매터는 다양한 스마트홈 기기를 단일 플랫폼으로 연결하여 생태계 개방성을 확보하였으며, 사용자 친화적 인터페이스 및 높은 보안 수준 등의 장점 보유
 - 생성형 AI 등 혁신 기술이 도입됨에 따라 빅테크 기업을 중심으로 스마트 홈 제품에 인공지능을 접목하는 지능화 움직임이 활발
 - 지능화된 스마트홈은 이용자의 수면 패턴 등 빅데이터를 분석·학습하여 맞춤형 서비스를 원격으로 제공하거나, 자율 제어를 통해 에너지 사용량을 절감
 - (홈플랫폼) 미국의 구글, 애플 등의 플랫폼 사업자와 ADT, AT&T 등의 솔루션 및 망 사업자가 플랫폼 기반의 서비스 제공
 - * Google Android@Home 프레임워크를 통해 스마트 홈 플랫폼 선도
 - * Apple iOS7 iBeacon으로 플랫폼 연동 실내위치서비스 선도 사물인터넷을 활용한 스마트 홈 구현 플랫폼 '홈킷'을 개발
 - * AT&T 홈오토메이션과 보안을 결합한 Digital Life 상품 출시
 - * Smart Things 다양한 IoT센서와 플랫폼 기반의 스마트 홈 서비스 제공
 - (스마트 정보가전) 미국의 GE, 독일의 지멘스, 일본의 SONY 등이 스마트그리드 기능, 스마트 제어 기능을 탑재하여 경쟁 중임
 - * (미국) GE, 월풀 냉장고, 세탁기, 의류건조기 등에 스마트그리드 기능 적용 하고 아이폰과 아이패드 앱을 통해 제어하는 기술 제품화
 - * (독일) 지멘스 에너지 절감 기술기반의 스마트 와트 시스템 개발, 밀레 자사의 모든 가전을 스마트폰으로 제어하는 "InfoControl Plus"제품을 개발하여 경쟁 중
 - * (일본) SONY 네트워크 영상 가전 분야에서 경쟁력을 유지

- (AT&T, Verizon) 주요 통신사들은 스마트 홈 서비스를 통합콘텐츠 플랫폼으로 한 새로운 비즈니스 모델 창출 모색 중
- (Comcast) 케이블사업자는 홈시큐리티 및 홈오토메이션을 새로운 수익 모델 차원에서 서비스 제공
- (icontrol, Protection1) 통신 및 케이블 사업자와 협력하여 홈오토메이션, 홈시큐리티, 에너지 모니터링 기기 및 서비스 플랫폼을 제공
- (MS, apple) 동작·음성인식 등 가전제품 제어기술과 스마트폰, 태블릿 등 스마트 디바이스 간 N-스크린 서비스를 개발 중

□ 국내 동향

- 제10차 전력수급기본계획(2022~2036)에 따라 정부는 전력수요관리 목표 달성을 위해 국민DR과 플러스DR 확대 및 제도개선을 추진 중임
 - 2022년 기준 국내 DR 시장 규모는 연 4.9GW 수준이며, 정부는 전기화 증가에 대응하기 위해 수요관리 목표를 2024년 3.1GW에서 2036년 5.1GW로 상향 조정함
 - 국민DR 확대를 위해 1일 발령 한도를 1회에서 2회로, 참여대상을 계약 전력 70kW에서 200kW로 확대함
 - 2021년 제주지역에 플러스DR을 우선 도입하였으며, 2024년에는 육지 계통으로 대상지역 확대를 추진함
 - 국내 DR 기술 수준은 해외 대비 낮은 편이나, AMI 보급 확대와 ICT 기술을 바탕으로 디지털화 및 유연성 자원 개발이 정부과제를 통해 이루어지고 있음
- 국내 수요반응자원은 유틸리티/판매사인 한전이 운영하는 DR 프로그램과 전력거래소가 운영하는 수요자원거래시장(→ 수요관리사업자 참여)을 통해 관리되고 운영 중
 - (유틸리티DR) 인센티브 기반 긴급절전 수요조정제도, 부하관리기기 지원제도 등 운영
 - (ISO DR) 수요관리가 가능한 전기사용자들을 모집·구성한 수요관리 사업자들이 다양한 목적을 위한 거래유형별 수요자원 거래시장에 참여하여 DR 자원이 운영·관리됨

- 시장에 등록된 DR자원들은 예비력 확보, 공급비용 절감, 미세먼지 저감 등 다양한 목적을 위해 독립적으로 개설되는 의무감축 DR, 자발적 DR(경제성DR, 피크수요DR, 미세먼지DR), 주파수 DR, 플러스 DR의 거래유형별 참여 가능한 수요자원 거래시장을 통해 운영
- 전력시장 개선방향에 따라 정부는 재생에너지 변동성 대응 및 전력 수급 안정성 강화를 위해 실시간 시장 도입과 예비력 시장 확대를 추진 중임
 - 기존 하루 전 시장(D-1) 구조에서는 재생에너지 변동성 및 수급 불확실성에 대한 실시간 대응이 어려워, 15분 단위 거래 및 이중 정산 체계를 도입하여 대응력을 강화하고 있음
 - 신규 유연성 자원(ESS, 수소 등)의 참여 확대 및 보상 체계 강화를 통해 시장 효율성 증대와 투자 유인 확보를 목표로 함
 - 2024년 7월 기준 수요자원거래시장에서 실시간 시장은 제주 플러스 DR을 중심으로 운영되었으며, 총 45일, 114시간 거래가 이루어짐
 - * 총 증대량은 339,295kWh, 정산금 총액은 58,445천 원으로 집계되었으며, 일평균 증대량은 7,540kWh, 시간당 평균 증대량은 2,975kWh로 나타남
 - 실시간 시장은 재생에너지 변동성 대응 및 전력 수급 안정화를 위한 핵심 수단으로 활용되고 있으며, 향후 지속적인 시장 확대 및 운영 개선이 추진될 예정임
- 정부는 전력수급 안정화 및 에너지 절감 목표 달성을 위해 Auto DR 기술 도입과 확산을 추진 중임
 - 공공임대주택 Auto DR 실증사업을 통해 주택 에너지 관리 시스템을 도입하고, 참여율과 감축량 증가 효과를 확인함. 2023년 기준 참여 가구 수는 500여 가구로, 감축량은 월평균 15% 향상됨
 - 상업시설 Auto DR 실증사업에서는 편의점 100여 개소를 대상으로 AMI와 스마트 기기를 활용한 자동화 시스템을 구축하여 연간 10~15% 에너지 절감을 달성함
- 스마트홈, 스마트 빌딩, 스마트 공장 등 다양한 분야에서 자율제어 기술 도입과 자동화 시스템 확산을 통해 에너지 효율성과 생산성 향상을 추진 중임

- (주택 분야) 2023년 국내 스마트홈 시장 규모는 4억 5,720만 달러로, 연평균 성장률(CAGR) 16.15%로 성장할 것으로 전망됨
- AI와 IoT 기반 스마트 가전 도입이 확대되면서 가정 내 자율제어 기술의 활용이 증가함
- (상업 분야) 스마트 빌딩 도입이 확산되면서 에너지 효율 향상 및 운영 비용 절감을 위해 자동화 시스템이 활용되고 있음
- 산업 자동화 시장 성장에 따라 자동제어기 수요가 증가하고 있음
- (산업 분야) 스마트 공장 도입으로 생산성과 품질 향상을 위한 자율 제어 시스템 구축이 가속화됨
- 국내 자동화 및 산업 제어 시장은 연평균 성장률(CAGR) 9.8%로 성장할 것으로 예상됨
- 스마트홈 생태계를 구축·확대하기 위한 적극적인 노력을 추진하는 중
 - 우리 정부는 스마트홈 생태계 조성을 지원하기 위하여 매터와 생성형 AI를 중심으로 하는 프로젝트인 'AI@Home'을 추진하는 등 정책적 지원을 확대 중
 - 매터를 도입을 통한 국내 가전·건설사의 연결성 확보 및 생성형 AI 등 혁신 기술을 활용한 지능화 홈 모델 구현 등이 동 프로젝트의 핵심 내용
 - 다만, 사생활 보호, 기존 주택의 스마트홈 기술 적용 여부, 높은 설치 비용 등은 시장의 성장을 제약하는 도전과제이므로, 선제적으로 대비책을 마련할 필요
 - (홈플랫폼, 스마트 정보가전) 국내 업체들은 시스템 개발 능력과 솔루션 경쟁력은 우수하나 플랫폼 경쟁력은 미흡
 - * 삼성전자 스마트 홈 플랫폼(SHP)을 오픈하고, 관련 스마트 홈 관련 가전 및 센서 사업자와의 연대를 통해 사업 선점 추진
 - * LG전자 홈챗 솔루션을 통해 대화형 가전제어 서비스를 제공하고 있으며, 카카오톡, 라인 등과 같은 SNS서비스와 연계 추진
 - (KT, SKB, LGU+) 스마트 단말을 통한 부재 시 침입자 탐지와 원격 모니터링 등의 홈 보안 서비스를 제공 중
 - * KT(홈 지킴이), LGU+(홈 CCTV), SKB(해피뷰)

- (삼성SDS, 코콤, 코맥스 등) 홈 미디어 서버와 상호연동하는 홈네트워크 미들웨어 개발에 주력하면서 실감·감성홈, 에너지 절감 등 미래를 대비한 기술개발 착수

* 홈, 빌딩에너지를 위한 수동적인 관리에서 에너지 소비 모니터링 정보를 기반으로 소비절감을 지원하는 핵심기술 개발 중

□ 사업수행에 필요한 요소기술·제반기술

- 스마트 기기 통합 데이터 수집 및 제어를 지원하는 온디바이스 AI 엣지 게이트웨이
- 엣지 디바이스의 제한된 처리 성능과 메모리 환경을 고려한 최적화된 AI 모델
- 사용자 편의성 침해를 최소화하고 에너지 효율을 극대화하는 에너지 자율 운영 기술
- 집합 수요자원 내 에너지 생산, 수요 및 설비 상태 모니터링 기술
- 대규모 수요자원 관리 및 운영을 위한 안정적이고 확장 가능한 고가용성 빅데이터 시스템
- 분산된 에너지 자원의 통합을 위한 에너지 수요자원 가상화 기술
- OpenADR 표준 기반 초고속 응답이 가능한 자동 수요 관리 시스템
- 수요반응 종료 후 계통의 점진적 안정성 확보를 위한 복귀 알고리즘

3. 특허 동향

□ 해외 동향

- 이 분야의 특허분류는 해외의 주요 출원 국가로는 중국이 압도적으로 많은 출원을 하고 있고(517건), 미국 36건, 한국 21건, 일본 3건, 유럽 2건으로 뒤를 잇는데, 주요 출원인으로는 베이징 포스트 대학(4건), 제치양 공시양 대학(3건), 이하 2건씩 베이징 항공대학, 중국전력과학연구소, 충칭대학, 안휘 연구소, 등이 뒤를 이을 정도로 골고루 분포하고

있다. 출원비율은 매년 10건 내외에서 2018년부터 30건, 2020년 40건, 2023년 75건대에서 지난해 125건 대를 넘어서고 있을 정도로 급증하고 있는 추세에 있으므로 앞으로도 출원은 활발할 것으로 예상된다. 전체적으로 특허 출원 분류를 보게 되면, G06V 20/62가 다수를 차지하고, Y02D 30/70, Y02P 90/02, H04L 09/50, Y02P 9/30분야로 뒤를 잇고 있는 상태이다.

□ 국내 동향

- 이 분야의 주요 출원인으로는 상해교통대학, (주)누리온, 가온그룹(주) 등이 있으며, 주요 권리자로서는 상해교통대학, 상해치양구안 에너지 절감기술(주), 가온그룹(주), 대홍솔루션, 이음아이씨티, 채령 등으로 골고루 분포되어 있다. 전분야에 걸쳐 중소기업, 대학 등으로 고루 분포되어 있다는 점이 특징이다. 주요 특허분류 CPC에 따르면, G06Q 0050/10, H04H 0020/59, H04N 0007/18 등이 주류를 이루고 후속적으로 G05B 0023/02등으로 분류된다.

발명의 명칭	출원인	출원번호	출원일	CPC
에너지 절감 효율 분석 및 시설 관리 서비스 제공 시스템과 그 방법	(주)이아이랩	10-2022-0131903	2022-10-14	G06Q-0050/06
에너지를 절감하는 조명 제어 시스템	상명대학교 산학협력단	10-2018-0130256	2018-10-29	H05B-0047/105
전기 기기 레벨의 부하 주파수 제어 시스템 부하에 대한 자기 적응화 교정 응답 방법	SHANGHAI QIANGUAN ENERGY SAVING TECH CO LTD SHANGHAI JIAO TONG UNIV	2021-126935	2021-08-02	H02J-0003/241
Space-based system edge cloud architecture and self-organizing system and method	National University of Defense Technology	2022-11089638	2022-09-07	
Port machinery crowd remote monitoring system based on virtual reality	Fujian port and Waterway Survey and Design Institute Co.,Ltd.	2024-10918707	2024-07-10	H04L-0009/50
Research method for key process technology of blisk polishing	Chengdu Yuyuan aviation Intelligent Manufacturing Co.,Ltd.	2024-11319444	2024-09-23	
Program processing system, method, device, equipment and storage medium	Tencent Technology (Beijing) Co.,Ltd.	2021-10903851	2021-08-06	
Renewable energy benefit risk analysis method and system based on	NORTH CHINA ELECTRIC POWER University STATE	2024-10507616	2024-04-25	G06Q-0010/063

environmental data	GRID ECONOMIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH INSTITUTE Co.,Ltd ECONOMY AND TECHNOLOGY Research Institute GANSU ELECTRIC POWER CORPORATION STATE GRID			5
Automatic switching method for payment link	Pang Maolin	2020-10562631	2020-06-19	G06Q-0020/20
Control method for hyperspectral remote sensing geological survey	CHINA WATER RESOURCES PEARL RIVER PLANNING, SURVEYING & DESIGNING Co.,Ltd.	2024-10405177	2024-04-07	G06F-0018/10
On-line monitoring method and system for three-dimensional sonar offshore pile foundation	Yangtze River Delta Guochuang Ultrasound (Shanghai) Co.,Ltd.	2024-10085618	2024-01-22	Y02A-0090/30
Efficient scale-resistant and heat exchange plate-reinforced falling film evaporation system and application method thereof	SHANGHAI XINGQUAN POWER Co.,Ltd.	2021-10165706	2021-02-06	C02F-0001/042
Efficient processing and analyzing method and system for intelligent inspection data	Guangzhou Shanghang Information Technology Co.,Ltd.	2024-10985382	2024-07-23	G06F-0018/2433
Gateway electric energy metering device monitoring system	Shandong Electric Power Marketing Center STATE GRID SHANDONG ELECTRIC POWER Co. QINGDAO POWER SUPPLY COMPANY OF STATE GRID SHANDONG ELECTRIC POWER COMPANY	2022-10452146	2022-04-27	G01R-0022/061
Communication analysis method based on Internet of things	Liu Hong	2024-10149831	2024-02-02	H04L-0067/12
Construction method and system of multi-agent self-adaptive synchronous iterative learning coordination controller	Guangzhou University	2024-10822336	2024-06-25	Y02P-0090/02
Lightweight safe smart grid communication method and system based on blockchain	ZHEJIANG GONGSHANG University	2019-10471457	2019-05-31	H04L-0009/50
Industrial computer network access control method and system	Jiahe Technology (Shenzhen) Co.,Ltd.	2024-10194075	2024-02-21	H04L-0009/40
Comprehensive diagnosis and treatment cabin system for oral cavity	SHANGHAI XUHUI DISTRICT DENTAL CENTER	2020-10405999	2020-05-14	A61G-0010/005

4. 표준화 동향

□ 해외 동향

- ISO/IEC JTC1 SC25는 주거 및 상업 환경에서의 홈 및 건물 전자 시스템 에너지 관리, 환경 제어, 조명, 보안 등과 같은 응용 프로그램 및 디바이스 간 상호 연동(IoT 관련)을 지원하기 위한 국제표준화 추진
 - 주요 표준화 주제는 (1) 다양한 제품으로 통합 시스템을 구축하기 위한 상호 운용성, (2) 고객의 개인정보, (3) 데이터 보호 및 안전을 위한 사이버보안, (4) 아파트 단지를 위한 에너지 관리, (5) 인공지능(AI)을 기반으로 한 에너지 할당
 - 통신 및 상호 운용성 측면을 포함하여 홈 제어 시스템의 아키텍처를 설명하는 시리즈 표준, 가정 내 장치 간 통신뿐만 아니라, 외부의 시스템, 서비스 제공자, 운영자 및 사용자 간의 통신도 지원하는 홈 전자 시스템 (HES) 게이트웨이 시리즈 표준, 다양한 에너지관리 응용을 위한 에너지 관리 에이전트를 포함하는 응용 모델 시리즈 표준 등을 개발
 - * ISO/IEC 15067-3-3 주택 또는 커뮤니티 주택(예: 하나 이상의 아파트 건물이나 주택 캠퍼스)에서 수요반응을 위한 EMA(에너지 관리 에이전트)를 포함하는 아키텍처와 모델 집합을 정의
- CSA(Connectivity Standards Alliance)에서는 2021년 5월 지능형 홈 및 IoT 플랫폼 기술 표준인 Matter 개발하였고, 2024년 11월 버전 1.4를 배포
 - 기존 Zigbee Alliance에서 단체명을 변경한 CSA는 약 33개의 Promoter와 약 275여 개 기업의 Participan를 보유한 국제 사실 표준 단체
 - 구글은 구글네스트 제품에 Matter를 적용하여 스마트 홈 기기 간 통합을 추진하고, 아마존은 알렉사(Alexa)와 연동되는 에코 디바이스에 Matter 지원을 추가하여 사용자 경험을 향상시키고 있으며, 애플은 홈킷 플랫폼에 Matter를 도입하여 다양한 스마트 홈 기기와의 호환성을 확대하고 있음
- openADR alliance는 2023년 11월에 OpenADR3.0 표준을 추가로 제정
 - OpenADR 3.0은 전력 회사, 운영자, 에그리제이터, 고객이 다양화 되고 있는 분산에너지원(DER)의 관리를 지원하도록 개발, 이러한 분산에너지원에는 신재생 에너지, 에너지저장장치, EV, 수요자원이 포함됨.

□ 국내 동향

- 국가 표준인 건물에너지관리시스템-제1부: 기능과 데이터 처리절차(KS F 1800-1), 제2부: 관제점 선정, 데이터 관리 및 에너지 절감량 산출(KS F 1800-1)은 에너지공단 지원으로 개발되었음.
 - 이 표준은 에너지공단에서 배포한 건물에너지관리시스템 설치 가이드라인의 근간이 되는 표준임
- TTA PG424(스마트에너지/환경 프로젝트그룹)에서는 다양한 에너지관리 시스템, 에너지저장장치, AMI 등 에너지 관련 단체 표준 개발
 - “에지 컴퓨팅을 활용한 클라우드 기반 건물 에너지 관리 서비스” 시리즈 표준(TTAK.KO-10.1363) 제정
- TTA PG214(스마트홈 프로젝트 그룹)에서는 홈 내의 기기 15종이 홈 네트워크에 연동하기 위한 Open API 적합성 시험을 위한 시리즈 표준(TTAK.KO-04.0241)과 각 기기의 프로파일 표준 시리즈(TTAK.KO-04.0241)가 제정되어 있음.
 - 홈 내 기기인 조명기기, 도어락, 실내 환기, 가스밸브, 세대 통합 검침, 커튼, 보일러, 온도 조절기, 일괄 차단기, 방범 확장, 시스템 에어컨, 대기 전력 차단기, 경비실 서비스, 주동 출입구 서비스, 현관 통화 서비스, 총 15종임.

