

CNI 세미나 2016-020

충청남도 수자원 관리 토론회

< 2. 수자원의 다변화와 효율적인 관리 >

2016. 3. 29.

장소 : 충남연구원 1층 대회의실



충청남도
Chungcheongnam-do



충남연구원
ChungNam Institute

충청남도 수자원 관리 토론회

< 2. 수자원의 다변화와 효율적인 관리 >

I 개요

☐ 목 적

- 충청남도 수자원의 안정적인 공급과 물통합관리를 위한 이슈를 도출하여 기획 시리즈의 토론회를 정기적으로 개최
- 지속가능한 수자원 관리 시스템 구축을 위하여 충청남도에서 적용 가능한 수원 다변화 방안과 최대 수자원 활용처인 농업용수의 효과적인 관리 방안을 모색하고자 함

☐ 일 시 : 2016. 3. 29(화) 14:00 ~ 18:00

☐ 장 소 : 충남연구원 1층 회의실

☐ 주 최 : 충청남도, 충남연구원

☐ 참 석 자 (총 20인)

- 충청남도, 충남연구원, 한국수자원공사, 한국농어촌공사, 관계 시·군, 학계, 전문가, 환경단체,물관리 관계기관

II 일정

시 간	내 용	
14:00~14:05	개회	사회 : 이상진 연구실장
14:05~14:10	환영사	
14:10~14:30	2016년 영농대비 농업용수 공급계획	한국농어촌공사 충남지역본부 김은수 부장
14:30~14:50	미래지향적 충남가뭄 대응체계	건국대학교 김성준 교수
14:50~15:00	휴식	
15:00~15:20	수원다변화와 해수담수화	K-water 연구원 상하수도연구소장 임재림
15:20~15:40	국내외 해수담수화 운영과 기술개발 현황	글로벌담수화연구센터 광주과기원 김인수 교수
15:40~15:50	휴식	
15:50~17:50	종합토론	좌장 : 허재영 교수
17:50~18:00	폐회사	

Ⅲ

발표 및 토론자

구분	성명	소속	이메일
발표	김은수 부장	한국농어촌공사 충남지역본부	uskim66@ekr.or.kr
발표	김성준 교수	건국대학교	kimsj@konkuk.ac.kr
발표	임재림 소장	K-water 연구원 상하수도연구소	jllim@kwater.or.kr
발표	김인수 교수	광주과학기술원	iskim@gist.ac.kr
좌장	허재영 교수	대전대학교	jyhuh@dju.kr
토론	최진하 소장	충남연구원 서해안기후환경연구소	hijina@cni.re.kr
토론	이용현 팀장	충남도청 물관리정책과	lyh641@korea.kr
토론	강석태 교수	한국과학기술원	stkang@kaist.ac.kr
토론	김홍상 선임연구위원	한국농촌경제연구원	hskim@krei.re.kr
토론	황성렬 상임의장	당진환경운동연합	phsy728@hanmail.net
토론	이상진 연구실장	충남연구원	@cni.re.kr
토론	김영일 연구위원	충남연구원 서해안기후환경연구소	yikimenv@cni.re.kr
토론	정우혁 연구위원	충남연구원 서해안기후환경연구소	mjjwh@cni.re.kr

2016년 영농대비 농업용수 공급계획

2016년 영농대비 농업용수 공급계획

2016. 3. 26.

발표 : 수자원관리부장
김은수



한국농어촌공사
충남지역본부

충청남도 수자원 관리 토론회

목차

- 1. 기상 및 가뭄 현상
- 2. 농업용수의 특성 및 농업기반시설물 현황
- 3. '15년 가뭄현황 및 '16년 필요수량 검토
- 4. 가뭄대비 농업용수 공급대책

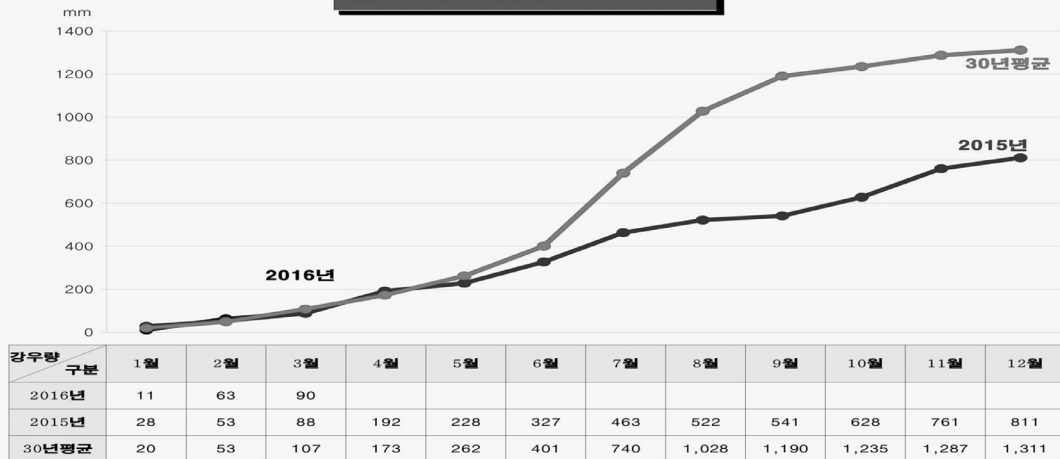
1. 기상 및 가뭄 현황

I. 기상 현황

● 강수량 현황

- 2015년 1월~ 현재까지 강수량('16.03.24 기준)은 901mm로 평년 1,410mm 대비 63.9%
- '15년 5월 ~ 9월 (급수기) 강수량 349mm로 평년 997mm 대비 35%
- '15년 10월 ~ 12월 강수량 270mm로 평년 79mm 대비 340%

강 우 현 황



3

한국농어촌공사 충남지역본부

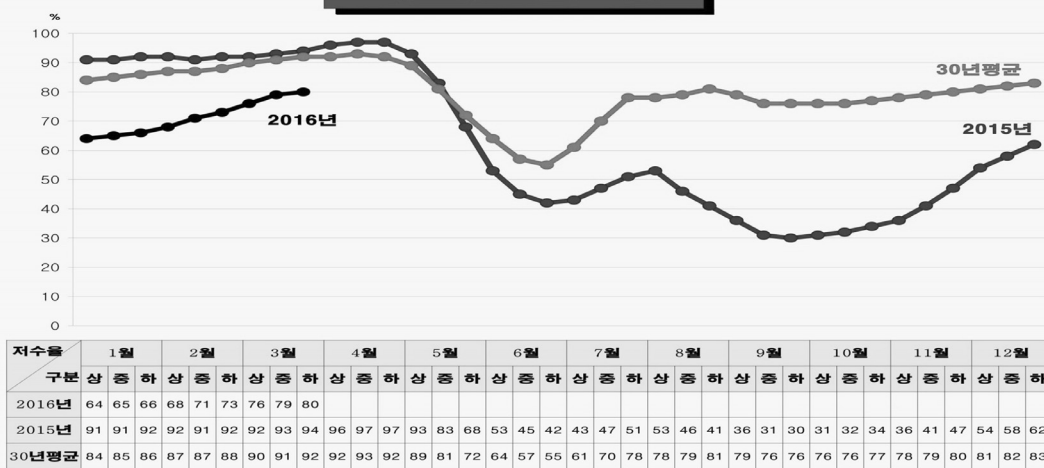
1. 기상 및 가뭄 현황

II. 저수현황

저수율 현황

- 2015년 1월~ 현재까지 저수율('16.03.24 기준)은 80.1%로 평년 92.1% 대비 87.0%
- 2016년 3월은 78%로 전년 93% 대비 15% 감소

저 수 현 황



4

한국농어촌공사 충남지역본부

2. 농업용수 특성 및 농업기반시설물 현황

I. 시기별 수요량

● 시기별 수요량

- 농업용수 공급시기 (4월~ 9월, 100%)

모내기(30일, 2%)	이앙기(31일, 27%)	유효분얼기(26일, 17%)	무효분얼기(10일, 9%)
수잉기(26일, 20%)	등숙초기(21일 15%)	등숙기(20일 10%)	

면적명 (지시명)	수원공 구분	시설물 (개소)	수해 면적 (ha)	유효 저수량 (천㎥)	모내기		본답기												필요수량 합계 (천㎥)
					모판설치 및급수		이앙기		유효본답기		무효본답기		유수형성기 (수잉기)		출수기 (등숙초기)		등숙기		
					4.11~5.10(30일)		5.11~6.10(31일)		6.11~7.5(26일)		7.6~7.15(10일)		7.16~8.10(26일)		8.11~8.31(21일)		9.1~9.20(20일)		
					공급량 (천㎥)	공급률 (%)	공급량 (천㎥)	공급률 (%)	공급량 (천㎥)	공급률 (%)	공급량 (천㎥)	공급률 (%)	공급량 (천㎥)	공급률 (%)	공급량 (천㎥)	공급률 (%)	공급량 (천㎥)	공급률 (%)	
충남	계	1,590	89,493.42	469,388	22,575.12	1.85	330,327.70	27.11	206,807.24	16.97	108,292.80	8.89	237,643.87	19.50	176,210.35	14.46	136,724.64	11.22	1,218,581.72
	저수지	229	51,665.90	320,405	12,202.66	2.25	147,779.59	27.25	94,375.91	17.40	44,973.49	8.29	98,721.57	18.20	90,497.48	16.69	53,771.42	9.92	542,322.12
	양수장	575	32,250.80	-	8,322.39	1.53	147,006.61	27.00	89,550.90	16.45	51,531.21	9.46	112,161.40	20.60	69,515.40	12.77	66,430.89	12.20	544,518.80
	양배수장	5	4,134.30	-	107.70	1.23	3,395.50	38.70	390.00	4.44	1,495.60	16.93	1,658.40	21.18	738.30	8.41	798.60	9.10	8,774.10
	배수장	179	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	취입보	420	1,416.16	-	263.70	3.34	2,344.90	29.74	1,235.30	15.67	569.60	7.22	1,574.60	19.97	1,279.70	16.23	617.30	7.83	7,865.10
	집수임기 (집수정)	34	36.26	-	0.07	0.29	6.80	27.87	4.43	18.16	1.90	7.79	4.90	20.08	4.27	17.50	2.03	8.32	24.40
	관정	123	-	-	18.00	5.56	104.00	32.10	45.00	13.89	21.00	6.48	68.00	20.99	42.00	12.96	26.00	8.02	324.00
	방조제 (담수호)	25	-	148,983	1,660.60	1.45	29,690.30	25.88	21,205.70	18.48	9,710.00	8.46	23,255.00	20.27	14,133.20	12.32	15,078.40	13.14	114,733.20

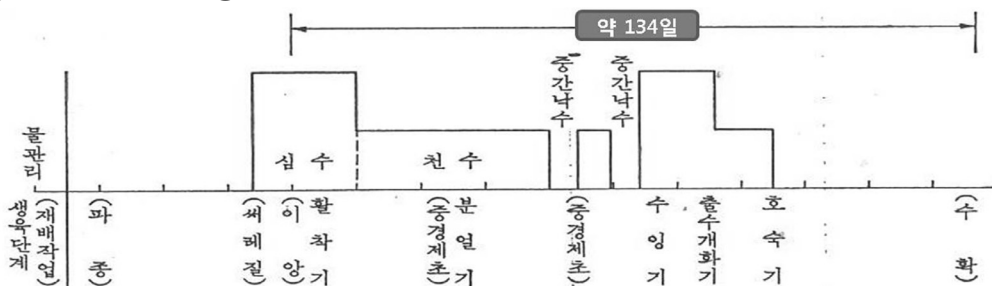
5

한국농어촌공사 충남지역본부

2. 농업용수 특성 및 농업기반시설물 현황

I. 시기별 수요량

● 생육단계별 물관리 방법



● 관개용수 부족시 물관리 방법

구분	용수의 필요정도	물 배분 방법	
		용수가 약간 부족	용수가 대단히 부족
이 앙 기	가장 필요	담 수	습 윤
유효분얼기	필 요	습 윤	단 수
무효분얼기	극 소	단 수	단 수
유수형성기	가장 필요	수회 관개	1~2회 관개
출수개화기	필 요	1~2회 관개	습 윤
등숙기	필요 또는 적음	습윤 또는 단수	단 수

6

한국농어촌공사 충남지역본부

2. 농업용수 특성 및 농업기반시설물 현황

II. 수질기준

● 수질기준

- 농업용수 : 생활환경기준(호소) IV등급 [환경정책기본법 시행령 별표2]

등급	상태 (캐릭터)	기 준									
		수소 이온 농도 (pH)	화학적 산소 요구량 (COD) (mg/L)	총유기탄소량 (TOC) (mg/L)	부유 물질량 (SS) (mg/L)	용존 산소량 (DO) (mg/L)	총인 (T-P) (mg/L)	총질소 (T-N) (mg/L)	클로로필- a (Chl-a) (mg/m ³)	대장균군 (균수/100mL)	
										총대장균군	분원성 대장균군
매우 좋음	Ia	6.5~8.5	2이하	2 이하	1이하	7.5 이상	0.01 이하	0.2 이하	5이하	50 이하	10 이하
좋음	Ib	6.5~8.5	3이하	3 이하	5이하	5.0 이상	0.02 이하	0.3 이하	9이하	500 이하	100 이하
약간 좋음	II	6.5~8.5	4이하	4 이하	5이하	5.0 이상	0.03 이하	0.4 이하	14이하	1,000 이하	200 이하
보통	III	6.5~8.5	5이하	5 이하	15이하	5.0 이상	0.05 이하	0.6 이하	20이하	5,000 이하	1,000 이하
약간 나쁨	IV	6.0~8.5	8이하	6 이하	15이하	2.0 이상	0.10 이하	1.0 이하	35 이하	-	-
나쁨	V	6.0~8.5	10이하	8 이하	쓰레기 등이 떠있지 아니할것	2.0 이상	0.15 이하	1.5 이하	70이하	-	-
매우 나쁨	VI	-	10초과	8 초과	-	2.0 미만	0.15 초과	1.5 초과	70초과		

1. 총인, 총질소의 경우 총인에 대한 총질소의 농도비율이 7 미만일 경우에는 총인의 기준을 적용하지 아니하며, 그 비율이 16 이상일 경우에는 총질소의 기준을 적용하지 아니한다.
2. 등급별 수질 및 수생태계 상태는 가목(2) 비교란 제1호와 같다.

2. 농업용수 특성 및 농업기반시설물 현황

III. 농업기반시설물 현황

● 충남지역본부 지사별 수리시설 현황

- 총 1,527개소 : 저수지(224), 양·배수장(731), 취입보(412), 관정(101), 방조제(25), 기타(34)

지사별	계	저수지	양수장	배수장	양배수장	취입보	집수암거	집수정	관정	방조제
계	1,527	224	551	175	5	412	23	11	101	25
천안	94	20	22	5	0	31	0	0	16	0
공주	147	12	43	15	1	45	4	4	23	0
보령	152	30	38	2	0	60	1	0	14	7
아산	110	18	52	9	0	17	0	7	6	1
서태안	126	34	31	2	0	45	0	0	4	10
논산	213	27	88	26	3	59	2	0	8	0
금산	65	8	1	0	0	41	8	0	7	0
부여	162	9	67	59	1	13	1	0	12	0
서천	57	8	27	6	0	13	0	0	0	3
청양	130	26	37	14	0	40	7	0	6	0
홍성	50	10	21	6	0	8	0	0	5	0
예산	118	12	48	24	0	34	0	0	0	0
당진	103	10	76	7	0	6	0	0	0	4

3. 저수현황 및 용수상황 전망

I. 저수율 현황

● 지사별 저수율 현황

('16.03.24. 기준)

구분	전국	계	천안	공주	보령	아산	서산 태안	논산	세종 대금	부여	서천	청양	홍성	예산	당진
저수율	76.2	80.1	84.0	67.5	68.5	89.9	78.9	90.8	82.4	81.9	76.1	63.6	74.0	86.0	92.7
평년	84.3	92.1	95.6	94.2	88.7	91.9	90.4	94.2	88.7	91.4	90.2	90.3	93.4	94.4	93.8
비율	90.4	87.0	87.9	71.7	77.2	97.8	87.3	96.4	92.9	89.6	84.4	70.4	79.2	91.1	98.8

● 저수율별 저수지 현황

구분	계	저수율 현황				
		70% 이상	70% 미만 60% 이상	60% 미만 50% 이상	50% 미만 30% 이상	30% 미만
개소수	224	175	19	12	18	0

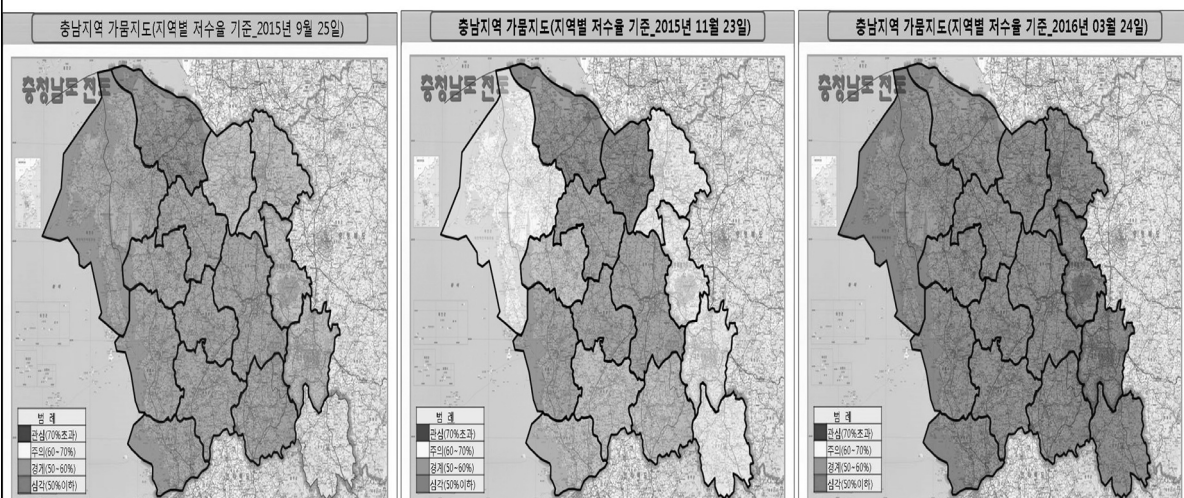
● 주요 수원공 저수율 현황

- 담수호 : 대호호 71.1%, 삽교호 89.4%, 석문 76.6%
- 저수지 : 예당 91.8%, 탑정 91.0%, 청천 62.5%, 동부 85.5%

3. 저수현황 및 용수상황 전망

II. 가뭄지도(저수율 기준)

● 충남지역 저수율 기준 가뭄지도



3. 저수현황 및 용수상황 전망

III. '16년필요수량 검토

● 충남지역 가뭄현황(평년대비 저수율, 3월 24일 현재)

구 분	계	관 심	주 의	경 계	심 각	
		70% 이상	70% ~ 60%	60% ~ 50%	50% ~ 30%	30% 미만
개소수	224	184	16	13	11	0

● 평년대비 강수별 필요수량 및 부족량 검토('16년 6월까지)

- 평년대비 강수량 50~100%시는 영농대비 농업용수 공급 문제없음
- 기상청 장기전망에 3~5월에 평년수준의 강우가 예보되어,
모내기까지 영농급수는 가능한 것으로 예측
- 평년대비 강수량 30%시 지역별 일부 구간에 가뭄피해 예상(6개 저수지 545천 m³)
 - 피해지역 : 예산(2), 보령(1), 태안(3)
 - 보조수원공(양수장) 및 퇴수를 활용한 수혜지역 직접급수

4. 가뭄대비 농업용수 공급대책

I. '16년 용수공급계획

● 농업용수 공급계획 (2016년)

구 분	공 급 원	수 요 처	공급량(천 m ³)	비 고
농업 용수	소 계		428,179	
	담 수 호	4개 지사 공급 (아산,당진,홍성,예산,서산,태안)	118,347	삽교, 대호, 석문
	저수지	13개 지사 공급	309,832	224개소

● 농업용수 공급 상황 (2016년 6월, 모내기 완료시)

- 농업용수 여유량 (69백만 m³)
- 현재 저수 및 담수량(250백만 m³) - 농업용수 수요량(181백만 m³)

4. 가뭄대비 농업용수 공급대책

II. 단기대책

● 시기별 조치사항

'15년 11월~12월	<ul style="list-style-type: none"> - 가뭄대책 상황근무 실시 (본부 및 지사) - 양수저류(15개소 시행) : 시행(13개소), 완료(2개소) → 1,135.4천^m 양수저류 - 저수지준설 10개소 91.1천^m 시행 - 홍보 : 물관리현장설명회 13지사 완료(묘대급수 및 이양용수 절감, 절수영농 방법 홍보)
'16년 1월~3월	<ul style="list-style-type: none"> - 양수저류 62개소 시행(심각단계 저수지 62개소 → 경계단계 이상 확보) → 3월 24일 기준 심각단계 11개소 ※ 심각단계(평년대비 50% 미만) → 경계단계(평년대비 50% ~60%) - 관정, 하상굴착, 간이보 등 용수원 최대 확보토록 추진 - 홍보 : 농업용수절약 홍보현수막 설치 ※ 절수영농(이웃간 월담급수/ 퇴수발생 무) 지속 홍보(마을이장, 농업인)
'15년 4월~6월	<ul style="list-style-type: none"> - 농업용수공급 및 보조수원공을 활용한 말단부 직접 급수 시작 - 하천보 및 배수로 퇴수활용 용수공급 등 모내기 100% 완료

4. 가뭄대비 농업용수 공급대책

II. 단기대책

● 한해장비 보유현황

구 분	공 공 관 정(공)			양 수 기(대)				송수 호스 (km)
	계	답작용	전작용	계	엔진형	탑재형	모터형	
· 현 보유(A)	88	88		142	93	15	34	27.3
· 전수점검·정비(B)	88	88		142	93	15	34	27.3
(B/A, %)	(100%)	(100%)		(100%)	(100%)	(100%)	(100%)	(100%)
- 관리상태(D)	88	88		142	93	15	34	27.3
· 양 호	87	87		135	88	15	32	27.3
· 정비·보수 대상	1	1		5	3		2	
· 폐공(폐기)대상				2	2			
· 수질검사 대상	48	48						
- 수질검사 결과	48	48						
· 적합	48	48						
· 부적합								
- 수질검사 미 실시	40	40						

