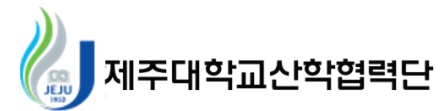


제주도의 천혜 에너지자원인 수열에너지



제주대학교 기계공학과
현명택

제주도의 천혜 에너지자원인 수열에너지

01 서론

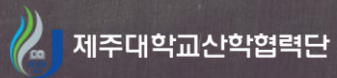
02 제주도의 유용한 수열에너지원

03 수열에너지 활용 방안

04 수열에너지 이용 시스템

05 수열에너지 활용 사례

06 발표를 마치면서

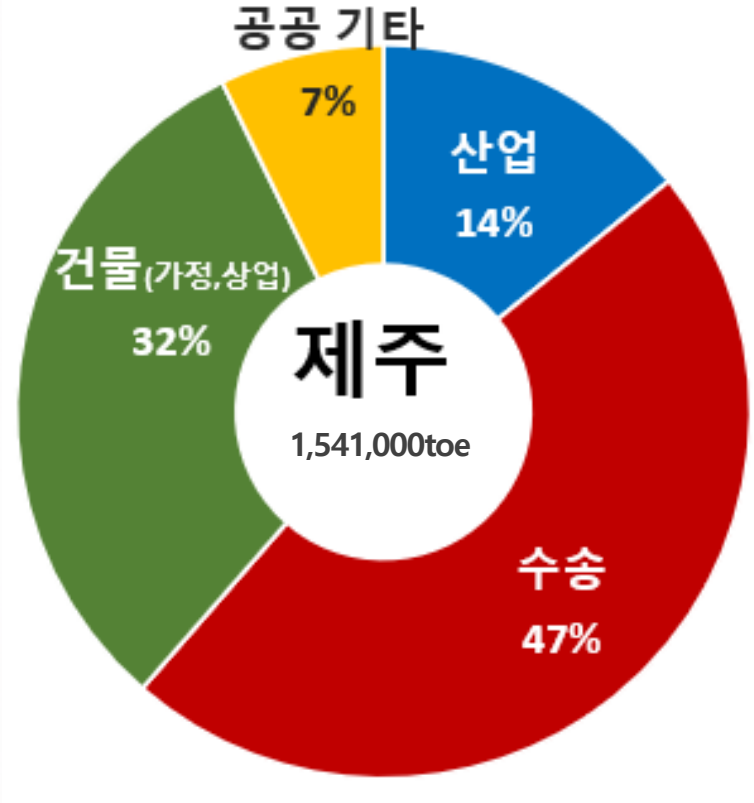
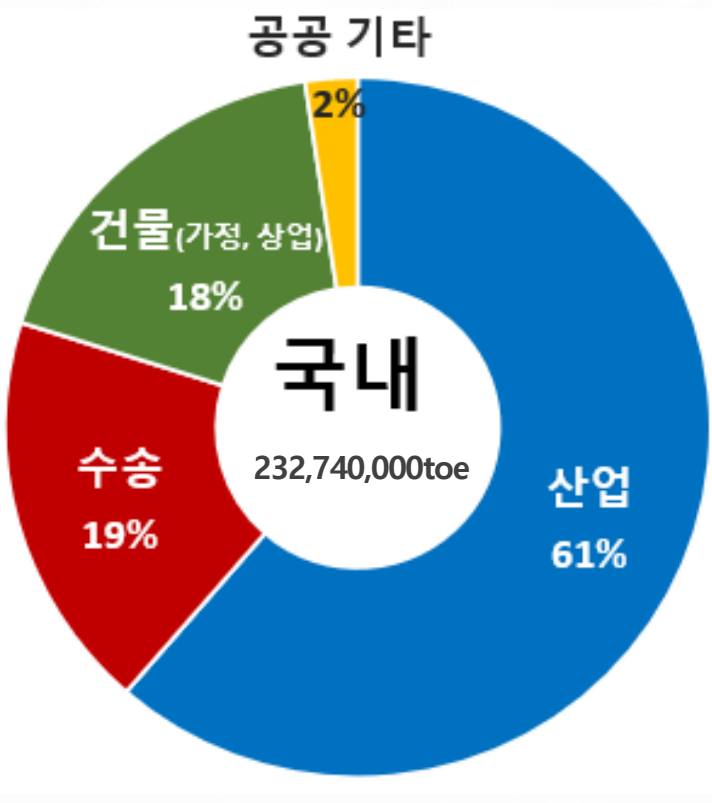
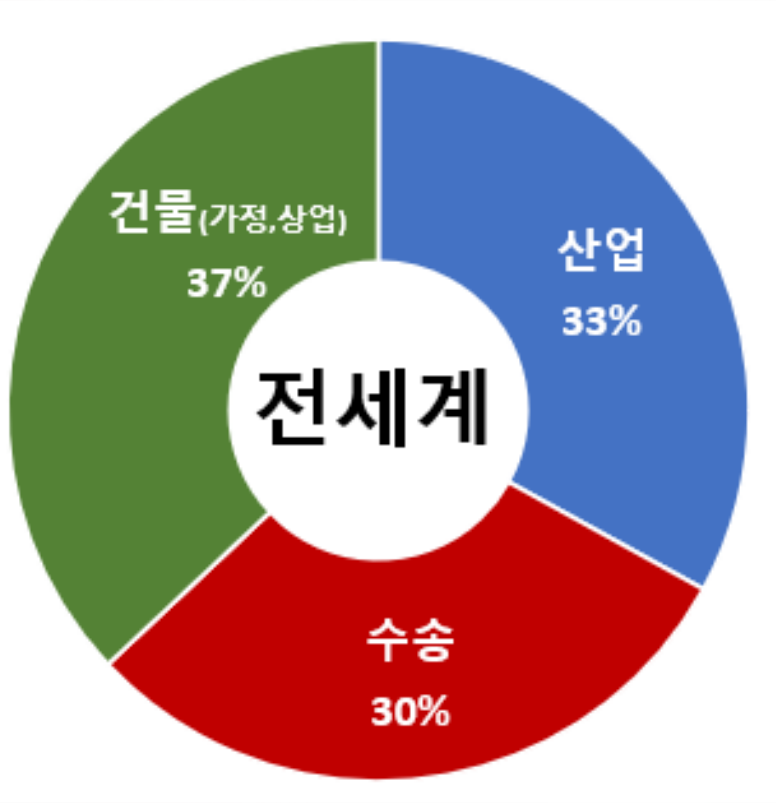


제주대학교 기계공학과
현명택

1. 서론

1.1 국내 및 제주도 에너지 소비 특성

<출처 : 국가에너지통계종합정보시스템, 지역에너지 통계연보 2019>



1. 서론

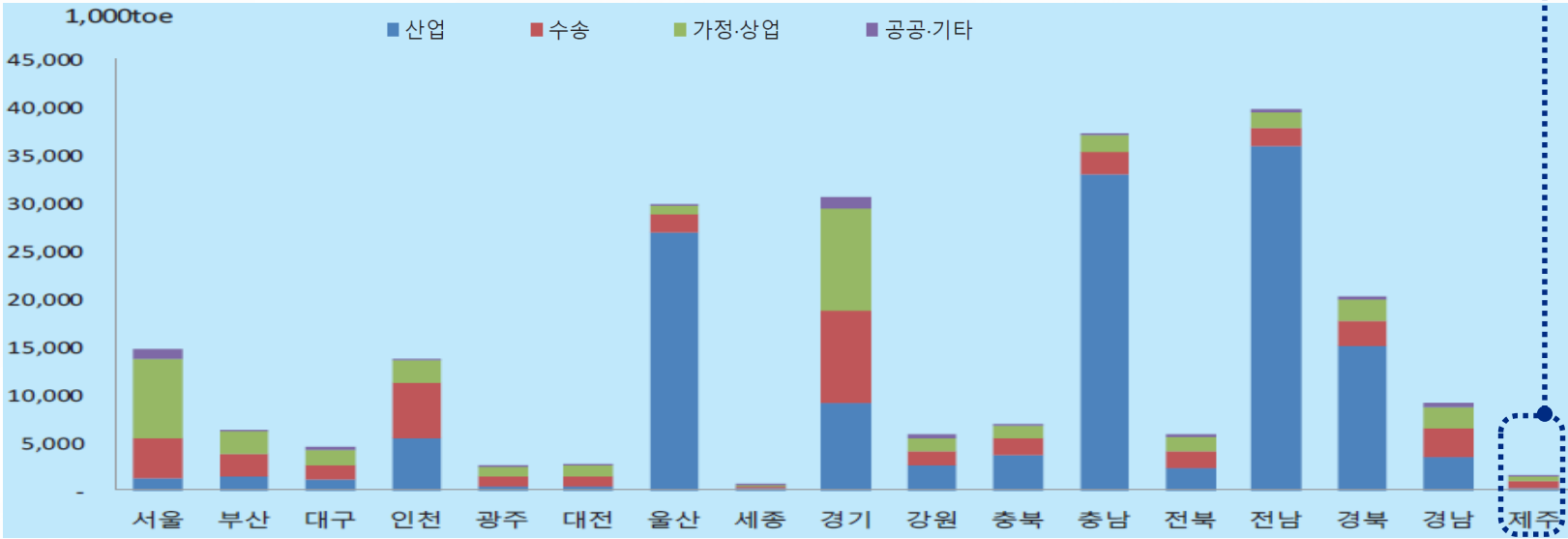
1.1 국내 및 제주도 에너지 소비 특성

◆ 부문별 최종에너지 소비량(2018년/천toe)

<출처 : 국가에너지통계종합정보시스템, 지역에너지 통계연보 2019>

2018년	합계	산업	수송	가정,상업	공공 기타
전국	232,740	142,870	42,959	41,343	5,567
서울	14,734	1,234	4,145	8,348	1,008
부산	6,384	1,472	2,408	2,286	219
제주	1,541	219	728	483	112
전국대비제주	0.66%	0.15%	1.69%	1.17%	2.01%

◆ 지역별 최종에너지 부문별 소비(2018년/천toe)



1. 서론

1.1 국내 및 제주도 에너지 소비 특성

◆ 최종에너지원별 소비 특성(2018년/천toe)

<출처 : 국가에너지통계종합정보시스템, 지역에너지 통계연보 2019>

연도	지역	합계	석탄	석유	가스	전력	열에너지	신재생
		Total	Coal	Petroleum	Gas	Electricity	Heat	Renewables
2011년	전국	204,788	32,860	102,294	23,672	39,136	1,976	4,850
	제주	1,103	-	751	10	327	-	15
2012년	전국	206,530	31,017	101,683	25,445	40,127	2,102	6,156
	제주	1,087	-	721	13	332	-	21
2013년	전국	208,016	31,603	101,522	25,345	40,837	2,070	6,639
	제주	1,181	-	792	13	352	-	25
2014년	전국	210,139	35,198	102,664	23,502	41,073	1,528	6,175
	제주	1,195	-	769	15	363	-	48
2015년	전국	214,974	34,849	106,854	22,115	41,594	1,967	7,595
	제주	1,292	-	841	17	381	-	53
2016년	전국	221,396	32,342	114,264	22,689	42,745	2,183	7,173
	제주	1,390	-	915	20	408	-	47
2017년	전국	230,019	33,360	117,861	24,053	43,666	2,441	8,638
	제주	1,501	-	986	22	433	-	59
2018년	전국	232,740	32,424	116,831	26,444	45,249	2,682	9,110
	제주	1,541(100%)	-	990(64.2%)	24(1.6%)	453(29.4%)	-	73(4.7%)
	전국대비 제주	0.66%	-	0.85%	0.09%	1%	-	0.80%

