



탄소중립을 위한 기후기술: Membrane Technology

홍승관 교수

건축사회환경공학부



발표를 시작하면서

고려대의 탄소중립 노력

더 늦기 전에, 2045 탄소중립

고려대학교

탄소중립 선언식

📅 2022. 06. 21. 🕒 15:30 ~ 16:30
📍 고려대학교 SK미래관 최동현홀

프로그램

- 고려대학교 탄소중립 선언문 낭독
- 고려대학교 탄소중립 캠퍼스 조성 MOU 체결
- 고려대학교 탄소중립계획 발표
- 구상한 탄소중립 실천 제안

인사말 Greeting

고려대학교 탄소중립 선언식에 초대합니다.
지속가능한 발전목표와 ESG 및 기후변화에 적극 대응하기 위한
고려대학교의 탄소중립 이행 선언에 동참해 주시기 바랍니다.

고려대학교 ESG위원회 (탄소중립실명소위원회)

프로그램 Program

시간	주요내용	출연
15:30 - 15:33	개식선언 및 내빈소개	
15:33 - 15:38	개회사	장인해 고려대학교 총장
15:38 - 15:43	축사	한원진 환경부 장관
15:43 - 15:50	고려대학교 탄소중립 선언문 낭독 및 동영상시청	
15:50 - 16:00	탄소중립 캠퍼스 조성 MOU 체결	고려대학교 / 한국환경공단 / 한국에너지공단 / K-Water
16:05 - 16:15	고려대학교 탄소중립계획 발표	이우경 오명태연구소연구원
16:15 - 16:30	구상한 탄소중립 실천 제안	고려대학교 구성원
16:30 - 16:31	폐식 선언	

고려대학교
KOREA UNIVERSITY

GrEEN Carbon

사업단

Graduate school of Energy and Environment for the Neutralization of Carbon

고려대·KIST
에너지환경대학원
GREEN SCHOOL

KIST
Korea Institute of
Science and Technology

탄소중립

MISSION

탄소중립 실현 전과정 현장형 융합 전문가 양성

VISION

탄소중립 분야 국내 최고 융합 인재 양성 기관

1. 탄소중립 기술 및 정책 정량 평가 가능한 고급 전문가 양성
2. 산업체 및 공공기관의 니즈에 부합하는 인재 양성 시스템 구축
3. 실질 탄소중립 달성을 위한 산학연 교육 및 연구 프로젝트 수행

CORE VALUES



현장맞춤형
융합인재



우수 교수진
최신 커리큘럼



산학연계
자립화



인적·물적
글로벌 네트워크



목차

- 1 기후변화와 탄소중립기술
- 2 물인프라의 탄소중립
- 3 저탄소 막기술 혁신



- 연평균 이산화탄소 (CO₂)의 배출량은 399억 톤, 흡수량은 217억 톤이며, 대기중 이산화탄소는 매년 약 187억 톤씩 증가
- 연평균 메탄(CH₄) 배출량은 5억 7,600만톤 흡수량은 5억 5,600만 톤으로, 대기중 메탄은 매년 약 1,820만 톤씩 증가
 - ✓ 메탄의 지구온난화지수는 이산화탄소의 28배
- 연평균 아산화질소(N₂O) 배출량은 질소 기준으로 1,700만 톤, 흡수량은 1,350만톤으로, 매년 약 430만 톤씩 증가
 - ✓ 아산화질소의 지구온난화지수는 이산화탄소의 265배

탄소중립

6대 온실가스 중에서 이산화탄소(CO₂)의 순배출을 제로화 시키는 활동.

(이산화탄소(CO₂), 메탄(CH₄), 아산화질소(N₂O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF₆))

기후중립

6대 온실가스 모두의 순배출을 제로화 시키는 활동.

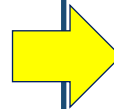
* 넷제로 (Net Zero)

지구 기후에 변화를 초래하는 온실가스 배출과 흡수가 균형에 이른 상태

(IPCC의 'Net-zero'는 CO₂를 포함한 모든 온실가스의 순배출을 제로화 하는 개념)

부문별 비전 및 전략 수립 (기술 포함)

- 1) 에너지 공급
- 2) 산업
- 3) 수송
- 4) 건물
- 5) 농축수산
- 6) 폐기물 및 탄소흡수원



과학기술정보통신부 보도자료 *다시 대한민국 / 새로운 국민의 나라*

보도시점 2023. 5. 19.(금) 10:00 배포 2023. 5. 18.(목) 14:00
(2023. 5. 19.(금) 석간)

한국형 탄소중립 100대 핵심기술 확정 본격적인 탄소중립 기술개발 청사진 제시

- 국가과학기술자문회의 산하 제7회 탄소중립기술특별위원회 개최 -

- 국내 여건 등을 고려, '한국형 탄소중립 100대 핵심기술 선정(안)' 확정
- 석유화학·철강·시멘트 분야 '탄소중립 기술혁신 전략 단계별 이행안(로드맵)' 발표
- 기업 탄소감축 효과를 뒷받침하는 '탄소발자국 점검(모니터링) 기술 육성 전략' 발표
- '제3차 탄소흡수원 증진 종합계획('23~'27)' 심의 등

탄소중립 기술핵심

1. 탄소가 발생하지 않는 에너지를 사용
2. 에너지 사용 효율을 최적화 함으로써 탄소발생을 최대한 억제
3. 발생하는 탄소를 포집/활용/저장하여 대기에 방출되는 양을 조절

탄소중립 17개 분야 100대 핵심 기술 선정

(여)

에너지 전환 (총 35개)

태양광, 풍력, 수소공급, 무탄소 전력공급, 전력저장, 전력망, 원자력 등 8개 분야



초대형 풍력 터빈



고온-초저온 히트펌프

산업 (총 44개)

철강, 석유화학, 시멘트, CCUS, 산업일반 등 5개 분야



수소환원제철



탄소 포집 활용

수송·교통 (총 13개)

친환경자동차, 탄소중립 선박 등 2개 분야



차량용 이차전지 시스템



선박 전기추진 시스템

건물·환경 (총 8개)

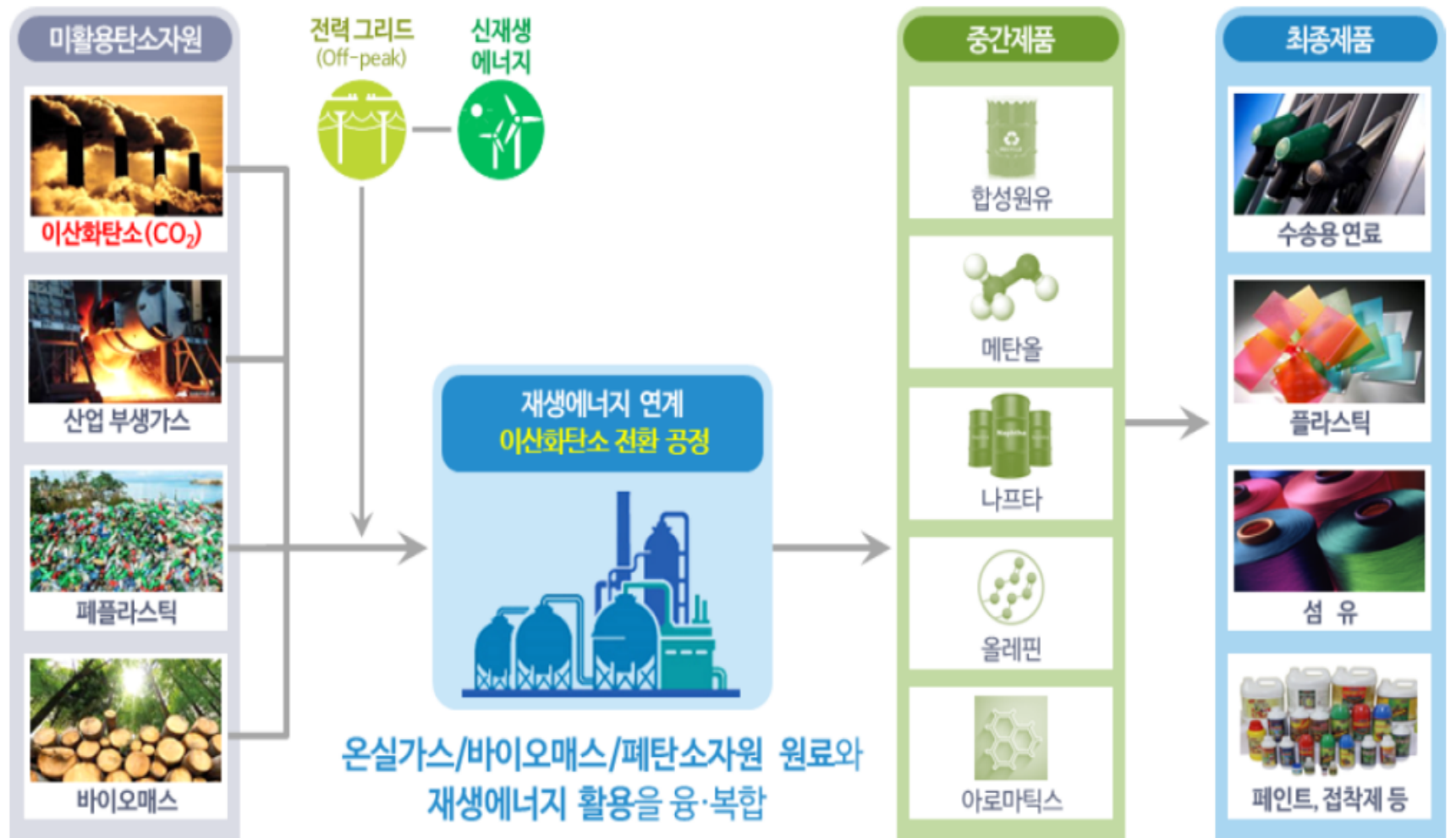
제로에너지건물, 환경 등 2개 분야



건물 신재생에너지 융합 시스템



국토 탄소 흡수 증진



출처 「CCUS 기술의 현황과 미래」(한국화학연구원)