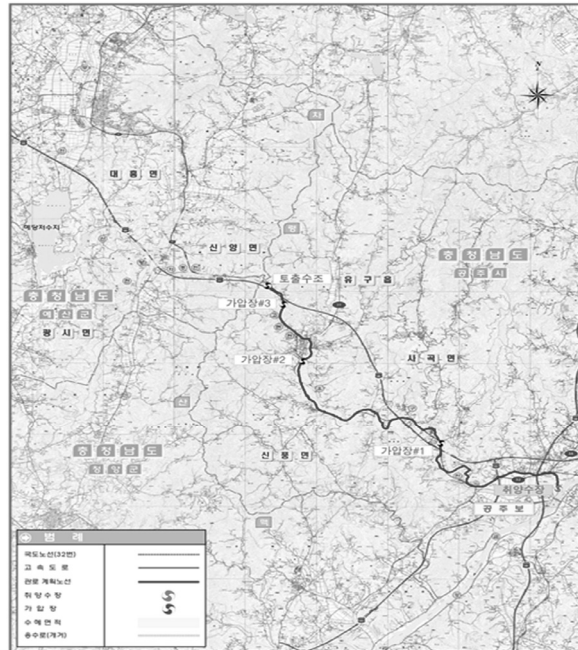
4. 가뭄대비 농업용수 공급대책

III. 장기대책

● 금강 공주보 ~ 예당저수지 용수공급

- 사업명 : [공주보-예당지] 간 도수로(31km) 사업
- 위치 : 예산군 예당지
- 사업비 : 1,126.9억원
 - '15년 15억원(조사 및 설계),
 - '16년 400억원,
 - '17년 711.9억원
- 시설개요 :
 - 양수장 1개소, 송수가압장 3개소,
 - 도수로 31.3km

공주보-예당지 농촌용수이용체계재편사업 위치도



15

한국농어촌공사 충남지역본부

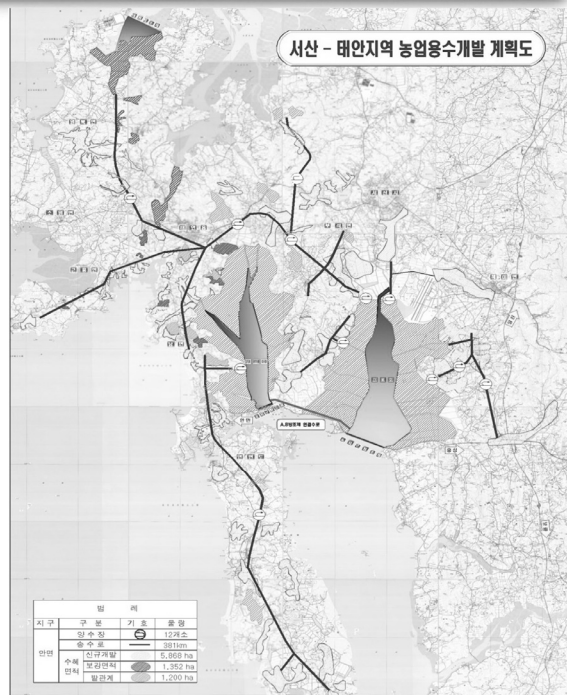
4. 가뭄대비 농업용수 공급대책

III. 장기대책

● 서산·태안지역 농업용수 개발사업

- 현황
 - 충남 서산 태안 등 해안지역은 구릉지대로 용수 개발에 한계가 있어 안정적인 용수확보가 어려움
- 가뭄피해
 - 피해지역 : 충남 서해안 5개 시군 [서산, 태안, 당진, 홍성, 서천]
 - 피해면적 : 5,977.9ha(벼 / 1,847농가)
 - 복 구 액 : 1,336백만원(농약대)
- 사업량 : 용수로 381km, 양수장 12개소, 간월호~부남호 연결 6km
- 사업비 : 6,000억원
- 용수공급 3,500만 톤/년 (수혜면적 8,420ha)

서산-태안지역 농업용수개발 계획도



16

한국농어촌공사 충남지역본부

4. 가뭄대비 농업용수 공급대책

III. 장기대책

○ 금강 - 보령댐 도수로 중간 분기관 설치

- 현황

- 충남 부여군은 용수부족으로 매년 영농에 어려움을 겪고 있는 지역으로 도수관로가 통과하는 규암, 구룡, 내산면 지역은 산간지역으로 농업용수 확보가 어려움

- 부여지역 상습 가뭄지역에 중간 분기관 설치 : 3개소 2.2km (사업비 15억원)



17

한국농어촌공사 충남지역본부

4. 가뭄대비 농업용수 공급대책

III. 장기대책

○ 물그릇 키우기 사업

- 수도작 외 밭기반 정비에 따른 농업용수 수요 증대에 대비하여 근본적으로 가뭄을 대처할 수 있는 대안은 물을 확보하는데 있음

1) 물그릇 키우기

- 기존의 저수지를 증고하여 저수용량 증대
- 기존의 저수지를 준설하여 저수용량 증대

2) 반복수 이용 및 양수저류

- 퇴수를 하상에 저류(보) 양수공급
- 비영농기 하상(보)에서 → 저수지로 양수저류 (10km 이내)

3) 관정개발



수부저수지 양수저류

18

한국농어촌공사 충남지역본부

4. 가뭄대비 농업용수 공급대책

IV. 수질개선사업 현황

● 수질개선사업 추진 현황

- 01~03 : 감돈지구 농업용수 수질개선시범사업 시행
- 06~08 : 농업용수 수질개선 공동작업반 구성 운영
 - 참가기관 : 농식품부, 환경부, 한국농어촌공사, 환경공단
 - 농업용수 수질개선사업 대상 22개 지구 선정 및 중장기계획 수립
 - ※ 수질기준(COD 8mg/l) 초과 시설 선정

● 수질개선사업 추진실적

계	'15년 까지	'16년	'17년 이후	비고
개소수 (22지구)	7지구	5지구	10지구	
지구명	홍동, 성암, 도고, 양정 신희, 송연2, 상성	홍양, 풍년, 순성 봉재, 공리	석문, 축동, 수룡, 풍전 전대, 신구, 마산, 초대, 진죽, 잠흥	

4. 가뭄대비 농업용수 공급대책

● 양수저류 추진현황



웅천천 굴착 이동양수기 설치 ⇒ 노천뜰 논수로 저류(87HP) 대천3호배수간선 수중펌프 설치 ⇒ 주포용수간선 저류



웅천천 하천굴착 이동양수기 1대 추가 설치(132HP 200mm 엔진탐제형) ⇒ 노천뜰 논수로 저류



감 사 합 니 다



한국농어촌공사
충남지역본부

미래지향적 충남가뭄 대응체계

미래지향적 **충남가뭄** 대응체계

김 성 준

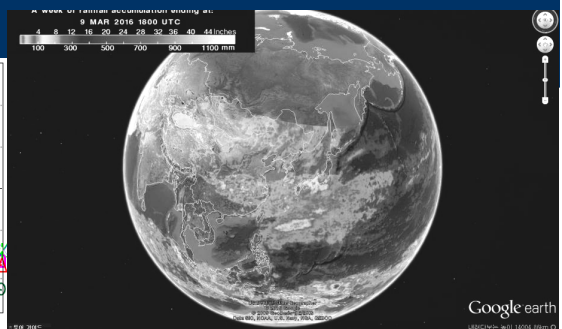
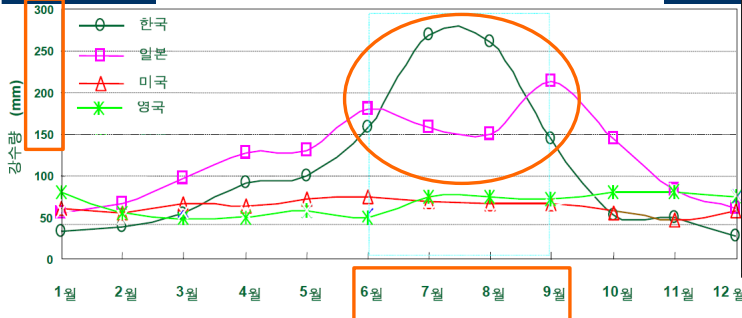
건국대학교 사회환경시스템공학과



건국대 지구정보공학연구소



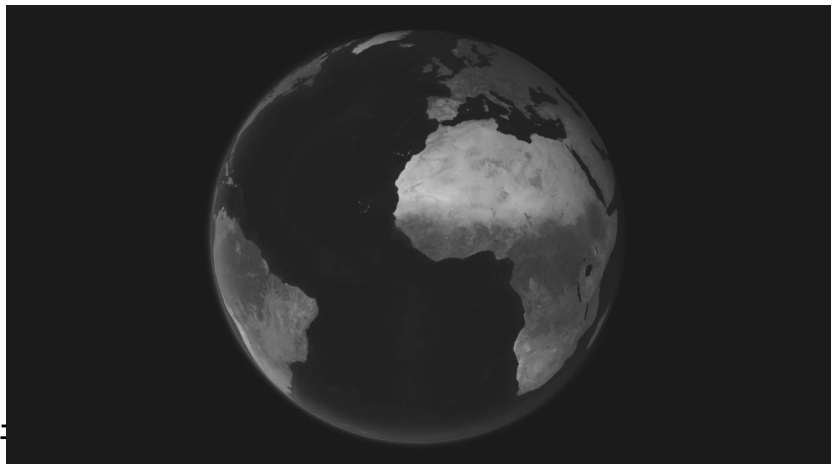
일반적인 연중 강수의 분포특성



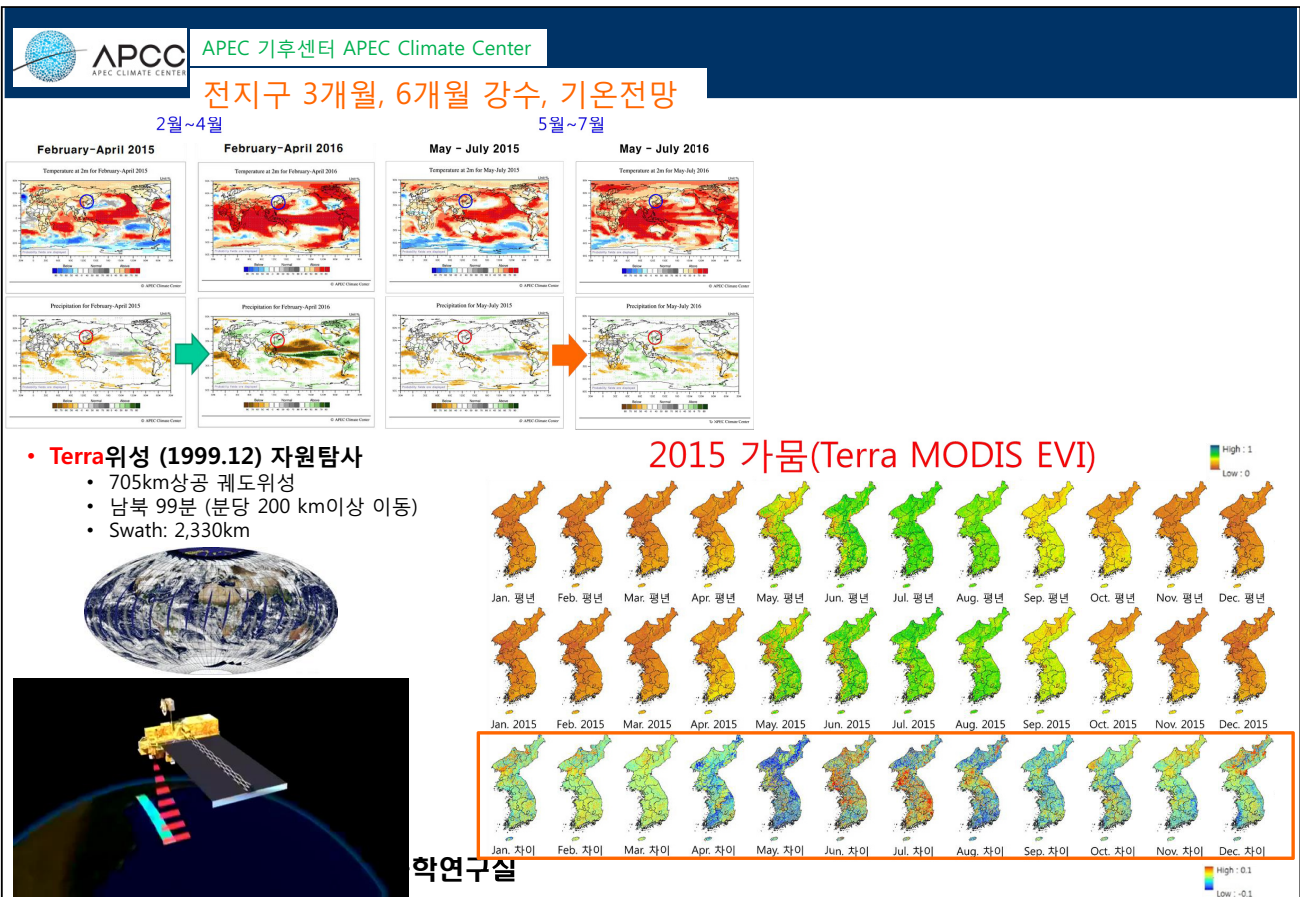
Flood Forecasting System

GPM (Global Precipitation Measurement)

운영고도 407km (253miles)
 시 간 매 3시간 간격
 센 서 GMI, DPR
 운영국 미국(NASA),
 일본(JAXA)
 관측대상 전구 강수량
 발사일 2014. 2. 27
 수신시작 2014. 9. 2



건국대 지구정보공학연구소



국민소득 3만불 시대의 가뭄대응 현실

1967-1968



현재



가뭄의 파급력

2015.3.31 4.5mm 강우량
2015.11.7~9 강우



자료: 기상청

작년 가을 초미세먼지 주의보

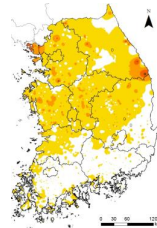


천고마비의 계절에
높고 맑은 하늘은 어디 가고
미세먼지만 뿌영게



구실

2015년 12월
저수부족율



2015년
빅데이터
현장체감가뭄

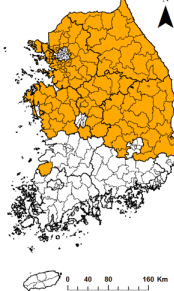


호흡기질환
폐질환 증가

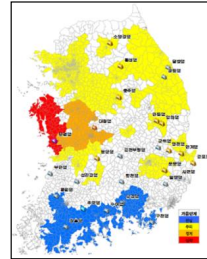
2016년 2월 현재
농업용저수지
저수율



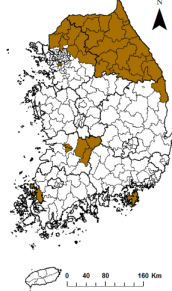
농작물
누적피해



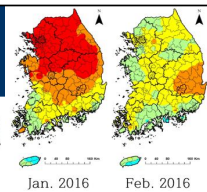
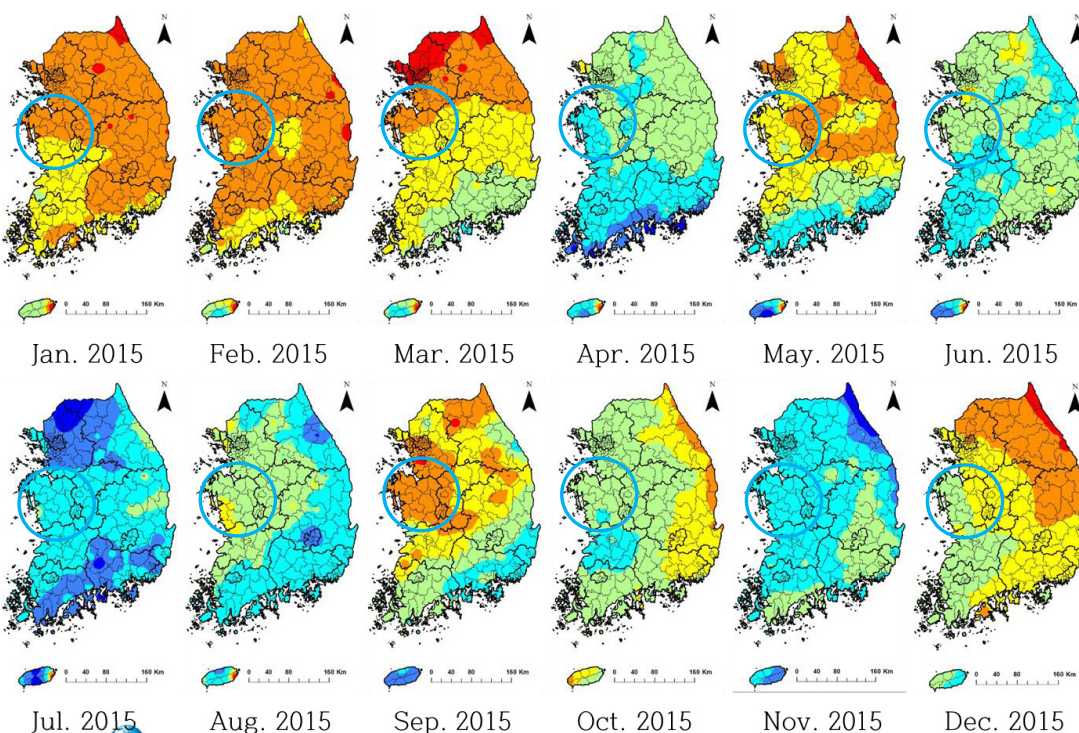
다목적댐
제한급수



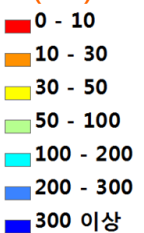
하천수질
누적피해



2015년 월 강수량

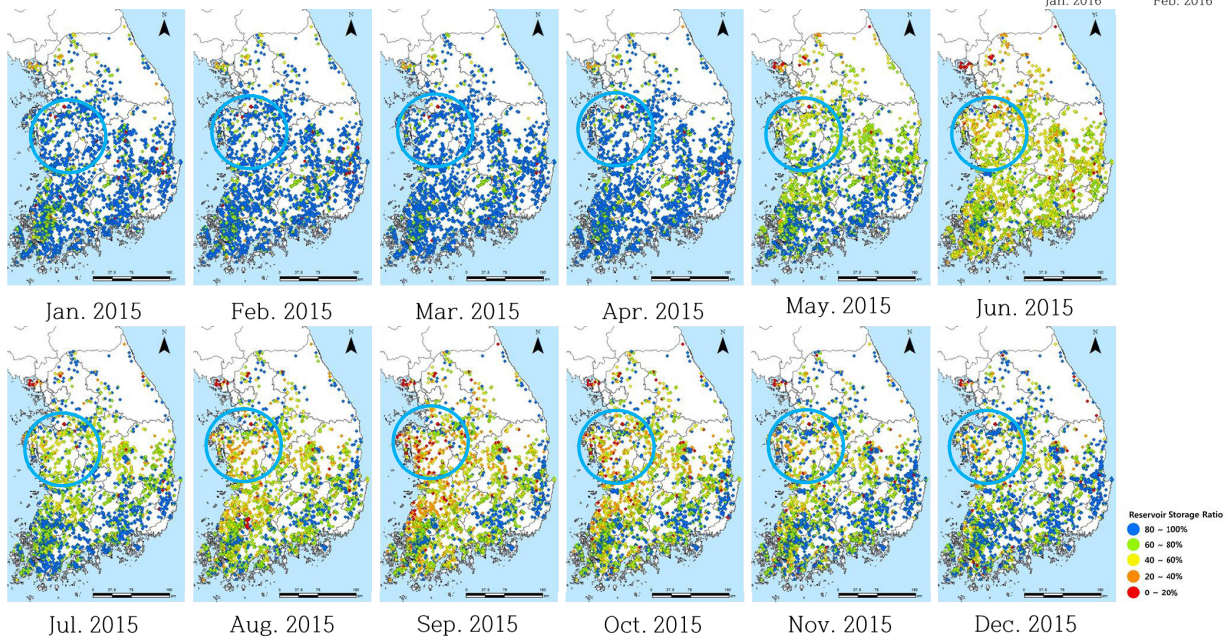


월 강수량
(mm)



