2024년도
에너지기술개발사업 2차공고
연구개발과제기획보고서

에너지수요관리핵심기술개발: 효율혁신

목 차

I. 동향분석 ····· 4

1. 미활용에너지활용 에너지절감형 식물공장 시스템 개발 및 실증 ····· 4

1.1 개요 ····· 4

1.2 산업·기술 동향 ····· 6

1.3 특허 동향 ····· 9

1.4 표준화 동향 ····· 13

1.5 정부R&D 지원현황 ····· 17

1.6 시사점 ····· 20

2. AI기반 공간 에너지 예측 및 자율 제어를 통한 건물에너지 효율향상 기술 개발 및 실증 22

2.1 개 요 ····· 22

2.2 산업·기술 동향 ····· 26

2.3 특허 동향 ····· 32

2.4 표준화 동향 ····· 39

2.5 정부R&D 지원현황 ····· 41

2.6 시사점 ····· 44

3. 에너지다소비 화학공정 효율향상 및 스케일업 기술 개발 ····· 47

3.1 개요 ····· 47

3.2 산업·기술 동향 ····· 49

3.3 특허 동향 ····· 52

3.4 표준화 동향 ····· 56

3.5 정부R&D 지원현황 ····· 59

3.6 시사점 ····· 61

목 차

II. 기획대상연구개발과제 도출 ····· 64

1. 미활용에너지활용 에너지절감형 식물공장 시스템 개발 및 실증 ····· 64
   1.1 연구개발과제기획 방향 ····· 64
   1.2 개발위험 관리방안 ····· 66
   1.3 기획연구개발과제 RFP/기술개요서 ····· 67

2. AI기반 공간 에너지 예측 및 자율 제어를 통한 건물에너지 효율향상 기술 개발 및 실증· 71
   2.1 연구개발과제기획 방향 ····· 71
   2.2 개발위험 관리방안 ····· 73
   2.3 기획연구개발과제 RFP/기술개요서 ····· 74

3. 에너지다소비 화학공정 효율향상 및 스케일업 기술 개발 ····· 77
   3.1 연구개발과제기획 방향 ····· 77
   3.2 개발위험 관리방안 ····· 79
   3.3 기획연구개발과제 RFP/기술개요서 ····· 81

Ⅰ. 동향분석

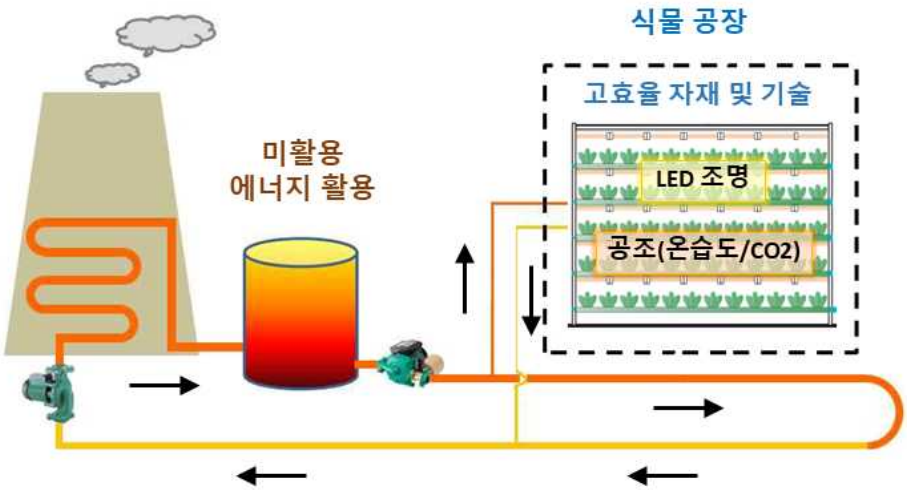
1. 미활용에너지활용 에너지절감형 식물공장 시스템 개발 및 실증

1.1 개요

□ 개 념

○ 미활용에너지활용 에너지절감형 식물공장은 산업 또는 상업 현장에서 미활용으로 버려지는 에너지를 활용하고 높은 에너지 효율의 핵심 자재와 기술을 사용하여 에너지 절감 성능이 우수한 식물공장을 의미함

– 이상기후 위험에 직면한 노지 식물재배에 비해 생육 환경을 인공적으로 통제하는 식물공장은 우수한 생산효율의 장점에도 불구하고 에너지 소비량이 큰 단점이 있어 한계 극복을 위한 다양한 연구 진행중



[그림 1] 미활용에너지활용 에너지절감형 식물공장 개념도

□ 주요이슈

○ (기술성) 식물공장의 대형화/자동화 진행될수록 운영비에서 에너지 비용이 차지하는 비율이 증가하게 되며 미활용 에너지 활용 및 시스템 고효율화를 통한 에너지 사용량 절감 기술 개발 필요.

- 에너지 가격의 고공 행진이 뉴노멀로 고착화되어 가는 상황에서 식물공장의 보급과 확산에 최대 걸림돌인 에너지비용의 절감을 위해서는 폐열/배열 활용 기술을 접목하는 융합적 관점의 기술 접근이 필요..

* 수직농장 운영비 시뮬레이션에 따르면 기가급 대규모 수직농장의 경우 전력비가 53%로 대폭 증가.

- 식물공장은 다층 재배구조 형태의 밀식재배로 운영되므로 수직방향의 유동/환경 균일화가 중요하며 대규모 식물공장 운영을 위한 경제성 제고를 위해서는, 대공간에서의 조명/온/습도/CO2 균일화를 위한 고정밀, 고효율의 조명 기술과 공조 기술의 개발이 필요함.

- 식물공장은 온실과는 달리 태양광의 영향을 받지 않으며 건물에너지와 유사한 특성이 보임.

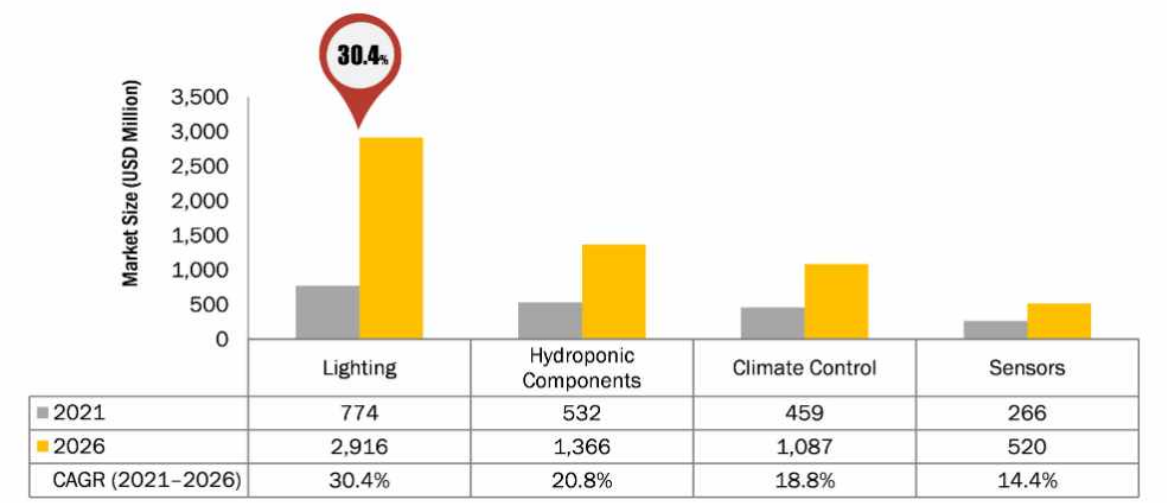
* 일반온실에너지 비중은 난방 > 탄산 > 조명 > 냉방 임에 비해 수직형 식물공장은 조명 > 냉방 > 탄산 > 난방 등의 순서임.

* 식물공장/수직농장 분야에 전문화된 조명과 공조 설비의 체계적인 기술 개발과 보급이 시급함.

○ (경제성) 전기 생산원가 증가 추세에 있어서 폐열기반 식물공장은 최근 성장세를 보이고 있는 식물공장 시장과 폐열시장 모두에 있어서 향후 큰 규모의 시장 형성이 예상됨.

- 글로벌 식물공장 시장은 2021년 20억 달러 규모에서 2026년 59억 달러 규모로 23.7%의 높은 연평균성장률(2021-2026)이 예상됨.

* 보광(Lighting), 수경재배 시스템(Hydroponic components), 환경 제어 시스템(Climate control) 그리고 센서(Sensors)로 구분할 수 있음.



	Lighting	Hydroponic Components	Climate Control	Sensors
2021	774	532	459	266
2026	2,916	1,366	1,087	520
CAGR (2021-2026)	30.4%	20.8%	18.8%	14.4%

[그림 2] 수직농장 구성 시스템별 시장 규모 및 CAGR

출처: Vertical farming market 2021, Markets and Markets

- 글로벌 폐열 시장은 '22년 725억 달러 규모에서 '27년 1,020억 달러 규모로 성장 예상되며, 국내 폐열 활용 시스템 시장은 '22년 11억 달러 규모에서 '27년 19억 달러 규모로 성장 예상.

* Waste heat recovery system market 2023, Markets and Markets

○ (정책성) 이상 기후와 불안한 국제정세로 인한 식량위기가 현실화되고 있는 만큼 대표적인 에너지다소비 건물인 식물공장에 대한 에너지효율 관점에서의 고민과 정책 마련이 필요한 시점임.

- 향후 수출 전략 품목이자 국내 농업 생산의 일정 부분을 담당할 수 밖에 없는 식물공장의 핵심 요소 자재들과 전체 시스템에 대한 에너지 성능평가 표준화를 통해 식물공장의 경쟁력 확보와 국가 에너지 관리를 위한 기준이 마련되어야 할 필요가 시급함.

- 식물공장은 작물을 재배하고 생산하는 농업적 특성과 함께 자동화시스템과 같은 일반 제조업의 특성도 동시에 가지고 있어서 그동안 농업과 제조업의 상호간 경계에 위치하고 있었으나 이제 산업적 측면에서의 정책적 지원도 시급함

* 식물공장의 규모가 커지면서 작물의 가공과 저장, 유통까지 원스탑으로 처리하는 식물공장들이 다수 생기고 있어 산업적 성격이 더욱 강화되고 있음.

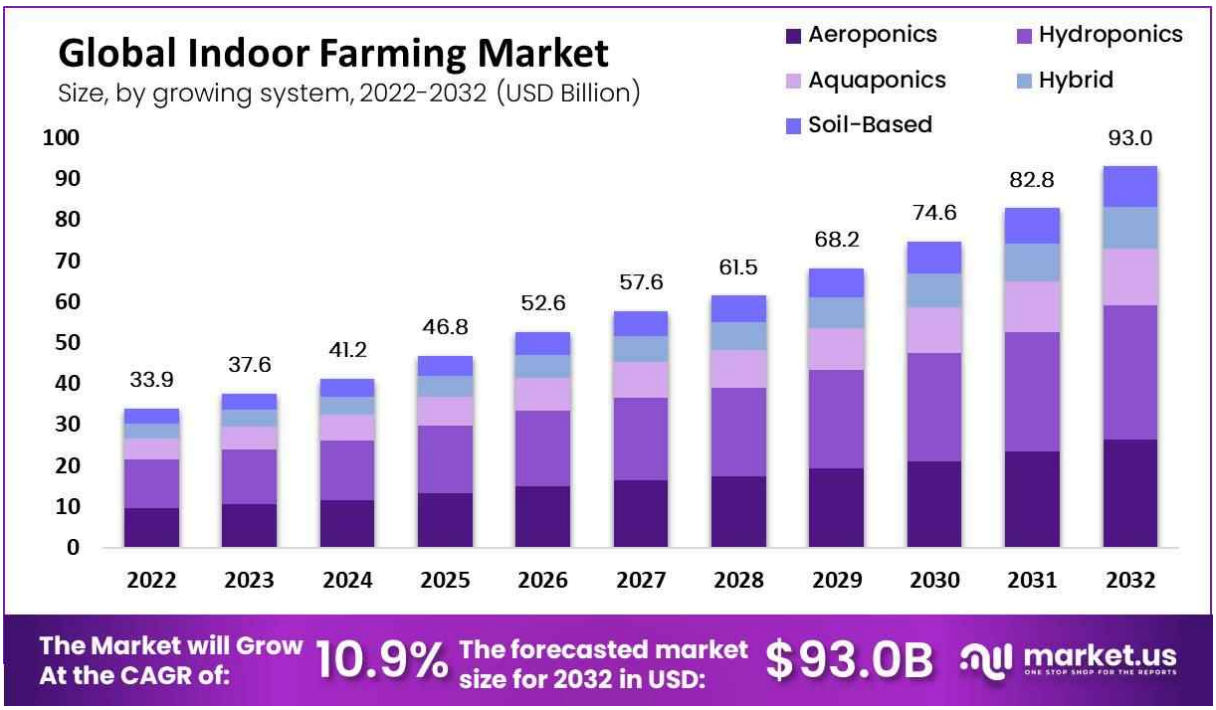
1.2 산업·기술 동향

□ 해외 동향

○ 지구온난화에 따른 기후변화 및 폭염, 폭우, 혹한 등 이상기후 빈도가 증가하여 농업생산이 큰 영향을 받고 있으며, 세계 식량 가격의 급등락 등 불안정성이 증대되고 있음

○ 기상조건에 관계없이 생산량을 관리할 수 있고, 노지보다 생산성을 높일 수 있는 식물공장에 대한 관심 증대

○ 전세계 식물공장 시장규모는 2022년 $339억 부터 연평균 11% 성장



[그림 3] 전세계 식물공장 시장 규모

○ 자동화를 통한 농업 생산성 향상에 투자하고 있으며, 빛, 온도, 습도 및 영양소 등을 정밀하게 제어하여 더 많은 양의 농작물을 생산하는 방법에 대한 연구가 활발히 진행

○ AI와 데이터 분석을 활용하여 식물의 성장을 최적화하고 생산량을 증가시키는 방법도 연구

○ 농업 지속가능성과 자원 효율성에 대한 관심이 높아지면서 탄소 배출량 감소, 물 사용 효율성 향상과 같은 환경적 이점을 강조하는 방향으로 발전

○ 일본의 경우, 수요에 따라 수직으로 쌓인 작물 재배 시설이 증가. 특히, 도쿄 근교와 나고야 지역 등에서 수직 농업을 위한 건물들이 빠르게 성장 중. 더 많은 농작물을 적은 공간에서 재배하는 것을 목표

○ 유럽에서는 수직 농업 기술과 함께, 기존 온실 방식에 수직 농장을 추가하여 경제성을 높이는 방향으로 진행하고 있음.

- 네덜란드와 스웨덴을 비롯한 국가들은 지능형 조명, 자동화, 로봇 기술 등을 접목하여 생산성을 향상.

- 미세한 세부 조절과 데이터 분석을 통해 수확량을 증가시키고 동시에 에너지 투입을 줄이고, 자원을 순환하여 투입비용을 줄이는 방향으로 연구가 진행 중

○ 식물공장 대표 사례들

- Spread (일본): 수직 농업을 이용한 회사로, 빠르게 성장하고 있는 회사 중 하나. 기존의 농업보다 100배 이상의 생산성을 자랑하며, 효율적인 농작물 재배를 위해 로봇과 자동화 기술을 통합하여 사용.

- Plenty (미국): 실내 작물 재배에 초점을 맞춘 회사로, 혁신적인 LED 조명 기술과 AI를 이용하여 작물 생산. 농작물의 생산성을 향상시키고 동시에 지속 가능한 방식으로 농업을 수행하는 데 주력

- 80 Acres Farms (미국): 자체 디지털 농장과 혁신적인 재배 기술을 이용하여 작물을 생산하는 미국의 기업. 수직 농업 방식 채택

- Jones Food Company (영국): 유럽 최대 규모의 수직 농업 시설을 운영. 자동화된 시스템과 첨단 기술을 통해 농작물을 재배.

- Bowery Farming (미국): 혁신적인 실내 농업 회사로, AI와 데이터를 활용하여 최적의 생산 조건을 찾아내고 지속 가능한 농업을 지향

□ 국내 동향

○ 산업 부문의 온실가스 배출량 및 에너지 사용량 절감을 위해 폐열 활용 수요가 증가하고 있음

- 고효율 폐열 회수 기술뿐만 아니라, 다양한 산업 폐열의 적절한 소비처를 찾는 것 역시 산업계의 관심이 증가하고 있음 (국내 폐열 시장 증가 CAGR 10.2%)

* '22년 대한제강은 부산경제진흥원과 협력하여, 철강산업 공정의 폐열을 활용하여 온실 난방 및 흡수식 냉방이 가능한 1,200평 규모의 스마트팜 온실을 설계(부산시에 구축)

<표 2> 국내 식물공장 및 수직농장 사례

명칭	엔씽 재배농장(이천)	플랜티팜 (광산)
		
개요	이마트 물류센터 옆에 설치된 대규모 수직농장 (직접유통형) ※ 12000평 규모 식물공장 계획중	국내 최대규모 수직농장 전용빌딩(재배, 가공)
설치시기	'21년 12월	'22년 9월
재배규모	600평 (2,000㎡)	1,400평 (4,620㎡)

□ 사업수행에 필요한 요소기술·제반기술

○ 수직 농장용 LED 광원

– 작물 생육 및 광합성에 효율적이고 투입에너지 대비 광합성 유효광량자속 밀도가 높은 광원

– 발열량이 적으면서 광합성에 기여하는 광량이 높은 광원

○ 수직 농장용 환경 조절 설비 및 운전 전략 도출

– 외부 환경에 따른 연중 작물에 적합한 환경(온도, 습도, CO2 등)을 유지하면서 에너지 투입이 적은 환경 조절 설비 시스템 구성(히트펌프, 가습기, 제습기, CO2 시비기 등)

– 다단형 수직농장 환경을 일정하게 유지하기 위한 공기 유동 설계

– 계절에 따른 수직농장 에너지 효율을 높이기 위한 운전 방안

1.3 특허 동향

□ 분석대상 특허 검색 DB 및 검색범위

○ 한국, 일본, 유럽, 미국 및 중국의 공개/등록특허를 특허분석 대상으로 하여, 미활용에너지활용 에너지절감형 식물공장 시스템 개발 및 실증에 부합하는 특허를 추출하였고, 1975년(출원일 기준)부터 2023년 11월(검색일 기준)까지 출원공개된 특허 총 886건을 분석대상으로 함

○ 분석대상 특허[1)]

<표 3> 특허 분석 구간 및 범위

자료 구분	국 가	검색 DB	검색구간	검색범위
공개.등록특허 (공개.등록일 기준)	한국	WISDOMAIN	1975.1 ~ 현재(2023.11)	특허공개 및 등록 전체문서
	일본			특허공개 및 등록 전체문서
	미국			특허공개, 특허공개(공표), 특허공개(재공표) 전체문서
	유럽			EP-A(Applications) 및 EP-B(Granted) 전체문서
	중국			특허공개 및 등록 전체문서

□ 검색식 도출

○ “미활용에너지활용 에너지절감형 식물공장 시스템 개발 및 실증”에 대한 핵심키워드를 바탕으로 특허분석을 위한 1차 키워드를 도출하고, 이를 바탕으로 해당 기술을 포함할 수 있는 검색식을 완성

○ 최종 검색식

<표 4> 특허 검색식 및 검색 건수

기술	검색식	검색건수
미활용에너지활용 에너지절감형 식물공장 시스템 개발 및 실증	(DESC=((미활용 OR 미사용 OR 미이용 OR unused OR 잔여 OR 폐열 OR "unused energy" OR 부산 OR 부생) AND (에너지 OR energy OR 자원 OR resource OR 리소스) AND (활용 OR 이용 OR 전환 OR 사용 OR 적용 OR 응용 OR 재활용 OR 자원화 OR 변환 OR 재사용 OR using OR use) AND (절감 OR 저감 OR 감소 OR 절약 OR 줄이 OR 감축 OR reduction OR reduce OR 경감 OR 절전 OR 줄여 OR save OR efficiency OR 최적 OR 최소 OR 축소))) AND AB=((식물공장 OR "식물 공장" OR 스마트팜 OR "plant factory" OR 온실 OR "smart farm" OR "스마트 팜" OR 농장 OR 스마트농장 OR greenhouse OR "smart farming" OR "smart agriculture" OR "plant factories" OR 그린하우스 OR "green house" OR 시설재배 OR plant-factory OR smart-farm OR "farm factory" OR "식물 농장" OR 수직농장 OR "vertical farm"))	632건

1) 출원일 기준으로 분석하며, 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련정보를 대중에게 공개하고 있음.

□ 주요국 기술개발 활동 현황

○ 식물공장은 외부환경의 영향을 전혀 받지 않으면서 식물 재배에 필요한 빛, 공기, 온도, 습도, 양분 등을 인위적으로 조절하여 농산물을 생산하는 시설로서, 자연 영향을 받지 않으면서도 계획적인 농산물 생산을 해낼 수 있음

- 식물공장은 공간적 제약을 적게 받지만, 조명장치나 전기와 물 등의 자원이 계속 투입되어 높은 생산 비용을 발생시키는 문제가 있음.

- 미활용에너지활용 에너지절감형 식물공장 시스템 개발 및 실증과 관련성이 있는 특허는 1981년부터 등장하기 시작하였음

- 미활용에너지활용 에너지절감형 식물공장 시스템 개발 및 실증과 관련하여 전체 국가에서 이루어진 특허출원 동향을 살펴보면, 전체적으로 2000년대부터 초반부터 특허출원이 증가하는 모습이 보임

○ 국가별로 살펴보면, 한국에서 이루어진 특허출원의 경우 1997년 특허출원이 시작된 이후 지속적인 특허출원이 이루어졌고, 다소 침체기가 있으나 안정적인 특허출원이 이루어지고 있음

- 미국에서 이루어진 특허출원의 경우 전체 기간에 걸쳐 특허출원이 이루어지지 않은 공백기가 다소 존재하지만, 2010년대 중반 이후 꾸준하게 특허출원이 이루어지고 있는 모습을 보이고 있음

- 일본에서 이루어진 특허출원의 경우 1992년 특허출원이 시작된 이후 지속적인 특허출원이 이루어지고 있고, 2010년에 급격한 특허출원의 증가가 있었으나, 이후 안정적인 특허출원이 이루어지고 있음

- 유럽에서 이루어진 특허출원의 경우 1999년 특허출원이 시작된 이후 최근까지 간헐적인 특허출원이 이루어지고 있지만, 특허출원 동향을 분석하기에 무리가 있음

- 중국에서 이루어진 특허출원의 경우 2001년 특허출원이 시작된 이후 간헐적인 특허출원이 이루어졌고, 2014년 이후 꾸준하게 특허출원이 이루어지고 있는 모습을 보이고 있음

* 한편, 연도별 특허출원 동향 그래프에서 2022년 이후 특허출원이 감소하고 있는 것은 특허출원은 특허출원 후 1년 6개월이 경과해야만 공개되는 특허제도의 특성상,

실제 특허출원이 이루어졌으나 아직 공개되지 않아서 특허분석 데이터 상에 포함되지 않았을 수 있음을 유의해야 함

○ 미활용에너지활용 에너지절감형 식물공장 시스템 개발 및 실증에 관한 국가별 특허출원 현황을 보면, 전체 특허출원 건수인 632건 중 한국의 특허출원이 272건, 43%로 가장 큰 비중을 차지하고 있고, 다음으로 일본의 특허출원이 231건, 37%, 중국의 특허출원이 72건, 11%, 미국의 특허출원이 49건, 8%, 유럽의 특허출원이 8건의 비중을 차지하고 있음

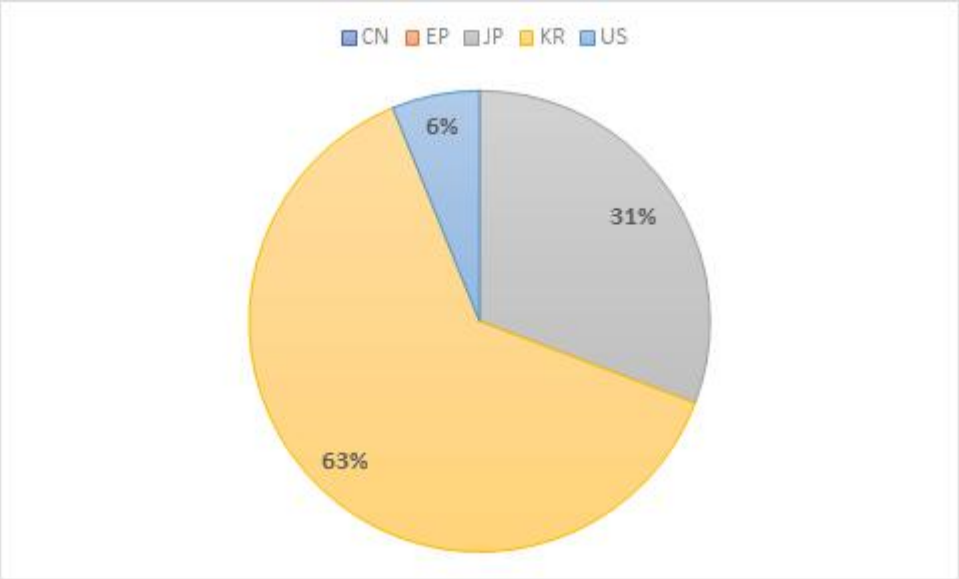
– 2000년대 들어 가장 활발한 특허출원이 이루어지고 있는 한국과 일본이 전체 특허출원의 대부분에 해당하는 큰 비중을 차지하고 있음

□ 주요출원인의 국가별 출원현황 분석

○ 미활용에너지활용 에너지절감형 식물공장 시스템 개발 및 실증과 관련된 주요출원인으로서 상위 10위의 출원인을 선정하였으며, 상위 10위까지 출원인의 특허출원은 79건이고 이는 전체 632건의 특허출원에서 약 11%의 비중을 차지하고 있음



[그림 4] 특허 출원인 분포



[그림 5] 특허 출원국 비중

○ 상위 10위의 출원인은 대부분 한국이나 일본의 국적을 가지고 있는 기업이고, 이들이 미활용에너지활용 에너지절감형 식물공장 시스템 개발 및 실증을 주도하고 있는 것으로 볼 수 있음

– 가장 많은 특허출원을 진행한 한국의 한국에너지기술연구원은 한국에서 특허출원을 진행

1.4 표준화 동향

□ 해외 동향

○ 식물공장은 밀폐형 스마트 팜으로 현재 식물공장에 관한 국제표준화 기구는 부재하며, 스마트 팜 관련하여 ISO, ITU 등에서 일부 표준화를 추진하고 있음.

