

# AI and Digital Twin Water Treatment Plant

2024. 5. 29.  
K-water 문지영





- 1. 물 관련 이슈 및 물산업 트렌드**
- 2. AI는 무엇인가 ? 디지털 트윈이란 ?**
- 3. 스마트 & 디지털 트윈 정수장**

# 새로운 물의 시대, '물'의 가치 급부상

물 재해 예방, 풍부한 물 확보가 글로벌 경쟁력을 좌우하는 시대  
속도감 있는 실행으로 新성장의 기회를 선점해야 할 시점

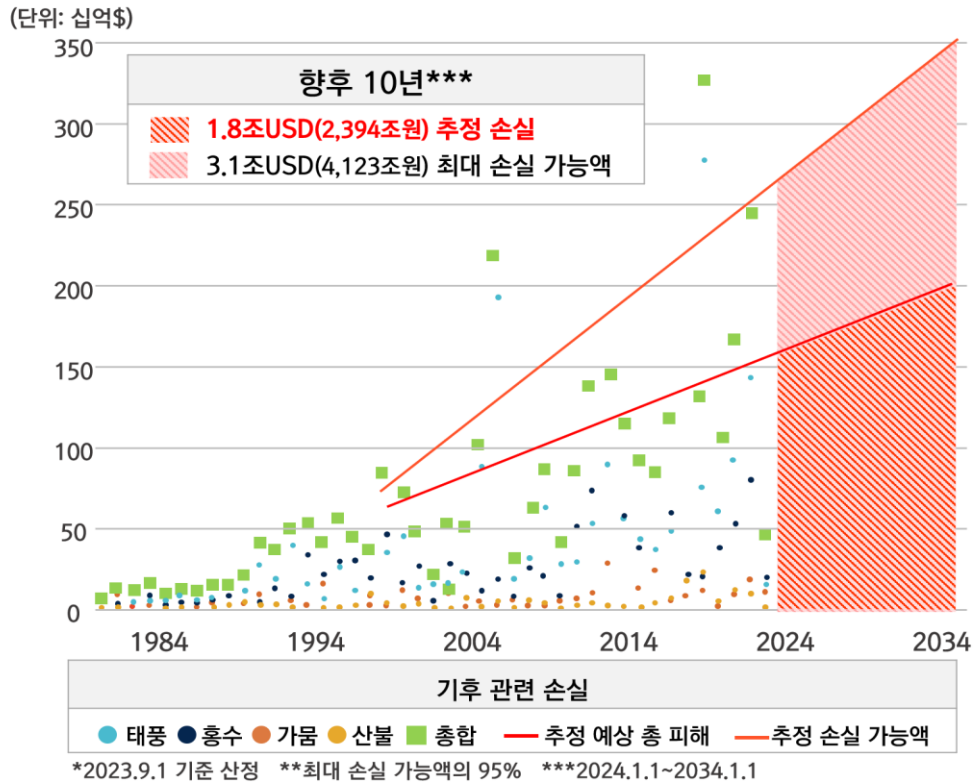


# 미래 물 재해 규모

“10년간 최대 손실 가능액 3.1조\$(4,123조원), 추정 손실은 1.8조\$(2,400조원)”

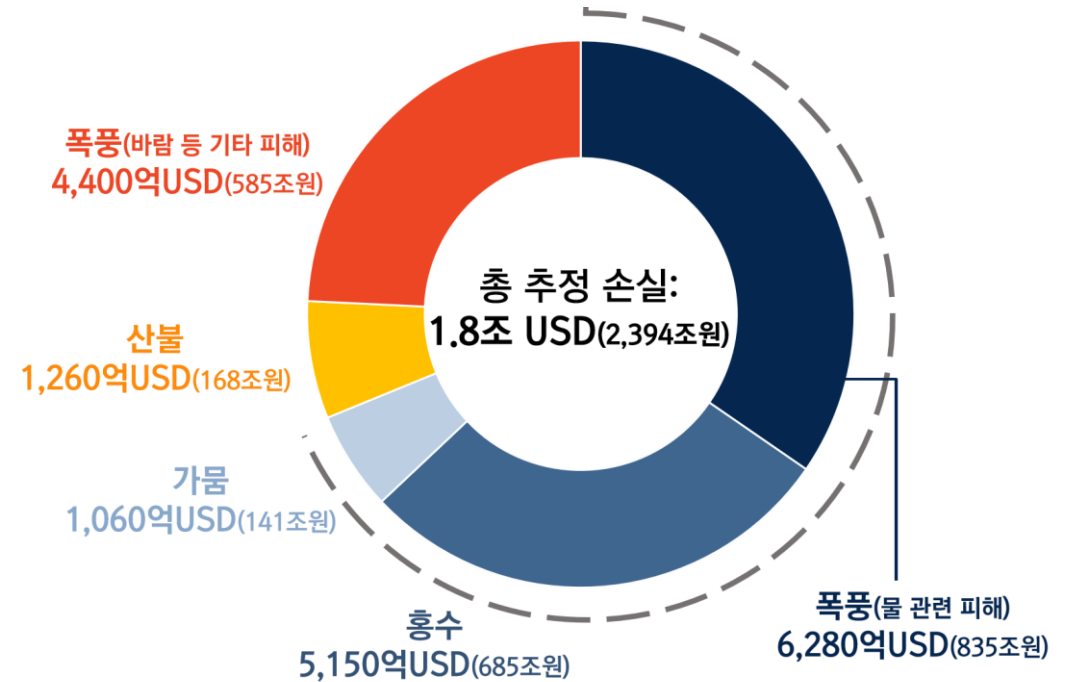
기상이변, 물 수요 증가, 수질오염 심각 등 물 공급 안정성 개선을 위해 향후 막대한 투자 유입 필요

## 기후관련 추정 손실액 및 최대 손실 가능액



## 기후 요소별 추정손실

피해의 69%가 물 관련 (1조2,490\$, 1,661조원)



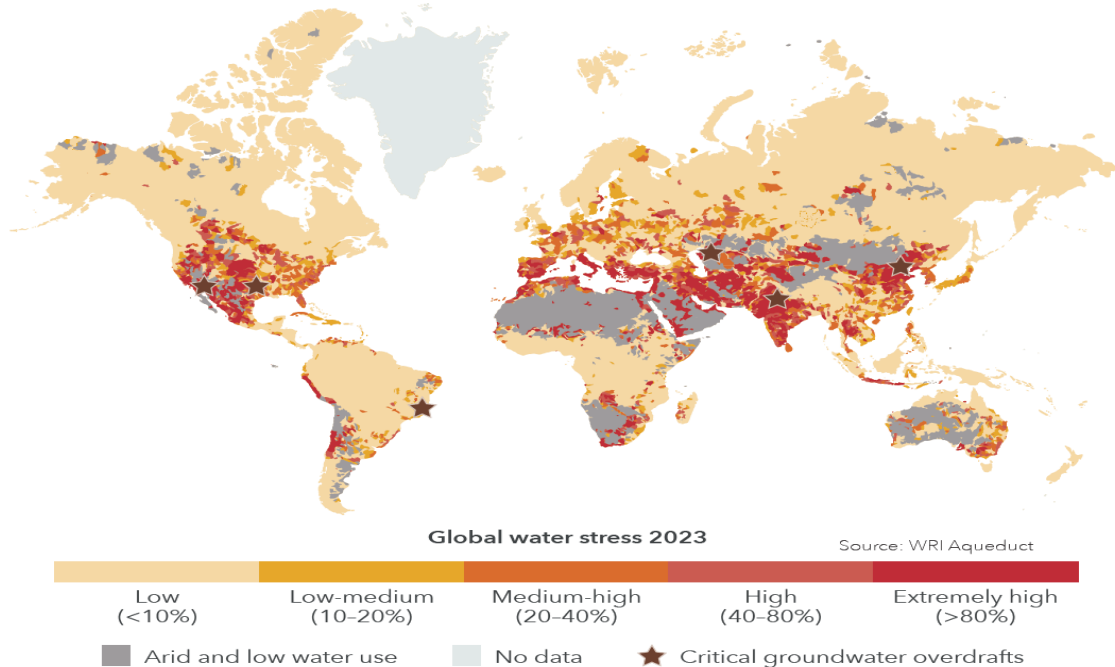
# 앞으로 10년, 거대한 성장의 기회

글로벌 경제의 Next 메가 트렌드는 ‘물 안보(Water Security)’