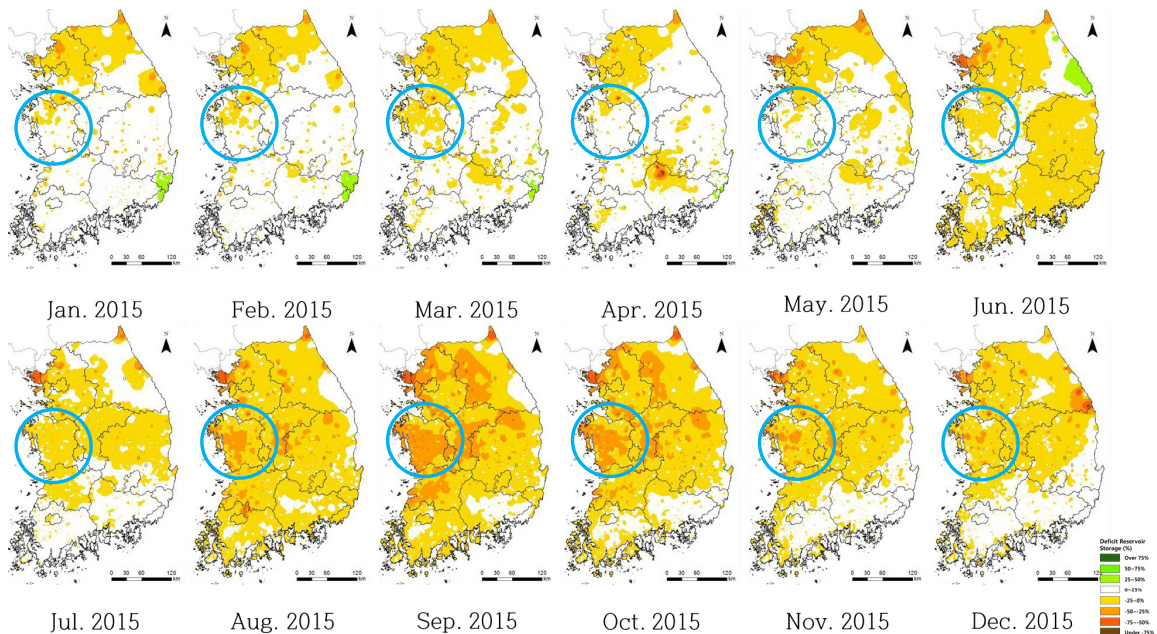
건국대 지구정보공학연구소

2015년 농업용 저수지 저수율



건국대 지구정보공학연구소

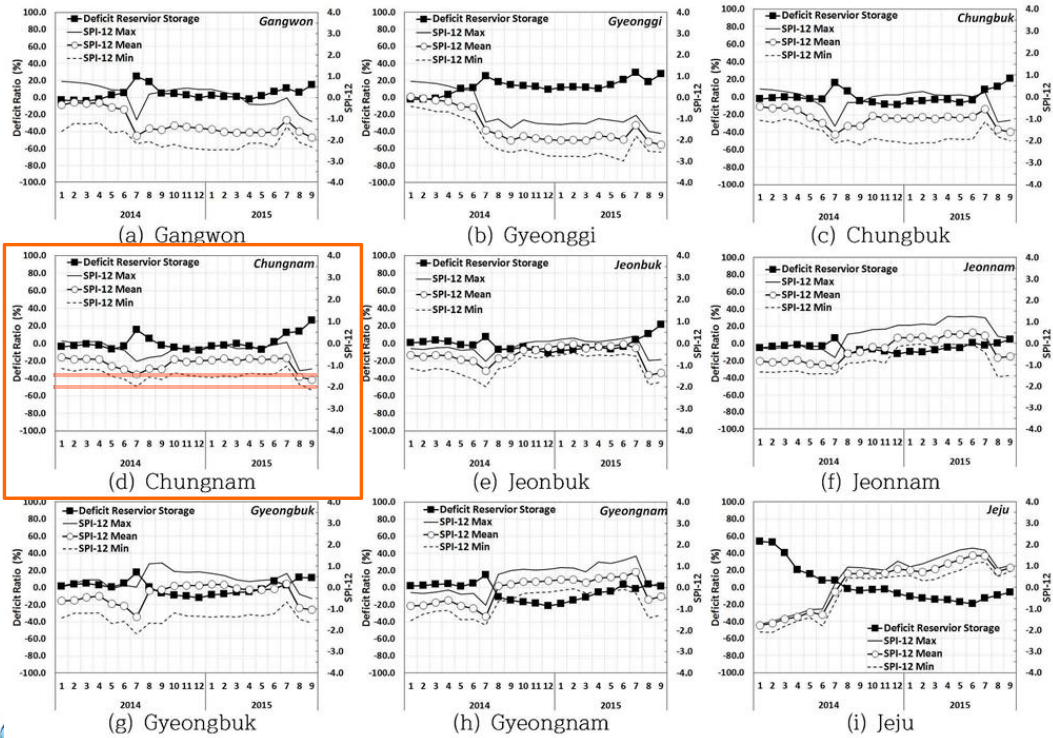
2015년 농업용 저수지 저수 부족율



건국대 지구정보공학연구소

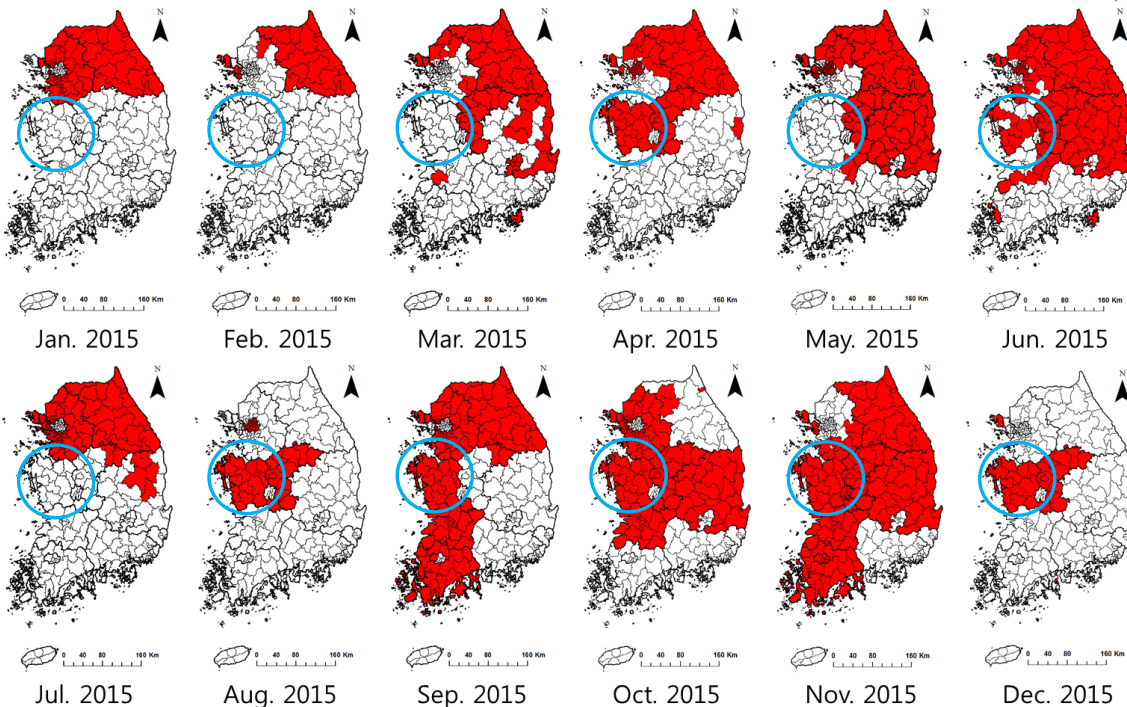
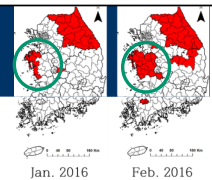
기상학적 가뭄 (SPI)

충남



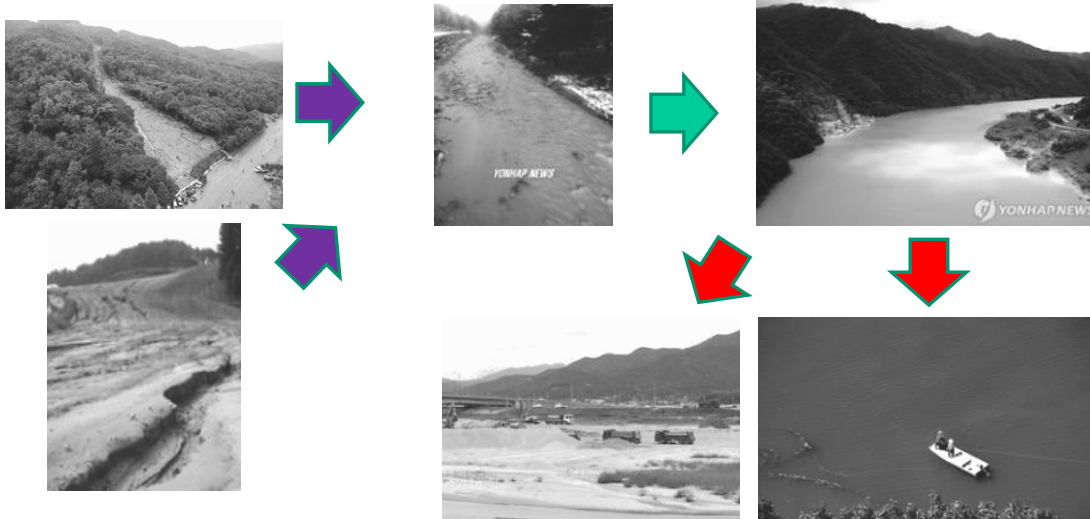
KEEL Chungnam University Earth Information Engineering Lab. 건국대 지구정보공학연구소

2015년 현장가뭄 빅데이터



가뭄 후 큰비

- 약해진 흙 - 대규모 산사태, 토양유실, 저수지 붕괴 -
- 댐수질 흙탕물 - 녹조 - 가뭄시 준설효과 급감 (1차원적 가뭄대책)



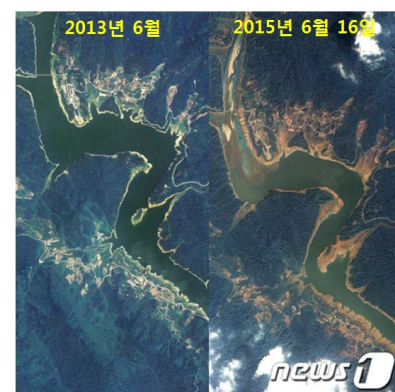
2014-2015 가뭄과 우리나라 수자원시스템

- 중부지방, 2년 연속가뭄에 소양, 충주댐 바닥위기 경험
- 수도권 2천만명 제한급수 위기직전까지
- 우리나라 가장 큰 저수용량댐, 2년 한계 보여줘



저수위	172.80 EL.m	157.41 EL.m	152.30 EL.m
저수량	1414.9 백만m ³	886.3 백만m ³	750.0 백만m ³

소양호: 다목적 실용위성 아리랑 3호, 한국항공우주연구원 제공

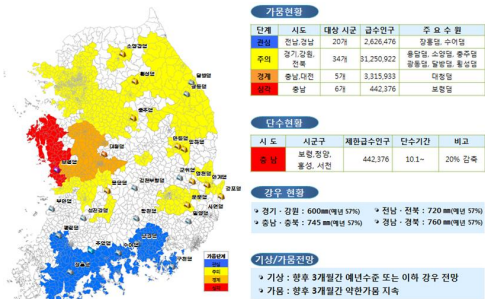


저수위	169.2 EL.m	115.0 EL.m
저수량	1275.0 백만m ³	633.1 백만m ³

충주호: 다목적 실용위성 아리랑 3호, 한국항공우주연구원 제공

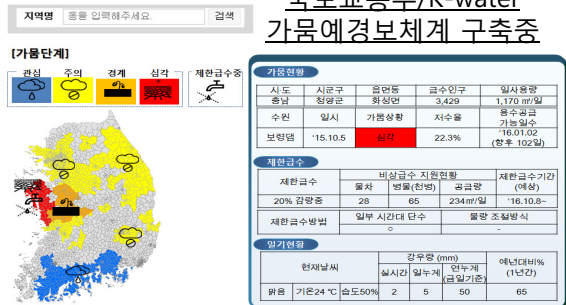
2015 가뭄영향. 아직 진행중

- 보령댐(총저수용량: 116.9백만m³)은 아직 정상 공급능력(3월23일 현재 저수율 24.1%)에 못미쳐
- 작년 대한민국 수립이래 초유의 사태발생

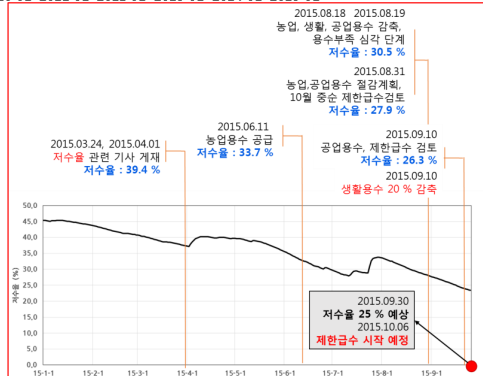
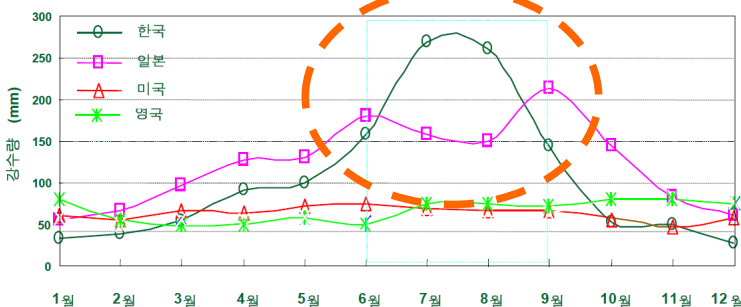
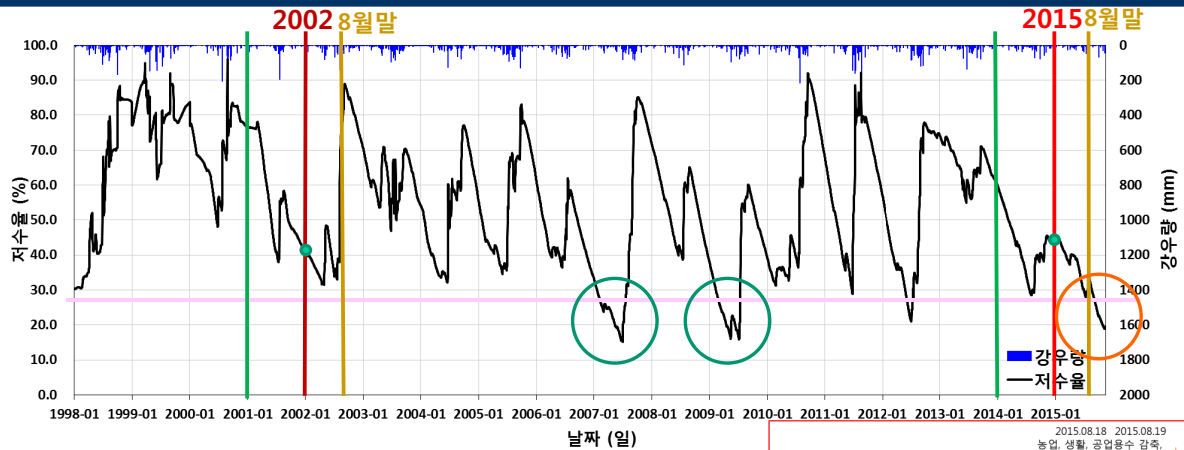


도수로공사 완공

- 2016. 2.22
- 공사비 640억
- 제한급수 132일, 공사 3개월 만에
- 하루최대 11만5천m³
- 415/ (전국평균 335/)
- 28만~34만명 혜택
- 연 4200만m³



보령댐 저수율 (1998~ 현재)



2016 봄, 여름 전망

2월~4월

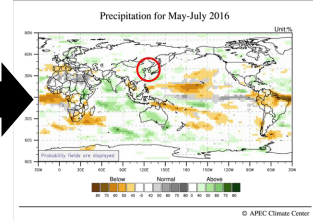
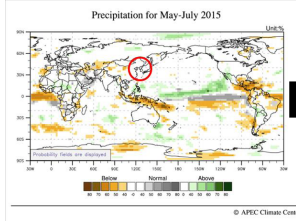
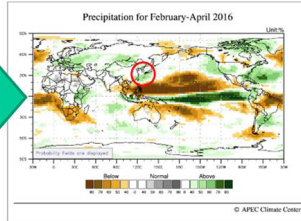
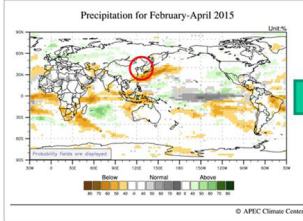
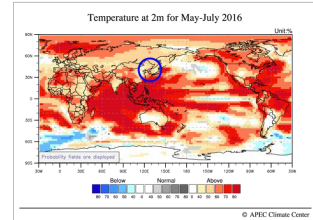
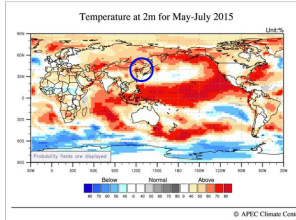
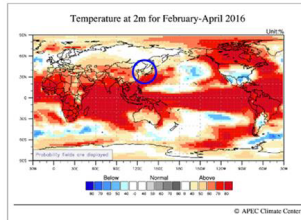
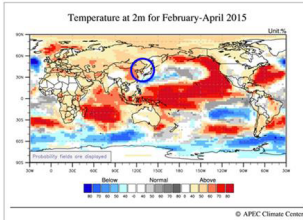
5월~7월

February-April 2015

February-April 2016

May - July 2015

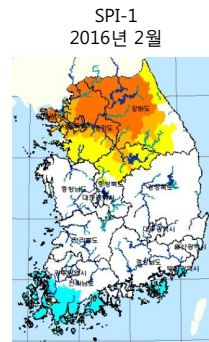
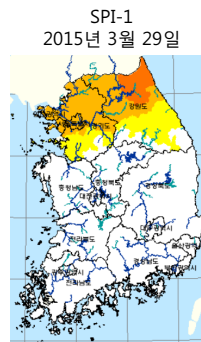
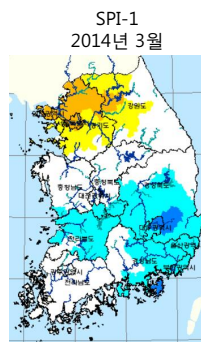
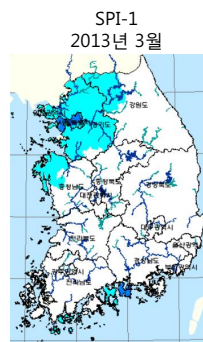
May - July 2016



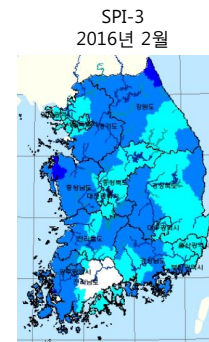
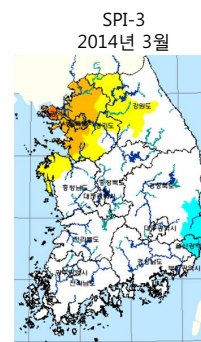
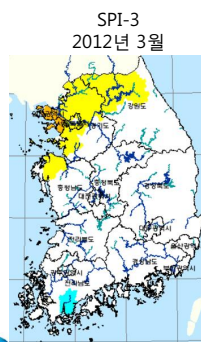
건국대 지구정보공학연구소

2016 봄가뭄 (3월~5월)

1개월
(눈)



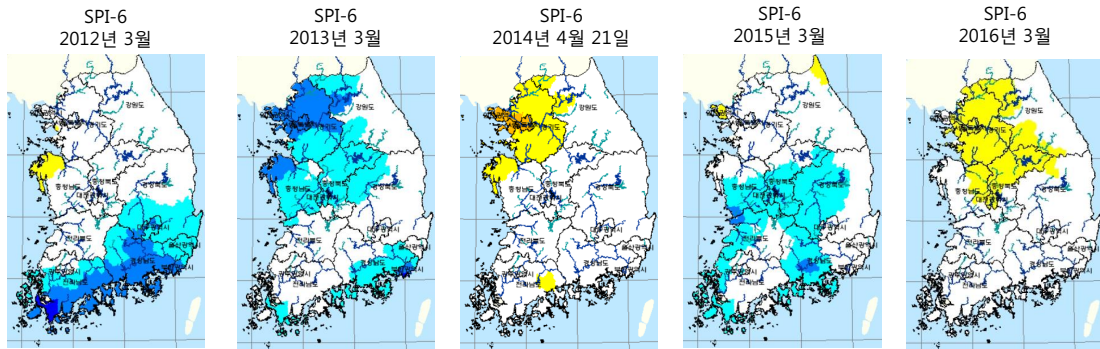
3개월



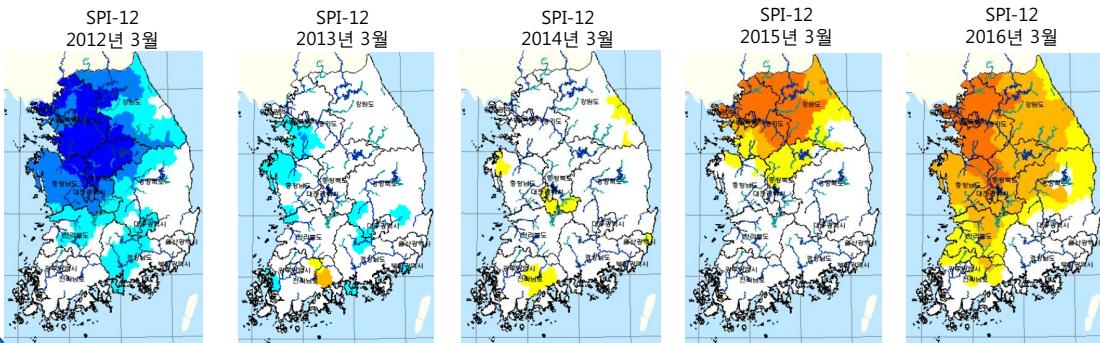
건국대 지구정보공학연구소

2016 봄가뭄?