5. 정부R&D 지원현황

□ 투자 동향

- 첨단산업 투자, 전기화 수요 등으로 에너지 수요 급증
 - 첨단산업 수요, 데이터 센터 증자, 탄소중립 수단으로서 전기화 확대 등으로 인한 에너지 수요 증가세가 더욱 가속화될 전망
 - * 전력수요: '23년 98.3GW → '38년 145.6GW, 전기화, 첨단산업 확대 등: 30.8GW
 - 에너지 수요 급증이 예상되는 반면, 이를 모두 무탄소 에너지로 공급하기는 어려운 만큼 수요관리와 효율 향상 노력이 필수
- 에너지 수급 변동성 확대

- 재생에너지 발전 비중 확대와 기후변화에 따른 기온, 일사량 등 변동으로 향후 수급 변동성은 보다 심화될 것으로 예상
 - * '24년 최대전력 전력수요 97.1GW(잠정, '24.8.20) 기록시, 예비율 8.2GW(8.5%)
 - ** 제주지역 출력제한(횟수): ('19)46 → ('20)77 → ('21)65 → ('22)132 → ('23)181
- 에너지 수요는 수도권, 발전원은 비수도권에 집중되어 있어 수요 증가시 계통부하와 송전에 따른 전력 손실도 함께 증가
- 스마트 디바이스(조명, 가전 등)을 활용한 자동 수요 관리 기술 개발 추진
 - 에너지 소비패턴 분석을 통한 자동으로 스마트 디바이스를 최적화 설정하여 소비자의 수요반응 노력도를 최소화하는 기술 개발
 - 현재 활용되도 있는 15분 간격의 AMI 데이터의 실시간화 등 수요자원 운영을 위한 데이터 품질 제고 추진

□ 기술개발 현황

- 주로 하루 전 전력 시장에 특화된 기술 개발이 이루어지고 있으며, 실시간 전력 시장으로의 기술 개발 전환이 필요
 - 실시간 시장에서의 수요자원 관리 및 가격 반영 속도는 훨씬 더 빠르기 때문에, 이를 대비한 기술 개발이 시급한 상황
 - 실시간 가격 변동 및 수요 예측을 반영하고 실시간 시장의 특성을 고려한 자동화된 수요 관리 시스템이 필수적
- 기술 개발이 에너지 절감을 중심으로 이루어지고 있어 사용자 편의성은 충분히 고려하지 않고 있음
 - 에너지 절감 외에 사용자 참여를 이끌어낼 수 있는 동기 부여가 미비하여, 지속적인 사용자 참여를 유도하는데 어려움
 - 사용자 중심의 시스템 설계를 통해 직관적인 인터페이스와 최소한의 사용자 개입으로 효율적인 에너지 관리가 이루어져야 함
 - 에너지 절감 외에도 사용자가 지속적으로 참여할 수 있는 인센티브 모델을 도입하고, 이를 통해 사용자 행동 변화를 유도할 수 있는 전략이 필요

6. 시사점

□ 하루 전 전력시장에서 실시간 전력시장으로 전환

- 실시간 전력시장 대응을 위한 기술 개발이 시급함
 - 현재 전력 시장은 주로 하루 전 시장 중심으로 운영되고 있으나, 실시간 시장에서는 신속한 수요 대응과 가격 변동 반영이 필수적
 - 실시간 데이터를 활용한 가격 예측 및 수요 반응 기술, 그리고 고성능 데이터 처리 인프라의 개발이 필요
 - 이러한 기술 개발을 통해 실시간 전력 시장에서의 경쟁력을 강화하고, 안정적인 시장 운영에 기여
- 실시간 시장 참여를 확대하기 위한 정책 및 인센티브 제도 필요
 - 실시간 시장 전환을 위해 기술적 기반뿐만 아니라 제도적 지원과 시장 참여 확대를 위한 전략 마련이 필요
 - 고객 참여를 유도하기 위해 실시간 가격 정보 제공 및 신속한 응동에 따른 인센티브 제도가 중요
 - 사용자 친화적인 시스템 설계와 편의성을 고려하여 실시간 시장의 지속적인 참여와 활성화를 촉진

□ 에너지 절감과 사용자 편의성의 균형 필요

- 에너지 절감 기술 개발과 사용자 경험을 동시에 고려한 접근 필요
 - 기존 에너지 절감 기술은 효율성에 집중하여 사용자 편의성이 일부 간과되는 경우가 있음
 - 사용자 개입을 최소화하면서 에너지 절감 효과를 극대화할 수 있는 자율 운영 기술과 사용자 친화적 인터페이스 개발이 필수적
 - 에너지 절감과 사용자 편의성 간 균형을 맞추어 지속적인 참여와 긍정적인 사용자 경험을 확보
- 사용자 중심의 동기 부여 및 지속 가능한 참여 유도 필요
 - 에너지 절감 외에도 고객 참여를 유도하기 위한 명확한 인센티브 제공과

동기 부여가 중요

- 사용자에게 부담을 최소화하는 시스템 설계와 직관적인 사용 환경 제공을 통해 참여 장벽을 낮춤
- 에너지 절감 목표와 사용자 만족도를 동시에 충족시킬 수 있는 전략적 접근으로 장기적인 시장 활성화 가능

2. 수요맞춤형 물관리 시설 수요자원화 기술개발 및 실증

1. 개 요

□ 개 념

- 현재 물관리 시설은 유출수의 수질 악화를 우려하여 하수처리 공정의 설비를 일률적으로 고강도로 운영하고 있으며 상수 공급 역시 계절적, 지역적 수요 변화를 충분히 고려하지 못하고 획일적으로 운영되고 있어 필요 이상의 에너지를 소모하고 있음.



<수요 맞춤형 물관리 시설 수요자원화 기술개발 개념도>

- 기후변화와 도시화 등으로 급변하는 물 수요 및 공급 환경에 대응하기 위해, 사용자(산업체·가정·공공시설 등)의 다양한 요구를 반영한 맞춤형 물관리 기술 및 시설 운영 솔루션 개발과 실증의 필요성이 제기됨.
- 물관리 시설의 에너지 다소비 기기를 효율적으로 개조하고 최적화된 운전 방식을 도입함으로써 에너지 절감을 실현할 뿐만 아니라, 이를 통해 확보된 에너지 잉여분을 수요자원화하여 새로운 부가가치를 창출할 필요가 있음.
- 특히, 수요자원화를 통해 전력거래 시장과 연동함으로써 물관리 시설이 단순한 소비 주체를 넘어 에너지 공급 및 조정 역할을 수행할 수 있도록 하는 체계 구축이 요구됨. 이는 에너지 효율 향상뿐만 아니라 전력망 안정화와 지속 가능한 물관리 체계를 동시에 달성하는 데 기여할 수 있음.

□ 주요이슈

- 에너지 소비의 비효율성과 최적화된 표준플랫폼 부재
 - 국내 물관리 시설은 설비 운영이 획일적으로 이루어져 필요 이상의 에너지를 소비하고 있음. 설비를 과도하게 운영하는 사례가 많으며 계절적 및 지역적 수요 변화에 대응하지 못하고 있어 에너지 효율이 낮은 운영 방식이 지속되고 있음.
 - 효율적 에너지관리를 위한 다양한 연구들이 수행되었지만, 개발 기술의 활용 범위가 일부 실증 대상지에 국한되어 있어 이를 타 물관리 설비에 보급 확산하기 어려움.
 - 보편 적용할 수 있는 에너지 다소비 기기 중심의 에너지 수요관리 플랫폼을 개발하고 모델, 데이터, 프로토콜 등을 표준화함으로써 기축·신축 물관리 설비에 빠른 기술 보급 확산이 필요한 시점임.
 - 정부 규제 및 표준화, 안정적 재원 확보, 참여형 거버넌스 구축을 통해 수요맞춤형 물관리 기술 실증과 상용화 촉진 필요함.
- 노후 설비와 기술의 한계 및 변동하는 수요 대응 미비
 - 국내 물관리 시설의 상당수가 노후화된 설비를 사용하고 있어 에너지

효율이 낮고 유지보수 비용이 과다하게 발생하는 문제 발생. 최신 기술의 도입이 더딘 상황으로, 재생에너지 활용이나 스마트 관리체계와 같은 첨단 기술과의 격차가 점차 확대되는 실정임. 이는 에너지 절감 목표 달성과 운영 효율화를 동시에 이루기 어렵게 만드는 주요 요인으로 작용함.

- 물 수요는 계절적, 지역적, 산업적 특성에 따라 크게 변동하지만, 이를 반영한 유연한 운영 체계가 부족한 상황이며, 획일적인 설비 운영은 필요 이상의 에너지 소비로 이어지며, 불필요한 운영비 상승의 원인이 됨. 특히, 대규모 물 수요 발생 시 적시에 대응하지 못해 에너지 및 물 자원의 비효율적 활용이 발생함.

○ 수요자원화와 스마트 기술 활용 미흡

- 물관리 시설에서 절감된 에너지를 수요자원화하여 전력거래 시장과 연동하는 체계 구축이 미흡하며, 이는 에너지 절약을 부가가치 창출로 전환할 중요한 기회를 제한하고 있음.
- IoT, AI 등 스마트 기술의 활용이 타 산업군에 비해 부족하여 실시간 데이터 분석 및 에너지 최적화가 원활히 이루어지지 않고 있음. 이러한 기술적 한계는 물관리 시설이 에너지 소비 주체에서 공급 및 조정 주체로 전환하는 데 장애 요인으로 작용하고 있음.
- 4차산업혁명 기술(IoT, AI, 디지털 트윈 등)을 융합한 스마트 물관리 시스템의 고도화가 요구되며, 다양한 환경(도시, 농촌, 산간, 해안 등)에서 실증을 통해 기술 적합성을 검증하고 스케일업(Scale-up) 경험을 축적해야 함.
- 또한, 지속적인 모니터링과 테스트를 통해 시설의 안전성과 신뢰성을 강화하고, 수질 및 데이터의 정확성을 확보하는 체계적 접근이 필요한 시점임.

2. 산업·기술 동향

□ 해외 동향

- (물관리 DT 기술) 기술 선도국에서는 디지털 혁신의 핵심기술로 디지털 트윈에 주목하고 정보, 모델, 시뮬레이션 등 디지털 트윈 기술개발 및 현장 실증 진행

- (영국) 잉글랜드 및 웨일즈를 관할하는 상하수도 감독청인 오프왓(Ofwat)은 물 부문 4개 프로젝트 중 하나로 디지털 트윈을 지원하는 표준 제시
 - * 4개 프로젝트 추진을 위해 글로벌 최대 물관리 기업인 영국 템즈워터에 150만 파운드 지원. 디지털 트윈 표준을 기반으로 데이터 기반 의사결정과 예측 모델링을 강화하여 물관리의 효율성을 제고하고, 기후변화 및 인구증가에 따른 물 수요 변화에 대응할 수 있는 체계를 구축하고 있음
 - * 템즈워터는 디지털 트윈 기술을 활용하여 네트워크 운영 효율성 개선, 누수 탐지, 에너지 소비 최적화 등 다양한 분야에서 혁신적 접근을 시도 중임. 또한, AI 기반 Smart Membrane 기술을 활용해 하수처리 공정 내 약품 사용량을 최소화하고, 처리 능력을 40% 향상시키는 등 지속 가능한 운영을 도입 중임.
- (미국) 국가과학기술위원회는 빅데이터 분석, 첨단 센서, 제어기술, 모델링 및 시뮬레이션 등의 디지털 트윈 관련 스마트 제조를 포함한 5대 전략목표를 추진, 도시 교통·건설 환경·하수관 보수 등을 위해 디지털 트윈 활용
 - * Microsoft는 건물, 공장, 농장, 에너지 네트워크, 철도, 나아가 도시 전체를 모델링 할 수 있는 디지털 트윈 기술 “Azure Digital Twins” 개발
 - * Onta Township은 엔지니어링 회사 Wightman&Associates와 손잡고 GIS를 기반으로 폐수 네트워크의 ‘디지털 트윈’을 구축, 이를 통해 정밀한 하수관 관리 및 문제 발생 시 행동 지침 준수 가능
- (중국) 관개용수 및 하수처리, 홍수관리 등의 물관리 분야에 디지털 기술을 활용하고 있으며, 특히, 홍수 분야에서 베이징 일부 지역에 대한 실시간 기상 상황에 따른 침수심을 계산하고 위험지역에 대한 경보기능을 탑재한 시스템 개발 중
- (AI 정수장 구축) 전 세계적으로 발생하고 있는 기후 위기(홍수, 가뭄), 휴먼 에러, 팬더믹 등 수도사업장의 운영환경 변화에도 안정적인 수돗물 공급을 위하여 물관리 디지털 전환을 통한 선제적 대응 추진 중이며, 다양한 기술 선도국에서 수질관리 등 정수처리 과정 자동화 및 최적화를 위해 AI, ICT를 활용한 수처리 자율 운영 프로젝트 및 지능형 관리 도입 중
- (미국) 상당 부분 노후화된 정수처리 시설의 개보수 수요 증가로 인해 ICT 기술을 활용한 지능형 관리를 통하여 운영비용 절감에 집중
- 베올리아, 수에즈, 자일럼 등 해외 물기업은 최신 ICT 설비와 소프트웨어 기술을 접목하여 수처리 프로세스의 고도화를 추진 중

구 분	적용기술	도입성과	비 고
베올리아 (Aquavista)	· AI기반 Smart Membrane · 하수처리장에 디지털트윈 접목 · 하수도 관망시스템 최적화	· 에너지 사용량 30%절감 · 약품사용량 100%절감 · 처리능력 40% 상승	-
수에즈 (SUEZ)	· 실시간 설비, 관망 모니터링 · 수요예측, 생산스케줄 최적화 · 위기상황 및 설비이상 알림	· 상하수도 시스템 최적화 · 상하수도 성능 제어 · KPI 기반 성능 관리	-
자일럼 (VUE)	· AI 누수감지 및 계량기 수명관리 · 실시간 시뮬레이션, 디지털 트윈 · 고객 관리, 자산관리 최적화	· 누수탐지를 통한 효율 향상 · 물사용량 파악, 요금 청구 등 · 프로세스 최적화	-

- **(Smart Water Network Management)** IMU(Inertial Measurement Unit, 관성측정장치) 센서, 위성 감시, AI 소프트웨어 및 실시간 데이터 모니터링을 활용하는 지능형 네트워크 관리시스템을 통한 탐사·관리 추진
 - 스마트 기술과 중앙집중식 관리시스템을 도입하여 물 분배 네트워크의 신뢰성을 향상하고, 자동화를 통해 유수율을 높이는 데 주력
 - (덴마크) Marseliborg 폐수처리 플랜트의 에너지 자립 기술개발 적용. 슬러지에서 바이오가스를 생산하고, 가변 속도 드라이브(VSD)를 설치 운영하여 에너지 효율을 극대화함
 - (싱가폴) Keppel Marina East 담수화 시설의 스마트 제어 시스템 도입. 해당 시설은 분산제어 시스템을 도입하여 중앙 관리실에서 실시간 모니터링 및 제어가 가능하며, 이를 통해 에너지 소비를 최적화.
 - (독일 GIZ 및 국제물협회(IWA))는 상하수도 시스템에서 탄소 배출량 저감을 위해 “WaCCliM(Water and Wastewater Companies for Climate Mitigation)’ 프로젝트를 진행하여, ECAM(Energy Performance and Carbon Emission Assessment and Monitoring)을 개발.
 - (지멘스) 수처리 자동화 시스템(호주 퍼스, 스페인 발데렌티스코, 바레인 알히드 등)의 해수담수화 플랜트 적용. 실제 수요에 맞는 양의 물을 공급함으로써 에너지 사용량을 효율적으로 개선함.

□ 국내 동향

- 기후변화, 산업구조 고도화, 도시화 등으로 물 수요가 다양해지고 공급이 제한되는 상황이 심화되면서, 국내에서는 수요맞춤형 물관리 시설을 통한 물 자원의 효율적 활용이 중요한 의제로 부상 중
- 정부와 공공기관(산업부, 환경부, 국토교통부, 과학기술정보통신부, K-water 등)에서 추진하는 기술개발 및 실증사업이 다 각도로 전개
- 스마트시티·산업단지·농어촌 등 다양한 현장에 적용해 시설 운영 최적화, 자원 재활용, 에너지 절감 등을 실현하려는 노력 가속화. 국내 물관리 설비의 기술개발 동향은 다음과 같이 요약됨.

(1) 물관리 Digital Twin 기술개발

- 한국판 뉴딜 종합계획에서 ‘디지털 트윈’을 산업 전반의 핵심으로 인식하고, 도로·항만 등 국가 시설물에 대한 디지털 트윈 구축계획 수립, 물 산업 분야(수변, 물관리 등)에도 디지털 트윈 접목을 위한 기술개발 추진. 주요 물관리 DT 기술개발 현황은 하기와 같음.
- (데이터 취득 기술) 과학기술정보통신부 등은 IoT 센싱과 계측을 통하여 지형정보 및 공간데이터 취득 관련 기술 지속 연구. 정수장에너지 관리시스템(WEMS) 및 건물에너지관리시스템(BEMS) 에너지 사용량 및 영향인자 감지 복합 스마트 센서 개발, WEMS 및 BEMS 연계 인공지능형 복합센서 실증 연구 수행
- (데이터 처리·분석 및 가시화 기술) K-water의 디지털 트윈 물관리 플랫폼 ‘Digital GARAM’은 대용량의 3차원 지형정보를 고속으로 처리하는 기술을 개발·탑재하였으며, 지속적인 기술개발로 데이터 구현속도 향상 계획
- (가시화 데이터 활용 기술) K-water는 부산 ‘스마트 빌리지’를 조성하면서 개발한 디지털 트윈 기술을 활용하여, 가상현실로 구축된 스마트 빌리지를 실제와 같은 환경에서 체험
- (시스템/데이터/설비/장비 간 연결 기술) 초연결 기술 관련한 네트워크 구축 기술, 제품 등을 중심으로 개발

(2) AI 정수장 구축

- (환경부) 광역 SWM AI 정수장 기술을 활용하여 전국 지자체 정수장에 AI를 도입하기 위해 기술개발 및 시범사업을 단계별 추진 중
- (서울시) AI기반 스마트 정수장 건립을 위한 새로운 가이드라인 개발로 AI를 활용한 고품질 수돗물 생산, 효율적 수질관리 및 에너지 절감 추진



<인공지능(AI) 기반 스마트 정수장 개념도 (출처 : RNX뉴스, '23.4.3)>

- (K-water) 광역정수장 수돗물 생산의 안정성 확보 및 최적 운영을 위하여 AI와 빅데이터를 활용한 AI 정수장 구축을 추진하고 있으며, '30년 "완전 자율 운영"을 위해 AI 단계를 구분하고 체계적으로 관리 계획 수립
 - 화성정수장 시범 구축 완료(~'22), 42개소에 확대 구축 진행 중(~'24)
 - 공주 막여과 정수장, 팔당 취수장 등 고도 AI를 추가개발 중(~'24)
 - 물 산업·공공기관 최초 세계경제포럼(WEF) '글로벌 등대' 선정('24)
 - 인도네시아 최초 Net-Zero 정수장 건설을 위한 업무협약 체결('24)
 - AI 정수장 국제표준화(ISO) 제정을 위한 산자부 연구사업 진행 중(~'27)
- (인공지능 정수장 구축기술) AI 정수장은 정수처리공정 자율운영, 최적 에너지 관리, 설비 예지보전, 지능형 영상감시 시스템 기능을 포함



<최적운영·진단 가능한 지능형 정수장] (출처 : K-water)>

- (에너지 관리) 에너지 다 소비설비 대상 실시간 전력량 모니터링, 데이터 분석 및 설비관리가 가능한 에너지관리시스템 개발
 - * 배수지 관압을 이용한 펌프 최적제어, 전력수요 예측을 통한 피크 초과 경보 등
- (설비 예지보전) 주요설비 대상으로 실시간 상태기반의 예측정비를 위하여 자율진단과 이상감지 기술로 구성된 예지보전 시스템 개발
 - * (자율진단) 펌프모터 진동 데이터를 실시간으로 취득·분석하여 고장감지 및 원인제시
 - * (이상감지) 설비운영데이터 분석을 통해 이상징후 조기감지 및 경보

(3) SWNM(Smart Water Network Management) 기술

- 수돗물 공급 전과정에서 AI, IoT 등 스마트 기술을 융합하여 상수관망 수압·수질 이상·누수탐지 등 누수저감 및 사고에 대하여 선제적이고 능동적인 대응시스템을 구축, 운영하기 위한 최적 관리 기술임
- 지방상수도의 열악한 환경을 개선하기 위해 '17년부터 국가 주도 지방상수도 현대화사업을 시행하여 ICT, IoT 기반 블록시스템 및 유지관리 시스템 등 상수도 관망 실시간 모니터링 및 상수도 관리체계 구축
- 에너지 관리 연계 주요 SWNM 기술개발 현황
 - (관망해석 기술) 실제 수리적 거동을 반영할 수 있는 온라인 관망해석 모델을 구축하고, 이를 활용하여 가상의 사고 데이터를 생성하는 기술개발
 - * K-water는 대수용가 스마트미터, 검침 수용가, 누수로 인한 유입 유량 성분을 구분하여 관망 분석

- (전원공급 개선을 통한 IoT 적용확대 기술) 기존의 배터리 기반 또는 상시 전원을 통한 자료수집 방식에서 배터리와 소규모 발전장비 등을 조합하여, 보다 많은 관망지점에서 실시간 데이터 수집 및 전원문제 해소
- (관망감시·제어 운영시스템 기술) 상수도 관망의 시각적 관리와 자동 분석, 음향 통신을 활용한 효율적 모니터링 시스템 개발
- (에너지 관리 기술) 관망해석 프로그램과 구글맵 등 지리정보체계를 연계하여, 상수관망의 설계 및 운영에 널리 적용되는 '상수관망 에너지 분석, 평가, 개발 적지 탐색 프로그램' 개발

(4) 물관리 설비 대상 대표적 실증 사례

- 정부과제 및 사업으로 물 자원 효율적 활용 및 실증사업 추진 중
 - 스마트 물관리 R&D 사업(환경부·과기정통부 연계)은 지능형 물공급·배수망 모니터링 및 제어 시스템, 하·폐수 자원화(메탄·폐열) 기술, 재이용수 고품질화 기술 등 중앙정부와 지자체, 공공기관(K-water, 한국환경공단), 민간 기업이 컨소시엄 형태로 협업하며 실증 단지 조성
 - 스마트시티 시범사업(국토교통부)은 세종·부산 등 국가 시범도시에 상수도·하수도 네트워크에 스마트 센서, 실시간 데이터 플랫폼을 적용해 물 수요 예측 및 자원화 실증하여 도시 전체의 물관리 효율 증대, 시민 체감형 서비스(누수 예방, 상수도 점검, 하수도 악취 저감)로 확산 기대
 - 노후 상하수도 현대화 및 지능형 검침(스마트미터) 보급 사업(환경부·지자체)은 노후관 교체, 스마트미터 시범 도입으로 수도 누수 방지, 실시간 관망 관리, 유량·압력 모니터링을 통한 에너지 사용 효율화 등으로 전국 지자체별 단계적 예산 지원 및 사업 시행, 검침 자동화로 인력 운영비 절감과 사용자 맞춤형 요금제 실증 추진
 - 물산업클러스터 운영(대구)은 국가 물산업 클러스터를 중심으로 물관리·환경기업의 연구개발, 테스트베드, 해외 인증 지원 등을 종합적으로 실시하여 신규 기술과 솔루션의 사업화, 글로벌 수출 경쟁력 강화, 중소·벤처기업 육성을 통한 산업 생태계 확장

(5) 국내 물관리 설비 관련 규정 및 정책 동향

○ 에너지법·에너지이용합리화법 개정

- 국가 에너지 정책 방향과 중·장기 계획 수립, 에너지 절약 및 효율 향상 의무, 에너지 절약시설 투자 지원
- 에너지법 개정('23.12)으로 에너지 사용이 많은 상·하·폐수처리시설, 정수장 등에 고효율 기자재 의무 사용, 첨단 ICT 기반 에너지 절감 시스템 도입 독려되어, 수요맞춤형 물관리 시설과 연계 가능
- 에너지이용합리화법 개정('24.09)으로 온실가스 감축 목표를 반영해, 산업체 온실가스 배출 저감 계획, 건물부문 에너지 성능 강화 등 제도적 장치가 꾸준히 보강되고, 고효율 기자재 의무화·효율등급 강화, 온실가스·에너지 목표관리제, 탄소배출권거래제 연동
- 기후변화와 탄소중립이 국가적 핵심 과제로 부상하면서, 에너지법은 중장기 정책 방향을, 에너지이용합리화법은 구체적인 실행 수단을 각각 맡아 상호 보완적으로 작동

○ 하수도법('24.05)·수도법('21.04) 개정

- 하수도/수도시설의 운영·관리 효율화, 수질 기준 강화, 스마트 기술 활용으로 향후 지능형 상·하수도 구축, 재이용수 공급 확대 등이 법적 근거를 통해 가속화 전망되어 R&D 수요 증가

□ 사업수행에 필요한 요소기술·제반기술

○ 수요자원 공급·분배 체계 최적화 기술

- 유량·압력·수질 데이터를 실시간으로 모니터링하여 최적 경로와 압력 제어를 수행하는 실시간 관망 관리 기술개발.
- 산업단지, 농촌, 대도시 등 각 수요처별 물 사용 패턴을 반영한 맞춤형 공급 알고리즘 및 자동제어 기술.
- 누수와 오염 발생 시 신속 대응이 가능한 설계를 통해 물관리의 효율성과 신뢰성을 강화.

