

2024년도
에너지기술개발사업
연구개발과제기획보고서

에너지수요관리핵심기술개발:
효율혁신(융합에너지)

목 차

I. 동향분석 1

1. 뿌리산업 중소·중견기업 제조공정의 전주기 효율향상 기술 개발 및 실증 · 1
1.1 개요 1
1.2 산업·기술 동향 3
1.3 특허 동향 5
1.4 표준화 동향 9
1.5 정부R&D 지원현황 12
1.6 시사점 13
2. 액침냉각을 이용한 데이터센터 열관리 초고효율화 기술개발 및 실증 15
2.1 개요 15
2.2 산업·기술 동향 17
2.3 특허 동향 20
2.4 표준화 동향 24
2.5 정부R&D지원현황 27
2.6 시사점 28

II. 기획대상연구개발과제 도출 30

1. 뿌리산업 중소·중견기업 제조공정의 전주기 효율향상 기술 개발 및 실증 .. 30
1.1 연구개발과제기획 방향 30
1.2 개발위험 관리방안 33
1.3 기획연구개발과제 RFP/기술개요서(연구개발과제기획이력서) 35
2. 액침냉각을 이용한 데이터센터 열관리 초고효율화 기술개발 및 실증 37
2.1 연구개발과제기획 방향 37
2.2 개발위험 관리방안 39
2.3 기획연구개발과제 RFP/기술개요서(연구개발과제기획이력서) 42

I.

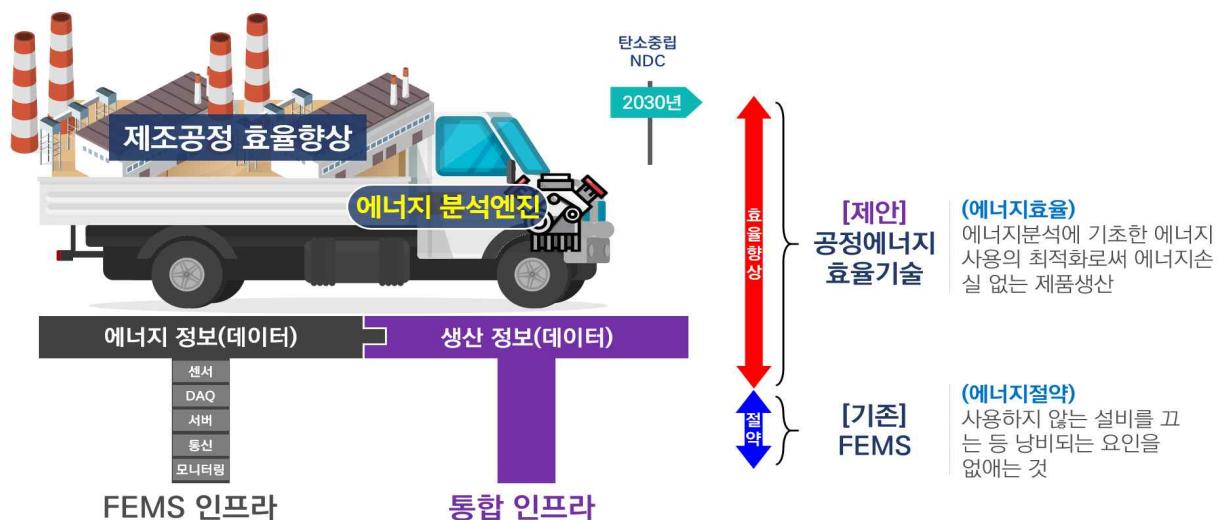
동향분석

1. 뿌리산업 중소·중견기업 제조공정의 전주기 효율향상 기술 개발 및 실증

1.1 개요

□ 개념

- 뿌리산업 에너지 최적화 기술은 중소·중견기업 중심의 뿌리산업의 효율 향상을 목적으로 공장에너지관리 시스템(Factory Energy Management System, FEMS)과 공정에너지 효율기술을 통합하여 에너지 최적화를 구현하는 기술임.
 - 에너지 다소비 산업 현장의 공장 내 여러 설비의 에너지 측정에서 모니터링, 분석, 계획, 그리고 제어를 통해서 기술 실증



□ 주요이슈

- (기술성) 수출 상품(자동차, 전기·전자 등)의 후방산업이면서도 에너지 비용 부담이 높은 뿌리산업에 대한 에너지효율 기술 개발은 기술경쟁력 확보에 있어서 중요
 - 현재의 산업부문 저탄소 전환전략*은 기축 사업장에 단기 적용이 어려워 탄소중립 `30년 목표 달성을 위해서는 기존 제조공정을 유지하면서 에너

지효율을 극대화하는 혁신기술이 필요함

- * 대부분 공정 자체를 변경하거나, 저탄소 원료로 대체 또는 사용 에너지원의 전기화 같은 방식으로 현장 적용까지 상당한 비용과 시간 소요
- (경제성) 에너지 효율향상을 통한 탄소중립 대응이 어려워지면 에너지 효율혁신 노력 및 지원의 사각지대에 있는 중소·중견기업의 글로벌 공급망 참여와 해외수출 경쟁력 유지 어려움
 - 에너지 사용구간별 전 구간에서 중소·중견기업이 대기업 대비 높은 에너지원단위가 높아* 에너지 비용 부담의 상황에서 산업 경쟁력 확보를 위한 개선책 마련 시급
 - * 중견기업은 대기업 대비 최대 3.3배, 중소기업은 최대 30배 수준
 - 에너지효율 향상은 생산성 감소 없이 중단기적으로 에너지 비용과 탄소 배출량 줄일 수 있어 핵심 수단으로 활용 가능

<표 2> 뿌리산업 업종별 에너지비용

업종	주조	열처리	표면처리	금형	소성가공	용접
매출액 대비 에너지 비용 비율(%)	3.7	4.7	2.58	1.69	1.63	1.67
영업이익률(%)	1.77	5.4	5.54	5.38	4.95	4.0

* 출처: 2022년 뿌리산업 실태조사

- (정책성) 복잡다기한 제조공정의 에너지효율화는 기업 독자해결은 어려우며 2030년 NDC 달성을 위해서 정부 주도의 R&D추진 필요
 - 새정부가 강조한 공급 중심에서 수요효율화 중심으로 에너지정책 전환의 성공을 위해서는 R&D를 통한 고효율 기술 확보와 시장 보급이 중요
 - * 국가산단에 입주해 있는 중소·중견기업의 ①에너지사용량, ②업종분포 등을 고려하여 에너지효율화를 위한 지원 필요: 금속, 기계업종 등(아래 표 참조)

<표 3> 산업단지별 사업장 개수 및 에너지 사용량

구분	반월시화	창원	남동	구미	광주첨단	여수	대구성서	합계
에너지다소비사업장	239	74	54	55	6	21	37	486 (2.06%)
2,000 TOE 미만	11,262	2,298	4,265	1,925	567	206	2,596	23,119 (97.94%)
합계	11,501	2,372	4,319	1,980	573	227	2,633	23,605 (100%)
에너지사용량(2019) (신고업체/천toe)	1,235.9	959.9	636.6	489.4	18.7	2,454.9	161.7	5,957.1

<표 4> 산업단지별 업종 분포 현황

구분	반월시화	창원	남동	구미	광주첨단	여수	대구성서	합계
금속	3,769 (33%)	832 (35%)	1,398	456 (23%)	8 (1%)	54 (24%)	529 (20%)	7,046 (30%)
섬유	289 (3%)	1 (0%)	42 (1%)	95 (5%)	0 (0%)	1 (0%)	400 (15%)	828 (4%)
석유화학	945 (8%)	31 (1%)	553 (13%)	221 (11%)	16 (3%)	121 (53%)	235 (9%)	2,122 (9%)
기계/ 자동차	3,144 (27%)	947 (40%)	1,089	474 (24%)	164 (29%)	24 (11%)	897 (34%)	6,739 (29%)
목재	127 (1%)	4 (0%)	181 (4%)	12 (1%)	0 (0%)	2 (1%)	19 (1%)	345 (1%)
광업	46 (0%)	5 (0%)	38 (1%)	38 (2%)	3 (1%)	9 (4%)	32 (1%)	171 (1%)
식품	98 (1%)	4 (0%)	113 (3%)	10 (1%)	0 (0%)	2 (1%)	53 (2%)	280 (1%)
의료	412 (4%)	83 (3%)	85 (2%)	99 (5%)	108 (19%)	1 (0%)	87 (3%)	875 (4%)
전기 전자	2,268 (20%)	412 (17%)	672 (16%)	525 (27%)	273 (48%)	12 (5%)	220 (8%)	4,382 (19%)
제지	302 (3%)	32 (1%)	102 (2%)	34 (2%)	0 (0%)	0 (0%)	81 (3%)	551 (2%)
기타	101 (1%)	21 (1%)	46 (1%)	16 (1%)	1 (0%)	1 (0%)	80 (3%)	266 (1%)
합계	11,501	2,372	4,319	1,980	573	227	2,633	23,605

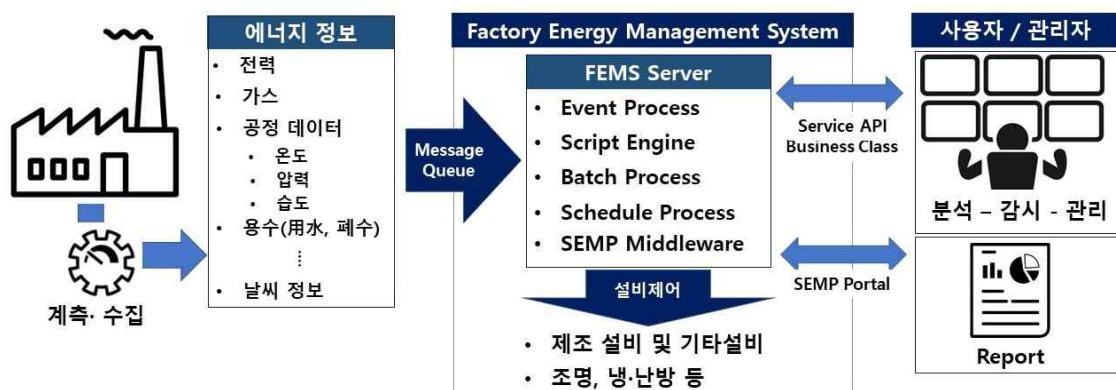
1.2 산업·기술 동향

□ 해외 동향

- 산업 에너지효율 2020년 세계시장 규모는 11조 7,600억 원이고, 연평균 성장률은 4.66%로 예상(TechNavio, Market report, 2021)
 - * 국내 효율시장은 에너지사용량 및 투자현황 등을 근거로 추정시 '30년 기준 약 1.5 ~2조 원 규모로 예상
 - 산업 에너지효율 서비스는 에너지 진단 및 컨설팅(EA&C), 성과검증(M&V), 제품 및 시스템 최적화 (P&SO)의 3분야로 구분되며, 탄소중립과 맞물려 지속적 성장 가능
 - 기후위기 관련 탄소중립이 강조되는 분위기에서 효율 시장의 확대가 예상되나, 급격한 변화보다는 ESCO, 에너지 진단, 컨설팅의 기존 사업과 계측인프라 구축 시장의 점진적 확대 예상

□ 국내 동향

- 제조사업장의 효율화를 위해 단일 설비/유틸리티 개발 이외에 제조공정 전주기에 대한 통합적 효율화 기술 개발 필요
 - 제조공정의 에너지사용량을 수집 및 모니터링 단계를 넘어서 높은 수준의 에너지분석과 절감 실현 필요
 - * 스마트 미터링, 데이터 분석기술, 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅 등 ICT 기반 기술이 개발중이지만 전기에너지 사용량 모니터링에 집중
- 기존 FEMS 인프라를 활용하고 신규 통합 데이터를 구축함으로써 높은 수준의 에너지 효율향상이 가능한 통합기술개발 필요
 - 모니터링 중심의 FEMS는 측정기반 마련이며 유틸리티(압축공기, 팬, 냉수, 스팀 등) 에너지 모니터링과 절약을 위한 방안 도출에 기여
 - 용해로, 열처리 등 공정에너지 분석을 통해 에너지효율 제고 방안 도출 필요



[그림 2] 공장 에너지 관리 시스템의 기술 개념도

- 중소중견기업 사업장의 에너지 부담 경감을 위한 기술개발 필요
 - 최근 4년간 중소기업의 에너지 원단위 악화

<표 5> 업종별/기업규모별 에너지 원단위 연평균 증가율; '17~'20

구분	금속	화학	시멘트	반도체	Display	자동차
중견	4.7	5.2	-8.4	-2.5	-3.0	2.5
중소	1.8	4.3	29.7	13.6	7.5	2.8

* 출처: 중소중견기업에너지효율혁신방안(2022.12)

- 주조기업, 열처리기업의 에너지 비율은 영업이익률 대비 높거나 유사
 - * 일반 중소 제조업의 경우 매출액 대비 에너지비용 비율이 약 1.6%인 반면, 뿌리기업은 약 2.2%로 높아 효율혁신적인 에너지 기술 개발 및 적용이 더욱 시급

1.3 특허 동향

□ 분석대상 특허 검색 DB 및 검색범위

- 한국, 일본, 유럽, 미국 및 중국의 공개/등록특허를 특허분석 대상으로 하여, 뿌리산업 중소·중견기업 제조공정의 전주기 효율향상 기술 개발 및 실증에 부합하는 특허를 추출
 - 1975년(출원일 기준)부터 2023년 11월(검색일 기준)까지 출원공개된 특허 총 1,399건을 분석대상으로 함
- 분석대상 특허¹⁾

<표 6> 특허 분석 구간 및 범위

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

□ 검색식 도출

- “뿌리산업 중소·중견기업 제조공정의 전주기 효율향상 기술 개발 및 실증”에 대한 핵심키워드를 바탕으로 특허분석을 위한 1차 키워드를 도출하고, 이를 바탕으로 해당 기술을 포함할 수 있는 검색식을 완성함
- 최종 검색식