6개월



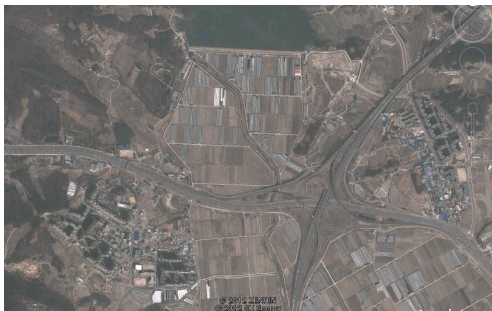
12개월



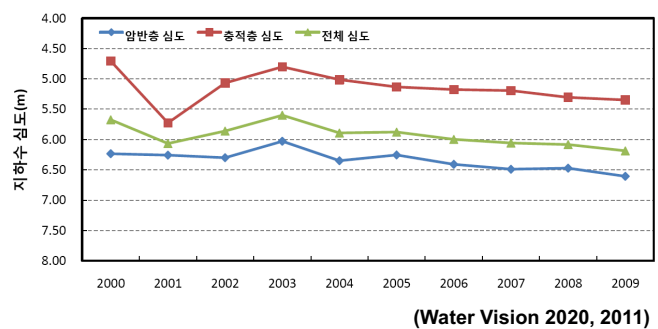
지표수 고갈에 지하수 마저

- 2015년 가뭄에 채소는 풍년. 이유는 시설재배. 막대한 지하수 이용
- 지하수위 저하는 차기 가뭄에 매우 취약. 가뭄 악순환
- 지하수는 국가수자원의 마지막 보고임을 인식해야
- 지하수관리시스템 구축- 체계적 모니터링, 평가, 제도 필요

무분별 늘어나는 비닐하우스



지하수위 매년 저하 중

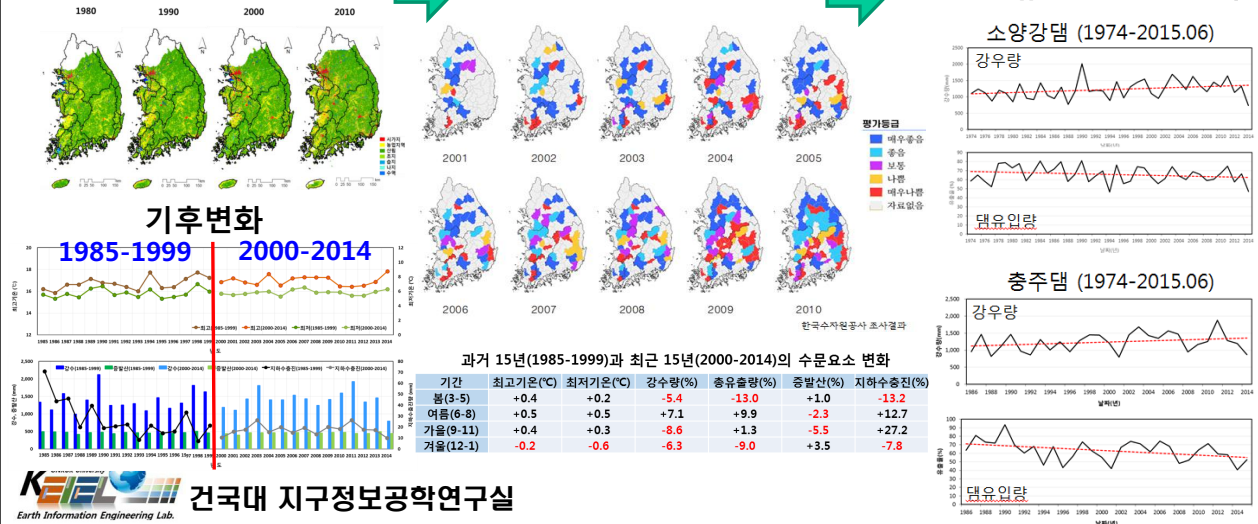


지하수위 변동량 (2011년 기준)



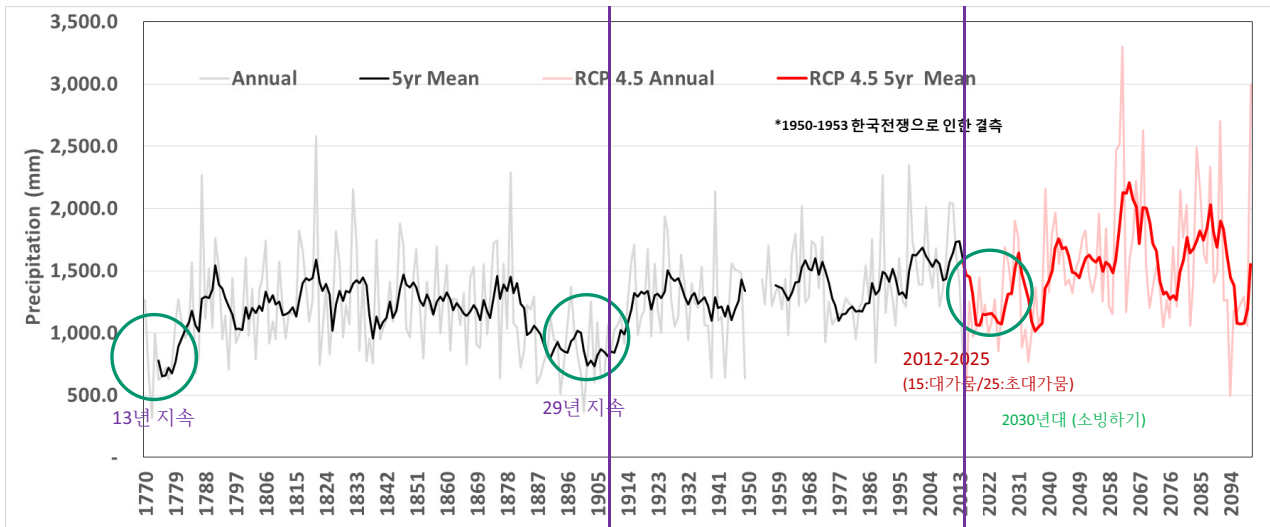
전 국토가 말라가고 있다

- 연강우량은 느는데, 담유입량은 매년 감소
- 지난 50여년간 국토개발로 하천건천화 원인
- 봄, 가을 기온상승 (최근 15년 동안 0.4도 상승). 기후변화 원인. 가뭄가속화
- 울창한 숲- 녹색댐. 가뭄 때는 없는 토양수분도 짝 빨아당겨 몇 개월 버팀
- 건조, 산불 유발



그럼 미래는? 지금부터 대비 필요

(서울) 측우기+기상대+기후변화 전망자료 (1770 - 2100) RCP 4.5 / 5년 이동평균



측후기 자료: 서울대 대기과학과/ 건기연 김승 제공



건국대 지구정보공학연구실

앞으로 가뭄대응 어떻게?

Int. J. Environ. Sci. Technol. (2015) 12:1201–1210
DOI 10.1007/s13762-014-0717-6

Artificial Intelligence

ORIGINAL PAPER

Application of several artificial intelligence models and ARIMAX model for forecasting drought using the Standardized Precipitation Index

A. Jalalkamali · M. Moradi · N. Moradi

Received: 29 March 2014/Revised: 17 October 2014/Accepted: 10 November 2014
© Islamic Azad University (IAU) 2014

Abstract Drought is among the most important natural disasters influencing different aspects of human life. In recent decades, intelligent techniques have shown to be highly capable of modeling and forecasting nonlinear and dynamic time series. Hence, the present study aimed to



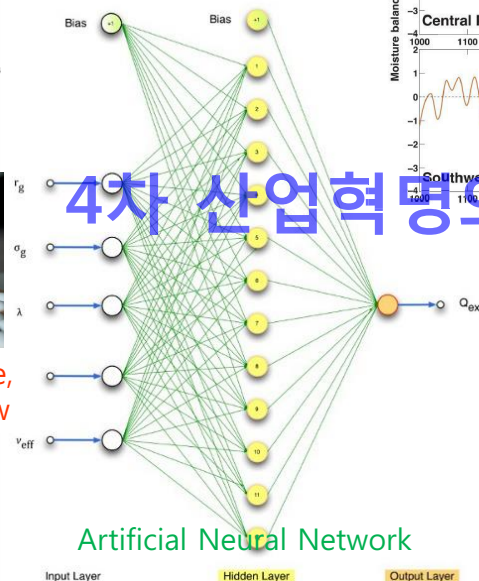
Drought somewhere,
sometime, somehow



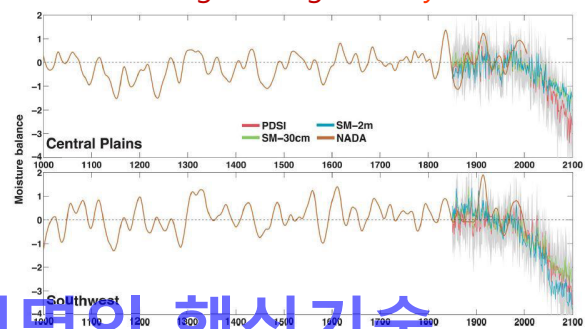
A. Jala
Depart
Kerma
e-mail:

M. Mo
Water
Kerma

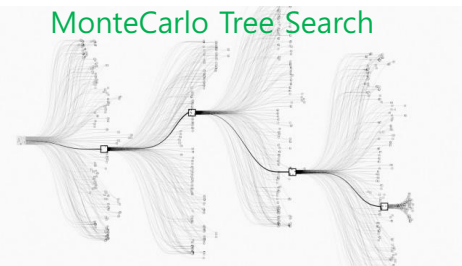
N. Mo
Islamic



Mega Drought Study

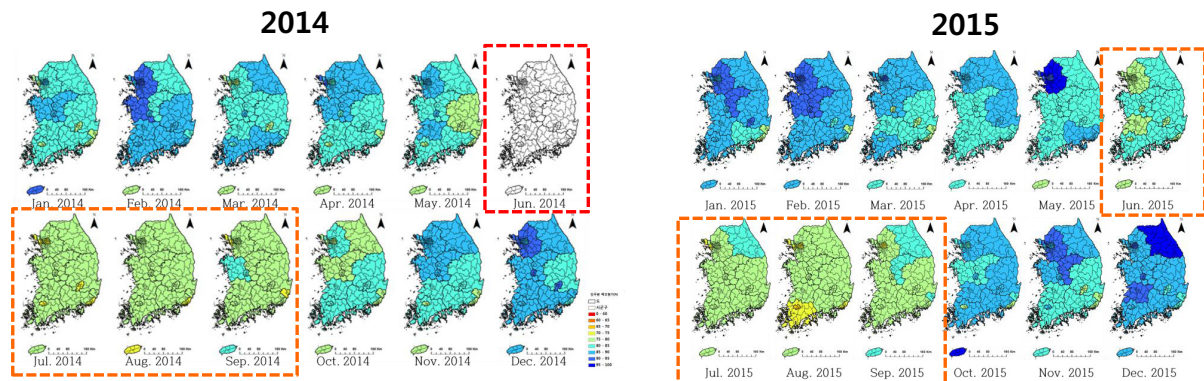


MonteCarlo Tree Search



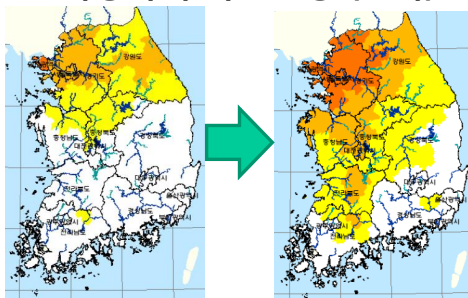
기상예측 능력향상이 최우선 (기상청 역할)

- 1년~1개월
- 예측에 기반해서, 사전대비. 예경보 체제 가동이 열쇠
- 기상청 1개월 예보능력 올려야 (현재, 봄: 80~90%, 여름/가을: 70~80%)

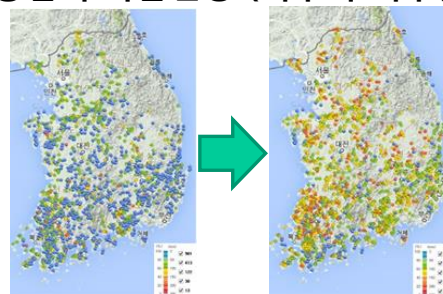


기상예측에 따른 분야별 가뭄전망이 다음 (기관의 몫)

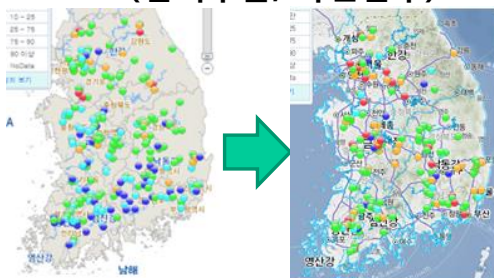
기상학적 가뭄전망 (전파)



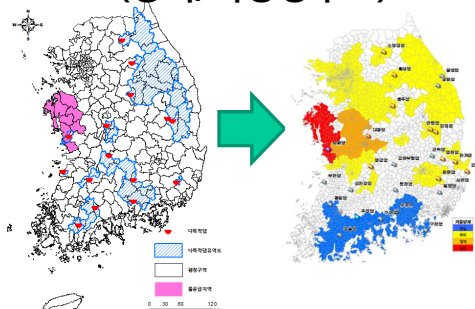
농업적 가뭄전망 (저수지 저수율)



수문학적 가뭄전망 (댐저수율, 하천갈수)



물공급 가뭄전망 (광역/지방상수도)



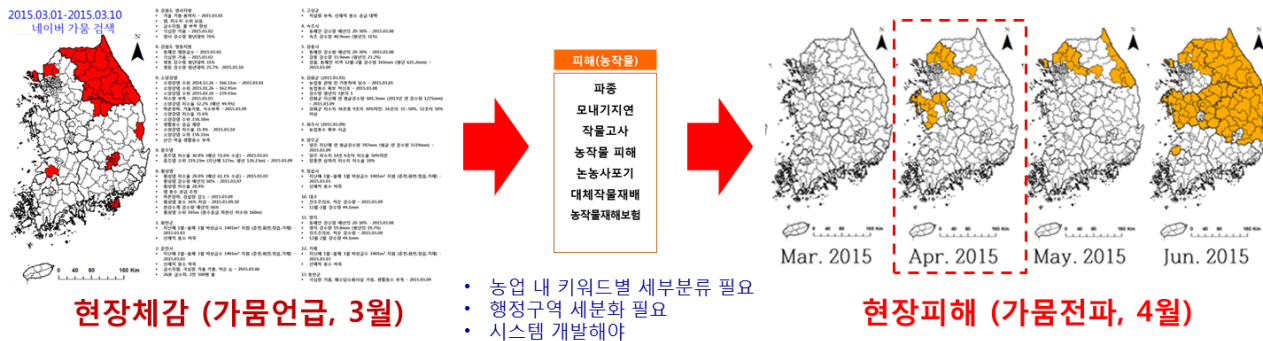
사회경제적 측면에서의 현장체감형 가뭄지수

- **현장체감형 가뭄의 정의**

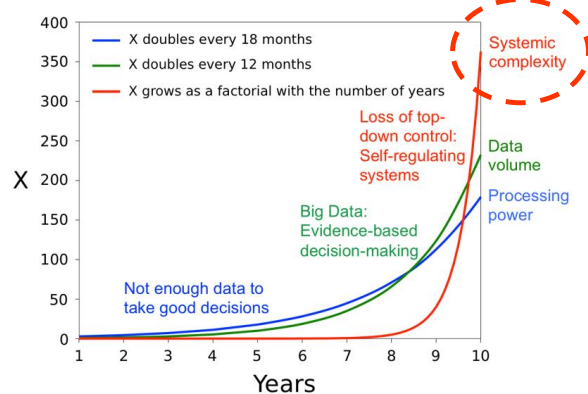
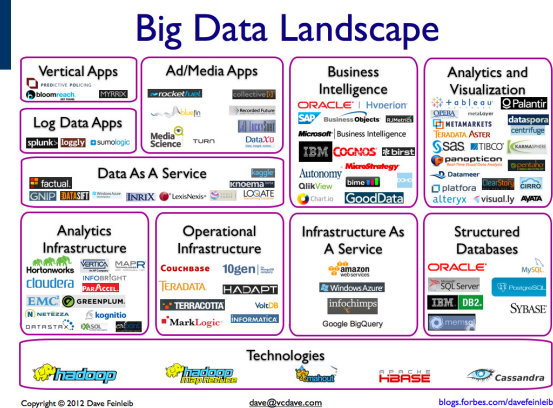
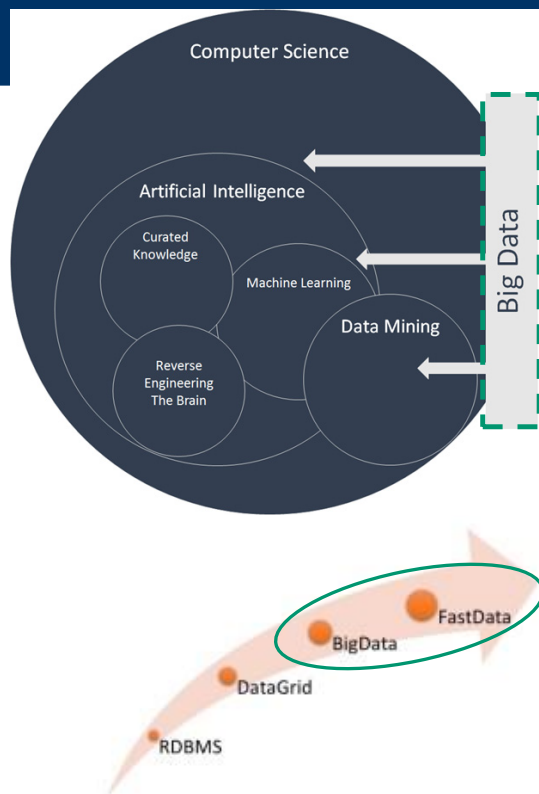
- 기상학적으로 가뭄이 꽤 진행되어, 농업, 수자원, 사회경제 분야별로 가뭄에 대한 국민의 실질적인 체감, 직접적인 피해와 관련된 일련의 현실적 전파가뭄

- 빅데이터 기반 현장가뭄 정보

- 매스컴, SNS, 인터넷 기반의 실시간 현장모니터링 및 현장노출 가뭄정보



건국대 지구정보공학연구실

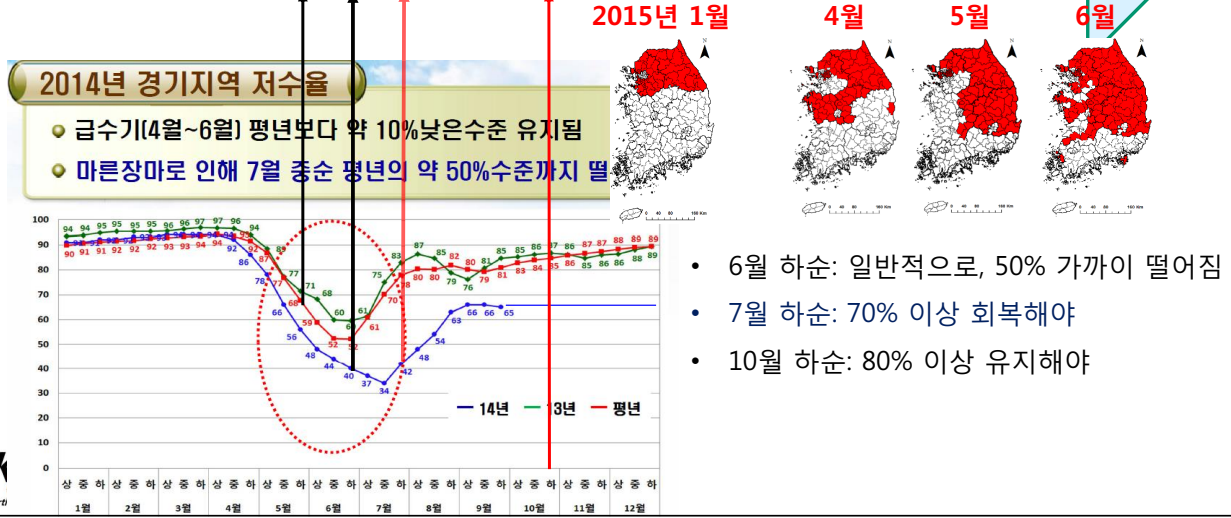
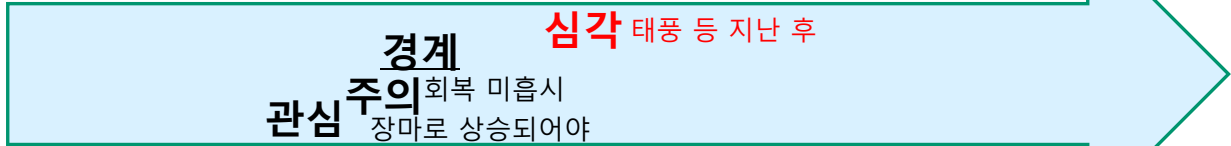


건국대 지구정보공학연구소

농업수자원 가뭄대응의 Golden Time은 언제?

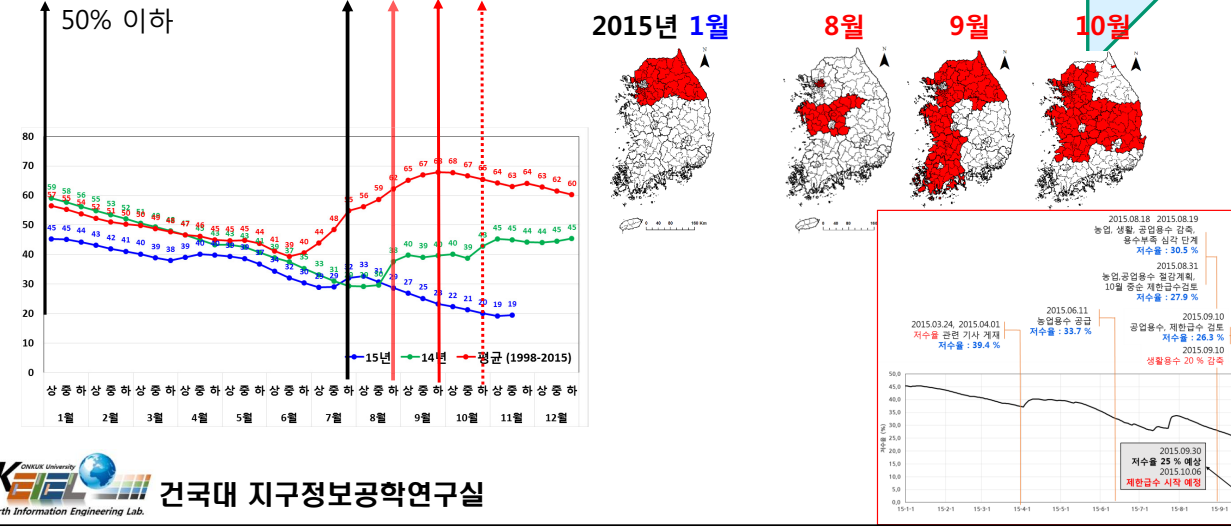
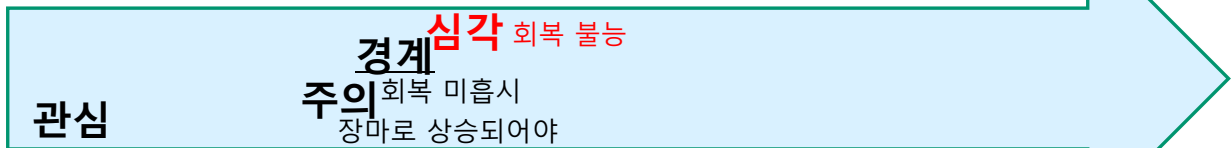
평년 저수율을 기준으로, '하강/상승 기울기'로 사전예측해야

7월 하순 2/3 이상 회복되어야



다목적댐 가뭄대응의 Golden Time은 언제?