– ISO/TC 23(Tractors and machinery for agriculture and forestry)에서는 농업 관련 다수의 표준이 제정되었으나, 주로 제품, 평가 등 기술에 대한 표준에 국한되어 식물공장 및 스마트 팜에 대한 표준은 부재함.

* ISO에서는 스마트 팜 관련 전략 자문 그룹(ISO SAG-SF)을 결성하여 스마트 팜에 대한 국제표준화 방향을 설정하고 장기적 표준화 로드맵을 구축하고 있음.

– ITU-T의 SG 13에서는 ICT 기반 스마트 팜의 기술 및 서비스에 대한 국제표준화를 진행하고 있으며, 세부적으로는 정보통신 기술과 기후변화, 온실

가스 감축 사업 저감량 평가, 에너지 절감 및 온실가스 배출 방법 등 환경 및 순환 경제를 중점으로 하고 있음.

* ITU-T Y.2238, ITU-T Y.4466 등에서는 스마트 팜의 인프라 구축 및 스마트 온실 시스템 구성 등에 대한 방법 및 기준을 제시하였음.

○ 식물공장 관련 개별 기술에 대한 국제표준화는 IEC에서 일부 진행되고 있으며, IEC/TC 34의 WG 19(Horticultural Lighting)에서는 식물성장용 LED 광원에 관한 국제표준화를 추진하고 있음.

- LED 광원 관련 중국에서 표준화를 주도적으로 추진하고 있으며, 개별 기술을 대상으로 하여 식물공장의 에너지 절감 및 효율에 대한 표준은 부재한 실정임.

* WG 19에서 제정된 IEC 63403-1, 2에서는 식물성장용 LED 광원의 구성, 평가, 성능 등에 대해 다루고 있음.

○ 해외 국가표준 관련 BS, NEN 등에는 농작업, 디지털 농업, 농기계에 대한 다수의 표준은 제정되었으나, 식물공장 및 스마트 팜, 스마트 온실 시스템 등에 대해 종합적으로 평가하는 표준은 부재한 실정이며, ANSI에서는 개별 기술인 LED 광원에 대해 표준화를 추진하고 있음.

- 미국의 ANSI에서는 식물성장용 LED 광원, 등기구 및 시스템의 3단계로 표준화를 진행하고 있음.

* ANSI/ASABE S 640, 642 등에서 LED 광원에 대한 측정 및 권장 시험 방법을 구체적으로 제시하고 있음.

- BS, NEN에는 농작물 관련 기술, 온실에 대한 표준이 제정되어 있으며, 식물공장 및 LED 광원에 대한 표준은 부재함.

<표 5> 스마트 팜 및 LED 광원 관련 표준 (해외)

구 분	명 칭	개 요
ITU-T Y.2238	Overview of Smart Farming based on networks	- 스마트 팜의 참조 모델을 바탕으로 인프라를 구축하는데 필요한 네트워크 역량 제시
ITU-T Y.4466	Framework of smart greenhouse service	- 스마트 팜 운용을 위해 필요한 객체 간 인터페이스에 대한 표준
ITU-T Y.4495	Requirements and a reference model of data for smart greenhouse service	- 스마트 온실 운용에 대한 요구사항과 데이터 참조 모델 정의
ITU-T Y.4606	Requirements and functional model of data management system for smart greenhouse service	- 스마트 온실 운용 관점에서 데이터 관리 시스템의 요구사항과 기능 모델 정의
BS EN 15099-1	Irrigation technique Remote monitoring and control for irrigation systems. General consideration	- 농작물 관개 기술에 대한 모니터링 및 제어 관련 일반 사항 제시
NEN EN 13031-1	Greenhouse - Design and construction - Part 1: Commercial production greenhouses	- 온실의 설계 및 건설시 치수규정, 기능 및 형태, 안전성 요구사항 제시
IEC 63403	Horticultural lighting - LED packages for horticultural lighting	- 식물성장용 LED 광원의 구성, 평가, 성능 등에 대한 내용 제시
ANSI/ASABE S 640	Quantities and Unit of Electromagnetic Radiation for Plants (Photosynthetic Organisms)	- 식물공장의 LED 시스템 표현을 위한 일반 언어 제공
ANSI/ASABE S 642	Recommended Methods for Measurement and Testing of LED Products for Plant Growth and Development	- LED 광원에 대한 측정 및 권장 시험 방법을 구체적으로 제시

□ 국내 동향

○ 한국산업표준(KS)에는 농업(농기계 분야) 및 스마트 팜 관련 개별 기술에 대한 표준은 제정되어 있으나, 스마트 팜 전체 시스템 활성화 및 에너지 절감에 대한 구체적인 표준은 부재한 실정임.

- KS 분류 상에 농업 관련 항목은 없으며, 농기계 분야가 KS B(기계)에서 다뤄지고 있으며, 스마트 팜 관련 개별 기술에 대한 표준은 KS X(정보)에서 표준화가 진행되고 있음.

  * KS X 3265, KS X 3267은 스마트 팜에 활용되는 제어기, 센서, 인터페이스에 대한 표준으로 에너지 관련 내용은 부재함.

○ 정보통신기술협회의 스마트 농업 프로젝트 그룹(PG426)에서는 스마트 팜 관련 단체표준을 제정하고 있으며, 그 밖에도 한국농업기술진흥원, 한국농기계공업협동조합 등에서 표준화를 추진하고 있음.

– 정보통신기술협회의 단체표준은 ICT를 활용한 스마트 팜 기술을 포함하고 있으나, 주로 제어기, 구동기, 센서, 복합기, 기능요소 간 인터페이스에 대한 것으로 에너지 관련 내용은 부재함.

* TTAK.KO-06.0256, 0934 등은 스마트 온실에 활용되는 제어기, 센서, 인터페이스에 대한 표준임.

○ 식물성장용 LED 광원 관련 국가표준은 없으며, 한국조명ICT연구원에서 단체표준을 제정하여 활용하고 있음.

– LED 광원에 대한 안전 및 성능 요구사항을 제시하고 있으나, 식물공장 대상이 아니며, 에너지 절감 및 효율에 대한 내용은 포함되지 않음.

○ 국내에서 식물공장 관련 연구개발은 활발히 이루어지고 있으나, 식물공장의 에너지 절감을 위한 평가 표준이 부재한 상황임.

<표 6> 스마트 팜 및 LED 광원 관련 표준 (국내)

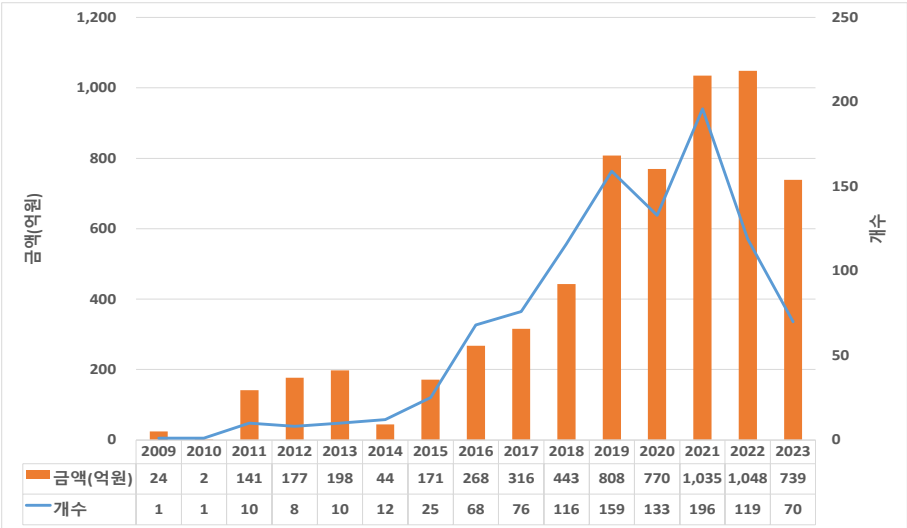
구 분	명 칭	개 요
KS X 3265	스마트 온실을 위한 구동기 인터페이스(9종)	- 구동기를 규정하고 장치를 작동시키기 위한 기계적, 전기적 연결 규격과 작동 방식 제시
KS X 3266	스마트 온실을 위한 센서 인터페이스(13종)	- 스마트 온실 내 센서를 규정하고 측정 범위를 제시
KS X 3267	스마트 온실 센터/구동기 및 제어 기간 RS485 기반 MODBUS 인터페이스	- 센서를 통해 측정되는 데이터 확보 방법 및 구동기에 대한 제어 명령 기록 방법 기술
KS X 3268	스마트 온실 구동기 메타데이터	- 스마트 온실의 구동기 디바이스 메타데이터의 엘리먼트 및 구조 기술
KS X 3269	스마트 온실 센서 메타데이터	- 스마트 온실의 센싱 디바이스 메타데이터의 엘리먼트 및 구조 기술
TTAK.KO-06.0286	온실 관제 시스템 요구사항 프로파일	- 온실 관제 시스템 응용 요구사항 명세
TTAK.KO-10.0934	스마트 온실 기능요소 간 인터페이스	- 온실관제서비스 모델을 기반으로 기능 요소간 인터페이스를 기술
TTAK.KO-10.0936	상호운용성 제공을 위한 스마트 온실 환경제어 시그널링 요구사항	- 상이한 스마트온실 시스템간 상호연동을 위한 시그널링 설계 요구사항 제시
TTAK.KO-10.0944	스마트 온실을 위한 양액기 및 이산화탄소 발생기의 운용 요구사항	- 양액기 및 이산화탄소 발생기의 통신 및 제어방식 등 운용규격 정의
TTAK.KO-10.0945	스마트 온실을 위한 원격 감시용 스마트 영상 장치	- 작물 생육 상태 계측에 사용되는 영상 장치에 대한 정의
TTAK.KO-10.1173	스마트 온실 ICT 융복합 장비운용 요구사항 및 설치 지침	- 스마트 온실 내 ICT 장비 구성 요소 및 최적의 운용 조건 제시
SPC-KILT-1091-1806-2052	식물재배용 LED 조명의 안전 및 성능 요구사항	- 식물 성장 조명에 대한 안전기준과 성능에 관련된 지표 제시

1.5 정부R&D 지원현황

□ 투자 동향

○ 기존 지원은 수직형 식물공장이 아닌 ‘스마트 기술을 농작물 재배에 적용하는 스마트팜에 대한 기술개발 지원이 이루어졌음.

– 정부의 연구지원이 시작된 2010년 초기에는 원격 시설제어, 정밀 생육관리, 전주기 지능·자동관리를 위한 IoT, 빅데이터·인공지능, 로봇 등 4차 산업혁명 기술의 적용을 위한 투자가 중점을 이루었음.

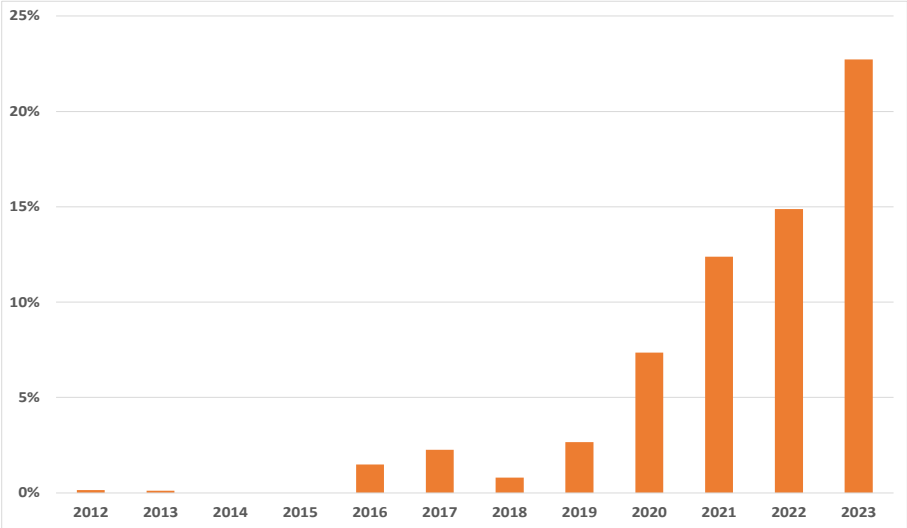


	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
금액(억원)	24	2	141	177	198	44	171	268	316	443	808	770	1,035	1,048	739
개수	1	1	10	8	10	12	25	68	76	116	159	133	196	119	70

[그림 6] 스마트팜에 대한 정부 R&D 투자 동향; NTIS

– 온실 내부 에너지 공급을 위하여 작물생산 원가의 40%에 가까운 비용이 에너지 소비에 할애된다는 점에서 스마트팜에서 생산한 농작물의 가격 경쟁력뿐만 아니라 국가적 차원으로도 에너지 사용 증가라는 부담을 주고 있음.

– 최근에는 스마트팜에 대한 전체 정부 R&D 비용 중에서 1/4 정도가 에너지를 키워드를 갖는 과제에 지원될 만큼 에너지에 대한 중요도 증가함.



[그림 7] 스마트팜 중에서 에너지 관련 과제의 예산 비율; NTIS

○ 스마트팜에서 소비되는 에너지를 절감하고 탄소중립에 기여할 수 있는 방법으로 신재생에너지를 적용하는 연구과제가 다수 지원되었음.

– '스마트팜-신재생에너지 융복합을 통한 자원순환 농가형 에너지 자립모델 개발 및 실증', '신재생에너지 기반 마을 단위 스마트팜형 마이크로그리드 실증', '농작물 대상 재생에너지 융합시스템 개발 및 실증' 등

– 가스를 활용한 분산발전이나 소각로 굴뚝 폐열을 같이 이용하는 연구도 지원됨.

* '다중 분산발전 기반 옥상 온실형 그린빌딩 시스템 개발 및 실증', '미세먼지 저감형 굴뚝 폐열 활용 스마트팜 연계 운영 기술 개발 및 실증' 등

□ 기술개발 현황

○ 기존에 진행된 스마트팜은 통신, AI, 로봇 기술을 적용한 핵심 요소기술개발 과정을 거쳐 최근에는 이를 고도화하는 기술과 더불어 다양한 사업화 기술 개발을 진행

– 1세대에서는 편의성 향상을 위해 센서 및 통신기술을 이용한 원격 시설제어를, 2세대에서는 생산성 향상을 위해 빅데이터 및 인공지능을 이용한 정밀한 생육관리를, 3세대에서는 지속가능성 향상을 위해 인공지능과 로봇을 이용하여 전주기 지능·자동관리를 목표로 하는 기술 개발이 이루어지고 있음.

- 데이터 기반 최적화, 실증 및 시범보급, 표준화, 인력양성, 해외수출 등 스마트팜의 사업화와 확산을 위한 기술 개발이 진행 중임. 온실 및 공장형 설비뿐만 아니라 노지, 과수, 축산, 양식까지도 적용 가능한 기술도 개발되고 있음.

○ 식물공장 확산을 위해서 에너지 다소비의 문제점을 해결할 필요성이 부각되면서, 특히 신재생에너지를 중심으로, 에너지 공급 기술의 개발이 진행되고 있으나 에너지 수요관리 및 최적화 관점의 기술개발 필요

- 작물 재배에 필요한 전기 및 열 에너지를 태양광, 연료전지, 태양열, 지열 등의 신재생에너지로 공급하기 위한 설비와 에너지관리시스템 개발은 완료되었거나 진행중에 있음.

- 반면에, 재배를 위한 주요 에너지 설비인 LED의 고효율화, LED의 폐열 활용, 전용 고효율 공조기기 개발, 작물 및 환경 맞춤형 조명과 공조 최적화와 같이 에너지를 절감하기 위한 수요관점의 노력은 부족함.

* 경쟁력 있는 식물공장 구현을 위해서는 조명, 온습도, 자동화 등에 대한 다양한 기술적용이 필요

<표 7> 식물공장 5대 핵심기술의 분류 및 내용

핵심기술	내용
장소	농진청은 식물공장의 활성화를 위하여 남극 세종과학기지에 식물공장을 컨테이너형으로 공급함으로써 보급물자로만 가능했던 채소류 자급이 가능하게 되었음.
빛	식물이 성장하기 위한 주요 요소 중 하나인 빛의 유형은 인공광, 혼합광, 태양광과 같은 3가지 광원으로 나누어지며, 식물공장에서는 이 중 인공광을 이용하여 장소나 날씨, 시간에 상관없이 일조 시간을 확보하고 있다. 최근에는 빛의 파장에 따른 식물에 성장을 위해서 광원 연구와 관련된 LED 개발 관련된 시설이 증가하고 있음.
자동화	식물의 생산과정과 관련된 업무, 환경제어 및 관리와 관련된 모든 과정을 자동화하는 기술 개발이 급격하게 성장하고 있으며, 농진청에서는 완전하게 자동화 된 식물공장을 개발하기 위하여 식물 생산을 위한 모든 과정에 사용할 수 있는 로봇의 개발을 추진중에 있음.
양분	식물공장에서는 기존에 생산 방식과는 다르게 영양액을 이용함으로써 식물에 필요한 영양분을 공급할 수 있으며, 이는 경제적 관점에서 뿐만 아니라 환경적으로 매우 이로움. 식물공장에서 재배 식물에 따른 필수 영양분의 종류 및 양을 제어하는 각종 기술에 대한 연구는 활발히 진행되고 있음.
온도	식물이 성장하기 위한 또 다른 주요 요소 중 하나는 온도로써 식물에 성장 시기에 따라 적절한 온도를 제어해주는 기술은 필수적임. 식물공장에서는 계절이나 시간에 상관없이 식물 생육에 맞춰 온도 센서를 이용하여 적절한 조건을 제공함으로써 작물의 재배가 가능함.

* 출처:미래형 농업기술에 관한 동향 및 전망, 이규하

1.6 시사점

□ 급격하게 성장하는 식물공장의 지속가능성을 위해 에너지 소비량 절감에 기여할 수 있는 기술 개발 필요

○ 최근 기후변화에 따른 농업 생산량의 불안정 해소, 정보통신 및 로봇 등 신기술 적용을 통한 생산성 향상, 신선식품 시장의 확대에 따른 물류와 연계한 도시 농업의 수요 증가로 인해 전세계적으로 식물공장이 급격하게 성장하고 있음.

○ 식물공장은 인공 조명을 광원으로 사용하므로 전기소비량이 매우 크며

조명 발열로 인한 냉방과 증산작용으로 인한 제습에도 에너지가 소비되어 작물생산 원가의 40%에 가까운 비용이 들기 때문에 지속가능한 성장을 위해 에너지 소비량을 줄여야 함.

○ 식물공장의 대형화/자동화 추세에 따라 다층 재배구조 형태로 고밀도화가 진행되고 있음. 수직형 고밀도화가 진행될수록 작물의 재배 환경 관리가 어려워지고 운영비에서 에너지 비용이 차지하는 비율이 증가함.

□ **미활용 에너지 사용을 통해 식물공장의 에너지 수요량을 절감하고 경쟁력 제고에 기여할 수 있는 기술 개발 필요**

○ 식물공장에서 높은 에너지 비용과 탄소중립에 대한 압력으로 인해 적합한 신재생에너지 설비와 시스템 개발, 신재생에너지의 변동성 및 분산발전 특성을 반영한 전력망 등 신재생에너지를 활용하려는 노력이 주로 진행되었음.

○ 기존의 식물공장 에너지 문제 대응 방안이 신재생 및 화석연료를 이용한 에너지 공급 기술에 초점을 두고 있으나, 식물공장의 에너지 효율을 높이고 내부 및 외부의 미활용에너지를 활용하여 에너지 수요를 줄이려는 노력은 부족

○ 이를 위해 식물공장 전용의 고효율 조명 및 공조 설비를 개발하고, 조명의 폐열을 회수하여 활용하고, 미활용에너지를 작물 및 외부환경에 맞추어 수요를 관리할 필요성 증가

○ 특히, 다층 재배구조의 대규모 식물공장에서 수직방향으로 작물 성장이 원활하도록 조명/온도/습도/CO2 균일화를 유지하면서 에너지 소비를 최적화해야 함.

2. AI기반 공간 에너지 예측 및 자율 제어를 통한 건물에너지 효율향상 기술 개발 및 실증

2.1 개 요

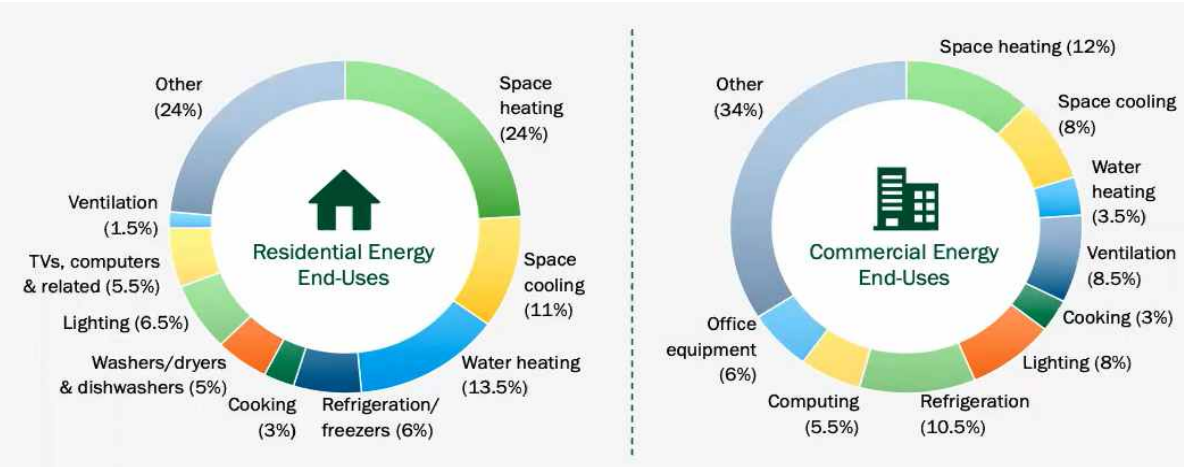
□ 개 념

○ 에너지 수요와 유틸리티 비용을 줄이고 고객의 에너지 요금 절감 효과를 높일 수 있는 고효율 빌딩을 지원하기 위한 요소 기술과 분산 에너지 자원 통합을 통한 에너지 효율 향상 기술* 개발 수요 증가

* 건물 에너지 효율향상, 에너지 생산 저장 시스템 확충, 양방향 에너지 네트워크를 통한 단위 건물의 에너지 자립도 제고에 기여하는 기술

○ 시설의 공간 특성 고려 및 시간에 따라 전력의 생산, 저장 및 소비를 최적화하여 단일 건물내 에너지 효율 개선을 도모하는 지능형 공간에너지 기술 확보의 중요성 커짐.

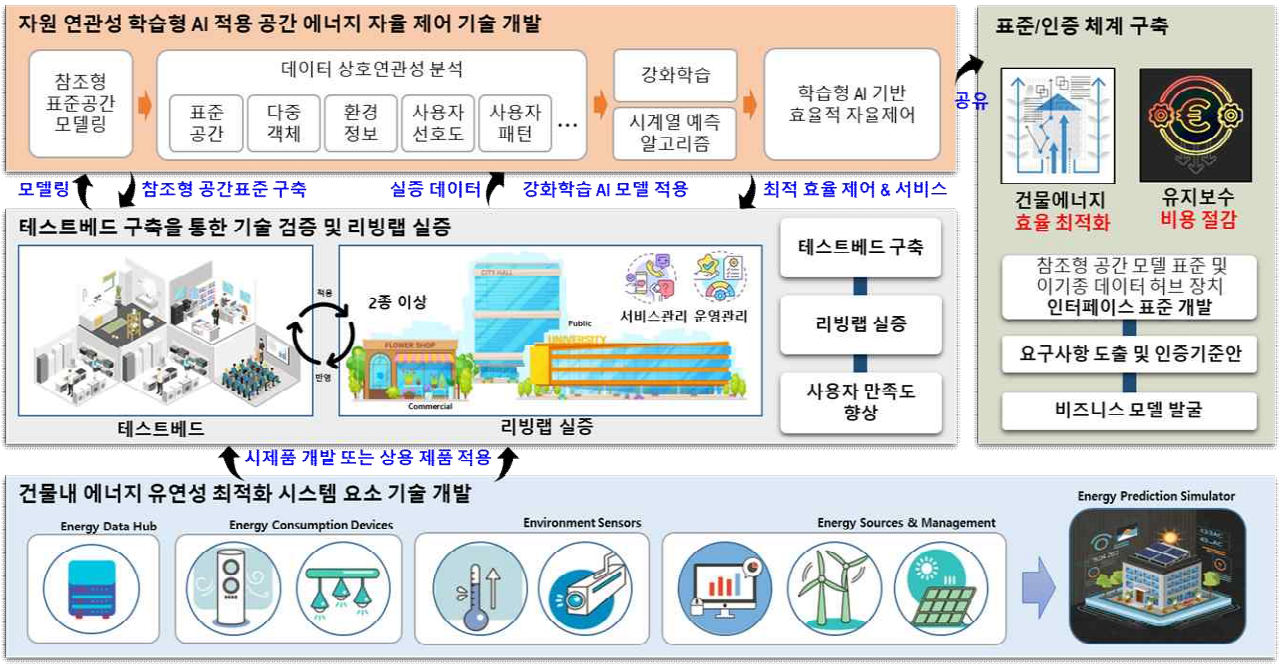
– 주거 시설에서의 전력 사용은 냉난방, 온수 사용이 약 절반 정도를 차지하며 그 다음이 조명과 냉장고 등이며, 상업 시설에서의 전력 사용은 난방(12%), 냉장고(10.5%), 환기(8.5%), 조명/냉방(각각 8%) 등이 1~4위 순으로 약 절반을 차지함.



