

스마트 AI정수장 도입현황과 미래

K-water 수도관리처

요약

물 산업에서 인공지능(AI) 기술의 통합은 빠르게 확산되고 있으며, 정수장 운영 효율성 향상, 자원 관리, 오염 감지 및 운영 자동화에 이르는 다양한 분야에서 활용되고 있다. 딥러닝과 사물인터넷(IoT) 같은 AI 기술은 일부 선진적인 물 관리 시스템에 이미 적용되고 있지만, 최근 발전한 생성형 AI와 대규모 언어 모델(LLM)은 제조업, 헬스케어, 금융 등 다른 산업에서 큰 영향을 미치고 있다. 이러한 AI 모델은 방대한 데이터를 실시간으로 분석하고 통찰을 제공해, 의사결정 지원과 운영 효율성 향상에 기여하고 있다. 비록 물 관리 분야에서 생성형 AI의 직접적인 도입 사례는 아직 없지만, 실시간 데이터 분석, 이상 징후 감지, 운영 최적화에 있어 이 기술의 적용 가능성은 매우 크다. 생성형 AI는 수질 데이터를 신속하게 분석하고, 운영 문제를 예측하며, 최적의 대응 방안을 제시할 수 있어 정수장 운영의 자동화 및 지능화를 크게 향상시킬 수 있다. 본 보고서는 현재 국내 정수장에 도입된 AI 기술이 데이터 수집과 기본적인 분석에 제한되어 있음을 지적하고, 더 진보된 AI 기술, 특히 생성형 AI의 필요성을 강조한다. 이러한 기술의 도입을 통해 국내 물 산업은 4차 산업혁명 시대에서 선도적인 역할을 할 수 있으며, 물 관리 체계의 혁신을 통해 더 안전하고 효율적인 물 공급 시스템을 구축할 수 있을 것이다.

I. 서론

4차 산업혁명의 도래는 다양한 기술 혁신을 가능하게 하였고, 그 중에서도 디지털 전환은 가장 중요한 변화 중 하나로 꼽힌다. 대한민국 정부는 이러한 변화에 대응하기 위해 2023년 4월 14일, 디지털 기술을 기반으로 한 새로운 행정 시스템을 도입하는 "디지털 플랫폼 정부" 실현계획을 발표했다. 이 정책의 주요 목표는 데이터와 AI(인공지능) 기술을 국가 행정의 중심으로 삼아 공공 서비스의 효율성을 극대화하는 데 있다. 이를 통해 행정 절차 간소화, 서비스 맞춤화, 그리고 민·관 협력 혁신 인프라를 구축하고, 공공 서비스의 디지털화를 가속화하고 있다.

디지털 플랫폼 정부는 공장 인허가 서비스를 간소화하고, 관공서의 서류 제출을 없애는 등, 국민과 기업이 실질적인 혜택을 볼 수 있는 다양한 디지털 서비스를 제공하고자 한다. 이는 정부가 AI 및 데이터 활용을 통해 행정 효율성을 높이고, 사회 전반에 걸쳐 초거대 인공지능(Giant AI) 기술경쟁력을 강화하려는 의지의 일환이다.

비전

인공지능 · 데이터로 만드는 “세계 최고의 디지털플랫폼정부”

STRATEGY 01 ** 하나의 정부

- 1 디지털을 기본으로 행정체계 전반 혁신(Digital by Design)
- 2 데이터 칸막이의 근원적 해소
- 3 디지털플랫폼정부 혁신인프라 구현

STRATEGY 03 ** 민관이 함께 하는 성장플랫폼

- 1 민관이 함께 사회문제를 발굴·해결하는 협업플랫폼 구축
- 2 민간의 공공 데이터·서비스 융합·활용 촉진
- 3 디지털 트윈을 통한 AI·데이터 산업 권태점
- 4 GovTech 기업 성장 지원 강화
- 5 공공분야에 민간의 최신 AI기술 적극 활용

STRATEGY 02 ** 똑똑한 나의 정부

- 1 한 곳에서, 한 번의 신청으로 끝나는 통합서비스
- 2 요구하지 않아도 알아서 챙겨주는 초개인화 서비스
- 3 국민 누구나 혜택을 누리는 환경 조성
- 4 인공지능·데이터 기반의 과학적 행정 일상화
- 5 투명하고 공정한 디지털 민주주의 실현
- 6 디지털플랫폼 기반 지역 혁신

STRATEGY 04 ** 신뢰하고 안심할 수 있는 디지털플랫폼정부 구현

- 1 개인정보에 대한 정보주체, 국민의 권리 강화
- 2 디지털플랫폼정부 안전을 보장하는 보안 체계 구축

<그림1> 디지털 플랫폼 정부 정책 개요 [출처:정책브리핑, 2023]

물 관리 분야에서도 이러한 디지털 전환의 흐름에 따라 AI 기술 도입이 필수적이다. K-water는 2021년부터 AI 기반 스마트 정수장 구축 사업을 추진하고 있으며, 이는 기존의 경험과 판단에 의존하던 정수장 운영 방식을 혁신하고자 하는 사업이다. AI 기술은 방대한 데이터를 실시간으로 분석하여 정수처리 과정을 자율적으로 운영하고, 에너지를 효율적으로 관리하며, 설비 상태를 정확하게 진단할 수 있게 한다. 이와 함께 근로자의 안전을 보장하는 지능형 영상감시 시스템도 도입하였다. AI 정수장 도입의 목표는 데이터 기반 운영으로 기존 정수처리 시스템의 한계를 극복하고, 에너지 절감 및 공정의 안정성을 높이는 것입니다. 2022년 화성정수장의 시범운영을 시작으로 2024년까지 43개의 광역정수장에 AI 기술이 적용될 예정이다. 이러한 AI 기술 도입은 물 관리에서 더 높은 수준의 자율 운영과 효율성을 달성하는 데 중요한 역할을 할 것이다.

최근 생성형 AI(Generative AI) 기술은 다양한 산업에서 빠르게 발전하고 있으며, 이 기술이 물 관리 분야에서도 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. 생성형 AI는 기존 데이터를 학습해 새로운 콘텐츠를 생성하거나 복잡한 문제 해결을 지원하는 기술로, 의료, 반도체, 에너지 등 여러 분야에서 도입되고 있다. 예를 들어, 반도체 산업에서는 설

계 자동화와 공정 최적화를 통해 생산성을 크게 향상시키고 있으며, 의료 분야에서는 환자의 진단 기록을 분석하여 새로운 치료 방법을 제시하거나 수술 계획을 최적화하는데 기여하고 있다. 글로벌 AI 시장은 폭발적으로 성장하고 있으며, 2030년까지 1조 3천억 달러에 이를 것으로 예상된다. 생성형 AI는 업무 효율성을 높이고, 생산성을 극대화하며, 혁신적인 기술을 활용한 새로운 기회를 창출하는데 기여할 것으로 판단된다.