CCUS의 막기술적용 : 친환경선박

산업통상자원부 **보도자료** *다시 도약하는 대한민국 함께 잘사는 국민의 나라*

보도 일시	2023. 1. 5.(목) 11:00 < 1.6.(금) 조간 >	배포 일시	2023. 1. 5.(목)
발달 부서	제조산업정책관 조선해양플랜트과	책임자	파 장 승원주(044-203-4330)
		발달자	주우관 정희성(044-203-4339)

2022년 국내 조선업, 고부가·친환경 선박 시장 점유율 1위 달성
 - 18년 이후 최대 수주 점유율 37% 달성 -
 - 고부가, 친환경 대표선박인 LNG 운반선 세계 점유율 70% 달성 -

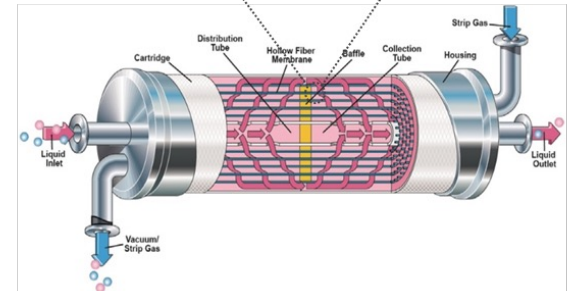
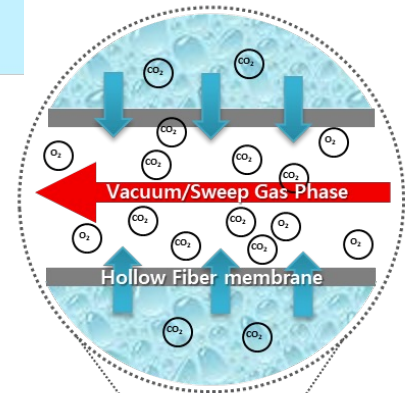
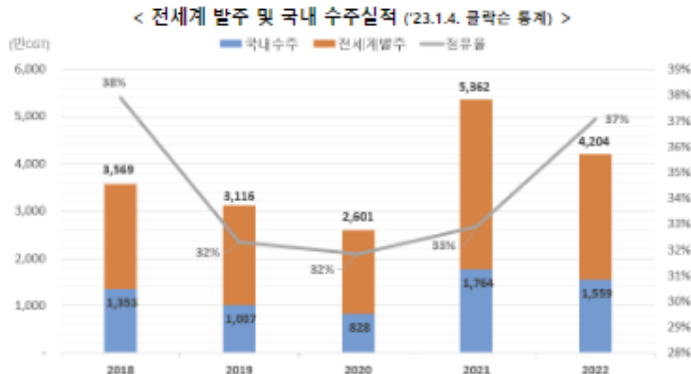


선박 적용을 위한
CO₂ 제거 공정 개발

□ 산업통상자원부(장관 이창양)는 우리나라 조선산업이 '22년 한 해 동안 전 세계 발주량의 37%인 1,559만 CGT(466억톤)를 수주하여, '18년도 (38%) 이후 최대 수주 점유율을 기록하였다고 밝혔다.

○ 특히, '22년은 '21년 대비 전 세계 발주량이 22% 감소하였으나, 국내 조선산업의 세계 시장 점유율은 지난해보다 4%p 높은 37%를 기록하였다.

○ 이는 지난해 고부가·친환경 선박 분야의 발주가 많았고, 우리나라가 동 분야에서 높은 기술경쟁력을 가지고 약진한 결과로 평가된다.



막탈기 장치

*3M™ Liqui-Cel™ Extra-Flow Membrane Contactors

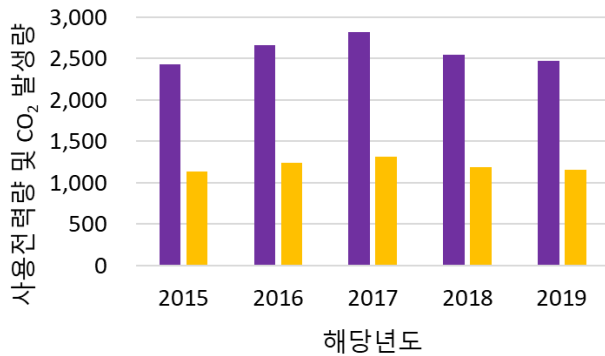
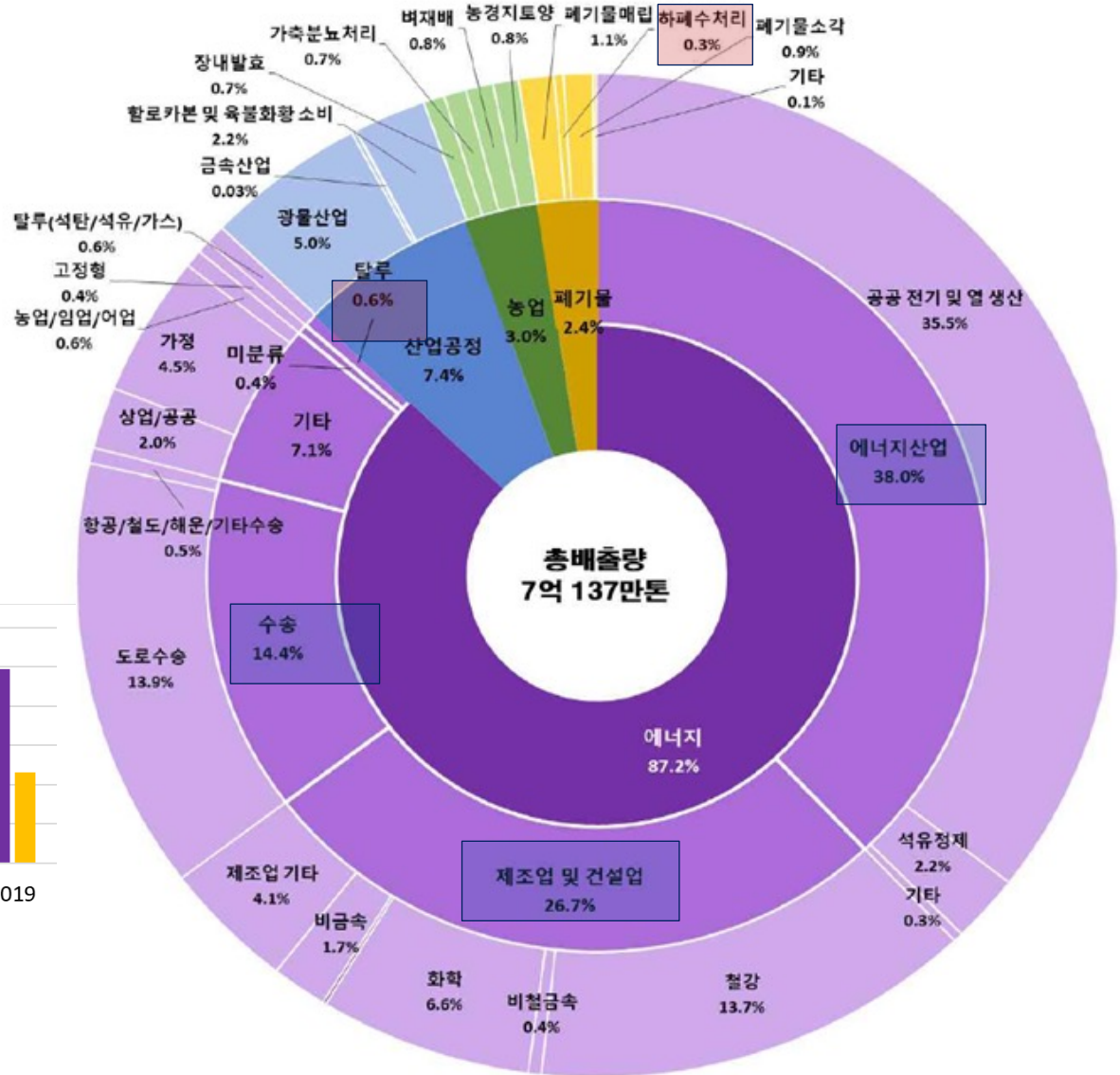


