

# 지역물문제해결 교과목

2023년 2학기 특강 자료집 모음

# 목차

- ▶ 1차 특강 : 상수도관리의 디지털화 및 서울시 정수장 순환 정비 계획  
(서울아리수본부 백광인 부장), 3p~76p
- ▶ 2차 특강 : 디지털 기반 수처리 기술  
(Veolia 조성만 이사), 77p~112p
- ▶ 3차 특강 : 도시형 물 인프라 소개  
(한국종합엔지니어링 안효원 사장), 113p~173p
- ▶ 4차 특강 : 디지털 물기술의 적용 사례  
(서울특별시 물순환안전국 최연호 과장), 174p~238p
- ▶ 5차 특강 : 산업폐수처리시설에 적용된 디지털 기술  
(SK 하이닉스 박노혁 팀장), 239p~281p
- ▶ 6차 특강 : 디지털 수자원 관리 (댐 시설 등)  
(K-water 이충성 박사), 282p~405p

# 특강 1. 상수도 관리의 디지털화 및 서울시 정수장 순환 정비 계획

- 서울아리수본부 백광인 부장 -



건강하고 가치있는 선택, **아리수**

# 서울아리수 과거 현재 미래

동행·매력  
특별시 서울

# CONTENTS

건강하고 가치있는 선택, **이리수**



**I** 서울시 상수도사업본부 소개

**II** 서울시 상수도사업본부 연혁

**III** 서울의 급수환경 변화

**IV** 지속 가능한 상수도 기반 조성 추진



# 서울시 상수도사업본부 소개

건강하고 가치있는 선택, **이리수**



# 1. 서울시 상수도사업본부 소개



조직 및 인력

재정 및 예산

상수도사업본부  
시설 및 급수현황

서울시 상수도 주요 지표

해외 수도요금 및  
수돗물 사용량 현황

“서울시 산하 가장 큰 조직, 인력, 광범위한 시설물 보유”

## 서울시 수돗물은

1908년 9월 1일 뚝도 정수장에서 최초 통수되었고 올해 115년을 맞이하였습니다.

서울시 수돗물을 책임지고 있는 상수도 사업본부에는 2023.07.31 현재 1,879명의 직원이 근무하고 있습니다.



# 1. 서울시 상수도사업본부 소개

조직 및 인력

재정 및 예산

상수도사업본부  
시설 및 급수현황

서울시 상수도 주요 지표

해외 수도요금 및  
수돗물 사용량 현황

## 자산 규모

2022.12.31기준

자산 **5조 1,257**억원

◉ 부채 | 1,190억원

◉ 자본 | 5조 67억원



## 예산

2023년 세입 및 세출예산

**9,300**억원



# 1. 서울시 상수도사업본부 소개

조직 및 인력

재정 및 예산

상수도사업본부  
시설 및 급수현황

서울시 상수도 주요 지표

해외 수도요금 및  
수돗물 사용량 현황

  
**생산시설**

**취수장 4개소, 정수센터 6개소**  
생산용량: 480만 톤 / 일 (고도정수용량: 380만톤 / 일)

  
**급수인구**

**9,414천 명, 4,426천 세대 (2023.06.31)**

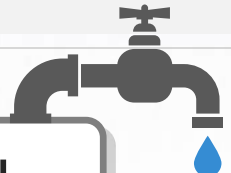
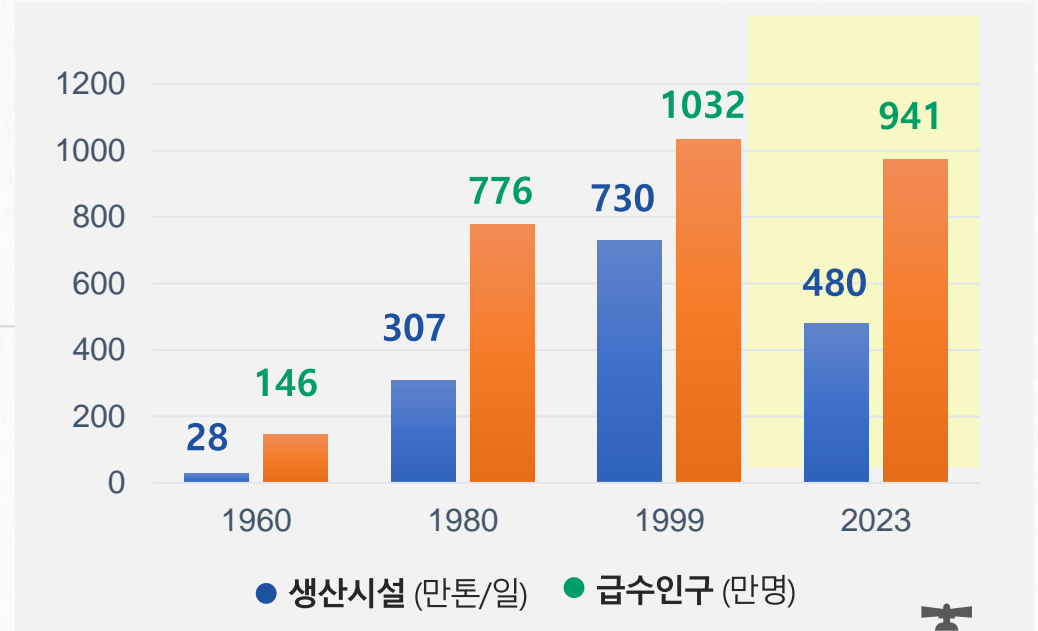
  
**급수시설**

**상수도관**  
13,360km

**배수지**  
103개소(245만 m<sup>3</sup>)

**아리수올림터**  
219개소

**수도계량기**  
231 만전



# 1. 서울시 상수도사업본부 소개

조직 및 인력

재정 및 예산

상수도사업본부  
시설 및 급수현황

서울시 상수도 주요 지표

해외 수도요금 및  
수돗물 사용량 현황

상수도 보급률

100%

수도요금

631원  
m<sup>3</sup>당

수질검사 항목수

350개

생산능력

480만  
m<sup>3</sup>/일

물 사용량

284L  
1인당 / 일

상수도관

13,360km  
서울에서 부산 32회 왕복

유수율

96.6%

# 1. 서울시 상수도사업본부 소개

조직 및 인력

재정 및 예산

상수도사업본부  
시설 및 급수현황

서울시 상수도 주요 지표

해외 수도요금 및  
수돗물 사용량 현황

## 해외 수도요금



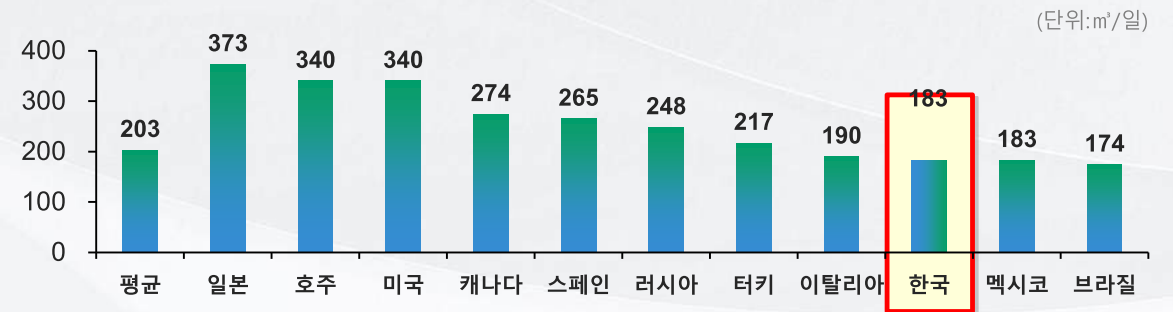
수도요금 (2021년 GWI 기준):  
한국과 비교시 덴마크 5.7배, 미국 3.0배, 일본은 1.6배 비쌌

※ 조사기관: GWI(Global Water Intelligence : 세계 물시장 조사기관)  
※ 출처: k-water

## 1인당 하루 물 사용량

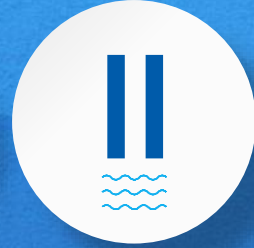


## 1인당 가정용 수돗물 사용량



가정용 수돗물 사용량 (2016년 GWI 기준):  
한국과 비교시 일본은 2배, 미국 1.9배, 캐나다 1.5배 많음

※ 국가별로 사용량 조사 유무가 있어 2016년 이후 업데이트자료 없음



# 서울시 상수도사업본부 연혁

건강하고 가치있는 선택, **이리수**

## 2. 서울시 상수도사업본부 연혁

수돗물 공급 시작

서울시 상수도의  
시작과 전쟁

경제개발과  
상수도 시설의 확충

상수도 전문 조직화 및  
새로운 100년의 시작

### 서울시 상수도사업본부 연혁

서울의 수돗물 아리수는 한강의 옛말입니다.

1908년 뚝도정수장 통수를 시작으로

서울에 수돗물 공급 시작

## 2. 서울시 상수도사업본부 연혁

수돗물 공급 시작

서울시 상수도의  
시작과 전쟁

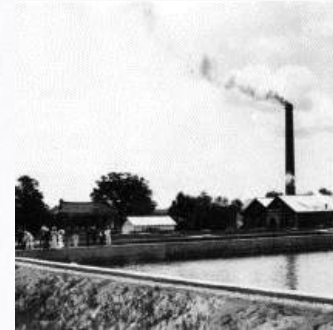
경제개발과  
상수도 시설의 확충

상수도 전문 조직화 및  
새로운 100년의 시작

1908  
~ 1944년

### ○ 대한제국 및 일제강점기 상수도의 시작

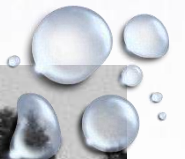
- 고종황제가 콜브란·보스트윅 상사에게 상수도 시설 및 경영에 대한 독점특허권 부여(1903)
  - 뚝도정수장 통수(1908.9.1), 12.5만명 급수
  - 노량진정수장('10), 구의정수장('36) 건설
- ※ 일제강점기 수돗물 혜택은 일부 상류층만 누릴 수 있는 특권



1945  
~ 1960년

### ○ 한국전쟁으로 인한 수도시설의 파괴와 재건

- 한국전쟁으로 상수도 시설의 30~90% 파괴
- 피해복구에 전력을 기울여 1955년에 이르러 대부분 시설 복구
- 1956년 서울시 건설국 수도과 설치 → 1961년 수도국 승격



## 2. 서울시 상수도사업본부 연혁



수돗물 공급 시작

서울시 상수도의  
시작과 전쟁

경제개발과  
상수도 시설의 확충

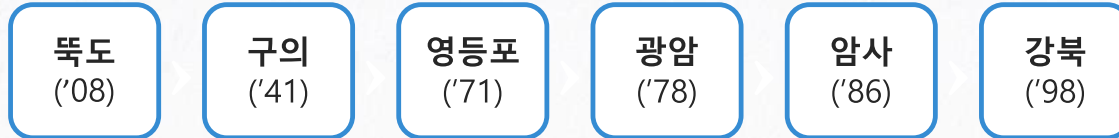
상수도 전문 조직화 및  
새로운 100년의 시작

1961  
~ 1979년

### ○ 경제발전 및 서울 인구팽창에 따른 상수도 확충

- 60년대 경제개발 및 서울 인구 팽창으로 상수도 수요 급증
- '61년 5개 사업소 신설, '73년 11개 사업소 확대

※ 아리수정수센터의 연혁



1980  
~ 1988년

### ○ 상수도 시설의 안정화

- '81년 서울시 상하수국 발족
- 1980년대 서울의 수돗물 보급률 90% 달성
- 고지대 급수민원 해소를 위한 가압시설 확충



## 2. 서울시 상수도사업본부 연혁

수돗물 공급 시작

서울시 상수도의  
시작과 전쟁

경제개발과  
상수도 시설의 확충

상수도 전문 조직화 및  
새로운 100년의 시작

1989  
~ 2007년

### ○ 상수도사업본부의 발족

- 서울시 상수도사업본부 발족('89년)
- 노후 정수장 폐쇄 및 경영합리화 제고
  - 선유, 노량진, 신월, 보광동 등 4개소 노후 정수장 폐쇄
- 수돗물 브랜드화: '아리수'의 탄생('04년 상표등록 완료)



2008  
~ 현재

### ○ 새로운 100년의 시작! 새로운 출발!

- 수돗물 홍보관 '아리수 나라' 개관('10년)
- 고도정수처리시설 구축 완료('15년)
- 국제식품규격인증(ISO 22000) 국제인증('16년)
  - 믿고 마실 수 있는 식품으로 인정받음
- 스마트워터그리드, 무단수 급수체계 구축('18년 ~ '30년)



## 2. 서울시 상수도사업본부 연혁

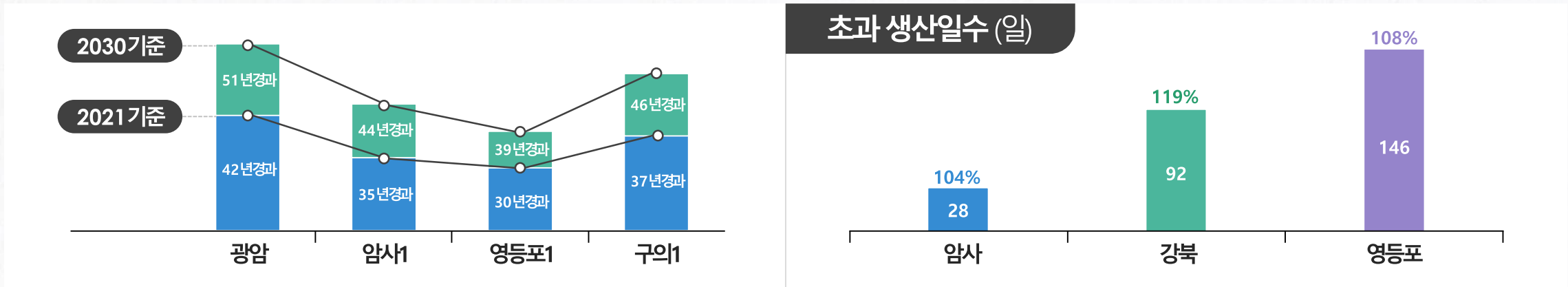
수돗물 공급 시작

서울시 상수도의  
시작과 전쟁

경제개발과  
상수도 시설의 확충

상수도 전문 조직화 및  
새로운 100년의 시작

6개 정수센터가 대부분 30년 경과, 생산용량의 여유없이 100% 풀가동, 5개가 서울시 동측에 편중



사고시 신속 대처능력 제고, 수돗물을 정상적으로 공급하면서 노후 시설 정비 필요

- ① 서울 서측 순환정비용 정수센터 신설 (45만 m<sup>3</sup>/일) : '22년~'28년
- ② 강북2 정수장 신설: 25만m<sup>3</sup>/일 (현재 100만m<sup>3</sup>/일 → 장래 125만m<sup>3</sup>/일)
- ③ 노후 정수센터 순환 재건설 : '22년~'33년

구분	계	광암	구의	암사	영등포
용량	180만m <sup>3</sup> /일	40만m <sup>3</sup> /일	25만m <sup>3</sup> /일	130 → 85만m <sup>3</sup> /일	30만m <sup>3</sup> /일
사업비(억원)	4,607	990	919	1,672	1,026
사업기간	-	'22~'28년	'25~'31년	'27~'33년	'27~'33년



# 서울의 급수환경 변화

건강하고 가치있는 선택, **이리수**

### 3. 서울의 급수환경 변화

95년 이후 시설변동

급수환경 변화

상수도 현황

**정수장 시설용량 : 1999년 730만톤/일을 정점으로 감소**

연도	계	광암	구의	뚝도	보광	노량진	영등포	선유	신월	암사	강북
1995년	619	100	113	100	32	30	60	40	12	132	-
1999년	730	100	113	100	30	15	60	40	10	162	100
2002년	652	100	90	100	30	-	60	-	10	162	100
2005년	540	80	65	75	-	-	60	-	-	160	100
2017년	480	40	50	70	-	-	60	-	-	160	100

**배수지 용량 : 1995년~2005년 간 약 140만톤 확충**

- 1997년 이전 : (정수장→수요가) 급수방식/비상급수 개념의 소비수지 운영
- 1997년 이후 : 배수지 간접급수 체계 구축 추진



### 3. 서울의 급수환경 변화

95년 이후 시설변동

급수환경 변화

상수도 현황

**상수도관 : 1992년 18,768km를 정점, 2003년부터 대폭 감소**

구분	단위	1995년	2000년	2005년	2010년	2015년	2017년	비고
총 상수도관 연장	km	18,196	17,477	14,146	13,846	13,697	13,587	급수관 연장 감소가 주원인
급수관 연장	km	9,149	8,221	4,556	3,417	3,268	3,183	

**유수율 : 1995~2005년 기간 31% 급격 향상**

[ 유수율 향상 주요 요인 ]

- 내부적 요인

- ▶ 1984년 이후 지속적인 **노후관 및 불용관 정비사업** 및 누수탐지, 누수방지사업 추진
- ▶ **배수지를 통한 간접 급수체계 구축** 추진 (근거 : 1997년 수도정비기본계획)
  - ☞ 급수관 연장 감소의 한 원인이며, 수압의 안정화로 누수방지에 기여

- 외부적 요인

- ▶ 2002년부터 시작된 **뉴타운 사업**으로 낙후지역의 수도관(배수관, 급수관)을 포함한 기반시설 일제 정비
- ▶ **서울 인구증가의 둔화** (지속적인 인구 증가를 예상하였으나 1,000만 명 수준으로 안정화)




### 3. 서울의 급수환경 변화

95년 이후 시설변동

급수환경 변화

상수도 현황

#### 연도별 상수도 주요 지표

구분	단위	1995년	1999년	2000년	2002년	2005년	2010년	2015년	2019년	비고
인 구 수 ( 급 수 인 구 )	천명	10,596 (10,584)	10,321 (10,320)	10,373 (10,372)	10,280 (10,280)	10,297 (10,296)	10,575	10,297	10,025	'08년 보급률 100%
생 산 시 설 용 량	만m <sup>3</sup> /일	619	730	690	652	540	455	445	480	최대 : '99년 730만m <sup>3</sup> /일
1 일 최 대 생 산 량 ( 가 동 률 )	만m <sup>3</sup> /일	540 (87.2%)	470 (64.4%)	468 (67.8%)	414 (63.5%)	399 (73.9%)	368 (80.9%)	351 (78.9%)	346 (72.0%)	
1 일 평 균 생 산 량 ( 이 용 률 )	만m <sup>3</sup> /일	496 (80.1%)	434 (59.5%)	418 (60.6%)	378 (57.8%)	350 (64.8%)	327 (71.9%)	317 (71.2%)	317 (66.0%)	
유 수 율	%	64.76	68.2	72.0	79.2	88.0	93.4	95.2	95.9	'06년 90.0% 달성

# 3. 서울의 급수환경 변화

95년 이후 시설변동

급수환경 변화

상수도 현황

## 고도정수처리시설 준공에 따른 생산/공급환경 변화

➤ 2015년 서울시 전체 정수장 고도정수처리시설 도입 완료(5,285억)

➔ 건강하고 맛있는 수돗물 생산

(단위 : 만톤/일)

구분	계	광암	구의	뚝도	영등포	암사	강북
표준	480	40	50	70	60	160	100
고도	357	25	45	60	45	110	72
고도시기	'09~'15	'09~'12	'09~'15	'09~'15	'09~'11	'09~'14	'10~'14



오존의 산화력



활성탄의 흡착력



취수



응집·침전



여과



고도정수처리



수도 꼭지

### 3. 서울의 급수환경 변화

95년 이후 시설변동

급수환경 변화

상수도 현황

#### 배수지 건설 환경변화 : 수도시설의 인식변화, 환경규제 강화

- 2023년 기준 배수지 현황 : 103개소, 245만 m<sup>3</sup>
- 2040 배수지 신설 및 확충 목표 : 13개소(신설 7개소, 확충 6개소)



# 3. 서울의 급수환경 변화

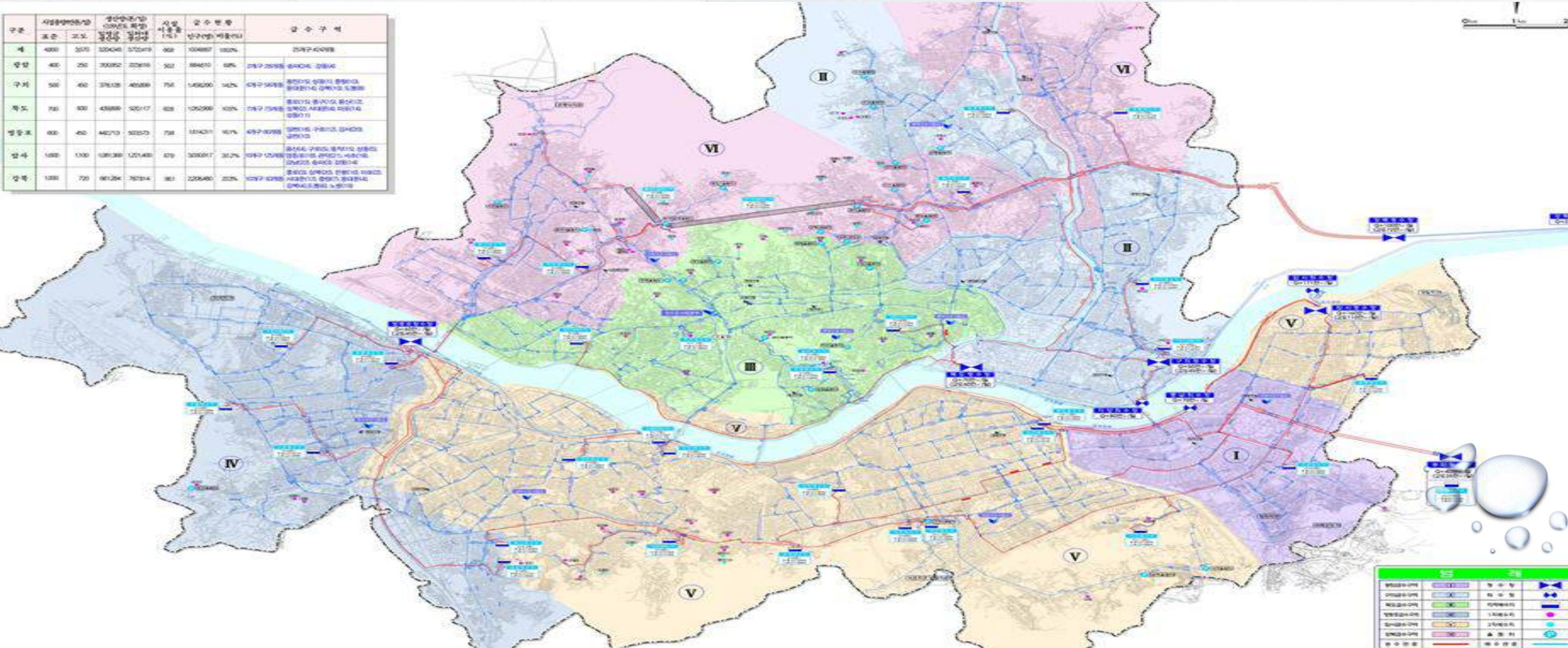


95년 이후 시설변동

급수환경 변화

상수도 현황

구분	사업용량(천톤/일)		상수도용량(천톤/일)		시설 이용률 (%)	급수 비율 (%)	급수 구역
	요구	공급	현재설	확정설			
계	4800	5270	32040	572019	668	100.00%	전지구 42개구
강남	400	250	30000	22000	302	88.00%	2개구 25개동 송파구: 강동구
구치	500	450	37000	40000	700	100.00%	2개구 16개동 동대문구: 성동구, 중랑구: 강북구, 도봉구
북부	700	800	43000	50000	600	100.00%	2개구 7개동 동대문구: 중랑구, 강북구: 도봉구, 양천구
영동부	600	450	44000	50000	700	100.00%	4개구 62개동 강동구: 구미동, 강북구: 남부동
남서	1000	1300	100000	120000	670	100.00%	2개구 12개동 용인시: 구미동, 용인시: 상동, 양천구: 남부동, 강북구: 남부동, 강북구: 남부동
강북	1000	700	60000	50000	380	100.00%	2개구 42개동 용인시: 구미동, 용인시: 상동, 양천구: 남부동, 강북구: 남부동



급수구역		급수구역	
강남구	강남구	강남구	강남구
구치구	구치구	구치구	구치구
북부구	북부구	북부구	북부구
영동부구	영동부구	영동부구	영동부구
남서구	남서구	남서구	남서구
강북구	강북구	강북구	강북구



# 지속 가능한 상수도 기반 조성 추진

(2040 서울시 수도정비 기본계획)

건강하고 가치있는 선택, **이리수**

# 1. 서울특별시 2040 수도정비 기본 계획



수도 정비 계획

정수장 순환정비 체계 구축

대심도 송수터널 체계 구축

광암정수장 취수원 안정화

## 추진근거: 수도법 제5조 (수도정비계획의 수립)

☉ 수도를 적정하고 합리적으로 설치·관리하기 위하여 수도의 정비에 관한 계획을 10년마다 수립하여야 함

- ☉ 제①항 : 10년마다 수도의 정비에 관한 종합적인 계획(수도정비계획) 수립
  - 1991. 12 수도법 개정 시 신설 → 1992년부터 시행, 2022. 1. 수도법 개정으로 수도정비기본계획에서 수도정비계획으로 변경
- ☉ 제⑨항 : 수도정비계획을 고시한 후 5년이 경과한 때에는 수도정비계획의 타당성 여부를 재검토 하여 이를 반영 (1997. 8. 신설)

## 수도정비계획의 특성

☉ 종합계획이면서 일부 실행계획의 성격을 보유

☞ 장기 비전 제시뿐만 아니라 사업 타당성 및 재정투자계획 등 구체성 확보 필요

# 1. 서울특별시 2040 수도정비 기본 계획



수도 정비 계획

정수장 순환정비 체계 구축

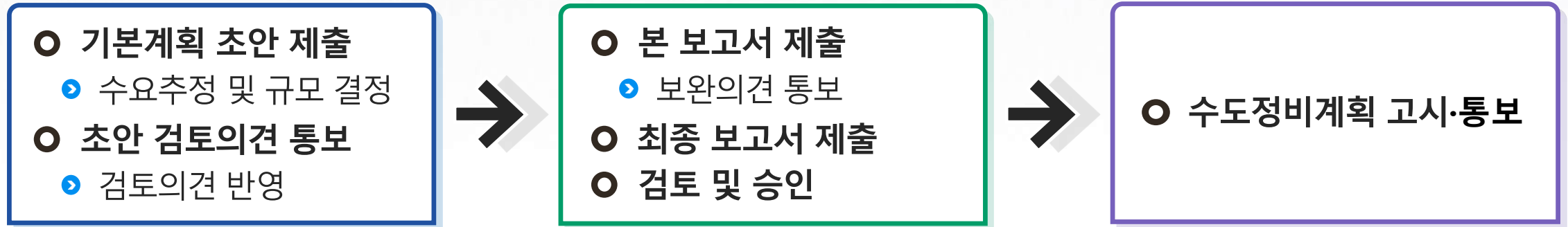
대심도 송수터널 체계 구축

광암정수장 취수원 안정화

## 수도정비계획의 주요 내용

- ◉ 수도정비계획 (기본사항 결정, 시설확충 · 개량, 수질관리, 유지관리, 정보화계획)
- ◉ 상수도 수요관리 계획 (포함 수립 경우, 물수요관리 시행계획을 기본계획으로 같음)
- ◉ 상수도시설 안정화 계획 (생산 · 공급시설 안정화, 비상연계, 재해대책 등)
- ◉ 재정 및 경영 계획 등

## 수도정비계획 수립 절차



# 1. 서울특별시 2040 수도정비 기본 계획

수도 정비 계획

정수장 순환정비 체계 구축

대심도 송수터널 체계 구축

광암정수장 취수원 안정화

## 2040 수도정비 기본 계획의 주요 내용

### ○ 미래 상수도 비전

**2040 ARISU VISION**  
시민과 소통하는 고품질의 스마트 **아리수**

1,000만 시민 소통 중심

AI 스마트 상수도



기본에 충실한 고품질

목 표

어디서나 안심하고 마실 수 있는 **친근한 수돗물 공급**

추진전략



실행  
방안

수도시설의  
최적화

- 미래 수요에 대비한 고도정수처리 생산능력 확보  
→ 광암, 영등포 정수센터
- 고품격 고품질 생산을 위한 정수센터의 선제적 성능 개량  
→ 광암 침전·정수지 전면 성능개선 및 구의 #1 등 정수센터 재건설
- 수요자 중심의 미래형 지역정수시설로 전환 기반구축  
: 공급자 대규모 집중형 → 수요자 소규모 인접형

유지관리의  
첨단화

- 스마트 상수도 관리체계 구축  
→ IoT, ICT, AI 적용 등
- 첨단생산시설 구축  
→ 스마트 생산시설 구축 등
- 원격 자동 수요관리 체계 구축  
→ 원격검침, 수질자동측정기
- 아리수 품질확보를 위한 이송체계운영 고도화  
→ 주기적 관세척 시행  
→ 관로 내 잔류염소 최적관리

원·정수생산·공급의  
안정화

- 정수장 계열화, 예비용량 확보  
• 관로의 복선화, 이중화 구축  
• 순환정비 가능한 정수센터체계 구축
- 수도시설의 상호연계체계 구축  
→ 원수, 정수 시설연계 및 안정화  
→ 급수구역간 Co-network 구축
- 대심도 송수터널 구축  
→ 비상시 공급가능한 시스템 구축

상수도 경영  
선진화

- 핵심인력 양성으로 인력의 고도화
- 요금체계개선 및 적정 요금현실화를 유지  
→ 업종통합 및 현실화를 95% 이상 유지
- HWM(실습장) 및 SW(4차산업프로그램) 개발에 따른 전문성 향상
- 과학적 자산관리 체계 운영

시민중심 양방향  
소통

- 신뢰성 있는 위기관리 시스템 도입
- 수질사고 발생 중점지역 중심으로 사후관리 지속
- 첨단 민원관리기술(AI 챗봇) 도입 및 단수의 필요성 홍보 추진
- 미래 수용가 수도 필터 공급 구상  
→ 수도꼭지 또는 계량기 전단 설치

# 1. 서울특별시 2040 수도정비 기본 계획

수도 정비 계획

정수장 순환정비 체계 구축

대심도 송수터널 체계 구축

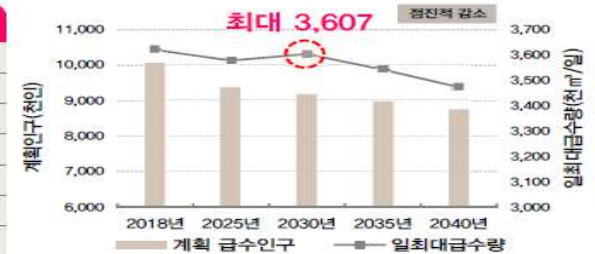
광암정수장 취수원 안정화

## 2040 수도정비 기본 계획 규모 결정

### ● 계획 지표

계획 급수인구 10,050천인 → 8,731천인(△ 13.1%) 감소, 일최대 급수량 원단위 346Lpcd → 359Lpcd천인(3.8%) 증가

구분		2018년	2025년	2030년	2035년	2040년
계획인구(천인)		10,050	9,352	9,156	8,954	8,731
계획급수인구(천인)		10,050	9,352	9,156	8,954	8,731
계획 급수 원단위 (Lpcd)	사용량원단위(Lpcd)	293	294	296	297	298
	유수율(%)	95.1	96.0	96.0	96.0	96.0
	일평균 급수량 원단위	308	303	305	306	307
	첨두부하율	1.12	1.17	1.17	1.17	1.17
	일최대 급수량 원단위	346	355	357	358	359



### ● 계획 용수수요량

서울시는 2030년 기준 일최대급수량 3,607천m<sup>3</sup>/일로 가장 많이 발생한 이후 2040년 3,474천m<sup>3</sup>/일로(△ 133천m<sup>3</sup>/일) 감소

(단위 : 천m<sup>3</sup>/일)

구분	기수립수도정비기본계획				본계획				증감		비고	
	2015년	2020년	2025년	2030년	2025년	2030년	2035년	2040년	2025년	2030년		
정수(a+b+c)	3,692	3,709	3,737	3,743	3,579	3,607	3,543	3,474	△ 158	△ 138		
생활 용수	일평균	3,018		3,050	3,075	3,081	2,834	2,793	2,740	2,680	△ 241	△ 288
		일최대(a)	3,469		3,506	3,534	3,540	3,315	3,269	3,206	3,136	△ 219
시계외(b)			186	178	178	178	258	332	332	332	80	154
기타용수(c)		37	25	25	25	5	6	6	6	△ 20	△ 19	
공업용수		32	32	32	32	32	32	32	32	-	-	

주) 대규모 수용기(국제교류복합지구 1.3천m<sup>3</sup>/일, 삼성동) : 암사정수센터 2정수장에 적용 반영

## 2. 정수장 순환정비 체계 구축

수도 정비 계획

정수장 순환정비 체계 구축

대심도 송수터널 체계 구축

광암정수장 취수원 안정화

### 서울특별시 정수장 현황

#### 정수센터가 서울 동쪽에 편중



정수장 대부분 30년 경과



시설용량(고도) 초과 생산('19년)  
1인가구 및 1인평균 사용량 증가



서남권 물수요 증가

## 2. 정수장 순환정비 체계 구축

수도 정비 계획

정수장 순환정비 체계 구축

대심도 송수터널 체계 구축

광암정수장 취수원 안정화

### 정수장 순환정비 체계 구축

▶ 사업기간 : 2022~2033년    ▶ 총 사업비 : 11,990억원

- 1단계 | 노후 정수장 재정비 시기 도래에 따라 순환정비용 정수장 신설
- 2단계 | 재건설(정비) 기간 중 순환정비 정수장에서 수돗물 지원 공급 (수돗물 공급 중단 없이 노후 시설 정비 추진)
- 3단계 | 노후 정수장 부분 가동 중단, 재건설(정비)



## 2. 정수장 순환정비 체계 구축

수도 정비 계획

정수장 순환정비 체계 구축

대심도 송수터널 체계 구축

광암정수장 취수원 안정화

### 정수장 순환정비 체계 구축

▶ 사업기간 : 2022~2033년    ▶ 총 사업비 : 11,990억원

#### 확충(신설)

#### 제7정수장

- 사업기간 | 2022 ~ 2028
- 규모 | 45만 m<sup>3</sup>/일
- 총사업비 | 4,897억원



#### 확충(신설)

#### 강북2

- 사업기간 | 2022 ~ 2028
- 규모 | 25만 m<sup>3</sup>/일
- 총사업비 | 2,486억원



#### 현대화

#### 광암

- 사업기간 | 2022 ~ 2028
- 규모 | 40만 m<sup>3</sup>/일  
※ 고도확충 10만 m<sup>3</sup>/일
- 총사업비 | 990억원



## 2. 정수장 순환정비 체계 구축

수도 정비 계획

정수장 순환정비 체계 구축

대심도 송수터널 체계 구축

광암정수장 취수원 안정화

### 정수장 순환정비 체계 구축

▶ 사업기간 : 2022~2033년    ▶ 총 사업비 : 11,990억원

현대화

구의1

- 사업기간 | 2025 ~ 2031
- 규 모 | 25만<sup>m</sup>³/일
- 총사업비 | 919억원



현대화

암사1

- 사업기간 | 2027 ~ 2033
- 규 모 | 130→85만<sup>m</sup>³/일
- 총사업비 | 1,672억원



현대화

영등포1

- 사업기간 | 2027 ~ 2033
- 규 모 | 30만<sup>m</sup>³/일
- 총사업비 | 1,026억원



# 3. 대심도 송수터널 체계 구축

수도 정비 계획

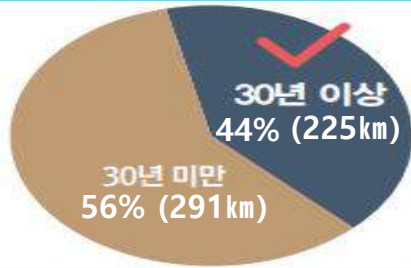
정수장 순환정비 체계 구축

대심도 송수터널 체계 구축

광암정수장 취수원 안정화

## 간선 송수관로 건설 여건

■ 송수관로 516km



① 대형 송수관로 노후



② 도로 하부 지하시설물  
[강남 뱅뱅사거리 지하매설물 현황]



③ 노후 송수관로 누수 (암사~노량진)



④ 간선도로 누수복구



⑤ 간선도로 교통 혼잡



⑥ 지하 대심도 활용

### 3. 대심도 송수터널 체계 구축

수도 정비 계획

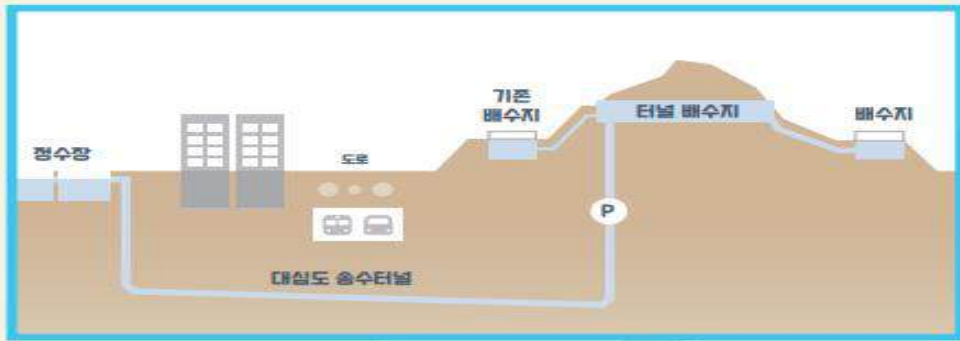
정수장 순환정비 체계 구축

대심도 송수터널 체계 구축

광암정수장 취수원 안정화

#### 대심도 송수터널 체계 구축(안)

▶ 사업기간 : 2022~2044년    ▶ 총 사업비 : 17,391억원



■ 대심도: 심도 40m 이상

■ 송수터널 4개 구간 67km ('22년~'44년)

■ 터널 배수지 2개소 22만m<sup>3</sup> ('31년~'44년)

- 배수지 (기존)
- 정수센터 (기존)
- 정수센터 (신설)
- 대심도 송수터널
- 송수관로 (기존)
- 송수관로 (신설)



### 3. 대심도 송수터널 체계 구축

수도 정비 계획

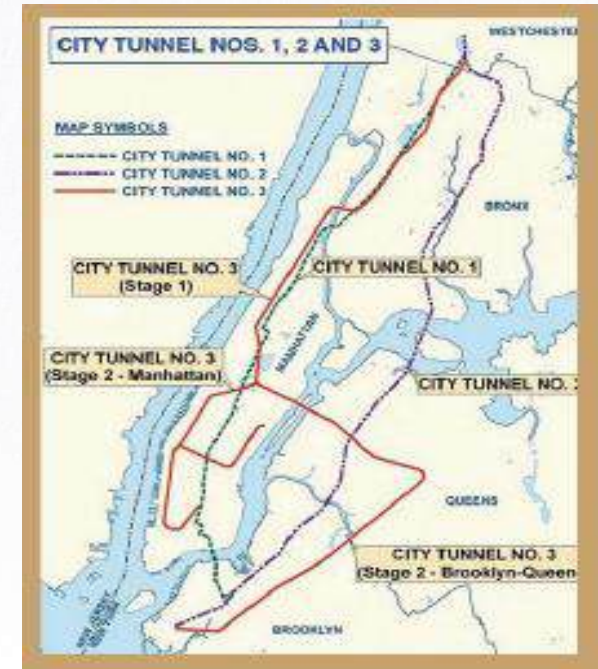
정수장 순환정비 체계 구축

대심도 송수터널 체계 구축

광암정수장 취수원 안정화

#### ◆ 대심도 국외 사례 (뉴욕 대심도 수도터널)

- 3개의 Water Tunnel 보유
- 1905년부터 건설하여 2021년 완공
- 구경 3~7.3m, 연장 158km, 깊이 60~150m



# 4. 광암정수장 취수원 안정화

수도 정비 계획

정수장 순환정비 체계 구축

대심도 송수터널 체계 구축

광암정수장 취수원 안정화

## 광암정수장 취수원 안정화 추진배경

원수수질(녹조, 기름 유출 등)사고 및 노후관 누수에 대처할 수 있는 취수원 이중화 구축



원수구입비 절감 등 경영합리화를 통한 취수원 안정화 추진

**팔 당**

- 원수비용 : 189억원/연간
- 원수단가 : 233.7원/㎥

연간  
**128억원 절감**

**한강(암사)**

- 원수비용 : 61억원/연간
- 원수단가 : 52.7원/㎥

# 4. 광암정수장 취수원 안정화

수도 정비 계획

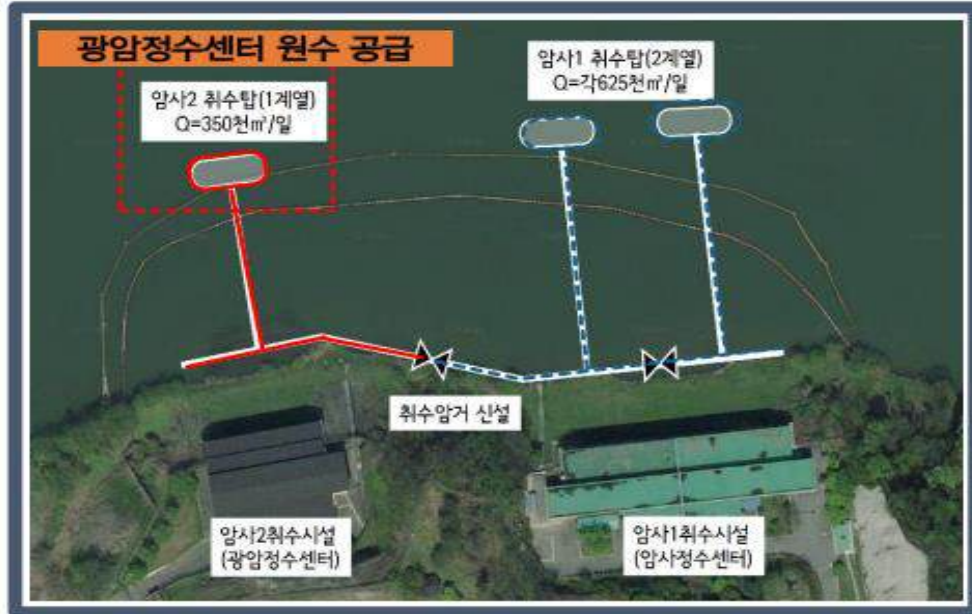
정수장 순환정비 체계 구축

대심도 송수터널 체계 구축

광암정수장 취수원 안정화

## 사업계획 - 1. 암사 취수탑 신설

▶ 사업기간 : 2023~2028년    ▶ 총 사업비 : 654억원



**실시설계**  
'23년 1월 ~ '24년 6월

**본 사업**  
'24년 ~ '28년

**광암정수장  
취수원 안정화**  
'28년 이후 ~

## 4. 광암정수장 취수원 안정화

수도 정비 계획

정수장 순환정비 체계 구축

대심도 송수터널 체계 구축

광암정수장 취수원 안정화

### 사업계획 - 2. 도수관로 신설



#### ■ 기대 효과

- 단일 취수원인 팔당 취수원에서 녹조발생 등 원수 수질 사고시 대체 취수원 확보로 안전망 구축
- 취수원수비 절감을 통한 경영개선 (연간 128억원의 절감 예상)

# 5. 『상수도 비전 2040』 기본계획

## ◆ AI 기반 지능형 생산공정 기본안




## 6. 향후 유지관리의 첨단화

정보통신기술(ICT)과 사물인터넷(IOT)으로 수돗물 생산, 공급과정 관리

### ◆ 첨단 정보통신 기술을 활용한 차세대 물관리 시스템 구현



건강하고 가치있는 선택,  아리수

# 감사합니다

동행·매력  
특별시 서울

동행·매력 특별시 서울



**백 광 인 (白光寅)** 서울특별시 상수도사업본부  
급수부 계획설계과장 / 토목사공기술사

[우 03741] 서울특별시 서대문구 서소문로 51  
Tel. 02-3146-1410 Fax. 02-3146-1429  
Mobile. 010-8898-9092 E-mail. bki100@seoul.go.kr  
<http://arisu.seoul.go.kr>

A close-up photograph of a person's hands filling a clear glass with water from a modern, chrome faucet. The water is clear and bubbling. The background is blurred, showing a kitchen sink area.

# 정수처리 공정의 이해

서울시 상수도사업본부  
계획설계과장 백광인

# 목 차

1. 서울시 정수센터 현황과 정수처리공정

2. 표준정수처리 공정

3. 고도정수처리 공정

4. 서울시 현안 정수처리 도입

A dynamic splash of clear water against a light blue background, with numerous bubbles and droplets scattered throughout the scene.

# 1. 서울시 정수센터 현황과 정수처리공정

2. 표준정수처리 공정

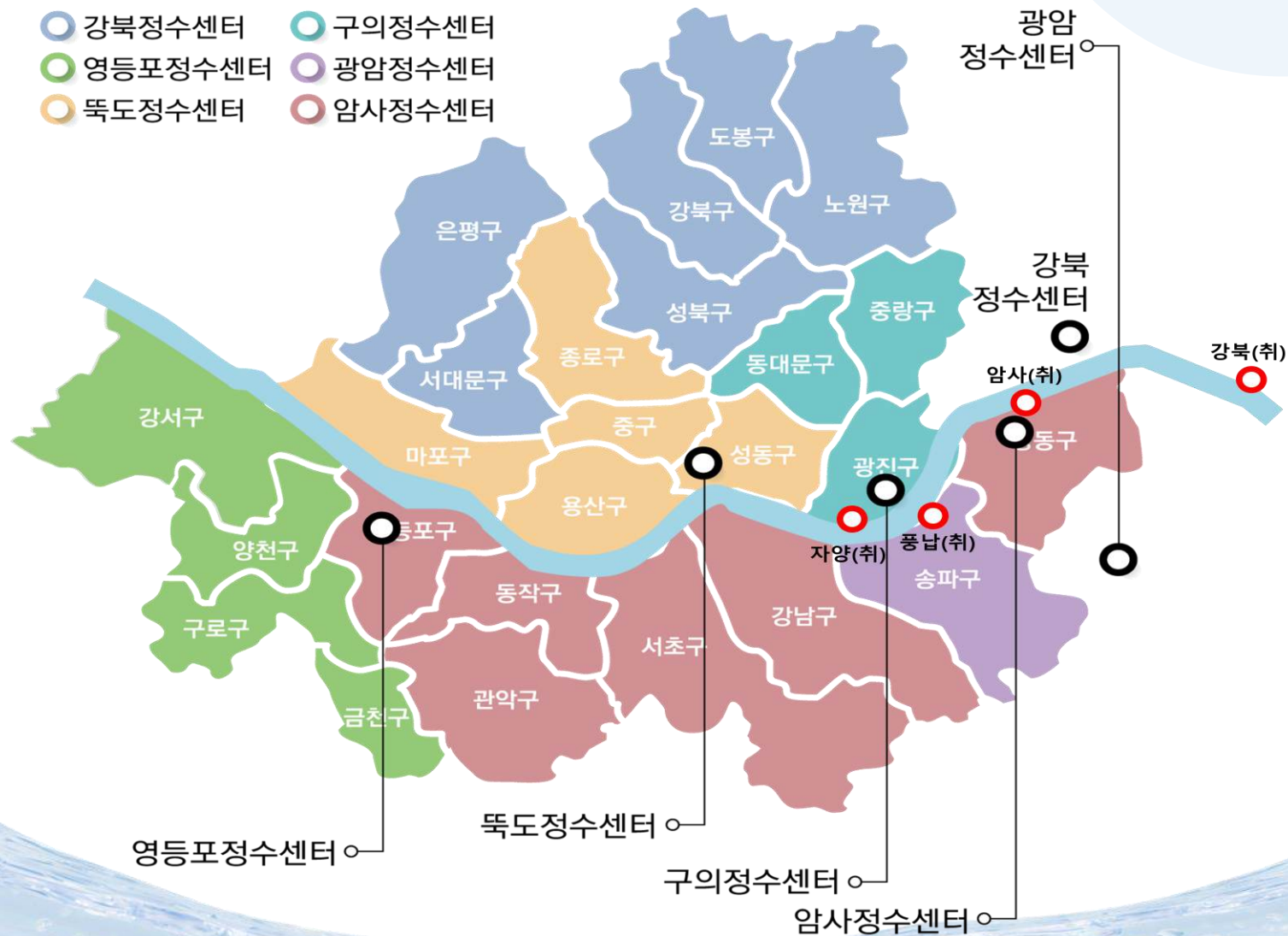
3. 고도정수처리 공정

4. 서울시 현안 정수처리 도입

# 1. 서울시 정수센터 현황과 정수처리공정

## 6개 정수센터, 4개 취수장 운영 ※ 광암정수센터 팔당취수(K-water 운영)

- 강북정수센터
- 구의정수센터
- 영등포정수센터
- 광암정수센터
- 뚝도정수센터
- 암사정수센터



# 1. 서울시 정수센터 현황과 정수처리공정

## 철저한 수질관리를 위해 전 정수센터에 고도정수처리 도입

### 서울시 정수처리 공정



- (서울시) 팔당댐~잠실수중보까지 약 25km 구간 한강물 취수

- 취수장 위치 : 팔당, 강북, 암사, 풍납, 자양취수장

- (정수처리공정) 오존, 활성탄 등 고도처리를 포함한 공정

- 수처리제 : 응집(보조)제, NaOH, CO<sub>2</sub>, 염소(전염소, 중염소, 후염소), 오존(후오존), GAC

# 1. 서울시 정수센터 현황과 정수처리공정

취 수

한강물을 끌어들이어 정수센터로 보냄

전 염 소

오염물질의 산화분해, 대부분 병원체 사멸

약품주입

미세한 입자들을 서로 달라붙게 하여 큰 입자로 만드는 약품투입

혼 화

원수에 약품(응집제 및 응집보조제)을 수초내로 혼합

응 집

미세하고 가벼운 입자들을 모아서 더 큰 입자들로 만들어 침전과 여과공정을 보조

침 전

큰 floc을 가라앉혀 맑은 윗물을 여과지고 보냄

중 염 소

전처리에서 파괴되는 조류 등을 중간염소처리로 대처

여 과

침전 후에 남아있는 미세 floc을 다시 여과

고도처리

오존과 입상활성탄 공정으로 오존의 특성인 강력한 산화력과 활성탄의 특성인 탁월한 흡착력을 이용하여 보다 깨끗하고 안전한 물을 만들

후 염 소

병원성미생물 사멸과 불활성화, 배·급수 관로에 적정잔류염소 유지

정수지

소독을 위한 염소접촉시간을 확보하고 수요에 대비하여 저장

A dynamic splash of clear water against a light blue background, with numerous bubbles and droplets scattered throughout the scene.

1. 서울시 정수센터 현황과 정수처리공정

2. 표준정수처리 공정

3. 고도정수처리 공정

4. 서울시 현안 정수처리 도입

## 2. 표준정수처리 공정

### ① 혼화지

- ❖ 착수정 : 수류의 안정, 원수량 조절
- 체류시간 : 1.5분

#### 혼화지의 역할

- 착수정에서 보내온 물에 적정량의 정수약품(응집제)을 투입하고 혼합시킴
  - 정수약품은 미세한 입자들(콜로이드성 물질)을 큰 덩어리로 뭉치게 함.
- ❖ 영향인자 : 수온, PH, 탁도, 교반강도, 체류시간 등

#### 혼화장치 형식

- 기계식, 수류식, 인라인기계식, 인라인 고정식
- 가압수확산(영등포), 파이프 격자(강북), 수류낙차



<기계식 교반(영등포 1정수장)>



<가압수 확산(영등포 2정수장)>

## 2. 표준정수처리 공정

### 혼화지 방식 기기



〈패들형〉



〈터빈형〉



〈피치형〉



〈하이드로포일형〉

## 2. 표준정수처리 공정

### ② 응집지

#### 응집지의 역할

- 응집된 미소플록을 크게 성장(기계식교반, 우류식)
- 주변속도 : 기계식(15~80cm/s), 우류식(15~30cm/s)
- 교반강도 : 하류로 갈수록 점차 감소시키는 것이 바람직
- 체류시간 : 계획정수량 대비 20~40분

#### 응집지의 구조

- 단락류나 정체부가 생기지 않도록 충분히 교반
- 3~4단으로 구성(서울시는 3단)

#### ❖ 응집제 주입률 결정 방법

- ✓ 자테스트, 조건표, 연산식, 제타포텐셜, 인공지능(AI)

## 2. 표준정수처리 공정

### ② 응집지

응집지(패들형, 영등포)



응집지(패들형, 암사)



## 2. 표준정수처리 공정

### ③ 침전지

#### 침전지의 역할

- 유입 탁질을 가장 효과적으로 침전시켜 제거하는 기능
- 침전효율 지표 : 표면부하율( $Q/A = \text{유량}/\text{표면적}$ )

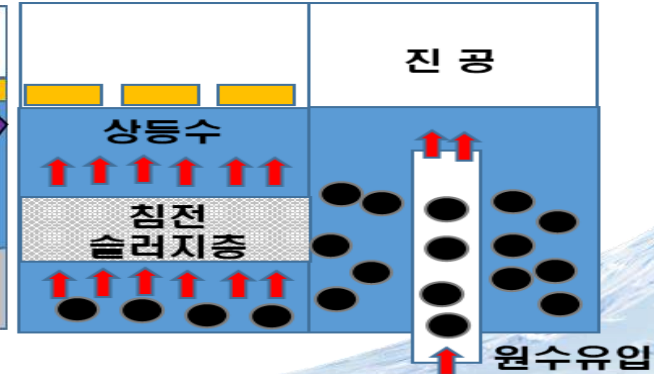
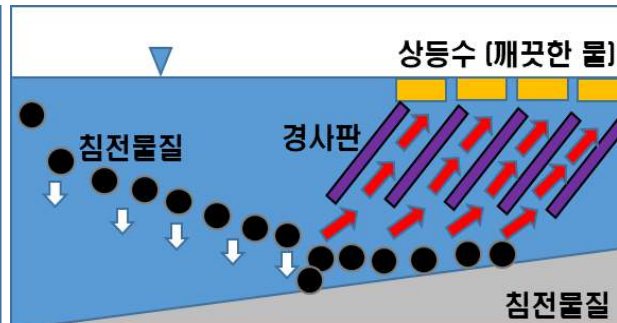
#### 침전지 형식

- 장방형 : 하향류 중력 침전방식(3~4시간 체류), 사례 다
- 경사판 : 경사판 설치, 침강면적 증가로 효율 증대
- 맥동식 : 진공에 의한 맥동 발생, 부유 슬러지층 탁질제거

<장방형 침전지>

<경사판 침전지>

<맥동식 침전지>



## 2. 표준정수처리 공정

### ③ 침전지

장방형 침전지(암사)



경사판 침전지(뚝도)



# 2. 표준정수처리 공정

## ④ 여과지

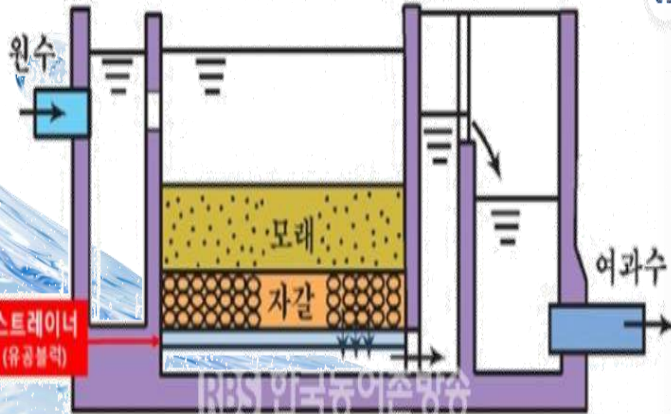
### 역세척의 필요성

- 역세척 : 여과지속으로 역류탁질이 증가하여 여과수 수질이 한계수질 도달시 세척하는 조작
- 여상하부로부터 정수 역류 → 여층 팽창, 부유 → 역류탁질 탈리 → 배출
- 역세척 불충분 시 : 여과지속시간 감소, Mud ball 발생, 여층 불균일
- 역세척 방법 : 물세척, **물+공기세척**

### 하부집수장치

- 물세척 방식
  - 휠러블록, 티피블록 등
- **물+공기세척 방식**
  - 스트레이너형
  - 유공블록형

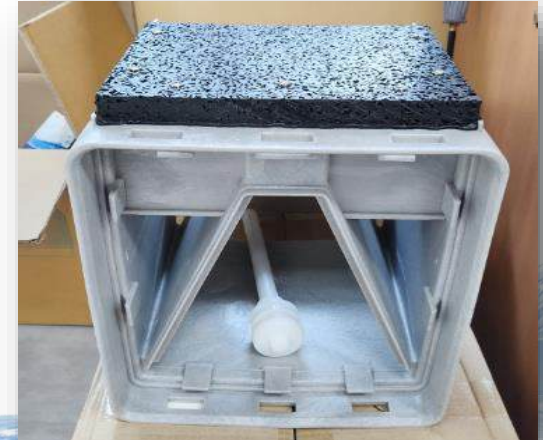
<여과지 단면도>



<여과지 여재층>



<하부집수장치(유공블록)>



## 2. 표준정수처리 공정

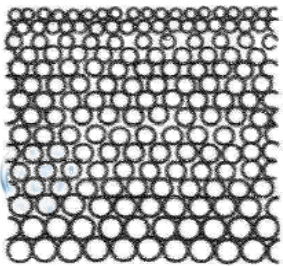
### ④ 여과지

#### 여과지의 역할

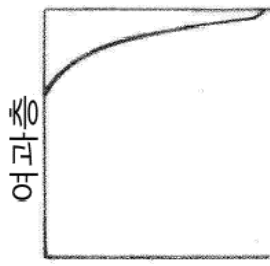
- (기능) 정화기능, 탁질 억류, 수질/수량변동 완충기능
- (설계) 여재입경, 여층두께, 여과속도, 역세척방식/빈도
- (성능) 여과속도(m/hr) x 여과지속시간(hr)
- (종류) 단층여과(120~150m/d), 다층여과(120~240m/d)

#### 여층의 구성

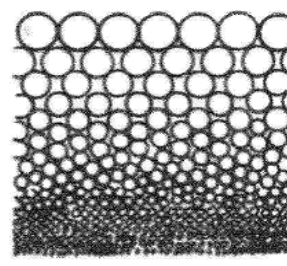
- 여과층의 두께: L/De비 합 1,000 이상
- 여재 유효경 0.45~0.7mm, 여층두께 60~70cm
- 여재 유효경 0.90~1.1mm, 여층두께 90~100cm



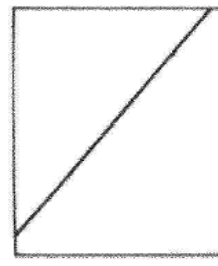
(A) 단일여과층



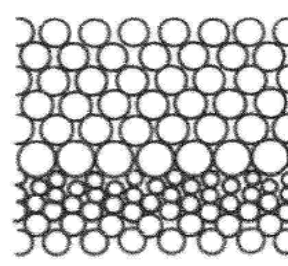
(A')



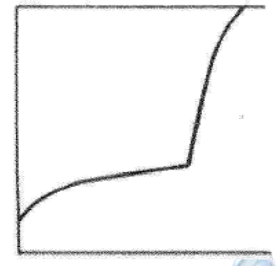
(B) 조립→세립여과



(B')



(C) 2층 여과층



(C')

## 2. 표준정수처리 공정

### ④ 여과지

#### 국내 여과공정 발전사

도입시기 (년대)	종 류	총깊이 (m)	여과속도 (m/day)	역세척	비 고
60 ~ 70	일반모래여과지 ( $Sd_e = 0.6 \text{ mm}$ )	0.6	120 ~ 150	표세+물 (팽창)	
70 ~ 80	일반이중여재여과지 ( $Sd_e = 0.6 \text{ mm}$ ) ( $Ad_e = 1.0 \text{ mm}$ )	0.7 ~ 0.8	180 ~ 200	표세+물 (팽창)	성남, 수지, 와부 수자원공사 수도권 정수장
80 ~ 90	조립 심층 모래여과지 ( $Sd_e = 1.0 \text{ mm}$ )	1.0	120 ~ 150	공기+물 (비팽창)	서울시 정수장 (광암, 암사, 강북, 뚝도)
2000	조립 심층 이중여재여과지 ( $Sd_e = 0.6\text{-}0.7 \text{ mm}$ ) ( $Ad_e = 1.2\text{-}1.4\text{mm}$ )	1.5 ~ 2.0	240 ~ 360	공기+물 (팽창)	여과지의 Compact화 고도정수처리도입과 함께 계획 (서울시: 영등포, 구의 정수장) K-water 원주 송전 정수장

## 2. 표준정수처리 공정

### ④ 여과지

#### 여과지에서 탁도 측정 의의

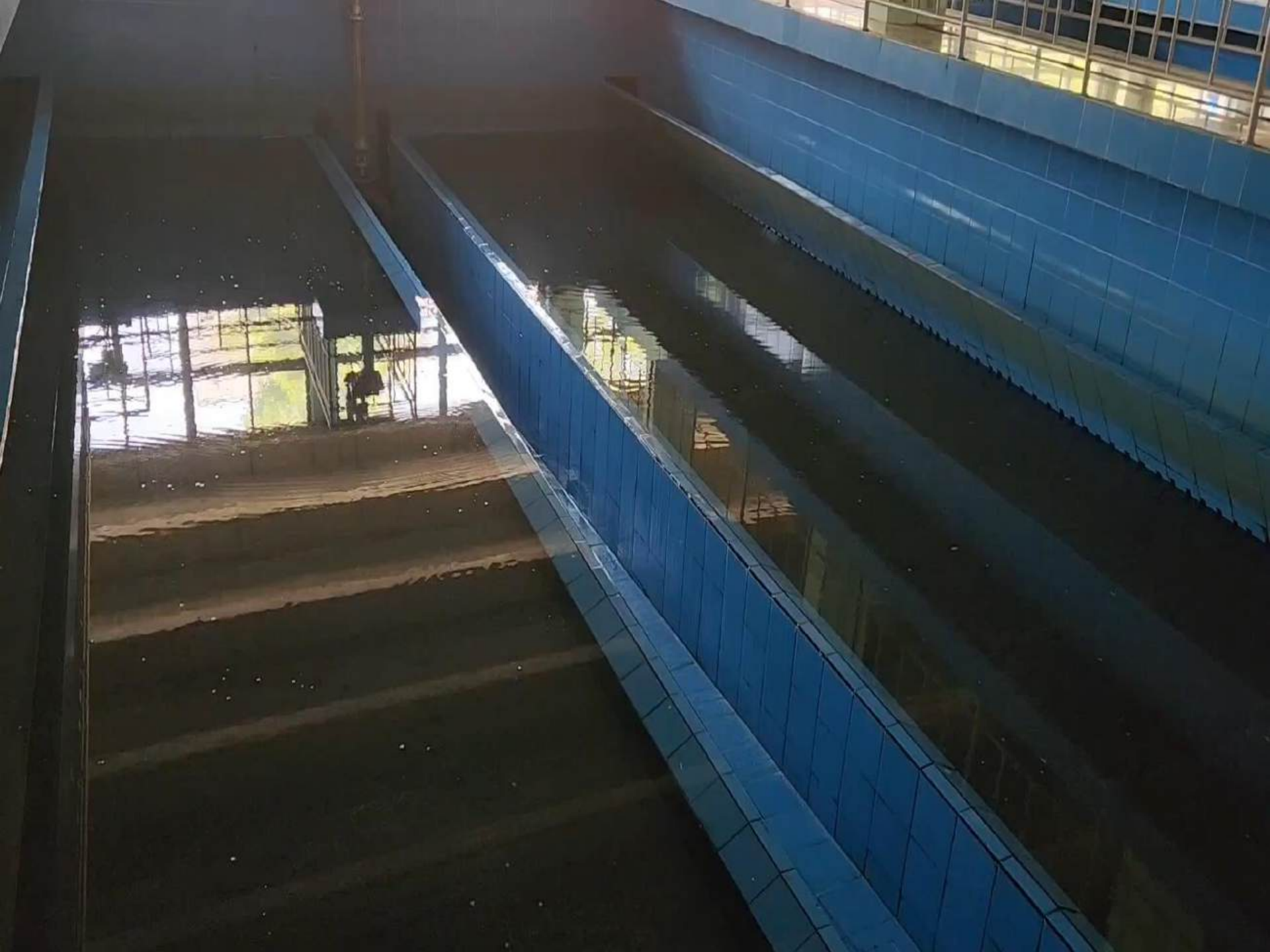
- 병원균은 소독내성이 강해 염소소독만으로는 정수처리 기준 달성 곤란
- 상관관계가 있는 탁도를 여과지 처리수의 지표로 관리
- 매월 측정된 시료 95%이상이 0.3NTU(급속여과), 0.5NTU(완속여과)를 초과하지 않아야 함
- 개별 여과지 탁도가 1.0NTU를 초과하지 않아야 함

#### 측정방법

- 산란광 측정방법(NTU)  
※ '먹는물공정시험방법' 규정
- 투과광 측정방법(FTU)
- 육안분석법(JTU)

#### 탁도기준 준수 시 병원성 미생물 제거율

여과방식	제거율		
	바이러스	지아르디아포낭	크립토스포리디움 난포낭
급속여과	99%(2.0log)	99.68%(2.5log)	99%(2.0log)
직접여과	90%(1.0log)	99%(2.0log)	99%(2.0log)
완속여과	99%(2.0log)	99%(2.0log)	99%(2.0log)



## 2. 표준정수처리 공정

### ⑤ 소독처리

#### 소독능(CT)

- 소독능 : 정수시설의 일정지점에서 소독제 농도 및 소독제와 물과의 접촉시간 등을 측정, 평가하여 계산한 값
- 병원성미생물의 불활성화비 평가에 활용
- 불활성화비 :  $CT(\text{계산값}) / CT(\text{요구값})$ 이 1 이상시 불활성화 달성

#### 소독능(CT) 영향인자

- C(농도) : 온도, pH, 유기물질, NH 미생물, 염소형태 등
- T(시간) : 수위(체류시간 변화) 침전지(단락류, 밀도류, 장폭비) 등

#### 정수 처리 기준

구분	침전, 여과(탁도)	소독(CT)
바이러스	2.0log	4.0log
지아르디아 포낭	2.5log	3.0log
크립토스포리디움	2.0log	염소내성(여과지 탁도관리)

## 2. 표준정수처리 공정

### ⑤ 소독처리

#### 염소 소독(전염소, 중염소, 후염소)

- 정수처리공정에서 처리된 정수는 탁질과 세균을 99.9% 완전히 제거한 안전한 수돗물이지만,
- 배수지를 거쳐 수도관을 통해 가정까지 운반되는 동안 세균의 침입 방지 위해 염소 소독 실시(0.1ppm 이상 유지)



<염소 소독실 내부>

### ⑥ 정수지

#### 정수지 기능

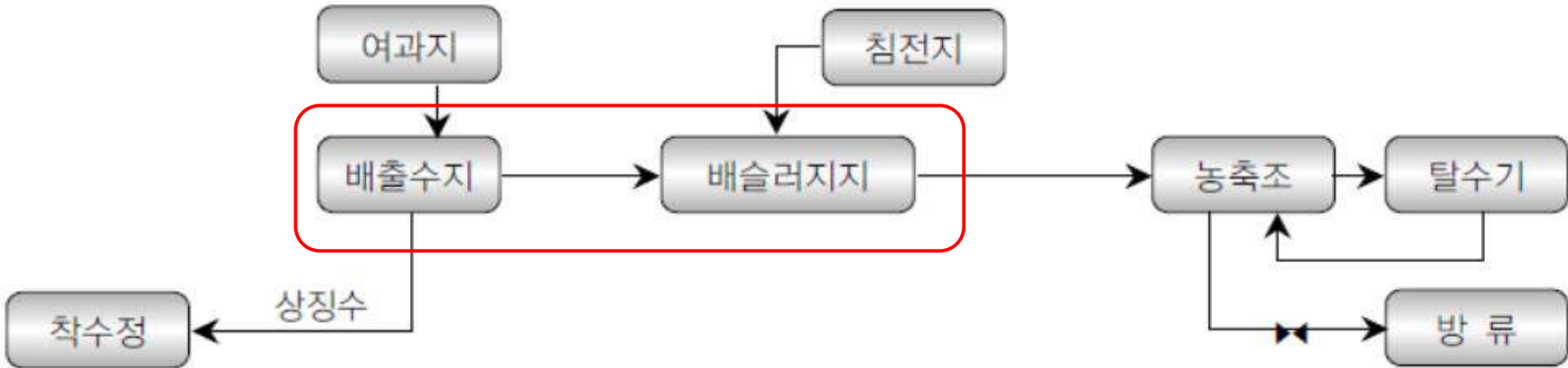
- 최종 염소 소독된 수돗물을 임시로 저장하고, 수량 변동시 수량을 조절하는 마지막 과정
- 수요량의 시간적 변동에 대응할 수 있어야 하며, 적절한 소독 접촉시간 확보로 소독능(CT) 달성



<정수지 상부>

## 2. 표준정수처리 공정

### ⑦ 배출수 처리



- 침전지 슬러지와 여과지 배출수의 배출량을 조정하는 시설로 배슬러지지와 배출수지로 구성
- 슬러지는 조정시설을 거쳐 적정 처리, 처분되고, 배출수는 처리 수 반송되어 재이용

#### 배출수지

- 기능 : 역세척수 저류
- 용량 : 1회 세척배출수량 이상

#### 배슬러지지

- 기능 : 슬러지 저류, 슬러지량, 질 조정
- 용량 : 24시간 평균 배출슬러지량 또는 1회 배출슬러지량 중 큰 값

## 2. 표준정수처리 공정

### ⑦ 배출수 처리

- 배출수처리시설 수질기준 : 물환경보전법, 하수도법 (유기물 관리를 위한 COD → TOC 지표 전환)

구 분	'95년 이전	'08~'12년	'13년~'23년6월	'23년6월 이후	비 고
SS	70	30→20	10	10	TMS관리항목
pH	58~86	58~86	58~86	58~86	
COD	50	40	40	-	
TOC	-	-	-	25	
용해성망간	2	2(10)	2(10)	2(10)	청정(일반)지역
클로르포름	-	008(08)	008(08)	008(08)	기준

- 배출수 수질검사 : 분기별 1회(특정수질유해물질 32항목), 용해성망간, 클로르포름 월1회 실시

#### ❖ 수질원격감시체계 (TMS : Tele-Monitoring System)

- 목적 : 방류수 수질을 원격감시하여 객관적인 배출부담금 산정 및 수질오염사고 예방, 폐수 배출 방지시설 개선
- 주관 : 환경부 (구축 및 운영 : 한국환경공단, 허가 및 감독 : 관할 시/도)
- 대상 : 공공하수 및 폐수처리시설, 1~3종 사업장(서울시 정수센터 폐수배출시설, 제1종 사업장)
- 설치기기 : COD(TOC), pH, SS, 유량계, 시료자동채수기, 자료수집기 등 (서울시 7개소 운영중) ※ 암사 2개

A dynamic splash of clear water with many bubbles, set against a light blue background. The water is captured in mid-air, creating a sense of movement and freshness.

**1. 서울시 정수센터 현황과 정수처리공정**

**2. 표준정수처리 공정**

**3. 고도정수처리 공정**

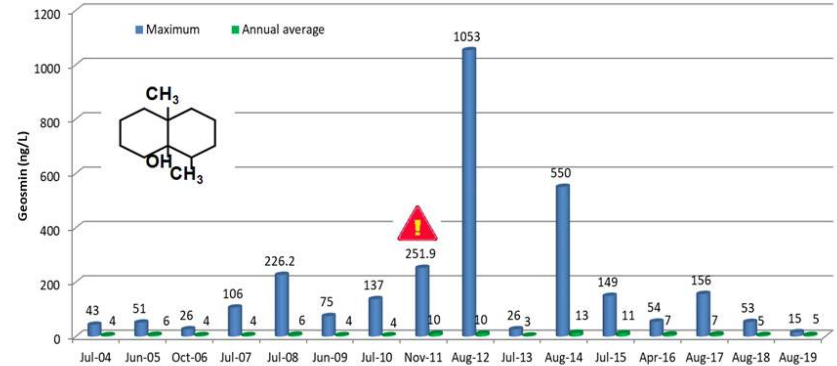
**4. 서울시 현안 정수처리 도입**

# 3. 고도정수처리 공정

## ① 고도정수처리 도입 배경

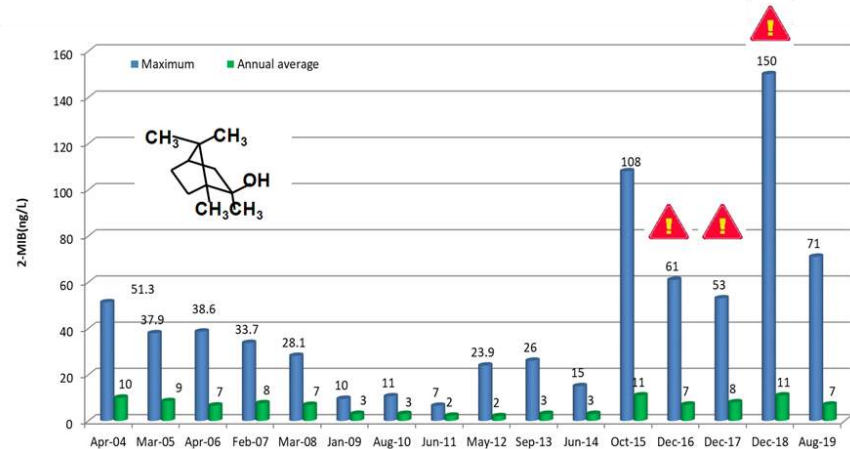
### Geosmin(흙냄새 유발)

- 여름 장마철 시작 전 7~8월 발생(고농도 추세)
- 발생경로 : 남조류 등
- 대부분 세포성(80%)으로 존재



### 2-MIB(곰팡이냄새 유발)

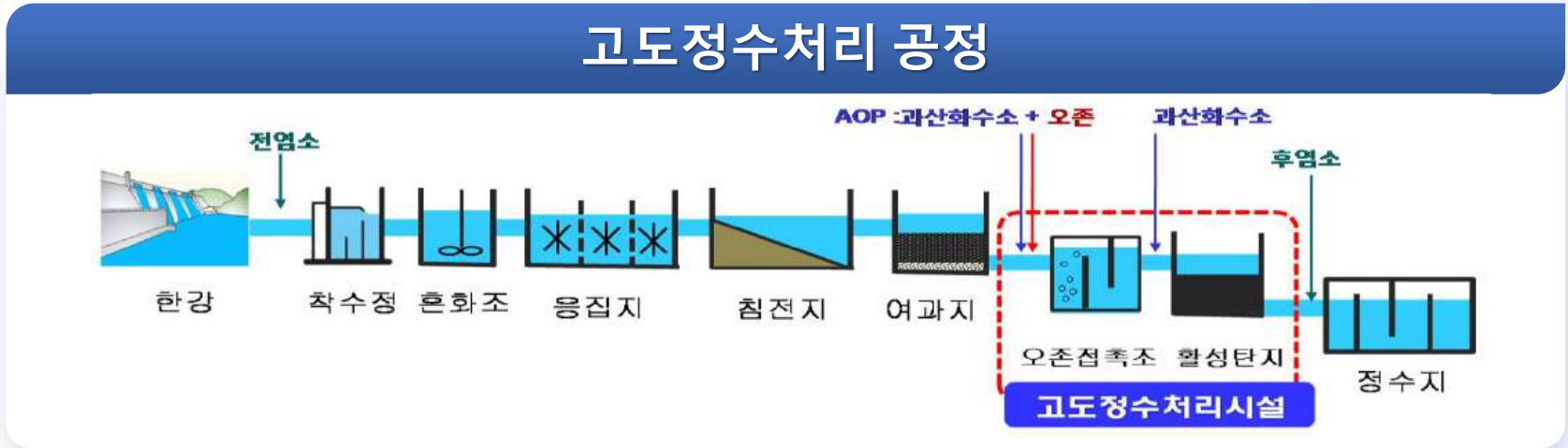
- 겨울 11~2월 발생(최근 겨울철 저수온 시기 지속 발생)
- 발생경로 : 남조류 등
- 대부분 용존성



**고농도 맛, 냄새물질 발생(특히 최근 3년 동절기 2-MIB 증가)**

### 3. 고도정수처리 공정

#### ② 고도정수처리 공정과 목표수질



#### 고도정수처리 목표 수질

제거대상 물질		수질기준(환경부)	목표수질기준(관리 지표)
맛·냄새	Geosmin	20 ng/L 이하	8 ng/L 이하
	2-MIB	20 ng/L 이하	8 ng/L 이하
	잔류염소	4.0 mg/L 이하	0.1 mg/L 유지 (수도꼭지)
소독부산물	THMs	100 µg/L 이하	30 µg/L 이하
	HAAs	100 µg/L 이하	20 µg/L 이하
미생물	지아디아	3log 제거 (여과2.5 + 소독0.5)	소독(오존+후염소) 0.5log 제거

# 3. 고도정수처리 공정

## ③ 정수센터별 오존투입설비

### 암사아리수정수센터

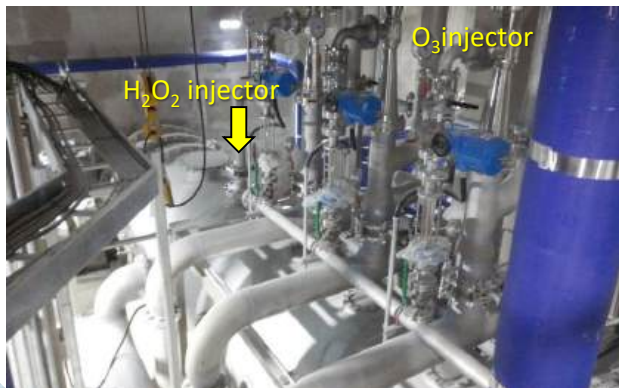


$H_2O_2$  Metering Pumps

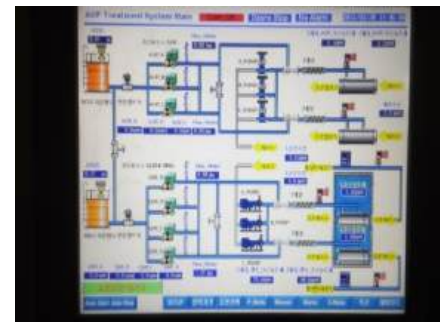


Residual  $O_3$  Monitor  
Residual  $H_2O_2$  Monitor

### 구의아리수정수센터



$H_2O_2$  Metering Pumps



AOP Process MMI

# 3. 고도정수처리 공정

## ④ 활성탄의 기능과 종류

### 활성탄 기능

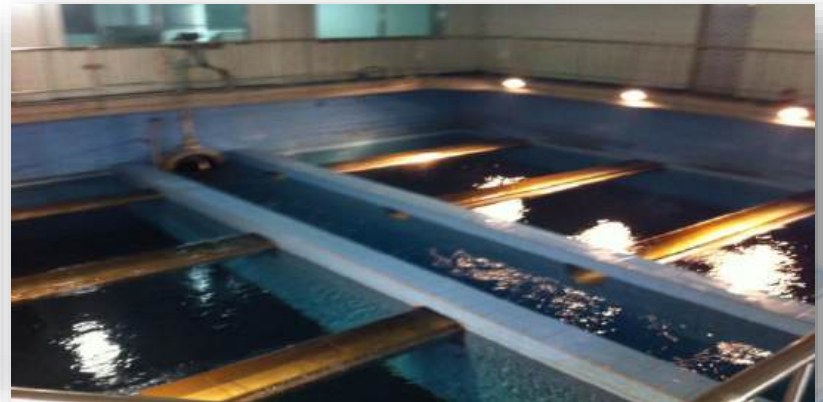
- 입상활성탄을 충전하고 오존처리한 물을 통과시켜 처리대상물질인 오염물질을 흡착시켜 제거
- 목재, 야자껍질, 석탄 등을 원료로 하여 탄화와, 활성화 과정을 거쳐 생산된 흑색 다공성 탄소질 물질



<영등포 1정수장 활성탄흡착지>

### 활성탄 종류

- 분말 활성탄(PAC) : 비상시 투입
- 입상 활성탄(GAC) : 흡착을 통한 유기물 등 제거
- 생물 활성탄(BAC) : 미생물 대사작용, BDOC 제거



<영등포 2정수장 활성탄흡착지>

### 3. 고도정수처리 공정

#### ⑤ 고도정수처리 공정의 주요 기능

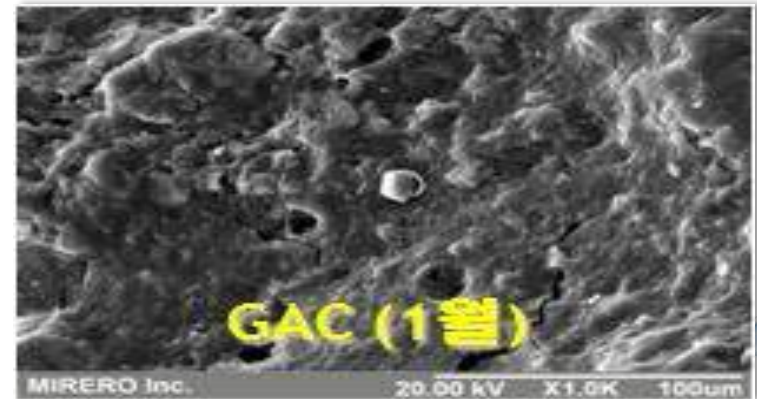
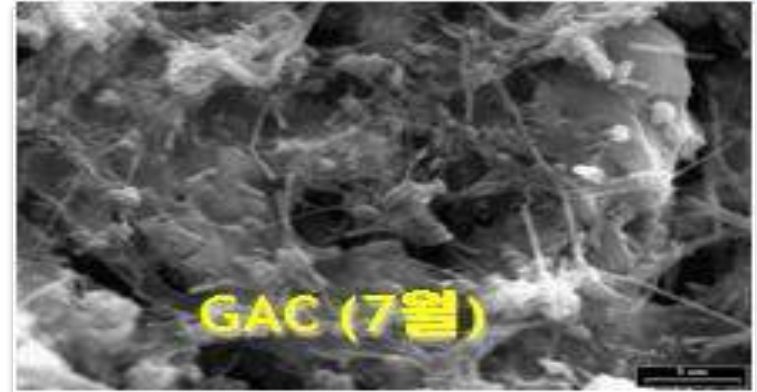
##### 서울시 고도정수처리 공정

- (공정) 응집.침전.여과 + Post 오존 + 입상 활성탄
- 맛, 냄새물질 제거에 가장 효과적인 공정
- 오존주입량 절감, 활성탄 사용기간 연장

##### 고도 공종별 주요 기능

- 오존 : 산화(큰 유기물 → 작은 유기물)
- 활성탄 : 흡착, 생물 분해(여름철 효율 증대)

겨울철 맛냄새 발생 시 주로 오존으로만 제거 가능  
맛냄새물질 : 오존 70~80%, 활성탄 20~30% 제거



<활성탄 1000배 확대>

A dynamic splash of clear water against a light blue background, with numerous bubbles and droplets scattered throughout the scene.

**1. 서울시 정수센터 현황과 정수처리공정**

**2. 표준정수처리 공정**

**3. 고도정수처리 공정**

**4. 서울시 현안 정수처리 도입**

# 4. 서울시 현안 정수처리 도입

## ① 초고도처리공정 도입

### 새로운 공정 도입



전오존 도입 ('25년~)

- 광암정수센터 신설 35만<sup>m</sup>³/일 시범적 도입('25년)
- 운영효율 등 효과분석을 통한 정수센터 순차적 도입 검토

막여과(후여과) 도입('26년~)

- 서울형 '초고도정수처리 공정' 연구·개발 ('23 ~ '24년)

### 소독부산물 THM

0.049mg/L

0.010mg/L

80% 개선

### 유기물 TOC

1.2mg/L

0.7mg/L

42% 개선

### 소형생물

선제적 차단 지속적으로

“0” 유지

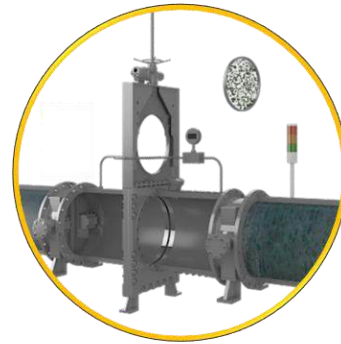
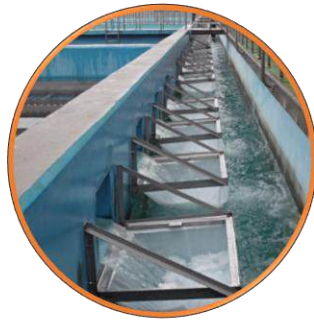
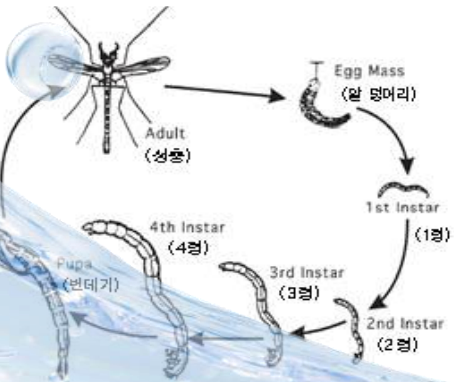
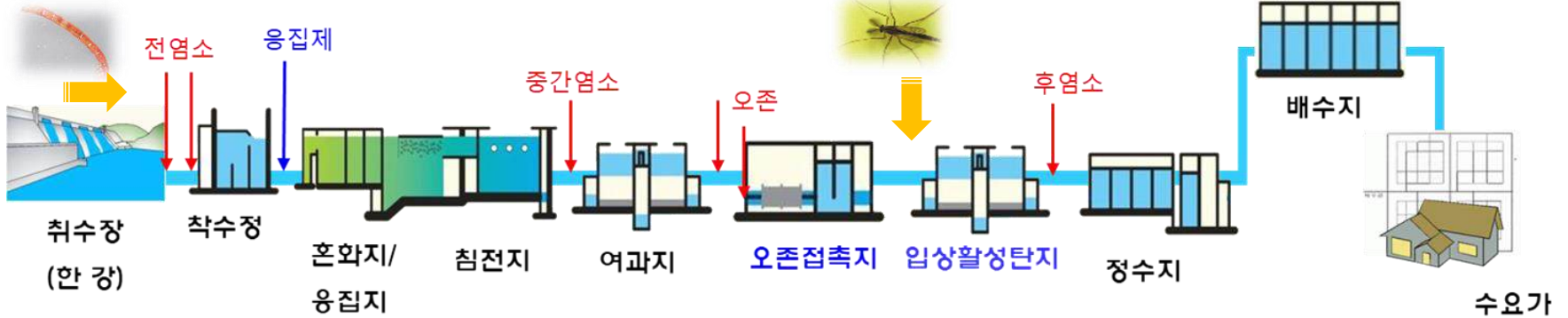
# 4. 서울시 현안 정수처리 도입

## ② 유충대응 정수과정 운영최적화

- ❖ 소독기능 강화 (염소, 오존)
- ❖ 여과지, 활성탄지, 역세척강화
- ❖ 각 공정 거름망 설치

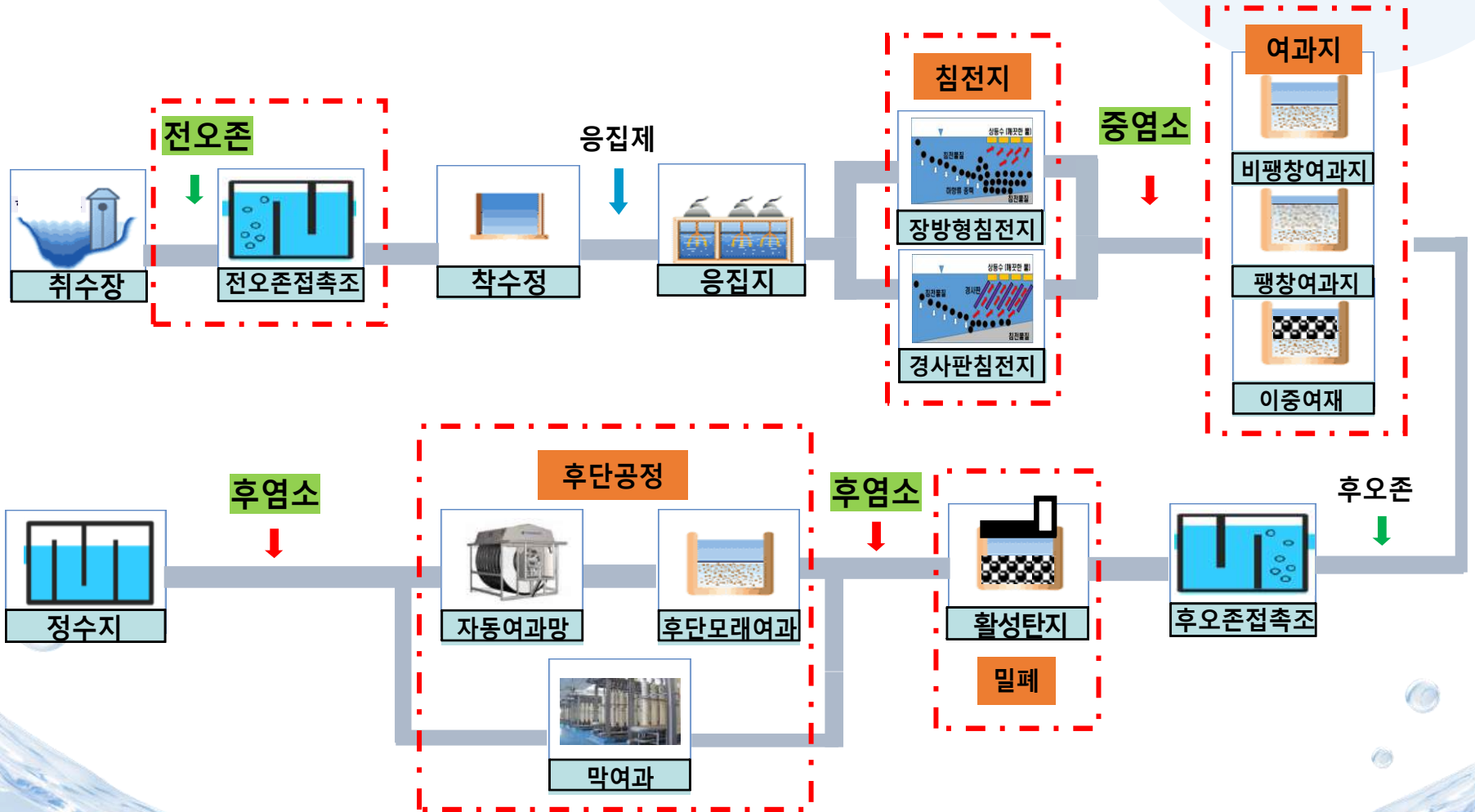


### 유충 제어



# 참고자료

# 수처리 공정 연구(현안) 과제



## 참고자료

# 수처리 공정 연구(현안) 과제

연번	구분	과제제목
1	취수펌프	전력부하관리에따른정수처리효율적운영방안연구
2	전오존	수질안전성강화를위한전오존도입방안연구
3	약품설비	CFD를활용한CO <sub>2</sub> 혼화설비개량및죄적주입지점선정연구
4	침전지	침전지효율평가및개선방안연구
5		강북침전지성능평가를통한개량방안연구
6	여과지	이중여재고속여과지개선방안연구
7	오존처리공정	CFD를이용한오존처리공정및개선방안연구
8	오존접촉조	영등포오존접촉조혼화효율평가및개선방안연구
9		뚝도·광암오존접촉조성능평가를통한개선방안연구
10		강북오존접촉조혼화망설치에따른혼화효율평가연구
11	후오존켄칭	잔류오존제거제(티오황산나트륨)현장적용연구
12	활성탄지	입상활성탄하부모래포설을통한입자누출저감방안연구
13	활성탄지	활성탄흡착탑을활용한대기오존농도관리연구
14	후여과	입자성물질제거를위한최종단계후여과공정연구
15	막여과	나노여과를이용한미량물질제어연구
16	후염소혼화설비	후염소교반설비안전성강화방안연구
17	정수지	정수지도류벽구조개량을통한시설물안전성향상방안연구
18	배출수	배출수처리공정내유해물질제어방안연구
19	정수처리디지털개선	디지털트윈기반정수처리시스템개선연구
20	고도정수처리운영	빅데이터분석을통한고도정수처리운영관리개선연구
21	소형생물	소형생물대응정수센터별운영방안도출연구
22	매뉴얼개정	고도처리비상운영매뉴얼재정연구

# 경청해 주셔서 감사합니다.

## 서울시상수도사업본부 백광인

- 계획설계과장, 토목시공기술사
- 한국산업인력공단 기술사 시험 출제위원
- Tel : 02)3140-1410
- Mobile : 010-8898-9092
- E-mail : bki100@seoul.go.kr

# 특강 2. 디지털 기반 수처리 기술

- Veolia 조성만 이사 -



# A CHAMPION OF ECOLOGICAL TRANSFORMATION

2023



# CONTENTS

## VEOLIA Introduction

01

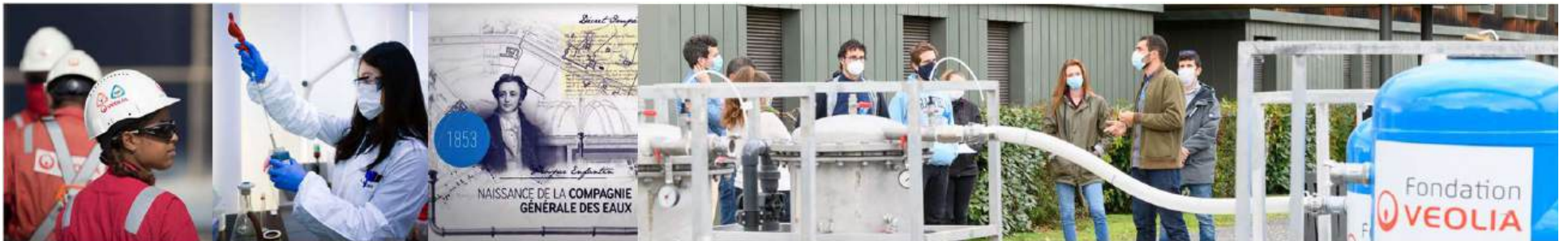
VEOLIA GLOBAL

02

VEOLIA KOREA

03

VEOLIA Digital  
Water Solutions



# Veolia group History



1853-1900

**Drinking water is delivered to cities** to meet the challenge of urbanization

1853

Founding of **Compagnie Générale des Eaux**



1900-1939

**Wastewater services,** waste treatment and access to energy expand on a large scale



1945-1992

Environmental services provide support for reconstruction **and the industrial growth.**



1992-2013

A concern for sustainable development gradually emerges as a global priority.

2003

The Group is renamed **Veolia Environnement**



2014

In the face of growing scarcity, resource management must be reinvented to create a new economic and social dynamic.

The New Veolia  
**Resourcing the world**



2019

Veolia has a Purpose that is in keeping with its mission "Resourcing the world" and reflects the fundamental principles underpinning the Group's actions.



2021 ~

Veolia has initiated a major project to **merge with Suez.** The Group aims to become the **benchmark company for ecological transformation.**

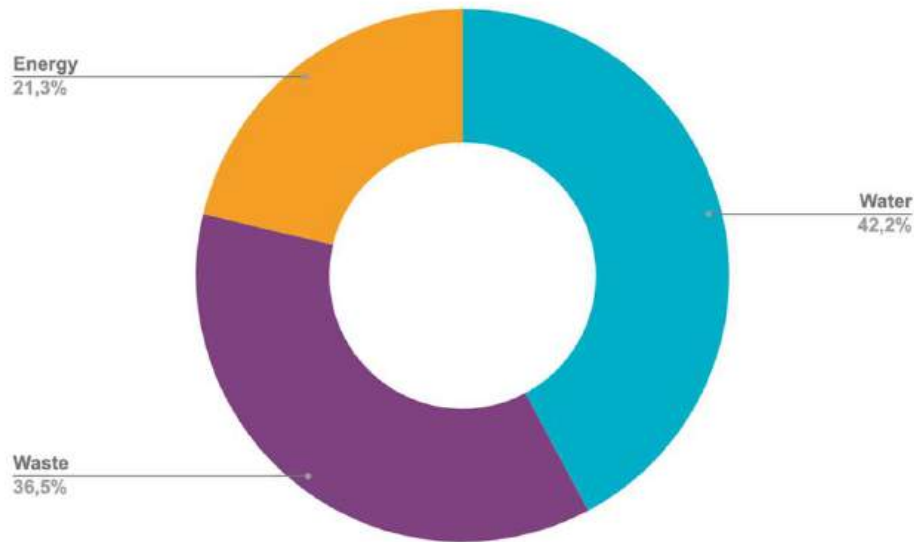
**Integrated Veolia & Suez on Jan 19, 2022**

**ECOLOGICAL TRANSFORMATION**

# Veolia group

## 3 main businesses

GLOBAL OVERVIEW BY ACTIVITY\*



\*breakdown by revenue



### WATER

- 111** million people supplied with **drinking water**
- 97** million people connected to **wastewater** systems
- 4,130** drinking water production plants managed
- 3,506** wastewater treatment plants managed



### WASTE

- 46** million people provided with **collection services** on behalf of municipalities
- 61** million metric tons of **treated waste**
- 533,759** business clients
- 823** waste processing facilities operated

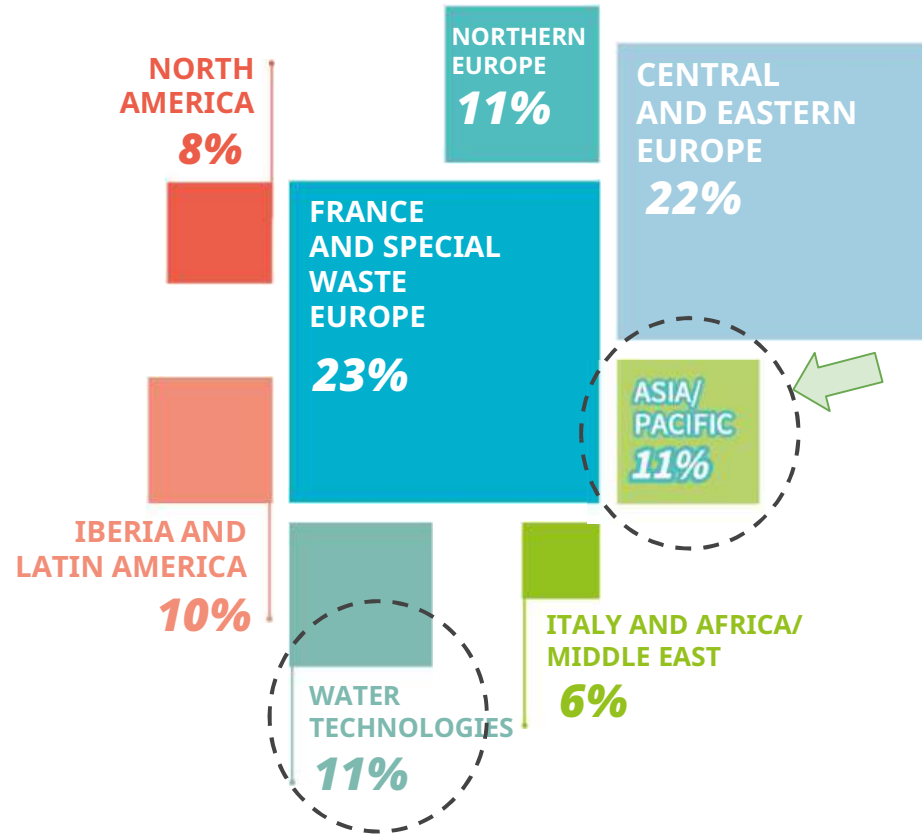


### ENERGY

- 44** million MWh produced
- 46,922** thermal installations managed
- 680** heating and cooling networks managed
- 2,716** industrial sites managed

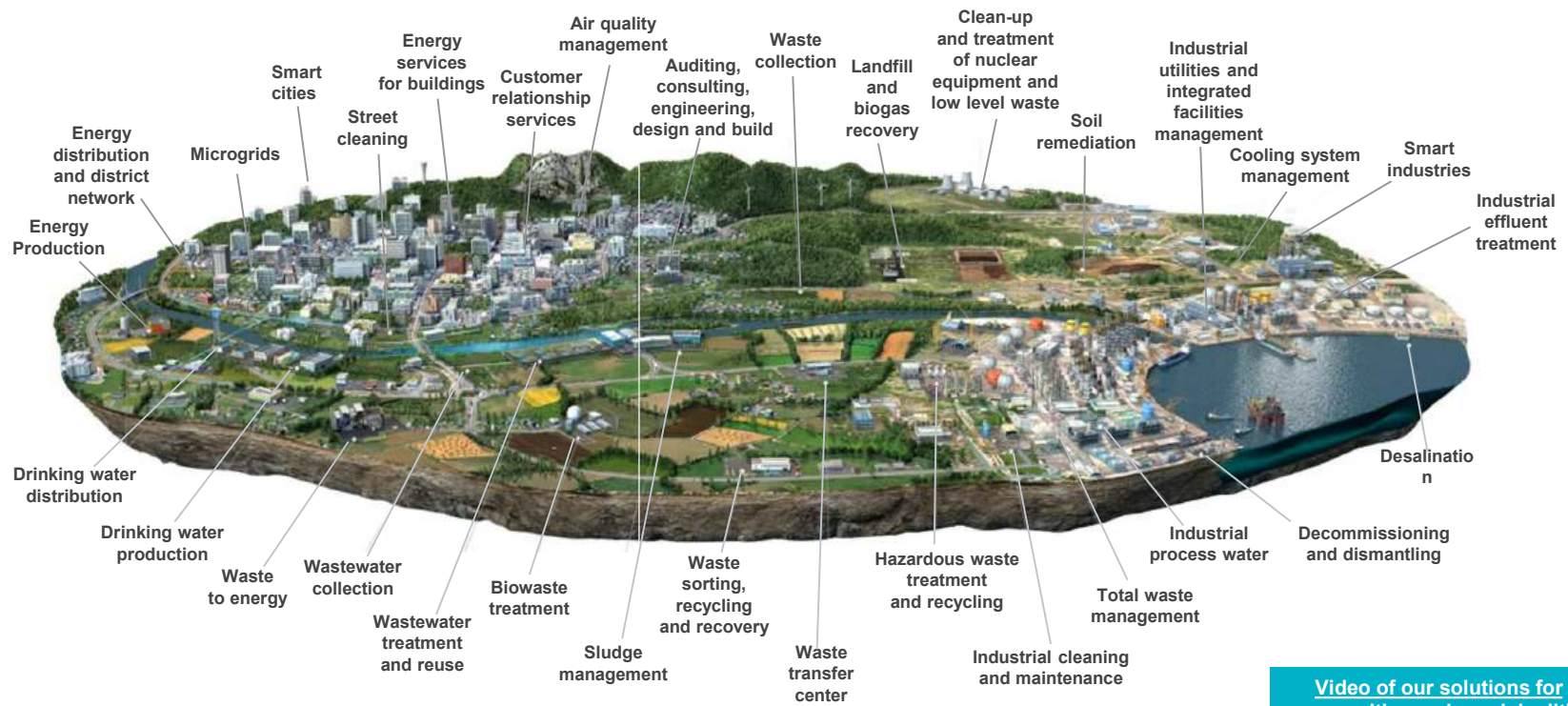
# Veolia group Overview

Historically French, naturally European and operationally international, Veolia can **support you anywhere in the world**. In the forefront of ecological transformation, we are committed to the regions, where we contribute to their economic dynamism and attractiveness.