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

<표 7> 특허 검색식 및 검색 건수

기술	검색식	검색건수
뿌리산업 중소·중견 기업 제조공정 의 전주기 효율향상 기술 개발 및 실증	TAF=((제조 OR 생산 OR 제작 OR 가공 OR 성형 OR 제조 OR manufacturing OR 조립 OR manufacture OR 추출 OR 제법 OR production OR produce) 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 ((전체 OR 전부 OR whole OR full OR all OR 통합 OR 종합 OR total OR all OR 모두 OR 모든 OR 총합 OR entire) NEAR/2 (주기 OR cycle OR 사이클 OR period OR 사이클 OR 시간 OR 기간 OR 일정 OR time OR life OR 라이프 OR 구간 OR lifecycle)) 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)))	1,399건

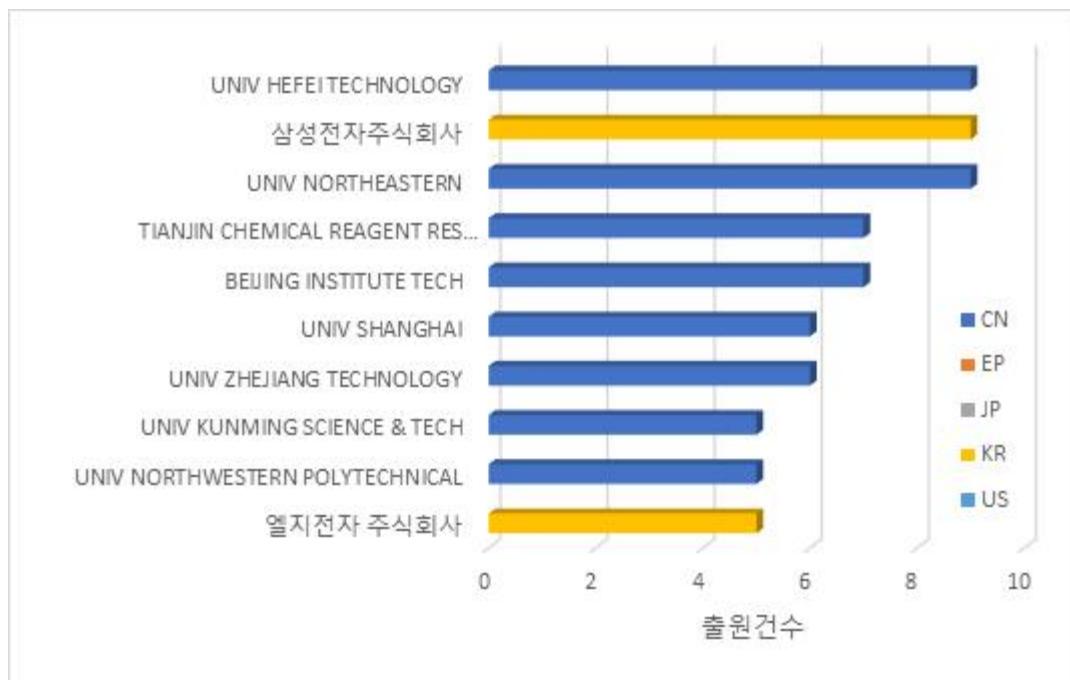
□ 주요국 기술개발 활동 현황

- 뿌리산업은 나무뿌리처럼 모든 제조업의 근간을 형성한다는 의미에서 붙여진 별칭으로서, 주조, 금형, 용접, 표면처리 등 기초 공정 기술을 활용해 사업을 영위하는 업종을 뜻함
 - 2021년 기준으로 전국 5만 1천여 개사에서 약 72만 명이 일하고 있고, 이는 같은 해 국내 제조업 종사자의 17%를 차지하는 규모에 해당하며, 2011년 제정된 ‘뿌리산업 진흥과 첨단화에 관한 법률’을 통해서 정부는 산업 경쟁력 강화를 꾀하고 있음
 - 뿌리산업 중소·중견기업 제조공정의 전주기 효율향상 기술 개발 및 실증과 관련성이 있는 특허는 1985년부터 등장하기 시작하였음
 - 뿌리산업 중소·중견기업 제조공정의 전주기 효율향상 기술 개발 및 실증과 관련하여 전체 국가에서 이루어진 특허출원 동향을 살펴보면, 전체적으로 2000년대 중반부터 특허출원이 증가하는 모습이 보이고, 2010년대 후반 이후 다소 주춤한 모습을 보임
- 국가별로 살펴보면, 한국에서 이루어진 특허출원의 경우 1988년 특허출원이 시작된 이후 1991년부터 지속적인 특허출원이 이루어지고 있음

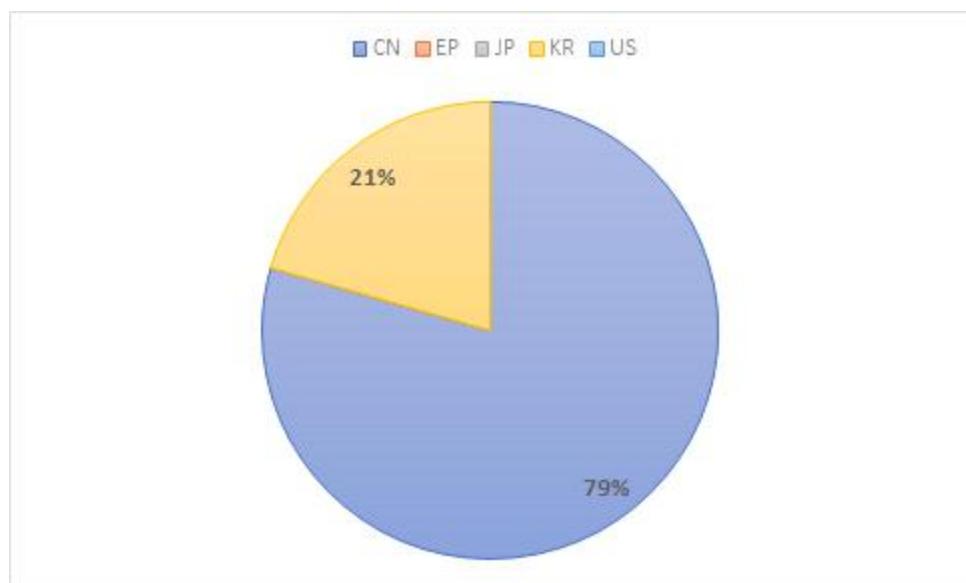
- 미국에서 이루어진 특허출원의 경우 1985년 특허출원이 시작된 이후 최근 까지 간헐적인 특허출원이 이루어지고 있지만, 특허출원 동향을 분석하기에 무리가 있음
- 일본에서 이루어진 특허출원의 경우 1991년 특허출원이 시작된 이후 간헐적인 특허출원이 이어지다가 1990년대 이후 지속적인 특허출원이 이루어지고 있고, 2010년대 들어 다소 주춤한 모습을 보임
- 유럽에서 이루어진 특허출원의 경우 1985년 특허출원이 시작되었지만, 특허출원 동향을 분석하기에 무리가 있음
- 중국에서 이루어진 특허출원의 경우 2000년부터 의미 있는 특허출원이 이루어졌고, 2010년대 이후 특허출원이 급격하게 증가하는 모습을 보였고, 최근에 다소 주춤하지만 꾸준하게 특허출원이 이루어지고 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
- 뿌리산업 중소·중견기업 제조공정의 전주기 효율향상 기술 개발 및 실증에 관한 국가별 특허출원 현황을 보면, 전체 특허출원 건수인 1,399건 중 중국의 특허출원이 1210건, 86%로 가장 큰 비중을 차지하고 있고, 다음으로 한국의 특허출원이 134건, 10의 비중을 차지함
- 2000년대 들어 가장 활발한 특허출원이 이루어지고 있는 중국이 전체 특허출원에서 절반 이상의 큰 비중을 차지하고 있음

□ 주요출원인의 국가별 출원현황 분석

- 뿌리산업 중소·중견기업 제조공정의 전주기 효율향상 기술 개발 및 실증과 관련된 주요출원인으로서 상위 10위의 출원인을 선정하였으며, 상위 10위까지 출원인의 특허출원은 68건이고 이는 전체 1,399건의 특허출원에서 약 5%의 비중을 차지하고 있음



[그림 3] 특허 출원인 분포



[그림 4] 특허 출원국 비중

- 상위 10위의 출원인은 대부분 중국이나 한국의 국적을 가지고 있는 기업이고, 이들이 뿌리산업 중소·중견기업 제조공정의 전주기 효율향상 기술 개발 및 실증을 주도하고 있는 것으로 볼 수 있음
 - 가장 많은 특허출원을 진행한 중국의 UNIV HEFEI TECHNOLOGY는 중국에서 모든 특허출원을 진행하였고, 한국의 삼성전자주식회사는 한국에서 모든 특허출원을 진행하였음

1.4 표준화 동향

□ 해외 동향

- 산업 제조공정 및 자동화 분야 관련 절차, 관리, 성능평가 등에 대해 IEC/TC 65 (Industrial-process measurement, control and automation)에서 국제표준화를 추진하고 있으며, 산업 에너지효율 분야에서는 IEC/TC 2, 23, ISO/TC 184 등과 JWG(Joint Working Group)을 구성하여 국제표준화를 진행 중임.
 - JWG 14(EEIA)에서는 프랑스, 독일, 일본 등의 국가에서 산업 에너지효율 및 FEMS(Facility Energy Management System) 분야에 대한 국제표준화를 주도하고 있으며, 현재까지 제정된 관련 표준은 1건(IEC 63376, 2023년)으로 신규 item에 대한 논의가 이루어지고 있음.
 - * IEC 63376은 산업에서의 효율적인 에너지 관리를 위한 FEMS(Facility Energy Management System) 상세 모델링을 제시하였으며, 에너지 관리 시스템 구축 모델을 확장하여 전주기 에너지 관리 방안을 모니터링, 분석, 최적화의 3단계로 분류하여 제시하고 있음.
- ISO에는 FEMS와 관련된 표준은 없으나, ISO/TC 242에서 에너지경영시스템(EnMS)에 대한 국제표준(ISO 50001, 2018년)을 제정하였음.
 - 현재는 ISO/TC 257과 통합하여 신설된 ISO/TC 301(Energy management and energy savings)에서 에너지 관리 및 절약에 관한 표준화를 추진하고 있음.
 - * ISO 50001은 전사적(Corporate), 전과정(Life cycle)의 에너지 관리에 대한 지침을 제시하며, 비용 대비 절감량 및 에너지효율 지표 등을 통해 산업에서의 에너지 절감을 목표로 하고 있음.
- ITU에서는 SG 5를 통해 FEMS 관련 기술에 대한 국제표준화를 추진하고 있으며, 2024년에 FEMS 참조모델에 대한 표준이 제정될 예정임.
 - 한국 EMS 협회는 한국전자통신연구원을 중심으로 FEMS 보급형 표준플랫폼에 대한 국제표준화를 추진 중임.
 - * ITU-T SG 5 L.FEMS는 ICT를 활용해 공장 에너지 활용을 실시간으로 모니터링, 분석, 제어하여 에너지를 효율적으로 관리할 수 있는 FEMS 참조모델을 제시하였음.

- 산업 에너지효율 관련 해외 국가표준(JIS, DIN 등)은 ISO의 국제표준을 바탕으로 각 국가에 부합화하여 활용되고 있으며, 자체적으로 개발한 국가표준은 부재한 것으로 보임.
- 현재까지 제정된 해외 표준은 전력 중심의 효율적 에너지 관리에 대한 가이드 및 평가 방안을 제시하고 있지만, 뿐만 아니라 열에너지를 포함한 통합 에너지 평가가 중요함.

<표 8> FEMS 관련 표준 현황 (해외)

구 분	명 칭	개 요
IEC 63376	Industrial Facility energy management system (FEMS) functions and information flows	- FEMS의 구성과 기능을 제시하고 확장된 역할 및 다른 시스템과의 네트워크 구축 모델을 제시
ITU-T SG5 L.FEMS (24년 제정 예정)	Reference Model of Factory Energy Management System	- 산업 부분에서 효율적 에너지 관리를 위한 FEMS 참조 모델 제시
ISO 50001	Energy Management Systems – Requirements with guidance for use	- 기술 및 경영 측면에서의 효율적 에너지 관리 가이드라인 제시
DIN EN 16601	Energy Management Systems in Practice	- 효율적 에너지 관리 가이드라인 제시
JIS Q50009	Energy management systems-Guidance for implementing a common energy management system in multiple organization	- 기술 및 경영 측면에서의 효율적 에너지 관리 가이드라인 제시

□ 국내 동향

- 한국산업표준(KS)에는 산업표준화법에 의거 소재, 부품, 장비에 대한 여러 표준이 존재하나, 분류 체계에 제조공정 및 산업 에너지효율에 표준은 포함되어 있지 않음.
 - KS C(전기전자)에 FEMS를 대상으로 제정된 표준은 있으나, IEC 표준을 인용하여 부합화한 것으로 KS 분류 체계와 맞지 않음.
 - * KS C IEC TS 62872의 경우, FEMS 모델에 대한 내용을 일부 포함하고 있으나, 주 내용은 스마트 그리드와 산업시설 간의 네트워크에 관한 표준임.

- 한국스마트그리드협회(KSGA)는 FEMS을 포함하여 산업 에너지효율 관련 기술에 대한 단체표준화를 위해 스마트 그리드 표준화 포럼을 운영하였으며, 2022년도에 KSGA-023(공정에너지관리시스템)을 제정하였음.
 - 스마트 그리드는 전력 중심의 에너지효율에 대한 것으로 열에너지는 포함하지 않아 제조공정의 종합적인 에너지 평가에는 활용하기 어려운 설정임.
 - * KSGA-023는 크게 FEMS와 산업단지 EMS 간 정보교환 및 공장에너지관리시스템 2 가지로 분류되어 있으며, 산업 에너지효율을 증가시키는 방법에 대해서만 제시하고 에너지효율 평가 방법에 대한 내용은 포함되지 않음.
- 현재 FEMS 관련 국내 표준은 단체표준으로만 일부 진행되고 있으며, 선제 표준화를 위해 기술개발과 함께 국제표준화로 추진하고 있음.
 - EMS 협회에서 추진중인 국제표준은 FEMS 보급형 표준 플랫폼에 관한 것으로 전력 중심의 에너지 관리 시스템에 대한 내용만 포함하고 있어 열에너지를 포함한 통합 에너지효율 평가에는 활용하기 어려움.