[그림 8] 주거 및 상업공간 전력사용량

○ 특정 시간대의 에너지 생산과 소비의 매칭과 잉여 에너지의 활용 방안 마련을 통하여 건물 내의 에너지 효율을 향상시키는 지능형 공간제어 기술, 복합 계측, 종합분석 및 최적안 도출 등의 기술 포함

– AI, 빅데이터, IoT 등의 기술을 접목시켜 에너지 효율뿐만 아니라 사용자의 삶의 질을 향상시키는 지능형 고효율 제어 기술

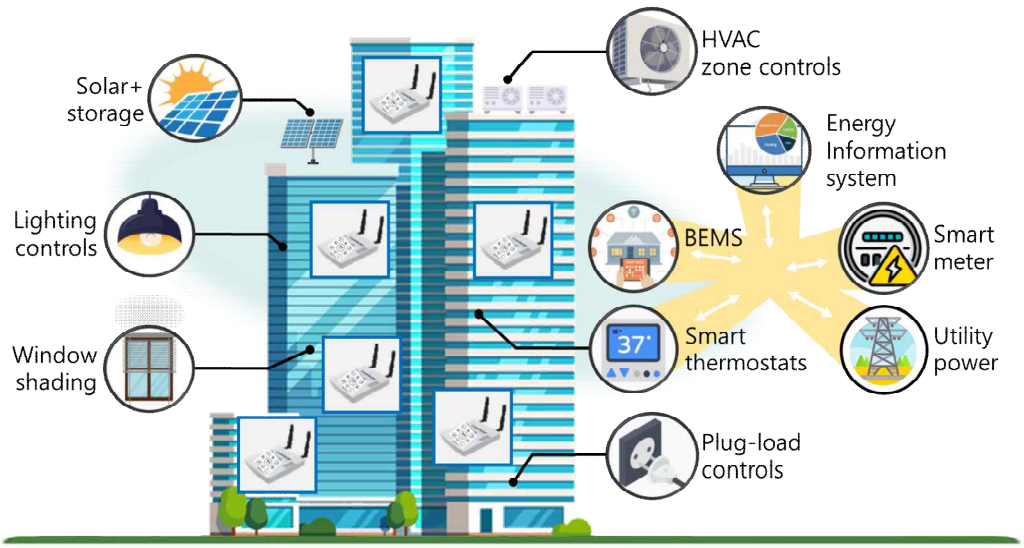


[그림 9] 건물 에너지 효율 향상 지능형 공간 제어 기술 구성도

<출처: 게티이미지뱅크, 무단 전재 및 재배포 금지>

○ 참조형 표준 공간에서의 다중 객체* 지원 시공간 및 자원 연관성 학습형 AI 기반 에너지 생산/저장 및 소비 밸런싱 탄소중립 건물 공간제어 기술은 실증을 통한 성능 검증 필수

* 사용자 공간에 존재하는 다양한 객체로써 공간 사용자와 원격 감시 및 제어가 가능한 스마트조명, 가전제품, 냉난방기기, 각종 센서 등을 포함



[그림 10] 건물 에너지 효율 향상 지능형 공간 제어 기술 개념도

출처: ETRI 인용자료 재인용

□ 주요이슈

○ (기술성) 기존 광원, 조명기구 및 건물 설비들은 수요 맞춤형 기능 제공 중심으로 연구 개발 방향이 변화하고 있으며 에너지 효율과 감성 정보를 포괄하는 지능형 고효율 제어 기술 확보 필요

– 특정 시간대의 재생에너지 생산 과다와 계통의 수용성 이슈로 인해 버려지는 잉여 에너지의 활용 방안 마련 필요

– 사용자 패턴, 전력 생산 비용, 날씨 등 관련 빅데이터 및 분석을 통한 그리드와 연계된 재생 에너지 생산/저장 및 소비 밸런싱 최적화* 기술 확보 필요

* 냉·난방 및 공조(HVAC)시스템, 가전, 조명 등을 플렉서블하게 제어

– 핵심 컴포넌트의 국산화 및 내재화, 진출 국가별 인증 획득 등을 통한 기술적 경쟁력의 빠른 확보 요망

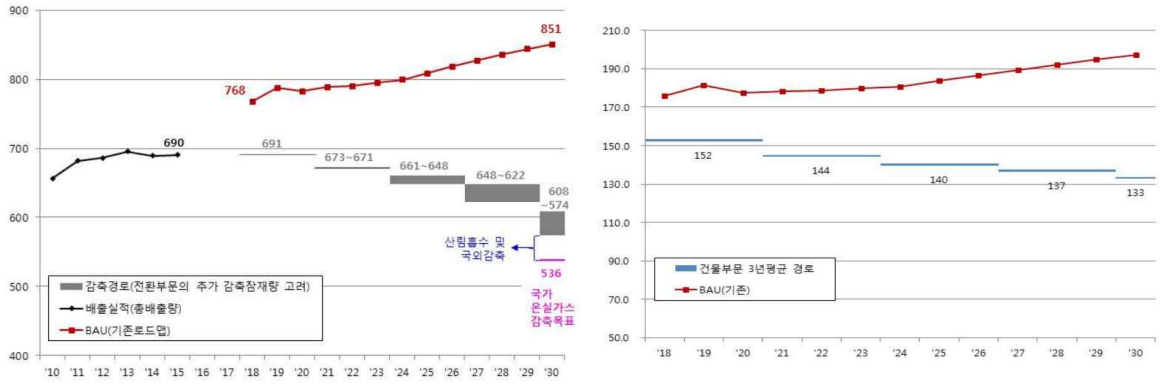
○ (정책성) 미래 에너지전환을 뒷받침하고 국가 에너지기본계획 정책목표 달성에 필요한 플러스에너지 빌딩, 고효율 건물에너지 기술 등을 통한 고효율 저소비 구조 혁신 필요

– ('30년 목표) 신축건물 에너지자립도 10%→110%, 에너지 거래·공유 비율 30% 이상

– 건물부문 기존 기술대비 에너지 절감률을 향상시키고 분산자원의 활용·연계 유연성을 높임으로써 탄소중립 정부정책실행력 제고 필요

○ (정책성) 설비효율개선 및 신재생에너지 보급 확대, 건물에너지 정보 인프라 구축 등을 통한 2030년 국가 온실가스 감축 목표 달성 필요

– 건물부문 : BAU* 대비 64.5 백만톤CO2e, 32.7% 감축



[그림 11] 2023 국가 온실가스 감축 로드맵 감축경로(좌), 건물부문 온실가스 감축경로(우)

출처 : 2030년 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본 로드맵 수정안(2018)

* NDC (Nationally Determined Contribution

* BAU (Business-As-Usual) 현행 정책 이외에 추가적인 온실가스 감축조치를 취하지 않은 경우를 가정한 미래 배출량 전망치

○ (2030 온실가스 감축로드맵) '30년 국가온실가스 감축량 315백만톤 중, 산업·건물·수송 등 에너지소비 부문에서 194백만톤(BAU 대비 24.8%) 감축

– 건물 부문의 신축 건축물 에너지 기준 강화, 기존 건축물 에너지 성능 향상, 가전·사무·조명기기 고효율 등을 통해 64.5백만톤(32.7%) 감축

○ **(한국형 탄소중립 100대 핵심기술)** 제로에너지건물(ZEB) 분야에서 건물 신재생에너지 시스템 등 **에너지저감·신재생에너지 관련 4개 기술** 선정

– 신격차 중장기형 핵심기술로 "건물에너지 관리·제어·데이터 활용" 기술 선정하여 건물에너지 효율향상을 위한 관제와 데이터 활용의 중요성 및 세계적으로 기술 개발 초기 단계임을 강조

– 감격차 중장기형 핵심기술로 "건물 신재생 에너지 및 에너지융합시스템" 기술 선정하여 정부 지원을 위한 주요 요소기술을 내재화하고 중장기적으로 실증 및 보급 추진이 필요한 선도국과의 기술 수준 격차 해소의 필요성 강조

– 빅데이터 처리, AI 기반 예측, 최적 제어 등으로 인한 에너지관리시스템(EMS) 호스트의 부하 경감을 위하여 분산 및 병렬처리 기술의 필요성 대두

○ **(녹색건출물 조성지원)** 2022년 7월 1일 탄소중립 이행과 건물부문 온실

가스 감축 가속화를 위해 「녹색건축물조성지원법」 시행령 일부 개정안을 입법 예고

- 2025년 공공 500m^2 이상(4등급), 민간 1,000m^2 이상(5등급), 2030년 500m^2 이상(3등급), 민간 500m^2 이상(5등급) 단계별 의무화 추진

2.2 산업·기술 동향

□ 해외 동향

○ '15년 파리기후변화협약에서 당사국 모두 INDCs(자발적 기여방안) 제출에 합의함에 따라 각 국의 에너지 관련 규제 및 R&D 강화 추세

- 선진국 중심의 '교토의정서 체제'에서 모든 국가가 참여하는 '新기후체제'로 전환됨에 따라 각국이 저탄소 사회를 위한 노력 경주
- INCD 감축목표 달성을 위해 에너지 관련 규제* 및 R&D 지원 강화

* 자동차 CO2 배출량, 제로에너지빌딩 의무화 등

- OECD 주요국을 중심으로 신재생, 효율향상, 수요관리 등 에너지 신산업 분야에 정책적 지원이 강화되는 추세
- 수요관리 분야의 온실가스 감축효과 기여도가 가장 높을 것으로 전망(IEA)

○ 세계 주요국가에서 기존의 중앙집중형 공급원에 의존하던 정책을 탈피하고 수요관리, 분산형 발전 등을 고려한 에너지 효율향상을 핵심 전략으로 추진

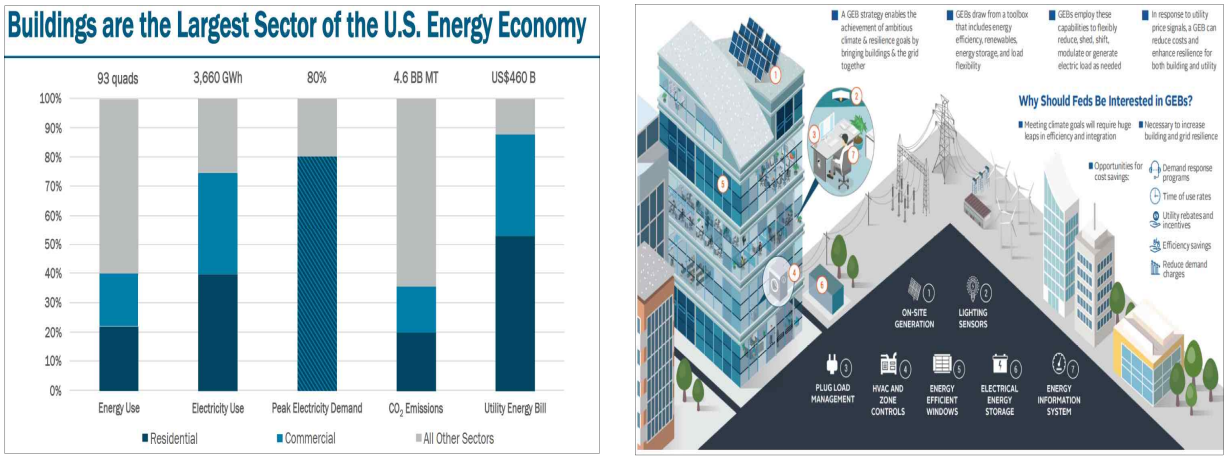
- 미국의 경우 2030년까지 기준연도(2005년)의 온실가스 배출량의 50-52%까지 감축하는 안을 가지고 있으며, 2035년까지는 100% 무공해전력(Carbon Pollution‐Free electricity)으로 발전하고 2050년에는 탄소중립을 달성한다는 계획을 세움

* DOE(Department of Energy, 에너지부)에서는 BTO(Buliding Technologies Office), ZERO(Zero Energy Ready Homes Program) 추진을 통해 상업용 건물과 주거용 건물에 대한 에너지 절감 기술 개발과 실증을 지원중이며 대표적인 프로그램으로 Grid-interactive Efficient Building에 대한 연구 수행 중

연도 / 국가	기준연도 및 연도별 배출량(백만톤CO2)					기준연도에서 2030년까지 연평균 감축률(%)
	1990	2005 *(기준연도)*	2013	2018	2030 (NDC목표)	
미국	6,437.0	7,391.8	6,769.6	6,676.6	3,622.0	**2.81**

<미국의 기준연도 탄소 배출량 및 연평균 감축률 동향>

(출처 : 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향안, 2021. 10. 18, 국무총리비서실)



[그림 12] 2023 빌딩의 에너지 소비 및 온실가스 배출량(좌) 및 GEB 프로그램(우)

(출처 : Annual Energy Outlook 2021, US EIA)

- 미국 ESRT社는 Green Mountain Energy社와의 3년 계약을 맺고, 전체 상업용 부동산 포트폴리오를 풍력에너지로 가동한다고 밝힘.

  * ESRT는 2030년까지 엠파이어 스테이트 빌딩에서, 그리고 2035년까지 전체 상업용 포트폴리오에서 탄소 운영 배출량의 80%를 감소하여 순 제로 배출량 목표를 달성하고, 나머지 20%는 적격 상쇄를 통해 배출량을 절감하기 위한 목표를 진행 중

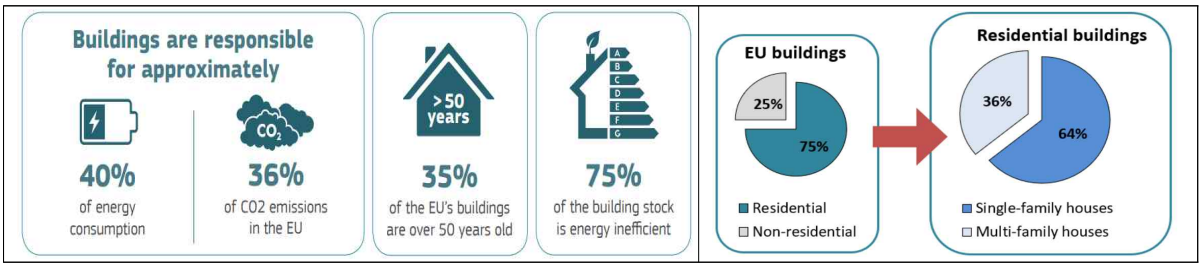
- Johnson Controls社는 소유자와 운영자가 문제를 식별하고 해결하여 장비 고장 및 에너지 낭비를 방지하는 동시에 노후된 시스템 구성요소에 대한 정보를 제공하는 Metasys Release 11.0을 출시

  * Lawrence Berkeley 국립 연구소(Berkeley Lab)와 함께 에너지 활용을 위한 빌딩 효율성 타겟팅 도구(BETTER) 개발함

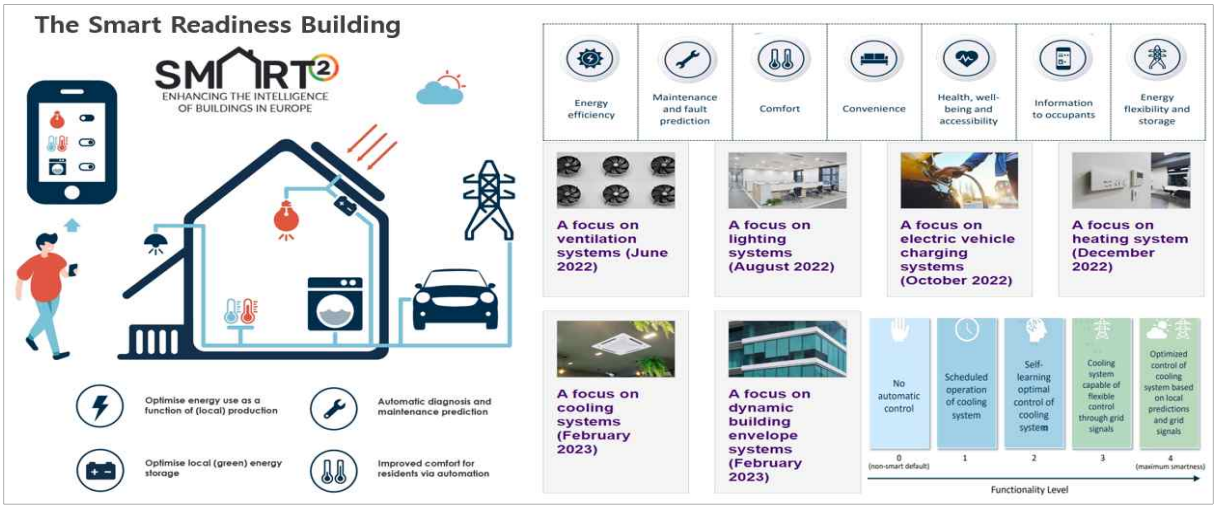
○ 유럽은 냉·난방·공조, 스마트조명 등의 에너지다소비기기와 재생에너지 연계 및 이를 통합하는 플렉서블 에너지 수요관리 등의 핵심기술을 통해 에너지 절감은 물론 사용자 편의/만족도 향상을 위한

Smart-Readiness 빌딩 프로젝트 추진 중

* 전체 건물의 35%가 50년 이상의 오래된 건물이며 75%가 에너지 비효율적임
* 전체 빌딩의 75%가 비거주용이며, 거주용의 경우 64%가 단일 가구 형태임



[그림 13] 유럽의 건물 및 건물 에너지 소비 현황

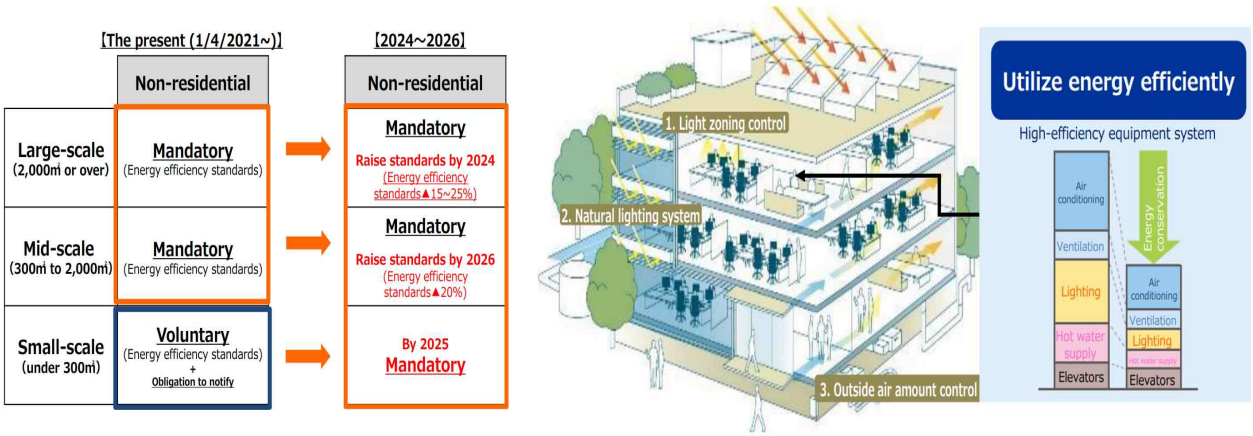


[그림 16] Smart readiness 빌딩 프로그램

- (영국 Measurabl社) 머신러닝을 통해 건물에서 낭비된 에너지를 자동으로 식별하고 제거할 수 있는 사물인터넷 연결 스마트 소켓을 설계함.
  * 스마트 소켓을 통해 에너지를 낭비하고 있을 때 낭비장치를 끌 수 있고 설정된 시간에 자동으로 켜고 끌 수 있도록 프로그래밍할 수 있으며, 건설 회사인 키어(Kier)와 함께 한 시범 프로젝트에서는 에너지 사용을 27% 줄임.
  * 2만개의 소켓이 있는 건물을 스마트 소켓으로 바꿔 연간 55만달러(약 6억8251만원) 이상의 에너지 비용을 절감할 수 있을 것으로 예측
- (독일 E.ON社) 가정용 태양광과 ESS 설치를 결합하여 최적 운영을 지원하고 잉여전력은 가상계정(SolarCloud)에 적립
- (독일 Sonnen社) 자가 발전하여 소비 후 남은 전력은 전력거래 플랫폼(Sonnen Community)을 통해 이웃 간 판매

○ 일본은 20230년 절감목표 달성을 위해 2022년 건물 에너지 효율법(Building Energy Efficiency Act) 개정, 상업용 건물의 에너지 효율 기준 마련

* 냉·난방·공조, 스마트조명 등 15종의 효율혁신 기술 적용을 통해 건물 에너지를 절감하는 Unevaluated technology 프로젝트를 추진 중



[그림 17] 건물에너지 효율법 개정(좌) 및 unevaluated technology 효율 혁신 프로젝트(우)

– (일본 DAIKIN社) 건물에 부착된 다양한 센서를 활용하여 사용자의 편안함과 건물 에너지 절약 성능을 평가하며, 건물에 부착된 다양한 센서들에 의해 수집된 데이터를 분석하여, 공기 조절과 조명, 블라인드 등의 최적 제어를 위해 활용함

□ 국내 동향

○ (제3차 에너지기본계획) 에너지 소비구조 혁신을 통해 '40년 최종에너지 소비를 기준수요 전망(211백만TOE) 대비 18.6%(39.2백만TOE) 절감

– 최종소비 원단위(TOE/백만원) : '17년 0.113 → '40년 0.07 (38% 개선)

– 부문별 감축(BAU 대비) : 산업 15%, 수송 25.4%, 가정 18.8%, 상업 22.6%, 공공 18.6%

(단위 : 백만TOE)

구분	'17	'30	'35	'40	연평균증가율(%)		
					'17~'30	'30~'40	'17~'40
기준수요	176.0	204.9	209.0	211.0	1.2	0.3	0.8
목표수요	176.0	175.3	173.0	171.8	0.0	△0.2	△0.1
절감률	-	14.4%	17.2%	18.6%	-	-	-

○ (2023년 에너지기술개발 실행계획) 에너지 안보 확립을 위한 공급망 안정화 및 수요 효율화를 추진전략 및 과제로 선정

- 데이터 기반 고효율 빌딩 구현 및 커뮤니티 수요 최적화

- (스마트 관리) 상업시설별 맞춤형 제어(AI BEMS, DR 기기 등), 에너지 공통기기 자율운전·검증 기술개발 등 디지털 기반 에너지절감 촉진

* 유통·프랜차이즈 등 상업시설은 고객 편의를 위해 상대적 필요 이상 에너지소비 발생

- (수요혁신) '소규모 분산에너지'로의 패러다임 전환 및 제로에너지빌딩 확산*에 대비해 분산자원 연계 공동체 제어시스템(Community EMS) 개발

* 제로에너지빌딩으로 전환 시 사용 단계에서 인증기준에 부합하는 에너지 자가소비율·운영효율·자립률 개선 등 공급 여건에 맞춰 수요를 변화시키는 방향으로의 혁신 필요

○ (국내산업) 전문 중소기업 중심으로 초기시장에 진입하였고, 삼성전자·SDS, LG전자, KT 등 대기업의 사업참여가 주를 이루고 있으며, 오픈소스 및 클라우드 기반의 제어/모니터링 시스템이 도입되고 있고, 인공지능 기술을 도입하여 개인화된 운영 방식이 요구됨

- (KT) 인공지능(AI) 기반 건물 및 매장 에너지 관리 솔루션 '기가 에너지 매니저'를 제공 중으로, 이는 빅데이터 분석 엔진이 매장 내 에너지 소비 데이터를 학습하고, 이를 기반으로 장비의 효율적 운영 방식을 점주에게 제안하며, 매장 전력 사용량을 측정해 효율적인 시간에 작동할 수 있도록 조명과 에어컨 등 전기 장치를 자동으로 제어하는데 KFC 수도권 매장 3곳을 대상으로 시범사업을 한 결과 월 전기 사용량이 14% 이상 절감

- (삼성전자) 대표적인 사물인터넷 플랫폼인 스마트싱스를 건물에 대한 에너지, 보안, 통신, 기후 시스템을 포함한 다양한 장치를 제어 기능을 제공하

는 ABB의 건물 자동화 솔루션 'ABB-free@home', 'ABB i-bus KNX' 와 결합하여 통합 에너지 관리 시스템을 제공하는데, 이는 건물 내 냉장고, 세탁기, 건조기, 공조시스템 등 고에너지 기기들의 사용량을 전략적으로 관리, 그리드 최적화와 에너지 비용 절감 효과를 거둘 수 있도록 함

- (LG전자) BECON cloud는 IoT기반의 에어솔루션 제품 유지관리 시스템으로, LG전자 시스템 에어컨 및 공조 설비의 다양한 센서 정보를 통해 상황실에서 고객의 에어컨 운전 상태를 실시간 모니터링을 통해 에너지 절감 및 효율적인 기기관리를 제공

□ 사업수행에 필요한 요소기술·제반기술

○ 건물 에너지관련 인공지능 기술

-데이터 상호연관성 파악을 위한 환경인자 분석 및 머신러닝 기반 회귀 모델링

- 미래 에너지 사용량 예측을 위한 딥러닝 알고리즘 기반 시계열 예측 모델링

- 사용자 에너지 수요 최적화를 위한 사용자 피드백 데이터 기반 단일 에이전트 강화학습 모델링 및 자율 제어 기술

○ 스마트조명 및 IoT 플랫폼 연동 기술

- 건물 에너지 소비의 주요 요소인 조명 에너지 효율향상을 위하여 조명 상태 관리와 제어 기술

- 에너지 절감 시나리오, AI 기술 접목을 위한 표준화된 응용 프로그램 인터페이스(API)를 지원하는 스마트조명 플랫폼 기술

- OCF, LwM2M, Matter 등의 IoT 플랫폼과의 연동 기술

○ IoT 유·무선통신 기술 및 BEMS 기술

- Wi-Fi, ZigBee, Thread, BLE 등의 무선 통신 기술과 RS485, PLC, Ethernet 등의 유선 통신 기술

- 데이터 처리 기술(건물 수집된 데이터 정제·분석) 및 건물 에너지 모니터링과 에너지 예측을 위한 건물 에너지 관리 기술

2.3 특허 동향

□ 특허동향 분석 개요

○ 조사 방식

– 건물에너지 효율 최적화 기술에 대한 특허조사를 수행하기 위해, 특허 Database로서 KEYWERT를 사용하여 한국(KR), 일본(JP), 미국(US), 및 유럽(DP)의 공개/공고된 특허를 대상으로 하여 키워드 검색을 위주로 하되, 출원인 및 IPC를 이용한 검색을 병용한 후, 유효특허 및 핵심특허를 추출하는 방식으로 조사를 진행하였음

○ 검색식 및 Raw Data

– 사용된 검색식 및 Raw Data는 다음과 같음. Raw Data를 기초로 하여, IPC, 패밀리(해외출원) 여부, 출원인, 기술성, 권리성 등을 고려하여 유효특허 및 핵심특허를 추출하였음.