※ 열에너지 : 한국에너지관리공단 근거, 집단에너지사업의 지역 냉난방부문 열생산 및 판매량을 모두 반영

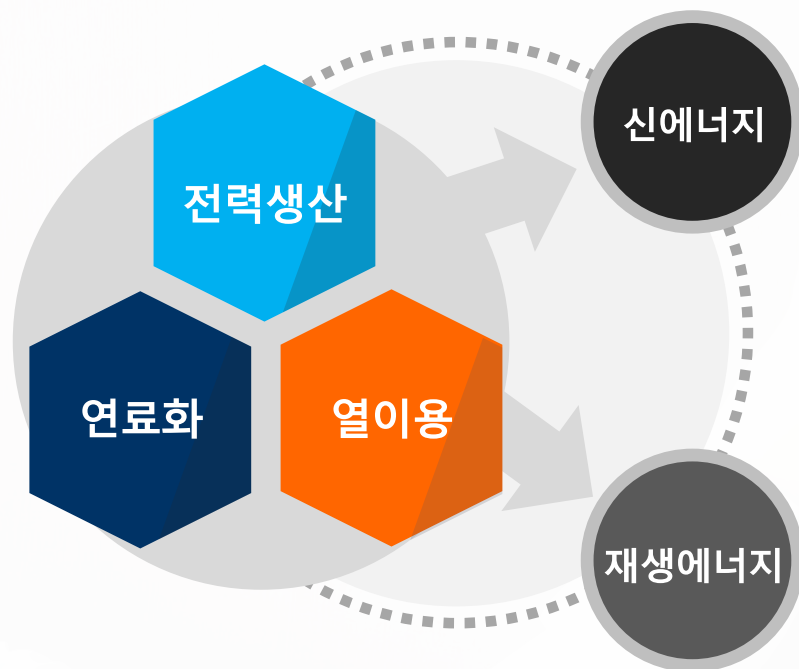
※ 신재생에너지 : 재생에너지 - 태양열, 태양광, 풍력, 수력, 해양, 지열, 수열, 바이오, 폐기물 등 / 신 에너지 - 연료전지, 수소 등

1. 서론


1.2 신·재생에너지원 개요

<출처 : 한국에너지공단>

- **신에너지** 기존에너지를 가스/액체연료로 변환하여 직접/발전에 이용하는 새로운 에너지
- **재생에너지** 자연에너지를 재생하여 새로운 에너지로 변환·이용하는 에너지




수소에너지 설비




물이나 그 밖에 연료를 변환시켜, 수소를 생산하거나 이용하는 설비

지열에너지 설비




물, 지하수 및 지하의 열 등 온도차를 변환시켜 에너지를 생산하는 설비

수열에너지 설비




해수의 표층의 열을 히트펌프를 이용하여 냉난방에 활용하는 설비 / 하천수

태양광 설비




태양의 빛 에너지를 변환시켜, 전기를 생산하거나 채광에 이용하는 설비

풍력에너지 설비




바람의 에너지를 변환시켜, 전기를 생산하는 설비

해양에너지 설비



해양의 조수, 파도, 해류, 온도차 등을 변환시켜, 전기/열을 생산하는 설비

연료전지 설비



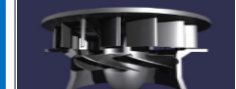
수소와 산소의 전기화학 반응을 통해, 전기 또는 열을 생산하는 설비

IGCC 설비




석탄, 중질잔사유 등의 저급연료를 액화/가스화시켜, 전기/열을 생산하는 설비

수력에너지 설비




물의 유동에너지를 변환시켜, 전기를 생산하는 설비

태양열 설비




태양의 열에너지를 변환시켜, 에너지원으로 이용하는 설비

바이오에너지 설비



생물유기체 변환시켜, 에너지를 생산하는 설비

폐기물에너지 설비

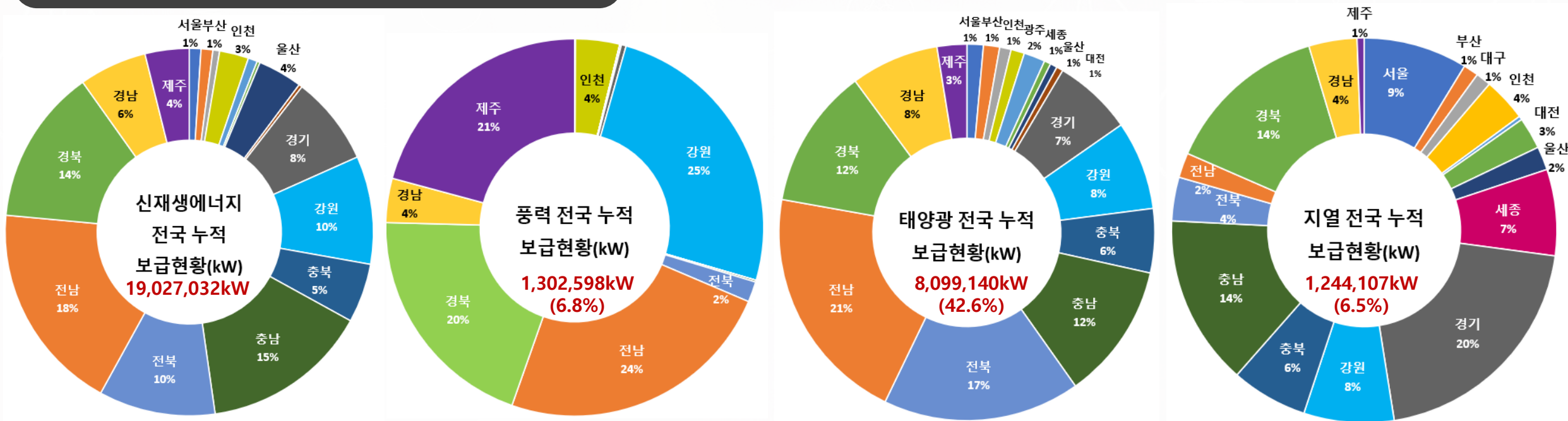


폐기물을 변환시켜, 연료 및 에너지를 생산하는 설비

1. 서론

1.3 국내 및 제주도 신재생에너지 보급현황

<출처 : 국가에너지통계종합정보시스템, 지역에너지 통계연보 2019>



- 풍력의 경우 제주도가 20.8%이며, 서남해안과 도서지방을 활용한 풍력 보급에 주력하는 전라남도, 동해안 주변을 활용하는 경상북도 그리고 태백산맥을 활용한 강원도에 많이 보급되고 있음.
- 태양광 발전은 많은 유휴부지를 갖고 있는 전라남·북도, 충청남도, 경상북도에 많이 보급됨. 제주도의 경우 2.5%의 보급률
- 지열은 주로 농어촌공사의 지열 보급사업으로 시설재배 농가를 중심으로 보급되었는데 시설재배 단지가 많은 경기도를 위시하여 충청남·북도, 전라남·북도에 많이 보급되었으나 제주도의 경우 0.6%로 매우 미진한 실정임.

2. 제주도의 유용한 수열에너지원

2.1 왜 수열에너지인가?(1)

1

물의 비열은 $1\text{kcal/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$

물은 비열이 매우 높은 편이기 때문에, 온도변화가 적어
여름에는 외기보다 차갑고, 겨울에는 따뜻함.

풍력, 태양광은 환경의 영향에서 벗어날 수 없는 종속적 에너지원이지만, 수열은 설치 시 출력을 신뢰할 수 있고 시설에 따른 민원의 소지와 폐기물이 매우 적을 뿐 아니라, 열원이므로 신재생에너지 보급에 따른 출력 제한의 문제에서도 자유로움.

제주도의 경우

국내에서 연평균 강수량이 가장 많으며, 화산섬지형으로 지하수가 매우 발달되어 있으며, 국내 최다 지하수 부존량을 보유하고 있음. 또한 섬이기 때문에 풍부한 해수 열원을 가지고 있어 다양한 형태의 수열원 이용에 매우 유리함.

2. 제주도의 유용한 수열에너지원

2.1 왜 수열에너지인가?(2)

CFI 2030 100% 달성?

제주도의 신재생에너지의 보급 정책은 풍력 등 전력 부문에 치중되어 있음.
제주도의 천혜 에너지자원인 수열에너지 활용은 분산형 에너지 확산책으로
증가하고 있는 냉난방 열 수요에 적절히 대처할 수 있어서
CFI 2030 100% 달성을 위한 또 다른 매우 중요한 요소임.

신재생에너지 100% 보급과 활용을 위한 노력의 또 다른 걸음, 수열에너지 활용!!

2. 제주도의 유용한 수열에너지원

<출처 : 기획재정부>

2.1 왜 수열에너지인가?(3)

한국판 뉴딜

디지털 뉴딜

- 1

D.N.A 생태계 강화
- 2

교육인프라 디지털 전환
- 3

비대면 산업 육성
- 4

SOC 디지털화

그린 뉴딜

- 5

도시,공간, 생활 인프라 녹색전환
- 6

저탄소 분산형 에너지 확산
- 7

녹색산업 혁신 생태계 구축



그린뉴딜 저탄소, 분산형 에너지 확산

저탄소(탄소저감), 분산형 에너지 확산사업은
그린뉴딜 정책 두번째 사업으로
에너지관리 효율화 지능형 스마트 그리드 구축과
신재생에너지 확산기반 구축 및 공정 전환,
전기차, 수소차 등 그린 모빌리티 확대 등을 주요 쟁점화 함.

신재생에너지,
수열원, 분산전원
탄소저감기술
보급 및 확산

2. 제주도의 유용한 수열에너지원

2.2 제주도 활용 가능한 수열에너지(1)

구분	농업용 고가수조	빗물저장시설	용천수
특징	<div data-bbox="356 375 993 768" data-label="Image"> </div> <ul style="list-style-type: none"> 1980년대 이후 보급되고 있으며 주로 농가의 농업용수로 활용되고 있음. 오래 전에 시설된 것은 정확한 사양이나 관로에 대한 데이터가 부족한 상태임. 약 100톤 내외 규모로 시설되어 있어서 에너지 열원으로 사용하기에는 용량이 매우 미흡 보조열원으로 활용하기에도 어려움. 	<div data-bbox="1047 375 1699 768" data-label="Image"> </div> <ul style="list-style-type: none"> 감귤하우스 농가에 주로 보급되어 있으며, 1차적으로 관수용으로 사용됨. 겨울철 주간하우스 열원을 취득하여 용도를 높여 야간난방 열원으로 사용 중임. 비가 오지 않을 때에는 용량이 현저히 줄어드는 문제점이 존재하고, 가동시간이 길어질수록 열원이 떨어져 신뢰성이 낮아 보조열원으로 활용되고 있음. 	<div data-bbox="1730 375 2382 768" data-label="Image"> </div> <ul style="list-style-type: none"> 용천수는 제주도의 지형·지질적 특성에 의해 지하수가 지표면으로 나오는 샘물을 의미하며, 900여개가 있는 것으로 보고되고 있음. 현재는 용천수의 수량이 급격한 감소하고 있어서 비교적 용량이 큰 용천수도 주로 해안에 위치하고 있어서 에너지원으로 활용하기에 어려움이 있음. 오히려 관광자원으로 활용하는 게 바람직함.