8월 하순 50% 이상 회복되어야



현장체감 **가뭄**과 기관정보와의 교감체계 구축 필요

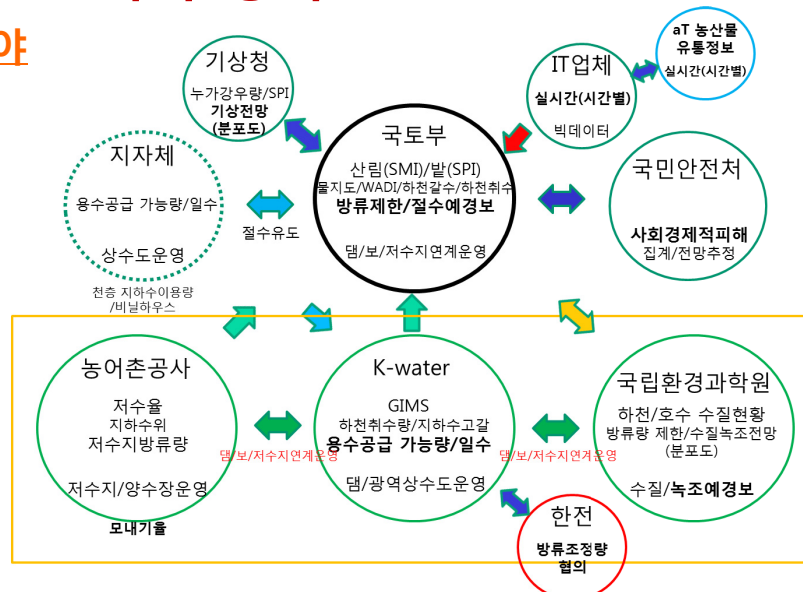
- 홍수는 단시간 큰 물 모이고, 가뭄은 장기간 마른 물 번지는 **재해현상**
- 홍수는 보이는 데에서 진행되지만, 가뭄은 진행되어도 잘 안 보이고 또 얼마만한 가뭄인지 모르는 게 문제
- **현장체감가뭄을 보이게 만드는 것이 빅데이터**
- **'홍수에서 수문곡선'이 '가뭄에서는 빅데이터 현장체감가뭄'**
- 현장체감가뭄 빅데이터로 '내가 겪는 가뭄정보'로 지식화해서, 궁극적으로는 생활의 **지혜**로 이어지게 승화시켜야
- 거미줄 수평 물흐름 정보시스템 구축해서, 물이 가는 지역, 안가는 지역, 실시간 관리해야
- 나 ➡ 상수도 ➡ 정수장 ➡ 취수장 ➡ 댐 ➡ 유역 (지식, 지혜)



건국대 지구정보공학연구소

정부기관 가뭄정보와 지자체 가뭄정보간의 실시간 연계운영은 선제적 가뭄대응의 핵심

- 가뭄 정부협의체에서 표준정보 공유, 연계활용, 상호협력을 통해 신속한 의사결정 내려야
- **각 기관은 각자 영역에 대해서는 가뭄시 업무 효율성 높여야**



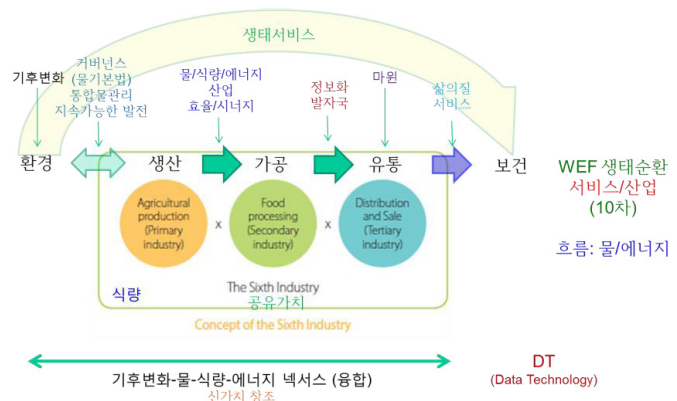
국가가물경감센터의 가물대응효과는 얼마?

- 센터는 가물 전에 사전대비(적응, 완화), 예경보, 체계적인 사전 및 현장대응을 하기 위한 조직의 일부
- **Soft 영역** (위험관리에 해당)
 - 가물 피해를 **최소 30%이상 경감**할 수 있을 것으로 확신
 - 지금부터 단계별로, 3년 후에는 정상적 가동 추정 (예경보가 핵심)
 - 협의체 의사결정 지원- 각 기관별 운영, 기관간 연계운영 (조직적 적응/대응)
- **Hard 영역** (맞춤형 가물완화를 위한 정책들)
 - **신규댐 개발**: 지금 시작해도 10년, 환경과 대치문제
 - **해수담수화**: 10만명 이상 대규모 시설화 수준으로, 관건은 생산단가, 900원 이하로
 - **지방상수도 유수율 제고**: 지금의 60~70%를 90% 이상으로, 재원은 물값, 물이용 부담금
- **건강한 유역관리(가물대응의 최상책)**: 계곡, 소하천에 365일 물 흐르게 돌려놔야
 - 효과 보려면, **최소 30년(한세대)** 바라봐야
 - **국가적 철학 필요**

Earth Information Engineering Lab.

충남지역 가물극복을 위한 대안들

- 하천건천화 장기적 안목에서 방지대책 착수해야
 - 지하수 관련 법, 제도, 행정 정비
 - 생활, 공업, 농업(시설재배)
- 기존 댐재개발, 신규댐 개발 적극 검토해야
 - 보령댐 용량평가(보강), 지천댐 등 검토 필요
- 해수담수화 적극 도입해야
 - K-water, 기업 세금감면 등
- 기존 간척담수호 친환경 수자원화 투자해야
 - 비점원오염 대책시행
 - 다목적화, **수원의 다변화**
- 생활속 물절약체계 갖춰야
 - 빗물저장장치
 - 용수 재이용 순환체계
 - 물의 가치, 수자원의 가치인식



KIEEL Earth Information Engineering Lab. 건국대 지구정보공학연구소

가뭄대응 다양한 **현장과학기술** 실행해야

- **현재 우리나라 1년 증발산 손실량 544억톤 (42%)**
 - 1%가 5.44억톤
 - 기후변화로 최소 5% (64.9억톤) 증가 전망
 - 숲가꾸기 최적화, 토양침식방지 피복화 (수자원은 토지자원/토양자원으로부터)
- **전국 시설재배 수막용수 지하수이용량 6.9억톤**
 - 전체 지하수 이용량의 18% (총 904.7 km², 논: 235.5 km², 밭: 669.2 km²)
 - 겨울철 하루에 200~300톤/동 규모
 - 빗물저장장치, 순환 재함양기술(지질자원연구원) 보급 서둘러야
- **전국 노지작물 절수관개 시설화 효과 큼 (약 50% 용수절감)**
 - 가뭄에 속수무책 (총: 7,358.7 km², 채소: 2,963.0 km², 식량: 1,838.7 km², 과수: 1,629.4 km², 특용: 927.6 km²)
 - 절수관개시설 (Drip, Sprinkler) 갖추도록 지원해야
- **세탁기 절수기술/절수습관 1.3억톤**
 - 우리나라 가구수 1,800만, 한달에 4번 줄이면
 - 세탁 1회 270만톤 (평균 150 리터/1시간)



Earth Information Engineering Lab.

실행의 조건

- **물관련법**. 조선시대에 머물러 있는 듯
 - 특히, 수리권 문제
- **물기본법**. 가뭄대응을 위해 필요가 아니 필수
- **물기본법** 하에서, 각 지자체별 맞춤형 수자원장기종합계획 수립 및 시행권한 있어야
- 이제, **통합 물관리**를 통한 가뭄, 홍수재해 등 관리체제 갖춰야 할 시대 되었음



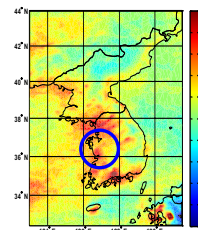
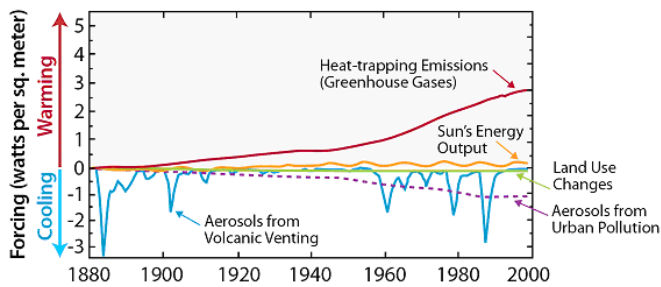
건국대 지구정보공학연구실

• 신기후 국가수자원시스템 체제구축 서둘러야

- 기후변화로 1850~1900 보다 2015년 현재 지구기온 1도 증가
- 현재 2도 증가로 급속도로 진행 중
- 우리는 지금 무서운 속도로 '우리가 알지 못하는 영역'에 진입하고 있는 중

가뭄. 뭉쳐야 극복할 수 있습니다.

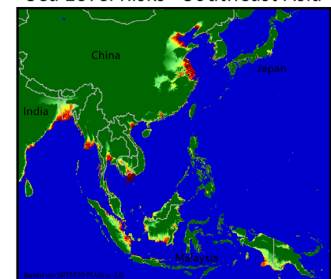
Global Climate Drivers



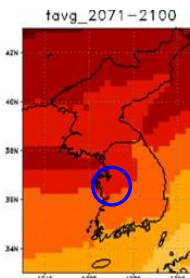
미래강우강도

미래해수면상승
(서해 피해 커)

Sea Level Risks - Southeast Asia



Height Above Sea Level (m)



미래기온



건국대 지구정보공학연구실

수원다변화와 해수담수화

충청남도 수자원관리 토론회('16.3.29)

수원다변화와 해수담수화



K water 상하수도연구소
임 재 림

말씀 드리는 순서

Contents



- I** 국내 해수담수화 필요성
- II** 해수담수화 기술 및 시장 전망
- III** 국내 해수담수화 추진 방향

대체수자원 필요성

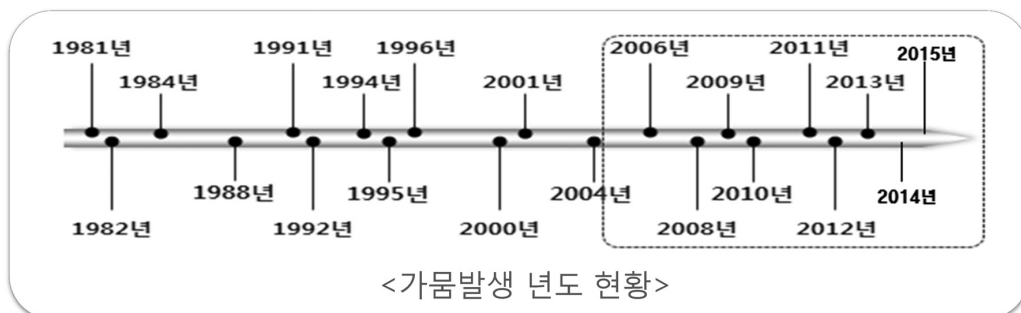
기후 변화 등의 영향으로 2000년대 극한가뭄 발생 빈도 증가



가뭄재해

● 국내 발생현황

- 기후변화의 영향으로 2~3년에 한번 크고 작은 가뭄이 발생
- '08년 이후로는 매년 가뭄 발생 추세

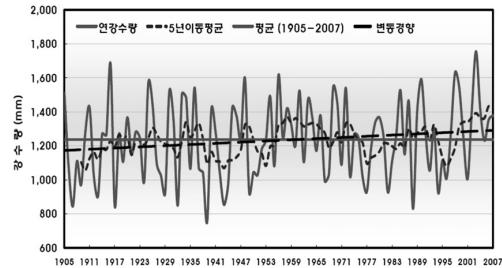


● 가뭄 피해 대상

- 미급수, 극한가뭄 발생 지역 283만명 물 혜택 미수여
(산간, 도서지역 220만명, 극한 가뭄지역 61만명)

● 시기·연도·지역별 강수량 변동폭이 커서 물 관리에 매우 불리

- 연평균 홍수기에 강수량 2/3가 집중
- 연간 유량변동계수가 90~270으로 외국과 비교하여 상당히 큼 → 연중 가뭄과 홍수가 무한 반복
- 연도별 강수량의 변화폭도 커서, 주기적 극한 가뭄과 홍수 발생



● UN 등 국제기구에서도 우리나라를 물관리에 취약한 국가로 평가

- 물빈곤지수(Water Poverty Index, UN WWAP) : 62.4 → 전체 147개국 중 43위 (OECD 국가 평균 : 67)
- 물자급률(UNESCO-IHE) : 평가대상 100개국 중 15번째로 낮음
 - 국제적인 식량 및 에너지 정책 흐름에 따라 국내 자급을 위해서는 현 수준 사용량의 1.4배에 해당되는 물의 양이 더 필요

해수담수화의 필요성

Speech of Kennedy



If we could produce fresh water from salt water at a low cost, that would indeed be a great service to humanity and would dwarf other scientific accomplishment.

“만약에 우리가 바닷물로부터 저렴한 비용으로 맑은 물을 생산할 수 있다면, 이는 인류를 위한 위대한 공헌이 될 것이며 다른 과학적 성취를 뛰어넘는 업적으로 남을 것입니다.”

John F. Kennedy 前 미국 대통령, 1962

■ 용수공급 안정성

구 분	물공급 안정성	순위
해수담수화	무한 공급	1
다목적댐	20~30년 빈도	2
생공용수댐	10년 빈도	3
농업용 저수지	5~10년 빈도	3
지하수댐	5~10년 빈도	3
강변여과수	하천수 유량에 의존	6
하수처리수 재이용	하수처리수 방류량에 의존	7
빗물 이용	강우 의존도 높아 보조 수원으로 활용	8

■ 국내 해수담수화 도입 필요성



극심한 가뭄으로 안정적 물 공급에 대한 국가적 관심이 집중
→ 무한 자원인 해수 활용 필요성 증대

- ✓ 신규댐 건설 제약으로 담수자원 제한
- ✓ 물 안보 확보 차원에서 대체 수자원 개발 절실



중동 지역 등을 중심으로 해수담수화 시장 급성장 전망

- ✓ 국내 수요 한계로 기자재 등 관련 산업육성 및 실적축적 어려움 → 해외시장 진출 활성화 및 물산업을 새로운 성장동력화 하는 계기



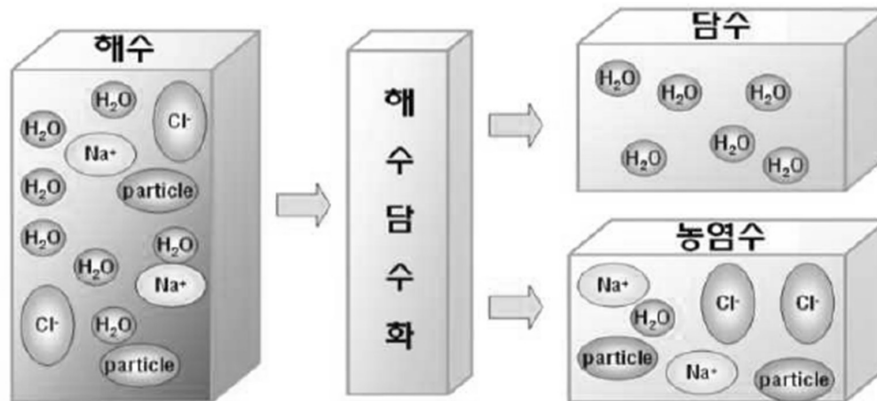
해수담수화는 수처리 기술이 집약된 성장성, 시장성을 갖춘 대표적인 高부가가치 사업

- ✓ 에너지 사용량을 획기적으로 저감할 수 있는 신기술 개발을 통한 기술 선도 기회

해수담수화 기술

■ 해수 담수화란(Sea Water Desalination)?

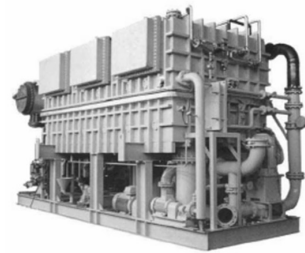
바닷물에서 불순물(입자, 염분, 기타 이온성분 등)을 제거하여
담수를 생산 (Desalination)



담수화 기술 종류

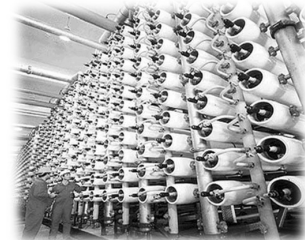
● 열(Thermal) 담수화 기술: 끓이기

- 다단 플래시 증류법(Multi-Stage Flash, **MSF**)
- 다중 효용 증류법(Multiple Effect Distillation, **MED**)



● 막(Membrane) 담수화 기술: 거르기

- 역삼투(Reverse Osmosis, **RO**) 막공정
- 나노여과(Nanofiltration, **NF**) 막공정



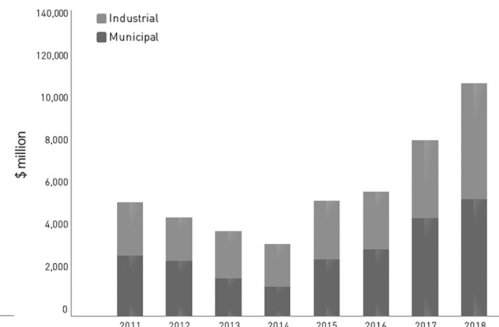
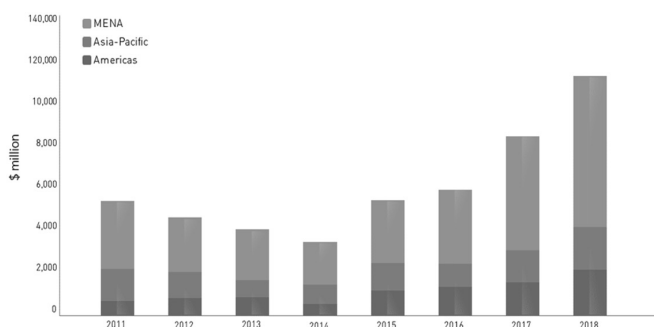
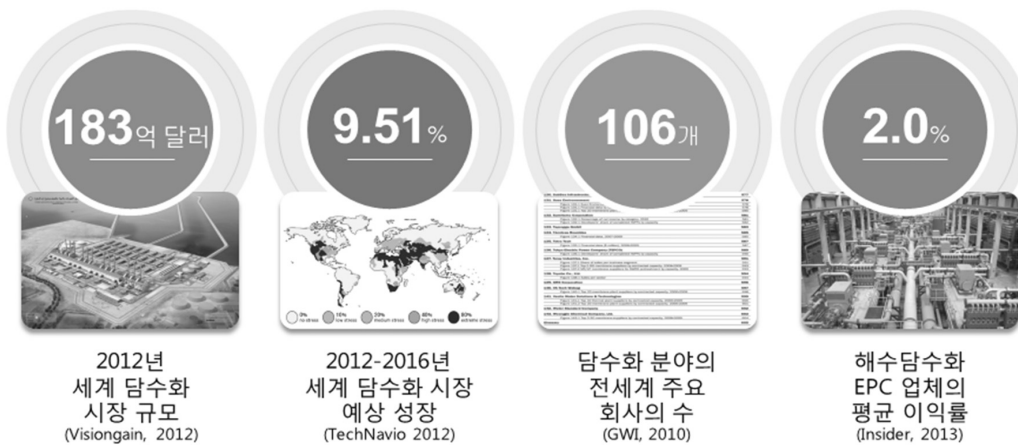
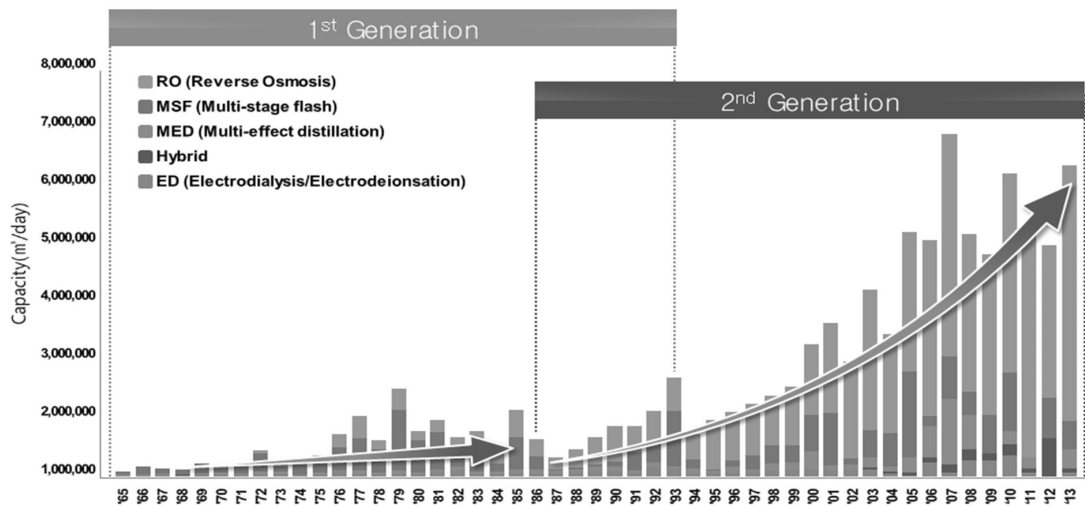
● 이온교환(Ion Exchange) 기술: 골라내기

- 이온교환 수지(Ion Exchange Resin, **IX**)
- 전기 탈염(Electrodialysis, **EDI**)