○ IoT·AIX·빅데이터 기반 운영 기술

- 수질, 수량, 수압 등 데이터를 수집하기 위한 지능형 센서 네트워크와

신뢰성 높은 예측 기술 개발.

- 축적된 빅데이터를 활용 기상 영향과 수요 변동을 AI 기반으로 예측하고, 공정 실시간 최적화 기술.
- 디지털 트윈 기술을 도입해 시뮬레이션 기반 최적 운영, 유지보수 계획 수립, 시설 증설 효과 예측 기술.

○ 맞춤형 수질 관리·검증 기술

- 재이용수 품질을 유지하기 위한 실시간 모니터링 기술과 표준화된 수질 평가 기술.
- 용도별(음용수, 재이용수 등) 맞춤형 살균·소독 기술(자외선, 오존, 염소 등)로 바이러스·세균 제거관련 공정 기술
- 위생 및 안전 기준 충족을 위한 기술개발과 관련 법규·인증 기준 대응 체계에 대한 이해도

○ 수처리 공정 및 자원회수 기술

- 막분리, 고도 산화(AOP), 생물학적 고도처리 등 하수 재이용 기술의 효율성과 안정성 강화 기술.
- 하수처리 과정에서 발생하는 슬러지, 메탄가스, 폐열 등 자원을 회수·활용하는 혐기성 소화 및 열교환 기술.
- 용도별 안정적 수질 기준 충족을 위한 고도화된 수처리 공정기술.

○ 운영 시스템 통합·플랫폼 기술

- 다수의 요소기술(수처리, 센서, AIX 등)을 유기적으로 결합해 운영 데이터를 한곳에서 관리하고, 실시간 알람·보고·의사결정 지원 기술
- 실증 단계에서 신속히 확산·구축하기 위해, 설비·공정 모듈화 및 IoT 통신 프로토콜, 데이터 형식 등의 표준화 기술

○ 에너지 효율·운영비 절감 기술

- 전체 운영비의 상당 부분을 차지하는 펌프, 송풍기 등 주요 기기 효율 최적화 및 AIX 기반 부하관리(수요 공급량 맞춤 제어)로 전력 소비량 줄이는 전략 및 기반 기술

○ 안정적 운영·유지보수 기술

- 다양한 환경(도시, 농촌, 해안, 산업단지) 실증으로 기술 신뢰성 확보 및 현장형 R&D 노하우를 축적할 수 있는 실증 테스트베드 운영 기술
- 장비·설비 관리 솔루션으로 예지보전 기반 설비 고장을 사전 예측·대응 및 운영 중단 최소화 기술

○ 인증·허가·표준 절차 대응 및 비즈니스 모델 설계

- 국내 법규(물재이용 촉진법, 수도법 등)에서 요구하는 수질, 에너지, 안전 기준을 충족하는 기술 및 인증 취득.
- 공인 시험·성능평가 체계를 구축해 기술 신뢰성을 제고하고, 설비·제품의 표준화를 통해 시장진입 프로세스.
- 초기 투자비 부담을 줄이는 민간 투자 및 서비스형 물관리(Water-as-a-Service) 모델의 이해와 적용.
- 데이터 기반 컨설팅, 운영 최적화, 에너지 거래 등과 연계한 수익 모델 구축

3. 특허 동향

□ 해외 동향

- 이 분야의 주요출원인은 (주)한국산업기술원, 도시바, 도시바 솔루션, 한국건설기술연구원, 파이프텍, 한국농어촌공사, 아이엠오 인더스트리, 한국과학기술원, 미즈비시 케미컬, 치의과학대학교, 한국생산기술연구원, 경기대 산단, 국민대 산단 순으로 대한민국이 선도하고 있는 분야이며, CPC로 살펴본 주요 출원 분야는 G06Q 50/10, G06Q 50/08, G06Q 50/26으로 선도하고 있는 다수의 출원은 G06Q에서 차지하고 있다. 출원은 2015년에 19건이었다가 우상향하여 2024년에 92건으로 꾸준히 상승중에 있다. 주요 출원 국가로는 대한민국이 299건, 일본 75건, PCT 48건의 순이다.

□ 국내 동향

- 이 분야의 주요 출원인은 주식회사 한국산업기술원 105건, 한국건설기술

연구원 9건, 도시바 7건, 파이프텍 5건, 한국농어촌공사 5건, 도시바 디지털 솔루션 3건, 국립재난안전연구원 3건, 커넥트어스엔 3건, 경기대학교 산단 2건, 인천대학교 산단 2건 등으로 한국산업기술원에서 다수의 건을 하였고 산학에서 고루 분포되어 있다는 점이 특징이다. 특히 2020년 12건이며 서서히 출원이 증가하다가 지난해 2024년에는 87건에 이르는 급격 상승한 출원비율로 볼 때, 전략적으로 다수의 출원을 한 것으로 파악된다. 출원분야를 CPC를 토대로 살펴보면, G06Q 50/10, G06Q 50/08, E04G 21/02, G06Q 50/06, B25J 11/00 등으로 G06Q 50/10분야가 다수의 건을 이루며 골고루 다양한 분야로 출원이 이루어짐을 알 수 있다.

발명의 명칭	출원인	출원번호	출원일	CPC
PTC히터를 열원으로 하는 질소가스 히팅장치	김영덕	10-2022-0063725	2022-05-24	H01L-0021/67017
태양광 발전 차양	스마트기술연구소(주) 조정숙	10-2018-0070625	2018-06-20	H02S-0020/22
전기자동차 폐배터리 폐기를 위한 급속방전과 열전소자를 이용한 방전열의 전기전환을 위한 시스템	(주)네오시스	10-2021-0176520	2021-12-10	H01M-0010/54
멀티 에이전트 협업을 통한 커뮤니티 에너지 관리 시스템	한국에너지기술연구원	10-2020-0128439	2020-10-06	G06Q-0050/06
에너지 하베스팅을 이용한 고온, 고압 공정을 가지는 석탄 자원을 이용한 독립형 에너지 생산플랜트의 제어시스템	한국에너지기술연구원	10-2020-0041822	2020-04-06	C10J-0003/723
가변형 배플을 적용한 열회수 태양광 발전시스템 및 이의 운전제어방법	한국에너지기술연구원	10-2020-0165281	2020-12-01	H02S-0040/44
향상된 효율을 갖는 동력 생산을 위한 방법 및 시스템	8 리버스 캐피탈, 엘엘씨	10-2021-7038456	2015-07-07	F02C-0003/34
저전력 고효율 비산화물 세라믹 발열체를 활용한 전기차 난방 모듈용 시즈히터	상도전기공업 주식회사	10-2019-0134692	2019-10-28	B60H-0001/2225
ESS를 연계한 저온조건의 바이오매스내 회분유발성분을 제거한 연료 생산 시스템	한국에너지기술연구원	10-2020-0140648	2020-10-27	C10G-0053/02
내압성능이 향상된 주전열면 열교환유닛과 그 제조방법 및 이 주전열면 열교환유닛을 이용한 열교환시스템	주식회사 이노윌	10-2017-0170614	2017-12-12	F28F-0009/0219
환기장치용 전열교환기의 필터 관리 시스템	(주)디지털	10-2018-0033928	2018-03-23	F24F-0011/39
전하 유도형 마찰전기 에너지 발생 장치	성균관대학교 산학협력단	10-2017-0010420	2017-01-23	H02N-0001/04
열교환기 및 이의 제조방법	주식회사 세아에프에스	10-2016-0145533	2016-11-03	F28F-0001/30
댐퍼 및 이를 구비한 바이패스 전열교환기	주식회사 힘펠	10-2016-0092146	2016-07-20	F24F-0012/001
열전대 튜브 및 이를 제조하는 방법	국민대학교 산학협력단	10-2016-0087352	2016-07-11	G01K-0007/02
전열막층의 제조방법, 전열막층, 전기 가열판	포산순터메디칼코퍼레이션	10-2017-	2015-	H05B-

및 조리기구	히팅아플라이언스메뉴팩처링코, 라티티 마더 그룹코알티	7024802	06-16	0003/141
향상된 효율을 갖는 동력 생산을 위한 방법 및 시스템	8 리버스 캐피탈, 엘엘씨	10-2017-7003234	2015-07-07	F02C-0003/34
급배기 겸용 역류방지댐퍼와 축열소자를 이용한 고효율 환기시스템	주식회사 제일테크	10-2016-0137460	2016-10-21	F24F-0007/06
나노위성 전열식 전개 시스템	더 보잉 컴파니	10-2015-0144619	2015-10-16	B64G-0001/2229
에너지 절감형 환기시스템	주식회사 애니텍	10-2014-0128219	2014-09-25	F24F-0011/89
일체형 이중 관 및 이의 제조방법	국방과학연구소	10-2014-0063202	2014-05-26	F28F-0001/10

4. 표준화 동향

□ 해외 동향

- ISO TC224(Drinking water, wastewater and stormwater systems and services)에서는 상수도, 하수도, 우수 처리 시스템과 관련된 서비스 활동 및 프로세스의 관리 개념에 대한 국제표준화 추진
 - 상·하수도 서비스와 관련된 활동, 상·하수도 시스템 설비 관리 지침, 상·하수도 및 우수 시스템 및 서비스 등에 대한 표준이 제정되어 있음.
 - * ISO 24516-1~4(Guidelines for the management of assets of water supply and wastewater systems - Part 1: Drinking water distribution networks, Part 2: Waterworks, Part 3: Wastewater collection networks, Part 4: Wastewater treatment plants, sludge treatment facilities, pumping stations, retention and detention facilities)는 상·하수도 시스템의 자산관리를 위한 지침을 정의하는 시리즈 표준
- 상·하수도 처리 설비는 공장에서 사용하는 설비와 유사하므로 제조 설비의 에너지사용 관리와 관련된 표준 참조
 - IEC TC 65 (Industrial-process measurement, control and automation)에서는 산업 제조공정 및 자동화 분야 관련 절차, 관리, 성능평가 등에 대한 국제표준화 추진
 - ISO TC 301(Energy management and energy savings)에서는 에너지 관리와 에너지 절감에 대한 국제표준화 추진

- IEC TC 22(Power Electronic Systems and Equipment)에서는 상·하수 처리장에서 사용하고 있는 설비의 효율을 높이기 위해 사용하는 전력 변환장치 관련 국제표준화 추진
- * SC 22G (Adjustable speed electric power drive systems)에서는 가변 속도 전동기 구동 시스템에서 전력변환장치의 제어, 보호, 모니터링 및 측정을 포함한 국제 표준화

□ 국내 동향

- 상·하수도 시스템 관련 ISO 표준은 대부분 부합화되어 국가표준으로 제정
 - KS I ISO24510 “상·하수도 서비스와 관련된 활동 - 사용자 서비스에 대한 평가와 개선을 위한 지침”은 사용자와 관련되고 관심있는 상·하수 서비스 요소를 정의하고, 사용자의 요구와 기대를 식별하고 평가하는 지침 제시
 - KS I ISO24511 “상·하수도 서비스와 관련된 활동 - 하수도 사업관리 및 서비스 평가를 위한 지침”은 하수도 사업자의 관리와 하수 서비스 평가에 대한 지침 제공
 - KS I ISO24512 “상·하수도 서비스와 관련된 활동 - 상수도 사업관리 및 서비스 평가를 위한 지침”은 상수도 사업자의 관리와 하수 서비스 평가에 대한 지침 제공
 - KS I ISO24513 “상수도, 하수도 및 우수 시스템과 관련된 서비스-용어”는 상수, 하수 및 우수 시스템과 관련된 서비스의 공급 및 관리에 대한 공통의 이해와 커뮤니케이션을 촉진하기 위해 상·하수도 서비스와 관련된 다양한 이해관계자의 공통된 용어의 개념을 규정
 - KS I ISO24516-1 “상·하수도 시스템의 자산 관리를 위한 지침-제1부: 제1부: 상수관망”은 상수관망의 현존 자산 가치를 유지하기 위한 자산 관리의 기술적 측면, 도구, 모범 사례와 관련된 지침을 규정
 - KS I ISO24516-2 “상·하수도 시스템의 자산 관리를 위한 지침-제2부: 수도시설”은 수도시설의 기존 자산 가치를 유지하기 위한 자산 관리의 기술적 측면, 도구, 모범 사례와 관련된 지침을 규정하며, 이 표준의 자산 유형은 수도시설 또는 상수관망 어디에 위치했는지에 관계없이 정수처리시설, 슬러지 처리시설, 펌프장, 저류지 및 배수지, 약품 주입

장치, 수도미터 및 기타 인프라를 포함

- KS I ISO24516-3 “상·하수도 시스템의 자산 관리를 위한 지침-제3부: 하수관망”은 하수관망의 기존 자산 가치를 유지하기 위한 자산관리의 기술적 측면, 도구, 모범 사례 및 관련된 지침 규정
- KS I ISO24516-4 “상·하수도 시스템의 자산 관리를 위한 지침-제4부: 하수처리시설, 슬러지 처리시설, 펌프장 및 저류시설”은 하수도 시스템의 기존 자산 가치를 유지하기 위한 하수처리시설, 슬러지 처리시설, 펌프장 및 저류시설에 대한 자산 관리의 기술적 측면, 도구, 모범 사례 및 관련된 지침을 규정
- KS I ISOTS24522 “이벤트 감지 공정: 상하수도 사업자를 위한 지침”은 상·하수도 사업자에게 상·하수도 관련 이벤트의 감지와 분류에 대한 지침을 제공하며 데이터 수집에 사용되는 측정 방법을 다루지 않음.
- 상·하수 처리시설 관련 국내 단체 표준 개발은 미비한 상황이므로 관련 표준 개발이 요구됨.
 - TTA PG1001(사물인터넷/스마트시티 플랫폼 프로젝트 그룹)에서는 상수관로 관련 TTAK.KO-10.0965 “도시 지하매설물 모니터링시스템”에 대한 시리즈 표준을 제정
 - 대부분의 상·하수 관련 단체 표준은 상·하수도용 재료에 대한 기준 정의

5. 정부R&D 지원현황

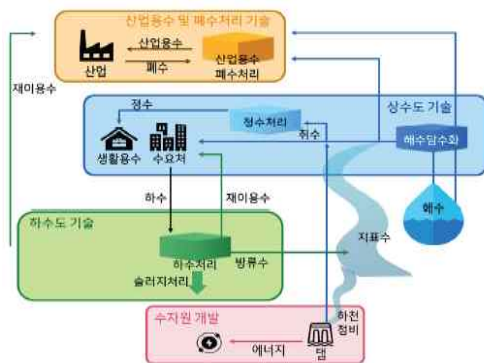
□ 투자 동향

- (산업통산자원부) ‘제4차 에너지기술개발계획(2019~2028)’에서 에너지 전환을 뒷받침할 R&D 투자 강화 등 4대 추진 전략을 수립, 16대 에너지 중점기술 분야를 선정하고 글로벌 시장 선점 및 차세대 유망 기술별 실행 과제를 발굴

추진전략	주요과제
에너지전환을 뒷받침할 R&D 투자 강화	① 에너지 신산업 육성 ② 깨끗하고 안전한 에너지 공급 ③ 에너지 고효율 저소비 구조 혁신 ④ 분산형 에너지 확산
국가적 역량결집을 위한 R&D 체계 구축	① 공동목표 중심의 플래그쉽 프로젝트 추진 ② 혁신주체간 협력 강화 ③ 한계돌파형 도전적 R&D 및 산업간 융합연구 강화 ④ 국민참여형 R&D 확대
신산업 창출을 위한 R&D 기반 강화	① 사업화 촉진을 위한 실증·시험 인프라 구축 ② R&D 결과물의 시장진입 촉진 ③ 빅데이터 플랫폼 구축·활용 ④ 규제완화·강화 조화를 통한 신기술 조기 확산
미래 지향적 에너지 R&D 저변 확대	① 융복합단지 조성을 통한 지역생태계 활성화 ② 에너지전환 혁신 인재 양성 ③ 전략적 국제협력 활동 및 해외 시장진출 촉진

[에너지개발기술 추진전략 및 주요과제] (출처 : 산업통산자원부)

- (환경부) '제2차 물관리기술 발전 및 물산업 진흥 기본계획 (2024~2028)'을 통해 체계적인 물관리 기술 발전 및 물산업 진흥을 통한 국민 삶의 질 향상과 지속 가능한 물순환 체계 구축을 추진하고 있으며, 주요 수처리 기술 국산화 및 차세대 원천기술 확보로 고부가가치 창출과 스마트 물관리 기술 및 기후 대응 기술 선도적 투자로 경쟁력을 확보

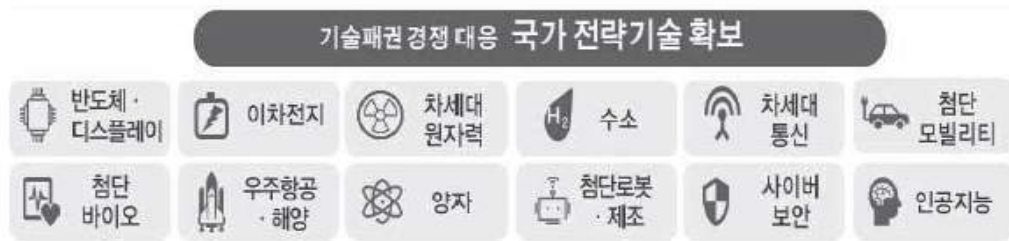


(단위 : 백만원)

추진전략	투자예산 (계획)					합계
	'24	'25	'26	'27	'28	
총 계	231,271	217,832	232,782	236,397	278,464	1,196,746
물관리기술 혁신	86,551	102,982	79,096	68,721	76,100	413,450
물기업 경쟁력 향상	119,275	83,046	112,008	117,108	155,693	587,130
전략적 해외진출 활성화	16,145	22,504	32,078	40,968	37,071	148,766
전문인재 양성, 물산업 진흥기반 체계화	9,300	9,300	9,600	9,600	9,600	47,400

<물순환계 및 물산업 진흥 기본계획 투자계획 (출처 : 환경부)>

- (과학기술정보통신부) 정부 R&D 투자 전반에 선도·도전의 DNA를 이식하여 실패 위험부담이 있지만 성공 시 국가적인 기술혁신을 이끌 선도·도전적 R&D 지원과 민간이 하기 어려운 모험자본으로서 정부 R&D 투자를 강화하고 있으며, '제5차 과학기술기본계획(2023~2027)'에서 12대 국가전략기술분야 선정 등 과학기술 정책영역의 확장과 이행체계 강화를 통한 실효성 제고



<12대 국가전략기술 분야 선정 (출처 : 과학기술정보통신부)>

□ 기술개발 현황

- 산업 고도화, 도시화 등으로 물 수요가 빠르게 변하고, 동시에 안정적인 용수 공급 및 자원화 필요성이 높아짐에 따라, 산업부, 과기부, 환경부 등 주요 부처를 중심으로 수요맞춤형 물관리 시설의 기술개발 및 실증 지원이 확대되고 있음.
- (산업부) 에너지기술개발사업, 탄소중립 R&D 등을 통해, 물-에너지 연계 기술(하·폐수 에너지 회수, 신재생에너지 연계 등) 연구 지원되었으며, 산업단지에서의 재이용·자원화 실증, 하수·폐수처리 공정 자동화·최적화 등 에너지 효율과 온실가스 감축을 위한 과제 지원 이력이 있음.
- (과기부) ICT·디지털 기반 R&D, SW·AI 혁신기술개발사업 등 IoT·빅데이터·AI·디지털 트윈을 적용한 스마트 물관리 플랫폼 개발 지원 이력이 있으며, 최근 국가전략기술(반도체, 바이오, 우주, 양자기술 등) 연계 사업에서 극초순수 생산·재이용 등 첨단 수처리 기술 등의 원천 기술 형태의 과제 발굴·투자 중
- (환경부) 스마트 물관리 R&D, 물재이용 촉진 등 직접적인 상·하수도 정책 연계한 하수고도처리, 빗물·중수 재이용, 탄소저감형 정수장 운영 등 전주기 기술개발 지원 이력이 있음. 또한, 지자체 대상 노후 상하수도 현대화, 스마트미터 설치 사업 등 실증 현장 확대 및 민간 기업의 신기술 테스트베드 구축 지원 이력이 있음.
- 산업부·과기부·환경부 각각 다양한 R&D 과제에 대한 추진 및 지원이력이 있으나, 수처리 화학반응 공정에 대한 기술 고도화, 주요 지표 계측을 위한 IoT화 및 에너지관리 플랫폼의 개발을 통해 전력 사용

량에 대한 모니터링 등에 국한되어 있으나, 지엽적인 실증 및 일부 공정에 대한 단기 효과 위주의 개발 성과에 국한됨.