2. 제주도의 유용한 수열에너지원

2.2 제주도 활용 가능한 수열에너지(2)

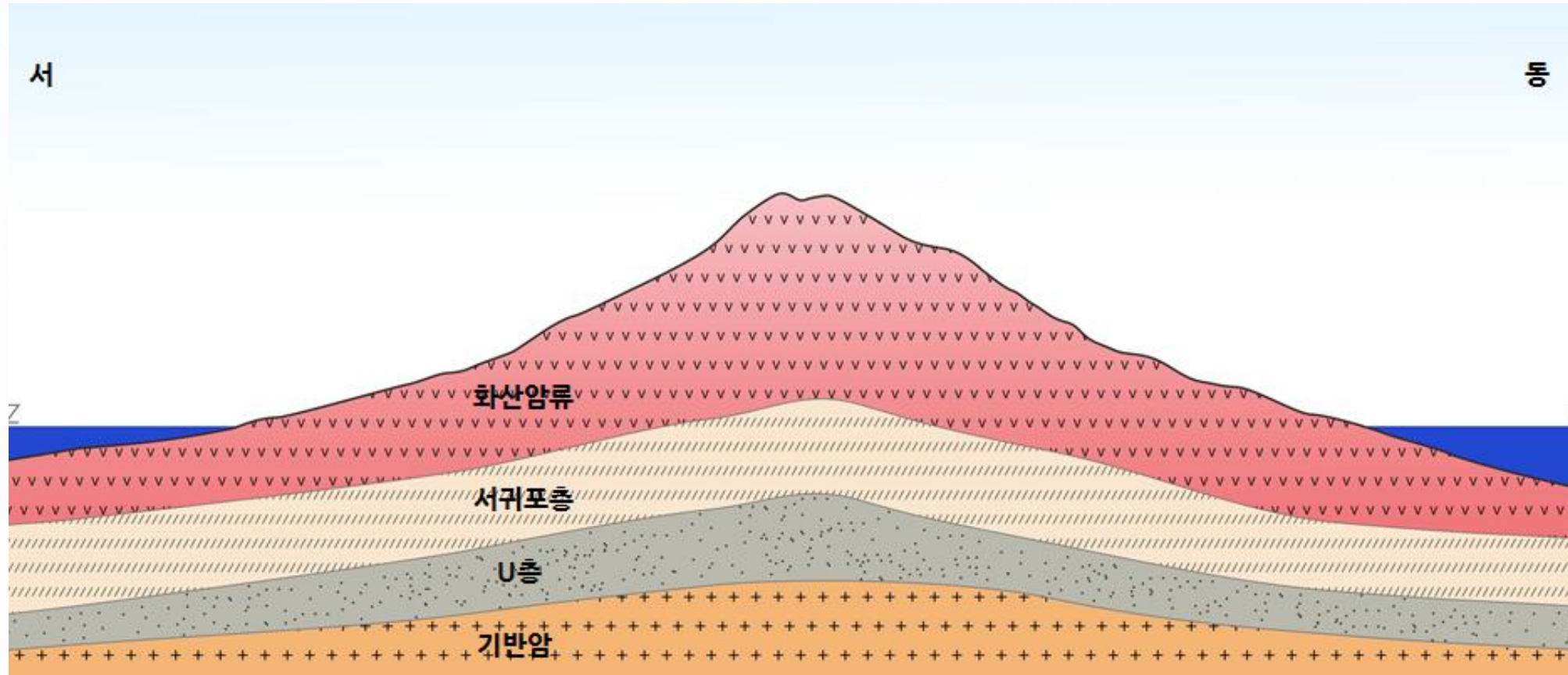
	양식장 배출수(해수)	지하수	발전소 온배수
구분			
특징	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 제주도내 양식장 수는 약400개에 이르며 수면적 기준 약150만㎡임. ▪ 수조의 높이를 1m로 가정하고 1일 환수 횟수를 10회로 하였을 때 도내 양식장에 유출입되는 해수량은 1일 1.5천만톤에 이릅니다. ▪ 직접 해수 이용보다 지상으로 이송된 해수이므로 활용시 에너지 절감 효과가 매우 큼. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 제주도는 다공질의 현무암, 화산쇄설층 사이로도 물이 흐르면서 지하수를 형성하며, 제주도의 지하수 부존량은 국내 최다로 활용성이 매우 높음. ▪ 제주도는 중산간, 해안저지대 존재하므로 환경적 특성을 고려한 개발 및 시공이 필요 ▪ 지하수는 신재생에너지원으로 인정되는 개방형 지열로 적용 가능 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 제주도는 중부발전, 남부발전 등이 위치하고 있고 인근에 시설 농가, 양식장, 마을 등이 형성된 곳이 많아 활용성이 매우 높음. ▪ 대단위의 에너지공급이 가능하기 때문에 활용시에는 어느 수열에너지 보다 더 큰 효과를 볼 수 있음. ▪ 2015년 3월 발전소온배수가 신재생에너지원으로 인정됨.

2. 제주도의 유용한 수열에너지원

2.3 제주도 지질적, 환경적 특성과 지하수

① 제주도 지질 특성(1)

<출처 : 고기원, 2007, 부산대 박사학위논문>

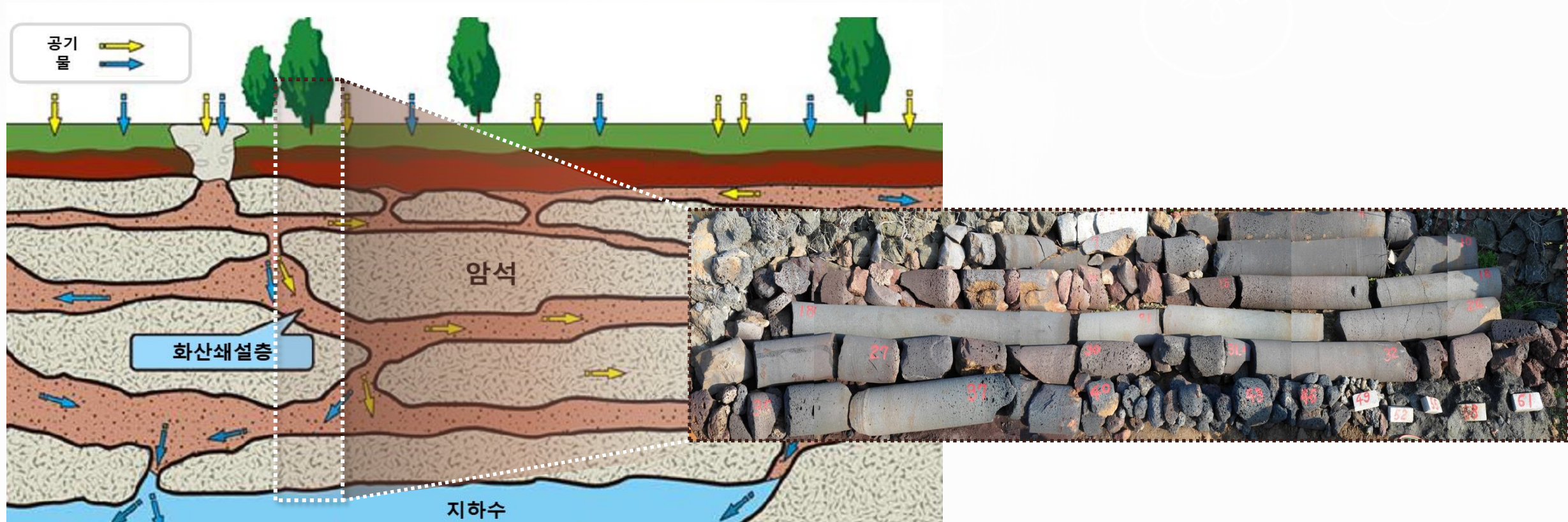


제주도의 거시적 지하지질 구조

2. 제주의 유용한 수열에너지원

2.3 제주도 지질적, 환경적 특성과 지하수

① 제주도 지질 특성(2)



현무암층에서의 공기 및 지하수 흐름 모식도

2. 제주의 유용한 수열에너지원

2.3 제주도 지질적, 환경적 특성과 지하수

② 제주 지하수 공 촬영 영상

〈지하수 유입층〉



〈지하수 층〉



- **지질의 특성에 따라 다양한 위치에서의 지하수 유입 관측**

- 상위 지하수가 열 교환기 배관을 따라 지하수 층으로 흘러내려가는 현상으로 인하여 열교환 효율이 상승

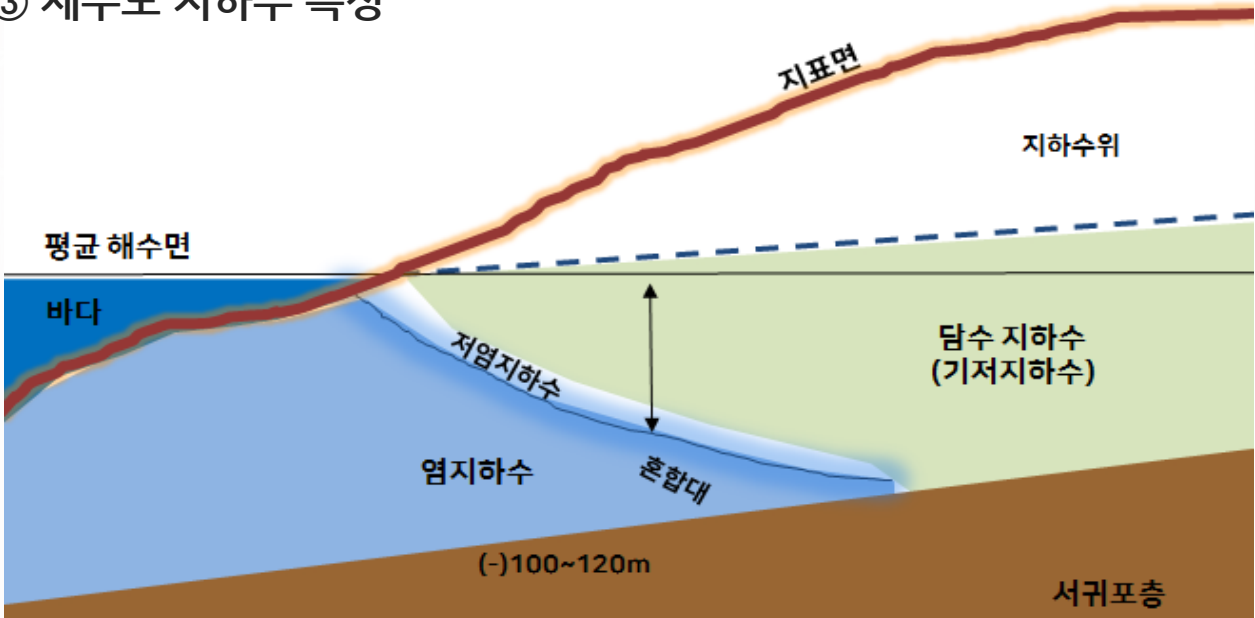
- **해수면 높이에서 지하수 층 관측**

- 육지 지역의 지하수 층과 다르게 지하수가 해안으로 흘러가기 때문에 대류현상에 의해 초기 설계를 지속적으로 유지 가능

2. 제주의 유용한 수열에너지원

2.3 제주도 지질적, 환경적 특성과 지하수

③ 제주도 지하수 특성



염지하수 부존 모식도



제주도의 준기저지하수 및 기저지하수 부존 지역

- 지하수 부존형태는 대상지 위치(표고)에 따라 결정되며, 중산간 지역으로 갈수록 상위지하수가 해안으로 갈수록 기저지하수가 분포하고 있음.
- 특히 기저지하수의 경우 제주 동부권역에 광범위하게 분포하고 있음.
- 준기저지하수도 섬 내부에까지 넓게 분포되어 있는 만큼 지하수 열원을 사용하기 위해서는 염분 피해에 의한 대책이 필수적임.
- 장마철이 지난 9월경 최고 수위, 겨울철이 지난 3월 경 최저수위(최대 약 30% 차이)
 - ※기저 지하수는 담수와 염수의 비중 차이로 인해 염수 위에 놓인 지하수