물 관리 분야에서도 생성형 AI의 도입이 시급하며, 이는 K-water의 AI 기반 스마트 정수장 구축 사업에서 중요한 부분을 차지할 것으로 예상된다. 생성형 AI는 기존 AI 시스템의 한계를 보완하며, 실시간 데이터 분석과 자율 운영을 통해 정수장 운영의 안정성과 효율성을 극대화할 수 있다. 또한, 더 높은 수준의 자율 운영 및 문제 해결을 지원하는 중요한 도구로 자리 잡을 것으로 예상된다.

본 보고서에서는 이러한 기술 도입 현황을 바탕으로 미래형 AI 정수장의 발전 방향을 제시하며, 물 산업이 4차 산업혁명 시대에 주도적인 역할을 수행할 수 있도록 제안하고자 한다.

II. AI정수장 구축현황

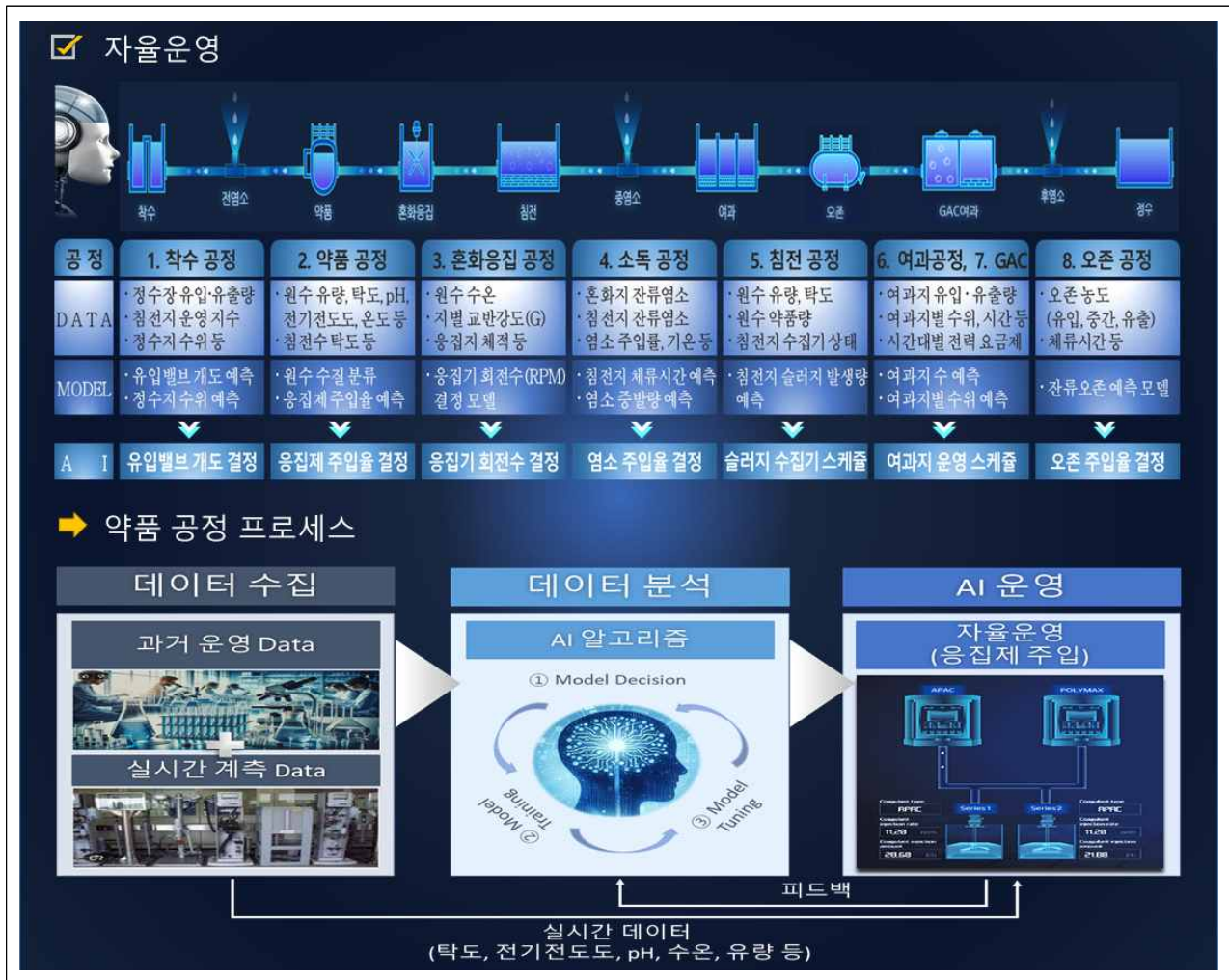
1. AI정수장 개요

AI정수장은 사람의 경험과 판단으로 운영하던 정수장에 빅데이터 기반 인공지능(AI) 기술을 활용하여 정수처리 공정 AI 자율운영, 최적 에너지관리(EMS), 설비 예지 보전(PMS), 지능형 영상 안전 등 4개의 기술이 융합된 미래형 스마트 정수장이다.



<그림2> AI정수장 개념도

먼저, 자율운영은 정수장의 주요 운영요인인 수돗물의 생산·공급량 및 품질에 대해 빅데이터 기반 AI 기술을 활용하여 착수, 약품 등 8개의 전체 정수처리 공정에 대한 실시간 의사결정이 가능한 시스템이다. 대표적으로 약품 공정 자율운영의 경우, 과거 3~5년 동안의 원수 유입 수질 데이터, 응집제 주입률 데이터를 학습한 AI가 실시간으로 취득하는 계측 데이터를 분석, 판단하여 최적의 응집제 주입률을 예측하고 약품 설비를 제어한다. 화성 AI정수장 시범사업을 통해 약품비 5% 이상을 절감하는 효과를 확인하였다.



<그림3> AI정수장 자율운영 개념도

최적 에너지관리(EMS)은 정수장의 에너지 소비설비를 대상으로 실시간 전력량 모니터링, 데이터 분석, 설비 제어가 가능한 시스템이다. 배수지 최소 요구 관압 및 유입 밸브 제어를 활용한 송수펌프 최적제어 기술과 전력수요 예측을 통한 피크값 관리 및 부하 시간대별 설비를 관리하는 전력피크 기술로 구성되어 있다. 화성 AI정수장 시범 사업을 통해 전력비 4% 이상을 절감하는 효과를 확인하였다.