- 물관리 시설의 에너지 다소비 공통 기기에 보편적으로 도입할 수 있는 하드웨어 개조 기반의 에너지 절감 표준 모델과 이를 통해 확보된 에너지 잉여분을 수요자원화하는 기술 개발 이력은 부재함.
 - 특히, 수요자원화를 통해 전력거래 시장과 연동함으로써 물관리 시설이 단순한 소비 주체를 넘어 에너지 공급 및 조정 역할을 수행할 수 있도록 하는 체계 구축이 필요함.
 - 산업부·과기부·환경부 각각 R&D 과제에 대한 개발 이력은 세부 목표와 평가 기준이 상이하여 통합적 시너지 창출에 한계를 보임. 또한, 재이용수 품질, 수처리 장비 성능, ICT 기반 운영시스템 등에 대한 통합 표준·인증 체계 미비로 상용화시 제품·서비스 신뢰도 확보 난항이 예상됨.
 - 다양한 환경(도시·농촌·산업단지)에 대한 대규모 실증·데이터 인프라 부족으로 현장 적용성 검증과 스케일업(Scale-up)의 어려움 발생이 예상되며, 초기 설비 투자비가 높고, 에너지·운영비 절감 효과가 장기적으로 나타나기 때문에, 민간 차원의 적극적 참여를 유도하기 위한 제도적 인센티브 부족으로 경제성 확보 어려움 또한 예상됨.
- 유사 연구 과제 수행 이력 및 현황을 분석하기 위해 하기와 같은 키워드로 검색 결과, 다음과 같은 기지원 과제가 검색됨
- 상수처리장(water treatment plant), 하수처리장(sewage treatment), 전 동력(Electric power, motor), 에너지(energy), 에너지관리(energy management), 수요반응(Demand response).
 - (과기부) IoT 기반 에너지 빅데이터 수집 및 AI 알고리즘을 활용한 맞춤형 에너지 운영 기술 및 서비스 개발 (2020~2022) : 인공지능 기술 적용을 통한 지역 내 상가, 건물들의 전력 수요예측 및 발전량 예측 기술 확보 및 다양한 수요관리 기술을 개발/관리하는 것으로 물관리 설비 및 처리 공정의 변동 부하 대응 에너지 다소비 기기 기반의 수 처리 공정 표준모델을 개발하고 에너지 관리를 통해 수요 자원화를 목표하는 본 사업과는 차별화됨.

- (산업부) IoT 기반 하·폐수처리시설 수요관리 비즈 모델 개발 및 실증, 2017~2020) : 수처리 에너지 사용량 분석 단위 공정별 전력에너지 사용 현황 분석을 통한 운영 진단 및 모델 검증은 하였으나, 일부 기기의 대상으로 IoT 기반의 계측 및 분석에 치중하였으며 에너지 다소비 기기 기반의 수처리 공정 표준모델을 개발하고 에너지 관리를 통해 수요 자원화를 목표하는 본 사업과는 차별화됨.
- (환경부) IoT 기반 통합하수처리시설 최적에너지관리 스마트 솔루션 개발 및 실증, 2019~2020 : 소규모 테스트 베드 수준의 실증으로 대규모 수처리 설비에 직접 적용하여 성과를 입증하지 않았으며, 실제 운영 중인 수처리시설 적용 시 전력 소비 절감 및 안정적 방류 수질 보장 여부를 실증하는 등의 과제 목표와 규모에서 차별성 있음.
- (과기부) 온실가스 감축 및 에너지자립형 차세대 하수처리 공정 개발, 2017~2027 : 다양한 공정/공법 중 유·무기응집제를 활용한 CEPT(고효율 응집-침전) 공정 최적화에 대한 내용이며, 모든 공정에 공통 적용 가능한 핵심 유틸리티 설비인 전동력 기기 대상으로 하는 본 기획 과업과는 차별성이 있음.
- 최근 일부 기관에서 물관리 시설의 에너지 효율 개선 및 수요자원화 가능성을 탐색하기 위한 선행 연구가 시작되었으나, 이는 소규모 개념 연구나 일부 계측 시스템의 활용성을 검토하는 수준에 그치고 있음. 물관리 시설을 수요자원화하여 전력거래 시장과 연동하는 본격적인 기술개발 및 실증 연구는 아직 이루어지지 않은 상황으로, 이를 통해 에너지 효율화와 지속 가능한 물관리 체계를 구축하기 위한 연구의 필요성이 점차 대두되고 있음.
- 또한, 표준화·인증 제도 개선으로 신기술 신속 인증 제도, 성능검증센터 확대 등으로 시장 신뢰도를 높이고, 신기술 도입 장벽을 낮추는 정책적 지원 필요한 시점임.
- 실증 인프라 고도화를 위해서 K-water, 지자체, 산업단지공단 등 유관 기관 협력을 통해 실증 부지·설비 마련, 운영 예산 지원, 민간 참여 확대 등 체계화 필요
- 경제성·비즈니스 모델 확보로 초기 투자비에 대한 공공·민간 공동펀드,

- 보조금 지원, 세제 혜택 등 다양한 재원 마련 방안 확대 필요
- 장기적 운영비 절감 효과, 탄소배출권 연계, 에너지 거래(폐열·바이오 가스) 시장 참여 등을 통해 수요맞춤형 물관리가 수익 창출형 사업화 되도록 제도 보장

6. 시사점

□ 수요맞춤형 물관리 시설 수요자원화 기술개발의 필요성 재기

- 물관리 시설의 에너지 다소비 기기를 효율적으로 개조하고 최적화된 운전 방식을 도입함으로써 에너지 절감을 실현하고, 이를 통해 확보된 에너지 잉여분을 수요자원화하여 부가가치를 창출할 수 있는 체계 구축이 필요함.
- 물관리 시설의 에너지 효율 향상과 전력거래 시장 연동을 통해 단순한 소비 주체를 넘어 공급 및 조정 역할을 수행할 수 있는 모델을 제시해야 하며, 이를 기반으로 에너지 관리 표준 모델을 마련하여 지속 가능한 물관리 체계와 전력망 안정화를 동시에 달성하는 목표를 설정할 필요가 있음.

□ ICT·디지털 전환 기술 고도화 및 데이터 활용 극대화

- IoT, 빅데이터, AIX, 디지털 트윈을 접목해 지능형 운영·관리·예지보전 체계 정교화 및 실시간 관망관리와 수질·수량 제어 고도화
- 데이터 수집·분석·활용 전주기에 대한 표준 API, 데이터 공유 플랫폼 등 마련 및 다양한 기술·서비스 기업 참여하는 개방형 생태계 조성

□ 고도 실증 인프라 확충 및 기술 스케일업(Scale-up) 지원

- 물관리 특성이 상이한 도시·농어촌·산업단지·섬 지역 등에 리빙랩(실증시험장)을 조성하여, 다양한 수요 시나리오의 현실적 검증 및 데이터 축적 필요
- 대규모 실증 지원사업을 통해 기술 적합성, 경제성, 운영 안정성 등을

종합적으로 입증하고, 상용화 직전 단계를 효율적으로 마무리 가능한 체계적인 지원책 마련

□ 표준화·인증 체계 구축으로 시장 신뢰도 향상

- 수처리 장비·재이용수 품질·스마트계측 시스템 등에 대한 통합 표준 및 성능평가 마련해 시장 진입장벽을 낮추고, 산업 경쟁력 강화 필요
- 신기술 인증 제도의 간소화(패스트트랙), 수처리 시설·설비에 대한 통일된 인증 마크 제정, 민간기업의 해외 수출지원(국제 표준화 참여) 강화 필요

□ 경제성 확보와 비즈니스 모델 다각화

- 초기 설비 투자비와 운영비 절감을 위해 공공·민간 공동투자펀드 조성, 세제혜택·보조금 등 다양한 재정지원 수단 적극적 활용
- 서비스형 물관리(WaaS: Water as a Service), 에너지 거래(바이오가스, 폐열) 연계, 탄소배출권 사업과의 결합 등 새로운 수익 창출 모델 발굴 및 제도화

□ 지속가능성·지역상생 관점 강화

- 초기 물관리 시설이 단순한 상·하수도 인프라를 넘어, 지역경제 활성화 및 탄소중립 기여의 핵심 수단화 되도록 사회적 가치 내재화 필요
- 지역주민과의 협력, 수용성 제고(홍보·교육), 지역 특화형 일자리 창출 등 종합적인 기획·지원하는 거버넌스 모델 필요

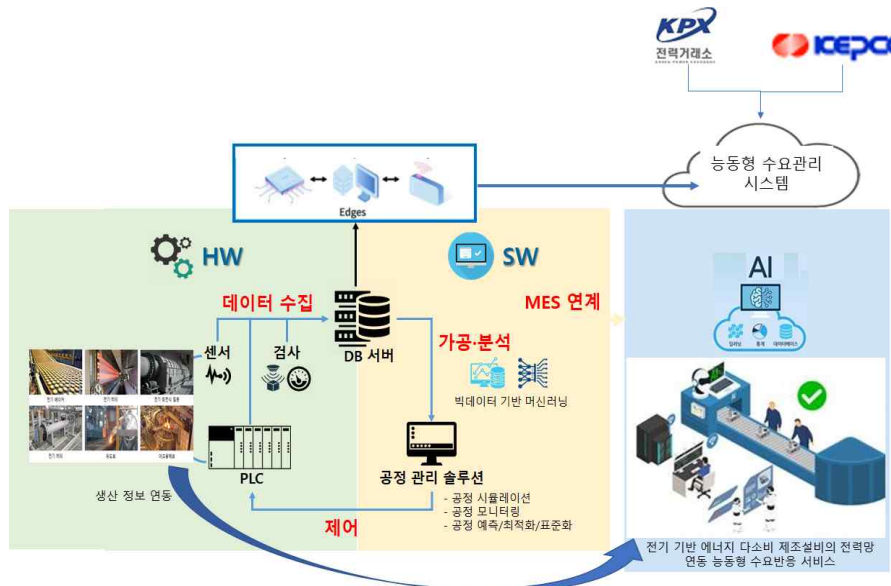
3. 전기 기반 제조설비의 능동형 수요반응 기술 개발 및 전력망 연동 실증

1. 개 요

□ 개 념

- 에너지 다소비 산업의 전기 기반 제조설비를 대상으로 차기 예비력 시장 적용이 가능한 디지털 기반 능동형 수요반응 기술 개발 및 실증
 - 에너지 다소비 산업의 전기 기반 제조설비를 보유한 공정에 대해 생산정보 및 운영 데이터를 활용함으로써 차기 예비력 시장에 적용할 수 있는 인공지능 기반의 운영 제어 기술 및 전력 변동성 대응을 위한 능동형 수요반응 기술개발을 통해 설비 운영의 탄소중립 이행 가능한 체계 확보
- 전열(電熱) 설비의 에너지 다소비 공장의 탄소중립 이행을 위한 디지털 수요관리 요소기술 개발
 - 에너지 다소비 산업 중, 전기 기반의 열변환으로 제품을 제조하는 설비를 위한 실시간 수요반응 대응을 위한 운영 네트워크 구축으로 공정에서의 생산 제품의 정보 데이터를 통합 운영 방안 확보
- 전열(電熱) 설비 공정에서 생산 정보와 디지털 기반의 전력 변동성 대응 및 최적 운영 플랫폼 개발
 - 공정에서 생산 정보와 연계하며 전력 변동성 대응과 최적 운영이 가능한 플랫폼 구축을 통해 전력망의 변동성에 대응이 가능하도록 공정의 데이터를 활용한 인공지능 기반 운영 및 플랫폼의 신뢰성 확보부터 수요반응에 따른 대응 운영 기준 및 전력망 복귀 알고리즘을 통한 전력 안정 운영
- 차기 예비력 연계 가능한 전열 공정의 능동형 수요반응 기술 및 제도 실증
- 공정 데이터를 활용한 생산정보 기반의 사용자가 에너지 사용량에 따라 능동적으로 설비의 수요반응을 적용하여 운영 효과를 검증하기 위한

기술 실증과 차기 실시간 예비력 시장 운영을 위한 경제성 분석 및 정책제도 개발

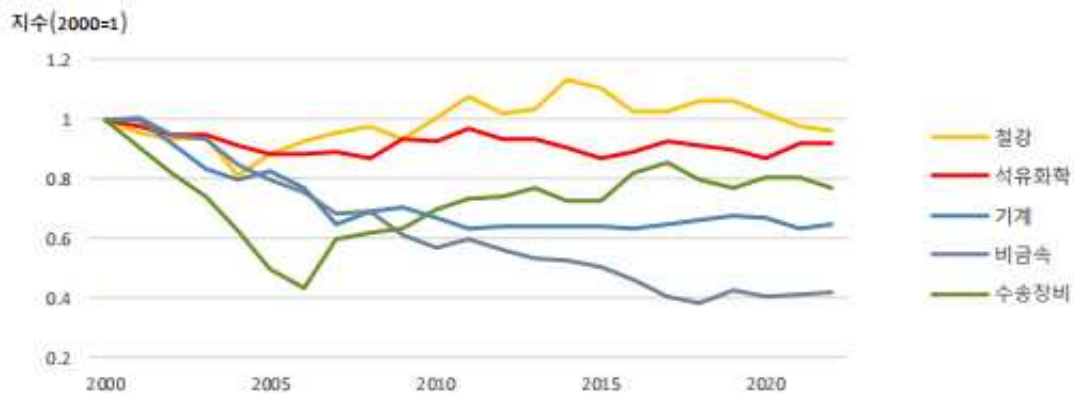


<전기 기반 제조설비의 능동형 수요반응 기술 구현 개념도>

□ 주요이슈

- 제조업 중심의 국내 산업구조*, 화석연료로부터 전기에너지로의 에너지 전환, NDC 달성목표 상향** 등으로 에너지 효율관리의 혁신 필요
 - * 주요국 제조업/에너지 다소비업종 비중(% , '19): (한) 28.4/8.4, (EU) 16.4/5.0, (미) 11.0/3.7
 - ** 기존('21) 대비 재생e, 원전 등 에너지믹스 균형 반영('23) 온실가스 추가 감축 목표 상향
- 국제적으로는 ESG 경영, 탄소국경세, 탄소노미 등 국제무역의 규범으로써 탄소중립이 가시화됨에 따라 산업 부문의 전기에너지 이용률의 제고 필요
 - 전기로, 전기 냉난방 등 지속적인 산업 에너지원의 전기화* (Electirifi-cation) 확대에 따라 미래의 전력수요** 또한 크게 증가할 것으로 전망
 - * 에너지 사용을 화석연료에서 전기로 전환하는 기술의 보급
 - ** 탄소중립 시나리오('21.10) 상 전력수요는 '18년 대비 '50년에 약 2.1배 증가 예상
- 에너지 다소비 산업의 에너지 원단위(단위 부가가치 생산에 투입되는 1차 에너지 소비량) 개선을 위한 디지털 수요관리 운영 체계화 필요

- 전열설비의 효율성을 활용한 에너지원단위 지수의 지속적인 개선(하락)과 산업구조 변화를 위해 전열 공정의 수요관리 기술이 필요



<주요 업종별 에너지원단위(산출액 기준) 지수 변화 추이
(출처 : KEET 2023 장기 에너지 전망)>

- 철강금속산업은 에너지 다소비 산업으로 온실가스 배출량이 산업부문 중 가장 많아, 배출 저감을 위한 노력이 가장 많이 필요
 - * 철강산업의 온실가스 배출량 : 1억2061만톤 (전체 국가 배출량(7억 137만톤) 대비 17%, 2019년 기준)
- 철강금속산업의 탈탄소화를 위한 조강방식을 기존 고로-전로 방식을 전기 아크열 방식으로 배출량을 저감 가능함. 그러나 품질 확보의 어려움이 있음.
 - * 고로-전로방식의 생산량당 온실가스 배출량은 2ton, 그러나 전기로 방식은 0.45ton
 - * 생산품질은 전기로 방식이 고로-전로방식의 85% 정도임
- 대기업(포스코, 현대제철 등)은 대규모 소재 또는 원료 대체 기술, 수소 환원 방법 등을 통한 온실가스 배출저감을 진행하고 있음.
 - * 포스코, 현대제철, 동국제강 등 6대 철강기업은 새로운 민관협업체인 '2050 탄소 중립 공동선언문'을 통해 중장기 혁신기술개발 선언으로 조강 기술 기반의 온실가스 감축 진행 (기존 고로-전로 방식 기준 3.7%~30%정도 온실가스 감축 가능)
- 하지만, 중소중견기업에서는 온실가스 감축을 위한 조강 기술의 전열 공정으로 대체 및 생산연계 적용하고 있으나, 비용적 어려움 있음.
 - * 기존 고로-전로 방식을 신규 저탄소 방식으로 변경하기에는 금액 부담이 커서, 대체 설치 지연됨 (출처: 산업동향브리프 2023 No.1, 기후솔루션)
 - * 한국선재, 동양에스텍 등 중소중견기업은 既 사용 고로의 교체에 부담이 되며, 온실가스 감축을 위해 공정 분석을 통한 온실가스 감축 필요 (15% 이상 온실가스 감축 요구)

2. 산업·기술 동향

□ 해외 동향

○ 해외 산업 연계 수요반응 기술

- (미)텍사스 전력망 운영기관인 ERCOT(Electric Reliability Council of Texas)는 자동화된 에너지 관리 시스템(EMS)과 고급 계량 인프라를 활용, 산업체는 피크 수요 기간에 전력 소비를 줄이는 대신 시장에서 보상을 받음
 - * 텍사스 걸프 코스트(Gulf Coast) 석유화학 단지의 Dow Chemical사는 에너지 집약적인 공정을 유연하게 조정하거나, 비필수적인 장비를 오프라인 상태로 전환, 전력 비용 절감뿐만 아니라 전력 절감 용량을 도매 시장에 판매하여 수익 창출하도록 함
- Drift사는 AI기반의 소프트웨어를 통해 전력수요 예측 정확성을 높이고 직접거래를 통해 기존의 유틸리티 대비 낮은 요금의 전력을 소비자에게 제공
 - * 머신러닝, 예방정비 및 높은 빈도의 전력거래 지원기술을 결합하여 피크부하 발생을 줄이고 P2P 거래를 통해 고객의 에너지 비용을 10~20%절감
 - * 가입 지역의 태양광 배터리 풍력 대규모 상업용건물을 포함하는 3,000개 공급자의 잉여전력을 가정용 고객에게 저렴하게 판매
 - * 피크시간 동안 참여로 인해 시설 운영 중단
 - * 수익은 사용자의 고정비로 발생하며 매주 청구됨
- 캘리포니아 주 샌프란시스코, 로스앤젤레스, 샌디에이고등에서 퍼시픽 가스 앤 일렉트릭(PG&E)의 산업 수용반응 프로그램을 통해 산업단지 내의 반도체, 금속, 화학, 자동차 등의 에너지 다소비산업을 대상으로 자동화된 수요반응 시스템을 도입
 - * 자동화된 장비 및 센서를 통해 산업 시설의 HVAC(난방, 환기, 공조 시스템), 조명 시스템, 냉장/냉동 장비 등과 연동되어 작동
 - * 산업 설비가 수요반응 신호를 받으면 자동으로 전력 소비를 조절하도록 설정
 - * 기계적 장비의 소비를 최소화하면서도 생산성을 유지할 수 있도록 조정
 - * 피크 수요 시간대 관리 및 경쟁적 인센티브 모델 등을 도입하여 DR 수행
- (독)독일 전력망 운영자(TSO)는 산업단지가 피크 전력 수요를 줄이고 재생 에너지 과잉 생산 시 전력을 소비하도록 유도, 스마트그리드, 배터리 저장 시스템과 통합된 DR 플랫폼 도입하여 정부의 Energiewende 정책(에너지 전환 정책) 하에 재정적 인센티브 제공

- * 바이에른 지역 산업단지 내 BMW는 공장의 전기차 배터리 생산 라인을 DR 프로그램에 통합하여, 재생 에너지 공급이 충분할 때 생산량을 늘리고, 부족할 때는 줄임으로써 연간 에너지 비용 10% 절감, 재생 에너지 사용률 극대화
- * 루르 산업단지에서는 전기로 가동을 재생에너지 생산이 높은 시간대로 조정하고 피크 시간대에는 철강 재가열로의 가동률을 낮추며, 전력 가격 변동 및 재생 에너지 공급량 데이터를 AI로 분석하여, 24시간 전부터 공정 스케줄을 예측, 공장 운영자는 예측 데이터를 기반으로 철강 생산 일정을 조정하고 루르 지역에 위치한 여러 철강 및 화학 공장 에너지 협동 플랫폼 구축, 전력 사용이 감소된 시간에 다른 공장이 전력을 사용할 수 있도록 상호 조율
- (싱)싱가폴에서는 Energy Efficiency National Partnership (EENP) Program을 통해 산업시설의 에너지 효율 프로젝트를 추진하여 증기, 열, 모터, 공기압축기등의 에너지 효율화를 통해 수요저감
 - * 자동제어 시스템, 단열시스템, 최적화, 예방유지 관리 프로그램 등을 통해 성능 및 효율화 추진
- (프) ENGIE는 산업공정 데이터를 기반으로 에너지 성능지표를 개발하여 에너지 최적화 달성
 - * PSA는 2017년 4월, 직장 내 에너지 최적화 달성을 위해 Blu.e solution 채택
- (네)네덜란드에서는 Smart Industry 프로젝트를 통해 스마트그리드 기반의 수요반응을 산업현장에 적용하여 에너지 효율성을 높이고 산업용 에너지 수요의 유연성을 강화하고자 하였음
 - * TNO (네덜란드 응용과학 연구소)에서는 스마트 그리드 기술 개발과 산업단지에의 통합하였고, Enexis 및 기타 유틸리티 기업들에서 스마트 미터와 데이터 분석을 통해 수요 측 관리 시스템을 구현, Siemens가 산업 공장에 에너지 관리 솔루션을 통합하는 자동화 시스템을 제공
 - * 스마트 미터와 센서를 통해 산업단지의 실시간 에너지 소비를 모니터링하고 데이터를 분석하여 피크 부하 시간을 예측하고 이를 조정
 - * 공정 중 냉각 및 난방 프로세스의 에너지 소비를 조정하여 비피크 시간대에 에너지 사용을 이동