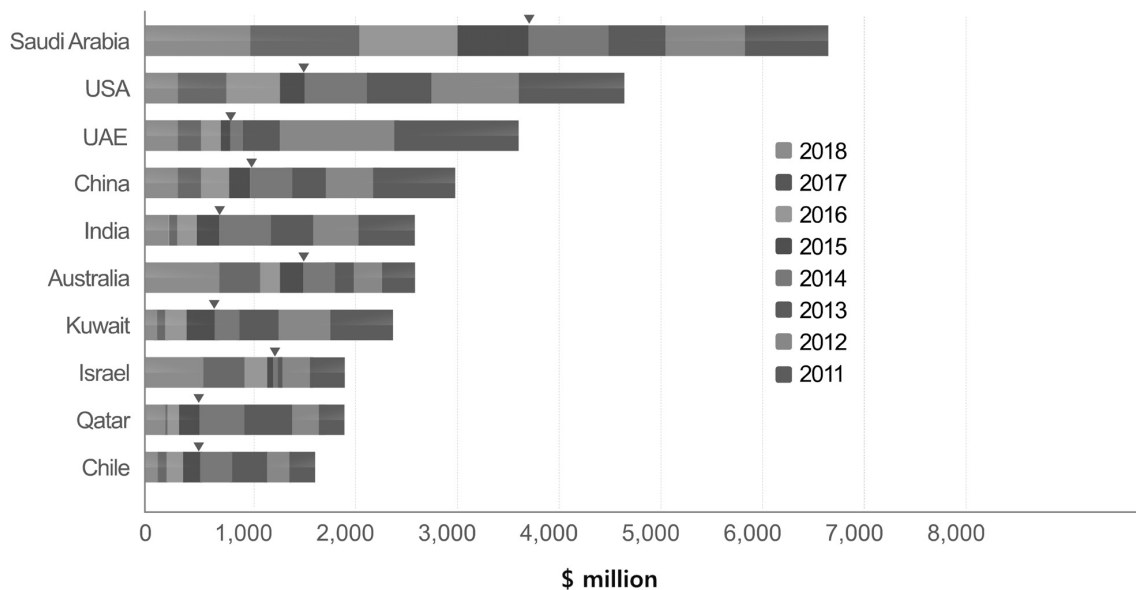
해수담수화 시장 규모 및 전망

- 세계 물 시장에 대해 해수담수화 시장은 2016년 약 8% 수준이며, 향후 시장 규모는 지속적으로 확대가 예상됨
- 담수화 시장 중 해수담수화 시장의 경우 전체 담수화 시장의 약 63%를 차지
- 2030년 기준으로 담수화 시장은 약 2,000만톤/일로 증가할 것으로 예측



자료: GS 건설

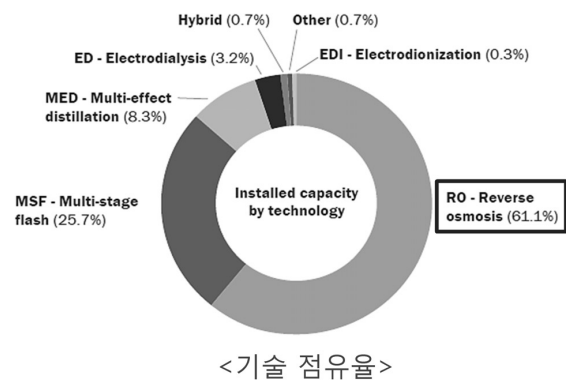
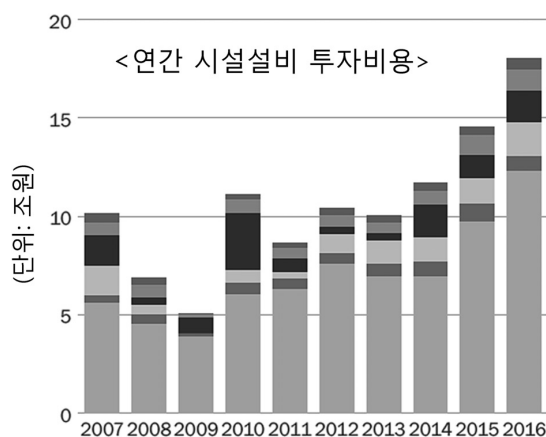
국가별 담수화 시장



담수화 시장 동향

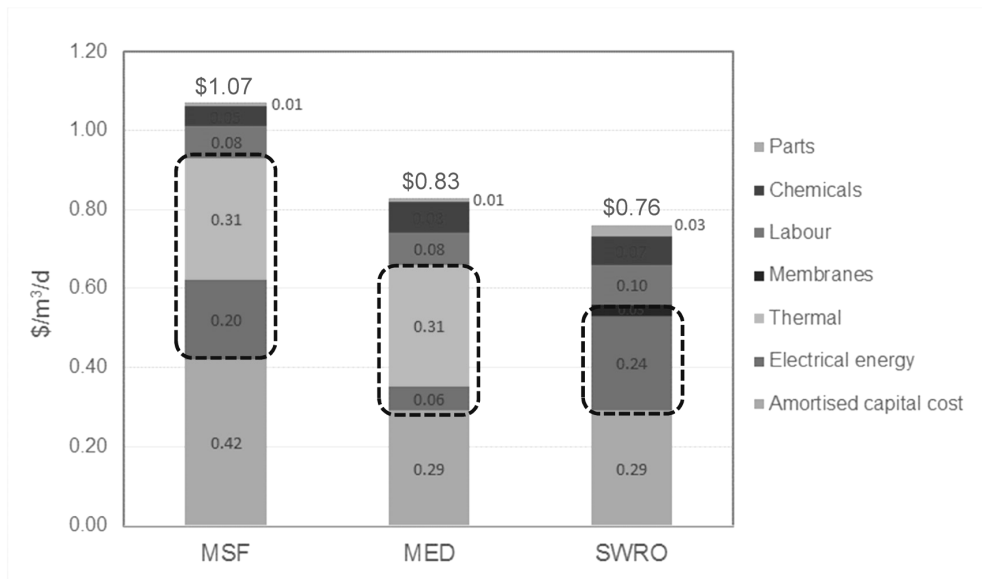
담수화 기술 점유율 · 전망

- MSF 중심 → RO 중심 시장 형성
- 2016년 약 13조원 예상



- 기타 해수담수화 플랜트
- 소규모 증류(MED/MSF) 플랜트
- 다단플래쉬(MSF) 플랜트
- 다중효용증류(MED) 플랜트
- 저염수 역삼투(BWRO) 플랜트
- 해수 역삼투(SWRO) 플랜트

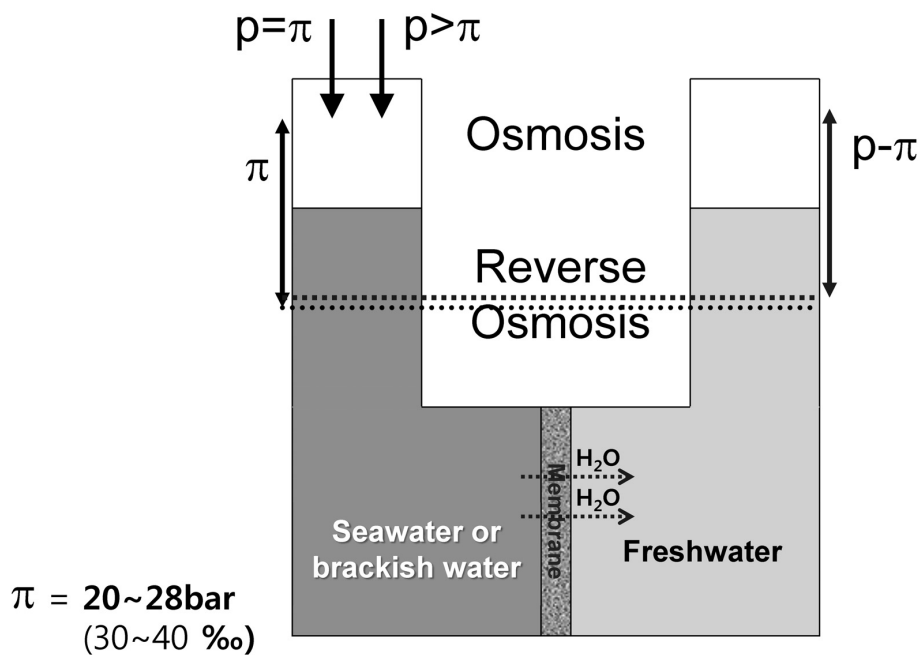
출처: GWI, Desal. Data



< 해수담수화 플랜트별 생산단가 구성(2011) >

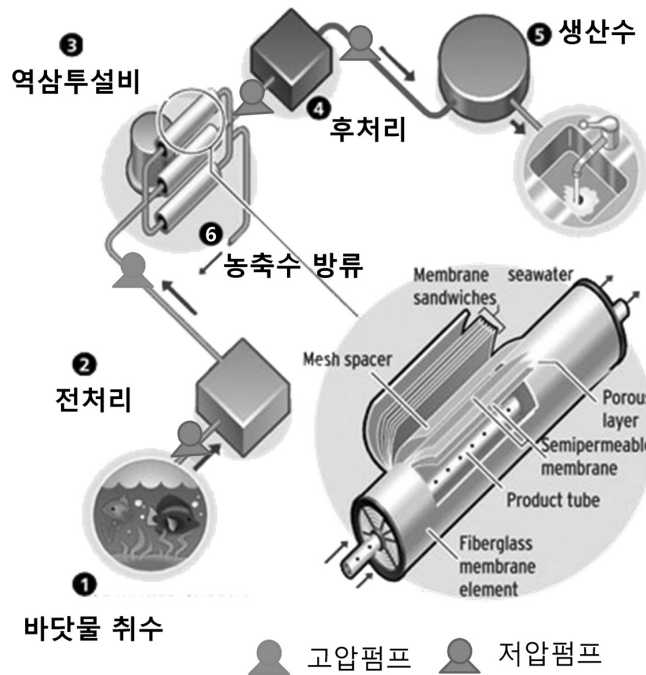
자료: GWI DesalData, 2012

역삼투 공정 원리

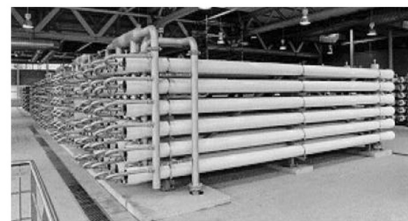


$$J_w = A(\Delta p - \Delta \pi)$$

SWRO 시스템



항목	소모 에너지 구성
Intake	5~8%
Pre-treatment	10~11%
RO system	70~72%
Post-treatment	5~8%
Other Facility	5~8%



Ashkelon SWRO Plant, 이스라엘
(320,000m³/day)

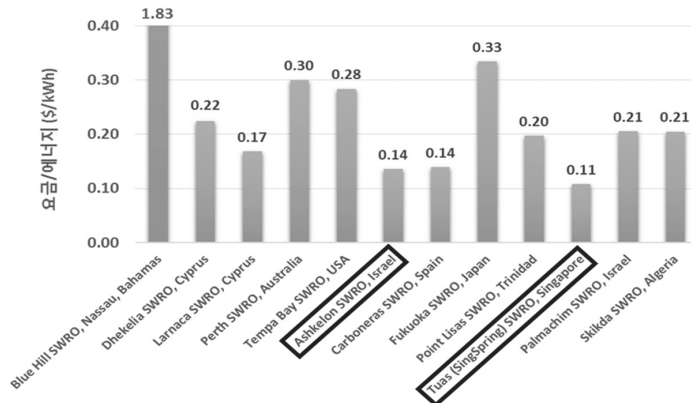
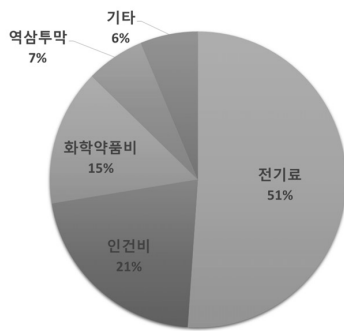
주요 SWRO 플랜트 운영현황 및 시사점

Project	용량 (m ³ /day)	물값 (\$/m ³)	에너지 (kWh/m ³)	유입수 (mg/L)	유출수 (mg/L)	운전압력 (Bar)	건설비 (Million \$)
Dhekelia SWRO, Cyprus	40,000	1.19	5.3	40,000	500	81 (single stage)	41 (1997)
Larnaca SWRO, Cyprus	54,000	0.76	4.52	54,000	500	70 (Two stage)	75 (2001)
Perth SWRO, Australia	143,700	1.2	4	36,500	30	60 (Two stage)	60 (2007)
Tempa Bay SWRO, USA	108,820	0.84	2.96	16000 - 32000	500	60 (Two stage)	158 (2007)
Ashkelon SWRO, Israel	326,144	0.53	3.9	40,679	300	69.3 (Two stage)	212 (2005)
Carboneras SWRO, Spain	120,000	0.57	4.08	39,000	500	65 (Two stage)	95 (2002)
Fukuoka SWRO, Japan	50,000	1.84	5.5	35,000	200	82 (Two stage)	110 (2005)
Point Lisas SWRO, Trinidad	119,000	0.71	3.6	29,000	85	60 (Two stage)	120 (2002)
Tuas (SingSpring) SWRO, Singapore	136,360	0.47	4.34	35,000	250	58 (Two stage)	116 (2005)
Hamma SWRO, Algeria	200,000	0.82	-	37000 - 40000	500	69 (single stage)	250 (2008)
Palmachim SWRO, Israel	110,000	0.78	3.8	40,233	300	67 (Two stage)	110 (2007)
Skikda SWRO, Algeria	100,000	0.73	3.56	39,332	450	66.1 (single stage)	110 (2008)
Barge-Mounted SWRO, Jeddah, Saudi Arabia	26,000	2.27	-	45000	30	67 (Two stage)	108 (2008)

해외 주요 해수담수화 플랜트에서 생산되는 물의 공급 가격은 다양한 건설/운영 조건 및 해당 지역의 지원 정책에 따라 결정

자료: 고려대 홍승관 교수

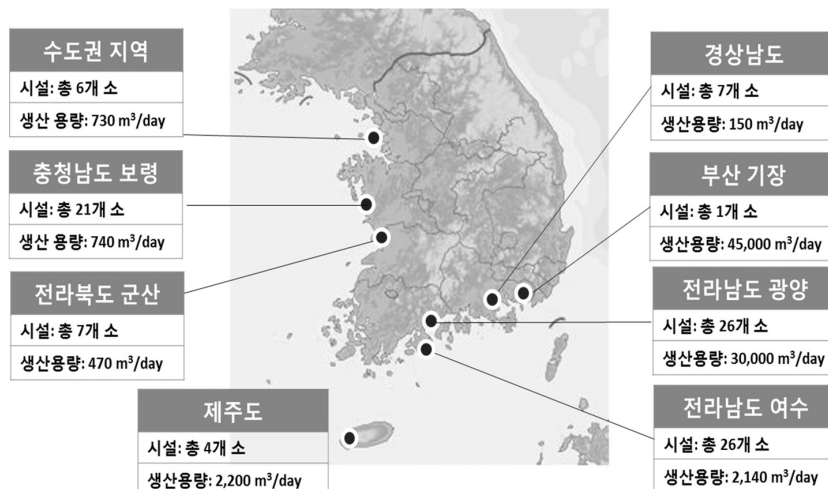
SWRO 비용분석 및 생산수 요금



- O&M 비용 중 전력비가 전체의 절반 차지 → 생산 원가가 소비 전력 비용에 큰 영향을 받게 되는 구조
- 생산요금 대비 에너지 비율이 특정 국가 (이스라엘, 싱가포르)에서 매우 낮게 나타남
→ 물안보 확립을 위해 전력단가를 낮게 계약하는 등의 정책적 지원을 통하여 생산단가를 낮추는 방식 선택

자료: 고려대 홍승관 교수

국내 SWRO 시설 현황



- (도서지역) 농어촌·도서지역 식수원 개발사업』으로 도서지역에 해수담수화시설 건설 지원
 - 전국 22개 지자체 101개소(Q=7,906m³/일)
 - 39개소 K-water 수탁운영 중 (Q=1,915m³/일)

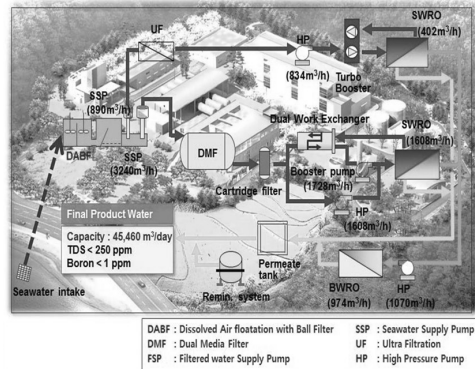
● (민간시설) 광양 동호안 해수담수 플랜트

- 사업비: 약 550억원
- 시설용량: 30,000m³/일
- 생산원가: 약 1,100원/ m³
- 사업형태: 민간투자사업(주관: 포스코 건설),
- SPC: 포스코 광양제철소와 용수공급 계약



● (R&D) 부산 기장 해수담수 플랜트

- 목적: 국토교통부 해수담수 테스트베드
(기장군 지역 생활용수 공급)
- 시설용량 45,000m³/일
- 기술개발 특징(총 연구비: 1,969억원)
 - ✓ 세계 최대 드레인 8MIGD급
 - ✓ VFD를 통한 기온차 극복 전략 수립
 - ✓ 펌프효율 85% 이상(세계 2위)
 - ✓ 16in, 36,000GPD 적용, RO 벅셀의 스플릿 파샬 설계 → 에너지 효율화



국내 해수담수화 추진방향

■ 해수담수화 도입 시급성

- 2020년 기준 용수부족이 예상되는 지자체는 전국 65개 지자체(생활용수 부족 50개, 공업용수 부족 26개, 이 중 11개 지자체는 생·공업용수 모두 부족)
 - ✓ 임해지역에 위치한 지자체는 31개로 전체의 48%를 차지
 - ✓ 산간지역에 위치한 지자체가 8개, 내륙 지역은 26개 지자체
- 용수부족은 점차 심화되어 2025년에는 전국 74개 지자체(생활용수 부족 60개, 공업용수 부족 32개, 18개 지자체는 생·공업용수 모두 부족)에서 용수부족이 발생할 것으로 전망

임해지역 용수부족지역 전망(2020년)



자료: 2025년 수도정비기본계획

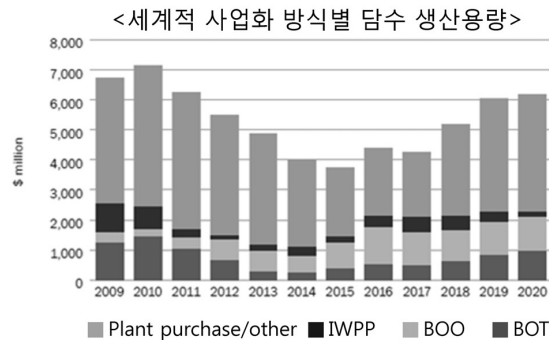
해수담수화 검토대상

● 검토대상 지역

- 수원이 없는 도서지역과 상습 가뭄 지역
- 물 사용량이 많은 임해산업단지
- 비상용수 확보와 시설확장으로 인하여 추가 용수공급이 필요한 지역
- 수도정비기본계획에 미반영된 신규 개발 가능지역

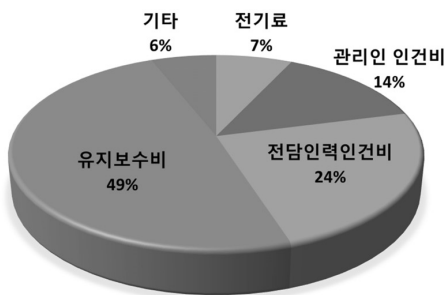
● 사업방식

- **재정사업**: 공공/민간 자본에 의한 시설 건설, 직접/위탁 운영(DBO, EPC, O&M 등)
- **민간협력사업**(Public Private Partnership, PPP) : BOT, BOO, IWPP* 등



* Independent Water & Power Plant(IWPP) : 민자발전 및 담수 플랜트

□ 도서지역 해수담수화 시설 운영 효율화



<소규모 담수화 시설 운영관리비 항목>

에너지원	MSF	MED	RO
태양열	○	○	
태양광			○
풍력			○
지열	○	○	○

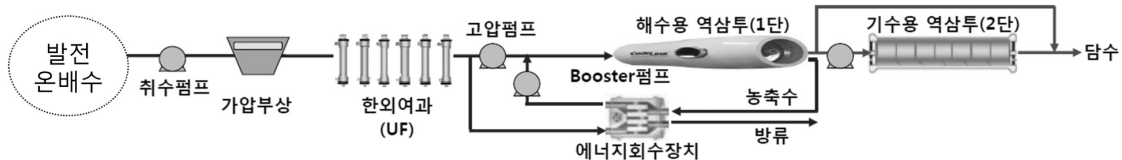
<활용가능 신재생 에너지원 및 담수화 기술 적용성>

- 현재 국내에 적용중인 소규모 해수담수화 시설의 생산원가는 지역에 따라 8,800원/m³에 달하는데, 인건비 및 유지보수비 항목이 73%를 차지.
→ IT기술을 통한 원격제어 및 자동화기술의 개발·적용을 통한 운영비 절감
- 지형적 특이성을 반영한 신재생 에너지를 이용하는 에너지 독립형, 송전망(그리드) 연계 최적화 해수담수화 시설 개발이 필요.