# Our solutions

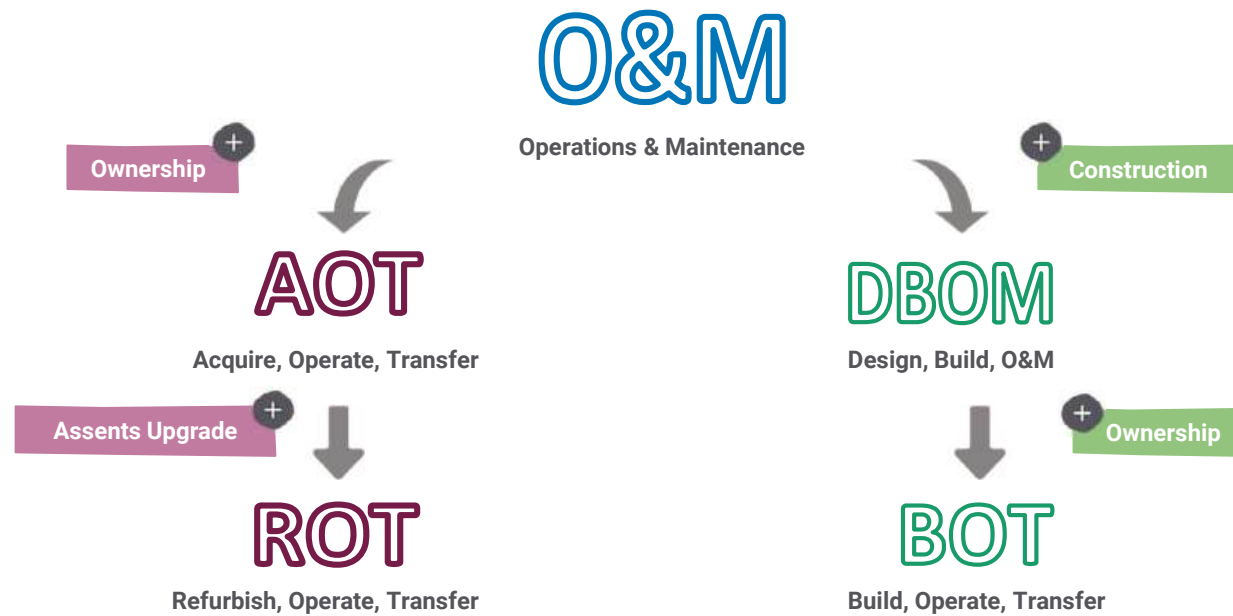
## For communities and municipalities



[Video of our solutions for communities and municipalities](#)

# Business model

## Tailor-made & Flexibility



## 3 Business areas

### Water - Waste - Energy

This slide can be used if you want a shorter version instead of each intro slide for water, waste and energy in the next slide 20 ~ 25.

#### WATER

- **Water and wastewater management for**
  - **Industrial clients**
    - Supplying and treating process water, cooling water, RO, demi water, boiler feed water, UPW and wastewater
    - Operating and maintaining treatment facilities
    - Managing solids (sludge), recycling/reusing water and recovery of materials in wastewater
  - **Municipalities**
    - Collecting and treating wastewater
    - Operating and maintaining WWTP and its energy self-sufficiency
    - Treating sewage sludge, recycling/reuse wastewater
    - CSO management
- **Design & construction** of technological advanced solutions for the provision of water services
- Providing **total solutions & services** for added value

#### WASTE

- **Management and logistics**
  - **Waste management** for municipalities and industrial clients : maintenance, cleaning, sewer cleaning, collection and transfer
- **Treatment and recycling**
  - **Sorting, treatment and recycling services** for hazardous & non-hazardous waste by incineration, composting, landfilling & physical-chemical treatment
  - **Waste to Energy** (SRF Production, supply of steam and electricity)
  - **Waste plastic recycling** (Plastic flake and pellet recycling)
  - **Biogas generation** (Organic by-products: food waste/sludge/manure)

#### ENERGY

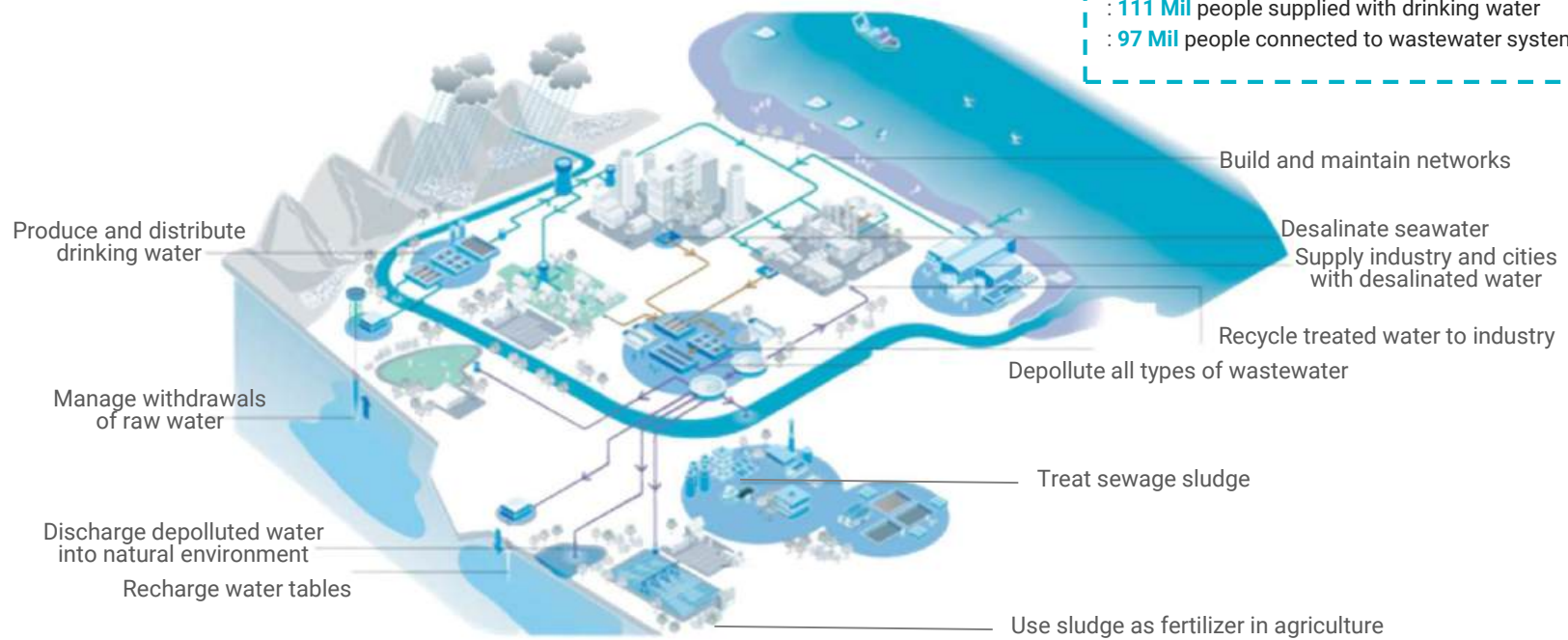
##### Industrial energy services:

- **Reduction of carbon footprint by:**
  - Switch fuel strategy
  - Energy recovery
  - Energy efficiency
  - Combined Heat & Power
- **Secure Energy Utilities supply**
- **Optimization of Energy Utility systems**

##### Integrated facilities management: BES

# 3 Business Lines

## Water Management



### GLOBAL KEY FIGURES

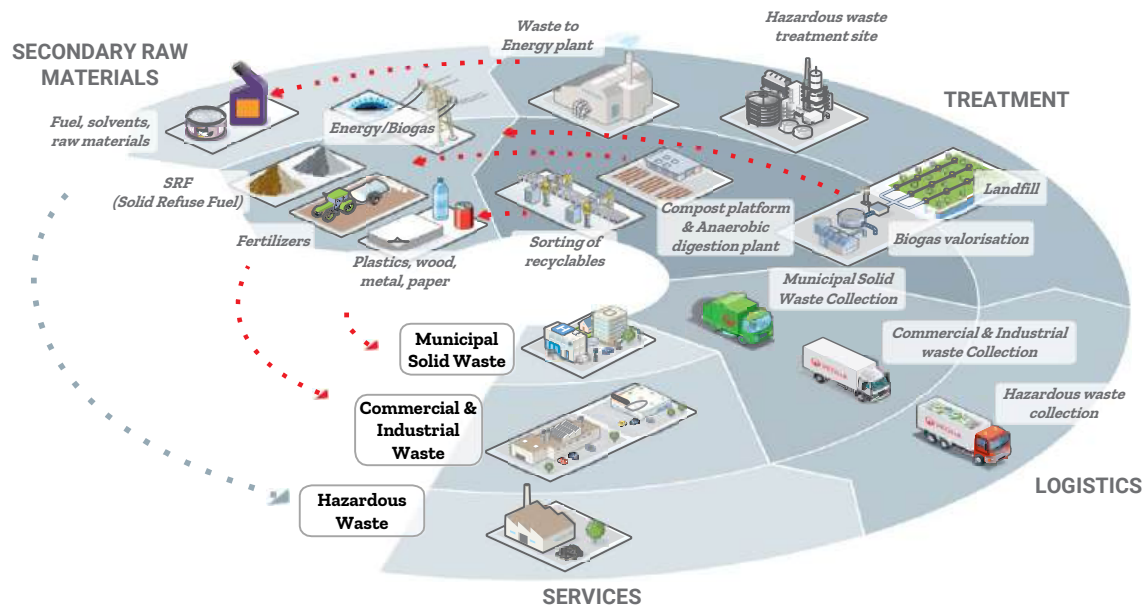
- : €17.2 Bil in revenue
- : 111 Mil people supplied with drinking water
- : 97 Mil people connected to wastewater systems

# 3 Business Lines

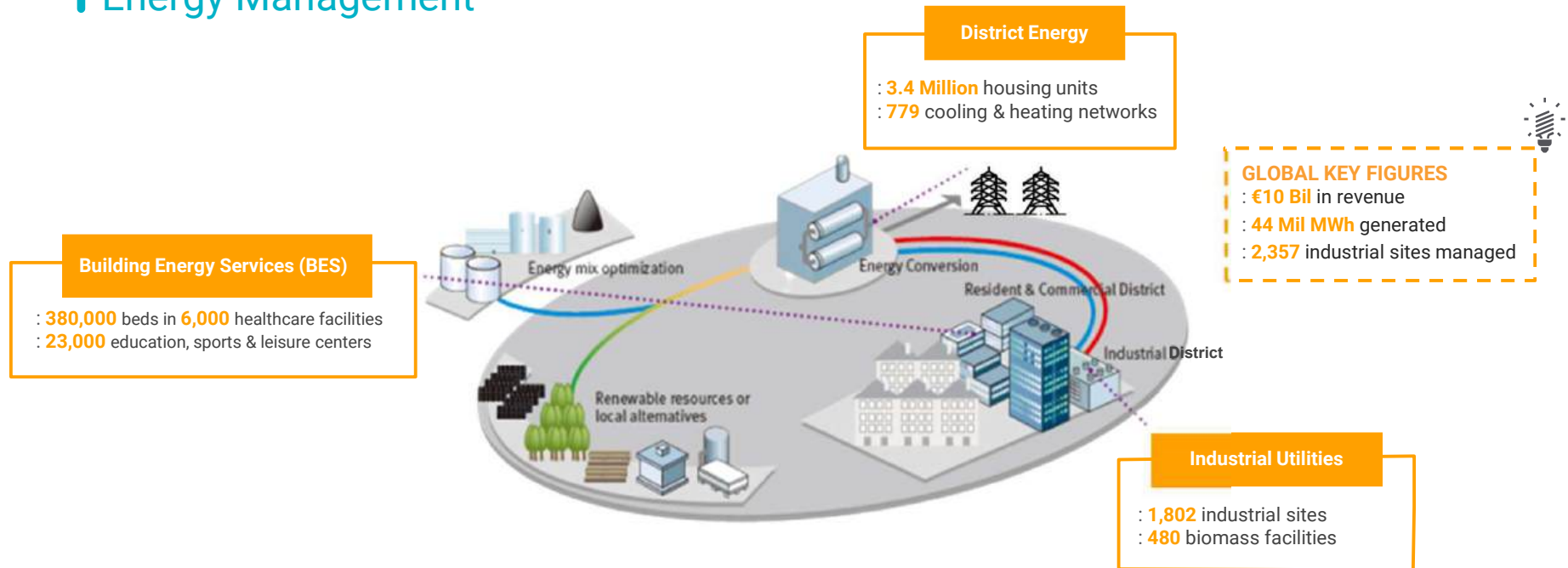
## Waste Management

**GLOBAL KEY FIGURES**

- : €14.6 Bil in revenue
- : 46 Mil inhabitants served
- : 61 Mil metric tons of treated waste

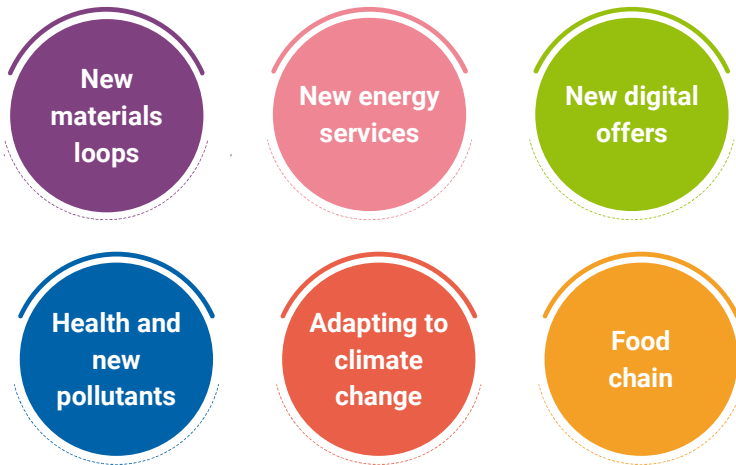


# 3 Business Lines Energy Management



# Potential for innovation key sectors & capabilities

We accelerate the industrialization and deployment of our future solutions in **priority sectors**:



We accelerate in Research & Innovation with enlarged **capabilities**:



# Water Technologies and Solutions

## PORTFOLIO OF ADVANCED SOLUTIONS

Backed by digitally- enabled technologies & services



Industrial water treatment



Industrial process enhancement



Wastewater treatment



Zero liquid discharge



Ultrapure water



Tough to treat water



Desalination



Waste to energy



Water treatment chemistry



Monitoring & automation



Membrane separation tech



Thermal separation tech



Disinfection technologies



Anaerobic digestion



High-precision instruments



Mobile & outsourced water



# PRODUCTS OVERVIEW AND MISSION

Becoming the **#1 technology provider** for water and process solutions enabling the global ecological transformation.

## Major Product Groups

- Filtration & Spiral Wound Membranes
- RO/NF/SWSR Configurable Systems
- Electrolytic technologies – ED/EDR/BPED/EDI
- ZeeWeed MBR/ PUF
- Purification & Disinfection (Ozone & UV)
- Analytical Instruments measuring TOC, Boron, conductivity, endotoxin *\*information upon request*

### Filtration & Spiral Wound Membranes



Click  
Here to  
Access



### Brackish Water Systems & Components– PROflex\*



Click  
Here to  
Access

### Electrolytic Technologies – E-Cell\* & Ionics\*



Click  
Here to  
Access

### ZeeWeed\* – Hollow fiber & pressurized ultrafiltration



Click  
Here to  
Access

### Purification & Disinfection – Ozonia\* & Aquaray\*



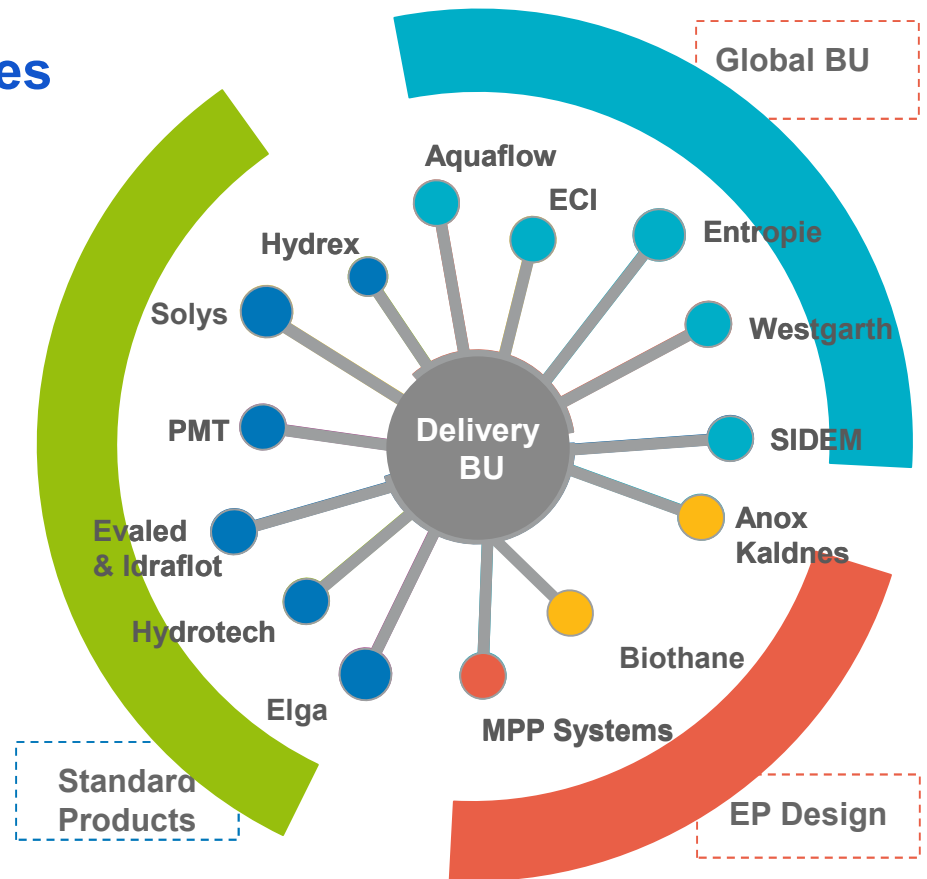
Click  
Here to  
Access

\*Trademark of Veolia; may be registered in one or more countries

## GENERAL

# VWT ways to deliver technologies

- **Delivery BUs** deliver projects to final clients
- **Techno Hub**
  - **EP Design BUs** develop process design packages and components (distrib. by Delivery BUs)
  - **Standard Products BUs** design, manufacture & distribute VWT products (distrib. by Delivery BUs)
  - **Global BUs** design and market their major specialized technologies directly.



## ESG partner

### Supporting customers' ecological transformation



#### Decarbonization

- Local energy
- Energy autonomy



#### Regeneration of resources

- Recycling of plastics and critical materials **PlastiLoop**
- Water neutrality
- Reuse of wastewater



#### Depollution

- Treatment of hazardous waste
- Treatment of micropollutants
- Soil remediation
- IAQ

### Over 100 customized carbon reduction solutions

**GreenPath**  
ZERO CARBON



- **GreenPath offer** for the integrated environmental services (water treatment, energy, waste) portfolio.
- These solutions can achieve **up to an 80% reduction** in carbon emissions across the customer's value chain.
- Comprehensive environmental performance measurement, including **carbon emissions, water footprint, and biodiversity**, is conducted, enabling tailored long-term solutions.
- Integration with **Hubgrade digital solutions optimizes energy efficiency**.

ESG  
2022 performance

**E**

**14 Mt CO2 eq.**  
*avoided thanks to Veolia's solutions*

**320 million m<sup>3</sup>**  
*of water saved in 2022 compared to 2019  
thanks to network performance*

**490,000 t**  
*of recycled plastic with our 37 plants all over  
the world*

**S**

**89%**  
**engagement rate**  
*Ipsos engagement survey (+2 points vs  
2021)*

**100%**  
**protected employees** with a social benefits  
base-CARE Program

**1 million**  
**local jobs** indirect or induced by Veolia's  
activities

**G**

**Multifaceted**  
**performance** with external engagements on  
19 KPIs (including 14 extra-financial)

**16,000**  
**employees** with a bonus policy based on  
multifaceted performance

**1<sup>st</sup>**  
**shareholder = employees** with 6.5% of the  
capital

**Veolia's multifaceted performance**

## Our commitment: Multifaceted performance

**Veolia's Purpose** is the compass that guides its strategic choices and activities, reflected in a commitment to multifaceted performance that creates value for all stakeholders.

Veolia is committed to placing the same level of attention and demands on its **economic, financial, commercial, human resources, social and environmental performance.**

In 2020, in conjunction with its Purpose, Veolia has committed through its Impact 2023 program to a multifaceted performance. 18 progress objectives (KPIs) were defined for 2023. Veolia participates to a varied extent in the implementation of **all 17 SDGs, with a direct impact on 13 SDGs.**





**VEOLIA**

**IN KOREA**

History & Business



# History

## Major projects by year

### 1999 - 2012 : Veolia Water

- 1999 Established in Korea
- 2000 LG/Lotte Chemical (HPC) contract
- 2001 SK hynix contract  
Incheon Songdo-Mansu STP contract
- 2004 KKPC Rubber Yeosu contract
- 2005 KKPC Rubber Ulsan, KPC Yeosu contract
- 2007 KKPC Resin Ulsan contract
- 2008 Dongbu Steel hot-rolled contract
- 2010 Dongbu Steel Cold-rolled contract
- 2012 VWT integration

### 2013 - 2023 : Diversification of One Veolia

- 2014 **One Veolia**  
KHNP contract  
Hongwon P&P contract
- 2015 100% Acquisition of **Ecocycle**
- 2016 **Dongyang Green Bio** food waste facility
- 2017 **Hyundai Transys** contract  
Acquisition of **Uniken**  
Acquisition of **HANBUL Energy**  
**Kleannara Water** contract
- 2018 **SK Hynix** contract renewal  
**MagnaChip** contract  
**Kleannara SRF boiler** contract
- 2019 Acquisition of **Doksan & DSPL**  
Acquisition of **R&E**
- 2020 **SK hynix M16** contract
- 2021 **KKPC 2** Rubber Yeosu contract  
**Dongkuk Pharma** Energy Performance  
**Gana Energy WTE O&M** contract  
**Gwangmyeong Chung Ang Univ. Hospital** FM contract
- 2022 **SEETEC #2** Cooling tower BOT  
**Gyeongju City WTE O&M** contract  
**Jeil Pharma** Energy Performance  
**MagnaChip** UPW BOT contract  
**VPark** operation commencement  
**LG/Lotte Chemical (HPC)** demi water BOT
- 2023 Acquisition of **Dongyang Environment (DYR)**



# Veolia Korea

## Awards & Certifications



### Award

2001 12	<b>President citation</b> as one of the best foreign investment companies
2004 12	<b>Prime Minister citation</b> as one of the best foreign investment companies
2009 12	<b>MOE</b> (Ministry of Environment) citation for environmental contribution
2012 06	Excellent company in labor management culture by <b>Ministry of Employment and Labor</b>
2019 11	<b>Industrial Service Medal by the President of South Korea</b>
2022 11	<b>Commendation of MOTIE minister of South Korea</b>

### Certification

2007 07	<b>IMS</b> (ISO9001, ISO14001, OHSAS18001) certification for <i>municipal projects in SDMS</i>
2008 07	<b>IMS</b> (ISO9001, ISO14001, OHSAS18001) certification for <i>all industrial projects in Korea</i>
2011 06	<b>IMS</b> (ISO9001, ISO14001, OHSAS18001) certification for <i>Seoul HQ office</i>
2014 06	<b>IMS</b> certificate for <i>all water projects in Korea</i>
2017 ~ 18	<b>ISO 14001</b> certificate for <i>waste projects - DH Recycling, Ecocycle and Uniken</i>
2020	<b>Transition Certification into ISO 45001:2018</b> IMS certification (ISO9001, ISO14001, ISO45001)

# Veolia Korea Operations

**1999**

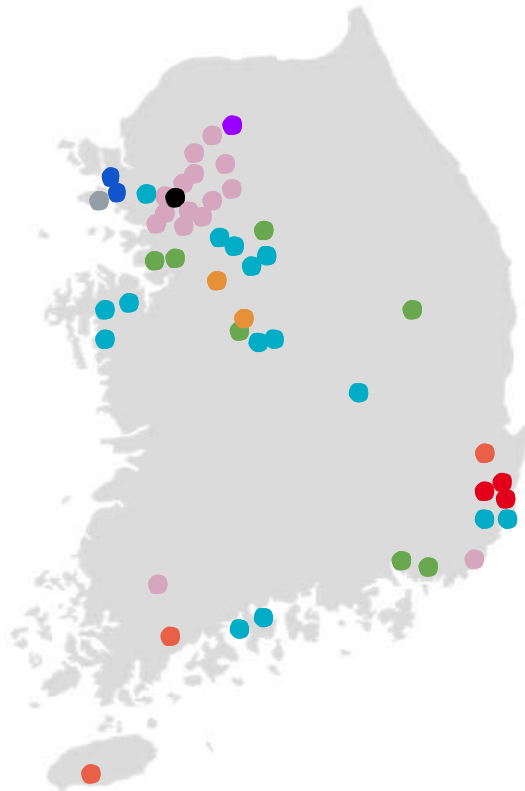
Veolia Korea established

**52**

Operation sites

**1,300**

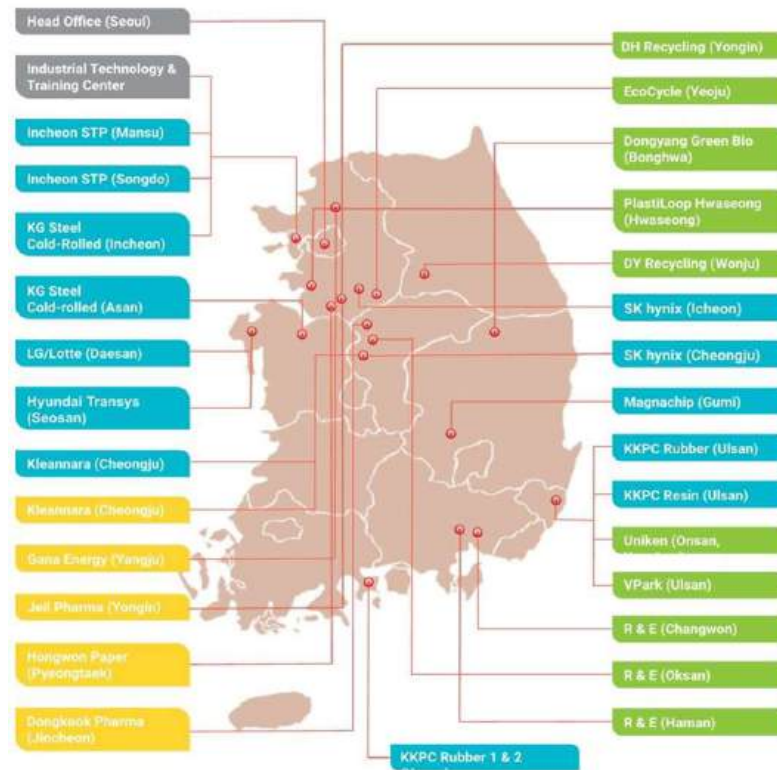
Employees



- 2** Municipal wastewater sites
- 15** Industrial water sites
- 8** Waste sites (7 plastic recycling, 1 organic waste treatment)
- 3** HW treatment sites (Uniken/Vpark)
- 2** Industrial Energy sites
- 1** Industrial WTE site
- 3** Municipal WTE sites
- 16** Hospital /BES sites  
Seoul HQ, ITTC

# 3 Business Lines

## Operation sites



**Legends**

- Water activity
- Waste activity
- Energy activity

\* **KKPC:** Korea Kumho Petrochemical Corporation  
 \* **3 projects** in SK hynix Cheongju: SK hynix O&M, M15, Happy More project  
 \* **2 projects** in SK hynix Icheon: SK hynix O&M, M16



## Veolia Industrial Training & Technical Center (ITTC)

Opened in 2013, dedicated to training & research for Asia region

### Entirely dedicated to industrial services

- Establishment of **pilot plants** : Process testing for facility and operational optimization, demonstration of showcase solutions for potential customers
- **Central Lab analysis**: Providing world-class water quality analysis and testing as an accredited organization
- Implementation of **employee training programs** specialized in the industrial field

### Facilities and equipment

- Two story eco-friendly building (3,300m<sup>2</sup>): designed in accordance with green building certification standards, Auditorium, exhibition hall, classrooms, water quality analysis laboratory, water treatment pilot plant, etc.

### Hubgrade monitoring center

- Energy management system that enables efficient energy management and strategy provision.

### Co-work with local community and educating students

# Corporate Social Responsibility CSR



**Raising Awareness of Importance on Environment**

- **Public Education**  
Experimental tool related in water for children developed by Veolia in 1995
- **Site Tour**  
Tour on water treatment plant for students, local organizations, citizens to educate water treatment



**Clean-up Campaigns**

- **Organizing environmental volunteering campaigns** as opportunities to contribute to the community where Veolia operates



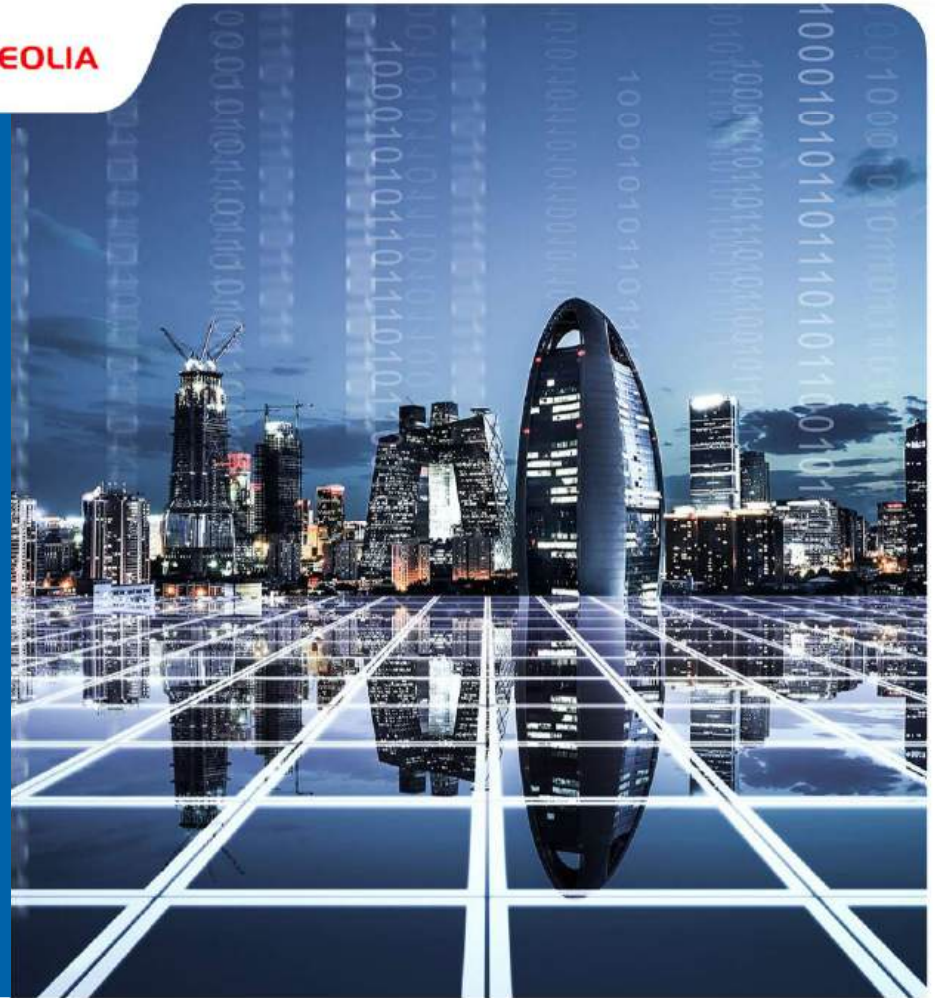
**Local Community Charity and Internal Campaign**

- **Sustainable support** by visits and donations to help people in need



Hubgrade for  
Water Operations

# Digital water solutions by Veolia

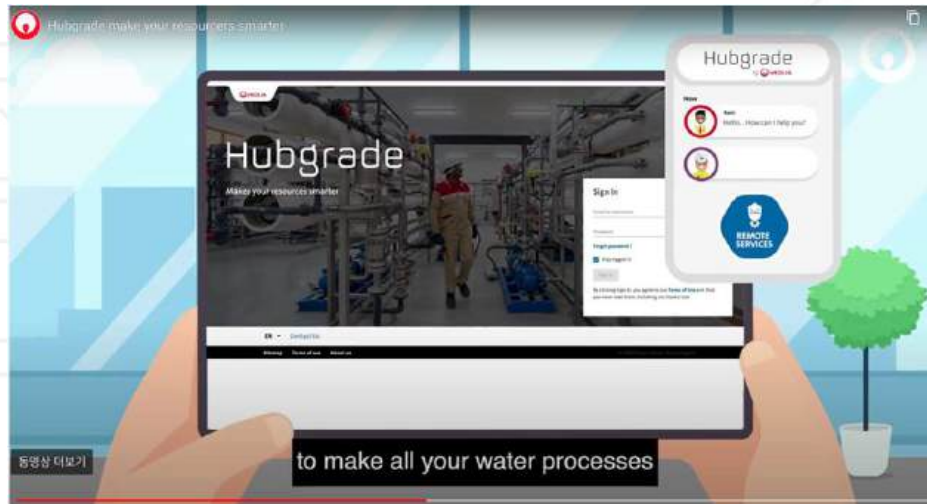




# Hubgrade for Water Operations

## What is Hubgrade and digital solutions for water services

Intro video #1



Intro video #2





## Hubgrade for Water Operations Bringing value to operational teams as well as to our customers

### CONTRACT MANAGER



"I need real time figures to monitor the performance of the contract and communicate them"

### MUNICIPAL CUSTOMER



"I expect Veolia to provide the best possible service both for our citizens and for the planet."

### HUBGRADE ANALYST



"I need quality, reliable, streaming data to keep things running and to be able to anticipate future events. I have to rely on inspiring solutions to easily build my client's hubgrade locally"





## Hubgrade for Water Operations

To respond to our main stakeholders needs



1

Full awareness  
on **asset**  
operations



2

Regulatory  
compliance and  
performance  
reporting



3

Aging  
**infrastructure**  
and **budgetary**  
constraints



4

Reducing the  
**environmental**  
**impact** of the  
service

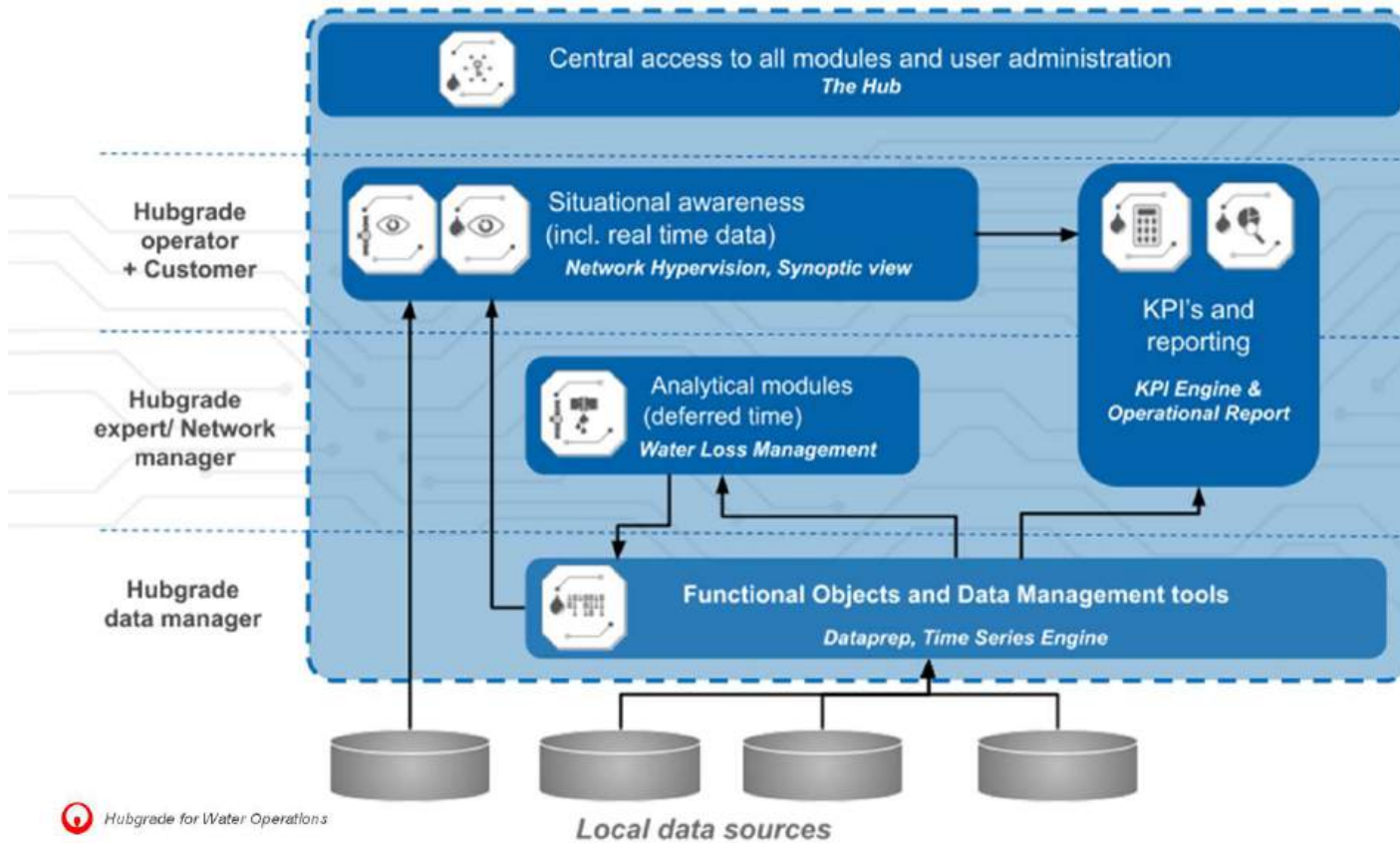


5

Ensuring the **safety**  
of people and the  
**continuity** of  
activities



## Hubgrade for Water Operations Functional architecture





## Hubgrade for Water Operations Focus on Water Loss Management

A **performance-oriented** product  
Water loss calculates indicators  
facilitating the decision making, in  
particular by distinguishing **physical  
losses** and **commercial losses**



Prioritize leak research



Localize the origin of water losses



Increase network efficiency



Enable reporting



Hubgrade Essential  
Hubgrade Performance  
Hubgrade Footprint  
Hubgrade Asset Management



## Hubgrade for Water Operations Focus on Synoptic View

Both a **commercial** and **operational** product allowing **Plant process and/ or Hydraulic operation of the networks data visualization** through a synthetic and user friendly interface



Visualize your plant's process and/ or networks hydraulics at a glance



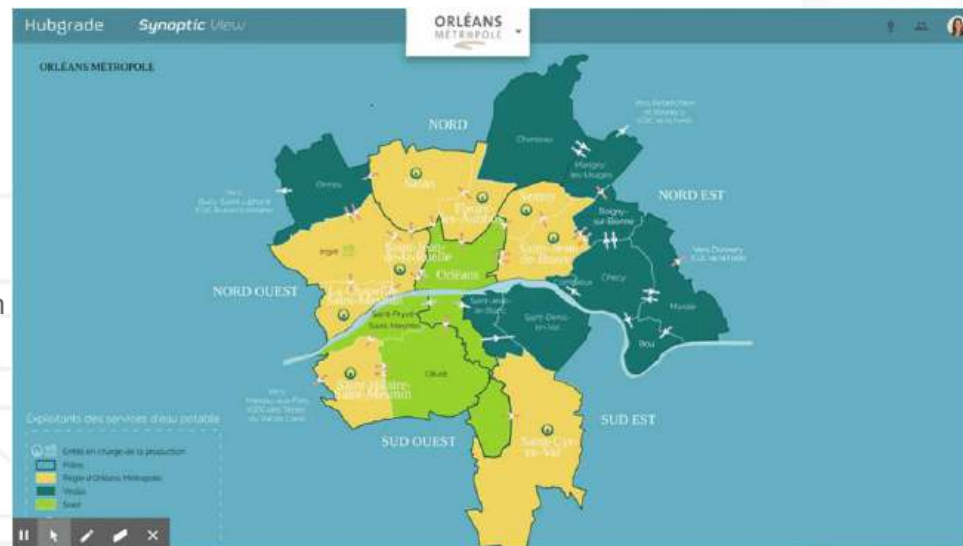
Share the main measurement data through a secure web app to your customer



Overlap several measurements



Drill down data and process steps



Hubgrade Essential  
Hubgrade Awareness



## Hubgrade for Water Operations Focus on Operational Report

An **operational** product allowing **KPI visualization and validation** through tables, detailed graphs and dashboards



Visualisation of KPI's in table or graph mode



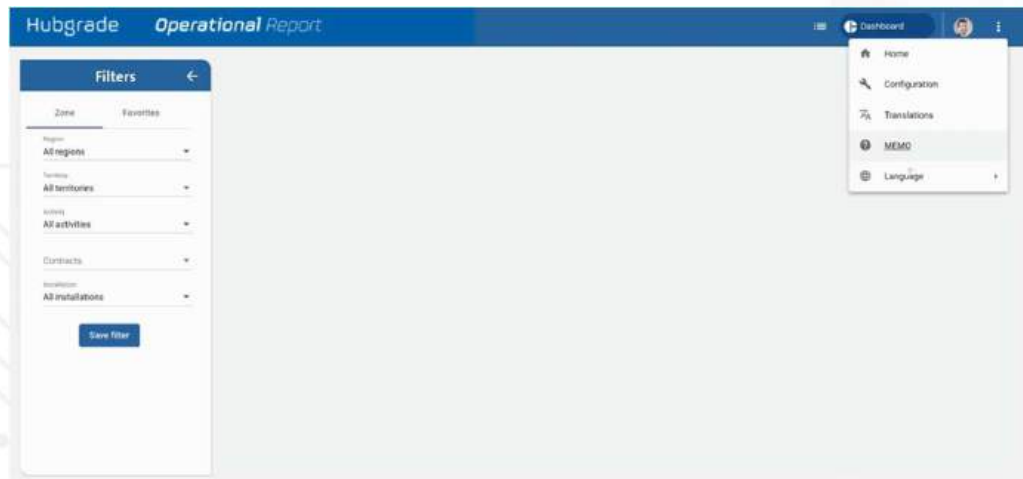
Possibility to parameterize dashboards



Filters to navigate and aggregate through several organisational levels



Validation of indicators prior to sharing with third parties



Hubgrade Essential  
Hubgrade Awareness

Hubgrade Performance

VEOLIA GROUP

A WORLD OF OPPORTUNITIES - VIDEO





Resourcing the world



[www.veolia.co.kr](http://www.veolia.co.kr)

# 특강 3. 도시형 물 인프라 소개

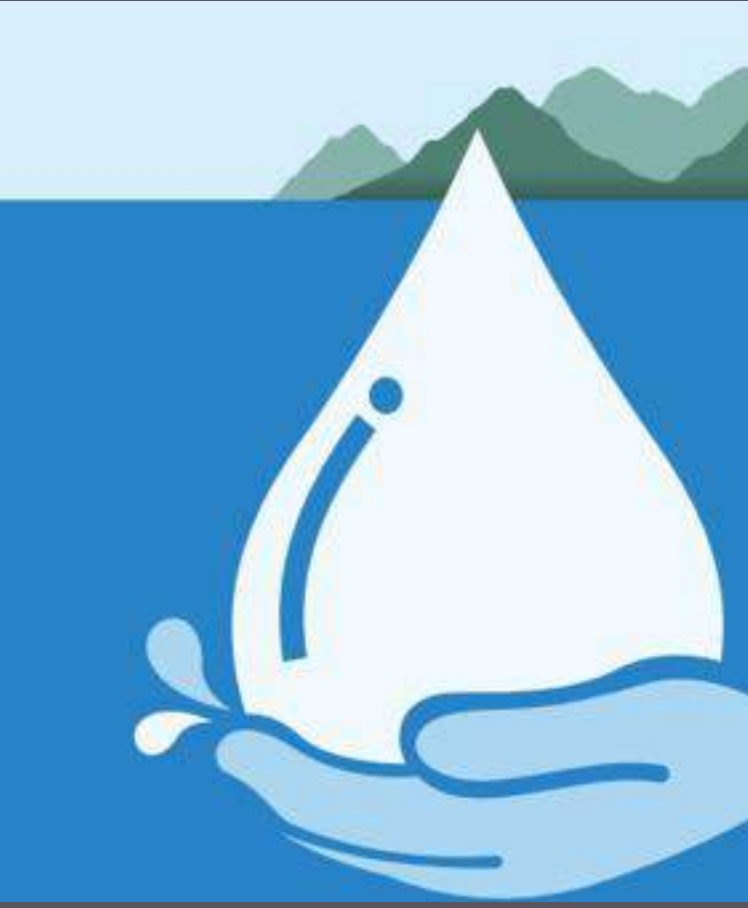
- 한국종합엔지니어링 안효원 사장 -

2023. 10

안 효 원

Ph.D ; P.E. ; President of H.E.C.

ahw20106@naver.com



# 상수도 자산관리

UNDERSTANDING OF ASSET MANAGEMENT FOR WATER  
SUPPLY SYSTEM

# Contents

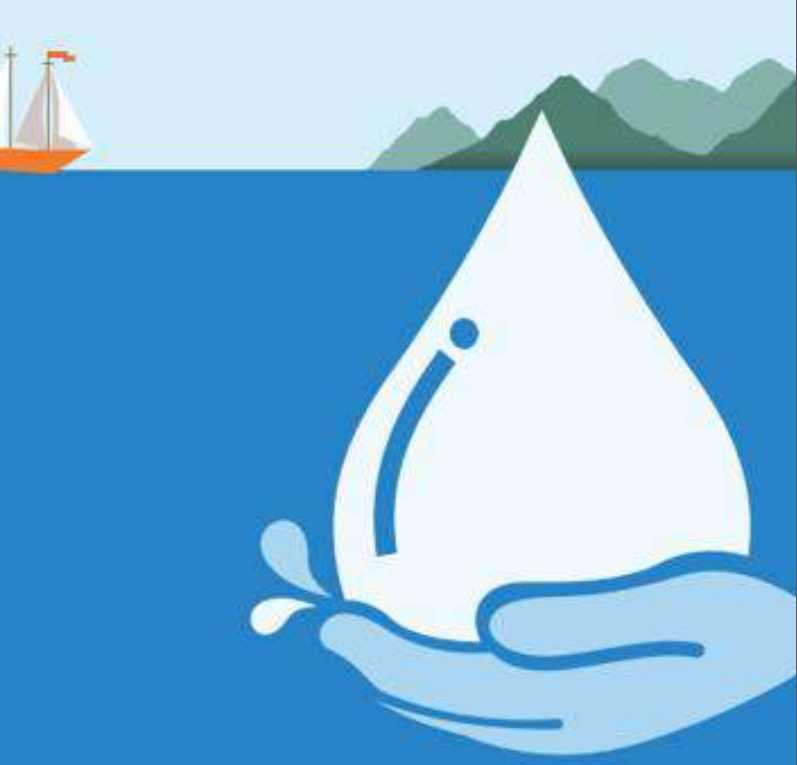
## I. 들어가며 [General]

## II. 자산관리계획수립 절차 및 방법

A Best Practices Guide for Asset  
Management Planning (USEPA)

## III. 국내 추진현황

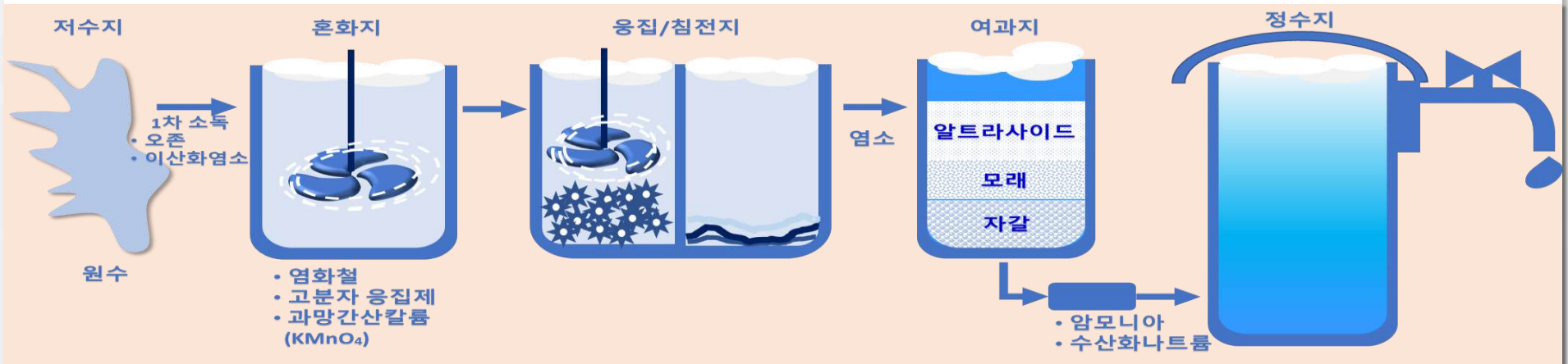
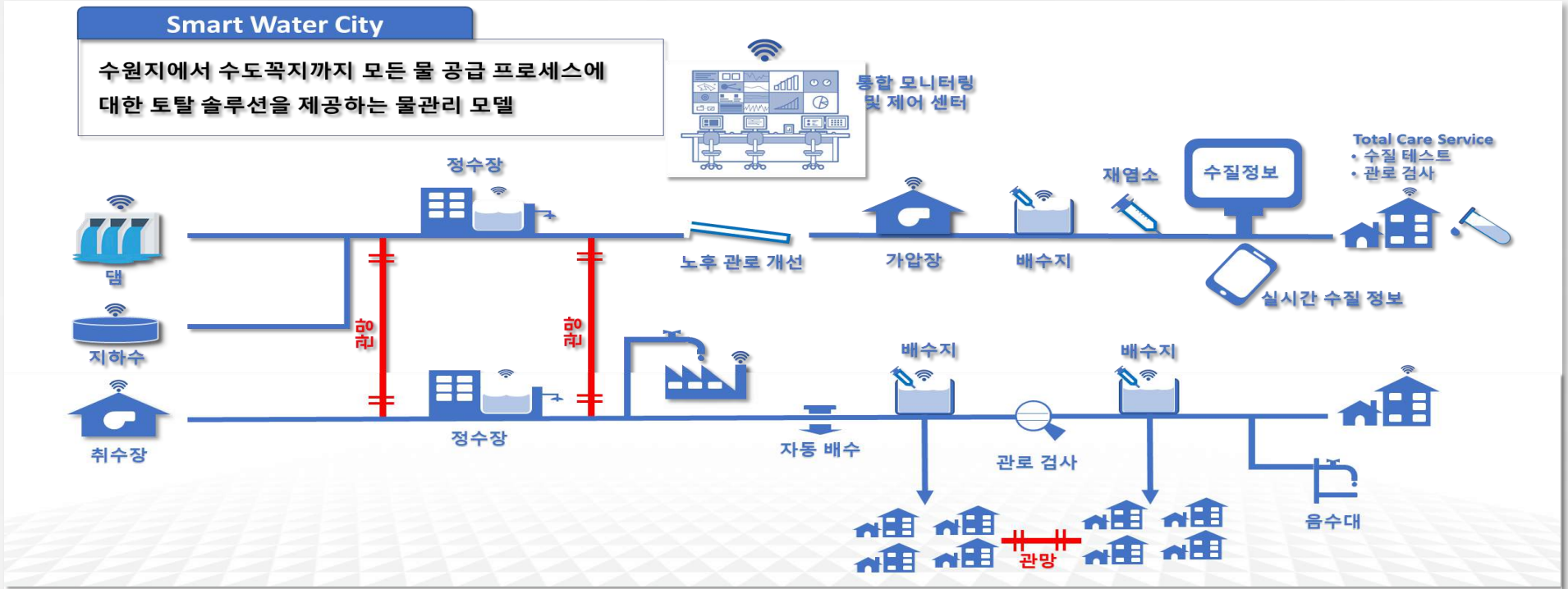
## IV. 마무리 및 성공전략



## 1. 들어가며 [General]

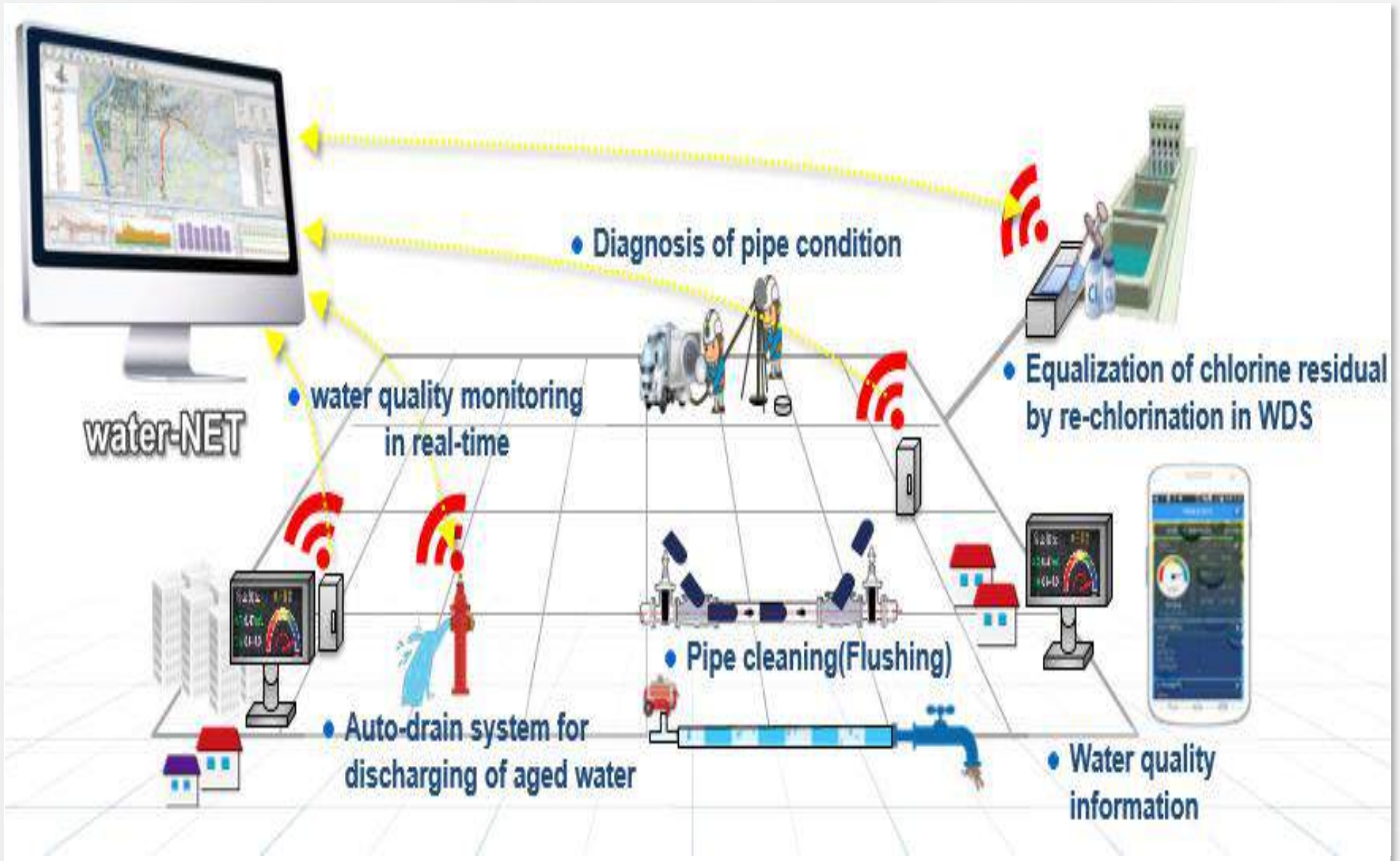


# Water Supply & Treatment System





# Distribution Networks







Centrifugal Water Pumps, 2900 Rpm, Electri...



Centrifugal Pumps Manufactu...



Centrifugal Pump | Water...



MS Butterfly Valve at Rs 120...

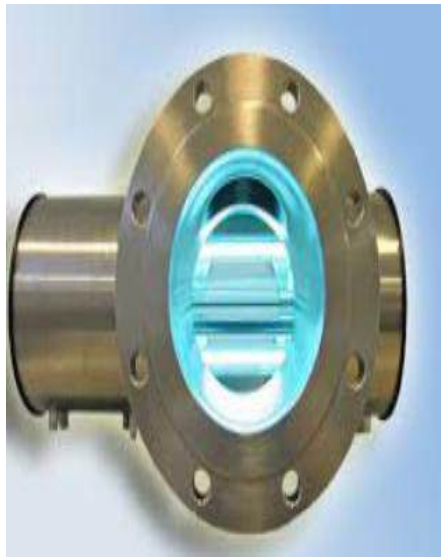


Butterfly Valves from Hattersley



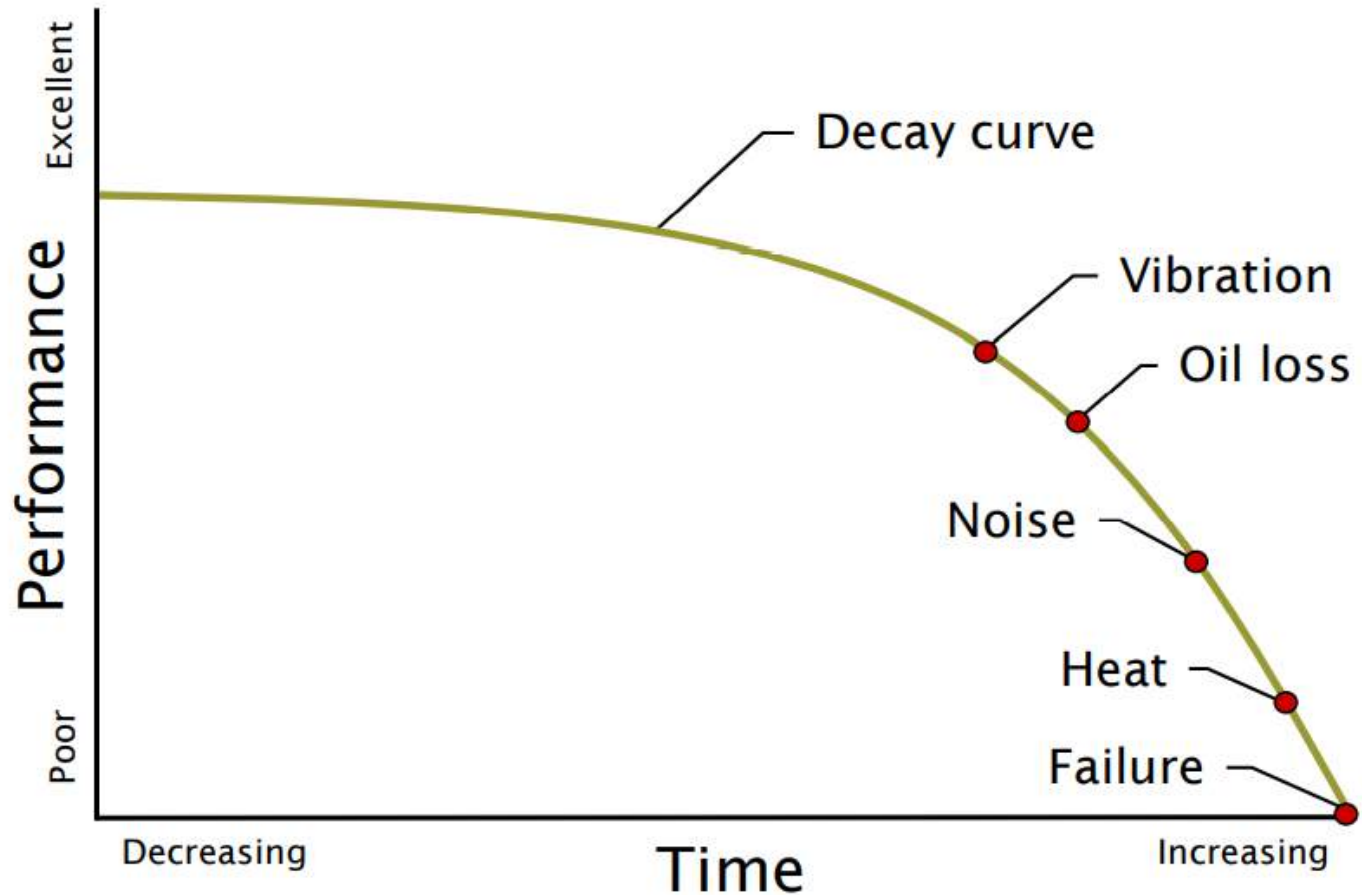
Kirloskar Butterfly Valves at...

# Water Treatment Facilities



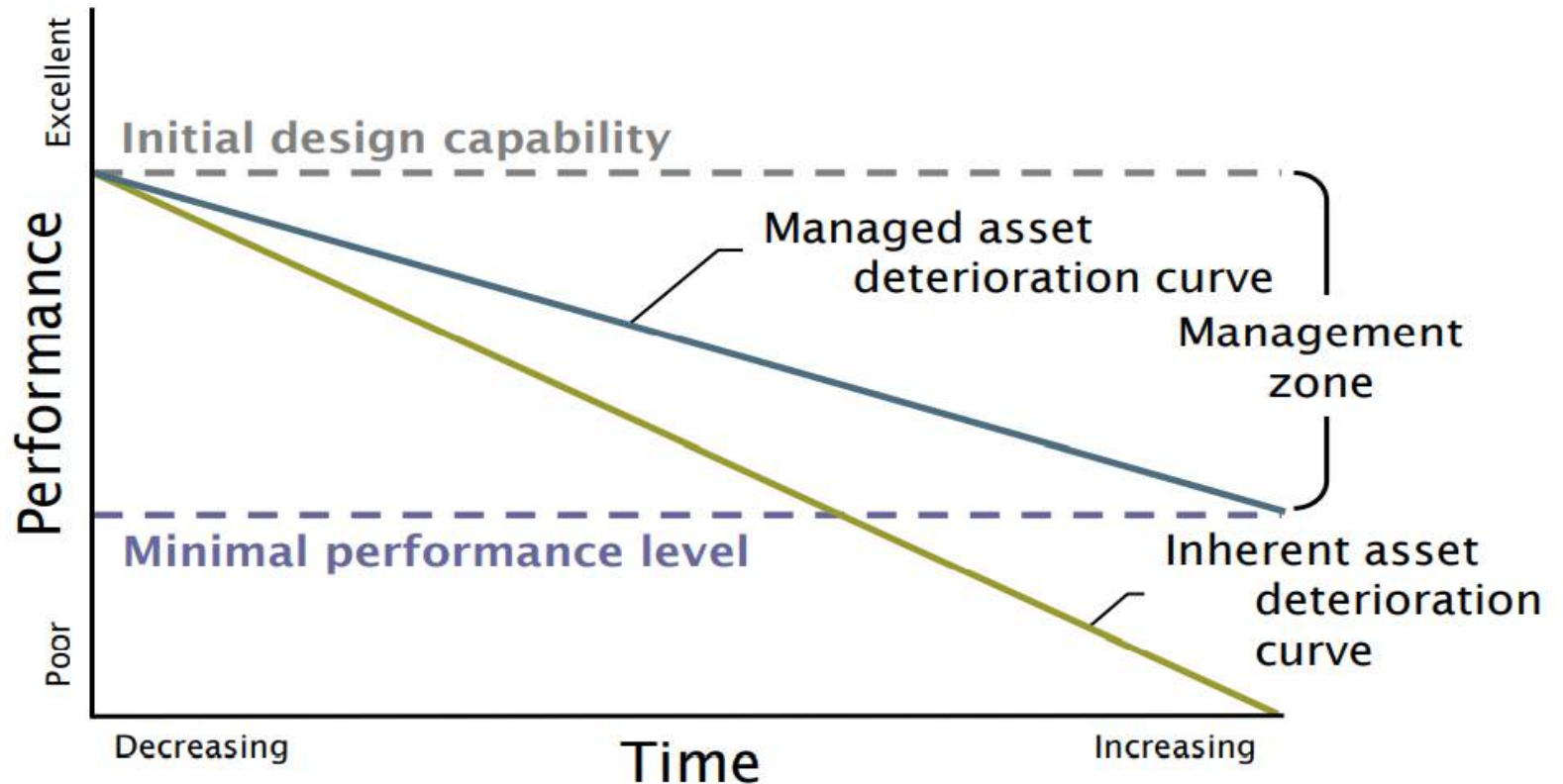


## Monitoring performance is a key to *reliability*





## Managing asset deterioration



“Failure is...the inability of any asset to do what users want it do to.”  
John Moubray



◇춘천시의 수돗물 대란이 소양취수장 취수펌프 밸브 연결부위 파손으로 확인된 가운데 지난 9일 긴급 보수공사가 이뤄지고 있다. 사진=연합뉴스



## < 관로사고 사례 >



○ 낮은 수도관 누수로 인한 토사 유실과 함께 지반침하 발생(20.8.26, 구리)



○ 노후상수도관 파열로 도로 균열, 인근 지하 주차장 침수 (20.2.7, 부산)



○ 노후상수관 파손으로 인한 333세대 단수, 도로침수 발생(20.2.20, 인천)



○ 대구 서구 뿔리 4거리 상수도관 파열(18.7.25, 대구)



○ 부산 해운대구 중동 노후상수도관 파열 차량 전복(04.5.19, 부산)



○ 부산 연제구 거제동 상수도관 파열(17.6.20, 부산)

## < 인천시 적수사고, '19 >



성년 민심('19.6)



인천시정 시계('19.6)



시민단체, 정계 인천 적수 대책 마련 요구 등



## < 전국 유충사고, '20~21 >



유충언론보도



인천/제주 유충사과



전국 유충발생 사진

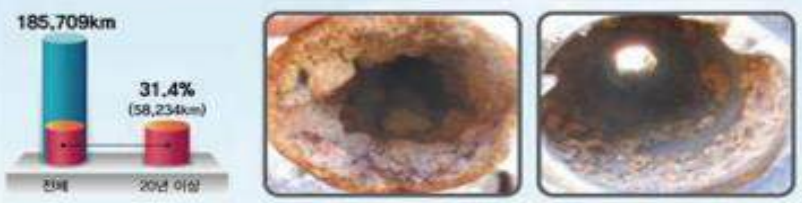


# 상수도시설의 급격한 노후화

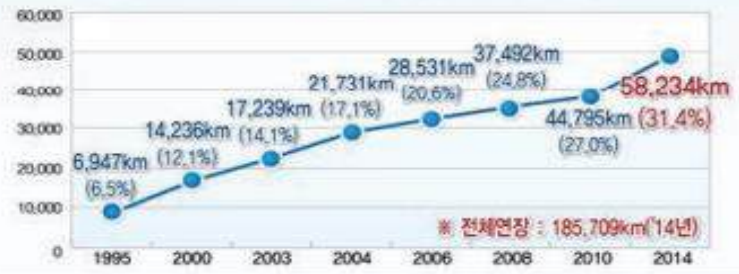
## I 지방상수도 현주소

### 1 지방상수도시설 노후화

#### I 노후 상수관로



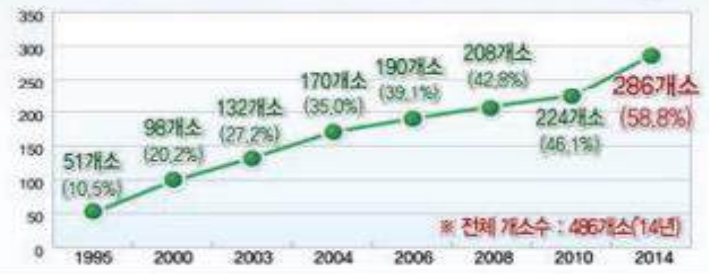
- 상수도시설 개량 지연으로 노후화 누적
  - 상수관망 교체율 1%에 불과, 전체 갱신 100년 소요
  - 20년 이상 노후관 비율이 1995년 6.5%에서 2014년 31.4%로 증가



#### I 노후 정수장



- 정수장 노후화 현황
  - 20년이상 노후정수장 비율이 1995년 10.5%에서 2014년 58.8%로 증가
  - 향후 5년안에 20년이상 경과된 노후정수장 70.5%(343개소)로 증가



### 정비투자 지연시 상수도 시설의 급격한 노령화



## III

# 지방상수도 현대화사업 추진방향

## 2

### 수도사업 경영개선 노력

#### I 경영수지 악화 주요인

##### • 낮은 요금 현실화율

- 10년간 수도요금 25% 인상, 생산원가는 47% 상승
- 요금현실화율은 89%에서 76%로 하락



#### I 수도사업 경영개선 방안 수립

##### • 요금 현실화

- 수도사업 경영개선을 위하여 수익자부담원칙과 서비스원가주의에 입각한 요금현실화

##### • 원가절감

- 운영인력의 전문화 등을 통해 운영비용 절감
- 지자체간 통합운영으로 중복기능 제거, 중복투자 방지
- 유수율 관리 및 시설 현대화로 생산비용 절감

##### • 자산관리 기법도입

- 자산인벤토리 데이터베이스 구축
- 진존수명예측 및 리스크 분석을 통한 최적투자계획 수립

##### • 우수기술(제품) 사용

- 법정 우선구매 제품 적용
- 우수기술(제품)을 적용한 스마트 유지관리 시스템 구축으로 운영관리비용 절감





## 수도 시설물의 노후화가 지속적 증가하는 추세로, 이에 따른 유지관리비용 급격히 증가

### 노후화 현황

- 관로시설 : 전체 관로(5,681km) 중 30년 이상 경과한 관로는 16.2%(921km), '30년에는 46.3%(2,631km)까지 증가
- 정수시설 : 전체 시설 43개소 중 30년 이상 경과 시설 13.9%(6개소), 20년 이상 경과 시설 34.8%(15개소)

### 유지관리비

- 전체 유지관리비용 중 매년 개대체 비용이 70%이상 차지, '10년 대비 약 1.8배 유지관리비용(1,578억원) 증가
- 2008년 이후 시설물 유지관리를 위한 개대체 비용이 신규 건설비용을 추월

(경과년도별 광역 및 공업용수도 관로현황)

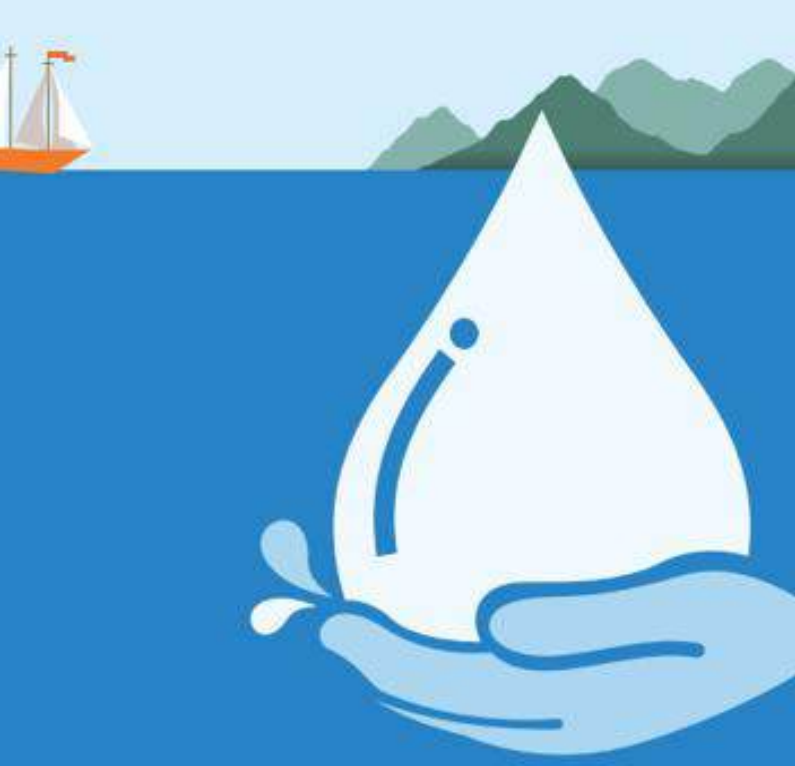
구분	2020년		2030년	
	연장(km)	비율(%)	연장(km)	비율(%)
소계	5,681	100.0	5,681	100.0
30년 이상	921	16.2	2,631	46.3
20년~29년	2,171	38.2	2,279	40.1
20년 미만	2,589	45.6	771	13.6

(최근 10년간 연도별 수도시설 유지관리비용)



(광역(상) 신규 건설 및 개대체 비용 투입현황)

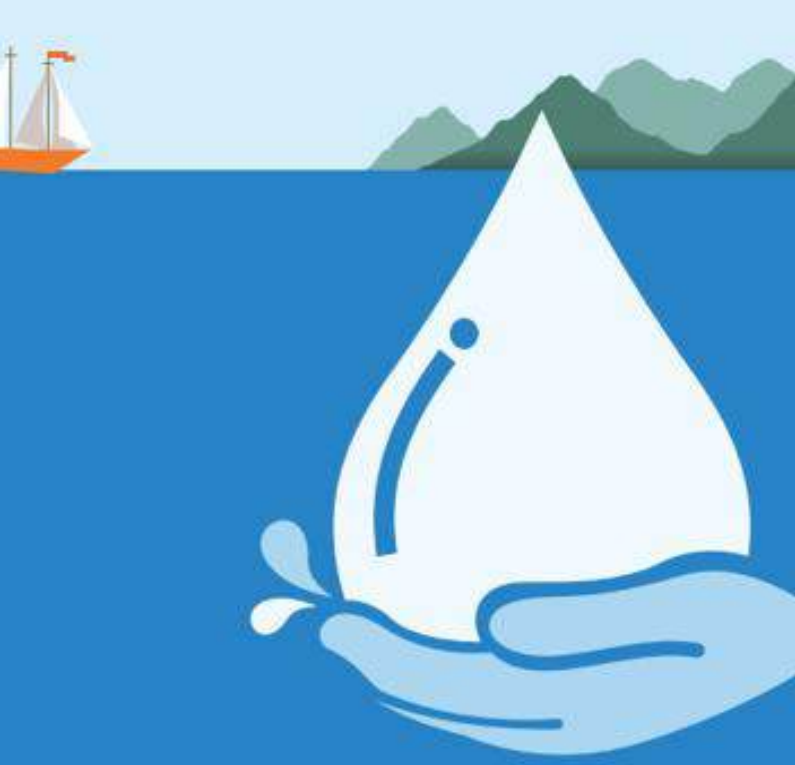




## II. 자산관리계획수립 절차 및 방법

A Best Practices Guide for Asset Management

**(USEPA)**



# AMP based on **EPA** Guide



## Asset Management: A Best Practices Guide



### Introduction

#### *Purpose*

This guide will help you understand:

- What asset management means.
- The benefits of asset management.
- Best practices in asset management.
- How to implement an asset management program.

#### *Target Audience*

This guide is intended for owners, managers, and operators of water systems, local officials, technical assistance providers, and state personnel.



# 자산관리 관련용어 설명



약어	영문	국문	약어	영문	국문
LoS	Level of Service	서비스(운영관리) 수준	CAP	Condition Assessment Protocol	상태평가규약
FMEA	Failure Mode &Effect Analysis	장애모드 및 영향 분석	RTF	Run To Failure	장애(고장) 발생 시 까지 운전
BRE	Business Risk Exposure	사업 위험 노출도	FM	Failure Mode	장애 유형
PoF	Probability of Failure	장애 확률 (가능성)	MEERA	Modern Equivalent Engineered Replacement Asset	현가기준 동급 교체 자산
CoF	Consequence of Failure	장애 영향 파급 결과	TBL	Triple Bottom Line	사회, 경제, 환경 등 3개 핵심 분야 영향 (서비스, 비용 등) 분석
Red	Redundancy	여유도	AMP	Asset Management Plan	자산관리계획
RPN	Risk Priority Number	위험도 (우선) 지수	WFM	Water Facility Management	시설물 관리 시스템
ORDM	Optimized Renewal Decision Making	최적 갱신 의사결정	AMS	Asset Management System	자산관리 시스템
LCC	Life Cycle Cost	생애주기비용	GIS	Geographic Information System	지리정보시스템
CAPEX	Capital Expenditures	자본투자	US EPA	Environmental Protection Agency	미국 환경 보호청
OPEX	Operating Expenses	운영비용	IIMM	International Infrastructure Management Manual	국제 인프라 관리 매뉴얼



## 자산관리 (Asset Management) ?



❖ is **maintaining a desired level of service for what you want your assets to provide at the lowest life cycle cost**. Lowest life cycle cost refers to the best appropriate cost for repairing rehabilitating or replacing an asset

☞ **최소의 유지관리비용**(수선유지, 갱생, 교체) 으로 **자산본래의 기능을 유지시켜** 요구되는 **서비스수준을 지속하게** 하는것

❖ is a **systematic process** of operating, maintaining, and upgrading assets **cost-effectively**

☞ 가장 **경제적**으로 각종 자산들을 **운영**하고 **유지**하며 **upgrade**(기능개선) 와 관련된 체계적인 **업무처리 절차**

**가장 경제적**으로 요구되는 수도물 공급서비스를 **지속**하기위한 **상수도시설 운영 및 유지관리 고도화 전략 (개대체투자계획수립 절차및방법)**

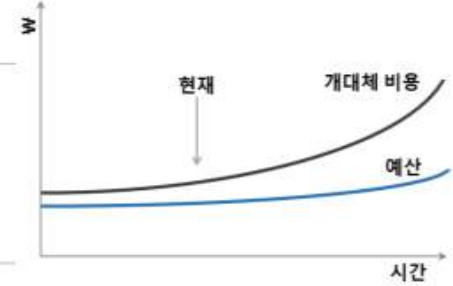


# 자산관리 개념 [Asset Management]



## 자산관리란?

- 내용연수 기반이 아닌 상태평가를 통한 잔존수명 예측, 위험도 분석, 우선순위 등 과학적인 의사결정체계(한정된 예산의 합리적 배분 가능)





# Challenges & Business Environment [당면현안 및 사업환경]

## Challenges

- ☑ Determining the best (or optimal) time to rehabilitate/repair/replace **aging** assets.
- ☑ Loss of knowledge with personnel **retirements**.
- ☑ Overcoming resistance to **rate** increases.
- ☑ Rising service expectations of **customers**.
- ☑ Increasingly **stringent regulatory** requirements.
- ☑ Responding to **emergencies** as a result of asset failures.
- ☑ Larger and more **sophisticated facilities**.

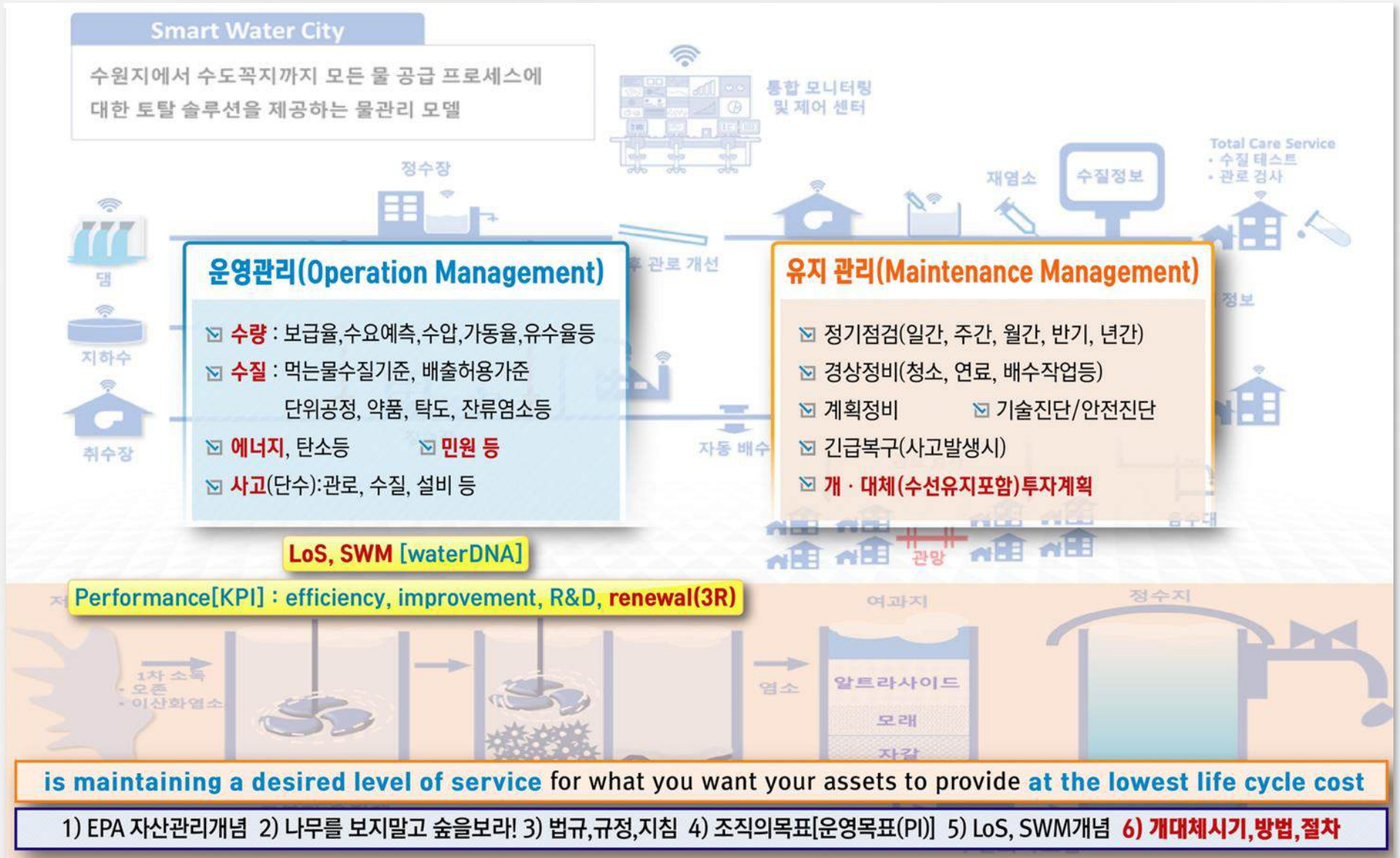
## Business Environment

- ☑ Demand to do more with **existing resources**.
- ☑ Need to make every dollar work—to better use **capital & operating budgets**.
- ☑ Move from reactive to **proactive work** environment.
- ☑ Transition from building & operating to **managing assets**.
  - ☐ Extending **asset life**
  - ☐ Optimizing **maintenance & renewal**
  - ☐ Developing accurate long-term **funding** strategies
  - ☐ Sustain long-term **performance**

기존자원을 최대한 활용, O&M업무 과학화 · 최적화를 통한 고객서비스 (욕구, 규제, 비상상황 등) 제고전략

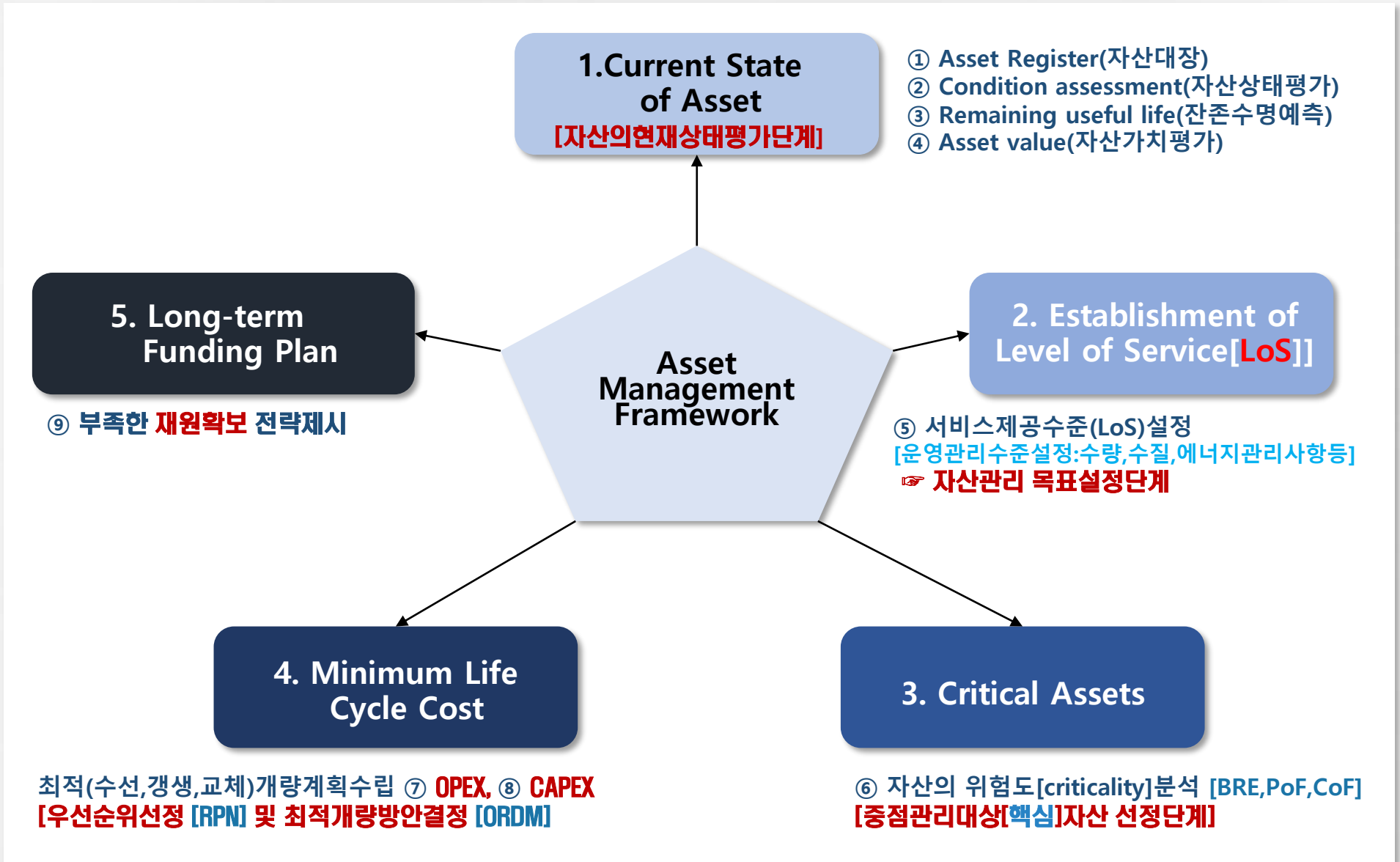


# 운영 및 유지관리업무 (Operation & Maintenance Management Practices)





# 자산관리 핵심요소 및 절차 (5 Cores & 10 steps)





# Details for Evaluation of Current State of Asset



You should ask:

- What do I own?
- Where is it?
- What is its condition?
- What is its useful life?
- What is its value?

Best practices include:

- Preparing an **asset inventory** and system map.
- Developing a **condition assessment** and **rating** system.
- Assessing **remaining useful life** by consulting projected-useful-life tables or decay curves.
- Determining **asset values** and **replacement costs**.

## EPA Core1

- 자산관리업무 첫 단계이며 시간이 가장 많이 소요되는 **자산대장(목록)작성단계 (On-going process)**
- 자산분류 기준 및 체계에 따라 **모든 데이터**를 일정한 기준에 의해 체계적으로 관리

**자산 Inventory**

- 자산 계층 기준에 따른 자산코드, 자산명, 상위 자산에 대한 Lat
- 정기 점검 이력
- 개체세, 유지보수 이력
- 가용/미정전된 이력 등

**유지관리 이력**

모든 데이터

표준 설정

체계적 분류

**Asset register [자산대장작성]**

**Register 주요 구성 요소**

- 자산 코드와 연계된
  - ✓ 물리적 제원
  - ✓ 지리정보(GIS)
  - ✓ O&M Manual
  - ✓ 도면과 사진
  - ✓ 생애주기 비용(LCC)
  - ✓ 수신유지 이력 (사고,고정,계기세제 포함)

- 기술 및 안전 진단결과, 유지관리이력(사고,고장유형, 빈도등) 및 현재 작동상태 등을 분석, **정성(정량)적으로 평가, 계량화(numerical ranking)**하는 단계
- 진단결과가 없거나 전조수명 예측에 필요한 데이터가 부족한 자산에 대한 추가 검토

**상태평가 규약 (CAP: Condition Assessment Protocol)**

Step Approach 기준에 따라 자산을 분류하고, 분포 등급별 상이한 상태평가 기법 적용

**자산상태평가**

Condition Assessment Protocol

Failure Mode

Efficiency

Failure Mode 결정 절차

- 자산의 현재 상태를 정량적방법으로 평가하는 가장 중요한 단계로서, **자산 중요도 및 data취득유무**에 따라 방법결정
- 자산의 위험도(BRE) 및 투자우선순위(RPN)평가시 기본자료로 활용

**잔존수명예측**

자산의 중요도 및 데이터 입/출력 따라 방법 결정

자산의 현재 상태를 정량적 방법으로 평가하는 가장 중요한 단계로서, 자산 중요도 및 data취득유무에 따라 방법 결정

자산의 위험도(BRE) 및 투자우선순위(RPN)평가시 기본자료로 활용

잔존수명 예측 방법

잔존수명 예측

잔존수명 예측

- 자산의 상태평가 및 전조수명예측 결과를 토대로 **현재 자산가치를 비용으로 평가하는 단계**
- 단위자산에 대한 생애주기비용(LCC) 및 자산교체비용 산정 DB 구축후 **ORDM**의사결정시 활용

**자산가치평가**

생애주기비용 정의

자산가치평가

자산가치평가

자산가치평가

자산가치평가



# Details for Establishment of LoS & Risk Analysis

You should ask:

- What level of service do my stakeholders and customers demand?
- What do the regulators require?
- What is my actual performance?
- What are the physical capabilities of my assets?

Best practices include:

- Analyzing current and anticipated **customer demand** and satisfaction with the system.
- Understanding current and anticipated **regulatory requirements**.
- Writing and communicating to the public a level of service **"agreement"** that describes your system's **performance targets**.
- Using level of service standards to track **system performance** over time.

## EPA Core2



You should ask:

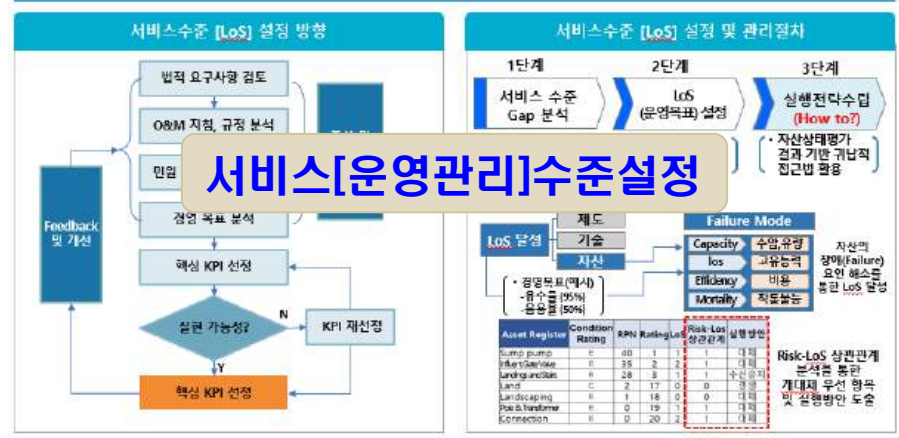
- How can assets fail?
- How do assets fail?
- What are the likelihoods (probabilities) and consequences of asset failure?
- What does it cost to repair the asset?
- What are the other costs (social, environmental, etc.) that are associated with asset failure?

Best practices include:

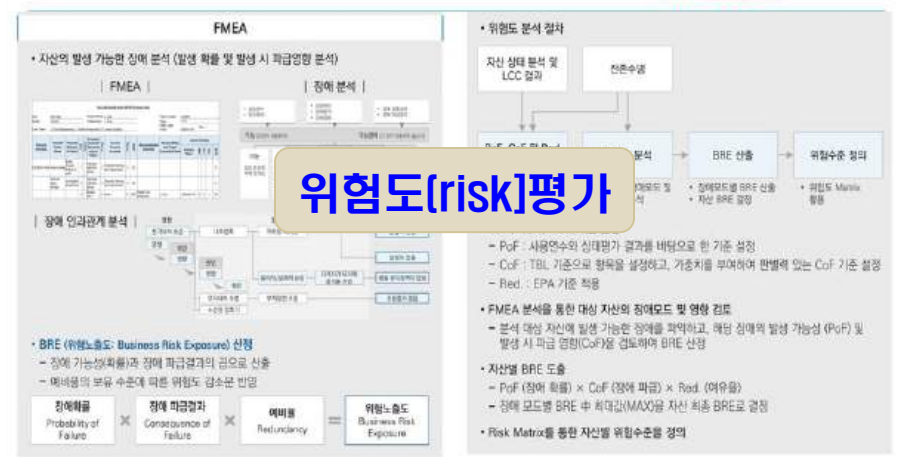
- Listing assets according to how critical they are to **system operations**.
- Conducting a failure analysis (root cause analysis, **failure mode analysis**).
- Determining the **probability** of failure and listing assets by failure type.
- Analyzing failure risk and **consequences** using asset decay curves.
- **Reviewing and updating** your system's vulnerability assessment (if your system has one).

## EPA Core3

- **운영관리수준(자산관리목표)**을 설정하는 자산관리계획수립의 가장 중요한 단계  
→ 자산의 상태평가(EPA 1단계) 결과와 조직의 경영능력 등을 감안한 합리적 목표 설정 필요
- 기본 목표 : 환경법규(수질 기준 등) 준수사항, 고객, 운영관리규정 및 지침사항 등 (**Gap분석** 수행)
- 전략 목표 : **조직의 경영목표** 달성 및 **운영고도화(현안) 관련사항** 등



- 자산의 현재상태평가(2STEP)결과를 토대로 장래 **발생할수있는** 사업위험노출도(BRE)를 산정, **운영관리상 위험(중점관리대상)자산을** 도출하는 과정
- 상태평가결과 하위그룹으로 평가된 자산 및 핵심자산을 중심으로 **FMEA기법**을 적용, **위험노출도(BRE)**를 산정





# Details for Min. Life Cycle Cost & Funding Strategy

You should ask:

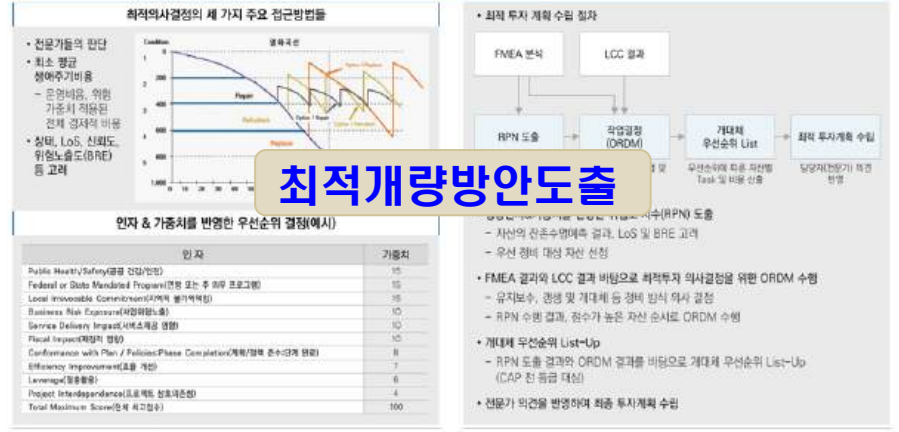
- What alternative strategies exist for managing O&M, personnel, and capital budget accounts?
- What strategies are the most feasible for my organization?
- What are the costs of rehabilitation, repair, and replacement for critical assets?

## EPA Core4

Best practices include:

- Moving from reactive maintenance to **predictive** maintenance.
- Knowing the costs and benefits of **rehabilitation versus replacement**.
- Looking at lifecycle costs, especially for **critical assets**.
- Deploying resources based on **asset conditions**.
- Analyzing the **causes of asset failure** to develop specific response plans.

•RUL, LoS 및 BRE산정결과를 기반으로 자산위험도지수(RPN)를 산정, 투자 우선순위를 선정하고 최적투자 계획(Repair, Rehabilitation, Replacement)수립 의사결정단계



You should ask:

- Do we have enough funding to maintain our assets for our required level of service?
- Is our rate structure sustainable for our system's long-term needs?

## EPA Core5

Some strategies to consider:

- Revising the **rate structure**.
- Funding a dedicated reserve from current **revenues** (i.e., creating an asset annuity).
- **Financing** asset rehabilitation, repair, and replacement through **borrowing or other financial assistance**

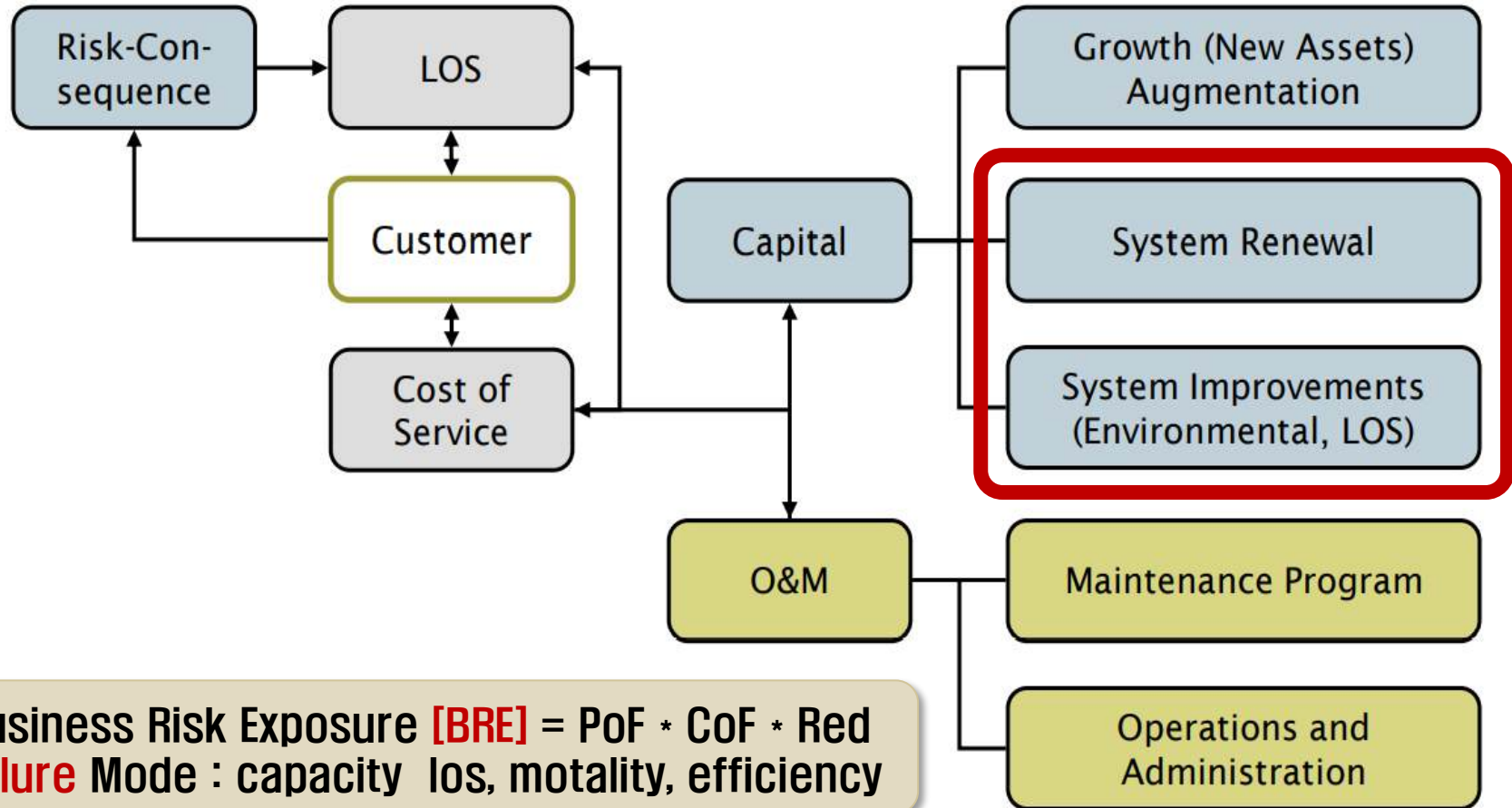
•자산의 상태평가결과 및 위험도지수(RPN)등 객관적, 과학적 분석자료를 토대로 서비스수준(LoS) 지속 유지를 위한 부족재원마련 전략수립 단계  
•합리적 분석자료로 이해당사자(Stakeholder) 설득을 통한 요금인상 추진, 차입 등 장기 재원확보 전략 제시





# The Big Picture [자산관리 핵심개념도]

## 자산상태평가 [condition assessment] 및 Risk 예측기반 유지관리 [개대체투자계획] 고도화 전략



**Business Risk Exposure [BRE] = PoF \* CoF \* Red Failure Mode : capacity los, motality, efficiency**



## Idea 5 : Failure Mode - Guided

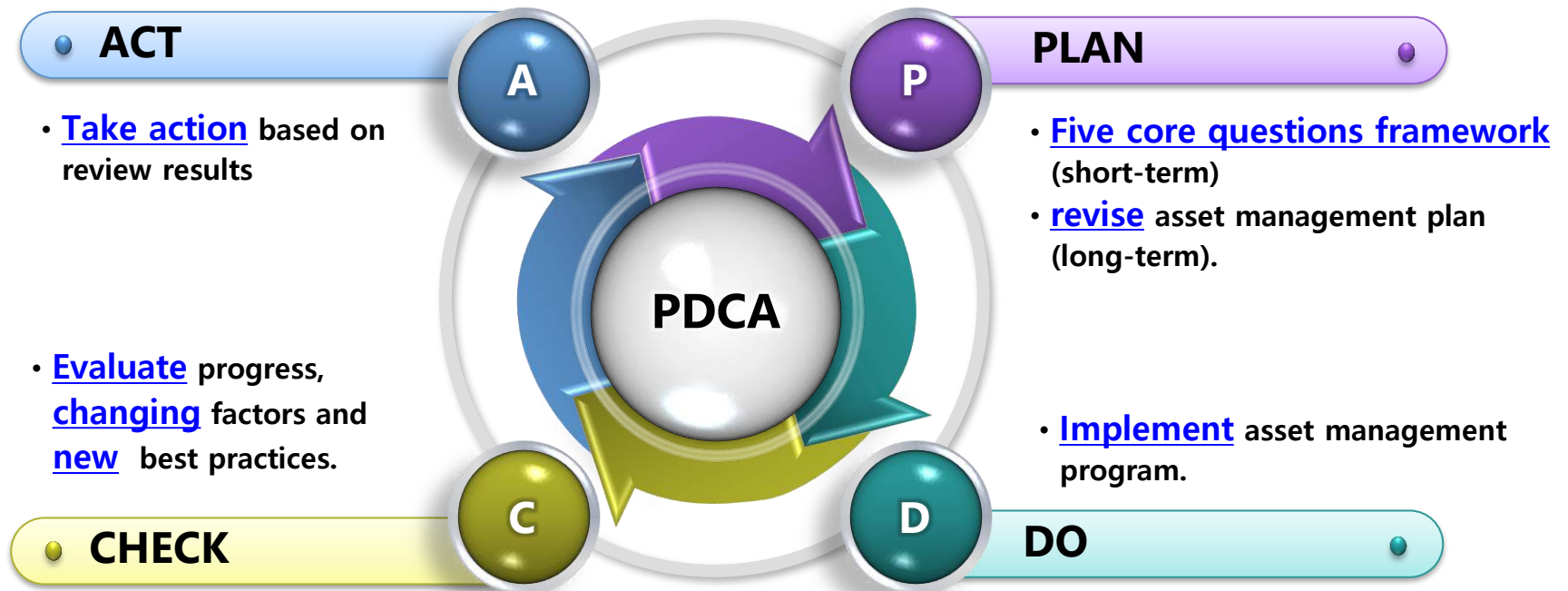
<i>Failure Mode</i>	<i>Definition</i>	<i>Tactical Aspects</i>	<i>Management Strategy</i>
<b>Capacity</b>	Volume of demand exceeds design capacity	Growth, system expansion	(Re)design
<b>LOS</b>	Functional requirements exceed design capability	Codes & permits: NPDES, CSOs, OSHA, noise, odor, life safety; service, etc.	(Re)design
<b>Mortality</b>	Consumption of asset reduces performance below acceptable level	Physical deterioration due to age, usage (including operator error), acts of nature	O&M optimization, renewal
<b>Efficiency</b>	Operations costs exceed that of feasible alternatives	Pay-back period	Replace



## 이행 [Implementation] 및 Feed-Back



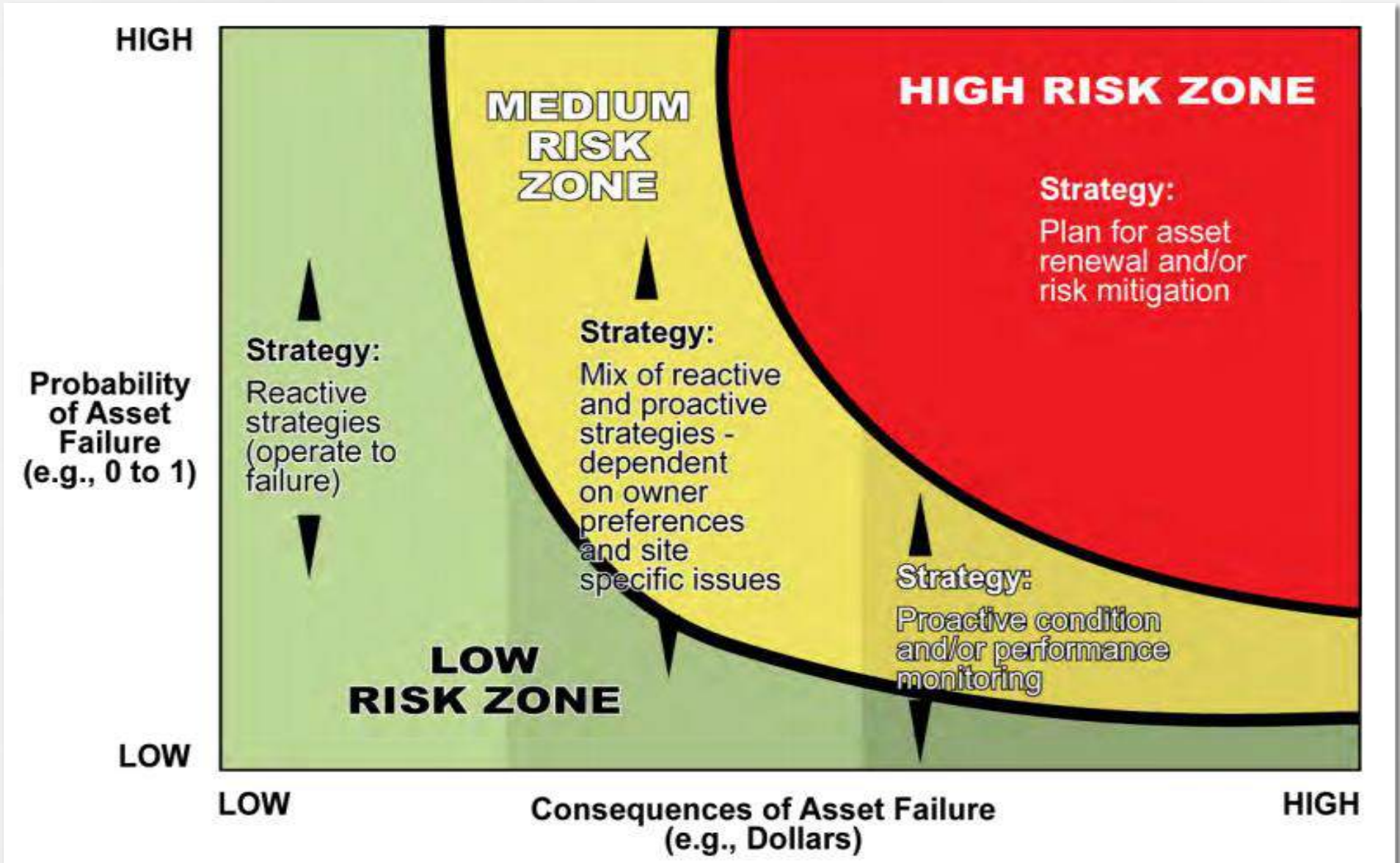
- ❖ The five core questions framework for asset management is the **starting point** for asset management.
- ❖ Beyond planning, asset management should be **implemented to achieve continual improvements** through a series of **“plan, do, check, act” steps**.