<그림4> AI정수장 최적 에너지관리(EMS)

설비 예지보전(PMS)은 IoT 센서를 활용하여 실시간 설비상태 분석으로 이상징후를 즉시 포착하고 설비를 자율진단 하는 시스템이다. 펌프모터 진동 데이터를 실시간으로 취득·분석하여 고장감지 및 원인을 제시하는 자율진단과 설비 운영데이터 분석을 통해 이상징후 조기감지 및 경보하는 이상감지 기술로 구성되어 있다.



<그림5> AI정수장 설비 예지보전(PMS)

마지막으로 지능형 영상안전은 CCTV에 AI 영상분석 기술을 적용하여 실시간 시공간 제약없이 사고를 인지하고 수도사고 골든타임 확보 및 피해 최소화가 가능한 시스템이다. 설비사고, 시설보안, 산업안전 등 8개 항목에 대한 AI 알고리즘으로 구성되어 있다. 한국인터넷진흥원(KISA), 한국산업기술시험원(KTL) 성능인증을 취득하였다.



<그림6> AI정수장 지능형 영상안전

2. AI정수장 추진현황

AI정수장은 환경부와 K-water가 함께하는 “광역 스마트 물 관리(SWM)”사업의 일환으로 광역정수장 43개소를 대상으로 구축을 추진하고 있다. 화성정수장에서 성공적인 시범사업을 마무리하고 전국 42개 정수장에 확대사업을 추진하고 있다.



<표1> AI정수장 사업개요

화성정수장 시범사업에서는 AI정수장 표준 알고리즘과 운영시스템을 개발하였으며, AI 운영을 통해 생산효율 향상 및 안정성 제고, 지속 가능성을 확보하였다. 또한, 약품비 4% 이상, 전력비 5% 이상의 원가절감 성과를 달성하였다.

화성 AI정수장 성과는 전 세계적으로 인정받아 2023년 세계경제포럼(WEF)의 ‘글로벌 등대’를 수상했다. 글로벌 등대는 WEF가 세계 최대 컨설팅 업체인 ‘맥킨지 앤드 컴퍼니’와 2018년 공동 설립한 이니셔티브로, 매년 세계 제조업의 미래를 선도하는 기업을 선정하고 있다. 지금까지 지멘스(SIEMENS), 존슨앤존슨(Johnson&Johnson), 지멘스(SIEMENS) 등 해외 유명기업이 선정된 바 있으며, 국내에서는 포스코, LS산전, LG전자 3개사만이 선정됐다. 글로벌 등대는 그간 제조업에 편중된 AI기술을 공공 물 산업 시장에 최초로 도입하여 원가절감과 업무효율 제고, 탄소절감 실현 등 디지털 혁신을 세계가 인정하는 것으로 큰 의미가 있다.



<그림7> 화성 AI정수장 ‘글로벌 등대’ 선정 [출처:WEF, 2023]

42개 정수장 확대사업에서는 화성에서 개발한 표준 운영시스템을 활용하여, 유역본부별 코어사업장 4개소(성남, 고산, 별량, 구미)에 정수장별 특화된 AI를 선제적으로 구축하고 잔여 38개 정수장에 확대 구축을 진행하고 있다.

또한, 확대사업에서는 국제표준(ISO/IEC) 기반 ‘AI정수장 성능평가 모델’을 개발하여 AI 알고리즘, 소프트웨어 품질, 하드웨어 성능, 보안성 등을 검증하여 AI정수장의 품질 확보를 위해 노력하고 있다.

① AI 알고리즘 검증

구분	검증내용	검증절차
자 율 운 영	① (착수) 정수장 유입 유량의 적정성	① 알고리즘 검증(회귀모델) ■ (항 목) R Square ■ (데이터) 과거데이터 3년(학습 80%, 검증 20%) ■ (기 준) 95% 이상 PASS ▼ ② 성능시험 ■ (방 법) 주·야간 24시간 무중단 7일 ▼ ③ 알고리즘 검증(분류모델) ■ (항 목) 정확도, 정밀도, 재현율 ■ (데이터) 시운전 데이터(7일 중 임의 3일) ■ (기 준) 95% 이상 PASS
	② (혼화·응집) 산출된 G값의 적정성	
	③ (침전) 슬러지 수집 스케줄의 적정성	
	④ (여과) 여과 운영 스케줄의 적정성	
	⑤ (GAC) GAC 운영 스케줄의 적정성	
	⑥ (약품) 목표 침전지 탁도 충족 여부	
	⑦ (소독) 목표 잔류염소 충족 여부	
	⑧ (오존) 목표 오존농도 충족 여부	
EMS	① (펌프제어) 펌프 조합·운영의 적정성 ② (전력피크) 전력피크 관리의 적정성	
PMS	① (자율진단) 펌프모터 결함 검증	

② S/W 검증

구분	검증내용	검증절차
기능성	○ 운영/추천/분석모드 전환 후 동작	○ 자율운영, EMS 공정별 3회 실시
신뢰성	○ 시스템 재기동 후 정상 동작 여부	○ S/W 종료 및 재기동 3회 실시
사용성	○ 시스템 장애 시 알람 경보 발생	○ 장애 로그 및 알람 이력 분석(7일)
유지보수성	○ 소스코드 수정 지원, 주석 여부	○ 단위 객체별 주석 여부
이식성	○ 시스템 장애 시 이중화 절체	○ 주↔보조 서버 절체 3회 실시
상호운영성	○ SCADA(iWater)와 데이터 연계	○ AI 및 iWater 제어 이력 분석(7일)

③ H/W 검증

구분	검증내용	검증절차
자원사용률	○ CPU 사용률 70% 이하 여부	○ 7일(1일 1회, 5분/회 이상)
	○ Memory 사용률 80% 이하 여부	○ 7일(1일 1회, 5분/회 이상)
기기성능	○ PMS 장비(센서, DAQ, IPC) 검증	○ 성적서 및 진동데이터 확인(7일)

④ 보안 검증

구분	검증내용	검증절차
로그인	○ 로그인(ID/PW) 후 시스템 조작 여부	○ 3회 실시
소스보안	○ “시큐어코딩 가이드라인” 준수 여부	○ “시큐어코딩 프로그램” 활용

<표2> AI정수장 성능평가 모델

또한, K-water에서는 2030년 완전 자율운영 AI정수장을 목표로 AI 기술 수준을 구분하고, 단계적으로 기술 개발을 추진하고 있다. 평상시, 이상시, 위기시 AI 대응 수준을 반영하여 AI 기술을 초기 자율운영(Level 1), 고도 자율운영(Level 2), 완전 자율운영(Level 3) 등 3단계로 구분하였다. 더불어, 글로벌 기술 확산을 위한 전략을 수립하고 사업화를 추진하고 있다.