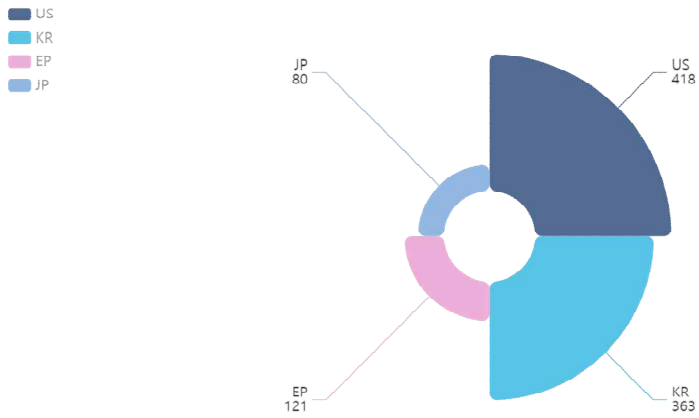
– 유효특허의 개수는 982건이며, 이를 대상으로 국가별/연도별/출원인별 동향, 출원점유율/증가율 현황, 기술성/시장성 현황 등의 정량분석을 수행

<표 9> 건물에너지 효율 최적화 기술에 대한 특허 검색

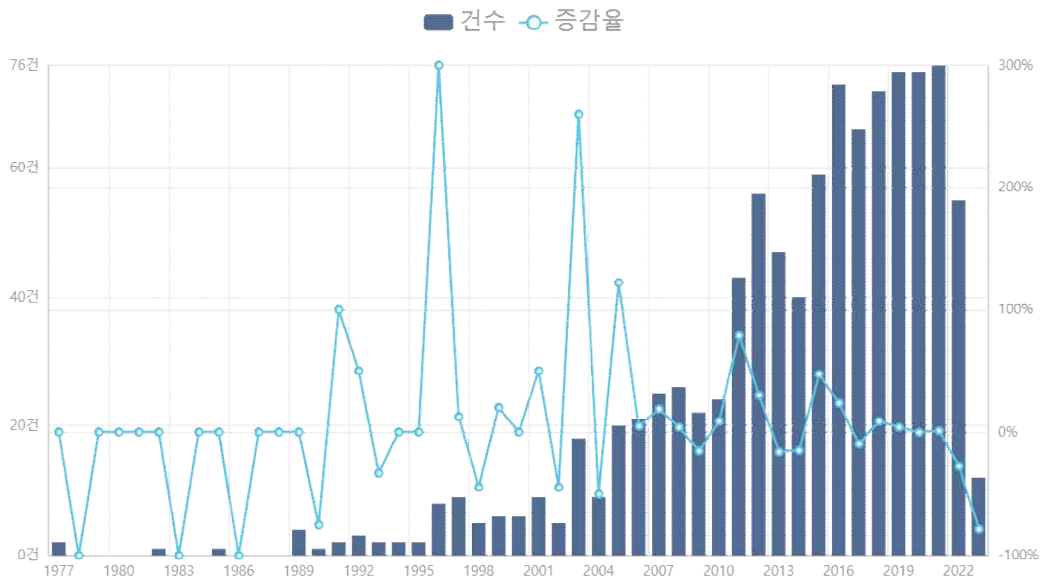
검색식		Raw Data				
		KR	JP	US	EP	Tot.
건물에너지 효율 최적화	KEY:((건물 OR 빌딩 OR building) AND (조명 OR 라이트 OR 램프 OR light OR illuminat* OR lamp OR ((가전 OR 전자 OR 전기 OR elect* OR home OR 열 OR 온도 OR heat* OR tempera*) A/2 (제품 OR 장치 OR 장비 OR 기구 OR 기기 OR 시스템 OR 모듈 OR product OR goods OR appliance OR device OR equipment OR installation OR apparatus OR instrument OR system OR module)) OR (냉방 OR 난방 OR 냉난방 OR (air* A/1 condit*) OR cooling OR heating) OR 센서 OR sensor) AND (제어 OR 컨트롤 OR 콘트롤 OR control*) AND (데이터 OR 정보 OR data OR information OR 허브 OR hub) AND (최적 OR optim* OR ((증강 OR augment*) A/1 (현실 OR reality)) OR (가상 OR virt* OR imagi*) OR (관리 OR administrat* OR manag*) OR "AR"))	1,396	592	1,721	724	4,433

□ 국내외 특허 동향

○ 국가별 및 연도별 국내외 출원동향

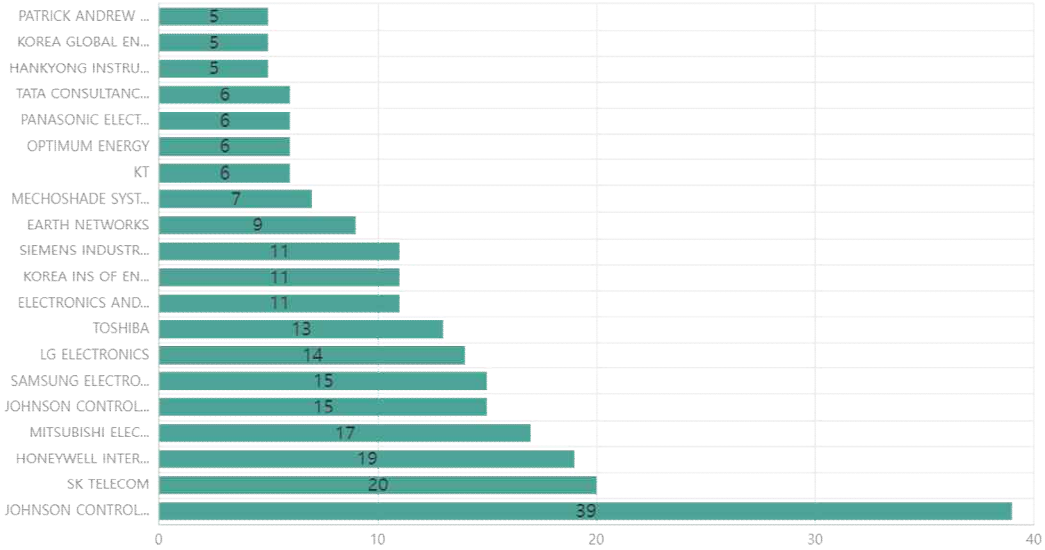


– 건물에너지 효율 최적화 관련 국가별 출원동향을 살펴보면, 미국이 418건으로 전체의 42.6%, 한국이 363건으로 전체의 37.0%로서 미국과 한국에서 출원이 집중적으로 이루어지고 있음이 확인됨. 이어서 유럽 121건, 일본 80건의 순임



– 연도별 출원동향을 살펴보면, 2000년대 초반부터 본격적인 출원이 시작되어 전반적으로 증가하다가 2010년대에 들어 큰 폭으로 출원이 증가하여 2016년 이후 매년 60건 이상의 출원이 이루어지고 있음. 특허미공개 기한을 고려할 때, 가장 최근인 2021년에 76건으로 피크를 이루고 있으며, 이러한 증가추세는 향후 당분간 이어질 것으로 예측됨

○ 다출원인 동향

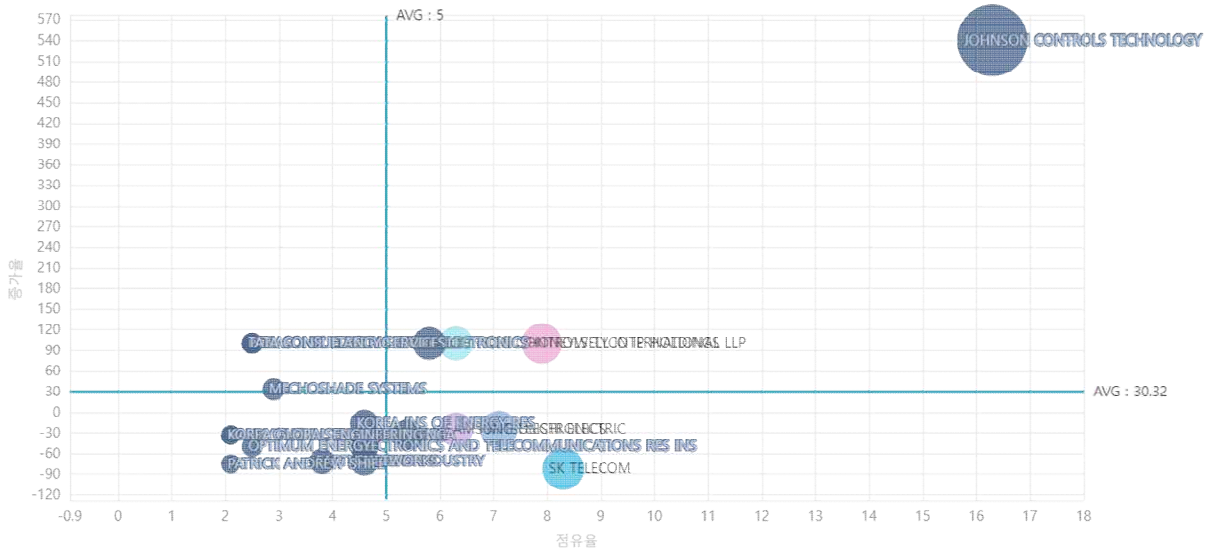


– 다출원인 동향을 살펴보면, 미국, 일본, 한국 등의 관련 대기업이 특허 활동을 주도하고 있음이 확인됨. 구체적으로 살펴보면, 미국의 Johnson Controls가 총 39건으로 수위를 차지하고 있고, 그 뒤를 이어 SK텔레콤, Honeywell, Mitsubishi, 삼성전자, LG전자, Toshiba의 순으로 다수 특허를 출원하였음이 확인됨

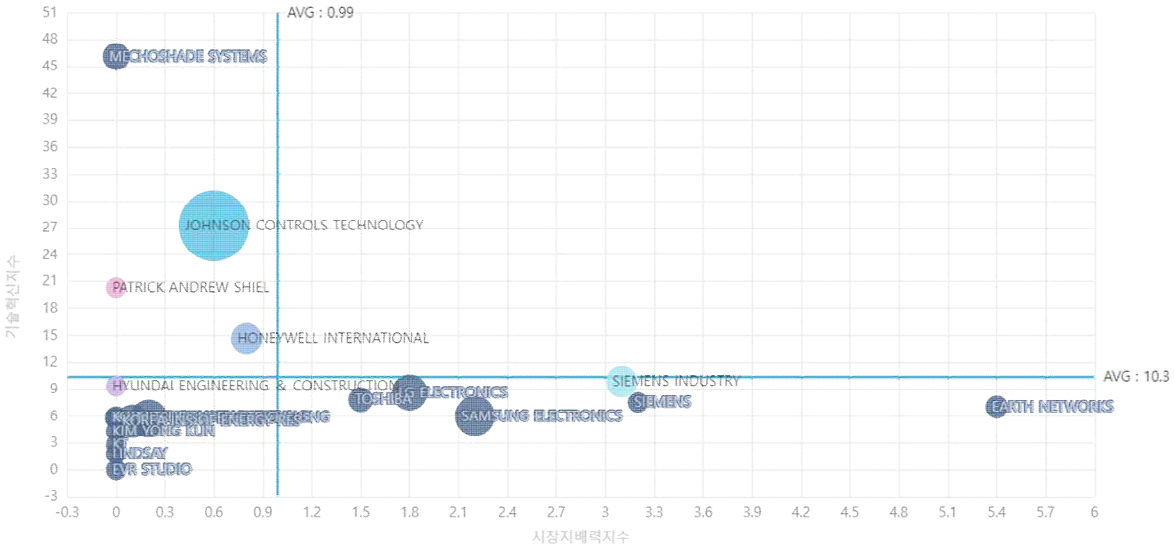
– 국내(KR) 출원 현황만 따로 살펴보면, SK텔레콤이 19건으로 가장 많으며, 그 뒤를 이어 한국에너지기술연구원, LG전자, 한국전자통신연구원, 삼성전자, KT가 다수 출원을 진행하였음이 확인됨. 본 기술분야의 경우 관련 대기업과 국책연구연의 특허활동이 활발함을 알 수 있으며, 따라서 국책연구원의 우수 특허에 대한 기술이전 전략을 적극 고려할 필요가 있다고 보임

○ 출원점유율/증가율 동향 및 기술성/시장성 동향

– 상위 출원인인 Johnson Controls, SK텔레콤, 및 Honeywell의 출원점유율 및 증가율 동향을 살펴보면, 출원점유율은 위 3개 기업의 기재 순서이고, 증가율 관점에서도 Johnson Controls의 증가율이 압도적으로 높아, 이 기업의 특허에 특히 주의해야 할 필요가 있다고 보임



– 한편, 위 3개 기업의 기술성(기술혁신지수) 및 시장성(시장지배력지수) 동향을 살펴보면, 특허 관점의 시장지배력은 Honeywell, Johnson Controls, 및 SK텔레콤의 순이고, 기술혁신성은 Johnson Controls, Honeywell, 및 SK텔레콤의 순임. 출원점유율/증가율 동향에서와 마찬가지로, Johnson Controls의 특허 분석에 주의해야 함이 여러 지표를 통해 확인되고 있음



□ 주요특허 현황

○ 핵심특허 현황

– 건물에너지 효율 최적화 관련 기술의 주요 핵심특허는 다음과 같음

<표 10> 건물에너지 효율 최적화 관련 기술의 주요 핵심특허

No.	국가	공개/등록 번호	공개/등록 일자	출원번호	출원일	발명의 명칭	출원인
1	US	US 2023-0349580 A1	2023.11.02	18-219205	2023.07.07	Smart building level control for improving compliance of temperature, pressure, and humidity	Johnson Controls Tyco IP Holdings LLP
2	US	US 2023-0083700 A1	2023.03.16	17-989179	2022.11.17	Energy management system controller and method	Edward Helbling
3	KR	KR 2562277 B1	2023.07.27	2022-0118989	2022.09.21	Cloud based building energy integrated management system for zero energy building)	서전엔지니어링(주)
4	KR	KR 2474936 B1	2022.12.01	2022-0116962	2022.09.16	Ai-based automatic control integrated building system using complex control sensor	주식회사 이현정보
5	US	US 2022-0350297 A1	2022.11.03	17-867645	2022.07.18	Heuristic method of automated and learning control, and building automation systems thereof	PassiveLogic, Inc.
6	KR	KR 2443273 B1	2022.09.07	2022-0071799	2022.06.13	Building automatic control apparatus capable of energy optimization and facility operation efficiency using data analysis method and method of the same	주식회사 나라컨트롤
7	US	US 2022-0269228 A1	2022.08.25	17-741278	2022.05.10	System and method for controlling building management systems for scheduled events	Sensormatic Electronics, LLC
8	US	US 11778030 B2	2023.10.03	17-737847	2022.05.05	Building smart entity system with agent based communication and control	Johnson Controls Technology Company
9	KR	KR 2566521 B1	2023.08.08	2021-0192434	2021.12.30	Integrated energy controlling system and method thereof	한국에너지기술연구원
10	US	US 2023-0168649 A1	2023.06.01	17-537179	2021.11.29	Building control system using reinforcement learning	Johnson Controls Tyco IP Holdings LLP
11	KR	KR 2023-0053161 A	2023.04.21	2021-0136383	2021.10.14	AI-based accident prevention and energy-saving smart building automatic control operation system	(주)코젠
12	KR	KR	2022.	2021-	2021	optimal control system for heating	전남대학교산

		2455531 B1	10.12	01119 42	.08.2 4	and cooling facilities based on data model for improving building energy efficiency and its control method)	학협력단
13	KR	KR 2329293 B1	2021. 11.16	2021-00516 43	2021 .04.2 1	Automated facility management system with algorithm of calculating calories for cooling and heating each room of building	(주)삼원씨앤지
14	EP	EP 3835895 A1	2021. 06.16	2020-19698 8	2020 .09.1 8	Multi-agent deep reinforcement learning for dynamically controlling electrical equipment in buildings	Tata Consultancy Services Limited
15	EP	EP 3964916 A1	2022. 03.09	2020-38604 3	2020 .09.0 3	Multizonal thermostat utilizing a.i. algorithms and model predictive control on the cloud to optimally control the hvac system in a building	Inteligg P.C.
16	KR	KR 2022-00 18639 A	2022. 02.15	2020-00988 88	2020 .08.0 7	무선 rf제어기를 활용한 지능형 에너지 관리 시스템(intelligent energy managing system with wireless rf)	(주)하이세스에코
17	US	US 1144902 4 B2	2022. 09.20	16-94 5961	2020 .08.0 3	Method for establishing a building automation system including installing a plurality of controllable devices in a plurality of rooms in a building	Crestron Electronics Inc.
18	US	US 2021-00 18212 A1	2021. 01.21	16-93 3243	2020 .07.2 0	Cloud-based ai powered indoor environment system and method for smart climate technology control for buildings	Dmytro Prisikar | Mykhailo Prisikar
19	JP	JP 2021-06 4335 A	2021. 04.22	2019-19026 5	2019 .10.1 7	표시 방법 및 빌딩 관리 시스템	DAIKIN IND LTD
20	JP	JP 2021-04 3604 A	2021. 03.18	2019-16403 1	2019 .09.0 9	설비기기 관리 시스템	DAIKIN IND LTD
21	EP	EP 3841437 A2	2021. 06.30	2019-76227 6	2019 .08.1 5	System and method for controlling building management systems for scheduled events	Sensormatic Electronics LLC
22	JP	JP 2020-12 9310 A	2020. 08.27	2019-02208 6	2019 .02.0 8	건물내 설비한 제어 시스템	TOYOTA HOME KK
23	JP	JP 7174615 B2	2022. 11.09	2018-23399 2	2018 .12.1 4	건물 환기 시스템 및 건물 환기 제어 방법	DAIWA HOUSE INDUSTRY CO LTD
24	US	US 2019-03 84238 A1	2019. 12.19	16-01 1114	2018 .06.1 8	Building management system and method using learned environmental parameters for proactive control	Siemens Industry, Inc.

25	KR	KR 2168669 B1	2020.10.15	2018-0042340	2018.04.11	Building energy management system and method thereof	주식회사 케이티
26	US	US 11416739 B2	2022.08.16	15-882527	2018.01.29	Optimization control technology for building energy conservation	Lawrence Livermore National Security, LLC
27	KR	KR 1893109 B1	2018.08.23	2017-0139634	2017.10.25	Iot 기반의 건물 관리 및 제어 시스템(internet of things based management and control system for building)	엘림광통신 주식회사
28	KR	KR 2272333 B1	2021.06.28	2017-0078709	2017.06.21	Ai 기반으로 대상 건물의 냉방 시스템을 최적 제어하는 클라우드 서버 및 방법, 냉방 시스템 제어 장치(cloud server and method for controlling cooling system of target building based on artificial intelligence, and apparatus for controlling cooling system)	주식회사 케이티
29	US	US 10354345 B2	2019.07.16	15-478885	2017.04.04	Optimizing and controlling the energy consumption of a building	Whisker Labs, Inc.
30	KR	KR 1801631 B1	2017.11.21	2017-0043573	2017.04.04	빌딩설비 에너지 관리 제어 시스템 및 그 제어 방법(building facilities energy management control system and control method thereof)	한경기전 주식회사
31	KR	KR 1691934 B1	2016.12.27	2016-0118961	2016.09.17	3d 가상현실기법을 활용한 빌딩 자동제어시스템(building automatic control system using 3d virtual reality)	(주)코젠 | (주)금성보안
32	US	US 10088186 B2	2018.10.02	15-012660	2016.02.01	Building management system with power efficient discrete controllers	Honeywell International Inc.
33	JP	JP 6075101 B2	2017.01.20	2013-023603	2013.02.08	에너지 관리 지원 장치, 에너지 관리 지원 장치의 제어 방법, 제어 프로그램 및 기록 매체	OMRON CO
34	US	US 9173267 B2	2015.10.27	13-065140	2011.03.15	Modular centralized lighting control system for buildings	ESI Ventures, LLC

– 핵심특허 현황을 살펴보면, 건물의 냉난방, 조명, 전자기기 등을 포함한 에너지 효율 향상 기술과 관련해, 최적제어, 데이터 허브, 증강/가상 현실, 인공지능 등을 이용한 다양한 기법이 개발되어 있음이 확인됨.

– 여러 요소기술들이 이미 특허화되어 있음을 고려하면 동 기술분야와 관련한 특허리스크를 사전에 깊이있게 확인할 필요가 있고, 관련 기술의 특허 창출 전략도 미리 수립할 필요가 있음

2.4 표준화 동향

□ 해외동향

○ ISO/TC 163 산하 3개 분과위원회는 건물의 에너지효율 개선에 필수적인 건축물의 구성요소를 정의하고 산출하며, 시험하는 표준을 개발하고 있으며, ISO TC205(Building Environment Design)에서는 실내 환경과 에너지 효율화를 위한 건물의 개선 및 설계에 대한 표준화를 추진하고 있으며, ISO는 건물관건리시스템(BMS : Building Management System)을 난방/환기/공조(HVAC), 전원 시스템, 출입통제시스템과 같은 기계 장비 및 전기장비를 제어하고 감시하기 위해 건물에 설치된 컴퓨터기반 제어시스템으로 정의하고 있음

- ISO TC205에서 개발된 16484 시리즈 표준은 1부에서는 BACS의 설계, 구현, 타시스템과의 통합 지침을 정의하고, 2부에서는 하드워어 요구사항, 3부에서는 기능 및 엔지니어링 서비스에 대한 요구사항을 정의, 5부~6부는 BACS 데이터 통신 프로토콜로 사용되고 있는 BACnet(Building Automation and Control Networks)에 대한 표준임, BACnet은 ASHREA에서 개발되어 ISO 표준으로 승인 출판된 프로토콜임

- ISO에서는 주택 및 빌딩제어용 개방형 표준 프로토콜인 KNX를 ISO 22510 표준으로 승인하였음, IP 네트워크 위에 KNX 프로토콜 구현의 통합을 정의하고, IP 네트워크에 연결된 KNX 장치인 KNXnet/IP 장치에 대한 표준 프로토콜을 기술

- ISO 17800 표준은 ASHRAE에서 개발되었으며, 통신 프로토콜과는 상관없이 건물의 제어시스템과 최종 디바이스 간에 공통정보 교환을 위한 기반을 제공함

- ISO 52016-1:2017은 ISO TC163에서 개발되었으며, 냉난방을 위한 에너지량, (제)가습을 위한 잠재 에너지량, 냉난방 부하, 습기 및 잠열 부하 등의 계산방법을 정의함

<표 11> BEMS관련 ISO 표준

표준번호	표준제목
ISO 16484-1: 2010	Building automation and control systems(BACS) - Part 1:Project specification and implementation
ISO 16484-2: 2004	Building automation and control systems(BACS) - Part 2: Hardware
ISO 16484-3:2005	Building automation and control systems(BACS) - Part 3: Functions
ISO 16484-5:2017	Building automation and control systems(BACS) - Part 5: Data communication protocol
ISO 16484-5:2017/ AMD 1: 2020	Building automation and control systems(BACS) - Part 5: Data communication protocol - Amendment 1
ISO 16484-6: 2020	Building automation and control systems(BACS) - Part 6: Data communication conformance testing
ISO 17800: 2017	Facility smart grid information model
ISO 22510: 2019	Open data communication in building automation, controls and building management - Home and building electronic systems - KNXnet/IP communication
ISO 52016-1: 2017	Energy performance of buildings - Energy needs for heating and cooling, internal temperatures and sensible and latent heat loads - Part 1: Calculation procedures

□ 국내동향

○ 국가기술표준원고시 KS F 1800-1제2014-0338호)로 건물에너지관리시스템 규격화가 처음 추진되었으며 BEMS KS는 제1부로 기본개념, 기능, 데이터 처리절차 등을 정의하는 일반 요구사항의 수준이지만, BEMS에 대한 표준화를 우리나라가 처음시작

○ 건물 에너지관리 시스템(KS F 1800-2)는 관제점 선정, 데이터 관리 및 에너지절감량 산출 데이터를 통한 건물 에너지 소비의 체계적·최적 관리를 위해 BEMS에 대한 국가표준(KS) 제정안 확정(2021.1.18.)

- BEMS와 관련한 국제표준이 전무한 상황에서 KS제정은 BEMS 데이터 관리 전반에 대한 세부적인 표준 체계를 구성하였다는 데에 으미가 크며, 데이터 수집, 분석, 활용 등 데이터 관리와 성과분석 체계를 운영 全주기에 걸쳐 표준화를 실현

· 데이터 수집 단계 : 데이터의 측정지점*과 수집방식을 제시하고 데이터의 실시간 연동

* 건물 경계 내·외부의 주요 설비별·공간별 에너지소비 영향인자

· 데이터 분석 단계 : 데이터의 저장코드를 표준화*하고 분석정보의 관리방법을 규정

* 데이터 속성을 파악할 수 있도록 목록화(일람표)하고, 태그를 생성하여 관리

· 데이터 활용 단계 : 에너지절감량 효과 산정 기준·방법*을 표준화

* BEMS를 구축전 후 건물 에너지사용량과 비교하여 에너지 절감량을 산출

○ 그외 BEMS 관련 단체표준은 TTA PG214(디지털홈프로젝트그룹)에서 작업되어 제정된 단체표준과 SGSF에서 제정된 단체표준이 있음

- TTA TC4(ICT융합기술위원회) 산하 PG 424(스마트 에너지/환경 프로젝트그룹)에서 “클라우드-에지 기반 건물 에너지관리서비스 - 제1부”와“클라우드-에지 기반 건물에너지관리서비스 - 제2부: 데이터모델”이 표준과제로 승인됨

단체표준번호	제목
TTAK, KO-04.0137(2011)	스마트그리드 건물 에너지 관리 - 시스템 연동 참조구조 모델
TTAK, KO-04.0137(2012)	개방형 건물 에너지 관리 서비스 프레임워크
SGSF-054-2(2017)	전기자동차 충전시스템과 빌딩통합관리시스템 연동 인터페이스

○ 현재, 국내 건물에너지 해석에서 시공간 및 투입(주변)자원을 제어함으로서 탄소중립달성에 기여할 수 있는 표준은 개발되어 있지 않으며, 현재 사용 중인 BEMS(주로 건물의 액티브적 요소를 제어)와 ECO2프로그램 등과 같은 건물에너지 에너지성능 해석프로그램 등이 함께 이용되고 있음.