3. 수열에너지 활용 방안

3.1 지하수열

① 한국에너지공단 인증, 지열에너지 이용기술



1. 관정굴착



2. 심정펌프 설치



3. 관정헤드작업



4. 배관 및 히트펌프 설치

〈수직개방형 지열 시공〉

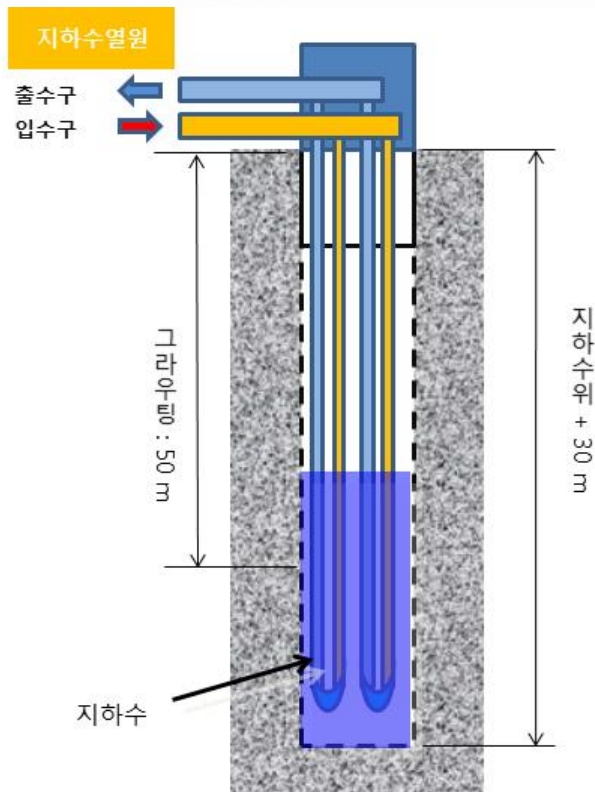
현행규제사항 신재생에너지 설비원별 시공기준 (신·재생에너지 설비 원별 시공기준)

- 한국에너지공단 인증 지열에너지 이용시설의 수직개방형은 지하에 지하수가 존재하는 경우 지하수를 이용하여 에너지를 얻는 방법으로 지하수가 있는 곳까지 관정을 뚫고 심정펌프를 설치하여, 지하에 있는 지하수를 지상으로 끌어올린 후 이를 히트펌프에서 열교환시킨 후 다시 지하에 넣어주는 방법임.
- 지하수 부위까지 천공을 해야 하기 때문에 시공비가 많이 소요되나, 열전달 매체가 흙이나 바위에 의한 전도 방식이 아닌 지하수에 의한 대류방식이기 때문에 효율이 매우 좋음.
- 규정상 지하수위를 측정하기 위해 지하 우물공 또는 별도의 관측공 (우물공에서 50m 이내 거리)을 내어 자동관측센서를 설치하여, 1일 1회 이상 수위를 측정해야 함.

3. 수열에너지 활용 방안

3.1 지하수열

② 지하수관리 조례 개정(2013.3)에 따른
지하수열원 이용 시공 모식도



3. 수열에너지 활용 방안

3.1 지하수열 ③ 신재생에너지 인증 현황, 제주도 지하수 관리 및 기술규제에 따른 해결 방안 모색

현행규제사항 신재생에너지 설비원별 시공기준	제주특별자치도 지하수 관리 조례 지열냉난방시설의 지열이용공 설치에 위한 시공 기준
<p>■ 신·재생에너지 설비 원별 시공기준(제7조 제1항 관련) 5. 지열설비 시공기준</p> <p>가. 이하생략</p> <p>나. 수직일체형 지중열교환기 및 지중 트랜치 배관</p> <p>1) 설치계획서 또는 지열이용검토서(이하 “설계도”라 한다)의 보어홀 깊이·적경·간격을 준수하여 천공하되, 보어홀 깊이는 트랜치 바닥부터 산정하여야 한다. 천공시, 보어홀 상단부의 붕괴를 방지하기 위해 지면에서 지하 암반층 출현 지점까지 케이싱을 삽입하여야 한다. 천공완료 후 케이싱을 제거하지 않을 경우 지표수가 유입되지 않도록 조치하여야 한다.</p> <p>2) 보어홀 그라우팅 재료로 순수 벤토나이트, 순수 시멘트, 벤토나이트-열축전제 혼합물, 시멘트-열축전제 혼합물 등을 사용하여야 하며, 혼합물인 경우 설계 혼합비율을 준수하여 주입하여야 한다. 순수 벤토나이트 및 벤토나이트-열축전제 혼합물의 열전도도는 [첨부 1]의 열적, 물리적 특성에 따라 분석한다.</p> <p>가) 이하생략 나) 이하생략</p> <p>3) 그라우팅 시험성적표서는 발급일로부터 1년간 유효하며, 유효기간이 만료된 시험성적서는 유효기간 다음날 사전광고 없이 폐기되어야 한다.</p> <p>가) 이하생략</p> <p>4) 센터의 장은 다음의 경우, 그라우팅 재료의 시험성적서를 폐기하여야 한다.</p> <p>가) 유효기간 내에 현장에서 시료채취 후 측정된 결과, 시험성적서 발급 당시 제출된 시료와 물리적 열적 특성이 상이한 경우</p> <p>5) 그라우팅 혼합물인 경우 설계 시 혼합비율을 준수 시공하여야 한다.</p> <p>6) 보어홀 천공 시 발생하는 암석파쇄물·시추용 슬러리·자갈 등으로 보어홀을 채워서는 안 된다.</p> <p>7) 그라우팅 작업</p> <p>가) 이송펌프, 트레미 파이프(Tremie Pipe) 등은 전용장비를 이용하여야 한다.</p> <p>나) 트레미 파이프는 보어홀 최하단부에 설치한 후 올리면서 그라우팅 재료를 주입하여야 하며, 침하되는 부분을 보충하여야 한다.</p> <p>8) 공동체 등 지하수 다량유출 구간에서 주입제 유실로 정상적인 그라우팅이 어려운 경우 해당구간을 자갈 등의 채움재로 충진할 수 있으며, 지표면 1m 깊이까지 벤토나이트 그라우팅을 하여야 한다.</p>	<p>■ 지열냉난방시설의 지열이용공 설치에 위한 시공 기준 (제15조 제6항-별표 5) 2. 지열냉난방시설의 지열이용공 설치에 위한 시공기준</p> <p>가. 지열냉난방시설의 지열이용공 설치를 위한 굴착공사의 경우 지표하 50미터 까지 케이싱 구경보다 최소 14센티미터 이상의 넓은 구경으로 굴착한 후, A 시멘트모탈 등의 그라우트 재료로 <u>되메움(채움 그라우팅)</u> 시공을 하고 최소 48시간 이상 양생시킨 후 케이싱 구경으로 재굴착한다. 이 경우 <u>최하부 지층이 스코리아층, 클린커층, 토사층 등 연약지반에 해당하는 경우에는 치밀·견고한 암반층 구간까지 굴착한 후 채움그라우팅</u> 시공을 하여야 한다.</p> <p>나. “가목”에도 불구하고 지하수위가 지표 아래 40미터 이내 깊이에 형성되어 있는 경우 지하수위 하부 10미터까지 채움 그라우팅 시공을 하여야 한다. B 다만, 수위하부에서의 그라우팅 재료 분리 등으로 인해 오염방지 그라우팅 시공이 어렵다고 판단되는 경우 수질오염의 우려가 없고 내부식성이 있는 스테인리스 등의 재료의 외부케이싱을 설치하여야 하며, 외부 케이싱의 하단부 지층이 스코리아층, 클린커층, 토사층 등 연약지반에 해당하는 경우에는 치밀·견고한 암반층 구간까지 굴착한 후 설치하여야 한다.</p> <p>다. 채움 그라우팅 구간은 반드시 로터리식 코어취수 공법으로 착정하고, 회수된 시추코어 확인 및 공내 텔레뷰어(TV) 검증 등을 실시하여 오염방지 그라우팅이 적절하게 이루어졌는지를 확인한 후 후속작업을 이행하여야 하며, 회수된 시추코어는 회수 순서대로 매 3미터 구간 또는 지층변화 구간마다 심도를 정확히 기록하여 배열하고 <u>준공검사시</u>까지 유지·관리하여야 한다.</p> <p>라. 지열이용공의 착정심도는 해당지역 연평균 지하수위 하부 30미터를 초과할 수 없다. C</p> <p>마. 오염방지 그라우팅 재료는 체적상 3퍼센트의 벤토나이트를 함유한 시멘트-모래 혼합물을 기준으로 하며, 물과 혼합물의 중량비는 물 : 혼합물 = 1 : 2이상으로 하여 최대한 수축을 방지하여야 한다.</p>
1 제주도 맞춤형(지하수열원 활용) 지열설비 시공 및 보급을 위한 열전도 테스트 및 성능시험 기준 마련 필요	A 제주도 지열설비 활용을 위한, 지열이용공 시공 기준에 따른 그라우팅, 케이싱, 굴착방법의 적적성 검토 필요
2 제주도 지질적, 환경적 특성을 고려한 그라우팅 작업의 육자 제주도 시공 기준 정립	B 제주도 지하수 이용 및 그라우팅 시공방식, 굴착방식 등 공정별 상세공정 및 기술적, 공정별, 지하수 활용 측면 등 한계점 및 기술규제 대응방안 제시 필요
3 지하수 보호를 위한 채움재 충전 및 벤토나이트 그라우팅 시공방법 제시	C 지하수 보호를 위한 제주도의 시공기준은 현행 규제사항과는 매우 상이함. 제주도 지열이용공의 굴착 및 그라우팅방식 비교, 지하수보호를 위한 조례안에 만족하는 지열 설비 기술개발, 시공기준 정립 필요

3. 수열에너지 활용 방안

3.1 지하수열

④ 한국에너지공단 인증을 적용하기 위한 개선방안

- ❖ 지열시스템의 유형은 땅속에 설치하는 지중열교환기의 설치 구조 및 특성에 따라 개방형과 밀폐형으로 분류됨.
- ❖ 국내외 지열난방 시장과 기술개발은 신재생에너지 보급 확산과 정부 에너지산업 등 정책적 이유로 급증
- ❖ 제주도는 어가 및 농가 시설온실의 난방 활용 수준으로, 지열에너지 보급 및 활용 미진

Why?

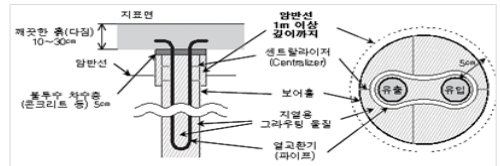
- 제주특별자치도 지하수 및 천공 관련 규제 및 조례
- 내륙과는 다른 설비시공 방식으로 제주도 지열의 신재생에너지 미인정
- 제주도 맞춤형 지열설비 및 열교환기 기술, 시공기술 개발 및 실증 미흡

Solution!!

제주도 환경적, 지질적 특성을 고려한 지열 열교환기 기술 개발 및 시공 가이드라인 수립, 실증, 검증

밀폐형 지열설비 제주도 조례 및 한국에너지공단 지열설비 시공기준 이행 불가

- 지중 100~200m천공 후, 열교환기 매립
→ 지열수 순환으로 열에너지 확보
- 장점
지하수를 직접 사용하지 않아 환경오염 우려가 적음. 지중 열교환기 수명 반영구적.
- 단점
천공을 위한 부지가 필요하며, 개방형보다 공사비가 비쌈.