□ 국내 동향

○ 국내 산단 연계 수요반응 기술

- 인천 남동산단 및 경북 구미산단에서는 통합 에너지 관리 시스템 (CEMS)을 구축해 에너지 데이터를 실시간으로 수집 및 분석하여 효율성을 확보함

- * 구미산단의 한 기업(P사)은 설비별 에너지 사용량을 분석해 동력 제어 솔루션을 도입, 에너지를 연 30toe 절감
- 경남 창원산단에서는 요금제 최적화와 공정 스케줄링을 통해 연간 120.21toe의 에너지 절감, 약 2,000만 원 이상의 전기요금 절감함
 - * 한국전력공사의 시간대별 전력 요금제를 분석한 뒤, 최대 부하 시간대에 설비가동을 피하는 방식으로 공정을 재구성
- 경남 울산산단은 생태산업단지(EIP) 기반 에너지 네트워크 구성을 통해 부산물, 폐기물 및 폐에너지의 재자원화를 위한 순환 네트워크를 구축
 - * 울산 산업단지 내 기업들이 폐열과 잉여 에너지를 공유하는 네트워크를 구축, 대형 화학 공장에서 배출된 폐열을 인근 공장에 난방 열원으로 공급되는 등의 에너지 네트워크 조성
- 부산 녹산산단은 태양광 연계 DR을 위해 녹산산단 일부 공장에서 태양광 발전 설비를 설치하고, ESS(에너지 저장 시스템)를 연계하여 필요시 저장된 전력을 공급하는 방식의 DR 프로그램을 운영
- 포스코는 스마트 그리드 기술을 활용해 에너지 사용 데이터를 실시간 분석하고, 필요시 생산 공정을 조정
 - * 전력망 안정화 요청에 따라 비필수 공정을 즉시 중단하거나, 특정 설비의 가동률을 낮춤
 - * 고온 설비의 가동 시간을 야간으로 이동시켜 피크 시간대 전력 사용량을 줄였으며, 이 과정에서 생산 효율성을 유지하도록 최적화된 스케줄링을 도입
- 최근 다중에너지 수요자원화 네트워크 구축연구를 통해 산업단지 내 다양한 에너지원(냉수, 온수, 증기, 압축공기 등)을 수요자원으로 관리하는 방법이 연구되고 있으며, 복수의 공장을 연결해 유틸리티 설비와 배관 등을 공유함으로써, 개별 설비에서 운전 효율을 높이고, 다양한 에너지 자원을 효율적으로 통합하여 수요반응에 참여할 수 있도록 하는 시스템을 개발하는 것임
 - * 공정연계 제조설비에 자동수요반응(Auto-DR) 시스템을 도입하고, AI 기반의 부하 예측 모델을 활용하여 최적의 운전 조건을 도출하는 등의 기술 개발이 진행
- 반월·시화 국가산업단지에서는 스마트그리드 기술을 활용한 수요반응 프로그램이 진행하였으며 기업들은 에너지 사용 데이터를 실시간으로 분석하여 전력 사용량을 효율적으로 조정할 수 있는 시스템을 도입, 이를 통해 전력 피크를 줄이고 에너지 비용을 절감

- 용인 반도체 클러스터에서는 대규모 반도체 제조 기업들이 참여하여, 생산 스케줄 조정을 통한 에너지 효율화 및 수요반응 참여를 통한 전력망 안정화에 기여, 특히 전력 소비가 많은 장비의 가동을 조절하는 방식으로 운영
- 광주 스마트산단 프로젝트: 광주에서는 정부 지원으로 스마트산단 구축 사업이 추진 중이며 여기에 포함된 DR 프로그램은 중소 제조 기업들이 클라우드 기반 에너지 관리 플랫폼을 사용하여 에너지 소비를 효율화하는 것을 목표
- 대구 성서 산업단지에서는 DR 참여 기업들이 재생에너지와 연계한 에너지 관리 프로그램을 통해 낮은 비용으로 전력 공급을 최적화하고 있으며 신재생 에너지 발전 설비와 DR 기술이 결합하여 에너지 효율화 달성

□ 사업수행에 필요한 요소기술·제반기술

- 에너지 다소비 산업에서 전기 기반 제조설비의 능동형 수요반응 기술 개발 및 전력망 연동 기술
 - 중소중견 기업 대상의 사업장 공통 적용 가능한 전열 공정에서 생산 정보 연계한 디지털 수요관리 기반 기술
 - AI 기반 최적 운영 및 양방향 제어가 가능한 전력망 대응 기술
 - 차기 예비력 시장 연계 제조 공정에 대응하는 능동형 수요반응 기술 및 실증
 - 생산정보 기반의 능동형 자율 운영 기술 실증
 - 실증 연계한 데이터 기반의 차기 예비력 시장제도와 연계하여 수요자원 기술기준과 정산기준 등 시장 참여기준 개발
 - 디지털 수요관리 플랫폼을 활용한 신뢰성 확보 및 피크저감 등 비즈니스 모델
 - 실증 기업의 생산정보 연계 정보보호 방지 기술

3. 특허 동향

□ 해외 동향

- 이 분야의 주요 출원 국가로는 중국 1,393건, 일본국 122건, 대한민국 102건, 미국 71건, 유럽 20건을 차지하고, 주요 출원인으로는 스테이트 그레이트 코퍼레이션 오브 차이나(109)가 다수를 차지하고, 동남대학 32건, 칭화대학교 30건, 노쓰 차이나 일렉트릭 29건, 철강대학교 29건, 스테이트 그리드 텐진 전력회사 25건, 시안 교통대학 24건, 노쓰 이스트 디안리 대학 19건, 텐진대학 18건 등으로 상위 다수 모두 중국이 차지하고 있다. 주요 출원분야는 CPC로 살펴볼 때, G06F 30/20, G06Q 10/04, H02J 3/466, H02J 2203/20, Y02P 70/50으로 다양하게 분포를 띠고 있다. 특허출원 비율은 2016년 처음으로 100건을 넘어 2019년 196건 2021년 228건으로 급증하다가, 급강하 이후 최근 50건대에 이르는 것으로 보아, 급증이후 다소 냉각하여 소강상태로 보인다.
- 에너지 다소비 산업의 전열 공정을 위한 수요관리를 위한 생산정보 연계한 디지털화 기술 확보등의 연구에 대한 특허 분야는 CPC분류에 의하면, G06N과 G06Q에서 다수를 차지하고 있으며, 기타 G06T와 G16H, G05B, G06V 등이 소수임
- 해외 출원은 일본이 3건(출원인 중전기술, 알리바바), 유럽(Intelligent P.C.)이 1건, 미국(UMNAI)은 1건을 차지하고 있음.
- 특허출원은 2022년도까지 통계를 보면, 매년 꾸준히 우상향하였으며, 최근 5년간(2018년~2022년) 출원인 건수는 58, 97, 103, 140, 151건 등으로 급격히 증가하고 있음.
 - 주요 출원인으로는 삼성전자, 한국전자기술연구원, 엘지전자, 인천대 산단, 한전, 한국과학기술원과 베이징 바이두 넷컴의 순으로 대기업과 공기업에서 주로 다출원하고 있음.

□ 국내 동향

- 이 분야의 주요 출원인으로는 LG전자, 히다치 아스테모, 파나소닉 홀딩스, 미쓰비시일렉트릭, 도요타모터, 오사카가스, 히타치, 샤프, 한국에너지기술연구원 등 일본이 상위 출원인중 다수를 차지하고 있으나, 최상위

로는 LG전자에서 다수 출원을 차지하고 있다.

주요출원 분야는 G06Q 50/06, Y02E 20/14, F25D 21/08, Y02E 60/50 등으로 다수를 차지하고 있다. 또한 출원이 꾸준히 우상향하다가 2003년 정점을 찍고서, 2018년부터는 최고 정점의 절반 수준에서 출원을 하고 있고, 이미 10년간 다수의 출원을 하였으므로 아직 소강상태로 보인다.

- 에너지 다소비 산업의 전열 공정을 위한 수요관리를 위한 생산정보 연계한 디지털화 기술 확보등의 연구에 대한 특허 분야의 주요 출원인으로는 한국전자기술연구원, 엘지전자, 한국전력공사, 인천대학교 산단, 인하대학교 산단, 한국과학기술원, 한국광기술원 등의 순으로 대기업과 공기업, 대학교에서 다수를 차지하고 있음.

발명의 명칭	출원인	출원번호	출원일	CPC
인공지능 기반의 펌프 유량 탐지 방법	주식회사 필드솔루션	10-2022- 0124892	2022- 09-30	G01F- 0015/06
인공지능 기반의 배관 유체유동 분석 시스템 및 그 방법	주식회사 엘솔텍	10-2021- 0112351	2021- 08-25	G06F- 0030/28
음성 데이터를 이용하여 챗봇과 관련된 인공지능 모델을 학습시키는 전자 장치 및 방법	삼성전자 주식회사	10-2020- 0009316	2020- 01-23	G06N- 0003/08
열원분포이미지 기반의 집적회로 레이아웃 최적화 시스템 및 방법	주식회사 에이직랜드	10-2021- 0176527	2021- 12-10	G06T- 0005/50
메모리 열화에 강인한 딥러닝 연산 장치	한국전자기술 연구원	10-2022- 0177742	2022- 12-19	G06N- 0003/063
재실 판별 기계학습을 위한 CCTV 스트림 데이터 어노테이션 시스템 및 방법	한국전자기술 연구원	10-2021- 0171831	2021- 12-03	G06Q- 0050/10
대기 중 미세먼지를 포함한 태양광 발전량 예측을 위한 인공지능 모델을 포함하는 전자 장치, 제어 방법, 및 컴퓨터프로그램	강원대학교 산학협력단	10-2022- 0015985	2022- 02-08	G06N- 0003/08
강화학습 모델 학습 방법 및 이를 이용하는 절차 기반 원자력 발전소 운전 자동화 방법	한국원자력 연구원	10-2022- 0006812	2022- 01-17	G21D- 0003/001
전기자동차 충전인프라 전력 배분을 위한 적대적 학습 시스템	경희대학교 산학협력단	10-2021- 0183908	2021- 12-21	G06N- 0003/094
3상 모터 전력 데이터에 대한 펌프 설비의 이상 감지 시스템 및 이를 이용한 이상 감지 방법	주식회사 어니언소프트웨어	10-2021- 0167771	2021- 11-29	F04D- 0015/0245
연합학습 프레임워크에서 효율적 에너지 소비 및 정확도 향상을 위한 모델을 학습하기 위한 장치 및 이를 위한 방법	명지대학교 산학협력단	10-2022- 0190795	2022- 12-30	G06N- 0003/098
AIoT 및 광융합센서 기반 에너지 시설물 지중 이상탐지 시스템	주식회사 아이엠알	10-2022- 0191261	2022- 12-30	G06N- 0003/08
인공지능 모델 기반 매립지 침출수 발생량을 예측하는 전자 장치의 제어 방법, 컴퓨터 프로그램, 및 전자 장치	강원대학교 산학협력단	10-2022- 0184771	2022- 12-26	G06N- 0003/0442

인공지능 모델의 입력 데이터에 해당하는 RSSI 값에 대하여 Smoothing 기반 전처리를 수행하는 전자 장치	한림대 학교 산학협력단	10-2022-0179501	2022-12-20	G01S-0005/021
인공지능 데이터 베이스에서 복수의 인공지능 알고리즘 중 하나를 선택하여 재생 에너지 소비 및 생산 데이터를 예측하는 방법 및 그 장치	세종대학교 산학협력단	10-2022-0163889	2022-11-30	G06N-0020/20
인공지능 모델 기반 가스복합발전 플랜트의 발전량 예측장치 및 그 방법	한국전력공사	10-2022-0165718	2022-12-01	G06Q-0050/06
태양광 패널의 발전량 예측 및 고장진단을 위한 장치 및 방법	한국광기술원	10-2022-0165914	2022-12-01	G06N-0003/08
설명가능한 인공지능 모델 기반 태양광 발전량 예측 방법	포항공과대학교 산학협력단, (주)에이치에너지	10-2022-0158042	2022-11-23	G06N-0003/08
AI기반 사고예방 및 에너지절감형 스마트빌딩 자동제어 운영시스템	(주)코젠	10-2021-0136383	2021-10-14	G06Q-0050/10
합성 데이터를 이용한 인공지능 모델 학습하기 위한 전자 장치, 전자 장치의 동작 방법 및 전자 장치를 포함하는 시스템	주식회사 페블러스	10-2022-0133781	2022-10-18	G06N-0003/08
시뮬레이터를 이용한 인공지능 기반 플랜트 진단 시스템 및 그 동작 방법	한국전력공사	10-2022-0111357	2022-09-02	G05B-0023/0243
인공지능 기반 전력설비 고장 인식 시스템 및 그 동작방법	한국전력공사	10-2022-0090914	2022-07-22	G01R-0031/40
전력 데이터 처리 시스템 및 전력 데이터 처리 시스템을 이용하여 전력 데이터를 처리하는 방법	CHUDEN GIJUTSU CONSULTANT KK	7265847 B2	2018-08-18	H02J-013/00
전력 및 성능의 예측 및 제어를 위한 하이브리드 시스템 온칩	알리바바 그룹	7047114 B2	2018-02-08	G06F-0009/50
빌딩에서 HVAC 시스템을 최적으로 제어하기 위해 클라우드 상에서 A.I.알고리즘과 모델 예측 제어를 사용하는 멀티 존 써모스탯	Intellig P.C	2020-386043	2020-09-03	G05D-0023/1917

4. 표준화 동향

□ 해외 동향

○ 능동형 수요반응 (Active Demand Response)

- IEC SRD 62913-2-1: 스마트 그리드 요구사항 관련 도메인에 대해 표준화된 접근 방식을 제공하며, 능동형 수요반응 기술을 통합한 사례를 기반으로 표준화를 지원함
- ISO/IEC TR 30172: 디지털 트윈 기술을 활용한 사례를 기반으로, 스마트 제조 및 스마트 도시를 포함한 다양한 도메인에서 능동형 수요반응 메커니즘을 적용할 수 있도록 지원함. 주요 요소로 데이터 시뮬레이션 및 실시간 제어 기술을 포함함

- IEEE 2030.11: 분산 에너지 자원 관리 시스템(DERMS)에서 능동형 수요 반응을 포함하여 분산 자원의 최적화를 지원하는 표준. 이 표준은 에너지 절감과 온실가스 감축에 기여할 수 있는 다양한 기능 사양을 제시함

○ 스마트 제조설비의 에너지 관리

- ISO 15118-1: 전력망과 차량 간 통신 인터페이스에 대한 표준으로, 스마트 제조 환경에서 에너지 저장 및 전력 소비를 최적화하는 데 필요한 데이터 교환 프로토콜을 제공함
- IEC 63097: 에너지 관리 시스템(EMS) 및 SCADA와 같은 시스템에서 실시간 데이터 통합 및 제어를 위한 프레임워크를 제공함. 스마트 제조 환경에 적합한 시스템 아키텍처를 포함
- ISO/IEC 30141: 사물인터넷(IoT) 참조 아키텍처로, 스마트 제조 설비에서 IoT 기술을 통합하여 전력 관리와 생산 최적화를 지원함. 이 표준은 에너지 효율화와 관련된 주요 기준을 다룸

○ 제조설비의 전력망 연계 기술

- IEC 61850 시리즈: 전력망과 제조 설비 간의 통합 및 상호운용성을 지원하는 스마트 그리드 통신 프로토콜 표준. 제조설비에서 전력망 변동성에 대응하는 데이터 수집 및 분석 기술을 포함
- ISO/IEC 30101: 스마트 그리드 시스템을 위한 센서 네트워크와 인터페이스 관련 표준으로, 제조 설비에서 실시간 부하 데이터를 활용한 전력망 연계 시나리오를 제공함
- IEEE SMTSS BUNDLE 2: 보호 장치와 제조설비 간의 상호작용을 통해 전력망 연계 시스템의 신뢰성과 안정성을 높이기 위한 테스트 표준을 제공함

<해외 관련 표준>

번호	표준번호	표준명
1	ISO 50003:2021	Energy management systems – Requirements for bodies providing audit and certification of energy management systems
2	ISO 50004:2020	Energy management systems – Guidance for the implementation, maintenance and improvement of an ISO 50001 energy management system
3	ISO 50005:2021	Energy management systems – Guidelines for a phased implementation

4	ISO 50006:2023	Energy management systems – Evaluating energy performance using energy performance indicators and energy baselines
5	ISO 50009:2021	Energy management systems – Guidance for implementing a common energy management system in multiple organizations
6	ISO/PAS 50010:2023	Energy management and energy savings – Guidance for net zero energy in operations using an ISO 50001 energy management system
7	ISO/TS 50011:2023	Energy management systems – Assessing energy management using ISO 50001:2018
8	ISO 50021:2019	Energy management and energy savings – General guidelines for selecting energy savings evaluators
9	ISO/TS 50044:2019	Energy saving projects (EnSPs) – Guidelines for economic and financial evaluation
10	ISO 50045:2019	Technical guidelines for the evaluation of energy savings of thermal power plants
11	ISO 50046:2019	General methods for predicting energy savings
12	ISO 50049:2020	Calculation methods for energy efficiency and energy consumption variations at country, region and city levels
13	IEEE 1547	Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces
14	IEEE 1547.1	Standard Conformance Test Procedures for Equipment Interconnecting Distributed Energy Resources with Electric Power Systems and Associated Interfaces
15	IEEE 1547.9	Guide for Using IEEE Std 1547 for Interconnection of Energy Storage Distributed Energy Resources with Electric Power Systems.
16	IEEE P1662/8	Draft Recommended Practice for the Design and Application of Power Electronics in Electrical Power Systems
17	IEEE 2847	DC Power Transmission and Communication to DC Loads

□ 국내 동향

○ 능동형 수요반응(Demand Response)

- 국가표준(KS)

- KS C ISO/IEC 15067-3: 스마트그리드의 홈 에너지 관리 시스템 (HEMS)에서 수요반응 프로그램의 데이터 상호 운용성을 규정하는 표준으로 가정용 및 상업용 건물의 수요반응 프로그램 구현에 활용
- KS C IEC 61970: 에너지 관리 시스템(EMS)과 관련된 전력망 애플리케이션 데이터 상호 운용성을 규정하는 표준으로, 수요반응 프로그램과의 연계에 활용

- 단체 표준

- 한국스마트그리드협회(KSGA): 수요반응 프로그램의 통신 인터페이스

및 상호 운용성을 위한 표준 개발을 진행하고 있습니다. 이는 AI 기반 수요반응 최적화 기술에 활용.

○ 스마트 제조설비의 에너지 관리

- 국가표준(KS)

- KS C IEC 62325: 에너지 관리 시스템의 데이터 통합 및 교환을 위한 표준으로, 제조 공정과 에너지 데이터를 연계 관리하는 데 활용되며, 이는 스마트 팩토리 내 에너지 관리 플랫폼 구현에 적용 가능
- KS C IEC 62056: 디지털 계량기 및 에너지 데이터를 원격 측정하고 분석하기 위한 표준으로, 제조 공정 내 에너지 효율 진단 및 관리에 활용될 수 있음.

- 단체 표준

- 한국표준협회(KSA): 제조 공정에서 에너지 데이터의 분석 및 최적화에 필요한 데이터 포맷과 교환 프로토콜 표준화를 진행하고 있습니다. 이는 스마트 제조 혁신을 위한 기술 개발에 기여하고 있음
- 스마트제조혁신추진단: 스마트 제조 공정의 에너지 관리 통합 기술 표준화를 추진하고 있으며, 이는 제조설비 간 데이터 상호 운용성을 개선하기 위한 데이터 모델 제안에 활용됨

○ 제조설비의 전력망 연계 기술

- 국가표준(KS)

- KS C IEC 61850: 전력망에 연결된 지능형 전자 장치(IED)의 통신 및 데이터 교환 표준으로, 제조설비의 실시간 부하 모니터링과 전력망 연계 기술에 활용됨
- KS C IEC 61499: 분산 제어 시스템에서의 통합 운영 및 제어 기술을 위한 표준으로, 제조설비와 전력망 간 실시간 데이터 통신에 적용될 수 있음.