■ 비상용수 확보와 시설확장으로 인하여 추가 용수공급이 필요한 지역 – 발전소와 연계 가능지역

● 포스코 광양 해수담수화 플랜트

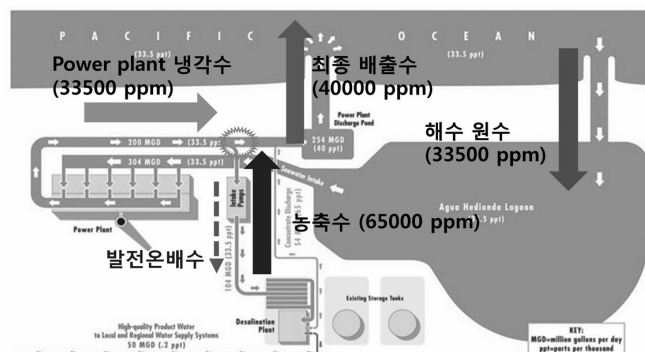
- 사 업 명 : 광양 동호안 해수담수화 용수공급사업
- 사업목적: 광양제철소 용수공급
- 시 공 사 : (주)포스코건설(O&M : 포스코건설 자회사 Blue)
- 사업방식: 민간투자사업(자체 PF사업) → 운영기간 30년
- 시설용량: 30,000m³/일(회수율 50~55%)
- 사 업 비 : 약 550억원(생산원가 약 1,100원/m³)
- 사업특징: SK E&S 발전소 온배수를 원수로 활용 → 건설비, 운영비 절감(에너지 사용량 0.2~0.3kWh/m³ 감소)
- 기술적용 : ISD 설계, Direct coupling



■ 기존 화력발전소 인근 지역

● 미국 캘리포니아 Carlsbad 해수담수화 플랜트

- San Diego에 위치한 미국 내 최대규모의 역삼투 해수담수화 공정 플랜트
- 처리용량: 380,000m³ 까지 식수 생산 가능
- 원수로 발전 온배수 사용, 저류조를 활용 → 원수수질 양호
- 발전소 냉각수와 RO 농축수를 5:1로 희석 배출 → 1.2배 수준으로 낮춰 해양 방류



● 국내 적용방안

- 가뭄심각지역인 충남서부권에 위치한 보령, 태안 화력발전소 등의 용수공급 용으로 적용
- 온배수 활용시 생활용수로는 공급 불가 → 공업용수만으로 사용
- 해수담수화 시설 도입에 따른 추가 취, 방류 영향평가 불필요

■ 신규 발전소 건설시

● 싱가포르 Tuaspring 해수담수화 플랜트

- 시설용량 320,000m³/일
- 아시아 최초로 가스터빈 화력발전소를 건설, 전력을 충당하는 방식으로 원가 절감을 추진 (IWPP 사업) → 해담플랜트 전력사용량 4.34kWh/m³, 물값 0.47\$/m³

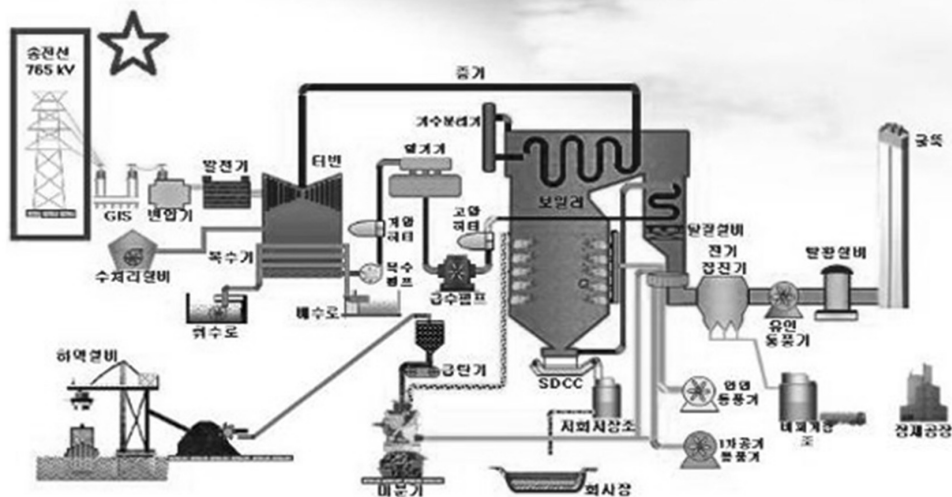


● 국내 적용방안

- 전력수급기본계획에 따라 건설계획이 수립된 화력발전소 대상(용수공급계획이 미수립되었거나 원활하지 못한 곳)
- 건설단계부터 RO 시설 운영전력량을 고려, 온배수 활용 → 운영비, 건설비 절감 가능
- 또는 전기 대신 증기사용계획을 반영시 RO 보다 MED 방법을 도입 가능 → 발전소 용수 중 약 25%를 차지하는 순수처리비용 절감 가능



● 화력발전 설비 계통도와 용수사용

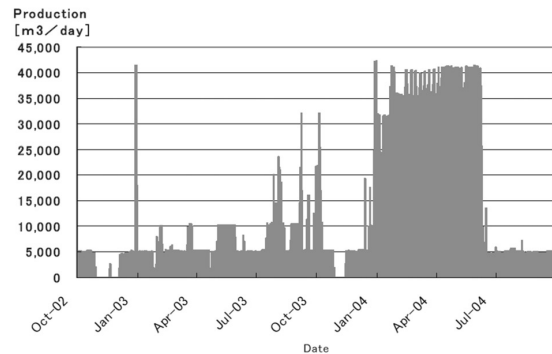


발전소	발전용량 (MW)	취수량	용수사용 비율(%)				사용량 (m ³ /일)
			순수	소내용수	살수	탈황	
A	4,000	15,026	24.0	20.8	4.2	50.9	13,968
B	4,000	14,952	22.4	14.5	6.5	56.6	14,943

가뭄 취약지역

일본 오키나와 해수담수화 플랜트

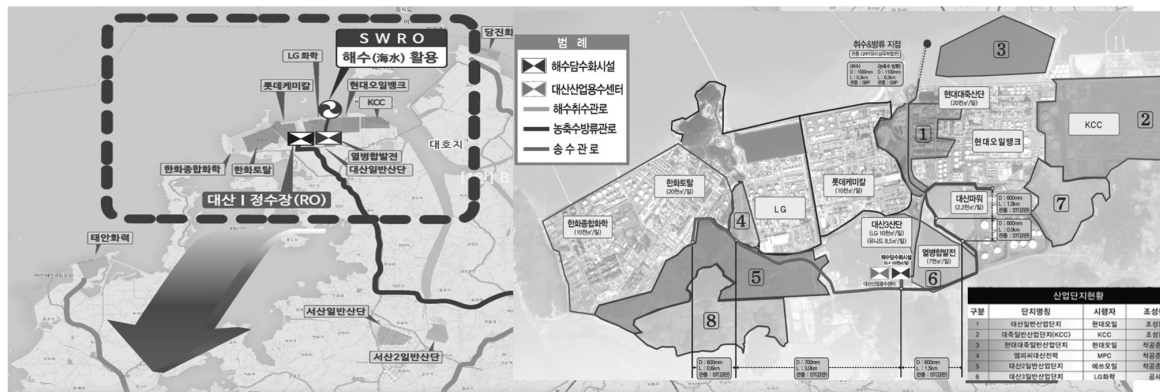
- 시설용량: 40,000m³/일
- 도입배경: 1972~1994년까지 23년간 14년에 걸쳐 1,130일의 급수제한
- 가동방법: 5,000~40,000m³/일로 계절적으로 가변운전
- 공급방식: 기존 정수 생산수와 블렌딩하여 공급
- 공정구성: 해수 → 침사지 → 압력식 모래여과 → RO(8기) → 배수지



국내 적용방안

- 대상지역: 강원도 속초 등 상습 가뭄취약 지역
- 가동방법: 갈수기인 2~4월 부족용량 기준 해수담수화 시설 설치 및 가동, 평상시에는 최소량 가동 또는 시설 운휴
- 처리공정: 강원도 지역의 경우 염지하수 취수시(TDS 5,000~20,000mg/L) → 전처리 설치비용 절감, RO 시설 운영비 절감 가능

K-water 해수담수화 사업 개발 계획



10만톤/일 공급 시설(2019년 공급 개시, 총사업비)

- 요구수질: 염소이온(10mg/L), TDS(100mg/L)
- 수 요 처 : 한화토탈, 한화종합, 롯데케미칼, LG화학, 대산 파워

사업 추진계획

국토부 방침(2월)

국고지원 Vs. PF(3월)

예타면제

타당성 조사 및
실시설계

물공급 안정화 확대대책

● 권역별 대규모 해수담수화 사업 MP 수립

- 무한 자원 해수 이용 권역별 광역상수도 공급량의 일정 비율 공급
- 충남 서북부 지역 공업용수 우선 추진

● 전국토 물공급 안정화 사업 기본조사 착수('16년 3월)

- 해수담수화 개발방안 검토 및 개발지역·물량 선정
- 공정계획 등 개발계획 수립 및 경제성 확보 가능한 사업모델 개발
- 원가절감 등 담수화 기술력 확보방안, 법·제도적 개선방안 검토



해수담수화 사업 주민 수용성 강화 방안(안)

■ 해수담수화 추진 사례 분석

● [Category I] 수자원량 절대 부족 지역

- (사우디아라비아) Ras al-Khair 시설(페르시아만), Jubail 등 27개 시설
- 생활용수의 50% 이상 해수담수로 충당
- (UAE) Abu Dhabi 등 8개 시설(해수담수화 시설 도입률 세계 2위)
- 생활용수의 90% 이상 해수담수로 충당
- (키프러스) Dhekelia, Larnaca 등 2개 영구적 시설 및 2개 부유상태의 시설
- 생활용수의 약 20% 충당, '16년까지 50% 충당 예정
- (싱가폴) Singspring, TuaSpring
- 담수, 재이용수, 해수담수화를 혼합이용, 해수담수화 용수수요 약 20% 충당

● 시사점

- 물 절대 부족으로 해수담수화 시설이 유일한 생활용수 급수 대안 → 주민 수용성이 매우 높음

● **[Category Ⅱ] 기후변화, 가뭄으로 수자원량이 부족한 지역**

- **(호주) 커널(Kernel) - 실패**
 - Energy Intensive, 환경파괴 / 재이용수 및 수자원 보존으로 선회
- **(영국) 벡톤(Beckton) - 성공**
 - 용수수요 증가 해수담수화 시행 / 바이오연료 사용, 가뭄시 가동 전제로 승인
- **(일본) 오키나와현, 후쿠오카 - 대안 시행**
 - 수년간 제한급수 등 수자원 부족 경험, 댐 건설시까지 해수담수화 대안 시행
- **(미국) 캘리포니아 해수담수화 플랜트 사업 - 성공**
 - 사업기획 ~ 가동까지 18년 소요 (사업전반 사전 협의 후 시행)

● **시사점**

- 사업 추진과정에 이해관계자 참여, 양방향소통, 투명한 정보공개 등 정책 결정의 투명성 및 Social trust하에 해수담수화 사업 성공적 추진 → 영국, 일본, 미국

■ **해수담수화 사업 주민 수용성 강화 방안(안)**

- **주민 참여방안 및 의사반영 계획 수립**
 - 지역주민 인식도 조사
 - 시민패널, 컨퍼런스 등
- **대체수자원 활용 가능여부 검토, 사업 관련자료 투명공개**
 - 수자원현황 및 신규수자원 확보 방안 검토
 - 해수담수화사업 추진 장·단점 및 현안이슈 등
- **정부, 관련 지방자치단체 등 관련부서 사전협의 계획 수립**
- **예비타당성 조사 및 환경영향평가 시행**
- **교육 및 홍보 방안**
 - 주부, 학생 등 맞춤형 교육 커리큘럼 개발, 시행
 - 홍보 리플렛 및 해수담수화 바로알기 Q&A 발간, 배포
 - 블로그, SNS, My Water 등 웹 기반 신속, 정확한 정보공개
 - 언론매체를 통한 적극적 홍보 및 긍정적 여론형성 노력

결론

- 우리나라의 기존 해수담수화 관련 정책은 기술개발 및 산업육성을 통한 해외 물산업진출에 초점을 맞춘 방향으로 추진.
- 기후변화로 인해 가속화되는 자연재해의 극복을 위하여 물안보적 측면에서 해수담수화 기술을 이용한 안정적인 수자원 공급이 전세계적으로 요구.
- 해외 물부족국가에서는 운영보조금의 지원, 담수화 생산수의 우선적 공급, 시설의 사용 전력에 대한 전략적 저가 공급 등의 정책으로 해수담수화를 통한 수자원의 확보에 총력.
- 국내에서도 극한 가뭄에 대비한 물안보측면에서 해수담수화시설에 대한 다각적인 검토 및 적극적인 도입이 필요하며 지속적인 연구투자 와 기술혁신으로 해수담수화비용 저감 및 이를 통한 해외 물산업 진출의 교두보를 확보.
- 담수화 시설 생산수의 사용자와의 공청회, 수질분석 강화 및 정보 공개 등의 소통을 통하여 주민 수용성 확보 노력 필요.



감사합니다

국내외 해수담수화 운영과 기술개발 현황



국내외 해수담수화 운영과 기술개발 현황

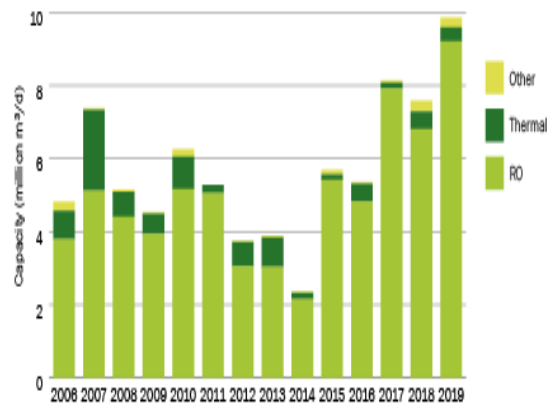
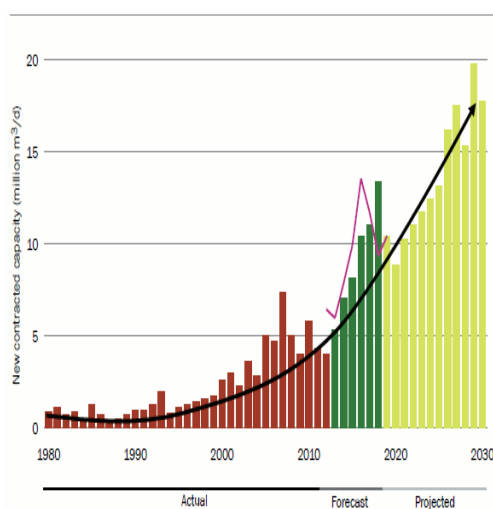
광주과학기술원 글로벌 담수화 연구센터
김인수

INDEX

1. 세계 담수화 기술 현황
2. 국내 기술 현황
3. 선진국과 비교

1. 세계 담수화기술 현황

담수화 시장 예상



Global Water Market 2011, GWI

- 2030년 기준으로 담수화 시장은 약 2,000만 m³/일로 증가할 것으로 예측

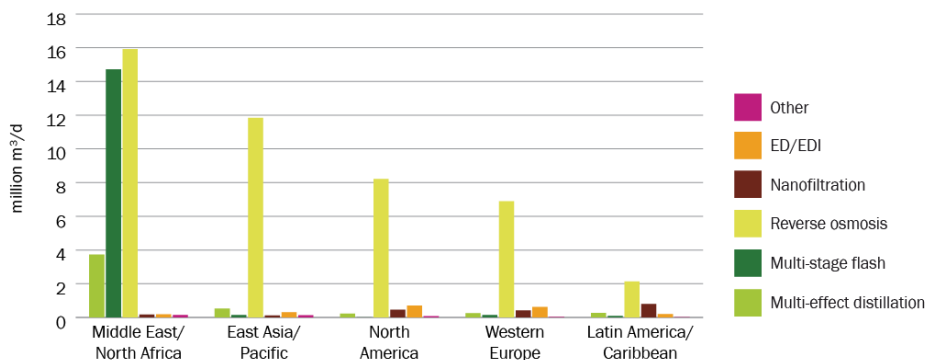
세계 담수화 시장 현황

Desaldata.com 참조



유입수별 담수화 공정 용량

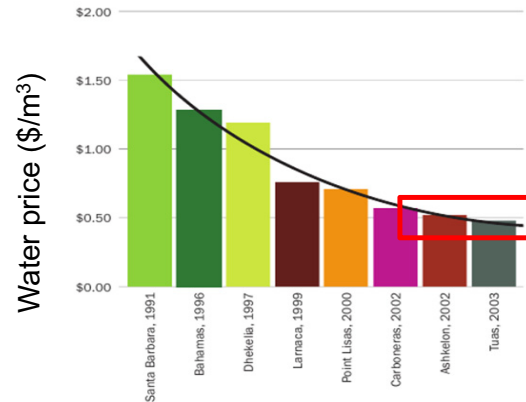
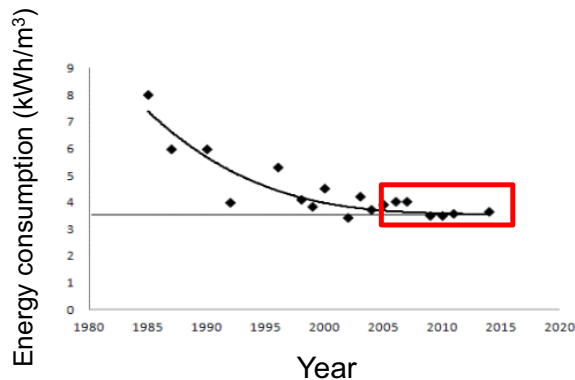
해수담수화 주요 시장 및 시장 선도 기술



지역별 담수화 기술 적용

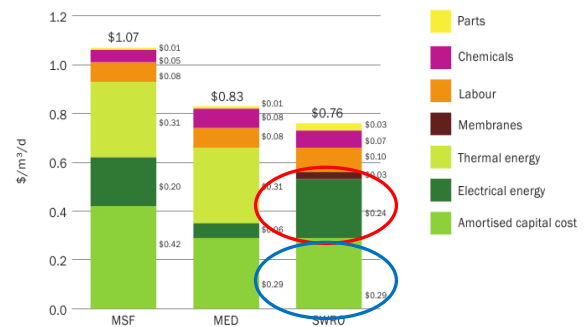
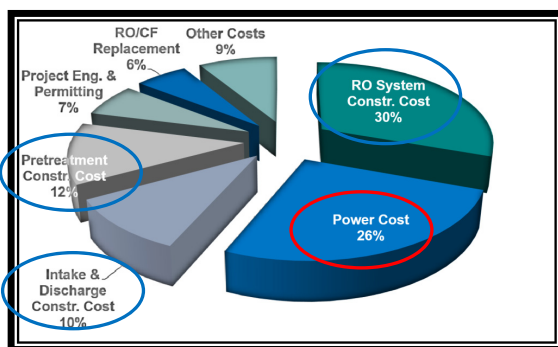
- **중동 및 북아프리카** 담수용량이 전체의 **약 50% 정도**
- **중동 및 북아프리카** 지역에서만 **증발식 발주**
- 세계와의 기술경쟁을 위해서는 **역삼투 공정기술이 필수**

평균 에너지사용량 및 세계 생산단가 변화 추이



- 에너지 소모율은 현재 3.5 kWh/m³ 까지 저감
- 유명 담수플랜트 생산수 단가 범위 : 0.5-0.75 \$/m³
- 0.48 \$/m³ 까지 저감

생산수 단가에 대한 O&M (에 너지) VS EPC



Source: GWI DesalData

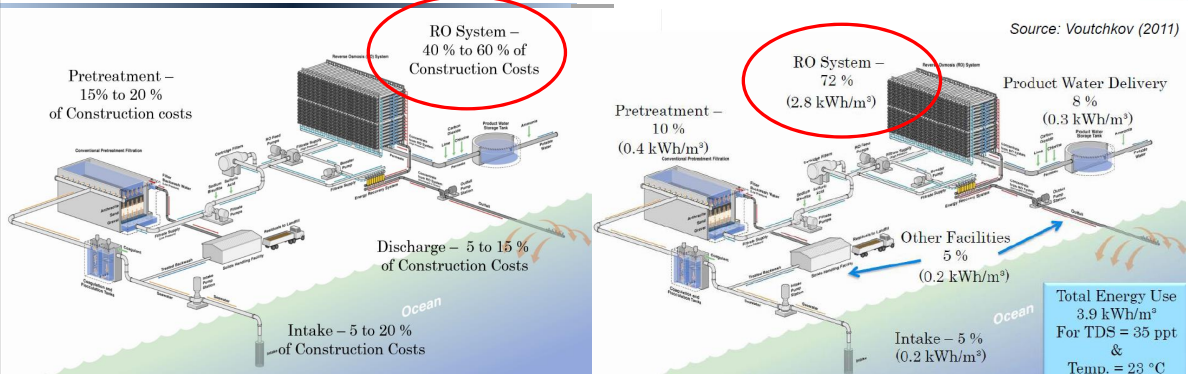
EPC : Power = 52 : 26

EPC : Power = 38.2 : 31.6

Voutchkov, N., How Much Does Seawater Desalination cost?,
Texas Innovative Water 2010, 참조

- 생산수 단가에 대한 에너지 비용과 EPC 비용 비교시 EPC와 에너지비용은 유사하거나 EPC 비용이 조금 더 비쌈

생산수 단가 저감을 위한 포인트



건설비의 구성

에너지 비용의 구성

- 역삼투 전체 공정에서 역삼투막 트레인 단위공정은 건설비용과 에너지비용의 절대적 비중
- 역삼투 트레인의 건설비와 에너지 비용은 트레인 설계 변화를 통해 절감가능