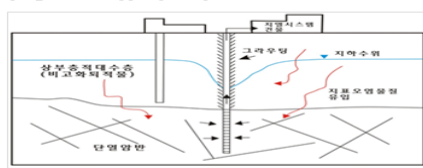
- 지하수의 수질 보전 관련 규칙
『지하수법 시행령 제25조 제5항』 설치 기준에 의거 케이싱 외부의 그라우팅 두께는 5cm이상 차수용 재료를 사용



- 제주특별자치도 지하수법 그라우팅 규제로 인하여 밀폐형 지열 설비를 사용 불가
- 현무암 지질상 큰 공극을 벤토나이트로 채울 수 있는 방법 없음

개방형 지열설비 제주도 조례 및 한국에너지공단 지열설비 시공기준 이행 불가

- 지중 140~160m천공 후, 수중펌프 이용
→ 지열수 취수 후, 열교환기로 열에너지 확보
- 장점
지하수 풍부한 곳에 유리, 협소한 부지 가능, 공사비가 밀폐형에 비해 저렴
- 단점
지하수 감소 및 수맥 변동시 운전 곤란. 수중펌프 유지보수 필요



- 지하수를 이용하는 개방형 지열 설비 시, 『지하수법 시행령 제7조』 규정한 허가 이행
- 지하수법 시행규칙 『제5조 설치기준』
- 지하수의 수질보전 등에 관한 규칙 『제2조』



- 제주도의 지하수는 직접 식수로 이용함에 따라 물을 직접 이용은 하는 방법은 부적합
- 환경단체 및 지역주민 민원 등의 문제 발생

3. 수열에너지 활용 방안

3.1 지하수열

❖ 기술규제 대응 및 개선 방안 모색

Step 1. 규제대응 기획지원

기술규제 현황분석 & 규제대응 기획지원

기술개발 및 사업화 애로사항

- 제주도 지열설비 기술 및 시공, 건물 및 농·축산·어가에 적용을 위한 기술개발은 제주도 지하수 조례를 만족하면서, 고효율 에너지 기술개발은 기 확보 된 상태임.
- 따라서 제주도 지열에너지 시공 및 에너지효율에 대한 한국에너지관리공단의 인정과 법적 규제 완화 필요시 됨.
- 제주도 맞춤형 기술 규제 및 시공방법에 대한 기준 마련을 통해 제주도의 지열에너지 보급의 활성화가 필요시 됨.

규제 해결 방안

- 기술규제 사항에 대한 심도 있는 분석 - 규정, 조례 등
- 열교환기 및 지열시스템 기술고도화, 열해석 모듈 개발
- 시공방법 가이드라인 제시
- 기 개발된 기술 적용에 따른 성능시험평가 기준 정립

Step 2. 기술규제 대응 컨설팅

한국산업기술시험원(KTL)의 기술규제대응 기획보고서

기술규제 대응을 위한 한국산업기술시험원(KTL)의 컨설팅 수렴

- 국내 지열시스템의 시공 기준 검토 및 제주도 지하수조례 검토를 통한 사회적환경, 규제현황 조사 및 검토
- 제주도형 지중 열교환기 개발의 필요
- 제주도 지하수 조례 및 환경적, 지형적 특수성을 고려한 시공기술 개발
- 지열열교환기 시스템 및 지열히트펌프 보급을 위한 가격전략 수립
- 제주도 공공건물 제로에너지 건물 보급을 위한 지열원시스템 기술 정립
- 신재생에너지 인정, 지열이용검토서 적용을 위한 열용량테스트 방법 제시
- 국내외 지열시스템 범용적 적용을 위한 기술확보 및 시장진출전략 수립

Step 3. 기술규제 해결형 기술개발R&D



INTERTECH (주)인터텍



제주대학교산학협력단



한국산업기술시험원
Korea Testing Laboratory

제주형 지열열교환기
및 지열시스템 개발



제주도 지질적, 환경적
특성을 고려한
열원해석모듈 개발



기술적, 사회적 규제완화,
성능시험방법 제시 및
시공 기준안 정립



3. 수열에너지 활용 방안

3.2 양식장 방류수열(해수열/염지하수열)

❖ 개요 및 현황

- 2018년도 기준 제주도에 양식장 수(조합원 435명)는 어류 372곳, 패류 27곳이 허가되어 있으며, 수면적 기준 제주시는 약50만㎡, 서귀포시는 100만여㎡임
- 수조의 높이를 1m로 가정하고 1일 환수 횟수를 10회로 하였을 때 도내 양식장에 유출입되는 해수량은 1일 1.5천만톤에 이릅니다.
- 해수 활용을 위해 바닷물을 끌어올려야 하나 양식장 방류수는 이미 지상으로 이송된 상태이기 때문에 이송 에너지를 줄일 수 있음.
- 또한 양식장에서 나오는 오염원을 스크린 설치 등으로 확실히 제거할 수 있는 기회가 있음.

❖ 제주 육상해수양식어업 허가 현황

구분	합 계				어류				패류			
	허가 건수	면적(㎡)		생산 능력 (톤)	허가 건수	면적(㎡)		생산 능력 (톤)	허가 건수	면적(㎡)		생산 능력 (톤)
		부지	수면적			부지	수면적			부지	수면적	
계	399	2,315,094	1,502,431	29,829	372	2,265,962	1,486,204	29,663	27	49,132	16,226	165
제주시	151	690,555	463,687	9,190	131	655,799	452,213	9,044	20	34,756	11,474	146
서귀포시	248	1,624,539	1,038,744	20,639	241	1,610,163	1,033,991	20,619	7	14,376	4,752	19

3. 수열에너지 활용 방안

3.3 발전소 온배수열

❖ 개요 및 현황

- 2015년 정부의 에너지신산업 정책에 따라 신재생에너지원으로 편입됨.
- 발전소 온배수는 해수보다 온도가 높기 때문에 난방에너지원으로 활용하기에는 아주 우수한 에너지원이나 냉방시에는 해수보다 온도가 높기 때문에 해수보다 효율이 떨어짐.
- 제주도에는 발전소가 남부발전, 중부발전이 있는데 온배수가 신재생에너지원으로 지정되기 이전부터 남부발전은 행복나눔 영농조합법인과 망고생산에 활용하여 전국적인 이슈가 되었고, 지정된 이 후 중부발전에서 신촌백합영농조합법인과 연구 사업을 진행하여 원거리 활용방안에 대한 연구를 전국 최초로 진행하는 등 전국적으로 선도적 위치에 있음.

① 제주시 건입동 조취관측소 측정 해수온도, 국립해양조사원(KHOA), 2015
② 화력발전소 폐온수의 농촌지역 종합적 활용방안 모색, 농어촌연구원, 2015
③ 신재생에너지 데이터센터 데이터, 한국에너지기술연구원, 2015

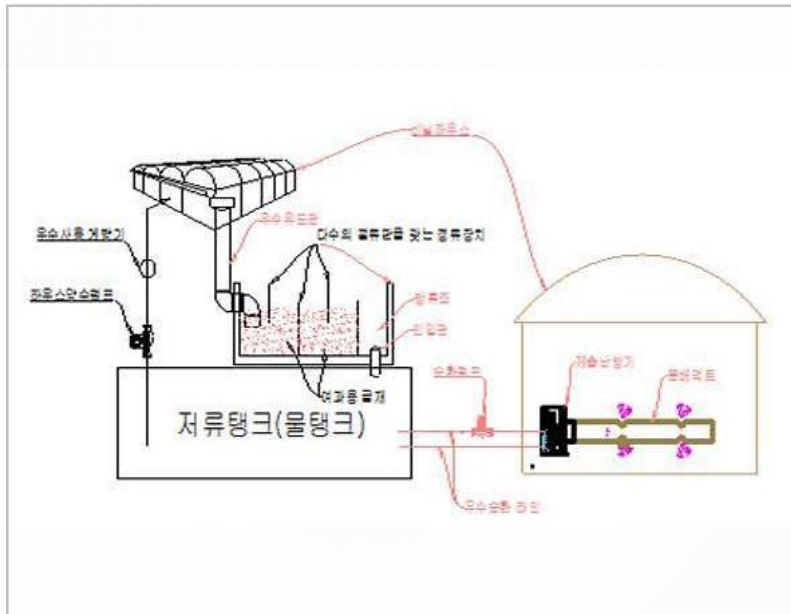
월	평균해수온도 ^①	온도차 ^②	배출온도	배출유량 ^②	평균기온 ^③	풍속 ^③
1	14.2	7.4	21.6	21,725	5.7	4.4
2	13.2	7.6	20.8	18,907	6.4	4.1
3	12.9	8.4	21.3	20,046	9.3	3.8
4	14.0	7.0	21.0	20,236	13.7	3.4
5	15.9	5.1	21.0	12,819	17.9	3.0
6	17.8	5.6	23.4	14,235	21.5	2.9
7	21.2	4.9	26.1	18,557	25.9	3.0
8	24.4	4.6	29.0	21,258	26.5	3.0
9	23.8	4.0	27.8	15,315	23.0	3.0
10	21.5	4.8	26.3	21,729	18.2	3.1
11	19.8	5.3	25.1	18,659	13.0	3.6
12	16.7	5.1	21.8	20,046	8.1	4.3
평균	18.0	5.8	23.8	18,628 (천톤/월)	15.8	3.5 (m/s)

3. 수열에너지 활용 방안

3.4 저장된 빗물열

❖ 개요 및 현황

- 제주도는 연평균 강수량 2,000mm 이상의 다우지역, 연동형 하우스로 집수 용이
- 하우스는 밀폐되어 있기 때문에 태양이 뜬 날에는 복사열에 의해 하우스에 겨울철에도 더운 공기층이 형성되므로, 이 공기와 빗물 저장조의 물을 에너지원으로 사용하여 주간에 하우스의 온도도 낮추고 저류탱크의 물온도를 높여 추운 밤에 열원으로 이용
- 농업용수 및 관수용으로도 활용
- 기후에 가변적이고 저장조 용량 등에 한계가 있어 보조열원이 필요하나, 농업기술센터에서 2015년 이후 35곳 보급 결과 약 40% 에너지 절감

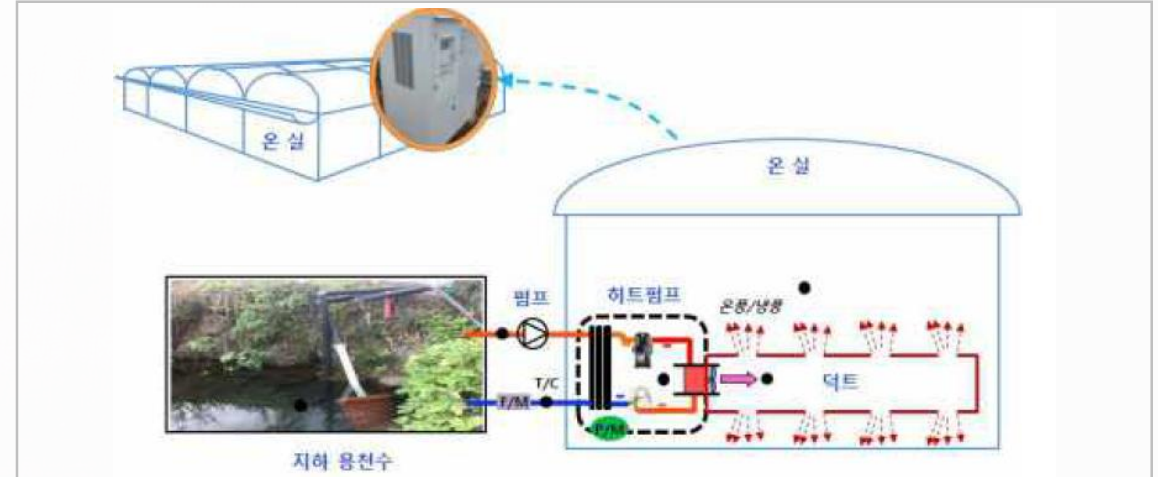


3. 수열에너지 활용 방안

3.5 용천수열

❖ 개요 및 현황

- 용천수는 제주도의 지형·지질적 특성에 의해 지하수가 지표면으로 나오는 샘물을 의미하며, 900여개가 있는 것으로 보고되고 있으나 현재는 용천수의 유량이 급격한 감소하고 있고, 500톤 이상의 용천수가 70여개이나 주로 해안에 위치하고 있어서 에너지원으로 활용하기에 어려움이 있음.
- 용천수는 추가 관정을 통해 용천수 및 지하수를 동시에 활용하여 에너지원으로 이용하거나, 저류조를 두어 용천수의 양을 충분히 확보하면서 양식장 방류수와 같은 방법으로 활용하는 방안이 있음.
- 특이한 자원이기 때문에 원형 그대로에다 관광상품과 연계하여 개발하는 것이 더 효용성이 있을 것임.