국내외의 다양한 기회를 포착하여 신성장 사업군으로 빠르게 선점 필요

## 물 스트레스

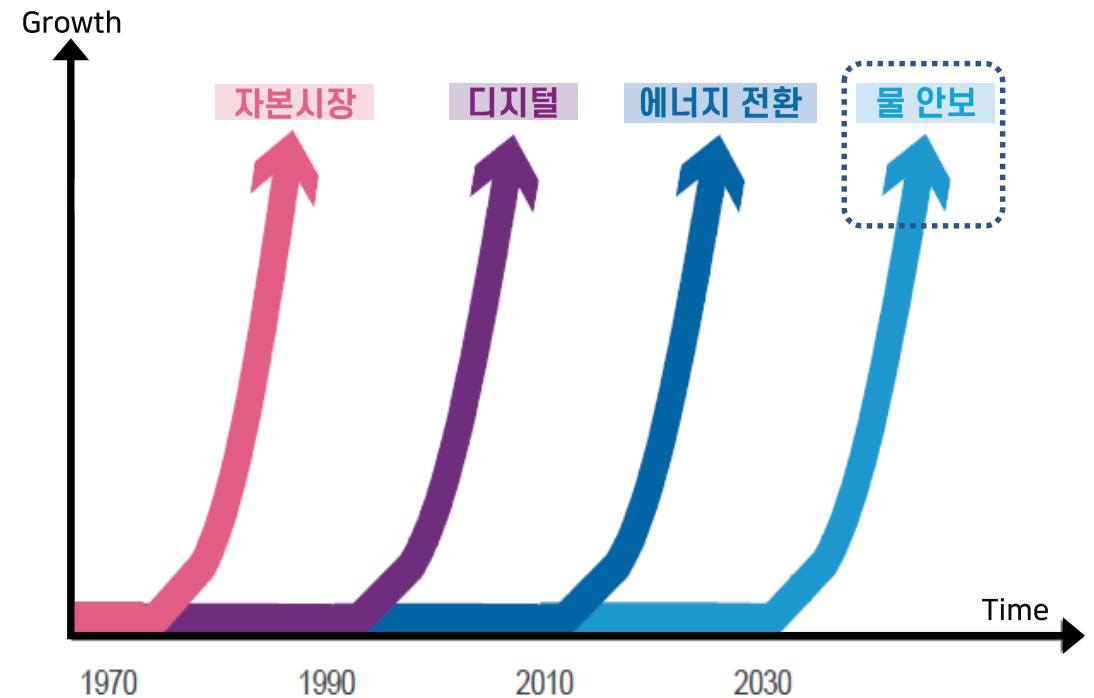
물 수요와 공급 불일치 심화



출처: WRI Aqueduct

## Mega Trend

기후변화 상황 속 ‘물’의 가치 급부상

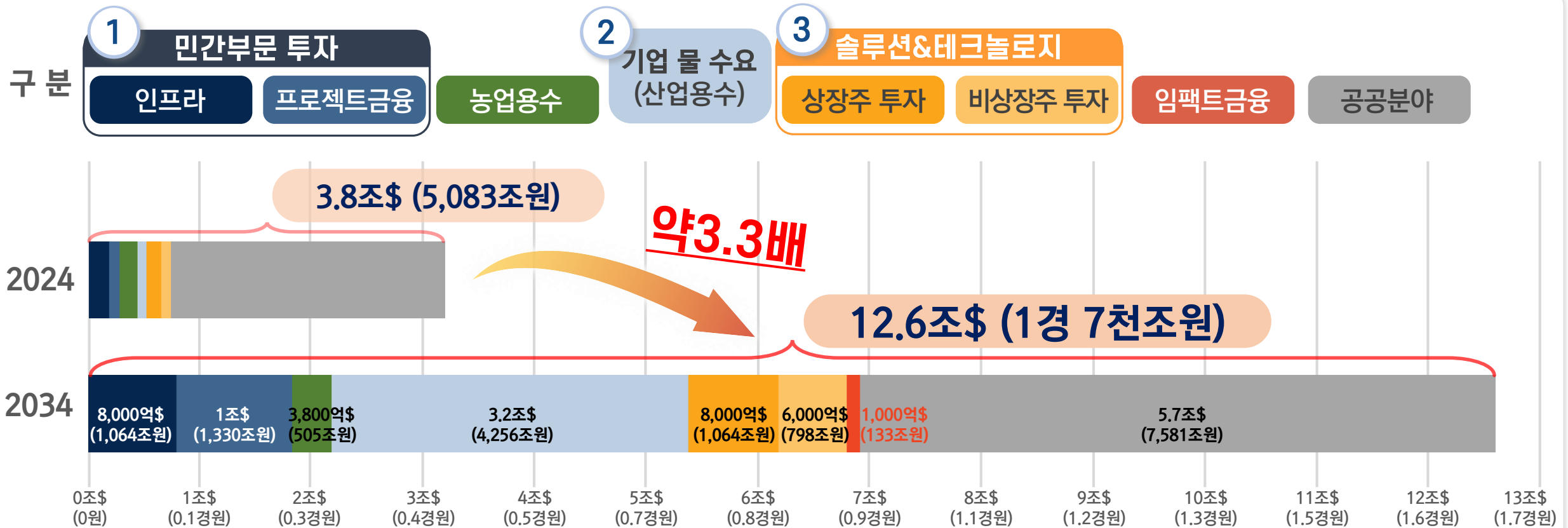


출처: Global Water Intelligence & XPV Water Partner(2024), INVESTING IN A WATER-SECURE FUTURE

# 물공급 안정성 시장 규모

“미래 10년간 물공급 안정성 확보를 위한 시장은 가장 큰 투자 시장이 될 것”

물시장 규모가 크게 확대 예상되는 ①민간부문 투자, ②기업의 물 수요, ③솔루션& 테크놀로지



# 민간부문 인프라 투자 확대

'24년 공공부문 3조\$(4,000조원) **78%** → '34년 민간부문 6.9조\$(9,150조원)로 비중 역전 **57%**

\* ('24년) 공공부문 3조\$, 민간부문 3,200억\$ → ('34년) 공공부문 5조7천억\$, 민간부문 6조9천억\$

**“공공부문 부채 심각 등으로 민간부문 투자 비중이 급격하게 증가할 것”**

## 민간 투자형태

### 프로젝트 방식

- » 지분참여 컨소시엄 형태
- » 설계-조달-건설-운영-자금조달-위험관리  
개별 단위별 최적화로 비용·위험 저감

### 시설 인수 방식

- » 다양한 형태의 민간 투자방식

영국  
(규제)

미국  
(소유)

프랑스  
(수수료)

기타  
(양허)

시사점

글로벌 시장에서 시장진출 기회는 더욱 확대 전망

# 기업의 물 수요 확대

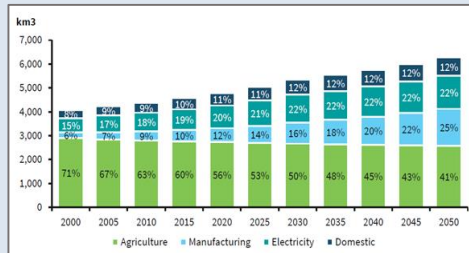
'24년 5,000억\$(665조원) ➡ '34년 3조2천억\$(4,256조원)로 자본 투입이 **6.4배** 증가

“현재 전세계 기업 물 사용량은 가정의 2배, 기술패권 경쟁은 곧 물 확보 경쟁”

## 기업의 물 위험 증가

- 물 리스크가 기업의 생존에 직결, ESG 핵심 요소 및 Water Positive 등 기업 가치판단 항목으로 부상

[2020-2050 물 수요 추이]



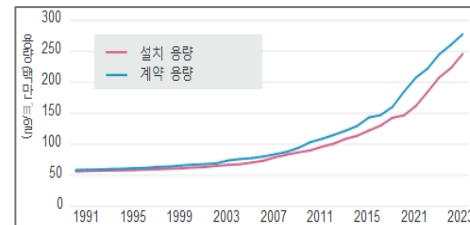
[CDP 공시 참여기업 수]



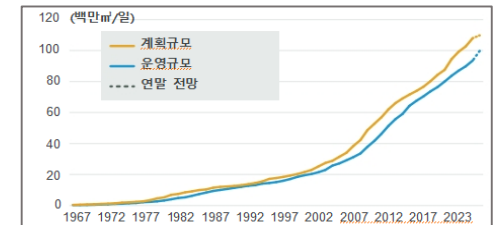
## 기업의 물 분야 투자 확대

- 물 공정의 효율성 개선(누수감지 및 저감 기술 등), 초순수, 물 재이용, 담수화 등에 기업 투자 확대 예상

[글로벌 물 재이용량 추세]



[글로벌 담수화 시장 성장규모]



시사점

다각화되는 기업 물수요 대응 및 반도체 등 국가산업 지원으로 미래 사업기회 창출

'24년 2,900억\$(386조원) ➡ '34년 1조4천억\$(1,862조원)로 자본 투입이 **4.8배** 증가

“대규모 인프라 중심 → 디지털 하이테크 산업 재편, 신재생에너지 연계 강화”

## 테크놀로지 성장의 핵심 분야

### 분산형 시스템

› 대규모 중앙집중식 시스템 대비 비용 효율적 대안



### 빅데이터·AI

› 수동운영 문제 해결 및 운영 최적화



### 순환경제

› 폐기물로부터 가치 창출 환경적 책임을 수익창출 기회로



### 오염물질 대응

› 수질에 대한 시민 관심 ↑ 탐지 및 처리기술 규제 강화



### 원격 모니터링

› 기술업체의 비용절감 및 노동생산성 혁신



### 신재생 에너지

› 수소경제, 태양열 담수화, 폐수 바이오가스, 양수발전



시사점

초격차 기술에 집중, 신재생에너지와 연계한 물특화 사업의 강점 활용하여 경쟁력 확보

## “미래 물시장 트렌드와 K-water의 전략 방향성 일치, 글로벌 기업 도약의 기회”

### 미래 글로벌 물시장 3가지 주요 전략



- ✓ 인프라 자산 투자
  - 2조3천억\$ (3,032조원)
  - \* 중복제외

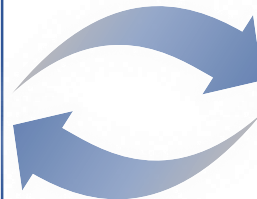


- ✓ 기업의 물 투자 확대
  - 3조2천억\$ (4,256조원)



- ✓ 솔루션 & 테크놀로지
  - 1조4천억\$ (1,862조원)

\* '34년 공공부문 포함 총 시장규모 12.6조\$ (1경 7천조원)



### 글로벌 물기업 K-water 전략

#### Water Storage 확충, 글로벌 리딩사업



#### 첨단산업 용수, 고품질 수돗물 공급



#### 수분야 디지털 트윈, AI 도입 등





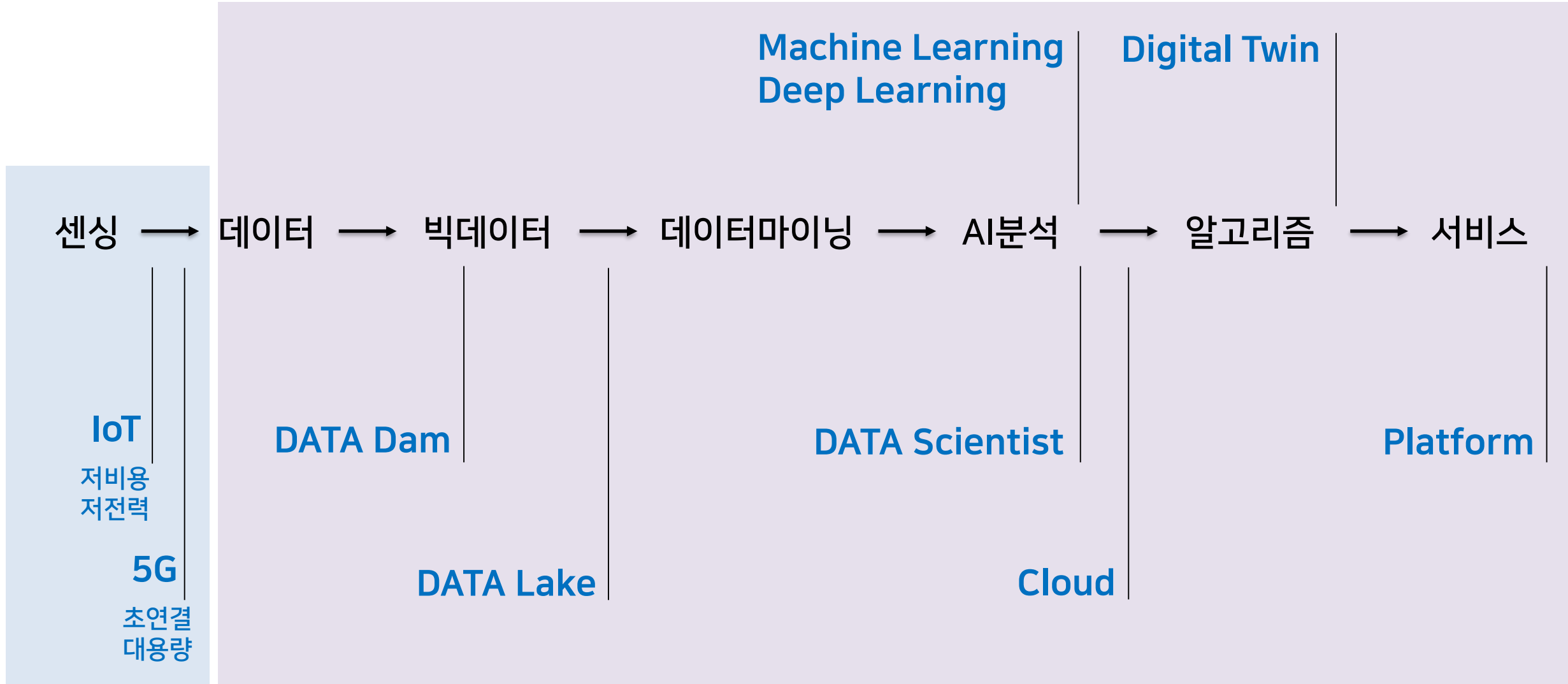
**1. 물 관련 이슈 및 물산업 트렌드**

**2. AI는 무엇인가 ? 디지털 트윈이란 ?**

**3. 스마트 & 디지털 트윈 정수장**

# AI는 무엇인가 ?

## 인공지능과 4차 산업 기술요소



# AI는 무엇인가 ?

## 인공지능의 이해

인공지능의 정의는 명확히 없으나,

공통된 속성은 “사람처럼 생각하고 학습하여 의사결정을 내린다”는 것으로 설명

## 인공지능의 역사

1956년(태동기) : AI의 탄생, 존 매카시가 “학습의 모든 면 또는 지능의 다른 모든 특성을 기계로 정밀하게 기술할 수 있고 이를 시뮬레이션 할 수 있다.” 주장