자산관리계획수립 [AMP]은 시작점이 불과, 서비스[LoS]유지 및 개선을 위해서는 “PDCA” 기법에 따라 핵심성과지표[KPI]와 연계, 운영관리업무 핵심 tool로 활용, 지속적으로 수정,보완 하는 것이 더 중요

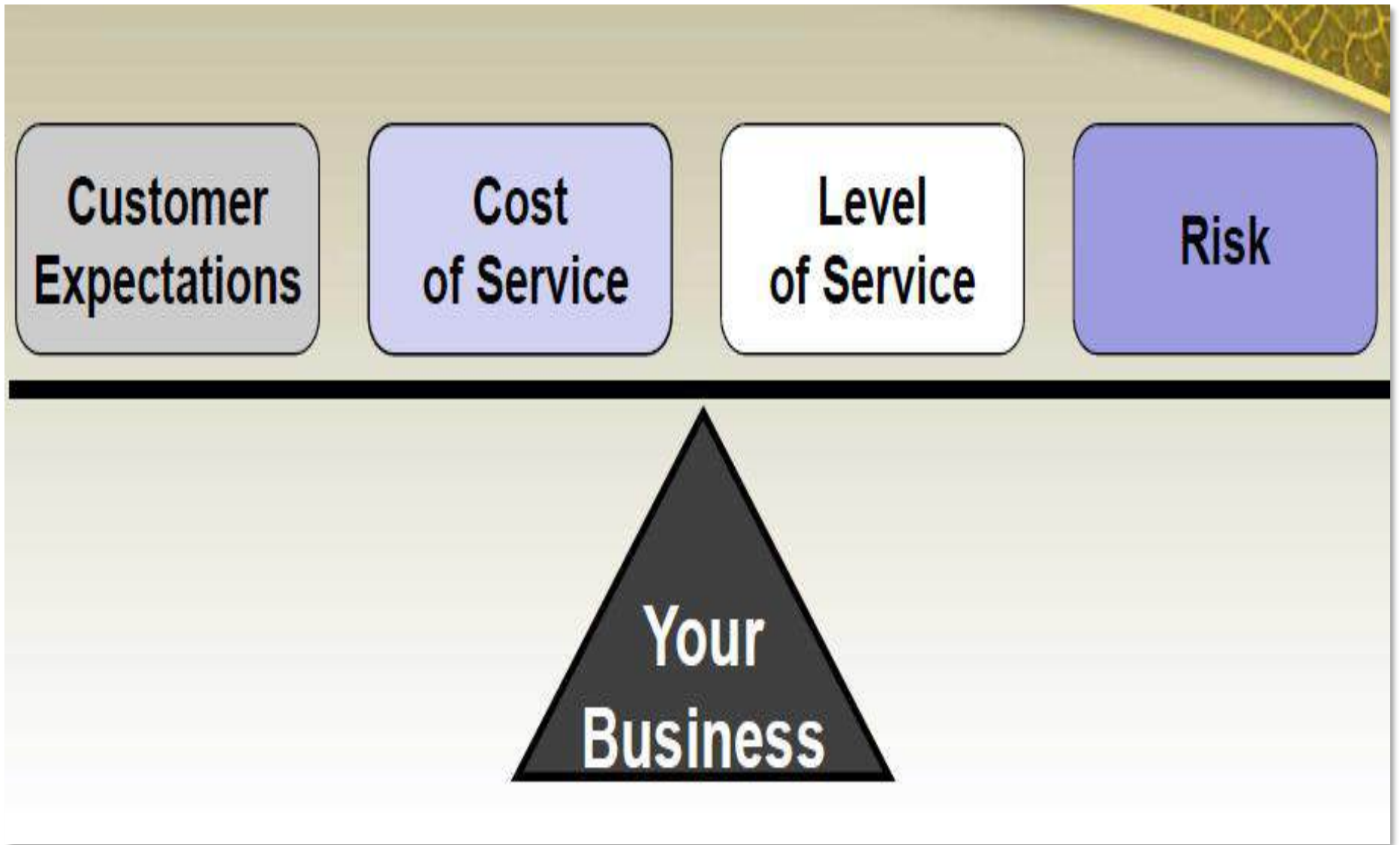


# Business Risk Exposure [BRE] 결과 조치전략



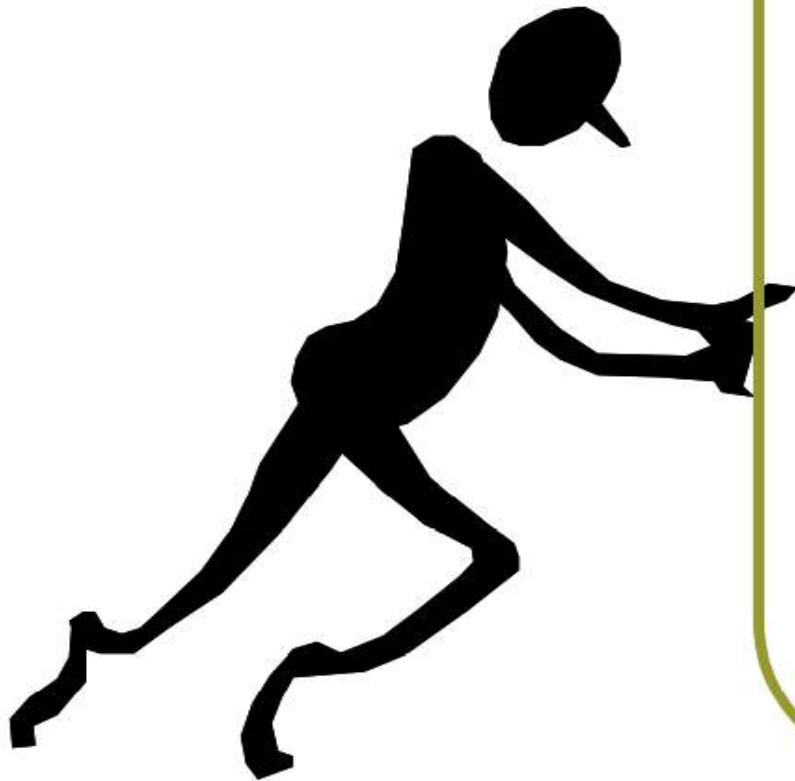


# Asset Management Model





## Realistic Expectations on Asset Management



- Takes several years of detailed, *nitty-gritty work* to fully deploy
- Requires eventual *buy-in* commitment of the whole organization
- Needs *upfront* investment to get started, with *hidden* returns for initial years

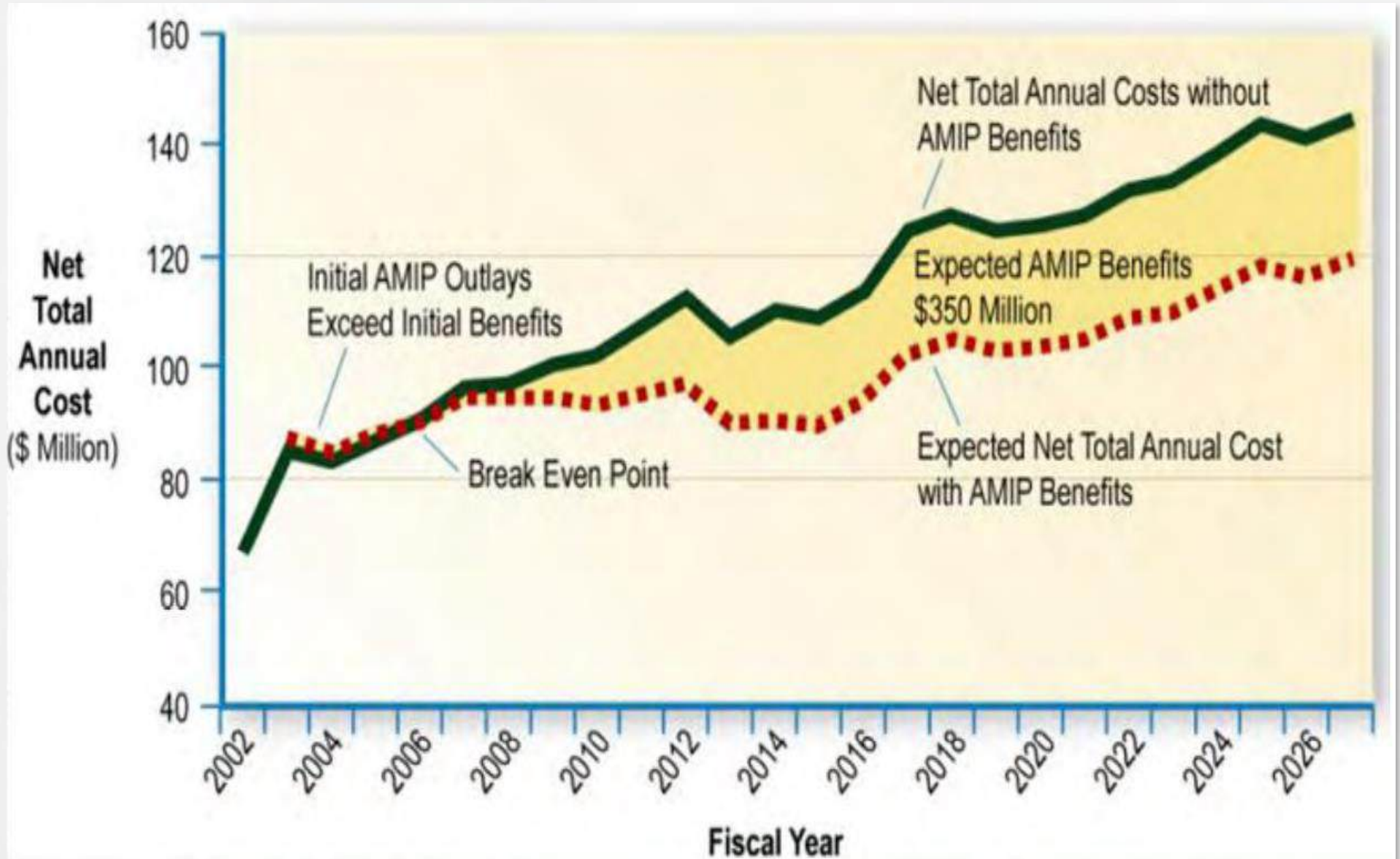


- Reduced life cycle costs from better-focused (redirected) resource use
- Better value-per-dollar spending
- Confidence in decision-making

The right work,  
the right investment,  
at the right time,  
for the right  
reasons.



# Making Business Case for AM





# Condition Based Maintenance [CBM]



"Nameplate" Data

+

Vibration Signature

Sonic Signature

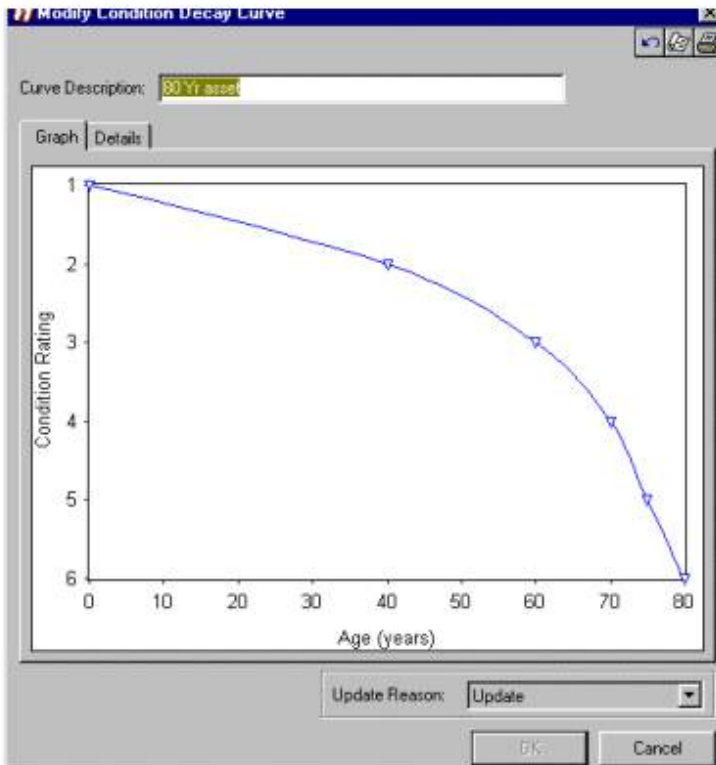
Thermal Signature

Electrical Signature

Performance Signature

Oil Residue Signature

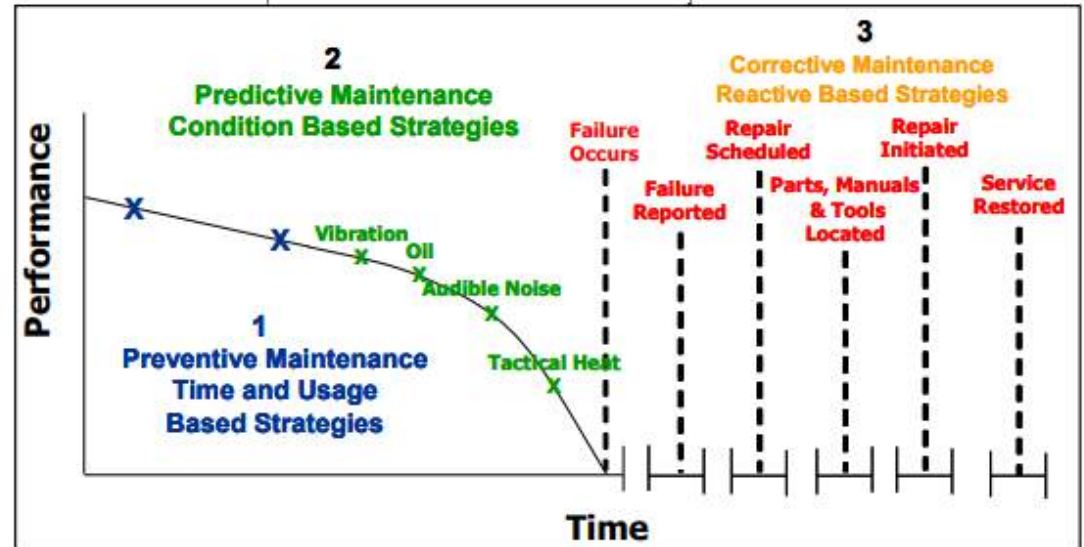
Electro-magnetic Signature

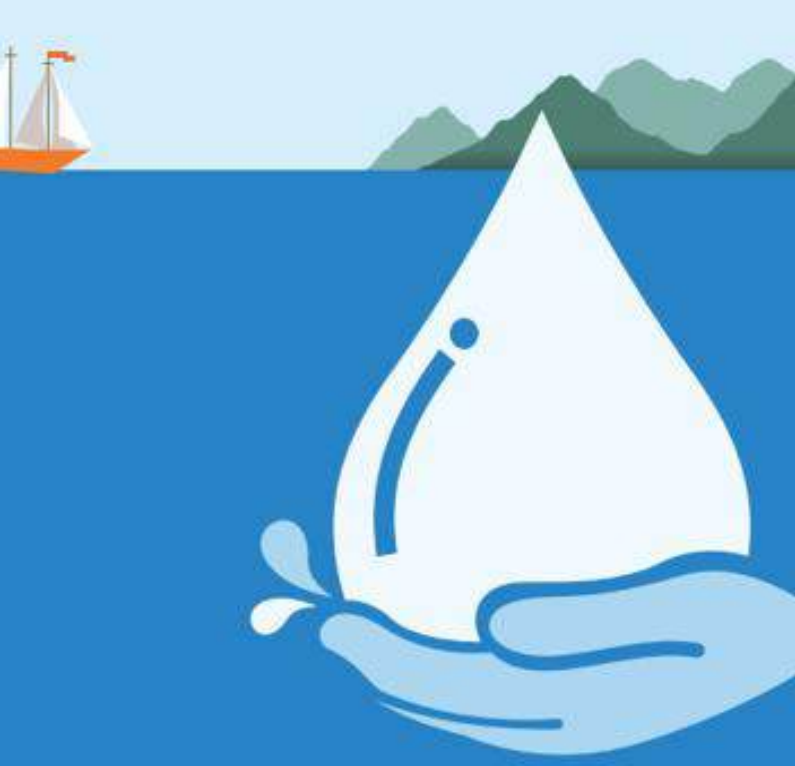


Some failures

Are significant

Are not significant





### Ⅲ. 국내 추진현황



# 국내 수도사업자 자산관리 추진현황



발주처	상세	준공 예정일	과업 대상	과업 범위	비고
서울특별시	기본계획	'20.12 (365일)	서울시 상수도 시설물	- 유지관리 및 관련 시스템 현황 조사 및 분석 - 자산관리체계도입기본계획(SP)수립	
부산광역시	부산광역시	'22.01 (540일)	부산시 전 상수도 시설물	- 5 Step (US EPA 기준) - 시스템 구축 병행	
K-water	1권역 (동해/단양)	'22.06 (540일)	동해시, 단양군 전 상수도 시설물	- 1 Step (US EPA 기준) - 시스템 구축 (1Step 만 구축)	
	2권역 (의성/예천)	'22.06 (540일)	의성군, 예천군 전 상수도 시설물	- 1 Step (US EPA 기준) - 시스템 구축 (1Step 만 구축)	
	광역/공업	'22.06 (540일)	수도권 I 단계(광역), 울산 I 단계(공업) 전 상수도 시설물	- 5 Step (US EPA 기준) - DB 구축 및 Logic 개발, 시스템 별도	
		'23.02 ~ '24.08(진행중)	수도권 II,III,IV 단계(광역), 울산 II단계, 거제(공업) 전 상수도 시설물	- 5 Step (US EPA 기준) - DB 구축 및 Logic 고도화, 시스템 별도	
지자체	나주시	'22.06 (540일)	나주시 전 상수도 시설물	- 5 Step (US EPA 기준) - 시스템 구축 병행	
	대전광역시	'22.02 (420일)	대전시 상수도사업본부 전 소유 자산	- 5 Step (US EPA 기준) - 시스템 마스터플랜 수립	
	부안군	'22.06 (540일)	부안군 전 상수도 시설물	- 5 Step (US EPA 기준) - 시스템 구축 병행	
	수원시	'22.05 (540일)	수원시지방상수도 관망시설 및 정수시설	- 5 Step (US EPA 기준) - 시스템 구축 병행	
	제주특별자치도	'22.06 (540일)	제주도 전 상수도 시설물	- 1 Step (US EPA 기준) - 시스템 구축 병행	
	창원시	'22.06 (540일)	창원시지방상수도 관망시설 및 정수시설	- 5 Step (US EPA 기준) - 시스템 구축 병행	

**K-water 사례를 Benchmarking 하여 업무분석 및 Logic개발과정 후 시스템을 구축하는 단계적 추진을 권장함**



# 배경 및 목적

## 과업기간 및 범위

- ☑ 과업명 : 광역 및 공업용수도 자산관리체계 **시범구축용역**
- ☑ 과업기간 : 2020.12.22 ~ 2022.06.20 18개월(540일)
- ▶ ☑ 과업 대상 범위
  - **수도권 1단계** : 관로 184.7km, 팔당1(취), 고양(정), 파주공업(정), 일산(가), 대자(가)
  - **울산공업 1단계** : 관로 164.3km, 원동(취), 온산(정), 온산(가), 염포(가)

## 추진배경 및 목적

- ☑ 현재 운영 · 관리중인 광역 및 공업용수도의 **시설의 증가 및 노후화** 진행으로 개대체 예산 및 **투자재원의 합리적 배분** 필요
- ▶ ☑ 증가하고 있는 **고객서비스** 욕구 사항에 대한 체계적 대응 능력 제고
- ☑ 당면 현안 과제를 적기 해결하기 위한 **과학적 · 합리적** 새로운 **의사결정방법** 필요

## 추진 목표

- ☑ **개/대체 투자계획 수립 업무 고도화**
  - 매년 수행하는 개/대체 투자계획 수립 시 의사결정 지원 수단으로 활용
- ▶ ☑ **경영 계획과 일관성 유지**
  - 경영 계획과 자산관리 업무 일관성 유지를 통해 경영 효율성 제고
- ☑ **현장 활용성 강화**
  - 현장 활용도가 높은 시스템 개발을 통해 데이터 신뢰도 확보, 업무간소화, 유지관리 업무 효율 증대

## 과업 내용

- ☑ 자산관리 Logic 개발 및 시범대상지역 DB구축
- ▶ ☑ 확대보급을 위한 대가산정 기준 작성
- ☑ 자산관리 시스템 구축 방안 제시





# 자산관리 핵심요소 및 절차 (5 Cores & 10 steps)

## Key Point

✓ US EPA 5 Core(10step) Framework Model을 준용하여, RFP 충족과 대용량 광역 상수도 시설 특성을 감안한 자산관리체계(K-AMS : K-water-Asset Management System) DB 구축 및 로직 개발

### K-AMS 구성 및 핵심요소(5Core 10Steps)

#### 1 자산의 현재 상태 평가 단계

- Step1. Develop Asset Registry (자산대장개발)
- Step2. Condition Assessment (자산상태평가)
- Step3. Remaining Useful Life (잔존수명예측)
- Step4. Asset Value (자산가치평가)

#### 자산 관리(Asset management) ?

- ☑ **최소의 유지관리 비용**(수선유지(Repair), 갱생(Refurbish), 교체(Replacement))으로 **요구되는 서비스수준(운영관리수준)**을 지속하게 하는 것
- ☑ Asset management is maintaining a **desired level of service** for what you want your assets to provide **at the lowest life cycle cost.**  
*(US EPA Guideline, 2008)*

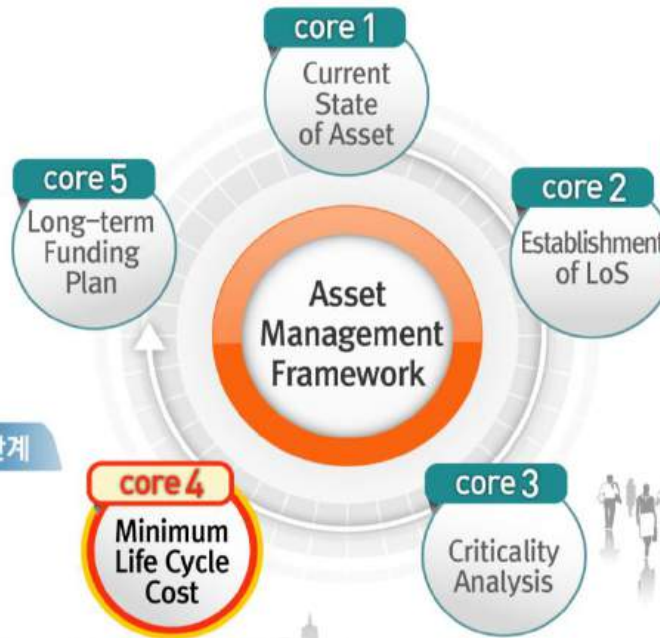
- Step 10. Build Asset Management Plan (자산관리 계획 수립)
  - 사업장 단위 자산관리계획 제시

#### 5 중장기 부족 자원 확보 전략 제시 단계

- Step9. Suggest Funding Strategy (재원 조달 전략 제시)
  - 자산 상태 기반 중장기 투자 소요 예산 제시
  - 적정 요금 산정 기초 Data 제시

#### 4 개·대체 투자 우선순위 및 최적 투자 계획 수립 단계

- RPN(우선순위), ORDM(최적개량방안) 수행
- Step7. OPEX(수선유지) 최적화
- Step8. CAPEX(개·대체) 최적화



#### 2 자산관리 목표 설정 단계

- Step5. Set Target Level of Service(LoS) (서비스수준 설정)
  - 수량 (유수율, 비계획단수), 수질 (탁도, 맛·냄새 등 8종), 에너지 (전력원단위), 운영현안사항 등

#### 3 위험(핵심) 자산 선정 단계

- Step6. Determine Business Risk
  - FMEA 기법으로 장애유형 및 영향분석
  - 사업 위험도(BRE) 산정 (PoF, CoF, Red, 기준 수립)



# K-AMS 단계별 세부 내용



## Key Point

✓ US EPA에서 제시한 Guide line(2008)을 토대로, 대규모 광역상수도 시설 특성과 K-water 운영 환경에 부합되도록 자산관리 체계 구성

### EPA (5Core 10Steps)모델

Core 1  
(Current State of Asset)  
자산의 현재상태평가

Core 2  
(Establishment of LoS)  
서비스 수준 설정

Core 3  
(Criticality Analysis)  
위험(핵심)자산 선정

Core 4  
(Minimum LCC)  
투자우선순위 및 최적투자계획 수립

Core 5  
(Long-Term Funding Plan)  
중장기 재원 확보 전략



### K-AMS 단계별 세부 내용

- ☑ WFM 기반 자산목록(인벤토리)과 각종 유지관리 이력 등 자료수집 및 DB화
- ☑ 자산의 특성과 상태평가 영향인자 등을 감안 15종 자산관리 모듈 개발
- ☑ 상태평가 수행이전, 자산별 장애유형(Failure Mode) 분석
- ☑ Step Approach 기법을 적용 CAP을 분류하고 상태평가(정량/정성) 수행
- ☑ (시설자산)상태평가 기반의 단일자산/다중자산 Decay Curve(회귀식) 모델 활용
- ☑ (관로자산)Failure Mode 기법을 활용하여 물리적, 경제적, 기능적 잔존수명예측
- ☑ 자산별 총 유지관리비용(LCC)과 교체비용을 산출, 자산별 작업 내용 및 비용정보를 DB화
- ☑ 개·대체 예산 우선투자 목적(자산관리목표로 활용)으로 LoS항목 및 목표(KPI)설정
- ☑ 설정된 LoS항목과 자산관리 모듈, 공정에 따라 자산관련도 도출
- ☑ 중점관리될 핵심(위험)자산을 도출. 장애확률(PoF)과 피해영향도(CoF)를 고려
- ☑ 잔존수명, LoS, BRE 결과를 기반으로 위험도지수(RPN) 산정, 투자우선순위 결정
- ☑ 최적 갱신방안(ORDM)을 수행하여 CAPEX/OPEX 대상 분류
- ☑ Task Library를 작성하여 최적 정비전략 도출. 연간 CAPEX/OPEX 계획 수립
- ☑ RPN 우선순위 기반 연간 예산에 맞는 투자계획 수립 및 추가 예산확보 기초 Data 제시
- ☑ Step1~9까지 결과를 바탕으로 자산단위별 포트폴리오, 사업장단위별 자산관리 계획 및 전략수립

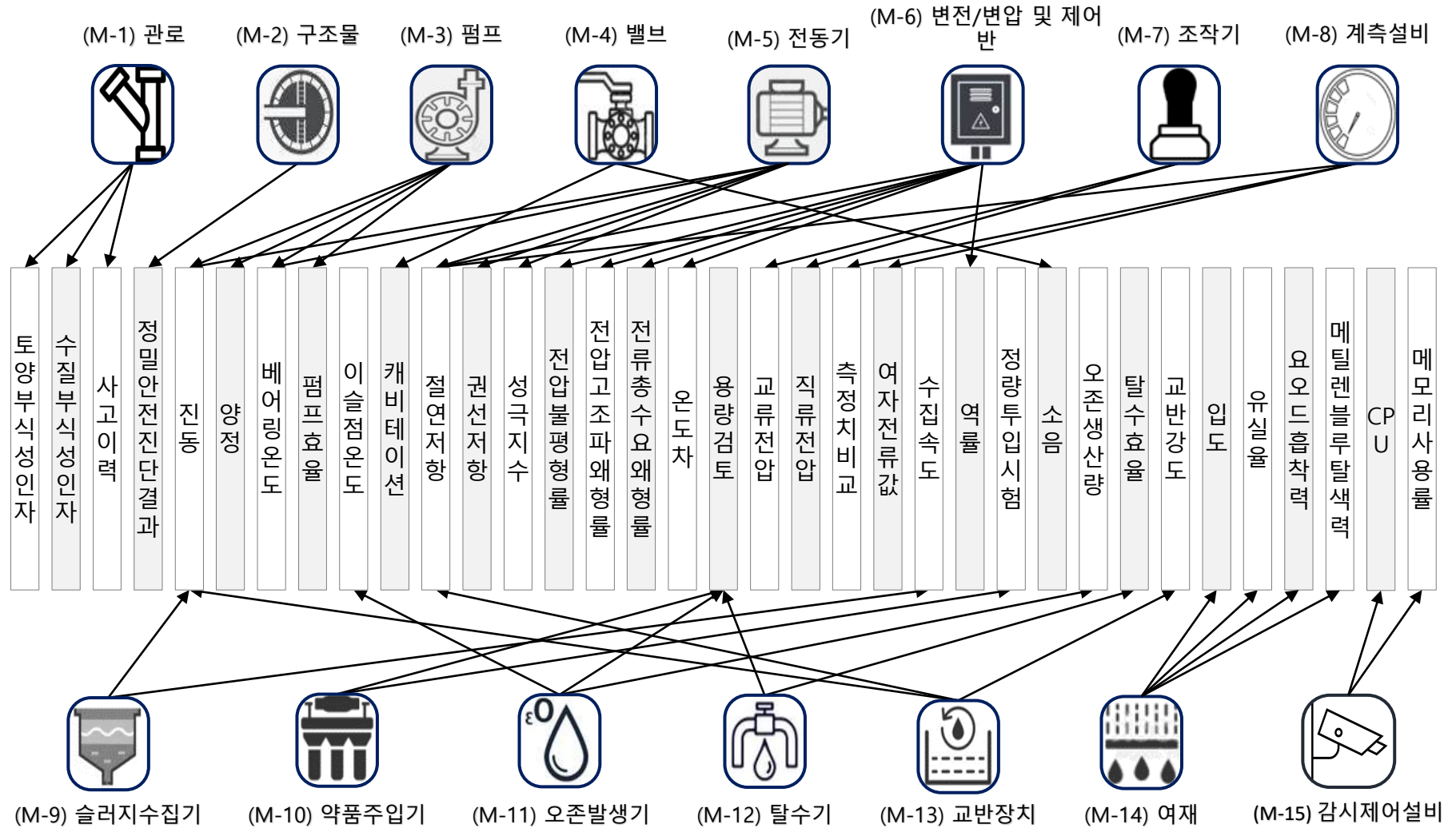


# 15종 자산관리 모듈개발



## Key Point

자산의 특성 및 상태평가 영향인자 등을 고려하고 향후 Upgrade 유연성을 감안해 15종 자산관리 모듈 개발





# STEP 1. 자산대장(Asset register)구축

## Key Point

- ✓ 자산관리체계(K-AMS) 구축 첫 단계로서 관리중인 **모든 자산의 인벤토리와 유지관리 이력**이 포함된 자료 수집 및 DB화(WFM기반)
- ✓ K-water내 정보시스템 데이터를 최대한 활용, 현장조사를 병행하여 **사업대상지역 광역상수도** 모든 자산의 **자산대장**을 구축

## 업무 프로세스



## WFM 메뉴 및 기능

WFM 메뉴	기능
기능위치/설비계층 조회	· 계층구조로 조회된 기능위치 또는 설비 조회
계획정비	· 외주수행사의 작업계획 수립, 승인, 작업 결과 등록 및 완료
경상정비	· 경미한 정비작업, 상주 정비업체 작업 계획 및 결과 등록 및 완료
정기점검	· 직원이 수행하는 정기점검 작업 조회
긴급보수	· 오더 생성 및 작업계획 수립, 결과 등록
개대체 및 물품수리	· 용역/공사 계약의뢰, 물품 구매요청 오더 생성 및 계약
정밀안전진단 및 정밀 점검	· 작업계획 수립, 오더 발생, 구매 및 계약 요청

## 수행계획 및 방법

### 기초조사 및 데이터 수집

- 구축대상 시설물 담당자를 대상으로 요구사항을 조사 분석하여 과업에 반영
- WFM(Water Facility Management)에 등록된 자산 인벤토리를 활용하고 자산의 제원·속성정보, 유지관리 이력 정보(ERP, GIS포함)
- 준공서류, 각종 기술진단 자료 등 off-line 정보
- 사고이력, 수용가 자료 등 현장조사 데이터 및 K-water 자산가액 산정용역('21)

### 데이터 표준화 및 계층 구조화

- WFM 자산 식별정보(코드, 자산명), 속성정보기준(자산군별 제원기준 등) 준용
- WFM 자산 계층구조(기능위치, 설비구성체계/시설 8단계, 관로 9단계)를 기반으로 구성

### DB구성 및 입력

- 단위자산별 정보 입력 및 개발된 15종 모듈로 자산을 구분하여 상태평가 영향인자 값 입력
- 단위자산별 유지관리 작업내용, 비용, 횟수 등으로 분배. 교체비용 산정

## WFM 자산 계층 구조

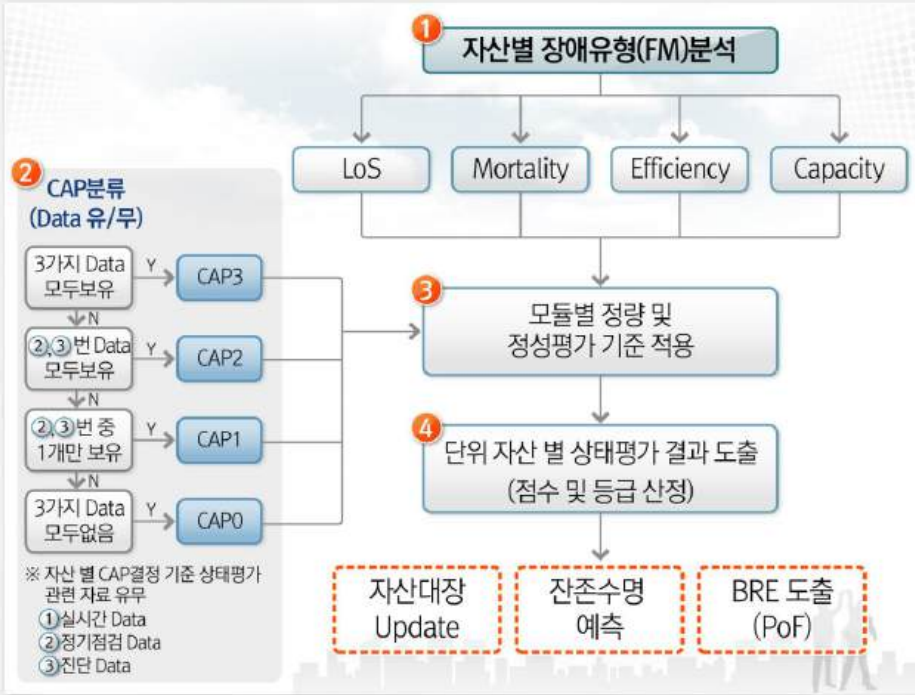


# STEP 2. 자산상태평가(Condition Assessment) | 시설자산

## Key Point

- ✓ 개발된 14종 모듈별로 Step Approach 기법으로 자산을 분류(CAP)하고 분류 기준에 따른 상태평가 수행
- ✓ 상태평가 이전 장애 유형(Failure Mode)을 분석, 불필요한 시간낭비 요인 배제

## 업무 프로세스



## 수행계획 및 방법

### 1 자산별 장애유형(Failure Mode)분석

- 해당 자산이 직면해 있는 가장 임박한(Imminent) 장애유형 도출 및 심각한(Redesign, Replace) 자산을 분류 → RPN에 우선반영, 상태평가 불필요

### 2 자산별 CAP 분류(CAP0~3) : Data 유·무 / 중요도(TBL)

### 3 모듈별 정량 및 정성평가 기준 적용 → 자산별 상태평가 수행



### 4 단위 자산 별 상태평가 결과 도출

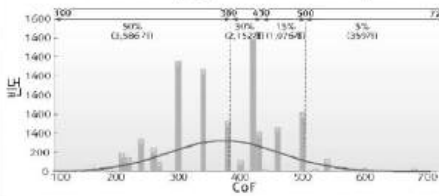
- CAP분류에 따른 정량/정성평가 비율 적용하여 점수 산정, 점수에 따른 등급 산정(A-E등급)
- CAP분류(정량평가/정성평가) → CAP0(50%:50%), CAP1(50%:50%), CAP2(70%:30%), CAP3(80%:20%)

## FM(Failure Mode) 분석에 따른 조치계획

구분	내용	조치계획
Capacity (용량)	· 수요예측에 수반되는 전체시설 용량 증대와 관련사항은 수도정비기본계획 성과 활용 · 단위자산 용량부족사항은 포함	(Re)design, renewal
LoS (서비스 수준)	· Step 2 자산 상태평가 시 서비스 수준을 결정하는 운영성능(효율개선, 기능개선)에 대해 평가하게 되므로 FM 사항 또는 Mortality 장애유형 자산과 함께 상태평가 수행	(Re)design, renewal
Mortality (수명)	· 자산의 물리적 노후도와 관련된 장애유형으로 상태평가 수행	O&M optimization, renewal
Efficiency (경제적 효율)	· 현재까지 사용된 총 유지관리비용이 개대체 비용보다 큰 자산 포함	Replace

## CAP 분류기준

- 시범대상지역(수도권1, 울산1) Data 관리상태 분석결과에 따라 CAP 분류 기준 설정  
EPA CAP 비율(CAP1:70~80%, CAP2: 10~20%, CAP3: 5~15%) 준용



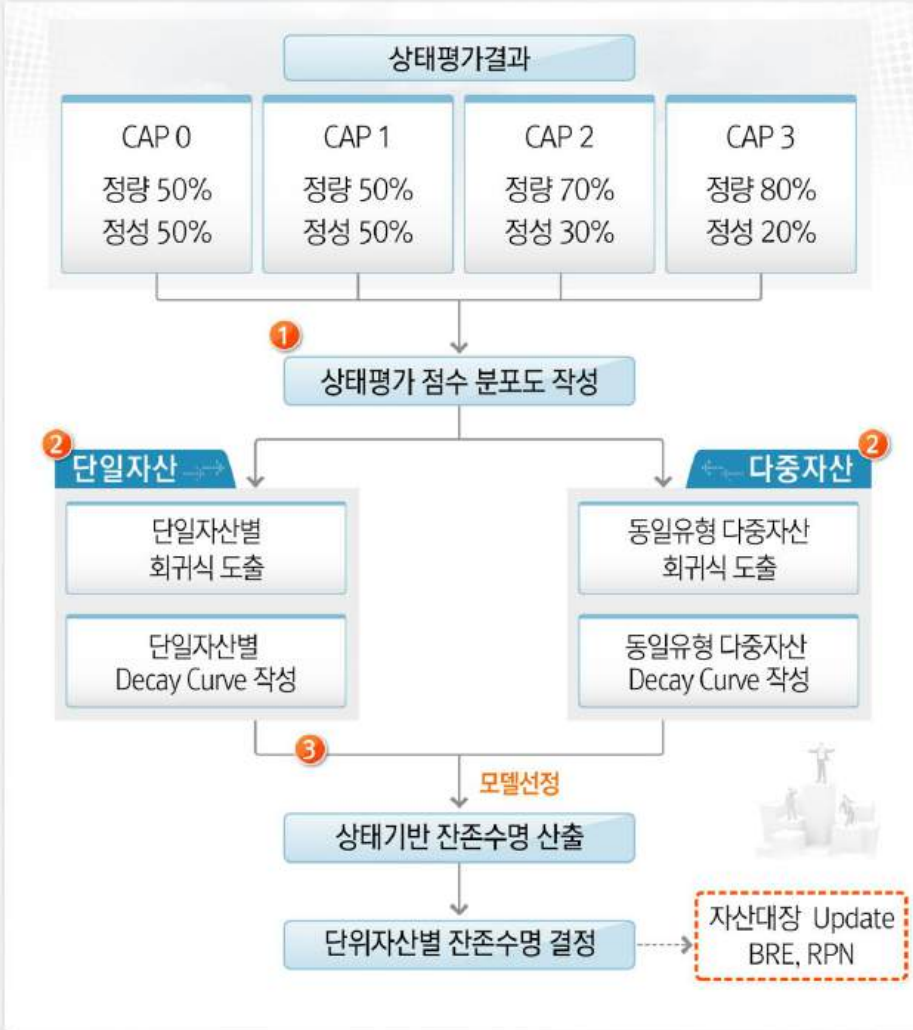
구분	CAP 분류
100 ≤ CoF ≤ 380 (50%)	CAP 0
380 < CoF ≤ 430 (30%)	CAP 1
430 < CoF ≤ 500 (15%)	CAP 2
500 < CoF ≤ 1000 (5%)	CAP 3

# STEP 3. 잔존수명(Residual Useful Life)예측 | 시설자산

## Key Point

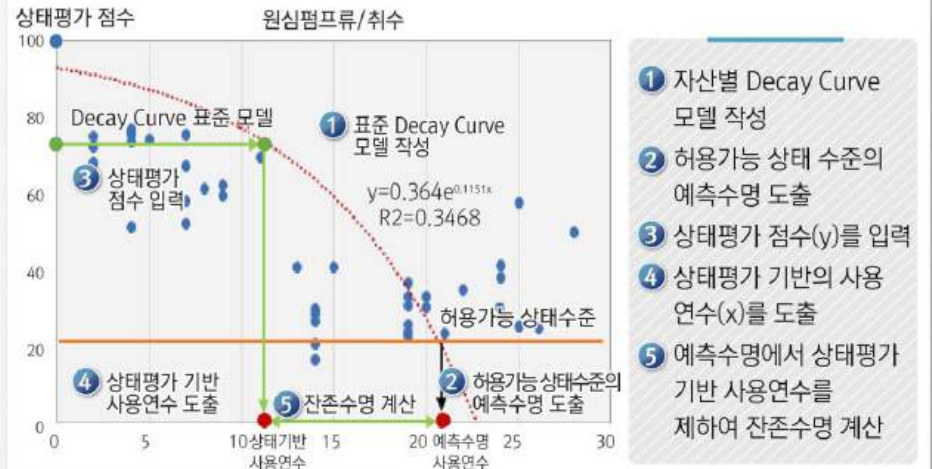
- ✓ Step 2에서 수행된 상태평가 점수를 활용하여 단위 자산의 **상태기반 잔존수명 예측**
- ✓ 도출된 단위 자산의 잔존수명은 자산대장에 Update 되며, 자산의 위험노출도(BRE)와 개·대체 우선순위(RPN) 산정시 영향인자로 활용

## 업무 프로세스



## 수행계획 및 방법

- 1 단위자산에 대한 사용년도별 상태평가 점수를 취합
- 2 단일자산(Single Asset) 또는 다중자산(Multiple Asset)으로 그룹핑하여 회귀식 도출 및 Decay Curve 모델 작성 → 가장 적합한 회귀모델 적용
  - 데이터의 상관관계와 설명력(결정계수)이 높은 모델
  - 다중자산 그룹핑 : 중분류, 용도, 용량 등
- 3 단위 자산별 상태기반의 잔존수명 산출
  - 상태기반 잔존수명 = 예측수명 - 상태기반 사용연수
  - 예측수명 도출 : 예측모델의 허용가능한 상태 수준(상태평가 20점)에 해당하는 연수



원심펌프류 잔존수명 산출방법 예시

공급단위	자산번호	자산명	내용연수	사용연수 (진단시점)	예측수명	상태 점수(y)	상태기반 사용연수(x)	상태기반 잔존수명(예측)
팔당(취)	30800257	원심펌프 #7	15	11	21	69.5	11	10년 (21-11=10)



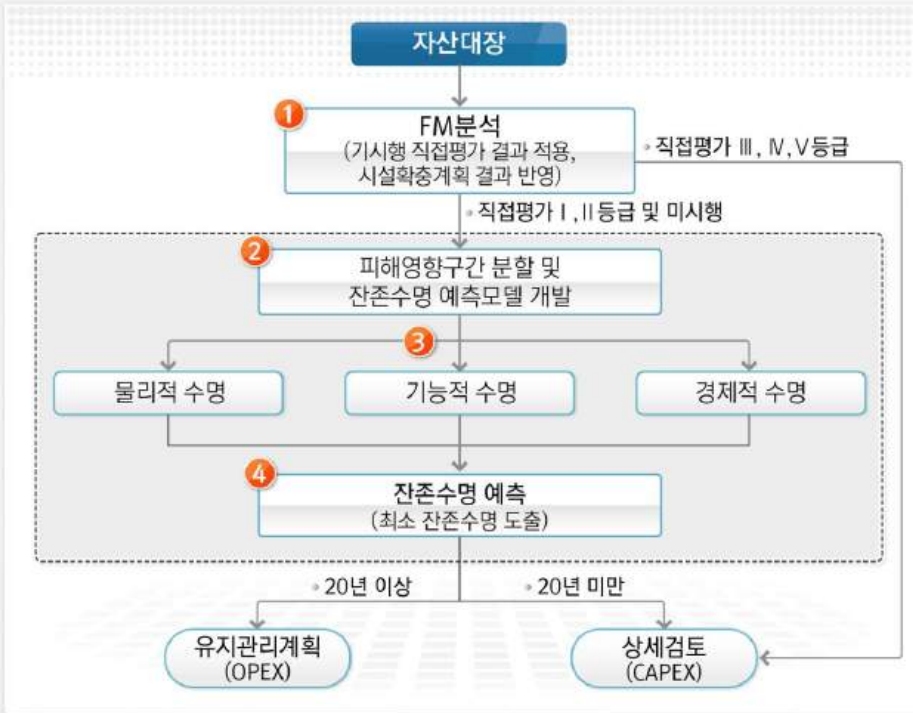
# STEP 3. 잔존수명(Residual Useful Life)예측 | 관로자산



### Key Point

- ✓ 광역관로 특성상 대규모 투자가 수반되고 장애발생시 사회·경제적 파급효과가 지대한 점을 감안 Failure Mode 기법을 적용
- ✓ 물리적, 경제적, 기능적 측면에서 가장 먼저 도래하는 수명을 잔존수명으로 결정하고 BRE 산출을 위한 PoF와 RPN 산정시 영향인자로 활용

### 업무 프로세스



### 수행계획 및 방법

- 1 직접평가 결과 III, IV, V 등급에 해당하는 관로자산은 Core 4 step 8 CAPEX에서 검토
- 2 피해영향구간 구조화
  - 관중, 관경, 분기점을 기준으로 피해영향구간 구조화
  - 동일 피해영향구간은 같은 표준복구시간과 파손시 피해물량, 동일 단수량을 적용
  - 동일 피해영향구간 관로자산은 매설년도가 같을 경우 잔존수명 예측결과가 동일한 관로자산단위로 인식이 가능함
- 3 「Failure Mode」 기법에 의한 물리적(Mortality), 기능적(LoS) 및 경제적(Efficiency) 수명 도출 → 최소 잔존수명 도출
- 4 지속적으로 수집되는 안전계수를 통한 Decay Curve 결과, 간접평가 연도별 수집 결과와 「Failure Mode」 기법을 활용하여 예측되는 3가지 잔존수명 예측방법을 병행하여 향후 가장 신뢰성이 높은 방법을 적용할 수 있도록 계획



### 부식합수 예측모델 추정(예시)

강관	강관(SP) 외부 부식깊이 예측 모델
	$0.006 \times \text{관연령} + e^{(-0.517 + (-0.3445 \times \text{토양pH} + 0.531 \times \text{함수율} + 0.035 \times \text{황화물농도}) / \text{관연령})}$
강관	강관(SP) 내부 부식깊이 예측 모델
	$0.022 \times \text{수질pH} \times \text{관연령}^{1.382} - 1.866 \times \text{수질pH} (1 - e^{-0.011 \times \text{관연령}})$

(주) 내·외부부식깊이 예측모델은 서울시립대 구자용교수 연구팀에서 개발한 모델을 적용함

### 파손합수 예측모델 추정(예시)

강관	강관(SP) 파손율 예측모델
	$N(t) = 0.571 e^{0.571(t - 34.798)} / 52.114 + e^{0.571(t - 34.798)}$ $N(t): \text{파손율(건/km/yr)}, t: \text{관연령(yr)}$
DCIP	DCIP 파손율 예측모델
	$N(t) = 0.352 e^{0.352(t - 35.984)} / 25.480 + e^{0.352(t - 35.984)}$ $N(t): \text{파손율(건/km/yr)}, t: \text{관연령(yr)}$

(주) 파손율 예측모델은 서울시립대 구자용교수 연구팀에서 개발한 모델을 적용함

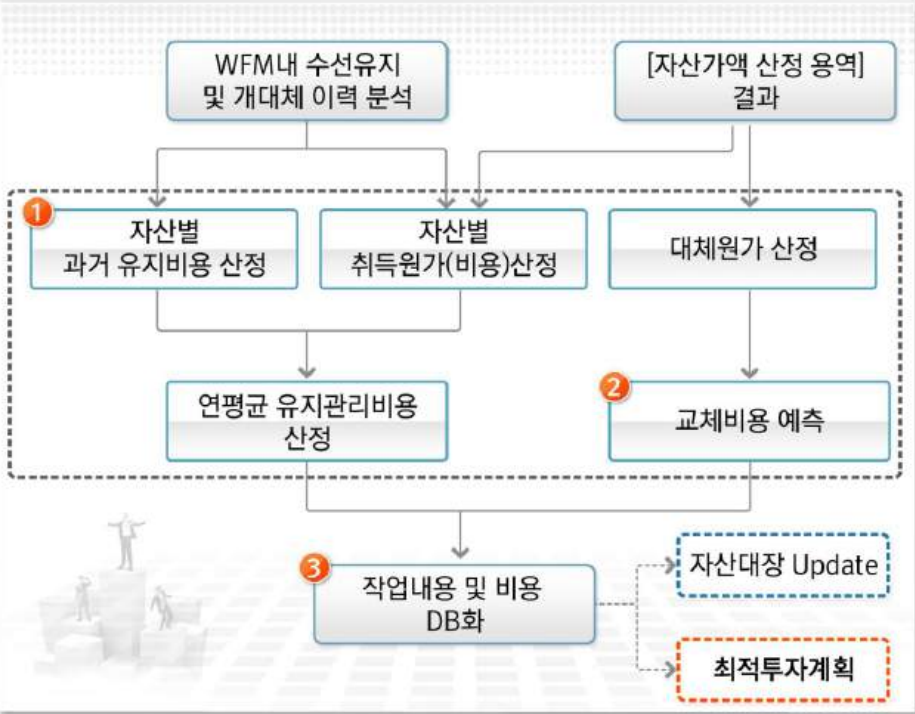


# STEP 4. 자산가치평가(Asset Value)

## Key Point

- ✓ 자산별 총 유지관리비용(LCC)과 교체비용을 산출하는 단계로서 자산별 작업내용 및 비용정보를 DB화
- ✓ 최적투자계획 수립시 자산별 작업내용에 따른 비용을 토대로 CAPEX / OPEX 연간비용 추정에 활용

## 업무 프로세스



## 자산가액 산정 용역 결과

연번	시설번호	대분류명	사실중분류	중분류명	대체원가	수량	대체원가결정
45127	30400902	계측시설	K01270	유량계	31,000,000	1	31,000,000
45131	30400849	기계	M03020	버터플라이밸브	2,700,000	1	2,700,000
45136	30400901	계측시설	K01270	유량계	31,000,000	1	31,000,000
45244	30400848	기계	M03020	버터플라이밸브	2,700,000	1	2,700,000
45245	30400900	계측시설	K01270	유량계	57,000,000	1	57,000,000
45274	30400898	계측시설	K01270	유량계	11,000,000	1	11,000,000
45335	30400846	기계	M03020	버터플라이밸브	2,700,000	1	2,700,000
45634	30401061	계측시설	K01270	유량계	17,000,000	1	17,000,000
45635	30400863	전기	E26	분전반	4,400,000	1	4,400,000

## 수행계획 및 방법

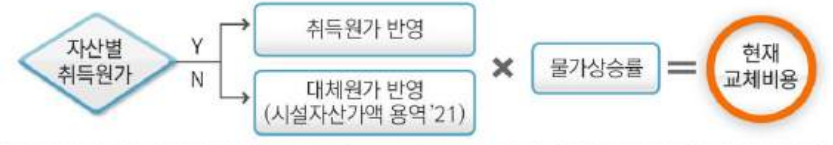
### 1 자산별 총 유지관리비용 산출

- WFM내 수선유지(계획정비, 경상정비, 긴급보수)와 개·대체 이력 정보 분석
- 단위자산별 작업내용 및 비용 분류
- 연도별 유지관리 비용 집계, 연평균 유지관리비용 및 총 유지관리비용 산출

$$(A) \text{ 연평균 유지관리비용} = \frac{\sum_{k=1}^{\text{사용연수}} \text{연간 유지관리비용}}{\text{사용연수}}$$

$$\text{총유지관리비용} = \sum_{k=1}^{\text{사용연수}} \text{연간유지관리비용} + \text{미래소요비용} (A \times \text{잔존수명})$$

### 2 현재 교체비용 산정



### 3 단위자산별 작업내용 및 비용 DB화

## 단위자산별 작업내용 및 비용 DB화

설비번호	설비명	일자	작업내역	작업비용(원)
30402406	원심펌프, 월롱#4	16-01-15	베어링 교체	863,000
30402406	원심펌프, 월롱#4	16-08-30	케이싱 녹 제거	120,000
30402406	원심펌프, 월롱#4	20-09-17	샤프트 교체	3,214,026
50061158	수중펌프, #1	19-07-08	샤프트 재정렬	872,000



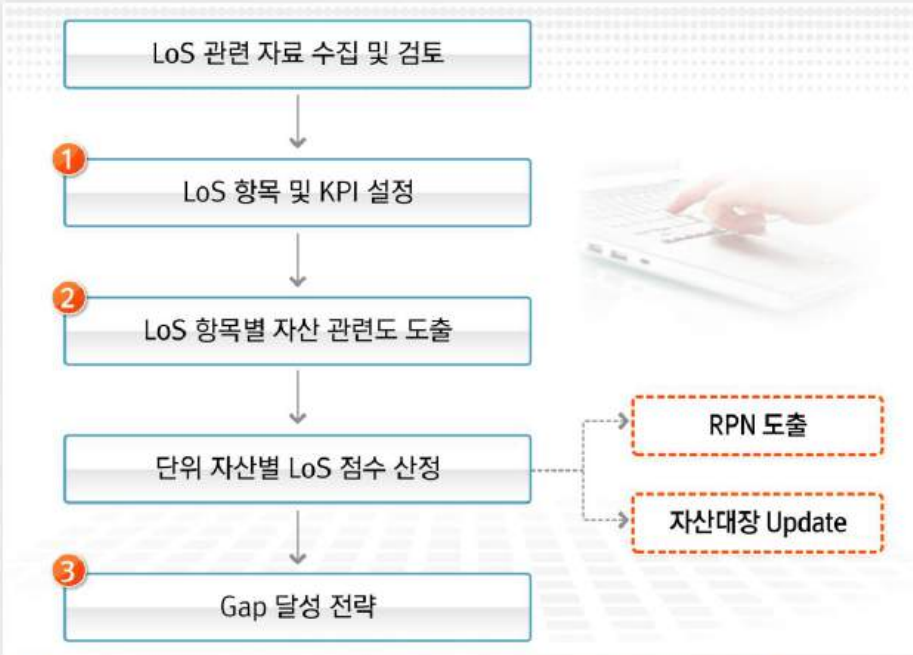
# STEP 5. 서비스 수준(LoS)설정



### Key Point

- ✓ 수도사업 경영목표 달성 및 지사별 운영현안 해소를 위해 **개대체 예산 우선투자 방향설정**을 위한 LoS(KPI) 설정 및 자산별 관련도 분석
- ✓ 설정된 LoS는 PDCA기법에 따라 통상적운영관리 업무(Non-asset Solution)와 연계, 지속적 수정·보완을 통해 「K-AMS」 완성도제고를 위한 핵심 요소로 활용

### 업무 프로세스



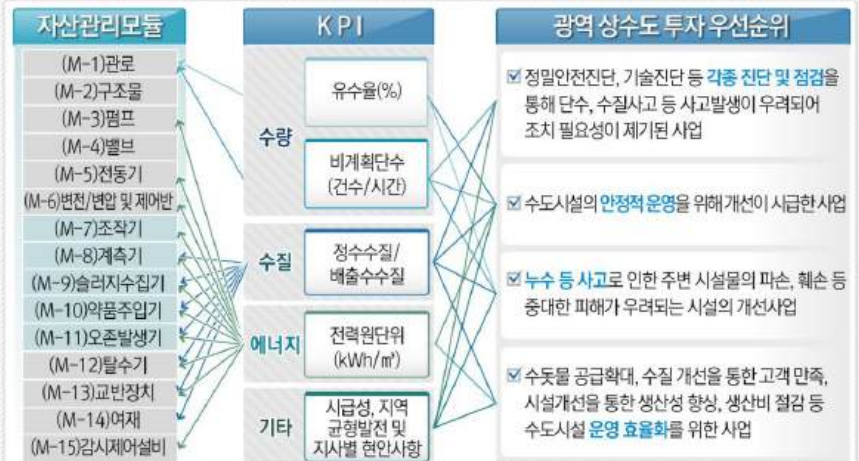
### 수행계획 및 방법

#### 1. LoS항목 및 KPI 설정

- 기 개발된 로직에 따라 시설자산, 관로자산으로 구분하여 적용
  - 시설자산 : 정수수질(탁도, 망간, Geosmin 등), 배출수수질(pH, TOC, SS), 전력원단위
  - 관로자산 : 유수율, 비계획단수, 시급성, 수질, 지역낙후도
- LoS 항목은 조직차원(경영전략 등) 사업장(관로, 취정수장), 단위공정(침전, 여과 등) 및 단위자산(pipe, 펌프 등) Level 등 다양한 방법으로 설정 가능

#### 2. LoS항목별 개대체 우선순위와 연계 자산관련도 도출 및 계량화(Quantification)

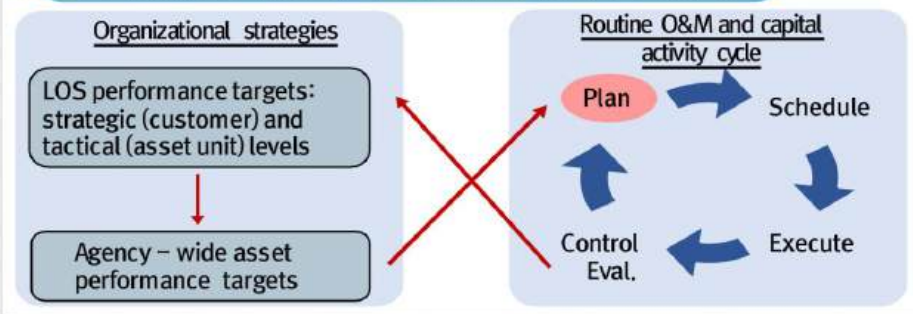
- LoS 항목과 자산 모듈별 공정별 관련유무를 파악하여 항목별 점수 부여



#### 3. KPI(핵심성과지표) & Gap 달성 전략



### 조직차원(Agency-wide)의 전략과 운영관리 및 개대체 투자의 상관성



# STEP 6. 자산의 위험도(Critical Asset) 분석

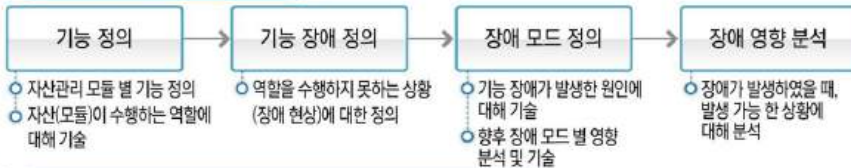
## Key Point

- 중점관리 되어야 할 핵심자산을 도출하는 과정으로 장애확률(PoF), 피해영향도(CoF) 및 여유도(Red)를 고려하여 단위자산별 사업위험도(BRE) 산정
- 단위자산별로 산출된 BRE는 잔존수명, LoS와 함께 RPN 산정시 활용

## 업무 프로세스



## FMEA Library 작성 절차



## 자산관리 모듈별 FMEA Library 작성 결과 요약

자산관리 모듈	기능 수	기능	장애 유형 수
(M-3) 펌프	3	4	15
(M-4) 밸브	2	2	8
(M-13) 관류장치	3	4	17
(M-14) 여재	1	2	5
(M-15) 감시제어설비	5	9	25
합계	35	53	186

## 수행계획 및 방법

### 1 산출기준 검토 및 적용

- PoF : Step2 상태평가 결과를 바탕으로 자산의 상태점수와 연계하여 장애확률 산정

상태평가 점수	E	D	C	B	A					
PoF	0 ≤	10 <	20 <	30 <	40 <	50 <	60 <	70 <	80 <	90 <
PoF	0.95	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1

- CoF : EPA TBL(Triple Bottom Line)을 준용하여 항목선정 및 가중치 부여

TBL관점	사회(20)	환경(40)	경제(40)	합계		
평가항목	안정성	법적기준 부합도	피해면적	손실비용	MTTR	
가중치	20	20	20	20	20	100

- Red : 자산의 예비자산의 보유 여부를 고려하여 경감계수로 활용

구분	예비없음(0%)	부분적(50%)	전체(100%)	2배(200%)
적용계수	1.0	0.5	0.1	0.02

- 자산관리 모듈별 FMEA Library(기능, 기능장애, 장애유형, 장애영향)를 작성하고, 장애유형별 가장 큰 CoF값을 해당 자산의 CoF로 산정

### 3 단위자산별 BRE 산출 : PoF × CoF × Red

- 자산별로 Matrix에 위치시켜 위험도 현황 파악(높은위험 ~ 낮은 허용가능한 위험)

PoF	0.95	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10
95	285	380	475	570	665	760	855	950		
90	270	360	450	540	630	720	810	900		
80	240	320	400	480	560	640	720	800		
70	210	280	350	420	490	560	630	700		
60	180	240	300	360	420	480	540	600		
50	150	200	250	300	350	400	450	500		
40	120	160	200	240	280	320	360	400		
30	90	120	150	180	210	240	270	300		
20	60	80	100	120	140	160	180	200		
10	30	40	50	60	70	80	90	100		
>0	>100	>200	>300	>400	>500	>600	>700	>800	>900	

  낮은 허용 가능한 위험 (0 (BRE≤80))    
   중간 수준의 허용가능한 위험 (80 (BRE≤280))    
   중요한 위험 (280 (BRE≤600))    
   높은 위험 (600 (BRE≤1000))    
 CoF X Red.

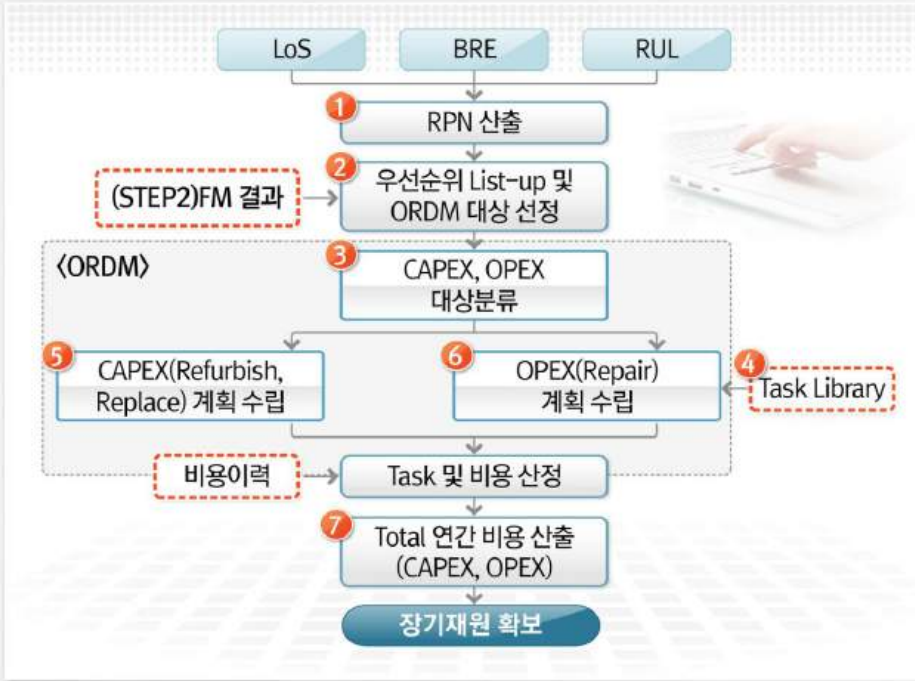


# STEP 7/8. 최적투자계획 수립(CAPEX/OPEX)

## Key Point

- ✓ LoS, BRE, 잔존수명 결과를 기반으로 위험도지수(RPN)을 산정, 투자우선순위 결정 및 ORDM을 수행하여 최적투자계획 수립(CAPEX/OPEX)
- ✓ 자본조달전략 수립의 기초자료로 활용하며 ORDM으로 산출된 수행 작업항목을 근거로 자산관리계획(AMP) 수립

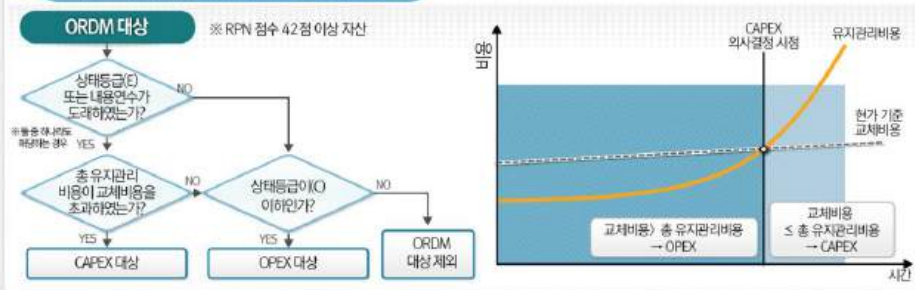
## 업무 프로세스



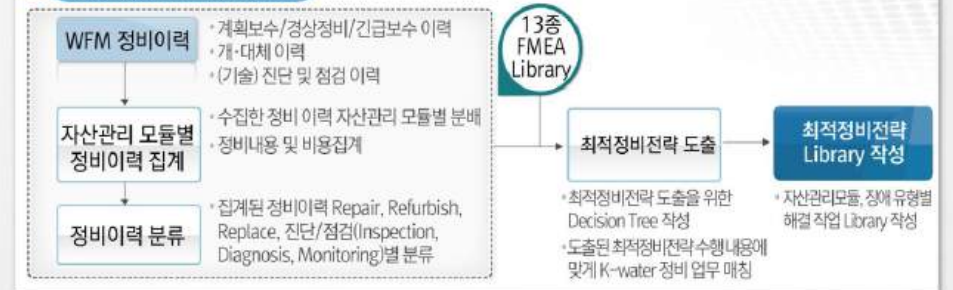
## 수행계획 및 방법

- RPN 산출 = LoS : BRE : RUL (CAP1,2,3 = 30:40:30 / CAP0 = 10 : 10 : 80)
  - (M-2)구조물의 경우 정밀안전진단 결과 활용 도출(BRE:RUL=60:40, LoS 제외)
  - 「RPN」은 Risk관리 측면에서 한정된 예산으로 우선 조치되어야 할 자산을 선정하기 위한 상대적인 점수화된 지수
- RPN 점수를 기반으로 우선 순위 List up 및 ORDM 대상 설정
  - CAP1,2,3 자산 상위 15~20% 대상, CAP0는 ORDM 없이 잔존수명에 따라 CAPEX로 분류
  - Step2 FM 분석에서 도출된 Capacity, LoS, Efficiency 자산은 우선순위로 반영
- 1) (상태등급(E) 또는 내용년수 초과) + 총 유지관리비용 > 교체비용 → CAPEX  
2) 상태등급(C,D) 또는 1)에서 총 유지관리비용 < 교체비용 → OPEX
- 최적 정비전략 Library 작성
  - WFM 정비이력 집계 및 분류 → 자산관리 모듈별 정비이력 집계 → 정비이력분류 → 최적 정비전략 도출(Decision Tree) → 정비전략 Library 작성
- CAPEX 계획 수립 : Step4 교체비용 활용, 상태기반 잔존수명 20% 시점에 반영
- OPEX 계획 수립 : 자산별 중요한 장애유형(BRE > 280) 선정 → 장애유형에 따른 Task 및 비용산정 → 상태기반 잔존수명 40%이하 도래 시점에 반영
- CAPEX / OPEX 자산을 List up하여 연간 소요비용 산출

## CAPEX/OPEX 대상분류 Process 기준



## Task Library 작성 흐름도



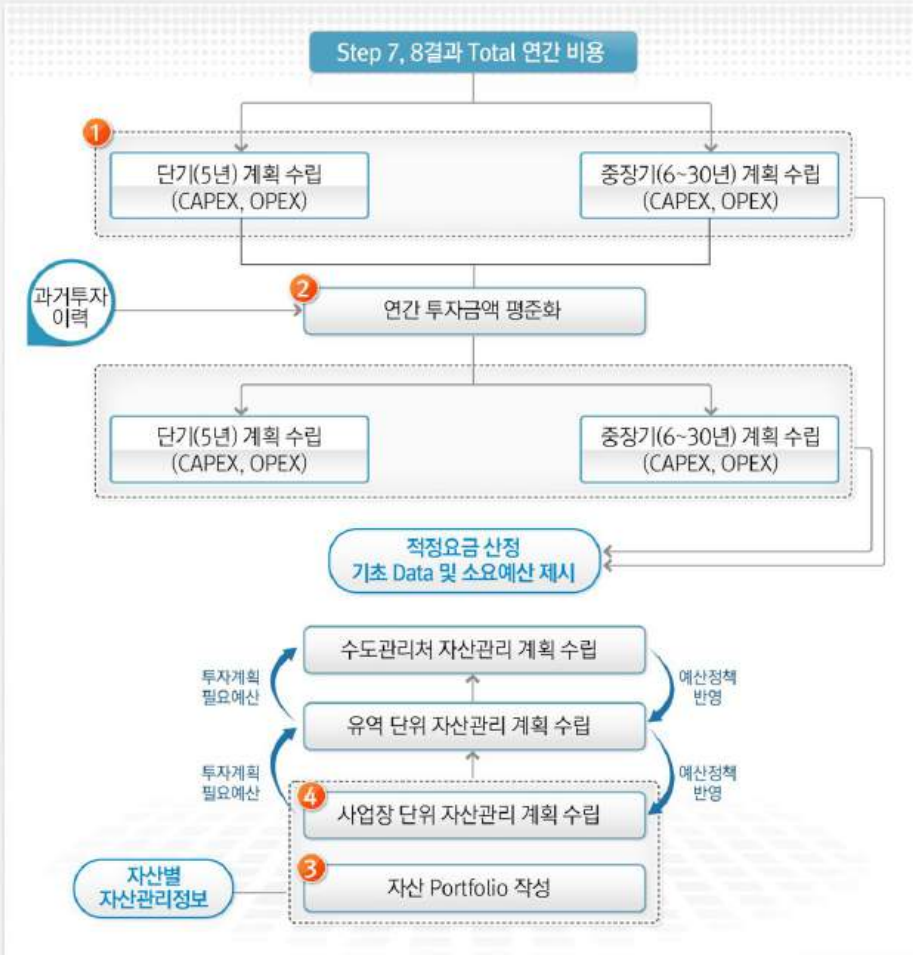


# STEP 9/10. 자본조달 전략 제시 및 자산관리계획(Asset Management Plan)수립

## Key Point

- ✓ 단기, 중장기 투자계획을 수립하고, 예산 확보에 대한 기초 Data 제시
- ✓ 단위 자산별 자산포트폴리오 및 사업장별 자산관리계획 수립
- ✓ 자산관리 종합 정보는 사업장내 자산의 분포 및 상세현황을 나타내어 수선유지/개·대체 계획 및 예산 산정시 활용

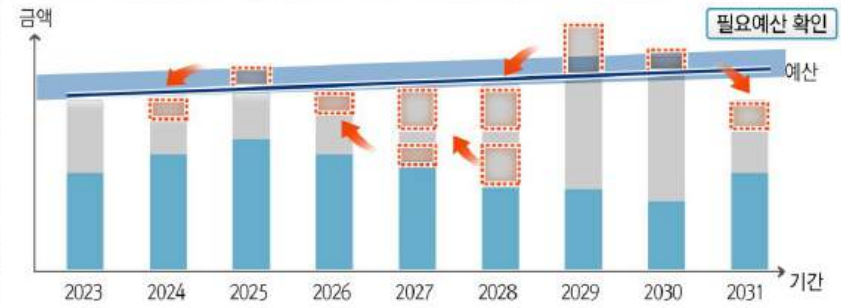
## 업무 프로세스



## 수행계획 및 방법

- 1 단기, 중장기 투자계획 수립(상태평가기반)
  - (단기) 자산별 Replace, Refurbish, Repair 항목 및 비용 산출 - RPN 상위 15~20% 수준, C,D,E 등급 위주
  - (중장기) 상태기반 잔존수명 예측 결과와 취득원가의 6%를 토대로 모듈별 표준예측 수명과 연계 반영

- 2 연간 투자계획 평준화(예산정보 반영)
  - 과거 3년간 CAPEX/OPEX 연간 비용을 평준화하여 투자계획을 수립
  - 투자계획이 예산을 초과하는 년도에는 RPN 점수가 낮은 순으로 차기년도 최우선 순위로 조정



- 3 자산포트폴리오는 Step1~Step9까지의 자산관리 결과를 문서화 한 자료, 단위 자산별 최적 정비전략을 수립하기 위한 기초자료로 활용
- 4 사업장 단위의 자산관리계획은 단위자산의 정보를 취합하여 수립, 사업장내 자산의 분포 및 상세현황과 수선유지 / 개·대체 계획 및 예산 산정시 활용



# STEP 10. 자산관리계획(Asset Management Plan) 수립 | 시설자산



## 자산 포트폴리오 예시 (개별자산 관리)

### 1. 자산개요



#### A. 기본정보

설비번호	설비명	상위 설비번호	상위 설비명	그룹
30802325	원심펌프 월동#1	30802324	펌프모터설비	설비
공정	설비Level	중분류	중분류명	플랜트명
송수공정	4	M01010	원심펌프	경기서북권지사(고양광역)

#### B. 계층정보

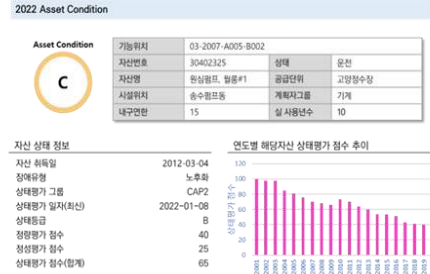
F1. 서양구분	F1. 서양구분명	F2. 관리자	F2. 관리자명	F3. 공군단위	F3. 공군단위명	F4. 시설위치	F4. 시설위치명
03	광역수도	2007	경기서북권지사	A005	고양광역	8002	송수원동
L1. 설비번호	L1. 설비명	L2. 설비번호	L2. 설비명	L3. 설비번호	L3. 설비명	L4. 설비번호	L4. 설비명
30802325	월동	30802323	원심펌프시스템 월동계통#1	30802324	원심펌프시스템	30802325	원심펌프 월동#1

#### C. 제원정보

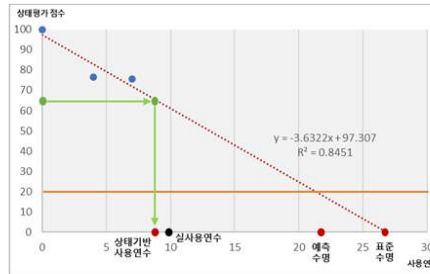
펌프	
구경	600 mm
양정	110 m
모델	FD 150*280
제작번호	
제작일자	89. 12
동력	1500 kW
최소양정	m
유량	270 m <sup>3</sup> /H
제조사	호성펌프
회전수	1750 rpm
베어링	6308
	6308

### 2. 자산 상태평가 결과

#### A. 자산 상태평가 결과



#### 3. 잔존수명 예측 방법



#### 자산 잔존수명 정보

표준모델 회귀식	$y = -3.6322x + 97.307$
결정계수	$R^2 = 0.8451$
표준모델 평균수명	27년
예측수명	21년
내구연한	15년
실 사용연수	10년
사용연수 기반 잔존수명	5년
예측모델 기반 잔존수명	11년

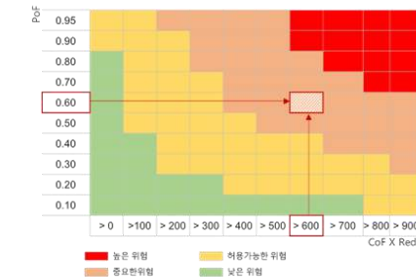
### 4. LoS 관련도

설비번호	설비명	공정	자산관리 Module
30402325	원심펌프 월동#1	송수공정	M-3)펌프

LoS 관련도 점수		
정수수질	배출수수질	전력원단위
-	-	10

### 5. 위험도 분석

#### A. 자산 위험등급분류



#### B. FMEA 및 BRE 산출 결과

자산군	원심펌프	호기	월동 #1	Date	Sheet		
설비	원심시스템	분석지	HS-HAN	25-sep-05	1 of 9		
기능	기능 장애	장애 유형	장애 영향	PoF	Red	CoF	BRE
1 송수원동에서 배수지까지 송수	A 배수기되지 않음	1 배수수거되지 않음	정수 불능으로 인한 공급 부족 이기		25	180	
		2 원심펌프가 정수 불능으로 인한 정수 시설	정수 불능으로 인한 정수 시설 정지		30	1800	
		3 배수지 미시운	배수지 미시운으로 인한 정수 공급 부족	06	10		
		4 배수지 미시운	배수지 미시운으로 인한 정수 공급 부족		50	330	
			배수지 미시운으로 인한 정수 공급 부족		25	180	

### 6. 최적투자계획 수립

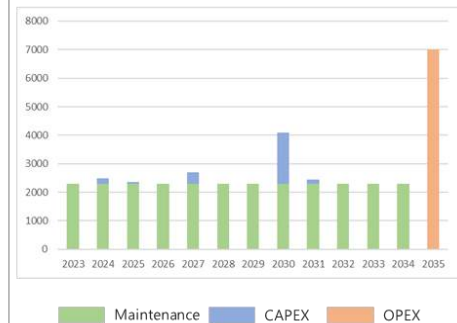
#### A. RPN 산정결과

설비번호	설비명	RPN 영향인자			자산별 RPN 점수	Rank
		LoS (30점)	BRE (40점)	잔존수명 (30점)		
30402325	원심펌프 월동#1	10	159	236	4954	352

#### B. Maintenance/OPEX/CAPEX 작업 List

설비번호	설비명	장애유형	계획유형	업무내용	비용(천원)	반영시기
30402325	원심펌프 월동#1	-	Maintenance	진동측정	100	2023년월간
		-	Maintenance	진동분석	100	2023년연간
		-	Maintenance	펌프모터 O/H	2,000	2023년연간
		-	Maintenance	펌프모터 Alignment 측정	100	2023년연간
		M-03-03	OPEX	캐비테이션 진단	180	2024년
		M-03-02	OPEX	노출 분해 및 청소	50	2025년
		M-03-07	OPEX	매카니컬 씰 수리	400	2027년
		M-03-01	OPEX	양분액 교체	1,800	2030년
		M-03-09	OPEX	가스켓 교체	150	2031년
CAPEX				교체	3,000	2035년

#### C. 연도별 예상 소비비용





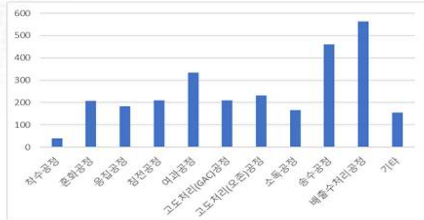
# STEP 10. 자산관리계획(Asset Management Plan) 수립 | 시설자산



## 자산 포트폴리오 예시 (사업장별 관리)

### 1. OO정수장 자산현황

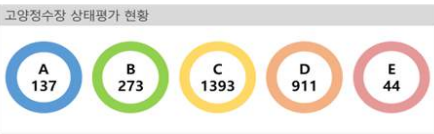
#### A. OO정수장 자산분포



공정	자산 수	자산관리 Module	자산 수
착수공정	40	(M-2)구조물	83
혼화공정	207	(M-3)펌프	181
응집공정	184	(M-4)벨브	916
침전공정	210	(M-5)전동기	58
여과공정	333	(M-6)반전선암 및 제아반	285
고도처리(GAO)공정	209	(M-7)조작기	285
고도처리(오존)공정	231	(M-8)계측설비	359
소독공정	166	(M-9)슬러지수집기	11
송수공정	460	(M-10)외곽수집기	12
배출수처리공정	563	(M-11)오존발생기	2
기타	155	(M-12)탈수기	4
전체	2758	(M-13)교반장치	81
		(M-14)여재	3
		(M-15)감시제어설비	2
		(M-16)기타	476
		전체	2758

### 2. OO정수장 상태평가 결과

#### A. OO정수장 상태평가 등급 분포



### B. 공정별 상태평가 등급 분포

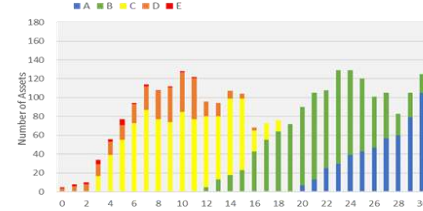
공정	등급별 수량				
	A	B	C	D	E
착수공정	2	4	28	4	2
혼화공정	18	18	99	68	4
응집공정	6	54	112	6	6
침전공정	6	7	176	21	-
여과공정	20	1	250	40	22
고도처리(GAO)공정	13	4	125	65	2
고도처리(오존)공정	8	7	61	155	-
소독공정	2	13	78	67	6
송수공정	15	70	218	156	1
배출수처리공정	32	92	211	227	1
기타	15	3	35	102	-
총합계	137	273	1393	911	44

### 3. 잔존수명 예측 결과

#### A. 잔존수명에 따른 상태등급 설비분포



#### B. CAPEX/OPEX 반영 후 상태등급 설비분포



### A. 5년간 잔존수명 도달 설비 교체 계획

설비번호	설비명	취득연도	예측수명	상대기반 사용연수	잔존수명율	반영시기
50061246	필트프레스#4	1992	15	14	6%	2022
30402073	VCB반TR1차기#V-DM1	1992	15	14	6%	2022
30402074	VCB반TR2차기#V-DM2	1992	15	14	6%	2023
30402076	물드변압기#H-V-DT1	1992	15	14	6%	2023
30402077	물드변압기#H-V-DT2	1992	15	14	6%	2023
30402054	크레인	1992	20	18	10%	2024
30402294	펌프동반여과구역#1LV-S1	2008	15	13	13%	2024
30402295	펌프동반여과구역#2LV-S2	2008	15	13	13%	2025
30402296	펌프동반여과구역#3LV-S3	2008	15	12	20%	2025
30402299	펌프동반활성탄구역#4LV-S6	2008	15	12	20%	2026
30402300	펌프동반활성탄구역#4LV-S7	2008	15	11	26%	2026
30402304	예비자원설비	2008	15	10	33%	2027

### 4. 위험도 분석 결과

#### A. OO정수장 위험도 분석 결과 분포



#### B. OO정수장 자산위험 등급 분포

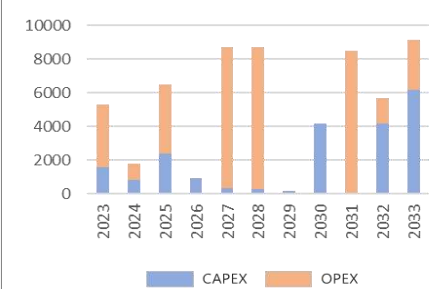
POF	> 0	> 100	> 200	> 300	> 400	> 500	> 600	> 700	> 800	> 900
0.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.90	0	0	2	0	30	12	0	0	0	0
0.80	0	0	130	102	469	32	2	3	0	0
0.70	0	0	4	0	160	7	2	0	0	0
0.60	0	0	2	127	414	16	1	0	0	0
0.50	0	0	48	198	583	4	0	0	0	0
0.40	0	0	8	8	142	12	6	2	0	0
0.30	0	0	38	35	22	0	0	0	0	0
0.20	0	0	13	4	16	0	2	0	0	0
0.10	0	0	52	4	45	1	0	0	0	0

### 5. 최적투자계획 수립

#### A. 2022-2032 CAPEX/OPEX 작업 List

설비번호	설비명	업무구분	업무내용	OPEX/CAPEX	비용(천원)	반영연도
33200162	원삼펌프 송수펌프	Replace	펌프 교체	CAPEX	3,750	2023
30401333	원삼펌프	Repair	베어링교체	OPEX	1,575	2023
33200465	부원펌프#0벨브	Replace	벨브 교체	CAPEX	980	2024
30401364	투브펌프Quenching#1	Repair	벨트 노트 재장합	OPEX	840	2024
33200459	교반전동기	Replace	전동기 교체	CAPEX	4125	2025
30402461	교반전동기	Repair	회전기 교체	OPEX	1,550	2025
30401365	투브펌프Quenching#2	Repair	투브 변압용 및 청소	OPEX	840	2025
30401359	투브펌프폴리머#1	Repair	벨트 노트 재장합	OPEX	800	2026
30402467	압력계조동	Repair	항상압력을 교체	OPEX	345	2026
30402466	압력계유원	Repair	항상압력을 교체	OPEX	345	2027
30401362	투브펌프ACP#1	Replace	펌프 교체	CAPEX	8,400	2027
30401366	투브펌프Quenching#3	Replace	펌프 교체	CAPEX	8,400	2028
30401363	투브펌프ACP#2	Repair	가스켓 교체	OPEX	300	2028
30400160	투브펌프폴리머#2	Repair	캐비테이션 차단	OPEX	200	2029
30401299	원삼펌프	Repair	임펠러교체	OPEX	4,200	2030
30800285	유량계 초음파#4	Replace	유량계 교체	CAPEX	8,500	2031
33200270	전동식 벨브조작기	Replace	조작기 교체	CAPEX	1,500	2032
30401302	원삼펌프	Repair	슬러지 기계	OPEX	4,200	2032
30401305	원삼펌프	Repair	사이드 기계	OPEX	6,200	2033
30401399	원삼펌프	Replace	펌프교체	CAPEX	2,940	2033

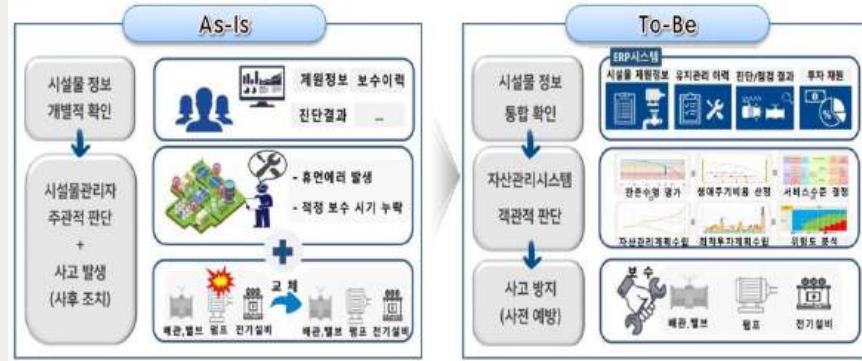
#### B. 2022-2032 연도별 투자계획





### 1 Data 기반 유지관리업무 고도화 체계 구축

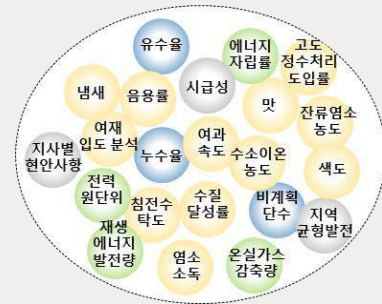
· Data에 기반한 과학적 · 합리적인 의사결정체계(K-AMS)를 활용하여 노후 수도시설을 적기에 개량 및 정비함으로써 용수공급 안정성을 확보하고 선제적으로 사고예방에 기여



### 2 경영목표 달성 및 고객 서비스 수준 제고

· 수도사업 경영목표와 높아지는 고객 요구수준에 맞춰 관련도가 높은 자산을 투자 우선순위(RPN)에 반영하여 노후 수도시설들을 적기에 투자

#### LoS 관련 항목



#### LoS항목 및 KPI 설정

수량	· 유수율 · 비계획단수
수질	· 정수수질(탁도, 망간 등) · 배출수 수질(pH, TOC 등)
에너지	· 전력원단위
기타	· 시급성 · 지역균형발전

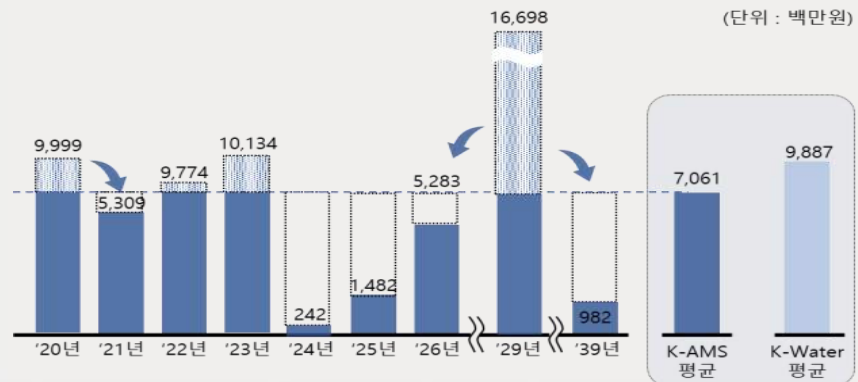
### 3 유지관리업무 효율성 향상 및 간소화

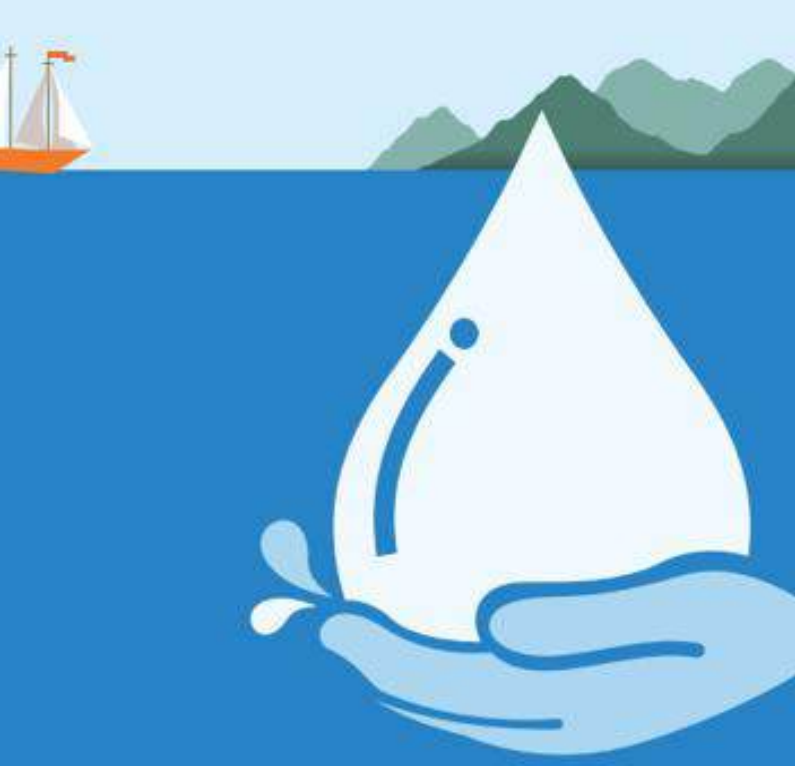
· 시스템에 의한 유지관리 업무를 체계화 함으로써 효율성 향상, 의사결정 일관성 유지



### 4 유지관리비용 절감 및 합리적 예산 배분

· 개별자산의 최적 개체 시기 결정과 정비전략을 수립함에 따라 유지관리비용 절감(30%) 및 투자효과 극대화





## IV. 마무리 및 성공전략



## 자산관리

- 상수도system을 구성하고 있는 노후 수도자산들(assets)을 가장 **경제적이고 합리적으로** 유지관리하기 위한 『**개대체(renewal)예산 투자계획 수립 절차 및 방법**』

## 현재수준

- USEPA Guide수준과 비교할 때 제한적인 관리자료와 경험 등에 의존하는 **낮은 단계의 자산관리** 개념의 유지관리 업무를 수행 중  
 👉 **고객 기대 부응 및 서비스유지 한계, 규제강화 및 비상대응 대처능력 어려움**

## 기본사항

- 본격적인 자산관리체계 도입이전 자산대장(asset register)구축 및 자산상태 평가등 **US EPA 5 Core Frame** 중 **1단계인** 기초자료구축 및 관리가 우선과제임  
 👉 **Core1 : 자산대장(asset register), 자산상태평가, 잔존수명예측, 가치평가등**

## 자산관리 계획이행

- US EPA Guide에 의한 자산관리계획은 시작점(starting point)에 불과하며, 이행과정에서 **PDCA기법**을 적용, 지속적이고 반복적인 **feed-back체계구축**(on-going process)  
 👉 **수도시설 운영 및 유지관리규정, 지침에 따라 통상적 업무처리와 연계, 수행**

## 기대효과

- **data 기반** 유지관리업무 **과학화, 고도화** 체계구축
- 경영합리화[유지관리 **비용절감(20~30%)**], 비상상황 대처능력 향상등 **고객서비스 제고**



- **도입목표를 명확히**
  - 우선, 상수도시설 운영 및 유지관리업무 고도화에 주력
  - 기존 운영system과의 통합, 연계운영은 후속과제로
- **과업수행 범위 구체화** : 사고등 각종 유지관리업무 data와 각종 진단data등을 토대로 노후시설 개대체 투자계획수립업무 고도화에 주력
- **운영(operation)관리 및 유지(maintenance)관리업무 정확한 이해**
- **US EPA 5 CORE Framework 적용시 “LoS” 에대한 올바른 이해**
  - “Level of Service”를 “운영관리수준”으로 이해하고 수도시설 운영목표 또는 자산관리 목표로 활용해야함 ⇨ 조직의 역량, 자산상태 및 법규등을 감안 설정
  - EPA Model은 전사적 TBL(사회, 경제, 환경분야)개념제시
  - 운영관리 목표인 수량, 수질, 에너지, 현안사항등으로 설정[KPI], 장애가 예상되는 대상자산을 도출하여 투자우선순위 산정(RPN)시 영향인자로 작용
- **미래 수도사업 지속유지를 위한 핵심전략임을 인식하고 정착단계 (최소약5년) 까지 지속적 투자 및 지원필요 [전담조직 필수]**



□ 『US EPA의 5 Core Framework』 Model을 기반으로 지방 상수도에 적용 가능한 자산관리체계 표준화 방안 수립필요

**1) 자산 DB구축 표준화** : 자산번호, 자산명, 제원항목 및 계층구조 등에 대한 표준수립

**2) 자산관리 핵심Logic 표준화** : asset register(자산대장)구축, 자산상태평가, 잔존수명예측, LCC&교체비용, LoS, 위험도 분석 및 최적투자 계획(개대체 투자 우선순위 선정)수립등에 대한 개념정립 및 수행절차, 방법, Logic개발에 대한 표준수립

**3) 자산관리 매뉴얼 작성** : 수립된 표준Logic을 기반으로 자산관리체계 구축업무 수행을 위한 매뉴얼 작성 (광역시급, 중규모, 소규모등으로 구분)



□ 표준화된 자산DB 및 Logic등을 시스템으로 구현하기 위한 표준화 작업 수행

1) 『US EPA 1 Step』 인 “자산의 현재 상태 (Current State of Asset)” 부문  
[자산레지스터, 상태평가, 잔존수명, LCC&교체비용]에 대한 표준 시스템개발

☞ 중소규모 지자체의 경우 EPA기준 1step에 해당하는 내용을 system으로 구축,  
약3~5년 data확보 후 전체step으로 확대구축하는 방향으로 접근이 바람직

2) 『US EPA 5 Core Framework 전체 Step』 을 구현할 수 있는 표준 시스템 개발

☞ 특광역시 및 대규모 지자체의 경우 운영조직, 인력등을 감안 전체step으로  
확대구축

※ 개발된 표준소프트웨어를 활용하여 각 지자체 자산 현황 및 운영특성에  
맞게 활용가능토록 최적화하는 Customizing 업무필요



## Kwater 광역 및 공업용수도 시설

- ✓ '24년까지 7개지구 시설대상 자산관리체계 및 system구축 [전체시설 48개지구]
  - 2개지구(수도권1,울산1)대상 시범사업완료('22.6)
  - **현재 5개지구(수도권2,3,4,울산2,거제) 시설대상 추가data확보로 개발로직 고도화 및 AMS구축**
- ✓ 잔여 41개지구시설은 '30년까지 전사확대 예정

## 지방상수도 시설

- ✓ 부산시,대전시를 포함한 11개지자체 대상으로 '21년부터 시범사업 추진
- ✓ 자산관리 확대보급을 위한 **표준 Logic개발 및 매뉴얼, system구축관련 연구용역계획('24)**
- ✓ '24년이후 표준매뉴얼 보급 및 연차별 지자체 확대구축 계획

## 공공하수도 시설

- ✓ 부산시, 나주시를 대상으로 표준Logic개발 및 매뉴얼작성등 자산관리 시범연구('21.12)
- ✓ **'22년부터 10개 지자체(대구,광양,양평,영동,경산,양산,합천등) 대상 공공하수도 시범사업추진후 확대구축예정**



**Thanks for Your  
Attention !**

**Email : [ahw20106@naver.com](mailto:ahw20106@naver.com)**

# 특강 4. 디지털 물기술의 적용 사례

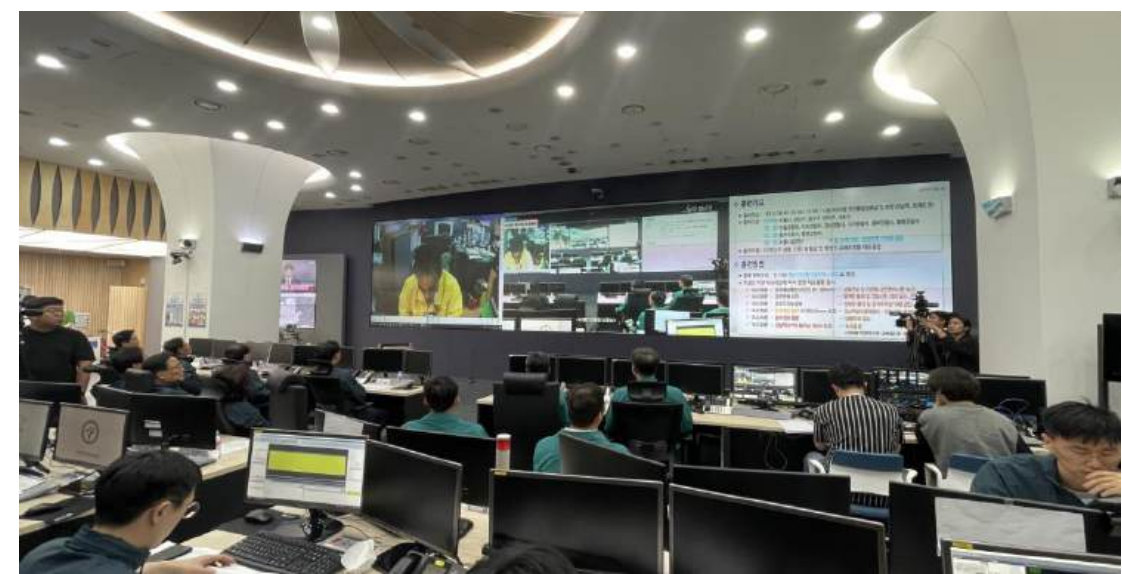
- 서울특별시 물순환안전국 최연호 과장 -

인명피해 제로화, 재산피해·시민불편 최소화

# 서울시 기후위기 대응 방안

- 침수예측 정보시스템 구축
- 10cm 빗물담기 프로젝트

동행·매력 특별시 서울  서울특별시  
SEOUL METROPOLITAN GOVERNMENT



서울시는 일상화된 기후재난에도 안전한 도시를 위해  
다양한 **풍수해 안전대책**을 시행하고 있습니다.