목차

- 1 기후변화와 탄소중립기술
- 2 물인프라의 탄소중립
- 3 저탄소 막기술 혁신

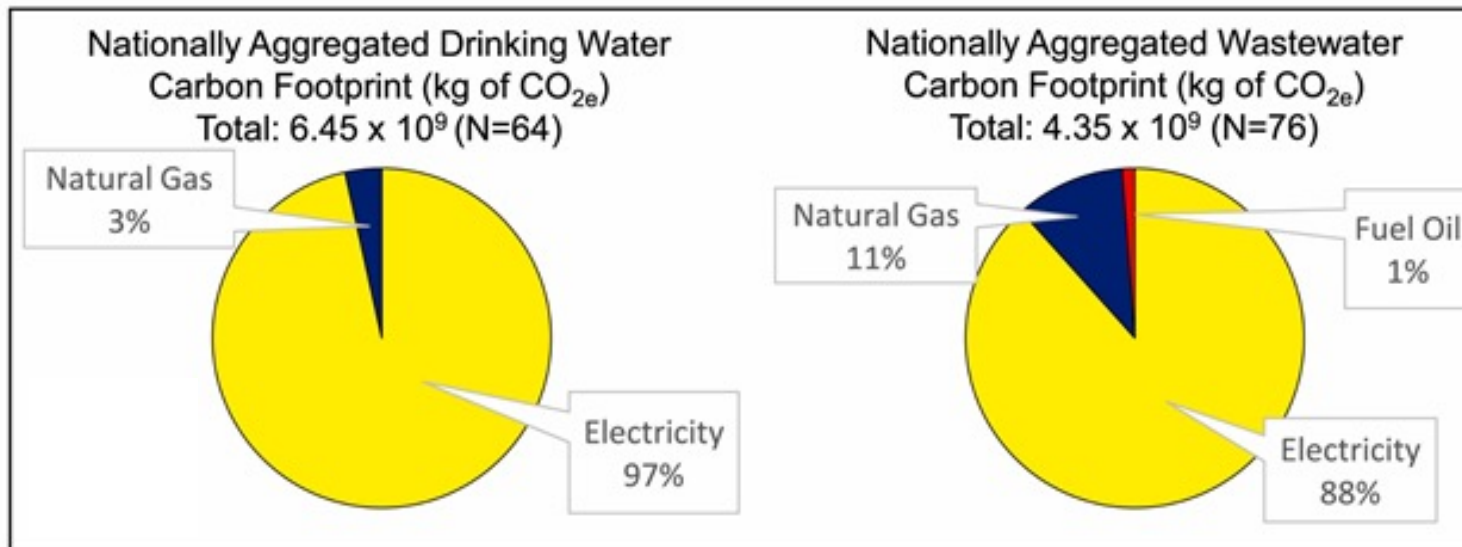


산업 분야별 탄소배출 현황



상수도분야: 1.62%

The energy used to supply water to cities and clean used water is responsible for 3 – 8% of global greenhouse gas emissions. (<https://iwa-network.org/energy-and-carbon-neutral-water-cities/>)