~1974년(황금기) : 수학 문제를 풀고 기하학의 정리 증명, AI로 모든 것이 가능할 것이라 믿음

~1980년(암흑기) : 재정적 위기, 복잡한 문제 해결 실패

~1987년(BOOM) : **신경망 이론** 등장, 인공지능 프로그램/시스템 사용

~1993년(암흑기) : 비즈니스적인 매력 상실, 경제적 거품 논란

~ 현재 : `97년 세계체스 1위, `11년 퀴즈쇼 1위, `16년 알파고 등장,  
`24년 Open AI, 생성형 AI, 온디바이스 AI, 스마트모빌리티 등 등

# AI는 무엇인가 ?

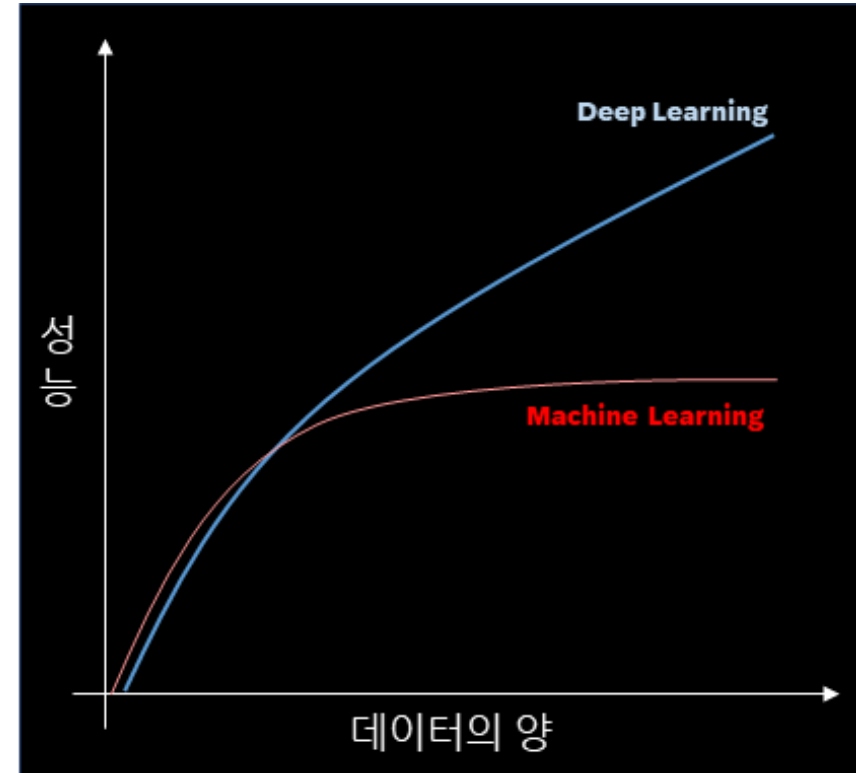
## 인공지능의 유형

Level 1 : 단순한 제어프로그램을 탑재한 전자제품을 마케팅적으로 부르는 경우(청소기/세탁기 등등)

Level 2 : 입력과 출력이 다양한 경우로서 추론/탐색 또는 지식베이스를 활용하는 등 고전적인 인공지능 방법론이 이에 해당함(탐색/추론, 지식베이스 활용)

Level 3 : 기계학습(머신러닝)을 활용하는 인공지능

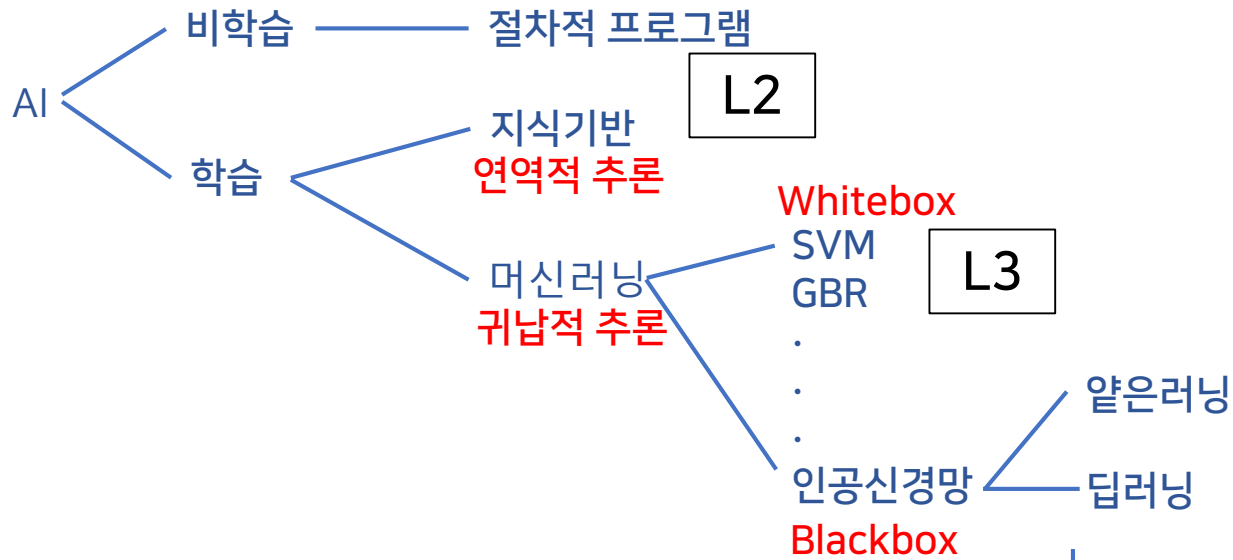
Level 4 : 딥러닝을 활용하는 인공지능



데이터의 양은 종류의 다양성과 시계열의 양을 종합적으로 말함

# AI는 무엇인가 ?

## 인공지능 분류



연역적추론

“나는 왜 집에 들어가기 싫은가?”

모든 40대 한국 남자는 집에 들어가기 싫어한다.

나는 40대 한국 남자다.

그러므로 나는 집에 들어가기 싫어한다.

귀납적추론

“나는 왜 집에 들어가기 싫은가?”

김부장(40대)은 집에 들어가기 싫어한다.

박부장(40대)도 집에 들어가기 싫어한다.

윤부장(40대)도 집에 들어가기 싫어한다.

나는 진짜 집에 들어가기 싫어한다.

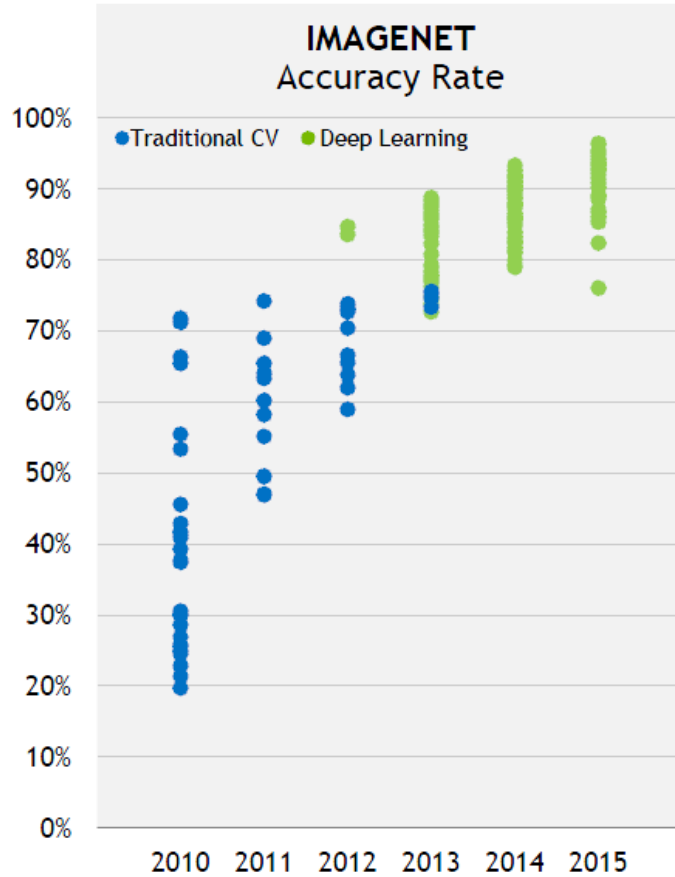
따라서 40대 한국 남자는 집에 들어가기 싫어한다.

No.	알고리즘	Correlation	RMSE	AE	RE	SE
1	GLM	0.961	0.762	0.547	0.5%	0.583
2	Deep Learning	0.971	0.665	0.442	0.4%	0.444
3	Decision Tree	0.968	0.684	0.452	0.5%	0.472
4	Random Forest	0.965	0.847	0.645	0.6%	0.719
5	GBT	0.971	0.652	0.416	0.4%	0.429
6	SVM	0.971	0.662	0.423	0.42%	0.438

【예측모델 성능 비교】

# AI는 무엇인가 ?

## 왜 갑자기 인공지능인가?



H/W의 경제성

딥러닝 기술의 발달

DATA 팽창

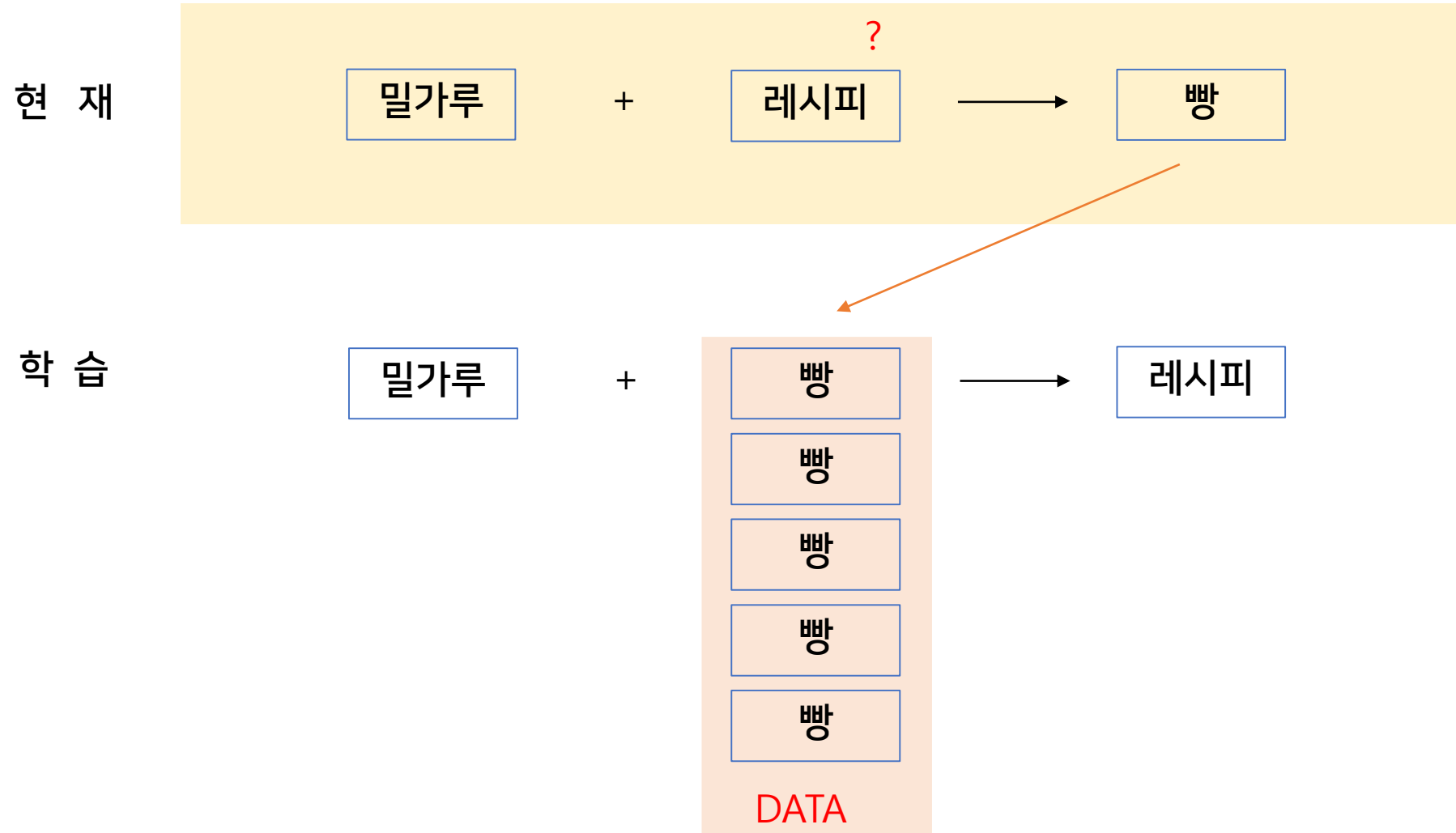
센싱 기술의 발달

ICT기술의 발달

전통적 예측모델 방식의 정확도 한계  
(이론에 의한 물리적 모델)