◆ 2030년까지 정수장 완전 자율운영 실현 및 글로벌 기술사업화 추진				
구 분		Level 1 [~'24년] (초기 자율운영)	Level 2 [~'27년] (고도 자율운영)	Level 3 [~'30년] (완전 자율운영)
운영 기준	평시	근무자 + AI	근무자 + AI	근무자 + AI
	이상	근무자		
	위기	근무자		
기술 기준		▪ 학습데이터 기준 AI 추천·운영	▪ 고도화·최적화(챗봇 등) ▪ 설비 인프라 성능개선	▪ 생성형 AI 개발·구축 ▪ 시스템 연계·통합
기술사업화		▪ 표준모델 구축(화성) ▪ 비즈니스 모델 개발	▪ 국제 표준 ISO 제정 ▪ 국내 지자체 확대	▪ 중소기업 R&D 지원 ▪ 글로벌 기술 수출

<표3> AI정수장 추진전략

3. AI정수장 추진성과

미래형 AI정수장은 수돗물 생산, 공급과정에 4차 산업기술을 적용하여 안정적인 용수 공급 및 생산원가 절감, 환경의 지속 가능성 등 다양한 측면에서 성과를 제공하였다.

첫 번째로 정수장 운영관리 업무의 패러다임 전환을 실현하였다. 단순하고 반복적인 업무는 AI가 담당하고 운영근무자는 수돗물 품질관리와 위기 대응에 집중하게 된다. 또한, 실시간으로 정수장 유입 수질 및 공급 유량 분석과 시설 운영현황을 감시, 제어하여 안정적인 수돗물 공급으로 대국민 서비스를 향상하고 휴먼에러 저감과 수도사고 등 산업재해 예방을 통하여 안전 사회를 보장한다.

두 번째로 수돗물 생산원가 절감을 달성하였다. 실시간으로 원수 수질을 분석하고 최적의 응집제 주입을 통해 약품 사용량을 절감하고, 수요예측을 기반으로 부하 시간대별 최적화된 설비운동을 통해 전력비 절감을 달성하였다. 또한, AI는 운영상의 비효율성이나 설비 장애가 심각해지기 전에 이를 식별할 수 있는 능력을 갖추고 있어 인력에 의한 현장 검사를 최소화하여 정비비 절감도 가능하다.

세 번째로 글로벌 물 산업 혁신을 이루었다. 전 세계 기후 변화와 물 부족 문제에 대응하여 AI정수장은 물 산업 전반에 걸쳐 상당한 혁신을 주도할 수 있다. 수요를 예측하고 데이터를 기반으로 정수시설 운영 최적화, 수질 개선, 환경 영향 감소 및 효율성 증가 등 물 문제를 해결하는 데 도움을 준다. 이를 바탕으로 글로벌 물 산업을 활성화하고 미래의 예상되는 수자원 문제에 대해 해결책을 도출할 수 있다.

마지막은 AI와 소프트웨어 기술의 향상이다. 4차 산업기술인 AI의 고도화와 활용성 향상을 통해 산업 전반에 걸쳐 더 스마트하고 생산성을 향상시킬 수 있다. 또한, 소프트웨어 강소기업에 대한 R&D 지원과 기술이전을 통해 AI 산업 활성화가 가능하다.



<그림8> AI정수장 기대효과

III. AI기술 변화 및 전망

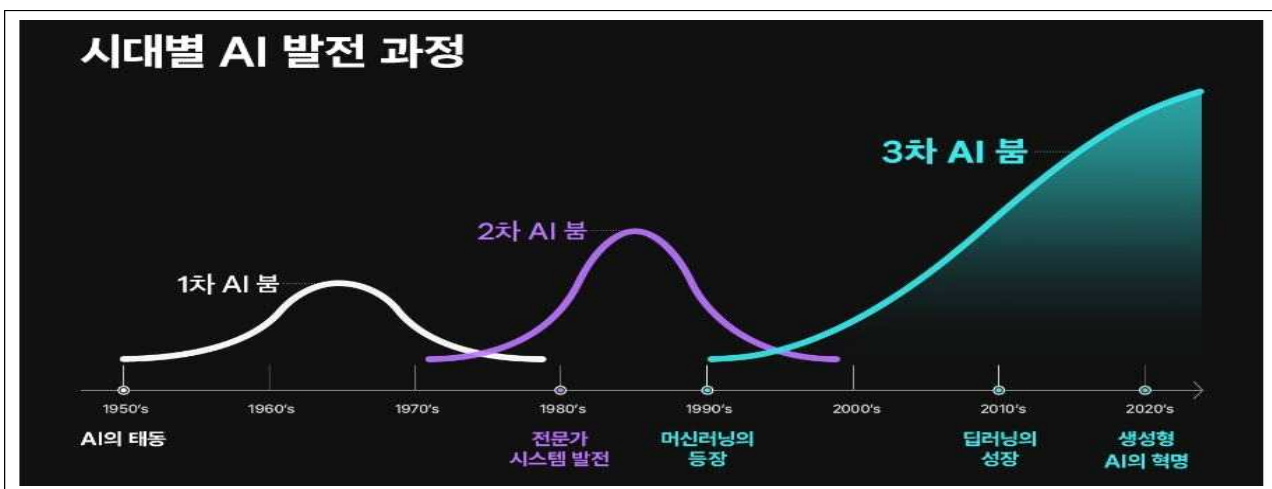
AI(인공지능, Artificial Intelligence)는 오늘날 다양한 산업 분야에서 핵심적인 기술로 자리 잡고 있다. 1950년대부터 시작된 AI 연구는 초기에는 제한적인 컴퓨터 계산 능력과 이론적 한계로 인해 진전을 이루지 못했다. 당시의 AI는 주로 규칙 기반 시스템과 심볼릭 AI(Symbolic AI)에 의존했으며, 이러한 시스템은 미리 정의된 논리적 규칙을 사용해 문제를 해결하는 방식이었다. 그러나, 이런 초기 AI 기술은 복잡한 문제를 해결하는 데 한계를 보였고, 특히 데이터를 바탕으로 스스로 학습하는 능력은 부족했다.

AI의 기술적인 발전은 1980년대부터 급물살을 탔다. 그 중에서도 1956년 다투머스

(Dartmouth) 회의를 기점으로 AI라는 용어가 대중화되었고, 이후 신경망(Neural Networks)과 같은 기계 학습 방법론이 개발되었다. 신경망은 인간 뇌의 뉴런 구조를 모방하여 데이터를 학습하는 시스템으로, AI 기술의 중요한 전환점이 되었다. 2010년대 들어서는 빅데이터와 컴퓨팅 성능의 비약적 발전이 AI 기술의 성장을 가속화 하였다. 특히, 딥러닝 기술의 발전은 자연어 처리(NLP), 이미지 인식, 자율주행 등 다양한 분야에서 AI 기술의 활용 가능성을 입증했다.