- 단체 표준

- 한국전기산업진흥회(KEIA): 제조설비의 전력망 연결 시 데이터 교환 및 프로토콜 표준 개발을 진행하고 있으며, 이는 전력망 연계 설비의 상호 운용성 확보에 기여함

- 한국전력공사(KEPCO): 제조설비의 전력망 연결 요구사항과 보호 장치 성능 규격에 대한 내부 표준을 운영하고 있으며, 이는 ESS와 제조설비 연계를 통한 전력망 부하 조절에 활용됨

<국내 관련 표준>

번호	표준번호	표 준 명
1	KS C IEC61970-1	에너지관리시스템 애플리케이션 프로그램 인터페이스(EMS-API) - 제1부 : 가이드라인 및 일반요구사항
2	KS C IEC61970-301	에너지관리시스템 애플리케이션 프로그램 인터페이스(EMS-API) - 제301부 : 공통정보모델(CIM) 베이스
3	KS C IEC61970-401	에너지 관리 시스템 애플리케이션 프로그램 인터페이스(EMS-API) - 제401부: 컴포넌트 인터페이스 설명서(CIS) 프레임워크
4	KS C IEC61970-453	에너지관리시스템 애플리케이션 프로그램 인터페이스(EMS-API) - 제453부: 다이어그램 레이아웃 프로파일
5	KS C IEC61970-501	에너지 관리 시스템 애플리케이션 프로그램 인터페이스(EMS-API) - 제501부: 컴포넌트 인터페이스 설명서(CIS) - 공통 서비스
6	KS C IEC61970-552	에너지관리시스템 애플리케이션 프로그램 인터페이스(EMS-API) - 제552부: CIM XML 모델 교환 포맷
7	SGSF-073-2-1	OpenADR 2.0 A 프로파일
8	SGSF-073-2-2	OpenADR 2.0 B 프로파일
9	SGSF-TR-053-3	온라인 에너지 관리 시스템 - 제1부: 일반 요구사항
10	SGSF/TR 035-1-1	전력 유틸리티 자동화를 위한 통신 네트워크와 시스템 - 제1부: 분산전원 논리 노드
11	SGSF/TR 035-1-2	전력 유틸리티 자동화를 위한 통신 네트워크와 시스템 - 제2부: 전기자동차용 객체 모델
12	KSGA-023-1-1	FEMS와 산업단지 MG EMS간 인터페이스 - 제1부: 일반 요구사항
13	KSGA-023-1-2	FEMS와 산업단지 MG EMS간 인터페이스 - 제2부: 정보교환 데이터 프로파일
14	SGICT-2-001	스마트그리드 활용사례
15	SGSF-043-1	에너지관리에이전트(EMA) 통신 요구사항
16	KSGA-053-1-4	스마트시티 에너지 정보 모니터링용 프로파일
17	KSGA-053-1-5	스마트시티 에너지 정보 모니터링용 프로파일 상호운용성 시험방법

5. 정부R&D 지원현황

☐ 투자 동향

- 에너지 공급 중심에서 에너지 수요효율화 중심으로 정책 전환 및 데이터를

적용한 디지털 수요관리 혁신 조성

- (수요관리기반) 신기술 실증 프로젝트, 데이터 공유 플랫폼 구축 및 에너지 신산업 수요 창출 추진
- (수요효율화) 수요 부문 에너지 사용량 절감 및 효율적 사용을 위한 에너지 기기와 공정효율화 성능개선 기술, 커뮤니티 단위 에너지 수요 관리 공통 기반 강화 및 신시장 창출을 위한 에너지 네트워크 솔루션 표준모델 개발, 에너지 데이터 활용 플랫폼 구축 및 R&D 인프라 조성 등을 위한 '에너지수요관리 핵심기술개발 사업' 등 추진
- 에너지 생산소비 전 과정에 걸쳐 탄소배출을 획기적으로 감축할 수 있도록 혁신기술개발, 효율 극대화, 실증기반 확충 위해 지속해서 투자할 계획
- 에너지 다소비 기업 및 산업을 우선으로 에너지 효율혁신 파트너십을 구축하여, K-ESG 인증을 부여 및 기업공시에 반영되도록 추진함. 또한 정부가 성과에 대한 포상을 지급하고, 기업이 협력업체의 효율 개선을 지원하면 정부가 보증·보조를 지원한다. 아울러 연구개발(R&D)과 융자, 신재생에너지공급인증서(REC) 인정 등 정부 차원의 우대 추진
- '에너지공급자 효율향상제도(EERS: Energy Efficiency Resources Standards)'를 의무화함으로 소비자의 에너지효율 향상을 지원
- 대기전력저감제와 고효율기자재 인증제, 효율등급제 등 3대 기기효율 제도를 정비하고 점진적으로 통합 등급제로 관리 추진 예정

□ 기술개발 현황

- 탄소 중립 달성 및 국가 전체의 에너지 효율성 향상을 위해서는 단위 기술의 고도화와 함께 시스템의 융합이 필수적이나 융합적 관점에서 기술개발 추진은 제한적으로 개선이 필요함
- 미국 및 유럽 등 기술 선진국은 에너지시스템 융합을 위해 이니셔티브를 제정하고 기술 투자를 확대하고 있는 상황
- 산업공정의 전기를 이용한 가열장치는 제조 기반의 철강, 석유화학 및 식품 등 다양한 산업 분야에서 활용되고 있음

- 에너지 집약도가 높은 철강 및 석유화학 등 고온(<1000℃) 및 초고온(>1000℃) 공정의 전기화 기술 연구개발 활발
 - * (알루미늄) 총 배출량 2030년 1/2, 2050년 1/3 감축 전망
 - * (석유화학) 전기가열 크래커 확대로 기존 대비 탄소배출량 62% 감축 전망
 - * (시멘트) 전기 회전식 킬른 도입으로 배출량 20% 감축 전망
- '30년까지 약 26%의 온실가스 감축기여도를 갖는 효율향상과 수요관리를 탄소중립 주요수단 으로 제시(출처: IEA, Net Zero 2050 Report)
- 기술 수단으로 디지털화에 기반한 수요관리 기술과 에너지 설비가 전기화되면서 가능해지는 최적 제어 기술 등이 주로 거론됨

6. 시사점

- (에너지 수요관리 플랫폼 구축) 산업부문 전기화에 따른 에너지 효율화 기술개발을 통한 국내 기업의 능동적인 온실가스 감축 가능
 - 제품 생산 경쟁력 강화를 통한 해외 시장 진출 및 매출 향상 성장 견인
 - 한국선재, 동양에스텍 등 중소중견기업의 공정 탄소중립 표준 플랫폼 적용으로 탄소배출 저감에 대한 제조 역량 확보
 - 공정 개선을 통한 온실가스 감축 15% 이상 가능(유틸리티 기준)
 - 능동형 에너지 수요 최적화 기술을 통해서 온실가스 감축 약 25% 이상 가능(유틸리티 기준)
 - * 철강산업의 온실가스 배출량: 1억 2,061만톤 중 1,210만톤 절감 가능(10% 이상 절감)
- (글로벌 경쟁력 강화) 기업의 에너지 수요 중심 관리 능력 및 제조 능력 강화로 제품 개발 및 생산에 대한 신뢰성 향상
 - 산업통상자원부의 '저탄소 철강생산 전환을 위한 철강산업 발전전략' 등 국가 에너지 전략 전환을 위한 에너지 지원 플랫폼 확보 및 기준안 제시
 - 제조기업 중심 시장 경쟁력 강화 및 글로벌 시장 확대 기대
- (저탄소 공정 분석 표준화) 제조 공정의 생산정보연계 기술과 AI(인공지능) 기술을 융합하여 고부가가치 융합 신산업인 운영 유지보수 분야 창출 및 육성

- 기존 공정의 시장 확대 및 지속 가능한 성장 동력 확보
- 디지털 유지보수 및 탄소중립 플랫폼 연계 신산업 분야의 혁신 성장을 통한 기업매출 증대 및 고용창출 기대

II.

기획대상연구개발과제 도출

1. 연구개발과제기획 방향

□ 연구개발과제기획 기본방향

- 커뮤니티, 지역 및 도시 단위에서 국가 인프라로서 수요관리 플랫폼 운영 및 전력망 연동 네트워크화를 통하여 차기 실시간 시장 대응 수요자원화 기술 개발
 - 커뮤니티, 지역 및 도시 단위 에너지 자립도 향상을 위한 유연자원 통합 운영 및 수요관리 스마트화 추진
- 대표적 에너지 다소비 시설인 물관리 시설의 효율적인 소비 운영이 이루어지도록 설비 개조 및 운영 알고리즘 개발을 통한 수요맞춤형 에너지 관리 표준 모델 개발 및 시범 실증
 - 국내 하수처리장의 연간 전력사용량은 6,103GWh(총 4,111개소, '18년 기준)로 증가추세이며 사용량 중 송풍기(40.1%) 및 펌프(27.2%)가 차지하는 비중이 67.3% 이상으로서 전동력 기반 회전기기의 설비 개선과 최적 운영을 통해 높은 에너지소비 절감 추진
- 제조업 중심의 국내 산업구조에서 전력 수급 상황과 실시간 연계 운전되도록 하기 위한 실시간 양방향으로 반응하는 능동형 수요관리 기술 개발을 통하여 수요자원 고신뢰, 고품질화 추진
 - 에너지 다소비 업종의 산업부문 전기기반 제조 설비를 대상으로 생산 정보, 공정과 연계하여 능동형 초급속으로 반응하는 수요자원화 기술 개발 추진

□ 신규 예산 지원 계획안

(단위 : 억원)

구 분	원천기술	혁신제품형	계
품목지정	-	425	425

□ 기획대상연구개발과제 현황

연구개발 과제(품목)명	연계 수요 (도출근거)
실시간 전력시장 대응 온디바이스 AI 기반 상시제어장치 및 집합 수요자원화 기술 개발 및 실증	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정부정책 <ul style="list-style-type: none"> - (10차 전기본) 국민 DR*, Fast DR 도입·확대, 피크수요 DR 개선 등 지속적인 제도개선을 통한 민간 참여 활성화 * 참여조건 완화(70kW 미만→200kW 미만) 및 1일 발령한도 확대(1회→2회) 등('22.12) - 9차 대비 최대전력(12.6%→13%) 및 전력 소비량 (14.9→15%) 절감 목표 상향 ○ 산업기술 R&BD 전략 <ul style="list-style-type: none"> - 에너지 수요관리 기반 플랫폼 기술, 에너지 통합 네트워크 기술(출처: 2018 산업기술 R&BD전략) ○ 기타(로드맵 등) <ul style="list-style-type: none"> - (초격차 프로젝트 상세추진계획) 디지털 디바이스를 활용한 전력망 연동 양방향 수요관리 스마트 에너지 플랫폼 개발 - (탄소중립 기술혁신 전략로드맵) '제로에너지건물' 데이터관리·제어·활용 운전최적화를 통한 건물 에너지 10% 절감 - (전력시장 로드맵) 실시간 전력시장('25) 및 양방향 수요입찰('27) 도입
수요맞춤형 물관리 시설 수요자원화 기술개발 및 실증	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정부정책 <ul style="list-style-type: none"> - (제11차 전력수급 기본계획) '38년 기준 최대전력 20GW (기준수요 13.7%), 전력소비량 120TWh 절감, 수요관리 목표 16.3GW 설정 - (시장원리 기반 에너지 수요효율화 종합대책) '27년까지 에너지소비 2,200만 TOE 절감, 에너지원단위 25% 개선 목표 설정 - (제2차 물관리기술 발전 및 물산업 진흥 기본 계획) 디지털 기술을 활용한 상·하수도 시설 지능형 관리 및 에너지 효율화 기술 개발 ○ 산업기술 R&BD 전략 <ul style="list-style-type: none"> - (2021년 산업기술 R&D 투자전략) 스마트시티 연계 지능형 융합서비스 시스템
전기 기반 제조설비의 능동형 수요반응 기술 개발 및 전력망 연동 실증	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정부정책 <ul style="list-style-type: none"> - (탄소중립·녹색성장 기본계획) 디지털 기반 수요관리 강화 및 산단 수요관리 스마트화: 산업부문 수요효율화 혁신 추진으로 온실가스 감축 * 산업부문 감축목표: 11.4%(260.5('18) → 230.7('30) (단위:백만 CO2eq) ○ 산업기술 R&BD 전략 <ul style="list-style-type: none"> - (2021년 산업기술 R&D 투자전략) 디지털 기반 실시간 운전효율 개선 등 에너지관리시스템 고도화, 산업공정 기반의 에너지 수요예측 기술 고도화 ○ 기타(로드맵 등) <ul style="list-style-type: none"> - (초격차 프로젝트 상세추진계획) 디지털 디바이스를 활용한 전력망 연동 양방향 수요관리 스마트 에너지 플랫폼 개발

□ 사업화 연계성과 발생 가능성

연구개발 과제(품목)명	지식재산권				표준 ²⁾	인증 ³⁾
	등록특허		소프트웨어	기타 ¹⁾		
	해 외	국 내				
실시간 전력시장 대응 온디바이스 AI 기반 상시제어장치 및 집합 수요자원화 기술 개발 및 실증	△	○	○	×	△	×
수요맞춤형 물관리 시설 수요자원화 기술개발 및 실증	△	○	○	○	○	×
전기 기반 제조설비의 능동형 수요반응 기술 개발 및 전력망 연동 실증	△	○	○	×	×	×

* 동 기획과제 수행을 통해 발생할 수 있는 사업화 연계성과(지재권, 표준·인증)를 예측하여 발생가능성을 ○(높음) / △(보통) / ×(낮음) 중 선택하여 제시

- 1) 실용신안, 디자인, 상표 등 기타 지식재산권
- 2) 국제표준, 국가표준, 단체표준의 제·개정(표준화연계형 과제는 보통 이상으로 제시 必)
- 3) 법적임의 인증(KS인증, 고효율에너지기자재인증, 신제품인증(NEP), 신기술인증(NET), 녹색인증, 제로에너지건축물인증, 소프트웨어품질(GS)인증 등)

□ 기술 분류 및 활용분야 현황

1. 실시간 전력시장 대응 온디바이스 AI 기반 상시제어장치 및 집합 수요자원화 기술 개발 및 실증

기술분류*		에너지절감 분야**			
산업기술분류 (1순위)	국가과학기술 표준분류(1순위)	구분 ¹⁾	업종 ²⁾	에너지절감 설비군	에너지원
	연구분야				
600915 수요 유연화 기술	EF0413 전력 수요예측/관리 및 전력시장 운영 기술	건물	주거시설 (공동주택)	냉난방 겸용	전력

* 연구개발계획서 작성시 해당 기술분류에 50% 이상 가중치 부여

** 『에너지절감 분야』는 개발된 기술의 적용 가능성이 가장 높고 에너지 감축 효과가 가장 클 것으로 예상되는 업종의 에너지절감 설비군, 절감 에너지를 기재

2. 수요맞춤형 물관리 시설 수요자원화 기술개발 및 실증

기술분류*		에너지절감 분야**			
산업기술분류 (1순위)	국가과학기술 표준분류(1순위)	구분 ¹⁾	업종 ²⁾	에너지절감 설비군	에너지원
	연구분야				
600915 에너지 네트워크	EA0709 에너지/환경 기계시스템 관련 S/W	건물	업무시설	일반동력	전력

* 연구개발계획서 작성시 해당 기술분류에 50% 이상 가중치 부여

** 『에너지절감 분야』는 개발된 기술의 적용 가능성이 가장 높고 에너지 감축 효과가 가장 클 것으로 예상되는 업종의 에너지절감 설비군, 절감 에너지를 기재

3. 전기 기반 제조설비의 능동형 수요반응 기술 개발 및 전력망 연동 실증

기술분류*		에너지절감 분야**			
산업기술분류 (1순위)	국가과학기술 표준분류(1순위)	구분 ¹⁾	업종 ²⁾	에너지절감 설비군	에너지원
	연구분야				
600915 수요 유연화 기술	EF0413 전력 수요예측/관리 및 전력시장 운영 기술	산업	금속 주조업	요·로	전력

* 연구개발계획서 작성시 해당 기술분류에 50% 이상 가중치 부여

** 『에너지절감 분야』는 개발된 기술의 적용 가능성이 가장 높고 에너지 감축 효과가 가장 클 것으로 예상되는 업종의 에너지절감 설비군, 절감 에너지를 기재

2. 개발위험 관리방안

1. 실시간 전력시장 대응 온디바이스 AI 기반 상시제어장치 및 집합 수요자원화 기술 개발 및 실증

□ 기술개발 위험요인

- 스마트 기기 간의 상호 호환성 문제
 - 다양한 브랜드 및 모델의 스마트 기기를 통합하고 제어하는 과정에서 통신 프로토콜 또는 데이터 형식의 불일치로 문제가 발생할 수 있음
 - 이를 해결하기 위해 표준화된 통신 프로토콜 및 데이터 형식 채택이 필요하며, 상호 운용성을 보장할 수 있는 기술적 설계가 요구됨
- AI 모델의 성능 한계
 - 실시간 데이터를 기반으로 예측 및 제어를 수행할 때 AI 모델의 정확성과 신뢰성 부족이 문제를 초래할 수 있음
 - 온디바이스 AI는 제한된 처리 성능과 메모리 환경에서 작동해야 하므로, 높은 수준의 최적화가 필수적
- 보안 및 데이터 프라이버시 문제
 - 스마트 기기와 플랫폼 간의 데이터 전송 과정에서 보안 취약점이 발생할 가능성이 있으며, 이는 사용자 신뢰도에 영향을 미침
 - 데이터 암호화, 보안 프로토콜 적용 및 개인정보 보호 규제 준수를 강화하는 기술적·제도적 조치가 필요함
- 실시간 데이터 처리 지연
 - 실시간 전력 시장에서는 매우 짧은 시간 내에 데이터를 처리하고 결정을 내려야 하기 때문에, 데이터 처리 속도와 안정성 부족이 문제가 될 수 있음
 - 고속 데이터 처리 기술과 안정적인 시스템 아키텍처를 구축하며, 실시간 데이터 스트리밍 및 분석에 특화된 솔루션이 필요함

□ 사업화 애로사항

○ 참여고객 내 스마트 기기 제어권 확보의 어려움

- 스마트 기기의 제어권을 확보하려면 기기 제조사와의 협상, 표준화된 제어 프로토콜 개발, 고객 동의 절차 등이 복잡하게 얽혀 있어 사업화에 어려움이 따름
- 참여 고객들이 제어권 제공에 대해 보안 및 개인정보 보호에 대한 우려를 가질 수 있으며, 이를 해결하려면 보안 강화와 명확한 동의 절차가 필요

○ 고객 맞춤형 AI 기술 개발 시 개인정보 수집 허용 범위

- 고객 맞춤형 AI 기술을 개발하기 위해서는 개별 사용자의 에너지 소비 패턴, 활동 시간대 등 세부 데이터를 수집해야 할 필요가 있음
- 개인정보 보호법은 개인정보의 수집, 처리 및 저장에 엄격한 규제를 두고 있어, 이를 준수하면서 고객 특화 서비스를 제공하는 데 어려움이 따를 수 있음
- 개인정보를 수집할 때, 이를 가명처리하여 개인 식별이 불가능하도록 하고, 법적 요건을 충족할 수 있는 기술적 조치가 필요함

○ 과제 종료 후 고객 수용성 확보의 어려움

- 과제 실증 단계에서 긍정적인 결과를 도출하더라도, 고객들이 새로운 기술을 장기적으로 수용하는 데 어려움이 있을 수 있음
- 특히, 피크 전력 절감 및 에너지 소비 절감을 위한 스마트 기기 제어와 같은 새로운 시스템에 대한 신뢰 부족과 편의성에 대한 우려가 사용자 수용을 저해할 수 있음
- 고객들의 지속적인 참여와 기술 수용을 유도하기 위해 명확한 인센티브 제공과 직관적인 사용 경험을 제공하는 것이 필수적이며, 실제적인 비용 절감 효과를 보장할 필요가 있음

□ 사회환경 위험요인

○ 시스템 도입으로 인한 스마트 기기의 오작동 및 고장 가능성

- 스마트 기기와 온디바이스 AI 간 통신 오류나 데이터 손실로 제어 명령이 제대로 전달되지 않을 수 있음
 - 소프트웨어 버그 또는 하드웨어 결함으로 인해 기기가 비정상적으로 작동할 위험이 존재함
 - 기기와 시스템의 사전 테스트를 강화하고 정기적으로 소프트웨어 업데이트를 제공해야 함
 - 주요 제어 작업에 대해 백업 시스템을 운영하고, 이중화 설계를 통해 단일 오류를 예방할 필요가 있음
 - AI를 활용해 기기 작동 상태를 지속적으로 감시하고, 이상 징후를 조기에 감지해 자동 복구 조치 체계를 마련해야 함
- 기술 활용 능력에 따른 서비스 이용 격차 발생 가능성
- 기술에 익숙하지 않은 사용자는 스마트 기기 및 온디바이스 AI 기반 서비스 접근에 어려움을 겪을 수 있음
 - 복잡하거나 직관적이지 않은 사용자 인터페이스는 디지털 소외 계층의 서비스 이용을 제한할 우려가 있음
 - 누구나 쉽게 사용할 수 있도록 사용자 친화적이고 직관적인 인터페이스를 설계해야 함
 - 기술 활용이 어려운 사용자를 위해 교육 프로그램을 제공하거나 간편한 서비스 옵션을 마련해 접근성을 향상시켜야 함

□ 기술영향 검토

- 에너지 비용 절감 및 실시간 전력 시장 참여로 인한 추가 수익 기대
- 온디바이스 AI 기반 에너지 관리 시스템은 실시간으로 에너지 소비를 최적화하여 가계의 비용을 절감하고, 피크 부하를 관리하여 전력망의 과부하를 예방하고 계통 안정성에 기여함
 - 실시간 데이터 분석을 통해 피크 시간대의 에너지 소비를 분산시키고, 전력 수요 급증을 완화하여 전체 전력망의 효율성을 높임. 이는 대규모 정전이나 전력 부족 상황을 예방하는 데 중요한 역할을 함

- 또한, 실시간 모니터링과 제어 기능을 활용하여 전력 시장에 참여하고, 에너지 절감 효과 외에도 수요 자원으로 추가적인 수익을 창출할 수 있는 기회를 제공함
- 가정 및 건물의 에너지 효율화를 통한 탄소 중립 실현
 - 온디바이스 AI 기반 에너지 관리 시스템은 에너지 소비를 실시간으로 최적화하여 불필요한 전력 사용을 줄이고, 재생 가능 에너지의 활용을 극대화함으로써 탄소 배출을 감소시킴
 - 실시간 에너지 효율화로 전체적인 에너지 소비를 절감하고, 피크 부하 감소 및 전력망 안정화에 기여하여 탄소 중립 목표 달성에 중요한 역할을 수행
 - 환경적 영향을 최소화하고, 지속 가능한 에너지 소비 패턴을 구축하여 장기적인 탄소 중립 실현에 기여
- 개인 프라이버시와 관련된 윤리적 문제 및 부작용 가능성
 - 참여고객의 에너지 소비 데이터를 수집하고 분석하므로, 개인의 생활 패턴과 습관에 관한 민감한 정보가 유출될 가능성이 있음
 - 실시간 데이터 처리 과정에서 사용자의 동의 없이 정보가 수집되거나 활용될 경우, 개인 정보 보호법을 위반하거나 프라이버시 침해 문제가 발생할 수 있음
 - 이를 방지하기 위해, 명확한 동의 절차와 개인정보 보호 정책을 수립하고, 수집되는 데이터는 최소화하며 보안 기술을 강화해야 함
 - 또한, 사용자가 자신의 데이터를 언제든지 관리하거나 삭제할 수 있는 권리를 보장하고, 데이터 접근 및 처리에 대한 완전한 투명성을 확보해야 함

2. 수요맞춤형 물관리 시설 수요자원화 기술개발 및 실증

□ 기술개발 위험요인

○ 수요맞춤형 물관리 시설 기술개발 과정

- 물관리 시설의 데이터 기반 운영 및 에너지 최적화 기술개발을 위해 설비별 데이터 수집·분석의 정확도와 신뢰성을 확보하는 기술이 선행되어야 함.
- 수요자원화 기반 시스템 설계 시, 상수 및 하수 시설의 특성에 따른 설비 안전성, 데이터수집 장치의 내구성, 그리고 에너지 활용 장치 간의 상호운용성을 검증하는 과정이 필요.
- 특히, 상수·하수처리시설 내 주요 설비의 장기적인 안정적 운전을 위해 지능형 제어 및 자동화 알고리즘의 성능 안정성 확보가 중요.