### 수방능력 향상

방재성능목표 상향  
대심도 빗물배수터널

### 빗물유출 저감방안

10cm 빗물담기 프로젝트  
"배수 + 담수"

### 새롭게 시행한 제도

침수 예경보제 도입  
동행파트너 구성·운영  
침수예측 정보시스템



# 침수예측 정보시스템 구축



# CONTENTS

서울시 침수예측 정보시스템 구축



Chapter 01

—  
사업  
배경 및 목표



Chapter 02

—  
시스템  
개발 현황



Chapter 03

—  
향후계획  
및 활용방안



Chapter 01

# 사업 배경 및 목표



- ✓ 최근 3년간 장마기간의 변동폭이 크며, 국지성 집중호우에 따른 **강우강도 증가 추세**
- ✓ 특히, 2022년 8월 집중호우 시 **방재성능목표강우량 상회** → 노면수 집중에 따른 **저지대 침수피해 심각**



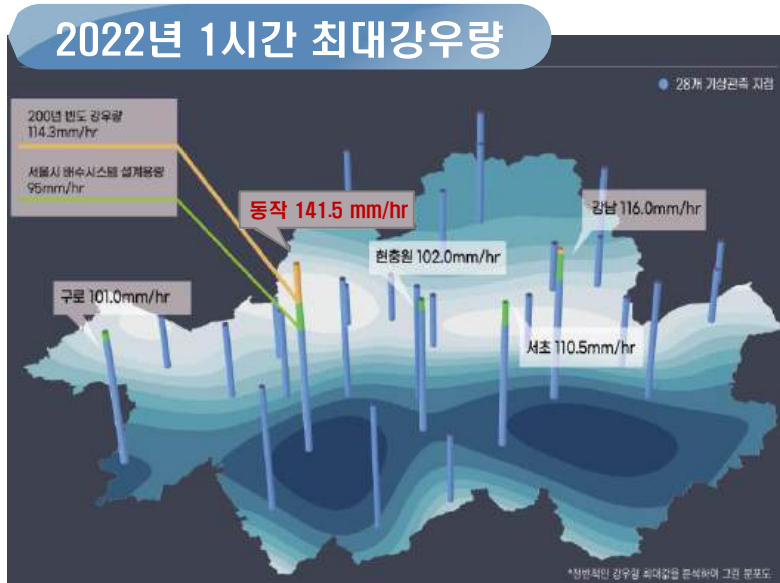
1973년 이후 긴 장마철에 많은 비



짧았던 장마철과 잦은 소나기



1907년 이래 장마 후 최대 폭우



면적: 605.69 km<sup>2</sup>



기상예보 : 서울에 오늘 최대 100mm 이상의 강우가 예상되니 침수피해를 입지 않도록 주의하세요.

대응방안 : ...?

면적: 23.91 km<sup>2</sup>



기상예보 : 종로구에 밤 늦게까지 90mm 이상의 강우가 예상되니 침수피해를 입지 않도록 주의하세요.

대응방안 : ...?

면적: 2.36 km<sup>2</sup>

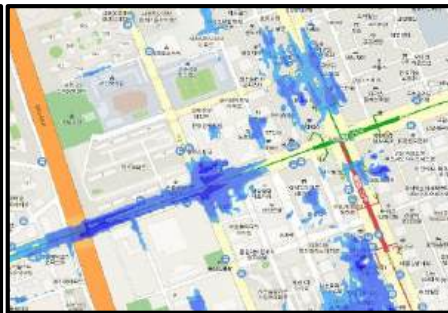


기상예보 : 종로1234가동에 18-21시에 강우량 30-80mm가 예상되니 침수피해를 입지 않도록 주의하세요.

대응방안 : ...?



## 도로 단위 상세침수지역 예측



침수예측 정보시스템 : 창경궁로 원남동사거리 주변에 저녁 6-9시에 최대 80mm 이상의 강우가 예상되고 최대 1m의 침수지역이 발생할 수 있으니 주변 건물 및 차량은 침수피해를 입지 않도록 주의하세요.

대응방안 : ...?

✓ 10분간 13.5mm 집중호우 발생 강남역 인근 도로침수 CCTV 영상 사례



# 04 도시침수 영향인자

- ✓ 신뢰도 높은 도시침수 예측을 위해 도심지 내 우수관망, 빗물펌프장, 빗물저류조, 도시하천 수위 고려
- ✓ 실시간 도심지 침수위험정보 및 도시하천 수위예측정보 생산을 위해 다양한 관측/예측 자료 활용



# 05 도시침수 해석과정

☑️ 강우량(관측 및 예측) 수집 → 유역유출 → 관로흐름 → 노면흐름 해석 과정을 통해 노면침수정보 생산



- 방재목표 상향에 따른 선제적 방재시설 확충 등 구조적 대책 진행
- 극한 강우 예방/대비/대응 목적의 수방시스템 개선 등 비구조적 대책 병행을 통한 수방대응체계 의사결정 지원

## 기후위기 물 관리 취약성 불확실성 대비

### 더 정교하고 강화된 수방대응체계 준비 목표

**이상기후에 대비**

---

**지역특성에 따른 방재목표 상향**

서울시 전역  
(100 mm/hr)

중점관리지역  
(110 mm/hr)



**방재시설의 한계를 넘어서는 강우 대비**

---

**더 정교하고 촘촘한 수해안전망 구축**

주택,도로,하천별 대응체계 마련

수방시스템 개선 (침수예측 연계)



**지역별 여건에 따라 정교하게 설계된**

---

**선제적 방재시설 확충**

중점관리지역 대심도 배수터널

침수취약지역 방재시설 개선





Chapter 02

# 시스템 개발 현황



- ✓ 2018년 기술연구 사업을 시작으로 현재 정보화 사업(1차) 수행
- ✓ 2023년 5월 15일부터 침수예측 정보시스템 시범 운영



### 시간적 범위

2022. 12. 16 ~ 2023. 10. 15.



### 공간적 범위

도시침수 : 서울특별시 전역  
 도시하천 : 우이천, 도림천 (시범구축)

기후변화 가속화에 따른 지능형 통합 재난관리를 위한 선제적 대응

#### 도시침수 예측모델



고해상도 침수시나리오 생산 (최신 관망 적용)

실시간 침수취약지역 침수위험정보 생산

실시간 도시하천 홍수위험 예측정보 생산

#### 침수예측 정보시스템



IoT 통합관리 운영시스템

침수 예·경보 상황관리 대시보드

실시간·예측 강우량 정보시스템

빅데이터 검증체계

**2022 09월 : 이상폭우 대응 침수예측시스템 긴급 구축계획 수립**

**11월 : 침수예측 정보시스템 구축 용역 발주**

**12월 : 계약 및 착수 (22.12.16~23.10.15)**

**2023 01~05월 : 침수예측 정보시스템 개발**

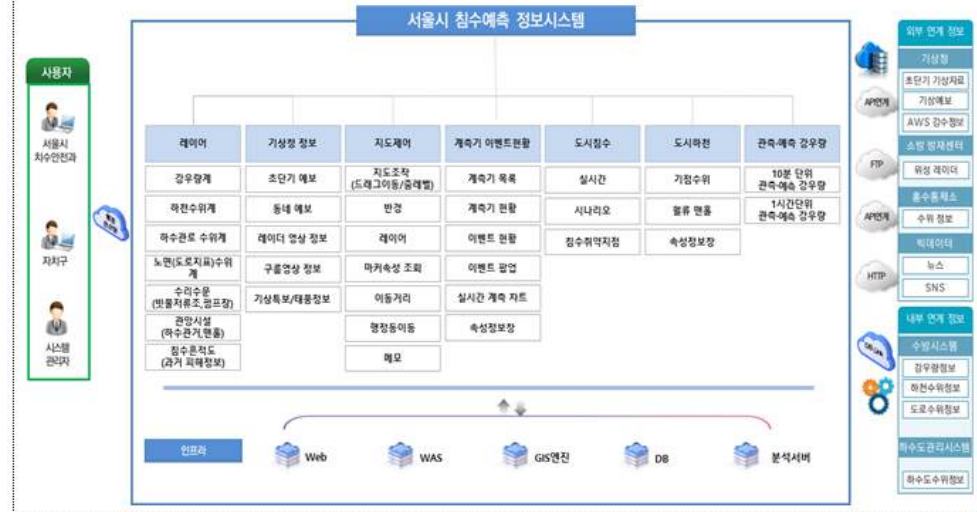
**05월 : 서울특별시 시의회 현황 보고**

**05~10월 : 수방 기간 시범운영**

**09~10월 : 예측자료 검증 및 보완**

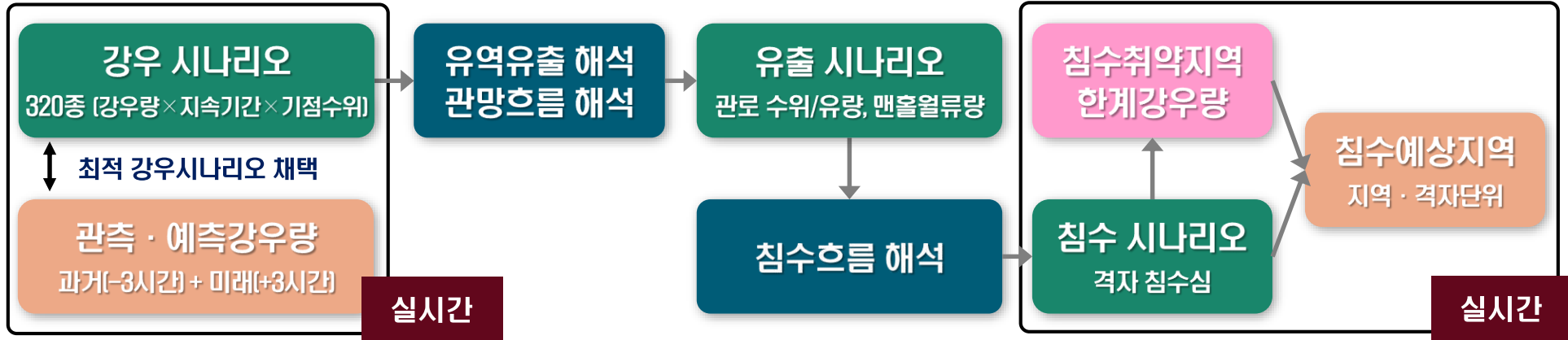
< 정보시스템 구축 개요 >

- ▶ 사업기간 : 2022.12.16 ~ 2023.10.15.
- ▶ 총사업비 : 1,283백만원 (국비) (용역비 1,180 / 감리비 103)
- ▶ 사업자 : 무한정보기술 컨소시엄
- ▶ 주요기능
  - 도시 침수 위험정보 실시간 예측체계 구현
  - 강우강도·지속시간 등 시나리오별 침수예상도 320종 제공
  - 지역별 실시간 예측강우량(-20분 ~ +30분, -2시간 ~ +3시간) 정보 제공
  - 도시하천 홍수위험 실시간 예측정보 구축 (도림천, 우이천 시범 구축)
  - 빅데이터 검증체계 개발(예측자료 수집분석, 정보 검증 및 오류 검출 등)

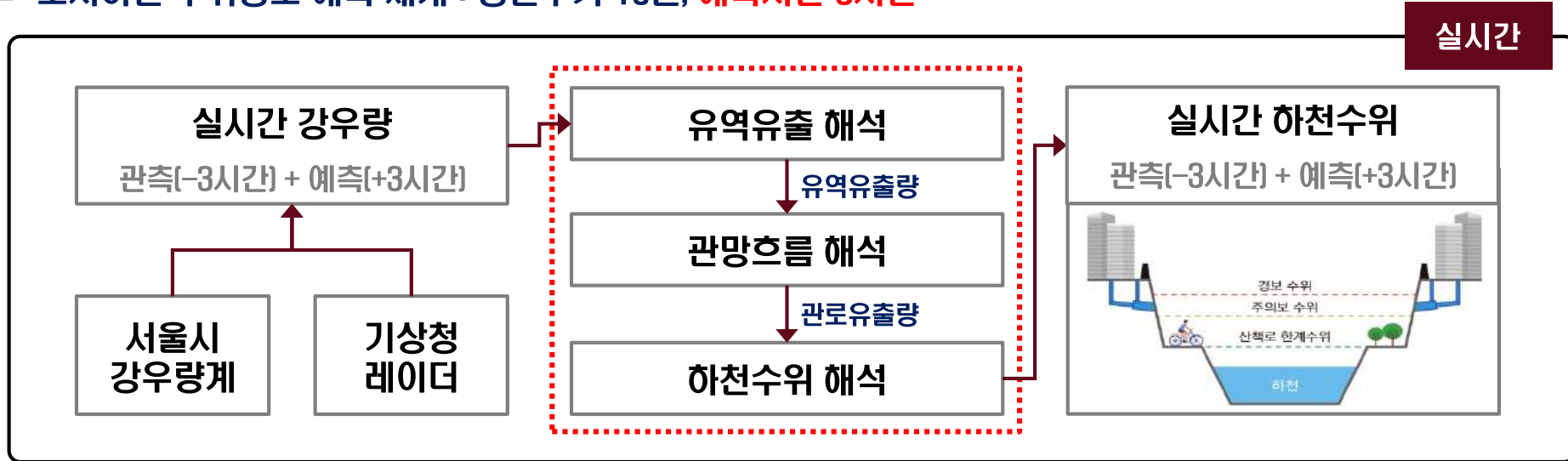


- ✓ 금년 수방기간은 실제 호우시 시스템상 예측정보에 오류가 없었는지 **검증 및 보정**하는 과정을 거침
- ✓ '24년도 **정확도 개선 및 시스템 안정화** 통해, 향후 대응시 의사결정 활용 및 시민공개까지 적극 검토 예정

침수위험정보 생산 체계 : 갱신주기 10분, 예측시간 3시간



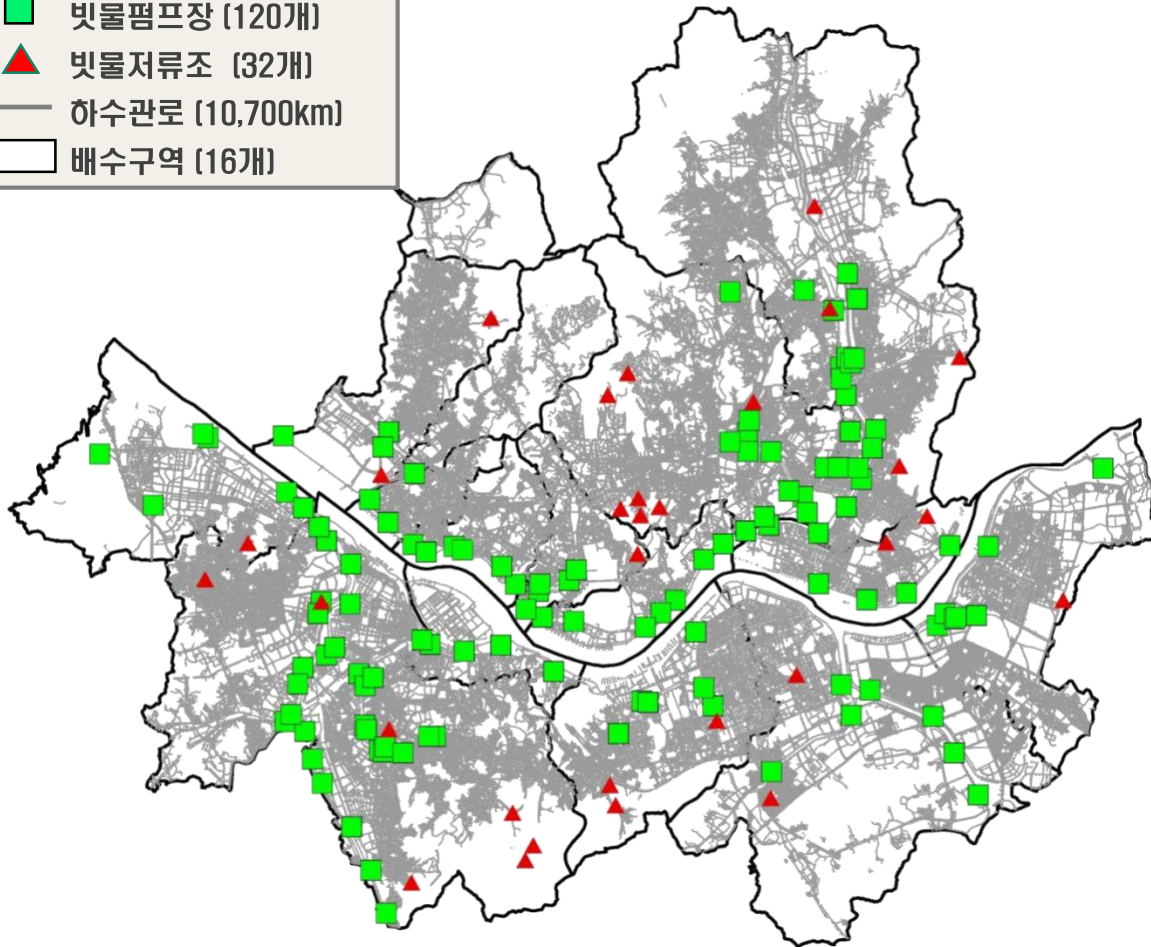
도시하천 수위정보 예측 체계 : 갱신주기 10분, 예측시간 3시간



# 04 도시 침수모형 구축 - DB 구축 현황

☑ 서울시 내 우수관망(450mm 이상), 빗물펌프장, 빗물저류조 등 수방시설물 반영

- 빗물펌프장 (120개)
- ▲ 빗물저류조 (32개)
- 하수관로 (10,700km)
- 배수구역 (16개)



## ☑ 대상지역

서울시 전역 (605.69 km<sup>2</sup>)

16개 배수구역 / 18개 단위 배수구역

## ☑ 관로 현황

하수도관리시스템 상 10,700km 하수관로

D450mm 이상 관로 추출/적용

## ☑ 맨홀 현황

하수도관리시스템 상 284,798개 맨홀

유효 하수관로와 관계된 맨홀 추출/적용

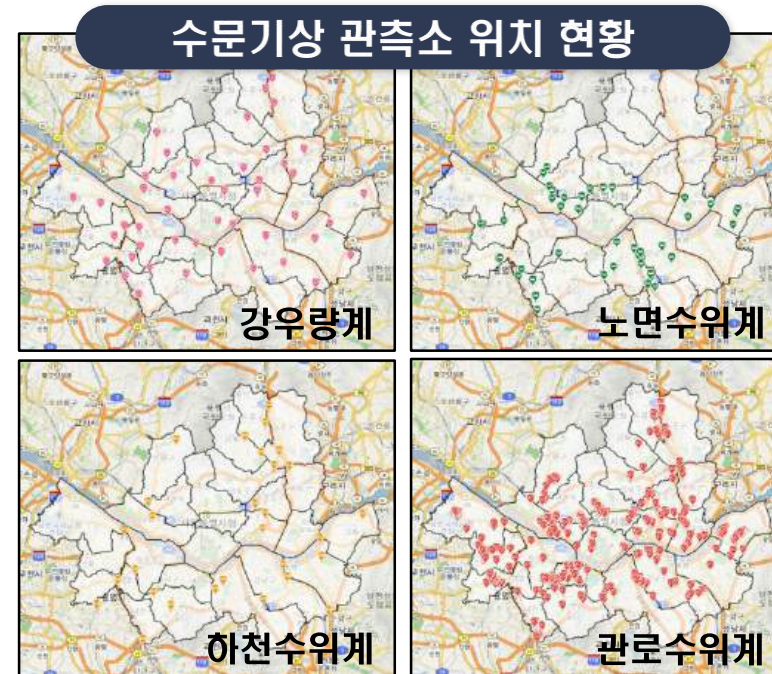
## ☑ 빗물처리시설

빗물펌프장 120개소

빗물저류조 32개소

# 05 수문기상 관측자료 DB 구축 현황

- ✓ 서울시 내 총 400개 이상의 수문기상 관측소 운영 중
- ✓ 수방시스템 연계를 통해 침수예측 정보시스템에서 강우, 노면수위, 관로수위, 하천수위 관측자료 제공



구 분	강우량계	노면수위계	하천수위계	관로수위계
개수	75개소 (서울시 47, 기상청 28)	48개소	32개소	264개소
관측정보	강우량	노면침수심	하천수위	관로수심
관측주기	10분	10분	10분	10분
관측최소단위	0.5 cm	1.0 cm	1.0 cm	1.0 cm

# 06 도시하천모형 구축 - DB 구축 현황

- ✓ **도림천** : 관로 10,554개, 맨홀 9,758개, 빗물펌프장 13개소, 빗물저류조 4개소
- ✓ **우이천** : 관로 4,356개, 맨홀 4,058개, 빗물펌프장 2개소, 빗물저류조 1개소



< 하수도시설 현황 >



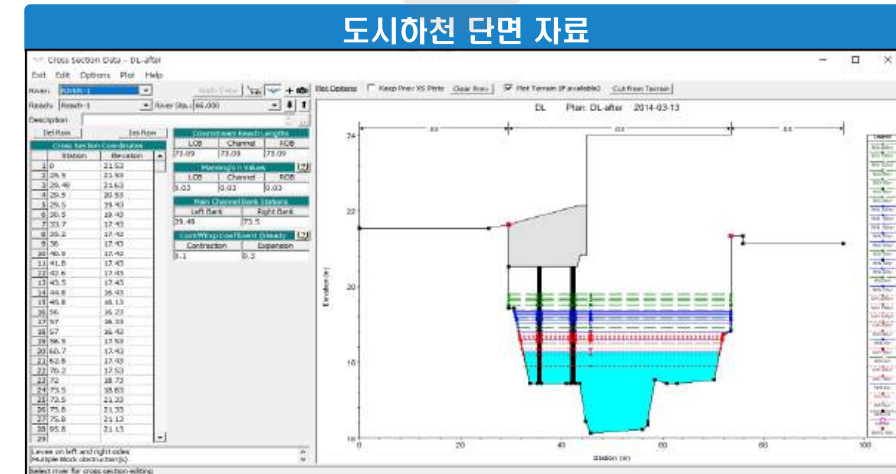
< 수위관측소 현황 >



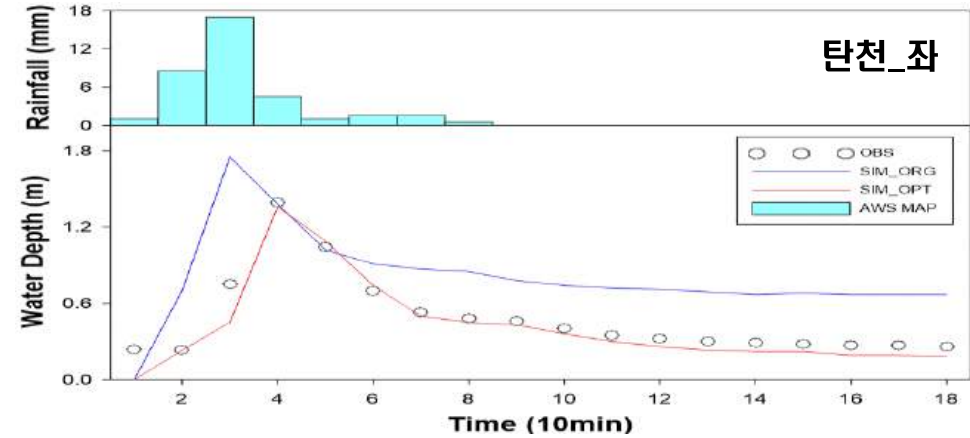
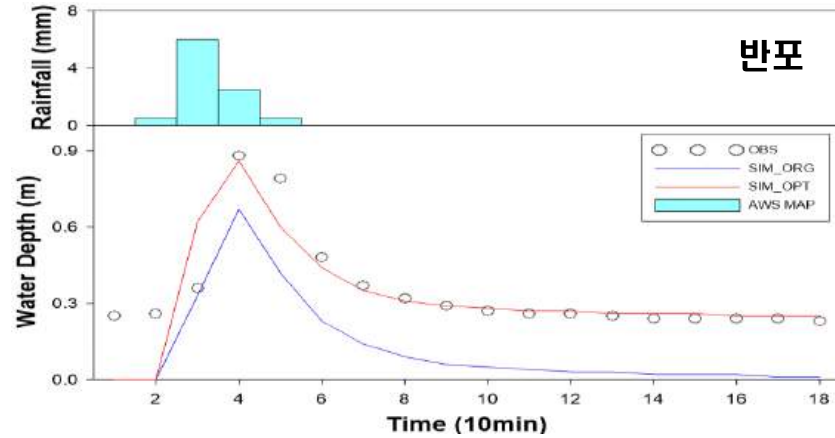
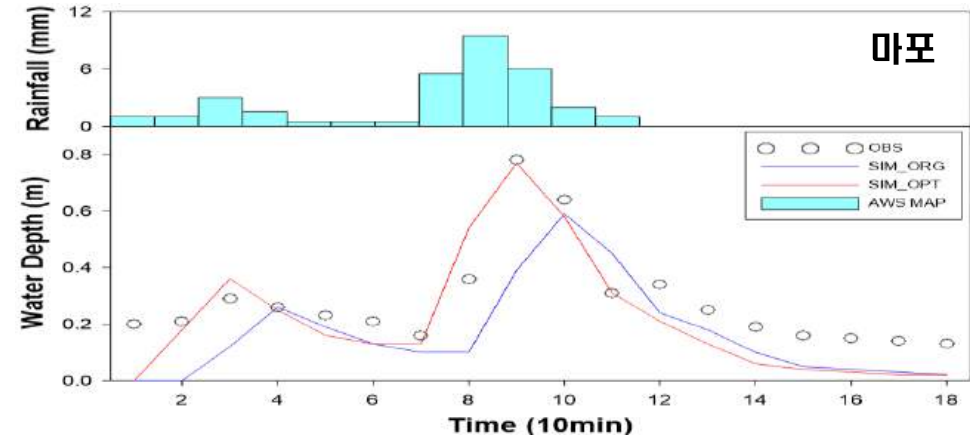
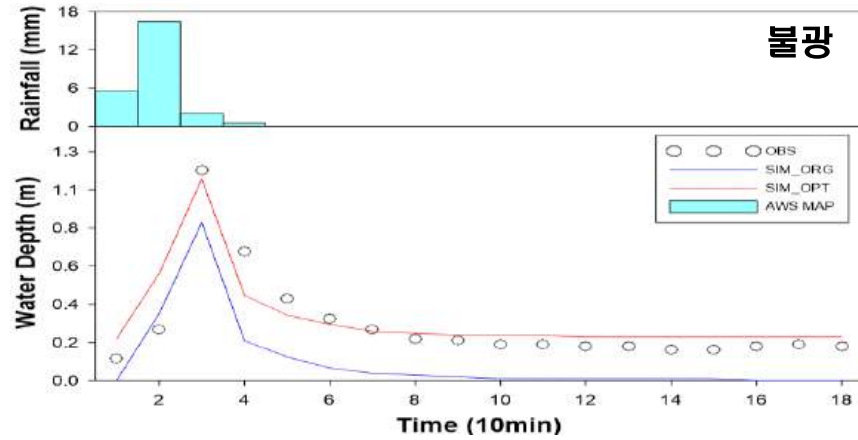
< 하수도시설 현황 >



< 수위관측소 현황 >



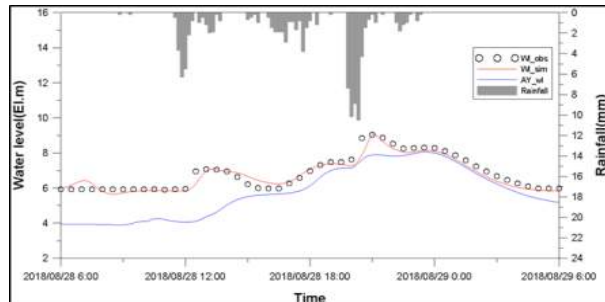
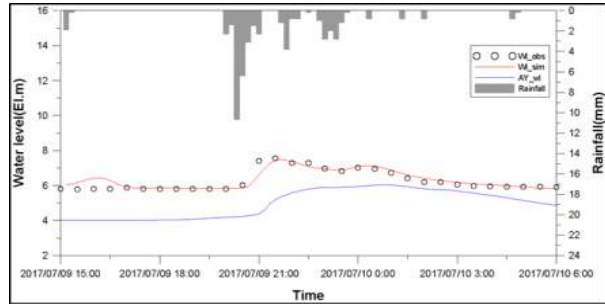
- ✓ 2020년 호우사상을 선정하여 관로 수위모형 최적화 수행
- ✓ 최적화 지점 : 서울시 내 35개 관로 수위 관측소 지점



- ✓ 도림천 : 2017년 1개, 2018년 1개 호우사상 모형 최적화
- ✓ 우이천 : 2017년 3개, 2020년 1개 호우사상 모형 최적화
- ✓ 최적화 지점 : 도림교 하천수위 관측소 지점
- 최적화 지점 : 장월교 하천수위 관측소 지점

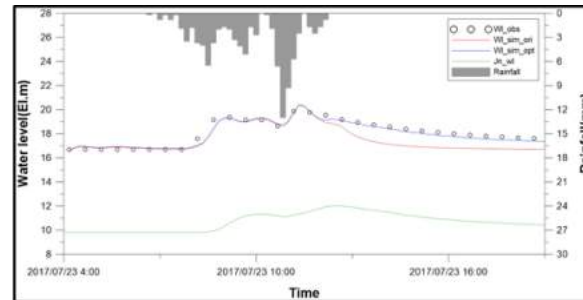
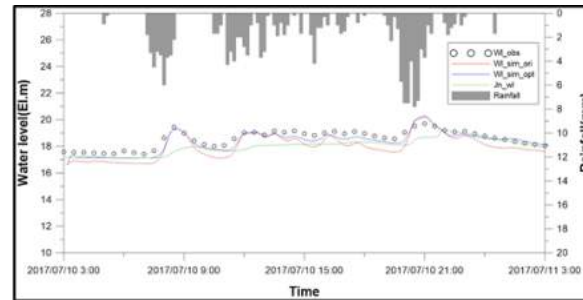
도림천

연번	구분	시간
1	시작	2017.07.09. 15시
	종료	2017.07.10. 06시
2	시작	2018.08.28. 06시
	종료	2018.08.29. 08시

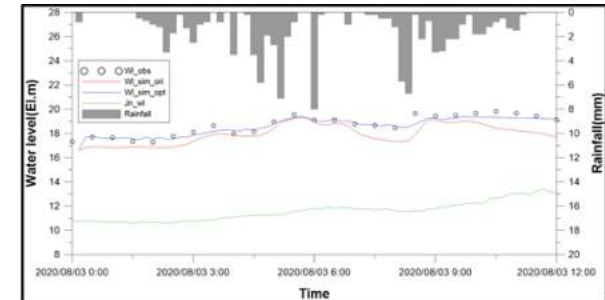
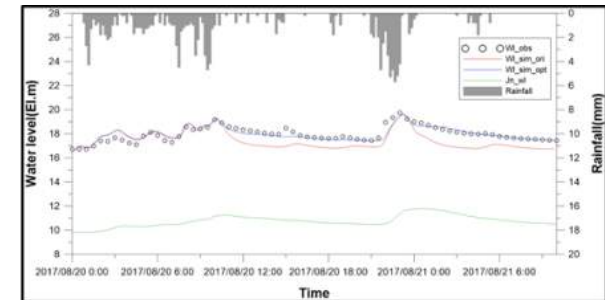


우이천

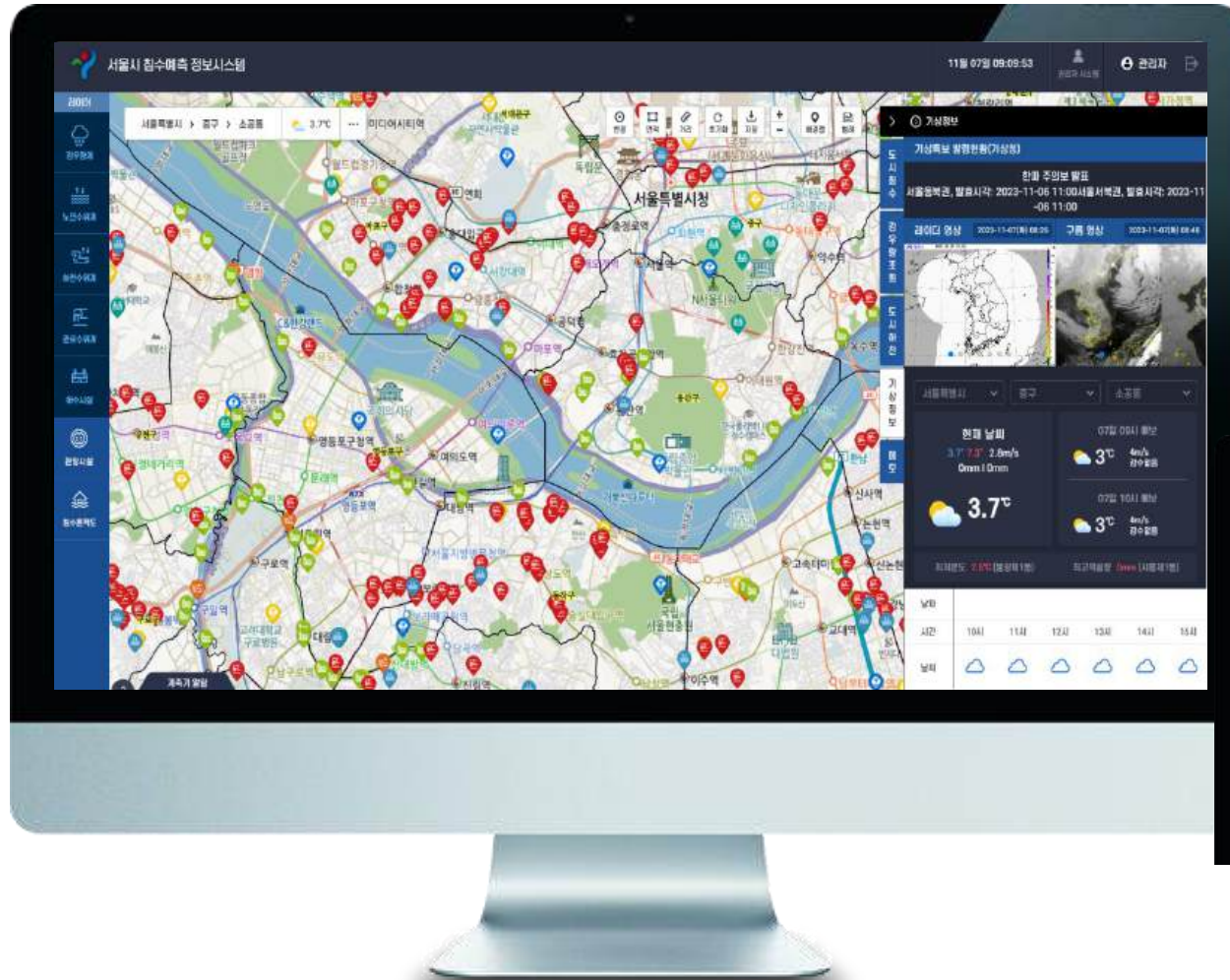
연번	호우기간
1	2017.07.10. 03시 ~ 2017.07.11. 03시
2	2017.07.23. 04시 ~ 2017.07.23. 16시



연번	호우기간
3	2017.08.20. 00시 ~ 2017.08.21. 06시
4	2020.08.03. 00시 ~ 2020.08.03. 12시



실시간 관측자료 정보 제공 : 강우량계, 노면수위계, 하천수위계, 하수관로 수위계, 빗물펌프장, 빗물저류조



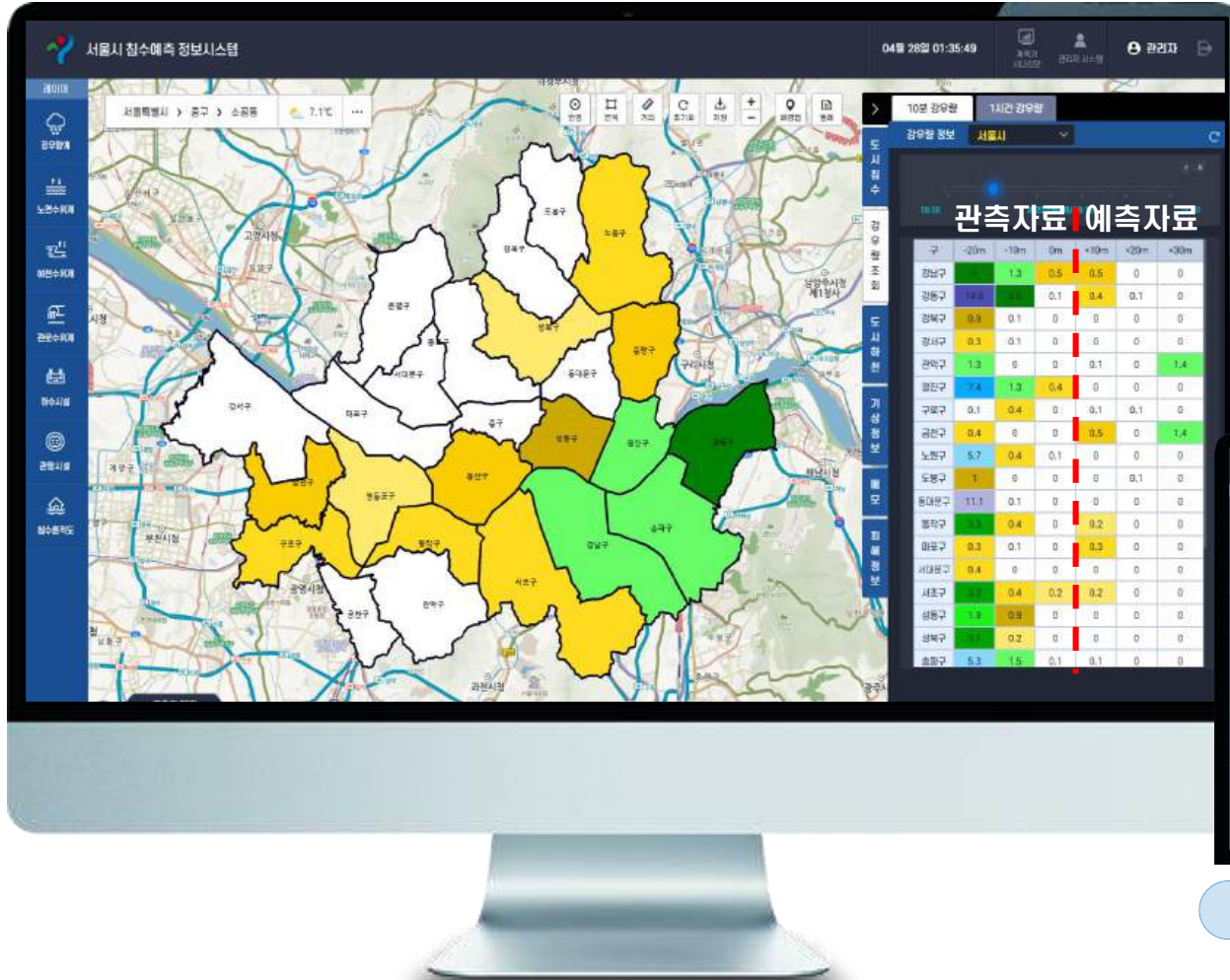
- 기능 목록
- 강우량계(서울시 48개소, 기상청 28개소)
  - 저지대 등 침수취약도로 수위계(48개소)
  - 하천 하천수위(32개소), 하수관로 수위(263개소)
  - 빗물펌프장(120개소), 빗물저류조(32개소)



실시간 계측자료 가시화 정보 제공

# 09 시스템 현황 - 강우정보 제공

- ✓ **지점단위 관측자료 + 격자단위 예측자료** → 25개 자치구별 면적 평균강우량 산정 및 제공
- ✓ **10분 단위 강우 : -30분 ~ +30분, 1시간 단위 강우 : -3시간 ~ +3시간**



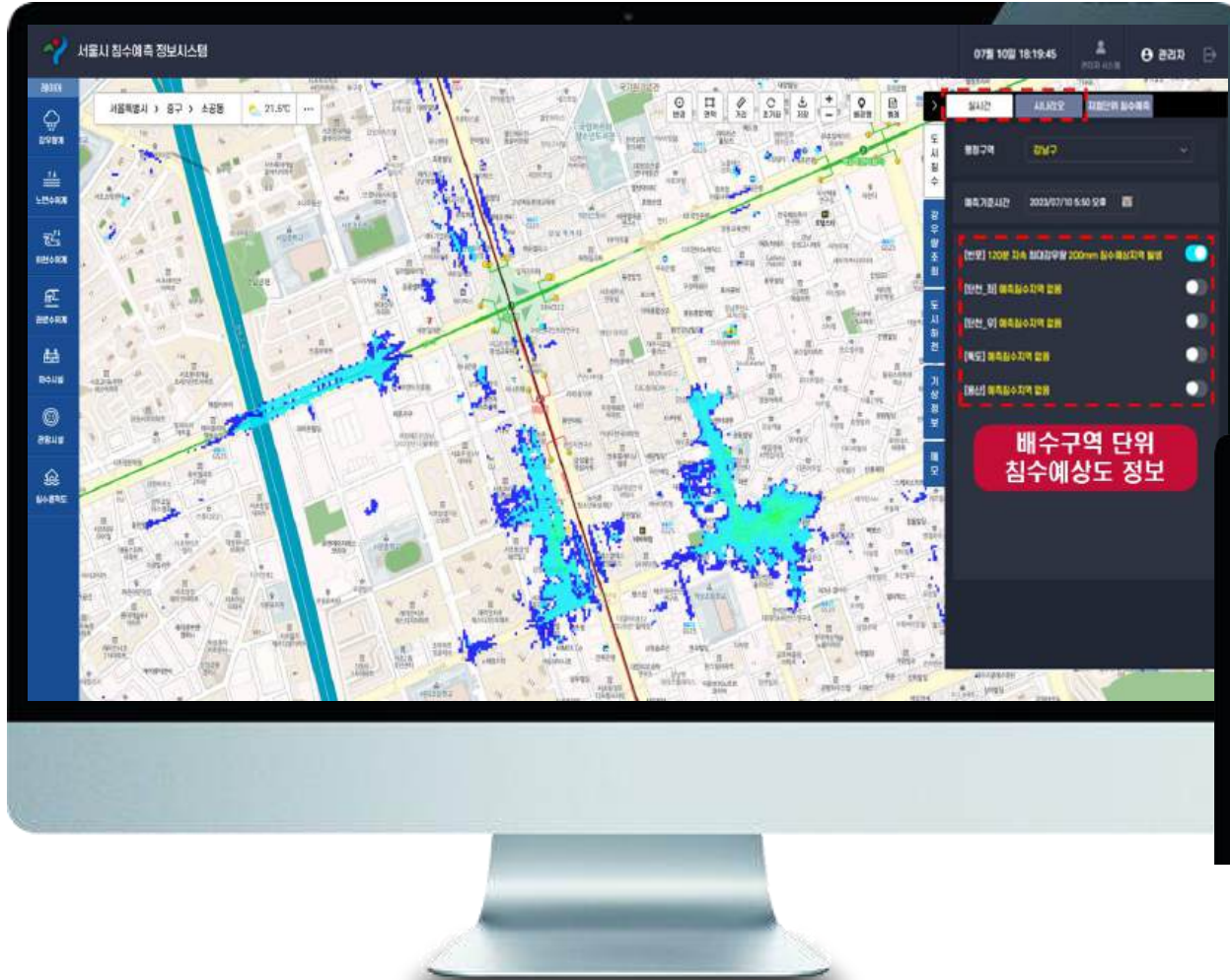
- ☑ **기능 목록**
- 면적 평균, 시계열 평균 강우량 조회
- 예측 시계열 최대 강우량 조회
- 10분 단위 면적 평균 강우량 예측 강우량 조회
- 1시간 단위 면적 평균 강우량 예측 강우량 조회



실시간 강우량과 예측 강우량 그래프 가시화 정보 제공

# 09 시스템 현황 - 상세 침수예상지역

- ✓ 시나리오 기반의 5m 격자 단위 침수예상도 생산 → 선행시간 3시간 이내 실시간 침수발생 가능 지역 제공
- ✓ 시나리오 총 320개 적용 : 총 강우량 20종, 강우지속기간 4종, 기점수위 4종



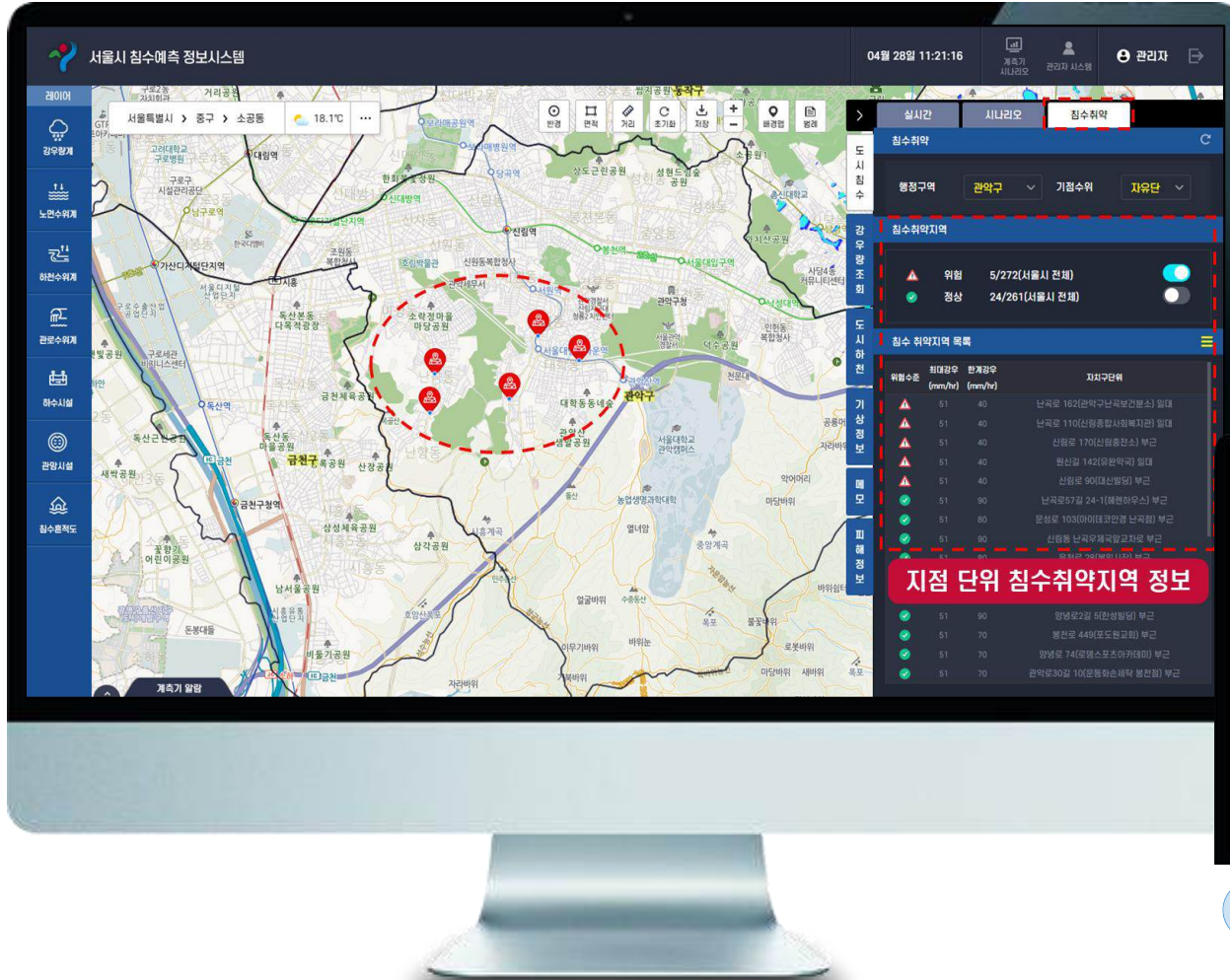
- ☑ 기능 목록
  - 실시간 침수 예측정보 표출
  - 시나리오 기반 시계열 침수 예측정보 표출
  - 구역 단위별 침수 예측정보 표출
  - 사용자 조건 선택에 따른 시나리오 구현 표출



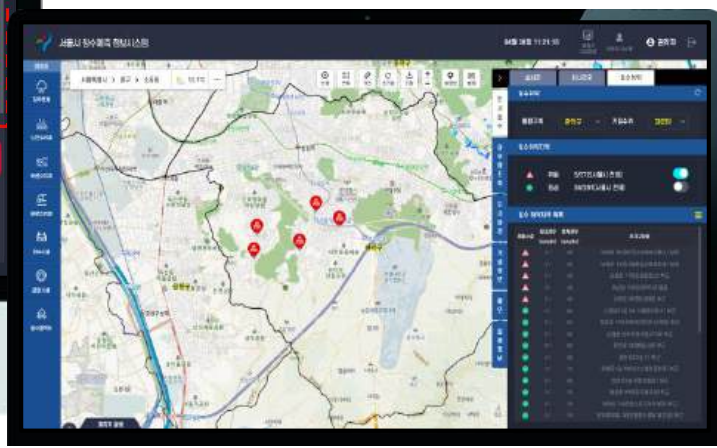
시나리오 조건 조정에 따른 예측시나리오 구현

# 09 시스템 현황 - 침수위험지역

- 방재성능 목표강우량 100 mm/hr 기준 침수위험지역 선정 (계획홍수위 기준 736개소 → 지역별 한계강우량 산정)
- 한계강우량(시나리오 기반 침수시작 강우량) < 예측강우량(1시간 지속기간 최대강우량) → 실시간 침수위험지역 정보 제공



- 기능 목록
  - 실시간 침수취약지역 표출
  - 침수취약지역별 최대강우 및 한계강우 표출
  - 기점수위별 침수취약지역 표출
  - 자치구 단위 침수취약정보 표출



기점수위 변경에 따른 자치구별 침수취약정보 제공

# 10 도시 침수모형 구축 - 도시침수 검증 (1)

- ✓ 2022년 8월 8일 ~ 9일 사례 - 침수예측 결과 (관악구 1)
- ✓ 지하층 침수에 의한 사망사고 발생 지점에서 침수 예측



**침수 원인**

- 신사동주민센터 입구 교차로 부근에서 맨홀 월류 발생
- 맨홀월류량 + 지표흐름에 의한 침수 발생



- ✓ 2022년 8월 8일 ~ 9일 사례 - 침수예측 결과 (관악구 2)
- ✓ 봉천로(신대방역 ~ 서울대입구역)에서 침수 발생



### 침수 원인

- 신대방역~서울대입구역 구간 봉천로/남부순환로 부근에서 맨홀 월류 발생
- 맨홀월류량 + 지표흐름에 의한 침수 발생



- ✓ 2022년 8월 8일 ~ 9일 사례 - 침수예측 결과 (서초구 1)
- ✓ 상습 침수지역인 진흥아파트 사거리 부근에서 침수 발생



- 침수 원인**
- 강남역 부근의 다수 맨홀에서 월류 발생
  - 저지대 지역인 진흥아파트 사거리 인근으로 지표흐름이 발생하여 침수



- ✓ 2022년 8월 8일 ~ 9일 사례 - 침수예측 결과 (서초구 2)
- ✓ 상대적 저지대 지역인 동작대로(사당역 ~ 이수역 구간)에서 침수 발생



**침수 원인**

- 사당역 부근 일부 맨홀에서 월류 발생
- 맨홀월류량 + 동작대로 부근 저지대 지표흐름에 의한 침수 발생



# 10 도시 침수모형 구축 - 도시침수 검증 (5)

- ✓ 2022년 8월 8일 ~ 9일 사례 - 침수예측 결과 (강남구)
- ✓ 대치역 부근 삼성로 및 남부순환로에서 침수 발생



- ### 침수 원인
- 대치역 부근 다수 맨홀에서 울류 발생
  - 대치역 인근 남부순환로에서 맨홀울류량 + 저지대 지표흐름에 의한 침수 발생

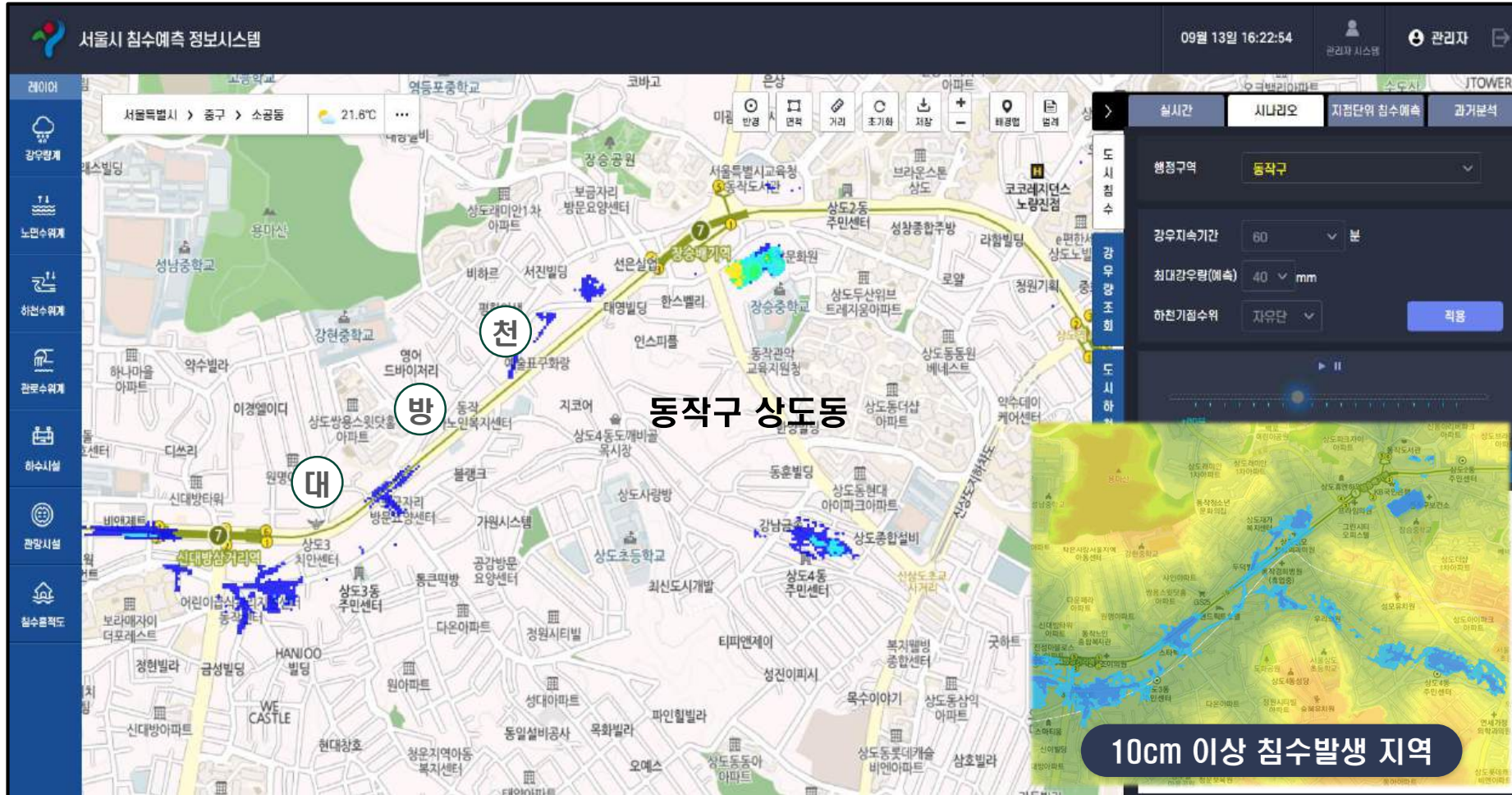


- ✓ 실시간 침수예측 사례 X → 4개 호우사상 침수발생 관련 정보(언론기사) 10건
- ✓ 침수발생 10건 중 30cm 이상 침수발생 예측 5곳, 10~30cm 침수발생 예측 2곳 침수예측

호우사상	호우특보 현황	최대강우량 (빈도년수)	침수발생 기사 현황
06월 29일	호우주의보	영등포 38.0 mm/1hr (2년 빈도 이하)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 동작구 상도동 반지하 주택 침수 [기상청 30.0 mm/1hr]</li> <li>✓ 서대문구 현저동 교통정보센터 침수</li> <li>✓ 서대문구 연희동 단독주택 침수</li> <li>✓ 강남구 역삼동 상록회관 도로 침수</li> </ul>
07월 11일	호우주의보/경보	기상청 74.5 mm/1hr (약 10년 빈도)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 강남구 개포동 개포자이 단지 침수 (강남 46.0 mm/1hr)</li> <li>✓ 영등포~금천구청역 지하철 운행 중단 (기상청 74.5 mm/1hr)</li> </ul>
07월 13일	호우주의보/경보	영등포 40.5 mm/1hr (2년 빈도 이하)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 강남구 삼성동 봉은사역 도로 침수 (강남 22.0 mm/1hr)</li> <li>✓ 강남구 언주역 주변 침수 (강남 22.0 mm/1hr)</li> </ul>
07월 30일	호우주의보/경보	영등포 76.5 mm/1hr (약 13년 빈도)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 영등포구 문래동 철공소 단지 침수 (영등포 76.5 mm/1hr)</li> <li>✓ 영등포~구로역 지하철 운행 중단 (영등포 76.5 mm/1hr)</li> </ul>

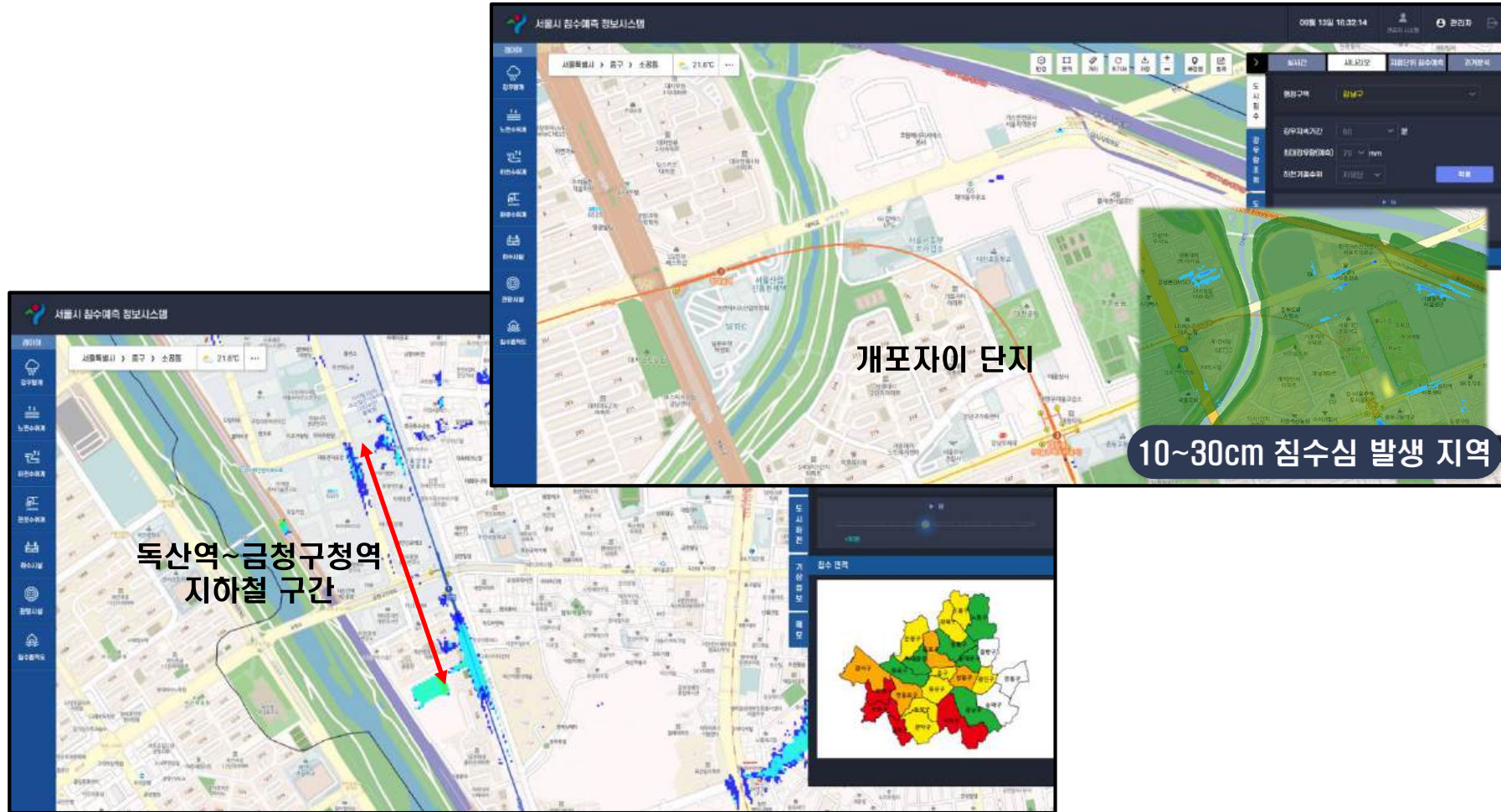
# 11 도시침수 예측정보 검증 - 분석결과(6월 29일)

- ✓ 침수발생이 확인된 4곳 중 상도동에서 침수발생 예측
- ✓ 복개하천인 대방천 주변 저지대 지역에서 적은 강우량(영등포 1시간 최대 38mm 관측)에도 침수발생 예측



# 11 도시침수 예측정보 검증 - 분석결과(7월 11일)

- ☑ 독산역 ~ 금천구청역 구간에서 저지대로 인한 침수발생 예측
- ☑ 개포자이 단지의 경우, 단지 주변 도로에서 30cm 이하의 침수발생 예측



## ✓ 침수발생이 확인된 2곳 모두 10 ~ 30cm 침수발생 예측



# 11 도시침수 예측정보 검증 - 분석결과(7월 30일)

- ☑ 상대적 저지대 지역인 문래동 철공소 단지 주변, 영등포~구로 지하철 구간에서 침수발생
- ☑ 당시 기상청 관측 강우강도는 최대 76.5mm/h 이나, 실제 주변지역(영등포구청) 서울시 관측 강우강도 최대 98.5mm/h 기록



- ✓ 호우특보가 발령된 4개의 호우사상 중 3개 사상 대상
- ✓ 도림천, 우이천의 침투수심 정확도 평균 65.20% : 도림천 68.37%, 우이천 62.04%



구 분		침투수심 정확도 (%)			
		평균	2023.07.11	2023.07.13	2023.07.30
도림천	도림교	78.43	72.48	94.67	68.15
	신대방역	58.30	56.72	91.44	26.73
우이천	장월교	41.58	28.54	62.67	33.53
	계성교	82.49	76.22	77.14	94.12
평균		65.20	58.49	81.48	55.63

돌발강우로 인한 기상청 예측  
강우량 부정확 오차 및 수위  
관측정보 오류 등 지속적인  
검·보정을 통한 정확도 개선  
필요



Chapter 03

# 향후계획 및 활용방안



- ✓ 침수예측 정보시스템 지속적 운영을 통한 관측자료 기반 도시침수/도시하천 예측정확도 향상
- ✓ 비구조적 대책의 일환으로 침수예측 정보시스템의 풍수해 재난대응단계별 의사결정지원 방안 마련



적용기술 관련 **기술개발**

의사결정 지원 **시스템 개발**

활용성 증대를 위한 **정확도 향상**

안정적 운영을 위한 **현업화 지원**



- 실무 활용성 증대, 예측정보의 신뢰성 확보를 목표로 사업 계획 수립
- 주요 사업내용 : **DB 추가구축 + 정확도 개선 + DB 최신화**

**[ DB 추가구축 ]**

- 도시하천 예측모델 추가 구축(5개소)
- 빗물받이효율 고려 침수 DB 구축
- 재해취약가구 침수위험정보 생산

**도시하천 추가 (5개)**

- 반포천
- 대방천
- 오류천
- 묵동천
- 당현천

**빗물받이효율 고려**



**[ 정확도 개선 ]**

- 유량계, 유속계 등 관측자료 기반의 예측 모델 및 한계강우량 보완
- 빅데이터 기반 검증 및 정확도 개선

**관측 기반 정확도 개선**

<b>2023~2024년 관측자료 수집</b> ▪ 수리량 계측정보 ▪ 침수심, 침수해 정보	<b>침수예상도 검증 및 보완</b> ▪ 기존 예상지역 보완 ▪ 신규 피해지역 추가	<b>침수예측 정보시스템 반영</b> ▪ 개선/신규 취약지역 및 한계강우량 반영
--	--	---

**빅데이터 기반 검증**



**[ DB 최신화 ]**

- 시스템 구축 이후 하수도 시설 갱신, 추가 반영 등 DB 현행화
- 펌프장 증설 등 최신 정보 반영

**방재시설 최신화**

< 지역별 방재시설 확충계획(안) (2023~2032년) >

구 분	사업 규모	추진 일정
하수관로 개선	46개 소구역 정비 598km	2023~2032년
빗물펌프장 성능개선	처리용량 부족 펌프장 18개소	2023~2030년
빗물저류조 신설	3개소(신영동, 신림공영, 신림2구역)	2023~2026년
하천 통수단면 확장	하천 확장 3개소(도림, 사당, 오류)	2023~2032년
산사태 예방사업	산사태 위험지역 1,354개소	2023~2032년

- 하수관로 : 신규 및 확장 관로 반영
- 빗물펌프장 : 용량 확대 펌프장 반영
- 빗물저류조 : 신규 추가 저류조 반영

# 03 빅데이터 기반 검증체계 마련

- ✓ 다양한 호우, 침수 관련 인터넷 뉴스 정보 수집을 통해 **침수정확 비교 · 검증에 활용**
- ✓ 도림천, 우이천 주요 지점에 대한 관측정보 기반의 **도시하천 수위 검 · 보정 체계 구축**

## 침수관련 인터넷 뉴스 수집



침수지역, 호우사상 등  
실황 정보 제공



빅데이터 기반 검보정된  
하천수위 정보 제공

## 검 · 보정 체계 기능 마련



01

### 침수예측정보 검 · 보정

- 도심지 및 도시하천 관련 실황 정보 제공 수집
- 침수예측모형 하천수위 예측지점 관측값 및 예측값 비교 정확성 검토

02

### 모형 최적화

- 지속적인 검 · 보정으로 모형 최적화

03

### 검증체계 고도화

- 외부 공용망 인프라 구축을 통한 SNS 및 유튜브 자료 수집
- 실시간 침수지역 위치 파악을 통한 재난 대응체계 지원

다양한 침수피해 이력정보 통합 제공 → 예측 정확도 개선 및 사용자 편의성 증대

### 침수이력정보 수집

빅데이터 자료

인터넷 뉴스
SNS 자료

호우에 서울·부산 등 33가구 대피...주택·차량 침수 등 잇따라



서울시 및 관련기관 자료

침수흔적도
NDMS 자료

기본계획
수해백서



## 침수피해 관련 통합 정보 제공

서울시 침수예측 정보시스템

09월 13일 16:58:53

관리자

침수취약지역

침수흔적도



**침수흔적도**

- 2023년 08월
- 2012년 08월
- 2011년 07월

강남구 강남역 부근

<b>재해명</b>	22년 8월 집중호우
<b>침수일자</b>	22.08.08 ~ 22.08.09
<b>침수기록</b>	침수심 10~45cm 면적 약 1,200m <sup>2</sup>
<b>침수원인</b>	관로통수능 부족

현장 사진





서울시 관내 총 163개 지하철도별 침수위험정보 생산 → 실시간 지하철도 통제 지원

### 지하차도 선제적 통제체계 요구 증대

2020년 7월 부산 초량1 지하차도 사고

2023년 7월 충북 공평2 지하차도 사고

### 서울시 도로시설과 협조요청

이제 귀부기 좋은 도시 서울. "영미아름 영복 포용적" **서울특별시** [seoul.go.kr](http://seoul.go.kr)

수신 차수안전과장 (경유)  
제목 침수예측 정보시스템 구축에 따른 협조요청

1. 기후변화에 따른 돌발성 집중호우 발생빈도 증가로 지하철도 이용시민의 안전을 위협하고 있어 선제적 통제체계를 구축하고 안전시설을 강화하고 있습니다.

<지하차도 침수사고 사례>

- 20.7.23. 부산 동구 초량1 지하차도 사상자 7명(사망 3, 부상 4), 차량 6대 침수
- 23.7.16. 충북 옥곡(공평2)지하차도 사상자 24명(사망 14, 부상 10) 차량 17대 침수

2. 이에, 귀 과에서 추진 중인 「침수예측 정보시스템」 대상시설에 지하철도도 포함시켜 개발해 주시길 요청드립니다.

- 지하차도 현황 : 총 163개소(시 117개소, 자치구 46개소)
- 요청내용 : 지하철도 침수위험 정보 기능 추가(필요시 세부사항 협의)

붙임 : 지하철도 현황 1부. 끝.

**도로시설과장**

주무관 김경필 도로기술팀장 허홍 도로시설과장 09/16 고영준  
협조자

시행 도로시설과-4017 ( 2023. 9. 18. ) 침수 차수안전과-16617 ( 2023. 9. 18. )  
우 04615 서울 중구 세종대로 110 서울특별시청 신청서 접수 / http://www.seoul.go.kr  
전화 02-2153-1677 / 팩스 02-2153-1076 / kki173@seoul.go.kr / 부록페이지(5)

### 지하차도 위험정보를 통한 지하철도 통제 지원



- 지하차도 DEM 재구축
- 지하차도 주요 제원 반영
- 지하차도 흐름해석모형 구축

서울시 침수예측 정보시스템

04월 28일 11:21:16

실시간 시나리오 취약지역 취약지역

침수위험

침수위험지역

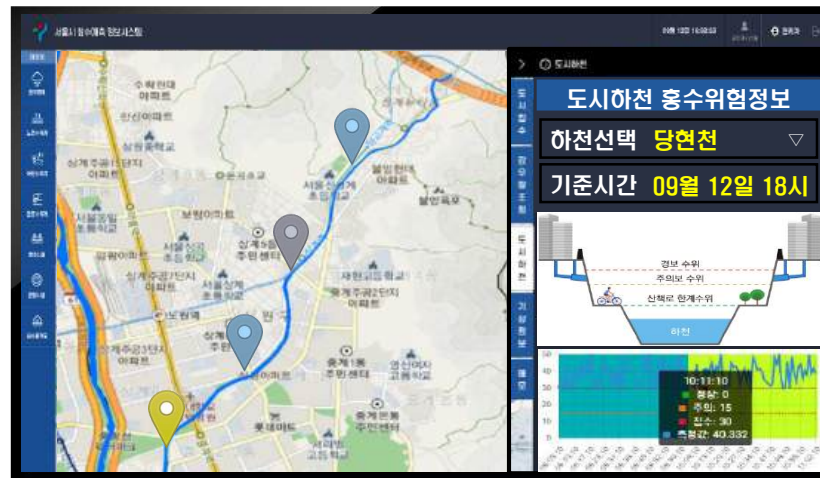
4 / 25 (서울시 전체)  
6 / 138 (서울시 전체)

위험수준	최대강우	한계강우	지하차도
△	75mm	60mm	신용산
△	95mm	80mm	중산
△	65mm	50mm	월계2
○	45mm	70mm	도봉
○	75mm	65mm	외발산
○	30mm	40mm	...

# 06 도시하천 홍수예보 확대

서울시 도시하천 44개소 홍수예보 확대 → 주변 지역 사전통제 정보 제공

국가하천 6개소, 지방하천 38개소



실시간 정보 활용

## 도시하천 홍수예보정보 활용 방안

도시하천 범람예측

주변지역 위험정보제공

사전 지역통제



SNS

자동차단시설

경찰통제

도시침수 및 도시하천 예측정보 모바일 시스템 개발 → 1인 방재체제 마련을 통한 침수피해 감소

재난 모바일 서비스 필요성 증대

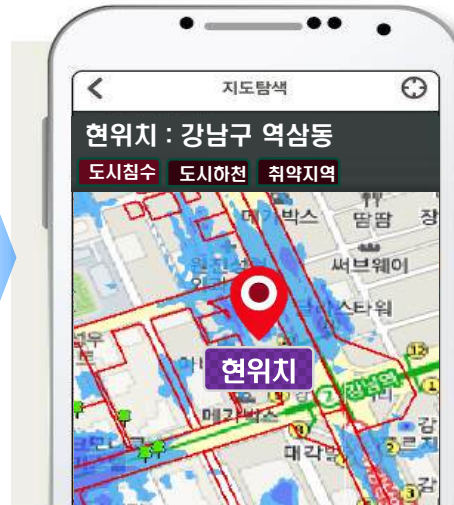


환경부 홍수알리미 서비스



미래한강본부 공원침수정보 서비스

도시침수 및 도시하천 예측정보 제공 모바일 시스템 개발



모바일 기반의 예측정보 제공

주요 기능	제공 정보 상세 내역
도시침수	<ul style="list-style-type: none"> <li>보행/차량 진입금지 및 대피경로 제공</li> <li>침수취약 지하차도 정보 제공</li> </ul>
도시하천	<ul style="list-style-type: none"> <li>실시간 도시하천 홍수예보 정보 제공</li> <li>통제하천 및 주변 위험지역 정보 제공</li> </ul>
취약지역	<ul style="list-style-type: none"> <li>과거 침수흔적도 제공</li> <li>서울시 침수취약지역 정보 제공</li> </ul>

1인 방재체제 구축을 위한 대응시스템 마련

침수예측 지역

침수취약 도로

도시하천 주변

사용자 위치기반 침수정보 제공

출입 통제 지역 정보 제공

운전자 우회도로 안내 연계

# 08 Digital Twin 기반 예측정보 제공

실황 관측정보 및 시나리오 기반 예측정보 DT 가시화 → 풍수해 상황에 대한 능동적 예방·대응 능력 향상

## 디지털 트윈을 연계한 관측 및 예측정보 가시화



### 관측 및 예측 정보 활용

관로 수위계, 노면 수위계 등 모니터링 정보

시계열 정보, 최대 침수심 등 침수예측 정보



### 고해상도 3D 공간정보 활용

서울시 저지대 지역 3D 공간정보

서울시 지하철도 등 지하공간 3D 공간정보

융합

시나리오 기반  
풍수해 대응훈련 지원

대국민  
교육 및 홍보 자료 활용

풍수해 상황 모의를 통한  
능동적 풍수해 예방·대응



☑ 예측 강우 기반 빗물펌프장 유입량 예측정보 생산 → 펌프 가동 대비/대응 의사결정 지원

## 극한호우에 따른 펌프장 유입량 예측정보 지원 필요

### I 빗물펌프장 운영 한계

인천시, 펌프장 운영 · 통합시스템 구축 시급

펌프 자동불구 수작동으로 작동..  
갑작스런 상황에 대처 등 미흡..  
가동시간 알려면 전화 돌려야..

서울시, 빗물펌프장 스마트 강우분석 시스템 최초 구축

기존 펌프장 수위계에 더해 강우량계, 유입량계를  
추가 설치해 3개 데이터 종합분석  
관제 기반 대응으로 사전 예방/대비 어려움 존재

### I 빗물펌프장 유입량 실시간 예측

예측 강우량  
+3시간 예측

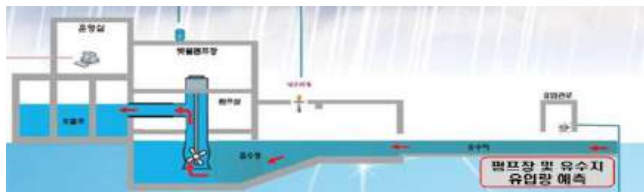
관로흐름해석 모형  
펌프장 유입량 모의

방류조건 적용  
펌프 및 배수조건

하천유량해석 모형  
외수위 조건 모의

빗물펌프장 유입량  
+3시간 예측

빗물펌프장 수위  
+3시간 예측



예측강우 기반의  
빗물펌프장 유입량 예측정보 생산

펌프 가동 대비/대응 지원  
※ 10분 주기 +3시간 예측자료 지원

빗물펌프장 유입량 예측을 통한  
국지성 호우 능동대처



# 10 계측기반 지역특화 빗물받이 성능 분석

☑ 관로 유량 관측 → 빗물받이 성능 분석 → 침수모의 결과 정확도 향상

## 노면수에 의한 침수규모 증가

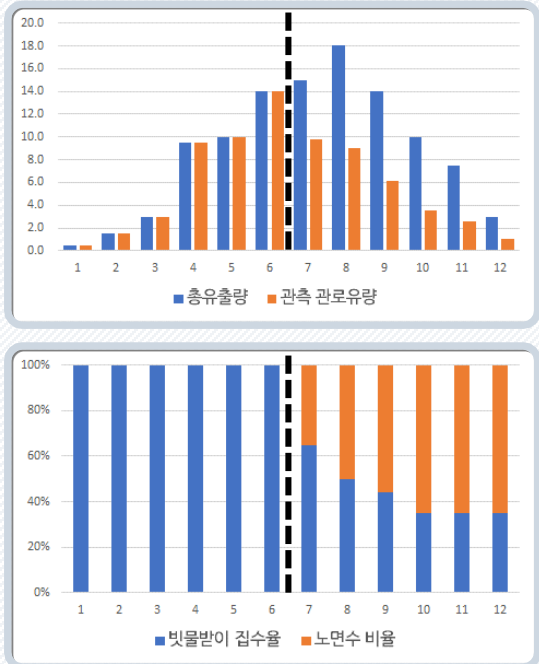
01 유량계측기 설치를 통한 관로 유량 관측



☑ 빗물받이에 쌓인 오물 및 이송잡물에 의해 노면수의 빗물받이 유입 방해

## 최적 빗물받이 성능 분석

02 지역 특성을 고려한 빗물받이 집수율 산정



☑ 유역 홍수량과 관측 유입유량을 이용하여 적정 빗물받이 집수율 산정

## 도시침수모형 정확도 향상

03 빗물받이 집수율을 고려한 도시침수모형 구축



☑ 빗물받이로 유입되지 못한 노면수의 지표흐름을 고려한 침수분석 수행

- ✓ 다양한 시나리오 기반 침수예상도를 통한 재난대응 예방/대비단계 보조자료 활용
- ✓ 관제 및 예측 정보 생산을 통한 주택, 도로, 하천 대피 및 통제 의사결정 지원

관측기반 수방시스템



강우량, 관로/하천 수위 등  
관제 정보 연계



침수심, 침수범위 등  
실시간 예측 정보 지원

예측기반 침수예측 정보시스템



01

재난대응 예방/대비 지원

- 도심지 및 도시하천 관련 현황/예측 정보 제공
- 침수예상도를 통한 침수취약 지역 예방/대비 가능

02

침수 예경보제 지원

- 취약지역 침수 한계강우량 정보 제공
- 예경보 발령 의사결정 참고 자료 활용 가능

03

침수취약도로 통제지원

- CCTV, 수위계, 예측강우, 침수심 정보 제공
- 사전 현장 지원 인력 파견, 대피 및 통제 지원 가능

04

재해약자 대피 지원

- 저지대 취약지역의 관제 및 예측 정보 제공
- 동행파트너 사전 인지, 대피 준비 선행시간 확보 가능

빗물유출 저감방안

# 10cm 빗물담기 프로젝트

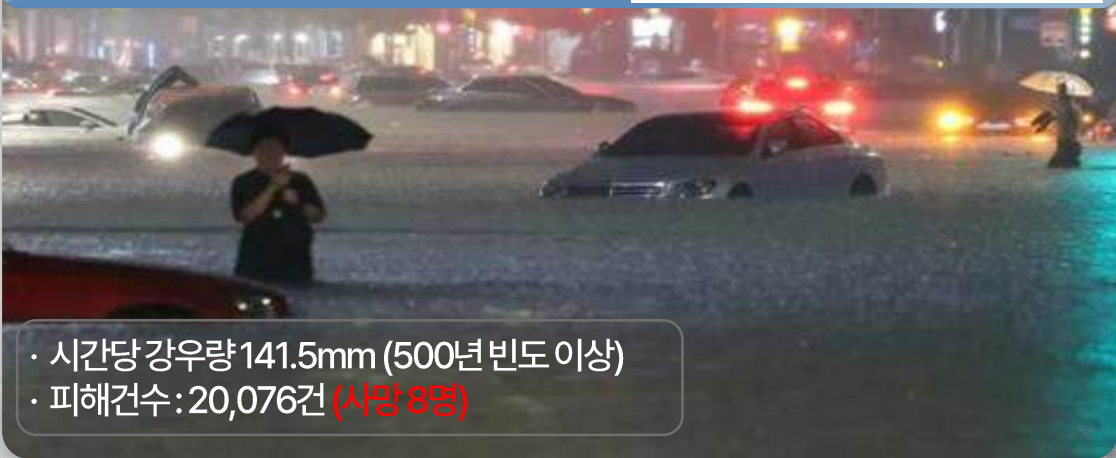


# 1. 추진 배경

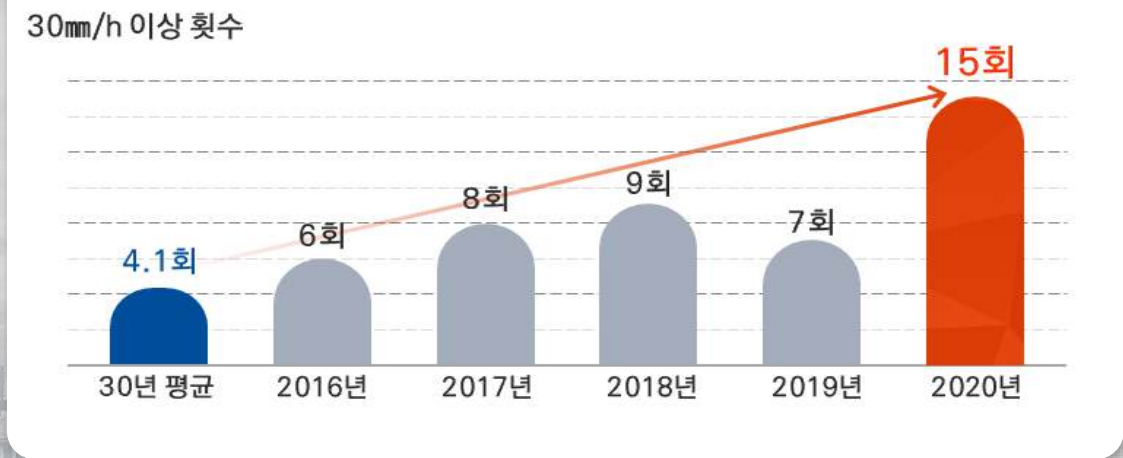
**민선8기 핵심정책** '녹지생태도심 재창조', '정원도시 서울' 정책과 함께  
기상이변에 따른 집중호우 대비 빗물유출 저감대책 마련

- ✓ 28년 대심도 **빗물배수터널 완공 이전** ('27 우기철 빗물 저류) **실효성 있는 침수예방대책 필요**
- ✓ 서울시내 빗물 유출 저감을 통해 내수침수 예방
- ✓ 기존의 배수우선대책에서 **빗물을 담수하는 방안도 함께 시행** 필요

**2022. 8. 8 집중호우** 서울 집어삼킨 80년 만의 '물폭탄'



서울시 집중호우 횟수는 점점 증가

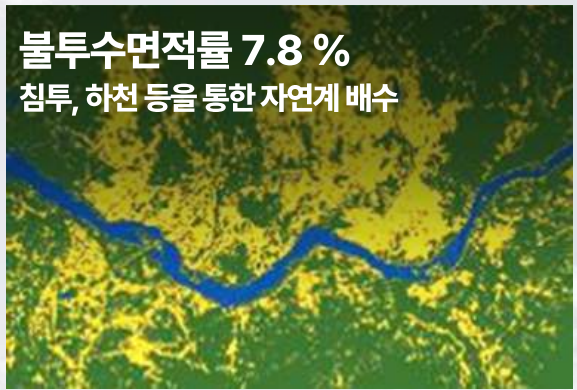


# 2. 침수원인 및 한계

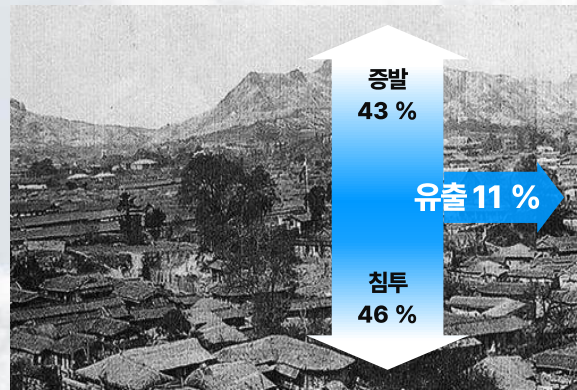
✓ 수십년 지속된 **수도권지역 개발**에 따른 불투수율 증가로 **서울의 침수위험 증가**

▶ 침투되지 못한 노면수 발생량 증가 (저지대 집중)

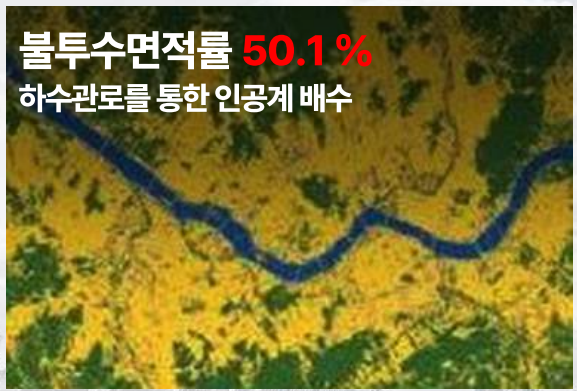
1960년대 서울



1960년대 물순환



2020년대 서울



현재 물순환



▶ 수도권 개발로 한강지천 **홍수량 상승** (주변 저지대 배수불량)



## 2. 침수원인 및 한계

✓ 굴곡진 지형, 하수관 용량부족, 빗물활용 미흡 등 다양한 요인이 침수피해 야기

### 지형적 요인



✓ 지형적 특성으로 침수피해 가중

- 강남역 : 노면수가 모이는 굴곡진 지형
- 도림천 : 하천 홍수위보다 낮은 저지대

### 하수관 용량 부족



✓ 하수관로 성능 부족

- 서울의 수방능력은 60~95mm/h 수준
- 이상폭우에 대응하기에는 역 부족

### 빗물 활용 미흡



- ✓ 여름철 강수량이 80% 차지함에도 이용은 1/3에도 못 미침
- 가용토지·건축물·자원 등 총 동원한 빗물저감(담수) 방안 마련 필요

## 2. 침수원인 및 한계

✓ 배수 위주 수방대책에서 **탈피, 빗물 담수를 활용한 수방대책도 함께 시행 필요**

### 주요 수방대책

하수관, 빗물펌프장 확충

대심도 빗물배수터널 건설

하천복원, 정비 등

### 한 계

▶ 이상폭우 횡수·강도는 계속 증가하는데 비해, 하수시설 용량 증설에는 한계가 있음.

▶ 대안으로 대심도 추진 중이나, 장기간 소요 및 막대한 비용 필요

▶ 도로, 지장물 등 저축으로 통수단면을 늘리는 데 제한이 있음.



신설 빗물배수터널



하수관로 개선



빗물펌프장 신설



하천 준설

### 3. 추진 방안

#### 가. 저수지·연못 수위 조절을 통한 우수 저류

- ✓ 대상 : 우리시 관리 공원내 모든 저수지 · 연못
- ✓ 운영방법 : 집중호우 전 사전방류로 수위 저하  
→ 강우시 우수 저류로 하류 하천 및 저지대 침수 예방

#### 양재천 청계저수지(서울대공원)

총 저수량 109.2만톤 수심 5m (2m 수위저하시 42만톤 저류가능)



#### 시 관리 공원내 호수·연못

개소 수 총 45개소 총 저수량 46만톤 (20% 수위저하시 9.2만톤 저류가능)



\* 보라매공원 연못 (도림천 유역)

### 3. 추진 방안

#### 나. 임시저류조 설치 및 기존저류조 용량 증설

- ✓ **방 법** : 진행 중 공사장, 사용중단 시설물 등 활용하여 저류
- ✓ **대 상** : **(공사장)** 신림공영차고지, **(사용중단시설)** 우면산 아리수 가압장  
**(용량증설)** 사당IC 저류조

#### 도림천 신림공영차고지 저류조

**저류량** 6만톤 (공사 후 3.5만톤)

**방 법** 공사장 구조물 지하부 활용 저류



#### 반포천 우면산 아리수 가압장

**저류량** 2.1만톤

**방 법** 저수조 상부로 빗물유입 및 저류



#### 사당천 사당IC 저류조

**저류량** 12.8천톤 증설

**방 법** 5m 굴착 추가저류(17.6 → 30.4천톤)



# 3. 추진 방안

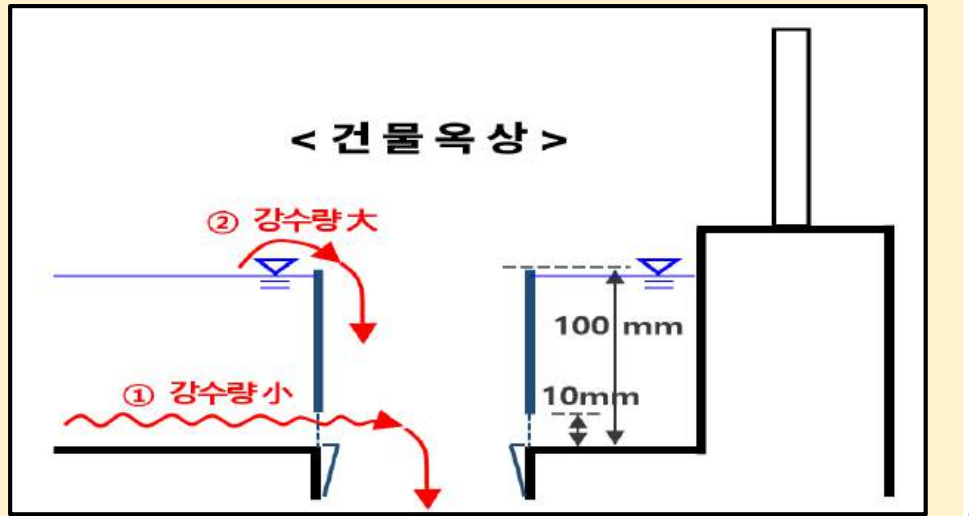
## 다. 건물 옥상 및 대지 등 활용방안

### ✓ 건물옥상 배수홈통 구조 변경을 통한 우수유출 지연

- 옥상 배수홈통에 배수단면을 축소한 **높이 10cm 월류형 홈통 제작·설치**하여, 우수유출 지연 및 저류
- 공공건물 옥상부터 우선 시범운영하고, 모든 대형건축물·아파트 옥상 등 민간에 확대 시행

→ 옥상 배수홈통 제작(1,000개)하여 설치 중 ('23. 8. ~), 1,000개 추가 제작 중

건물옥상 배수홈통 모식도



배수홈통 설치 사진



# 3. 추진 방안

## 다. 건물 옥상 및 대지 등 활용방안

✓ 산 자락에 위치한 배수지 등 대지·지면의  
 집수정 배수구 단면 축소 통해 빗물유출 지연

- 공공하수관로와 연결되는 **집수정 입구에**

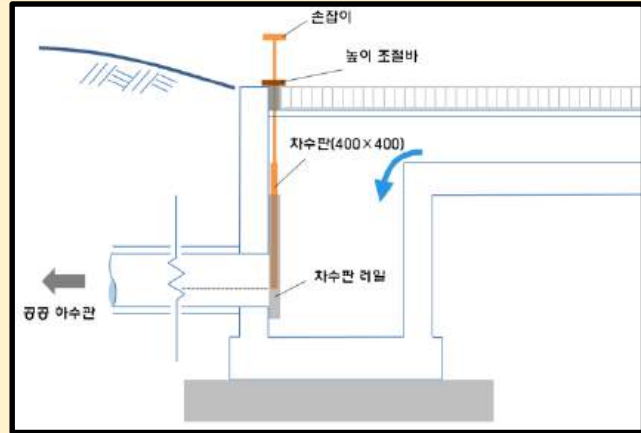
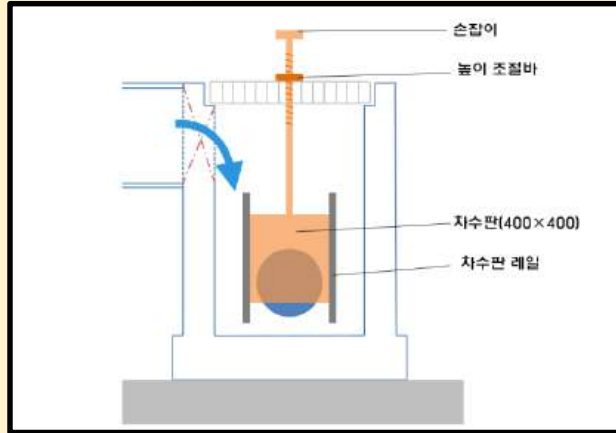
**단면 축소용 차수판을 설치**하여 우수유출

지연 및 대지내 저류

- (대상) 배수지(103개소), 공원내 광장,  
 주차장(노외포함), 운동장, 체육시설 등

→ **2개소 설치**(보라매공원 운동장, 서울대공원 주차장)  
 시범사업 통해 효과검증 후 사업확대 예정

대지/지면의 집수정 배수구 단면축소 모식도



보라매공원 운동장 부지



집수정 차수판 설치 사진



# 3. 추진 방안

## 라. 다양한 빗물 침투 또는 저장시설을 이용한 빗물관리시스템(LID : 저영향개발) 적극 시행

- ✓ 도로, 주차장, 공원, 건물 등에서 **빗물 땅속 침투 등 다양한 방안 활용 유출저감**
  - 침투트렌치, 침투통, 투수성포장, 빗물도랑, 투수블록, 식생수로, 빗물정원, 빗물통 등



# 4. 주요 실적

## 가. 금년도 수방기간 빗물담기 추진 실적

✓ 사업초기 단계임에도, 금년 4차례 호우시

**빗물 43만톤을 저류**하여 침수 예방

- 큰 건설비용 투자 없이, 반포천·양재천·도림천 등 유역의 빗물유출 저감 및 지연

< 금년도 10cm 빗물담기 프로젝트 운영 실적 >

구 분	저 류 량 (m³)					평균
	계	7.11호우	7.13~14호우	7.22~23호우	8.10~11호우	
소 계	433,596	211,380	19,588	90,307	112,321	108,399
청계저수지	372,448	190,000	-	85,215	97,233	93,112
공원내호수등	58,770	20,480	18,800	4,910	14,580	14,692
공사장등	680	400	280	-	-	170
사용중단시설등	1,698	500	508	182	508	424

Case #1



청계저수지 **담수 전**(사전방류)



**빗물 담수 후 모습**

Case #2



신림공영차고지(공사중) **저류조담수후**

Case #3



배수지(수도시설) **담수준비**(물막이설치)

# 4. 주요 실적

## 나. 수방사 부지 활용한 빗물 유출 저감방안



✓ 22년 8.8일 이상폭우로 사당천 유역일대 대규모 피해 발생 (주택·상가 1,722동 침수)

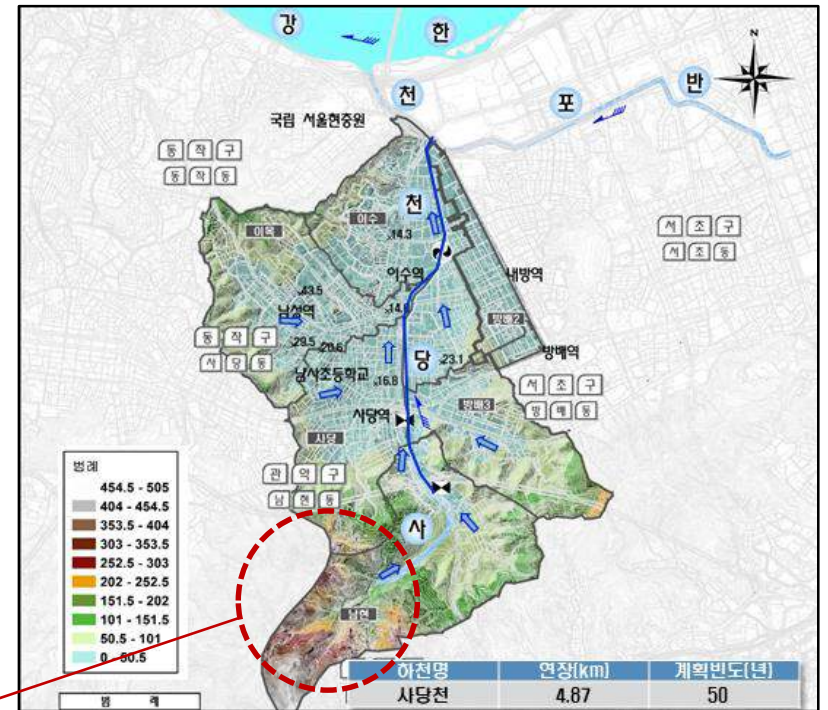
- 사당천 유역 상류부는 고지대 급경사 지형으로 홍수도달시간이 매우 짧고 하류부는 완만한 저지대로 침수에 매우 취약



✓ 사당천 상류유역부터 빗물 유출을 저감하기 위해 수방사와 업무협약(MOU) 예정 ('23.6.26. 행정2부시장 - 사령관 면담)

- 수방사 연병장 상·하부(하부는 영구 저류조), 계곡부, 건축물 옥상 빗물담기를 통해 **약 6만 4천톤 빗물 저류 가능**
- ※ 사당천 상류유역(150ha)에 시간당 100mm 강우시 유출량 83% 저감 기대

< 사당천 유역 지형 및 배수계통도 >



## 10cm 빗물담기 프로젝트

✓ 서울시 하천에 영향을 주는 **경기도까지 확대 시행**하고,

**세계 내 모든 공공건물 대지에 확대 적용토록 범 정부적 협력 요청**

- 행정안전부(소유 공공부지), 국방부(수방사 부지 등), 교육청(학교 부지), 대학교 등

✓ **확대 적용을 위해 관련 지침 및 설계기준 마련**

- 건물 옥상 우수유출 저감 배수홈통 설치기준, 집수정 우수유출 조절 차수판 설치 기준 등

새롭게 시행한 제도

# 침수 예·경보제 및 동행파트너 운영



시민들이 침수에 **스스로 대응**하고,

수해 관련기관이 **사전대비**토록 전국 최초 **침수 예경보제 시행**

데이터 모니터링

- ① 강우량 기준 시간당 55mm
- ② 15분 강우량 20mm
- ③ 도로수위계 침수심 15cm

침수예보 발령

**발령방법** | 강우량 또는 침수심 하나라도 초과시 발령

**발령주체** | 서울시 재난안전대책본부

**수신** | 자치구, 경찰, 소방, 동행파트너 등 (문자, 카톡, 밴드 등)

침수경보 발령

**발령방법** | 침수상황 및 위험정도 등 자체판단

**발령주체** | 자치구 재난안전대책본부

**수신** | 일반시민 (재난문자 등)

침수예보

침수에 사전 대비

- 자치구 침수상황 및 위험정도 등 파악, **침수경보 발령 검토**
- 경찰 도로 침수상황 확인 및 교통통제 검토
- 소방 구조·구급 활동 준비
- 동행파트너 **재해약자 거주가구 방문** 및 연락체계 유지

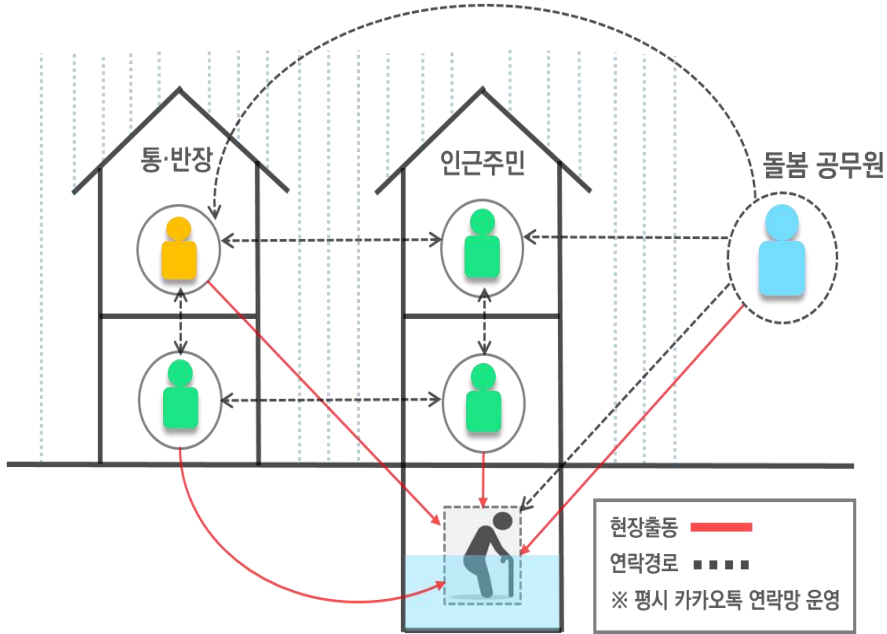
침수경보

행동요령에 따라 스스로 침수 대응

- 반지하, 지하역사·상가 물막이판 설치 및 침수징후 발견 즉시 대피
- 지하주차장 물막이판 설치, 지하에 시민이 있을시 탈출 유도
- 차량이용자 교통정보에따라우회도로이용, **침수도로·지하차도 진입 금지**
- 동행파트너 **위험징후 발견시 대피 시행**

### 침수우려시 인명구조 골든타임 확보 차원

## 올해부터 **동행파트너**가 자력 탈출이 어려운 **재해약자 대피 지원**



✓ **재해약자 가구 수** | 954가구(반지하 거주 중증장애, 노인, 아동)

✓ **인원구성** | 총 2,391명(가구당 5인 내외, 돌봄공무원+통반장+인근주민)

✓ **기본임무** | 예보시 재해약자 가구 방문, 경보시 신속대피 지원

✓ **연락체계** | 돌봄공무원이 주관하여 단체 카톡방 구성



< 동행파트너 재해약자 가구 방문 등 활동사진 >

✓ **올해 침수예보 4회 발령하여 침수우려지역 순찰, 동행파트너 재해약자 가구 방문 및 위험요소 확인 등 실시**

- (6.8, 최대47mm/h) 은평, 도봉 등 5개구 / (7.11, 최대76mm/h) 동남권, 서남권 11개구 / (7.26, 최대76.5mm/h) 중랑구·동대문구 / (7.30, 최대79mm/h) 동작·영등포·양천 등 6개구

선제적 대비와

예측기반 과학적 대응으로

풍수해로부터 안전한 서울을 만들어 갑니다.