<표 9> FEMS 관련 국내 표준 현황

구 분	명 청	개 요
KSGA-023-1-1	FEMS와 산업단지 MG EMS 간 정보교환 - 제 1부: 유즈케이스	- 산업단지 MG EMS와 FEMS간의 상호운용을 위한 필수 유즈케이스와 정보교환을 위한 요구사항 정의
KSGA-023-1-2	FEMS와 산업단지 MG EMS 간 인터페이스 - 제 2부: 정보교환 데이터 프로파일	- 산업단지 MG EMS와 FEMS 간의 데이터 교환 프로파일 및 모델 정의
KSGA-023-2-1	공장에너지관리시스템 - 제 1부: 참조모델	- 공장에너지관리시스템의 구성 및 기능요소, 기능 요구사항을 포함하는 참조모델 제시
KSGA-023-2-2	공장에너지관리시스템 - 제 2부: 기준정보 식별 체계	- 공장에너지관리시스템이 관리하는 기기들을 식별하고 수집되는 데이터 관리를 위한 기준 정보 제시
KS C IEC TS 62872	산업 시설과 스마트 그리드 사이의 산업 공정 측정, 제어 및 자동화 시스템 인터페이스	- 스마트 그리드와 산업시설 (FEMS) 간의 네트워크 구조 모델을 제시

1.5 정부R&D 지원현황

□ 투자 동향

- 공장에너지관리시스템(FEMS)에 대한 다수의 기술개발을 지원
 - “공장 에너지 관리 시스템 (FEMS) 보급형 표준 플랫폼 개발 및 실증”(산업부, 2020)에서 공정 에너지 모니터링을 주목적으로 범용성 있는 제품 개발이 목적으로 하여 적용이 제한적임.
 - “에너지다소비 업종(바이오·의약, 식품, 금속·유리 용해, 제지)대상 맞춤형 공장에너지 관리시스템(FEMS) 기술 개발 및 실증”(산업부, 2020) 과제에서는 다양한 다소비업종을 대상으로 추진하였으나, 뿐만 아니라 대상이 아님에 따라 적용이 어려움.
 - 해당 과제에서 공장에너지 데이터의 수집과 분석의 중요성이 확인되었으나, 전력데이터 중심의 에너지 절약을 목표로 진행되었으며, 공정에너지의 50% 가량을 차지하는 열에너지에 대한 절감 방안은 제한적으로 수행됨.

□ 기술개발 현황

- 주물공장의 회수철 재용해 전기 에너지 사용 10% 절감을 위한 스마트 파쇄기 개발(중기부, 2019)
 - 주물 재용해 공정 시, 스마트 파쇄설비를 적용한 제품 분해로 용해시간 단축 및 에너지원단위 10% 감소 예상 및 용해로 생산성향상과 내마모 재질로 제작하여 내구수명 향상 및 고장을 저감
 - 주조 공장에서 활용가능한 설비로 보조설비를 통해 에너지절감을 목표로 하였으며, 제조공정에 대한 효율화 분석은 포함되지 않음
- 에너지 다소비 주물공장의 에너지비용 20% 절감을 위한 에너지 최적화 공정기술 개발 및 전략적 에너지 통합관리시스템 개발(산업부, 2019)
 - 클라우드(Cloud), 사물인터넷(IOT) 등 제4차 산업혁명 기반의 최신 정보 기술(IT) 접목을 통한 주물공정의 최적 공정기술 및 최적 전력관리시스템 개발로 수요기업(고객)의 요구(Needs)를 충족한 현장지향형 최신기술 개발

- IoT 기반 기술을 통해 높은 수준의 에너지절감효과를 기대하고 있으나, 설비 개발을 통한 효율 향상과 전력관리에 핵심 전략으로 제조 전공정의 효율화 기술로써는 한계가 있음
- 뿌리산업을 위한 스마트공장 수직형 통합 패키지 개발(산업부, 2021)
 - 설비에 독립적인 개방형 IoT기반 데이터 수집 시스템을 확보함으로써 뿌리업종의 다양한 형태의 중소기업 생산현장에 적용
 - 국제표준기반 시스템 내 외부 인터페이스 핵심기술을 확보함으로써 기업의 기존 레거시 시스템 및 외부 솔루션과의 연계 연동이 용이하고 시스템의 확장성 확보

1.6 시사점

- 중소중견 기업 현장에 적용할 수 있는 전주기 공정에너지 효율기술에 대한 필요성 높음
 - 일련의 제조공정과 유틸리티의 유기적 분석을 통해 적정 에너지부하를 유지하고 제조공정에 적합한 최적의 절감이 가능한 전주기 공정에너지 효율 향상이 시급
 - 제조공정의 단일 설비 또는 유틸리티의 효율향상을 위한 연구와 제조공정의 에너지사용 모니터링을 위한 공장에너지관리시스템에 관한 연구는 수행되었음.
 - 에너지 모니터링 시스템을 보급한 현장에서 에너지 데이터와 생산관련 데이터의 통합 문제로 인해 생산과 연계한 분석을 통한 공정 최적화가 이루 어지지 못하고 있음
 - * 각각의 별도 모니터링 시스템에서 진일보시켜 제조공정의 체계적인 에너지 분석엔진을 통한 데이터 연계 및 최적화 기술 확보 필요
- 특히, 주조, 열처리, 표면처리 등 뿌리산업 중소중견기업의 평균 에너지절감률이 낮아 효율혁신 및 제조공정 전주기 최적화 효율기술 개발을 위한 연구지원 필요
 - (기술적 목표) 현재의 산업부문 저탄소 전환 전략*은 기축 사업장에 단

기 적용이 어려워 탄소중립 `30년 목표 달성을 위해서는 기존 제조공정을 유지하면서 에너지효율을 극대화하는 혁신기술이 될 수 있음

- * 대부분 공정 자체를 변경하거나, 저탄소 원료로 대체, 사용 에너지원의 전기화 같은 방식임
- (정책적 목표) 복잡다기한 제조공정의 에너지효율화를 위한 대표적 난제(Wicked problem)로 민간 독자해결에 한계가 있는 문제를 정부 주도의 R&D추진으로, 2030년 NDC달성 교두보 마련
- (경제·산업적 목표) 에너지다소비 사업장 중 뿌리산업의 경우 연매출 162조원, 51만명이 근무하나, 타 제조업 대비 높은 에너지비용부담*과 에너지위기 장기화 시 한계기업화 문제에 효과적으로 대비할 수 있음.
- * 중소제조업의 경우 뿌리산업의 에너지 비용 비중은 약 4배(중소중견기업에너지효율 혁신방안, '22.12)



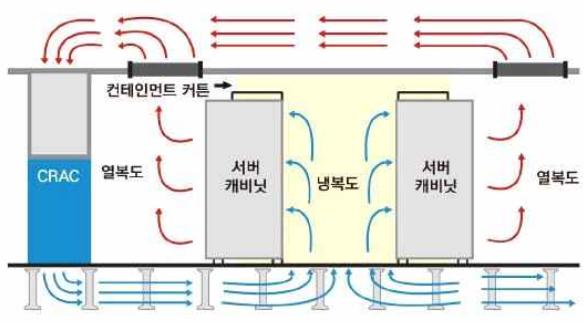
[그림 5] 뿌리산업 제조 설비 및 공정에서 발생하는 에너지손실 정의

2. 액침냉각을 이용한 데이터센터 열관리초고효율화 기술개발 및 실증

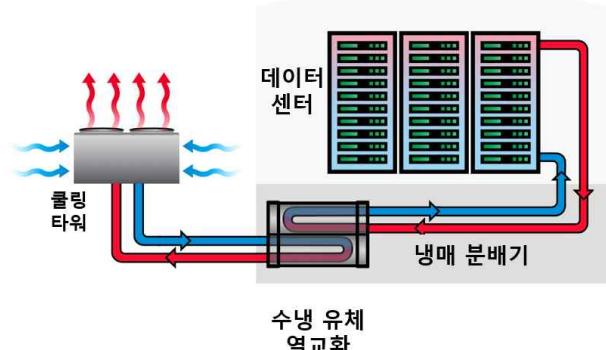
2.1 개요

□ 개요

- 전력을 소비하여 정보 저장 및 처리를 수행하고 열의 형태로 배출하는 에너지 다소비 시설인 데이터센터는 적정온도 유지를 위한 냉각 기술 적용이 필수적임.
- 기존 대부분의 데이터센터는 CRAC(Computer Room Air Conditioner)을 통해 냉각 매체인 공기를 냉각하여 이중마루(Raised floor) 하부를 통해 공급, 서버를 냉각하는 방식을 사용함.
 - 랙당 20kW의 발열 부하 미만에서는 일반적으로 공랭을 사용함. 열기·냉기의 유동 관리가 중요하며 1.3~1.5X 수준의 PUE (Power usage effectiveness, 전력효율지수) 달성이 가능하며 고밀도 데이터센터에는 비효율적임.
- 열전달률이 좋은 액체를 작동유체로 활용하여 열 발생 부품 위에 장착되어 단상 냉각판 또는 2상 증발 장치를 통해 열을 방출하는 방식을 적용할 수 있음.
 - 랙에 있는 장비에서 발생하는 열의 약 70~75%를 없앨 수 있으며, 나머지 25%~30%는 공랭을 활용해야 함.



(a) 바닥급기-냉기차폐 방식 공랭시스템 (예시)

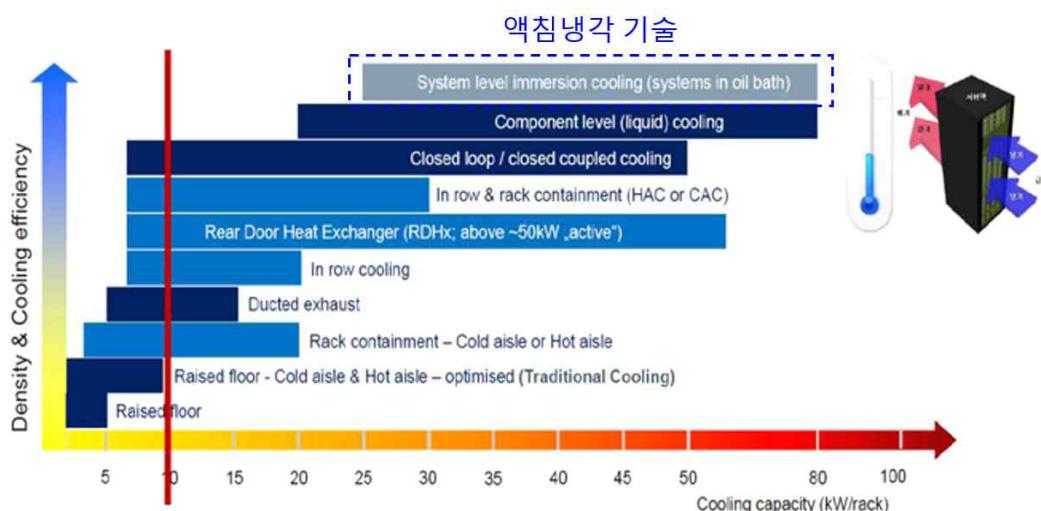


(b) 고발열 칩 직접 수냉각 시스템 (예시)

[그림 6] 데이터센터 적용 공랭 및 수냉 열관리 방식 개념도

□ 주요이슈

- (기술성) AI의 급격한 발전에 따른 데이터센터 계산 부하의 폭발적 증가와 HPC (High Performance Computing) 확대에 따른 서버랙당 소비전력은 지속해서 증가하고, 기존 데이터센터 공랭식 **기반** 열관리 한계를 극복할 수 있는 기술개발 필요.
- 공랭식 데이터센터의 PUE (Power usage effectiveness, 전력효율지수) = **1.3~1.5X**로 데이터센터 전체 전력 소모의 40%를 냉각장치가 차지하고 있으므로 냉각장치 전력 소모량의 획기적 개선 필요.
- 액침 냉각에 사용되는 비전도성 작동유체는 전량 수입에 의존하고 있으며, 2025년 HFC 계열 냉매 사용이 국제적으로 제한됨에 따라 친환경 국산 비전도성 작동유체 개발 및 내재화 기술 요구됨.