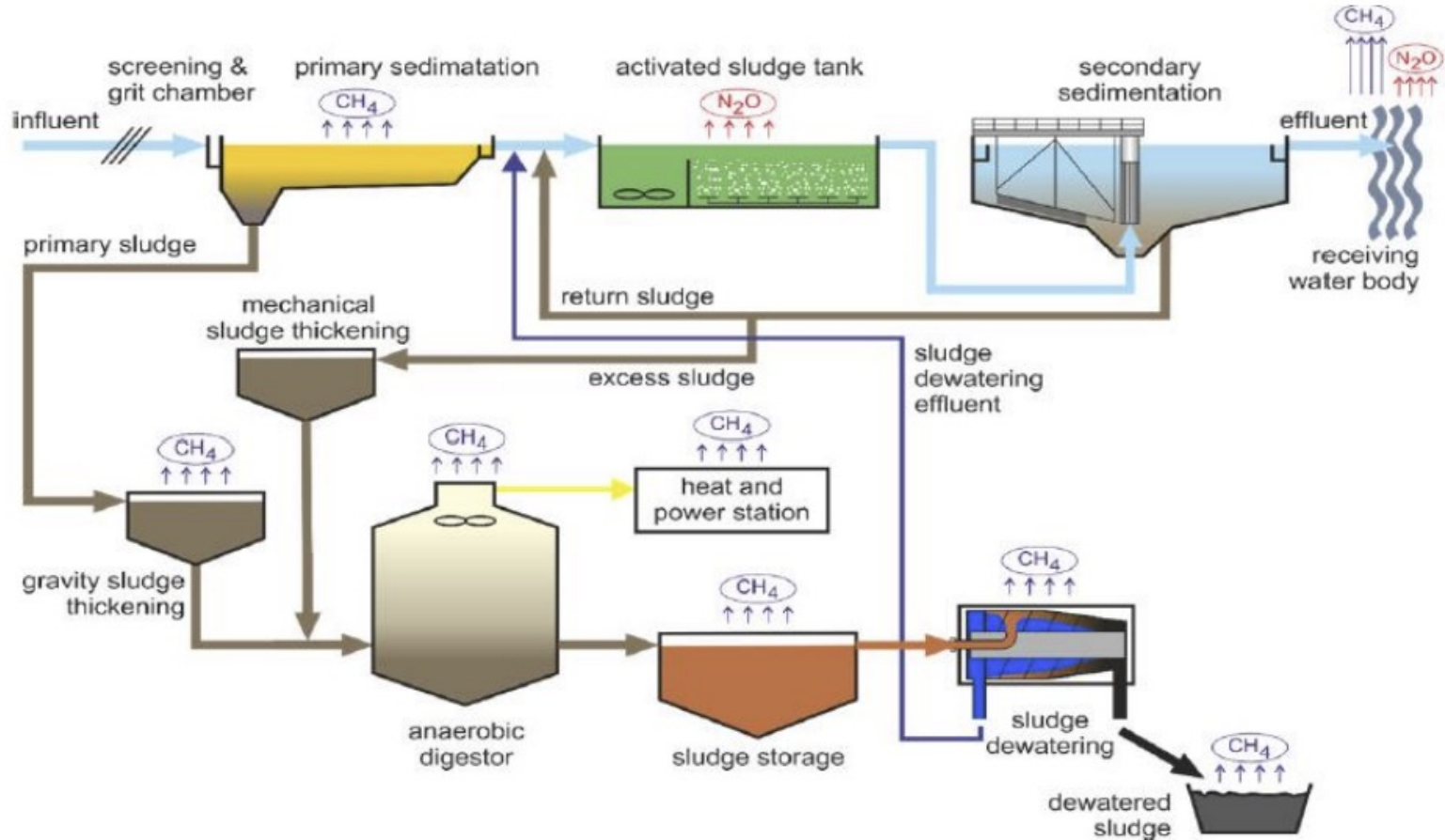


Zib III, J. Clean. Prod., 2021

정수처리: 0.46 kg-CO₂/m³

하수처리: 0.38 kg-CO₂/m³

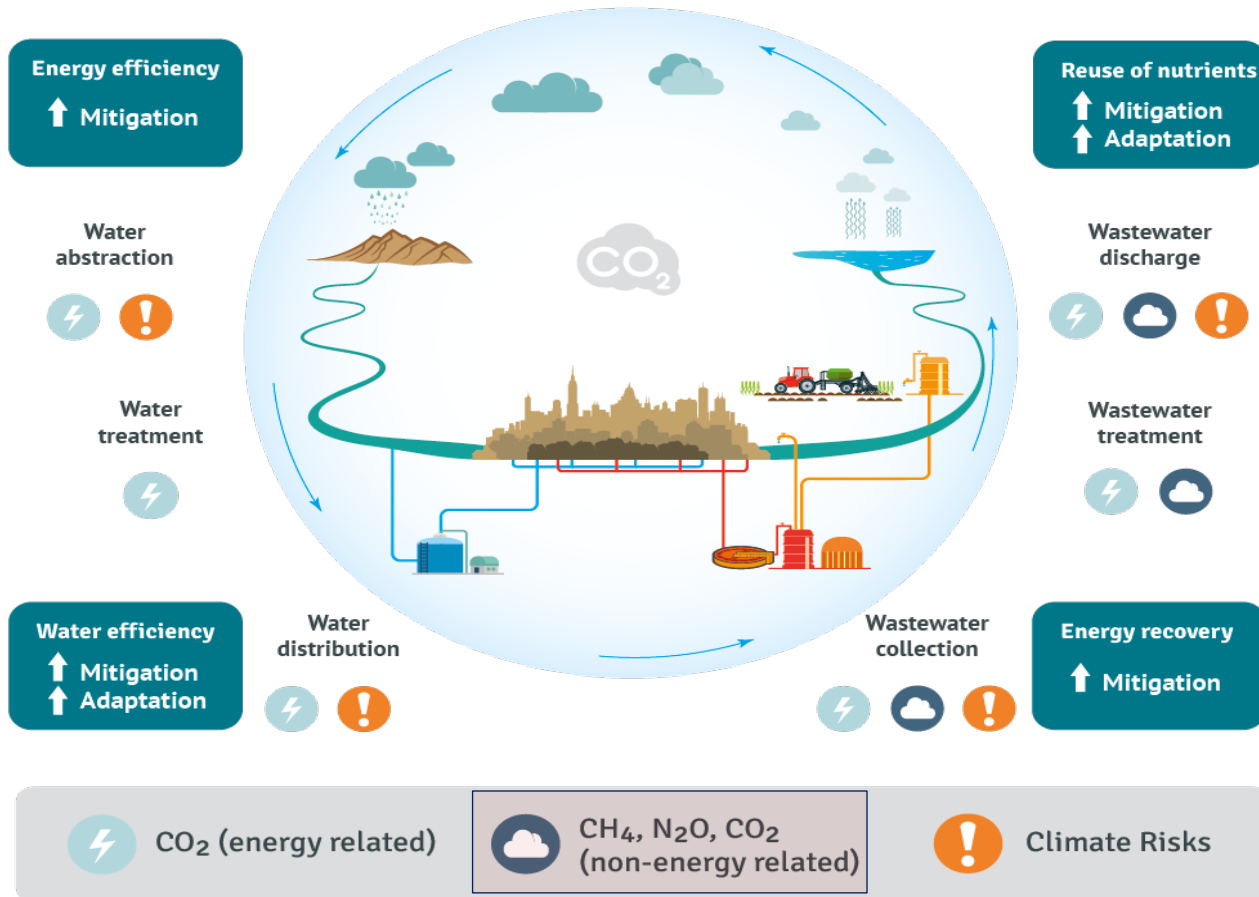
혐기소화 구축된 하수처리장 GHG 발생



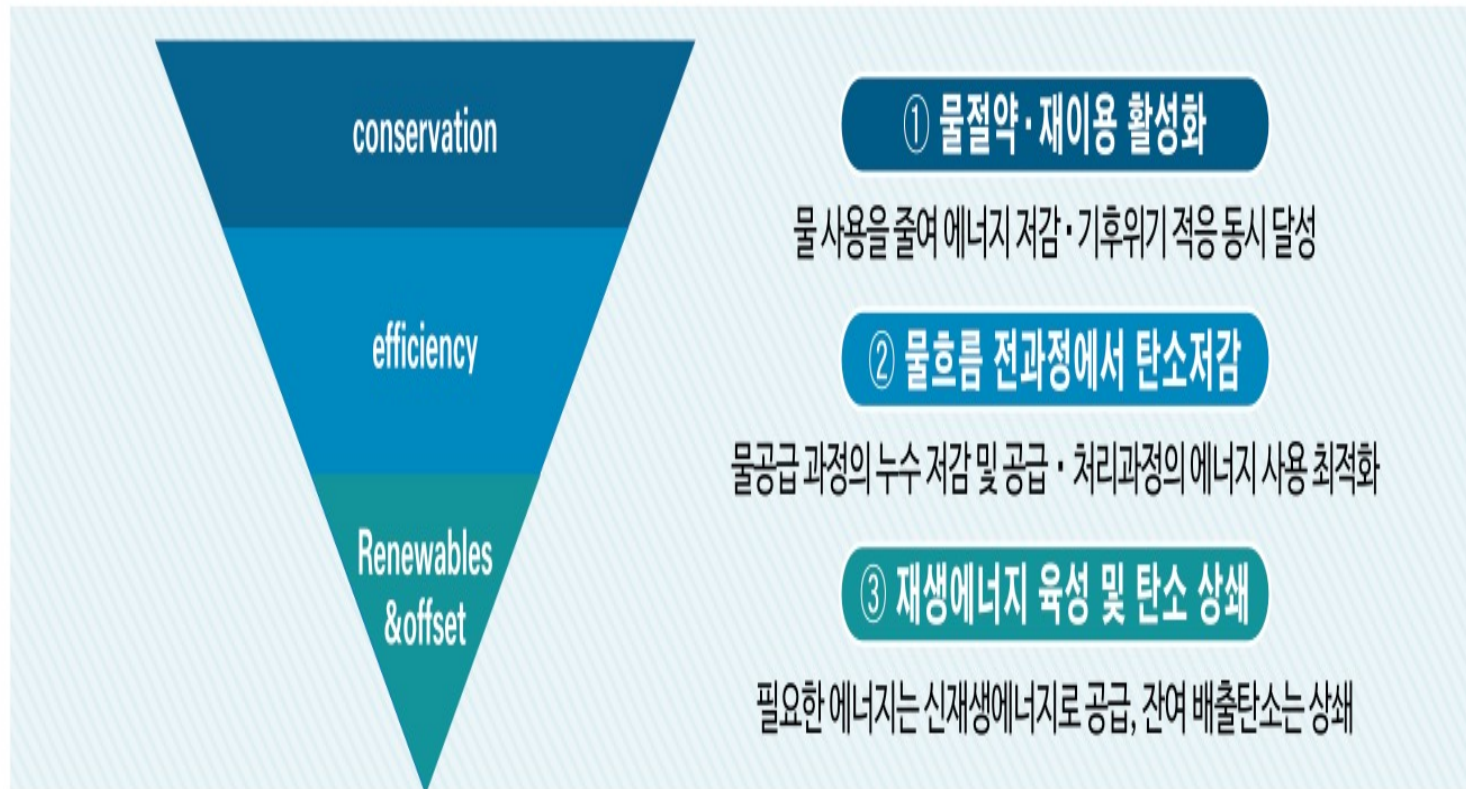
- 25 kg CO₂e/kg CH₄, 298 kg CO₂e/kg N₂O

(출처: Greenhouse Gas Emissions from Wastewater Treatment Plants, Energy Procedia, 97, 246-253, 2016)

Mitigation and adaptation in the urban water cycle



(Source: WaCCliM (Water and Wastewater Companies for Climate Mitigation))



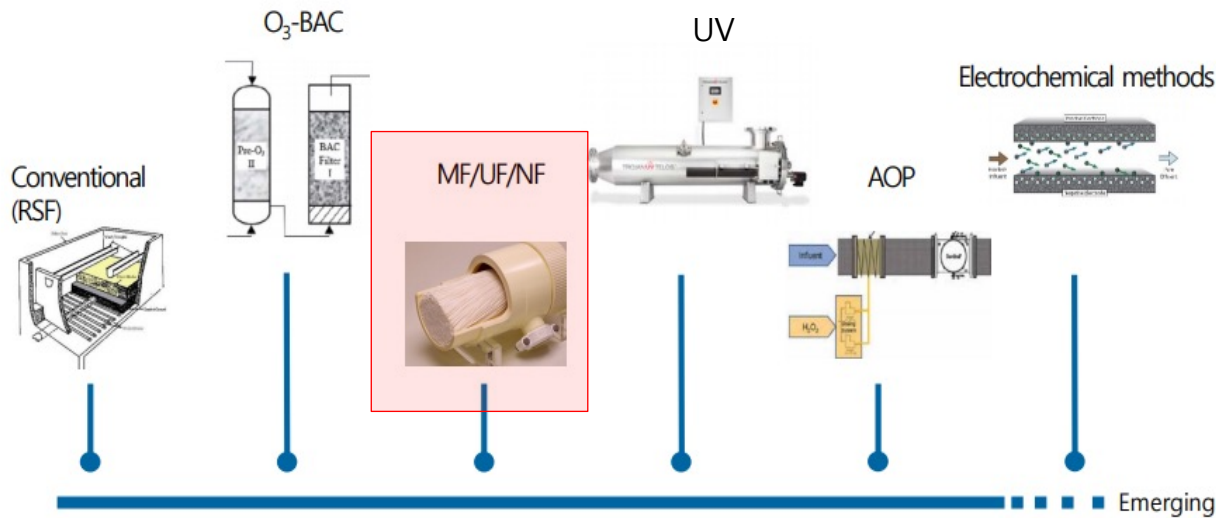
(출처) 2021년 물관리분야 업무계획, 환경부

탄소중립 정수장 추진 (Kwater)

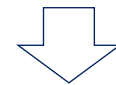


(출처: Kwater 수도권리처)

정수처리 기술의 발전과정



강화된 수질기준에 따라
다양한 고도정수처리 도입



에너지 사용량 증가
저탄소 기술 도입 필요

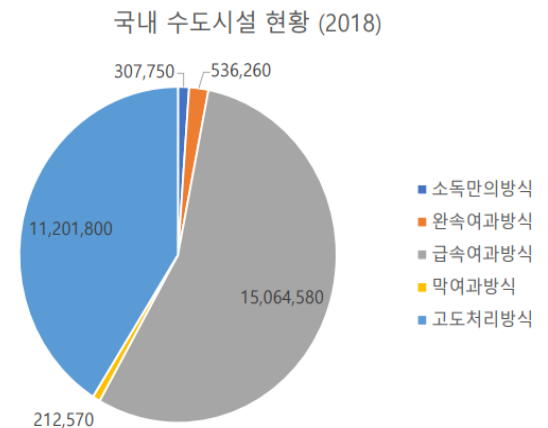
↑
Micropollutants
DBPs

↑
Protozoa
NOM

↑
EDCs, PhACs,
PPCPs

↑
Decentralized
system

Source:물관리선진화포럼 (이상호교수)