# AI는 무엇인가 ?

## 인공지능 원리



# AI는 무엇인가 ?

## 인공지능 주요사례



### ★ 알파고

2016년 3월 이세돌과 알파고 바둑매치 - 이세돌 1勝, 4敗

단일컴퓨터 CPU 48개, GPU 8개 / 분산컴퓨터 CPU 1,202개, GPU 176개

머신러닝(기계학습) + 딥러닝(RNN, CNN, DNN 등) - 지도학습, 비지도학습, 강화학습

이세돌은 어떻게 1승을 거두었을까??

바둑과 다른 문제 해결에 사용하는 인공지능의 차이점은 무엇일까??

### ★ 테슬라

Level 5 자율주행 기술 연내 달성 가능(현재 Level 2, 부분자율

30억 마일의 오토파일럿 모드 주행 데이터 보유(`19년 기준)

비정형데이터(영상) 신경망 기반 딥러닝

※ 테슬라는 레이더센서 + CCTV(영상이미지) AI를 접목하여 자율운행 기술 개발

타 자동차제조사는 지금 어떻게 할까???

레이더센서의 기술발전과 비용이 낮아지면 자율운행은 자동화로 가능



# AI는 무엇인가 ?

## 인공지능과 자동화

인공지능은 사람처럼 생각하고 학습하여 의사결정을 내리는 시스템

즉, 인간이 의사결정을 하여야 하는 문제 해결과정은 인공지능 대상임

입력 A, 조건  $\times$  B, 출력 Y를 예로 들면,

### 자동화

$A \times B = ?$  주어진 조건에 따라 출력 Y가 나옴

입력 (여과수 유출유량)

출력 (정수지 잔류염소 - 0.8ppm)

조건 (염소주입률) - 피드백제어 자동화를 통하여 0.8ppm 만족 중

### 인공지능

$A \text{ ? } = Y$  경험과 학습을 통하여  $\times B$ 를 찾음

입력 (원수수질 : 수온, 전기전도도, 알칼리도, 탁도 등)

출력 (침전수 탁도 목표치 - 0.5NTU)

조건 (최적 약품주입률)  $\Rightarrow$  인공지능 대상

# 디지털 트윈이란 ?

## 디지털 트윈의 개념

현실세계와 동일한 모델을 가상세계에 모사하여 데이터를 종합적으로 관제하고, 모의 및 솔루션을 제공함으로써 운영 효율성 및 안정성을 증대시킬 수 있는 기술



- (3D 모델링) 현실과 동일한 BIM 기반의 3D 가상모델 구축
- (데이터 연계·분석) 현실공간에서 수집되는 각종 데이터를 연계, 가상공간과 동기화하여 표출하고 분석
- (시뮬레이션) 가상상황에 대한 모의를 통한 예측결과를 토대로 최적의 운영 방안을 도출하고 현실의 시설운영 의사결정에 활용
- (VR) 간접경험이 가능하도록 가상공간내에 실제 환경 구현
- (AR) 실제 환경에 가상세계를 동시 구현

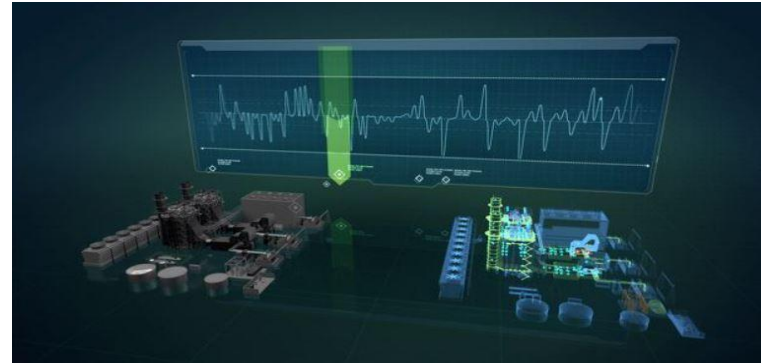
# 디지털 트윈이란 ?

## 디지털 트윈의 각분야 적용사례

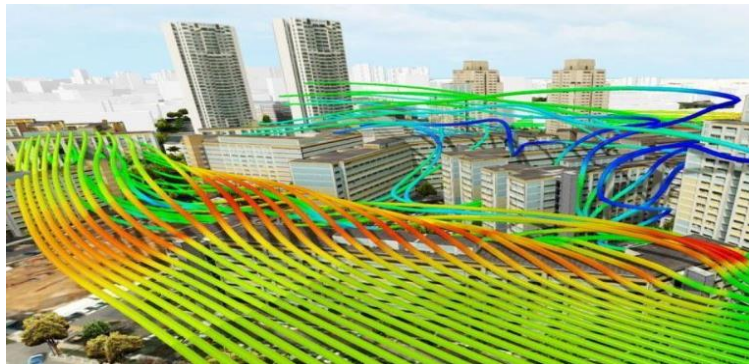
디지털 트윈은 제조분야를 시작으로 에너지, 도시, 물류, 교통 등으로 점차 확장 추세



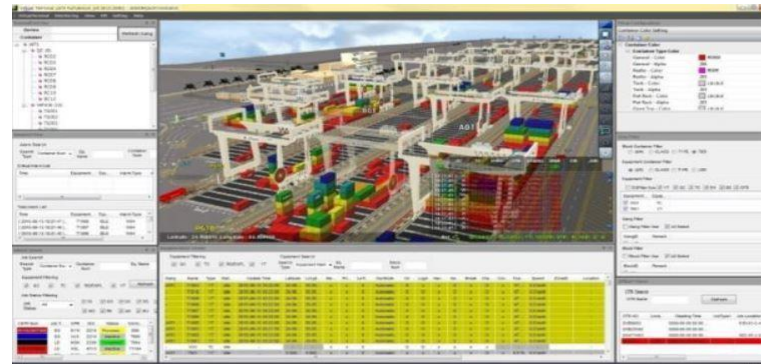
Dassault 로봇 시뮬레이션(제조)



GE 디지털 발전소(에너지)



Virtual Singapore(도시)



두바이 컨테이너 터미널(물류)

# 디지털 트윈이란 ?

## 수도분야 디지털 트윈 해외 동향

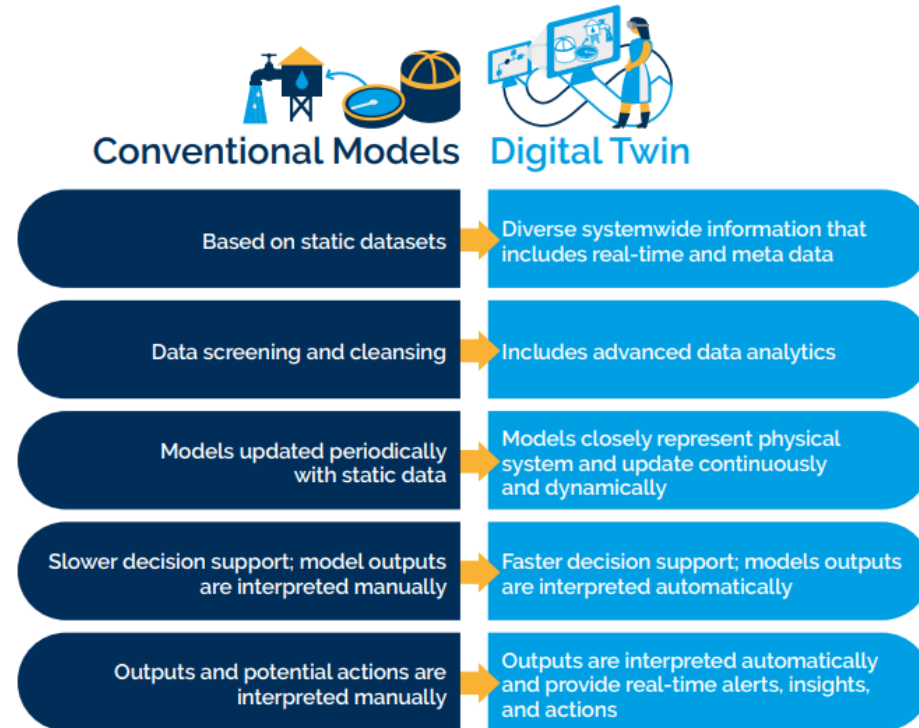


SWAN의 “Digital Twin Readiness Guide”에서는 디지털 트윈의 도입절차와 효과, case study 등 소개하면서 수도분야 디지털 전환 필요성 강조

“그간 물 산업은 전통적인 통계 기법을 활용하여 성공적으로 인프라를 설계·시공 및 운영·유지 하였으나,

Digital Twin은 기존 방식의 한계를 극복하고 보다 효율적으로 물 산업을 관리하도록 기여합니다.”

“Digital Twin의 개념은 수십 년 동안 존재해 왔지만 최근 몇 년간 물 산업 분야는 이를 적용하여 운영 효율성을 얻었습니다.”



© 2022 by Brown and Caldwell, DHI, and SWAN. ALL RIGHTS RESERVED.

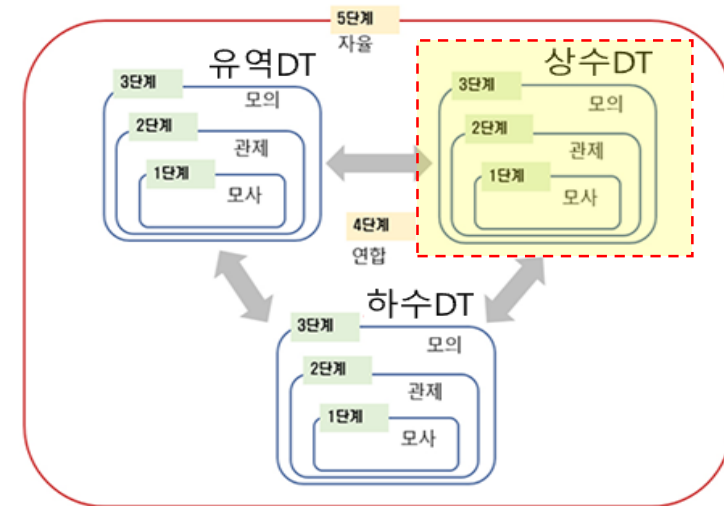
※ SWAN(Smart Water Networks Forum) is the leading global hub for accelerating the use of data technologies in water, wastewater & stormwater networks.