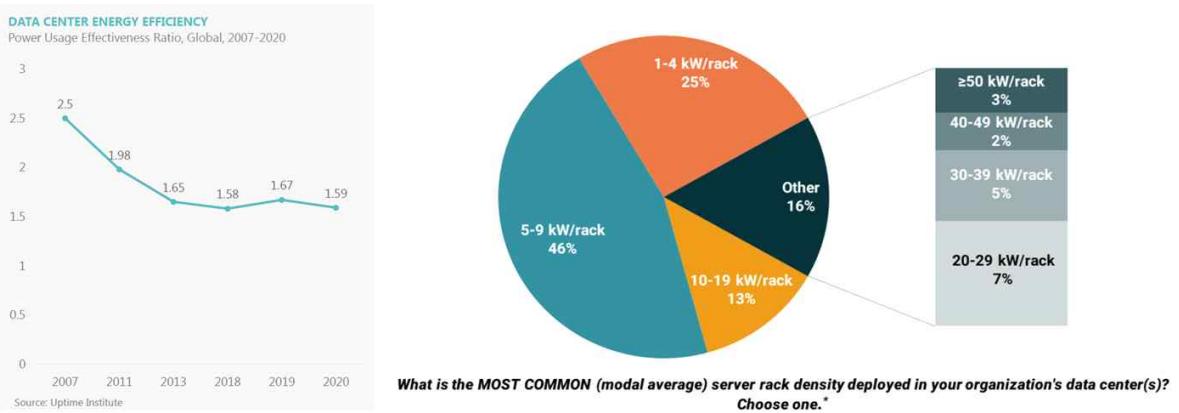
[그림 7] 서버랙 밀도에 따른 냉각 시스템 검토

출처: Kharn 2022.12.11

- (경제성) 국내 ICT 산업의 발전과 함께 초거대 데이터센터 산업은 지속적인 성장이 예상되며, 신기술인 액침냉각 기술은 산업 확대를 뒷받침 할 수 있음.
- 전세계 데이터센터의 액체냉각 시장은 연평균 24.84% 성장 ('21년 24.5 억 달러→'27년 74억 달러) 예상되며 액침냉각(Immersion) 시장도 연평균 25.8%의 성장률을 보여 '27년 12.6억 달러에 이를 것으로 예상*

* (Immersion Cooling Market Size & Share Analysis – Growth Trends &

Forecasts (2023 - 2028, Mordor Intelligence, 2023)



[그림 8] 데이터센터 PUE 추세(좌) 및 글로벌 데이터센터 랙당 소비전력 비중 20'기준
(우), (Uptime Institute)

- (정책성) 에너지절감과 온실가스배출 저감을 위해 고도화된 데이터센터 냉각 기술뿐 아니라, 미활용에너지를 적극적으로 활용하는 능동 열관리 기술개발 시급
 - 데이터센터의 에너지 소비량은 지난 10년간 2배 증가했으며, 현재 PUE가 유지된다면 앞으로 10년 내 3배 이상 증가 예상되어 전력수급계획에 차질을 가져올 수 있음.
 - 세계적으로 데이터센터의 지속적인 확대(대용량화, 고집적화)에 따라 선도 국가에서는 데이터센터 전력 소모를 획기적으로 감소시킬 수 있는 액침냉각 기술을 국가 정책적 차원에서 지원하고 있음.
 - 국내의 경우, 데이터센터는 주로 해외에서 도입 및 설치 후 운영하고 있고, 국내 자체 설계 및 제조한 데이터센터는 희박한 실정. 특히 차세대 데이터센터 열관리로 부상한 액침냉각을 개발하는 데 민간기업 주도의 개발은 한계가 있어 정부 차원의 R&D 지원이 절실햘.
 - * 미국의 경우, 차세대 데이터센터의 에너지 효율 향상을 위한 액침냉각 원천기술을 개발하는 에너지부(DOE) ARPA-E 프로그램 (COOLERCHIPS Project, 4,000만 달러) 추진 (2022년 9월)
 - * 미국(3M 등)에서 생산하는 HFC 계열 냉매가 액침 냉각수로 공급되고 있으나 파리 협정에 따라 2025년에 생산을 중지할 예정이며 이에 대한 대응 필요

2.2 산업·기술 동향

□ 해외 동향

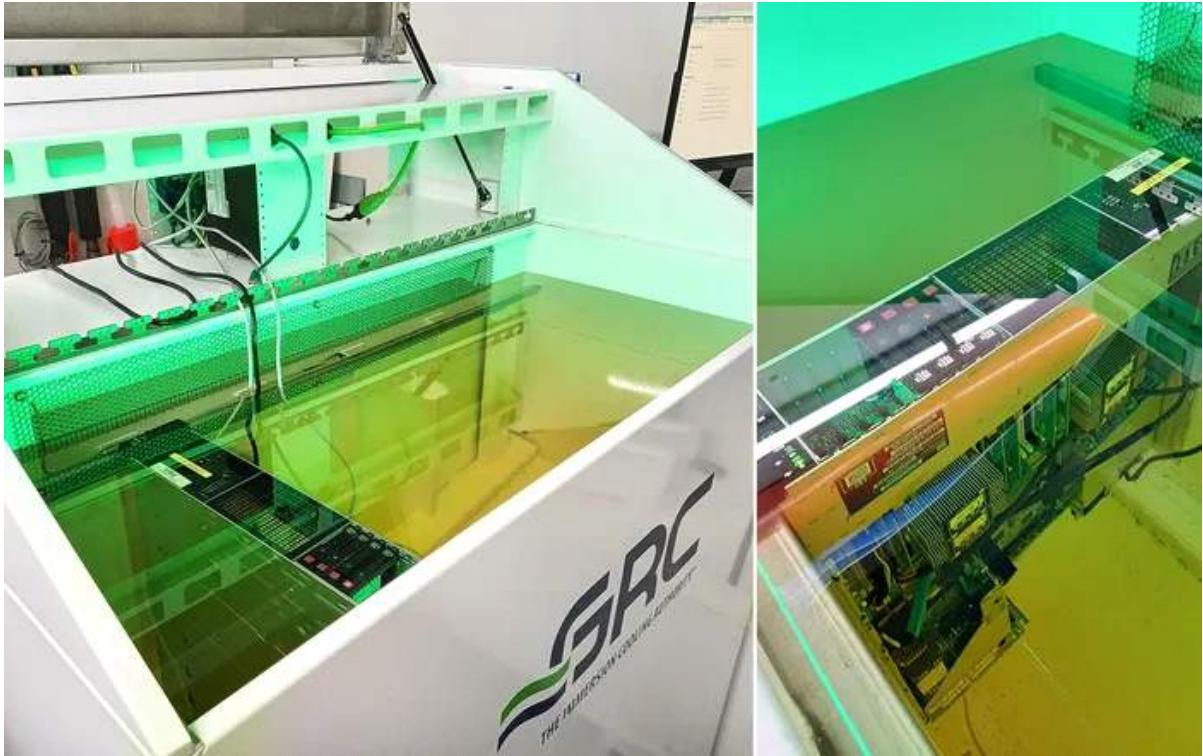
- 세계적으로 고집적-고발열 데이터센터의 지속적인 확대에 따라 전력 소모를 획기적으로 저감할 수 있는 액체 및 액침냉각 기술을 국가 정책적 차원에서 연구 개발 및 지원하고 있음.
 - 미국의 경우, 데이터센터의 총 냉각 에너지를 줄이기 위해 최신 데이터센터 칩(Chip)에서의 열저항 감소를 목표로 하는 에너지부(DOE) ARPA-E 프로그램 추진
 - * 프로젝트명: "COOLERCHIPS (Cooling Operations Optimized for Leaps in Energy, Reliability, and Carbon Hyper-efficiency for Information Processing Systems"
 - * 예산: 4,000 만불, Director: Dr. Peter de Bock, 15개 세부 과제로 구성
 - * 연구 목표: PUE 5% 감소 및 서버 chip과 냉매 사이의 온도 감소 ($\Delta T < 10^{\circ}\text{C}$)
 - * 프로그램의 개발 기술은 ①핵심적인 열저항 저감 기술뿐만 아니라 ②냉매에서 대기로 열을 제거하는 보조 냉각루프 ③데이터센터 모델링 소프트웨어 ④실증용 테스트 지원시설 등을 포함
 - 알리바바(중)의 경우 단상 액침 냉각 시스템을 적용한 대형 데이터센터로 냉매, 탱크 제조사(냉각), 서버 업체의 협력으로 선제적 적용되었으며 아시아 시장에서의 가장 큰 성공 사례로 알려져 있음.
 - * 2021년 10월 중국 국가발전개혁위원회 등은 에너지와 탄소배출 감축을 위한 의견을 발표했으며, 신축 대형(초대형) 데이터센터의 PUE가 1.3을 초과하지 않도록 하고 2025년까지 모든 데이터센터의 PUE가 1.5를 넘지 않아야 한다고 규정

□ 국내 동향

- KT클라우드는 액침 냉각 시스템 전문 기업 Immersion4와 데이터센터 액침냉각 시스템 적용을 위한 '데이터센터 인프라 분야 사업 협력 MOU'를 체결(2023.05.23)
 - Immersion4는 스위스에 본사를 둔 글로벌 액침 냉각 시스템 전문 기업으로, 자체 개발한 액침 냉각 유체 및 시스템 기술력을 보유
 - 국내 대규모 IDC 사업자들은 액침 냉각으로의 기술 전환 필요성은 인식하면서도 아직 개발된 국내 기술이 없으므로, 해외기술 선도국과의 적극적은 기술 교류 및 MOU 등으로 세대 전환을 계획
- SKT는 액침냉각 전문회사인 미국 GRC의 설비와 다양한 제조사의 테스

트용 서버, SK엔무브의 특수 냉각유로 자사 인천 사옥에 액침냉각 시스템을 구축하고 23년 6월부터 4개월간 테스트를 진행하였음

- * 기존 공기냉각 대비 냉방 전력의 93%, 서버 전력에서 10% 이상이 절감돼 총 전력 37%가 절감되는 효과를 확인함.



[그림 9] 해외 액침냉각 업체(GRC, 미국)의 냉각 솔루션 국내 SK엔무브 적용 사례

- 2008년 이후부터 액침식 제습 및 증발 냉각 기반 공조 시스템에 관한 연구가 활발하게 진행
 - 2015년 핵심 기술 관련 국내 특허 2건이 등록된 바 있음
 - * 제습 증발 냉각 기반 전외기 공조 시스템의 개념 및 열역학적 프로세스, 제습 제의 재생 열원 및 제습 용액(액침식)의 냉각 방식 등에 대한 특허들로써 실제 상용화를 위한 시스템 구성 등
 - 국내에서는 액침 냉각에 대한 솔루션을 제공 측면에서는 미흡한 실정이며 국내 업체들의 액침 냉각 국산화가 필요하며 이들을 기반으로 실증을 통해 상용화 기술 개발 진행 시급

□ 사업수행에 필요한 요소기술·제반기술

- 단상 액침 냉각은 유전체 용액(비전도성 작동유체)을 서버에 순환시켜 냉각하는 방식이며, 서버 내 냉각은 대류 열전달이 이뤄지며 탱크 내부 순환이 원활해야 하므로 유로 설계가 매우 중요함.

- 다상 액침 냉각은 유전체 용액(비전도성 작동유체)이 서버랙 옆에 기화되고 기화 용액을 응축시켜 순환하는 방식으로 기밀 관리가 중요
 - 다음과 같은 기술 개발 필요
 - * 단상/다상 액침냉각 열성능 최적화 및 열전달 측진 기술
 - * 열 성능 향상을 위한 작동유체 분배 및 냉각 유로 설계/해석 최적화 기술
 - * 단상/다상 액침냉각 대응 고효율 열교환기 설계 적용 및 신뢰성 확보 기술
 - * 비전도성 친환경 액침 유체 (인화점, 동점도, 생분해성) 내재화 기술
 - * 서버랙 발열 부하에 따른 액침 냉각 모듈 최적 운전제어 기술
 - * 단상/다상 열성능 향상을 위한 서버-랙 구조 최적화 및 공간배치 기술
 - * 액침냉각 적용 시 컨테이너 기밀 유지 및 구조 안전성 기술
 - * 액침냉각 서버-랙 모듈화 설계, 스케일업 및 제작 기술
- 액침냉각 미활용 에너지 활용 기술
 - 효율 냉각 기술 더불어 미활용에너지의 능동 활용 기술개발이 시급하며 하기와 같은 요소·제반 기술 필요함.
 - * 액침냉각열원 온도 영역 적용 능동 활용 열관리 기술
 - * 저온열원 활용 열 사이클 해석 및 최적 사이클 도출 기술
 - * 고효율 반응기 및 열교환기(고온부/저온부) 설계 기술 개발

2.3 특허 동향

□ 분석대상 특허 검색 DB 및 검색범위

- 한국, 일본, 유럽, 미국 및 중국의 공개/등록특허를 특허분석 대상으로 하여, 액침냉각을 이용한 데이터센터 열관리 초고효율화 기술개발 및 실증에 부합하는 특허를 추출
 - 1975년(출원일 기준)부터 2023년 11월(검색일 기준)까지 출원공개된 특허 총 552건을 분석대상으로 함
- 분석대상 특허²⁾

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

<표 10> 특허 분석 구간 및 범위

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

□ 검색식 도출

- “액침냉각을 이용한 데이터센터 열관리 초고효율화 기술개발 및 실증”에 대한 핵심키워드를 바탕으로 특허분석을 위한 1차 키워드를 도출하고, 이를 바탕으로 해당 기술을 포함할 수 있는 검색식을 완성함
- 최종 검색식

<표 11> 특허 검색식 및 검색 건수

기술	검색식	검색건수
액침냉각을 이용한 데이터센터 열관리 초고효율화 기술개발 및 실증	(DESC=((액체 OR 액상 OR liquid OR 물 OR fluid OR 용액 OR 리퀴드 OR water OR 오일 OR 워터 OR 냉각수 OR 해수 OR 바다물 OR 바닷물) AND (잠수 OR 수중 OR 담금 OR 액침 OR immersion OR 담가 OR 잠겨 OR 잠기 OR 잠금 OR 넣) AND (냉각 OR 쿨링 OR cooling OR 수냉 OR 열교환 OR cooler OR 열방출 OR 열발산 OR 방열) AND (데이터센터 OR "데이터 센터" OR 서버 OR 클라우드 OR 크라우드 OR 호스트 OR "data center" OR data-center OR datacenter OR server OR 데이터-센터 OR 데이터센터 OR 데이터센타 OR 데이터센타 OR 서버실 OR 서버룸) AND (열 OR 온도 OR thermal OR temperature OR 에너지 OR energy OR power OR 전기 OR 전력) AND (관리 OR 제어 OR 모니터링 OR 컨트롤 OR 감시 OR 운영 OR 콘트롤 OR 통제 OR 조절 OR 조정 OR management OR control OR 관제 OR 시스템 OR monitoring OR 매니지먼트) AND (효율 OR efficiency OR 성능 OR 고효율 OR 효과 OR 생산성 OR 능률 OR 신뢰성) AND (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 TAF=((데이터센터 OR "데이터 센터" OR 서버 OR 클라우드 OR 크라우드 OR 호스트 OR "data center" OR data-center OR datacenter OR server OR 데이터-센터 OR 데이터센터 OR 데이터센타 OR 데이터센타 OR 서버실 OR 서버룸) AND (열 OR 온도 OR thermal OR temperature OR 에너지 OR energy OR power OR 전기 OR 전력) AND (관리 OR 제어 OR 모니터링 OR 컨트롤 OR 감시 OR 운영 OR 콘트롤 OR 통제 OR 조절 OR 조정 OR management OR control OR 관제 OR 시스템 OR monitoring OR 매니지먼트))	540건