현재 AI 기술은 초기 규칙 기반 접근에서 벗어나, 데이터를 기반으로 스스로 학습하고 예측하는 머신러닝과 딥러닝 기술로 발전했다. 이러한 기술의 발전은 전통적인 AI의 기능적 한계를 극복하고, 다양한 복잡한 문제를 해결할 수 있는 기반을 마련했다. 특히 트랜스포머(Transformer) 기반의 모델과 거대 언어 모델(LLM)의 등장은 AI의 새로운 가능성을 열어주었다. 이러한 모델들은 단순한 예측과 분석을 넘어서 새로운 데이터를 생성하는 **생성형 AI(Generative AI)**의 형태로 발전했다. 생성형 AI는 주어진 데이터를 학습하여 텍스트, 이미지, 음성, 영상 등 새로운 콘텐츠를 생성하는 능력을 보이며, 이는 콘텐츠 제작, 자동화 시스템, 그리고 창의적 작업에 이르기까지 다양한 응용 분야에서 활용되고 있다.

예를 들어, 생성형 AI는 텍스트 작성에서부터 음악 작곡, 이미지 생성에 이르기까지 창의적인 작업을 수행하며, GAN(Generative Adversarial Networks)이나 트랜스포머 기반의 모델을 사용하여 인간과 비슷한 수준의 창작물을 만들어 낸다. 이는 기존 AI가 데이터를 분석하고 패턴을 찾아내는 데 중점을 두었다면, 생성형 AI는 이 데이터를 활용해 전혀 새로운 결과물을 만들어 낸다는 점에서 큰 차이가 있다. 생성형 AI는 의료 이미지 생성, 시뮬레이션 기반 신약 개발, 자율주행 차량의 환경 예측 등에서도 그 잠재력을 인정받고 있다.



<그림9> 시대별 AI 발전 과정 [출처:SKT All AI Round 1 issue, 2024]

오늘날 AI 기술은 의료, 금융, 제조, 물류, 교육 등 여러 산업 분야에서 데이터 분석, 자동화, 의사결정 지원 등으로 활용되고 있으며, 생성형 AI의 발전으로 인해 창의적 작업에서의 혁신적인 도구로 자리매김하고 있다. 기술적 발전이 가속화됨에 따라 AI의 영향력은 더욱 확대될 것으로 예상된다.

최근 AI 기술의 급속한 발전과 다양한 적용 사례들이 등장하면서 기술 도입에 대한 관심과 수요가 크게 증가하고 있다. 특히 생성형 AI 기술이 부상하며 제품 개발, 보안, 고객 서비스, 영업/마케팅, 재무/회계 등 다양한 기업 활동의 전 영역으로 응용처가 확대되고 있다. 생성형 AI를 적용하면 여러 업무에서 작업 시간을 단축하고 업무 효율성을 높일 것으로 기대된다.

그림 10은 2023년부터 2028년까지 글로벌 AI 시장 규모의 예측을 보여준다. 마켓앤마켓의 **Artificial Intelligence Market - Forecast to 2028**에 따르면, 글로벌 AI 시장 규모는 2023년 32억 달러에서 2028년 208억 달러로 증가할 것으로 예상되며, 연평균 성장률(CAGR)은 45.6%에 이를 것으로 보인다.



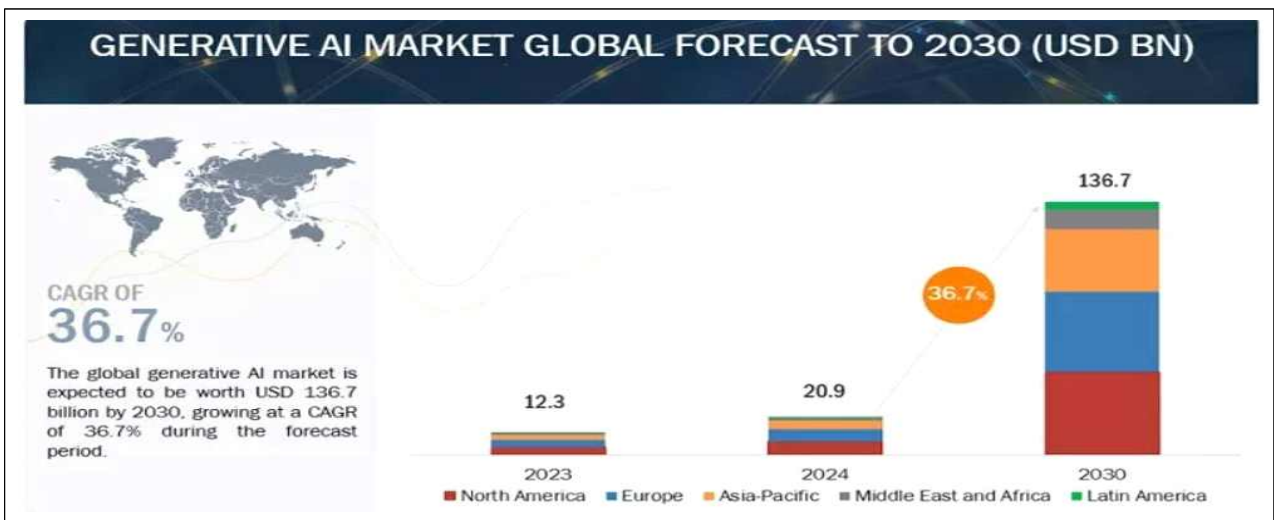
<그림10> Artificial Intelligence Market [출처:MarketsandMarkets, 2023]

주된 성장 요인은 방대한 데이터의 효율적 처리 필요성, 연산 장치의 발전, IoT 및 자동화 기술의 확산, 그리고 관련 기업에 대한 투자 확대 등이다. 각 산업별로 구체적인 적용 분야는 표 4에서 확인할 수 있다.