# 디지털 트윈이란 ?

## 수도분야 디지털 트윈 기술단계 및 추진방향

- K-water는 '디지털 트윈 기술단계' 중 3단계(모의) 완성을 목표로 상수도 DT 추진  
타 업역의 DT 추진단계 및 일정을 고려하여 4~5단계(연합 및 자율운영)로 고도화
- 데이터 통합관리 및 다양한 모의운영을 통한 운영 효율 제고를 위하여,  
국내 최초로 상수도 분야에 디지털 트윈 시범구축 (화성권 정수장 및 도송수관로, '21~'24), 점진 확대

기술단계	정의
5단계	<b>자율 디지털 트윈(Autonomous)</b> (K) 개별 및 복합 디지털 트윈에서 자율적으로 문제점을 인지하고 해결하여 물리대상 최적화 (A) 사용자 대신 자율적으로 추론하고 행동하며 더 넓은 역량과 책임성을 갖춘 디지털 모델
4단계	<b>연합 디지털 트윈(Federated)</b> (K) 최적화된 개별 물리대상들이 상호 연계된 복합 디지털 트윈 재구성 및 상호운영 최적화 (A) 주변 환경을 포함한 다양한 데이터 소스로부터 효율적인 학습역량을 갖춘 디지털 모델
3단계	<b>모의 디지털 트윈(Simulation/Modelling)</b> (K) 디지털 트윈 모의결과를 적용한 물리대상 최적화 (A) 예지정비, 분석 및 통찰력을 제공할 수 있는 디지털 모델
2단계	<b>관제 디지털 트윈(Monitoring)</b> (K) 디지털 트윈 기반 물리대상 모니터링 및 관계분석을 통한 제어 (A) 피드백 및 제어 능력을 갖춘 디지털 모델로, 종종 소규모 시스템의 모델링으로 제한
1단계	<b>모사 디지털 트윈(Mirroring)</b> (K) 물리대상을 디지털 트윈으로 복제 (A) 실제 시스템과 연결되어 있지만 지능, 학습 또는 자율성이 결여된 디지털 모델



©e4ds.com



**1. 물 관련 이슈 및 물산업 트렌드**

**2. AI는 무엇인가? 디지털 트윈이란?**

**3. 스마트 & 디지털 트윈 정수장**

사람이 분석·판단하여 운영하는 정수장을 “빅데이터+AI” 기술을 활용,  
자율운영, 예지보전, 에너지관리 및 스마트 안전관리가 융합된 미래형 정수장 구축

## AI 자율운영

AI 빅데이터 기반  
분석·예측으로  
정수장 자율운영



## 스마트 EMS

실시간 전력 사용량  
측정·진단으로  
전력사용 최적관리



## 스마트 PMS

ICT 빅데이터 기반  
분석·예측으로  
설비 예방정비



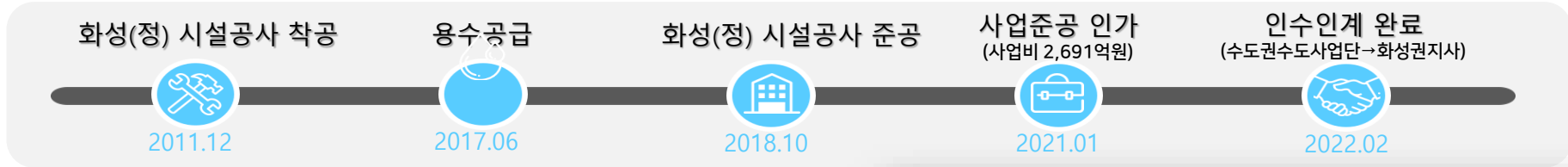
## 지능형 영상감시

지능형 영상기술을  
활용한 설비 실시간  
안전관리



# 화성시정수장 사례

## 연혁



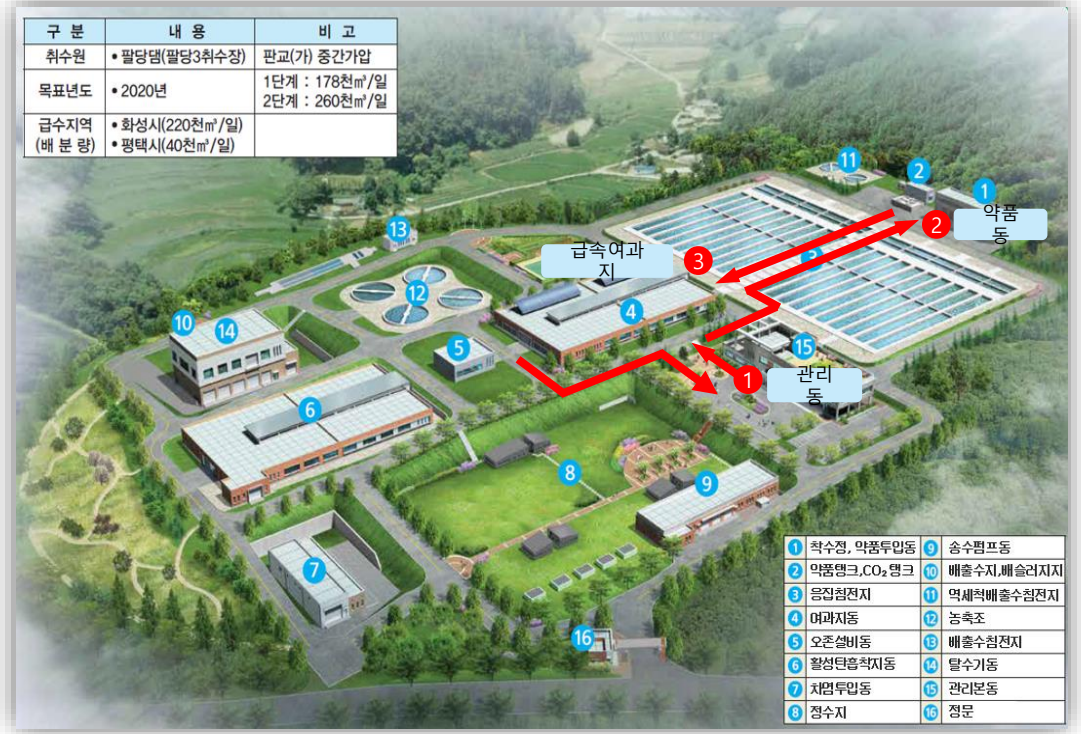
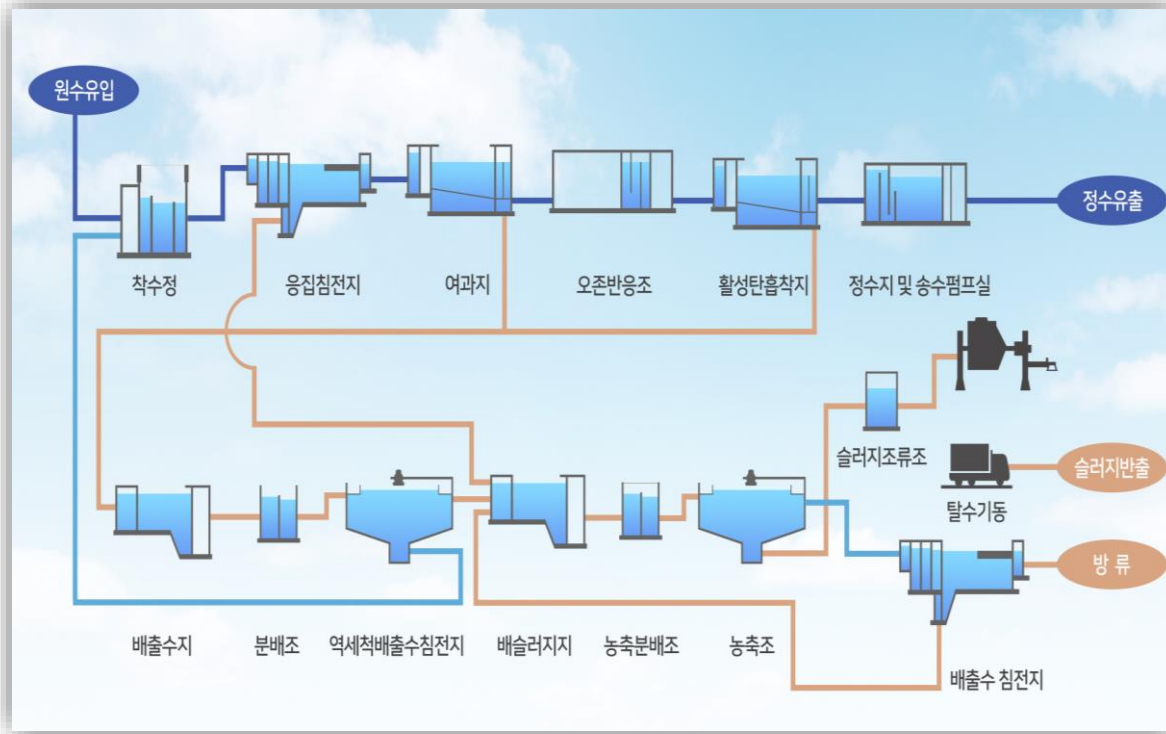
## 시설개요

취수원	팔당댐 호소수 (팔당3취수장)
정수장	260천m <sup>3</sup> /일(운영 178, 잔여 82) * 고도 : 후오존+활성탄여과지(GAC) (맛냄새, 미량유해물질 제거)
관로시설	L=47.1km(도수 19, 송수 27), D2,200~700mm * 수도권 5,6단계 판교가압장 이후 분기
배분량	화성시 220천m <sup>3</sup> /일, 평택시 40천m <sup>3</sup> /일 * 고덕산단 220 천m <sup>3</sup> /일(원수, 평택시 운영관리)
급수인구	372천명(23.6월 기준) / 760천명(2030목표년도)



# 화성시정수장 사례

## 정수처리 공정



### 고도정수처리공정

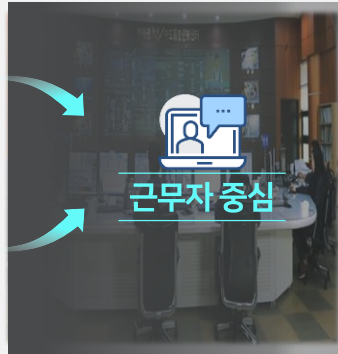
착수정	혼화·응집	침전	여과	오존접촉	활성탄여과	정수지
수량조절	플럭형성	플럭침강	미세입자 제거	소독·산화	오염물질 흡착	저류 및 공급
<b>맛냄새 (10ppt이하)</b>						<b>탁도 0.04 NTU</b>
<b>미량유해물질 불검출, TOC(1.0mg/l 수준)</b>						<b>잔류염소 0.8mg/l</b>

## “빅데이터 + AI” 기술을 활용한 Smart 정수장 구축, 물산업 분야 4차 산업혁명 선도

As-Is

### 근무자 중심 운영

- 근무자의 판단·경험에 의존한 정수장 운영
- 단순한 육안점검 (설비사고 시 대응능력 저하)



To-Be

### “인공지능(AI) + 근무자” 융합 운영

- 단순 반복업무 (약품 주입, 펌프 ON/OFF 등)
- 수도사고, 수질악화 등 위기대응
- 현장 설비점검 강화 (육안점검 → 상태점검)