○ 물관리 시설 실증과정

- 수요자원화 기술을 상용화하기 위한 실증 과정에서 빅데이터 및 디지털 트윈 기반의 운영 최적화 시스템과 에너지 절감 효과의 실질적 검증 방안 마련이 필요.
- 실증 시 기계적·전기적 오류나 시스템 불안정으로 인한 운영 중단 위험을 최소화하기 위해, 안전관리 기준 수립 및 이를 준수하는 시공과 유지보수 체계가 요구됨.

○ TRL 7단계 기술개발 목표에 따른 핵심 요소기술 선정

- 상수·하수 처리시설에 적합한 핵심 기술(수요자원 운영 시스템, 에너지 활용 플랫폼, 자동화 제어 기술 등)을 선정하고 통합 시스템 간의 안정적 연계성을 확보해야 함.
- 대형 및 중소형 시설의 차별화된 운영 요구를 반영한 표준화된 기술 설계와 적합성 검증을 통해 기술 상용화를 위한 기반을 마련해야 함.

○ 수요자원화 기술의 안전성과 호환성 검토

- 물관리 시설에 적용되는 수요자원화 및 에너지 거래 기술은 상수·하수

처리 설비와의 호환성과 안정성이 보장되어야 하며, 이를 위한 정밀 검증 과정이 필수적임.

- 특히, 에너지 저장 및 활용 설비와 데이터 센서, AI 기반 제어 시스템 간의 통합 작동 성능을 검토하여 상호운용성을 확보하고, 기술적 내구성과 안전성을 보장할 필요가 있음.

○ 물관리 시설과 시장 연계 시스템의 검증 및 개발 필요성

- 수요자원 거래 시장과 연계하기 위한 기술(\pm DR 플랫폼) 적용 시, 시장 연동 시뮬레이션을 통해 거래 신뢰성과 데이터 교환 프로세스의 안전성을 확보해야 함.
- 온사이트 빅데이터 분석과 시장 연계 기술 간의 통합 운영 체계 구축이 이루어지지 않을 경우, 기술의 실효성이 저하될 가능성이 있음.

□ 사업화 애로사항

○ 사용자(소비자 및 공급자)의 구체적인 물 수요에 기반하여, 효율적인 물관리 및 자원화를 하기 위해서 다음의 애로사항을 극복해야 함.

- (맞춤형 물 처리 및 재활용 기술) 특정 지역 및 상황에 적합하도록 설비 및 공정 고도화를 통한 정수, 하·폐수처리 및 재이용 솔루션
 - * 맞춤형 기술은 특정 지역이나 환경에 최적화되므로, 보편적인 활용이 어려워 초기 시장에서 대규모 수요를 창출하기 어려울수 있고, 설치 및 초기 운영 비용이 기존 기술 보다 높아질 수 있으므로 경제성 입증을 위하여 데이터 축적 소요 시간이 필요함.
- (스마트 관리 시스템) IoT 및 AI를 활용하여 실시간으로 수요 데이터를 분석하고 자원을 최적화
 - * 기존 시설 및 시스템과의 통합을 어렵게 하고 추가 비용이 발생 가능하고, 기존 산업 표준과 호환성이 유지되도록, 레거시 공정 설비 및 관리시스템과의 상호 호환성이 안정적으로 유지되도록 연동 기능의 신뢰성이 필요함.
- (자원화 및 시장연계 기술) 처리 과정에서 발생하는 부산물 또는 절감되는 에너지를 활용하여 유용 자원으로 변환
 - * 기존 물관리 방식에 익숙한 공공기관 및 민간사업자들이 새로운 기술의 효과와 안정성을 신뢰하지 않아 초기 수요 확보가 어려울수 있으므로, 시장진입의 저해 요인을 극복하는 제도적 전략이 필요함.

□ 사회환경 위험요인

- 물관리 시설 수요자원화 기술은 기존 시설의 에너지 효율을 개선하고 수요자원화를 통해 부가가치를 창출하는 기술로, 사회환경적 위험요인은 낮을 것으로 예상됨. 기존 설비를 고효율로 개조하고 운영하는 방식이므로 신규 대규모 설비 설치에 따른 환경 부담은 거의 없으며, 기술 적용 시 하천 및 지역 수질에 미치는 영향도 최소화될 것으로 판단됨.
- 실증 과정에서는 설비 개선 및 데이터 센서 설치가 주로 이루어지며, 이는 도로나 지역 교통에 미치는 영향을 발생시키지 않음. 다만, 설비 설치 및 운전 중 기계설비 안전사고를 방지하기 위해 철저한 시공 관리와 사전 점검이 필요하며, 전기·기계 기술기준에 맞춘 설계 및 운영을 통해 공사 관련 위험 요인을 제거해야 함.

□ 기술영향 검토

- 수요맞춤형 물관리 관련 산업의 발전으로 신시장 창출과 기술 수출 경쟁력이 강화될 수 있음
 - 수요맞춤형 물관리 시설에 필요한 IoT 센서, 빅데이터·AIX 솔루션, 막분리 기술 등 다양한 분야의 기업이 협업할 수 있는 생태계가 형성되면서, 신규 시장이 열리고 고용 창출이 기대됨
 - 국내에서 실증된 기술의 표준화·인증을 통해 해외 물부족·환경개선 시장에 수출 경쟁력을 확보함으로써, 글로벌 환경·에너지 산업 선도국으로 도약할 기회 마련 가능함
- 물관리 - ICT 융합 분야에서 융합기술 및 스타트업 육성 가능함
 - ICT 기반 물관리 융합 분야에서 신기술·아이디어를 보유한 스타트업들이 활발히 활동할 수 있는 기반이 조성되고, 이를 통한 투자·M&A·산학연 협력 확대 가능함.
 - 데이터 분석, 자동 제어, AI 예측 모델 등 4차산업혁명 기술이 결합됨에 따라, 전통적인 물관리 업종도 하이테크 기반 산업으로 체질 개선될 수 있음

- 물-에너지-ICT 융합으로 급변하는 물 수요에 효율적으로 대응하여 국민생활 편익이 증진될 수 있음
 - 안정적 물 공급 및 수질 개선을 위해서 고도 수처리, 재이용 시설 등 보급되어 깨끗하고 안전한 물을 충분히 공급받고, 생활환경이 개선되고 물 부족에 대한 불안이 해소됨
 - 빗물·하수 재이용 등 지역 및 수요자 특성에 맞춘 맞춤형 수처리 시설이 늘어나면, 가뭄 시기에도 수자원의 안정적 확보 및 도시·농어촌 주민의 생활 수준이 향상될 것으로 기대됨
- 에너지·요금 절감 효과로 수요자 생활의 질이 개선될 수 있음
 - 시설 운영 과정에서 자가발전(바이오가스, 태양광 등) 또는 에너지 회수를 통해 전력 사용량을 줄이게 되면, 최종적으로 수도 요금 및 공공서비스 비용 절감 혜택 제공 가능
 - IoT·AIX 기반으로 물 사용 패턴을 최적화하면, 가정이나 기업의 물 사용량이 감소함에 따라 경제적 부담 경감 효과 예상.
- 데이터 활용 및 프라이버시 이슈
 - 실시간 수질·수량 데이터를 모니터링하고, 사용자별 소비 패턴을 추적·분석하는 과정에서 개인정보·프라이버시 보호에 대한 우려가 제기될 수 있음
 - 물 사용 데이터를 활용한 요금정책, 인센티브 제공 시 부당한 차별이나 개인 권익 침해가 발생하지 않도록 사전적 윤리 기준 확립 필요
- 국가 기간시설인 물관리 기능의 데이터 수집·처리 시 데이터·시스템 보안에 취약할 수 있음
 - 수처리 시설, IoT 센서, 클라우드 플랫폼 등이 해킹이나 오류에 노출될 경우, 대규모 단수·수질 오염 등 생활 기반을 위협하는 심각한 문제가 발생할 수 있음
 - 보안 표준, 인증, 모의해킹 등 사전 방어체계를 강화하고, 사고시 신속 복구가 가능한 백업·매뉴얼 마련 필요
- 지역환경 훼손 및 생태계 교란에 대한 논란이 예상될 수 있음

- 무분별한 시설 확대나 자원회수 공정에서 유해물질이 제대로 처리되지 않을 경우, 지역 생태계가 훼손될 가능성이 존재
- 빗물·하수 재이용 시설을 설치할 때에도 자연수계(하천·습지)의 유량 감소, 생물 다양성에 미치는 영향 등을 면밀히 평가 필요

3. 전기 기반 제조설비의 능동형 수요반응 기술 개발 및 전력망 연동 실증

□ 기술개발 위험요인

- 에너지 다소비 산업의 전기 기반 제조설비에 대한 공정에서 생산정보 연계한 능동형 수요반응을 위한 2개이상의 공장에서 보유한 전열공정에서 운영 분석하는 실증 연구 및 검증
 - 철강분야의 탄소중립 구현을 위한 제조 및 공정의 생산정보 연계 분석이 가능한 전열 설비를 활용한 능동형 수요반응 실증 사이트 확보가 중요
 - 전열 설비를 활용하여 생산정보와 연계 가능한 공정 분석을 위한 디지털 분석이 가능한 디바이스 활용 운영으로 데이터 기반의 효과성 검증
 - 디지털 수요관리 모델 개발에 필요한 충분한 데이터 수집 및 관리와 운영을 위한 데이터 네트워크 기술을 동시에 고려한 개발 필요
- 기업 간 데이터 공유의 한계와 실증 결과에 대한 신뢰도 확보 필수
 - 공급망 연계를 전제로 하는 기업 간 협력이 필요하며, 완성된 영향평가 결과의 신뢰도 확보를 위한 공공 기관 협력 및 제도 연계가 필수적임
 - 수행 주체의 의도에 따라 데이터를 보호하고 공공성을 갖출 수 있는 방법론을 평가하여 그 타당성을 검증함
- 기업 데이터의 보호를 위한 기술적 방안 마련
 - 생산정보 및 공정에서 수요반응 기술 적용을 위해 협력 기업 간 실증은 가능할 것으로 예상되나, 그렇지 않은 기업들간의 정보 공유 혹은 보호의 문제가 상존함
 - 데이터 보호와 보안에 대한 기술적, 정책적 수단이 마련되어야 하며, 기술개발 과정에서 이러한 요구사항을 수용할 수 있어야 함
- 차기 예비력 시장 연계 제조 공정에 대응하는 능동형 수요반응 연계 제도의 필수적인 실증이 필요
 - 예비력 시장의 수요자원 적용에 대한 기술 수준 및 정산 기준 등 제도에 대한 마련이 필요하며, 이를 위한 제도적 실증을 위한 기준 마련에 필요한 실증 필요

□ 사업화 애로사항

- 생산정보와 연계한 디지털 수요관리를 위한 디지털 디바이스 연계한 기준 확보를 통해서 효율 설비의 운전 최적화 및 예측 제어가 가능한 운영 기술을 활용함으로써 철강 기업 등 수요기업의 수요관리를 통한 운영에 있어서 영향성을 받지 않도록 기술 개발 추진 필요
- 본 과제의 실증 연구는 사업화를 위한 '트랙레코드 확보'의 의미를 가지므로 반드시 사업화를 목적으로 한 실증연구가 이뤄져야 함
- 성공적인 실증연구가 진행될 경우를 감안하여 정부 및 공공기관, 협회, 단체와의 협력이 필수적으로 요구되며 이를 토대로 시장 진입을 위한 트랙레코드를 건고히 할 필요가 있음
- 사업화 과정에서 기업 간 데이터 공유가 이뤄지므로 산업 보안의 측면에서 데이터의 보호가 이뤄질 수 있도록 기술개발 추진이 필요함

□ 사회환경 위험요인

- 기업 간 공정에서 데이터 활용할 경우, 경쟁을 보장할 수 있는 산업기술 보호 필요
 - 기술개발 과정 중 협력 기업 간의 실증은 생산적인 효과를 가져올 수 있으나, 협력 관계가 정립되지 않은 기업 간의 데이터 공유는 사실상 불가능함
 - 계량, 통신, 어플리케이션 수준에서의 보안 기술이 필요하며, 플랫폼은 멀티테넌시(Multi-tenancy) 기법이 적용되어야 함
- 실증 공정 및 기업의 데이터 폭증에 따른 데이터 유지 비용 증가
 - 성공적인 기술개발이 이뤄졌을 경우 다수의 공정 및 기업들로부터 데이터의 생성 폭증이 우려되며, 이에 따른 데이터 유지 비용이 급증할 것으로 예상
 - 국가적인 데이터 인프라 및 이를 유지할 수 있는 수익모델의 부재를 고려할 때 지속 성장하기 위한 지원 정책 마련이 필요함

□ 기술영향 검토

○ 산단의 디지털 인프라를 활용한 지능형 수요관리 서비스

- (전기 기반 제조설비의 수요관리) 철강 등 에너지 다소비 산업의 전기 기반 전열기 등의 제조 설비에 대한 운전을 위한 생산정도 연계 수요관리
 - * 전열 설비를 활용한 전기 기반 제조 설비로써 생산 정보와 연계함으로써 운영에 필요한 자원 배분과 관리를 더욱 효율적으로 운영이 가능함
 - * 기업의 공정상의 수요관리 확보를 위해서 제조 공정에서의 전기 기반 제조설비의 운전 특성 보안을 위한 데이터 기반의 운영 안정성 확보를 통해서 기업의 에너지 절감을 위한 기반 확보
 - * 제조를 위해 통합된 데이터는 제조 설비 운전을 위해 더 정교한 분석과 예측을 가능하게 하여 운전 패턴을 정확히 파악하고, 에너지 관리 전략을 최적화할 수 있음

○ 수요반응 참여 시 제조 설비 공정의 전력 변동성 대응 기술 접목

- (생산 제조 문제 최소화) 전기 기반 제조설비의 수요반응으로 전력 변동성을 고려하여 부하 예측, 진단 운영함으로 생산 연계 문제점을 최소화
 - * 전기 기반 제조설비의 에너지 진단을 위한 생산성 연계 운영 방안을 제시함으로 전력 변동성 대응을 위한 수요관리 기술 참여
 - * 수요관리를 통한 에너지 최적 운영 및 온실가스 감축 관련 대응 기술 확보
 - * 수요반응 종료 후 수요를 복귀시킴으로써, 제조 설비의 생산 안정성 확보를 위한 대응 기술 및 공급망의 부담 완화

○ 차기 예비력 전력시장 대응을 위한 수요관리 기술 확보

- (차기 예비력 시장 적용) 차기 예비력 전력시장에 초속응성 주파수 반응 자원 관리 기술
 - * 제조 설비의 운영에 따른 예비력 항목 개발
 - * 계통 상태에 따라 운영 상태 (정상상태, 상정고정)를 구분하여 분류할 수 있어서 유연하게 대응

3. 기획연구개발과제 RFP / 기술개요서

[품목지정공모 (기술개요서)]

품목명 : 실시간 전력시장 대응 온디바이스 AI 기반 상시제어장치 및 집합 수요
자원화 기술 개발 및 실증 74

품목명 : 수요맞춤형 물관리 시설 수요자원화 기술개발 및 실증 78

품목명 : 전기 기반 제조설비의 능동형 수요반응 기술 개발 및 전력망 연동
실증 80

'25년도 에너지기술개발사업 신규연구개발과제 품목개요서 (품목지정)

관리번호	2025-수요관리-수요관리기반-품목-2		산업 기술 분류	중분류 I	중분류 II
과제 유형	<input type="checkbox"/> 원천기술	<input checked="" type="checkbox"/> 혁신제품 <input checked="" type="checkbox"/> 실증형		에너지효율향상	-
해당여부	<input checked="" type="checkbox"/> 표준연계 <input type="checkbox"/> 경쟁형 R&D <input type="checkbox"/> 복수형 R&D <input type="checkbox"/> 국가핵심기술 <input type="checkbox"/> 안전관리형 <input type="checkbox"/> 공기업협력 <input checked="" type="checkbox"/> 탄소중립 <input type="checkbox"/> 국제공동 <input type="checkbox"/> 통합형 <input checked="" type="checkbox"/> 초격차 프로젝트 <input type="checkbox"/> 혁신도전형 <input type="checkbox"/> 초고난도 <input type="checkbox"/> 핵심전략기술 <input type="checkbox"/> 유연컨소시엄 <input type="checkbox"/> 샌드박스 연계형				
초격차 프로젝트	분야	에너지 신산업			
	미션	디지털 기반 수요관리 시장 육성			
	프로젝트	디지털 디바이스를 활용한 전력망 연동 양방향 수요관리 스마트 에너지 플랫폼 개발			
R&D 자율성트랙	<input type="checkbox"/> R&D 자율성트랙(일반) <input checked="" type="checkbox"/> R&D 자율성트랙(지정)				
품목명	실시간 전력시장 대응 온디바이스 AI 기반 상시제어장치 및 집합 수요자원화 기술 개발 및 실증 (TRL : [시작] 4단계 ~ [종료] 7단계)				

1. 개념 및 개발내용

□ 개념

- 차기 실시간 전력시장에 대응하기 위해 주택 및 공공·상업 분야 참여고객(100곳, 50MW 이상)을 대상으로 온디바이스 AI 기반 상시제어장치* 구축을 통해 가용 수요자원을 실시간으로 파악하고, 참여고객별 파편화된 수요자원을 집합화하여 실시간 전력시장에 즉시 연동 가능한 양방향 자동 수요관리 기술 개발 및 실증

* 온디바이스 AI 기반 상시제어장치: 온디바이스 AI를 활용하여 실시간 전력시장에 즉시 응답 가능한 수요자원을 확보하고, 설비·기기의 최적운동을 통해 에너지 효율을 극대화하는 엣지 기기

*** 핵심목표 : 참여 고객 단위최대전력 대비 피크 전력 20% 감축, 상시 에너지 10% 이상 절감 (주택 및 공공·상업 분야는 23년 기준 총 전력 사용량의 14%, 32% 차지)**

□ 개발내용

- 온디바이스 AI 기반 상시제어장치 및 이를 활용한 에너지 자율 운영 기술 개발
 - 이종 설비, 기기를 통합관리하고 실시간 전력시장에 초급속 응답 가능한 온디바이스 AI 엣지 시스템 개발 및 구축
 - 온디바이스 AI 기반 실시간 가용 수요자원 파악 및 에너지 최적 운영 기술 개발
 - 고객 편의성과 에너지효율을 고려한 피크감축 및 상시 자율제어 기술 개발
- 수요자원 집합화 및 실시간 전력시장에 연동 가능한 양방향 자동 수요관리 기술 개발
 - 에너지 빅데이터 분석/관리 및 에너지 수요 최적화 기술 개발
 - 실시간 전력시장의 요구 응답/지속 시간을 보장하는 OpenADR 기반 수요반응 시스템 개발
 - 에너지 수요자원 집합화·가상화 기술, 비즈니스 모델 및 수익화 모델 개발

- 수요반응 종료 후 계통 안정성 확보를 위한 복귀 알고리즘 개발
- 집합 수요자원을 위한 자동수요관리 서비스 구축 가이드라인 및 프레임워크 표준 개발
 - * 집합수요자원을 분류하고 가상화하여 자동수요관리 서비스를 제공하기 위한 플랫폼, 인터페이스, 정보교환 등 전반적인 서비스 프레임워크 표준 및 서비스 제공을 위한 시스템 구축 가이드라인 개발
- 차기 전력시장 연계 양방향 자동 수요관리 플랫폼의 제도 및 기술 실증
 - **(제도 실증)** 실시간 활용가능한 수요자원을 50MW이상 확보하여 실시간 전력시장 제도와 연계하여 실증
 - 실시간 수요자원 발굴 및 전국단위 데이터셋 개발(계시별/지역별 잠재용량 포함)
 - 실시간 수요자원 예측, 시장참여기준(기술기준, 정산기준) 및 검증방안 개발
 - 실증효과분석, 비용편익 및 경제성분석, 비즈모델 및 정책제도 개발
 - **(기술 실증)** 5종(냉방, 난방, 조명, 가전, ESS 등 설비, 기기) 이상 자원, 100곳 이상 참여 고객(주택 및 공공·상업) 및 신규자원을 포함한 집합 수요자원 대상 기술 실증(피크전력 20%, 상시에너지 10% 이상 절감)
 - M&V 표준 가이드라인에 기반한 CBL 산정 방법 및 검증 방안 제시
 - DER 발전량을 제외한 순수 수요 측면 에너지 절감 효과 검증
- 탄소배출 감축, 간접적 경제효과 등 환경·경제적 성과 발굴 방법론 제시 및 검증

연구개발계획서 제출시 다음의 항목의 정량적 목표치 및 상용화 수준 제시 필수

- (공통) 피크전력 절감(%), 참여고객 응답비율(%), 수요반응 응답 및 지속시간(초/분)
- (제도) 집합 수요자원 규모(MW), (기술) 상시에너지 절감(%), 수요자원 종(개), 참여 고객 수(개)

□ 개발위험 극복방안

- 실시간 전력시장 참여를 위해 시장 신호에 빠르게 대응할 수 있는 기술 필요
- 다양한 프로토콜로 동작하는 이기종 설비, 기기의 호환성 표준 체계 마련 필요
- 참여 고객 내에서 수집되는 센서 및 운영 데이터를 보호하기 위한 방안 마련
- 고객 편의성 침해를 최소화하고 에너지 절감 목표를 달성할 수 있는 기술 필요
- 연구개발계획서에 사업 성과 관리 및 성과확산 방안 제시 필수