- 건설프로젝트에서 물적요소의 최적화에 활용이 증가하고 있는 BIM(Building Information Modeling), 건물의 액티브적 요소를 주로 제어하는 BEMS 및 ECO2등과 같은 건물에너지 해석프로그램의 요소기술이 통합된 AI 학습형 모델에 대한 개발 및 표준화가 필요

2.5 정부R&D 지원현황

□ 투자 동향

○ 기축건물이나 신축건물에 대한 에너지 모니터링과 진단의 정밀도를 높이기 위한 정부 R&D투자 진행

- 기존 공공건물 에너지 효율 진단 및 리모델링 기술 개발 실증(‘20~’24), 자율운전 기반 지능형 건물 에너지·환경 통합 관리 시스템 (iBEEMS) 개발(‘21~’26) 등 에너지진단 통합 솔루션 실증 및 검증이나 빌딩 공간모

니터링 기술 개발에 대한 R&D 과제 진행중

- 에너지 다소비 건물의 에너지 관리 및 최적화를 지원하는 국내외 기술표준 연계형 디지털 트윈 플랫폼 및 사업 모델 개발('21~'24), 건물에너지관리시스템(BEMS) 공공 데이터 구축 공유 연구('21~'24) 등 에너지 소비 데이터의 수집이나 BEMS와 연계된 클라우드 기반 데이터 공유 플랫폼 개발 R&D과제 진행 중

○ 지자체는 공공부문 건축물 조성 시 설계기준 강화 진행

- 서울시는 2050 온실가스 감축 추진 계획, 제로에너지건축 의무화 로드맵에 맞추어 설계기준 강화

* '20년부터 1,000m2 이상 신축 공공건축물은 ZEB(Zero Energy Building)인증, 건축물에너지 효율 등급, 녹색건축물 인증, 신재생에너지의무비율 30%를 동시에 충족해야함

* '30년부터 500m2 이상 신축 공공건축물 또한 ZEB 인증, 녹색건축인증, 신재생 에너지 의무비율 40%를 동시에 충족해야함

□ 기술개발 현황

○ 범국가 차원의 탄소중립 및 제로에너지 목표를 달성하기 위해, 정부 R&D 사업을 통해 건물에너지 효율향상을 위한 기술개발 진행

○ 산업통상자원부에서는 "제4차 에너지기술개발 계획"에서 건물효율 기술분야의 3개 추진과제(① 에너지 네트워크 활용 플러스 건물 실현, ② 효율개선을 통한 기축 건물 제로에너지화, ③ 통합운영·관리시스템 기반 에너지 커뮤니티플랫폼 구축)를 제시하였고, 각 추진과제의 R&D 목표를 달성하기 위해 사업 및 과제를 진행중에 있음

○ 연구소(한국에너지기술연구원, 한국건설기술연구원, 한국전자통신연구원 등) 및 대학(KAIST, 연세대, 경북대, 한양대, 서울대 등)을 중심으로 기술개발이 진행되는 단계이며, 일부 민간기업(㈜에코시안, ㈜해줌 등)에서도 정부 R&D 사업을 통해 건물 에너지 관련 연구개발을 수행하고 있는 상태임

○ 에너지 낭비를 줄이고자 다양한 ICT 기술이 접목되고 있으며 사물인터넷 기술과 연계된 에너지 및 전력 산업에 관한 기술이 연구되며, 특히 업체, 빌딩 등 다양한 건물 내 에너지 관리를 위한 IoT 센서를 설치하여 데

이터 수집, 에너지 정보 관리 등을 지원하는 서비스들이 개발되는 중

○ 태양에너지를 활용하여 건물 소비량보다 낮은 에너지를 생산하는 제로에너지 빌딩을 넘어, 건물 내에서 필요로 하는 에너지보다 더 많은 에너지를 생산하여 에너지 자립률을 극대화하는 플러스에너지 빌딩이 연구되는 중

○ 2050 탄소중립을 위해 건물도시 ICT 분야의 온실가스 저감이 필수적이나, 해당 기술의 확산 및 이에 따른 비용에 대한 연구 미비

○ 탄소중립 녹색성장 기본계획('23) 관련 대응을 위해서는 공간(빌딩) 에너지를 지능적으로 예측하고 자율적으로 제어하여 건물에너지 효율을 향상하는 기술 개발 시급

- 건물부문 온실가스 배출량 감축 목표: '18년 52.1 → '30: 35.0 백만톤CO2e)

- 제로에너지 빌딩 500㎡ 이상 건물 대상 의무화 및 사후관리 방안 구체화, 건물 에너지 소비량 평가제도 도입 등 각종 제도 강화

○ 건물에너지 고효율화를 구현하고 시장성 확보를 위해서는 자동제어, 즉 자율화 단계의 상향된 목표 달성 필요

- 현재 5~6 단계 내외는 자율성 수준(ALFUS, Autonomy Levels for Unmanned Systems)을 대폭 상향시켜 구현할 수 있는 기술개발 필요

* ALFUS는 무인 시스템의 자율성 수준을 정의하고 평가하기 위한 기준으로 미국 국립표준기술연구소(NIST: National Institutde of Stnadards and Technology)에서 개발한 자율 시스템 평가 프레임워크로 무인 시스템의 개발 및 평가에 있어 중요한 기준으로 사용되며, 안전, 효율성, 상호운용성을 평가에 유용함. 구성요소는 미션복잡도, 자율성 수준, 인간-시스템 상화작용 등임.

<표 13> ALFUS 자유화 단계 구분

단계	설명
Level 0	리모트 컨트롤 제어
Level 1	사람의 판단에 의해 지능형 시스템이 행동 (사람이 모든 책임)
Level 2	선택 가능한 모든 행동을 보여주며 사람이 선택
Level 3	적절한 몇 개의 행동을 지능형 시스템이 선택하고 사람이 선택
Level 4	최선의 행동을 선택하여 사람에게 보고
Level 5	행동의 선택하고, 사람의 허가를 받은 후 실행
Level 6	사람이 간헐적으로 지능형 시스템의 행동에 개입
Level 7	자율적으로 행동하면서 사람에게 진행상황을 알림
Level 8	작업 수행의 과정에서 판단 결과를 사람이 요청할 때만 알림
Level 9	지능형 시스템이 작업의 수행하고 결과를 보고할지를 판단하여 수행
Level 10	완전히 자율적으로 행동하면서 사람의 개입을 허용치 않음

○ 지능형 공간 에너지 예측 및 자율 제어를 통한 건물에너지 효율향상 기술 확보를 위한 기반기술 탐색 및 개발, 확인, 평가 등을 위해 테스트베드 및 리빙랩 검증을 통한 기술 확보 필요

2.6 시사점

□ 탄소중립 실현을 위해서는 건물 부문 탄소중립 기술 확보 시급

○ 건물 부문은 '19년 기준 전 세계 온실가스 배출량의 21%에 해당하는 12Gt CO2eq.를 배출하고 있으며, 최종에너지 수요의 31% 차지(IPCC, '22)

- EU의 경우, 최종에너지 소비의 40%를 차지하는 건물부문은 에너지 소비 저감과 효율 개선을 위하여 건물의 개·보수 필요

*「유럽 그린딜」을 통해 각 회원국들의 「건물 개·보수 장기전략」을 평가할 예정이며, 「건축자재규정」을 통해 기후변화에 대비할 계획

○ 우리나라도 2050 탄소중립을 위해서 건물도시 ICT 분야의 온실가스 저감이 필수적이므로 해당 기술의 확산 및 이에 따른 비용에 대한 구체적인 연구 진행 필요

□ 건물에너지와 관련된 이기종 데이터의 체계적이고 효과적인 수집/저장/공유/제어를 구현하기 위한 기술 개발 필요

○ 건물에너지 상황 파악과 에너지 생산량 및 사용량 예측과 최적화는 위해서는 건물내 에너지 상황과 관련 다양한 데이터를 빠르게 수집종합할 수 있는 기술 확보 필수

○ 건물 유지보수 비용 관점에서의 경쟁력 확보를 통해 시장 진출 촉진 필요

□ 기존 건물에너지관리시스템(BEMS) 및 스마트조명 플랫폼에 대한 핵심 요소기술, 시스템 기술, 운영 기술 등에 대한 국가 R&D 사례 및 수요기업의 현장 경험을 연계하여 핵심기술 확보 필요

○ 스마트조명 에너지 패턴 학습형 인공지능 기반 에너지 절감 기술을 활용하여 시공간 및 자원 연관성 학습 핵심 기술 확보

○ 분산자원에 대한 건물에너지관리시스템의 데이터 수집 및 제어 기술을 이용하여 IoT 플랫폼 통합 연동 기술 개발에 활용

○ 공간 Context 인지 기술 기반 자율 제어 기술을 분석하여 다양한 참조형 공간 모델 도출과 에너지 소비 최적화 알고리즘 개발에 활용

3. 에너지다소비 화학공정 효율향상 및 스케일업 기술 개발

3.1 개요

□ 개 념

○ 정밀화학산업(Fine chemicals)은 석유화학산업(Petrochemicals)과 더불어 화학산업을 구성하는 대표분야임.

○ 정밀화학산업은 다품종 소량생산체제의 특성을 갖는 산업군으로 의약, 바이오, 식품, 농약, 염료, 비료, 도료, 계면활성제, 화장품, 전자공업용 재료 및 약품, 기능성 고분자 재료, 기능성 무기재료, 첨가제 등 다양함.

– 일반 석유화학산업의 경우 기초유분, 범용 고분자 재료, 섬유, 고무 등 대량생산체제를 갖추는 장치 위주 산업임.

○ 정밀화학산업은 다양한 제품군으로 인해 최종제품 생산에 최적화된 다양한 반응 및 분리공정이 적용됨.

– 반응 후 고도분리로 순도가 높은 최종 제품을 생산하는 것이 경쟁력 있는 고부가 정밀화학제품 확보를 위해서 매우 중요함.

○ 정밀화학산업의 전통적인 분리·정제·분획·추출 공정은 대표적인 에너지 다소비 공정이며 제품 수율을 확보하면서 투입에너지를 절감할 수 있는 기술개발을 통한 산업 경쟁력 확보가 중요.

– 정밀화학 분야 공정 에너지 효율 향상을 위한 분리·정제·분획·추출·고부가 기술 개발 및 공정 지능화 기술 개발을 통한 정밀화학 제품 생산 효율 향상 및 공정지능화 플랫폼 구축 기술 개발에 대한 시장 수요 큼.



[그림 24] 정밀화학 전방산업 및 제품

□ 주요이슈

○ (글로벌 이슈) 전세계적 탄소중립 체제로의 전환에 따른 에너지 저감 수요와 관련하여 정밀화학산업 공정에너지 효율을 획기적으로 개선하여 관련 산업의 글로벌 경쟁력 확보 및 해외시장 진출 확대 필요.

○ (기술적) 산업분야 전반에 걸쳐 저에너지 소비형, 저탄소 제조 공정 수요 증가에 따라 대표적인 에너지 다소비 분야인 분리·정제·분획·추출 공정의 고도화 및 디지털 전환 기술 도입 필요성 증대

– 정밀화학 산업 분야의 분리·정제 공정의 에너지 소비량 절감은 사업 기술 경쟁력으로 직결

* 분리·정제 공정 에너지 소비율: 전체 산업 공정의 40~70%(AIChE report, Roadmap to 2020)

– 다품종 소량 생산 형태의 정밀화학 분야 특성상 범용적으로 적용 가능한 고도화된 생산·분리·정제 공정 기술 개발 및 실증을 통한 트랙 레코드 확보 중요성 증대

○ **(정책적)** 현 정부의 120대 국정 과제* 및 탄소중립 체제 도래에 따라 산업 전반에 걸쳐 저탄소화, 친환경화, 스마트화 등으로 산업 공정 패러다임 전환이 가속화되고 있으며, 이를 위한 연구개발 필요성 증대

* 국정과제 23「제조업 등 주력산업 고도화로 인한 일자리 창출기반 마련-산업부」, 국정과제 86「과학적인 탄소중립 이행방안 마련으로 녹색경제 전환-환경부,기재부」

○ **(경제·산업적)** 정밀화학 산업은 중소기업 위주의 소량 다품종 업종*으로 R&D 지원을 통한 공정 고도화가 필요.

* 화학산업 발전전략(산업부, '18), 중소기업 전략기술로드맵(중소벤처기업부, '20)

– 정밀화학원료가 핵심이 되는 유기화학 시장은 2018년 6조1235억 달러 규모에서 연평균 2.3%의 성장*이 예측되어, 관련분야의 산업 경쟁력 강화 필요.

* 화학산업 발전전략(안, 산업부, '18), 중소기업 전략기술로드맵(중소벤처기업부, '20-'22)

○ **(경제·산업적)** 정밀화학산업 분야 저탄소 및 스마트 제조방식이 확대 보급되는 추세에 있으며, 이러한 산업 패러다임 변화에 적응하고 고도화된 공정기술을 선점한 기업이 관련 시장에서 기술경쟁력 및 가격경쟁력 확보.

3.2 산업·기술 동향

□ 해외 동향

○ 세계 정밀화학 시장규모는 '21년 약 2,000억 달러에서 '28년에는 약 3,800억 달러에 달할 것으로 예측됨(CAGR 9.5%).

* Fine Chemicals-Global Market Outlook('21-'28)

○ 환경친화적인 제품 수요 증가와 천연 물질의 안정성 및 효능 인식 증대로 천연재료(식물, 해양생물, 동물 추출물)를 활용하여 정밀화학을 생산하는 시장은 점차 발전하는 추세.

– '20년, 천연재료를 사용하는 정밀화학 시장 규모는 약 80억 달러로 추산되며, 시장은 '21 ~ '28년까지 연평균 6% 성장률이 예측됨.

○ 최근 세계 정밀화학산업은 새로운 패러다임의 제품을 생산하는 산업으로 발전하고 있음.

– 기존의 화학기술 응용단계를 넘어, 물리, 바이오, 전자기술 등과 접목하고 기존 유해한 화학물질 대체 가능한 친환경 생산기술을 적극적으로 도입

○ 미국은 국익 중심의 강력한 통상 정책 전개, 일본은 도의 기술력 및 첨단 장비를 활용한 정부 주도 개발 추진, 유럽은 친환경 기반 제조산업 추구하는 등 각 국가별 전략적인 행보를 보임.

– 미국의 정밀화학 제조업체는 전 세계시장에서 가장 큰 경쟁력을 유지하고 있음. 기술의 아웃 소싱, M&A 등을 통해 시장 및 기술을 선점하여 개도국으로 정밀화학시장 진출을 확대하고 있음.

* 인공지능, 로봇기술 등과 같은 첨단 기술을 적극적으로 도입하여 생산성 향상. 지속 가능한 정밀화확소재제조에 대한 관심이 높아짐에 따라 친환경 기술 및 개발에 집중할 것으로 예상됨.

– 일본은 지속적인 기술개발, 특히 친환경기술, 나노기술, 및 생물공학 기술을 활용해 고부가가치 화학소재 분야 위주로 산업구조 전환. 특히, 일본 정밀화학시장은 반도체, 디스플레이, 고부가 플라스틱, 화장품, 의약품 등의 산업에 큰 영향을 미치는 핵심 원료를 생산하고 있음.

* 자국 시장뿐만 아닌 동남아시아 등 신흥시장에 진출하며 해외시장에서도 경쟁력을 유지하고 있음.

– 유럽은 탄소 배출 감소 및 재활용과 같은 친환경 생산 방식을 추구하고 있으며, 규제가 강화되고 있는 화학물질의 환경 친화성 검증기술 개발도 활발히 이루어지고 있음.

□ 국내 동향

○ 국내 정밀화학분야 시장은 ‘16년 기준 약 54조 8천억원 규모로 연평균 5.0% 성장 (정밀화학산업 통계, 한국정밀화학산업진흥회, ‘17)

– 의약 및 화장품·향료 분야 시장규모가 각각 약 19조 4천억원과 8조 9천억원으로 전체 시장의 35.3%와 16.2%를 차지함.

– 최근 5년간 내수시장 연평균 성장률은 의약 및 화장품·향료 분야에서 각각 11.1%와 3.5%로 꾸준히 성장하고 있으며, 수출 품목의 경우, 의약(18%) 및 화장품·향료(49.5%) 등에서 매우 높은 성장률 기록하고 있음.

○ 국내 정밀화학산업은 비교적 내수시장이 큰 의약, 농약, 염료 업종에서 범용제품 위주로 발전함.

○ 국내 제조 기술은 상당 부분 선진국 수준에 도달하였으나, 핵심 기술인 원제 및 중간체 생산은 현재까지 선진국에 의존하는 실정임.

- 원제 및 중간체의 경우 막대한 연구비의 투자와 축적된 고도의 기술을 바탕으로 함.

○ 정부는 핵심기술에 대한 자체 확보의 중요성을 강조하며 연구개발 투자 비중을 지속적으로 확대하고 있으며 IT·NT·BT 등과 연계한 새로운 정밀화학 제품개발에 대한 기대로 기업들의 연구개발 투자가 증가하고 있음.

- 특히, 환경 보호에 대한 관심과 관련 정책의 강화로 인해 친환경 제품과 기술에 대한 수요가 증가할 것으로 전망됨.

- 대규모 투자를 통해 기초-정밀화학 연계 첨단화학 특화단지를 대산에 조성함.

* 5대 수요산업 연계 10대 분야 핵심소재 개발 기업 육성, 고부가 화학소재 R&D (2천억원, '22) 및 생산능력 강화 계획을 발표 (화학산업 발전전략, 산업통상자원부, '18.02).

□ 사업수행에 필요한 요소기술·제반기술

○ 수요기업 맞춤형 분리·정제·추출 기술 개발 필요

- 소량 다품종 정밀화학공정 특성상 다양한 형태의 물질 분리·정제·추출·고부가화 필요

- 첨단수준의 분리·정제·추출 기술을 확보하고 맞춤형 분리·정제·추출 기술 최적화 필요

○ 다양한 유기용매 적용 가능한 분리막 기술 개발

- 정밀화학 공정에서 사용되는 다양한 유기용매를 분리하기 위한 내용매성이 확보된 분리막 기술 개발 필요

- 기공 크기 조절을 통한 분리막 제거 성능 조절 기술 개발

- 모듈화 가능한 기계적 강도 확보 필요

○ 대용량 산업공정에 적용 가능한 분리막 모듈 및 시스템 scale-up 기술 개발

- Scale-up된 규모에 맞춘 분리막 모듈 및 시스템 제작 및 최적화, 해당 모듈 및 시스템에 맞는 공정 조건 확립 필요

- 장기 내구성을 위한 시스템 안정성 확보 기술 필요

○ 고함수 천연물로부터 고부가 정밀화학소재 회수 공정의 효율 향상을 위한 초(아)임계 건조 동시 추출 하이브리드 공정 기술 개발 필요

- 효율 향상을 위한 대상 고함수 천연물 대상 초·아임계 추출 데이터 확보
- 고부가 화학소재 회수를 위한 전처리 및 추출 공정 개발
- Scale-up된 규모에 맞춘 실증규모 초(아)임계 추출 시스템 설계 및 제작
- 추출후 부산물의 고부가화 전략 수립

3.3 특허 동향

□ 분석대상 특허 검색 DB 및 검색범위

○ 한국, 일본, 유럽, 미국 및 중국의 공개/등록특허를 특허분석 대상으로 하여, 에너지다소비 화학공정 효율향상 및 스케일업 기술 개발에 부합하는 특허를 추출함.

- 1975년 01월(출원일 기준)부터 2023년 11월(검색일 기준)까지 출원공개된 특허 총 886건을 분석대상으로 함.

○ 분석대상 특허[2)]

<표 14 >특허 분석 구간 및 범위

자료 구분	국 가	검색 DB	검색구간	검색범위
공개.등록특허 (공개.등록일 기준)	한국	WISDOMAIN	1975.01 ~ 현재(2023.11)	특허공개 및 등록 전체문서
	일본			특허공개 및 등록 전체문서
	미국			특허공개, 특허공개(공표), 특허공개(재공표) 전체문서
	유럽			EP-A(Applications) 및 EP-B(Granted) 전체문서
	중국			특허공개 및 등록 전체문서

1) 출원일 기준으로 분석하며, 일반적으로 특허출원 후 18개월이 경과된 때에 출원 관련정보를 대중에게 공개하고 있음.

□ 검색식 도출

○ “에너지다소비 화학공정 효율향상 및 스케일업 기술 개발”에 대한 핵심 키워드를 바탕으로 특허분석을 위한 1차 키워드를 도출하고, 이를 바탕으로 해당 기술을 포함할 수 있는 검색식을 완성

○ 최종 검색식

<표 15> 특허 검색식 및 검색 건수

기술	검색식	검색건수
에너지다소비 화학공정 효율향상 및 스케일업 기술 개발	(TAC=(((화학 OR chemical OR 케미컬 OR 케미칼 OR chemistry OR 캐미컬 OR 캐미칼 OR 화학적 OR 케미스트리 OR 생화학) NEAR/2 (공정 OR 프로세스 OR process OR 방법 OR 시스템 OR 설비 OR 공장 OR 장치 OR 과정 OR 장비 OR 제법 OR system OR 관리 OR 제어 OR 프로세싱)) AND ((효율 OR efficiency OR 성능 OR 고효율 OR 효과 OR 생산성 OR 능률 OR 신뢰성) NEAR/2 (향상 OR 개선 OR 증가 OR 증진 OR 증대 OR 강화 OR 상승 OR 증강 OR 개량 OR improve OR increase OR 최적 OR 보완 OR 발전 OR enhance OR improvement OR 개발 OR 보강 OR upgrade)))) AND DESC=(((에너지 OR energy OR 자원 OR resource OR 리소스) NEAR/2 (절감 OR 저감 OR 감소 OR 절약 OR 줄이 OR 감축 OR reduction OR reduce OR 경감 OR 절전 OR 줄여 OR save OR efficiency OR 최적 OR 최소 OR 축소)))	1,118건

□ 주요국 기술개발 활동 현황

○ 최근 원유나 천연가스 가격의 상승으로 에너지 비용이 기업의 수익을 크게 악화시키고 있는 가운데, 생산 효율성 면에서 에너지 다소비 업체들의 생존이 위협받고 있음.

- 철강업과 석유화학업은 대표적인 에너지다소비 산업임.
- 에너지다소비 화학공정 효율향상 및 스케일업 기술 개발과 관련성이 있는 특허는 1978년부터 등장하기 시작하였음.
- 에너지다소비 화학공정 효율향상 및 스케일업 기술 개발과 관련하여 전체 국가에서 이루어진 특허출원 동향을 살펴보면, 전체적으로 2000년대부터 특허출원이 증가하는 모습이 보이고 있음.

○ 국가별로 살펴보면, 한국에서 이루어진 특허출원의 경우 1987년 특허출원이 시작된 이후 특허출원이 이루어지지 않은 공백기가 다소 존재하지만 1998년부터 지속적인 특허출원이 이루어지고 있음.

- 미국에서 이루어진 특허출원의 경우 1978년 특허출원이 시작된 이후 1998년까지 특허출원이 이루어지지 않은 공백기가 다소 존재하지만, 꾸준하게 특허출원이 이루어지고 있는 모습을 보이고 있음.

- 일본에서 이루어진 특허출원의 경우 1991년 특허출원이 시작된 이후 전체 기간에 걸쳐 특허출원이 이루어지지 않은 공백기가 다소 존재하지만, 전체적으로 안정적인 특허출원이 이루어지고 있음.

- 유럽에서 이루어진 특허출원의 경우 1985년 특허출원이 시작된 이후 최근까지 간헐적인 특허출원이 이루어지고 있지만, 특허출원 동향을 분석하기에 무리가 있음.

- 중국에서 이루어진 특허출원의 경우 2001부터 의미 있는 특허출원이 이루어졌고, 2010년대 후반 이후 특허출원이 증가하는 모습을 보이고 있음.

* 연도별 특허출원 동향 그래프에서 2022년 이후 특허출원이 감소하고 있는 것은 특허출원은 특허출원 후 1년 6개월이 경과해야만 공개되는 특허제도의 특성상, 실제 특허출원이 이루어졌으나 아직 공개되지 않아서 특허분석 데이터 상에 포함되지 않았을 수 있음을 유의해야 함.

○ 에너지다소비 화학공정 효율향상 및 스케일업 기술 개발에 관한 국가별 특허출원 현황을 보면, 전체 특허출원 건수인 1,118건 중 중국의 특허출원이 777건(69%)로 가장 큰 비중을 차지하고 있고, 다음으로 미국의 특허출원이 113건(10%), 일본의 특허출원이 107건, 일본의 특허출원이 102건, 유럽의 특허출원이 19건의 비중을 차지하고 있음.