□ 주요국 기술개발 활동 현황

- 데이터센터는 사물인터넷(IoT), 인공지능(AI) 등 디지털 트랜스포메이션(Digital Transformation) 시대에 방대한 양의 데이터를 자유롭게 처리하고 저장하며 사용하기 위한 미래 산업의 핵심 인프라로 주목받고 있음
 - 국제에너지기구(IEA, International Energy Agency)에 따르면 2020년 기준 전 세계 데이터센터의 전력 소비량은 약 200~250테라와트시(TWh)로, 전 세계 전력 수요의 약 1%에 달하므로, 데이터센터의 전력 소비 문제는 환경오염의 주범 중 하나로 꼽힘
 - 액침냉각을 이용한 데이터센터 열관리 초고효율화 기술개발 및 실증과 관련성이 있는 특허는 1996년부터 등장하기 시작하였음
 - 액침냉각을 이용한 데이터센터 열관리 초고효율화 기술개발 및 실증과 관련하여 전체 국가에서 이루어진 특허출원 동향을 살펴보면, 전체적으로 2010년대부터 특허출원이 증가하는 모습이 보임
- 국가별로 살펴보면, 한국에서 이루어진 특허출원의 경우 2003년 특허출원이 시작된 이후 특허출원이 이루어지지 않은 공백기가 다소 존재하지만, 꾸준하게 특허출원이 이루어지고 있고, 2013년 이후 안정적인 특허출원이 이루어지고 있음
 - 미국에서 이루어진 특허출원의 경우 1996년 특허출원이 시작된 이후 전체 기간에 걸쳐 특허출원이 이루어지지 않은 공백기가 존재하지만, 2011년 이후 지속적인 특허출원이 이루어지고 있음
 - 일본에서 이루어진 특허출원의 경우 2000년 특허출원이 시작된 이후 특허출원이 이루어지지 않은 공백기가 다소 존재하지만, 전체적으로 안정적인 특허출원이 이루어지고 있음
 - 유럽에서 이루어진 특허출원의 경우 2008년 특허출원이 시작된 이후 최근 까지 간헐적인 특허출원이 이루어지고 있지만, 특허출원 동향을 분석하기에 무리가 있음
 - 중국에서 이루어진 특허출원의 경우 2013부터 의미 있는 특허출원이 이루어졌고, 2010년대 중반 이후 특허출원이 증가하는 모습을 보이고 있음

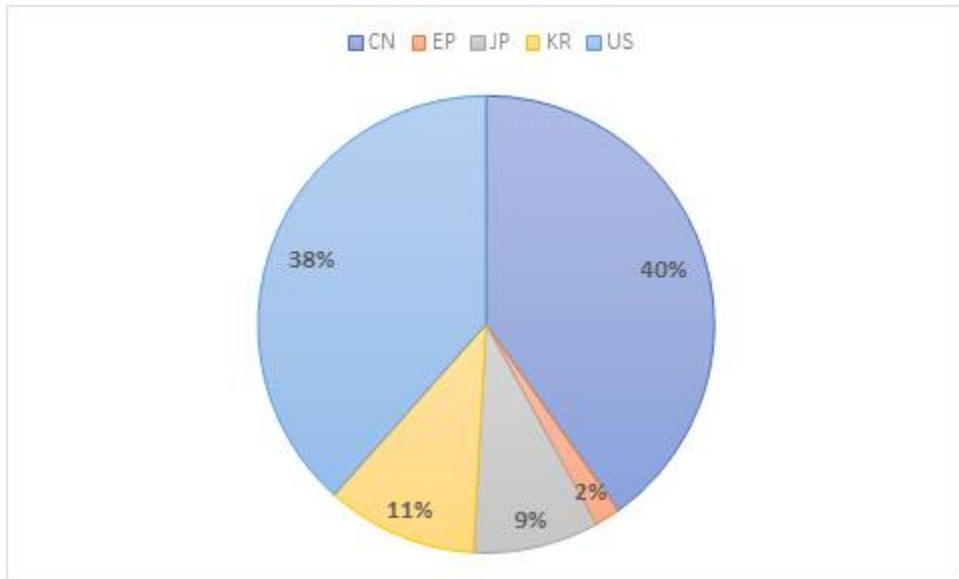
- 액침냉각을 이용한 데이터센터 열관리 초고효율화 기술개발 및 실증에 관한 국가별 특허출원 현황을 보면, 전체 특허출원 건수인 540건 중 중국의 특허출원이 254건, 47%로 가장 큰 비중을 차지하고 있고, 다음으로 미국의 특허출원이 104건, 19%, 일본의 특허출원이 98건, 18%, 한국의 특허출원이 74건, 14%, 유럽의 특허출원이 10건, 2%의 비중을 차지하고 있음
 - 2000년대 들어 가장 활발한 특허출원이 이루어지고 있는 중국이 전체 특허출원에서 절반에 가까운 큰 비중을 차지함

□ 주요출원인의 국가별 출원현황 분석

- 액침냉각을 이용한 데이터센터 열관리 초고효율화 기술개발 및 실증과 관련된 주요출원인으로서 상위 10위의 출원인을 선정하였으며, 상위 10위까지 출원인의 특허출원은 127건이고 이는 전체 540건의 특허출원에서 약 19%의 비중을 차지하고 있음.



[그림 10] 특허 출원인 분포



[그림 11] 특허 출원국 비중

- 상위 10위의 출원인은 대부분 중국이나 미국의 국적을 가지고 있는 기업이고, 이들이 액침냉각을 이용한 데이터센터 열관리 초고효율화 기술 개발 및 실증을 주도하고 있는 것으로 볼 수 있음.
 - 가장 많은 특허출원을 진행한 중국의 SUZHOU INSPUR INTELLIGENT TECH CO LTD는 중국에서 모든 특허출원을 진행하였음

2.4 표준화 동향

□ 해외 동향

- 데이터센터의 IT 장비/서버 및 에너지효율 관련하여 현재 ISO/IEC JTC1 SC 39 (Sustainability, IT and data centres)에서 국제표준화를 추진하고 있음.
- 2016년에 WG 1 및 WG 3에서 PUE, REF 등 성능평가에 대한 국제표준이 제정되었으며, 2022년 최신 개정되어 활용되고 있음.
 - WG 1에서는 데이터센터의 성능을 정량적으로 평가하기 위해 KPI(Key Performance Indicator)에 대한 표준(ISO/IEC 30134)을 제정하였으며, 세부적으로 PUE, ITEEsv, ITEUsv 등 8가지 평가 항목에 대한 표준을 포함하고 있음.
 - * 데이터센터 에너지효율 관련 항목 (5가지) : PUE, REF, ITEEsv, ITEUsv, ERF
 - * 데이터센터 환경(탄소배출, 물 등) 관련 항목 (3가지) : CER, CUE, WUE

- 또한, WG 1의 ISO/IEC 20913에서 데이터센터 효율을 종합적으로 평가하는 방법에 대해 제시하고 있음.
 - * ISO/IEC 30134의 KPI 항목을 기준으로 데이터센터에 대한 성능 기준을 제시하고 있으며, 데이터센터에서는 PUE(에너지효율지수)를 핵심 성능평가 항목으로 활용하고 있음.
- WG 3에서는 데이터센터의 설비 및 인프라에 대한 표준화를 진행하고 있으며, 대표적으로 ISO/IEC 22237이 활용되고 있음.
- ITU-T SG 5 WP 3 산하 Q 11(Smart Energy)에서도 데이터센터 관련 국제표준화가 진행되었으나, 에너지효율을 포함한 성능평가 관련해서는 ISO/IEC JTC1 SC 39의 표준이 활용되고 있음.
- 데이터센터 관리시스템 및 에너지 솔루션 관련해서는 ITU-T L.1305, ITU-T L.1306, ITU-T L.1381 등이 활용되고 있음.
- 액침 냉각과 관련한 국제표준 및 표준화 활동은 현재까지는 없는 상황이며, 액침 냉각에 사용되는 비전도성 용매(유류)에 대해 제조 기업의 자체 규격을 활용하고 있음.
- 최근 데이터센터 관련 기업들이 OCP(Open Computer Project)라는 비영리 단체를 설립하고 이 단체를 통해 표준(시장표준)을 제·개정하고 있음.
- Intel, Dell, GRC, Shell 등 기업들이 OCP를 통해 액침 냉각 데이터센터용 용매에 대한 밀도, 비열, 점도, 재료 적합성 등 성능평가 방법 및 기준에 대한 자체 표준을 제정하여 활용하고 있음.
- 2023년 8월 이후, SK 엔무브, Dell, GRC 등이 데이터센터 액침 냉각 관련 기술 개발과 함께 표준화를 추진하고 있음.

<표 12> 데이터센터 및 액침냉각 성능평가 관련 표준 (해외)

구 분	명 칭	개 요
ISO/IEC 30134	Information Technology - Data Centres - Key Performance Indicators	<ul style="list-style-type: none"> - KPI에 대한 일반 요구 사항 - PUE(에너지효율지수) 평가 방법 - REF(에너지재활용지수) 평가 방법 - ITEEsv(서버효율측정지표) 평가 방법 - ITEUsv(IT서버기동률측정지표) 평가 방법 - ERF(에너지재활용지수) 평가 방법
ISO/IEC 20913	Information Technology – Data Centres – Guidelines on Holistic Investigation Methodology for data centre	<ul style="list-style-type: none"> - 데이터센터 효율 종합 평가 방법
ISO/IEC 23544	Information Technology – Data Centres – Application Platform Energy Effectiveness	<ul style="list-style-type: none"> - 데이터센터 적용 플랫폼 에너지효율 평가 방법
ISO/IEC 22237	Information Technology – Data Centres – Data Centre Facilities and Infrastructures	<ul style="list-style-type: none"> - 데이터센터 설비 및 인프라 관련 원리 및 참고 모델 제시
ITU-T. 1305	Data Ccentre Infrastructure Management System based on big data and Artificial Intelligence Technology	<ul style="list-style-type: none"> - 데이터센터 인프라 관리 시스템 운영 방안 제시
ITU-t. 1306	Specification of an Edge Data Centre Infrastructure	<ul style="list-style-type: none"> - 엣지 데이터센터 인프라 관련 원리, 기본 구성, 기술 등에 대해 제시
ITU-T. 1381	Smart Energy Solutions for Data Centres	<ul style="list-style-type: none"> - 데이터센터 스마트에너지 솔루션 관련 원리, 기본 구성, 기술 등에 대해 제시

□ 국내 동향

- 국내에서는 국가표준(KS) 및 단체표준(KCS, TTA 등)으로 데이터센터 관련 표준화가 진행되고 있으나, 주로 데이터센터 구축 지침이나 관리시스템에 대한 표준으로 성능평가에는 ISO/IEC의 국제표준을 활용함
 - 국가표준은 KS X(정보)로 분류되어 표준화가 진행되고 있으며, KCS의 KcS.KO나 TTA의 TTAK는 데이터센터 구축 및 수준 진단에 대한 표준으로 에너지효율 및 성능평가 관련 지표가 부족한 실정임.
 - * KS X 4151는 데이터센터 에너지효율 모니터링 시스템에 관한 표준임.
- 액침냉각 관련 국가표준은 부재한 상황이며, 데이터센터에서 활용하고 있는 Shell 또는 3M의 비전도성 용매에 대해 제조 기업의 규격 또는 OCP 기준에 따라 평가를 진행하고 있음.

- 국내 기업들은 비전도성 용매 관련 해외 기업 자체 기준 또는 국제 표준을 인용하고 있어 액침 냉각용 비전도성 용매 내재화 및 최적화 기술개발에 어려움을 겪고 있음.
 - 이를 극복하기 위해 액침 냉각 관련 성능평가 방법 및 기준에 대해 국내 상황에 맞는 국제규격 부합화와 국내 표준화가 필수적인 상황임.
- 단체표준으로는 한국산업기술시험원에서 ‘서버냉각용 침지 냉각시스템(KTL C 504-2021)’를 제정하여 액침냉각 데이터센터의 성능평가 및 K마크 인증에 활용하고 있음.
- 재료적합성, 비전도성 용매, 데이터센터 시스템 등 3가지로 구분하여 성능평가 방법 및 기준을 제시하였음.
 - * 재료적합성 : 내부식성 (무게변화율, 치수변화율, 색변화)
 - * 비전도성 용매 : 발화점, 밀도, 점도, 비열, 열전도도
 - * 데이터센터 시스템 : PUE, CPU 온도, PUE

<표 13> 데이터센터 및 액침냉각 성능평가 관련 표준 (국내)

구 분	명 청	개 요
KS X 4151	데이터센터 에너지 효율 모니터링 시스템	- 데이터센터 모니터링 시스템의 일반 요구사항 및 수준 진단 지표 제시
KCS.KO-09.0065	그린 데이터 센터 구축 지침	- 데이터 센터 구축 관련 원리, 기본 구성 기술 등에 대해 제시
TTAK.KO-10.0764	데이터센터 에너지 효율 성능 지표 - 서버	- 데이터센터 서버의 에너지 효율에 대한 기준 제시
KTLC 504-2021	서버냉각용 침지 냉각시스템	- 액침냉각 데이터센터에 대한 성능평가 방법 및 기준 제시