4. 수열에너지 이용 시스템

4.1 히트펌프란?

❖ 개요 및 현황

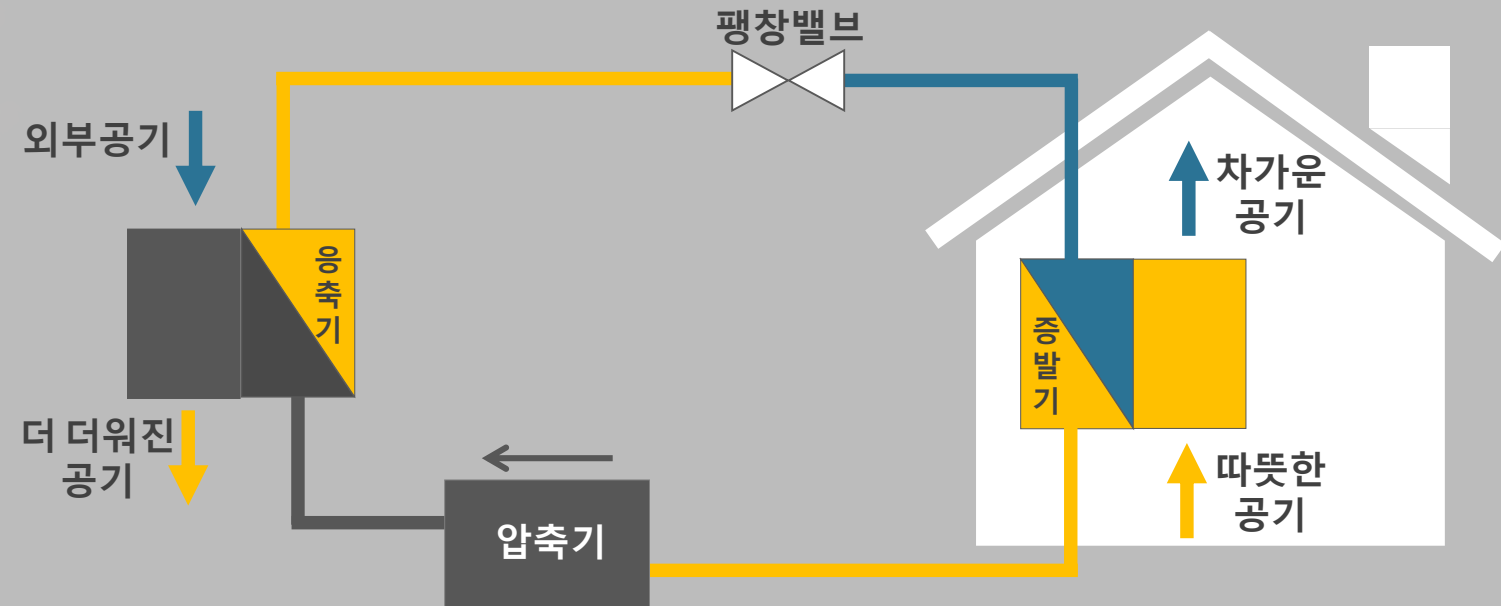
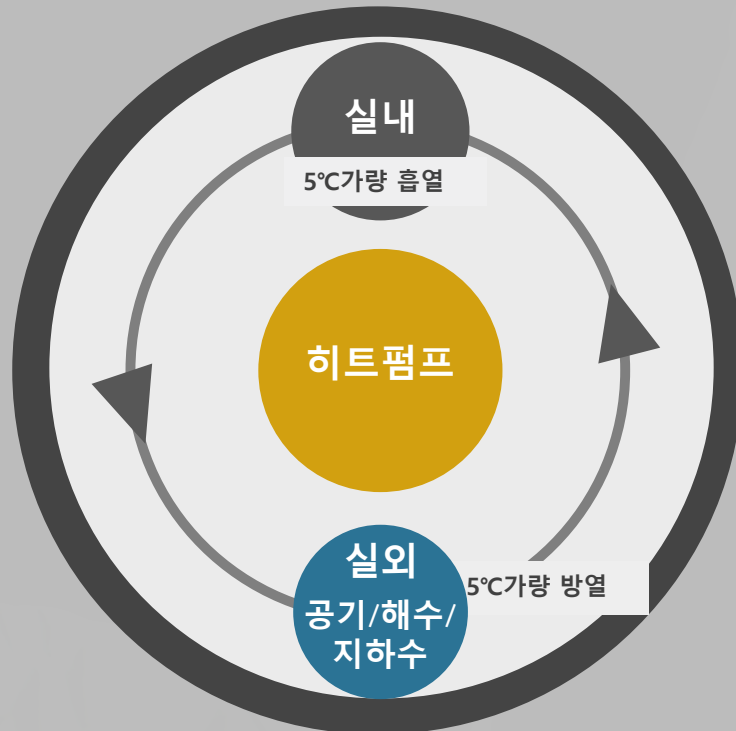
- 열(Heat) : 높은 온도에서 낮은 온도로 이동
 - 물질이 가지고 있는 열은 모든 온도에서 동일함
- 펌프(Pump) : 유체는 압력이 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동
 - 펌프는 압력이 낮은 곳에서 높은 곳으로 이동하도록 하는 장치
- 히트펌프 : 낮은 온도의 열을 높은 온도로 이동시키는 장치
 - 히트펌프는 낮은 온도의 열과 높은 온도의 열을 혼합하는 것이 아니고, 단지 낮은 온도상태의 열을 흡수하여 높은 온도 상태의 열이 있는 곳으로 이동시키는 장치
 - 난방전용을 난방기, 냉방전용을 에어컨, 냉난방 변환이 가능한 시스템을 일반적으로 히트펌프라고 칭하고 있음

4. 수열에너지 이용 시스템

4.2 히트펌프의 구성

❖ 개요 및 현황

- 수열은 사계절 내내 거의 변하지 않으며, 겨울에는 외기보다 높고, 여름에는 외기보다 온도가 낮음.
- 여름에는 외기온도보다 상대적으로 낮은 수열을 이용하여 냉방을 하고, 겨울에는 외기온도보다 상대적으로 높은 수열을 이용하여 난방운전이 가능함.
- 수열 냉·난방시스템은 기존의 석유 및 가스 사용 대비 약 70% 가량의 난방운전비용 절감이 가능한 것으로 보고되고 있음.



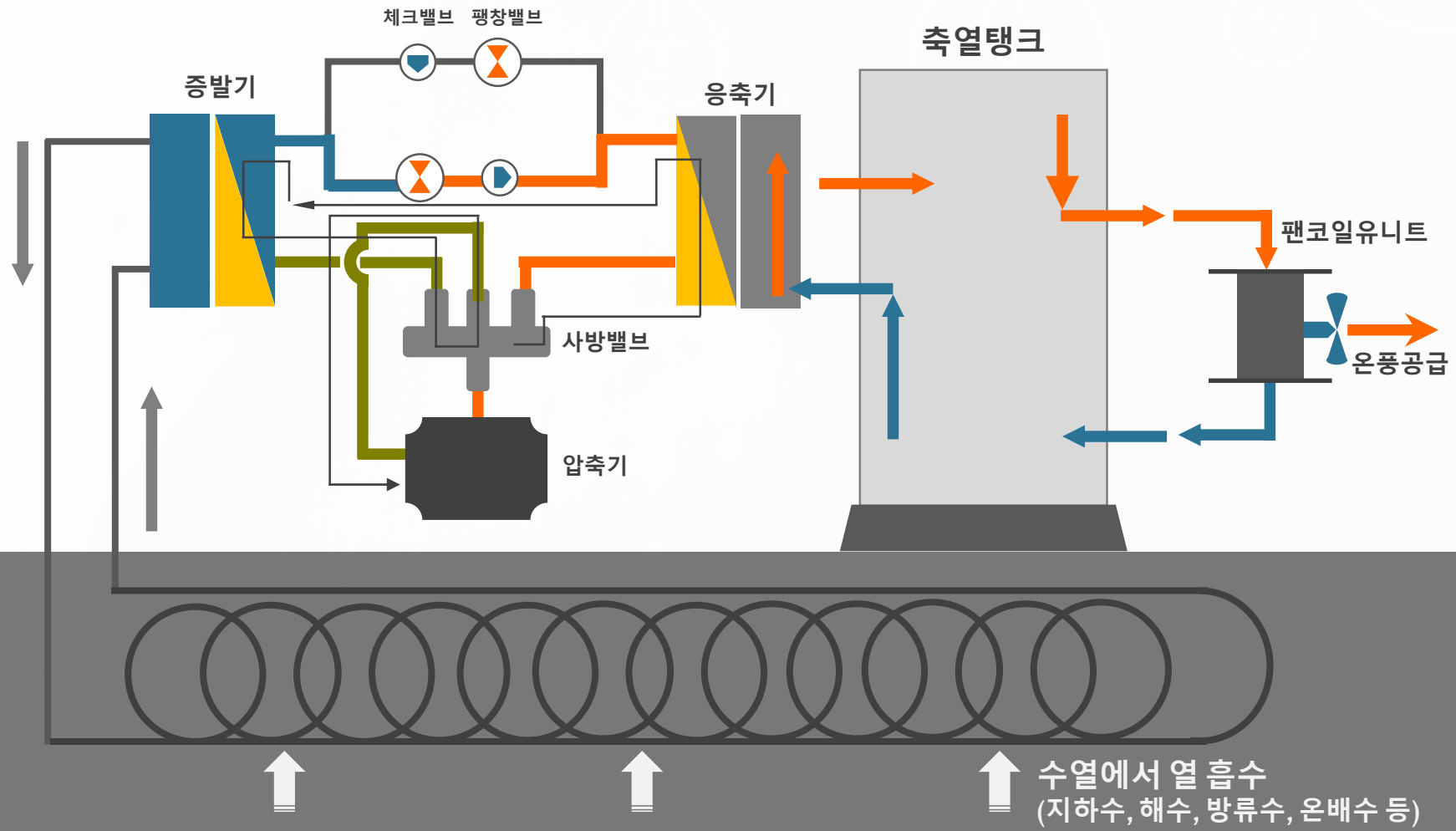
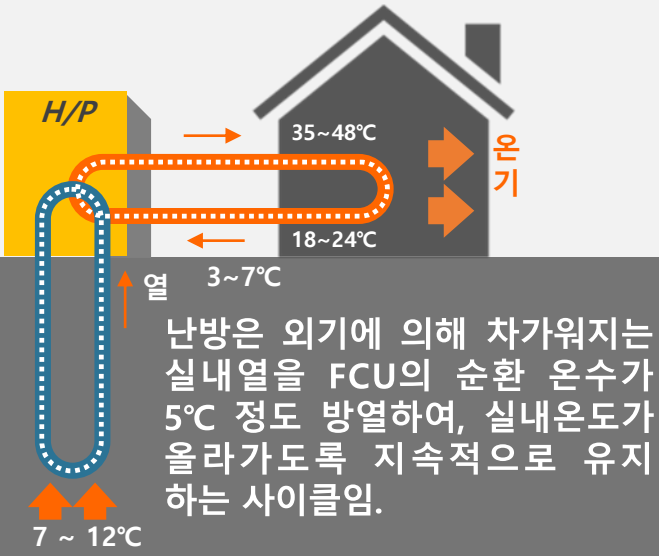
〈공기열 냉방히트펌프시스템 구성도〉