# 특강 5. 산업폐수처리에 적용된 디지털 기술

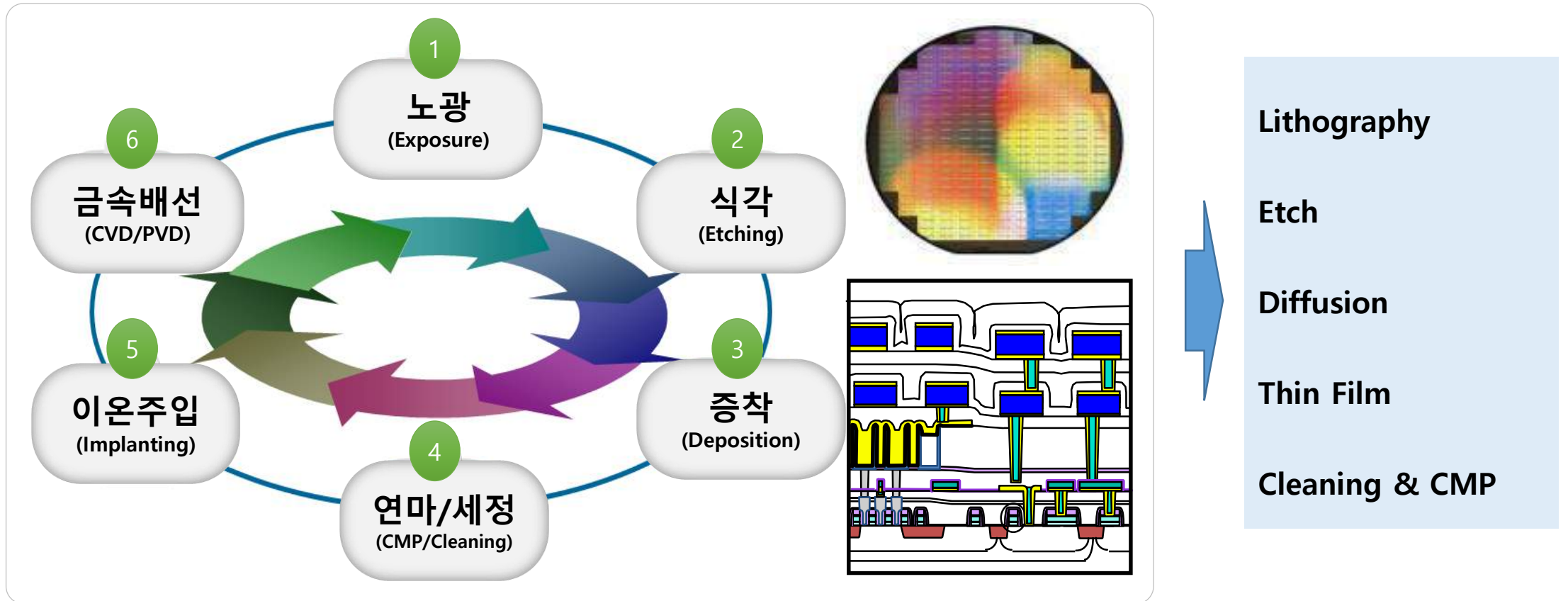
- SK 하이닉스 박노혁 팀장 -

# 전자부품 제조업종 환경경영 사례

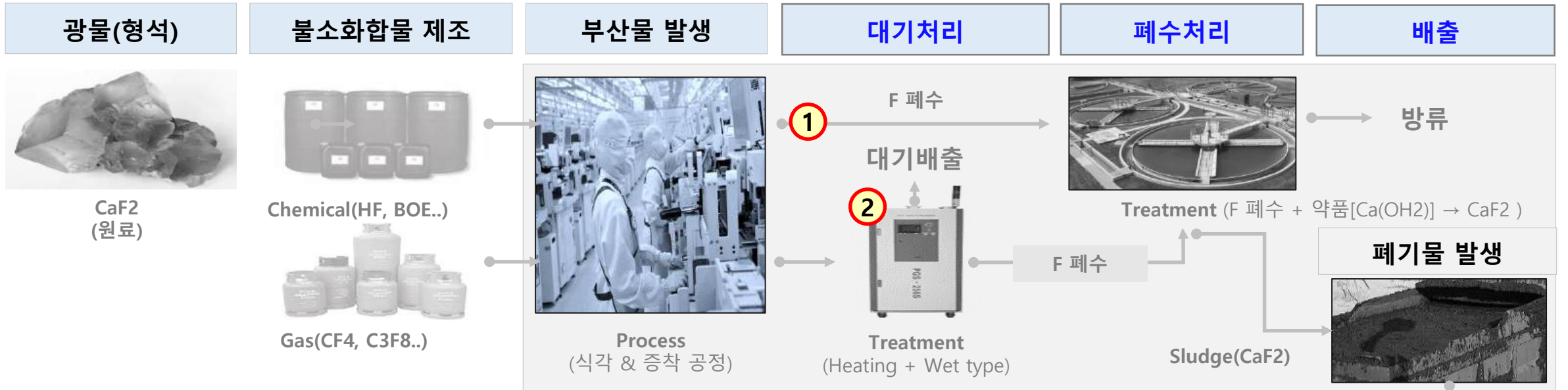
---

# 반도체 생산 과정

- ✓ Wafer를 가공하는 FAB 공정 Flow는 **600~700개의 공정 Step**으로 구성 (**30~60일 소요**)
- ✓ Technology가 **첨단일 수록 공정 Step수가 증가**
- ✓ Photo, Etch, Deposition, CMP, Cleaning, Implantation 및 Metallization 등의 단위 공정이 번갈아 가며 진행



## 자연에서 시작해서 다시 자연으로 회귀



### 주요 폐수 배출원

- ① 제조장비 폐수 (Ex. 세정공정)
- ② 온실가스 처리 설비 폐수

### [SK hynix Scope]

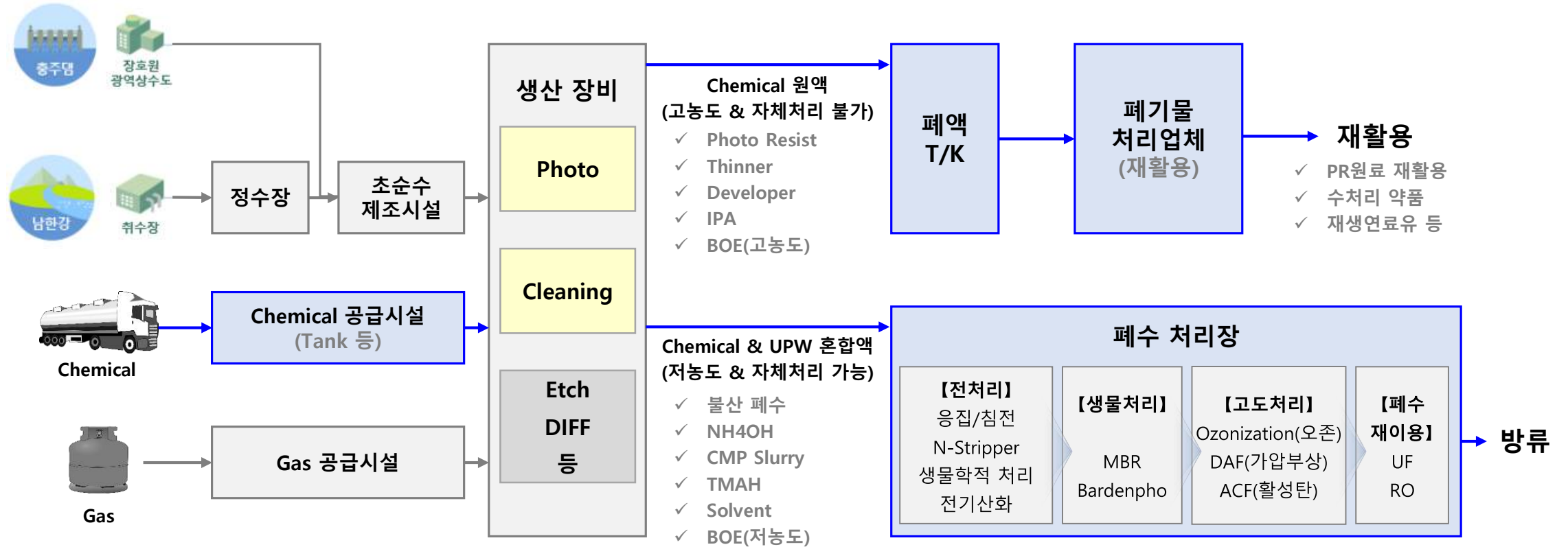


✓ 자원 전환

CaF<sub>2</sub>  
(시멘트 보조원료)

# 핵심 오염원 분리배출을 통한 수생태계 부하 저감 추진

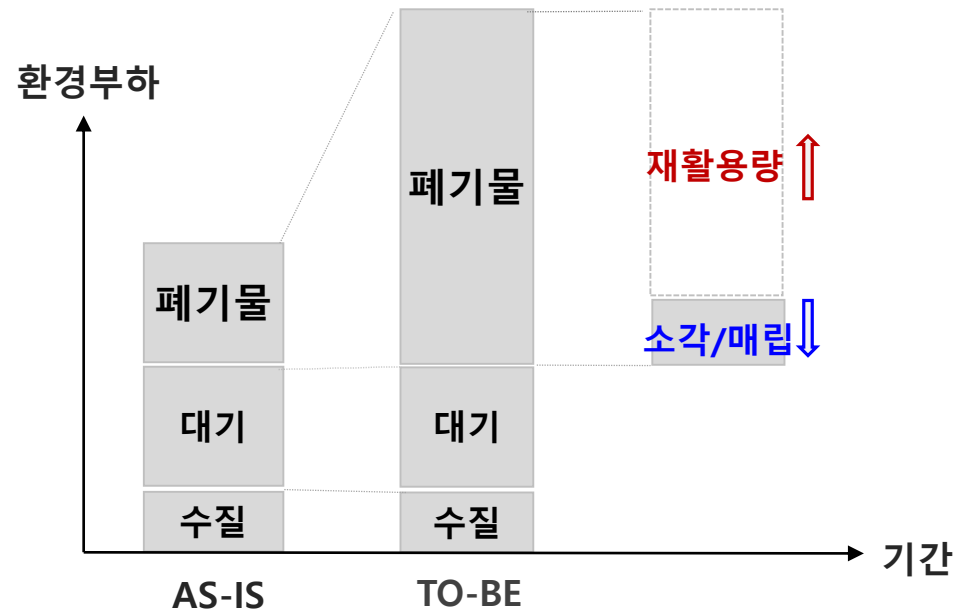
(반도체 생산 전공정 환경부하 평가 및 최적 처리 방안 도출)



## 전과정 환경오염 예방 전개 및 친환경 순환체계 구축

### 환경 특성을 고려한 목표 수립

- 환경은 특정 매체 문제 해결시 다른 매체의 문제 발생
- 목표 : FAB 증설에도 전체 배출 부하 저감

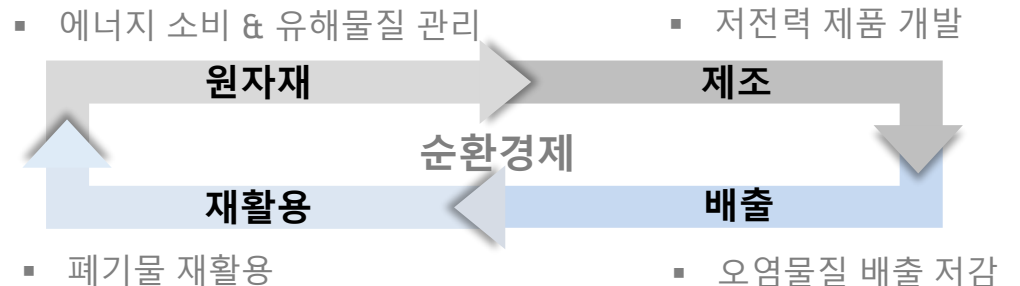


### ○ 방안 : 매체별 목표 수립을 통한 친환경 추구

- 수질 및 대기 배출부하 동결
- 폐기물 재활용 확대로 부하 저감

### ○ Concept : 오염원인자에서 오염예방자로의 전환

- SKHY의 순환경제 체계 구축으로 ESG경영 추구



## PPP 원칙에 기반, 오염 예방자로서의 ESG경영 전개

### Polluter Pay Principle

오염원인자가 오염에 따른 비용을 부담토록 해  
오염을 야기하는 행위를 줄이도록 유도하는 원칙

SK하이닉스 또한 오염예방자로서  
친환경 경영을 선도적으로 전개,  
미래환경 “가치 창출 및 이슈 예방”

### SKHY Extended PPP 원칙

#### 생산과정 배출된 오염물질 책임처리

- 고도 환경 방지시설 투자 (온실가스저감설비, 폐수처리 등)

#### 공급에서 소비까지 전과정 환경오염 예방

- 자원순환 및 미래기술 확보 (RE100, 폐황산 재활용 등)
- 친환경메모리 확산

#### BP사 Green 행동유도

- 재활용 확대 BP사 Incentive 부여 등

## Green2030 추진을 통해 깨끗한 지구를 만드는데 일조

(Vision : 사회와 함께 Green 2030, 건강한 지구)

[ Green2030 주요과제 ]



2050  
RE100

- 22년까지 중국 內
- 생산시설 RE100달성
- Carbon Net Zero by 2050



ZWTL<sup>1)</sup>  
Gold(99%) 달성

- 폐기물 자원순환  
노력 강화 및 재활용 확대



대기오염물질  
추가 배출 Zero

- 질소산화물 (DeNOx)  
저감 설비 확충



수자원 재이용 확대  
및 자연수준 회귀

- 용수 재이용 확대 및  
폐수처리기술 고도화

1) ZWTL (Zero Waste To Landfill) : 미국 인증기관 UL이 폐기물 총 중량에서 재활용 불가능한 폐기물 중량을 빼고 재활용률을 수치화해 등급 부여

# 반도체 산업의 용수 사용처

# 반도체 초미세 공정 도입 및 기후 변화 가속화에 따른 수자원 영향 극대화

제조 공정을 위한 초순수 공급  
전체 수자원의 30% 수준

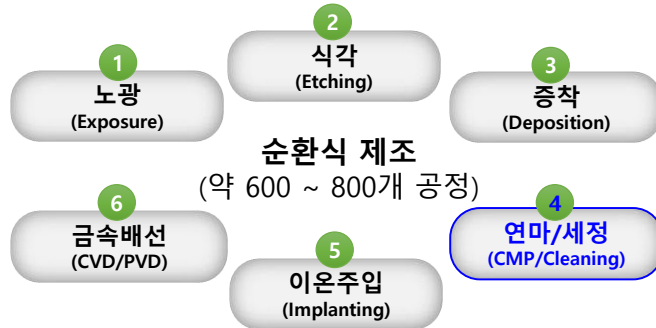
사용

+

처리

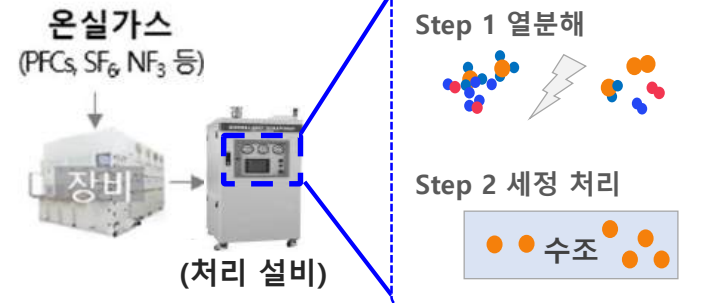
온실가스 저감을 위한 용수 사용  
전체 수자원의 50% 수준

## □ 미세 공정 도입시 요구 수자원 증가



- 순환 공정 중 초순수 사용 공정 약 40%
- 초미세 공정 도입에 따른 공정 Step 증가 및 세정 공정 증가로 수자원 사용량 증가 예상

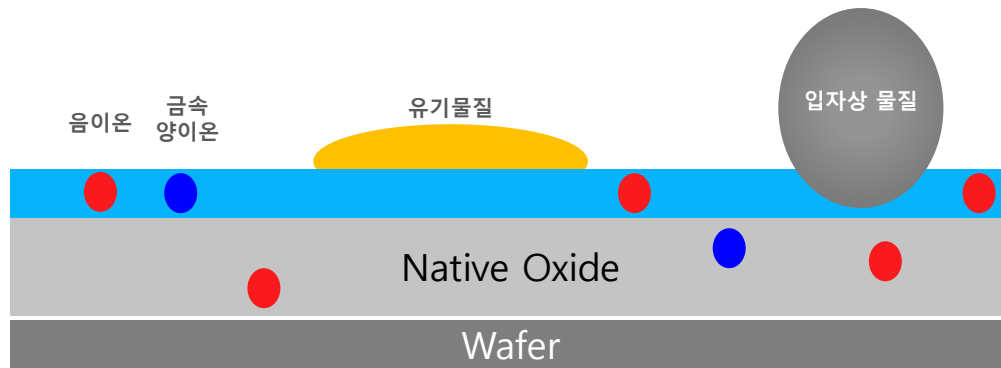
## □ 온실가스 저감시설 지속 확대 중



- 식각/증착 공정의 온실가스 저감을 목적으로 가장 많은 양의 수자원을 사용 중 (95% 저감중)

# Wafer 표면에 발생한 오염을 제거하기 위한 공정

## ○ Wafer 오염원의 종류와 영향



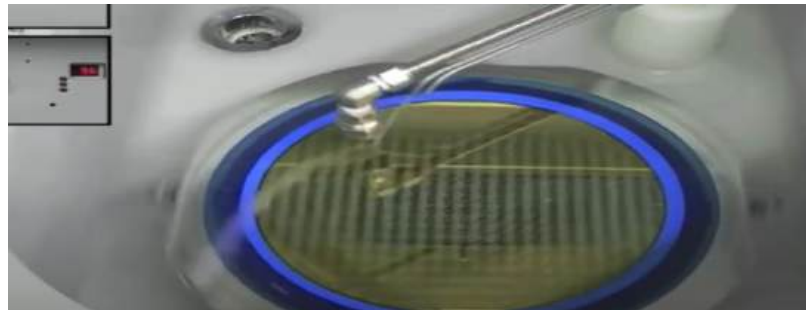
오염물질	오염원	오염물질의 영향
유기물질	공간 내 Hume, Photo Resist 및 유기계열 약액 잔류물로 인한 오염	산화율의 변화 산화막 특성 저하 유발
입자상 물질	대기중, 가스, 초순수 등의 오염	핀홀, 미세공극 등 결함
산화막	대기오염, 케미컬 및 DI 세척 오염	저질의 산화막 형성
금속계 부산물	이온 착상 및 이온 식각 반응 등	전기적 특성 저하 유발
미립자	초기 웨이퍼 상 미립자 등	전기적 특성 저하 유발

## ○ UPW & Chemical을 통한 오염물질 제거

### 1. Batch Cleaning(여러장의 Wafer 동시 세척)



### 2. Single Cleaning(낮장의 Wafer 개별 세척)

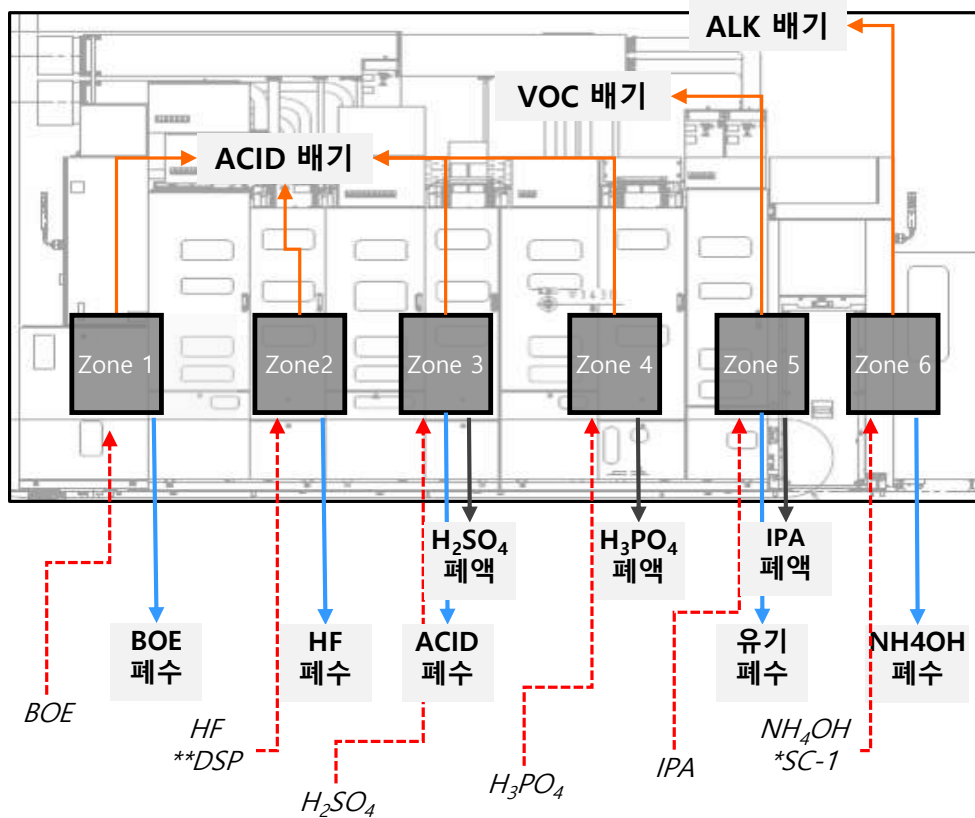


## Cleaning Chemical 특성 및 처리 방법

Cleangng 공정 Chemcial		사용목적	주요 Recipe	원액(폐기물)		DI 혼합액(폐수)	
				배출	처리방법	배출	처리방법
SPM	Sulfuric acid Peroxide Mixture	유기물 제거	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> & H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 혼합액	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (폐액)	재활용 (수처리제 생산)	ACID	폐수처리
BOE	Buffed Oxide Etchant	Oxide(SiO <sub>2</sub> ) etch	BOE Class1 (NH <sub>4</sub> F 및 HF 함유)	BOE(폐액)	재활용 (수처리제 생산)	BOE	
SC-1 (APM)	Standard Cleaning-1 (Ammonium hydroxide Peroxide Mixture)	Particle, Metal제거	NH <sub>4</sub> OH & H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> & H <sub>2</sub> O 혼합액	-	-	NH <sub>4</sub> OH	
DHF	Diluted Hydrogen Fluoride	Oxide(SiO <sub>2</sub> ) etch	HF & H <sub>2</sub> O 혼합액	-	-	HF	
FPM	hydroFluoric acid Peroxide Mixture	Oxide(SiO <sub>2</sub> ) etch	HF & H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> & H <sub>2</sub> O 혼합액	-	-	HF	
NFAM	Nitric acid, hydroFluoric and Acetic acid Mixture	Polymer(Poly Si) 제거	HNO <sub>3</sub> & CH <sub>3</sub> COOH & HF 혼합액	HNO <sub>3</sub> (폐액)	재활용 (저급 전자 산업 Chem' 생산)	HF	
IPA	Iso Propyl Alcohol	Water-mark 제거	IPA(C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O)	IPA(폐액)	재활용 (재생연료유 생산)	Solvnet	
Cu Solvent	Cu 공정 전용	Polymer 제거	Glycol, amine, NH <sub>4</sub> F 혼합액	-	-	Cu	

# Cleaning 장비의 폐수배출 개요

## Batch Type 세정장비



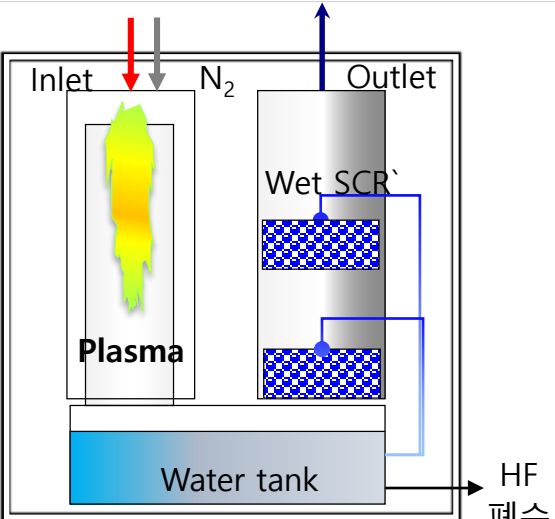
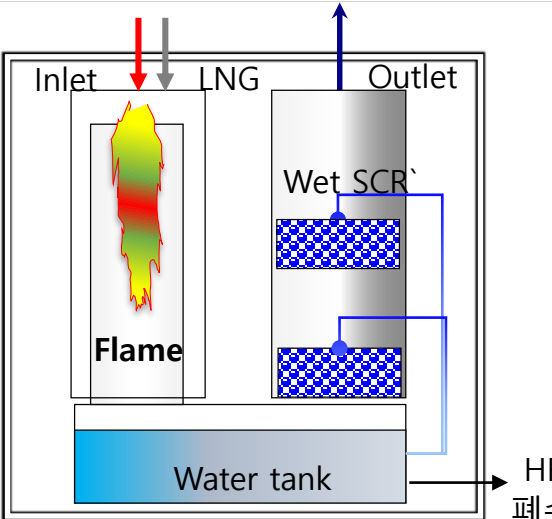
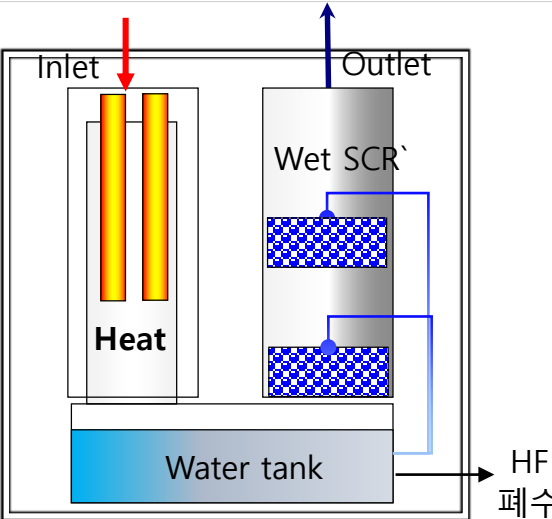
\* SC-1 : NH<sub>4</sub>OH와 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 혼합물 \*\* DSP : H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, HF의 혼합물  
 \*\*\* Cu 혼합물: CuSO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 혼합물

## 오염물질 배출 현황

구분	계통	사용 Chemical	배출 오염물질
수질	ACID	SPM(H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) 등	황화합물
	BOE	BOE 등 (NH <sub>4</sub> F, HF)	총질소
			불소화합물
	HF	HF, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 등	불소화합물
	암모니아	NH <sub>4</sub> OH, SC-1 등	총질소
	SOLVENT	Alcohol(IPA), Stripper 등	총유기탄소
			총질소
	TMAH	Tetra Methyl Ammonium Hydroxide	총유기탄소
총질소			

# 온실가스 처리를 위한 용수 사용

## 온실가스 처리를 위한 고온의 처리시설 설치/운영 시 다량의 용수 사용 (용수 사용 목적 : F-가스, Powder 처리 및 폐가스 냉각)

명칭	Plasma Wet	Burn Wet	Heat Wet
열원	Plasma (2,000°C 이상)	Flame (1,500°C 이상)	Heat (700~800°C 이상)
처리효율	99 %	90%	70~80%
설치목적	온실가스(CF4, SF6, NF3 등) 분해		
구조			

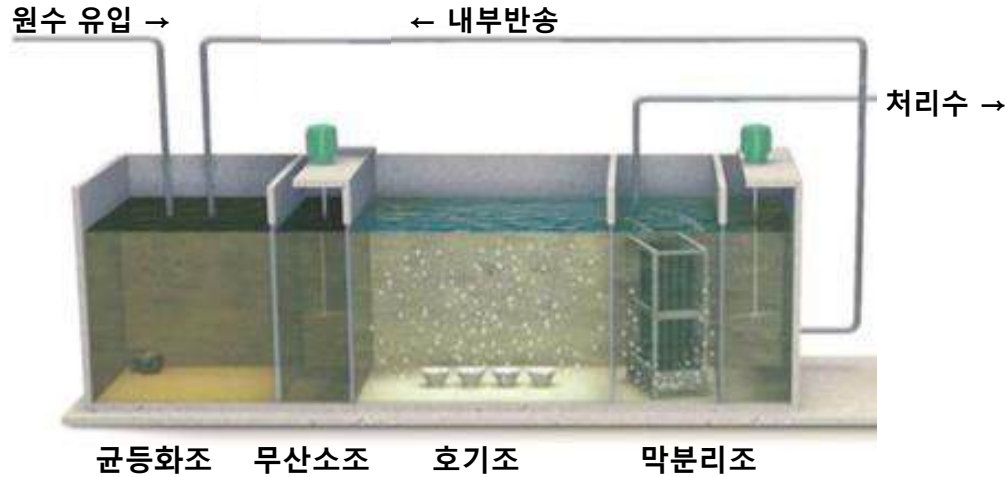
## 비용 대비 최대 처리 효과를 위한 폐수 성상별 시스템 구성

반도체 폐수의 종류	정의	주요 오염물질	처리 방법
불소 폐수	제조장비 및 온실가스 처리 설비에서 발생하는 폐수로, HF 함유	F : 100~200mg/L	응집/침전
산 폐수	황산과 초순수가 혼합된 폐수	pH : 1~2	중화처리
구리 폐수	구리배선 공정 후 발생하는 폐수	Cu : ~8mg/L	응집/침전 (중금속 전용 처리제)
질소 폐수	NH <sub>4</sub> OH 및 NH <sub>4</sub> F 함유 폐수	T-N : ~40,000mg/L	탈기 / 생물학적 처리
TMAH 폐수 (Tetra Methyl Ammonium Hydroxide)	Photo 현상 공정 진행시 발생하는 폐수	T-N : 600~800 mg/L COD : 2,000~3,000 mg/L	생물학적 처리 (전용 미생물)
유기 폐수	유기약품(IPA) 등이 포함된 폐수	COD : 1,000~1,200 mg/L	생물학적 처리

# 폐수처리 관련 BAT 기술 현황

\* BAT(Best Available Technique) : 오염물질의 배출을 최소화할 수 있는 우수한 환경기술 중 경제성도 갖춘 기술

# 생물학적 반응조에 분리막 기술을 적용하여 유기물질, 질소, 인 제거



## 오염물질 제거원리

- 1) 미생물(박테리아, 균류 등)의 성장 및 번식을 통한 유기물 및 질소, 인 제거
- 2) 여과막(Membrane, 0.05 $\mu$ m)을 통한 불순물 제거



구분	원수	처리수	제거효율
COD(ppm)	85	3.5	95.9%
T-P(ppm)	1.0	0.2	80.0%
T-N(ppm)	25	4.3	82.8%
TOC(ppm)	110	0.8	99.3%

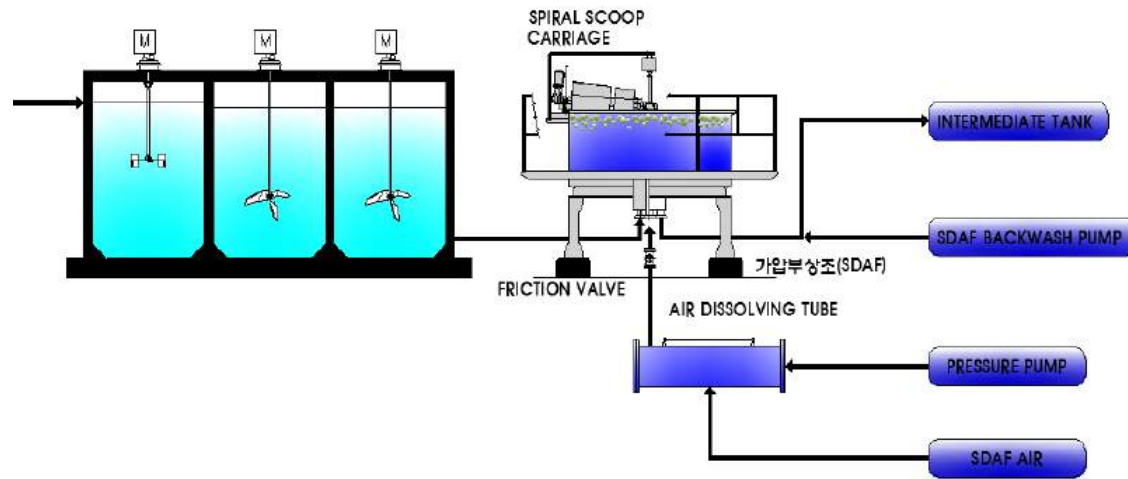


[MBR 막분리조]

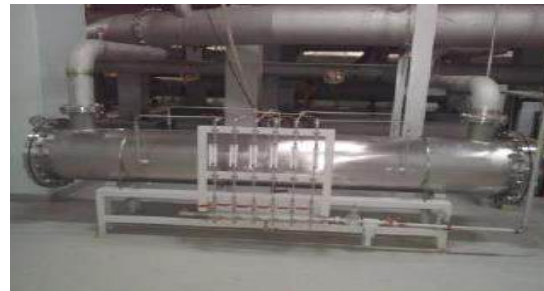


[MBR Flame]

# 미세기포(Bubble)을 이용하여 폐수 내 오염물질을 기포에 부착, 부상시켜 제거



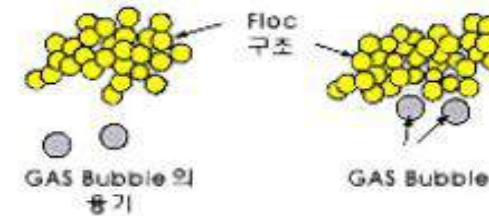
[가압부상조]



[Air Dissolving Tube(A.D.T)]

## 오염물질 제거원리

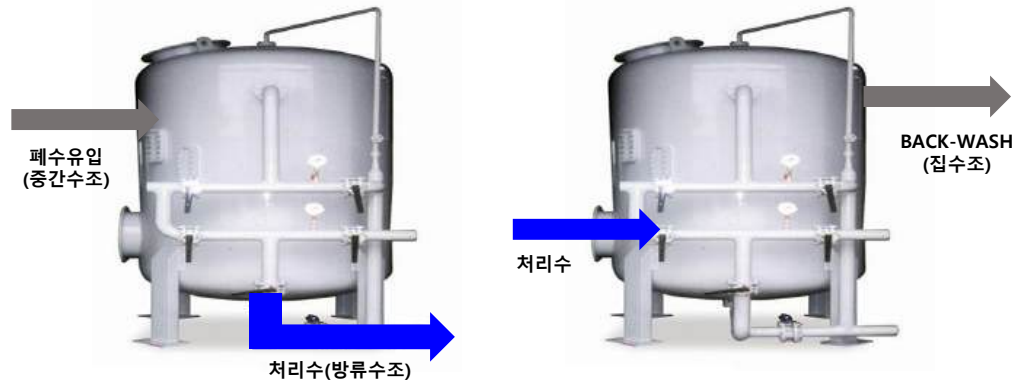
- 1) 가압수 공급(물+가압/Air → 산소 과포화)
- 2) 가압수를 대기압 상태의 부상조에 유입
- 3) 압력 감소에 따른 미세 기포(Bubble) 발생
- 4) 미세 기포에 오염물질이 부착되어 수표면으로 부상
- 5) 부상슬러지 제거장치(Spiral Scoop)로 오염물질 제거



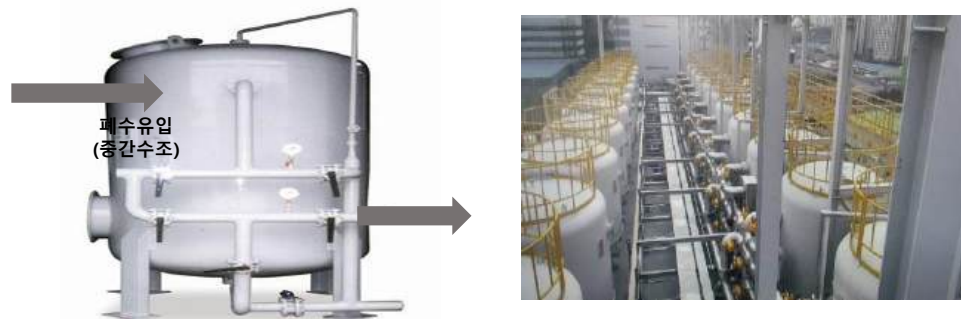
구 분	원수	처리수	제거효율
F(ppm)	1.5	1.3	13%
T-P(ppm)	0.8	0.4	50%

# 활성탄을 이용하여 유기물질 흡착 및 부유물질, 미세고형물질을 여과하는 시스템

## ❖ 정상운전



## ❖ RINSE



[Activated Carbon Filter]

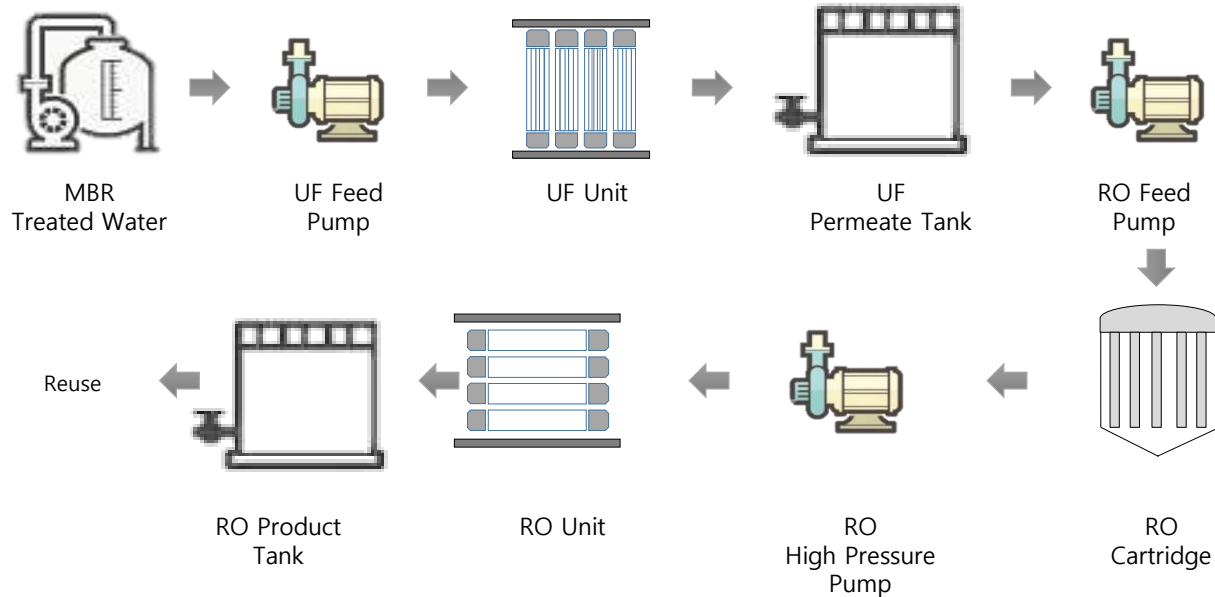
### 오염물질 제거원리

- 1) 흡착 및 부유물질이 활성탄 외부표면의 거대 공극에서 내부 미세 공극으로 확산되어 오염물질 흡착



구 분	원수	처리수	제거효율
COD(ppm)	5.5	3.8	30.9%
T-P(ppm)	0.3	0.2	33.3%
SS(ppm)	5.6	2.4	57.1%

# UF(한외여과)/ RO(역삼투압) Filter를 통해 중금속, VOC, 박테리아를 제거



[UF System]

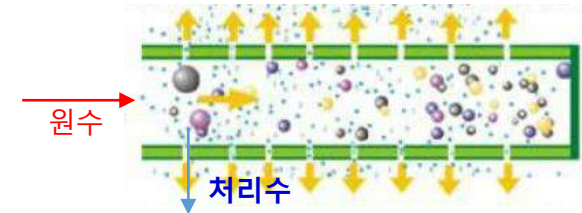


[RO System]

## 오염물질 제거원리

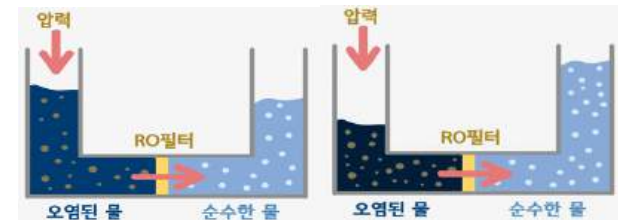
### U/F(한외여과)

: 막공극(0.02  $\mu\text{m}$ )과 오염물질의 크기 차이에 의해 특정물질을 분리하는 여과



### R/O(역삼투압)

: 고농도의 용액에 높은 압력을 가하면 반투막으로 순수한 물분자만 여과시키고, 그 외 오염물질은 걸러서 외부로 배출



# 수자원 관리 고도 기술 적용 현황

# 근본적 용수 저감을 위해 1차 스크러버 용수 사용 Zero 기술 개발

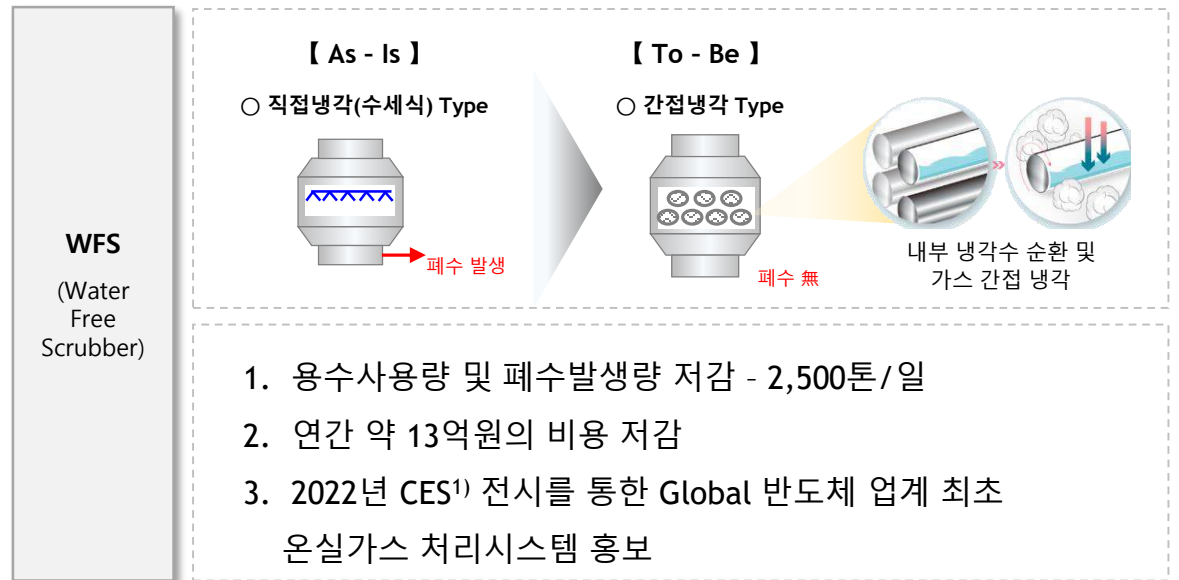
(절대적인 용수 수요량 감축을 통한 용/폐수 Double 저감)

## 현황

- PFCs 등 온실가스 처리를 위한 다수의 1st Scrubber 가동
- 온실가스 열분해(Plasma) 후 세정식 처리 과정에서 다량의 용수 사용
- 1st Scrubber 폐수는 폐수처리장에서 고도 처리 후 대기방지시설로 재활용됨
- 근본적인 용·폐수 저감을 위한 1st Scrubber 용수 수요 저감 전략 이행 필요

## 추진 내용

### □ Water Free Scrubber 개발



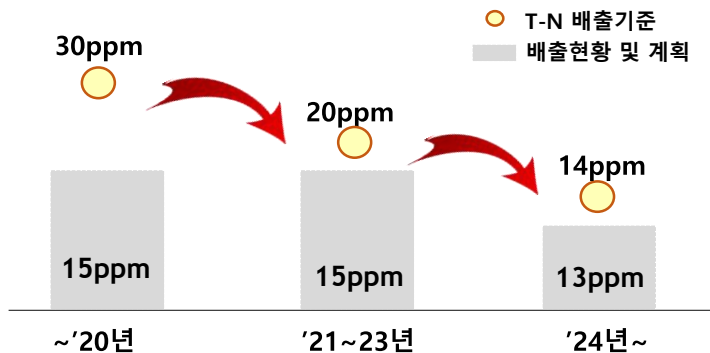
1) CES(Customer Technology Association) : 세계 최대 규모의 가전제품 박람회로써, 마이크로소프트/인텔/삼성전자 등 세계 IT업계 대표 기업들의 주력 제품을 선보이는 행사

# 오염물질 배출량 저감을 위한 시설개선 및 운영 현황 모니터링 강화

(오염원 증가에도 불구하고 배출량 저감 목표 설정 및 이행)

## 현황

- Global 반도체 수요 증가로 인한 제품 생산량 및 Chemical 사용량 증가에 따른 오염물질 부하 증가 대응 필요
- 선진 관리 체계(통합환경관리 등) 도입에 따른 자발적 오염물질 배출 저감 추진

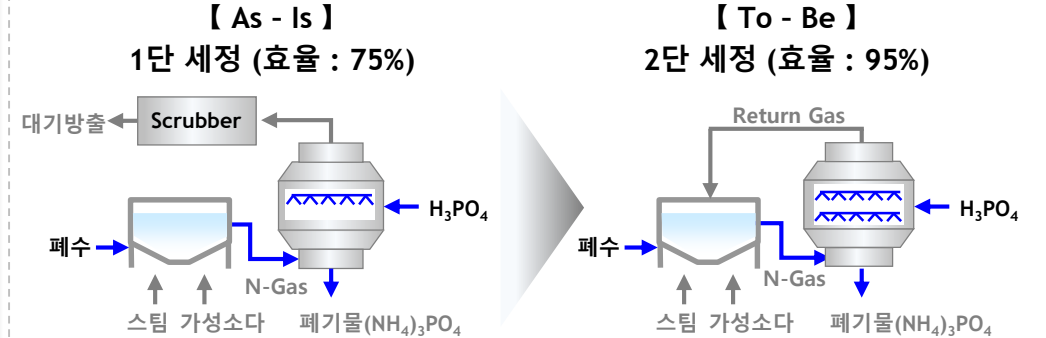


## 추진 내용

- 공정 개선을 통한 처리 효율 향상

N-Stripper  
다단계처리  
개선

미래 Issue  
물질 대응  
시스템 구축



- 과불화화합물 분해 기작 연구 및 처리공정 개발(특히 출원)
- 사업장 In-Out 미세플라스틱 거동 연구를 통한 배출원 규명

# 건강한 수생태계 조성을 목표로 용수 절감 및 깨끗한 물 방류

(지역사회로부터 취수한 물을 원상태로 회귀)

## 현황

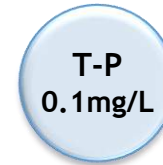
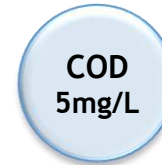
- 대기오염물질 저감을 위해, Scrubber 설치로 용수 사용량 및 폐수 발생량 증가
- FAB 증설에 따른 용수 사용량 지속 증가

- 사업장에서 처리된 폐수는 인근 하천으로 방류됨 (죽당천, 석남천)
- 방류수는 생태계에 직접적 영향이 있는 만큼, 자연수준으로의 처리 중요성 대두

## 추진 내용

- 폐수 고도처리기술을 통해 “좋은 물” 수준으로 처리 및 방류  
\* 환경정책기본법 하천의 생활환경 기준 근거, 좋은물은 “매우 좋음/좋음/약간 좋음“ 등급 해당

방류  
목표



...

- 폐수처리장 재이용 설비 구축을 통한 용.폐수 저감 전략 이행  
\* 지속가능한 발전 및 수생태계 보존을 위한 용/폐수 사용량 제한 준수(특대고시 이행조건 등)

폐수  
재이용  
시스템

MBR  
처리수

UF System




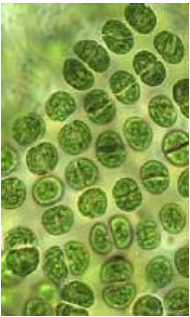
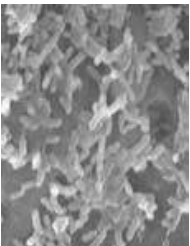
RO System



Scrubber  
용수공급

# 생태 보전

## 이화학 분석의 사후대처 한계 극복을 위한 실시간 생물감시장치 운영 중

<p>물벼룩</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>○ 물벼룩 행동을 여러 Parameter로 세분화하여 변화상태를 독성지수(TI)로 산출</li><li>○ 독성물질 유입시 물벼룩 움직임 활성도 저해 발생</li><li>○ 센서를 이용하여 물벼룩의 행동을 연속적으로 관찰 후 수치화(1분 단위)</li></ul>	
<p>조류 (Algae)</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>○ 조류의 광합성에서 발생하는 형광량의 변화를 측정하여 Inhibition(%)으로 표현</li><li>○ 독성물질 유입시 조류의 광합성 저해로 형광량 효율이 감소</li><li>○ 정상 상태(대조군) 대비 처리수, 방류수의 발광량 차이로 독성 파악(30분 단위) * 대조군 : 수돗물 실험군 : 폐수처리수, 최종방류수</li></ul>	
<p>황산화 박테리아</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>○ 황산화 미생물 대사과정에서 대사산물로 황산 이온 생성</li><li>○ 독성물질 유입 시 대사에 영향을 주어 황산염 생성 속도 감소</li><li>○ 전기전도도 변화를 정량화하여 독성물질 유입 여부 판단(1분 단위)</li></ul>	

## 온도저감/폐수고도처리시설 등 노력의 산물로 생태 다양성 확보

### 방류하천, 법정보호종 서식

□ 갈수기 기준, 당사 방류수가 95%의 유량을 차지하는 지역하천 內 법정보호종 7종 출현 등 다양한 육수생물들이 서식



무인센서카메라에 촬영된 '수달'



무인센서카메라에 촬영된 '샬'



무인센서카메라에 촬영된 '수리부엉이'



독수리

## 지역 자치단체와 협약을 통한 자연 살리기 활동 전개

### 최상류 물길, '도랑' 복원

- 개발로 사라지는 하천의 최상류 물질 '도랑' 복원을 위해, 생태복원, 정화 활동 등의 추진을 협약



### '붉은점 모시나비' 살리기

- 금강 수변구역에서 발견된 멸종위기종인 '붉은점모시나비' 서식지 보전 및 복원을 위한 사업 지원



# ESG경영에 대한 언론 보도 및 홍보

매일경제

2021년 06월 12일 토요일 A02면 종합

## “반도체공장, 깨끗한 물 고맙수달”



**죽당천 명물 올해 3마리로 늘어  
SK하이닉스 공장 日8만톤 방류  
철저한 오염처리로 생태계 복원**

지난달 25일 오후 11시. 경기도 이천 죽당천에 생태 조사를 위해 설치해놓은 무인카메라에 천연기념물 제330호인 수달 세 마리가 포착됐다. 지난해 7월 수달 한 마리가 카메라에 포착된 이후 죽당천 인근에서 최근까지 수달이 관측되고 있으며 개체 수도 늘어나고 있는 것으로 추정된다. 죽당천 수달은 유량이 많은 시기에는 다리 아래 둔치에서 활동하고, 유량이 적은 기간에는 수로, 하천변에서 활동하는 등 주변 환경에 적응해 생활하고 있다.

죽당천은 SK하이닉스 이천 반도체 공장에서 나오는 방류수가 직접 유입되는 곳이다. 깨끗한 물에서만 서식하는 것으로 알려진 멸종 위기 동물 수달이 공장 근처 하천에서 발견된 것은 이례적이다. 과거 환경오염의 원인이라는 누명에 기피 시설 중 하나로 여겨지기도 했던 반도체 공장 주변이 생태계 복원을 상징하는 장소로 거듭난 것이다. 죽당천 수달의 등장과 함께 방류수 오염 처리 기술 개선 등 SK하이닉스의 지속적인 환경 복원 사업도 재조명받고

있다. 11일 SK하이닉스에 따르면 반도체 공장이 위치한 이천캠퍼스에서는 하루 평균 물 8만톤을 방류한다. 이곳에서 나오는 방류수에는 국가에서 정한 수질 기준보다 엄격한 배출 기준이 적용된다. 환경정책기본법 기준상 모든 지표가 ‘매우 좋음’ 또는 ‘ 좋음’ 등급을 유지하고 있다.

15년 전만 해도 반도체 공장을 바라보는 시선은 좋지 않았다. 2006년 SK하이닉스는 이천 공장 증설을 추진했지만 정부는 구리 공정에서 나오는 방류수가 상수원을 오염시킬 수 있다며 이를 허

가하지 않았다. 2010년 2월에야 정부는 수질에 영향이 없는 수준으로 폐수를 처리할 수 있는 수도권 내 기업의 공장 신증설을 허용했다.

현재 SK하이닉스는 일반 정수 처리 공정에 활성탄 및 총인(인화합물) 제거 공정 등을 더한 고도처리 방식 설비를 가동하고 있다. 고도처리 정수 방식은 일반 공정으로 제거하기 어려운 미량 유해 물질과 유기물 등을 효과적으로 제거할 수 있는 것으로 평가받는다.

이러한 노력에 따라 방류되는 깨끗한 물은 하천의 유량 증가에 기여했다. 하천 수량이 늘고 먹잇감이 풍부해지며 생태계도 살아나고 있다는 게 SK하이닉스의 설명이다. 실제 죽당천 주변에서는 수달 이외에도 천연기념물인 새매와 황조롱이, 원앙 등이 발견됐으며, 멸종위기종 2급인 삼의 배설물과 족적이 발견되는 등 생태계가 복원되고 있다. 방류수가 많을수록 하천 수질이 개선돼 수량이 적은 시기엔 지방자치단체에서 방류량을 늘려 달라는 요청도 들어오고 있다. 박재영 기자

2021년 7월 22일 화요일 A02면 시가

### 1급수에서만 사는 천연기념물 수달 원앙 물총새가 돌아오고 있습니다

깨끗한 수자원을 지키기 위해  
SK하이닉스는 ESG 경영으로 함께하고 있습니다

물 (H2O) 생산 과정에서 자연에서 얻습니다. | 2021년 7월 22일 화요일 A02면 시가 | SK하이닉스는 ESG 경영으로 함께하고 있습니다.

We Do Technology | SK hynix

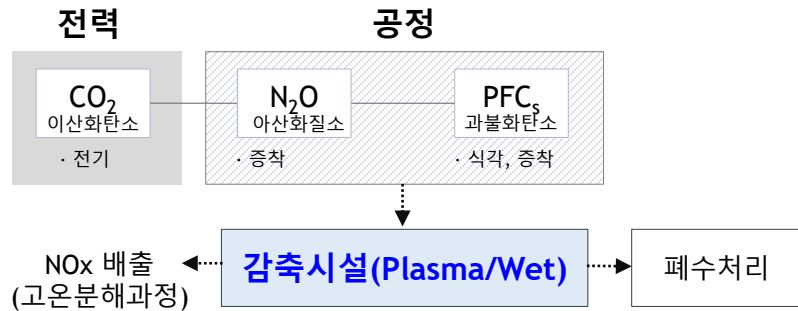
# 대기환경 관리 선진 기술 적용 현황

# 온실가스를 분해하며 발생하는 질소산화물도 책임지고 처리

(오염예방자로서 온실가스외 미세먼지 동시저감 및 기후변화 대응)

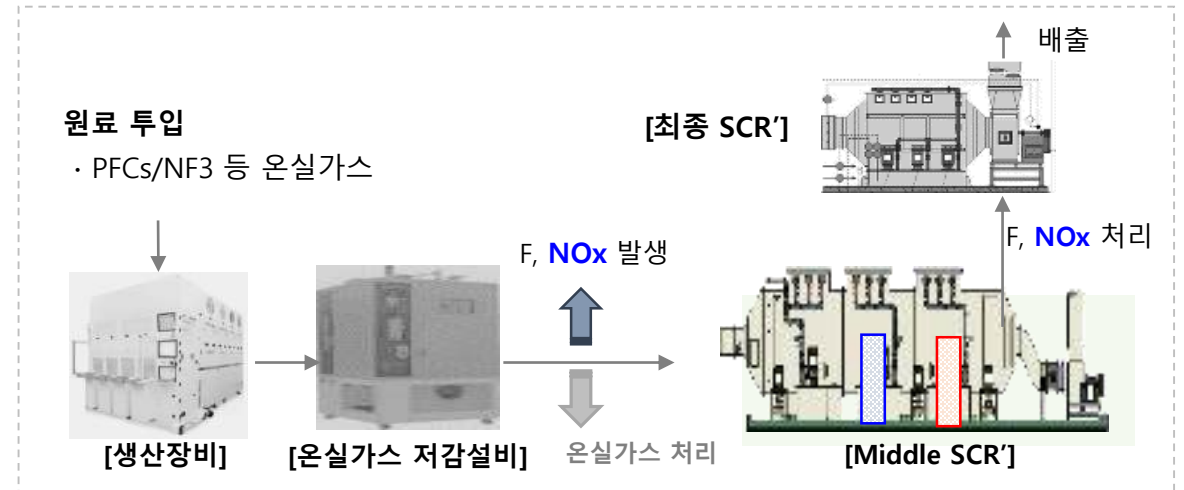
## 현황

- 반도체 사업장, 공정 가스로 온실가스인 N<sub>2</sub>O 및 PFCs 사용
- Plasma/Wet Scrubber를 통해 온실가스를 열분해하나, 이 과정에서 미세먼지 전구물질인 “NO<sub>x</sub>” 배출



## 추진 내용

- 저감 설비로 온실가스 처리 후 DeNO<sub>x</sub> 설비 구축 및 확대 전개 중
- DeNO<sub>x</sub> 설비 효율 : NO<sub>x</sub> 98% 처리 확인

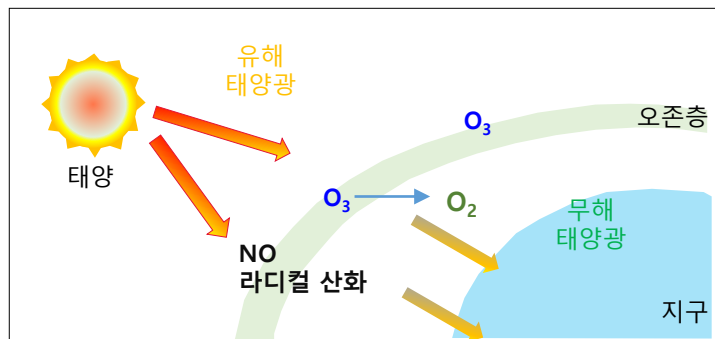


## 지구의 인류 보호 모델에 착안, 미세먼지 저감 모델 개발

### BM Point (지구)

- 오존층의 생명 보호 원리 착안
- 유해물질 제거

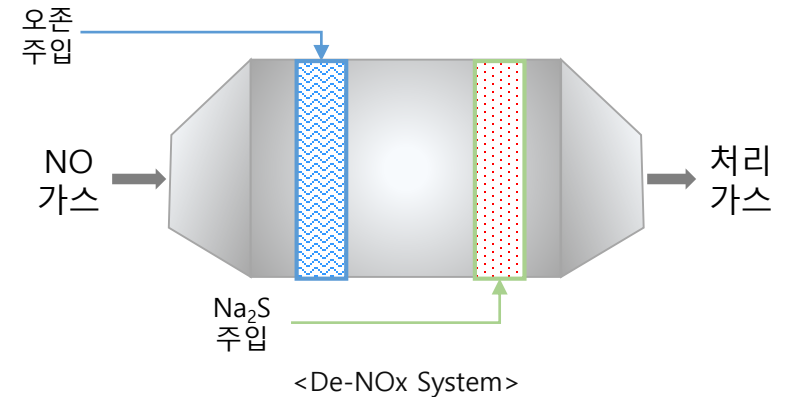
- 유해한 NO 라디칼 오존산화 통한 생명보호
  - 오존형성 및 질소산화물 반응
- $NO_2 + O_2 + \text{자외선} \rightarrow NO + O_3$  (오존생성 및 유지)
- $NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$  (질소산화물 반응)



### 미세먼지 저감 모델

- De-NOx 기술특성

- 온실가스 저감시 발생하는 NOx 까지 동시 제어
- 오존 산화 :  $NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$
- NO<sub>2</sub> 제거 :  $NO_2 + Na_2S \rightarrow N_2 + Na_2SO_4$



# 통합환경관리제도

# '21년 2월 반도체 업계 최초 통합환경허가 승인

## '20년 1월 세계 최초 기준서 발간 기여



## 추진 내용

### □ 반도체 업계 최초 허가 ('21년 2월)

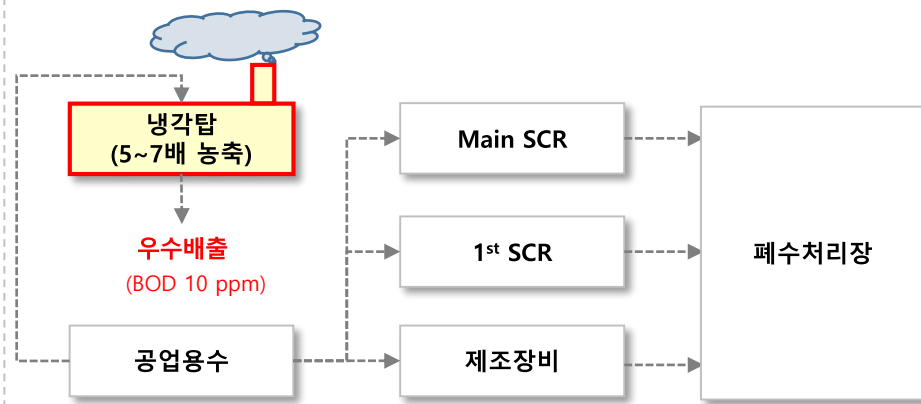


허가 조건 이행을 통한  
환경투자로  
‘환경의 질’ 향상 추진

# 냉각탑 재이용시스템 운영을 통한 수자원 절감 및 지역하천 수질 안전성 확보

## 배경

### □ 냉각탑 배출수 우수배출

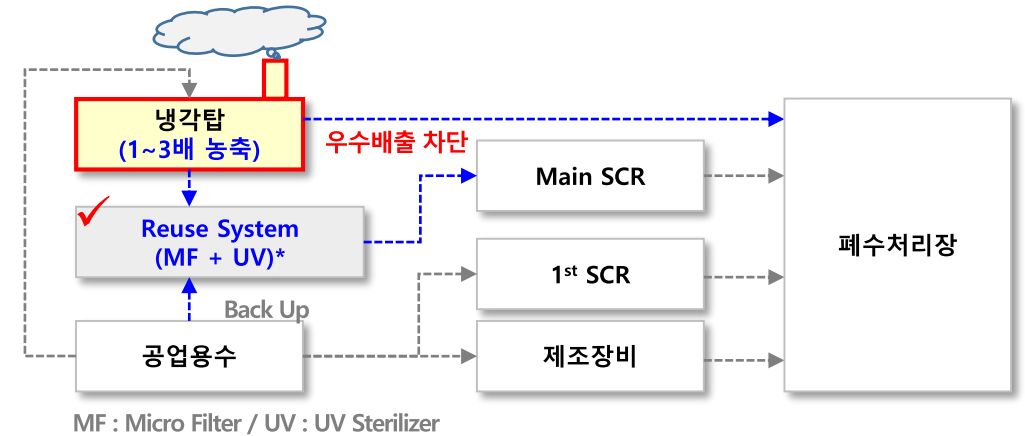


## 허가 조건

4.2.8 공조 공정(FC-05, 냉각탑시설) 배출되는 농축수, 생산공정(P01~P11) 내 노광장비, 현상장비 등의 부대 시설(공조장치 등)에서 발생하는 저농도의 폐수는 최대한 재이용하여 폐수발생량을 저감하여야 하며, 방류구를 거치지 않고 배출되는 폐수가 없도록 관리하여야 한다.

## 개선 사항

### □ 냉각탑 배출수 폐수 전환 및 주요 FAB 재이용시스템 운영

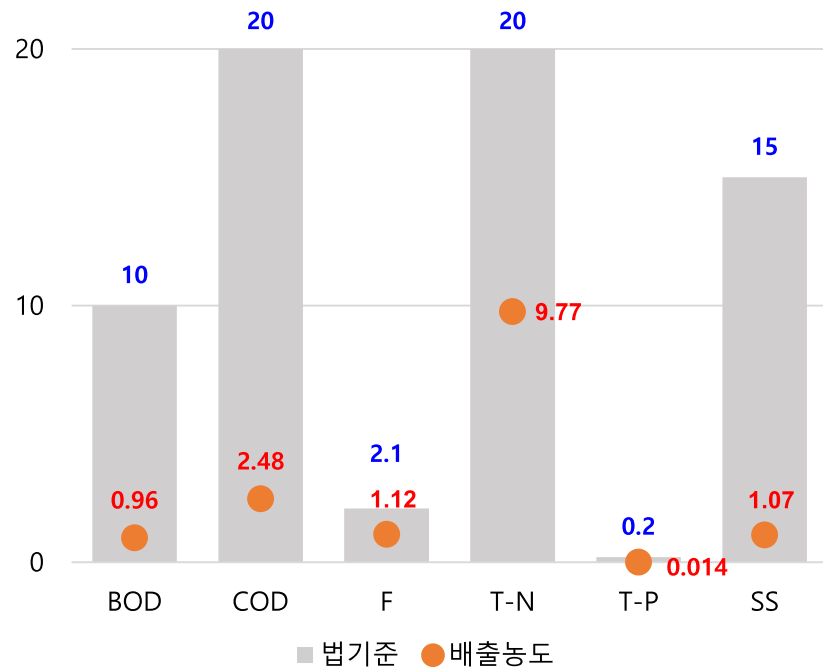


## 기대 효과

- 냉각탑 배출수 재이용을 통한 최대 1만톤/일 용수 절감(하절기)
- 우수배출 차단 및 폐수처리로 방류하천(죽당천) 수질 안전성 확보

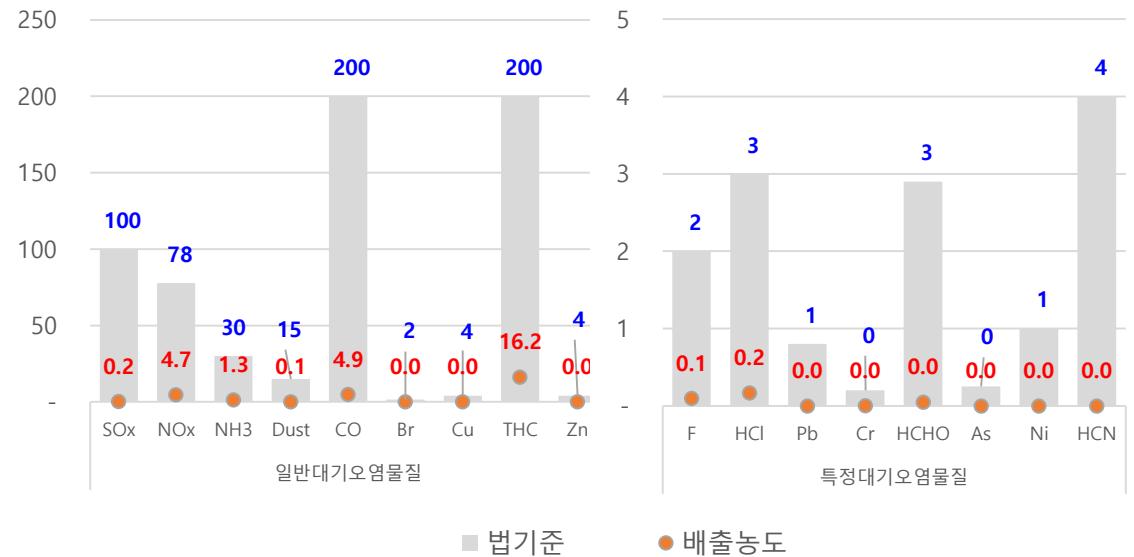
## 통합허가 승인 후 기존 대비 강화된 허가배출기준 준수

수질오염물질 배출 현황

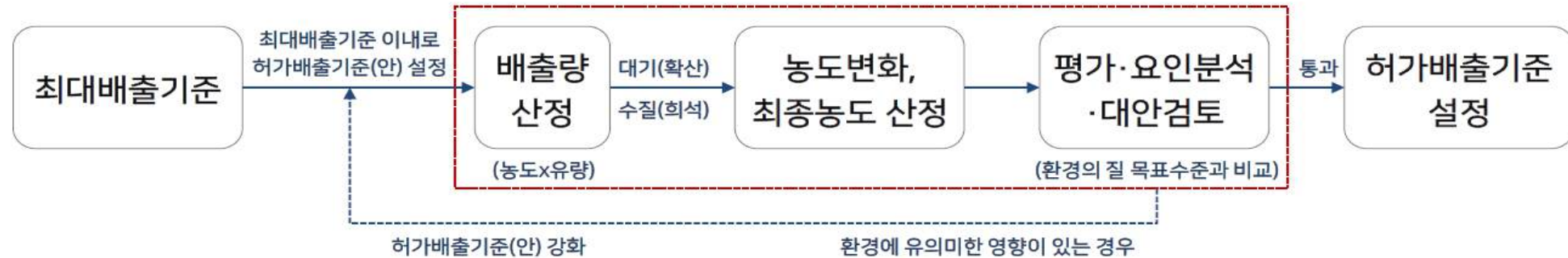


대기오염물질 배출 현황

□ 허가배출기준 대비 10%이하로 안정적인 운영 중



## 모델링 기반의 허가배출기준 설정에 따른 지속적 환경관리 신기술 발굴&도입 필요



- **최대배출기준** : 최적가용기법 적용시 오염물질이 배출되는 수준의 최대치
- **허가배출기준** : 오염물질의 배출이 외부환경에 미치는 영향을 고려하여 설정
- **기존 오염도** : 배출시설을 설치·운영하기 이전, 주변 지역의 해당 오염물질에 대한 농도
- **추가 오염도(농도변화)** : 배출되는 오염물질이 환경(지표면 or 수용하천)에 도달했을 때 농도 변화량
- **총 오염도(최종농도)** : 오염물질의 배출에 따른 주변 환경의 최종 농도

“ 반도체 산업 주요 오염물질(불소)의 경우 강화되는 허가배출기준 준수를 위한  
처리기술 및 발생 가능한 부산물에 대한 지속적 연구 필요 ”

# **Data 기반의 환경관리 현황**

## 환경 Issue 범위 확대 및 사회적 책임 강화에 따라 환경관리인의 업무 범위 확대 → 효율적 환경관리 기법 필요

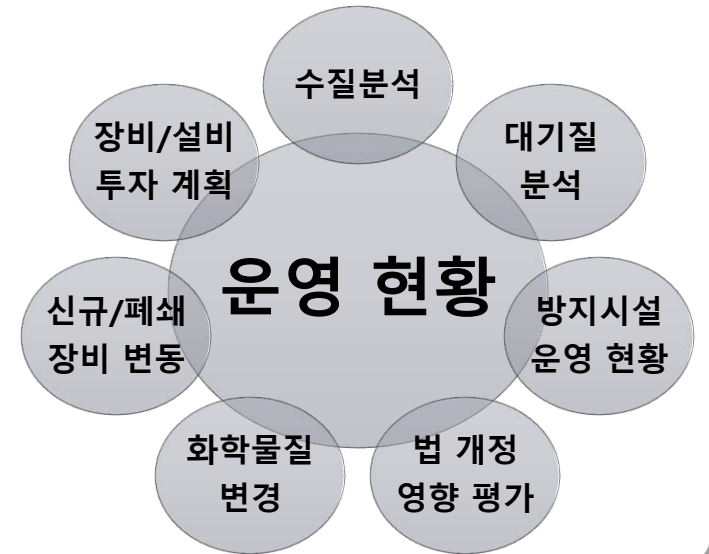


### 대외적 Issue 확대/강화

- **선진국형 환경제도 도입**
  - 「환경오염시설법」 등 시행
- **사업장 환경정보 공개 범위 확대**
  - 환경오염시설법 정보 공개
- **기업에 대한 사회적 책임 강화**
  - RE100, ESG Initiative 확대 등



### 사업장 관리 영역 확대



# 환경관리 업무의 수많은 Data 생성/취합/분석을 통한 유의미한 해석 도출 → 효율적 Data 처리 능력 필요

## 오염물질 측정 및 결과 분석

### □ 오염물질 측정 관리



- 대기오염물질 64종 및 수질오염물질 59종
- 수십~수백개의 대기 배출구 및 방류구
- 측정 주기 : 최소 분기 1회 이상
- 분기별 측정 Data : 수천~수만개 발생

### □ Hunting 발생시 원인 탐색 및 조치



- 방지시설의 운영현황 및 배출시설 변경점 파악 후 최적의 조치 방안 도출 및 전개 필요

## 환경오염 방지시설 운영

### □ 방지시설 적정 운영 모니터링



- 대기방지 : 흡수, 흡착, 연소 등
- 수질방지 : 응집/침전, 생물학적 처리 등
- 수백대 방지시설의 Daily 운영 현황 모니터링
- 일부 시설에 대한 행정자료 제출 필요

### □ 부적정 운영 현황 점검 및 개도



- 시설별 적정 관리인자(Ex. pH, 연소실 온도 등) 준수 여부 평가 및 필요시 현업 Warning 실시

## 사업장 변경점 관리(인허가)

### □ 장비/설비 변경 관리



- 수만대 이상의 개별 시설의 변경점 파악 (Ex. 신규, 폐쇄, 이설, 물질변경, 연결정보 등)
- 변경점에 대한 행정절차(변경허가/신고) 여부 판단 및 이행

### □ 법 개정 사항의 영향도 파악



- 오염물질 신설 등 법규 변화에 대한 사업장 영향 선제적 파악 및 대응 계획 수립

# 환경정보 전산망 관리 체계 구축 및 시각화 Tool 적용을 통한 환경운영 현황 '자동' 모니터링 체계 구축



FAB 제조 현황 시계열 분석



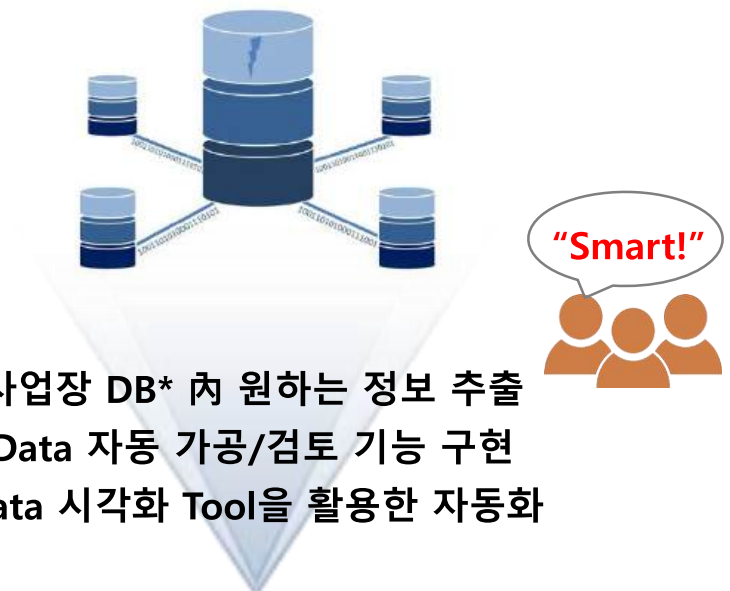
사업장 용수사용량 및 폐수처리량



대기 배출구별 오염물질 배출 현황



수질오염물질 발생/배출 현황



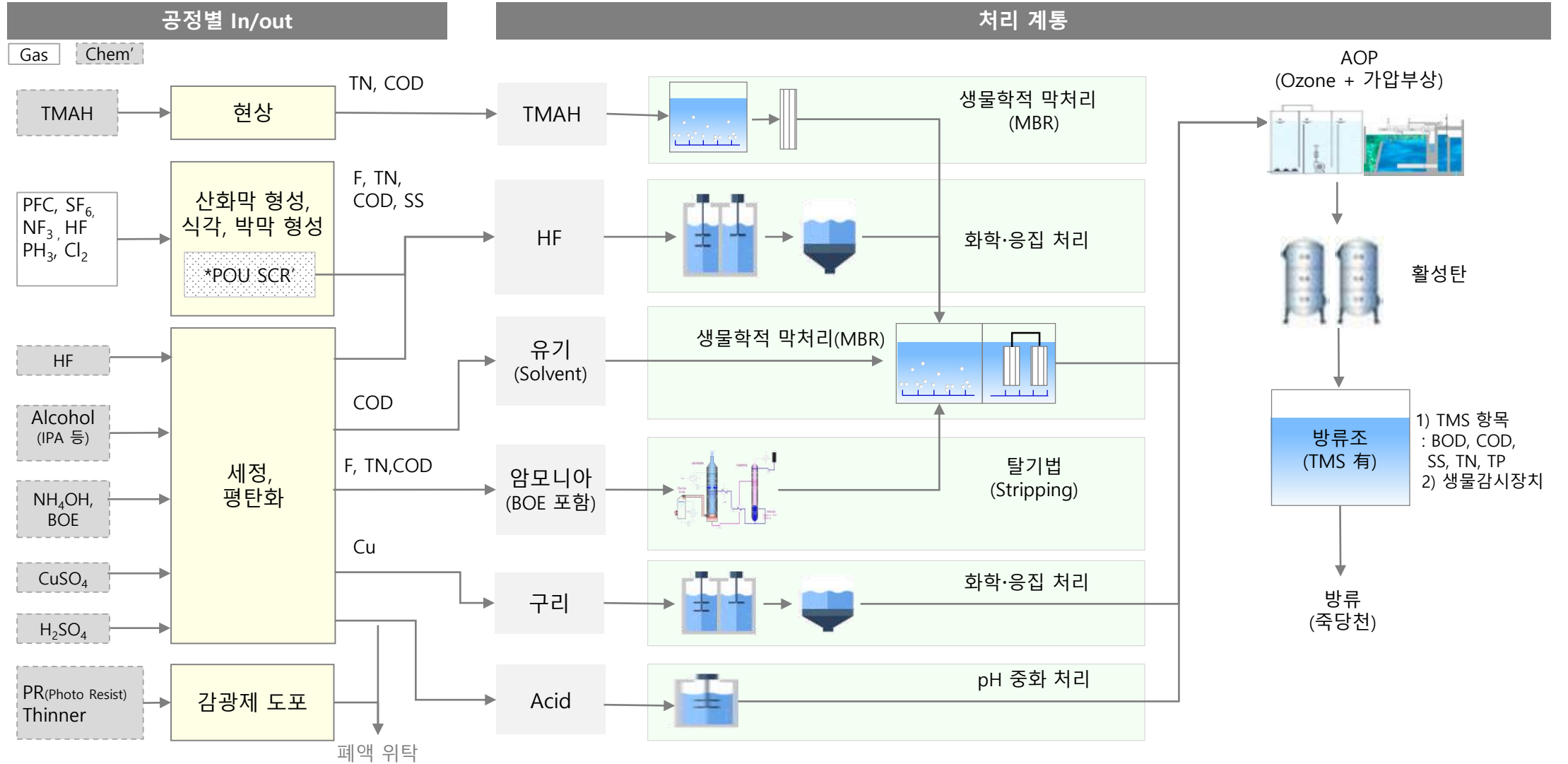
사업장 DB\* 內 원하는 정보 추출  
Data 자동 가공/검토 기능 구현  
Data 시각화 Tool을 활용한 자동화



DB\* : Database

**E.O.D**  
**(End Of Document)**

# 【별첨】 폐수처리장 계통도



# 특강 6. 디지털 수자원 관리(댐 시설 등)

- K-water 이충성 박사 -

# 물 문제 해결을 위한 인공지능과 빅데이터의 이해와 활용

2023.11.24 (금)

K-water 연구원 이충성 수석위원



01

인공지능이란  
무엇인가?

02

우리나라의  
물 관리  
현황과 이슈

03

인공지능과  
빅데이터의  
물 관리 활용

04

인공지능의  
미래

01

인공지능이란  
무엇인가?

02

우리나라의  
물 관리  
현황과 이슈

03

인공지능과  
빅데이터의  
물 관리 활용

04

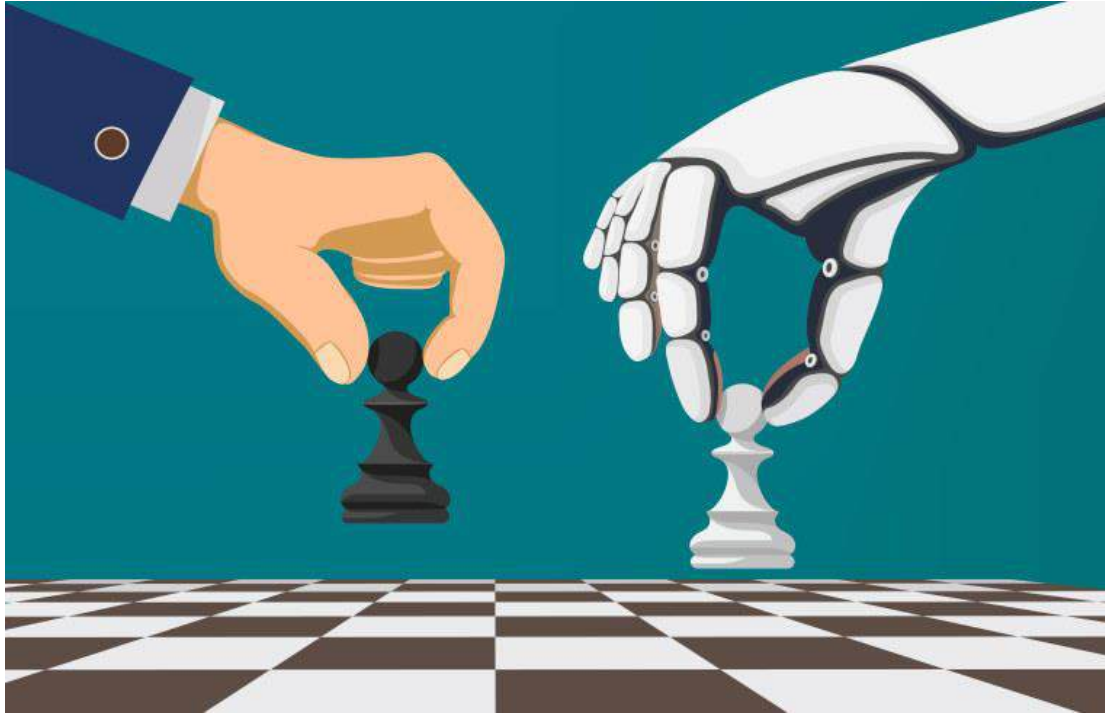
인공지능의  
미래

# 영화로 상상했던 시의 시대



## 주인공 토니스타크를 도와주는 인공지능 집사 Jarvis





1996년

IBM SuperComputer "Deep Blue" vs Chess Grandmaster 개리 카스파로프

**WIN**

3승 2무 1패



1997년

IBM SuperComputer "Deeper Blue" vs Chess Grandmaster **개리 카스파로프**

**WIN**

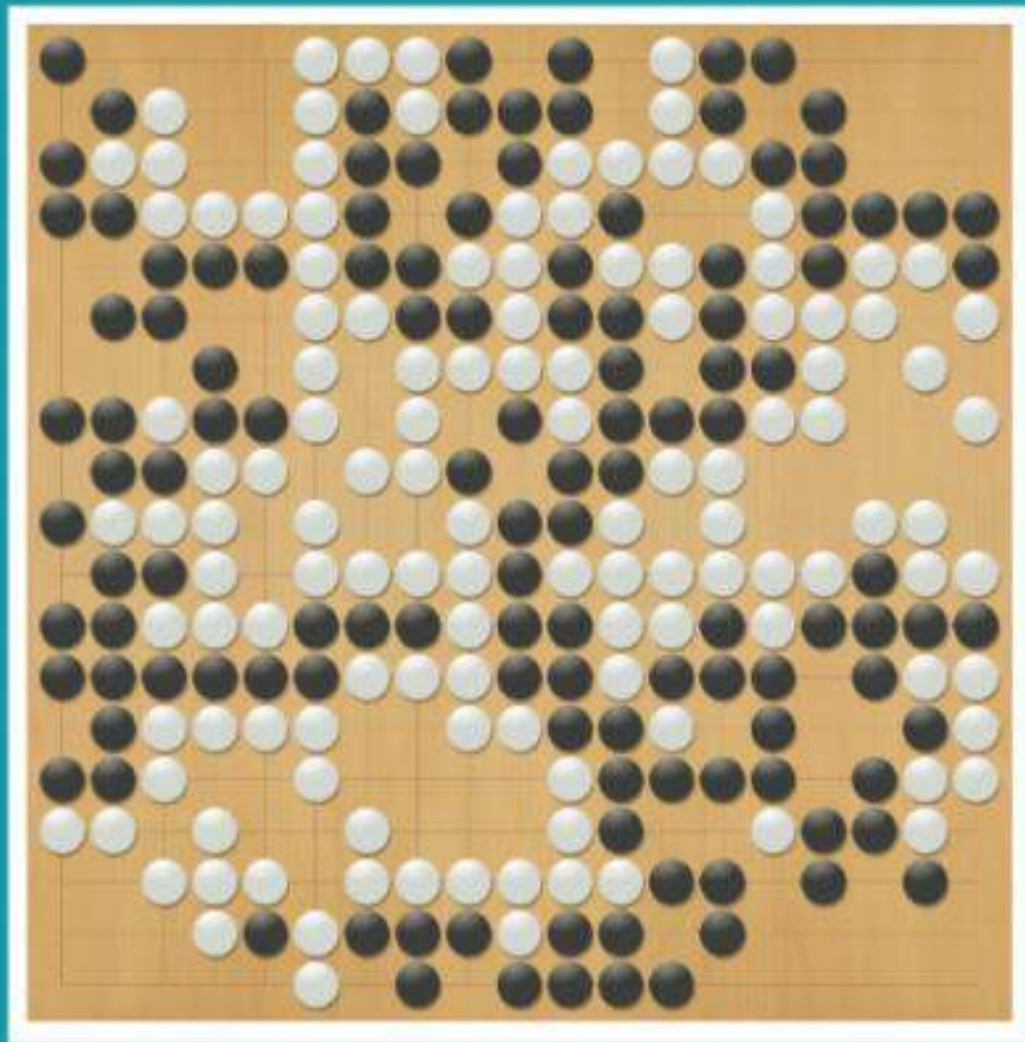
2승 3무 1패



2011년

IBM SuperComputer “왓슨” vs Jeopardy 퀴즈챔피언 제닝스·루터

**WIN**



**THE ULTIMATE GO CHALLENGE**  
GAME 5 OF 5  
15 MARCH 2016



**AlphaGo** vs **Lee Sedol**  
Won 4 of 5 vs Won 1 of 5

RESULT	NUMBER OF MOVES	TIME WHITE	TIME BLACK
<b>W+ Res</b>	<b>280</b>	<b>2h+</b>	<b>2h+</b>

백 이세돌  
흑 알파고  
78  
돌 묘수 백 78수  
79  
파고 흑 79수,  
승률 70%  
85 87 89  
알파고 흑  
5·87·89수,  
를 급격히 저하  
방문

2016년 Google DeepMind "AlphaGo" vs 이세돌 9단



그 이후, ...

## AI, 프로기사 입문



### Rating List

For older ratings, check the [History](#) page. There is also a [History of top ladies](#).

Rank	Name	♂♀	Flag	Elo
1	<a href="#">Google DeepMind AlphaGo</a>			3611
2	<a href="#">Ke Jie</a>	♂		3608
3	<a href="#">Park Junghwan</a>	♂		3588
4	<a href="#">Lee Sedol</a>	♂		3556
5	<a href="#">Iyama Yuta</a>	♂		3535
6	<a href="#">Mi Yuting</a>	♂		3529
7	<a href="#">Kim Jiseok</a>	♂		3514
8	<a href="#">Lian Xiao</a>	♂		3514
9	<a href="#">Shi Yue</a>	♂		3509
10	<a href="#">Tuo Jiaxi</a>	♂		3496

### 2019 중신증권배 세계AI바둑대회 예선(스위스리그)

번호	인공지능	R1	R2	R3	R4	R5	승패	순위	SOS
1	한국-한돌(HanDol)	2+	10+	4-	9+	11-	3-2	5	28
2	중국-기정령(Go Genius)	1-	7-	5-	12+	14-	1-4	13	18
3	중국-청석바둑(Clear Stone)	4-	5+	6-	10+	8-	2-3	8	28
4	중국-골락시(GOLAXY)	3+	13+	1+	11-	6+	4-1	2	32
5	한국-돌바람(DolBaRam)	6-	3-	2+	13-	9-	1-4	12	22
6	벨기에-릴라제로(LeelaZero)	5+	8-	3+	7+	4-	3-2	6	26
7	중국-문어바둑(Octopus Go)	8-	2+	9+	6-	13-	2-3	9	26
8	일본-AQZ	7+	6+	11-	14+	3+	4-1	3	30
9	홍콩-초월바둑(MAYAGO)	10-	12+	7-	1-	5+	2-3	11	16
10	중국-수담AI(Handtalk)	9+	1-	14-	3-	12+	2-3	10	20
11	중국-절예(FineArt)	12+	14+	8+	4+	1+	5-0	1	28
12	중국-요혁(YaoGo)	11-	9-	13-	2-	10-	0-5	14	26
13	중국-혁소천(YiXiaoTian)	14-	4-	12+	5+	7+	3-2	7	20
14	대만-CGI Go Intelligence	13+	11-	10+	8-	2+	3-2	4	30

8위까지 결선 진출



nature

Explore content ▾ About the journal ▾ Publish with us ▾ Subscribe

[nature](#) > [news](#) > article

NEWS | 30 October 2019

## Google AI beats at strategy gam

DeepMind's AlphaStar beat all but the game.

[Dan Garisto](#)

Players of the science-fiction video game  
An artificial intelligence (AI) known as Al  
DeepMind – achieved a grandmaster rat

## DeepMind's StarCraft 2 AI is now better than 99.8 percent of all human players



Image: DeepMind

/ AlphaStar is now grandmaster level in the real-time strategy game

By [NICK STATT / @nickstatt](#)  
Oct 31, 2019, 3:00 AM GMT+9 | [0 Comments / 0 New](#)



# OpenAI

ChatGPT Introduced



2022년 11월 ~ 현실에 더욱 가까워진 AI  
ChatGPT vs Human

### ChatGPT가 꿈꾸는 인공지능



자리아 고베트

BBC Future

2023년 3월 1일

### 챗지피티(ChatGPT)가 내 업무도 대신?...알파고보다 파장 커 인간 일자리 위협 우려도

UPDATED. 2023-03-27 15:06 (월)

A 한상형 기자 | © 입력 2023.02.12 08:40



챗GPT(일러스트) [사진]

- ▶ 빛 걱정, 주
- ▶ 가상화폐

### ChatGPT: AI 챗봇 표절 우려

2023년 2월 3일

## FORTUNE KOREA

Industry Money Life People Opinion Global

Quick View NOW

우울증·불안, 생물학적 노화 앞당겨

교육과 학문

HOME > GLOBAL > 국제경제

### "美 근로자 74%

### 챗GPT(ChatGPT), 지적 혁명을 예고하다

입력 2023.03.19 17:49 수정 2023.03.25 11:29 조회수 403

공인호 기자 | © 입력 2023.03.26 21

글자 크기 + - 프린트



정시연

다른기사 보기

설문대상 40% "AI



기사공유



“ 생성형 인공지능(generative artificial intelligence)이 제시하는 철학적, 실용적 도전

※ [편집자 주] 본 기사는 세계 최고의 전문가들인 헨리 키신저, 에릭 슈미트와 대니얼 허트로처가 월스트리트 저널(The Wall Street Journal)에 기고한 챗GPT(ChatGPT)에 대한 분석글을 요약한 것입니다. 3월호 시의성 있는 오피니언 칼럼으로 원문의 제목은 '챗GPT, 지적 혁명을 예고하다(ChatGPT Heralds an Intellectual Revolution)'이며 기사는 월스트리트저널 공식 사이트(<https://www.wsj.com/articles/chatgpt-heralds-an-intellectual-revolution-enlightenment-artificial-intelligence-homo-technicus-technology-cognition-morality-philosophy-774331c6>)에서 확인할 수 있습니다. 의미 있는 기사에 주목하도록 조언해 주신 김도연 태재미래전략연구원 이사장님께 감사의 말씀을 드립니다.

# 어떻게? 1. Open Source와 Sharing Platform



쉬워지고 있는 Programming 언어

## Python기반 Open-Source Libraries



Machine Learning



Deep Learning



## Open-Source Sharing Platform

# 어떻게? 1. Open Source와 Sharing Platform



**OpenAI**  
32.9k followers  
https://openai.com/

Overview Repositories 147 Projects

**Pinned**

- gym** Public  
A toolkit for developing and comparing reinforcement learning algorithms.  
Python 30.5k stars 8.3k forks
- mujoco-py** Public  
MuJoCo is a physics engine for detailed, efficient rigid body simulation contacts. mujoco-py allows using MuJoCo from Python 3.  
Cython 2.4k stars 754 forks
- retro** Public  
Retro Games in Gym  
C 2.9k stars 455 forks

Repositories

**Google**  
Google ❤️ Open Source  
https://opensource.google/ @GoogleOSS

Overview Repositories 2.2k Packages

**Popular repositories**

- material-design-icons**  
Material Design icons by Google  
45.4k stars 9.2k forks
- material-design-lite**  
Material Design Components in HTML/CSS/JS  
HTML 32k stars 5.2k forks
- zx** Public  
A tool for writing better scripts  
JavaScript 30.2k stars 671 forks
- Proccgen Benchmark: Procedurally-Generated Game-Like Gym-Environments**  
C++ 842 stars 181 forks

**Kwater-AI Lab**  
Kwater-AI Lab  
12 followers · 4 following

Overview Repositories 22 Projects Packages Stars

Kwater-AI Lab / README.md

**K-water AILab GitHub에 오신 것을 환영합니다.**

K-water AILab에서 개발한 다양한 AI Source Code를 공유하는 곳입니다. 앞으로 물관리 분야에 대한 다양한 코드를 공유할 예정입니다. 많은 관심부탁드립니다 :)

**Kwater-AI Lab's GitHub Stats**

- Total Stars Earned: 8
- Total Commits (2023): 257
- Total PRs: 0
- Total Issues: 0
- Contributed to (last year): 1

**A+**

**목차**

- Research
- Conference & Forum
- Seminars
- Journal
- AI News Letter
- Home Page

**Top languages**

- Python
- C++
- Go
- Java
- JavaScript

**Most used topics**

- android
- python
- security
- java

# 어떻게? 2. Big Data and Sharing Platform



상업적 가치가 있는 데이터의 증가

분류명	비율
공공행정	13.4%
교통물류	8.2%

**Hugging Face**

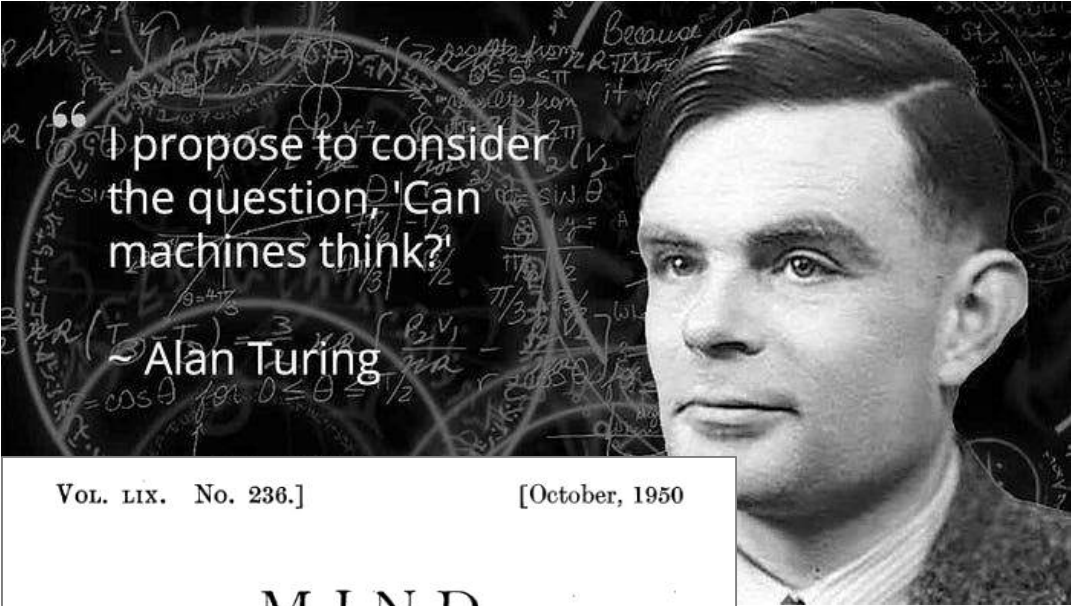
# 어떻게? 2. Big Data and Sharing Platform

- 트랜스포머 모델 등 다양한 인공지능 모델, 데이터, 실행 공간 - API를 통해 컴퓨터에 다운받아 사용가능

→ “인공지능 모델의 GitHub”

The image displays three overlapping screenshots of the Hugging Face website, illustrating its various features:

- Models:** The top screenshot shows the 'Models' page with a search bar and a 'Models' button.
- Datasets:** The middle screenshot shows the 'Datasets' page with a search bar and a 'Datasets' button.
- Spaces:** The bottom screenshot shows the 'Spaces' page with a search bar and a 'Spaces' button. It features a section for 'Spaces of the week' with several featured ML apps, including 'mm-react', 'Erasing Concepts from Diffusion Models', 'ControlNet Uncanny Faces', and 'Zero-1-to-3 Live Demo'.



VOL. LIX. No. 236.] [October, 1950]

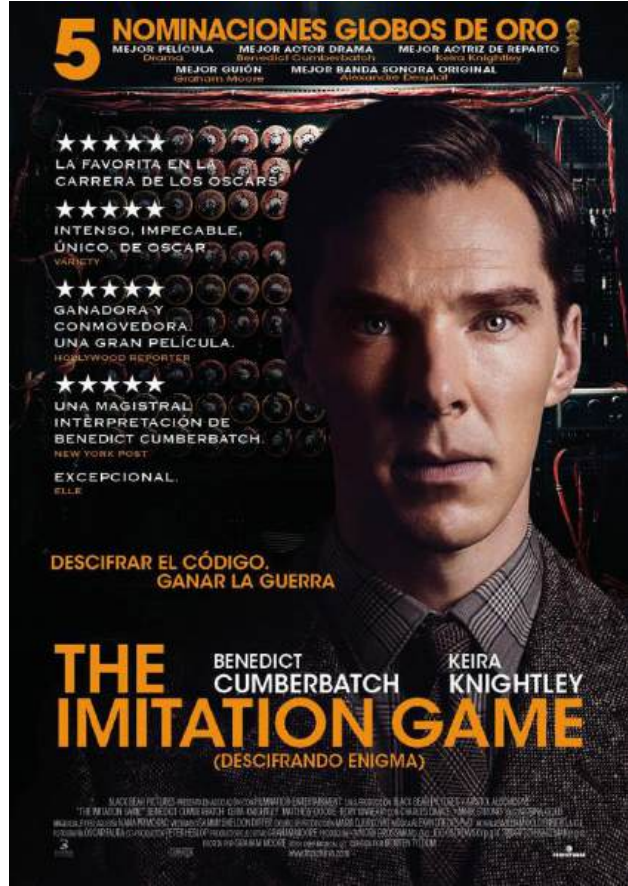
**MIND**  
A QUARTERLY REVIEW  
OF  
PSYCHOLOGY AND PHILOSOPHY

---

**I.—COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE**

By A. M. TURING

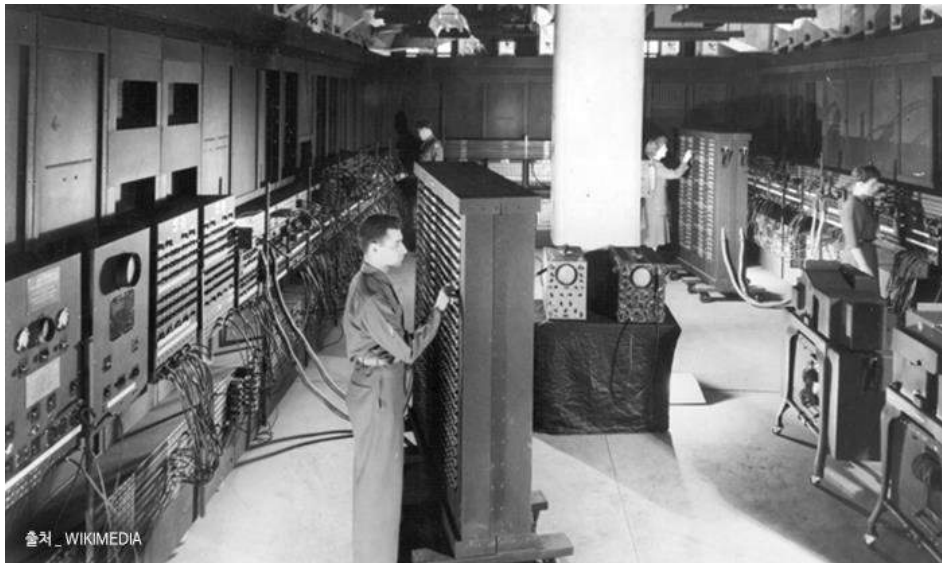
1. *The Imitation Game.*  
I PROPOSE to consider the question, 'Can machines think?' This should begin with definitions of the meaning of the terms 'machine' and 'think'. The definitions might be framed so as to reflect so far as possible the normal use of the words, but this attitude is dangerous. If the meaning of the words 'machine' and 'think' are to be found by examining how they are commonly used it is difficult to escape the conclusion that the meaning and the answer to the question, 'Can machines think?' is to be sought in a statistical survey such as a Gallup poll. But this is absurd. Instead of attempting such a definition I shall replace the question by another, which is closely related to it and is expressed in relatively unambiguous words.