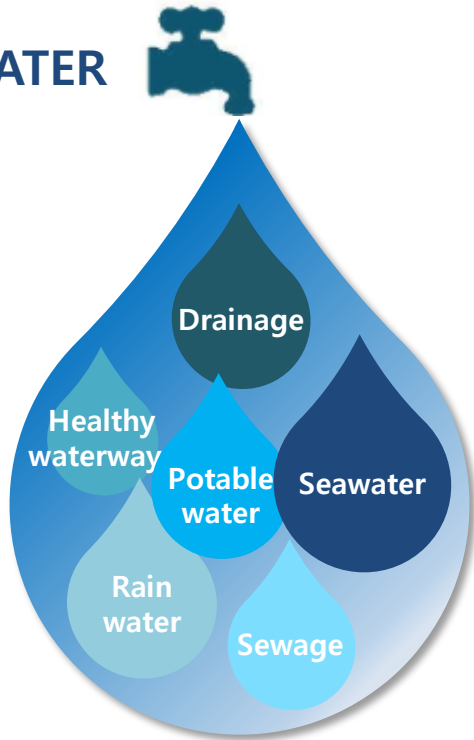


목차

- 1 기후변화와 탄소중립기술
- 2 물인프라의 탄소중립
- 3 저탄소 막기술 혁신



ONE WATER



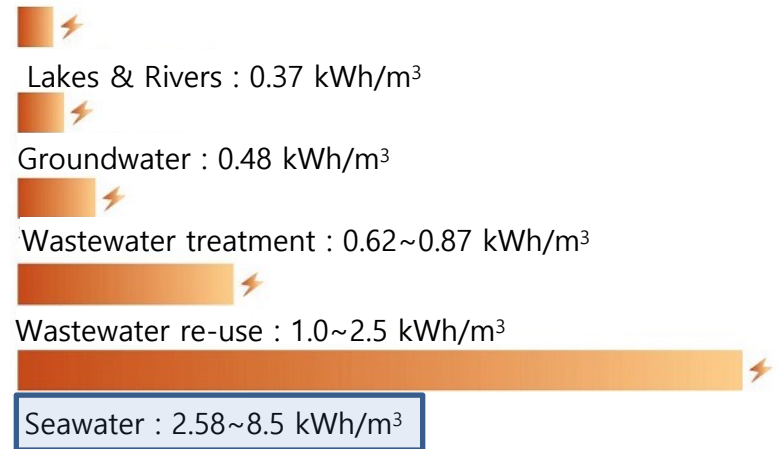
Water reuse



Seawater desalination



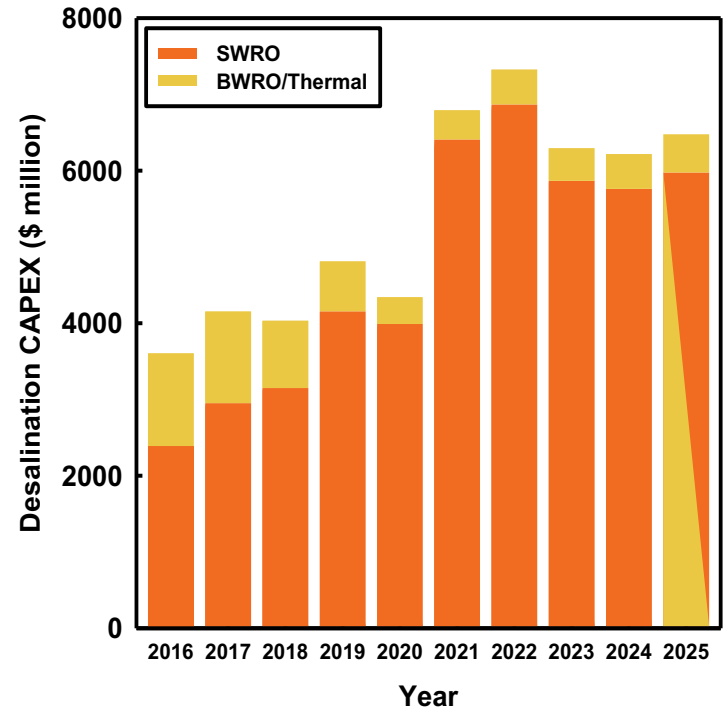
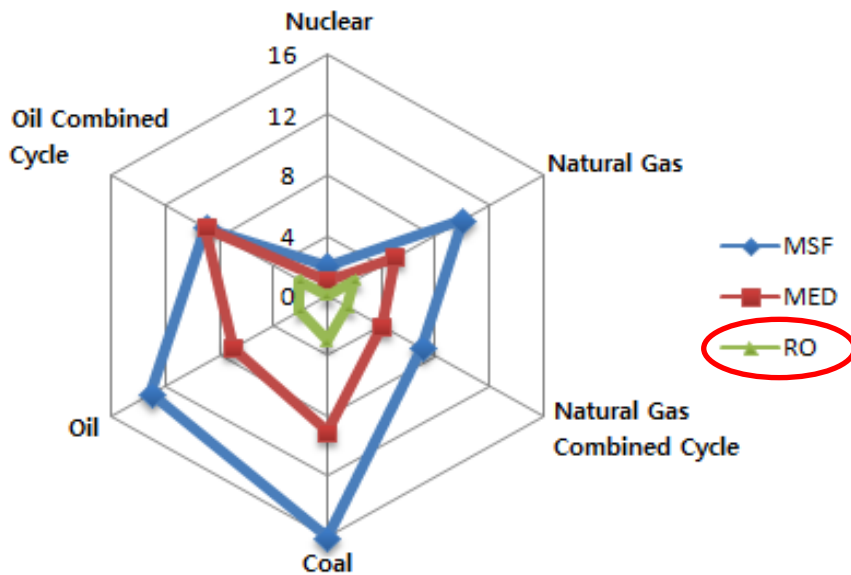
(The United Nations Water Development Report, 2014)



Seawater desalination is more economically feasible than water reuse when considering the construction of new pipe networks.

$H_2O - CO_2 \Rightarrow$ **Low Carbon**
(신재생에너지 연계)

Comparison of CO₂ emission for different processes



증발법 대비 역삼투막 해수담수화 공정 증가

환경부 (국토부)

중동지역 맞춤형 저에너지 해수담수화플랜트 기술개발 연구단



- 목표 : 세계 최고의 저에너지 해수담수화플랜트 개발
- 기간 : 2016.06.30. ~ 2022.12.15. (총 6.5년, 5차 연도)
- 연구개발비 : 기존 40,796 백만원 (정부출연금: 25,770백만원, 민간부담금: 15,026 백만원)
→ 최종 41,933 백만원 (정부출연금: 27,362 백만원, 민간부담금: 14,571 백만원)

1세부

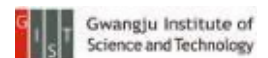
- 연구단 운영 및 관리
- UAE 연구팀과의 협력
- 2nd pass RO를 대체하기 위한 기술 개발 (CDI & IX)

2세부

- 저에너지 전처리 및 RO 시스템 개발
- 저에너지 SWRO막
- 저에너지 RO 시스템 (<2.5 kWh/m³)

3세부

- 1000 m³/day 실증 플랜트 설계 및 구축(에너지소비 3.3kWh/m³)
- O/M 비용 5% 절감 기술 개발
- 고압형 역삼투 실시간 막오염 모니터링



중동 지역 해수담수화 플랜트 에너지 분석

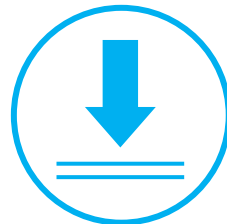
Country	Plant	Year	Capacity [MLD]	Avg. TDS [mg/L]		Avg. temp. [°C]	Pretreatment		Configuration	Recovery [%]		ERD	SEC [kWh/m ³] Plant
				Feed	Product		Flotation	Filtration		SWRO	BWRO		
Bahrain	Al Dur	2012	218	47,000	200 ^a	28	DAF	DMF	Full two-pass	42	90	PT	5.4
KSA	Sadara	2016	149	45,000	40 ^b	27	DAF	UF	Full two-pass	45	90	PX	4.4
	Al Khobar 1	2020	210	48,000-53,000	n/a	15-38	n/a	n/a	Two-pass	34	n/a	PX	4.0
Kuwait	Shuwaikh	2010	136	45,000	< 300 ^a	27	DAF	UF	Partial two-pass	42	90	PX	N/A
Qatar	Ras Abu Fontas A3	2017	164	45,900	n/a	25	DAF	UF	Two-pass	43	n/a	PX	4.5
	Umm Al Houli Expansion	2021	282	45,900	< 135	15-37	DAF	UF	Two-pass	45	90	PX	3.6
UAE	Ghalilah	2015	68	42,000	500	27	DAF	UF	Single-pass	40	-	PX	3.0
	Layyah	2008	23	37,400	450	28	DAF	DMF	Single-pass	42	-	PX	4.0
	Palm Jumeirah	2005	64	42,000	n/a	28	-	UF	Full two-pass	35	90	DW	4.1
	Al Zawrah 2	2016	45	42,000	500	28	DAF	UF	Single-pass	40	-	PX	N/A
	Hamriyah	2014	91	42,000	500	27	DAF	UF	Single-pass	N/A	-	PX	N/A