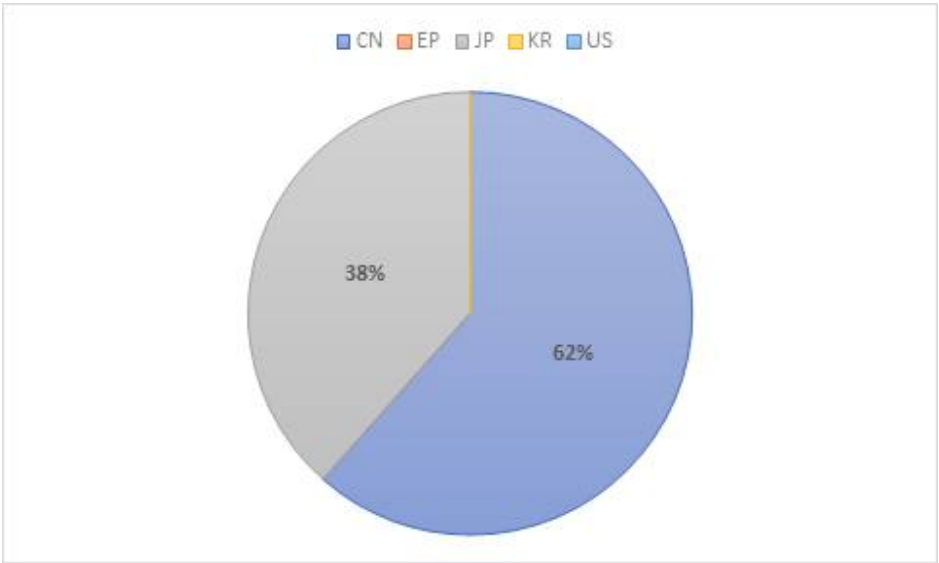
- 2000년대 들어 가장 활발한 특허출원이 이루어지고 있는 중국이 전체 특허출원에서 절반 이상의 큰 비중을 차지하고 있음

□ 주요출원인의 국가별 출원현황 분석

○ 에너지다소비 화학공정 효율향상 및 스케일업 기술 개발과 관련된 주요출원인으로서 상위 10위의 출원인을 선정하였으며, 상위 10위까지 출원인의 특허출원은 94건이고 이는 전체 886건의 특허출원에서 약 8%의 비중을 차지하고 있음.



[그림 25] 특허 출원인 분포



[그림 26] 특허 출원국 비중

○ 상위 10위의 출원인은 대부분 중국이나 일본의 국적을 가지고 있는 기업이고, 이들이 에너지다소비 화학공정 효율향상 및 스케일업 기술 개발을 주도하고 있는 것으로 볼 수 있음.

– 가장 많은 특허출원을 진행한 중국의 INST ENG THERMOPHYSICS CAS는 중국에서 모든 특허출원을 진행하였고, 일본의 TOSHIBA CORP는 일본에서 모든 특허출원을 진행하였음

3.4 표준화 동향

□ 해외 동향

○ 정밀화학산업 분야의 공정 및 에너지효율을 평가할 수 있는 해외 표준 및 표준화 기구는 현재 부재한 상황이며, 각 국가에서 분리·정제·추출 등 세부 기술에 대한 국제표준화만 진행되고 있음.

○ ISO(International Organization for Standard, 국제표준화기구)에서 분리·정제·추출 등 개별 기술에 대한 표준이 일부 제정되어 있음.

- ISO/TC 282 SC 3(Risk and performance evaluation of water reuse system) 및 ISO/TC 34 SC 11(Animal and vegetable fats and oils)에서 화학 공정의 분리, 추출 등에 대한 표준화를 추진하고 있음.

  * 2018년도 ISO/TC 282에서 제정된 ISO 20468-5는 분리막 기술을 활용한 분리·여과 공정에 대한 용어, 측정, 분석 및 평가 방법을 제시함.
  * 1998년 ISO/TC 34에서 제정되어 2017년 최신 개정된 ISO 15302는 초임계 크로마토그래피(Supercritical Fluid Chromatography, SFC)를 활용하여 원유 및 식물성 유지 내 벤조피렌 함량을 측정하는 방법이 기술되어 정밀화학공정 중 분획에 관한 내용을 포함하고 있음.

○ 해외 국가표준 및 단체표준에도 정밀화학 분야 공정 및 에너지효율에 대한 표준은 없으며, 국제표준과 마찬가지로 개별 공정 기술에 대한 표준이 제정되어 있음.

- 프랑스(NF), 일본(JIS), 미국(ASTM)에는 정밀화학공정에 핵심기술인 분리막에 대한 표준이 다수 제정되어 있음.

  * 프랑스는 분리막의 분리 및 여과 성능평가를 위해 NF X45-101, NF X45-104 등의 국가표준을 제정하여 막의 투과성 및 입자 여과 효율을 평가하는 방법에 대한 내용을 제시하였으나, 1996년에 제정되어 2011년에 개정된 표준으로 최신 정밀화학공정에 적용하기는 어려운 것으로 보임.
  * 일본은 정밀화학공정의 세부 기술에 대한 표준화를 추진하여 2015년에 분리막의 공정 기술 및 용어에 대한 표준인 JIS K3802를 제정하였으나, 성능평가 관련 표준은 부재한 것으로 보임.
  * 미국은 정밀화학 세부 공정 관련 성능평가에 대한 표준을 다수 제정하였으며, ASTM E1449는 초임계 크로마토그래피 기술 및 평가에 대한 내용을 포함하고 있으며, ASTM D6161, ASTM D7601 등은 막 분리 공정에서의 역삼투에 대한 성능평가법을 제시하고 있음.

<표 16> 정밀화학공정 세부 기술 관련 표준 (해외)

구 분	명 칭	개 요
ISO 20468-5	Guidelines for performance evaluation of treatment technologies for water reuse systems — Part 5: Membrane filtration	- 멤브레인 기술(막 여과 공정)을 이용한 물 재생 시스템의 성능 평가 방법 제시
ASTM D6161-19	Standard Terminology Used for Microfiltration, Ultrafiltration, Nanofiltration, and Reverse Osmosis Membrane Processes	- 막 분리 공정을 위한 미세여과, 한외여과, 나노여과 및 역삼투에 대한 용어 정리
ASTM D7601-19	Standard Practice for Pressure Driven Membrane Separation Element/Bundle Evaluation	- 막 분리 공정을 위한 미세여과, 한외여과, 나노여과 및 역삼투에 성능평가 방법 제시
NF X45-101	Liquids filtration. Porous membranes. Permeability test using a reference water.	- 한외여과 및 나노여과 막의 기준수에 대한 투과성 측정 방법 제시
NF X45-104	Filtering membranes – Test methods – Evaluation of particle filtering efficiency of microfiltration membranes	- 미세여과 막의 입자 여과 효율 결정 방법 정의
JIS K 3802	Technical terms for membranes and membrane process	- 멤브레인 및 멤브레인 분리 공정에 대한 기술적 용어 정리
ISO 15302	Animal and vegetable fats and oils – Determination of benzo[a]pyrene—Reverse-phase high performance liquid chromatography method	- 형광 검출을 이용한 역상 고속 액체 크로마토그래피로 원유 또는 정제 식물성 유지의 벤조피렌 측정 방법
ASTM E1449-92	Standard Guide for Supercritical Fluid Chromatography Terms and Relationships	- 초임계 유체 크로마토그래피에 대한 용어 및 관계 정리
ASTM D6550	Standard Test Method for Determination of Olefin of Gasolines by Supercritical-Fluid Chromatography	- 초임계 유체 크로마토그래피 추출법을 활용한 가솔린 내 올레핀 함량 측정 방법
ASTM D7347	Standard Test Method for Determination of Olefin Content in Denatured Ethanol by Supercritical Fluid Chromatography	- 초임계 유체 크로마토그래피 추출법을 활용한 변성 에탄올 내 올레핀의 총량 측정 방법
ASTM D5186	Standard Test Method for Determination of the Aromatic Content and Polynuclear Aromatic Content of Diesel Fuels By Supercritical Fluid Chromatography	- 초임계 유체 크로마토그래피(SFC) 추출법을 활용한 디젤 연료 내 탄화수소 화합물 총량 측정 방법

□ 국내 동향

○ 한국산업표준(KS)에서도 해외 표준화 동향과 마찬가지로 정밀화학공정 및 공정 효율성 향상에 관한 표준은 부재하며, 분리・정제・추출 등 개별 기술에 대한 표준이 일부 제정되어 있음.

– KS M(화학)에서 화학 관련 국가표준을 다루고 있지만, 화학제품에 대한 표준이 대부분이며 화학공정 관련 표준은 개별 기술에 대해 일부 제정되어 있

음. 그 외 KS K(섬유), KS I(환경) 등에서 각 대상 기술에 맞는 여과, 화학적 성능평가에 대한 표준이 제정되어 활용되고 있음.

* 화학 분리 공정 관련 국제표준 부합화를 통해 KS M ISO 11401을 포함한 3개 표준을 제정하였으며, 초임계 크로마토그래피를 활용하여 화합물 추출, 성분 함량을 평가하는 방법을 제시함.
* 2002년부터 분리·여과 공정 관련 KS K 3100, KS K 3101을 포함한 6개의 표준이 제정되었으며, 분리막 모듈, 분자량 측정, 투과성, 내화학성 등에 대한 방법을 제시하고 있으나, 한외여과막만을 대상으로 하고 있어 최신 정밀화학공정에 적용하기는 힘든 실정임.

○ 한국표준과학연구원, 한국화학연구원 등에서 정밀화학 관련 표준화를 진행하고 있으나, 가스, 무기, 바이오, 방사선, 유기분석에 관한 측정표준으로 공정 및 에너지에 대한 표준화는 이루어지지 않고 있음.

<표 17> 정밀화학공정 관련 표준 (국내)

구 분	명 칭	개 요
KS K 0103	분리막 용어	- 액체 처리에 이용되는 분리막 및 분리 공정에 관한 용어에 대해 규정
KS K 3100	한외 여과용 중공사막의 외압식/내압식 투과 플럭스 성능 시험방법	- 한외 여과용 중공사형 분리막의 투수 방식에 따른 투과 플럭스(water flux) 성능 시험방법 규정
KS K 3101	중수도 적용 한외 여과용 중공사막 모듈의 투과 플럭스 성능 시험방법	- 중수도 적용 한외 여과용 중공사형 분리막 모듈의 투과 플럭스 성능 시험방법 규정
KS K 3102	한외 여과용 중공사막의 분획 분자량 측정방법	- 한외 여과용 중공사형 분리막의 분획 분자량을 측정방법 규정
KS K 3103	한외 여과 중공사 막의 내화학성 시험방법	- 화학약품에 침지된 중공사형 분리막의 내화학성 평가 방법 제시
KS K 3104	정밀여과 평막의 내화학성 시험방법	- 화학약품에 침지된 마이크로여과 평막의 내화학성 평가 방법 제시
KS I 9204	마이크로 여과막 엘리먼트 및 모듈의 입자 제거율 시험방법	- 수처리용 고분자 마이크로 여과막 엘리먼트 및 모듈의 성능시험 방법 제시
KS M ISO 11401	플라스틱-페놀 수지-액체 크로마토그래피에 의한 분리 방법	- 화합물 성분 내 페놀 수지를 분리하기 위한 크로마토그래피 방법 규정
KS H ISO 15302	동물성 및 식물성 유지 - 벤조피렌 측정 - 역상 고속액체 크로마토그래프법	- 형광 검출을 이용한 역상 고속액체 크로마토그래피로 원유 또는 정제 식물성 유지의 벤조피렌 측정 방법
KS H ISO 17494	방향성 추출물, 향미 및 향장 화합물-에탄올 함량 측정-충전 갈럼과 모세 칼럼을 사용한 기체 크로마토그래피	- 충전 칼럼 또는 모세 칼럼을 사용한 기체 크로마토그래피로 방향성 추출물, 향미 및 향장 화합물 중의 에탄올 함량 측정 방법 제시

3.5 정부R&D 지원현황

□ 투자 동향

○ 정밀화학에 대한 정부지원은 에너지수요관리핵심기술개발에서 지속적으로 이루어졌음.

– “정밀화학 제품 고부가치화를 위한 하이브리드 분리·정제-건조 공정 기술 개발”(2018-2021)

* 유기 UV 차단제 생산에 활용한 용매를 재활용하기 위해 organic solvent nanofiltration(OSN) 분리막을 이용한 에탄올 및 톨루엔 분리 및 재활용 기술 개발
* 유기 UV 차단제 최종 제품에 에탄올 고도 분리를 위한 기계적 건조기술 개발

* 감압증류-건조 통합형 초임계 이산화탄소 건조 및 분말화 공정 개발

- “정밀화학산업 반응-분리·정제 에너지절감 공정 기술 개발 및 실증”(2020-2023)

* 의약 분야 용매 재활용을 위한 분리막 공정 및 simulated moving bed 공정 개발
* 바이오매스 유래 화장품 소재 합성 및 분리를 위한 발효 및 전기화학 전환공정 개발, 발효액으로부터 유기산 분리용 분리막 공정 개발
* 천연물 추출 및 화장품 소재 적용을 위한 초임계 이산화탄소 추출 및 아임계수 추출공정 개발

- “바이오 여과막용 고성능 분리막 개발 및 특성평가 분석기술 개발”(2020-2024)

* 의약분야 바이러스 등 의약품 필터 소재 및 부품 기술 개발

□ 기술개발 현황

○ 분리막-증류기술 하이브리드 공정을 이용하여 농축에너지를 절감하는 공정이 개발되었음.

- 자외선차단제 원료물질 합성공정에 사용되는 용매 재활용을 위한 분리막 공정이 개발되었음.

- 열풍건조공정의 에너지절감을 위한 신규 건조공정이 개발되었음.

- 초임계 이산화탄소를 이용한 에탄올 제거 공정이 개발되었음.

○ 분리막 기반 하이브리드 공정을 통한 정밀화학공정에서의 분리/정제 에너지 저감 기술이 개발되었음.

- 고부가가치 의약제품 생산을 위한 고성능 유기용매나노분리막(OSN) 및 흡착제가 개발되었음.

- 내용매성이 우수한 고성능 분리막/모듈 및 맞춤형 흡착제가 개발되었음.

- 바이오매스 유래 유기산 및 퓨란계 화합물의 선택적 고순도 분리공정기술이 개발되었음.

- 건조된 천연물로부터 기능성 오일 및 유용성분을 성분을 효율적으로 추출할 수 있는 초임계 이산화탄소 및 아임계수 추출 기술이 개발되었음.

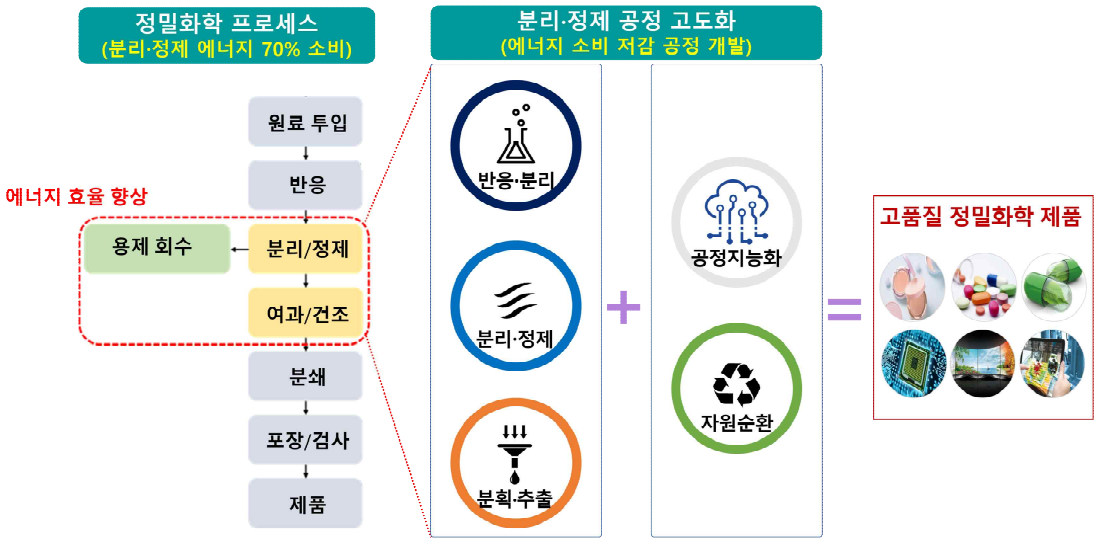
○ 초임계유체공정을 이용한 정밀화학의 정부 R&D로 단순한 추출공정 또는 초임계유체 추출-분리막 하이브리드 공정이 개발되었음.

– 화장품 소재에서 잔류 유기용매를 제거하여 최종 제품의 순도를 향상시키는 기술 및 화장품 소재의 잔류유기용매 제거-분말화 하이브리드 공정을 통한 공정단순화 및 에너지절감 기술이 개발되었음.

– 다양한 식품부산물로부터 화장품 소재 추출의 에너지절감을 위한 초임계 이산화탄소-분리막 하이브드리 공정 및 아임계수-분리막 하이브리드 공정이 개발되었음.

3.6 시사점

□ **정밀화학 산업의 핵심인 에너지 다소비 공정의 에너지 효율화와 공정 고도화를 위한 상용규모 기술개발 추진 필요**



[그림 27] 정밀화학산업 에너지 절감을 위한 공정 고도화 및 지능화 개념도

○ 분리·정제·분획·농축 성능과 공정 에너지 효율화는 에너지 소비량 절감과 탄소중립에 기여가 크기 때문에 첨단수준의 기술 확보 주력 필요.

○ 저에너지 소비형 분리·정제 공정 대체를 통한 산업 공정 기술 경쟁력을 제고하고, 관련 정밀화학 제품의 글로벌 경쟁력 강화 및 탄소중립 달성 필요.

* 기존 에너지 다소비 분리·정제 공정에서 탈피하여 분리막 기반 플랫폼형 저에너지 공정 첨단 기술 개발을 통해 상용화 및 경제적 성과 발생 가능

○ 초임계유체 기반 추출·분획 기술은 천연물 추출에서 활발히 연구되는 기술로 식품, 의약, 반도체 등 정밀화학을 비롯한 여러 산업 분야에 상

용화되어 활용되고 있어 국제적으로 선도적 기술을 보유하고 있음.

- 하지만, 에너지 효율 향상을 위한 단위공정의 설계나 건조 등 다른 공정과의 하이브리드 기술에 대한 연구는 매우 저조함.

- 특히 고함수 천연물로부터 의약품·화장품·건강보조식품으로 활용될 수 있는 천연소재를 회수하기 위해서 물을 증발하기 위한 건조공정에 과도한 에너지가 소모되고 있으나, 이를 해결하기 위한 에너지 절약형 건조·초임계 하이브리드 공정 개발은 연구가 거의 이루어지고 있지 않음.

○ 따라서 천연물 추출에 있어 수요기업 맞춤형으로 최적화된 건조 동시 추출 하이브리드 공정을 도입하여 에너지를 절약하면서 높은 추출 수율 및 분리 성능 확보 기술 개발 필요.

- 또한 고함수 천연물 추출 후 남은 부산물이 건조중량 대비 60%-70%에 해당하기 때문에 부산물의 고부가화 전략 수립으로 전 공정의 경제성 확보 필요.

○ 기존 정부 R&D를 통해 개발된 분리막 과제는 유기용매 사용 및 극한 pH 조건으로 인해 수처리 분리막의 적용이 불가능한 정밀화학산업분야용 분리막 소재 제조 및 공정 적용 가능성을 검증하였고, 실제 수요기업을 대상으로 유기용매 나노분리막 실증 공정을 적용하여 대상공정에서 발생되는 용액(유기용매+제품)의 고농축화 또는 고순도화를 추진함.

- 하지만 유기용매 나노분리막은 유기용매에 따른 분리막의 투과성능이 수십배에서 수백배 차이가 나기 때문에 다양한 유기용매에 대한 적용성이 확인되어야 하며, 이에 따라 대상공정에 적합한 분리막의 실증을 통해, 상용화 공정 설계자료를 확보하고, 동시에 에너지 효율화 달성 유무를 확인함으로써 TRL6~8 수준의 공정기술을 확보함으로써, 상용화 시점을 단축시킬 필요가 있음.

○ 최근 세계시장은 기존 및 신규 제조 공정기술에 대해 4차 산업 혁명 기술(인공지능, 기계학습 등)을 접목한 스마트 시스템을 구축하고 있으나, 국내 관련 시장은 초기 개발 단계 수준에 그쳐 경쟁력 약화 우려

* 정밀화학분야에 클라우드, 인공지능, 기계학습 및 가상/증강 현실 등 4차 산업 기술을 도입한 스마트 공정 설계, 모사 및 운전기술 적용 필요

○ 실증화 공정 R&D를 통해 도출된 데이터를 바탕으로 디지털화 진행 연

구를 수행함으로써 기술경쟁력을 갖춘 기술 보급 필요



[그림 28] 정밀화학산업의 현재 문제점 및 본 과제를 통한 개선

□ **실증 연구 수행을 통해 상용화 근접 기술을 확보함으로써 관련 산업의 실질적인 시장 경쟁력 강화 기여 필요**

○ 분리·정제·분획·추출 공정은 정밀화학산업에서 필수적인 공정으로기 구축된 공정과의 하이브리드화 및 최종제품 맞춤형 플랫폼 공정 개발로 다양한 정밀화학 공정 수요기업 지원 필요.

○ 에너지 저소비형 분리·정제 공정의 범용적 기술 발전을 통해 의약, 바이오, 화장품, 건강기능식품 등 다양한 정밀화학산업 시장에 진출할 수 있는 기반 조성 필요.

Ⅱ. 기획대상연구개발과제 도출

1. 미활용에너지활용 에너지절감형 식물공장 시스템 개발 및 실증

1.1 연구개발과제기획 방향

□ 연구개발과제기획 기본방향

○ 급격하게 성장하는 식물공장의 지속가능성을 위해 에너지 소비량을 절감시킬 수 있는 기술 개발 과제 기획

– 인공 조명을 광원으로 사용하는 식물공장의 전기소비량 절감과 조명 발열로 인한 냉방과 증산작용으로 인한 제습 등에 소모되는 에너지 소비량 절감에 기여할 수 있는 과제로 구성

– 수직형 고밀도화에 효과적으로 대응할 수 있는 고효율 기술 개발

– 식물공장 작물의 광 요구도 및 온도 조건에 따른 최적 설계

– 에너지 투입이 적은 식물공장 환경 조절 설비 시스템 구성(히트펌프, 가습기, 제습기, CO2 시비기 등)

– 식물공장 다단 베드내 환경을 균일하게 유지하기 위한 공기 유동 설계 및 유동팬 배치

○ 산업폐열, 배열 등 미활용에너지 기반의 식물공장 에너지 시스템을 구현하고 고효율 식물공장 전용 기기, 설비 및 시스템 설계 기술을 확보할 수 있는 과제로 기획

– 연중 가동 및 계절에 따른 식물공장 에너지 효율 최적화를 위한 시스템 구성 및 운전 기술 확보

○ 작물생산에 투입되는 에너지량을 기준으로 세계최고수준의 목표달성 설정하여 글로벌 관점의 경쟁력 확보 필요

– 다양한 작물 중 특정 작물로 표적화되지 않도록 경제성 관점의 등가 환산법 허용하여 적용

□ 기획대상연구개발과제 현황

연구개발과제(품목)명		연계 수요 (도출근거)
기획대상주제명	기획대상 연구개발과제(품목)명	
미활용에너지활용 에너지절감형 식물공장 시스템 개발 및 실증	미활용에너지활용 에너지절감형 식물공장 시스템 개발 및 실증	ㅇ 정부정책 - 제10차 전력수급 기본계획('23.1) * (전력절감 정책목표) '36년 기준 최대전력은 17.7GW (기준수요의 13.0%), 전력소비량은 105.7TWh(기준수요의 15.0%) 절감 추진 - 시장원리 기반 에너지 수요효율화 종합대책('22.6) * '27년 에너지효율 선진강국 도약 * 향후 5년간 에너지소비 2.2천만 TOE 절감(산업 15.8백만 TOE 71.8%, 건물 3.7백만 TOE 16.9%, 수송 2.5백만 TOE 11.4%), 에너지원단위 25% 개선 - 새정부 에너지정책 방향 ('22.7) * 시장원리에 기반한 에너지 수요 효율화 및 시장구조 확립을 위해 산업, 가정·건물, 수송 등 3대 부문 수요 효율화 혁신 추진 * 에너지 신산업의 성장동력화 및 수출산업화

□ 사업화 연계성과 발생 가능성

연구개발과제(품목)명		지식재산권				표준[2]	인증[3]
		등록특허		소프트웨어	기타[1]		
기획대상 주제명	기획대상 연구개발과제 (품목)명	해외	국내				
미활용에너지활용 에너지절감형 식물공장 시스템 개발 및 실증	미활용에너지활용 에너지절감형 식물공장 시스템 개발 및 실증	△	○	○	×	×	△

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)

□ 기획 과제의 기술분류 및 활용분야

기술분류*			활용분야**			
산업기술분류 (1순위)	국가과학기술 표준분류(1순위)		구분	업종	에너지원	에너지사용 설비군
	연구분야	적용분야				
600903 열-열사용 설비기술	EA0799 달리 분류되지 않는 에너지/환경기계 시스템	Y99.(기타 산업)	산업	일반 목적용 기계 제조업	전력	열사용 및 열이송

* 연구개발계획서 작성시 해당 기술분류에 50% 이상 가중치 부여
** 활용분야는 개발된 기술의 적용가능성이 가장 높고 에너지 감축효과가 가장 클것으로 예상되는 업종의 감축 에너지원, 에너지사용 설비군을 기재

1.2 개발위험 관리방안

□ 기술개발 위험요인

○ 식물공장 에너지 효율 제고와 작물 재배 동시 만족 및 작업장 환경 관점에서의 요구사항 만족하는 광원기술 개발 필요

– 기존 식물공장에 적합한 광원으로 660nm과 430nm LED 조합(8:2)이 많이 적용되었지만, 작업자의 눈 피로도 때문에 화이트 LED 적용

– 개발된 식물공장용 LED실증에서 따른 작업자의 시각 피로도 및 작물의 생산성 효율을 같이 검증하는 것이 필요함

○ 배가스를 활용한 CO2 시비 활용시 난점 극복 필요

– 배가스에 섞인 CO, 에틸렌, NOx는 각각 작업자와 식물에게 위험요소임.