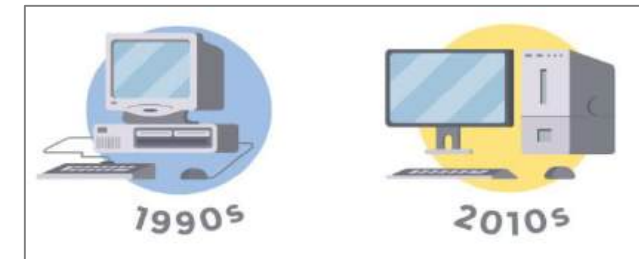
세계2차대전 독일군이 사용했던 세계에서 가장 어려운 암호기 **에니그마** 해독작업을 위해

→ 세계 최초의 디지털 컴퓨터 **콜로서스 (1943년)** 개발

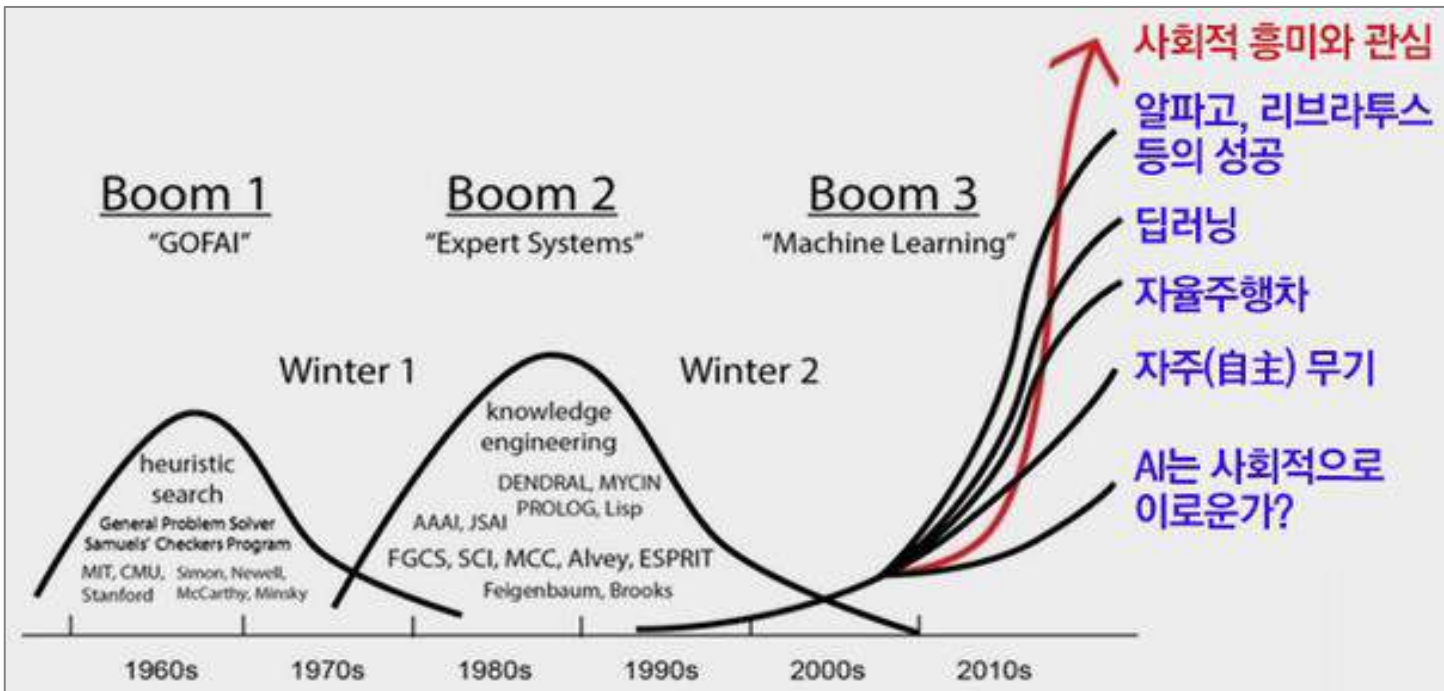
# 어떻게? 3. Computing Power



출처\_WIKIMEDIA

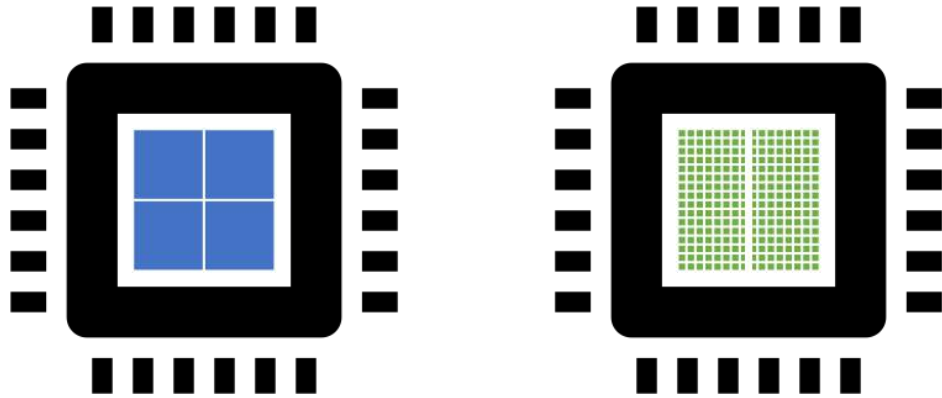


**애니악 컴퓨터 (1946년):** 군사적 목적 개발이후 일기예보, 우주선연구 등 활용 **유니박 컴퓨터 (1951년):** 최초의 상업용 컴퓨터로 차츰 컴퓨터 소형화



과거부터 반복되어 온 AI의 Boom과 Winter

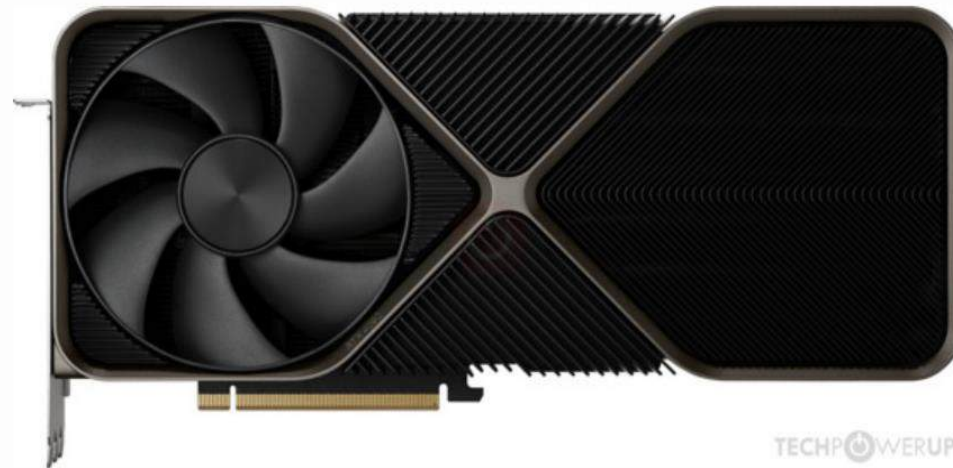
이번에도 잠깐 이러다 말겠지??



CPU	GPU
Central Processing Unit	Graphics Processing Unit
4-8 Cores	100s or 1000s of Cores
Low Latency	High Throughput
Good for Serial Processing	Good for Parallel Processing
Quickly Process Tasks That Require Interactivity	Breaks Jobs Into Separate Tasks To Process Simultaneously
Traditional Programming Are Written For CPU Sequential Execution	Requires Additional Software To Convert CPU Functions to GPU Functions for Parallel Execution

## NVIDIA GeForce RTX 4090

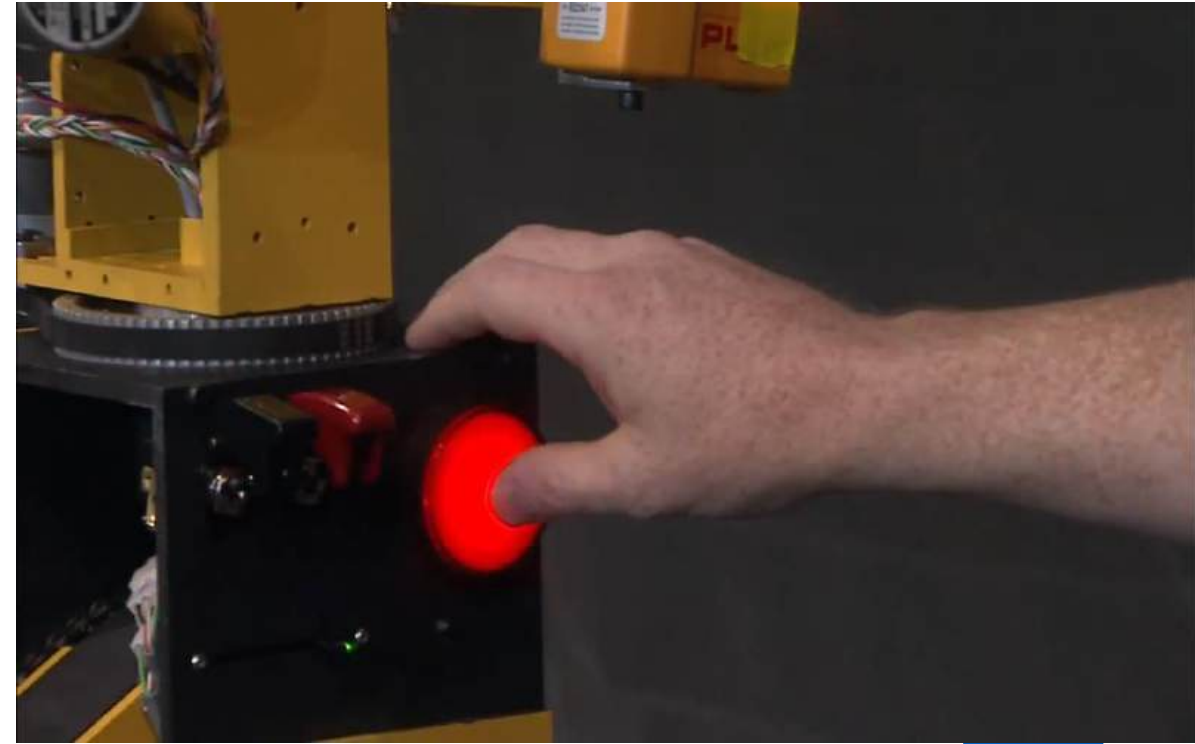
AD102 GRAPHICS PROCESSOR	16384 CORES	512 TMUS	176 ROPS	24 GB MEMORY SIZE	GDDR6X MEMORY TYPE	384 bit BUS WIDTH
-----------------------------	----------------	-------------	-------------	----------------------	-----------------------	----------------------



Recommended Gaming Resolutions: ■ 1920x1080 ■ 2560x1440 ■ 3840x2160

**CPU 24개 Cores ≈ 70만원**

**GPU 16384개 Cores ≈ 200만원**



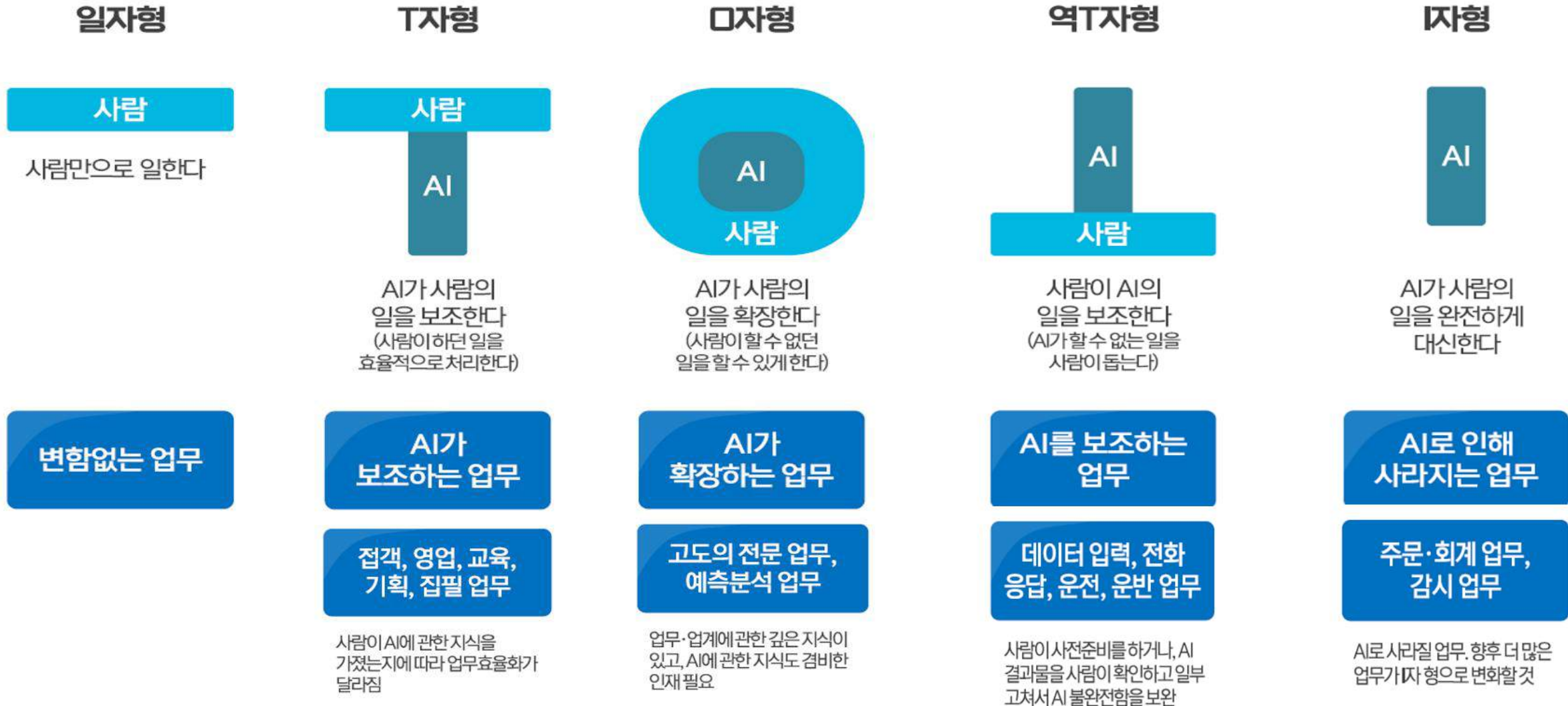
GPU



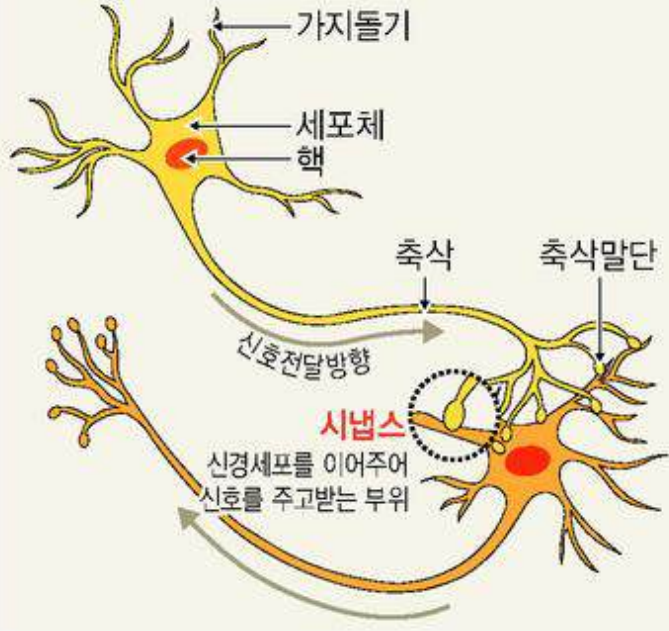
CPU







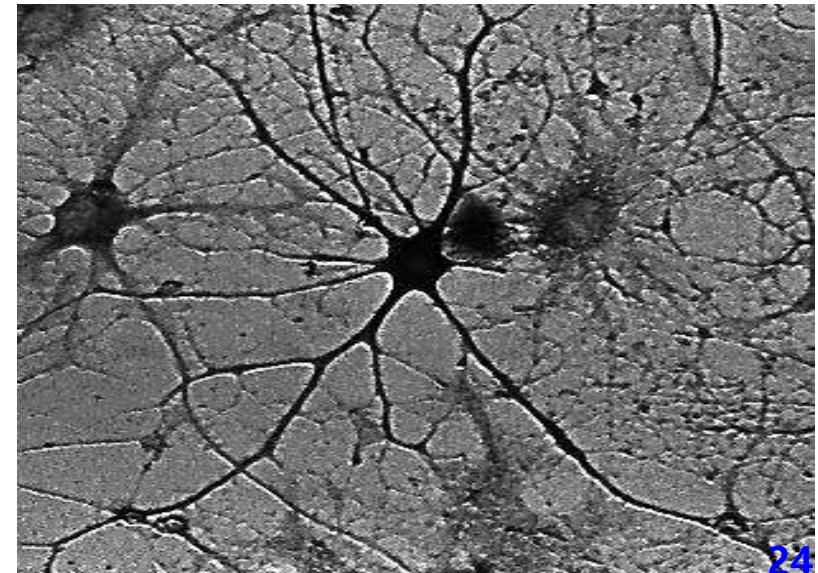
## 일반적인 신경세포(뉴런)의 구조

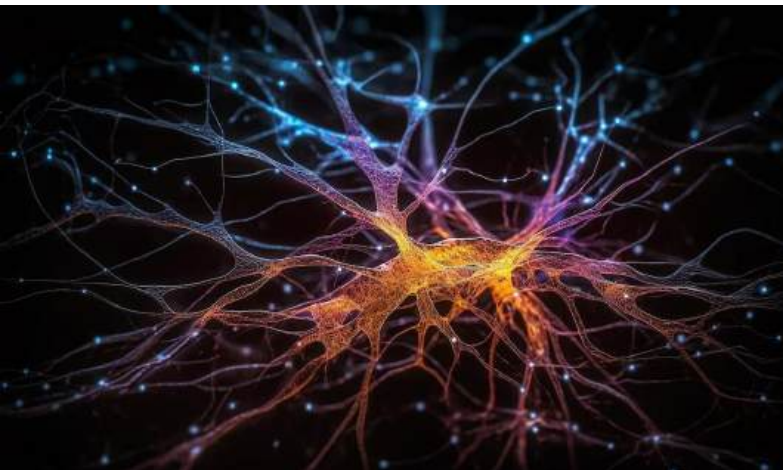


지각과 의식은 대뇌의 신경세포들 사이의 전기·화학적 신호현상  
(인간의 뇌는 신경세포 약 **1000억개**, 시냅스 약 **100조개** 보유)

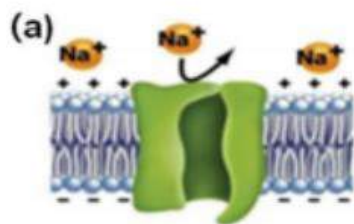
- 생각과 기억의 신호들은 매우 낮은 전기전하로 각 신경세포를 통해 전달
- 전하는 시냅스에 도착해서 신경전달물질(Neurotransmitter: 글루타민산염, 도파민, 세로토닌 등)을 배출하여 신경세포를 흥분 또는 억제하도록 역할

- **뉴런(neuron)** : 인간의 뇌를 포함한 신경들을 구성하는 최소 단위
- **가지돌기,수상돌기(dendrite)** : 다른 뉴런의 신호를 받아서 세포체에 전달
- **축삭,축삭(axon)** : 세포체에서 길게 뻗어나온 가지로 세포체가 가진 신호를 출력(전달)하는 역할
- **시냅스(synapse)** : 뉴런과 뉴런을 연결하는 축삭 말단에서 다른 뉴런의 가지돌기에 신호전달

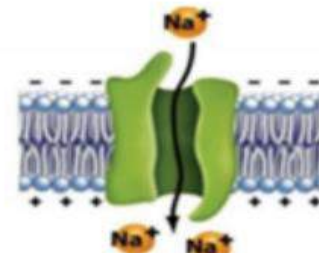




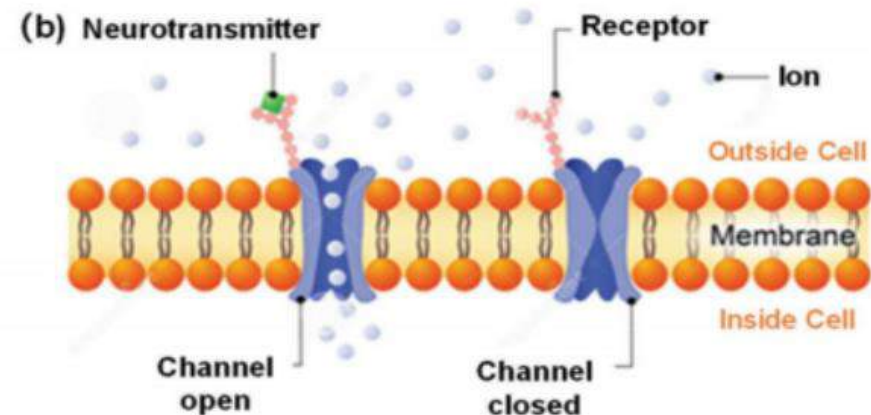
신경세포는 1/1000초 동안 약 80mV의 전압 생성  
 (체온유지를 위해, 인체는 시간당 116W, 뇌는 20W 소모)



(a) At the resting potential, voltage-gated Na<sup>+</sup> channels are closed.



When the membrane is depolarized, conformational changes open the voltage-gated channel.



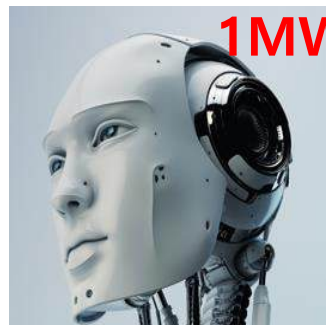
세포 밖 양이온인 나트륨이온(Na<sup>+</sup>)이 다량으로 세포 내부는 음전하(-)를 띄게 되어 전압차 발생

태양광발전설비  
14억원(30년 수명)

매일 소금 6g,  
30년간 10만원



2시간 대국



1MW

>  
2600배



380W



\* 1MW : 100가구가 하루 사용하는 전력사용량

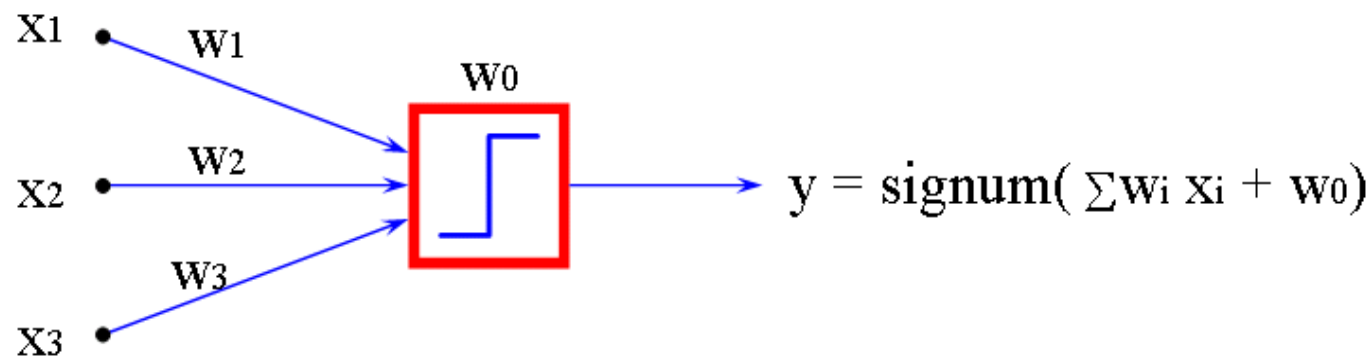
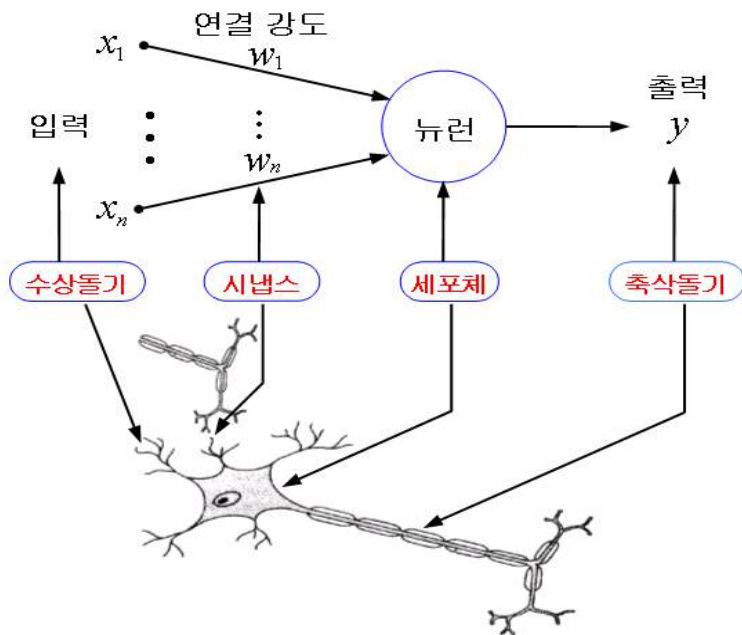
## 사람의 시간당 전기 소모량(생산량)

- 대화 : 0.33W
- 호흡 : 0.4W
- 걷기 : 5.0~8.3W
- 어려운 수학문제 풀기 : 20W
- 수면 : 75W
- 독서 : 190W
- 격렬한 운동 : 700W



## • 인공신경망(Artificial Neural Network)

- 인간의 신경망을 모델로 소프트웨어 수준에서 뇌가 작동하는 방식을 모방
  - 생물학적 신경계와 같은 방식으로 동작할 수 있도록 단순하지만 적응적인 요소들을 대량으로 병렬 연결한 망들과 이들의 계층적 조직
- 인공신경망의 뉴런(처리요소)의 구조
  - 뉴런1개는 단순기능 → 다중으로 연결되면 강력한 기능

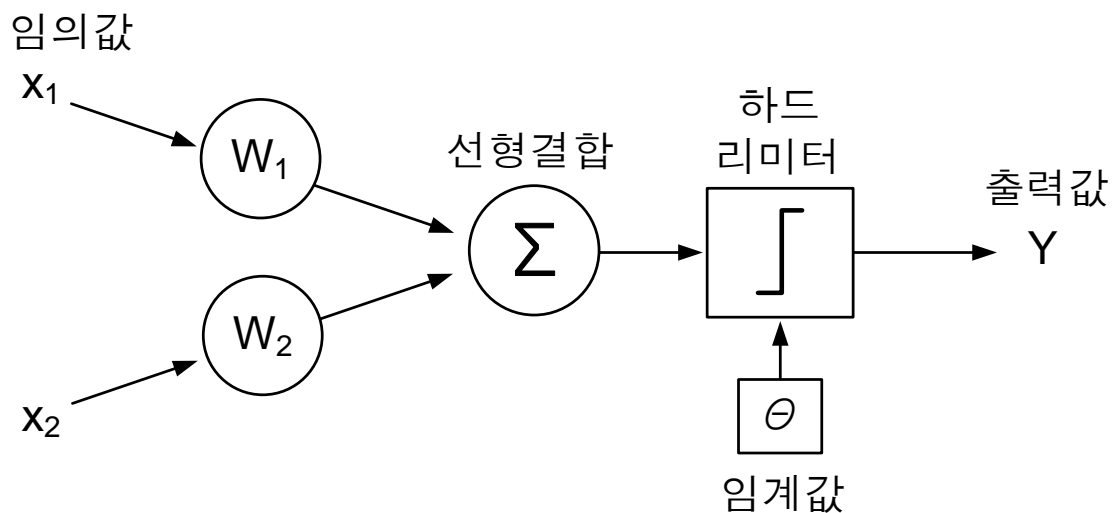


## • 인공신경망의 역사

- **(1943, McCulloch와 Pitts)** “신경세포들을 단순 연결한 신경망은 산술 및 논리연산을 수행할 수 있다.”
- **(1949, Hebb)** 최초의 인공신경망(ANN)의 학습규칙 제안, ANN이 학습을 수행한다는 사실을 보임
- **(‘50~’60)** 생물학, 심리학적 통찰력을 결합하여 ANN 생성 연구
  - ‘58년 단층의 인공세포들로 연결된 신경회로망(퍼셉트론; perceptron) 개발
  - Rosenblatt, Widrow의 Perceptron- 일기예보, 심전도 해석, 인공시각
  - ‘69년 Minsky 등에 의해 한계 지적(퍼셉트론은 XOR 문제해결 불가)
- **(‘70)** 신경망 연구 침체 → 기호주의 AI 활성화
- **(‘80~)** 기호주의 AI 한계, 신경망 연구 부흥
  - Hopfield 신경망 ← 물리학의 에너지 개념 도입
  - 오류 역전파 학습 알고리즘(Rumelhart, McClelland) : 다층 퍼셉트론 학습
    - 1974년 하버드대 박사과정이던 Paul Werbos가 고안

## • 퍼셉트론(Perceptron)

- 눈의 망막을 모델화한 신경회로망(Rosenblatt, 1958)
- 단층의 신경망을 위한 지도학습 알고리즘
- 알고리즘 : 전체 출력 뉴런들에 대하여 활성화 함수로 계산된 출력값과 지도를 위한 목표값과의 차이를 최소화시킴
  - 출력값과 목표값 간에 오차를 줄여나가는 방식으로 가중치 적용



$$X = \sum_{i=1}^n x_i w_i$$

$$Y = \begin{cases} +1 & \text{if } X \geq \theta \\ -1 & \text{if } X < \theta \end{cases}$$

$$Y = \text{sign} \left[ \sum_{i=1}^n x_i w_i - \theta \right]$$

## • Perceptron의 학습 알고리즘

- **(1초기화)** 초기가중치( $W_i(0)$ )와 임계값( $\theta$ )를  $[-0.5, 0.5]$ 구간의 임의값으로 설정
- **(2활성화)** 입력값  $X_i(p)$ 와 목표출력  $Y_d(p)$ 를 적용하여 퍼셉트론 활성화
  - 하드리미터 함수 사용하여 반복횟수  $p=1$ 에서 실제출력  $Y(p)$ 를 계산

$$Y(p) = \text{step} \left[ \sum_{i=1}^n W_i(p) X_i(p) - \theta(p) \right]$$

- **(3가중치 학습, 델타규칙)** 초기가중치에 가중치 보정값을 더해 가중치 갱신

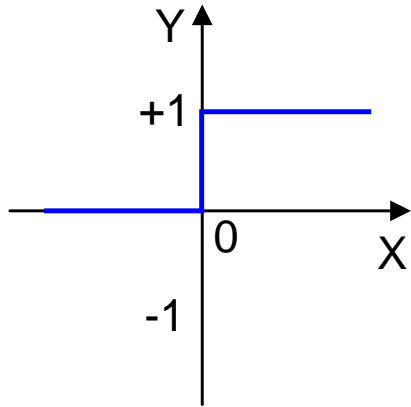
$$W_i(p + 1) = W_i(p) + \Delta W_i(p) \quad \Delta W_i(p) = \alpha \times x_i(p) \times e(p) \quad e(p) = Y_d(p) - Y(p)$$

$$W_i(p + 1) = W_i(p) + \alpha \times x_i(p) \times (Y_d(p) - Y(p))$$

- $\alpha$  : 학습률 ( $0 < \alpha < 1$ , 일반적으로 0.1)
- 계산된 실제출력  $Y(p)$ 와 목표출력  $Y_d(p)$  가 같으면 가중치 변화 없음
- **(4반복)** 반복횟수  $p$ 를 증가시키고 2단계로 돌아가서 수렴까지 반복

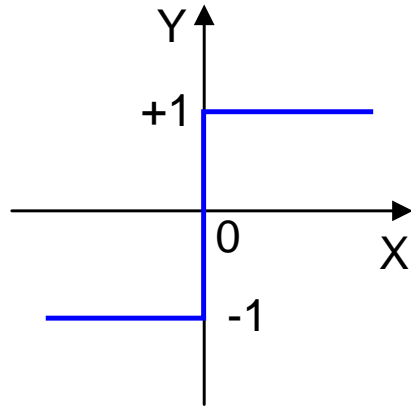
## • 뉴런에 사용되는 활성화 함수

계단 함수



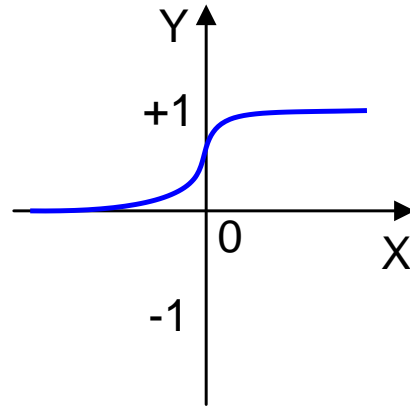
$$Y^{\text{step}} = \begin{cases} 1, & \text{if } X \geq 0 \\ 0, & \text{if } X < 0 \end{cases}$$

부호 함수



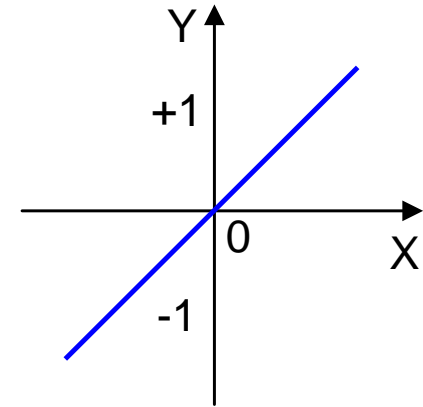
$$Y^{\text{sign}} = \begin{cases} +1, & \text{if } X \geq 0 \\ -1, & \text{if } X < 0 \end{cases}$$

시그모이드 함수



$$Y^{\text{sigmoid}} = \frac{1}{1 + e^{-X}}$$

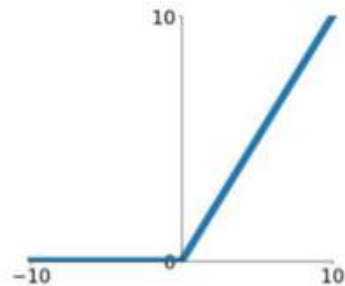
선형 함수



$$Y^{\text{linear}} = X$$

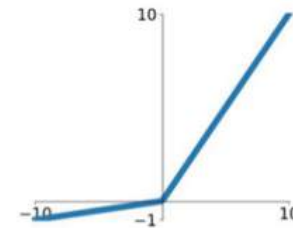
**ReLU**

$$\max(0, x)$$



**Leaky ReLU**

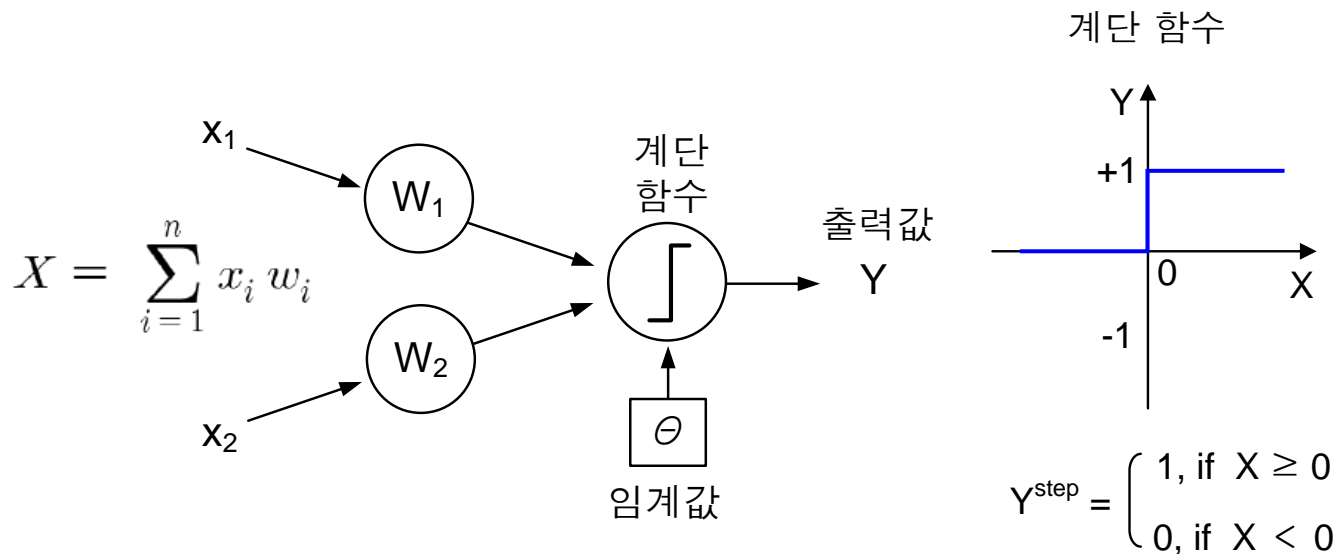
$$\max(0.1x, x)$$



## • [예제] 퍼셉트론을 이용한 논리연산자 계산

- 가중치가 적용된 입력값의 합이 임계치  $\theta$ 를 초과하면 1, 아니면 0
- 변수  $X_1, X_2$ 로 목표출력  $Y_d$ 를 출력할 때까지 반복 학습시킨다.

자료	입력( $X_i$ )		목표출력( $Y_d$ )		
	$X_1$	$X_2$	AND ( $X_1 \cap X_2$ )	OR ( $X_1 \cup X_2$ )	Exclusive-OR ( $X_1 \oplus X_2$ )
1	0	0	0	0	0
2	0	1	0	1	1
3	1	0	0	1	1
4	1	1	1	1	0



<학습률>  $\alpha = 0.1$

<초기가중치 및 임계값>

$W_1$	$W_2$	$\theta$
0.3	-0.1	0.2

## • AND 연산자

$$Y(p) = \text{step} \left[ \sum_{i=1}^n W_i(p) X_i(p) - \theta(p) \right]$$

$$W_i(p+1) = W_i(p) + \alpha \times x_i(p) \times (Y_d(p) - Y(p))$$

Epoch (p)	입력		목표출력	초기가중치		실제출력	오차	가중치 갱신	
	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	Y <sub>d</sub> (p)	W <sub>1</sub> (p)	W <sub>2</sub> (p)	Y(p)	e	W <sub>1</sub> (p+1)	W <sub>2</sub> (p+1)
1	0	0	0	0.3	-0.1	0	0	0.3	-0.1
	0	1	0	0.3	-0.1	0	0	0.3	-0.1
	1	0	0	0.3	-0.1	1	-1	0.2	-0.1
	1	1	1	0.2	-0.1	0	1	0.3	0.0
2	0	0	0	0.3	0.0	0	0	0.3	0.0
	0	1	0	0.3	0.0	0	0	0.3	0.0
	1	0	0	0.3	0.0	1	-1	0.2	0.0
	1	1	1	0.2	0.0	0	1	0.3	0.1
3	0	0	0	0.3	0.1	0	0	0.3	0.1
	0	1	0	0.3	0.1	0	0	0.3	0.1
	1	0	0	0.3	0.1	1	-1	0.2	0.1
	1	1	1	0.2	0.1	1	0	0.2	0.1
4	0	0	0	0.2	0.1	0	0	0.2	0.1
	0	1	0	0.2	0.1	0	0	0.2	0.1
	1	0	0	0.2	0.1	0	0	0.2	0.1
	1	1	1	0.2	0.1	1	0	0.2	0.1

## • OR 연산자

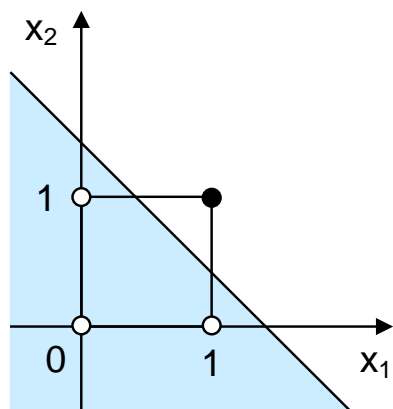
Epoch (p)	입력		목표출력	초기가중치		실제출력	오차	가중치 갱신	
	x1	x2	Yd	w1	w2	Y	e	w1	w2
1	0	0	0	0.3	-0.1	0	0	0.3	-0.1
	0	1	1	0.3	-0.1	0	1	0.3	0.0
	1	0	1	0.3	0.0	1	0	0.3	0.0
	1	1	1	0.3	0.0	1	0	0.3	0.0
2	0	0	0	0.3	0.0	0	0	0.3	0.0
	0	1	1	0.3	0.0	0	1	0.3	0.1
	1	0	1	0.3	0.1	1	0	0.3	0.1
	1	1	1	0.3	0.1	1	0	0.3	0.1
3	0	0	0	0.3	0.1	0	0	0.3	0.1
	0	1	1	0.3	0.1	0	1	0.3	0.2
	1	0	1	0.3	0.2	1	0	0.3	0.2
	1	1	1	0.3	0.2	1	0	0.3	0.2
4	0	0	0	0.3	0.2	0	0	0.3	0.2
	0	1	1	0.3	0.2	1	0	0.3	0.2
	1	0	1	0.3	0.2	1	0	0.3	0.2
	1	1	1	0.3	0.2	1	0	0.3	0.2

## • XOR 연산자

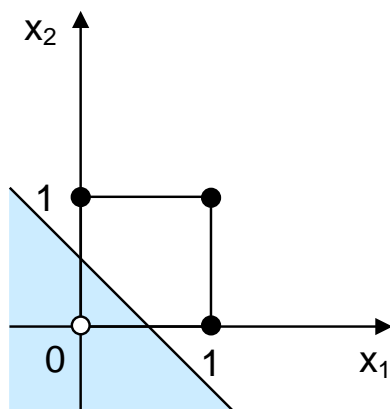
Epoch (p)	입력		목표출력	초기가중치		실제출력	오차	가중치 갱신	
	x1	x2	Yd	w1	w2	Y	e	w1	w2
1	0	0	0	0.3	-0.1	0	0	0.3	-0.1
	0	1	1	0.3	-0.1	0	1	0.3	0.0
	1	0	1	0.3	0.0	1	0	0.3	0.0
	1	1	0	0.3	0.0	1	-1	0.2	-0.1
2	0	0	0	0.2	-0.1	0	0	0.2	-0.1
	0	1	1	0.2	-0.1	0	1	0.2	0.0
	1	0	1	0.2	0.0	0	1	0.3	0.0
	1	1	0	0.3	0.0	1	-1	0.2	-0.1
3	0	0	0	0.2	-0.1	0	0	0.2	-0.1
	0	1	1	0.2	-0.1	0	1	0.2	0.0
	1	0	1	0.2	0.0	0	1	0.3	0.0
	1	1	0	0.3	0.0	1	-1	0.2	-0.1
4	0	0	0	0.2	-0.1	0	0	0.2	-0.1
	0	1	1	0.2	-0.1	0	1	0.2	0.0
	1	0	1	0.2	0.0	0	1	0.3	0.0
	1	1	0	0.3	0.0	1	-1	0.2	-0.1
5	0	0	0	0.2	-0.1	0	0	0.2	-0.1
	0	1	1	0.2	-0.1	0	1	0.2	0.0
	1	0	1	0.2	0.0	0	1	0.3	0.0
	1	1	0	0.3	0.0	1	-1	0.2	-0.1
6	0	0	0	0.2	-0.1	0	0	0.2	-0.1
	0	1	1	0.2	-0.1	0	1	0.2	0.0
	1	0	1	0.2	0.0	0	1	0.3	0.0
	1	1	0	0.3	0.0	1	-1	0.2	-0.1
7	0	0	0	0.2	-0.1	0	0	0.2	-0.1
	0	1	1	0.2	-0.1	0	1	0.2	0.0
	1	0	1	0.2	0.0	0	1	0.3	0.0
	1	1	0	0.3	0.0	1	-1	0.2	-0.1
8	0	0	0	0.2	-0.1	0	0	0.2	-0.1
	0	1	1	0.2	-0.1	0	1	0.2	0.0
	1	0	1	0.2	0.0	0	1	0.3	0.0
	1	1	0	0.3	0.0	1	-1	0.2	-0.1

## • XOR의 경우

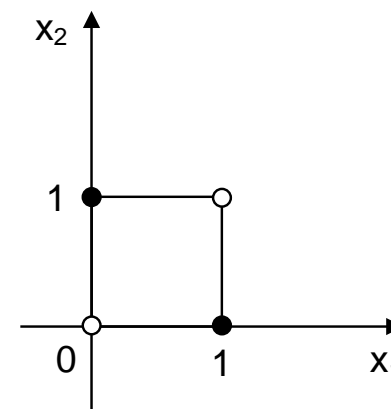
- 만족하는  $W_1, W_2$  는 존재하지 않음  $\rightarrow$  간단한 XOR 문제도 해결 못함
- 선형분리성(Linear Separability) 문제
  - AND 논리 :  $W_1=0.2, W_2=0.1, \theta=0.2$ 는  $0.2X_1 + 0.1X_2 = 0.2$ 를 분리선으로 결정
  - XOR 논리 : 영역을 분리할 수 있는 직선이 존재하지 않음



(a) AND 연산 ( $X_1 \cap X_2$ )



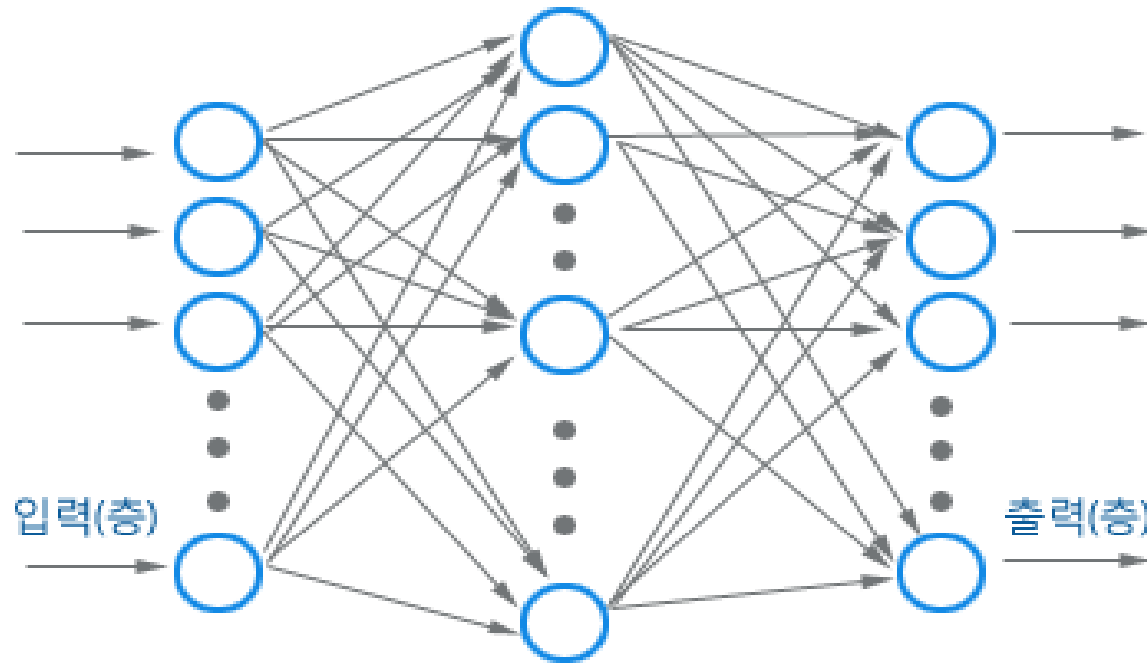
(b) OR 연산 ( $X_1 \cup X_2$ )



(c) XOR 연산 ( $X_1 \oplus X_2$ )

## • 다층퍼셉트론(Multi-Layer Perceptron)

- 입력층과 출력층 사이에 하나 이상의 은닉층(hidden layer) 존재
- 단층 퍼셉트론의 문제점 해결
- 효과적인 학습 알고리즘의 부재로 60~70년대 사용되지 않음
- '80년대 중반 역전파(Back Propagation)알고리즘 제안(Rumelhart)



## • 은닉층(hidden layer)은 왜 필요한가?

- 은닉층 뉴런은 입력 패턴을 인식하고 그 특성을 출력층에 전달
- 따라서 은닉층이 많을수록 **복잡한 패턴을 표현**할 수 있게 됨
- 은닉층으로 인해 **비선형, 불연속 형태의 분리함수 가능**
- **하나의 은닉층으로 입력신호의 모든 연속함수를 표현**할 수 있으며, **두개의 은닉층으로는 불연속 함수도 표현** 가능

## • 왜 은닉층이라고 할까?

- 출력층처럼 목표출력이 학습시에 알려지지 않고 **숨겨져 있음** → **Black Box**
- 은닉층의 목표출력은 드러나지 않으며 해당 층에서 자체 결정됨

## • 은닉층의 적절한 수는?

- 상업적 ANN은 1~2개, 실험용으로는 3~5개의 은닉층 사용 → **Deep Learning**
- 각 은닉층에는 10~1,000개의 뉴런 사용

## • 역전파 알고리즘(back propagation)

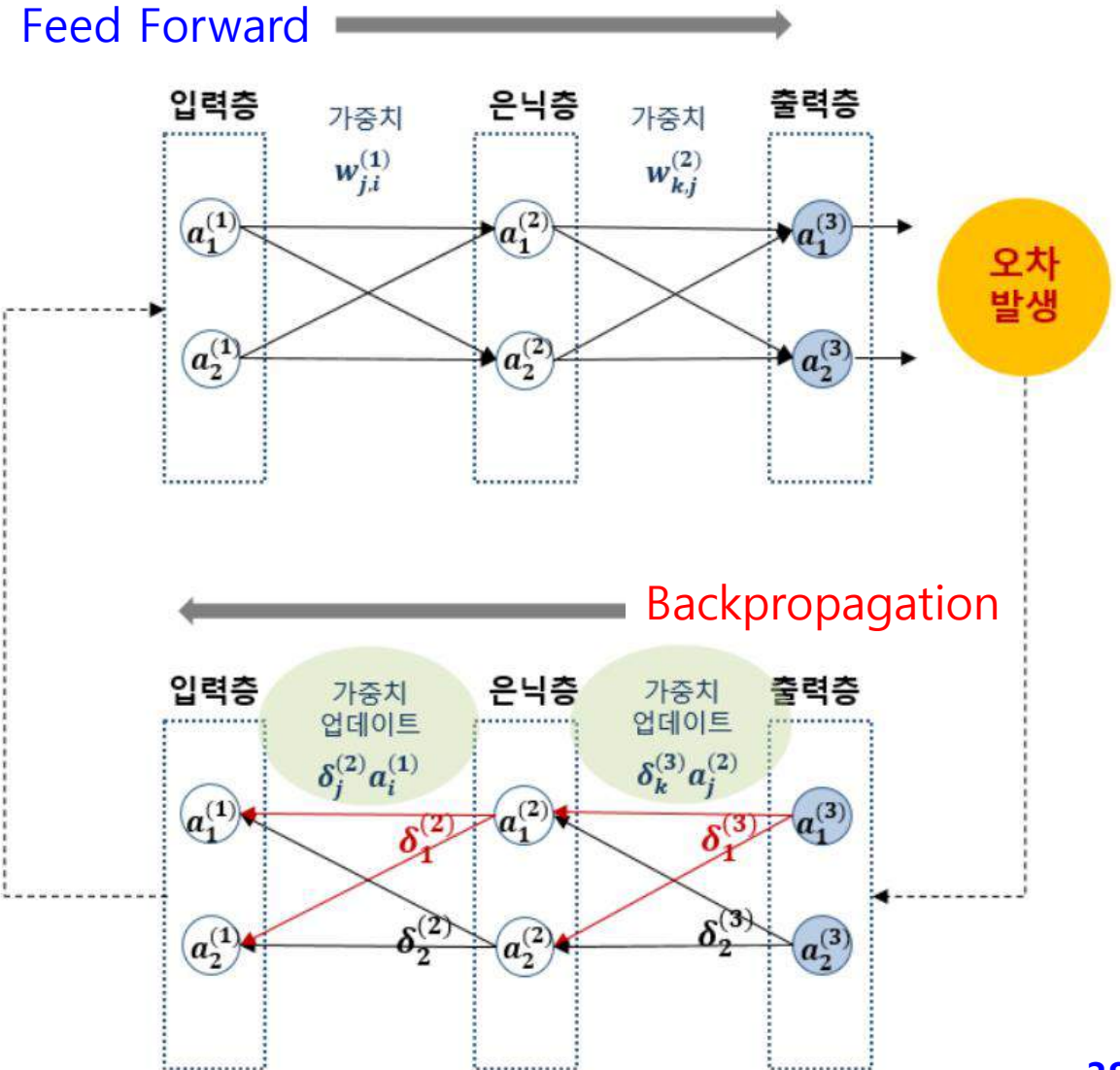
• 다층신경망은 어떻게 학습하는가?

### 1. (순전파; Feed Forward)

입력층에서 출력층까지 순차적으로 입력패턴 전파로 출력패턴 생성

### 2. (역전파; Backpropagation)

출력패턴을 목표패턴과 비교하여 오차를 계산하고, 계산된 오차를 출력층에서 입력층까지 역으로 전파하며 가중치 수정



## • 순전파; 입력신호 전파 (활성화)

- 각 층의 모든 뉴런은 **순방향으로 인접한 층에 입력패턴을 전파**
- 선형분리함수(linearly separable function)에 의한 순 가중입력 산정
- **활성화함수(activation function)**에 의해 입력값을 전파시킴
  - 퍼셉트론과 달리 역전파 다층신경망은 시그모이드, LeLU 등 기울기를 가진 활성화 함수 사용
  - 기울기를 가진 활성화 함수는 뉴런의 출력을 0~1로 나타냄

$$X = \sum_{i=1}^n x_i w_i - \theta$$

$$Y^{sigmoid} = \frac{1}{1 + e^{-X}}$$

$$X_j(p) = \sum_{i=1}^n x_i(p) \times w_{ij}(p) - \theta_j$$

$$y_j(p) = \frac{1}{1 + \exp[-X_j(p)]}$$

$$X_k(p) = \sum_{j=1}^m y_j(p) \times w_{jk}(p) - \theta_k$$

$$y_k(p) = \frac{1}{1 + \exp[-X_k(p)]}$$

## • 역전파 오차신호 전파 (가중치 학습)

- 오차신호는 **출력층에서 입력층으로 역으로 전파**
- p번째 반복에서 출력층 뉴런 k의 출력에 대한 오차신호

$$e_k(p) = y_{d,k}(p) - y_k(p)$$

- 여기서,  $y_{d,k}$ 는 뉴런 k의 목표 출력값

- 가중치를 갱신

$$W_{jk}(p+1) = W_{jk}(p) + \Delta W_{jk}(p)$$

- 여기서,  $\Delta W_{jk}$ 는 가중치 보정값  $\Delta W_{jk}(p) = \alpha \times y_j(p) \times \delta_k(p)$

- $\delta_k$ 는 출력층 뉴런 k에 대한 오차기울기  $\delta_k(p) = \frac{\partial y_k(p)}{\partial X_k(p)} \times e_k(p)$

## • 오차기울기(error gradient)란 무엇인가?

- 활성화 함수의 미분에 뉴런의 출력오차를 곱한 형태
- 목표출력과 실제출력 사이의 오차제곱합(SSE)을 경사하강추적법(gradient-descent method)에 의해 최소화 하는 방향으로 학습
  - 실제출력과 목표출력간 오차를 최소화하기 위해 가중치에 대한 오차의 미분계수가 감소하는 방향으로 가중치를 역전파

$$\delta_k(p) = \frac{\partial \left\{ \frac{1}{1 + \exp[-X_k(p)]} \right\} y_k(p)}{\partial X_k(p)} \times e_k(p) = \frac{\exp[-X_k(p)]}{\{1 + \exp[-X_k(p)]\}} \times e_k(p)$$

$$\delta_k(p) = y_k(p) \times [1 - y_k(p)] \times e_k(p)$$

$$y_k(p) = \frac{1}{1 + \exp[-X_k(p)]} \quad X_k(p) = \sum_{j=1}^m y_j(p) \times w_{jk}(p) - \theta_k$$

## • 은닉층 뉴런에 대한 가중치는 어떻게 갱신하는가?

$$W_{ij}(p+1) = W_{ij}(p) + \Delta W_{ij}(p)$$

• 여기서,  $\Delta W_{ij}$ 는 가중치 보정값  $\Delta W_{ij}(p) = \alpha \times x_i(p) \times \delta_j(p)$

•  $\delta_j$ 는 은닉층 뉴런 j에 대한 오차기울기  $\delta_j(p) = y_j(p) \times [1 - y_j(p)] \times \sum_{k=1}^l \delta_k(p) w_{jk}(p)$

•  $Y_j(p)$ 는 은닉층 뉴런 j의 출력값  $y_j(p) = \frac{1}{1 + \exp[-X_j(p)]}$

•  $X_j(p)$ 는 은닉층 뉴런 j의 입력값  $X_j(p) = \sum_{i=1}^n x_i(p) \times w_{ij}(p) - \theta_j$

## • 다층신경망의 학습 알고리즘

### • 1단계: 초기화

- 초기가중치( $w_{ij}(0)$ ,  $w_{jk}(0)$ )와 임계값( $\theta_j$ ,  $\theta_k$ )를 균등분포를 따르는 임의의 수로 설정
- $F_i$ 는 입력층 뉴런  $x_i$ 의 총 개수  $\left( -\frac{2.4}{F_i}, +\frac{2.4}{F_i} \right)$

### • 2단계: 활성화

- 입력값  $X_i(p)$ 와 목표출력  $Y_{dk}(p)$ 를 적용하여 역전파 신경망을 활성화

$$y_j(p) = \text{sigmoid} \left[ \sum_{i=1}^n x_i(p) \times w_{ij}(p) - \theta_j \right]$$

$$y_k(p) = \text{sigmoid} \left[ \sum_{j=1}^m y_j(p) \times w_{jk}(p) - \theta_k \right]$$

- 3단계: 가중치 학습

- 오차를 역방향으로 전파시키면서 가중치를 갱신

(출력층)

$$W_{jk}(p+1) = W_{jk}(p) + \Delta W_{jk}(p)$$

$$\Delta W_{jk}(p) = \alpha \times y_j(p) \times \delta_k(p)$$

$$\delta_k(p) = y_k(p) \times [1 - y_k(p)] \times e_k(p)$$

$$e_k(p) = y_{d,k}(p) - y_k(p)$$

(은닉층)

$$W_{ij}(p+1) = W_{ij}(p) + \Delta W_{ij}(p)$$

$$\Delta W_{ij}(p) = \alpha \times x_i(p) \times \delta_j(p)$$

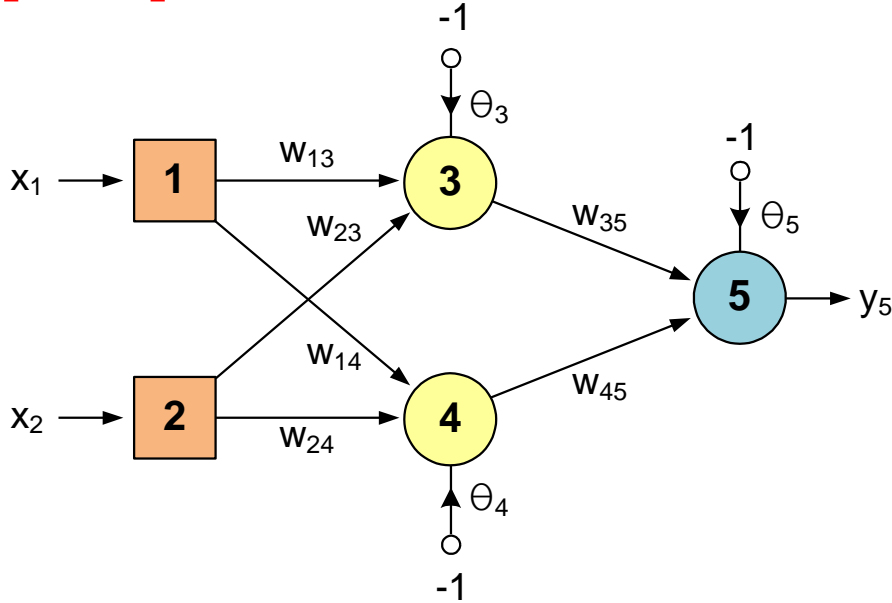
$$\delta_j(p) = y_j(p) \times [1 - y_j(p)] \times \sum_{k=1}^l \delta_k(p) w_{jk}(p)$$

- $\alpha$  : 학습률 ( $0 < \alpha < 1$ , 일반적으로 0.1)
- 계산된 실제출력  $Y_k(p)$ 와 목표출력  $Y_{dk}(p)$  가 같으면 가중치 변화 없음

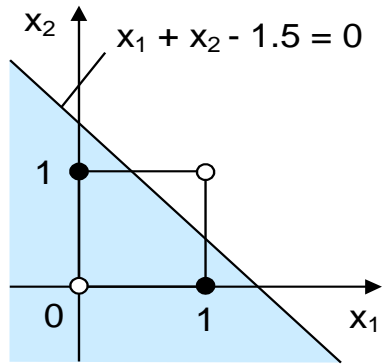
- 4단계: 반복

- 반복횟수  $p$ 를 증가시키고 2단계로 돌아가서 오차기준(SSE)을 만족할 때까지 반복

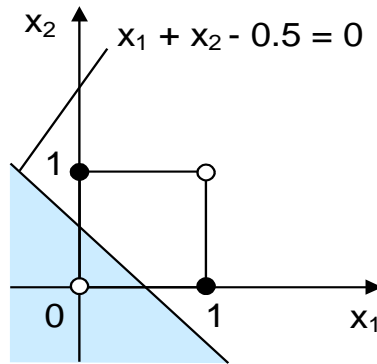
## • [예제] 다층신경망을 이용한 XOR 연산자 수행



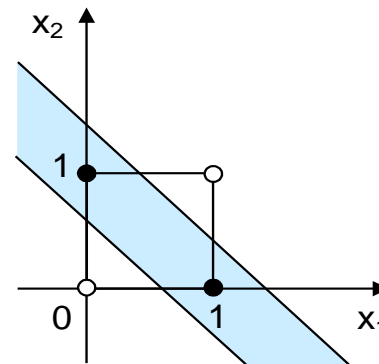
자료	입력( $X_i$ )		목표출력( $Y_d$ )
	$X_1$	$X_2$	Exclusive-OR ( $X_1 \ X_2$ )
1	0	0	0
2	0	1	1
3	1	0	1
4	1	1	0



(a) 은닉층 뉴런 3에 의해 형성된 결정경계



(b) 은닉층 뉴런 4에 의해 형성된 결정경계



(c) 층이 3개인 완전한 신경망에 의해 형성된 결정 경계

은닉층에 있는 뉴런 3과 4에 의해 형성된 결정 경계

## Artificial Intelligence

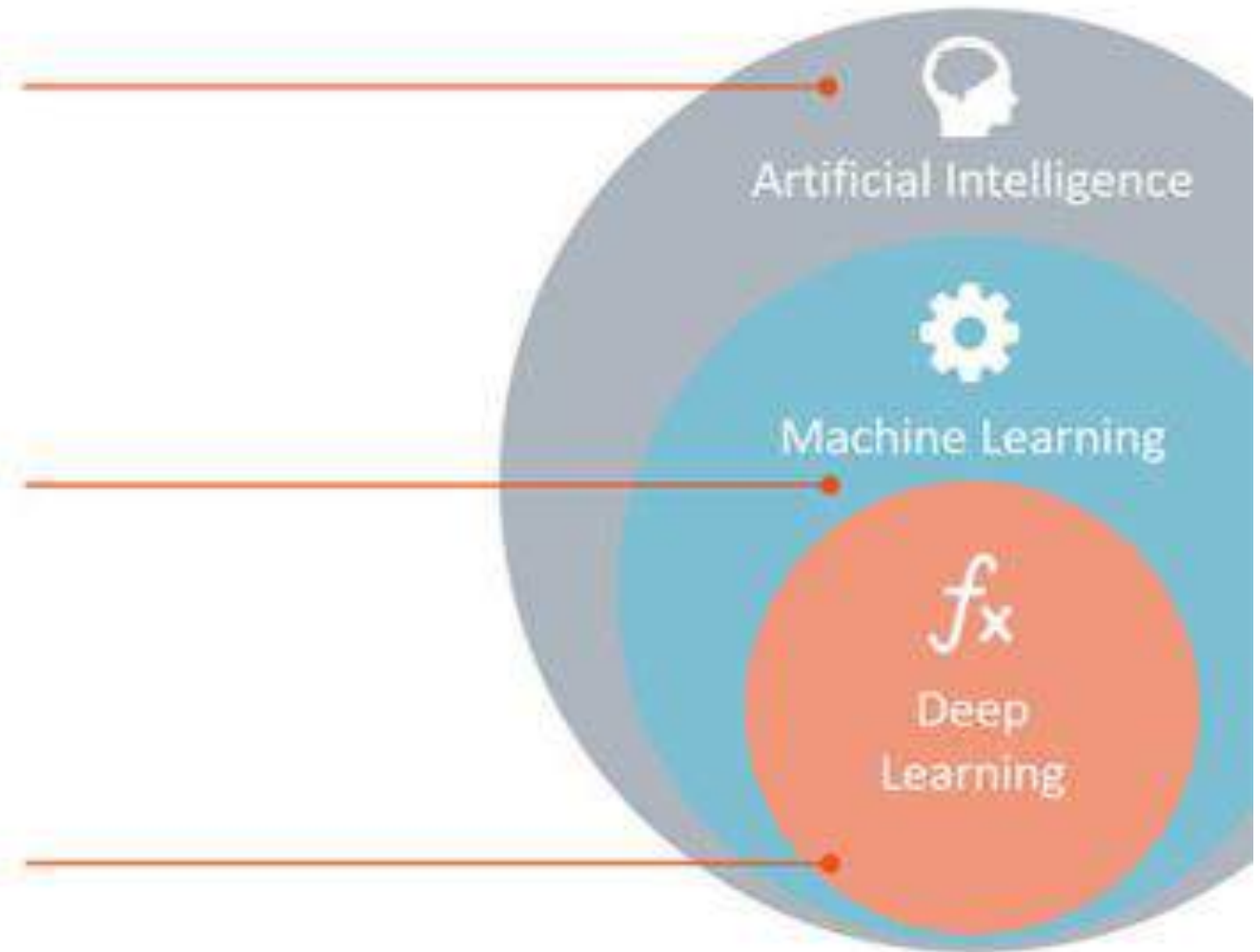
Any technique which enables computers to mimic human behavior.

## Machine Learning

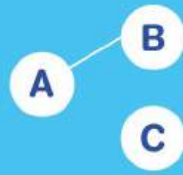
Subset of AI techniques which use statistical methods to enable machines to improve with experiences.

## Deep Learning

Subset of ML which make the computation of multi-layer neural networks feasible.



Rule-based

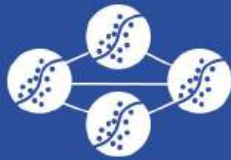


사람이 복잡한 절차를 프로그래밍을 통해서 정의 → **천재들에 의한 발전**

Simple machine learning



Deep learning



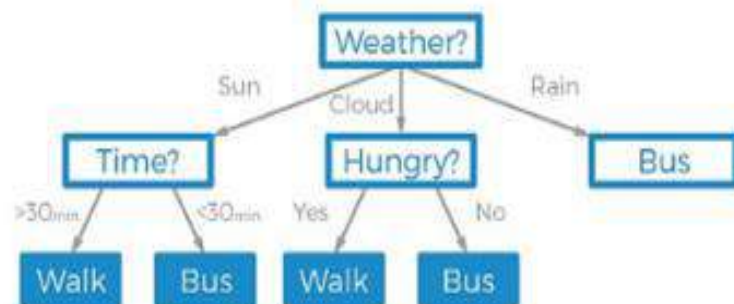
## Rules-based Programming (Part 1)



## Machine Learning



Input



Decision tree

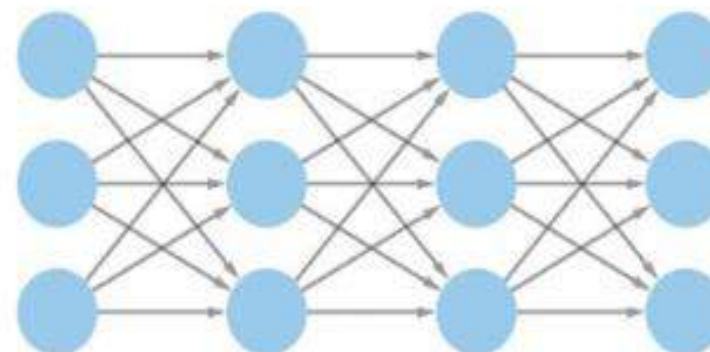


Output

## Deep Learning



Input

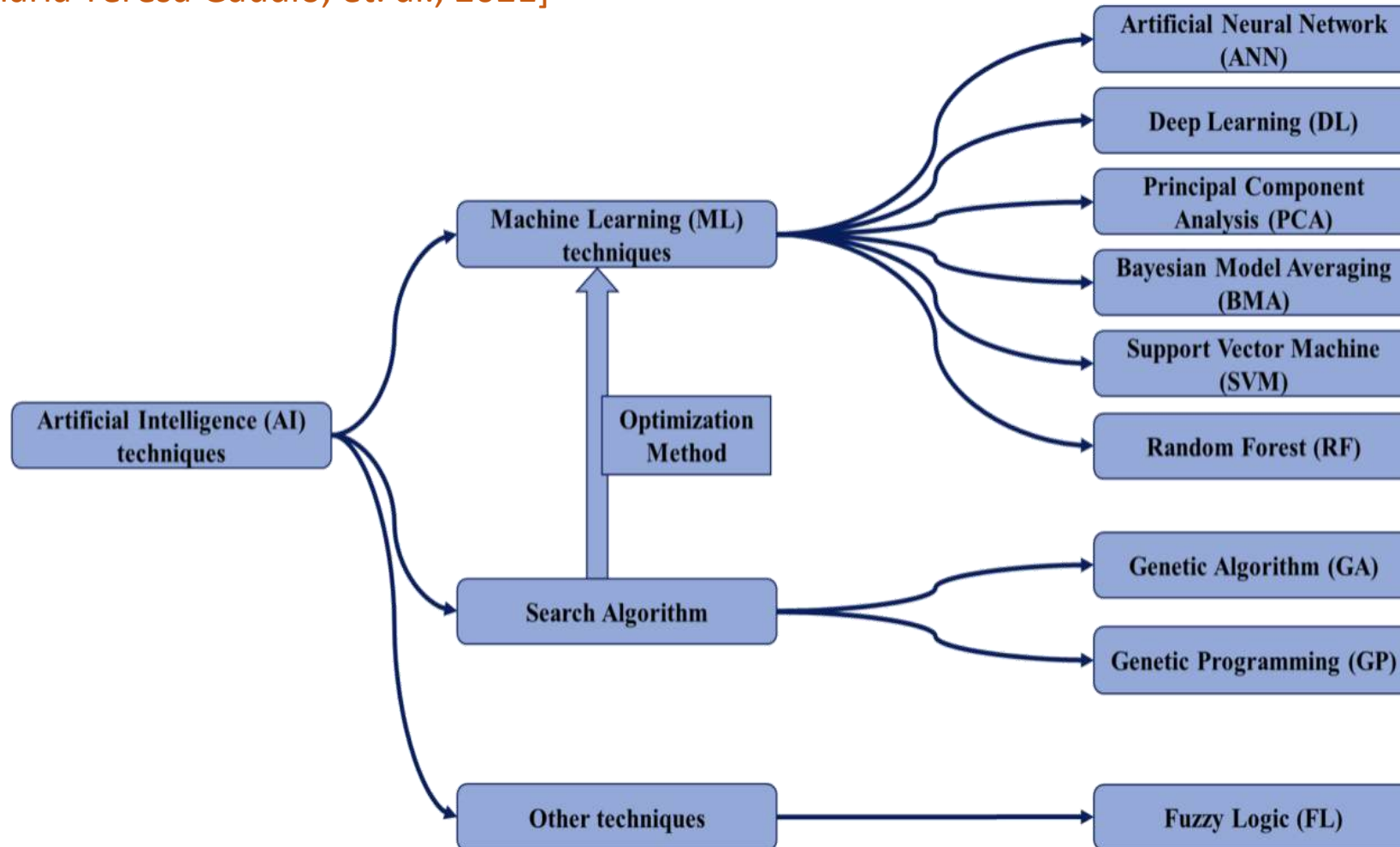


Feature extraction + Classification



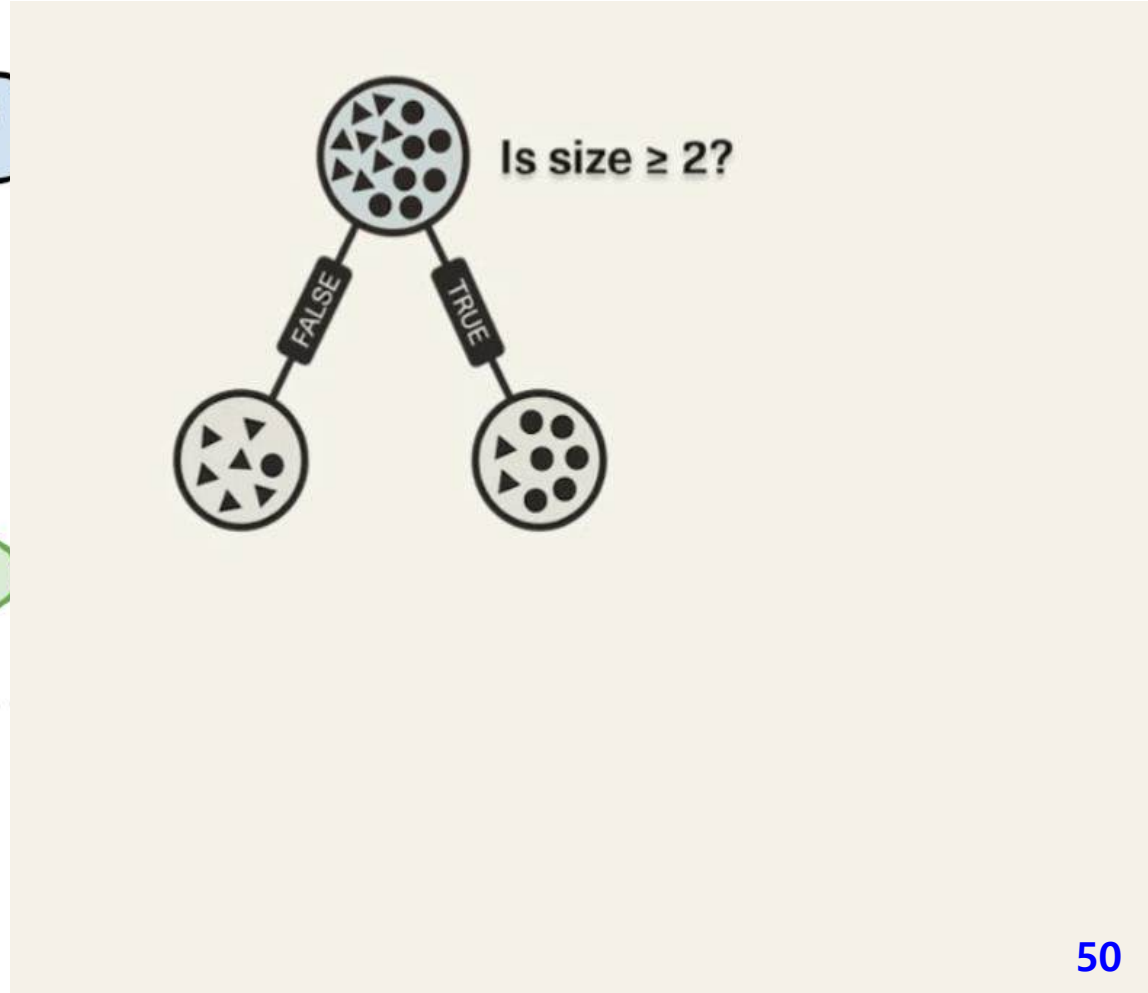
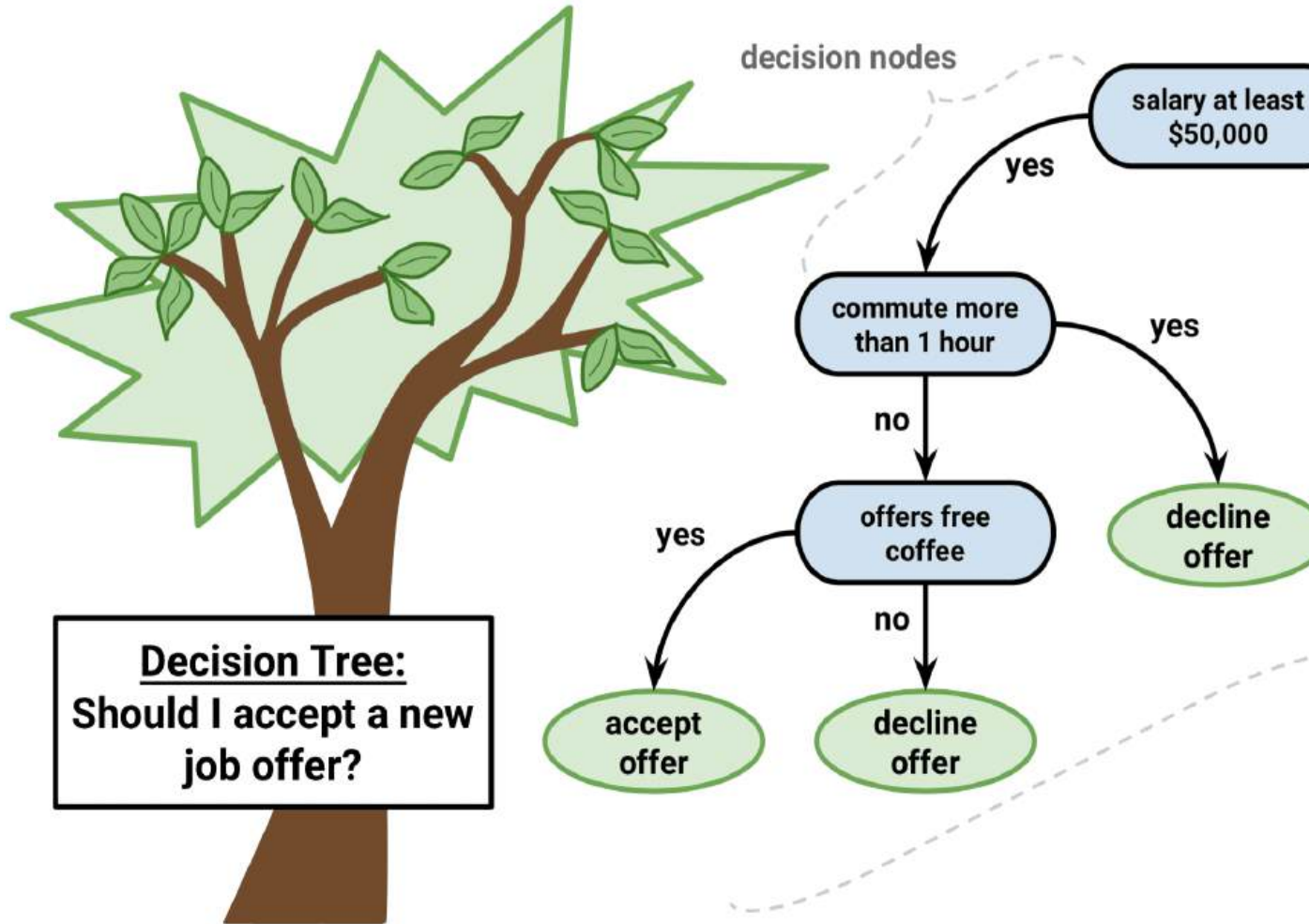
Output

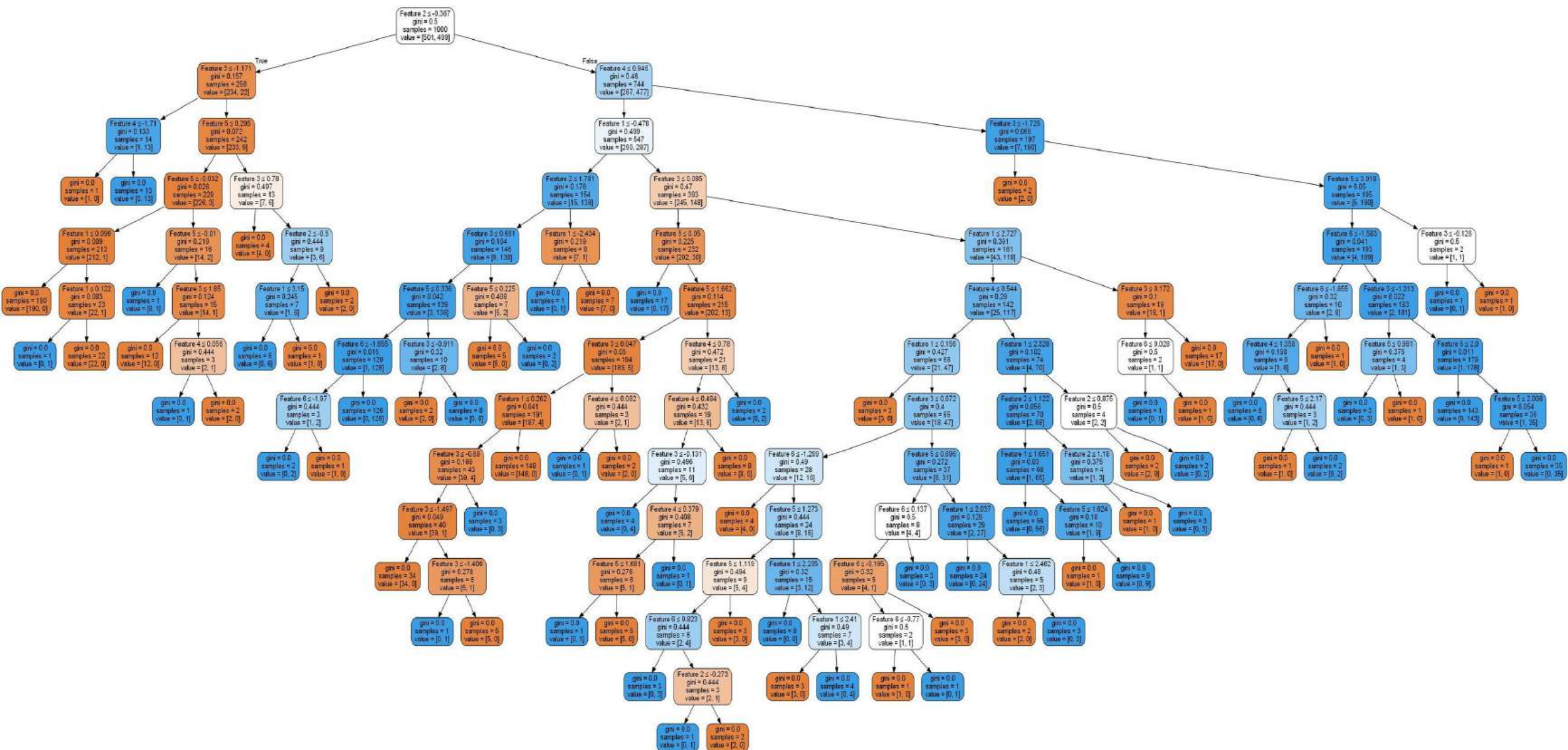
[A classification table of AI and ML techniques useful in the water systems(Maria Teresa Gaudio, et. al., 2021)]

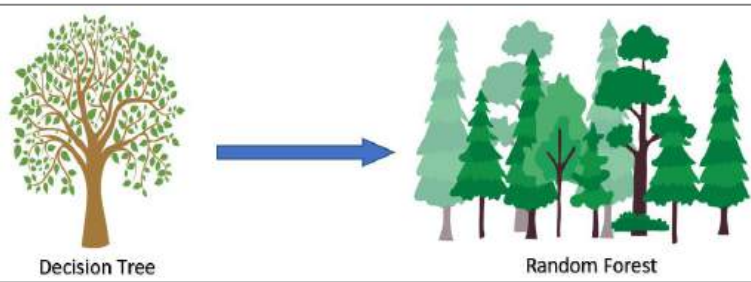


## 의사결정트리(Decision Tree)

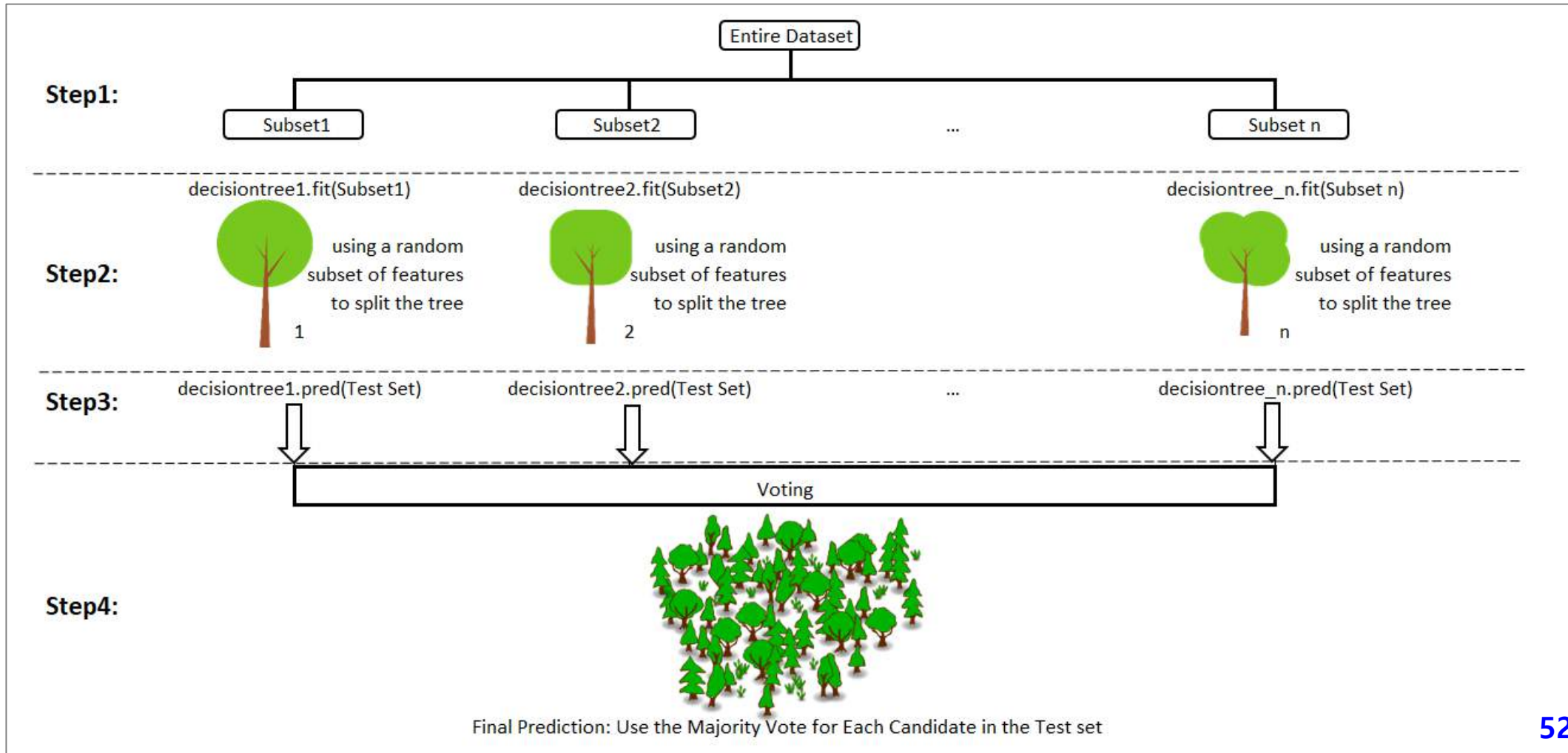
특정 요소에 대한 질문을 기반으로 데이터를 분리해가며 답을 결정



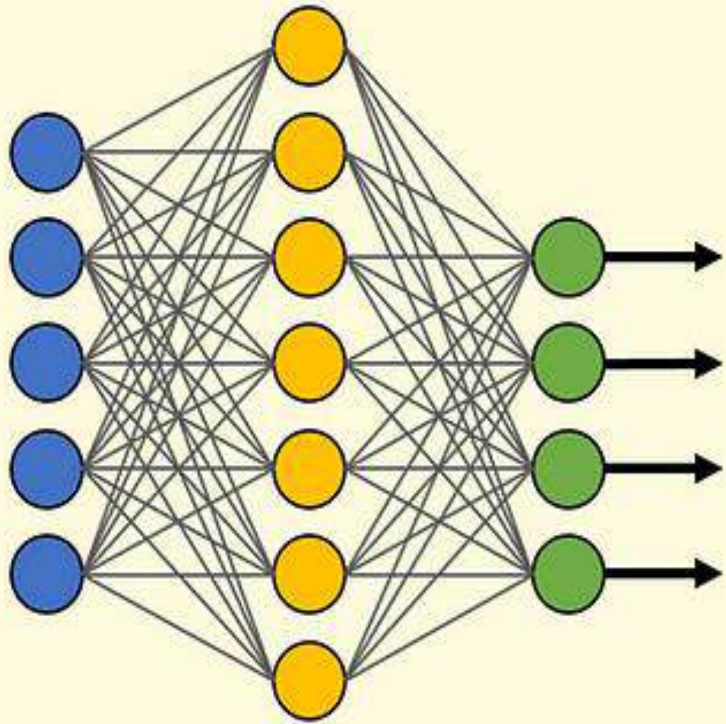




**랜덤포레스트(Random Forest)**  
의사결정트리에서 과적합(Over-fitting) 문제 예방을 위해 일부 요소만 무작위 추출해 하나의 결정 트리를 만드는 과정을 여러번 반복하여 이를 종합한 값을 도출

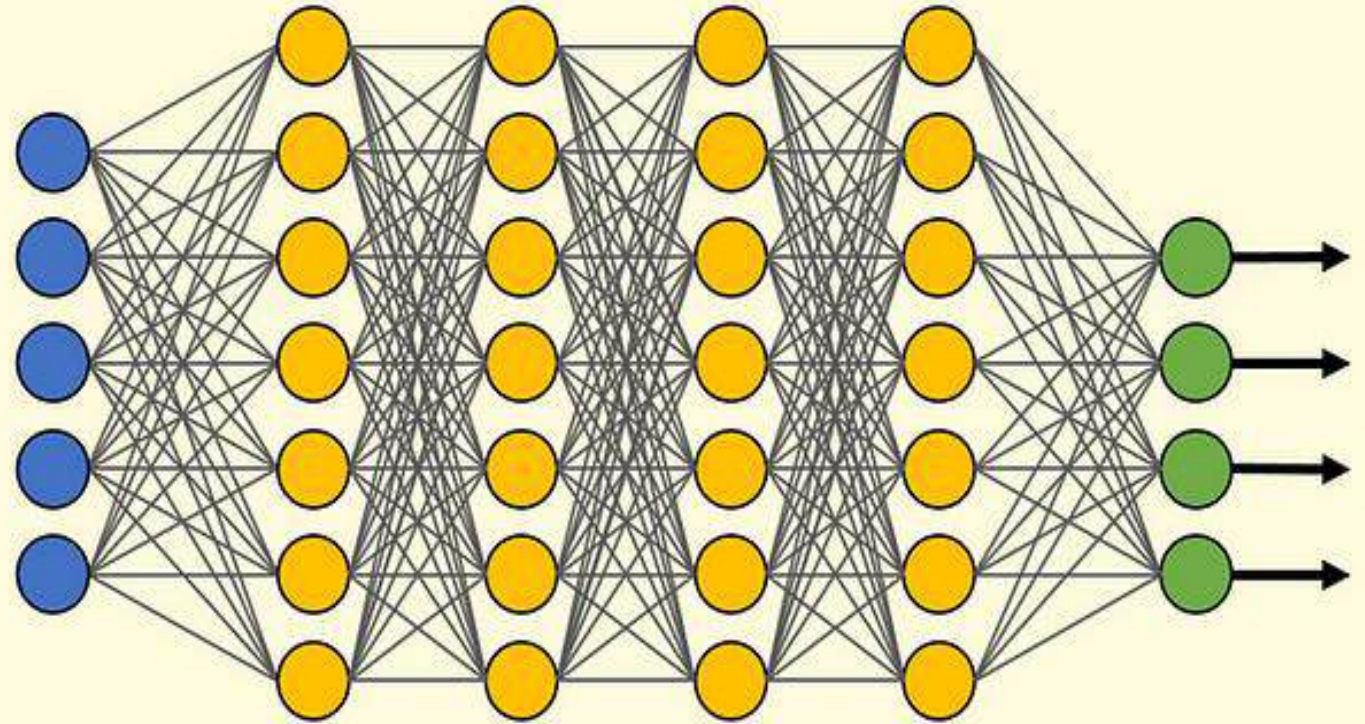


### Simple Neural Network



● Input Layer

### Deep Learning Neural Network



● Hidden Layer

● Output Layer

01

인공지능이란  
무엇인가?