4. 수열에너지 이용 시스템

4.3 수열 히트펌프의 구성 및 냉난방운전

① 히트펌프 난방운전

❄ 겨울철 난방 운전

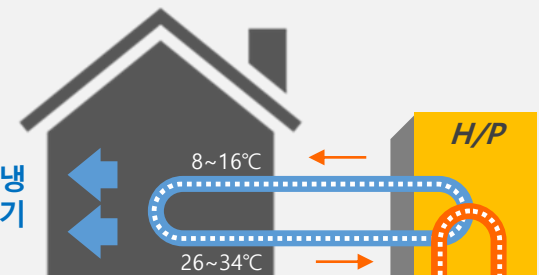


4. 수열에너지 이용 시스템

4.3 수열 히트펌프의 구성 및 냉난방운전

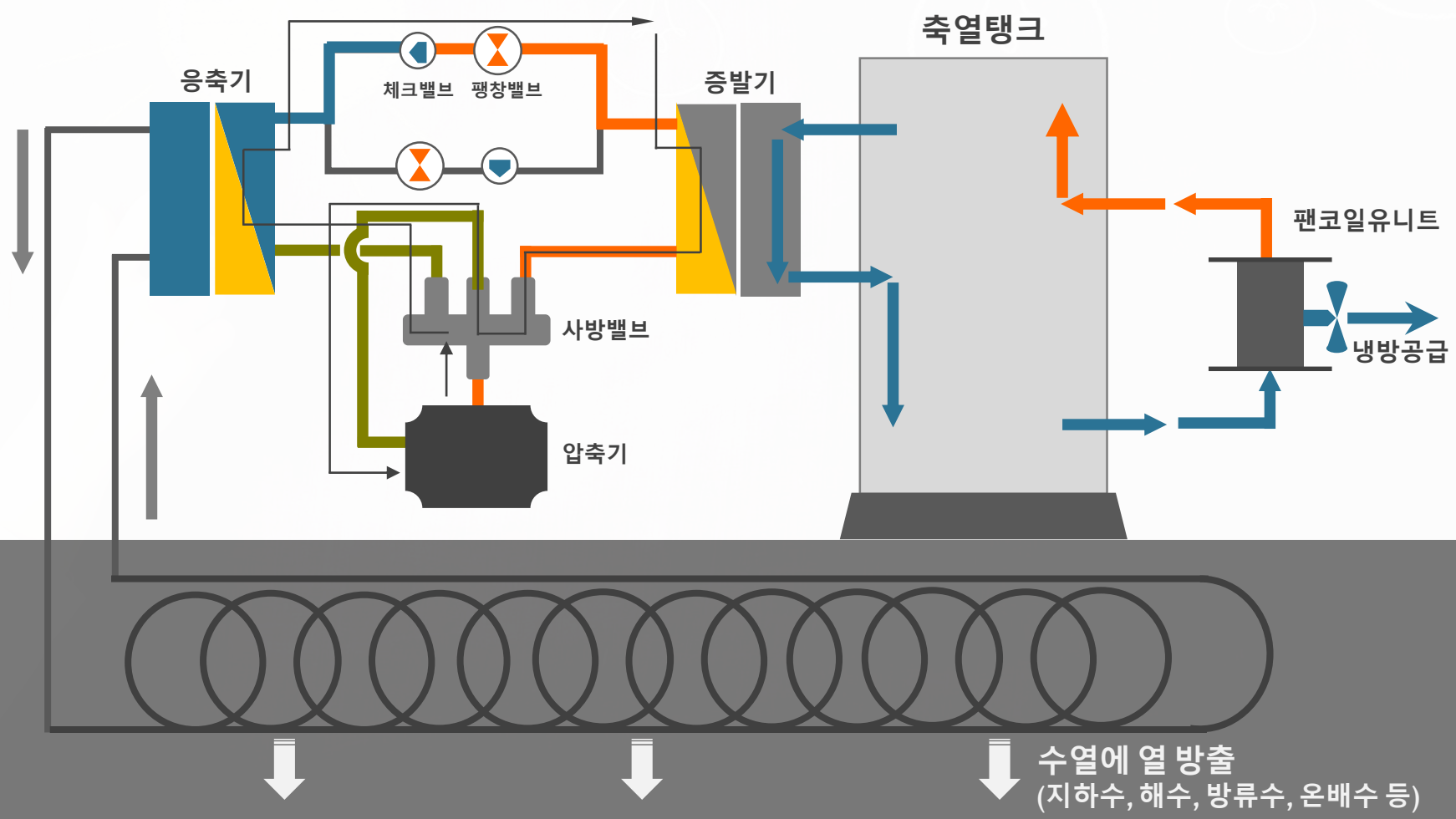
② 히트펌프 냉방운전

☀ 여름철 냉방 운전



냉방은 외기에 의해 더워지는 실내열을 FCU의 순환 냉수가 5°C 정도 흡열하여, 실내온도가 외기보다 시원하게 유지되도록 하는 사이클임.

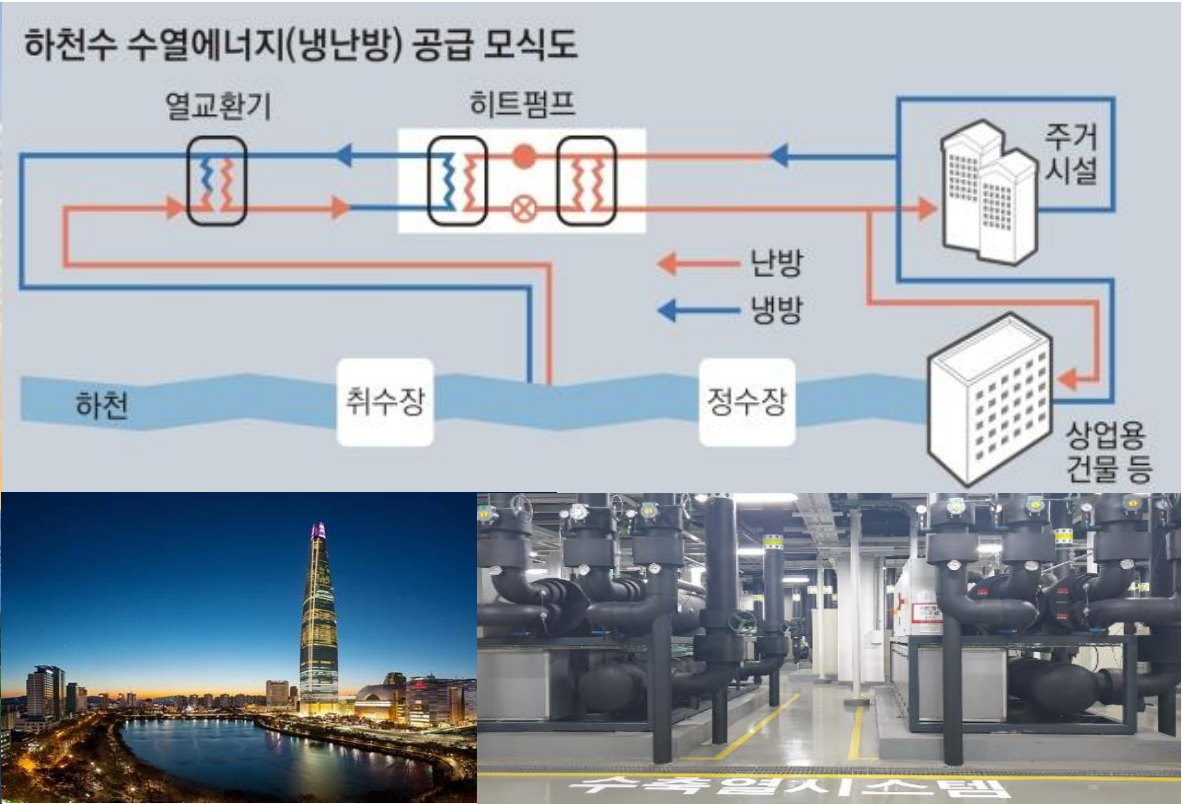
5 ~ 20°C



5. 수열에너지 활용 사례(1)

서울 잠실 롯데타워 수열원 활용

- 롯데월드타워는 총 80억원을 투입해, 2014년 11월부터 전체 냉·난방 전력의 10%(3,000RT)를 수열에너지로 공급
- 같은 용량의 흡수식 냉·난방기를 사용했을 때보다 에너지 사용량은 35.8%, 이산화탄소 배출량은 37.7% 절감
- 냉각탑 6기를 제거해 면적 600㎡와 건물 하중 66톤을 줄였고, 이에 따라 유지관리비도 약 1억9천만원 가량 감소



5. 수열에너지 활용 사례(2)

강원도 수열에너지 융복합클러스터 조성

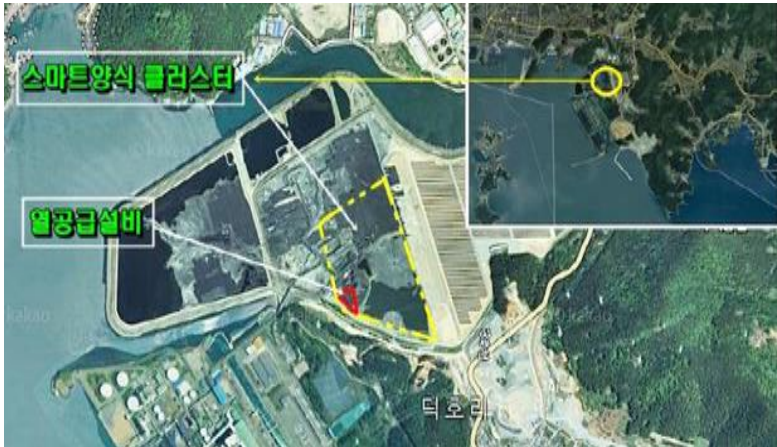
- 사업명 : 강원도 수열 융복합클러스터
- 열 원 : 댐용수(소양강)
- 모 델 : 냉난방공급
- 열원규모 : 16,500RT(24만톤/일)
- 사업비 : 253억여원(국비), 환경부



5. 수열에너지 활용 사례(3)

고성 스마트양식 클러스터

- 스마트 양식 클러스터 사업은 스마트 양식 테스트베드 구축, 민간주도형 생산단지, 가공, 유통 수출을 위한 인프라와 연계시설을 직접화하기 위해, 해수부 산통부, 과기부가 함께 지원.
- 고성군은 두번째로 스마트양식 클러스터 조성사업이 확정



5. 수열에너지 활용 사례(4)

❖ 수열에너지 보급확대를 위한 융복합클러스터 조성 사례

종합환경연구단지 수열공급 시범사업

- 사업명 : 종합환경연구재단(과학원, 인재개발원, 공단 등)
수열공급 시범사업
- 열 원 : 하천수(아라천)
- 모 델 : 냉난방공급
- 열원규모 : 2,000RT(35천톤/일)
- 사업비 : 130억여원(국비), 환경부