구분	적용분야	비고
의료	· 진단, 치료 계획 수립	
금융	· 사기탐지, 고객 서비스	
소매	· 고객행동 분석, 재고관리	
물류	· 경로 최적화, 공급망 관리	
농업	· 작물 모니터링, 생산 예측	

<표4> 산업별 AI적용 분야 [출처:Frost&Sullivan, 2024]

생성형 AI는 이미지, 음성, 텍스트, 코드 등을 생성할 수 있으며, 다양한 산업 분야에서 혁신을 불러올 잠재력이 있는 강력한 도구이다. 프로스트&설리번 보고서 **‘The Rise of Generative Artificial Intelligence in Industry’**는 생성형 AI가 여러 산업에 주는 핵심 가치로 △데이터의 양적·질적 향상 △인력 및 비용의 부족 문제 해결 △창의적 문제 해결 등을 제시하였다. 첫째, 생성형 AI는 데이터 품질에 대한 문제를 해결하거나 새로운 데이터 생성을 통해 학습 데이터를 증강하는 데 활용될 수 있다. 현재 보유한 데이터가 제한적이고 편향된 경우 이러한 방법이 특히 유용하다. 둘째, 전통적으로 숙련된 노동자를 필요로 하는 복잡한 작업을 자동화하는 데 활용할 수 있다. 셋째, 복잡하고 방대한 설계안을 검토하거나 학습 데이터로부터 도출된 특정 패턴 또는 관계로부터 새로운 아이디어를 도출하는 가치사슬 전반에 걸쳐 혁신성을 발휘하는 데 도움을 줄 수 있다. 글로벌 생성형 AI 시장 규모는 2024년 209억 달러에서 2030년 1,367억 달러로 증가할 것으로 예상되며, 연평균 성장률(CAGR)은 36.7%에 이를 것으로 보인다.



<그림11> Generative AI Market - Forecast to 2030 [출처:MarketsandMarkets, 2023]

AI는 공급망 관리, 제조, 소매, 제품 개발 등 여러 분야에서 활용될 수 있다. 공급망 관리에서는 대규모 데이터 처리, 재고 모니터링 및 경로 최적화에 활용할 수 있으며, 제조 단계에서는 설계 아이디어 생성 및 공정 최적화에, 소매 분야에서는 고객 요구사항 분석 및 마케팅 전략 수립에 활용된다. AI는 초기에는 특정 업무(소프트웨어 개발, 품질 검사 등)에 국한되어 적용되었으나, 이제는 다양한 영역으로 확산되고 있다. 특히 자동차 산업에서 가장 활발하게 활용되고 있다. 예를 들어, 벤츠는 ChatGPT를 활용하여 지능형 차량 생산 및 실시간 의사결정을 지원하고 있으며, 제너럴 모터스는 도색 품질 관리를 위해 AI를 적용하고 있다. 지멘스는 AI 기반 스마트 박스를 활용하여 기

계 상태를 모니터링하고 예지 보전을 수행하고 있으며, 엔비디아는 반도체 제조 공정에서 회절효과를 고려하여 새로운 마스크 패턴 기술을 발표했다. 이러한 AI 기술은 기존 제조업체뿐만 아니라 마이크로소프트, 구글, 메타, 아마존, 네이버, 카카오와 같은 국내외 빅테크 기업들도 적극적으로 활용하고 있다.

산 업	기업(국가)	적용 예	활용 도구 또는 협력
자동차	벤츠 (독일)	<ul style="list-style-type: none"> 지능형 차량 생산, 기술인력 지원, 실시간 의사결정 차량 인포테인먼트 시스템 	<ul style="list-style-type: none"> 마이크로소프트 Azure
	제너럴 모터스 (미국)	<ul style="list-style-type: none"> 자동차 생산 공장 내 도색 품질 관리 공정 적용 생성형 AI 기반 차량용 인포테인먼트 서비스 	<ul style="list-style-type: none"> 마이크로소프트, 구글 IoT 디바이스
	볼보 (스웨덴)	<ul style="list-style-type: none"> 차량 고장, 서비스 향상을 위한 예측 분석 문서 처리 간소화를 위한 AI 기반 사용자 지정 플랫폼 	<ul style="list-style-type: none"> 테라데이터
	현대차 (한국)	<ul style="list-style-type: none"> AI, ICT, 로봇틱스 등 첨단 기술 융합 인간 중심 제조 시스템 음식인식 기술 접목 소프트웨어 중심 차량(SDV) 탑재 	<ul style="list-style-type: none"> 보스턴 다이내믹스 포티투닷 ChatBaker
에너지 및 전력	지멘스 (독일)	<ul style="list-style-type: none"> 기계 상태 확인 및 예지보전을 위한 불규칙성 검출 전력망 제어 및 모니터링을 통한 신뢰성 확보 프로그래밍 코드 생성 및 최적화, 오류 제거, 해석 시간 단축 	<ul style="list-style-type: none"> AI 스마트 박스 마이크로소프트 AI 코파일럿
	야스키와 전기 (일본)	<ul style="list-style-type: none"> 제품 파킹, 외관 검사, 품질 예측 성능 향상을 위해 필요한 데이터를 AI로 생성 	<ul style="list-style-type: none"> 알리움
제약	암젠 (미국)	<ul style="list-style-type: none"> 신약 개발을 위해 분자 스크리닝 및 모델 학습시간 단축 	<ul style="list-style-type: none"> NVIDA BioNeMo
반도체 및 전자제품	엔비디아 (미국)	<ul style="list-style-type: none"> 노광공정 웨이퍼 이미지 형성을 위한 마스크 패턴 예측 머신러닝 기반 데이터 보호, 현장 설비 운용 분석 	<ul style="list-style-type: none"> culLitho 라이브러리
	인텔 (미국)	<ul style="list-style-type: none"> 반도체 설계 및 생산 공정 최적화와 오류 감지 	
	어플라이드 머티어리얼즈 (미국)	<ul style="list-style-type: none"> 웨이퍼 검사 장비에 적용 데이터 형성과 분석 및 결합 실시간 분류 	<ul style="list-style-type: none"> AI(x) 플랫폼
	삼성전자 (한국)	<ul style="list-style-type: none"> 반도체 전 과정에 AI 적용 검토 텍스트, 코드, 이미지 생성 기능을 업무에 활용 	<ul style="list-style-type: none"> 삼성 가우스
금속 및 중기계	포스코 (한국)	<ul style="list-style-type: none"> 후판 강력교정 자동화 모델 재학습 기술 데이터 전처리 지원, 제철소 모델 개발과 유지보수 지원 	<ul style="list-style-type: none"> 포스코 DX Smart 헬프 센터
식품 및 음료	SPC 삼립 (한국)	<ul style="list-style-type: none"> 신규 아이템 발굴, 컨셉 설정 등에 활용하여 신제품 개발 초기 단계에 소요되는 시간 단축 	<ul style="list-style-type: none"> 챗GPT, 스테이블디퓨전

<표5> 제조기업 AI 솔루션 적용 사례 [출처:SKT All AI Round 1 issue, 2024]

AI 기술 도입 시 데이터 유출, 저작권, 개인정보 보호 등 규제에 대한 고려와 대응도 필요하다. 이러한 우려에도 불구하고 기업들은 AI 기술을 다양한 산업에 활용하고자 적극적으로 시도할 것이다. AI 기술은 단기적으로 생성형 AI와 온디바이스 AI 중심으로 각 산업에 맞춰 우선 적용될 것이며, 장기적으로는 범용 인공지능(AGI)으로 서서히 발전할 것으로 전망된다.