02

우리나라의  
물 관리  
현황과 이슈

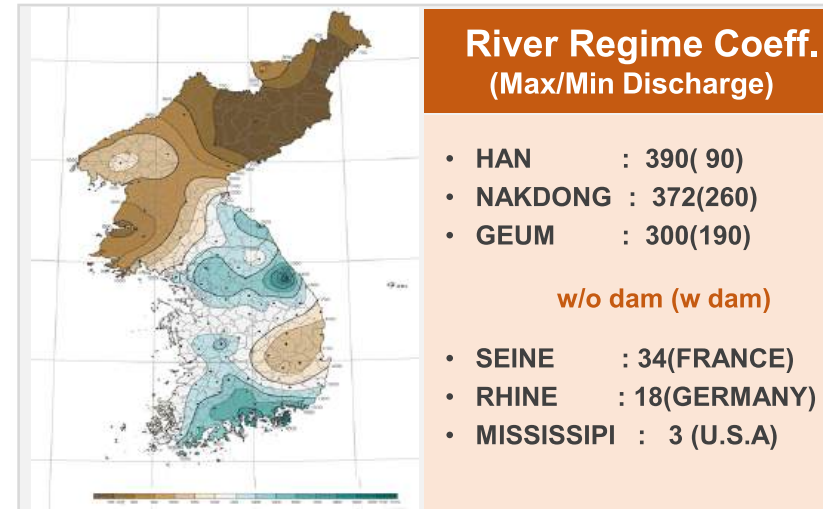
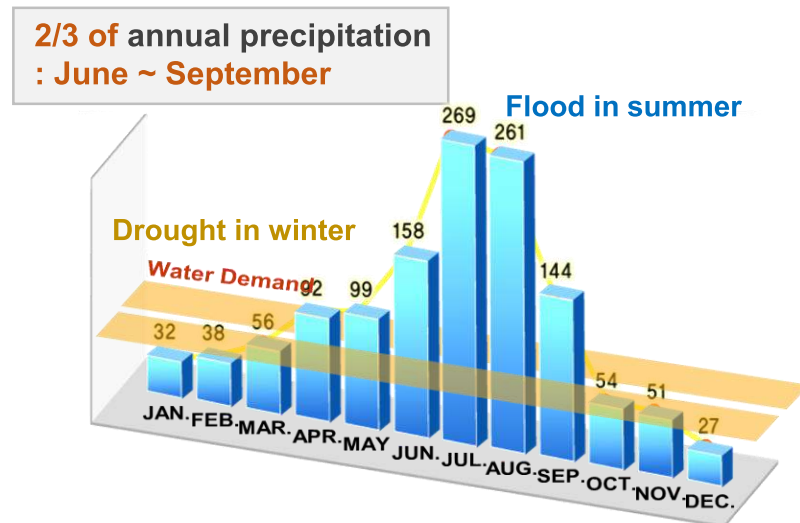
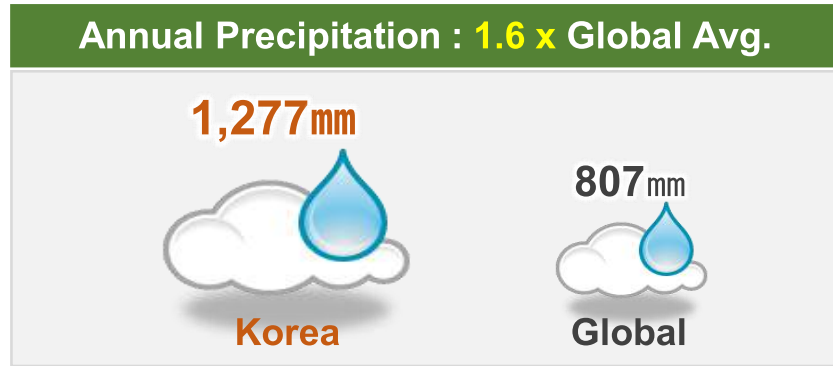
03

인공지능과  
빅데이터의  
물 관리 활용

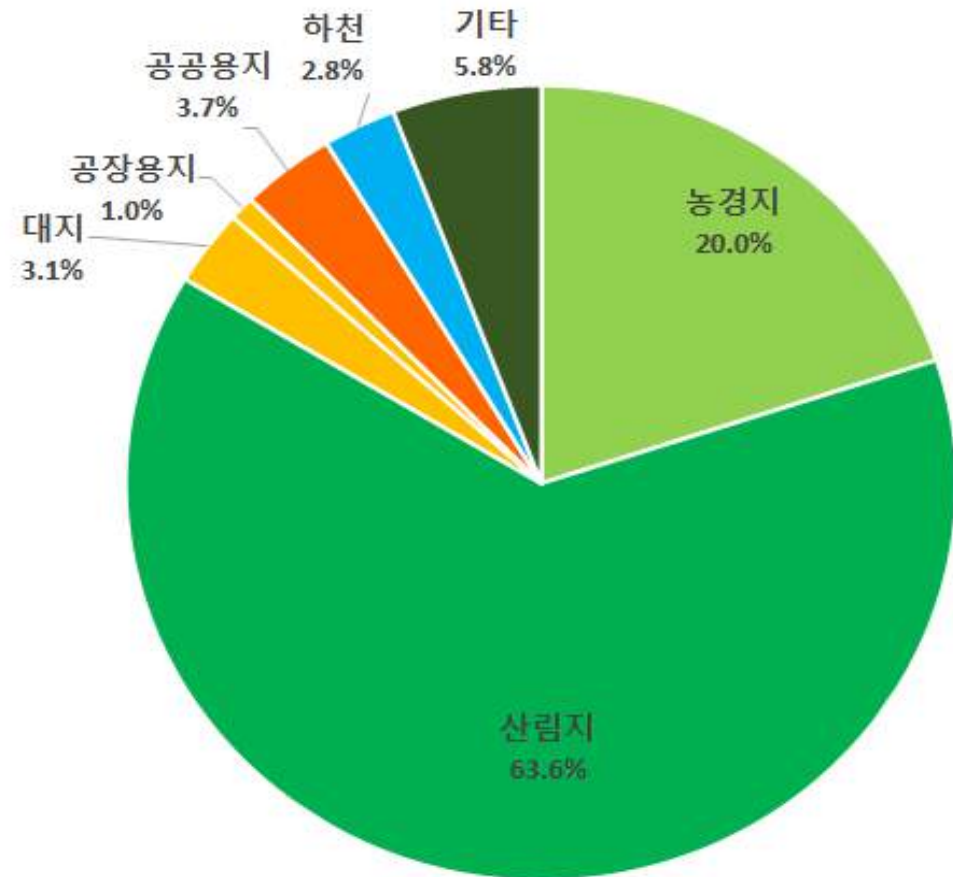
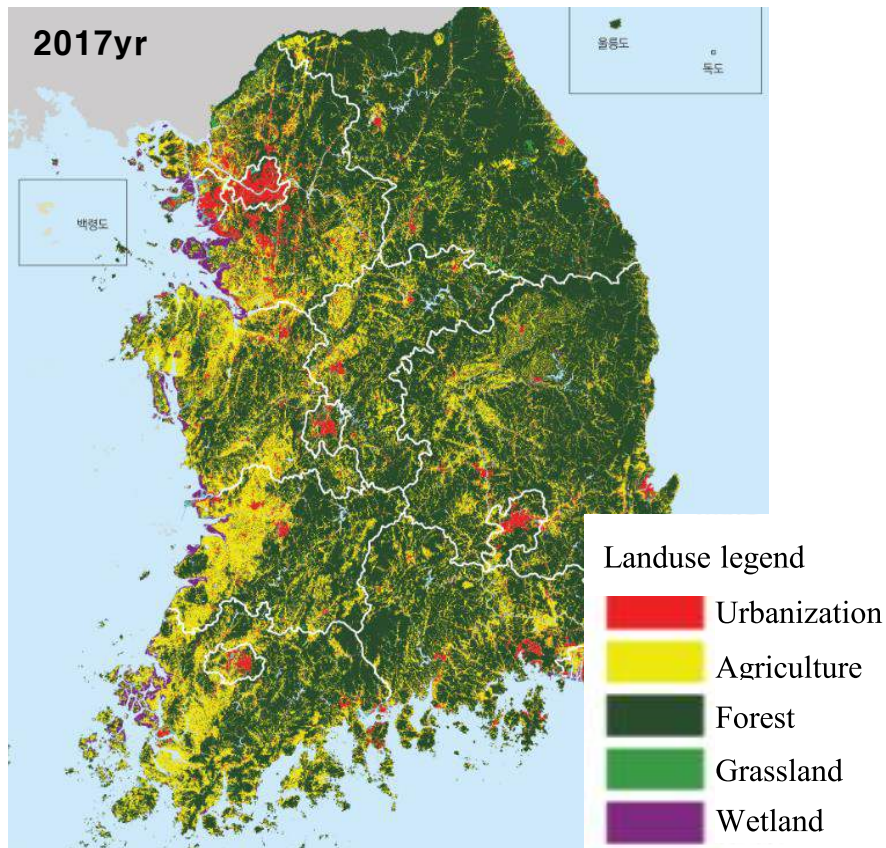
04

인공지능의  
미래

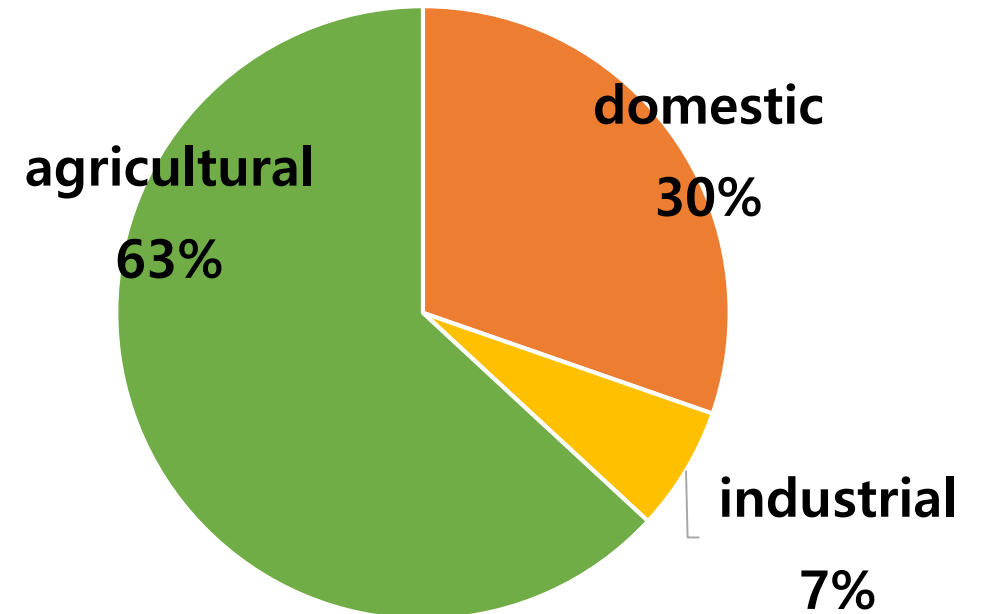
## Unfavorable Conditions for Water Resources Management



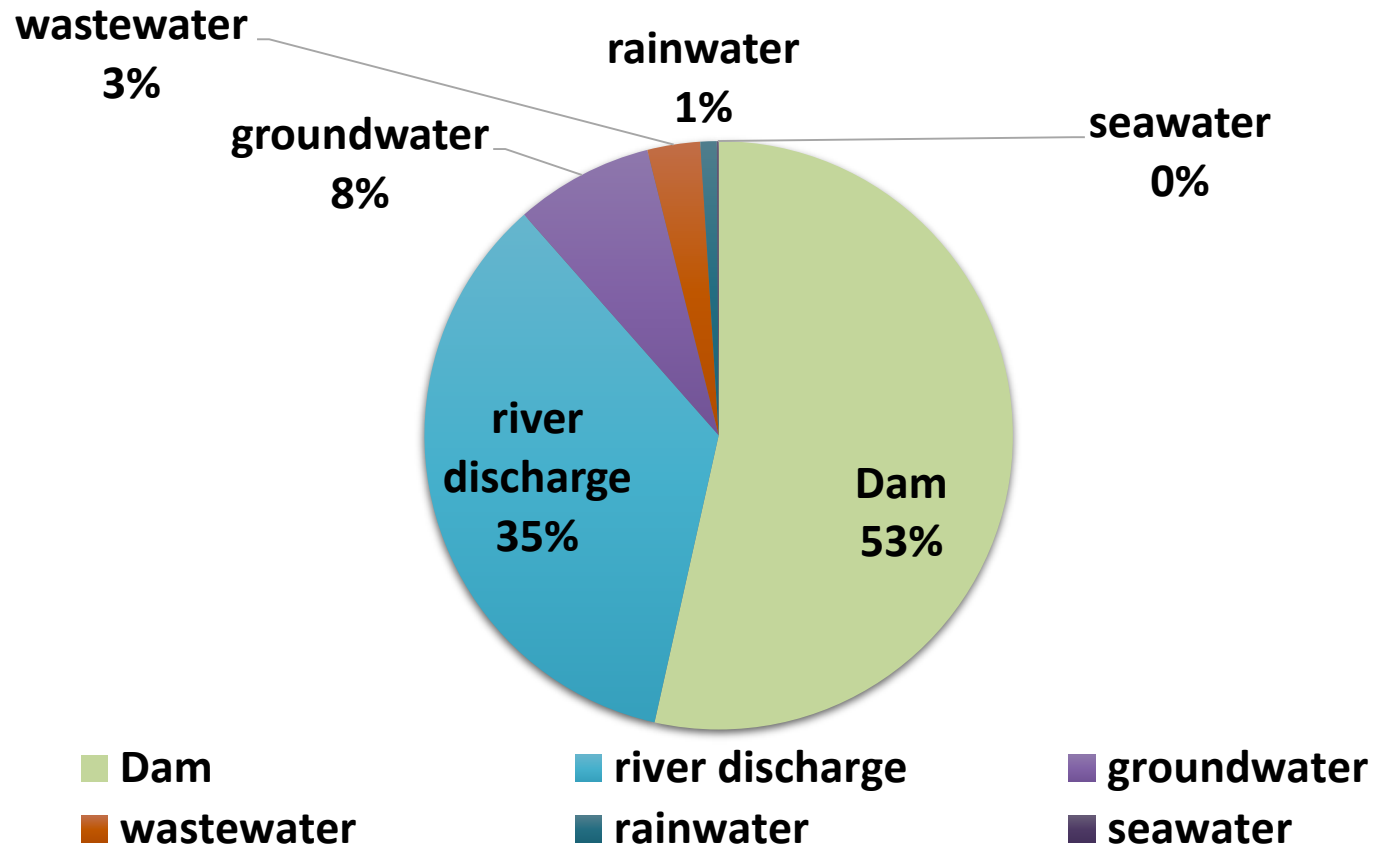
- South Korea is almost covered by **forest area, which is 63 %**
  - Also, Agricultural and grassland field is amount for 20 percentages
  - But Urbanization landuse with residential area is **only 7%**



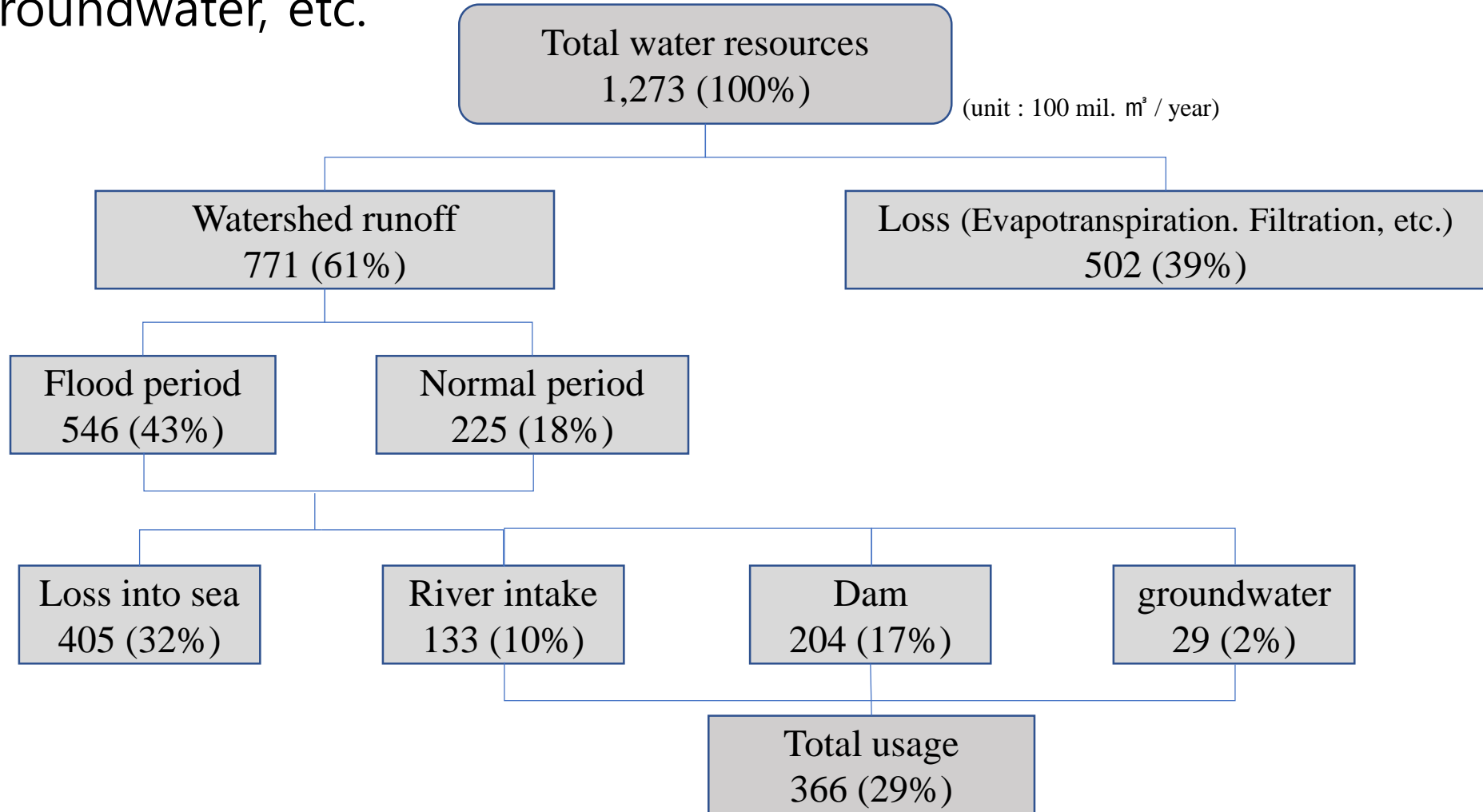
- **In 2019 year, Total water use in S.Korea is 36.6 Bil. Tons/yr**
  - 24.4 Bil.tons used for domestic & industrial and agricultural supply
  - 12.2 Bil.tons used for river-ecosystem management
- **Among 24.4 Bil.tons,**
  - the most water use is 63% for agricultural
  - water supply
  - 30% for residential people's life (=domestic)



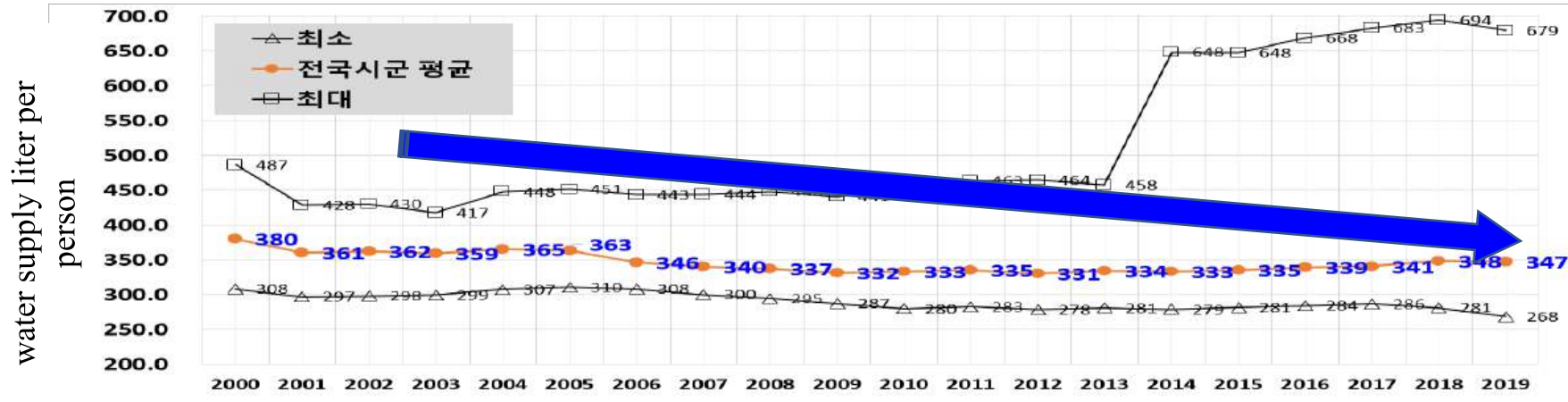
- The source of water supply is various such as Dam and river-discharge, groundwater, wastewater, etc.
  - Main source is Dam, which is consist of 53% in total water supply



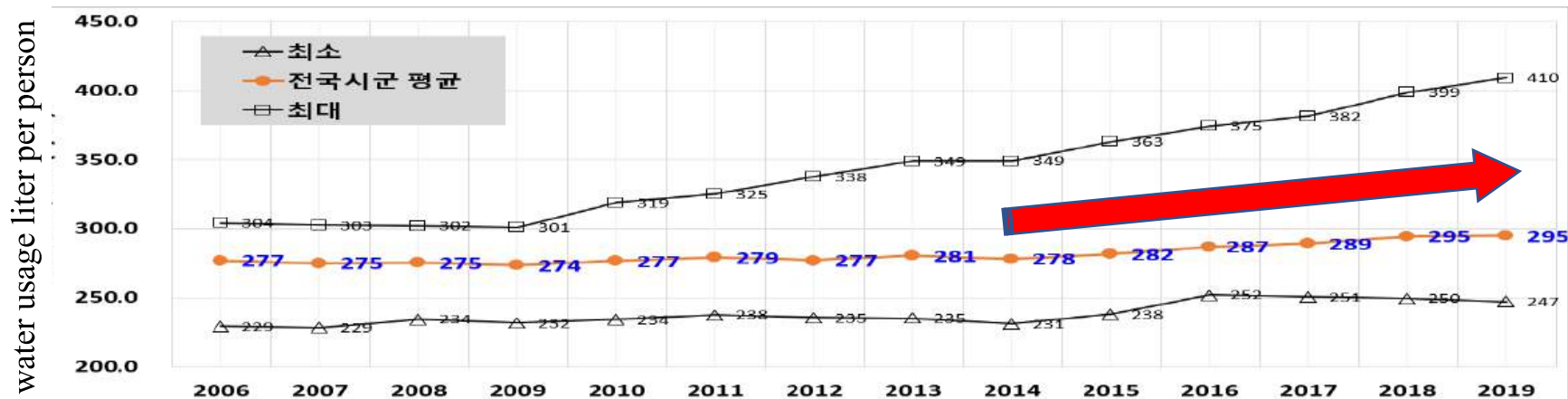
- **The amount of flowing in rivers is only 61 % except water loss**
  - Among this amount, only 29% is used for water supply from river intake and dam, groundwater, etc.



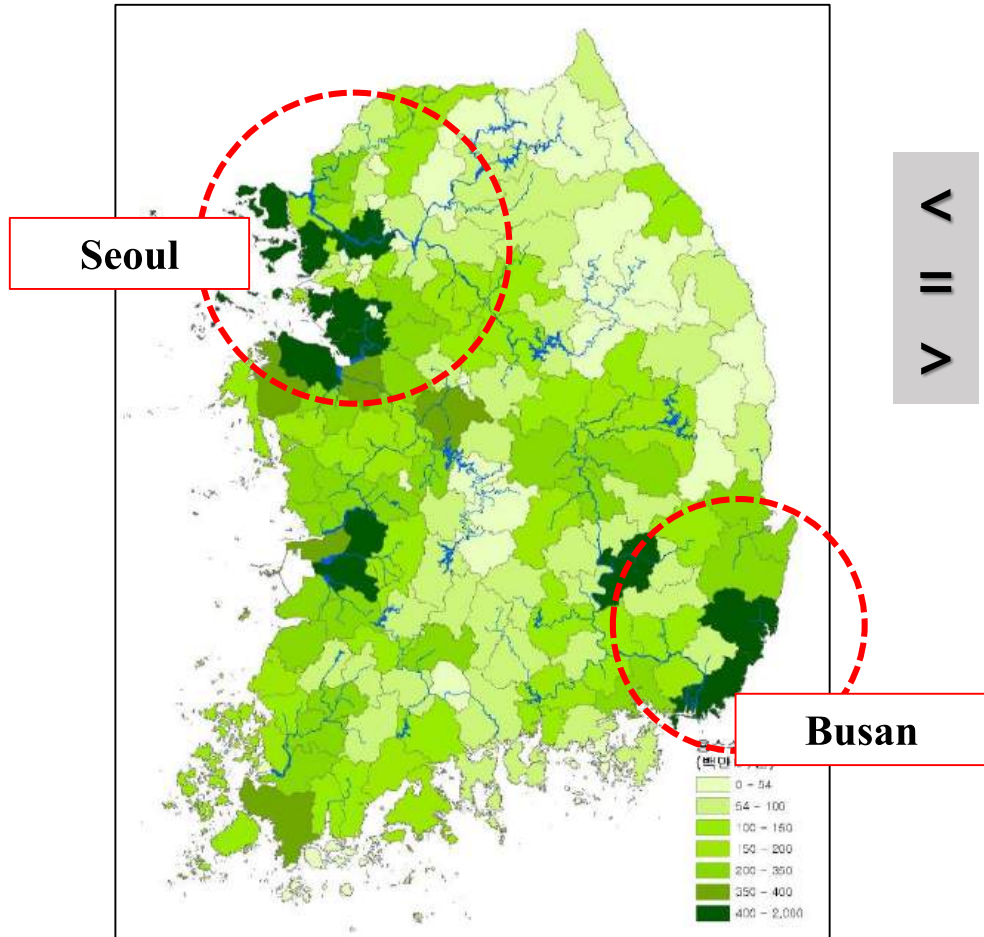
- (Water Supply) gradually decreasing by improving leak rate of water pipe
  - about 30 liters decreased from 380 liter in 2000 to 347 liter in 2019



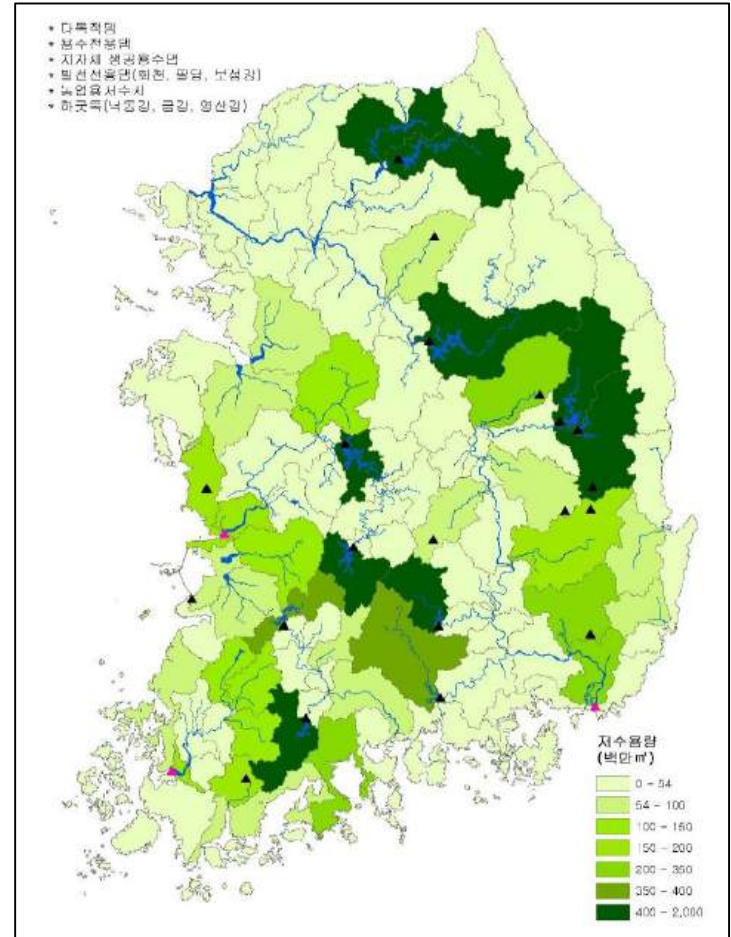
- (Water Usage) recently increasing by social factors as less number per household
  - about 17 liter increased from 278 liter in 2015 to 295 liter in 2019



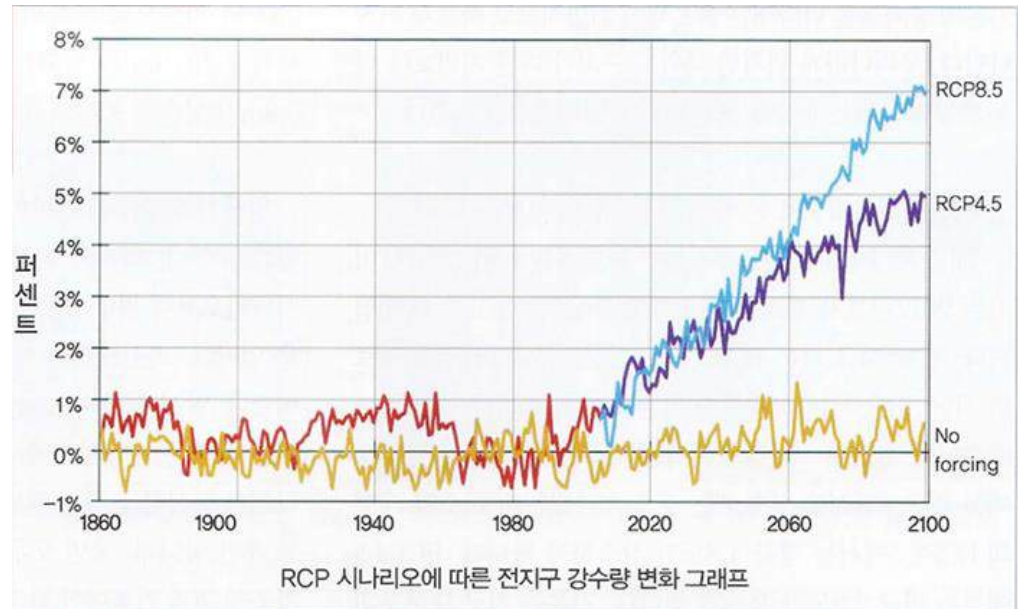
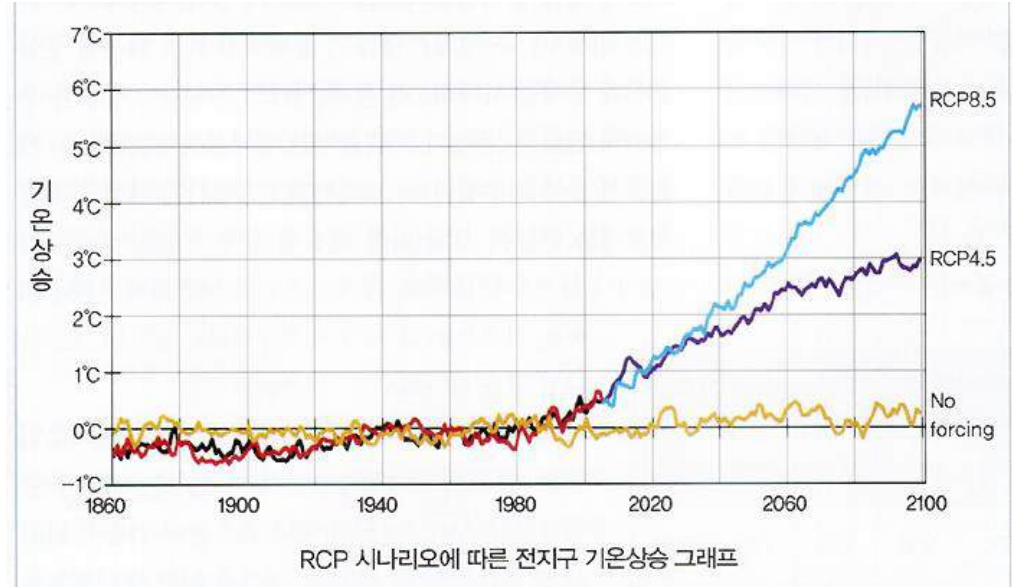
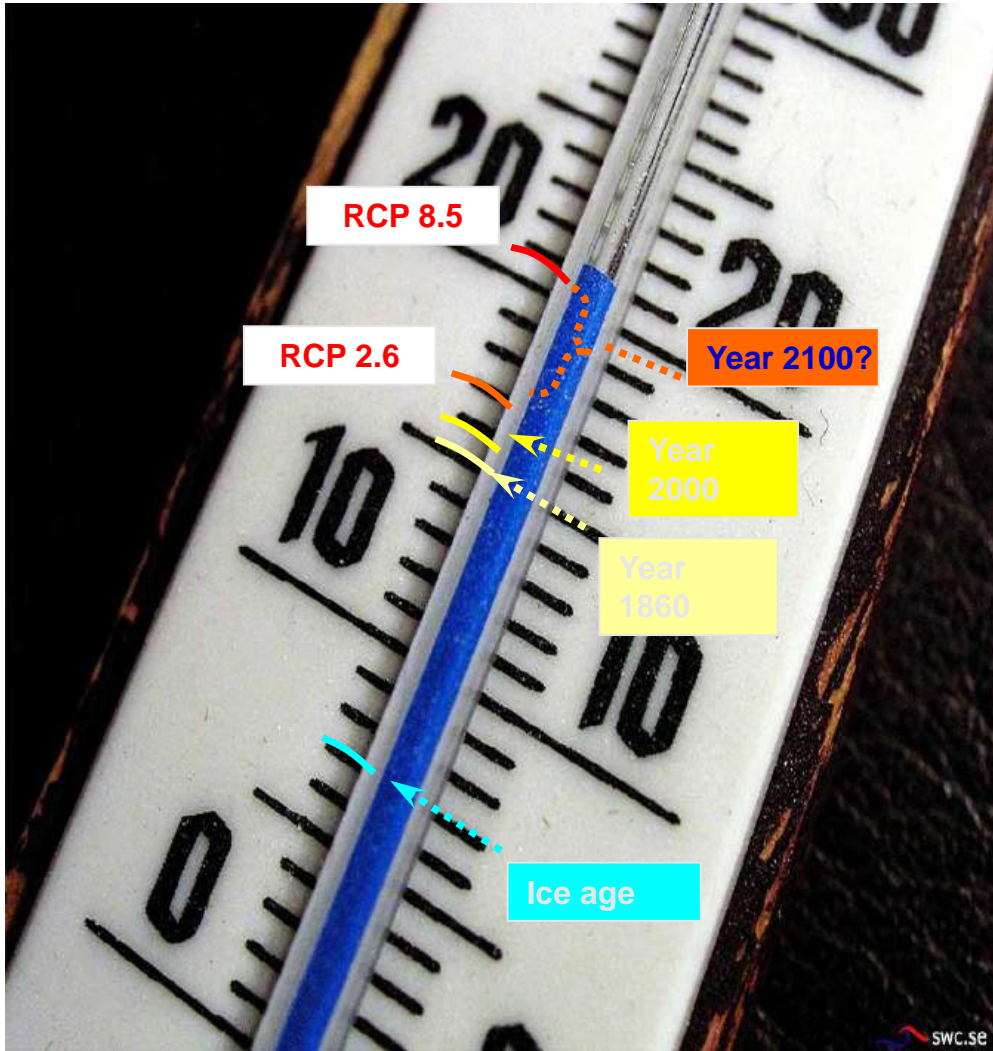
- Unbalance result on each watershed compared with water demand & supply
  - High water demand in a few cities such as Seoul and Pusan is needed
  - But, there are low water supply ability from dam, reservoir, etc. in the right map



Water demand map



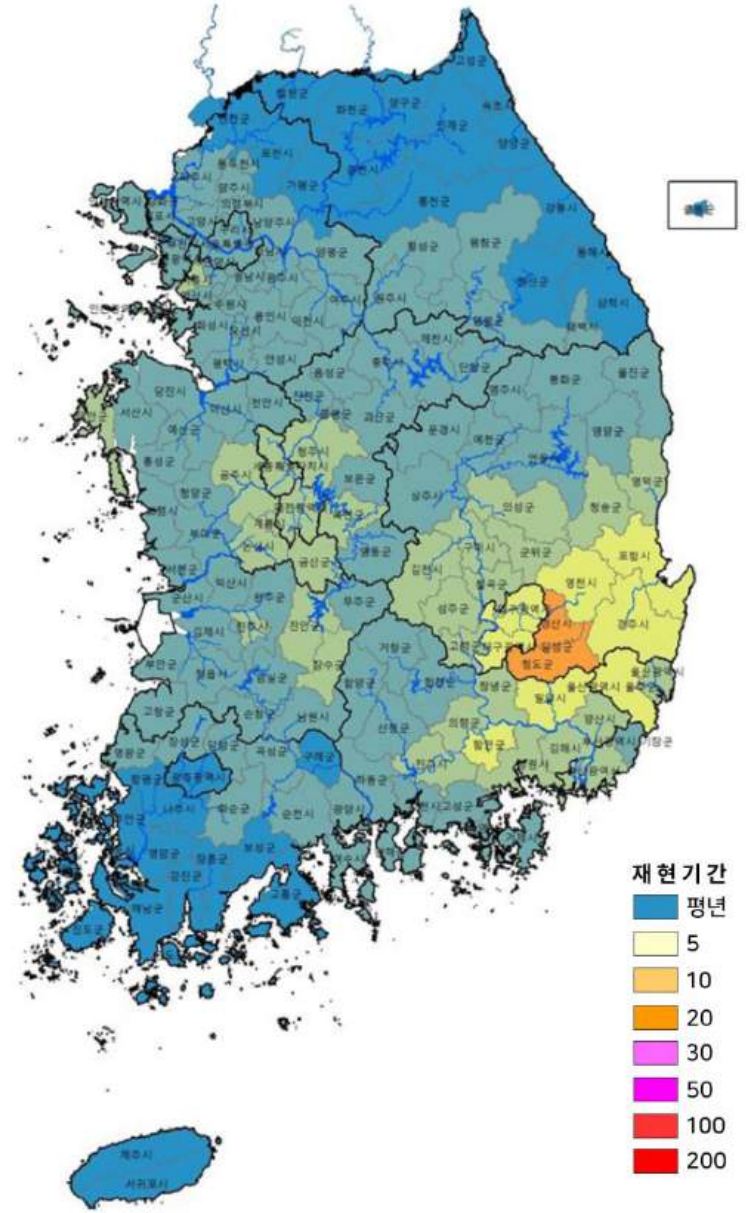
Water supply map







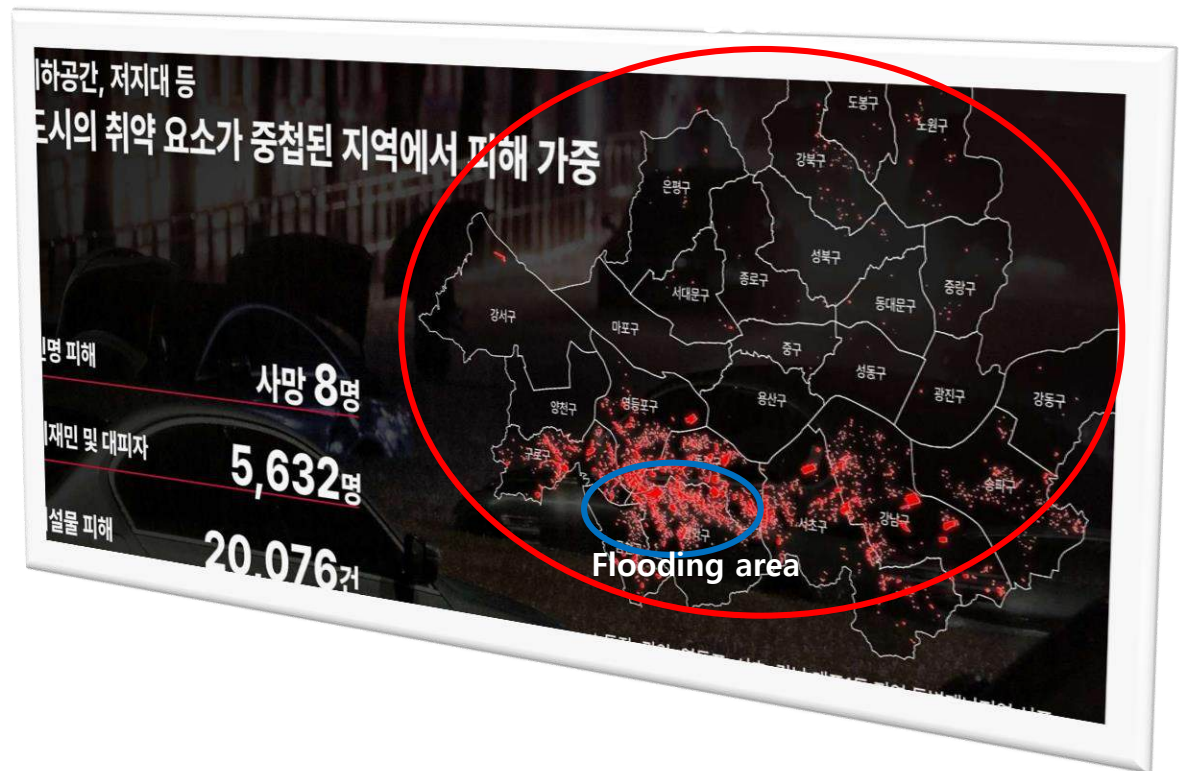
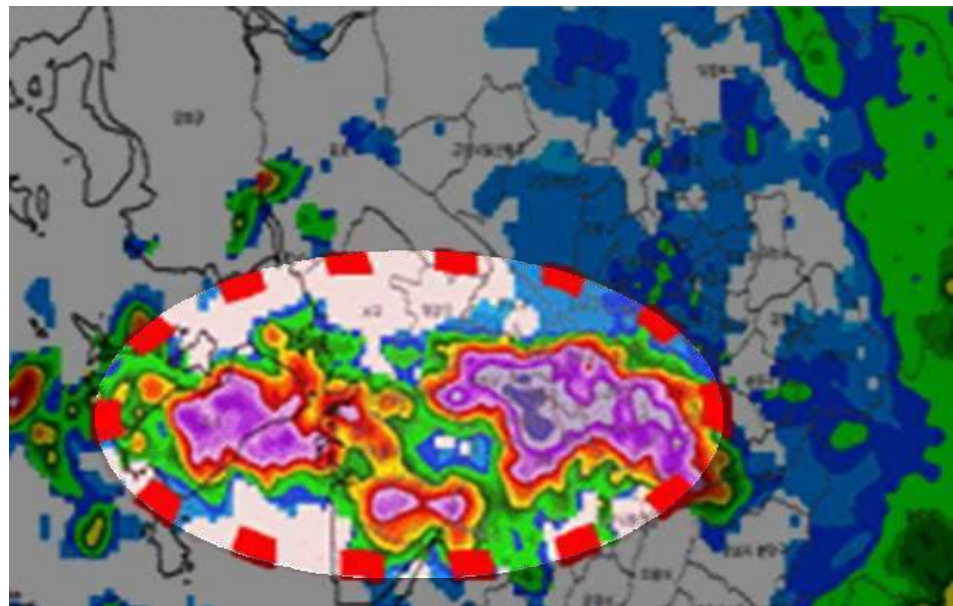
(Source) <https://edition.cnn.com/videos/weather/2015/06/18/climate-change-explainer-van-dam-cnni-nr-lklv.cnn>



<http://www.munhwa.com/news/view.html?no=2022080501031027098001>

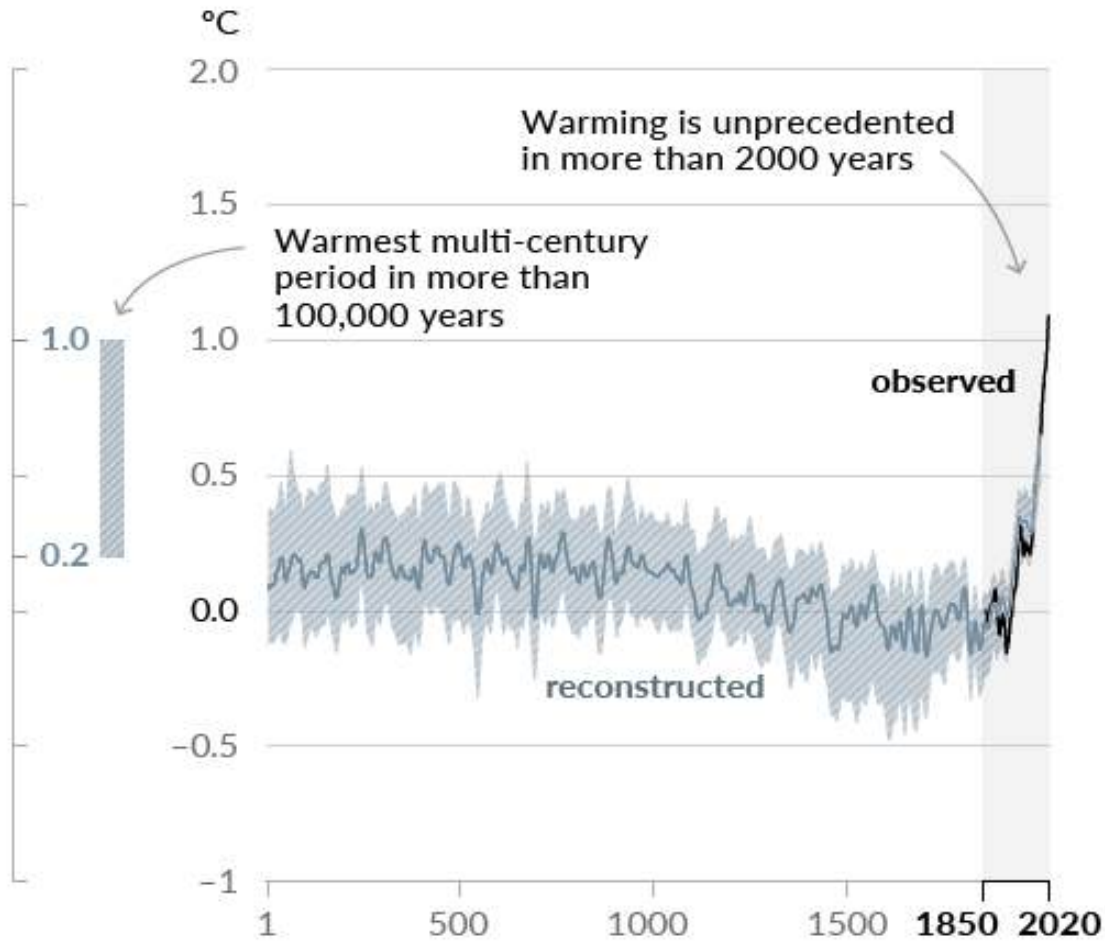
## Recent Urban Flood Events (2022)

Rainfall (mm)	500 yr.		100 yr.		
	동작구	강남구	서초구	구로구	서대문
1 hr.	141.5	116	110.5	101	33
1 day	381.5	326.5	354.5	289	129
2 day	515	439.5	480.5	410	229
accumulated	577	500	535.5	449.5	264

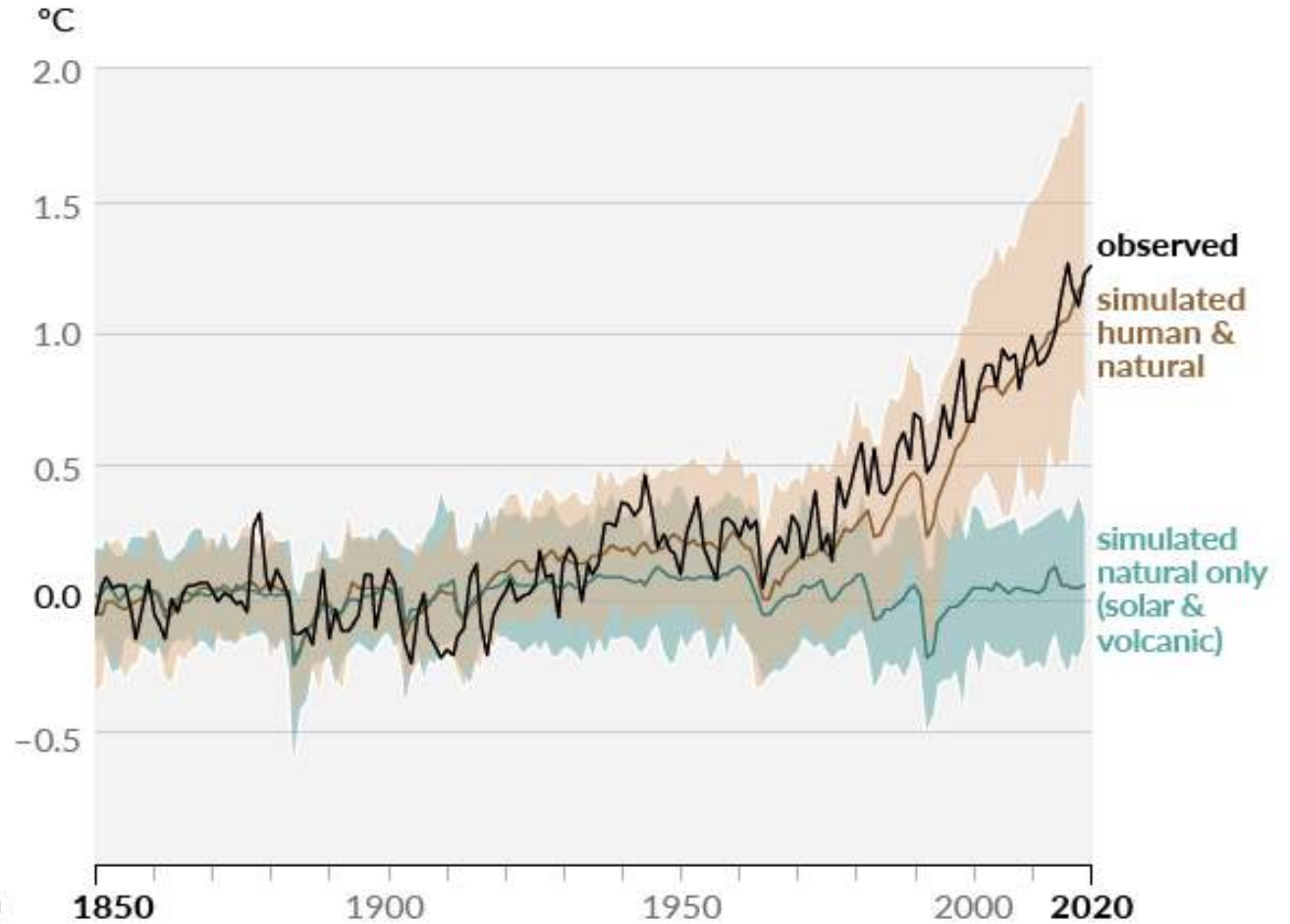


## Changes in global surface temperature relative to 1850–1900

(a) Change in global surface temperature (decadal average) as **reconstructed** (1–2000) and **observed** (1850–2020)



(b) Change in global surface temperature (annual average) as **observed** and simulated using **human & natural** and **only natural** factors (both 1850–2020)





## Temperature

Hottest day in a decade (+°C)

**+1.1°C Today**

**+1.2°C**  
(+0.7 to 1.5°C)

## Drought

A drought that used to occur once in a decade now happens x times more

**x1.7**  
(x0.7 to 4.1)

## Precipitation

What used to be a wettest day in a decade now happens x times more

**x1.3**  
(x1.2 to 1.4)

## Snow

Snow cover extent change (%)

**-1%**  
(-3 to 1)

## Tropical cyclones

Proportion of intense tropical cyclones (%)

**+10%**

**+1.5°C**

**+1.9°C**  
(+1.3 to 2.3°C)

**x2.0**  
(x1.0 to 5.1)

**x1.5**  
(x1.4 to 1.7)

**-5%**  
(-7 to 2)

**+10%**

**+2°C**

**+2.6°C**  
(+1.8 to 3.1°C)

**x2.4**  
(x1.3 to 5.8)

**x1.7**  
(x1.6 to 2.0)

**-9%**  
(-13 to 2)

**+13%**

**+4°C**

**+5.1°C**  
(+4.3 to 5.8°C)

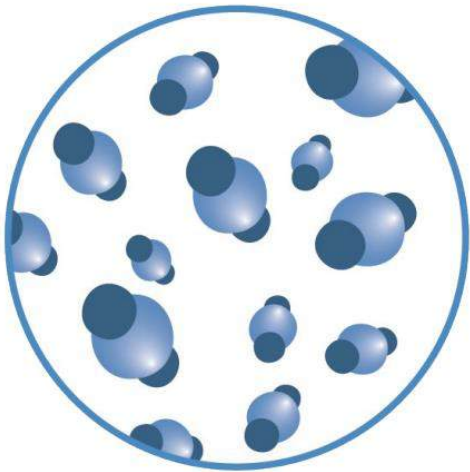
**x4.1**  
(x1.7 to 7.2)

**x2.7**  
(x2.3 to 3.6)

**-26%**  
(-35 to -15)

**+30%**

**CO<sub>2</sub>**  
concentration

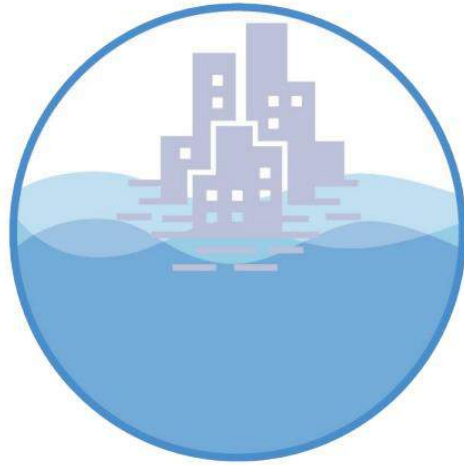


**Highest**

in at least

**2 million years**

**Sea level**  
rise



**Fastest rates**

in at least

**3000 years**

**Arctic sea ice**  
area



**Lowest level**

in at least

**1000 years**

**Glaciers**  
retreat



**Unprecedented**

in at least

**2000 years**

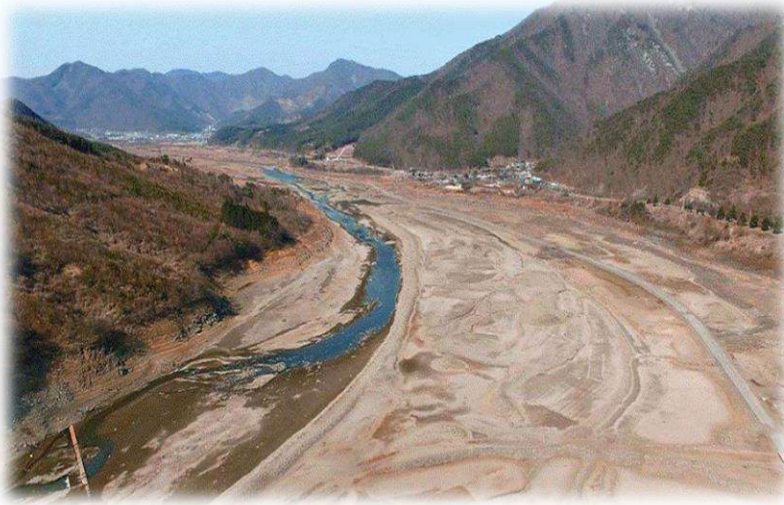
## Increase in the frequency of water-related disasters such as floods / droughts due to climate change



\* Source: Deok Hyo Bae(2015)

## Consecutive Nationwide Droughts for 5 years('13~'18)

### Boryeong Dam (2015~2016)



- The lowest storage rate recorded (18.8%)
- Restriction on water supply for 135 days (Oct.2015~Feb.2016)

### Unmun Dam (2017~2018)



- The lowest storage rate recorded (8.2%)
- Construction of Emergency Supply Facilities connected from Geumho River

## Flood disasters despite severe droughts

**Typhoon Chaba (Ulsan, Oct. 2016)**

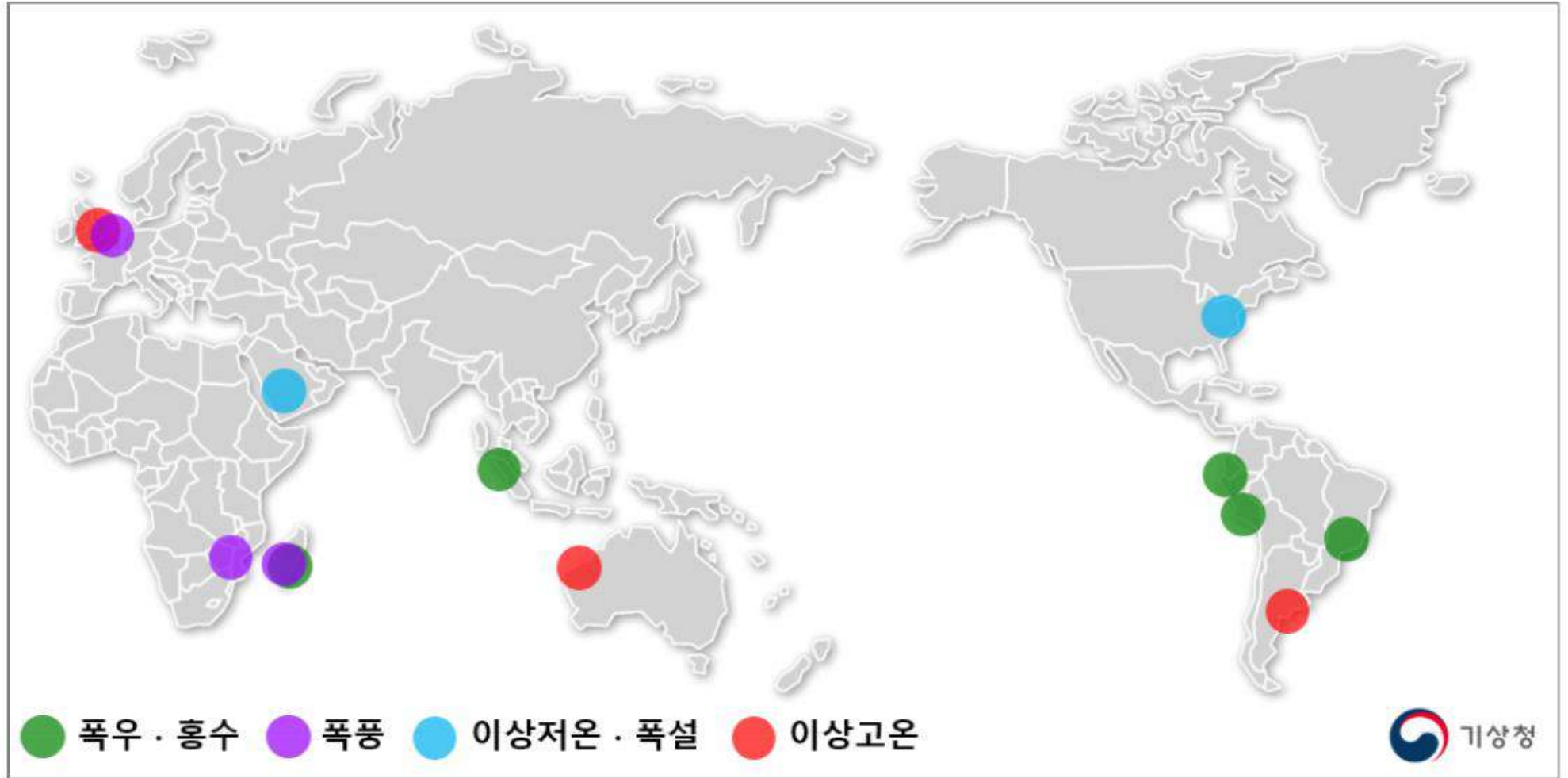


- Over 200 yr freq. Taehwa Riv in Ulsan
- Damages from the overflow of 6 local rivers (bridges, houses and cars were damaged)

**Extremely Heavy Rain (Cheongju, Jul. 2017)**



- 300mm (max. 97.8mm/hr) in Cheongju
- 4 deaths, 1 missing, 2,900ha farmlands & 457 houses were inundated

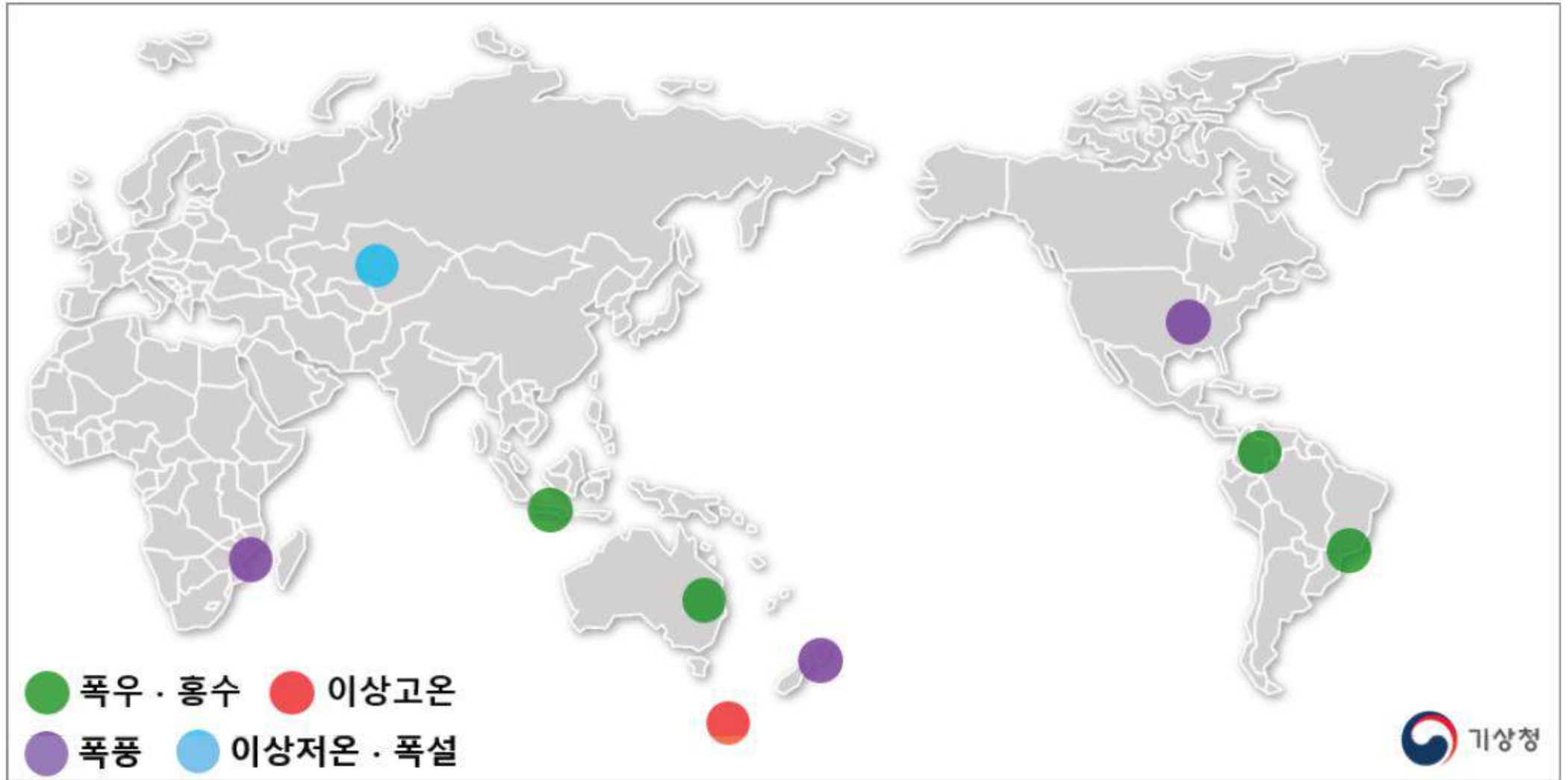


● Flood Madagascar, Flood and Landslide, 10 people dead (Jan 17)

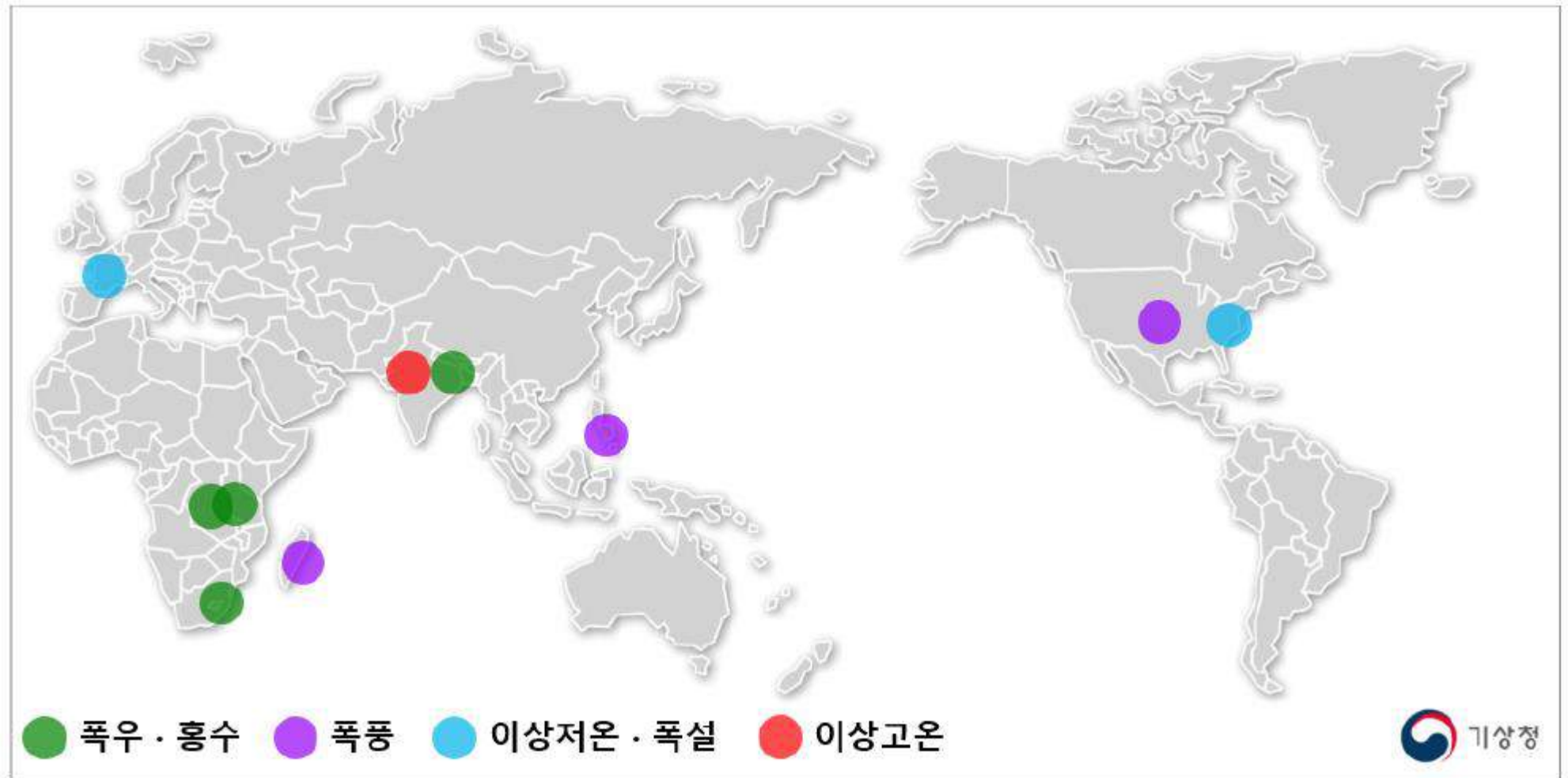
● Storm Madagascar, Mozambique, Malawi, Storm "ANA", 88 people dead (Jan 22~28)



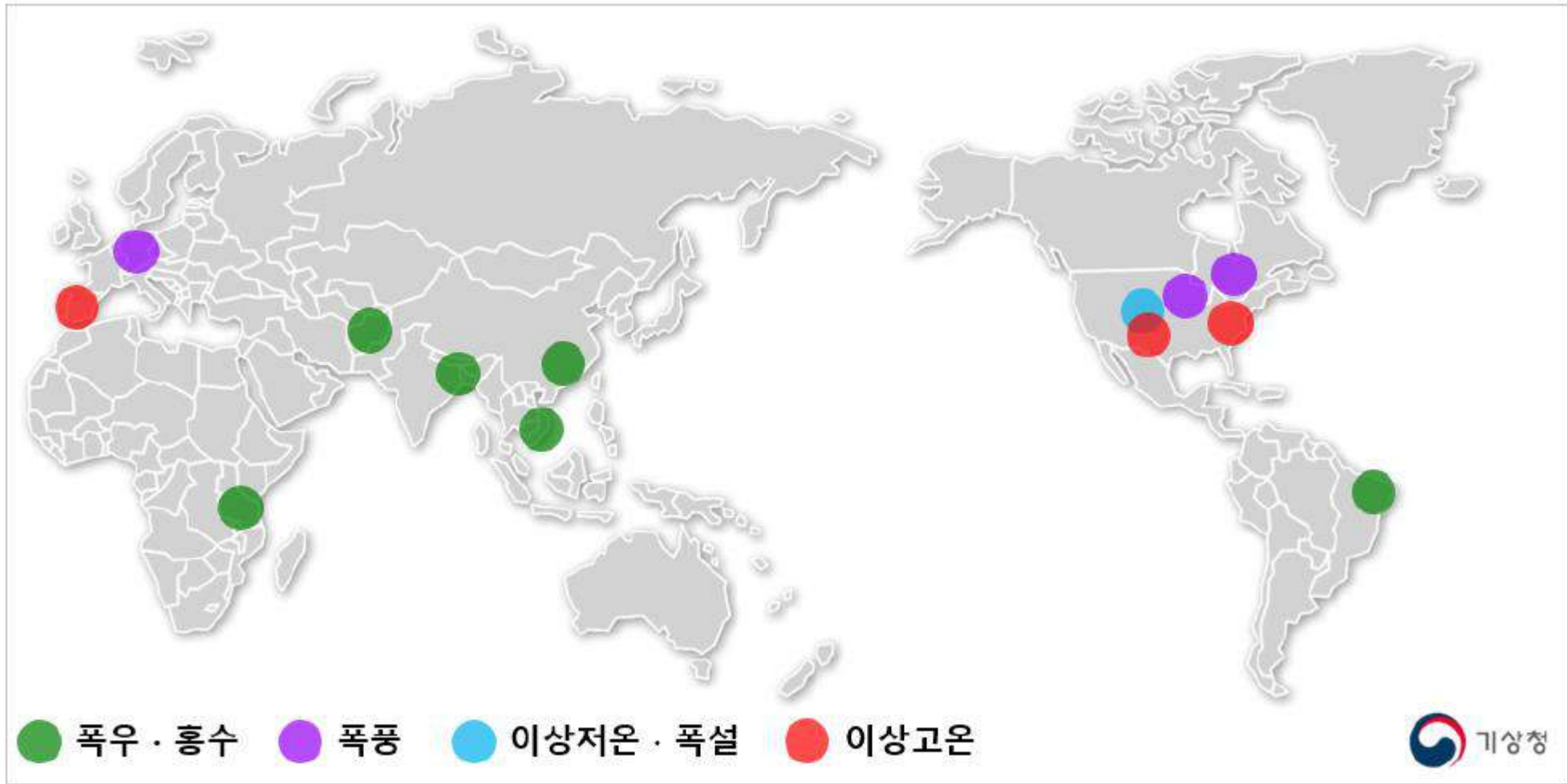
● Storm Madagascar, Storm "BATSIRAI", 120 people dead 125,000 people homeless (Feb 5~11)



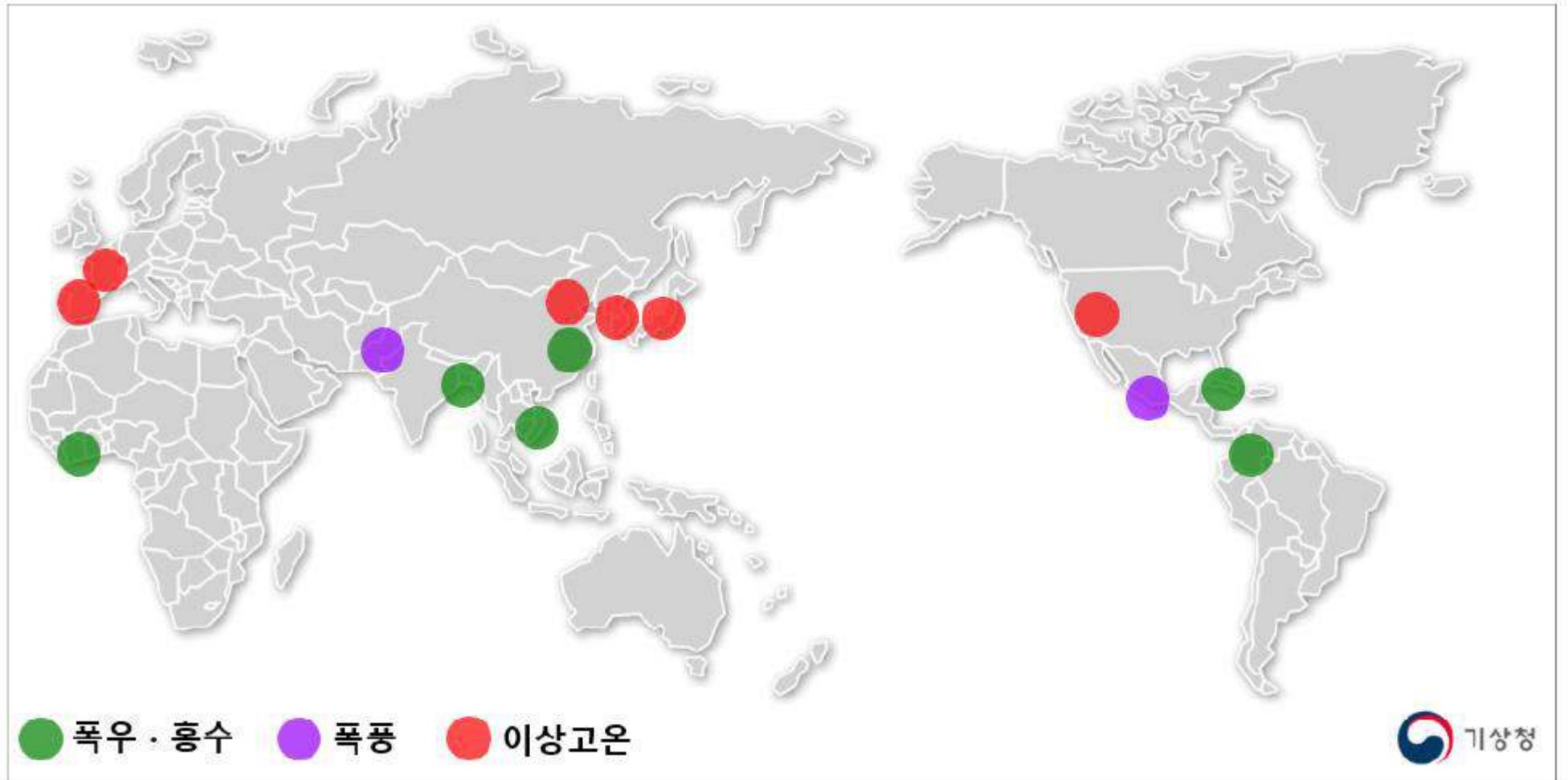
● Storm Mozambique, Storm "GOMBE", 8 people dead, 300,000 people blackout (March 11)



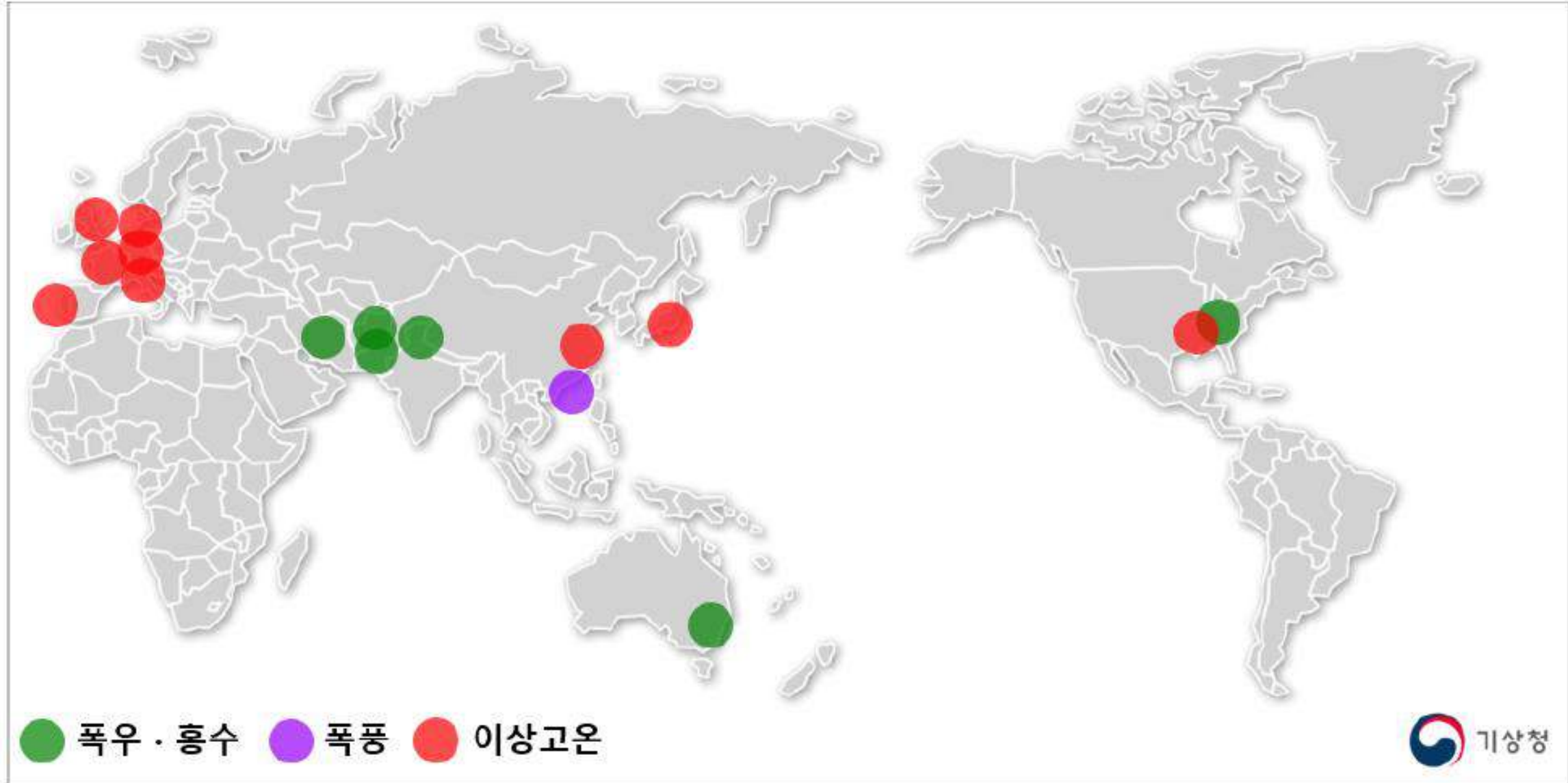
- **Flood** **Rwanda**, Flood and Landslide, 11 people dead, 13 people injured (April 23)  
**Democratic Republic of the Congo**, Heavy Rain and Landslide, 9 people dead , 9 people injured (April 25)  
**South Africa**, Flood, 443 people dead , 63 people Missing (April 11~12)
- **Storm** **Madagascar**, Storm "JASMINE", 3 people dead, 7 people Missing (April 26~27)



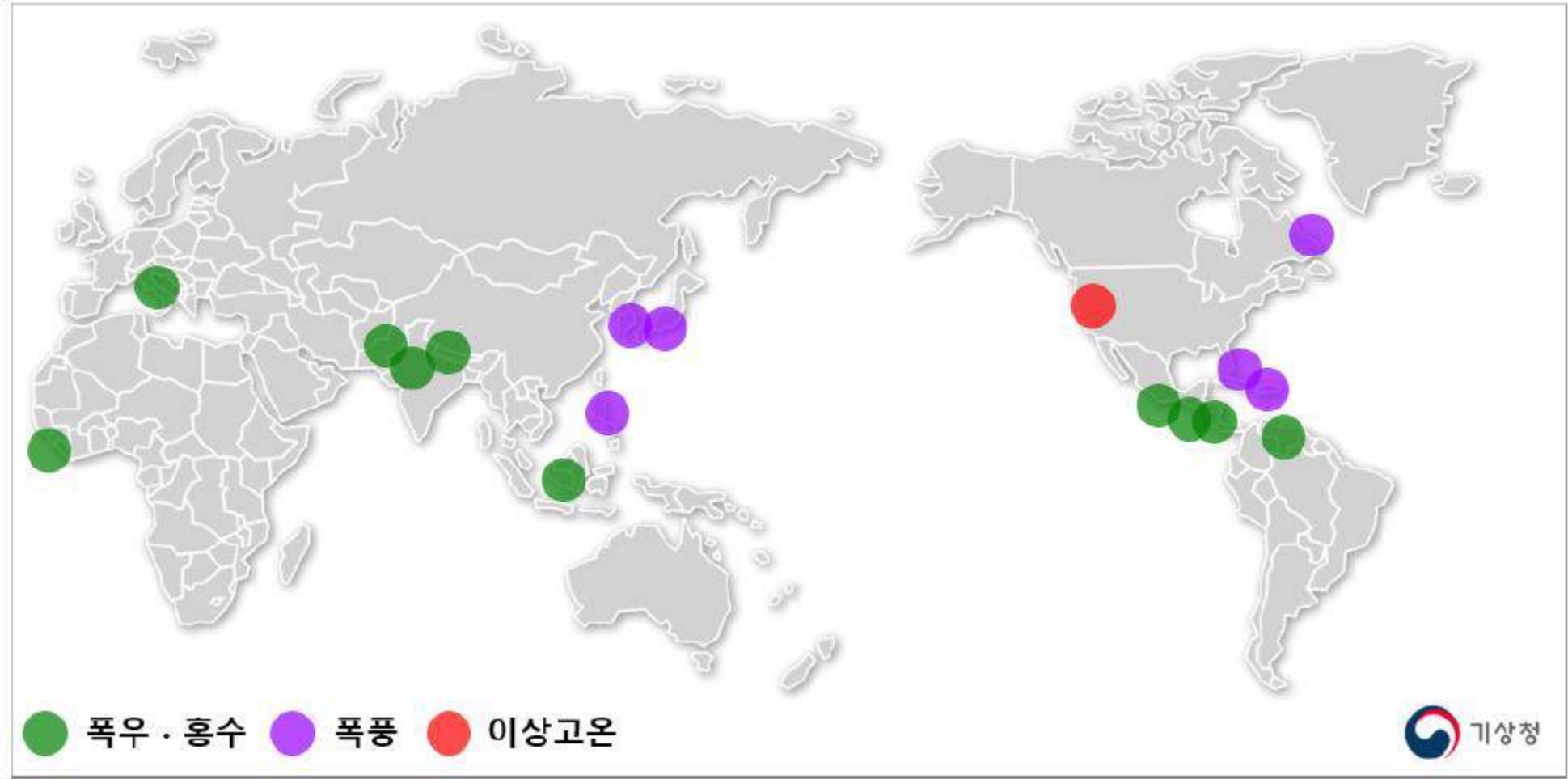
● Flood Tanzania, Flood, 5 people dead , 5 people Missing (April 30~May 4)



● Flood Cote d'Ivoire, Flood and Landslide, 5 people dead (June 21)







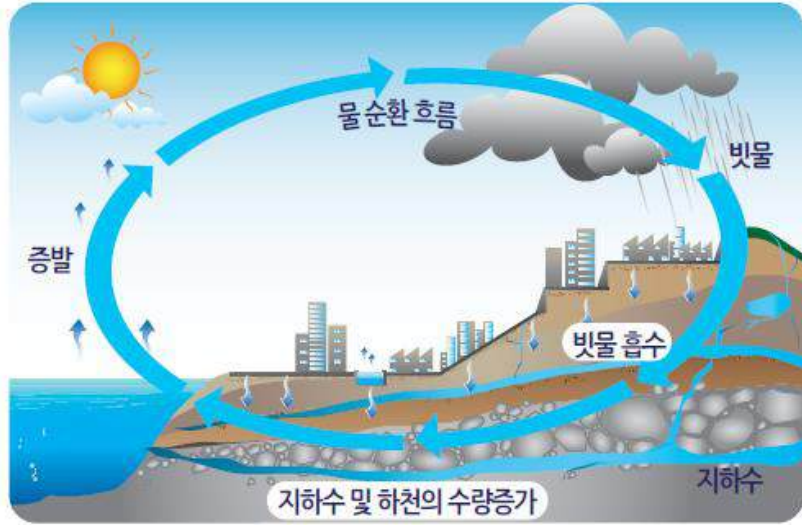
● **Flood** **Sierra Leone**, Flood and Landslide, 8 people dead, 4 people missing, 79 people injured (August 29 ~ September 7)



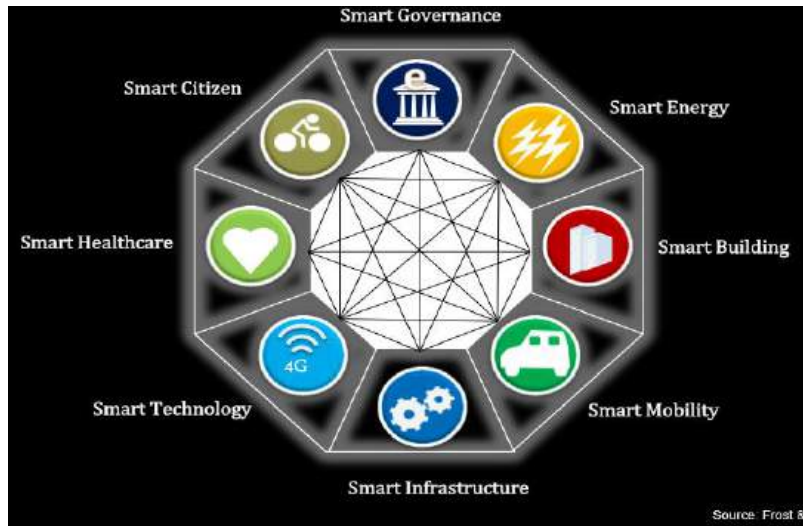
\* 경제적, 정주여건 개선, 신산업 창출



## The Water Cycle



## Smart Water City



## 통합적 물 관리 (수자원-수재해-수도-환경)

### 유역(하천)

24시간 모니터링  
인명, 재산 피해 예방  
(인공위성, IoT, 드론)

### 재해 예측

가뭄·홍수 예측  
및 기상조절로  
재해피해 예방

## 지속가능한 물 관리 밸류 체인

### 수원

하천수, 지하수, 해수  
빗물 등 다변화

### 수환경

오염배출 Zero

### 수처리

저비용, 소형화  
모듈화, 분산화

### 관망

누수, 오염 없는  
반영구적 관망



(Source) 김준하(GIST), "포스트 코로나, 신 기후시대 한국형 뉴딜제안" (2020)

01

인공지능이란  
무엇인가?

02

우리나라의  
물 관리  
현황과 이슈

03

인공지능과  
빅데이터의  
물 관리 활용

04

인공지능의  
미래

## 기후변화에 따른 물문제는 전세계 사회이슈 중 가장 복잡하고 불확실한 문제이며 시급히 대응해야 할 과제

### 기후변화 영향 심화

- 폭염, 가뭄, 한파 등 이상기후 현상 증가
  - 지난 100년간 한반도 평균 기온 1.8°C 상승
- 태풍, 호우 등 물재해 강도 극심
  - 최근 10년간 20만명 이재민, 경제적 손실 10.7조원



### 탄소중립

- 파리협정('16.11)
  - 모든 협약 당사국 온실가스 감축의무 이행
- UNFCCC - COP25('19.12)
  - '50년까지 탄소중립(Net-Zero) 달성 목표
- UNFCCC - COP26('21.11)
  - '30년까지 온실가스 40% 감축 목표



### 디지털 전환 가속화

- 스마트 혁신 기술 요구
  - AI, Data 기반 기술의 급성장 및 진화
- 디지털기반 플랫폼 전 세계시장 지배
  - 다양한 기술 플랫폼 개발 확대



## 디지털 기술(AI, 빅데이터 등)과 연계한 새로운 방식의 물 문제 해결 솔루션 필요성이 대두

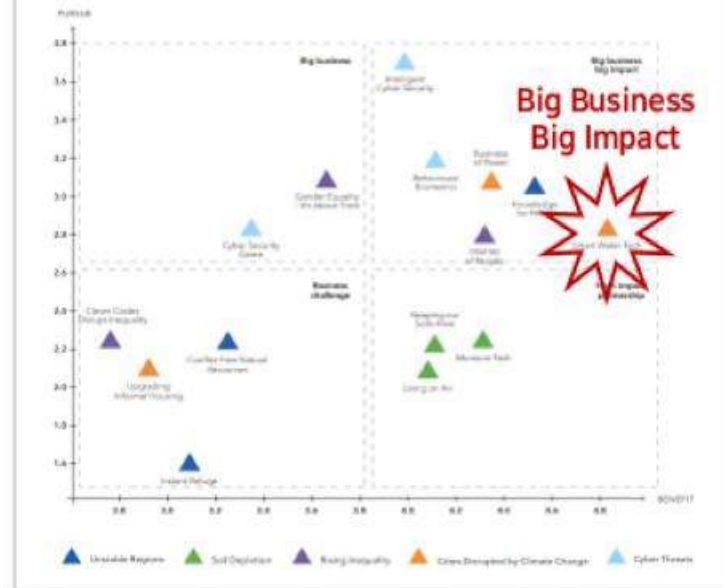
### 갈수록 심각해지는 물문제

- UN Water Action Decade 선포('18.3)  
- 물문제 해결을 SDGs 달성의 선결과제로 인식



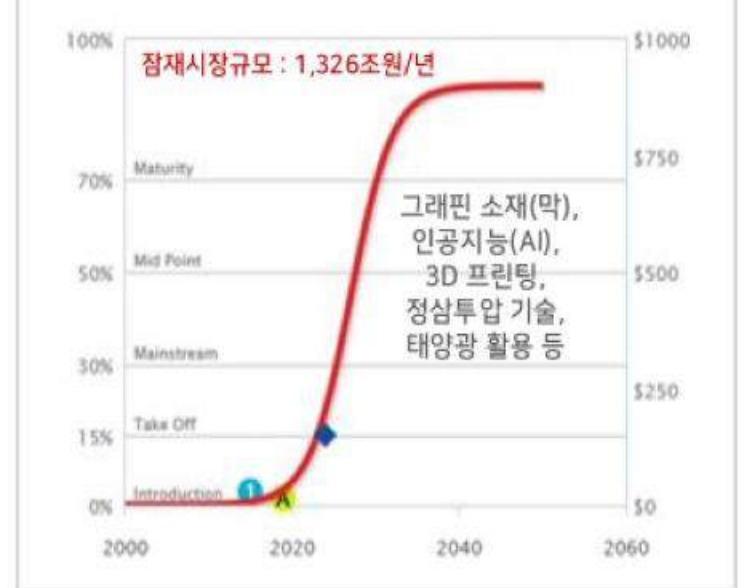
### 스마트 혁신기술 요구

- 스마트 물기술은 비즈니스와 임팩트 측면에서 가장 유망한 분야로 평가



### 디지털·하이테크 물산업 성장

- 물산업 분야에도 스타트업 생태계 형성, 하이테크 융복합 산업으로 빠르게 전환

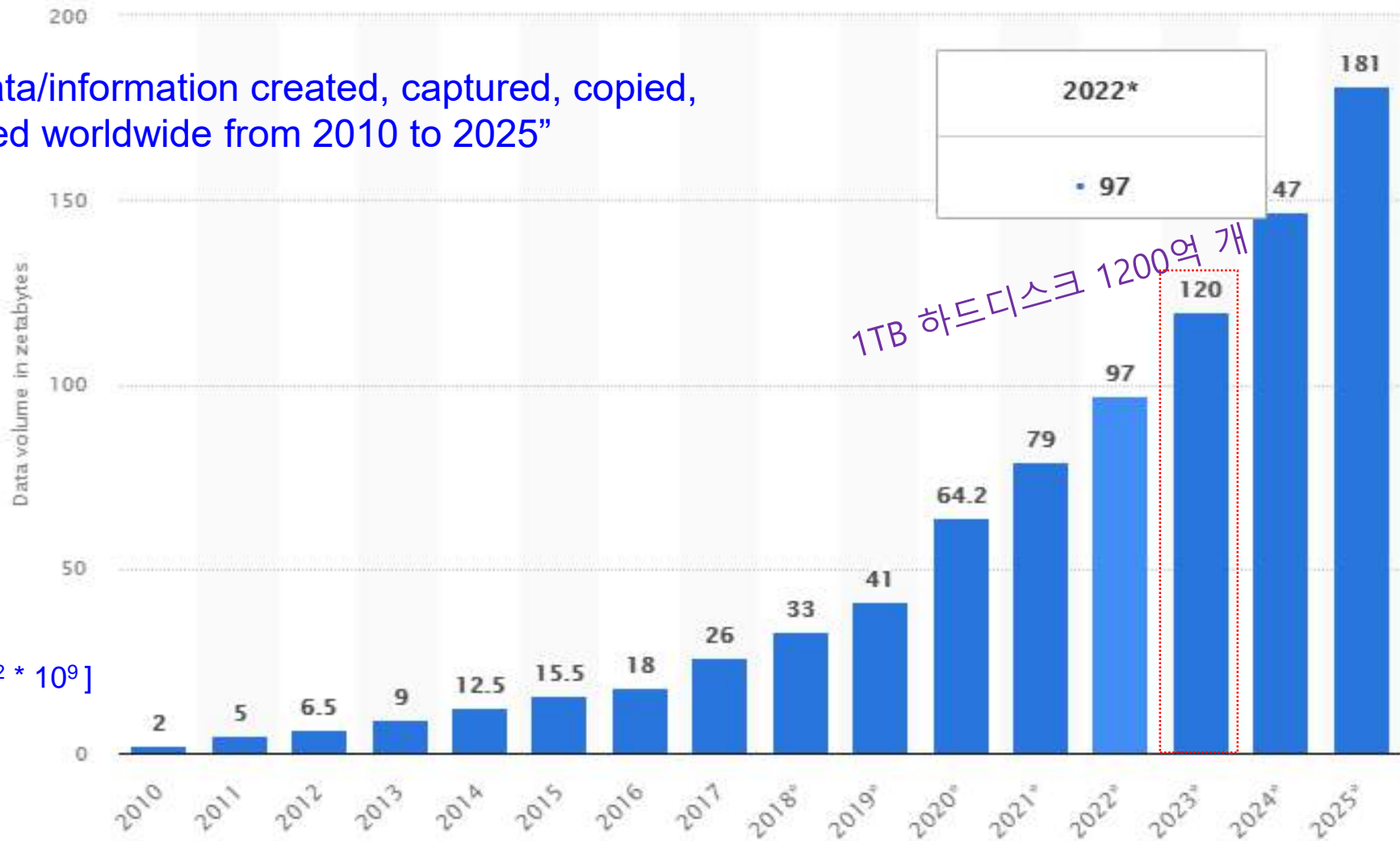


## 5,000만 사용자를 모으는 데 걸린 시간



Source : <https://blog.interactiveschools.com>, 재구성

“ Volume of data/information created, captured, copied, and consumed worldwide from 2010 to 2025”

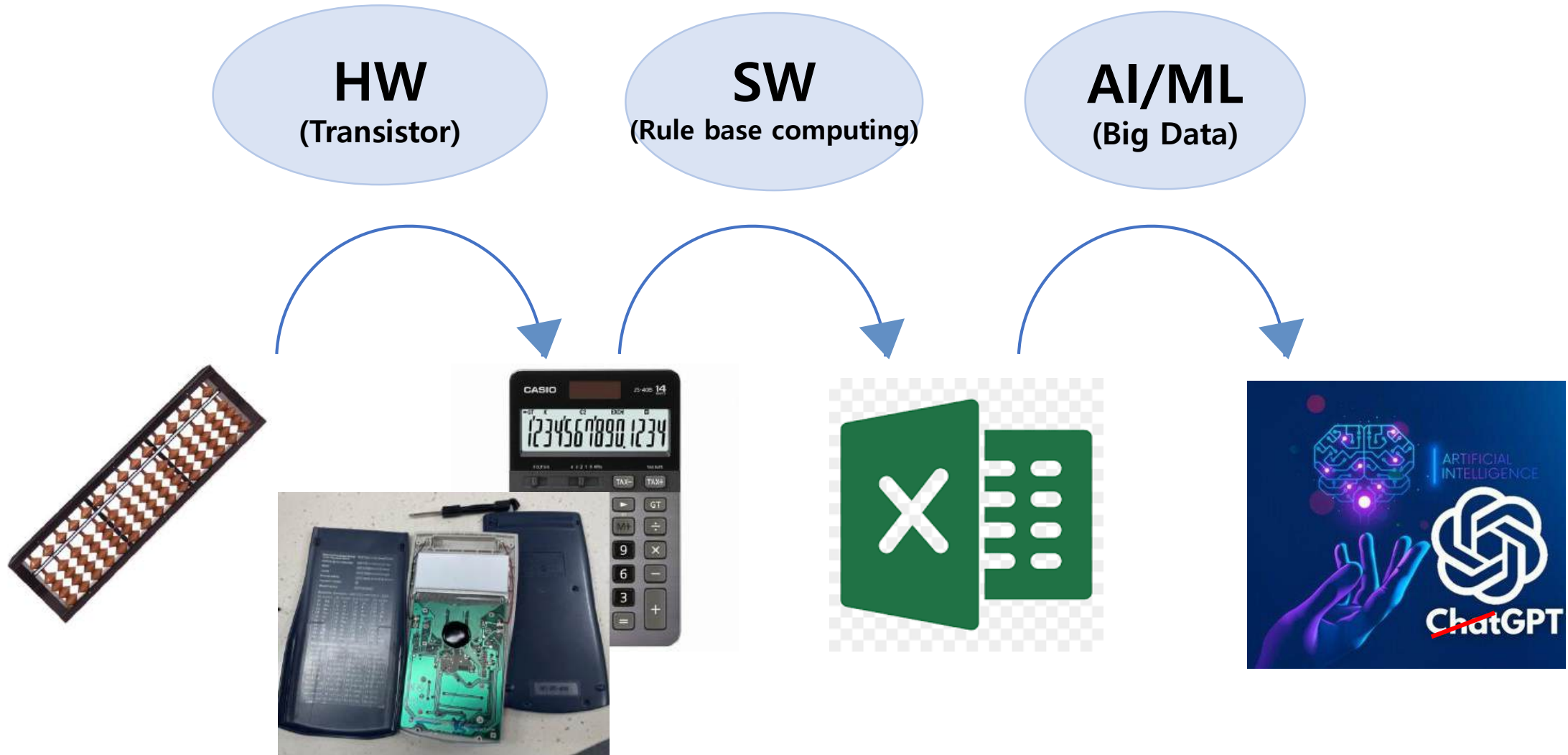


[ 1 ZB =  $10^{21}$  =  $10^{12}$  \*  $10^9$  ]

## K-water의 보유 데이터

- 댐·보 585개소, 수도 231개소 등으로부터 150만개/시간 데이터를 생산·관리중





Question 1  Yes  No 첨단 AI 기법 복합 활용

Question 2  Yes  No AI와 모델링 융합 기법 도입

Question 3  Yes  No AI 학습으로 데이터를 생산

Question 4  Yes  No

How?



대상지역과 문제의 정의



AI 접근방식의 선정



데이터 수집과 처리



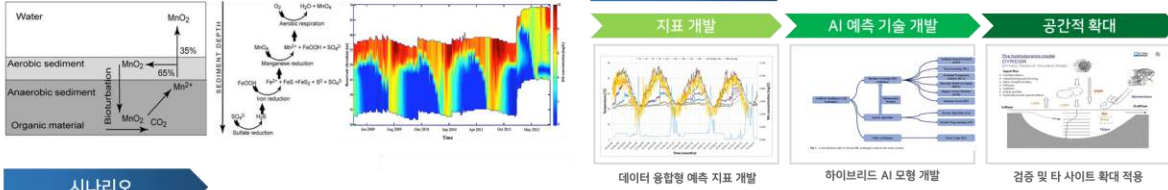
AI 적용 및 성능평가

# AI/ML의 물 관리 활용 Case study : 저수지 망간농도 예측

## 추진배경

- ☑ 해마다 겨울철에 원수 망간은 여름철 대비 10배 가량 급격히 증가 → 인천 적수 사태를 계기로 사회적 이슈로 대두
- ☑ 초기 전도 시점(=망간 농도 증가 시점) 예측이 어려워 정수장에서 공정관리 어려움 발생
- ☑ 취수원인 댐-저수지에서의 수질 예측 정확도 향상 및 예측기간 확대로 수처리 공정의 효율성 극대화

## 추진내용



## 시나리오

구분	수질 데이터	기상 Data	수질 관련
수질	수질 수문 및 전도도 (BSI와 관련)	수문, 기온, 강수량, 풍속, 습도, 일사량	수질 수문 관련 데이터 (수문, 수온, 수질)
기상	기온, 강수량, 풍속, 습도, 일사량	기상 관측소 및 기상청 데이터	기상 관측소 및 기상청 데이터
수문	댐 수위, 저수지 수위, 수문 운영, 강우량	-	댐 수위, 저수지 수위, 수문 운영, 강우량

수질 데이터 기간: 2009년 12월 ~ 2017년 12월 (수문: 11월 ~ 7월 저수지 수위(연간평균) 포함)

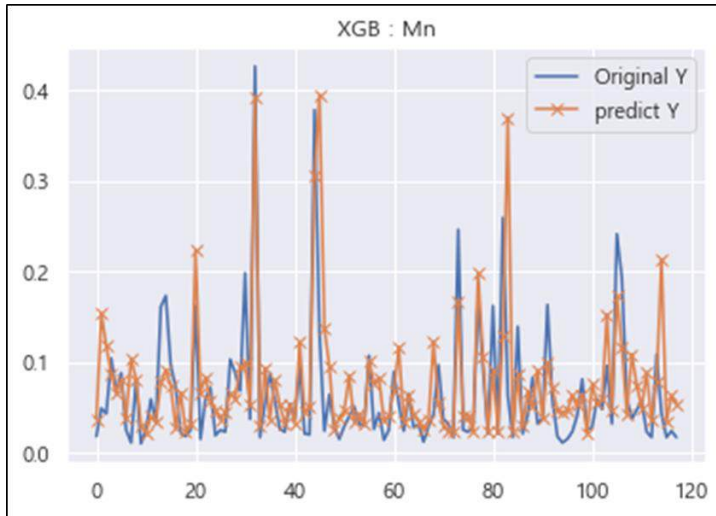
데이터 가공: 전도현상을 표현할 수 있는 수질 수문 자료를 일일 수문 표본자료로 변환

최적 모델 구축  
(1) 시계열 중심  
(2) 공간보정 기법

AI  
하이브리드 개발  
(1) 대체모형 개발  
(2) 통계, NN 융합

표준화  
장구적인 연속 분석  
분석 결과 수집 및  
수동적 배치 모델

## Category 1

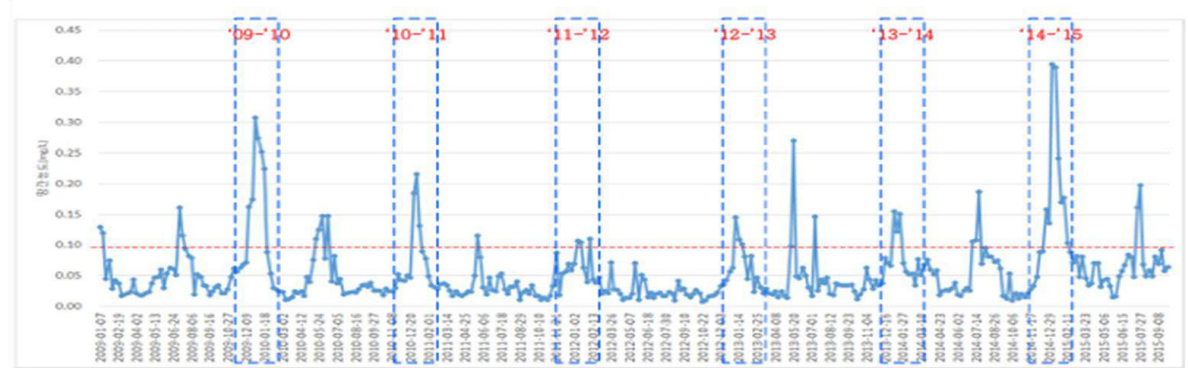


## 집중강우

하절기 동안 성층 형성되고  
빈산소 상태에서 용출

용존산소에 의해 산화된  
입자성 망간 비율이 높은 시기

## 전도현상



Total Mn concentration of raw water in Whasun (09 ~ 15)

**호기성 환경에서 용존성 망간을 입자성 망간으로 배출**

**용존성 망간(Mn<sup>2+</sup>) 검출 → 농도 증가 → 체내 용출**  
(\* 용존산소농도가 3mg/L > 2mg/L > 고갈)

**역류된 고농도 망간이 전체 수체로 급격히 확산 가능**  
(\* 표층부터 발달하는 혼합층이 심수층 상단까지 이르면)

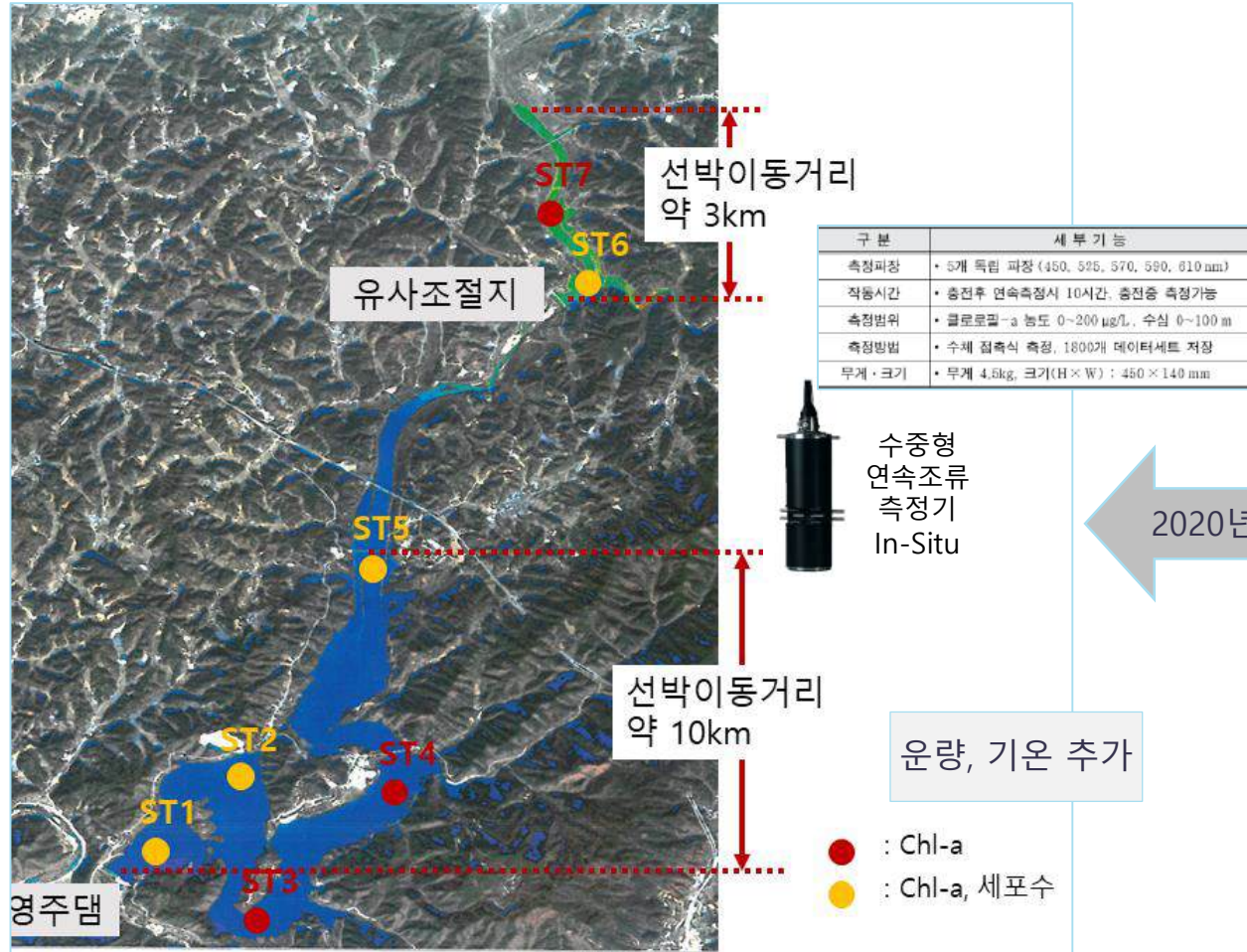
MOB:  $2 Mn^{2+} + O_2 + 2 H_2O \rightarrow 2 MnO_2 + 4 H^+$

MRB:  $CH_4 + 2 MnO_2 + 4 H^+ \rightarrow 2 Mn^{2+} + H_2CO_3 + 2 H_2O$

Fig. 4.3 Water temperature and DO by depth in the front of Juamdun(Juam1)

## ☑ 선박 부착형 센서 모니터링 통해 데이터 생산

- 면단위 조사 : 영주댐 저수지, 유사조절지
- Chl-a 세포수 모니터링 자료 확보



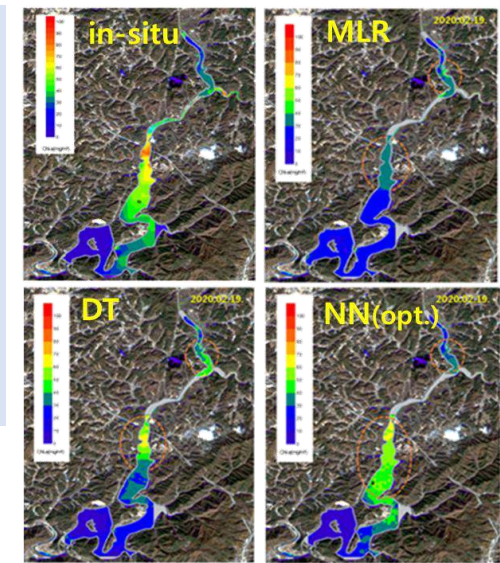
## ☑ Sentinel-2 위성 자료 반영

- 한반도 5일 주기 영상 (11시경 촬영)
- 다중분광 센서 13개 밴드 동시 촬영



① 데이터

③ 댐 하천 녹조 예측



2020년 2~9월

② 모델



위성활용 녹조 모니터링

<http://www.waternow.go.kr>

로그인 회원가입 인증서재등록신청

환경부 K water 국가상수도정보시스템 상수도정보 배움터 정보마당 고객센터 센터 소개 검색어를 입력바랍니다.

수돗물의 안정적인 공급과정 관리로 신뢰받는 수돗물을 제공합니다.

1/2

업무시스템 > 수도정비기본계획 > 기술 지원/백서 >

법정수질자료 상수도통계 수도시설현황 수도용어집

우리지역 상수도 정보 안내  
우리가 매일 사용하는 수돗물에 대한 원하시는 정보를 지역별로 제공합니다.