2.5 정부R&D지원현황

□ 투자 동향

- 공냉 기반 데이터센터 R&D: 데이터센터의 공랭식 냉방시스템의 에너지 사용량 감축 기술 개발

- 홍익대학교 산학협력단 주관으로 데이터센터의 냉방 에너지 사용량 50% 감축 가능한 공조시스템 개발(2012~2014, 7.82억, 국토교통과학기술진흥원)
- (재)한국건설생활환경시험연구원 주관으로 PUE 1.3x급 데이터센터 구현을 위한 에너지절감 통합 솔루션 및 설비모듈 개발, 2018~2021, 31.48억, 한국에너지기술평가원)
- 수냉 기반 데이터센터 R&D: 데이터센터 에너지 사용량 감축을 위한 수랭식 단독 및 공랭식 및 수랭식 하이브리드 냉방 시스템 기술 개발
- 한국과학기술원 주관으로 저유량 수랭 기반 친환경 데이터센터 전원 장치의 초고효율화 연구 개발(2022~2025, 1.34억, 한국연구재단)
- (주)이온 주관으로 하이브리드 냉각 단일모듈 개발 등 고집적 데이터 센터 에너지 효율 향상 솔루션 개발 및 실증(2022~2025, 15.92억, 한국에너지기술평가원)

□ 기술개발 현황

- 2012년 초부터 실제 데이터센터에서 발생하는 빨열 부하를 제거할 수 있는 공랭식 냉방 시스템의 최적화 연구가 주류를 이루었으며 전력효율 지수 PUE 1.3x급의 에너지절감을 실현하는 것을 목표로 하여 연구 진행
- 2022년 초부터는 데이터센터의 규모가 증가하고 고집적화됨에 높아진 열부하 대응을 위해 PUE 저감에 대한 기술 수요가 더욱 증가함.
 - 수냉식 시스템의 경우 냉각수 사용량 증가의 문제점 제기
 - 공랭식-수랭식 하이브리드 냉방 시스템 개발이 진행 중

2.6 시사점

- 데이터센터 에너지 효율 분석 및 최적화 기술 개발 진행해 왔으나 데이터센터 냉각 시스템의 전기 에너지 효율 PUE 향상 한계 극복 필요성은 더욱 높아짐
- 2012년부터 정부 R&D 지원으로 데이터센터 에너지 효율 분석을 위한

계측기기 고도화 및 이를 통한 시스템 최적화와 플랫폼 기술 개발이 기획보 됨.

- 실질적으로 데이터센터의 과도한 발열 부하를 효과적으로 소산할 수 있는 공랭식 냉각 시스템의 개발이 진행되었음.
- AI 급격한 발전으로 연산 부하량이 급증하고 있으며 HPC(High performance computer) 도입 확대 및 소비전력 증가에 따라 발열 부하 역시 급격히 증대되는 추세

□ 대규모 고집적 데이터센터의 발열부하 제거를 위한 초고효율 액침 냉각 시스템 기술 개발 수요 발생

- 세계적으로 데이터센터의 지속적인 확대(대용량화, 고집적화)에 따라 선도 국가 중심으로 데이터센터 전력 소모를 획기적으로 감소시킬 수 있는 액침냉각 기술을 주목
- 액침냉각은 서버를 전기가 통하지 않는 액체에 담그는 방식으로 초고밀도 부하에 대응 가능
 - * 액침용 작동 유체는 공기와 비교해 비열 및 밀도가 커 열용량이 높으므로 냉각 시스템 관리가 매우 효율적이며 안정적이라는 장점이 있음.
- 폐루프 형식으로 절연유 및 2차 냉매를 순환시킬 수 있으므로 수랭식과 달리 절연유 및 2차 냉매의 손실 문제 해결 가능

1. 뿌리산업 중소·중견기업 제조공정의 전주기 효율향상 기술 개발 및 실증

1.1 연구개발과제기획 방향

□ 연구개발과제기획 기본방향

- 기존 FEMS 인프라를 최대한 활용하고 통합 데이터 분석체계를 구축함으로써 높은 수준의 에너지 효율향상을 구현할 수 있는 기술 개발 추진
 - 기존 공장에너지관리시스템(FEMS)은 에너지의 흐름과 분석에 대한 기본 인프라를 제공하였으나, 실질적인 산업부문의 에너지 절감을 위한 적극적인 기술 개발단계까지 포함되지 못함.
 - 단일 설비/유틸리티 개발 이외에 제조공정 전주기에 대한 통합적 효율화 기술 개발을 추진하여 제조공정의 에너지사용량을 수집 및 모니터링 단계를 넘어서 높은 수준의 에너지 분석과 사용량 절감 실현 기술 필요
- 에너지 비용에 크게 영향을 받는 중소중견기업 산업군인 기반공정기술 뿌리사업장(주조/금형/소성가공/용접/표면처리/열처리)의 에너지절감률개선을 위해 에너지효율과 제조공정 전주기 최적화를 위한 기술 개발 필요
 - 전체 뿌리사업장 중에서 열사용($300^{\circ}\text{C} \sim 1,500^{\circ}\text{C}$) 제조공정은 非적정부하*로 인해 손실되는 에너지가 크므로 주요 대상으로 우선 설정하고 효율향상 통합기술을 적용함으로써 전체 제조공정 동시 분석과 최적 상태 유지 구현
- * 저부하, 무부하, 과부하 상태 등 적정한 에너지가 생산에 사용되지 못하는 공정상태
- 중소중견 뿌리사업장의 전주기 공정에너지 효율 향상을 위한 기술개발이 진행되도록 하며 수요기업 실증단계까지 포함하여 진행함으로써 구체적인 에너지 절감효과를 확인할 수 있도록 구성



[그림 12] 실시간 제조공정 에너지분석 및 절감방안을 통한 최적화 기술

- 제조공정 에너지효율개선 목표를 설정하여 기업 에너지비용 부담완화에 기여도 높이고 에너지분석 정확도, 전주기 공정에너지 분석 정확도, 비용대비 절감량, 에너지분석 지표 등 종합적인 목표를 설정하여 결과물의 실용성 제고
- 상기 주요 방향을 반영하여 뿌리산업 제조공정에 필요한 전주기* 효율향상을 위한 기술 실증 과제로 구성하며 다음의 기술 개발 내용들을 포함
 - * 에너지밸런스 분석→공정원단위분석→생산공정 및 유ти리티효율분석→통합관리시스템→최적엔지니어링→통합실증
- 제조공정 에너지–생산 통합 데이터 연계 기술
- 데이터 기반 제조공정 분석 및 최적화 기술
- 제조공정 전주기 공정에너지 분석 기술
- 뿌리산업 제조공정 에너지절감기술
- 에너지 효율기술 운영시스템 개발 및 실증

<기존 FEMS과제와 동 과제 비교>

구 분	기존 FEMS 과제	동과제(효율향상 통합기술)
수행주체	전기/통신 전문가 중심	에너지 전문가 중심
측정 대상	전력사용량 데이터, 15분 단위(피크전력 중심)	에너지소비-제품생산 통합데이터 1분~60분(손실 파악 중심)
데이터수집처	분전반	제조공정 및 유ти리티
주요 기능과 역할	전력량사용 시계열 파악 → 전력 사용량 모니터링을 통한 절약 효과 기대	제조공정 에너지분야 분석과 처방 → 제조공정의 복합적 요인분석을 통한 에너지손실요인 제거
목적함수	에너지절약 (설비위주 낭비요인 제거)	에너지효율향상 (제조공정 에너지 최적화)
기반 기술	스마트 그리드, 미터링기술	에너지시스템 해석, 공정 해석 (공정분석 및 엔지니어링)
결과물 보급	정부 주도 : 인프라 지원사업을 통한 보급/확대로 사업장의 전력 모니터링 역량 강화에 기여	민간 주도 : 에너지절감량 기반 보상/인센티브 중심의 에너지 시장 활성화에 기여

○ 기획 과제의 기술분류 및 활용분야

기술분류*		활용분야**			
국가과학기술 표준분류(1순위)	산업기술 분류(1순위)	구분	업종	에너지원	에너지사용 설비군
연구분야	적용분야				
에너지/자원 (EA0707. 에너지/환경 제어설비)	산업분야 Y10 (전기 및 기계장비)	열-열사용 공정 기술 (600905)	산업	금속 주조업	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

□ 기획대상연구개발과제 현황

기획대상주제명	기획대상 연구개발과제(품목)명	연계 수요 (도출근거)	
전통 뿌리산업의 중소·중견기업 제조공정을 대상으로 전주기에 걸친 효율향상 기술 개발과 실증연구	뿌리산업 중소·중견기업 제조공정의 전주기 효율향상 기술 개발 및 실증	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정부정책 <ul style="list-style-type: none"> - 중소중견기업 에너지 효율혁신 방안('22.12) <ul style="list-style-type: none"> * 제조업의 근간이 되는 뿌리·소재부품 산업은 국내 주력 산업을 뒷받침하고 미래 신산업 기술 경쟁력의 핵심 역할 담당 * 뿌리산업은 에너지 다소비 업종으로 높은 에너지 비용의 부담을 극복하기 위한 에너지 저소비·고효율 구조 확립 - '27년 에너지효율 선진강국 도약 (시장원리 기반 에너지 수요효율화 종합대책('22.6), 새정부 에너지정책 방향('22.7) 등 <ul style="list-style-type: none"> * '27년 에너지효율 선진강국 도약 * 개별공정과 소재·기기의 지속적 초고효율화와 병행해 사업장 에너지 데이터 기반 효율혁신 기술개발 추진 * 시장원리에 기반한 에너지 수요 효율화 및 시장구조 확립을 위해 산업, 가정·건물, 수송 등 3대 부문 수요효율화 혁신 추진 	

□ 사업화 연계성과 발생 가능성

기획대상 주제명	기획대상 연구개발과제 (품목)명	지식재산권				표준 ²⁾	인증 ³⁾
		등록특허		소프트웨어	기타 ¹⁾		
해외	국내						
뿌리산업 중소·중견기업 제조공정의 전주기 효율향상 기술 개발 및 실증	뿌리산업 중소·중견기업 제조공정의 전주기 효율향상 기술 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)

1.2 개발위험 관리방안

□ 기술개발 위험요인

- 연구과정에서는 뿌리산업 제조공정 전 영역을 포함하여야 하므로, 기술 개발 과정에서 이를 포괄할 수 있는 컨소시엄 구성이 필수적으로 요구됨.
- 기술개발 분야는 에너지 분석, 에너지부하 최적 절감기법, 사용자 친화적인 UI를 갖는 운영시스템, 에너지-생산량 데이터 실시간 통합 측정 연계 기술 구현에 해당하며, 각 부분 혹은 일부 영역을 통합한 기술개발 필요
- 실증사이트 확보가 과제 성공을 위해 중요함.
 - 과제 착수 후 6개월 내에 실증사이트 확보와 진행에 문제가 발생할 경우, R&D 수행이 성공적으로 진행되기 어려우므로 사업계획 과정에서 실증사이트 확보방안의 구체성과 실현가능성 확보가 필요
- 기존에 기술과 연계를 통한 공정에너지 절감 효과 발생 필요
 - 기존 제품/시스템 최적화 기술과 에너지 데이터를 수집할 수 있는 공장에너지관리시스템을 등 과제 진행에 활용
 - 기존 설비 중심의 에너지 진단 및 분석기술은 에너지사용에 영향을 미치는 주요 인자 도출과 적정 운전기준 설정에 활용
 - * 데이터 기반 연구를 위해 공장에너지관리시스템(FEMS)의 데이터 수집 인프라를 활용함으로써 통합(에너지+생산) 데이터 구축을 위한 기저 기술로 이용
 - 공장에너지관리시스템(FEMS)에서 개발되거나 개발될 데이터 모니터링 인프라는 제안 연구와 연계하여 활용
 - * 진행 중인 과제에서 확보되는 단위 설비에 대한 다양한 데이터를 활용하여 본 제안 연구의 제조공정 최적화와 연계하여 활용

□ 사업화 애로사항

- 본 과제에서는 규제 및 제도에 따른 사업화 어려움은 없으나, 기존에 유사한 기술시장이 성장하지 못하였으므로 개발 시스템의 지속 가능한 운영 주체 및 비즈니스 모델 제시가 필요
- 기술 개발 과정에서 에너지 절감효과는 에너지 절감량과 절감비율의

두 가지로 정의할 수 있으며 모두 달성할 수 있는 과제 추진이 중요함.

- 기업의 경영에서 중요한 것은 절감비율에 해당할 수 있으나, 국가적 관점에서는 에너지 절감량도 매우 중요

□ 사회환경 위협요인

- 본 사업은 기술개발을 적용할 경우, 뿌리산업에서 제조물의 원단위를 개선하여 기업의 경쟁력을 강화할 수 있음.
- 단, 에너지 비용의 급변동은 기술의 보급 과정에서 장애요인이 될 수 있으므로 효율등급제 등 제반 제도가 병행되어 개발될 경우 본 기술의 빠른 보급과 함께 뿌리기업의 지속가능성을 확보 가능

□ 기술영향 검토

- 본 사업은 우리나라의 경쟁력이 세계적으로 우위에 있는 자동차, 반도체 등에 투입되는 핵심 부품 개발에 필요한 뿌리산업에 대한 지원으로 주력산업의 역량을 향상시킬 수 있음.
- 특히 제조과정에서 소비되는 다량의 에너지를 절감함으로써 탄소배출을 줄일 수 있으며, 본 기술 개발과 함께 관련 기업들의 기술역량과 제품경쟁력 강화 예상됨.