◆ 스마트정수장 구축시범사업 : 총사업비 38억원(국고30%, 자체70%), 사업기간 21.1~22.4

1STEP

### 데이터 수집·분석

- 운영데이터 수집(3년), 전처리, 담당자 인터뷰
- 주요인자 분석·선정

2STEP

### 알고리즘 개발·검증

- 최적 알고리즘 개발(머신러닝 등)
- 통합운영시스템 구축
- 공정별 알고리즘 연계 및 실시간 시뮬레이션

3STEP

### 정수장 표준모델 개발

- 공정별 표준 알고리즘 모델
- 공정별 설비 구축기준
- 통합운영시스템 구축 모델

4STEP

### 시운전 및 운영

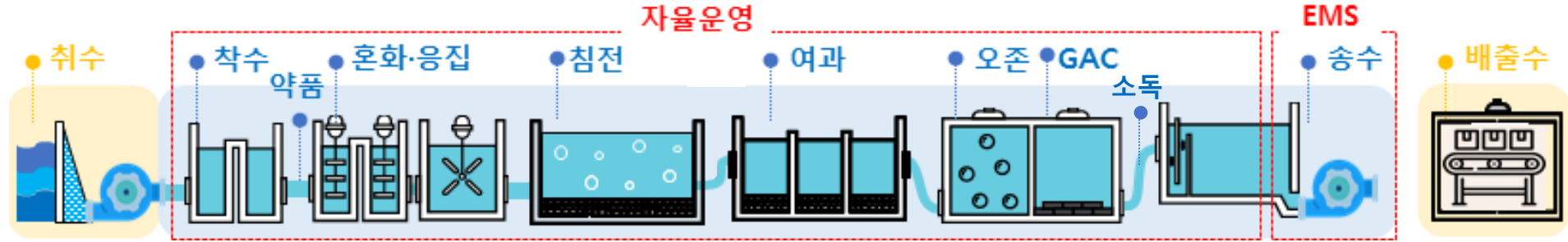
- 실시간 공정별 연계운영, 알고리즘 보완·개선
- 실시간 현장 AI 운영 中

# 화성시정수장 사례



AI 자율운영

AI 빅데이터 기반 분석예측으로 정수장 자율운영



◆ 정수처리 쉘 과정에 AI 자율 운영 중 ☞ 수질/수량분야 8개 공정, 필요 시 운영근무자 개입 선택적 AI 운영 (약품량 4%, 약 10백만원/년 절감)



스마트 EMS

실시간 전력 사용량 측정·진단으로 전력사용 최적관리



☞ 펌프 최적 운영, 에너지 절감(1억원/년)



스마트 PMS

ICT 빅데이터 기반 분석·예측으로 설비 예방정비 (펌프모터)



☞ 사전 예방조치로 설비운영 안정성 향상



영상안전

지능형 영상기술을 활용한 설비 및 근로자 안전관리



☞ AI 영상감시로 사고경감 및 신속 조치



## 내 용

정수장 운영요인(수량, 수질)에 대해 빅데이터 기반 AI 기술을 활용하여 정수처리공정(8개)에 대한 실시간 의사결정이 가능한 자율운영 시스템

### ☑ (자율운영) 8개의 정수처리 공정에 시기반 자율운영 알고리즘 개발 및 구축



공정	1. 착수 공정	2. 약품 공정	3. 혼화응집 공정	4. 소독 공정	5. 침전 공정	6. 여과공정, 7. GAC	8. 오존 공정
DATA	· 정수장 유입·유출량 · 침전지 운영 지수 · 정수지 수위 등	· 원수 유량, 탁도, pH, 전기전도도, 온도 등 · 침전수 탁도 등	· 원수 수온 · 지별 교반강도(G) · 응집지 체적 등	· 혼화지 잔류염소 · 침전지 잔류염소 · 염소 주입률, 기온 등 · 침전지 체류시간 예측	· 원수 유량, 탁도 · 원수 약품량 · 침전지 수집기 상태 · 침전지 슬러지 발생량 예측	· 여과지 유입·유출량 · 여과지별 수위,시간 등 · 시간대별 전력 요금제	· 오존 농도 (유입, 중간, 유출) · 체류시간 등
MODEL	· 유입밸브 개도 예측 · 정수지 수위 예측	· 원수 수질 분류 · 응집제 주입을 예측	· 응집기 회전수(RPM) 결정 모델	· 염소 증발량 예측	· 침전지 슬러지 발생량 예측	· 여과지 수 예측 · 여과지별 수위 예측	· 잔류오존 예측 모델
A I	유입밸브 개도 결정	응집제 주입을 결정	응집기 회전수 결정	염소 주입을 결정	슬러지 수집기 스케줄	여과지 운영 스케줄	오존 주입을 결정

## 효 과

☑ (약품감소) 응집제 최적 주입에 따른 약품량 4% 이상 절감 가능

# 화생시정수장 사례

## 내 용

에너지 多 소비설비에 대상 실시간 전력량 모니터링,  
데이터 분석, 설비관리가 가능한 **에너지관리 시스템**



- ☑ (펌프제어) 배수지 최소 요구 관압을 활용한 송수펌프 최적제어
- ☑ (전력피크) 전력수요 예측을 통한 목표 피크값 초과 시 경보발생
- ☑ (수요거래) 전력수요 예측 및 사용량 분석을 통해 DR 입찰방안 제시

## 효 과

- ☑ 부하시간대별 펌프 최적 운영으로 전력비 5% 이상 절감 가능

기존 운영 : 1.5대



최적 AI 알고리즘  
(최소 요구관압+최적 펌프조합)

EMS 운영 : 1대





## 내 용

주요설비 대상으로 실시간 상태기반의 예측정비를 위한 **예지보전 시스템**

☑ (자율진단) 펌프모터 진동 데이터를 실시간으로 취득·분석하여 고장감지 및 원인제시

\* 고장항목 - 축정렬 불량, 질량 불평형, 임펠러 결함, 모터 결함, 베어링 결함, 캐비테이션

☑ (이상감지) 설비 운영데이터 분석을 통해 이상징후 조기감지 및 경보

\* 적용설비 - 3상모터(교반기 등), 수배전반, 오존발생기, 차염발생기



## 효 과

☑ 실시간 진단 및 사전 조치로 설비운영의 안정성 향상



## 내 용

CCTV에 실시간 AI 분석 기술을 적용한 **지능형 영상안전관리 시스템**

☑ **설비사고 및 보안사고, 산업안전 등 3대 분야 8개 항목에 대한 AI 알람경보**

**설비사고** 화재, 배관누수,약품미투입

**시설보안** 침입, 배회

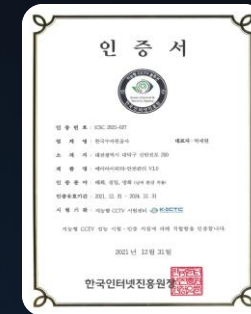
**산업안전** 쓰러짐, 구조신호, 감전



## 효 과

☑ **실시간 AI 영상감시로 사고경감 및 신속한 조치 가능**

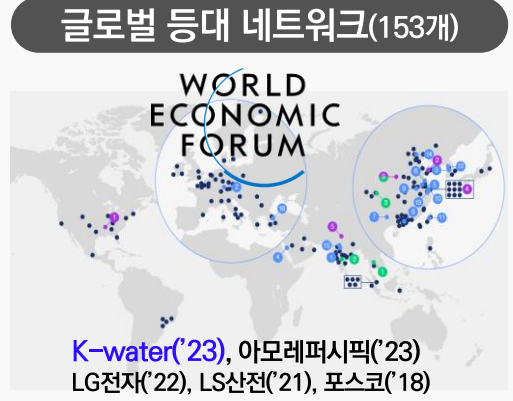
☑ **AI 모델 정확도 96%, KTL 성능시험 및 KISA 성능인증 취득**



# 화성시정수장 사례

내용 ▶ 화성 AI 정수장이 세계경제포럼에서 선정하는 "글로벌 등대"로 선정

- ✓ 글로벌 등대(Global LightHouse Network) ?  
 AI, 빅데이터 등 4차 산업기술을 도입한 세계 제조업의 미래를 선도하는 기업을 의미, 세계경제포럼이 매년 심사를 통해 선발 (전세계 153개社, 국내 5개社)



## 활용방안

- ✓ 화성 AI 정수장 스마트 투어 구축, 4차산업 '혁신정수장' 랜드마크 도약 추진
- ✓ 국제표준화(ISO), 국내 물 산업 디지털 분야 Value Chain 상생 협력 및 기술 수출



스마트 투어



글로벌 등대공장 네트워크 연계 및 활용

A massive, towering wall of blue ice dominates the background, showing deep crevasses and a jagged, fractured surface. At the base of the glacier, a plume of white mist or spray is visible where it meets the water. The foreground is filled with a calm sea dotted with numerous icebergs of various sizes, some appearing as small, flat pieces of ice while others are more substantial. The overall scene conveys the scale and power of glacial ice.

**Climate Crisis**

# 조정실 전경

The central monitor displays the following information:

- Header:** 현재시간 2023-06-28 20:05:56, 스마트 정수장 시 플랫폼
- 3D Schematic:** A 3D rendering of the water treatment plant layout with various components labeled in Korean, such as '원천' (Source), '여과' (Filtration), 'GAC여과' (GAC Filtration), '정수' (Purification), and '소독' (Disinfection).
- Data Tables:**
  - Water Quality:**

항목	단위	현재값	기준값	경고
원수 유입유량	m <sup>3</sup> /min	128.935	105.982	792
원수 유입수질	mg/L	2.55	3533	6137
원수 유출수	m <sup>3</sup> /min	6475	3149	977
원수 유출수질	mg/L	0	6682	7369
  - Flow and Treatment Data:**

구분	유량	수질	원천수	원천수 수질	여과수	여과수 수질	정수수	정수수 수질	정수지 유출유량	정수지 수위
원수	2.99	원도	0.95	0.42	0.06	0.04	0.04	중입물	2.70	2.74
원수	4.37	원도	0.86	0.18	0.05	0.91	0.80	중입물	2.66	2.75
원수	7.30	pH	7.88	7.10	7.34	7.34	7.34	중입물	2.50	2.47
원수	23.94	원도	0.87	0.38	0.25	0.25	0.25	중입물	2.80	2.70
원수	219.38	원도	0.95	0.25	0.00	0.00	0.00	중입물	2.50	2.47
원수	62.51	pH	7.88	7.20	7.19	6.392	9.32	6.341	2.80	2.70
- Video Feeds:** Multiple small video windows showing different parts of the water treatment facility, including filtration tanks and piping.