에너지 비용 절감을 위한 기술개발 방향

Design Parameter

Direction

1. High flux Membrane
 - Thin film
 - Large diameter
 - Nanocomposite

1. High flux Membrane
 - 17000 GPD
 - 16 inch & 18 inch (Koch)
 - NanoH2O (more than 13700 GPD)

2. New Membrane
 - CNT
 - Graphene
 - Aquaporin

2. New Membrane
 - Future oriented research

3. ISD design
 - Lowfouling & High-productivity

3. ISD design
 - Multi-membrane type

4. RO train unit
 - ERD
 - Split partial design
 - Pressure vessel with 8 elements

4. RO train unit
 - Max efficiency (↑ 98%)
 - reducing 2nd pass scale
 - increase of Recovery rate

2. 국내 기술 현황

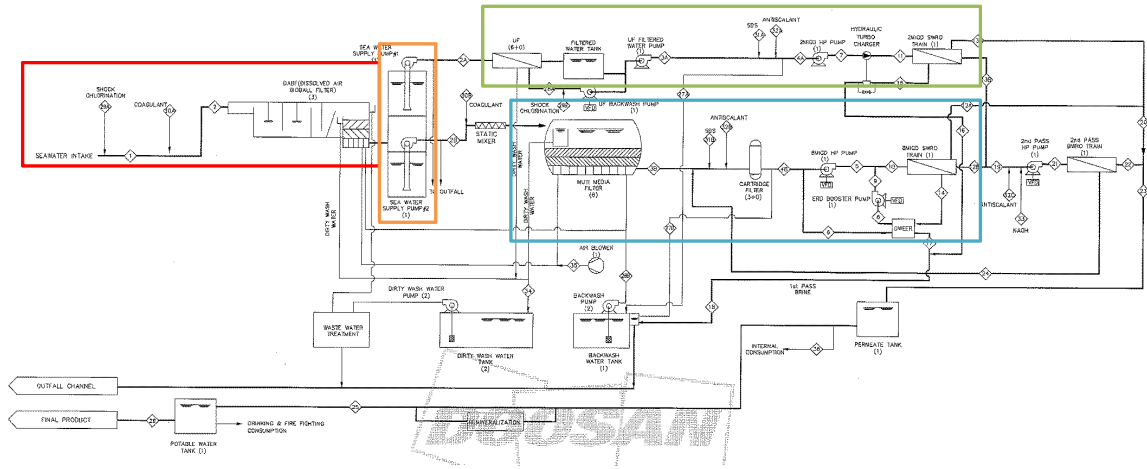
현재 국내 기술 수준 (부품효율성)

국내 기술력 (EPC 부품) - 해수담수화 플랜트 사업단

- 역삼투 공정의 기술력 (에너지) - 역삼투막, 고압펌프, 에너지 회수장치, 트레인 엔지니어링
- 역삼투막 : 9,000 GPD (8인치 기준, 세계 최고 9,900 GPD)
13,700 GPD (8인치 기준, 세계최고 17,000 GPD)
- 고압펌프 : 8.4 MIGD, 65 bar, 효율 85% 이상 (세계 최고 수준)
- 에너지 회수장치 : 효율 95% 프로토 타입

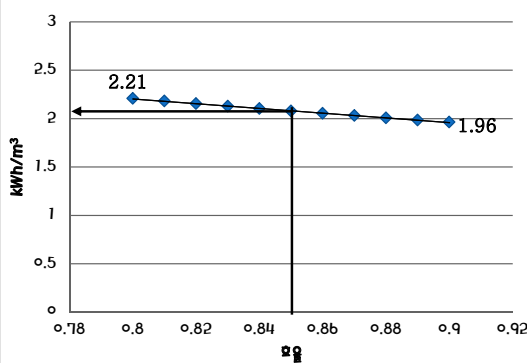


국내 기술 현황 기장 플랜트 P&ID 및 특성



- 자연유하식 인테이크
- 대형 펌프 적용으로 효율 극대화 (VFD 적용)
- 첫번째 계열 (DMF-DWEER-8 MIGD 고압펌프(VFD)- 트레인) : 에너지 최소화
- 두번째 계열 (UF-Turbocharger-4MIGD급 펌프-트레인) : ISOBARIC 으로 적용
에너지 효율성 개선 여지 있음

8 MIGD 트레인 에너지소모율 추정



효율 1% 추가 달성시 약
0.025 kWh/m³ 감소

가정 1. 펌프효율이 모터동력까지 모두 포함된 모든 효율의 합
가정 2. 유량 8MIGD, 압력 65bar의 고압펌프 (해수담수화플랜트 사업단)

- 85% 효율시 2.085 kWh/m³
- DWEER 효율 95%, 회수율 48% : 4 bar 추가 필요
Booster Pump 효율 83% 가정 : 0.146 kWh/m³

- 이론적 8 MIGD RO 트레인의 에너지 소모 : 약 2.231 kWh/m³

2 MIGD & 취수펌프 에너지 소모율 추정

- 일반적인 펌프 공식을 적용하여 계산 : 4 MIGD 급 83% 효율 가정
- 터보차저의 효율을 75%로 가정 할 경우
- 이론적 2 MIGD 트레인의 에너지 소모 : 약 3.5 kWh/m³

-
- 총 2대가 운영: 17.29, 4.2 MIGD 83% 효율, 양정 30 m가정
(지하 15 m 이하에서 급수, UF와 MMF는 고려안함)
 - 17.29 MIGD: 322.24 kW
 - 4.2 MIGD: 78.28 kW

- 해수 공급펌프 전력 소모율: 약 0.21 kWh/m³

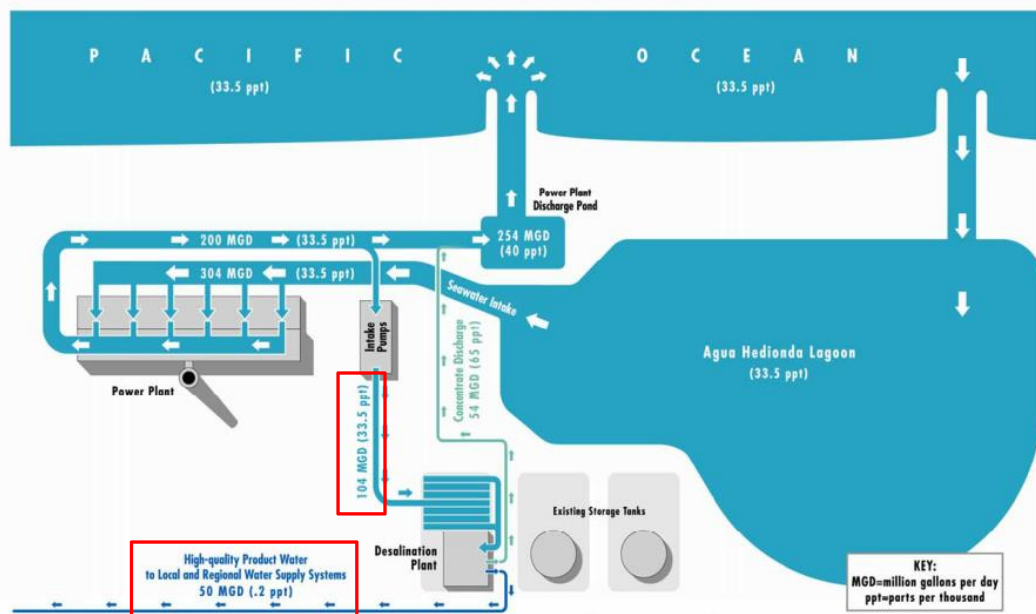
-
- 현재 기장플랜트의 경우 행정동 운영까지 포함된 모든 전력을 포함하여 3.7 kWh/m³ 내외임.
 - 대략 기본적인 해수농도 33,000 mg/L 범위에서 3.5 kWh/m³이 현재의 설계 능력으로 판단



- 1,000 원/m³ 내외 (0.83 \$/m³, 1,200원/\$ 기준)

3. 선진국과 비교

칼스바드 설계조건



칼스바드 플랜트 펌프 목록 및 설계목표

Unit	Baseline Design - Power Use			High Efficiency Design - Power Use			Additional Costs for Premium Efficiency Equipment (US\$2008)
	(Hp)	Equipment Efficiency	Equipment Type	(Hp)	Equipment Efficiency	Equipment Type	
Key Treatment Process Pumps							
Power Plant Intake Pumps (Stand-Alone Operation)	3,750	70%	High Efficiency Motors - No VFDs	3,750	70%	High Efficiency Motors - No VFDs	None
Seawater Intake Pumps	2,100	70%	High Efficiency Motors - No VFDs	1,838	80%	Premium Efficiency Motors - VFDs	US\$0.7 MM
Reverse Osmosis Pumps	30,100	82%	Premium Efficiency Motors - No VFDs	30,100	82%	Premium Efficiency Motors - No VFDs	None
Energy Recovery System - Power Reduction	(7,550)	-25.1%	Pelton Wheels	(10,200)	-33.9%	Pressure Exchangers	US\$5.0 MM
Product Water Transfer Pumps	10,680	70%	High Efficiency Motors - No VFDs	9,350	80%	Premium Efficiency Motors & VFDs	US\$3.4 MM
Pretreatment Filter Service Equipment							
Microscreen Pumps	150	65%	High Efficiency Motors - No VFDs	150	65%	High Efficiency Motors - No VFDs	None
Ultrafiltration Vacuum Pumps	780	70%	High Efficiency Motors - No VFDs	680	80%	Premium Efficiency Motors - with VFDs	US\$0.3 MM
Filter Backwash Blowers	400	70%	High Efficiency Motors - No VFDs	400	70%	High Efficiency Motors - No VFDs	None
Backwash Pumps	160	70%	High Efficiency Motors - No VFDs	160	70%	High Efficiency Motors - No VFDs	None
Backwash Equalization Basin Blowers	80	70%	High Efficiency Motors - No VFDs	80	70%	High Efficiency Motors - No VFDs	None
UF and RO Membrane Cleaning Systems							
Membrane Cleaning Pumps	30	70%	High Efficiency Motors - No VFDs	30	70%	High Efficiency Motors - No VFDs	None
Scavenger Tank Mixing System	50	70%	High Efficiency Motors - No VFDs	50	70%	High Efficiency Motors - No VFDs	None
Flush Pumps	150	70%	High Efficiency Motors - No VFDs	150	70%	High Efficiency Motors - No VFDs	None
Cleaning Chemicals System	15	70%	High Efficiency Motors - No VFDs	15	70%	High Efficiency Motors - No VFDs	None
Sewer System Transfer Pumps	15	65%	High Efficiency Motors - No VFDs	15	65%	High Efficiency Motors - No VFDs	None
Chemical Feed Equipment							
Polymer Feed System	15	65%	High Efficiency Motors - No VFDs	15	65%	High Efficiency Motors - No VFDs	None
Ammonia Feed System	30	65%	High Efficiency Motors - No VFDs	30	65%	High Efficiency Motors - No VFDs	None
Lime Feed System	200	65%	High Efficiency Motors - No VFDs	200	65%	High Efficiency Motors - No VFDs	None
Carbon Dioxide Feed System	30	65%	High Efficiency Motors - No VFDs	30	65%	High Efficiency Motors - No VFDs	None
Sodium Hypochlorite Feed System	40	65%	High Efficiency Motors - No VFDs	40	65%	High Efficiency Motors - No VFDs	None
Other Chemical Feed Systems	10	65%	High Efficiency Motors - No VFDs	10	65%	High Efficiency Motors - No VFDs	None
Service Facilities							
HVAC	260	80%	High Efficiency Equipment	250	80%	High Efficiency Equipment	None
Lighting	120	80%	High Efficiency Equipment	120	80%	High Efficiency Equipment	None
Controls and Automation	40	80%	High Efficiency Equipment	40	80%	High Efficiency Equipment	None
Air Compressors	100	80%	High Efficiency Equipment	100	80%	High Efficiency Equipment	None
Other Miscellaneous Power Uses	250	80%	High Efficiency Equipment	250	80%	High Efficiency Equipment	None
TOTAL DESALINATION PLANT POWER USE	42,005			37,653			

GDRC Global Desalination
Research Center

EMBL
Environmental Membrane
Biotechnology Laboratory

칼스바드 플랜트 전력효율

- 펌프의 효율화 : 해수유입펌프, 생산수 송수펌프, UF 펌프 → VFD 설치
- ERD 효율화 : Pelton Wheels → Pressure Exchanger

- 기본설계 에너지 소모율 : 약 15.02 kWh/kgal (3.97 kWh/m³)



설계 효율화

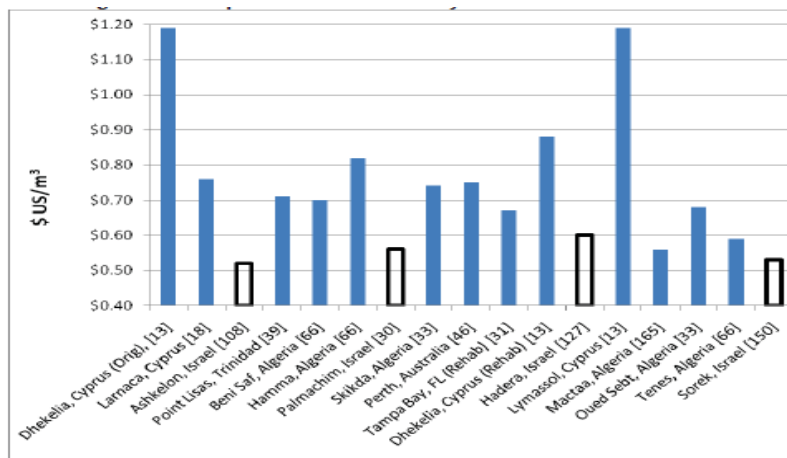
- 고효율 설계 에너지 소모율 : 약 13.49 kWh/kgal (3.56 kWh/m³)

- 트레인 설계 에너지 목표에 따르면, 2nd pass를 제외시 약1.88 kWh/m³ 수준
- 2nd pass 포함하여 2.38 kWh/m³수준일 것으로 예상

GDRC Global Desalination
Research Center

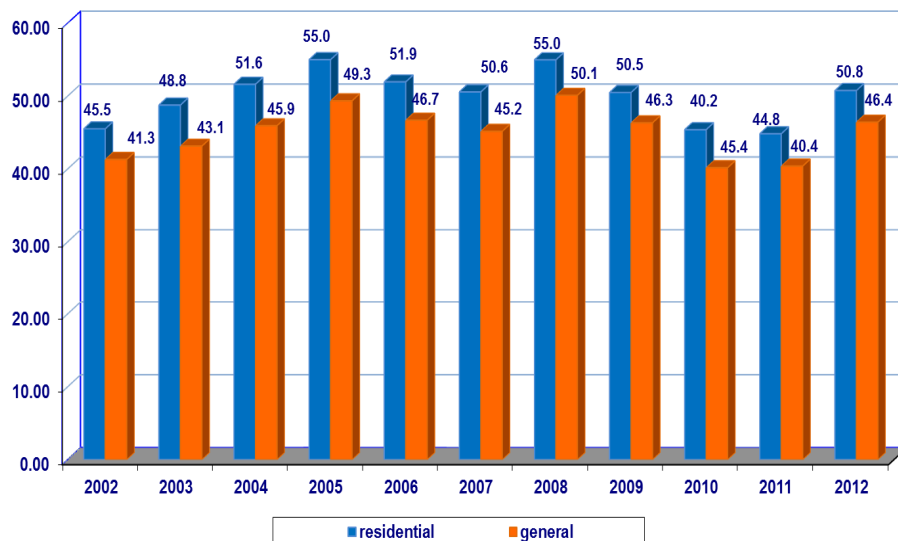
EMBL
Environmental Membrane
Biotechnology Laboratory

이스라엘 플랜트들의 생산수 단가비교



0.5 – 0.6 \$/m³ 범위로 세계 최고수준

이스라엘 전력비

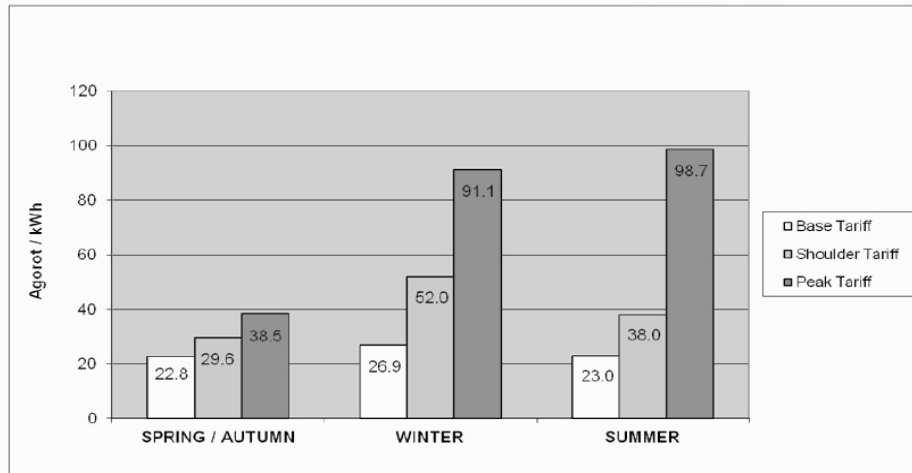


전기세 비교 (2007년 기준 환율 : 1 셰켈 = 220원, 2012, 13년 기준 환율 : 1셰켈 = 300원)

-한국 : 2007년 기준 57원/kWh, 2012년 기준 107원/kWh

-이스라엘 : 2007년 0.452 셰켈 (99.44원/kWh), 2012년 0.464 셰켈 (139.2원/kWh)

이스라엘 플랜트용 실전력비



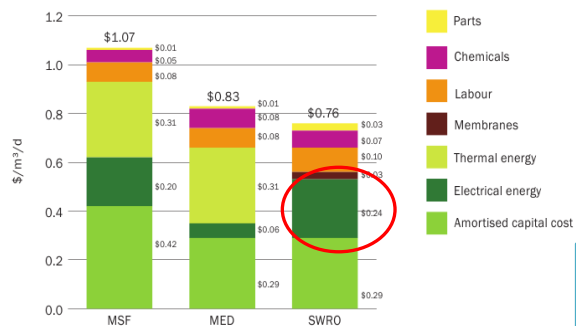
- During Peak Tariff at summer & winter:
Electricity cost per m³ > Income per m³

Yaran, E., "Operational experience at varying production capacities in the Hadera Desalination Plant", OMIS Water 발표자료 참조

Mode Type	High Production Mode	Low Production Mode
When	Base & Shoulder Tariff Hours	Peak Tariff Hours
Production Flow Rate	19,500 m ³ /hr	7,500 m ³ /hr
Main Equipment in Operation	8 HP Pumps	2 HP Pumps (different types)
Operation Parameters	~70 bar RO Pressure ~50% Recovery	Low RO Pressure Low Recovery

생산수 단가를 줄이기 위한 노력

- 탄력적 운전 (전력비가 낮을 때 2.6배 생산)
- 펌프를 2개만 가동
- 회수율 50%로 증대
- 이것이 가능한 이유는 새로운 형태의 트레인 설계로 인한 것임 : 재래식 설계시 펌프 작동이 중지될 경우 물을 생산하는 것이 불가능



Source: GWI DesalData

한국 전력비 107원/kWh

기장플랜트 3.5 kWh/m³

기장플랜트 전력비 374.5원/m³
(0.312 \$/m³)

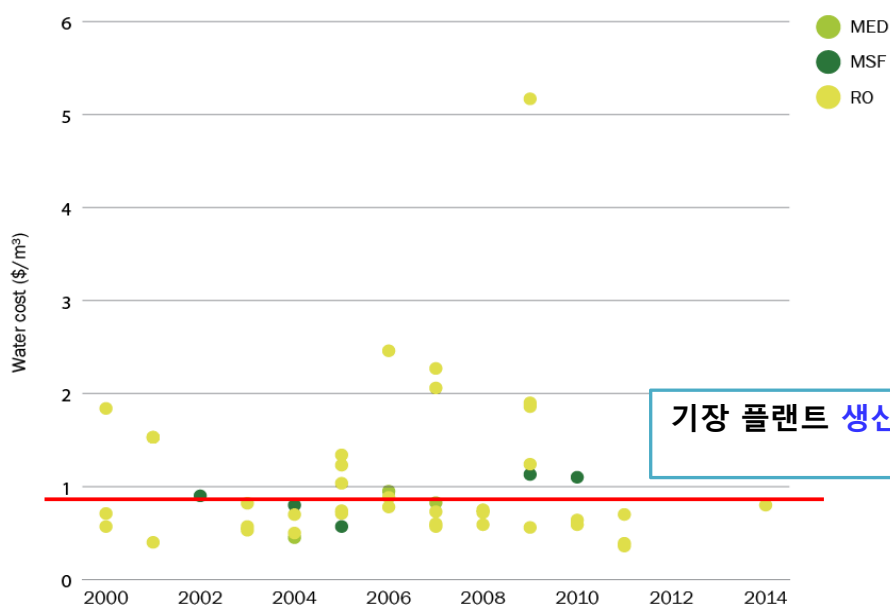
플랜트 전체:

0.83 \$/m³ (기장) VS 0.76 \$/m³ (세계)

전력비:

0.312 \$/m³ (기장) VS 0.24 \$/m³ (세계)

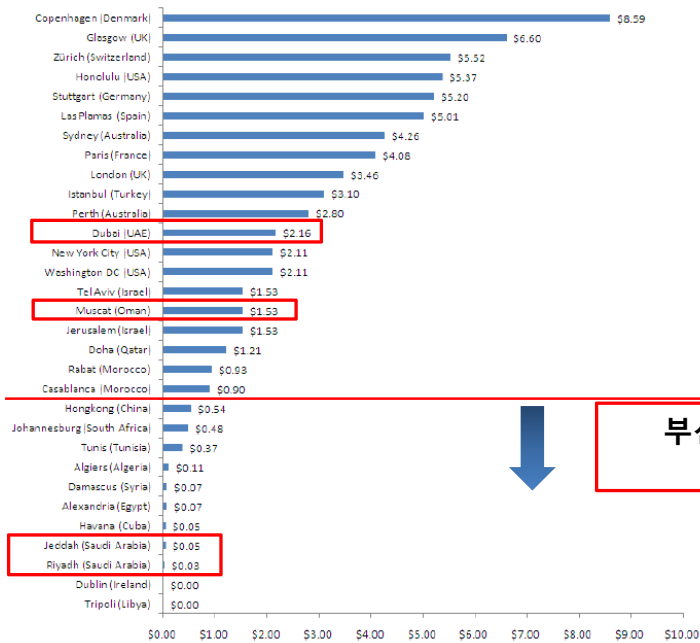
전력 효율성만큼
단가 차이발생



기장 플랜트 생산단가 1000원/m³
(0.83\$/m³)

각 공정별 생산수 단가의 변화

수돗물 값



부산 기준 생산단가 940원/m³
(0.78\$/m³)

Figure 6-10: Excerpt of global water tariffs, including water and wastewater tariffs [GWI 2009 Water Tariff Survey]



감사합니다

MEMO

MEMO

[illegible]

MEMO