IV. 스마트 AI정수장의 미래

생성형 AI는 방대한 양의 데이터를 학습하여 새로운 콘텐츠를 생성하거나 기존의 데이터를 변형하는 기술로, 혁신적이고 창의적인 문제 해결 능력을 제공한다. 또한, 생성형 AI는 예술, 글쓰기, 이미지 생성 등 다양한 분야에서 활용될 수 있으며, 비정형 데이터의 패턴을 분석하고 예측하는 데 뛰어난 능력을 가지고 있다. 이러한 특성은 특히 복잡한 시스템의 운영과 관리에 있어 새로운 가능성을 열 수 있다.

AI정수장에 생성형 AI를 도입하는 필요성은 여러 가지 측면에서 강조될 수 있다.

첫째, 생성형 AI는 대량의 데이터를 처리하고 분석하는 능력이 뛰어나며, 이를 통해 비정형 데이터의 패턴을 인식하고 예측할 수 있다. 이러한 특징은 기존 AI 시스템이 규칙 기반으로 작동하는 것과는 다른 점으로, 새로운 데이터와 상황에 대한 적응력이 뛰어나다.

둘째, 생성형 AI는 창의성을 갖춘 솔루션을 제공하는 데 강점을 가지고 있다. 기존의 AI 정수장은 정해진 규칙과 알고리즘에 따라 특정 작업을 수행하도록 설계되었다. 즉, 미리 정의된 패턴이나 데이터에만 반응하며, 새로운 상황이나 데이터에 대한 유연한 대처가 어렵다는 한계를 가지고 있다. 반면, 생성형 AI는 방대한 데이터를 학습하여 새로운 데이터를 생성하거나 기존 데이터를 변형하는 능력을 갖추고 있다. 이는 마치 예술가가 새로운 작품을 창작하듯, AI가 스스로 학습하고 발전하며 더욱 창의적인 솔루션을 제시할 수 있음을 의미한다.

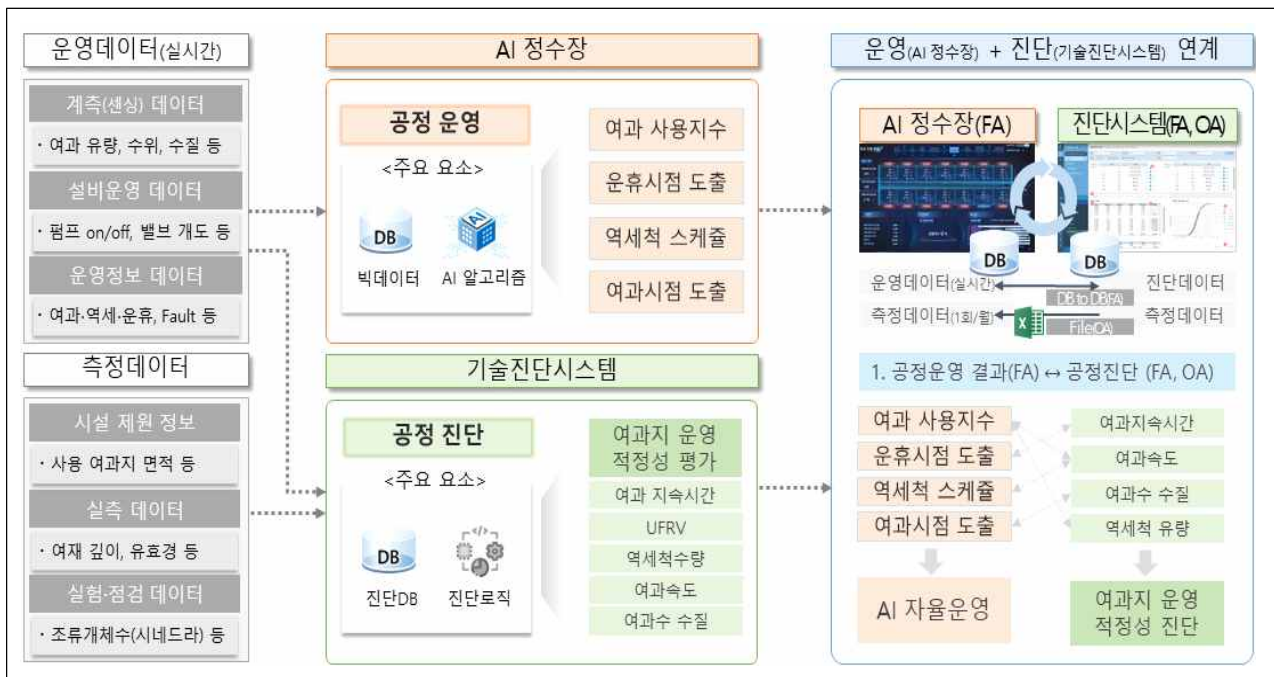
셋째, 생성형 AI는 고객 요구에 대한 개인화된 솔루션을 제공할 수 있다. 특정 상황에서 발생할 수 있는 다양한 변수들을 반영하여 실시간으로 최적의 결정을 내리는 데 도움을 줄 수 있으며, 이는 정수장의 운영 효율성을 높이고 수처리 과정에서의 자원 관리 최적화에 기여할 수 있을 것이다. 마지막으로, 생성형 AI의 도입은 비즈니스 모델 혁신을 촉진할 수 있습니다. 기업이 생성형 AI를 활용함으로써 새로운 서비스나 제품을 개발하고 고객 경험을 향상시키는 데 기여할 수 있으며, 이는 결국 기업의 경쟁력을 높이는 요소로 작용할 것이다. 따라서, 생성형 AI의 도입은 AI정수장이 보다 효율적이고 유연하게 운영될 수 있도록 하는 중요한 전환점이 될 것이다. 기존 AI정수장(학습 기반)은 특정 알고리즘과 규칙에 따라 설계되어 주어진 데이터에 반응하며, 새로운 환경이나 데이터 변동에 유연하게 대처하기 어려운 한계가 있다. 이러한 시스템은 주기적인 재학습을 통해서만 변동사항을 반영할 수 있으며, 이로 인해 실시간 데이터 처리의 어려움이 발생할 수 있다. 반면, 생성형 AI는 방대한 데이터를 학습하여 새로운 데이터를 생성하거나 기존 데이터를 변형할 수 있는 능력을 가지고 있어, 주기적인 재학

습 없이도 실시간으로 변동사항을 반영할 수 있는 장점이 있다. 이는 AI정수장이 더욱 적응력 있게 운영될 수 있도록 하여 효율성과 유연성을 동시에 개선하는 데 기여할 것으로 판단된다. 이러한 이유로 생성형 AI의 도입은 AI정수장이 보다 효과적으로 진화할 수 있도록 하는 중요한 역할을 할 수 있다.