# 화성정수장 디지털 트윈 시범구축 사례

가상현실에서 운영 및 유지관리 상의 다양한 상황에 대한 모니터링, 분석, 모의 기능 구현

## Digital Twin 사업개요

**사업명** 화성(정) 디지털 트윈 시범구축 용역

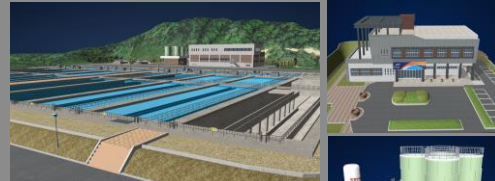
**사업비** 3,059백만원 (국비 30%)

**사업기간** 2021.7월 ~ 2024.7월

실제 정수장



가상 정수장



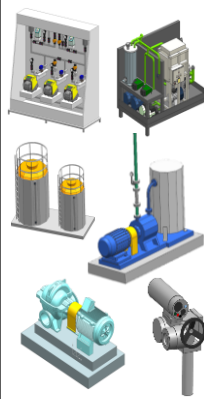
## Digital Twin 플랫폼 구축 방안

“시뮬레이션 기반 최적 운영 구현”

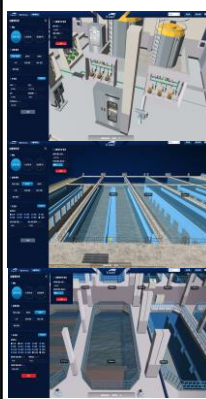
- ① 3차원 가상모델
- ② 시뮬레이션(예측/분석)
- ③ 가상현실(모의훈련, 설비조작 등)
- ④ 증강현실(관로, 운영정보 등)



3D 가상모델



시뮬레이션



VR



AR



# 화생정수장 디지털 트윈 시범구축 사례

모니터링, 분석, 모의 뿐만 아니라 AI 정수장, 자산관리시스템 등 스마트 기술과 연계

### 디지털화·정보통합

설계도서, 도면 등 디지털화  
3D 모델 구축 및 정보통합 표출

### 예측 시뮬레이션

신속한 의사결정 및 사  
고 대응  
최적 공정운영 가능

↳ 침전지 운영

8지 6지 정수지 운영패턴 변경 벨브 개도 50% 60%

변경 운영조건 > AI 시뮬레이션 > 운영가능 판단 > 착수공정 적용

↳ 정전사고(단수)

3대 0대 5시간 운영가능

펌프 운영조건 > AI 시뮬레이션 > 배수지운영 시간 예측 > 물차투입 계획수립

### 증강/가상현실

시·공간 제약 없는 모의훈련  
현장에서 데이터 실시간 조회

### 스마트 기술 연계

Data 기반 합리적 투자 의사결정  
체계적 시설물 관리

↳ ERP 시스템

시설물 제원정보	유지관리 이력	진단/점검 결과	투자 재원
-------------	------------	-------------	----------

↳ 보수

배관
펌프
전기설비

## 3D 모델 구축



화성(정) 실제 항공사진



화성(정) 디지털 트윈

# 화성정수장 디지털 트윈 시범구축 사례

## 3D 모델 구축

(외부)

착수정



침전지



여과지



오존설비동



정수지

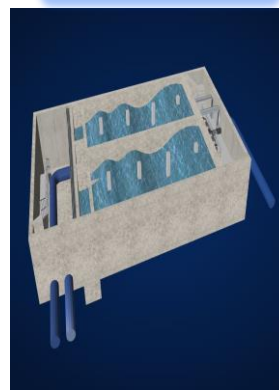


활성탄여과지



(내부)

착수정(내부)



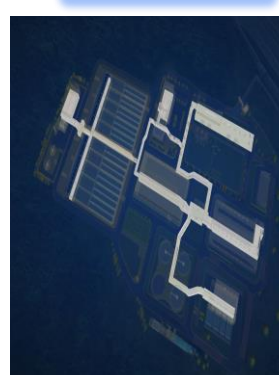
설비(차염탱크, PAC등)



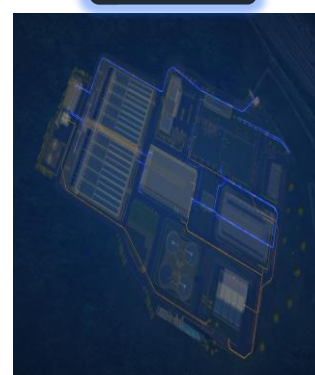
여과지(내부)



공동구



내부배관



정수지(내부)



# 화성정수장 디지털 트윈 시범구축 사례

## ○ 데이터 연계를 통한 모니터링

- 제원 및 실시간 운영데이터 등을 연동하여 주요 설비 데이터 통합 관리 가능
- 도면, 설계도서, 진단 및 점검결과 등 오프라인 자료들을 디지털화하여 체계적으로 관리



## ○ 시뮬레이션 “ 발생할 수 있는 상황에 대한 사전 분석 및 예측을 통한 운영최적화, 안정성강화 ”

### 운영모의

정수처리공정 알고리즘기반  
공정별 적정운영  
모의 시뮬레이터

- 착수정 밸브 개도율 모의
- 침전지 적정 운영지수 모의
- 여과지 적정 운영지수 모의
- 사고 발생시 정수공급가능 시간 예측
- 계통별 공급 유량에 따른 최적 펌프 운영대수 모의



### 수질모의

정수장 물리모델을 통해  
운영데이터기반  
수질 예측 시뮬레이터 구축

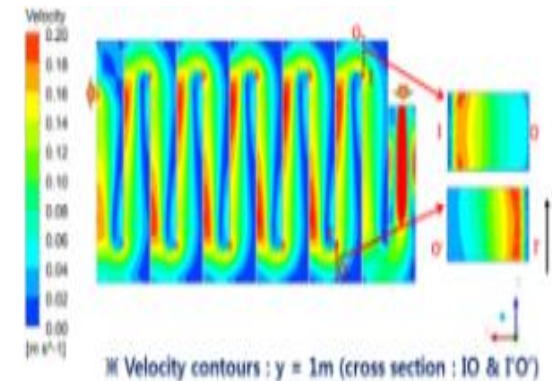
- 혼화 공정 약품주입율 모의
- 약품에 따른 침전지 효율 모의
- 정수지 적정 잔류염소 농도 모의
- 슬러지량, 부유물 농도 제거 효율 모의



### 수리적 거동분석

CFD(전산유체역학)을 통한  
물 흐름(확산) 분석  
시뮬레이터

- 유입 유량에 따른 각 시설물 유량 분석
- 유입 유량에 따른 응집지별 유입유량
- 응집침전지 유속 분포 확인 모의
- 여과지 지별 유입유량 모의



## VR(가상현실)

“현장 투어, 운영 및 점검, 분해 및 정비, 위기 대응 등 각종 콘텐츠 개발”

### 01 개발범위

- 스마트 정수장 홍보 콘텐츠
  - 현장 투어형식 VR
  - 공정프로세스, 주요설비 동작원리
- 운영 및 점검 VR
  - 약품 및 활성탄 투입 설비
  - 혼화기/여과지/활성탄여과지
  - 오존투입설비/차염설비/MCC반
- 분해 및 정비 VR
  - 펌프/차염발생기/버터플라이밸브
  - 탁도계/잔류염소계
- 위기 대응 VR
  - 약품누출/정전대응(비상발전기)
  - 침수대응/화재대응/통신망장애 및 보안사고



### 시나리오 02

- 시뮬시스 검토 및 가상 교육 환경 선정
- 스크립트, 내레이션, 표현 형태 선정
- 교육효과 극대화 모색

### 3D 모델 구현 03

- 3D 모델을 활용한 VR 구현
- 각 설비 또는 장비 3D 모델링 구현
- 시나리오 환경 3D 가상모델 기반으로 사실적 Mapping 실시
  - 설비 내외부, 설비 주변환경
  - 펌프, 밸브 등 설비 사실적 묘사



# 화성정수장 디지털 트윈 시범구축 사례

- AR(증강현실) “AR 기반 정수처리 공정별 시설물의 위치, 운영정보, 설비 작동 상태, 물 흐름 상태 등을 확인”

3D 모델, 디지털 트윈 모델, 지표, 유지보수 매뉴얼, 조립 분해도 등  
디지털 트윈 통합 시스템



Digital Twin

**Smart K-water Smart Together**

- 정밀한 위치 제공**
  - 위치인식 기술 활용
  - AR 마커, QR 네임플레이트 등
  - 기존 RFID 연계
- 뛰어난 가시성**
  - 공정별 설비 구동 상태 구현
  - 용수공급방향 애니메이션
- 시설물 정보 제공**
  - 제원정보, 운영정보 확인
  - 점검 체크리스트 구현

## 스마트기술 연계

## "자산관리 및 AI정수장 정보 연계 및 시각화"

- 자산관리체계 : 체계적인 수도시설 유지관리와 최적의 투자 의사결정 지원을 위한 자산(시설, 설비) 평가 시스템
- AI 정수장 : 빅데이터, AI 기술을 활용한 미래형 정수장(자율운영·에너지관리·예지보전·지능형 영상감시)

자산관리체계 연계



AI정수장 연계



**화생정수장 DT 시연영상**

감사합니다.

---

# 물산업 시장의 글로벌 기업

## Big Tech



## Industrial IoT / SCADA



## Infra Tech



## Metering & Communication



## Big Water



- 클라우드 기반 자산 및 고객 관리 기업
- 다양한 분야의 기업 관리용으로 개발된 기존 시스템 활용

- 중공업 분야의 IoT 역량을 활용하는 하드웨어 및 소프트웨어 기업
- 물 보조 서비스 뿐만 아니라 전력 등 다양한 분야로 확산
- 특히, SCADA를 통해 고부가가치 창출 추진

- 물, 전력, 운송 등 시설 관리에 대한 전문 지식을 갖춘 소프트웨어 기업
- 시설의 설계, 구축, 운영 및 네트워크·정보 관리 등 종합 솔루션을 제공하는 수평적 플랫폼 구축

- 스마트 미터링, 요금청구 분야 관련 기업
- 데이터 관리 및 분석을 통해 더 높은 수익을 창출하고 누수 모니터링 등 네트워크 관리와 연계한 IoT 통신 기반 제공

- 인수합병 및 벤처투자를 통해 디지털워터솔루션 포트폴리오 확장
- 물 기술 패키징 형태, 아직까지 양방향성(3rd Part 참여)에는 한계

## 데이터 수집

데이터 범위

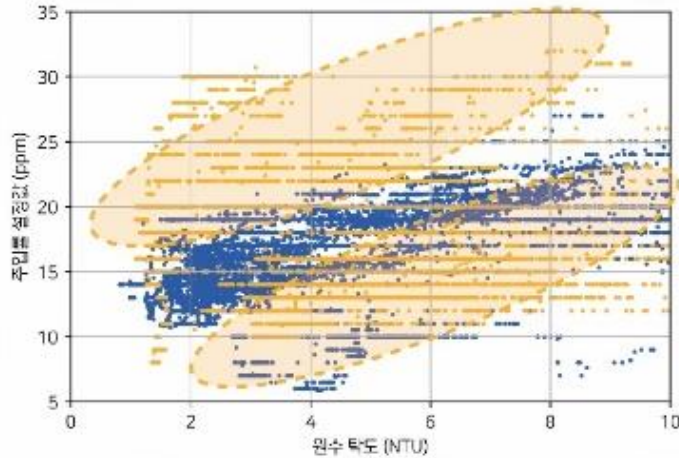
전처리

변수 선정

군집화/분류

예측

• 사용 가능한 데이터 범위: 2017.07 ~ 2019.12 (2020.1. 현재, 2017.10 ~ 2018.6의 경우, 분석 과정에서 제외)



- 학습 성능을 위해 일부 데이터 제외 (왼쪽 노란색)
- 제외 후 변수의 상관도 향상

	탁도	pH	전기 전도도	수온
제외 전	0.67	-0.32	-0.32	0.09
제외 구간	0.39	0.22	0.18	-0.27
제외 후	0.78	-0.55	-0.54	0.27