Single-pass RO

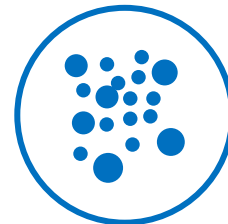
아라비아만 SWRO 해수담수화 특징



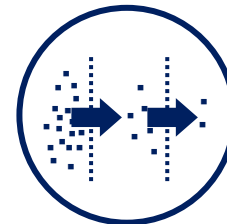
1 고염에 따른 고압 운영



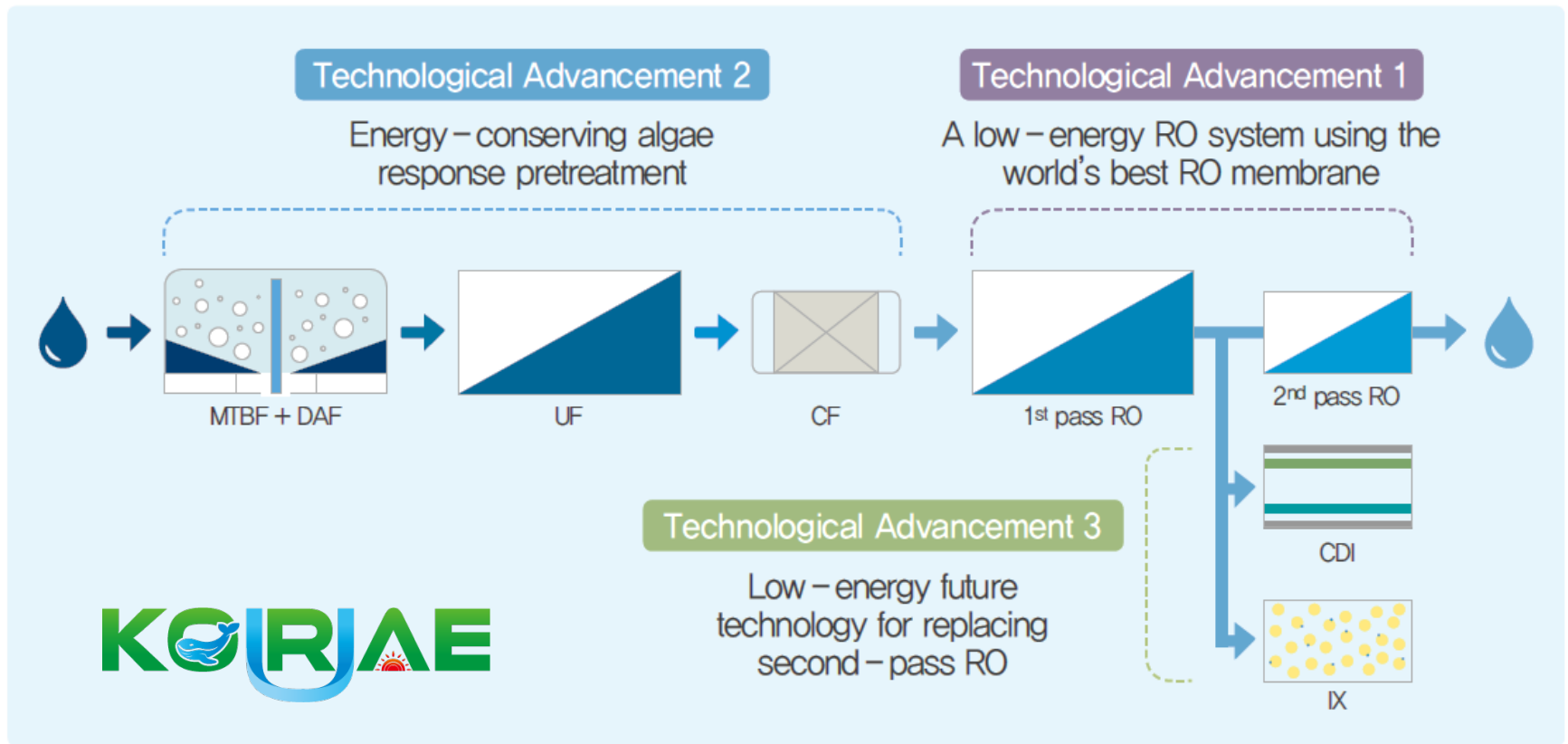
2 에너지 집약적인 전처리 설비 활용



3 생산수 염도 저감 BWRO 사용



높은 에너지 소모



저에너지 해수담수화 기술 개발 (UAE공동 연구)

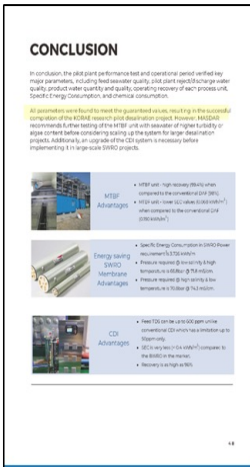
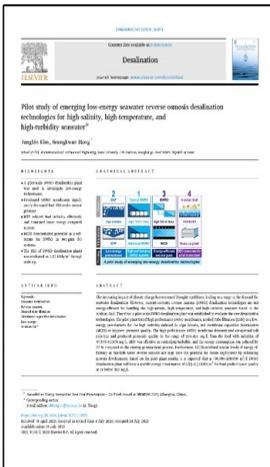
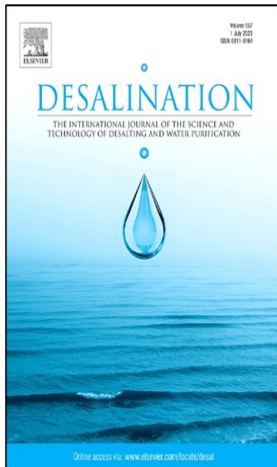
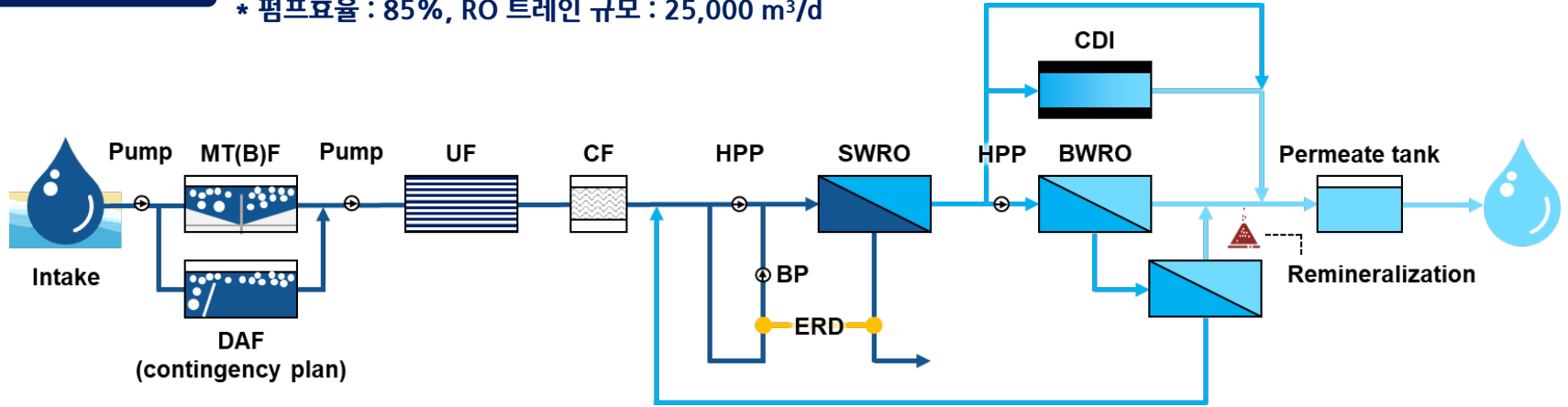


에너지효율성 목표 달성



환산 조건

규모 : 100,000 m³/d, 염도 : 42,000 mg/L, 온도 : 30 °C
 * 펌프효율 : 85%, RO 트레인 규모 : 25,000 m³/d



구분	기표		달성	
	SEC (kWh/m ³)	생산수질 (mg/L)	SEC (kWh/m ³)	생산수질 (mg/L)
연구과제	≤ 3,3	≤ 500	2,89-3,14	≤ 300
상용화	≤ 3,3	≤ 200	3,01-3,27	≤ 200