2. 지원 필요성

□ 지원 필요성

- **(정책적)** 플러스 DR, Fast DR 확대, 피크 수요 DR 개선 등 제도 개선으로 민간 참여를 활성화하고, 실시간 전력시장('25), 양방향 수요입찰('27) 도입을 추진 중
- **(기술적)** 차기 실시간 전력시장 참여를 위해 수요변화 및 공급 불균형에 빠르게 대응할 수 있는 수요관리 기술 개발이 필요
- **(시장적)** 전 세계 수요관리 시장은 2024년 약 60억 달러에서 시작해, 2032년까지 약 98억 달러(CAGR: 약 6.17%)에 이를 것으로 예상(출처: Business Research Insights)
- **(사회적)** 에너지 효율성 향상과 비용 절감을 통해 가정과 산업의 경제적 부담을 경감할 수 있으며, 동시에 탄소 배출 저감을 통해 기후 변화 대응에 중요한 기여

□ **활용분야**

- 상시제어장치 보급사업, 실시간 전력시장, 수요관리 사업, 주택 및 공공·상업의 에너지 효율 관리 등에 활용

3. 지원기간/예산/추진체계

- 기간 : 45개월 이내
- 정부지원연구개발비 : '25년 21억원 내외(총 정부출연금 150억원 이내)
- 주관연구개발기관 : 중소·중견기업
- 기술료 징수여부 : 징수
- 기타사항 : 수요기업은 연구개발기관으로 참여 필수 / 한국전력공사 참여 필수

< 한국전력공사 참여 방식 >

한국전력공사의 역할과 예산을 포함하여 제출된 연구개발계획서를 기반으로 과제수행 컨소시엄 선정을 위한 신규평가 후 필수 참여기관인 한국전력공사를 포함하여 선정된 컨소시엄과 협약 체결(단, 아래의 역할 및 예산은 협약체결 시 평가 의견을 고려하여 조정될 수 있음)

○ 한국전력공사 역할 및 예산

- (역할) 실시간 수요자원 전국 단위 데이터셋 개발, 전력시장 분석 및 예측, 실시간 제도 실증 설계, 실증효과분석 및 성과평가, 정책제도개발 등
- (예산) 1차년도 정부지원 연구개발비 : 5억원 내외, 총 정부지원 연구개발비 : 25억원 이내

품목명 : 실시간 전력시장 대응 온디바이스 AI 기반 상시제어장치 및
집합 수요자원화 기술 개발 및 실증

□ 필수 참여기관 : 한국전력공사

□ 한국전력공사 연차별 연구내용, 역할 및 소요예산(안)

- 최종목표 : 실시간 전력시장 분석, 수요자원 전국단위 데이터셋 개발, 제도실증 상세설계, 전력시장 효과분석 및 성과평가 모형 개발, 실시간 수요자원 정책제도방안 연구

○ 연차별 연구내용 및 역할 / 소요예산(안)

연차	연구내용 및 역할	정부출연금 (억원)
1차 년도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실시간 전력시장 분석, 전국단위 수요자원 데이터셋 기초설계, 전력시장 효과분석 모형 연구 <ul style="list-style-type: none"> - 실시간 전력시장, DR제도 분석 및 전국단위 데이터셋 기본설계 - AMI 기반 주택/건물 부하 라이브러리 기본설계 - 차기 전력시장 환경분석 및 집합유연자원 참여기준(기술기준, 정산기준) - 실시간 수요자원 경제성 분석방법론 및 전력시장 효과분석(성과평가) 모형 개발방안 연구 	5.0
2차 년도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실시간 제도실증 상세설계, 데이터셋 초안개발, 전력시장 효과분석 모형 프로토타입 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 집합수요자원 특성기준 설계(안정성, 응답성, 지속성, 유연성 등) - 주택/건물 부하 라이브러리, 전국단위 데이터셋, 실시간 DR 잠재량 데이터셋 초안개발 - 실시간 전력시장 제도실증 Use case 상세설계(DR운영방식, CBL, 인센티브 등 포함) - 제도실증 Use case별 집합유연자원 활용기준 및 전력시장 참여기준 설계 - 전력시장 효과분석(성과평가) 모형 프로토타입 개발, 전력사 정책제도방안 도출 	8.5
3차 년도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전국단위 부하라이브러리 및 데이터셋 개발, 전력시장 효과분석 모형 개발, 제도실증 결과분석 <ul style="list-style-type: none"> - 전국단위 부하라이브러리, 주택/건물 전력수요 및 수요자원 데이터셋 개발 - 경제성분석 및 전력시장 효과분석(성과평가) 모형 개발, 제도실증 결과분석 - 제도실증 결과분석 기반 Use case 수정보완 및 후속 제도실증 반영 - 집합유연자원 시장참여기준 및 정합성 검토 및 수정(실증결과 반영) - 실증결과 기반 실시간 전력시장 수요자원 제도효율화 방안 	7.0
4차 년도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실증 종합분석, 분석모형 보완, 전력시장 DR 정책제도 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 후속 제도실증 분석, 제도실증 종합분석, 데이터셋 보완, 전력시장 효과분석 모형 수정보완 - 실시간 DR 추진체계, 시장참여자간 이익공유 모델 및 비즈니스모델 제시 - 실시간 전력시장 집합수요자원 활성화 종합정책제도 개발 	4.5
합 계		25.0

'25년도 에너지기술개발사업 신규연구개발과제 품목개요서 (품목지정)

관리번호	2025-수요관리-수요관리기반-품목-4		산업 기술 분류	중분류 I	중분류 II
과제 유형	<input type="checkbox"/> 원천기술	<input checked="" type="checkbox"/> 혁신제품 <input checked="" type="checkbox"/> 실증형		에너지효율향상	
해당여부	<input checked="" type="checkbox"/> 표준연계 <input type="checkbox"/> 경쟁형 R&D <input type="checkbox"/> 복수형 R&D <input type="checkbox"/> 국가핵심기술 <input type="checkbox"/> 안전관리형 <input type="checkbox"/> 공기업협력 <input checked="" type="checkbox"/> 탄소중립 <input type="checkbox"/> 국제공동 <input type="checkbox"/> 통합형 <input type="checkbox"/> 초격차 프로젝트 <input type="checkbox"/> 혁신도전형 <input type="checkbox"/> 초고난도 <input type="checkbox"/> 핵심전략기술 <input type="checkbox"/> 유연전소사업 <input type="checkbox"/> 샌드박스 연계형				
R&D 자율성트랙	<input checked="" type="checkbox"/> R&D 자율성트랙(일반) <input type="checkbox"/> R&D 자율성트랙(지정)				
품목명	수요맞춤형 물관리 시설 수요자원화 기술개발 및 실증 (TRL : [시작] 4단계 ~ [종료] 7단계)				
1. 개념 및 개발내용					
<input type="checkbox"/> 개념 <ul style="list-style-type: none"> ○ 상수도 하수도 시설(3개 이상 실증 사이트 적용 - 상수도 1개, 하수도 대형 1개 및 중소형 1개 포함)을 대상으로 개별 시설 맞춤형 에너지관리 및 수요자원화 기술에 대한 개발·실증 수행 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>* 핵심목표 : 하수처리 공정 에너지 절감 10% 및 피크 전력 증가율/감축률 ±10%, 상수처리 공정 에너지 절감 5% 및 피크 전력 감축률 10%</p> </div>					
<input type="checkbox"/> 개발내용 <ul style="list-style-type: none"> ○ DX 기반 물관리 시설 수처리 설비 및 공정 고도화 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 수처리 공정 설비의 데이터 기반 분석·진단·정보화(AI) 및 성능 최적화 기술 개발 - 물관리 효율화 및 비용절감 위한 성능보강(Retrofit) 기반 지능형 제어 및 운전기술 개발 ○ AIX 기반 시장 참여형 스마트 물관리 시설(상·하수도) 운영 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 인공지능 및 시장 연계 기반 물관리(생활·공업용수 등) 최적 수요자원 운영 기술 개발 - 물-에너지-수요자원 최적화를 통한 물관리 시설의 시장참여형 순환 경제 모델 개발 - 물관리 시설의 표준화된 수요반응 자동대응 및 시뮬레이션 검증 체계 구축 기술 개발 ○ 물관리 시설 수요자원화 기반 수요자원거래시장 연동형 표준플랫폼 개발 및 실증 <ul style="list-style-type: none"> - 물관리 시설의 온사이트 빅데이터 및 디지털트윈 기반 운영 최적화 기술 개발·실증 - 수요자원 거래시장(±DR) 및 효율 개선 검증 기반 수처리 자동화 플랫폼 기술개발·실증 - 생산형 재생에너지 기반 물관리 시설 운영을 통한 수요자원화 최적화 기술 개발·실증 <p style="margin-left: 20px;">* (상수) 2,000 TOE 이상 / (하수) 대형 10,000 TOE 이상, 중소형 5,000 TOE 내외</p> ○ 물관리 시설 수요자원의 에너지 최적화 모델 구축 및 운영을 위한 표준 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 물관리 시설 유형(상수/하수, 대형/중소형 시설 등) 및 적용 공법에 따른 표준모델 개발 - 물관리 시설의 에너지 최적화를 위한 플랫폼 모델 표준(참조구조, 인터페이스, 데이터모델, 유즈케이스 등) 및 보급확산 위한 가이드라인 개발 					

- 탄소배출 감축, 간접적 경제효과 등 환경·경제적 성과 발굴 방법론 제시 및 검증

연구개발계획서 제출시 다음의 항목의 정량적 목표치 및 상용화 수준 제시 필수
- 공정 에너지 절감률(%), 피크 전력 감축률(%) 및 증가율/감축률(%), 국내단체표준(제정 건)

□ 개발위험 극복방안

- 물관리 실증사이트 개조시 ROI 기준으로 운전유휴 최소화를 위한 운영전략 수립
- 디지털트윈 기반 다양한 사전 검증 및 데이터 유실 대비 리스크 대체 방안 마련
- 물관리 시설 규모별 편익분석으로 사업화 성과 확산을 위한 해결방안 제시
- 연구개발계획서에 사업 성과관리 및 성과확산 방안 제시 필수

2. 지원 필요성

□ 지원 필요성

- (정책적) 제조업 중심 산업 체계와 기존 수처리 설비 환경에 맞춘 효율적 용수 공급 및 설비 수요자원 고도화, 정부 주도의 연구개발로 선진 기술 도입과 기후변화 대응 기여, 공공 물관리 시설 혁신을 통해 국가 지속 가능성과 글로벌 환경 기조에 부응 예상
- (기술적) 노후화된 수처리 설비의 낮은 효율성과 변동 부하 대응 한계를 극복하기 위한 디지털 전환이 필요하여 AI 및 ICT 기술을 활용하여 고효율 저에너지화 및 운영 최적화 추진, 물관리 설비의 신뢰성 강화와 에너지 소비 절감 기술 실현 필요
- (시장적) 수처리 설비의 피크 관리 및 효율화 기술로 전력 거래시장 참여를 통한 추가 수익 창출이 가능하여 공공시설의 경제적 자립성을 강화하고 국가 전력망 안정화에 기여함으로써 물관리 설비의 시장적 가치 증대와 국가적 에너지 효율성 향상
- (사회적) 에너지 절감과 디지털 전환으로 탄소 배출 감소 및 탄소중립 목표 달성과 AI 기반 스마트 물관리로 국민 생활비 부담 경감 및 공공 서비스 품질 향상으로 지속 가능한 미래 환경 인식 개선과 사회적 책임 수행에 기여

□ 활용분야

- 공공 상·하수도 시설 운영 및 관리 사업
- 민간 정수 시설 운영 및 관리 사업
- 에너지 다소비 기기 적용 다양한 산업공정에 파생 적용

3. 지원기간/예산/추진체계

- 기간 : 45개월 이내
- 정부지원연구개발비 : '25년 20억원 내외(총 정부출연금 130억원 이내)
- 주관연구개발기관 : 기업(중소·중견기업이 연구개발기관으로 참여 필수)
- 기술료 징수여부 : 징수
- 기타사항 : 수요기업은 연구개발기관으로 참여 필수, 실증지 제공기관 참여 필수

'25년도 에너지기술개발사업 신규연구개발과제 품목개요서 (품목지정)

관리번호	2025-수요관리-수요관리기반-품목-5		산업 기술 분류	중분류 I	중분류 II
과제 유형	<input type="checkbox"/> 원천기술	<input checked="" type="checkbox"/> 혁신제품 <input checked="" type="checkbox"/> 실증형		에너지효율향상	-
해당여부	<input type="checkbox"/> 표준연계 <input type="checkbox"/> 경쟁형 R&D <input type="checkbox"/> 복수형 R&D <input type="checkbox"/> 국가핵심기술 <input type="checkbox"/> 안전관리형 <input type="checkbox"/> 공기업협력 <input checked="" type="checkbox"/> 탄소중립 <input type="checkbox"/> 국제공동 <input type="checkbox"/> 통합형 <input checked="" type="checkbox"/> 초격차 프로젝트 <input type="checkbox"/> 혁신도전형 <input type="checkbox"/> 초고난도 <input type="checkbox"/> 핵심전략기술 <input type="checkbox"/> 유연전소사업 <input type="checkbox"/> 샌드박스 연계형				
초격차 프로젝트	분야	에너지 신산업			
	미션	디지털 기반 수요관리 시장 육성			
	프로젝트	디지털 디바이스를 활용한 전력망 연동 양방향 수요관리 스마트 에너지 플랫폼 개발			
R&D 자율성트랙	<input type="checkbox"/> R&D 자율성트랙(일반) <input checked="" type="checkbox"/> R&D 자율성트랙(지정)				
품목명	전기 기반 제조설비의 능동형 수요반응 기술 개발 및 전력망 연동 실증 (TRL : [시작] 4단계 ~ [종료] 7단계)				

1. 개념 및 개발내용

☐ 개념

- 원격 제어가 가능한 에너지 다소비 공장(2곳 이상)의 전기 기반 제조 설비를 대상으로 예비력 시장에 적용할 수 있도록 생산정보와 연계한 AI 기반 최적운영과 양방향 제어 기술을 통하여 피크전력 감축 및 전력망 변동성에 대응하는 능동형 수요반응* 기술 개발 및 실증

* 능동형 수요반응 : 전력 소비 예측 및 실시간 조정이 가능하며, 원하는 에너지 사용량에 따라 능동적으로 부하를 조정하는 방식의 수요반응

*** 핵심목표 : 전기기반 제조설비의 양방향 자동제어를 통한 전력망 예비력 자원으로 활용하는 생산 정보 연계 피크전력 감축 20% + 10sec 이내 반응 분석이 가능한 수요반응 기술 확보**

☐ 개발내용

- 전기 기반 에너지 다소비 제조설비의 생산정보 연계 디지털 수요관리 요소기술 개발 및 구축
 - 제조설비의 디지털 분석, 운전 방안 및 최적 제어 기반의 설비 운영 방안 개발
 - 공정과 생산정보 연계 실시간 수요반응 응용 기술 및 운영 네트워크 구축
- AI 적용 전기 기반 제조설비 공정의 전력 변동성 대응 기술 및 최적 운영 플랫폼 개발
 - 전기 기반 제조설비의 전력망 변동성 대응을 위한 AI 기반 운영 및 예측 기술개발
 - 설비 수요반응 운영 플랫폼 신뢰성 확보 및 피크저감 기술개발
 - 전력망 연계 예비력 수준별 수요감축 운영기준 및 기술개발
 - 수요반응 종료후, 계통안정을 고려한 전력망 연계 복귀 알고리즘 개발
- 차기 예비력 시장 연계 제조 공정에 대응하는 능동형 수요반응 기술 및 실증
 - (기술 실증) 생산정보 기반의 능동형 자율 운영 기술 실증 (총 3MW 이상 공정 부하)

- 2개 이상 공장의 이중 설비를 대상으로 응답시간, 지속시간, 피크감축율 및 절감효과 검증
- (제도 실증) 차기 예비력 시장제도와 연계하여 수요자원 기술기준과 정산기준 등 시장 참여기준 개발 (총 100MW 이상 공정 부하)
- 전력망 연계 실증 및 효과분석, 예비력제도별 수요자원 참여규모, 경제성 분석 및 사업화 모델 및 정책제도 개발

○ 탄소배출 감축, 간접적 경제효과 등 환경·경제적 성과 발굴 방법론 제시 및 검증

연구개발계획서 제출시 다음의 항목의 정량적 목표치 및 상용화 수준 제시 필수

- (제도) 자원규모 및 실증횟수, 전력망 연계 예비력 기여용량, 적정용량 산정 및 평가기준
- (공통) 수요반응 응답시간 및 지속시간(초/분), 생산정보 및 공정연계 설비기준 피크절감율 및 에너지절감율(%)

□ 개발위험 극복방안

- 수용가의 생산정보 연계 정보보호 방안 마련
- 실증 및 운영에 산단 및 지자체의 관리·감독이 필요할 경우 사전 협조체계 구축을 통한 운영 리스크 해소 필요
- 연구개발계획서에 사업 성과관리 및 성과확산 방안 제시 필수

2. 지원 필요성

□ 지원 필요성

- (정책적) 제조업의 전기에너지화와 국내 에너지 다소비 업종에서의 NDC 목표 달성을 위한 혁신적인 에너지 수요관리 기술 필요
- (기술적) 산업 경쟁력 확보를 위해서 전기 기반 제조설비의 운전 데이터와 생산 정보 데이터를 활용하여 제조 설비의 차기 예비력시장 대응이 가능한 스마트 수요관리 기술 개발 필요
- (시장적) 제조업 기반 기업의 전기 기반 제조 설비 연계한 에너지 수요관리 능력 및 공정 분석 및 제어 능력 향상으로 제품 개발 및 생산에 대한 신뢰성 향상이 가능하며 이를 활용하여 생산 정보 및 공정 연계한 수요관리 실시간 시장, 예비력 시장에 반응하는 수요자원 기술 확보로 2030년 1.0GW 수요자원 운영 가능
- (사회적) 에너지 다소비 제조업의 전기 기반 제조설비 운영 사업화 모델을 통해 고용창출 및 다양한 사업화 기대

□ 활용분야

- 공정 설비의 고정밀 운영 상태 계측 및 예측제어 기술, 전력망 연동 데이터 기반 양방향 디지털 운영 제어 기술, 생산정보 연계 온실가스 감축 플랫폼 및 자원화

3. 지원기간/예산/추진체계

- 기간 : 45개월 이내
- 정부지원연구개발비 : '25년 18억원 내외(총 정부출연금 145억원 이내)

- 주관연구개발기관 : 중소·중견기업
- 기술료 징수여부 : 징수
- 기타사항 : 수요기업은 연구개발기관으로 참여 필수 / 한국전력거래소 참여 필수

< 한국전력거래소 참여 방식 >

전력거래소의 역할과 예산을 포함하여 제출된 연구개발계획서를 기반으로 과제수행 컨소시엄 선정에 위한 신규평가 후 필수 참여기관인 전력거래소를 포함하여 선정된 컨소시엄과 협약 체결(단, 아래의 역할 및 예산은 협약체결 시 평가 의견을 고려하여 조정될 수 있음)

○ 한국전력거래소 역할 및 예산

- (역할) 차기 예비력시장 연계방안, 수요자원 기술수준 개발, 정산기준 개발, 전력망 연계 제도 실증효과분석 및 정책제도개발 등
- (예산) 1차년도 정부지원 연구개발비 : 1.5억원 내외, 총 정부지원 연구개발비 : 10억원 이내

품목명 : 전기 기반 제조설비의 능동형 수요반응 기술 개발 및 전력망 연동 실증

□ 필수 참여기관 : 한국전력거래소

□ 한국전력거래소 연차별 연구내용, 역할 및 소요예산(안)

- 최종목표 : 차기 예비력시장 수요자원 운영방안, 수요자원 기술기준 개발, 전력시장 정산기준 개발, 제도실증 계통효과 분석, 정책제도 개발

○ 연차별 연구내용 및 역할 / 소요예산(안)

연차	연구내용 및 역할	정부출연금 (억원)
1차 년도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내외 전력시장 예비력 시장제도 운영현황 분석 및 국내 수요자원 연계운영방안 <ul style="list-style-type: none"> - 해외 보조서비스시장 수요자원 사례연구 및 벤치마크(시장실적, 제도기준, 인센티브, 참여부하 등) - 국내 차기 예비력시장 수요자원 연계운영방안 기본설계 - 보조서비스시장 수요자원 운영예비력 활용방안 및 계통유연성 효과 분석방법론 개발 	1.5
2차 년도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 차기 전력시장 보조서비스 수요자원 참여요건 및 기술기준 설계 <ul style="list-style-type: none"> - 차기 전력시장 보조서비스 운영규칙 분석 - 보조서비스 시장운영규칙 수요자원 기술기준 (부하특성, 자원등록, 시험, 응답속도, 지속시간 등) ○ 예비력시장 수요자원 연계운영 상세설계(경매시장 포함 운영절차 및 운영기준 등) <ul style="list-style-type: none"> - 하루전/(당일)/실시간시장간 통합 연계운영 세부절차 및 기준 - 초속응성 DR 및 1/2/3차 예비력별 수요자원 보조서비스 상세 운영절차 및 운영기준 - 수요자원 별도시장 및 발전자원 통합 수요자원 연계운영방안 상세설계 	3.5
3차 년도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수요자원 보조서비스시장 보상기준 및 정산기준 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 도매전력시장 예비력 수요자원 적정 보상수준 및 정산기준(용량정산금, 에너지정산금 동시 고려) ○ 전력망연계 제도실증 참여 <ul style="list-style-type: none"> - 100MW급 예비력 수요자원 제도실증 참여(필수정보 제공 및 수요시장과 연계 등) ○ 실증결과 계통 기여효과 분석(운영예비력 및 계통유연성 기여도 등 전력시장 simulation 포함) 	3.5
4차 년도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실증결과 종합분석과 수요자원 전력시장 운영규칙 보완 및 정책제도 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 제도실증 계통효과 종합평가 및 전력시장 수요자원 운영규칙 수정보완 - 수요자원 보조서비스 계통유연성과 운영예비력 활용도 및 효율 제고를 위한 정책 제도 개발 	1.5
합 계		10.0