– 축적된 고농도 CO가스의 노출될경우 작업자에게 두통 및 졸림을 유발하고, 가스 중독의 원인이 되므로 지속적인 모니터링 및 안전 장치 요구됨

○ 폐열을 활용한 식물공장 난방에 활용할 때 고려할 점

–실증단계까지 진행되는 동 과제의 특성상 폐열을 제공하는 과정에서 문제가 생기는 것에 대한 우려를 해소하는 방안 제시가 필수

□ 사업화 애로사항

○ 스마트 온실과 비교하여 에너지 사용량이 높기 때문에 수직농장에 합당한 생산 품목의 생산성을 고려한 비즈니스 모델 제시 필요

1.3 기획연구개발과제 RFP/기술개요서(연구개발과제기획이력서)

’24년도 에너지기술개발사업 신규연구개발과제 품목개요서 (통합형 연구개발과제)

관리번호	2024 - 수요관리 - 효율혁신 - 통합형-2	산업기술분류	중분류Ⅰ	중분류Ⅱ
과제유형	□ 원천기술 ■ 혁신제품		에너지효율향상	에너지/환경 기계시스템
해당여부	□ 표준연계 □ 경쟁형R&D □ 복수형 R&D □ 국가핵심기술 □ 안전관리형과제 □ 공기업협력 ■ 탄소중립 □ 국제공동 R&D ■ 통합형 □ 초격차 ■ 실증형			
R&D 자율성트랙	■ R&D 자율성트랙(일반) □ R&D 자율성트랙(지정)			
프로젝트명	**미활용에너지 활용 에너지 절감형 식물공장 시스템 개발 및 실증**			

1. 필요성

○ **(기술성)** 식물공장의 대형화/자동화가 진행될수록 운영비에서 에너지 비용이 차지하는 비율이 증가하게 되며 미활용에너지(산업폐열, 건물폐열, 폐기물, 폐가스 등) 활용 및 시스템 고효율화를 통한 에너지 사용량 절감 기술 개발 필요

– 식물공장은 다층 재배구조 형태의 밀식재배로 운영되므로 수직방향의 유동/환경 균일화가 중요하며 에너지 절감을 위한 미활용에너지활용 고정밀 공조 기술 개발 필요

– 물류와 연계한 식물공장 대형화 진행으로 에너지 사용량 절감을 위한 기술적인 난점 증가

○ **(경제성)** 글로벌 식물공장 시장은 ’21년 32억 달러 규모에서 ‘26년 97억 달러 규모로 25.0%의 높은 연평균성장률(’21-‘26)이 예상됨(Markets and Markets, '21)

* 건물형 수직농장(Building-based) 28억 달러, 컨테이너형 수직농장(Shipping container-based) 4억 달러 규모

– 신선식품 시장 확대로 도시농업 수요 증가 추세

○ **(정책성)** 에너지다소비 건물인 식물공장에 대한 에너지 효율 관점에서의 정책 마련 필요

– 식물공장을 대상으로한 체계적인 공조, 설비 분야 기술 확보가 필요하며 식물공장 급증시 에너지 수요관리 관점에서의 대응 방안 마련 필요

2. 프로젝트 개념

○ **(기술개념)** 산업 또는 상업 현장에서 활용되지 않고 버려지는 에너지를 사용하고 높은 에너지 효율의 핵심 자재와 기술들을 적용하여 에너지 절감 성능이 우수한 식물공장 기술을 개발하고 실증 단계까지 추진

○ **(기술개발방향)**

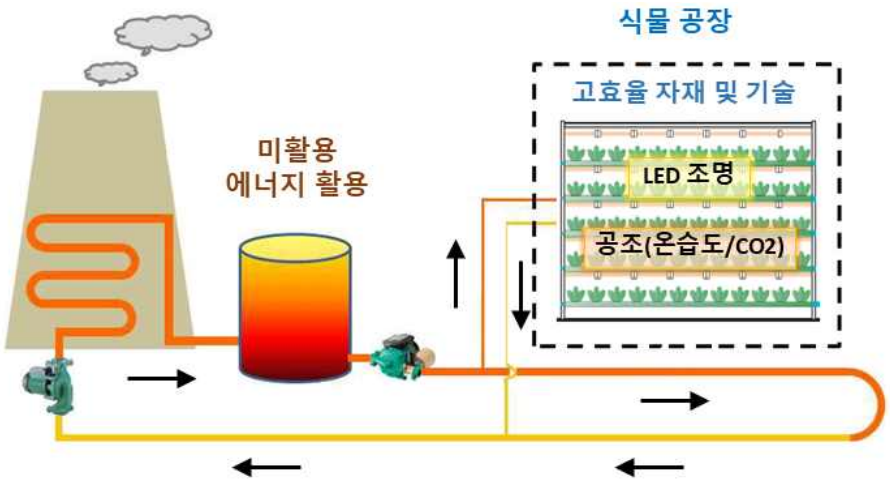
– 에너지 다소비 시설인 식물공장의 에너지 고효율화 기술 개발 및 에너지 활용 식물공장 시스템 건물 실증을 통한 식물공장 표준 모델 개발

* 광합성 효율이 높으면서 발열이 낮은 고출력 LED 개발 및 균일한 광원 배치 설계
* 난방과 더불어 LED 조명의 발열을 고려하여 냉방 기능을 고효율로 구현
* 수직농장 작물의 효율적인 생산을 위해 CO_2 공급이 필수적임
* 작물의 증산작용 때문에 습도관리 특히 제습이 중요(초기 재배기간에는 가습기술 필요)
* 다층밀식재배 구조 특성상 균일한 내부 환경을 위한 공기 유동과 조명 설계 기술 개발 필요

- 산업 폐열 및 배가스 활용 등 미활용에너지 기반의 식물공장 에너지 시스템을 개발하고 고효율 식물공장 전용 기기, 설비 및 시스템 설계 기술 확보

* 식물공장 주간/야간 운전 최적화 기능(에너지 부하율, 에너지 분배량, 기기 냉방효율 종합 반영)
* 폐열을 흡수식 냉방/제습기 재생열원에 활용, 배가스를 이용한 CO_2 시비 활용 기술 등

○ **(활용분야)** 식물공장(도시농업), 공조설비, 폐열활용 건물 냉난방 분야, 건물에너지, 녹색건축, 표준, 인증 등



<미활용에너지활용 에너지절감형 식물공장 개념도>

3. 개발목표 및 내용

○ **(최종목표)** 에너지 다소비 시설인 식물공장의 에너지 고효율화 기술 개발 및 미활용 에너지 활용 식물공장 시스템 건물 실증을 통한 식물공장 표준 모델 개발

※ 동 과제의 미활용에너지 범위: 배열, 산업폐열 등을 포함하며 신재생에너지는 제외

*** 핵심목표 : 단위생산량당 에너지소비량 15kWh/kg 이하[주](미활용에너지 미적용 기준, 세계최고수준) 실증운전 누적 5,000시간 이상(하절기, 동절기, 간절기 포함), 미활용에너지 활용 비율 20% 이상**

주) 엽채류 기준, 이외의 경우 작물경제성 기준 근거를 포함하여 동등 이상 에너지효율 목표 제시

○ **(세부연구개발과제 연구내용)**

세부연구개발과제명	기술개발 목표 및 내용	비고
① 총괄과제: 미활용에너지 활용 에너지절감형 식물공장 시스템 개발 및 실증 (TRL : 5 ~ 8단계)	ㅇ 전체 총괄 역할 - 세부 연구개발 과제 종합관리 및 사업추진 방향 조정 * 세부과제1과 세부과제2에서 개발된 기술들을 총괄과제에 적용하기 위한 일정과 방안 도출 등 - 연구개발을 통해 획득된 유무형의 연구개발성과물 관리, 사업화 전략 수립 지원 - 경제성을 고려한 작물 재배 기술 개발 도출 - 사업성과(실적) 관리 및 보고 총괄 등 ㅇ 미활용에너지 활용 및 고효율 기기 제어 전략 적용 통합 에너지관리시스템 플랫폼 개발 ㅇ 식물공장 수요 기반 최적 패키지(광원, 공조, 재배)시스템 표준 설계 기술 개발 ㅇ 식물공장 핵심요소기술 및 에너지 성능평가 표준화(안) 개발 ㅇ 미활용에너지 활용 식물공장 시스템 다중 사업화 모델 개발 ㅇ 맞춤형 최적 환경 조성을 위한 LED조명, 공조기기, 터미널 설계·배치 기술 개발 ㅇ 식물공장 건물 실증 추진 - 실증운전 규모는 소규모 모듈형, 500m^2 이상의 대규모	**공고시기** 2024년 공고 **연구개발과제유형** 혁신제품형(실증) **주관연구개발기관** 기업 **정부납부기술료** 징수 **지원기간**

	건물형을 각각 구성하며 전체 사용 에너지 대비 미활용 에너지 활용 비율 20% 이상으로 구성 연구개발계획서 제출시 다음의 항목의 정량적 목표치 및 상용화 수준 제시 필수 **- 실증운전 누적시간(h), 식물공장 단위생산량당 에너지소비량(kWh/kg)*, 에너지 성능평가 표준안(건)** *** 식물공장 단위생산당 에너지 소비량은 미활용에너지 적용시 목표값과 미적용시 목표값을 각각 제시**	55개월 이내
② **세부과제1:** 고효율 에너지 식물공장 핵심 요소 기술 개발 (TRL : 5 ~ 8단계)	ㅇ 식물공장 에너지부하(조명, 냉·난방, 제습, 환기) 분석 ㅇ 초고효율 식물공장 전용 LED 광원 장치 개발 ㅇ LED 발열 냉각 및 열회수 기술 개발 ㅇ 냉방 및 제습 에너지 절감 기술 개발(미활용 열이용 고려 포함) ㅇ 식물공장 전용 고효율 공조기기 (냉방/제습/환기 등) 개발 ㅇ 계절별·작물별 냉방/제습/환기 등 공조기기 에너지절감 최적 제어 기술 개발 ㅇ 식물공장 적용 LED 광원 및 공조기기 에너지효율 기준 도출 연구개발계획서 제출시 다음의 항목의 정량적 목표치 및 상용화 수준 제시 필수 **- 식물공장 단위생산량당 에너지소비량(kWh/kg), 식물공장 적용 LED 및 공조기기 에너지효율 기준안(건)**	**공고시기** 2024년 공고 **연구개발과제유형** 혁신제품형 **주관연구개발기관** 기업 **정부납부기술료** 징수 **지원기간** 55개월 이내
③ **세부과제2:** 미활용에너지 활용 식물공장 에너지 공급 기술 개발 (TRL : 5 ~ 8단계)	ㅇ 미활용에너지 이용 식물공장 사례분석과 활용 방안 도출 ㅇ 미활용에너지 회수/저장/이송 기술 개발 ㅇ 식물공장 연계 미활용에너지 공급 인프라 구축 기술 개발 ㅇ 다양한 특성(식물공장 내외부, 온도대, 열규모 등)을 갖는 미활용에너지의 식물공장 공급 기술 개발 ㅇ 수요기반 계절별·작물별 미활용에너지 공급 최적 제어 및 운영 기술 개발 ㅇ 식물공장 미활용에너지 활용 비율 기준 도출 연구개발계획서 제출시 다음의 항목의 정량적 목표치 및 상용화 수준 제시 필수 **- 미활용에너지 활용비율(%), 미활용에너지 적용시 식물공장 단위생산량당 에너지소비량(kWh/kg), 식물공장 미활용에너지 활용 비율 기준안(건)**	**공고시기** 2024년 공고 **연구개발과제유형** 혁신제품형 **주관연구개발기관** 기업 **정부납부기술료** 징수 **지원기간** 55개월 이내

4. 기타 지원 요건

○ **지원규모**

– 55개월 이내(1차년도 정부지원연구개발비: 40억원 내외, 총 정부지원연구개발비: 185억원 내외)

* 1단계(31개월 이내) 110억원 내외, 2단계(24개월 이내) 75억원 내외

○ **개발위험 극복방안**

– 사업화 성과 발생을 위해 식물공장 규모별 편익 분석 및 국내외 비즈니스 모델 수립 필요

– 기술의 특성상 식물공장 관련 건축 규제, 미활용에너지 공급시스템 연결 규제를 고려한 계획수립 필요

– 미활용에너지 활용 식물공장 에너지 공급시스템의 보호를 위한 안전사고 예측 및 대책 연구 계획 포함 필요

– 연구개발계획서에 사업 성과 관리 및 성과확산 방안 제시 필수

○ **주관연구개발기관 : 기업(중소·중견기업이 연구개발기관으로 참여 필수)**

○ **기타사항**

- 동 과제는 통합형 연구개발과제로 총괄주관연구개발기관이 세부연구개발과제를 포함하여 컨소시엄을 구성하고, 총괄연구개발과제 및 세부연구개발과제별로 연구개발계획서를 제출해야 함
- 에너지절감량과 온실가스감축량 목표 및 산출근거 제시 필수
- **총괄과제는 수요기업이 연구개발기관으로 참여 필수**

2. AI기반 공간 에너지 예측 및 자율 제어를 통한 건물에너지 효율향상 기술 개발 및 실증

2.1 연구개발과제기획 방향

□ 연구개발과제기획 기본방향

○ 건물부문 탄소중심 실현에 기여할 수 있는 기술개발 과제로 기획

– 기존 과제들의 약점 보완을 통한 시장 진출 가능성 제고

* 건물부문 다양한 장치에서 수집된 실시간 데이터를 기반으로 건물의 개별 요소들에 대한 실시간 운전 효율 향상 기술 중심으로 추진

– 건물에너지와 관련된 이기종 데이터의 체계적이고 효과적인 수집/저장/공유/제어에 기여할 수 있는 핵심기술 개발 활동 포함→이기종 데이터 수집 관리를 위한 데이터 허브장치 개발 등

– 건물에너지 상황 파악과 에너지 생산량 및 사용량 예측/최적화의 성능 확보와 건물 유지보수 비용 관점에서의 경쟁력 확보를 통해 시장 진출 촉진

○ 실증단계 요구사항 구체화를 통해 R&D과제 결과물의 기술성숙도 제고 및 사업화로의 연계 강화

– 건물에너지관리시스템(BEMS) 및 조명 핵심 요소기술, 시스템 기술, 운영 기술 등 국가 R&D 사례 및 수요기업의 현장 경험을 연계하여 핵심기술을 빠르게 확보하고 실증진행을 통한 데이터 확보 활동 강조

– 에너지효율 향상과 유지보수비용 절감을 위한 비즈니스 모델 발굴 포함

○ 건물부문 기축건물의 저탄소화에 기여도 높이기 위해 세계최고 수준의 목표 설정

– 국내외 사례를 기반으로 도전적인 목표 설정

* Schneider Electric의 경우 모니터링과 제어를 통해 최대 40% 목표로 실증 추진하였으나 실증시 에너지 절감율은 16% 수준 달성('19년-'22년)

* 국내 최근 대표사례인 LG사이언스파크의 경우 33% 에너지 절감을 달성한 것으로 발표하였으나 에너지 절감형 창호 및 단열재 적용 등 패시브 요소 교체 적용함.

□ 기획대상연구개발과제 현황

연구개발과제(품목)명		연계 수요 (도출근거)
기획대상주제명	기획대상 연구개발과제(품목)명	
자율 제어 기반 건물에너지 효율 최적화 기술 개발 및 실증	AI기반 공간 에너지 예측 및 자율제어를 통한 건물에너지 효율향상 기술 개발 및 실증	○ 정부정책 - 탄소중립, 녹색성장 등 에너지 新산업·新시장 창출 연계 수요 * 설비효율개선・신재생에너지 보급 확대, 건물에너지 정보 인프라 구축 등을 통한 2030년 온실가스 감축 목표 달성 (건물부문: BAU 대비 64.5백만톤CO2e, 32.7% 감축) * 국민생활과 밀접한 공공시설 제로에너지화 분야 新산업・新시장 창출 - 국가탄소중립・녹색성장 기본계획 * 성능 개선 및 기준 강화를 통해 건물에너지 효율 향상 - (새정부에너지정책방향, 수요효율화 종합대책 등) * (새정부 에너지정책 방향) 에너지 공급중심에서 에너지 수요 효율화 전환 기술 * (수요효율화 종합대책) 기축 대형건물 에너지소비 관리 및 신축 건물 제로에너지 구현 및 인증 기술 - 2050 탄소중립 에너지기술 로드맵 * (산단・건물)데이터 기반 실시간 운전 효율향상 기술

□ 사업화 연계성과 발생 가능성

연구개발과제(품목)명		지식재산권				표준[2]	인증[3]
		등록특허		소프트웨어	기타[1]		
기획대상 주제명	기획대상 연구개발과제 (품목)명	해외	국내				
자율 제어 기반 건물에너지 효율 최적화 기술 개발 및 실증	AI기반 공간 에너지 예측 및 자율제어를 통한 건물에너지 효율향상 기술 개발	△	○	○	×	△	○

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)

□ 기획 과제의 기술분류 및 활용분야

기술분류*			예상 활용분야**			
산업기술 분류(1순위)	국가과학기술표준분류(1순위)		구분	업종	에너지원	에너지사용 설비군
	연구분야	적용분야				
건물-EMS 관련기술 (600912)	지능형 빌딩시스템 (EA0708)	산업분야 (Y10.전기 및 기계장비)	건물	공공	전력	열사용 및 열이송

* 연구개발계획서 작성시 해당 기술분류에 50% 이상 가중치 부여

** 활용분야는 개발된 기술의 적용가능성이 가장 높고 에너지 감축효과가 가장 클것으로 예상되는 업종의 감축 에너지원, 에너지사용 설비군을 기재

2.2 개발위험 관리방안

□ 기술개발 위험요인

○ (보안) 에너지 데이터 허브 장치에 대한 외부 침입을 막기 위한 보안 기능 구축이 필요함

○ (데이터 연관성 학습 모델) 공간 별 에너지 효율 기술에 대한 국외 기술 분석과 공간별 데이터 공유 기반 데이터 연관성 학습 모델에 대한 요소 기술 확보를 통해 선진 특허 회피 및 에너지 효율 향상 기술 확보 중요

□ 사업화 애로사항

○ 다양한 IoT 네트워크와 이기종 데이터를 수집하는 장치에 대해서는 제품에 대한 상호연동성을 고려하여 실증을 추진하고, 실증을 통해서 사업화 단계 진입을 위해 필요한 성능 및 신뢰성 검증 필요

○ 급격한 산업 구조의 변화로 인해, 기존 표준·인증 체계로 지원이 어려운 분야에 대한 표준화와 인증 체계 구축 필요

– 해당 산업의 성장과 기반 확보를 위해 시험, 인증 인프라 구축 필요

□ 사회환경 위험요인

○ 에너지 수요부문의 효율향상 기술은, 기존과 상이한 물질 활용 등으로 인해 발생 가능한 부작용 요인은 없으며, 추가 환경오염물질 발생 가능성 낮은 분야임

□ 기술영향 검토

○ (정책적 기대효과) “2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향안”에 따르면 건물 분야의 에너지효율 향상, 고효율기기 보급•수요관리, 스마트에너지 관리, 청정에너지 보급 확대 등 총 4개 파트로 구성되어 있다. 이를 전부 사용하는 기술이 그리드 연계형 고효율 빌딩(GEB)이며, 이로 인해 감축해야 하는 탄소 저감 목표는 17.1백만톤에 달함

– 신재생 에너지 생산/저장, 에너지 다소비 기기 효율향상, HVAC 및 조명 제어 기술을 연계 적용하여 에너지 효율 향상 효과 발생

– 공간제어 시스템에 의한 공간의 개인 맞춤화를 통해 삶의 질 및 생산성 향상에 기여

○ (기술적 기대효과) 빌딩 내 환경 유해인자 해결을 통한 생활환경개선 확보기술 개발을 도모하며, 건물 내 모니터링 시스템을 통해 취득한 빅데이터 기반으로 국내환경에 적합한 성과 도출 및 기술 개발이 가능함

– 자원과 프로세스를 최적화하고 생산성 향상을 제공하며 새로운 수익원을 창출하는 기능을 지원할 수 있는 데이터 생성과 분석 기술에 대한 요구 증가

– 국내 중소기업에게 생경한 데이터와 이들 데이터로부터 창출하는 서비스를 경험할 수 있는 길잡이 과제 역할을 할 것이며, 이를 통하여 중소기업의 영역을 확장할 수 있는 역할을 할 것으로 생각됨

– 데이터를 생성하고 수집, 처리, 분석한 후 AI를 이용하여 사용자 중심의 멀티 서비스를 지원하는 것은 중소기업이 쉽게 수행할 수 있는 사업이 아니므로 여러 중소기업이 과제를 통하여 이를 체험할 수 있는 기회를 제공

2.3 기획연구개발과제 RFP/기술개요서(연구개발과제기획이력서)

’24년도 에너지기술개발사업 신규연구개발과제 품목개요서 (품목지정)

관리번호	2024-수요관리-효율혁신-품목-8	산업기술분류	중분류Ⅰ	중분류Ⅱ
과제유형	□ 원천기술 ■ 혁신제품		에너지효율향상	에너지/환경기계 시스템

해당여부	■ 표준연계 □ 경쟁형R&D □ 복수형 R&D □ 국가핵심기술 □ 안전관리형과제 □ 공기업협력 ■ 탄소중립 □ 국제공동 R&D □ 통합형 □ 초격차 ■ 실증형
R&D 자율성트랙	■ R&D 자율성트랙(일반) □ R&D 자율성트랙(지정)
품목명	**AI기반 공간 에너지 예측 및 자율 제어를 통한 건물에너지 효율 향상 기술 개발 및 실증** (TRL : [시작] 4단계 ~ [종료] 8단계)

1. 개념 및 개발내용

□ **개념**

○ 다중 객체* 지원 학습형 AI 기반 에너지 생산.저장.소비 최적화 탄소중립 건물 공간 제어 기술 개발 및 실증

* 공간 사용자, 원격 감시 및 제어가 가능한 스마트조명, 가전제품, 냉난방기기, 각종 센서 등을 포함

*** 핵심목표 : 기존 건물 대비 효율향상 30% 이상, 유지보수 비용절감 30% 이상, 지능형 공간 제어 자율화 단계 ALFUS(Autonomy Levels for Unmanned Systems; NIST) 8단계 이상 (세계최고)**
※ 자율제어에 의한 에너지 사용 절감량과 절감률 별도 제시 필수

□ **개발내용**

○ 건물내 에너지 최적화 시스템 요소 기술 개발

– 다중 객체 제어 유연성 확보를 위한 이기종 데이터 수집/저장/공유/제어 기술기반 에너지 데이터 허브 장치* 개발, 이기종 데이터 처리 통합연동 시스템 개발, 다차원 에너지 생산/사용량 예측 시뮬레이션 저작도구 개발, 건물 다중 객체 제어기술을 적용한 에너지 절감 기술 개발 등

* 건물내 에너지 상황을 고려하여 멀티오브젝트/이웃 데이터 허브로부터 데이터를 수집하여 에너지 생산량 및 사용량 등을 예측하여 최적화하는 장치

○ 자원 연관성 학습형 AI 적용 공간 에너지 자율 제어 기술 개발

– 공간정보 생성 기술 기반 참조형 공간 표준 모델링 개발(7종 이상)

– 5종 이상*의 데이터 상호연관성 종합 분석 기술, 에너지 사용량 시계열 예측 알고리즘 기술, 효율적 자율 제어 기술 개발 등

* 표준 공간 모델 데이터, 다중 객체 데이터, 환경 데이터, 사용자 선호도, 사용자 패턴 등

○ 테스트베드 구축을 통한 기술 검증 및 리빙랩 실증

* 실증 범위는 재생에너지 설비를 보유한(사용률 20% 이상) 기축 건물 대상으로 상업시설(1만㎡ 이상), 공공건물(1만㎡ 이상) 등의 비용 효율성을 극대화할 수 있는 건물 2종 이상

○ 건물에너지 효율 최적화 표준/인증 체계 구축

– 참조형 공간 모델 표준 및 이기종 데이터 허브 장치 인터페이스 표준, 기존 건물 에너지 효율 향상과 유지보수비용* 절감을 위한 비즈니스모델 발굴(3건 이상) 등

* 건축물의 유지보수 비용은 일반적으로 운영비용, 에너지비용, 노후화로 인한 수리비용, 정기적인 검사 및 유지비용, 예기치 않은 고장으로 인한 수리비용을 의미함

연구개발계획서 제출시 다음의 항목의 정량적 목표치 및 상용화 수준 제시 필수
- 자율 제어에 의한 단위면적당 에너지 사용량(EUI, kWh/㎡year) 절감률(%), 유지보수 비용 절감률(%), 건물 실증 규모(㎡), 에너지 데이터 허브장치 데이터 종류와 예측 데이터 정확도(%)
※ 동 과제에서의 실증 기간은 1년 이상(24시간, 4계절 운전 기준) 필수

□ **개발위험 극복방안**

○ 표준 개정에 따른 개발(실증) 일정 지연 방지를 위한 방안 마련
- 다양한 표준 IoT 플랫폼 연동 및 표준 진행 상황에 따른 대응 문제 발생 가능성이 있으므로 표준 진행 상황에 대한 주기적인 분석 및 대응 방안 마련 필요

○ 필요 요소·제반기술 : 데이터 보안 및 신뢰도 확보
- 에너지 데이터 허브 해킹 위험도 저감을 위해 사이버(데이터) 보안 기능 구축
- 수집 데이터에 대한 주기적인 검토와 유효성 및 충실도 지표 제시를 통한 신뢰도 확보

○ 연구개발계획서에 사업 성과 관리 및 성과확산 방안 제시 필수

2. 지원 필요성

□ **지원 필요성**

○ **(정책적)** 국가 저탄소 전환을 위해 건축물에너지 효율 향상과 에너지 절감 정책 추진 시급
- 기축 및 신축건물의 에너지 절감 민간 부문 확대를 위한 정부 역할 필요

○ **(기술적)** 글로벌 선두기업(Schneider Electric, Siemens, Honeywell 등)이 국내외 건물에너지 관리시스템 산업을 선도하고 있으며, 건물부문 에너지 최적화 기술 확보 필요
* EcoStruxure™, Desigo, CPO(ComfortPoint™ Open) 등 자율제어 기능 제공
- 데이터 종합분석을 통해 사용자의 선호를 포괄한 종합적인 에너지 최적화 기술 확보가 필요하며 제어자율화 제고를 통한 비용효과적인 기술 구현 필요

○ **(시장적)** '22년 전 세계 제로에너지 빌딩 시장 규모는 275억 달러였으며, 연평균 성장률(CAGR) 23.2%로 '31년에는 1,803억 달러에 이를 것으로 전망(Business Research Insights)
- '22년 국내 제로에너지건축물 시장 규모 15조~20조원이며 '30년 93조~107조원으로 전망(CERIK)

□ **활용분야**

○ 요소기술(AI 참조형 모델링 등)을 지능형 스마트빌딩, HVAC, 스마트조명 등 수요 맞춤형 건물 설비, 스마트빌딩, 스마트홈, 스마트팩토리, 스마트시티 등의 공간 모델링에 활용

3. 지원기간/예산/추진체계

○ **기간 :** 48개월 이내

○ **정부지원연구개발비 :** '24년 40억원 내외(총 정부지원연구개발비 180억원 내외)

○ **주관연구개발기관: 기업(중소·중견기업이 연구개발기관으로 참여 필수)**

○ **기술료 징수여부**: 징수

○ **기타사항: 수요기업은 연구개발기관으로 참여 필수. 지자체, 공공기관 등은 실증지 제공 기관으로 참여 필수**

3. 에너지다소비 화학공정 효율향상 및 스케일업 기술 개발

3.1 연구개발과제기획 방향

□ 연구개발과제기획 기본방향

○ 정밀화학 산업의 핵심인 에너지 다소비 공정의 에너지 효율화와 공정 고도화를 위한 상용규모 기술 개발 추진

– 정밀화학 산업 분리·정제·추출 공정의 효율화를 위한 기존 연구는 실험실 규모 및 파일롯 규모 연구로 수행되었으며 특정 요소 공정 개선을 중점적으로 추진하여 실제 산업 공정으로 연결에 어려움 존재.