IDA 2022
 WORLD CONGRESS
 SYDNEY, OCTOBER 9-13, 2022
 CHARTING RESILIENT
 WATER SOLUTIONS

**국제 저명
 담수화 학회 발표 및 수상**

국내 해수담수화 플랜트 사업



- 용량 : 100,000 m³/d
- 사업규모 : 2300억
- 에너지 효율 (SEC) : 3.61 kWh/m³



KORJAE

환경부 중동해담(코래)연구단:
국내 파일럿 플랜트 사이트



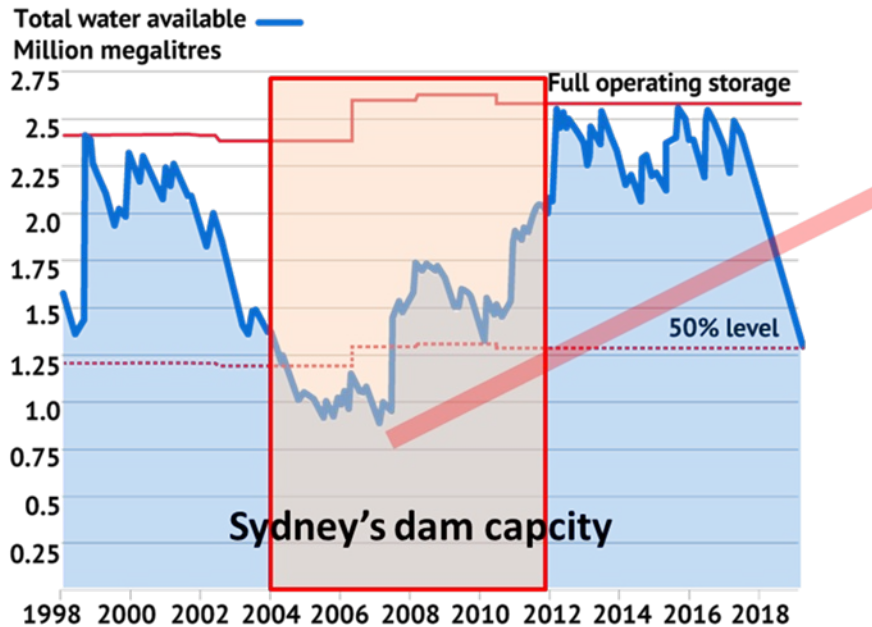
지역적/시간적 편차가 심한 가뭄에 대비한 해수담수기술

Shortage

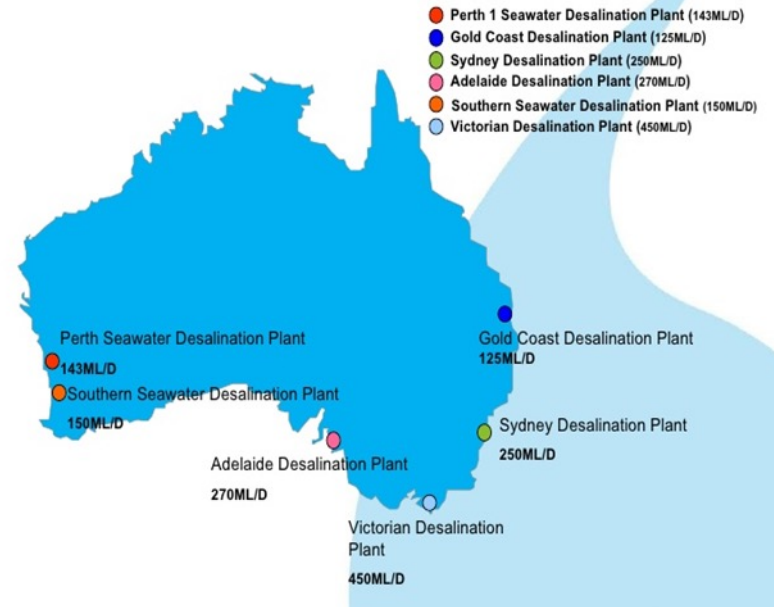


VS

Drought

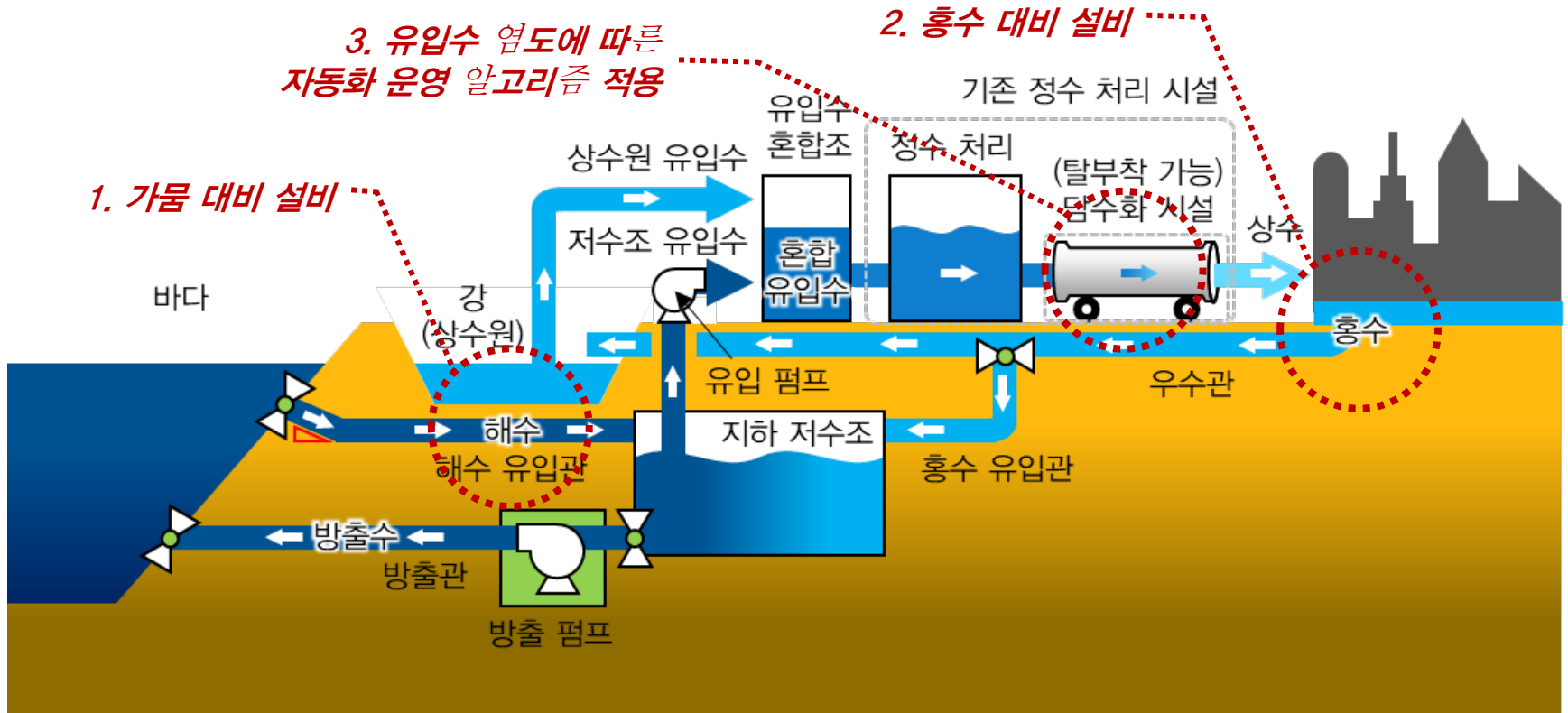


MAJOR DESALINATION PLANTS IN AUSTRALIA

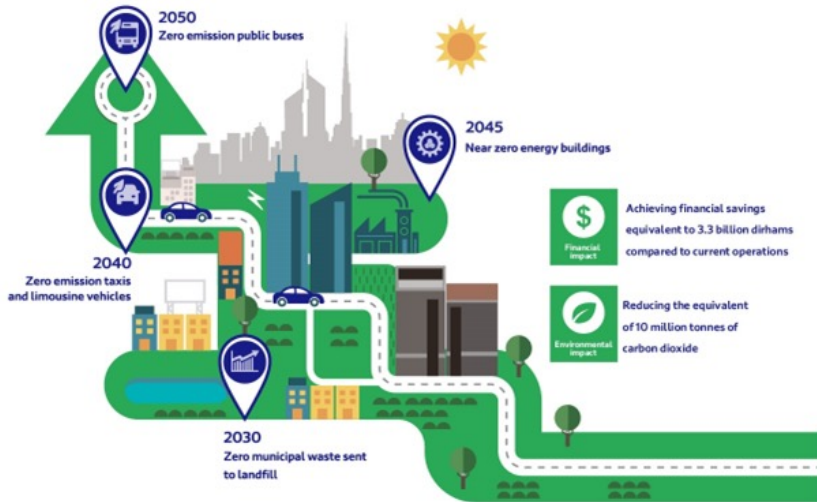




- 기후변화에 의한 가뭄 발생 시 물이 부족한 해안 및 도서 지역으로 이동하여 물 생산
- 임해지역의 재난 발생시 용수 공급
- 육상에 시설을 설치하는 대신, 바다 위에 떠있는 형태로 해수담수화 시설을 구축