1.3 기획연구개발과제 RFP/기술개요서(연구개발과제기획이력서)

'24년도 에너지기술개발사업 신규연구개발과제 기술개요서 (품목지정)

관리번호	2024-수요관리-효율혁신-품목-4	
연구개발과제 유형	원천기술형(), 혁신제품형(○) 실증형(○)	
연계/해당여부	표준화연계() 경쟁형과제() 공기업 협력() 초고난도과제() 복수형과제() 안전관리형과제()	
품목명	뿌리산업 중소·중견기업 제조공정의 전주기 효율향상 기술 개발 및 실증 (TRL : [시작] 5단계 ~ [종료] 7단계)	
1. 지원필요성	<ul style="list-style-type: none">○ (기술성) 탄소중립 단계적 목표 달성을 위해서 공정전반의 변경이 요구되는 기술의 경우 단기 적용이 어려우므로, 기존 제조공정 기반으로 에너지효율을 극대화하는 혁신 기술이 필요함.<ul style="list-style-type: none">- 현재 산업부문 저탄소 전환 기술로 주목받는 전기화/공정 변경/원료대체 등의 기술들은 뿌리산업 기업들의 관점에서는 비용과 시간 소요로 인해 단기 적용에 어려움이 있음.○ (정책성) 에너지다소비 사업장 중 주조, 열처리, 표면처리 등 뿌리산업의 중소중견기업의 평균 에너지절감률이 낮아 효율혁신 및 제조공정 전주기 최적화를 위한 효율기술 개발 필요<ul style="list-style-type: none">- 복잡다기한 제조공정의 에너지효율화는 중소기업 독자해결은 어려우며 2030년 NDC 달성을 위해서 정부 주도의 R&D추진 필요○ (경제성) 국내 뿌리산업의 경우 연매출 162조원, 51만명이 근무하나, 타 제조업 대비 4배 가량 높은 에너지비용을 부담하고 있어서 에너지 비용 절감 기술 적용 시급<ul style="list-style-type: none">- 중소·중견기업의 에너지비용 부담 완화와 글로벌 공급망 참여 및 수출 경쟁력 유지를 위해 에너지 효율향상을 통한 탄소중립 대응 필요	
2. 품목정의	<ul style="list-style-type: none">○ (최종목표) 중소중견기업 기반공정기술 뿌리사업장(주조/금형/소성가공/용접/표면처리/열처리)의 효율혁신을 위해 원료투입부터 제품 출하까지 제조 전체공정을 대상으로 물리 모델링과 에너지 분석을 통해 사업장에 적합한 에너지 분석 및 절감 방안 도출 및 실증<ul style="list-style-type: none">- 대상 뿌리사업장의 <u>효율향상 8% 이상</u>을 목표로 현장의 공정정보를 활용하여 각 사업장에 적합한 에너지 분석 및 절감 방안 도출<ul style="list-style-type: none">* 뿌리산업 공정에서 핵심 에너지 소비부문(SEU, Significant Energy Usage)에 해당하는 고온 열사용 제조공정(300°C~$1,500^{\circ}\text{C}$)의 비적정부하(저부하, 무부하, 과부하) 상태 순서 최소화를 중심으로 설정- 공정 전주기 효율향상을 위한 “에너지밸런스 분석→공정원단위분석→생산공정 및 유 틸리티 효율분석→통합관리시스템→최적엔지니어링→통합실증” 전 영역기술 확보- 제조공정 에너지효율 향상 8% 이상, 에너지분석 정확도* 95% 이상, 제조 전공정 에너지 분석 정확도 90% 이상, 대상 업종별 에너지 분석 모델 2종, 에너지분석 지표 3종 이상 발굴<ul style="list-style-type: none">* 에너지분석 정확도는 에너지 최적화 및 절감기법 도출에서 중요한 제조공정의 에너지사용량(또는 순실량) 계산 정확도를 의미○ (연구내용)<ul style="list-style-type: none">• 뿌리제품 제조공정 에너지-생산 데이터 통합 연계 기술<ul style="list-style-type: none">- 공정 에너지맵 작성/관제점 선정/통합 데이터 인프라 설계- 데이터 기반 공정 간 에너지계통 분석 기술	

- 물리 센서 계측 신뢰도 및 결측치 추정 기술
 - 핵심 센서의 이상 및 노후화에 따른 이상감지 기술
 - 제조 전공정 분석을 위한 에너지 모델링 기술
 - 관제정보 기반 전공정 동적 에너지 밸런스 모델링 기술
 - 공정별 에너지분석 지표(eKPI) 개발
 - 단위 공정간 연계 분석 및 전공정 공정손실 분석기술
 - 실시간 계산을 위한 모델링 기술 개발
 - 전주기 공정에너지 최적화를 위한 수리모델 개발
 - 가상 제조공정을 통한 공정에너지 최적화 시뮬레이터 개발
 - 뿌리산업 제조공정 에너지절감과 최적화 기술 도출 및 실증
 - 뿌리 업종 사업장별 에너지 절감 최적화 기술 개발
 - 실증 사이트(제조사업장*) 분석, 절감기법 적용방안 도출 및 에너지절감방안 정보화
 - 제조공정별 에너지분석 알고리즘 모듈화, 열역학 기반 전산모사기술 개발
 - 웹기반 운영시스템의 보안체계 구축
 - 뿌리 업종 사업장별 효율기술 표준 운영시스템 개발 및 실증
- * 실증규모 및 기간 : 뿌리사업장 4개 이상, 합산 연간에너지소비량 10,000TOE 이상, 실증운전 3개월 이상



<실시간 제조공정 에너지분석 및 절감방안을 통한 최적화 기술 개략도>

○ 개발위험 극복방안

- 결과물의 사업화 및 시장진출을 위해 개발 시스템의 지속 가능한 운영 주체 및 비즈니스 모델 제시 필요
- 실증연구는 연구 전 기간에 걸쳐서 실시하고, 에너지 절감비율 이외에 에너지 절감량을 정량적 목표로 함께 제시해야 함.
- 개발기술에 의한 에너지 절감 효과는 최소 3개월 이상의 실증 운전 결과를 근거로 제시해야 하며 공인성적서에 의한 검증 필수
- 뿌리산업 제조공정의 에너지 분석, 에너지부하 최적 절감기법, 사용자 친화적인 UI를 갖는 운영시스템, 에너지-생산량 데이터 실시간 통합 측정 연계 기술 구현, 실증 연구 진행 등 전 영역 포괄할 수 있는 컨소시엄 구성 필요

3. 지원기간/추진체계

○ 기간 : 57개월 이내 (3년 + 2년)

* 1차년도 정부지원연구개발비: 38억원 내외, 총 정부지원연구개발비: 220억원 내외(150억원 + 70억원)

○ 정부납부기술료 : 징수

○ 주관연구개발기관 : 기업(중소·중견기업 참여 필수)

* 중소·중견기업 주관이 아닌 경우, 사업화 부분을 담당할 중소·중견기업 참여 및 역할제시 필수

○ 기타사항 : 수요기업* 참여 필수

* 수요기업: 국내 중소·중견 뿌리기업

2. 액침냉각을 이용한 데이터센터 열관리초고효율화 기술개발 및 실증

2.1 연구개발과제기획 방향

□ 연구개발과제기획 기본방향

- 대규모 고집적 데이터센터의 발열부하 제거를 위한 초고효율 액침 냉각 시스템 기술 개발 수요에 빠르게 대응하고 사업화 성과 발생 가능한 실증 중심 과제로 내용 구성
- 데이터센터 냉각 시스템의 전기 에너지 효율 PUE 향상 한계를 극복하고 액침냉각에서 파생하는 미활용 에너지를 냉열로 능동 활용할 수 있는 기술 개발
 - 고밀도 데이터센터 열관리를 위한 액침냉각 핵심 요소기술 개발 및 서버-랙 모듈 통합(Integration) 기술개발
 - 액침냉각에서 파생하는 미활용 에너지의 능동 활용을 위한 반응기 및 열교환기 적용 개발과 열관리 유닛과의 시스템 연계를 통한 통합시스템 열관리 실현
 - PUE 1.0X를 목표하는 데이터센터 액침냉각 시스템 개발 및 실증 진행
 - 실증 시스템 성능 최적화를 위한 무중단 고신뢰성 운영관리 기술 개발
- 기획 과제의 기술분류 및 활용분야

기술분류*		활용분야**				
국가과학기술 표준분류(1순위)		산업기술분류 (1순위)	구분	업종	에너지원	에너지사용 설비군
연구분야	적용분야		구분	업종	에너지원	에너지사용 설비군
세부영역 기준 (EA0799 달리 분류되지 않는 에너지/환경기계 시스템)	산업분야 Y10 (전기 및 기계장비)	소분류 기준 (100610 기타 산업/일반기계 관련기술)	건물	IDC	전력	업무시설 (고밀도 IDC)

* 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

□ 기획대상연구개발과제 현황

기획대상주제명	연구개발과제(품목)명 기획대상 연구개발과제(품목)명	연계 수요 (도출근거)	
액침냉각을 이용한 데이터센터 열관리 초고효율화 기술개발 및 실증	액침냉각을 이용한 데이터센터 열관리 초고효율화 기술개발 및 실증	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정부정책 <ul style="list-style-type: none"> - 제10차 전력수급 기본계획('23.1) <ul style="list-style-type: none"> * (전력절감 정책목표) '36년 기준 최대전력은 17.7 GW (기준수요의 13.0%), 전력소비량은 105.7 TWh (기준수요의 15.0%) 절감 추진 - 정부 에너지정책 방향 ('22.7) <ul style="list-style-type: none"> * 시장원리에 기반한 에너지 수요 효율화 및 시장 구조 확립을 위해 산업, 가정·건물, 수송 등 3대 부문 수요 효율화 혁신 추진 - 시장원리 기반 에너지 수요효율화 종합대책 ('22.6) <ul style="list-style-type: none"> * '27년 에너지효율 선진강국 도약 - 탄소중립·녹색성장 기술혁신 전략 <ul style="list-style-type: none"> * 기술혁신을 통한 '2030 NDC 및 2050 탄소중립 실현'을 위해民間 주도의 임무중심 탄소중립 기술혁신 등 3대 방향 제시 	

□ 사업화 연계성과 발생 가능성

기획대상 주제명	기획대상 연구개발과제 (품목)명	지식재산권				표준 ²⁾	인증 ³⁾
		등록특허		소프트웨어	기타 ¹⁾		
해외	국내						
액침냉각을 이용한 데이터센터 열관리 초고효율화 기술개발 및 실증	액침냉각을 이용한 데이터센터 열관리 초고효율화 기술개발 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)

2.2 개발위험 관리방안

□ 기술개발 위험요인

- 고밀도 데이터센터 액침냉각 기술개발 과정에서 액침냉각의 핵심 기술인 비전도성 친환경 작동유체 내재화 및 최적화 기술 개발 필요
 - 서버랙 액침냉각 모듈 냉매 유로의 기밀 유지 및 구조 안전성에 대한 점검과 비전도성 유체의 누설에 대한 대응 기술 확보 중요
- 데이터센터 전력효율 지수(PUE) 감소를 위한 열관리 초고효율화 기술 및 냉각 배열 활용 기술의 실증 검증 방안 수립 여부 파악 필요
 - 고밀도 데이터센터 액침냉각 시스템 통합(Integration) 실증 시 기계·전기적 결함, 누출 등 위험 요인 분석, 안전 대책 수립 등의 위험도 저감 방안 수립 필요 (데이터센터 일반 안전관리 기준 수준)
- TRL 7단계 기술개발 목표로 실증 상용화가 필수인 과제 형태로, 수요처(비전도성 작동유체, 액침용 서버랙 모듈, 미활용에너지 활용 시스템, 요소기술 통합시스템 등)에 따른 적절한 핵심 요소기술 선정을 통한 기술개발과 ① 액침 냉각 서버랙 모듈화 ② 미활용에너지 능동 활용 모듈의 통합 및 이용 기술의 연계를 통한 안정적인 열관리 운영 기술 확보가 중요
- 액침냉각을 위한 비전도성 작동유체는 IT 장비와 직접 접촉하는 점을 고려할 때 기술적 목표 달성을 위해 서버랙 장비 제조업체(OEM 및 ODM) 및 CPU, GPU, 메모리, 마더보드, SSD, 케이블, 전원 공급 장치 등과 같은 전력 제품과의 안전성 및 상호운용성이 보장 필요
 - 현재 액체 냉각 시스템에 적용되는 작동유체의 경우 다양한 IT 장비 공급업체의 전력 제품과 작동유체와의 호환성 확인이 불가능함에 따라 액침냉각 시스템에 적용을 위한 호환성과 안정성, 내구성 등을 확보하기 위한 기술 확보가 필요

□ 사업화 애로사항

- 데이터센터 열관리 산업은 계속 커지는 시장이며, 빅데이터, AI(인공지능) 등 높은 트래픽을 요구하는 연산 작업이 가속화되는 환경을 고려

하면 데이터센터 열관리 수요 확대는 지속될 수밖에 없음.

- 액침냉각 시스템은 전통적인 공랭식 시스템에 비해 초기 투자 비용이 높을 수 있으므로 이에 대한 시장의 수용성 확보와 에너지(탄소)절감이라는 국가적 목표를 달성하고자 하는 방향성에 대한 공감 확보 필요
- 액침 냉각의 비전도성 작동 냉매로 적용을 고려할 수 있는 PFAS (Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances) 계열의 불소 화합물은 최근 PFAS 규제와 관련해 2025년까지 제품단종을 발표한 상황이며, 이에 따라 액침냉각의 핵심 요소인 비전도성 작동유체 확보가 필요
- 또한 유지 보수성, 신뢰성 및 운영 안전과 관련한 서버랙 액침냉각 모듈의 냉매 유로 기밀 유지 및 구조 안전성에 관한 기술 확보가 중요함.

□ 사회환경 위험요인

- 국내 ICT 산업의 발전과 함께 초거대규모(Hyper-scale) 데이터센터 산업은 지속적인 성장이 예상됨.
- 기존 CRAC 기반 공랭식 위주의 데이터센터와 일부 액체 냉각이 적용된 데이터센터를 PUE 1.0X 급의 고효율 액침냉각 시스템으로 대체하는 기술이므로 사회환경적 위험요인은 낮음.