특 성	기존 AI정수장	생성형 AI
작동원리	· 정해진 규칙과 알고리즘 기반	· 방대한 데이터 학습 및 생성
유연성	· 고정된 규칙으로 새로운 상황에 대한 대처 어려움	· 새로운 데이터에 대한 적용 가능
데이터 처리 방식	· 특정 패턴이나 데이터에만 반응	· 새로운 데이터 생성 및 변형 가능
재학습 필요성	· 주기적인 재학습 필요	· 실시간으로 변동사항 반영 가능
창의성	· 규칙 기반으로 창의성 부족	· 창의적인 솔루션 제공 가능
고객 맞춤화	· 제한된 개인화 가능	· 개인화된 솔루션 제공 가능

<표6> 기존 AI정수장과 생성형 AI 비교

또한, 향후 미래형 AI정수장은 자율운영, EMS, PMS, 지능형 영상 등 기존 시스템과 타 시스템과의 연계 운영을 통해 정수장의 공정효율을 향상시키고, 체계적인 설비 운영관리를 실현할 수 있다. 사례로 AI정수장 운영결과를 기술진단 시스템과 연계하여 AI 운영의 적정성을 판단·활용하고, 진단·측정 결과는 주기적으로 AI에 반영하여 피드백을 할 수 있다.



<그림12> AI정수장과 기술진단 시스템 간 연계

종합적으로 생성형 AI를 도입한 AI정수장 핵심 기능은 아래의 표와 같다. 근무자는 AI와 음성과 화면을 모두 이용하여 의사결정하고, 이상수질 대응, 설비사고 시에도 유연한 대처가 가능하다. 또한, AI가 실시간으로 설비를 제어함으로써 설비운영 효율 및 사고대응에도 효과적일 수 있다.

구분	기존 AI정수장	생성형 AI
① 자율 운영	<ul style="list-style-type: none"> SCADA 연계 AI 시스템 운영 학습데이터 기준 AI 추천·운영 <ul style="list-style-type: none"> - 평상시 안정적 운영 - 설비사고 시 근무자 중심 운영 단위 공정별 AI 최적 운영 분 단위 데이터 분석, 설비 제어 시스템 간 개별 운영 공정별 수량/수질 표출 	<ul style="list-style-type: none"> 대화형(음성) AI 시스템 운영 사고대응 AI 추천·운영 <ul style="list-style-type: none"> - 이상수질 대응 운영 최적화 - 설비사고 시 AI 자동절체 운영 공정간 연계 기반 AI 최적 운영 실시간 데이터 분석, 설비 제어 소 시스템 연계·통합 운영 공정별 목표 수질/수량 설정·운영
② EMS	<ul style="list-style-type: none"> 송수펌프 패턴분석·제어 <ul style="list-style-type: none"> - 배수지 밸브, 수위, 관압·유량 제어 - 펌프 조합, 변속 제어 부하시간대 전력 균등화 표출 제어 	<ul style="list-style-type: none"> 취수~정수~송수~배수지 연계 운영 최적화 수용가 배수지 밸브 제어 연계
③ PMS	<ul style="list-style-type: none"> 펌프모터(700kW 이상) 자율진단 <ul style="list-style-type: none"> - 진동분석, 고장정보 등 	<ul style="list-style-type: none"> 펌프모터 자율진단 대상 확대 <ul style="list-style-type: none"> - 성능관리 대상(75kW 이상)
④ 지능형 영상안전	<ul style="list-style-type: none"> CCTV 영상 안전사고 경보 감지센서 연동 CCTV 자동회전 	<ul style="list-style-type: none"> 수도사고 통합솔루션 <ul style="list-style-type: none"> - 스마트 Security, eCall 등 연계

<표7> 생성형 AI를 도입한 AI정수장의 주요 특징

V. 결론

본 연구는 세계 최초로 AI 기술을 정수처리 공정에 도입한 K-water의 AI 기반 스마트 정수장 구축 사례를 중심으로, 물 관리 분야의 디지털 전환에 대한 선도적인 시도를 분석했다. K-water는 빅데이터와 AI 기술을 결합하여 정수처리 공정의 자율운영 시스템을 구축하고 있으며, 이는 기존의 경험에 의존하던 운영 방식을 혁신적으로 변화시켰다. 이러한 시스템은 실시간 에너지 분석, 설비상태 진단, 근로자 안전 관리 등 다양한 면에서 효율성을 높이고 있다. 그러나 현재 적용된 AI 기술은 과거 데이터 학습에 기반한 머신러닝 기법을 사용하고 있어, 예측 정확성과 다양한 환경 변화에 적응하는 데 있어 한계가 존재한다. 특히, 정수처리 공정에서 발생할 수 있는 복잡한 변수들과 사용자와의 상호작용을 고려할 때, 더 발전된 AI 기술이 필요하다.

이에 따라, 본 보고서는 생성형 AI(Generative AI) 기술을 도입함으로써 이러한 한계를 극복할 것을 제안하였다. 생성형 AI는 기존 데이터의 패턴을 학습하고 새로운 시나리오에 맞춘 맞춤형 솔루션을 제공할 수 있는 강력한 도구이다. 이는 정수장 운영의 안정성과 효율성을 극대화할 수 있는 가능성을 열어주며, K-water가 추진하고 있는 스마트 정수장 사업을 한 단계 더 발전시키는 계기가 될 것이다.

최종적으로, 생성형 AI 도입을 통해 정수처리 공정의 자율 운영 시스템이 더욱 지능화되고 효율적으로 개선될 것이며, 물 관리 분야에서의 AI 기술 발전은 국가적, 글로벌 차원에서도 큰 영향을 미칠 것으로 기대된다. 이를 통해 물 산업은 4차 산업혁명 시대에 선도적인 역할을 할 수 있을 것이다.

▪ 참고문헌

디지털플랫폼정부위원회(2023), 디지털플랫폼정부 실현계획

WORLD ECONOMIC FORUM(2023), Global Lighthouse Network : WHITE PAPER

MarketsandMarkets(2023), Artificial Intelligence Market - Forecast to 2028

MarketsandMarkets(2023), Generalvmf AI Market - Forecast to 2030

Frost&Sullivan(2024), The rise of Generative Artificial Intelligence in Manufacturing

SKT(2024), AII AI Round 1 issue