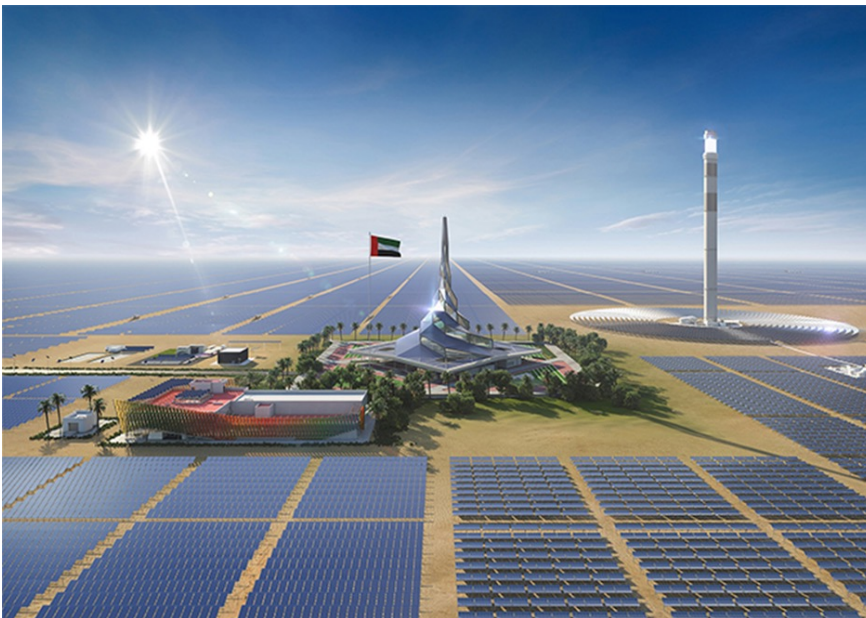


- 가뭄 및 홍수에 대응하기 위한 신개념 미래 정수장 제시 (정수장 + 지하 저수조 + 탈부착 담수화 시설)
- 가뭄 시, 기존 정수처리장을 해수 전처리 시설로 활용하고, 담수화 시설을 통해 음용수 내 염도 제거
 - 국내특허(등록) 10-2094704, 유럽특허(등록) 3587678 완료
 - 2019 World Drought Forum 수자원공사 사장상 수상



Mohammed bin Rashid Al Maktoum Solar Park

- 2012년에 시작된 프로젝트로 5단계로 나누어 두바이에 공급되는 전체 전기의 35%를 태양광 에너지로 대체 예정
- 세계 최대의 태양광 발전소 중 하나
 - 총 면적 : 77km²
 - 전체 용량 : 1,560MWp (최종 목표 : 3,000MWp)
- 발전 방식 :
 - 태양광 발전(Photovoltaic, PV)
 - 집광형 태양열 발전(Concentrated solar power)
- 발전 단가 : 5단계 프로젝트 중 2단계 \$5.89센트/KWh



HATTA PUMPED-STORAGE HYDROELECTRIC POWER STATION



THE FIRST OF ITS KIND IN THE ARABIAN GULF

Part of



Sheikh Mohammed bin Rashid's
development plan in Hatta



Located at
Hatta, Dubai



Cost
AED1.437 billion



To Generate
250 MW



To be
Commissioned
by February 2024



Lifespan of up to
80 years



To Provide

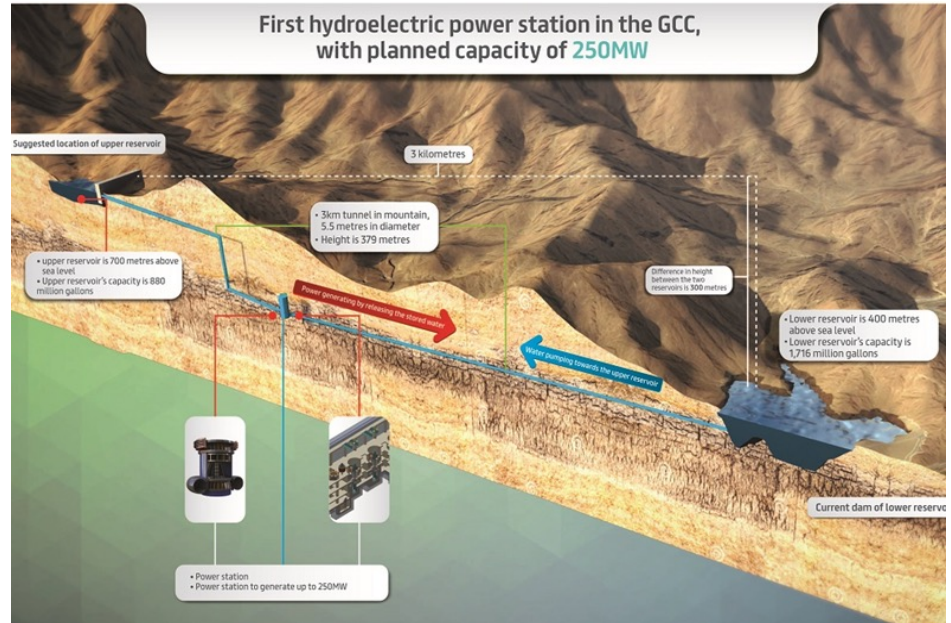
The Demand for
Electricity
90-second
response

The Efficiency of
Power Production
90%

75% of Dubai's total power output
from clean energy by 2050

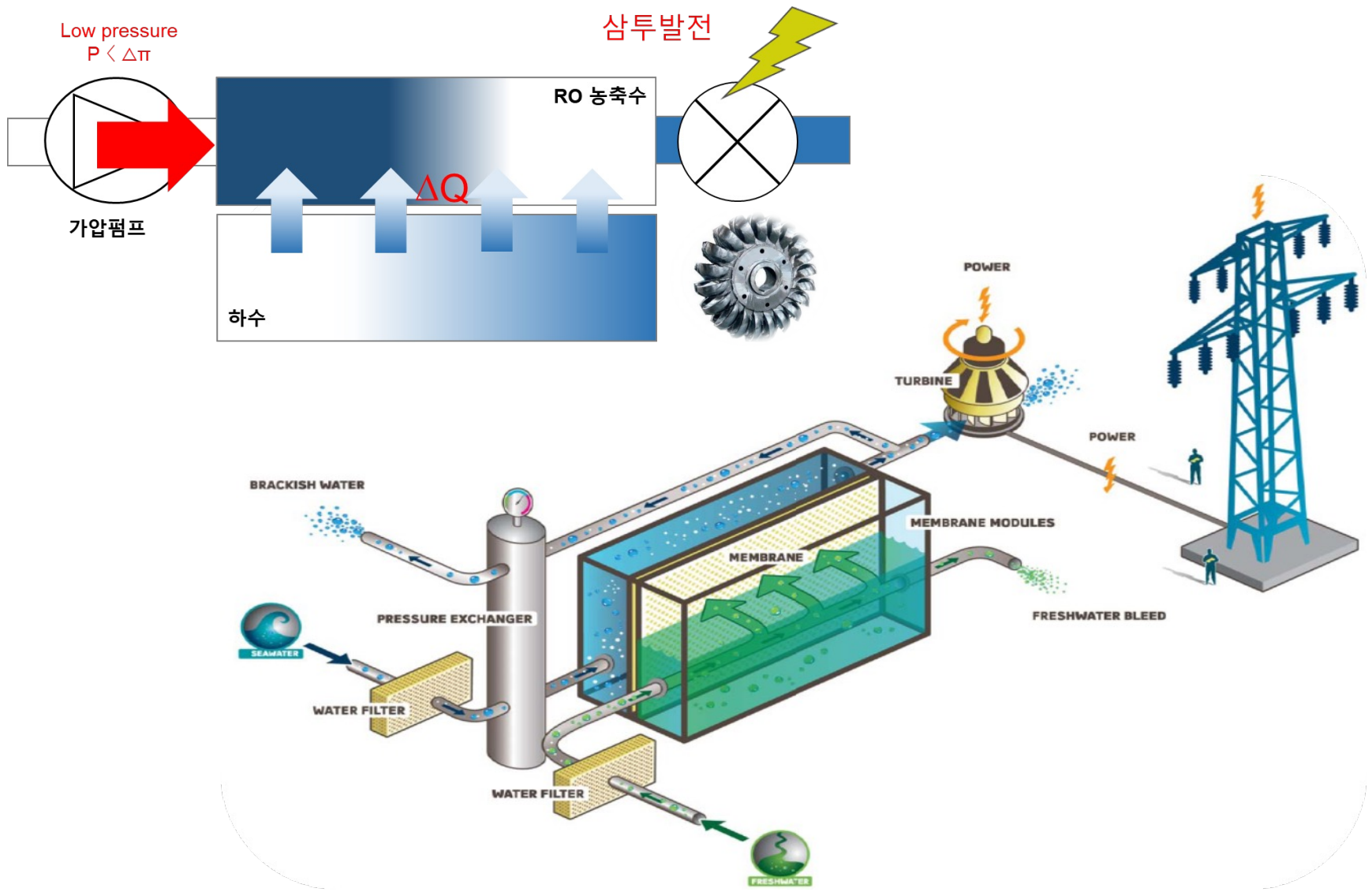
Aims to

Achieve the goals of
the Dubai Clean
Energy 2050



- UAE와 오만 국경의 Hajar 산맥에 위치한 Hatta 지역에 위치한 GCC(Gulf Cooperation Council) 최초의 수력발전소
- 250MW급의 발전소로 총 저장 용량은 1,500MWh, Hatta 댐의 300m 상부에 건설된 상부 저수지에서 1.3km의 관을 따라 물이 흐르며 터빈을 작동시키며 전기를 생산
- 전력 사용량이 적은 시간대에 Solar Park에서 생산된 신재생에너지를 활용하여 Hatta(하부) 댐의 물을 상부의 저수지로 Pumping하여 에너지로 저장 (78.9%의 발전/저장 효율)

신재생에너지 연계 물 인프라 : 삼투에너지 저장 및 발전





경청해 주셔서 감사합니다.