•약품 및 계열 통합, 샘플링 데이터

## 전처리

데이터 범위

전처리

변수 선정

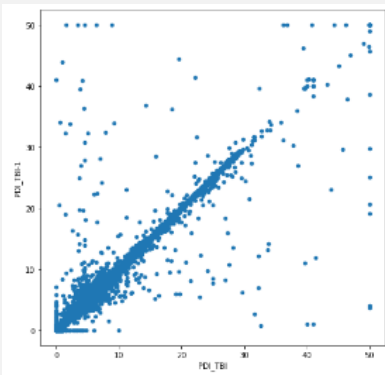
군집화/분류

예측

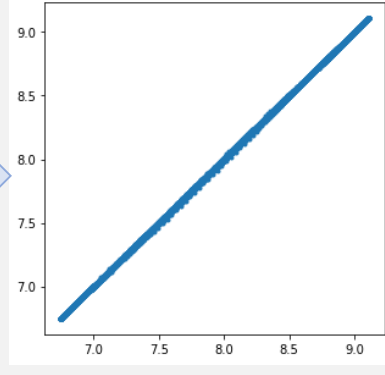
### • 노이즈 제거를 위한 전처리 알고리즘을 적용

#### • 극단값 필터링 (Thining Filter)

- 일반적인 Low pass filter에 이상치 제거 기능을 포함
- Smoothing time window 설정 가능 (Spike 판단을 위한 시간 설정)

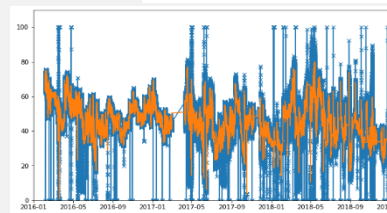


전처리 적용 후

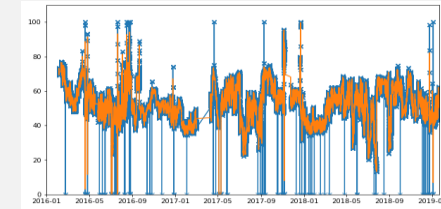


- x축 t분 데이터, y축 t+1분 데이터 ⇒ 데이터의 fluctuation의 정도를 나타냄
- 전처리후 데이터는 시계열적으로 연속된 데이터들이 상대적으로 평탄하게 전처리 된 것을 확인  
(분단위로 연속된 데이터들이 비슷한 값을 갖도록 처리)

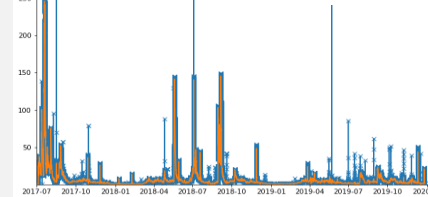
팔당 알칼리도



수지 알칼리도



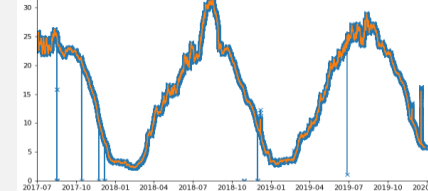
탁도



pH



수온



전기 전도도



- 파란색: 전처리 적용 전 주황색: 전처리 적용 후 -

## 변수선정



• 분석 알고리즘에 사용할 입력 변수를 다양하게 적용 테스트

### • 1차 분석 [4]

- ① 탁도
- ② pH
- ③ 전기전도도
- ④ 수온

### • 2차/3차 분석 [26 -> 8]

#### <총 26개 관련 입력변수 전체>

- 화성 PH, 수지 PH, 팔당 PH
- 화성 TE, 수지 TE, 팔당 TE
- 화성 TB, 수지 TB, 팔당 TB
- 화성 CU, 수지 CU, 팔당 CU
- 수지 AL, 팔당 AL, 화성 CO2 주입률
- 팔당 잔류염소, 시네텔라200이상비율,
- 팔당 조류수, 화성 여과지속시간,
- 수지 여과지속시간 (5-1, 5-2, 6)
- 화성정수장 소석회 주입률
- 시네텔라 전체 개체수
- 팔당 TOC
- 팔당 규조류수

#### <분석에 사용한 8개 입력 변수>

- ① 화성 탁도
- ② 화성 pH
- ③ 화성 전기전도도
- ④ 화성 수온
- ⑤ 팔당 조류합계
- ⑥ 팔당 TOC PPM
- ⑦ 수지 원수 알칼리도
- ⑧ 수지 여과지속시간 평균

#### <변수 선정 기준>

- ① 데이터의 양이 충분한가 : Co2, 소석회 제외
- ② 유사 정보인 경우 화성 채택 : 수지와 팔당의 탁도, 수온, 전기전도도 제외
- ③ 1분 단위 데이터 생성 : 카톡 공유 시네텔라 대신 팔당 TOC 사용

\* PCA 및 변수간 상관관계를 분석하고, 분석 결과의 설명력을 비교 분석

### • 운영 테스트 [9 -> 4]

#### <분석용 9개 입력 변수>

- ① 화성 탁도
- ② 화성 pH
- ③ 화성 전기전도도
- ④ 화성 수온
- ⑤ 팔당 조류합계
- ⑥ 팔당 TOC PPM
- ⑦ 수지 원수 알칼리도
- ⑧ 화성 여과지속시간 평균
- ⑨ 화성 침전지 탁도

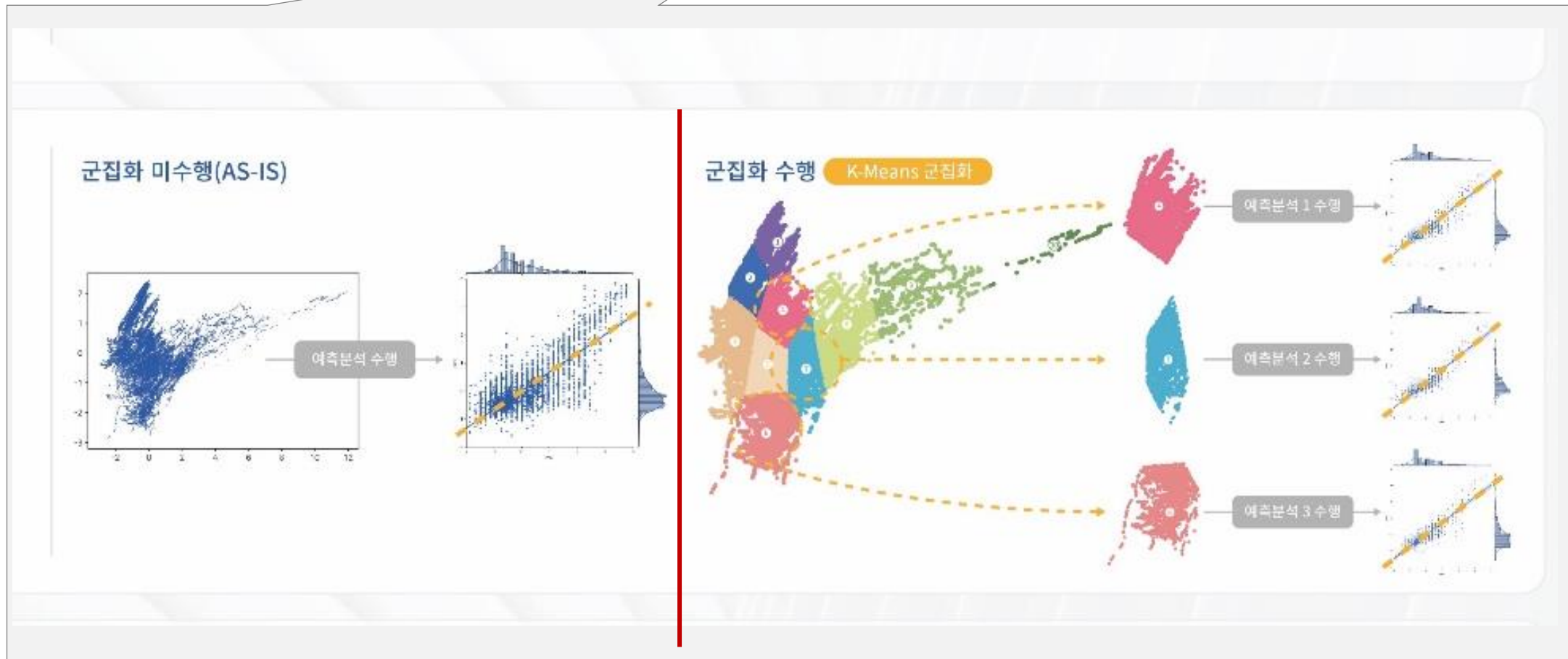
#### [변수 조합]

- 1개 - (1)
- 2개 - (1, 9)
- 4개 - (1,2,3,4)
- 5개 - (1,2,3,4,9)
- 8개 - (1,2,3,4,5,6,7,8)
- 9개 - (1,2,3,4,5,6,7,8,9)

#### <최종 4개로 선정하여 운영 테스트 수행>

- 각 변수 조합에 따른 응집제 주입률 분포 분석
- 분석 결과에 대한 실무 협의를 통해 결정
- **최종 입력 변수 : 탁도, pH, 전기전도도, 수온**

## 군집화



## 예측

데이터 범위

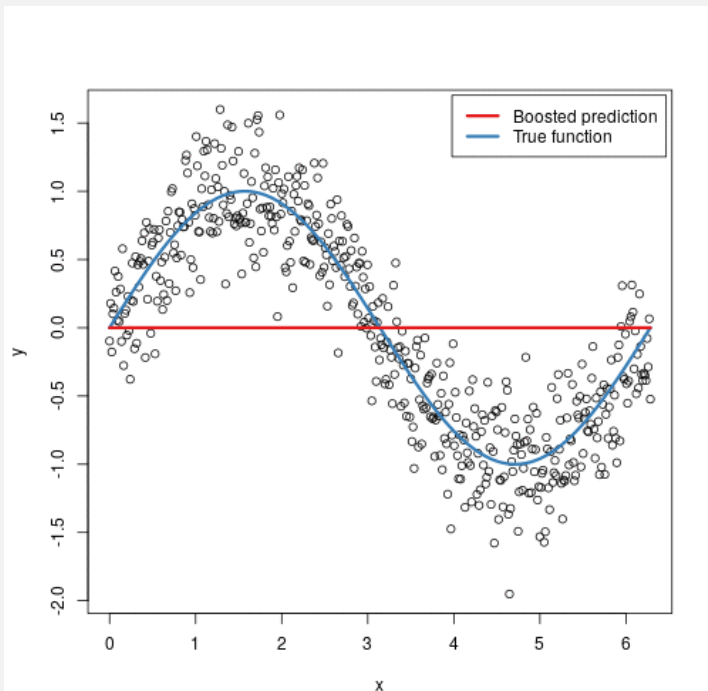
전처리

변수 선정

군집화/분류

예측

- GBR 알고리즘을 사용하여 분류된 각 원수 데이터에 대한 예측 분석을 수행



- 예측을 위해 GBR(Gradient Boosting Regression) 알고리즘을 사용
- GBR은 Random Forrest 알고리즘에서 Tree 생성 과정을 발전시킨 것
- Tree 생성 시, 앞에 생성된 Tree의 오류를 고려하여 점진적으로 생성
- 선형 관계를 찾아 예측하는 것이 아니라, 비선형 관계의 패턴을 발견하고, 데이터가 해당 패턴내에서 어디에 위치하는지에 대한 정교한 분류가 가능

## 정확도 검증

도출된 분석 모델의 과거 데이터 패턴에 대한 정확도 검증

-	전체	Class 0	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5	Class 6	Class 7	Class 8	Class 9	
APAC	R <sup>2</sup> (train)	<b>0.98</b>	0.99	0.99	0.97	0.99	0.96	0.98	0.99	0.99	0.96	0.99
	R <sup>2</sup> (test)	<b>0.98</b>	0.99	0.99	0.90	0.99	0.94	0.9	0.99	0.99	0.96	0.99
POLYMA X	R <sup>2</sup> (train)	<b>0.99</b>	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99
	R <sup>2</sup> (test)	<b>0.99</b>	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98	0.99	0.98	0.99	0.99