대전광역시 ☎ 042-715-6114

내지역 물정보

중리 취수장 월평 정수장 전민동

0.06 탁도(NTU) 0.62 잔류염소(mg/L) 7.0 수소이온농도(pH)

상수도 통계정보 2020

급수인구 1,479,645명	급수보급률 100%	1인1일 급수량 320.9Lpcd	유수율 95.1%
누수율 1.7%	평균단가 550.11(원/㎡)	생산원가 598(원/㎡)	현실화율 92%

### User Input Parameters

기온(°C)

강수량(mm)

습도

고도(EL)

### Simple RF 동파예측 WebApp

[User의 주요 파라미터 설정치]

[사용자 입력에 따른 상태 예측]

Index: (0)=Normal, (1)=OK, (2)=Caution, (3)=Warning, (4)=Serious

[검증set 전체 예측 확률의 분포]

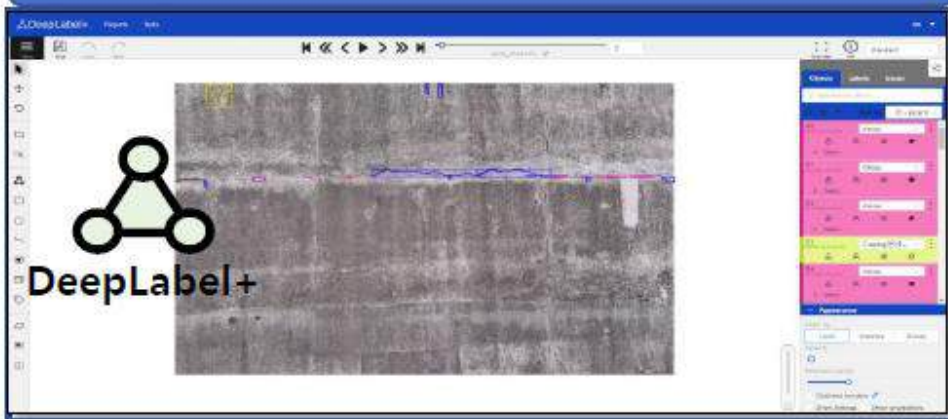
함내 상태 예측오차

[함내 상태 예측 범위 분포]

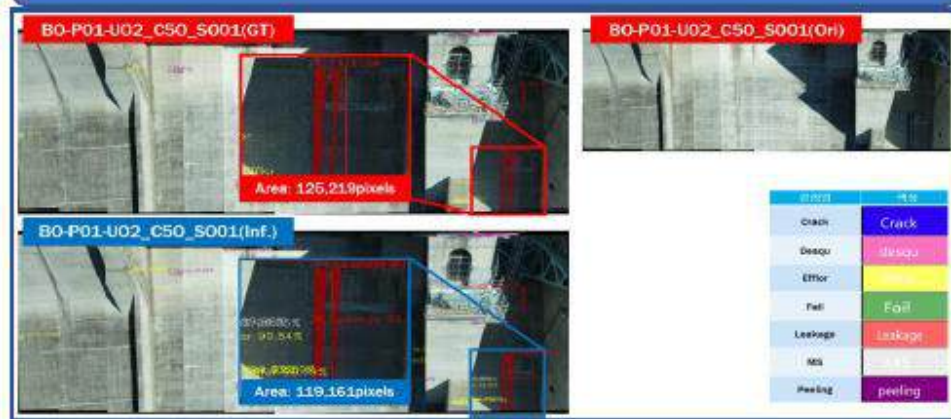


☑ 드론 촬영을 이용한 라벨링, 라벨링 Tool 개발, AI 검출&정량화 SW 개발, 3차원 입체영상분석&모델링 SW 개발

## 데이터셋 구축 및 라벨링 Tool 개발



## AI 기반 결함검출 정량화 SW 개발



## AI 외관조사망도&상태평가 SW 개발

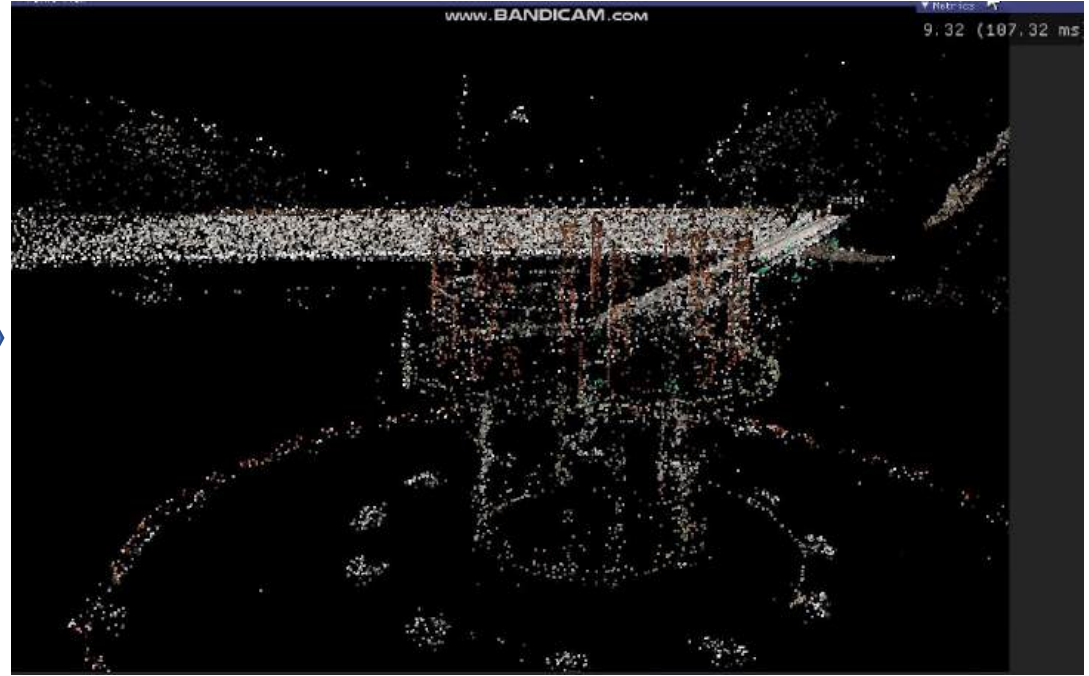
No	구분	구분	구분	구분
1	구분	구분	구분	구분
2	구분	구분	구분	구분
3	구분	구분	구분	구분
4	구분	구분	구분	구분
5	구분	구분	구분	구분
6	구분	구분	구분	구분
7	구분	구분	구분	구분
8	구분	구분	구분	구분
9	구분	구분	구분	구분
10	구분	구분	구분	구분
11	구분	구분	구분	구분
12	구분	구분	구분	구분

## 3차원 입체영상분석/모델링 SW 개발



## [디지털트윈 기술 - NeRF]

2차원 이미지 → 3차원 디지털정보화 혁신기술(NeRF) 개발



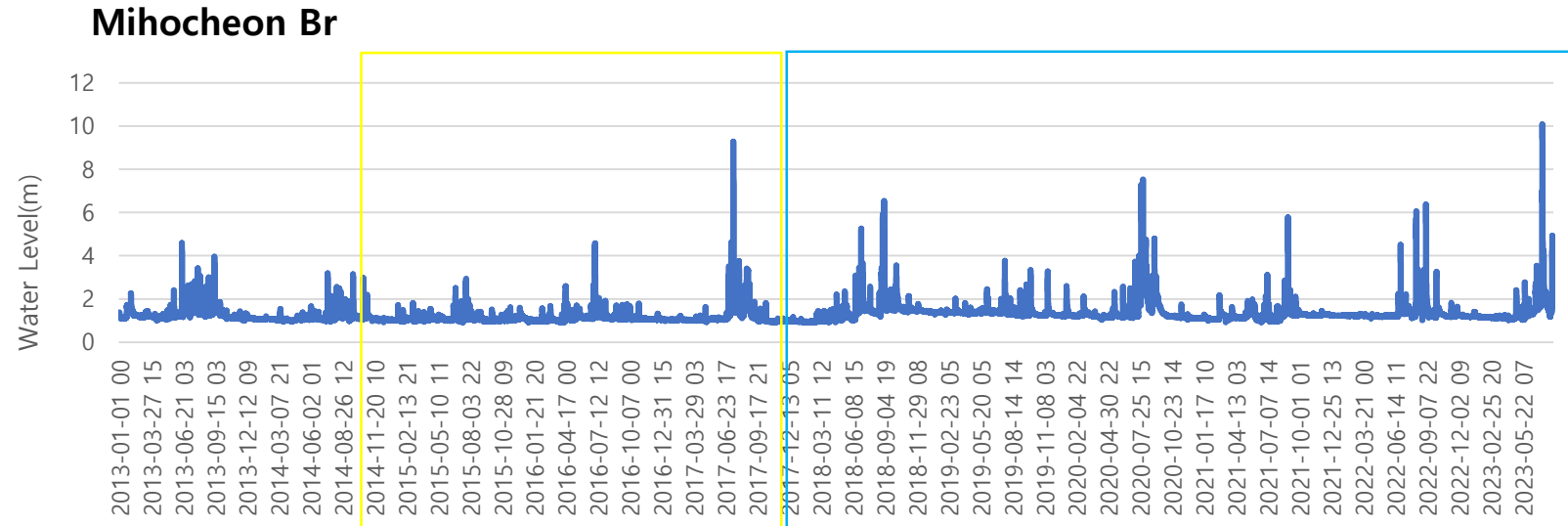
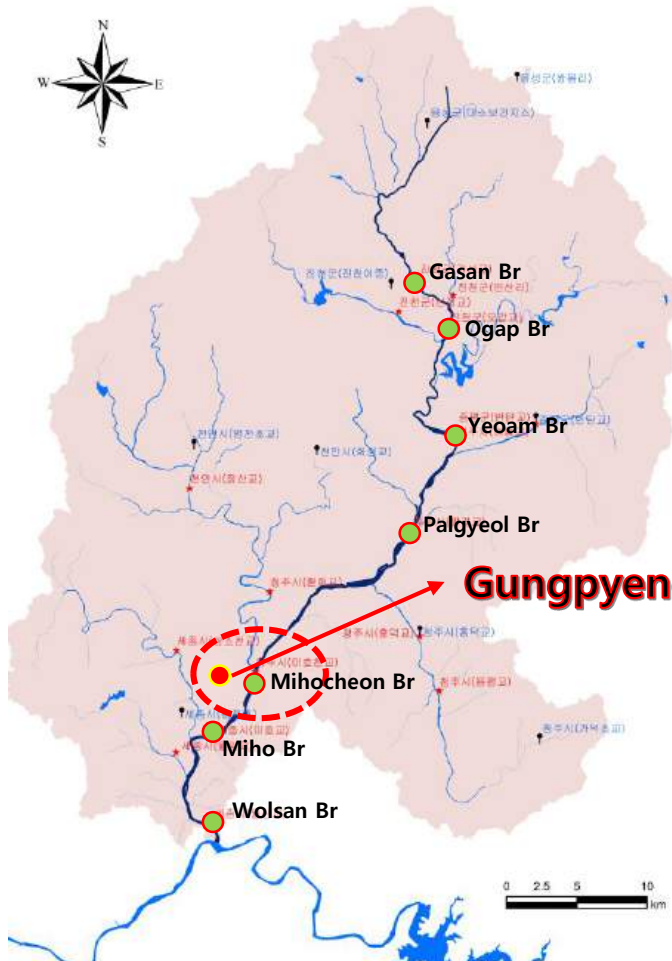
취수탑 2-D 이미지 34장



## Miho River

Watershed Area : 1,860.9 km<sup>2</sup>

Main Channel Length : 89.2 km



Test Set(20%)

Train Set(80%)

### <Model Specification>

Data: '14.7~'23.7 (hourly data)

Algorithm: XGBoost (eXtream Gradient Boosting)

Target points: 7 points on the main stream of Miho River

Explanatory variables: 24(water level 15, rainfall 9)

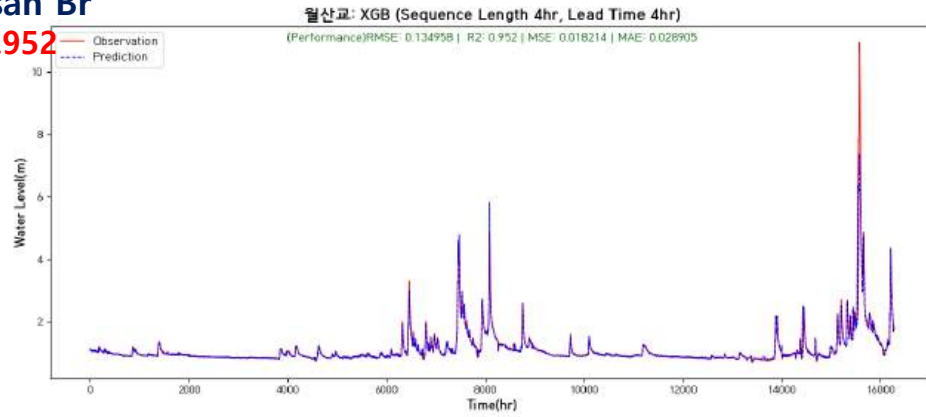
Sequence Length: 4hr, Leadtime: 4hr

## Miho River

### Test Results

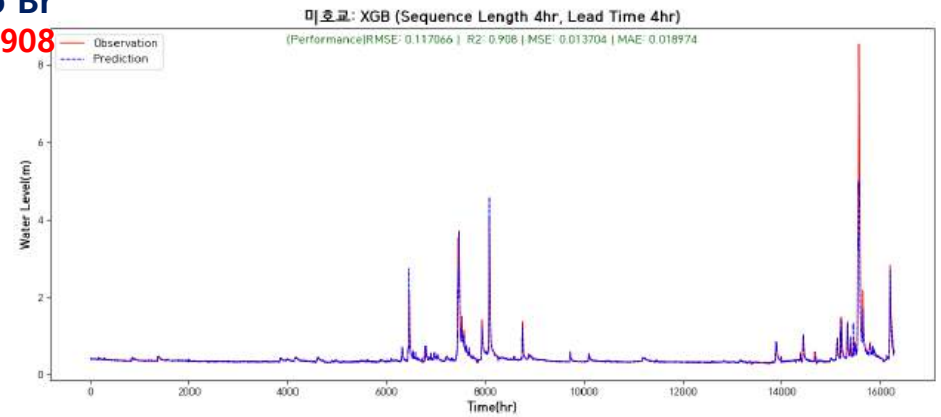
#### Wolsan Br

R<sup>2</sup>: 0.952



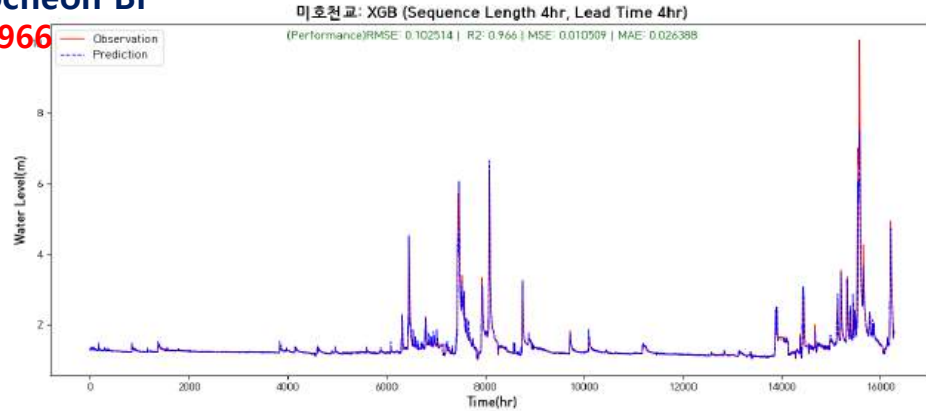
#### Miho Br

R<sup>2</sup>: 0.908



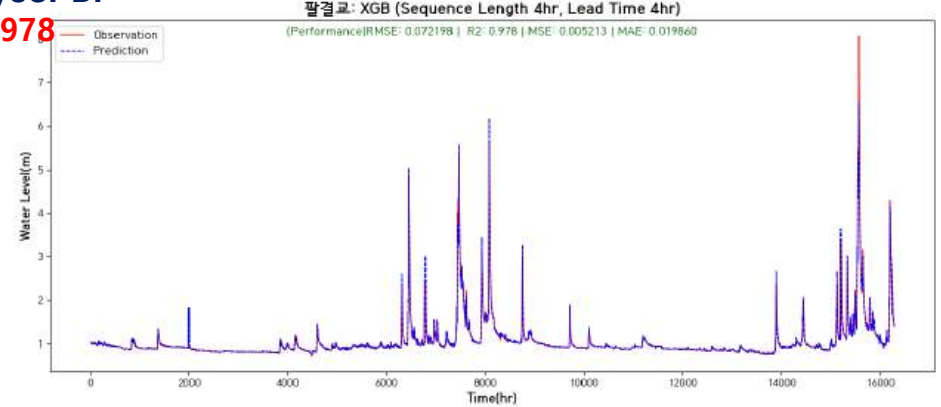
#### Mihocheon Br

R<sup>2</sup>: 0.966



#### Palgyeol Br

R<sup>2</sup>: 0.978



## Inflow prediction of 3 weirs in Han River

- Discharge of the Chungju regulation dam dominates the inflow to the 3 weirs
- 159% increase in rainfall in recent rainy season, largest inflow on record this year(10,585CMS to Ipo weir, '23.7.15.)



Location of 3 weirs

### <Modeling Specification>

Data: '12.7~'23.9 (hourly data)

Algorithm: Random Forest, GBM, XGBoost

Target points: Gangcheon, Yeoju, Ipo weirs

Explanatory variables: 26(water level 4, weir Inflow 3, weir discharge 2, dam discharge 2, rainfall 15)

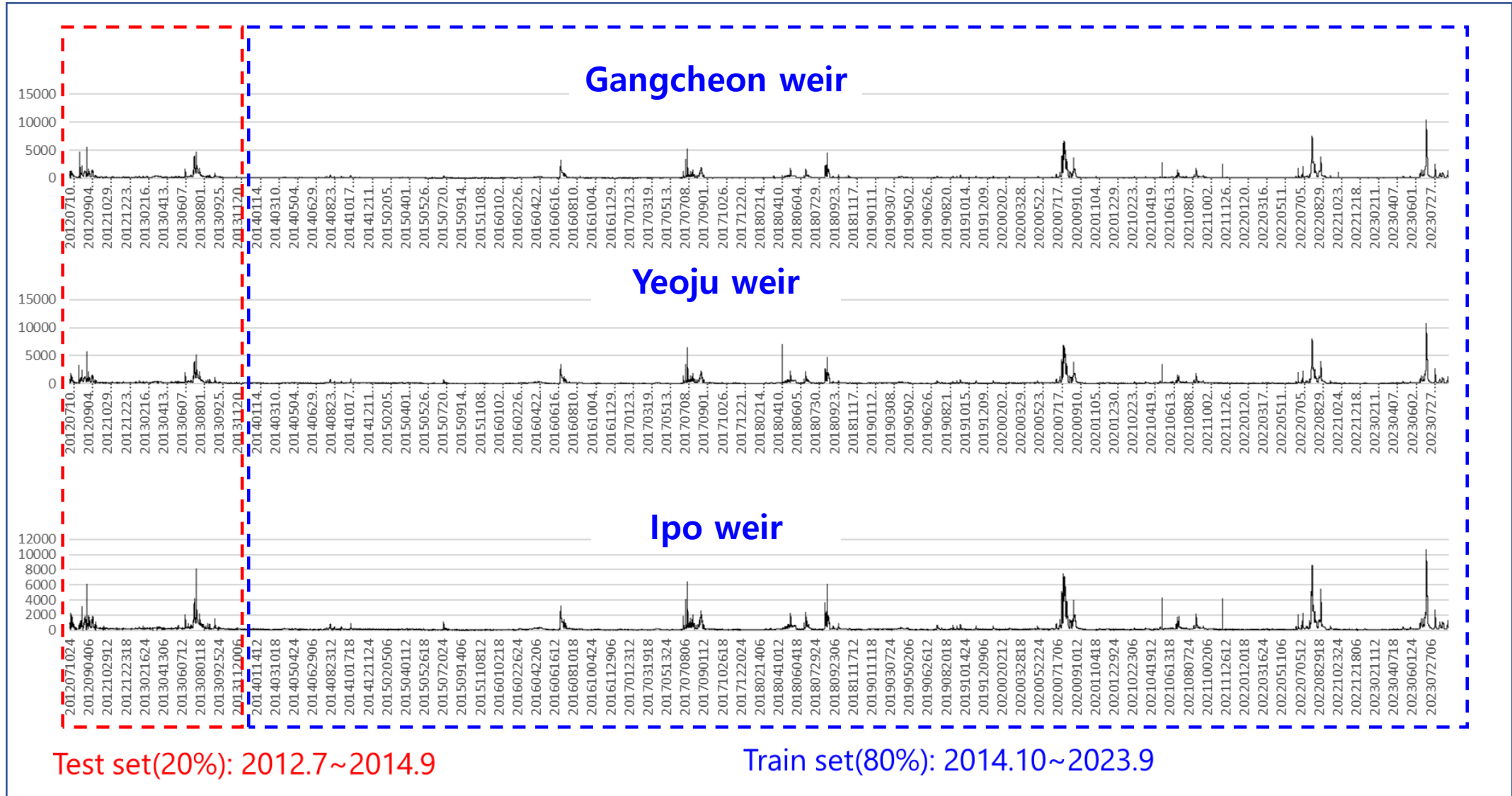
Sequence Length: 4hr, 11hr, 83hr

\* 4~11hr : Time of concentration from ChungJu Regulation Dam to Gangcheon weir

\* 83hr: Considering antecedent precipitation day of NRCS-CN

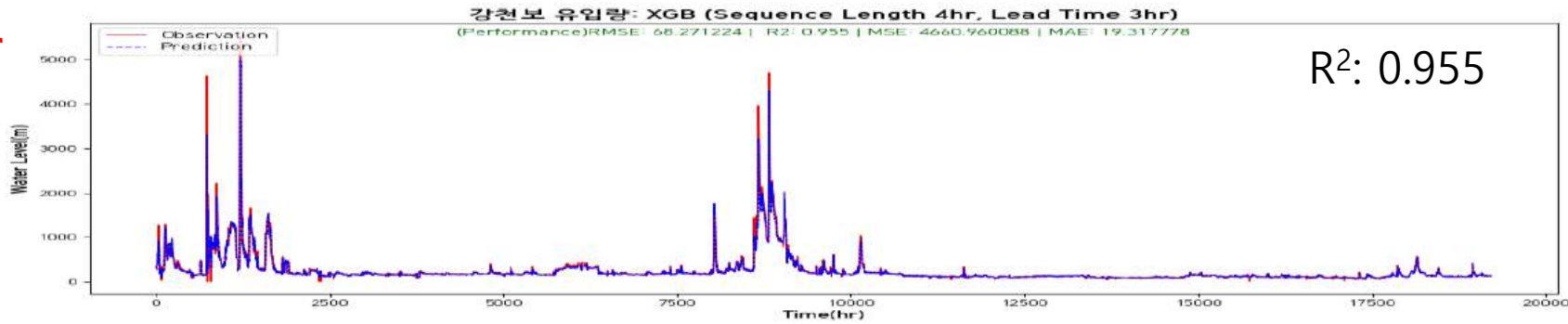
Leadtime: 1, 3, 5, 7, 9, 11hr

## Inflow prediction of 3 weirs in Han River

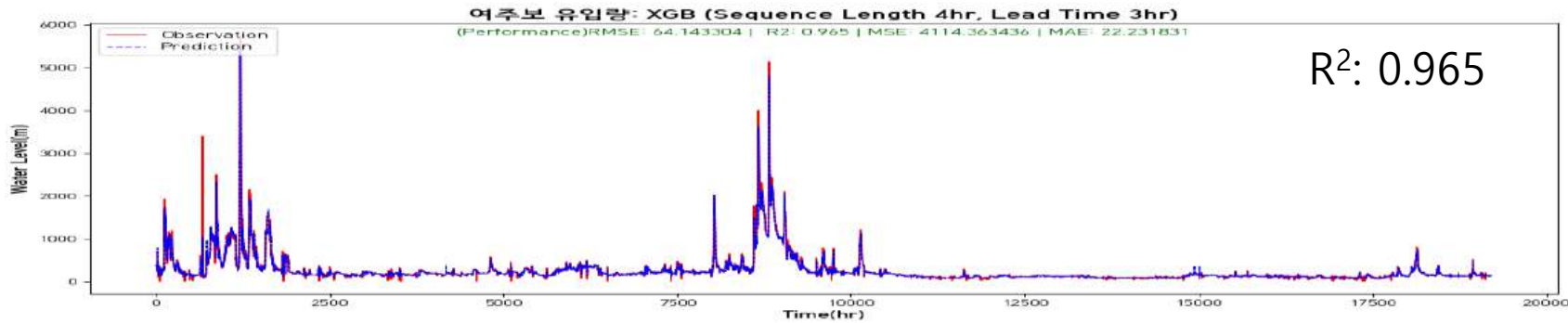


## Inflow prediction of 3 weirs in Han River : for 3hr lead time

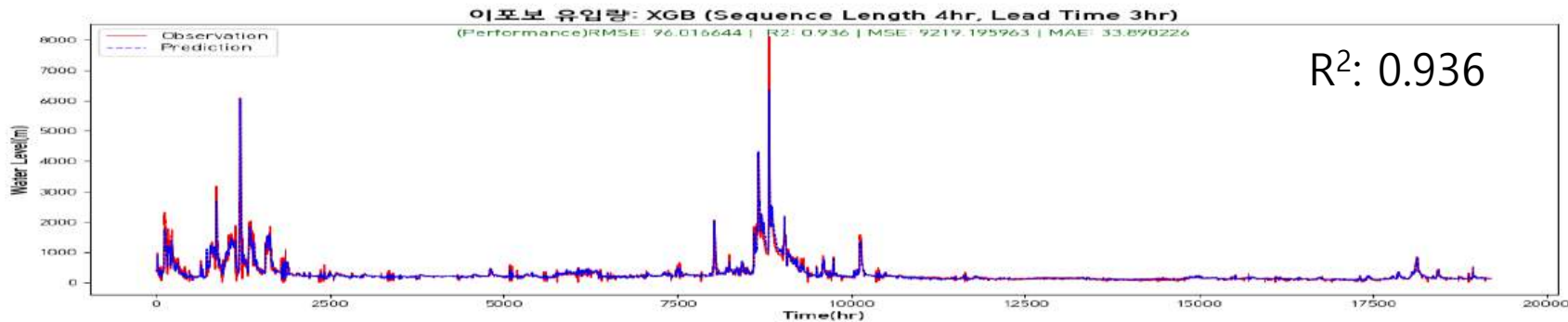
Gangcheon weir



Yeoju weir

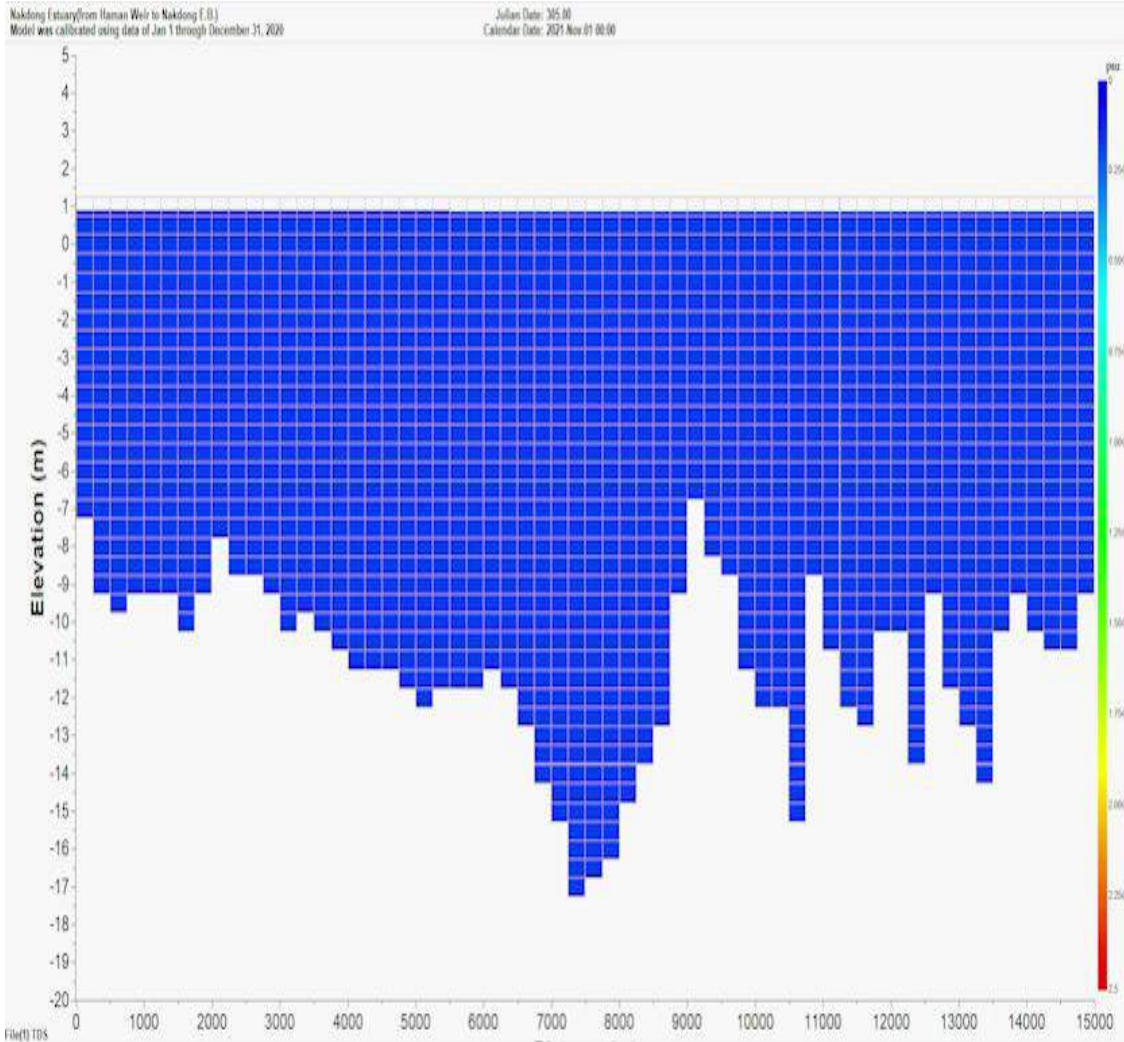


Ipo weir

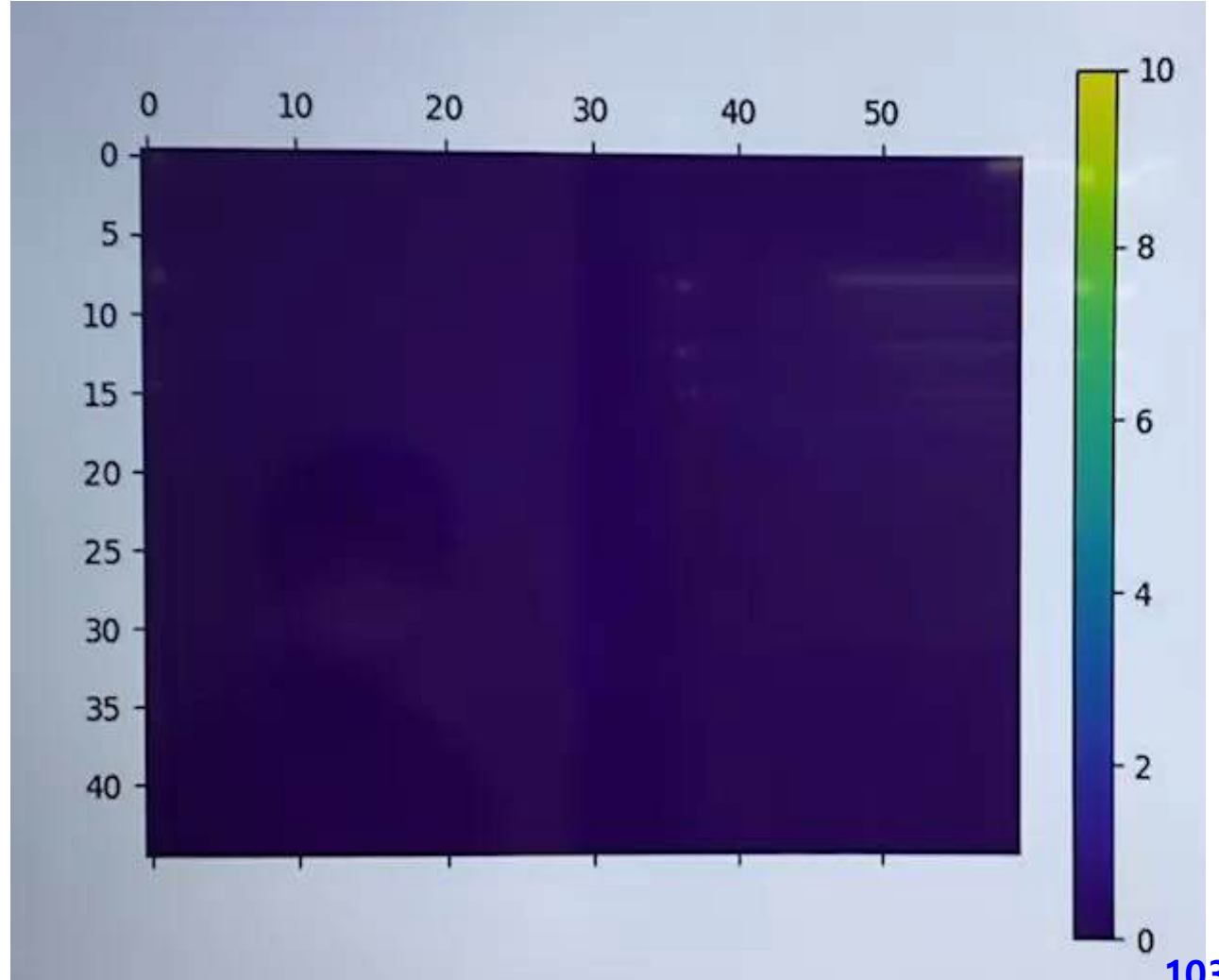


## Hydrodynamic Model Emulation

물리적 수치 모델



AI가 구현한 모델



## 데이터 수집: '17~'21년 (5년)

### ✓ 독립변수 (과거 영향인자: 27개, '17~'21년 5년간)

- 1) 지역성: 총인구수, 세대수, 65세이상 고령화비율, 전력사용량, 산업체수, 산업단지면적 등 11개
- 2) 사회성: 연간가계소득, 연간학력수준(고등학교졸업자수), 취업률(고용보험자수), 연간인건비 등 9개
- 3) 계절성: 평균온도, 월강수량, 상대습도 등 7개

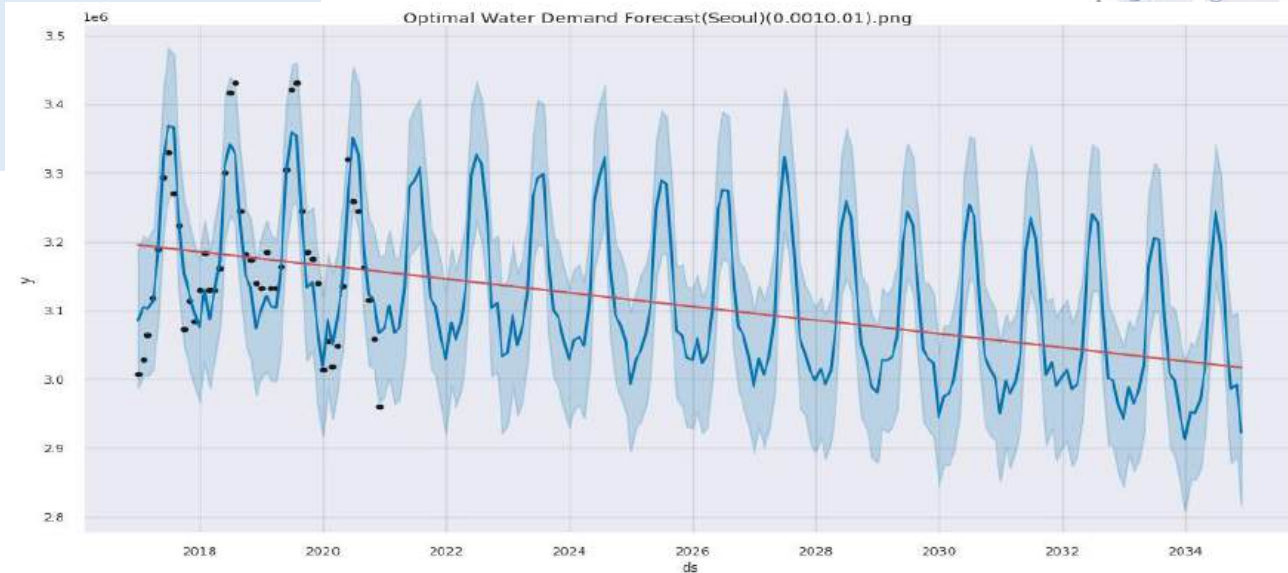
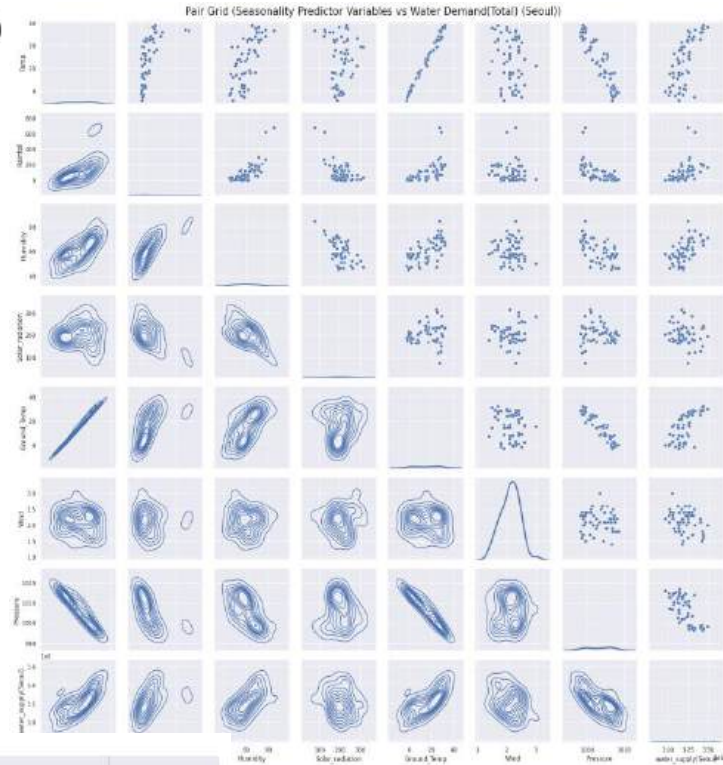
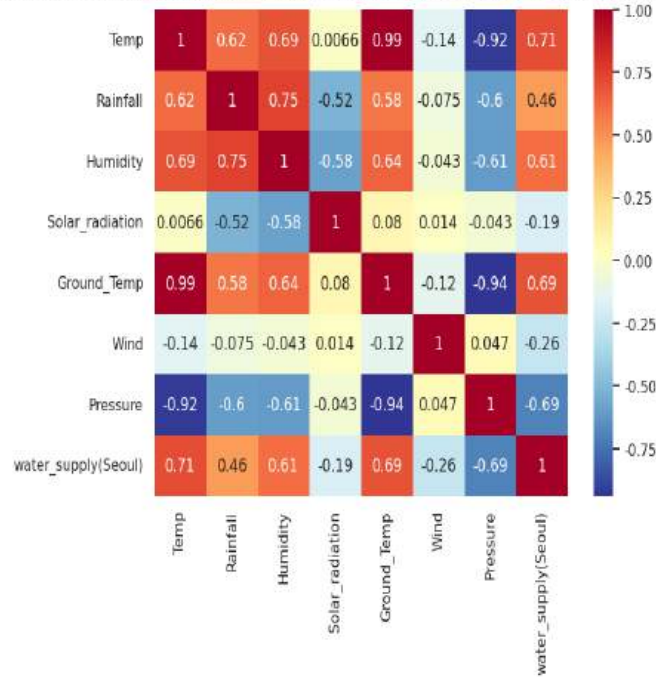
### ✓ 독립변수 (미래 영향인자: 12개, '22~'30년 9년간)

- 1) 지역성: 총인구수, 세대수, 65세이상 고령화비율 등 7개
- 2) 계절성: 평균기온, 월강수량, 상대습도 등 5개

### ✓ 종속변수 ('17~'21년 5년간)

- 1) 전국 163개 시·군별 월별 정수공급량

Correlation Heatmap (Seasonality Predictor Variables vs Water Demand(Total) (Seoul))



```
File Edit Selection View Go Run Terminal Help
detect.py 4 x
C:\> yolov7-mov > detect.py > ...
1 import argparse
2 import time
3 from pathlib import Path
4
5 import cv2
6 import torch
7 import torch.backends.cudnn
8 from numpy import random
9
10 from models.experimental import load_model
11 from utils.datasets import LoadStreams, LoadImage
12 from utils.general import check_img_size, check_requirements,
13     scale_coords, xyxy2xywh,
14 from utils.plots import plot_one_box
15 from utils.torch_utils import select_device, time_synchronized
16
17 import ctypes
18
19 _count = 0
20 def alert_function(cls, num):
21     global _count
22     _count += 1
23     message = f"alert function check : {cls} {num}"
24     print(message)
25     if _count >= 10:
26         if ctypes.windll.user32.MessageBoxW(0,
27             print("OK")
28         else:
29             exit()
30         _count = 0
31
32 def detect(save_img=False):
33     source, weights, view_img, save_txt, imgs,
34     save_img = not opt.nosave and not source.endswith(
35     webcam = source.isnumeric() or source.endswith(
36         ('rtsp://', 'rtmp://', 'http://', 'http
37
38     # Directories
39     save_dir = Path(increment_path(Path(opt.project) / opt.name, exist_ok=opt.exist_ok)) # increment run
40     (save_dir / 'labels' if save_txt else save_dir).mkdir(parents=True, exist_ok=True) # make dir
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
1001
1002
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1009
1010
1011
1012
1013
1014
1015
1016
1017
1018
1019
1020
1021
1022
1023
1024
1025
1026
1027
1028
1029
1030
1031
1032
1033
1034
1035
1036
1037
1038
1039
1040
1041
1042
1043
1044
1045
1046
1047
1048
1049
1050
1051
1052
1053
1054
1055
1056
1057
1058
1059
1060
1061
1062
1063
1064
1065
1066
1067
1068
1069
1070
1071
1072
1073
1074
1075
1076
1077
1078
1079
1080
1081
1082
1083
1084
1085
1086
1087
1088
1089
1090
1091
1092
1093
1094
1095
1096
1097
1098
1099
1100
1101
1102
1103
1104
1105
1106
1107
1108
1109
1110
1111
1112
1113
1114
1115
1116
1117
1118
1119
1120
1121
1122
1123
1124
1125
1126
1127
1128
1129
1130
1131
1132
1133
1134
1135
1136
1137
1138
1139
1140
1141
1142
1143
1144
1145
1146
1147
1148
1149
1150
1151
1152
1153
1154
1155
1156
1157
1158
1159
1160
1161
1162
1163
1164
1165
1166
1167
1168
1169
1170
1171
1172
1173
1174
1175
1176
1177
1178
1179
1180
1181
1182
1183
1184
1185
1186
1187
1188
1189
1190
1191
1192
1193
1194
1195
1196
1197
1198
1199
1200
1201
1202
1203
1204
1205
1206
1207
1208
1209
1210
1211
1212
1213
1214
1215
1216
1217
1218
1219
1220
1221
1222
1223
1224
1225
1226
1227
1228
1229
1230
1231
1232
1233
1234
1235
1236
1237
1238
1239
1240
1241
1242
1243
1244
1245
1246
1247
1248
1249
1250
1251
1252
1253
1254
1255
1256
1257
1258
1259
1260
1261
1262
1263
1264
1265
1266
1267
1268
1269
1270
1271
1272
1273
1274
1275
1276
1277
1278
1279
1280
1281
1282
1283
1284
1285
1286
1287
1288
1289
1290
1291
1292
1293
1294
1295
1296
1297
1298
1299
1300
1301
1302
1303
1304
1305
1306
1307
1308
1309
1310
1311
1312
1313
1314
1315
1316
1317
1318
1319
1320
1321
1322
1323
1324
1325
1326
1327
1328
1329
1330
1331
1332
1333
1334
1335
1336
1337
1338
1339
1340
1341
1342
1343
1344
1345
1346
1347
1348
1349
1350
1351
1352
1353
1354
1355
1356
1357
1358
1359
1360
1361
1362
1363
1364
1365
1366
1367
1368
1369
1370
1371
1372
1373
1374
1375
1376
1377
1378
1379
1380
1381
1382
1383
1384
1385
1386
1387
1388
1389
1390
1391
1392
1393
1394
1395
1396
1397
1398
1399
1400
1401
1402
1403
1404
1405
1406
1407
1408
1409
1410
1411
1412
1413
1414
1415
1416
1417
1418
1419
1420
1421
1422
1423
1424
1425
1426
1427
1428
1429
1430
1431
1432
1433
1434
1435
1436
1437
1438
1439
1440
1441
1442
1443
1444
1445
1446
1447
1448
1449
1450
1451
1452
1453
1454
1455
1456
1457
1458
1459
1460
1461
1462
1463
1464
1465
1466
1467
1468
1469
1470
1471
1472
1473
1474
1475
1476
1477
1478
1479
1480
1481
1482
1483
1484
1485
1486
1487
1488
1489
1490
1491
1492
1493
1494
1495
1496
1497
1498
1499
1500
1501
1502
1503
1504
1505
1506
1507
1508
1509
1510
1511
1512
1513
1514
1515
1516
1517
1518
1519
1520
1521
1522
1523
1524
1525
1526
1527
1528
1529
1530
1531
1532
1533
1534
1535
1536
1537
1538
1539
1540
1541
1542
1543
1544
1545
1546
1547
1548
1549
1550
1551
1552
1553
1554
1555
1556
1557
1558
1559
1560
1561
1562
1563
1564
1565
1566
1567
1568
1569
1570
1571
1572
1573
1574
1575
1576
1577
1578
1579
1580
1581
1582
1583
1584
1585
1586
1587
1588
1589
1590
1591
1592
1593
1594
1595
1596
1597
1598
1599
1600
1601
1602
1603
1604
1605
1606
1607
1608
1609
1610
1611
1612
1613
1614
1615
1616
1617
1618
1619
1620
1621
1622
1623
1624
1625
1626
1627
1628
1629
1630
1631
1632
1633
1634
1635
1636
1637
1638
1639
1640
1641
1642
1643
1644
1645
1646
1647
1648
1649
1650
1651
1652
1653
1654
1655
1656
1657
1658
1659
1660
1661
1662
1663
1664
1665
1666
1667
1668
1669
1670
1671
1672
1673
1674
1675
1676
1677
1678
1679
1680
1681
1682
1683
1684
1685
1686
1687
1688
1689
1690
1691
1692
1693
1694
1695
1696
1697
1698
1699
1700
1701
1702
1703
1704
1705
1706
1707
1708
1709
1710
1711
1712
1713
1714
1715
1716
1717
1718
1719
1720
1721
1722
1723
1724
1725
1726
1727
1728
1729
1730
1731
1732
1733
1734
1735
1736
1737
1738
1739
1740
1741
1742
1743
1744
1745
1746
1747
1748
1749
1750
1751
1752
1753
1754
1755
1756
1757
1758
1759
1760
1761
1762
1763
1764
1765
1766
1767
1768
1769
1770
1771
1772
1773
1774
1775
1776
1777
1778
1779
1780
1781
1782
1783
1784
1785
1786
1787
1788
1789
1790
1791
1792
1793
1794
1795
1796
1797
1798
1799
1800
1801
1802
1803
1804
1805
1806
1807
1808
1809
1810
1811
1812
1813
1814
1815
1816
1817
1818
1819
1820
1821
1822
1823
1824
1825
1826
1827
1828
1829
1830
1831
1832
1833
1834
1835
1836
1837
1838
1839
1840
1841
1842
1843
1844
1845
1846
1847
1848
1849
1850
1851
1852
1853
1854
1855
1856
1857
1858
1859
1860
1861
1862
1863
1864
1865
1866
1867
1868
1869
1870
1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1896
1897
1898
1899
1900
1901
1902
1903
1904
1905
1906
1907
1908
1909
1910
1911
1912
1913
1914
1915
1916
1917
1918
1919
1920
1921
1922
1923
1924
1925
1926
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943
1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
2027
2028
2029
2030
2031
2032
2033
2034
2035
2036
2037
2038
2039
2040
2041
2042
2043
2044
2045
2046
2047
2048
2049
2050
2051
2052
2053
2054
2055
2056
2057
2058
2059
2060
2061
2062
2063
2064
2065
2066
2067
2068
2069
2070
2071
2072
2073
2074
2075
2076
2077
2078
2079
2080
2081
2082
2083
2084
2085
2086
2087
2088
2089
2090
2091
2092
2093
2094
2095
2096
2097
2098
2099
2100
2101
2102
2103
2104
2105
2106
2107
2108
2109
2110
2111
2112
2113
2114
2115
2116
2117
2118
2119
2120
2121
2122
2123
2124
2125
2126
2127
2128
2129
2130
2131
2132
2133
2134
2135
2136
2137
2138
2139
2140
2141
2142
2143
2144
2145
2146
2147
2148
2149
2150
2151
2152
2153
2154
2155
2156
2157
2158
2159
2160
2161
2162
2163
2164
2165
2166
2167
2168
2169
2170
2171
2172
2173
2174
2175
2176
2177
2178
2179
2180
2181
2182
2183
2184
2185
2186
2187
2188
2189
2190
2191
2192
2193
2194
2195
2196
2197
2198
2199
2200
2201
2202
2203
2204
2205
2206
2207
2208
2209
2210
2211
2212
2213
2214
2215
2216
2217
2218
2219
2220
2221
2222
2223
2224
2225
2226
2227
2228
2229
2230
2231
2232
2233
2234
2235
2236
2237
2238
2239
2240
2241
2242
2243
2244
2245
2246
2247
2248
2249
2250
2251
2252
2253
2254
2255
2256
2257
2258
2259
2260
2261
2262
2263
2264
2265
2266
2267
2268
2269
2270
2271
2272
2273
2274
2275
2276
2277
2278
2279
2280
2281
2282
2283
2284
2285
2286
2287
2288
2289
2290
2291
2292
2293
2294
2295
2296
2297
2298
2299
2300
2301
2302
2303
2304
2305
2306
2307
2308
2309
2310
2311
2312
2313
2314
2315
2316
2317
2318
2319
2320
2321
2322
2323
2324
2325
2326
2327
2328
2329
2330
2331
2332
2333
2334
2335
2336
2337
2338
2339
2340
2341
2342
2343
2344
2345
2346
2347
2348
2349
2350
2351
2352
2353
2354
2355
2356
2357
2358
2359
2360
2361
2362
2363
2364
2365
2366
2367
2368
2369
2370
2371
2372
2373
2374
2375
2376
2377
2378
2379
2380
2381
2382
2383
2384
2385
2386
2387
2388
2389
2390
2391
2392
2393
2394
2395
2396
2397
2398
2399
2400
2401
2402
2403
2404
2405
2406
2407
2408
2409
2410
2411
2412
2413
2414
2415
2416
2417
2418
2419
2420
2421
2422
2423
2424
2425
2426
2427
2428
2429
2430
2431
2432
2433
2434
2435
2436
2437
2438
2439
2440
2441
2442
2443
2444
2445
2446
2447
2448
2449
2450
2451
2452
2453
2454
2455
2456
2457
2458
2459
2460
2461
2462
2463
2464
2465
2466
2467
2468
2469
2470
2471
2472
2473
2474
2475
2476
2477
2478
2479
2480
2481
2482
2483
2484
2485
2486
2487
2488
2489
2490
2491
2492
2493
2494
2495
2496
2497
2498
2499
2500
2501
2502
2503
2504
2505
2506
2507
2508
2509
2510
2511
2512
2513
2514
2515
2516
2517
2518
2519
2520
2521
2522
2523
2524
2525
2526
2527
2528
2529
2530
2531
2532
2533
2534
2535
2536
2537
2538
2539
2540
2541
2542
2543
2544
2545
2546
2547
2548
2549
2550
2551
2552
2553
2554
2555
2556
2557
2558
2559
2560
2561
2562
2563
2564
2565
2566
2567
2568
2569
2570
2571
2572
2573
2574
2575
2576
2577
2578
2579
2580
2581
2582
2583
2584
2585
2586
2587
2588
2589
2590
2591
2592
2593
2594
2595
2596
2597
2598
2599
2600
2601
2602
2603
2604
2605
2606
2607
2608
2609
2610
2611

```

01

인공지능이란  
무엇인가?

02

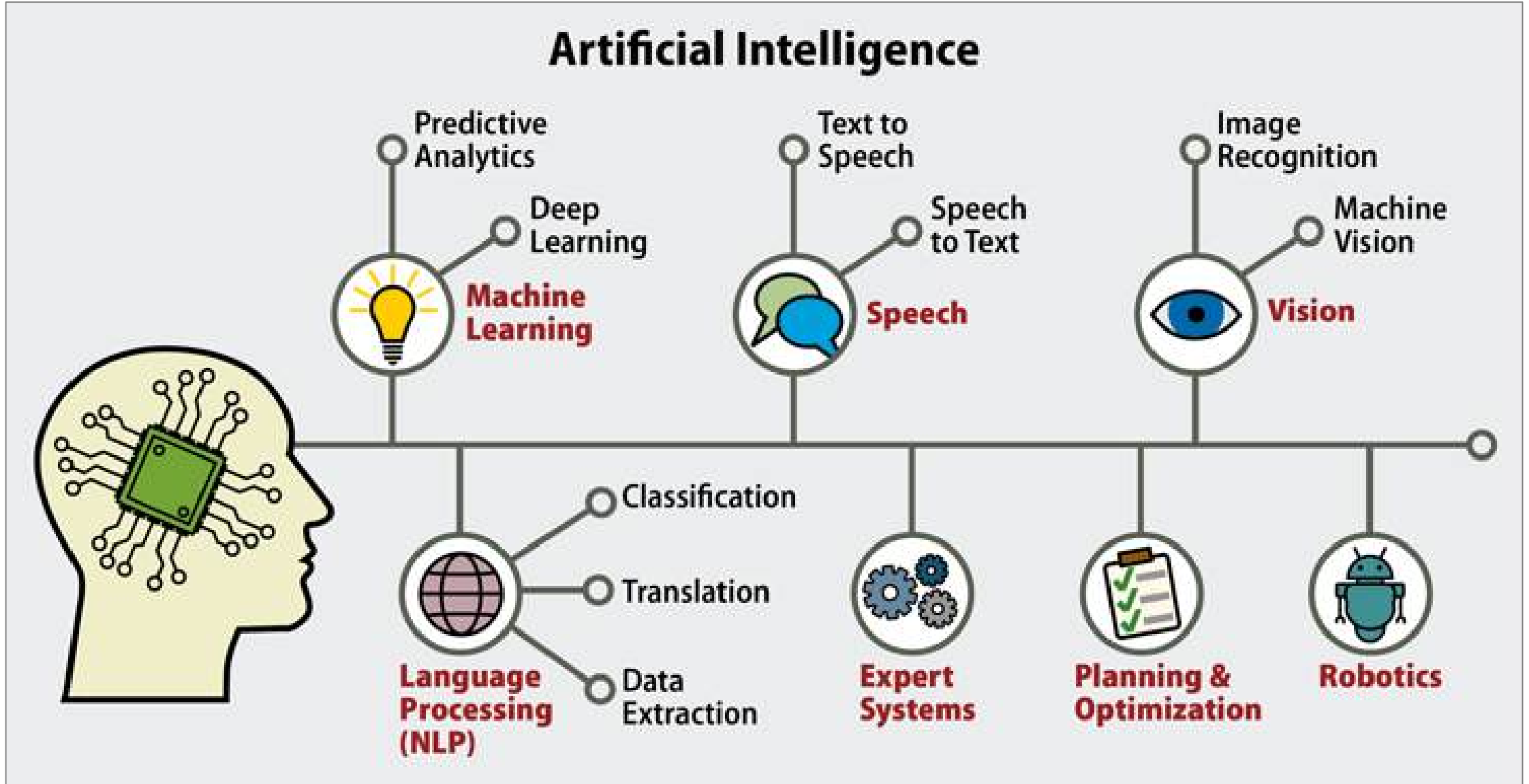
우리나라의  
물 관리  
현황과 이슈

03

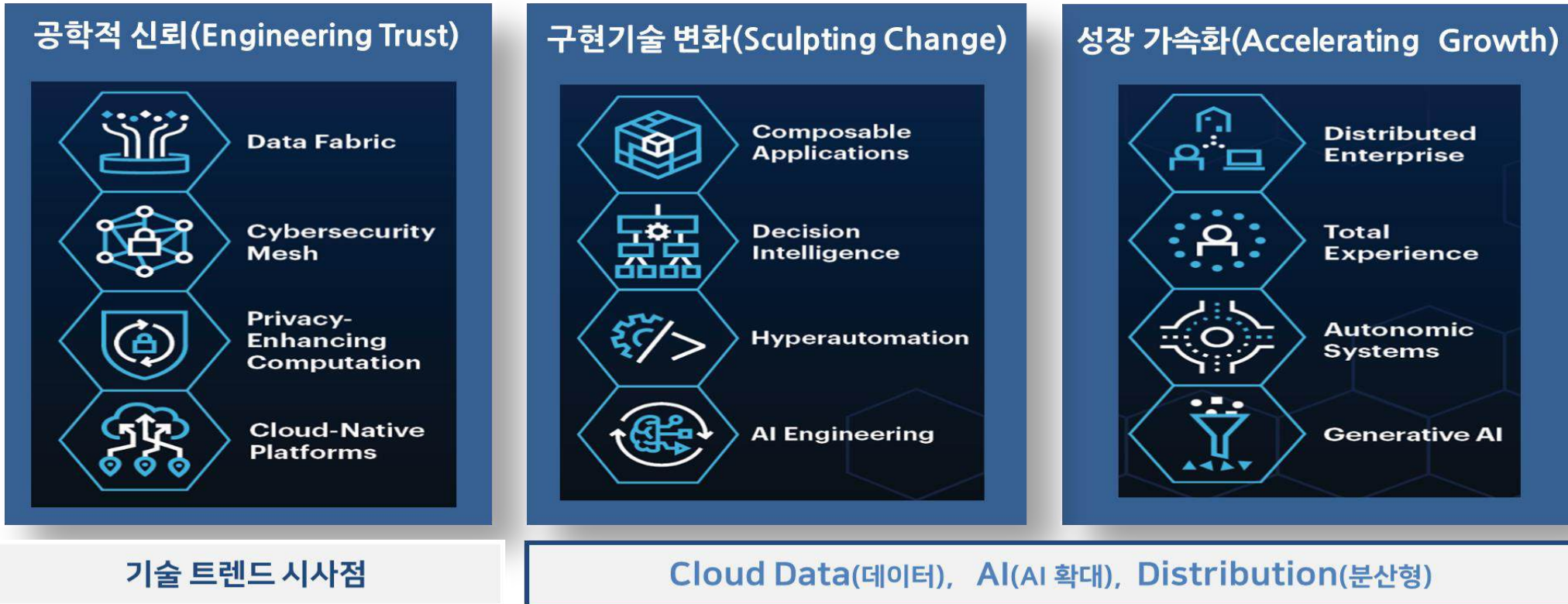
인공지능과  
빅데이터의  
물 관리 활용

04

인공지능의  
미래



상상을 초월한 기술발전에 따라  
데이터, AI 확대, 분산형, 자율 시스템 등 디지털 환경에 맞는 강력한 변화 요구



『전주기 AI개발, 관리, 활용 위한 클라우드 도입』

『거대언어모델 및 자연어처리를 활용한 미래기술정보 분석』

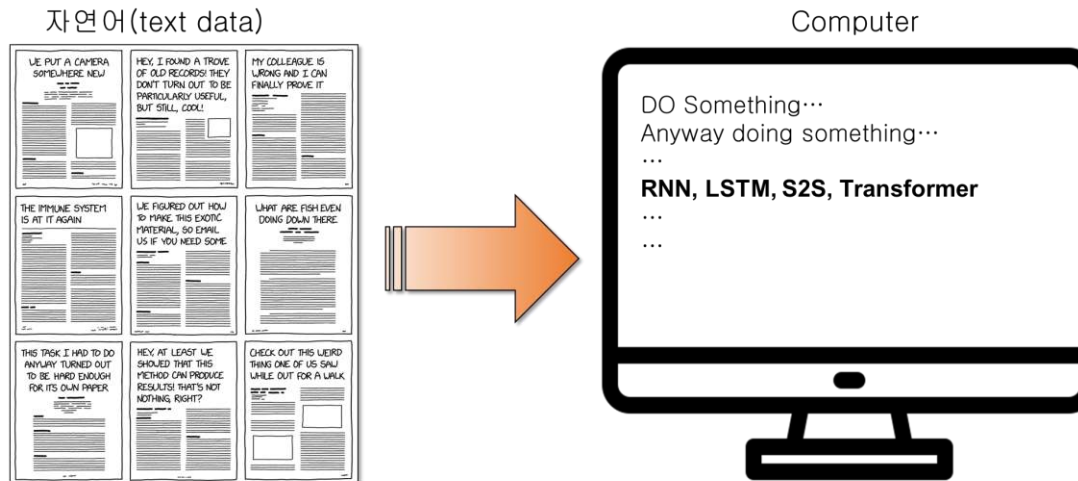
## ■ 자연어: 사람의 언어



Embedding을 통한 자연어의 벡터화(숫자)

발췌: AI 자연어처리(NLP) 활용 닥터 컨퍼런스 (2023.3.15) - 자연어처리(NLP)의 이해 (K-water연구원 연구관리처 AI연구센터 주경원 선임연구원)

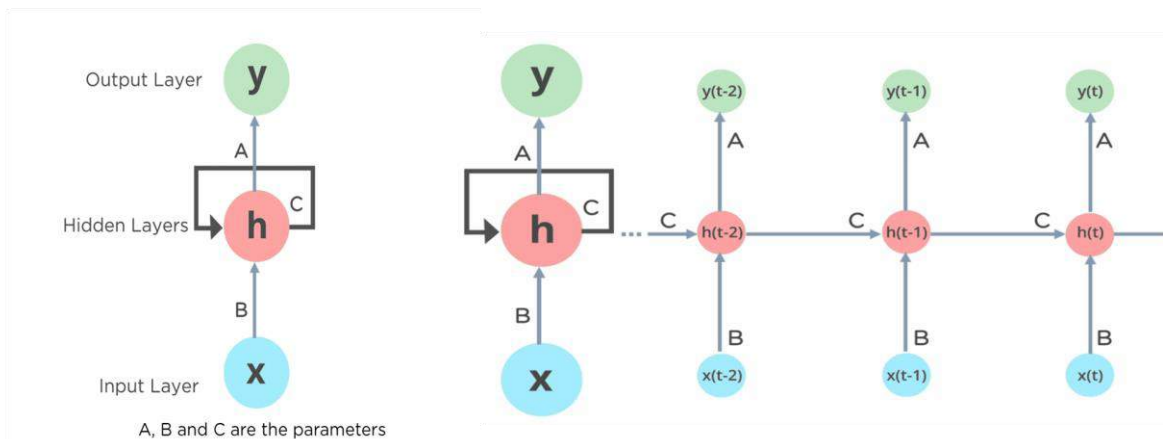
## ■ 사람의 언어를 컴퓨터가 보고 이해할 수 있도록 처리



발췌: AI 자연어처리(NLP) 활용 닥터 컨퍼런스 (2023.3.15) - 자연어처리(NLP)의 이해 (K-water연구원 연구관리처 AI연구센터 주경원 선임연구원)

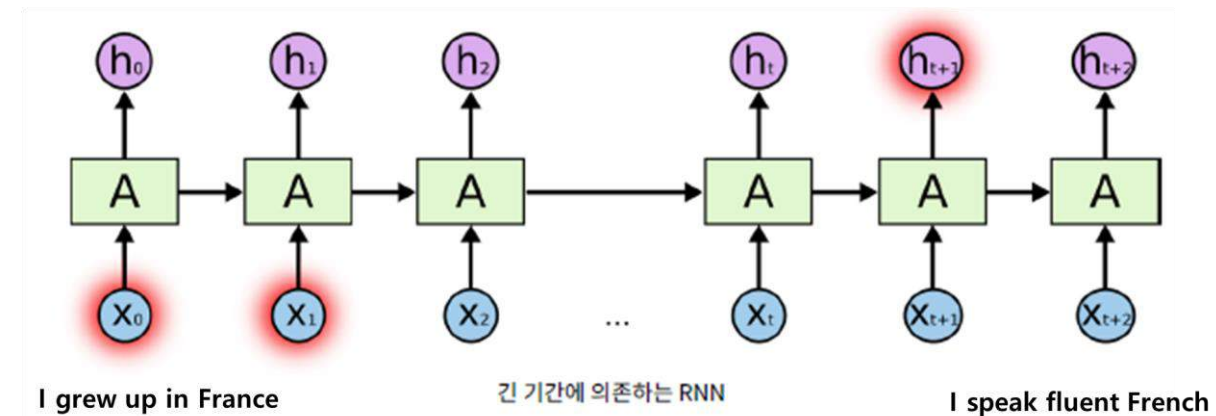
## ■ RNN (순환신경망, Recurrent Neural Networks)

- 사람이 문장을 읽고 이해하듯이 문맥을 통해 문장을 이해하기 위하여 Sequence를 고려



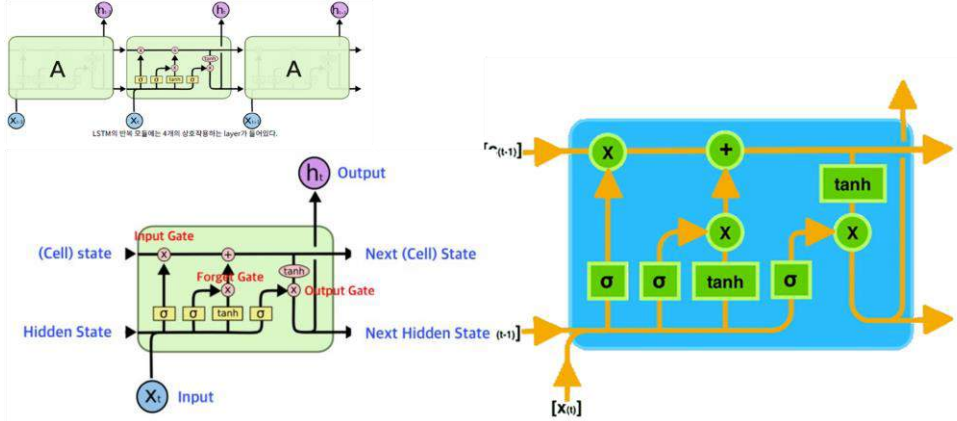
## ■ RNN의 한계

- 문장이 길어질수록 학습정보를 계속 유지하기 어려움



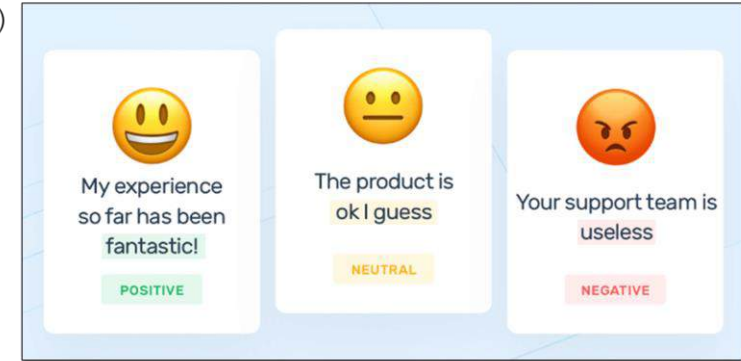
## ▪ LSTM (Long Short Term Memory)

RNN의 한 종류로서 긴 시간에 대한 의존성을 강화할 수 있도록 설계된 방법



## ▪ 감성분석(Sentiment Analysis)

- ✓ 소셜미디어 모니터링
- ✓ 제품 리뷰 분석
- ✓ 뉴스기사 분석
- ✓ 고객의 소리(VoC)



발췌: AI 자연어처리(NLP) 활용 닥터 컨퍼런스 (2023.3.15) - 자연어처리(NLP)의 이해 (K-water연구원 연구관리처 AI연구센터 주경원 선임연구원)

## ▪ 검색엔진 (feat. 자동완성)

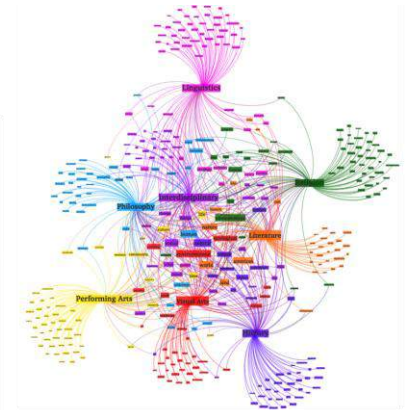
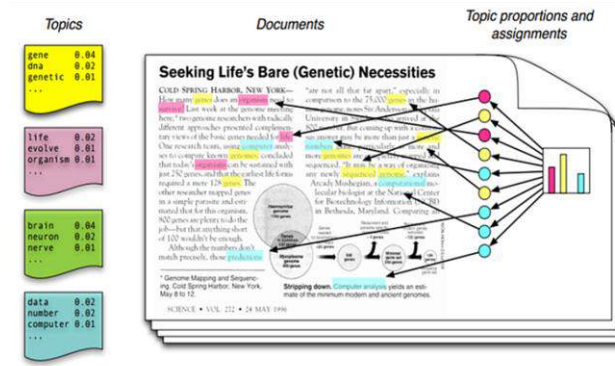
✓ 유사문서(웹페이지) 검색 및 표출



발췌: AI 자연어처리(NLP) 활용 닥터 컨퍼런스 (2023.3.15) - 자연어처리(NLP)의 이해 (K-water연구원 연구관리처 AI연구센터 주경원 선임연구원)

## ▪ 토픽 모델링

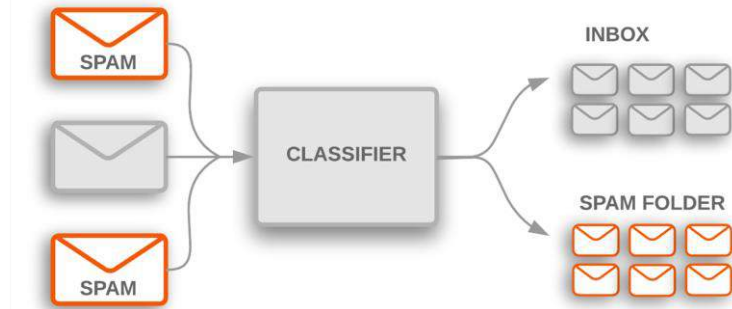
✓ (비지도학습) 문서 주제별 클러스터링



발췌: AI 자연어처리(NLP) 활용 닥터 컨퍼런스 (2023.3.15) - 자연어처리(NLP)의 이해 (K-water연구원 연구관리처 AI연구센터 주경원 선임연구원)

## ▪ 문서분류 (Document Classification)

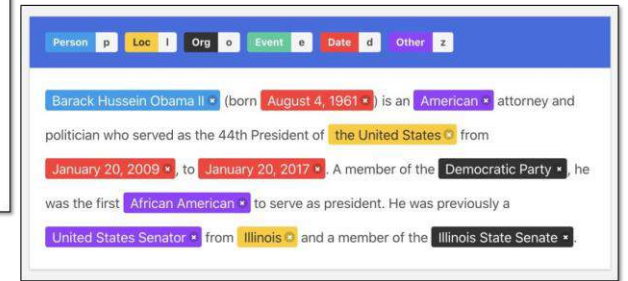
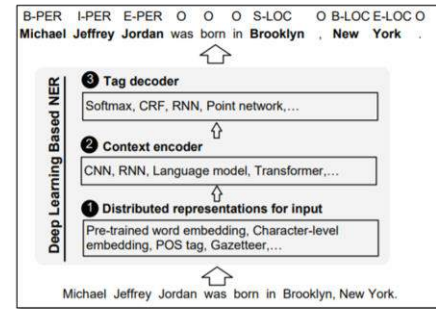
- ✓ 스팸메일 분류
- ✓ 기술분야별 문서 분류



발해: AI 자연어처리(NLP) 활용 닥터 컨퍼런스 (2023.3.15) - 자연어처리(NLP)의 이해 (K-water연구원 연구관리처 AI연구센터 주경원 선임연구원)

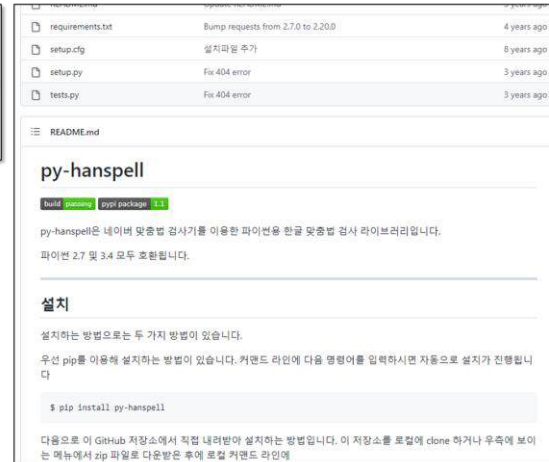
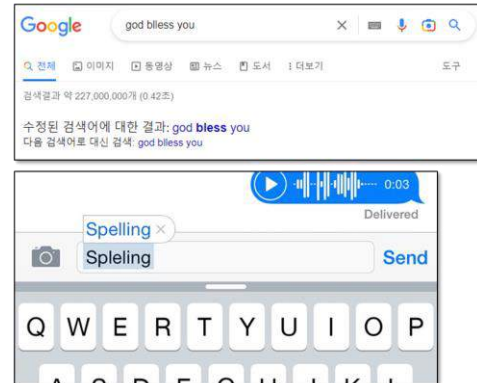
## ▪ 개체명 인식 (Named Entity Recognition; NER)

- ✓ 사람, 조직, 지역, 시간 등 단어의 유형을 예측
- ✓ (why?) 정교한 검색 엔진, 맥락 파악, 원하는 개체명 추출



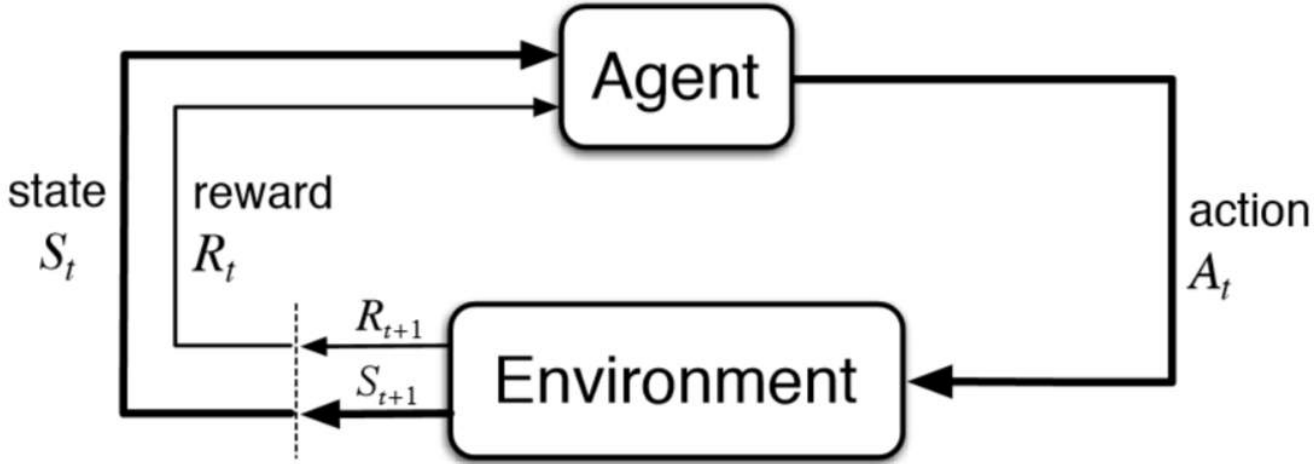
발해: AI 자연어처리(NLP) 활용 닥터 컨퍼런스 (2023.3.15) - 자연어처리(NLP)의 이해 (K-water연구원 연구관리처 AI연구센터 주경원 선임연구원)

## • 맞춤법 검사



발해: AI 자연어처리(NLP) 활용 닥터 컨퍼런스 (2023.3.15) - 자연어처리(NLP)의 이해 (K-water연구원 연구관리처 AI연구센터 주경원 선임연구원)

- 행동을 수행하는 학습자가 어떤 행동을 해야하는지 알지 못하는 상태에서 행동에 대한 보상을 극대화하기 위해 어떻게 할지 방향을 찾는 학습 방법



Boston Dynamics Atlas

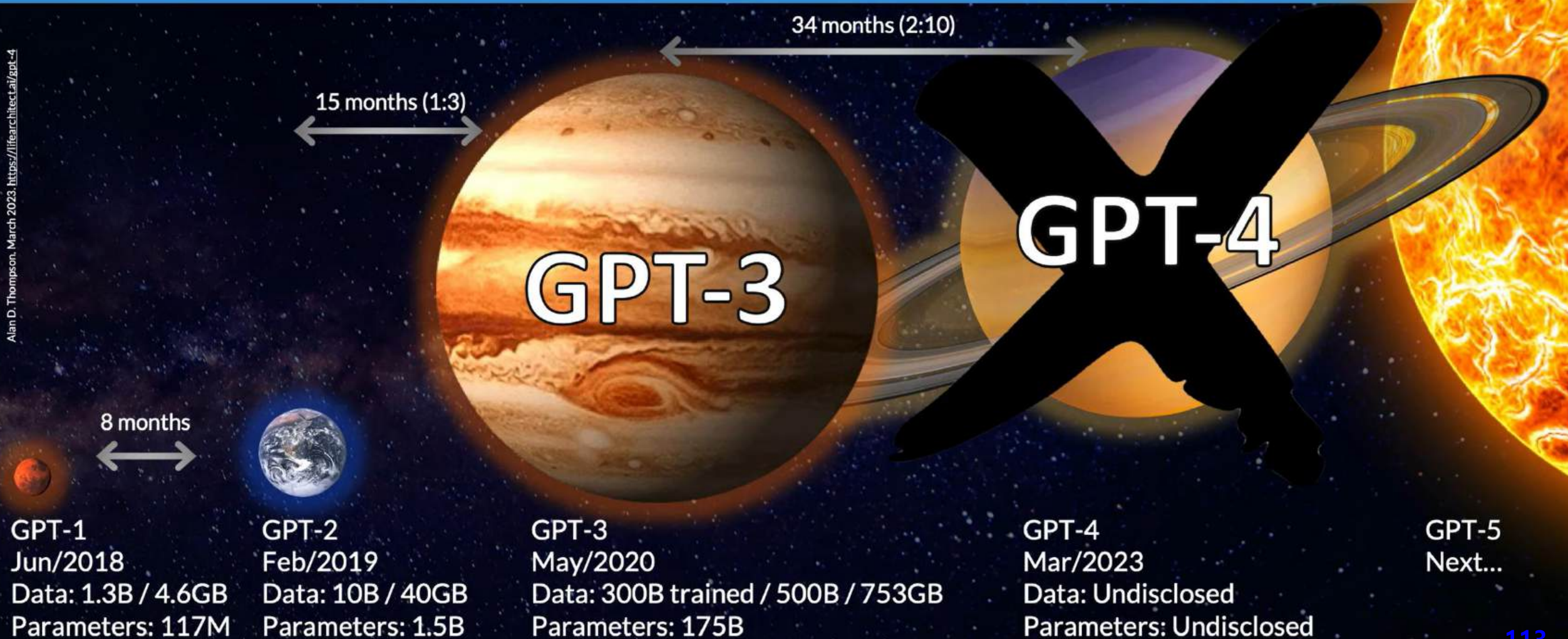


- 행동 : 제자리, 좌, 우, (발사)
- 보상 : 벽돌 깨 때마다 점수를 받으며 위 층의 벽돌을 깨수록 더 큰 점수를 받음
- 게임 세팅 : 1 에피소드에서 에이전트는 5개의 목숨을 가짐
- 목표 : 1 에피소드 동안 최대의 점수 얻기

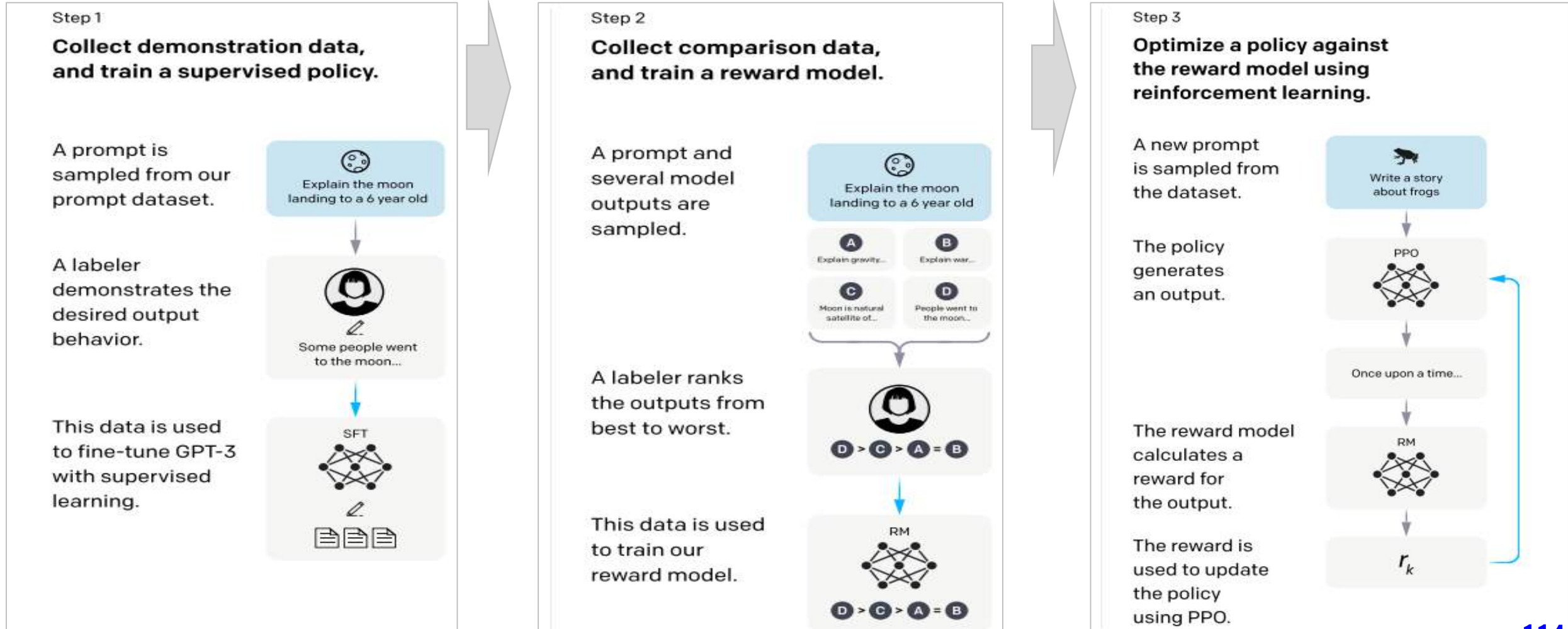
## JOURNEY TO GPT-4

ARROWS (RELEASE TIME DELTA) & SPHERES (PARAMS) TO SCALE

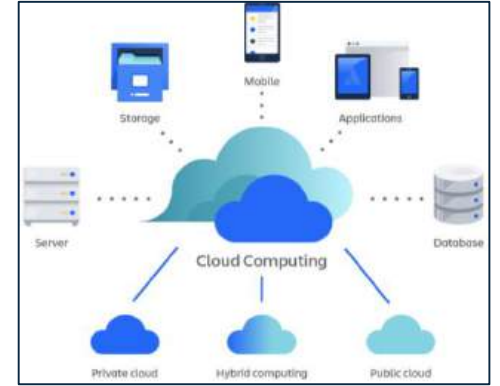
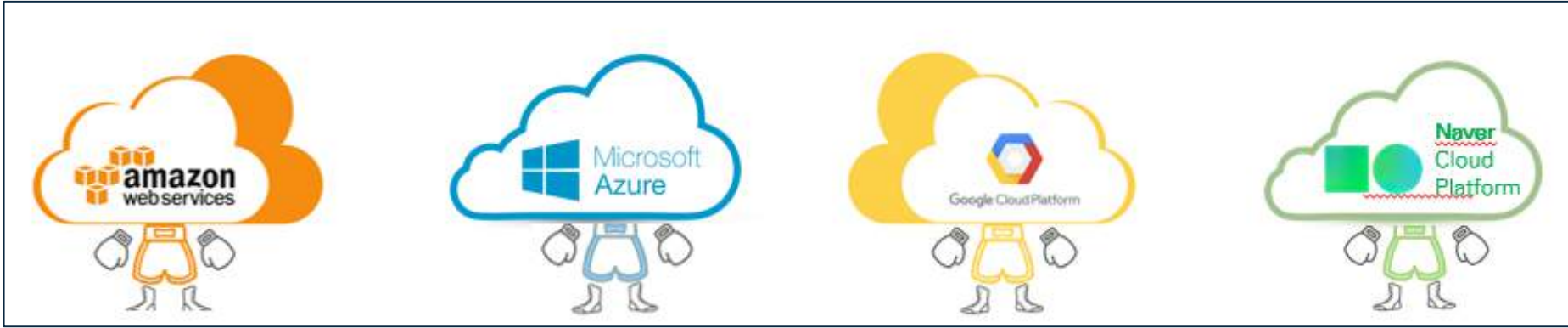
Alan D. Thompson, March 2023, <https://lifearchitect.ai/gpt-4>



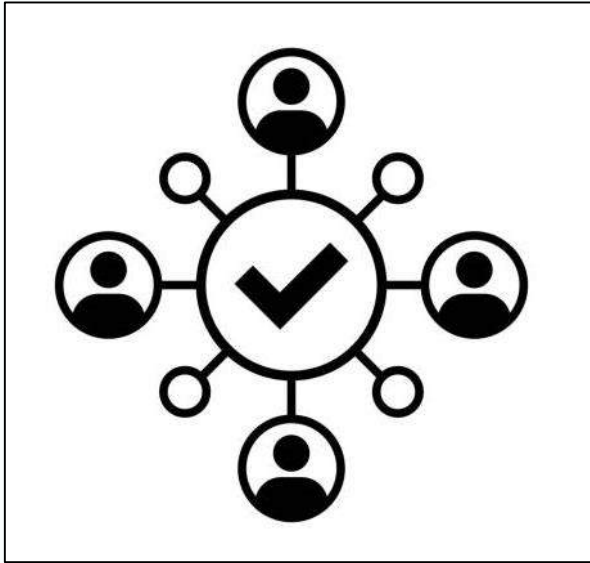
- (STEP-1) 먼저 사람의 지시에 대해 올바른 답을 완성하는 모델 학습
- (STEP-2) GPT-3의 답에 대해 사람이 점수를 준 Feedback을 보상으로 학습
- (STEP-3) 보상을 기반으로 강화학습을 하여 GPT-3가 사람이 더 선호하는 결과로 답하도록 Fine-Tuning







## 클라우드 장점



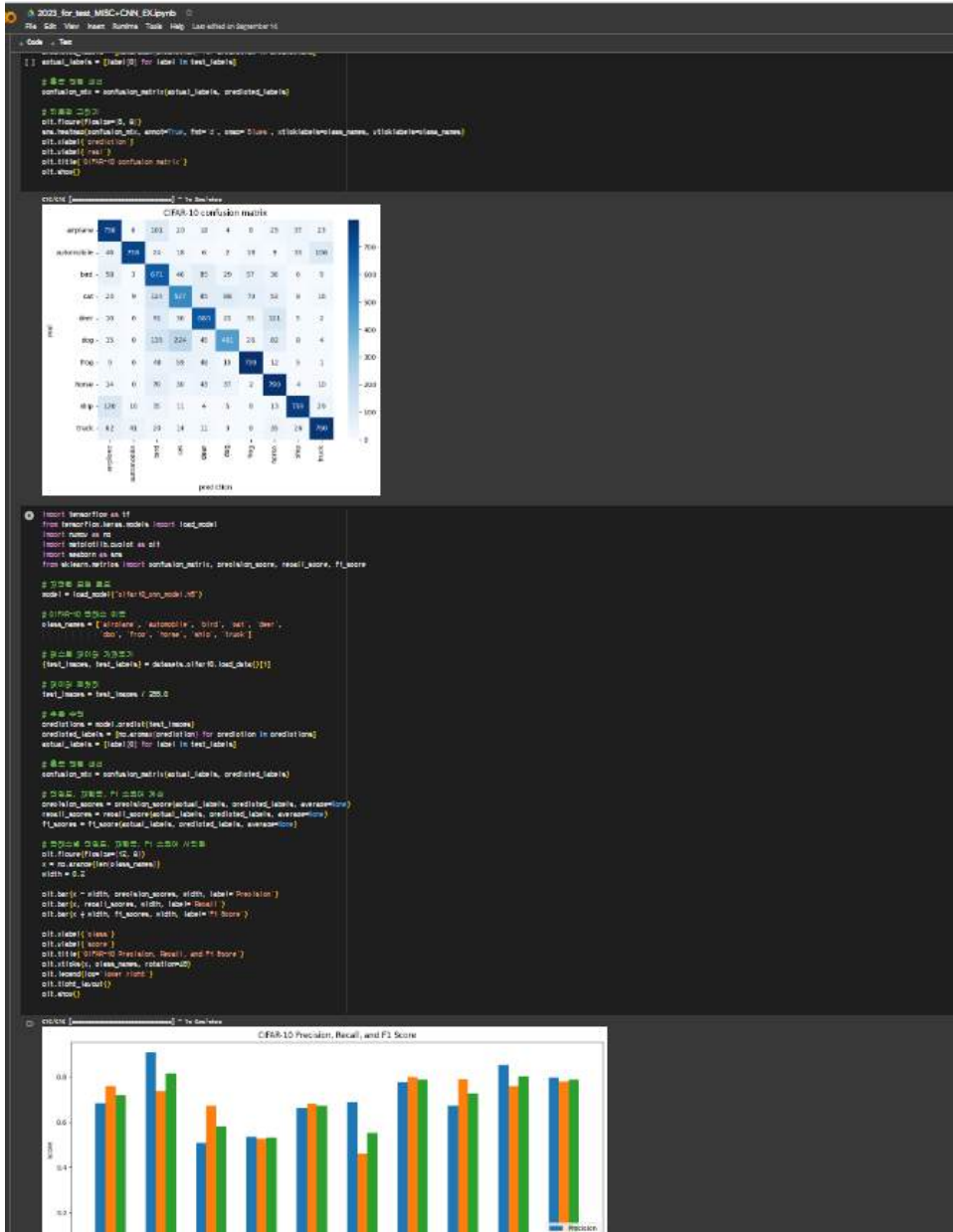
소스 코드 공유 & 형상관리 EASY



서비스 가능 수준 prototype & 빠른 피드백



(Computing Source) 다양한 옵션 & 구독 요금제



Machine learning

Amazon SageMaker

Azure Machine Learning

Google Cloud AI Platform

Image recognition

Amazon Rekognition

Azure Cognitive Services

Google Cloud Vision

Speech

Amazon Polly, Amazon Transcribe

Azure Cognitive Services

Google Cloud Speech-to-Text and Text-to-Speech

Natural language processing

Amazon Comprehend

Azure Cognitive Services

Google Cloud Natural Language API:

Big Data Analytics

Databricks

Databricks

Databricks

Chat Bot

AWS Chatbot

Azure Bot Service

Dialogflow

Pricing

Per hour

Per minute

Per minute

각 회사의 전산실에 있던 서버가 Data Center로 모였던 것처럼  
Data Center의 On-Promise는 Cloud로 이동하게 될 것



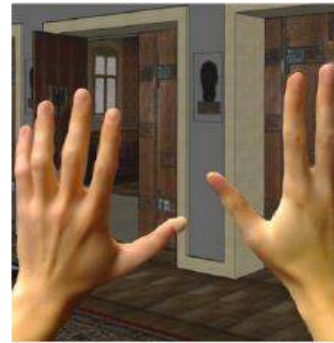


Real Environment

Augmented Reality

Mixed Reality

Virtual Reality



Direct View of the Reality

Virtual Objects Overlaid in a Realworld Environment

Direct Objects Projected and Controlled in a Virtual World.

Immersion in a Fully Digital Environment

Augment Virtuality



Extended Reality



XR 은 몰입 을 통한 공간의 확장을 가져 옴

Reality 기술은 Digital Twin의 Data 연결성을 중심으로  
일상 생활에서의 업무 및 서비스 환경을 제공

**1 Reality 정보 제공**

**2 시설물 BIM**

**3 GIS 증강 현실**

**4 시설물 관리 및 운영 메뉴얼**

**FUTURE OF The Job Site**

- AR/VR & reality capture
- BIM & digital twins
- Drones
- Industrial internet of everything (IIoE)
- Workplace safety & exosuits
- Automation & robotics

CBINSIGHTS

디지털 트윈  
River Flood Simulation

모니터링 홍수 수량·수질 물순환 댐안전 AI

35°51'12.55" N 127°13'16.19" E elev 437.86m

## ■ 사내 및 대국민 빅데이터 콘테스트 추진

- 데이터를 활용한 새로운 가치 창출을 위하여 '17년 사내 공모를 시작으로, '18년부터 대국민 분야 확대 실시 중
- 데이터 활용의 실효성을 높이고 사례분석 중심의 역량강화를 위해 디지털 챌린지와 연계한 멘토 운영, 코딩교육 등 맞춤형 교육 실시

구분	'17년	'18년	'19년	'20년	'21년	'22년	합계
사내	18팀	18팀	20팀	23팀	22팀	28팀	129팀
대국민		24팀	23팀	38팀	21팀	33팀	139팀



## ■ 2022년 빅데이터 콘테스트 추진 현황

- (사내) 31개 부서 참여 총 39건 (지정주제 14건, 자유주제 25건)
- (대국민) 총 80건 (아이디어 72건, 제품 및 서비스 개발 8건)

## ■ 과제 수행 지원 현황

- (사내) 보유 데이터 적정 활용방안 자문을 위한 멘토링 실시

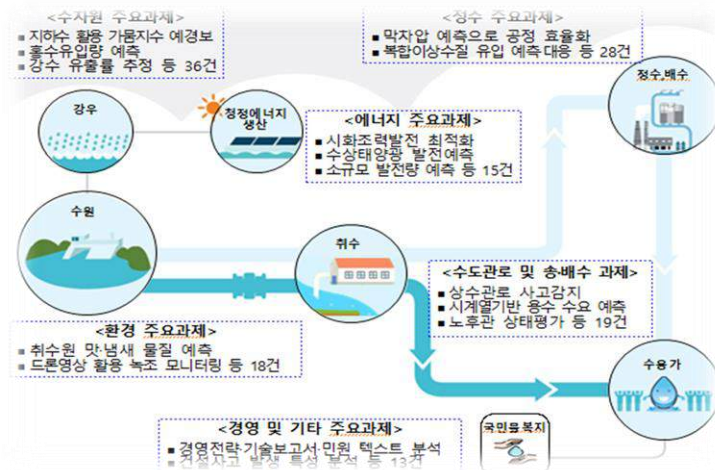
사내 직무교육 과정 내  
빅데이터분석 교육연계 확대

권역별 빅데이터  
인플루언서 운영

빅데이터 콘테스트  
코딩Day 운영, 멘토링 강화

- (대국민) 분석용 공공데이터 파일 및 API 개방

- 추진 평가 분석 방향·기법에 대한 멘토링으로 다양한 성과 도출 및 직원 분석역량 향상



**K water**

하천 하구의 수온·염분 예측을 위한 알고리즘 개발 AI 경진대회

**대회 내용**  
하천 하구의 수온·염분 예측을 위한 알고리즘 개발 경진대회를 시행합니다. 빅데이터 분석 전문가 및 업계-학계의 많은 참여를 바랍니다.

**대회 일정**  
2021  
10.14.(목) - 11.12.(금)

**참가 대상**  
수리·수질 예측 알고리즘 개발에 관심 있는 일반인, 학생, 기업 등 누구나 (단, 14세 이상)

**상금**  
시상 규모 1,000만원  
- 1위(대상) : 상금600만원(1명/팀)  
- 2위(우수상) : 상금250만원(1명/팀)  
- 3위(장려상) : 상금150만원(1명/팀)

**데이터셋**  
<http://aifactory.space/page/kwater>  
사이트 게시 및 제출

**문의처**  
한국수자원공사 K-water연구원 AI연구소  
042-870-7334, 7337  
AI\_Laboratory@kwater.or.kr

**K water AI Lab AI Factory**

**2022 제2회 K-water AI 경진대회**  
수돗물 수요예측 AI 알고리즘 개발

**대회개요**  
- 유량 등의 배수지 운영 자료를 활용하여 광역상수도 용수 수돗물 수요예측을 위한 AI 모델 개발  
- 배수지 급수지역 행정구역별 태스크 구성

**태스크**  
태스크1 혁신도시·경상남도 함천군 울곡면  
태스크2 여포·경상북도 김천시 아포읍  
태스크3 4공단·경상북도 구미시 산동면, 장천면, 영포동

**참가 대상**  
- 인공지능을 통한 문제해결에 관심 있는 14세 이상 개인 및 팀  
- 팀 대표자는 상금 수령이 가능한 국내 계좌를 보유하고 있는 대한민국 국적자여야 함.  
- 개인이 두 개 이상의 팀에 중복으로 참여 불가

**일정**

참가자 모집 11.07(월) - 12.09(금)	대회 기간 11.21(월) - 12.09(월) 21시 55분	시상식(온라인 진행) 12.22(목)
----------------------------------	---	-------------------------

**시상 및 혜택**  
Task 1, Task 2, Task 3를 합산한 총 상금 1,000만원 규모의 대회이며 최종 수상팀은 총 7개 팀(중복 가능)입니다.

항목	1등 상금	2등 상금	비고
Task 1	200만원 (3팀)	100만원 (1팀)	다수의 참가자에게 입상 기회를 제공하기 위해 다음과 같이 정함. Task별 1등 중복 가능 Task별 2등 중복 불가 (다음 처순 입상)
Task 2	200만원 (3팀)	100만원 (1팀)	
Task 3	200만원 (3팀)	100만원 (1팀)	
종합	100만원	-	Task 1, 2, 3 점수 합산

**문의처**  
- 한국수자원공사 K-water연구원 AI연구소  
- 042-870-7334, 7337  
- AI\_Laboratory@kwater.or.kr

**참가접수**

**대회안내**

**AI Factory K water**

#3

AI

NEWSLETTER

## K-water AI Research Lab.

MAR 2023

### AI News

#### (논문) POP2PIANO

어떤 음악을 피아노로 연주하기 위해서는 음악적 소양 및 지식이 필요하지만, 이 작업을 AI로 대신 할 수 있는 논문이 발표되었습니다. 해당 논문에서는 21개의 피아노 커버 유튜브에서 6,000여개의 악보를 수집하여 훈련하였습니다.

훈련을 위해 트랜스포머 기반의 T5 모델을 사용하였으며, 위치 임베딩을 더하는 단계에서 음계를 인식할 수 있도록 절대적 위치를 사용하였습니다.

해당 논문의 자리는 Github를 통해 소스코드를 공개하고 있습니다.

#### (기술) GPT-4

최근 화제인 ChatGPT는 OpenAI의 언어모델인 GPT-3.5 기반으로 개발되었습니다. OpenAI는 3월 14일 이미지도 처리할 수 있는 GPT-4를 발표하였으며, 수많은 테스트와 AI 벤치마크 데이터셋에서 높은 성능을 달성했습니다.

GPT-4는 OpenAI의 ChatGPT에 비해 10배 이상 많은 토큰을 처리할 수 있습니다.

#### (시각화) 15분 도시

걸어서 일상적인 서비스를 이용할 수 있는 15분 도시라는 개념이 있습니다. 시애틀의 지리학자인 Nat Henry가 각 동네별로 편의시설까지 거리를 매핑한 지도입니다. (OpenRouteService 활용)

### Hands-On AI Project

카드정렬을 위해 일부 세부적인 작업은 생략되어 있습니다. 전체 코드는 (QR코드) 링크를 참고해주세요.

#### 자연어처리 (전처리)

- 영어는 대소문자를 통일할 필요가 있습니다
- HTML 태그 제거
- 인터넷 주소(URL) 제거
- 숫자를 단어로 변환

#### 자연어처리 (응용)

- N-gram Frequency
- 워드클라우드 (빈도의 시각화)
- 텍스트 검색

### TIPs

#### pip

Python을 공부하다 보면 'pip install package'와 같은 문구를 자주 봅니다. pip는 python으로 작성된 라이브러리를 관리하는 시스템입니다.

```
pip install package_name # 설치
pip install package_name --upgrade # 최신 버전으로 업데이트
pip uninstall package_name # 패키지 삭제
pip list # 설치된 패키지 확인
```

#### QR 코드 만들기

Python에서 간단히 QR 코드를 만들 수 있습니다.

```
pip install qrcode # 라이브러리 설치
import qrcode
url = "https://www.k-water.or.kr"
img = qrcode.make(url)
img.save("qr_code.png", scale=10)
# 주어진 url을 QR Code로 만들어서 하는 경우에는 인자로 넣을 수 있습니다.
img = qrcode.make(url, module_factory=ImageModuleFactory)
img.save("qr_code.png", scale=10)
```

#### 비지도 (unsupervised) 학습

비지도학습은 지도학습과 달리 정답(라벨)이 없는 데이터에서 패턴이나 구조를 찾아내는 방법입니다. 비지도학습에는 비슷한 것끼리 묶어주는 군집화 (clustering), 음악추천과 같이 서로 관련된 특징을 찾아내는 연관(association)분석 등이 있습니다.

#### 컴퓨터 비전(CV)의 활용분야

- 컴퓨터 비전(CV)은 컴퓨터가 이미지를 보고, 이해하고, 분석할 수 있도록 하는 기술입니다.
- K-water에서도 CCTV, 위성용 활용한 수채 탐지, 관로 및 변시설물의 결함 검출 등에 사용되고 있습니다. 이외에도 CV는 다양한 분야에 활용될 수 있습니다.
- (이미지) ①이미지 분류, ②객체 식별, ③객체 감지 및 위치 지정, ④객체 및 인스턴스 분할, ⑤자세 추정
- (비디오) ①객체 추적, ②동작 인식, ③동작 추정
- 이미지에 대해 사전학습(pre-trained)된 정보를 활용하여 풀링, 가산 및 인페인팅 수정
- 물체를 픽은 사전(또는 라이다) 스캔을 변환하여 3D 디지털 객체로 재구성(NeRF 등)

### K-water AI Lab.

#### AI 기술보고서 정식 발간

- AI 연구센터에서 디지털 전환 가속화와 AI 기반 미래기술 R&D 선도를 위해 'K-water AI 개발 기술 보고서'를 발간했습니다.
- 해당 보고서에는 AI 일반사항부터 실무 적용에 초점을 맞춘 상세한 가이드라인을 담았습니다.
- 문헌정보관에서 대외, 원문보기, 회사의 전자책 앱을 통해 e-Book으로 확인할 수 있습니다.

#### K-water AI 기술세미나

- 최근 급속도로 발전하고 있는 AI 기술의 최신동향 및 실무적용을 위해 올해 15회의 기술세미나 계획을 수립하였습니다.
- 최근 화제가 되고 있는 자연어처리(NLP), NeRF 등의 최신 기술과 사례 주요 사업에 직접적으로 관련된 AI 기술 및 실제 적용사례, 사례를 활용하기 위한 Python 고급기술 등을 다룰 예정입니다.

#### AAiCON 2023 참가

- 시연구현터에서는 지난 2월에 개최된 제2차 실용 인공지능 학술대회에 참석하였습니다.
- 세부 프로그램으로는 역량강화 부트캠프, 논문, 생생 시뮬레이션 등이 있었습니다.

#### 문의

주경원 선임 (7840)  
이소영 사원 (7341)

#### 깃허브 & 홈페이지

**AI will not replace you. A person using AI will.**