○ 신규 과제는 정밀화학 산업 내 유효화학 물질을 생산하는 공정 중 추출·분리·정제·분획·농축 공정에 대한 통합형 실증연구과제로 구성

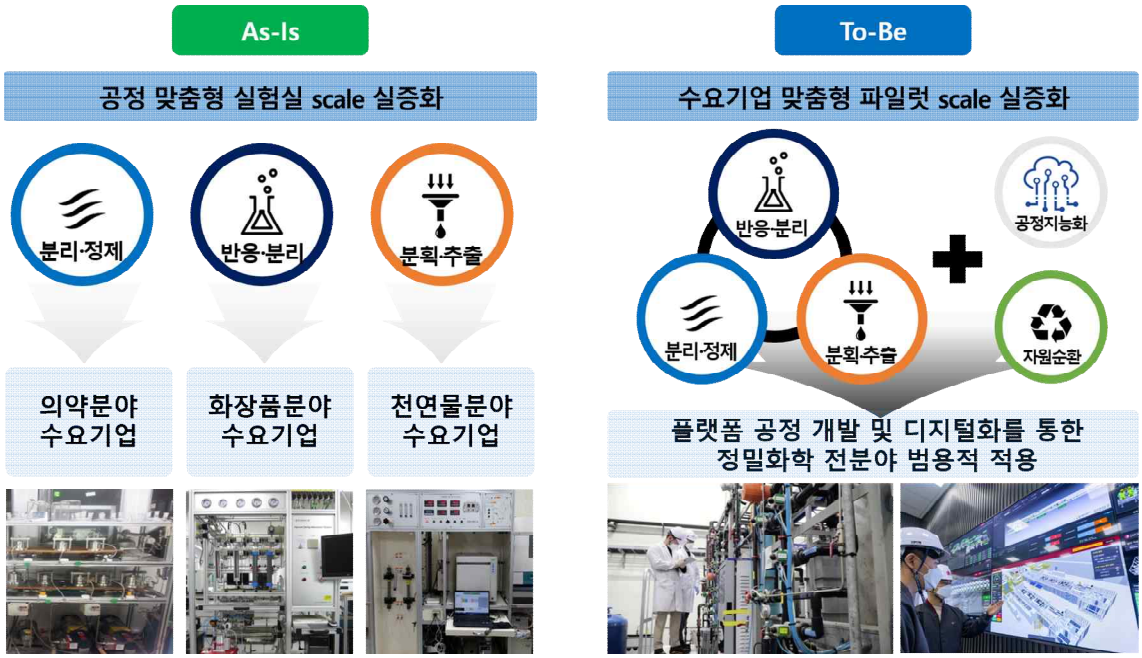
– 기업 맞춤형 실증과제로 구성함으로써 시장 착근까지의 간격을 최소화

– 에너지 절감 및 사업화와 관련된 성과 발생을 최우선으로 설정한 전체 사업 방향에 맞추어 연구규모를 스케일업 하여 상용 실증 규모로 수행

○ 기존 공정 대비 공정에너지 절감률, 온실가스 저감률, 실증규모와 운전시간에 대한 상세목표를 설정

– 축적된 기술의 활용도를 높이고 경쟁력 확보를 위해 세계최고 수준의 목표 설정

* 국내외 사례를 기반으로 도전적인 목표 설정: 에탄올 유기용매 투과도는 쿠폰 기준 싱가포르 대학 3.7LMH/bar 세계 최고 수준 발표



[그림 30] 기존 과제와 신규기획과제의 비교

□ 기획대상연구개발과제 현황

연구개발과제(품목)명		연계 수요 (도출근거)
기획대상주제명	기획대상 연구개발과제(품목)명	
에너지다소비 화학공정 효율향상 및 스케일업 기술 개발	에너지 다소비 화학공정 효율향상 및 스케일업 기술 개발	ㅇ 정부정책 - 제5차 과학기술기본계획(`22.12) * 에너지자립 핵심기술·주력산업 저탄소화 기술개발, 국가목표 및 이행방안에 기반한 임무중심 연구개발 추진 * (탄소중립) 2030 국가 이산화탄소 감축목표에 기여하고 2050 탄소중립을 달성하기 위해, 에너지 자립 핵심기술·주력산업 저탄소 기술을 확보하며, 과학적 대응체계 구축 - 시장원리 기반 에너지 수요효율화 종합대책('22.6) * '27년 에너지효율 선진강국 도약 * 향후 5년간 에너지소비 2.2천만 TOE 절감(산업 15.8백만 TOE 71.8%, 건물 3.7백만 TOE 16.9%, 수송 2.5백만 TOE 11.4%), 에너지원단위 25% 개선 - 새정부 에너지정책 방향('22.7) * 시장원리에 기반한 에너지 수요 효율화 및 시장구조 확립을 위해 산업, 가정·건물, 수송 등 3대 부문 수요효율화 혁신 추진 * 에너지 신산업의 성장동력화 및 수출산업화

□ 사업화 연계성과 발생 가능성

연구개발과제(품목)명		지식재산권				표준[2]	인증[3]
		등록특허		소프트웨어	기타[1]		
기획대상 주제명	기획대상 연구개발과제 (품목)명	해외	국내				
에너지다소비 화학공정 효율향상 및 스케일업 기술 개발	에너지다소비 화학공정 효율향상 및 스케일업 기술 개발	○	○	○	×	x	△

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)

□ 기획 과제의 기술분류 및 활용분야

기술분류*			활용분야**			
산업기술 분류 (1순위)	국가과학기술 표준분류(1순위)		구분	업종	에너지원	에너지사용 설비군
	연구분야	적용분야				
열-열사용 공정기술 (600905)	화공 (분리/정제기술, EC0102)	산업분야 Y05 (화학물질 및 화학제품)	산업	기타화학제품제조업	열에너지	열사용 및 열이송

* 연구개발계획서 작성시 해당 기술분류에 50% 이상 가중치 부여
** 활용분야는 개발된 기술의 적용가능성이 가장 높고 에너지 감축효과가 가장 클것으로 예상되는 업종의 감축 에너지원, 에너지사용 설비군을 기재

3.2 개발위험 관리방안

□ 기술개발 위험요인

○ 전세계 선진국을 중심으로 화학산업 패러다임이 저부가가치 산업에서 고부가가치 첨단 정밀화학소재 전환되고 있고, 전 섹터의 온실가스 감축 요구에 따라 정밀화학산업도 저에너지·저탄소 제조 공정 니즈가 확대됨에 따라 친환경 추출 및 분리공정 개발 요구가 확대되고 있음.

○ 이와 함께 기술력 및 자본력을 확보한 글로벌 선진기업의 국내 진출이 확대되고 있고, 선진국들의 환경시장 선점과 지속가능한 발전의 구현을 위한 공격적인 R&D 개발을 추진하고 있음.

○ 따라서, 일부 선진국 수준의 기술력을 바탕으로 응용기술을 확보할 필요성이 있으며, 산업간 융·복합을 통해 신성장 동력산업으로 발전할 수 있도록 전략적 R&D 지원이 필요함.

○ 정밀화학의 소량·다품종 사업 특성을 고려한 종합정보망 구축을 통해 기술 및 제품에 대한 정보 고유 방안을 지원하고 국내 중소기업과 학·연·관 교류 확대를 통한 R&D 역량 강화 추진이 중요함.

○ 기존 공정의 대체 기술 개발로 수요기업의 신규기술 도입에 대한 신뢰성 이슈가 부각될 수 있으므로 객관적이고 신뢰성 있는 실증 연구기반 트랙 레코드 확보와 축적 필요

□ **사업화 애로사항**

○ 분리막 및 초(아)임계 기술 기반의 하이브리드 공정 기술은 정밀화학 산업 분야 적용 사례가 극히 드믈기 때문에 실증 연구를 통한 트랙 레코드 확보를 통한 시장진입 필요

○ 분리막 및 초(아)임계 공정(분리·정제·농축·추출)으로 내화학성 및 내용매성이 요구되는 정밀화학 산업분야에서의 사용가능 여부 확인 및 인허가 기준 등 관련 규제 확인 필요

□ **사회환경 위험요인**

○ 탄소중립 이슈에 대응할 수 있는 정밀화학 산업 공정의 에너지 효율화를 위한 실증화 공정 연구를 통한 트랙 레코드 단계까지 성공적으로 과제 진행시 시장 파급 효과가 클 수 있음.

○ 단, 공정에 적용되는 화학물에 대한 위험요인 파악과 사전적인 대비책 마련 필요

□ **기술영향 검토**

○ (수요기업) 정밀화학 산업의 경우 중소기업 위주의 다품종 소량생산 분야로 점차 강화되는 환경 및 에너지 규제에 대응하기 어려우며, 글로벌 고부가가치 제품 생산을 위한 공정 친환경화, 에너지 효율화, 공정 스마트화가 시급한 상황으로 에너지 소비를 획기적으로 절감할 수 있는 분리·정제 공정이 개발될 경우, 적극적인 기술 도입 추진이 가능

○ (공급기업; 분리막) 기존의 수처리 공정용 분리막의 한계인 내화학성 이슈 해결로 인한 환경산업 분야 이외의 화학산업 분야로의 분리막 기술 확장 가능

○ (공급기업; 초·아임계) 전통적으로 초임계 기술이 적용되는 화학/재료/전자/반도체/환경/식품/제약 분야를 포함하여, 본 연구사업을 통해 최근 시장이 확대되고 있는 천연물 분야(전방산업 다양)의 적용성 레퍼런스 확보를 통해 신규 시장 진입 가능

○ (국민생활 편익 증진) 탄소중립 이슈 대응형 기술 개발로 기후변화 위기에 기여함으로써 국민의 쾌적한 생활환경 조성에 기여

3.3 기획연구개발과제 RFP/기술개요서(연구개발과제기획이력서)

'24년도 에너지기술개발사업 신규연구개발과제 품목개요서
(통합형 연구개발과제)

관리번호	2024 - 수요관리 - 효율혁신 - 통합형-3	산업기술분류	중분류 I	중분류 II
과제유형	□ 원천기술 ■ 혁신제품		에너지효율향상	정밀화학
해당여부	□ 표준연계 □ 경쟁형R&D □ 복수형 R&D □ 국가핵심기술 ■ 안전관리형과제 □ 공기업협력 ■ 탄소중립 □ 국제공동 R&D ■ 통합형 □ 초격차 ■ 실증형			
R&D 자율성트랙	■ R&D 자율성트랙(일반) □ R&D 자율성트랙(지정)			
프로젝트명	**에너지 다소비 화학공정 효율향상 및 스케일업 기술 개발**			

1. 필요성

○ **(정책성)** 산업 전반에 걸쳐 저탄소화, 친환경화, 스마트화 등으로 패러다임 전환이 가속화되고 있으며, 정밀화학산업은 중소기업 위주의 다품종 소량 업종으로 정부의 R&D 추진을 통한 공정 고도화 지원 필요

○ **(기술성)** 정밀화학산업 분야의 분리·정제 공정 고도화를 통한 산업 기술 경쟁력 확보 시급
- 산업분야 전반의 저에너지 소비형, 저탄소 제조 공정 수요 증가에 따라 대표적인 산업 에너지 다소비 분야인 분리·정제 공정의 고도화 필요
- 다품종·소량 생산 형태의 정밀화학 분야 특성상 범용적으로 적용 가능한 고도화된 분리·정제 공정 기술 개발 및 실증을 통한 상용화 track-record 확보 필요

○ **(시장성)** 정밀화학산업은 국내 고부가가치 첨단 산업을 지원하는 핵심적인 부문이며 해외 메이저 화학기업에서 주력 제품구조 개선을 통해 세계시장을 주도
- 저탄소 및 스마트 제조방식이 확대 보급되는 추세에 있으며, 산업 패러다임 변화에 적응하고 시장 점유율 확보하기 위한 에너지 효율이 높은 기술 개발 필요

2. 프로젝트 개념

○ **(기술개념)** 정밀화학 분야 공정 에너지 효율 향상, 자원 재순환을 달성하기 위한 분리·

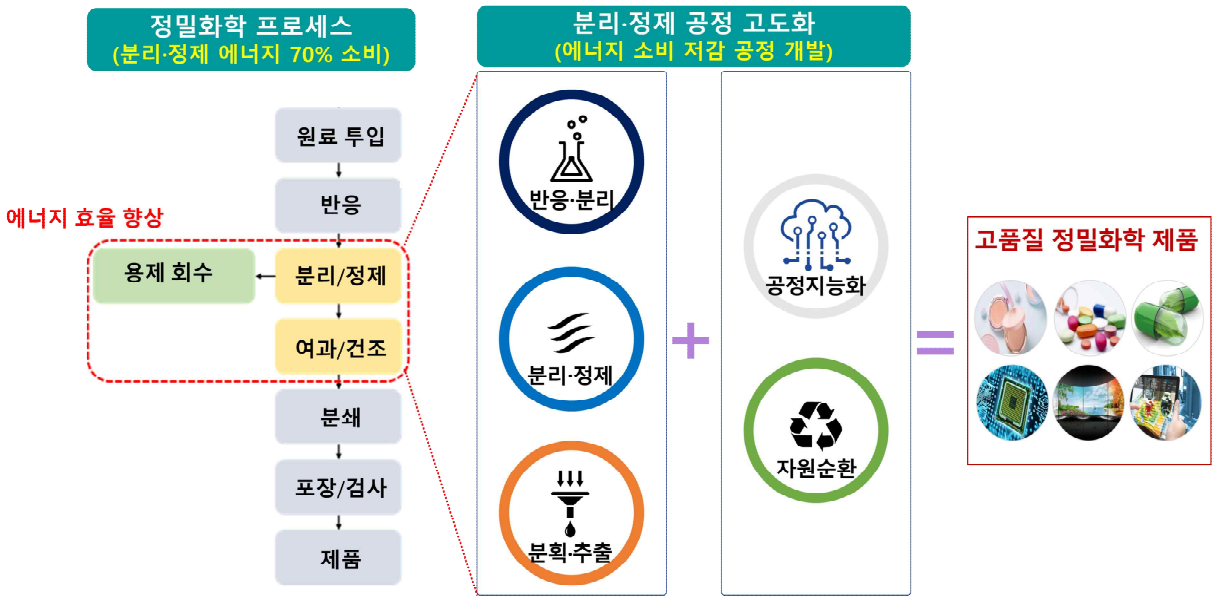
정제·분획·추출 고부가 기술 개발 및 지능화 기술 적용을 통한 정밀화학 제품 생산 효율 향상과 공정지능화 플랫폼 구축

- 정밀화학산업 에너지절감/온실가스저감을 위한 분리·정제공정 고도화 스케일업 기술 개발
  * 실증화 공정 트랙레코드 확보와 분리공정 모듈화 기술을 기반으로 국내 정밀화학산업으로의 신속한 기술 확산 효과 발생

○ **(기술개발방향)**

- 기존 에너지 다소비 분리·정제 공정을 대체하기 위한 분리막 기반 고에너지 효율 분리·정제 공정 스케일업 기술 개발
  * 유기용매 등 정밀화학 제품 생산 과정에서 사용되는 유체에 대해 내화학성이 우수한 분리막 소재를 적용한 고효율 분리·정제 공정 기술 개발
- 고함수 천연물로부터 에너지절약형 고부가 정밀화학소재 회수를 위한 건조 동시 추출 하이브리드 공정 개발
  * 고함수 바이오매스로부터 고부가 화학소재 회수 기술 개발(건조, 분쇄 등 에너지다소비 전처리공정 대체)
  * 고함수 천연물내 포함된 화학성분의 변형 없는 저온 추출 기술 개발
  * 추출 후 남은 부산물의 고부가화 전략 수립을 통해 경제성 제고
- 공정지능화 및 플랫폼 기술 개발로 다양한 정밀화학 최종제품 맞춤형 기술 개발

○ **(활용분야)** 의약, 화장품, 식품 등 정밀화학산업 분야 분리·정제 공정



<정밀화학산업 에너지 절감을 위한 공정 고도화 및 지능화 개념도>

3. 개발목표 및 내용

○ **(최종목표)** 정밀화학 분야 하이브리드 추출·분리·정제·분획 공정 기술 개발과 분리·정제 공정 고도화를 위한 공정 지능화 플랫폼 기술 개발

*** 핵심목표 :**

- **기존 상용막 대비 높은 에탄올 투과도(4LMH/bar 이상) + 선택도 95% 이상 (500Da) + 0.1톤/일급 공정(세계최고수준)**
- **기존 상용공정 대비 2배 이상 추출물 생산 + 0.1톤/일급 공정(세계최고수준)**
- **기존 공정 대비 에너지 절감 20% 이상, 온실가스 저감 20% 이상 달성(세계최고수준)**

○ (세부연구개발과제 연구내용)

세부연구개발과제명	기술개발 목표 및 내용	비고
① **총괄과제:** 에너지 다소비 화학공정 효율 향상 및 스케일업 기술 개발 (TRL : 6 ~ 8단계)	ㅇ 전체 총괄 역할 수행 - 세부과제 종합관리 및 사업추진방향 조정 - 연구개발을 통해 획득된 유무형의 성과물관리, 사업화 전략 수립지원 - 과제 수행 결과 성과 공개 활용 방안 마련 - 사업성과(실적)관리 및 보고 총괄 등 ㅇ 세부과제1과 세부과제2의 공정시뮬레이션, 에너지절감량/온실가스저감량 분석, 공정지능화, 플랫폼 기술 개발 연구개발계획서 제출시 다음의 항목의 정량적 목표치 및 상용화 수준 제시 필수 **- 1세부 및 2세부 과제의 에너지절감(%), 온실가스 저감(%), 분리·정제 공정시뮬레이션 모델 정확도(%)**	**공고시기** 2024년 공고 **연구개발과제 유형** 혁신제품형 **주관연구개발기관** 제한없음 **정부납부기술료** 비징수 **지원기간** 48개월 이내
② **세부과제1:** 정밀화학공정 적용을 위한 내화학성 분리막 기반 하이브리드 분리·정제 공정 기술 개발 (TRL : 6 ~ 8단계)	□ 정밀화학 산업 분리·정제 공정 에너지 효율화를 위한 분리막 기반 공정 기술 개발 ㅇ 유기용매 저항성이 우수한 내화학성 나노분리막(OSN)제조 및 모듈화 * OSN: Organic Solvent Nanofiltration ㅇ 실증규모 분리막 시스템 설계, 제작 설치 ㅇ 분리막 단독 공정 또는 기존 분리·정제공정 연계 분리막 기반 하이브리드 분리·정제 공정 기술 개발 ㅇ 유기용매를 포함하는 반응용액의 처리규모 0.1톤/day급 실증규모 분리막 공정 스케일업 기술 개발 * 실증규모 공정 운전 50회 이상 * 장기 운전을 통한 성능 및 경제성 평가, 신뢰성 검증 연구개발계획서 제출시 다음의 항목의 정량적 목표치 및 상용화 수준 제시 필수 **- 에탄올 투과도(LMH/bar), 선택도(500Da 기준, %), 처리규모(톤/일), 기존 분리·정제 공정 대비 에너지 절감(%) 및 온실가스 저감(%)**	**공고시기** 2024년 공고 **연구개발과제 유형** 혁신제품형(실증) **주관연구개발기관** 기업 **정부납부기술료** 징수 **지원기간** 48개월 이내
③ **세부과제2:** 고함수 천연물의 토탈 활용을 위한 에너지절약형 초(아)임계 추출·분리 및 잔류물 고부가화 공정 기술 개발 (TRL : 6 ~ 8단계)	□ 고함수 천연물로부터 정밀화학소재 추출 기술 개발 ㅇ 정밀화학소재 생산에 적합한 고함수 천연물의 저온 초(아)임계 추출 데이터 확보 ㅇ 기존 상용화된 추출공정(핵산, 초임계이산화탄소) 대비 추출수율 2배 이상 향상할 수 있는 신규 추출기술 개발 * 초임계 이산화탄소 및 초(아)임계수 추출 공정 제외 ㅇ 탈수, 건조, 분쇄 등 에너지 다소비 전처리공정이 없는 건조/초(아)임계 하이브리드 공정 개발 ㅇ 고함수 천연물 처리규모 0.1톤/day급 상용규모 건조/초(아)임계 하이브리드 공정 스케일업 기술 개발 * 실증규모 배치공정 운전 20회 이상 * 시작품 제작 회수 10회 이상 * 추출후 후처리를 통한 성능 및 경제성 평가, 신뢰성 검증 ㅇ 추출물을 활용한 정밀화학소재 (화장품 제조 등) 시제품 생산 □ 천연물 토탈 활용을 위한 추출 잔류물 고부가화 기술 개발 ㅇ 발효 및 전기화학 전환 등이 연계된 추출 부산물	**공고시기** 2024년 공고 **연구개발과제 유형** 혁신제품형(실증) **주관연구개발기관** 기업 **정부납부기술료**

	고부가화 기술 개발 ○ 추출 잔류물 고부가화 스케일업 기술 개발 * 스케일업 공정 운전 20회 이상 * 고부가화 제품 완제품 1종 이상 * 추출 잔류물 고부가화 공정 운정을 통한 성능 및 경제성 평가, 신뢰성 검증 연구개발계획서 제출시 다음의 항목의 정량적 목표치 및 상용화 수준 제시 필수 **- 최대 추출수율(wt%), 처리규모(톤/일), 기존 유기용매 추출공정 대비 에너지 절감(%) 및 온실가스 저감(%)**	징수 **지원기간** 48개월 이내

4. 기타 지원 요건

○ **지원규모**

– 48개월 이내(1차년도 정부지원연구개발비: 50억원 내외, 총 정부지원연구개발비 : 180억원 내외)

○ **개발위험 극복방안**

– 고압공정의 특성상 가스 누출 사고에 대한 방지 대책 마련 필요

– 기존 및 개발 공정의 에너지소비 절감량 비교를 위한 산출방안 제시 필요

– 화장품·의약품·건강기능식품 등 정밀화학소재 시장 진입을 위한 규제 검토 필요

– 동 과제의 경우 규제 신속확인 결과 행정기관의 장의 허가·승인·인증·검증·인가 등이 필요한 것으로 확인됨.(화학물질의 등록 및 평가 등에 관한 법률, 화학물질관리법)

* 또한 식품위생법 고시에 등재되지 않은 물질은 식품의 제조, 가공 등에 사용할 수 없으며 만약 식품첨가물로 사용하기를 원할 경우, 「식품등의 한시적 기준 및 규격 인정 기준」에서 규정하고 있는 기술적 필요성, 안전성 등 관련 자료 제출로 검토 가능함

* '신체 노화 방지', '세포재생', '항염증', '항바이러스', '면역력 향상' 등의 표현의 경우 화장품법에 따라 금지되는 광고 표현으로 주의를 요함.(화장품법)

– 연구개발계획서에 사업 성과 관리 및 성과확산 방안 제시 필수

○ **안전관리 사항**

– 본 연구개발과제는 「안전관리형 연구개발과제」로 연구개발계획서 제출시 '연구개발과제별 안전관리계획'을 제출해야 함

– 위험물질 취급연구개발과제 여부 : 해당

– 실증 과정에서 고압 유해물질 누출에 대한 안전설비 및 관리 인력 배치 방안 제출 필요

○ **주관연구개발기관 : 총괄과제는 제한없음, 세부과제1 및 세부과제2는 기업**

*** 중소·중견기업이 연구개발기관으로 참여 필수**

○ **기타사항**

– 동 과제는 통합형 연구개발과제로 총괄주관연구개발기관이 세부연구개발과제를 포함하여 컨소시엄을 구성하고, 총괄연구개발과제 및 세부연구개발과제별로 연구개발계획서를 제출해야 함

– 총괄과제 주관기관은 세부연구개발과제가 성공적으로 수행될 수 있도록 기술개발 공유 전략 및 홍보 전략 등을 수립하고 이행하여야 함

– **세부과제1, 세부과제2 각각 수요기업(정밀화학소재 시제품 생산자 등)이 연구개발기관으로 참여 필수**