□ 기술영향 검토

- 냉각장치와 열회수를 위화 환기시설 등 큰 설치 면적과 다량의 물과 전력이 수반되는 기존 공기냉각 방식 대비 설치 공간 최소화, 건물 하중 감소를 통한 건축비 절감 및 전력 소비량 절감을 통한 탄소 배출량 감소 효과 발생 가능
 - 비전도성 작동유체 적용으로 인한 합선 및 정전 위험성 감소
 - * CO2 배출량 30% 감소, 지구온난화지수-GWP, ODP 등 고려 필요
- 데이터 사용과 IT 장비의 용량이 급격히 증대됨에 따라 탄소저감, 에너지 효율, 화재방지 등 환경 및 인명을 보호하기 위한 기술적 수요 및 요구가 높아지고 있으며, 국외에는 액침 냉각을 위한 솔루션을 제공할 수 있는 기술이 있으나 국내의 경우는 미흡한 실정
 - 고출력 전력장치의 기술 및 시장 성장을 위한 국내 업체들의 액침 냉각 기술의 국산화와 친환경 비전도성 작동유체 개발을 통해 원천기술 확보와

국산화를 통한 수입 대체효과를 크게 기대할 수 있음

- 액침냉각 시스템은 군사, 항공, ESS, 전기자동차, 데이터센터, 공공기관 및 민간기관의 통신, 전산실 등의 효율적 열관리를 위한 활용 분야 및 적용 대상의 파급효과가 매우 클 것임.

2.3 기획연구개발과제 RFP/기술개요서(연구개발과제기획이력서)

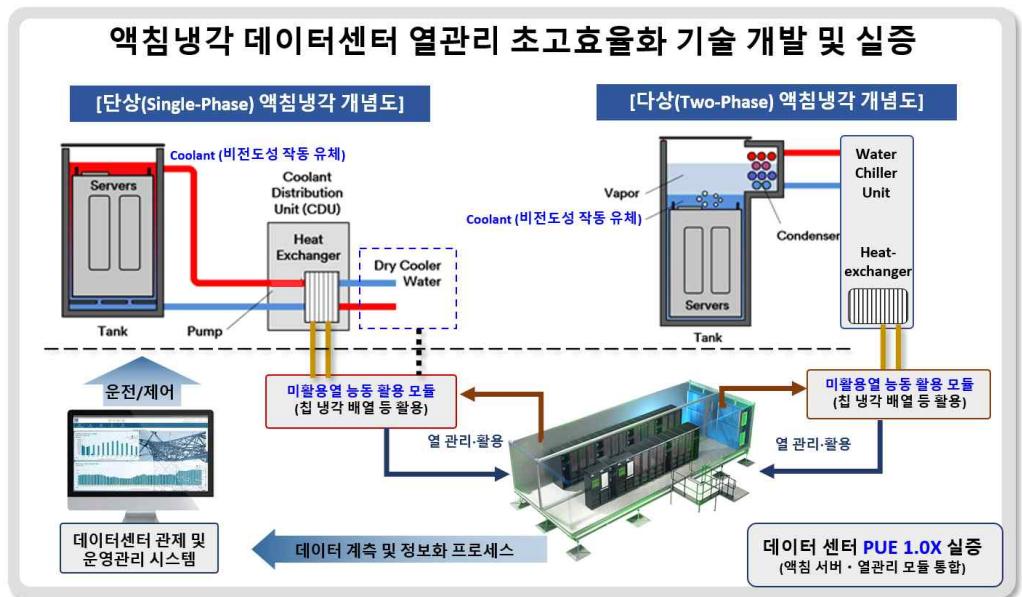
'24년도 에너지기술개발사업 신규연구개발과제 기술개요서 (통합형 연구개발과제)

관리 번호	2024-수요관리-효율혁신-통합형-1
연계/해당여부	표준화연계() 경쟁형과제() 공기업협력() 챌린지트랙() 초고난도과제() 복수형과제() 안전관리형과제()
프로젝트명	액침냉각을 이용한 데이터센터 열관리 초고효율화 기술개발 및 실증 (TRL : [시작] 5단계 ~ [종료] 7단계)
1. 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ (기술성) 데이터센터 대형화와 고집적화에 대응하기 위해 기존의 공기냉각 구조의 한계를 뛰어넘는 새로운 냉각 기술 개발 필요 <ul style="list-style-type: none"> - AI의 급격한 발전으로 데이터센터 계산 부하가 폭발적으로 증가하고 HPC 확대에 따른 랙당 소비전력 지속적 증가로 인해 기존 데이터센터 공랭식 열관리 한계 근접 <ul style="list-style-type: none"> * HPC: High Performance Computing * '20년 글로벌 데이터센터의 연간 전력 소비량은 240~340TWh이며 세계 전력소비량의 1~1.3% 정도를 차지하는 것으로 추정(IEA, '23.1) * '21년 기준 전세계 데이터센터 개수는 1,851개이고, 이중 하이퍼스케일 데이터센터(2만m² 이상, 10만대 이상 서버)의 개수는 659개임(코스콤리포트, '21.11; 삼일PwC경영연구원, '22.11) - PUE를 지속적으로 낮춰서 전력사용 효율성을 높이고 데이터센터 운용 과정에서 발생하는 열에너지를 재활용하는 기술 확보 필요 <ul style="list-style-type: none"> * 데이터센터 냉각에 저온의 외기, 수열원, 또는 LNG냉열 활용 등 다양한 노력이 진행중(국내 데이터 센터 평균 PUE는 1.78 정도로 세계 평균 1.59와 차이 존재)
○ (경제성) 국내 ICT 산업의 발전과 함께 데이터센터 산업은 지속적인 성장이 예상되며, 신기술인 액침냉각 기술은 해당 산업 확대를 뒷받침 할 수 있음 <ul style="list-style-type: none"> - 데이터센터 시장이 지속적으로 성장함에 따라 데이터센터의 액체냉각 시장도 연평균 24.84% 성장('21년 24.5억 달러→'27년 74억 달러) 예상 <ul style="list-style-type: none"> * 전세계 데이터센터 시장은 '21년 2,158억 달러 규모에서 '27년 2,883억 달러 규모로 성장 예상되며, 국내 데이터센터 시장은 '27년 58억 달러 규모로 성장 예상(코스콤리포트 '21.11, Aritzon '22.8) * 액침냉각(Immersion) 시장은 연평균 25.8%의 성장을 보여 '27년 12.6억 달러에 이를 것으로 예상 	
○ (정책성) 디지털 전환의 급격한 진행과 더불어 데이터센터의 전력소비량 급증에 대응하기 위한 정부R&D지원 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 데이터센터의 에너지 절감과 온실가스배출 저감을 위해 데이터센터 고효율 열관리와 폐열(냉각열) 활용 기술 개발 시급 - 차세대 데이터센터 열관리로 부상한 액침냉각을 개발하는 데 민간기업 주도의 개발은 한계가 있어 정부 차원의 R&D 지원 시급 	
2. 프로젝트 개념	<ul style="list-style-type: none"> ○ (기술개념) 고밀도 데이터센터 열관리를 위한 액침냉각 핵심 요소기술 개발 및 서버 랙 모듈 통합(Integration) 기술개발과 액침냉각에서 사용되는 작동유체의 미활용열을 능동 활용하는 열관리 기술을 융합하여 PUE 1.0X를 목표하는 데이터센터 액침냉각 시스템 개발 및 실증 추진 <ul style="list-style-type: none"> - 데이터센터 액침냉각 핵심 요소기술 개발 - 액침냉각 미활용열 능동 활용 및 열관리 기술개발

- 데이터센터 액침냉각 시스템 연계 미활용에너지 활용 기술 통합 실증

○ (기술개발방향)

- 액침냉각용 비전도성 친환경 작동유체 내재화 및 최적화 기술 개발과 이를 활용한 단상/다상 액침냉각 열성능 최적화 및 열전달 측진 기술 개발
- 액침냉각에서 파생하는 미활용 에너지의 능동 활용을 위한 반응기 및 열교환기 적용 개발과 열관리 유닛과의 시스템 연계를 통한 통합시스템 열관리 기술 개발
- 열원 배치를 고려한 랙 구조 최적화 기술과 열교환 성능 최적 운전 및 성능평가 기술 개발
- 실증 규모를 대응하기 위한 액침냉각 서버-랙 모듈 스케일업 적용과 액침냉각 및 미활용에너지 능동활용 모듈 실증 통합 설치 및 시운전 기술 실현
- 실증 시스템 성능 최적화를 위한 무중단 고신뢰성 운영관리 기술 개발과 PUE 1.0X 달성을



<액침냉각 데이터센터 열관리 초고효율화 기술 개발 개략도>

3. 개발목표 및 내용

- (최종목표) 고밀도 데이터센터 열관리를 위한 액침냉각 핵심 요소기술 개발 및 서버-랙 모듈 통합(Integration) 기술개발과 미활용열 능동활용 기술을 융합한 데이터센터 액침냉각 시스템 개발 및 실증
 - 데이터센터의 높은 전력효율지수(PUE)를 대폭 감소 ($1.55 \rightarrow 1.0X$) 시킬 수 있는 데이터센터 액침냉각 고효율화 기술 및 미활용에너지 능동 활용 기술을 개발
 ※ 미활용열 능동활용 기술: 액침 냉각 열원 에너지 회수 사용 등에 관한 모듈 및 열관리 방안 (예, 흡착식 히트펌프 기술 등)
- (세부연구개발과제 연구내용)
 - 세부과제3의 주관연구개발기관이 총괄과제의 주관연구개발기관으로 신청 필수

세부연구개발 과제명	기술개발 목표 및 내용	비고
총괄과제: 액침냉각을 이용한 데이터센터 열관리 조	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전체 총괄 역할 <ul style="list-style-type: none"> - 고밀도 데이터센터 액침냉각 시스템 통합(Integration) 기술개발 - 액침냉각 시스템 PUE 산정 평가기술 및 최적 운용 기술개발 - 실증 시스템 장기 운전을 통한 신뢰성 검증 및 경제성 평가 	<p>공고시기 2024년 공고</p> <p>연구개발과제유형 혁신제품형(실증)</p> <p>주관연구개발기관</p>

고효율화 기술 개발 및 실증 (TRL : 5 ~ 7단계)	- 데이터센터 액침냉각 시스템 보급 확산 비즈니스 모델 수립 및 표준화 개발 - 연구개발을 통해 획득된 유무형의 연구개발성과물 관리, 사업화 전략 수립 지원 - 사업성과(실적) 관리 및 보고 총괄 등	기업 정부납부기술료 비정수 지원기간 48개월 이내
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 단상/다상 액침냉각 열성능 최적화 및 열전달 촉진 기술개발 ○ 규제 대응 액침냉각용 비전도성 친환경 작동유체 내재화 및 최적화 기술개발 ○ 서버 고발열 열원 배치에 따른 유로 해석, 설계 및 랙 구조 최적화 기술개발 ○ 서버-랙 작동유체 열교환 성능 최적 운전 및 성능평가 기술 개발 	공고시기 2024년 공고 연구개발과제유형 혁신제품형 주관연구개발기관 기업 정부납부기술료 정수 지원기간 48개월 이내
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 저온열원 활용 열사이클 해석 및 최적 사이클 도출 ○ 액침냉각 시스템 열관리 기술(Dry cooler 및 Liquid cooler 등) 개발 ○ 액침냉각 미활용열 능동 활용 반응기 및 열교환기 설계 기술 개발 ※ 65°C 미만의 침냉각 배열 활용을 위한 부품과 시스템 기술 개발 ○ 액침냉각 열관리 유닛과 미활용열 능동 활용 시스템 연계 기술 개발 ○ 액침냉각 데이터센터 통합 열관리 기술개발 	공고시기 2024년 공고 연구개발과제유형 혁신제품형 주관연구개발기관 기업 정부납부기술료 정수 지원기간 48개월 이내
세부과제1: 데이터센터 액침냉각 핵심 요소기술 개발 (TRL : 5 ~ 7단계)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 실증 규모 대응 액침냉각 서버-랙 모듈 스케일업 적용 기술개발 ○ 미활용열 능동 활용을 위한 기축 시스템 연계 적용 기술개발 ○ 액침냉각/열관리 모듈 통합 열설계 및 시스템 최적화 기술 ○ 액침냉각 및 미활용에너지 능동활용 모듈 실증 통합 설치 및 시운전 기술 ○ 실증 시스템 성능 최적화를 위한 무중단 고신뢰성 운영관리 기술 개발 ○ 고밀도 데이터센터 액침냉각 시스템 통합(Integration) 설치 및 에너지 효율화 지표 실증(PUE 1.0X) ※ 실증규모 200kW 이상 서버랙 적용, 실증기간 2000시간 이상 (하/동절기 포함) 	공고시기 2024년 공고 연구개발과제유형 혁신제품형(실증) 주관연구개발기관 기업 정부납부기술료 정수 지원기간 48개월 이내
세부과제2: 액침냉각 미활 용열 능동 활 용 및 열관리 기술 개발 (TRL : 5 ~ 7단계)		
세부과제3: 데이터센터 액 침냉각 시스템 연계 미활용에 너지 활용 기 술 통합 실증 (TRL : 5 ~ 7단계)		

4. 기타 지원 요건

○ 지원 규모

- 48개월 이내 (1차년도 정부지원연구개발비: 40억원 내외, 총 정부지원연구개발비 : 180억원 내외)

○ 개발위험 극복방안

- 개발 과정에 있어서 서버랙 액침냉각 모듈의 냉매 유로의 기밀 유지 및 구조 안전성에 대한 점검 필요
- 실증시 시스템의 기계적 결함, 누출 등 위험 요인 분석, 안전 대책 수립 등의 위험도 저감 방안 수립 필요 (데이터센터 일반 안전관리 기준 수준)

○ 안전 관리 사항

- 안전 관리형 연구개발과제 여부 : 해당사항 없음
- 위험물질 취급연구개발과제 여부 : 해당사항 없음

○ 주관연구개발기관 : 기업(중소·중견기업 참여 필수)

○ 기타사항

- 동 과제는 통합형 과제임. 단, 세부과제3의 주관연구개발기관은 총괄과제의 주관연구 개발기관으로도 동시에 신청하여 총괄 역할을 수행하고 총괄연구개발계획서도 별도로 제출해야 함
- 세부과제 3은 실증(수요)기관 참여 필수