한강홍수통제소 수열공급 시범사업

- 사업명 : 한강홍수통제소 수열공급 시범사업
- 열 원 : 원수(수도권 1단계 광역원수)
- 모 델 : 냉난방공급
- 열원규모 : 100RT(1천톤/일)
- 사업비 : 9억여원(국비), 환경부



5. 수열에너지 활용 사례(5)

제주 온배수 수열원 활용 시설농가 냉난방에너지 활용(중부발전 신촌영농조합)



5. 수열에너지 활용 사례(6)

제주 온배수 수열원 활용 시설농가 냉난방에너지 활용(남부발전 행복나눔영농조합)



도련 시설농가 지하수열 열교환시스템 구축 사례



5. 수열에너지 활용 사례(8)

제주 지하수열원 & 태양광 융복합 제로에너지하우스

- 제주형 녹색건축 기술 보급 및 신재생에너지(태양광, 지하수열) 적용
- 도시가스 미연계 지역, 제주도 열에너지 부족문제 해결 및 비용절감 도모
- 일반주택에서 소비되는 에너지 대비, 약 85%가량의 에너지 절감 가능
- 제주도 신재생에너지 보급을 통한 저탄소 녹색사회 구현 및 청정제주 실현



5. 수열에너지 활용 사례(9)

부산 수열원 기반, 에코델타시티(EDC)사업과 제로에너지도시 건설 도모

- 부산시 강서구 일원 360만평, 사업기간 2012-2023년, 인구 약 7만6천명 수용, 4차산업 기반의 하천 중심의 미래지향적 수변도시 조성
- 수열에너지 관련 현황파악, 수열에너지 적용방안, 복합열원 시범사업 추진으로
도시부문 수열에너지 적용방안을 제시하고, 친환경에너지 활용으로 입주민의 에너지 복지 향상을 위한 제로에너지 도시 건설을 도모
- 건축 및 주택부문 에너지절감 및 탄소배출량 저감 가능.
(롯데월드타워 약 36%, 캐나다 토론토시 냉방의 약 90%, 미국 코넬대학 86% 에너지절감)

세 갈래 하천을 중심으로 생태환경과 4차 산업혁명의 주요 기술이 어우러진 도시



부산 에코델타시티(Eco Delta City)

| 위 치 | 부산시 강서구 일원
| 면 적 | 11.77km²(약 360만 평)
| 기 간 | 2012~2023년
| 계획 인구 | 75,100명(3만 세대)
| 도입 가능 | 주거, 상업, R&D, 물류 등
| 사업시행자 | 부산광역시, K-water, 부산도시공사

스마트시티 국가시범도시

| 면 적 | 2.2km²(66만 평)
| 계획 인구 | 8,500명(3,380세대)
| 장 점 | 주거, 상업, R&D 등
주요 도시 기능이 집약되어
다양한 첨단 기술 적용 용이

부산시 강서구 에코델타시티



자료/ 4차산업혁명위원회

스웨덴 스톡홀름 수열원 활용



44%, 80%

스웨덴 스톡홀름은

전체 지역난방 열원의 44%를 수열에너지로 충당하고,
수열을 이용한 지역난방으로 전력소비를 80%가량 감소!

스웨덴 스톡홀름은 14개의 섬으로 이루어져 있으며, 대규모 수열에너지 지역난방시스템을 가지고 있다.
스톡홀름 주변의 해수를 비롯한 하수, 호수, 지하수를 히트펌프를 통해, 시 전체 지역난방 열원의 44%를 충당하고 있다.

수열을 이용한 지역난방이 화석연료 중심의 기존 난방시스템을 대체하면서 스톡홀름은 건물마다 있던 굴뚝이 매년 200개씩 사라지고 공기도 맑아지는 효과를 얻었다.
1988년부터 1994년 사이에 질소산화물은 50%, 황산화물은 66% 감소했으며 먼지배출량은 61톤에서 53톤으로 줄어들었다.

또한 늘어난 난방수요를 충족하기 위해, 수열을 이용한 지역난방을 공급하며 전력소비를 80%가량 감소시킬 수 있었다.

제주도, 제2의 스톡홀름을 꿈꾼다!!!!

Q1. 지하수열 활용 가능성과 현재 문제점은 무엇인가?

- 지하수열 활용의 공론화 과정(먹는 물이라는 단순한 역할에서 자원으로 활용을 위한 공감대가 우선)
- 지하수 이용 부담금, 천공방법 등 현행 제도의 개선방안 검토

Q2. 지하수열 이용없이 CFI 2030의 혁명적 에너지 정책달성이 가능할까?

- 스마트시티, 제로에너지타운, 제로에너지하우스 조성
- 공공기관(연 건축물1000㎡이상) 신재생에너지 공급의무화 제도(2020년 이후 30%)
- 데이터 거점 센터와 같은 대형 열에너지가 필요한 신사업 유치
- 시설재배지, 양식장 등 1차산업에 4차 산업혁명 시대의 에너지 공급시스템 구축
- 개별 에너지 소비에서 집단에너지 소비로의 전환으로 분산형에너지 시스템 구축

Q3. 발전소 온배수, 양식장 방류수, 빗물 저장시설 확충을 통한 적극적 수열에너지 이용

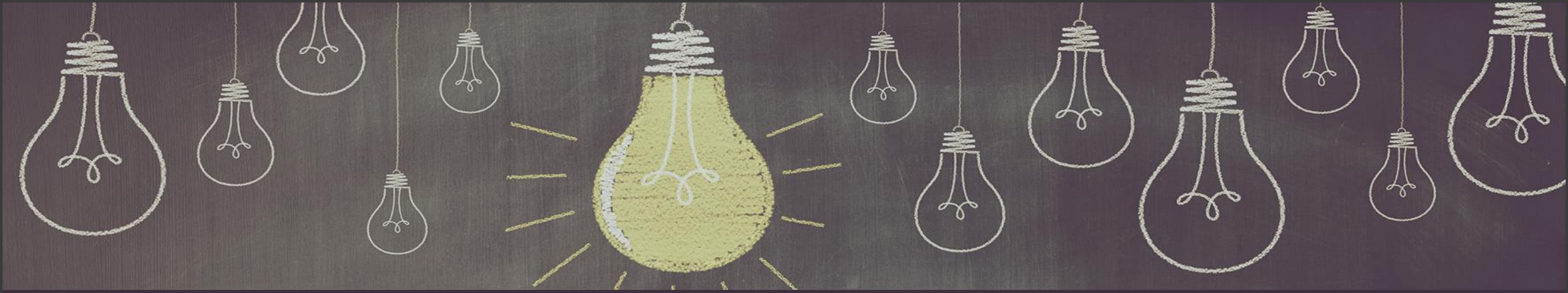
- REC확보, 탄소배출권 판매 등을 통한 신에너지 정책에 합류, 경제성 확보

Q4. 3-Grid 시스템 구축

3-Grid in JEJU



- SMART Grid & IoT Grid 에 HEAT Grid를 연계하는 시스템 구축으로 종합적인 전력 및 에너지 정책 수립
- 전력 스케줄링에 따라 3-Grid 시스템을 활용함으로써 출력 제한 등 비상상황에 대비 가능

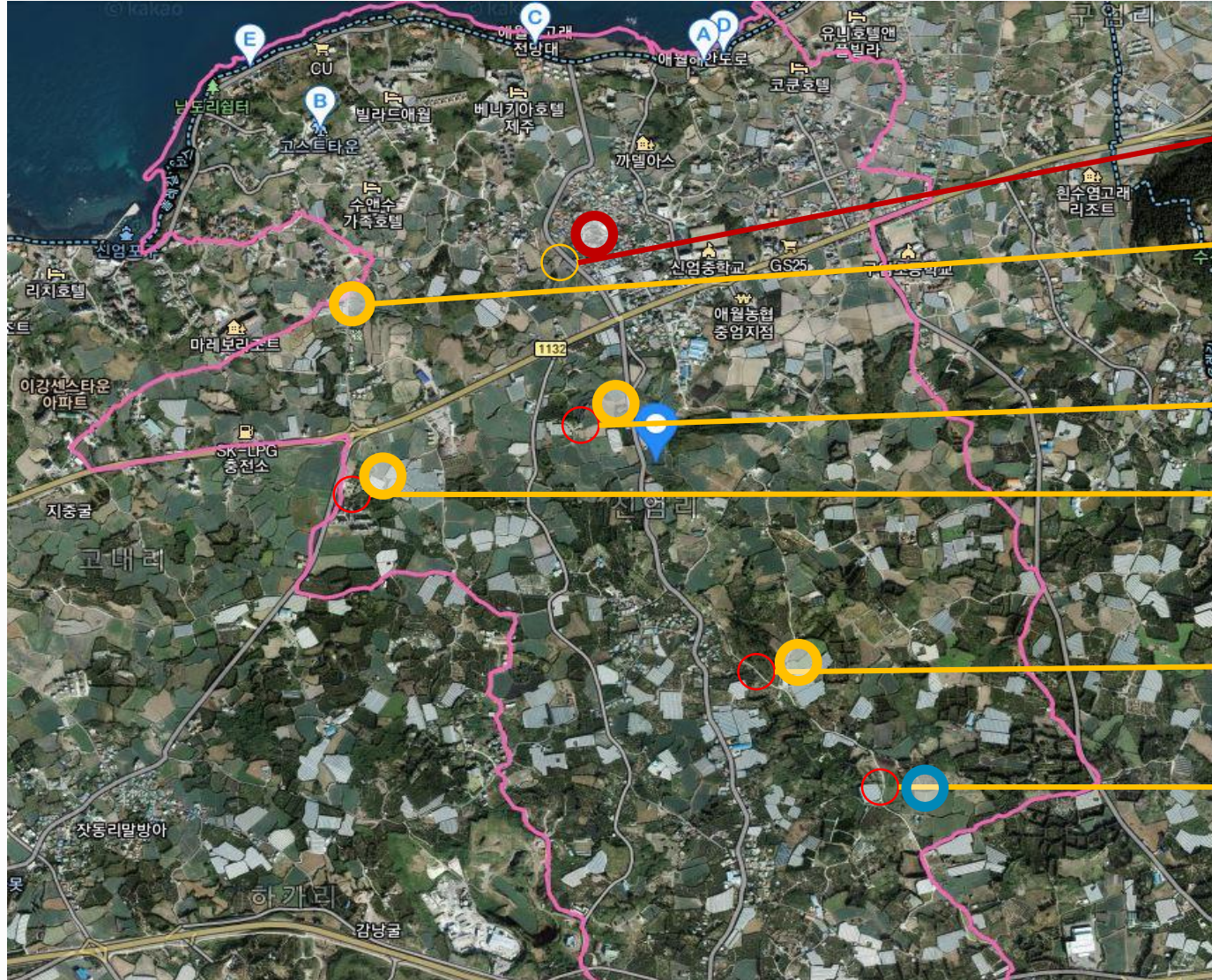


Thank you!!

Q & A

제주도 농업용 관정관리 실태(1)

농업용 관정제어 효율화 기술 개발사업 / 실증사이트 : 신임리



애월읍 신임리2437-1 연구과제 농가위치

F-448 (옛저리 관정) 신임리 3020-1번지(양수장)
신임리 3012-2번지(저수로) (2002년도)

F-139 (오동발 관정) 신임리 2307-1번지 (1996년도)

F-10 (자운당 관정) 신임리 3127-3번지 (1985년도)

D-47 (용마루 관정) 신임리 1672-3번지 (1985년)

F-318 (제와니 관정) 신임리 304-1번지 (1998년)

제주도 농업용 관정관리 실태(2)

각 관정 정보 내역

구분	옛저리 관정 F-448 (2002년도)	오동밭 관정 F-139 (1996년도)	자운당 관정 F-10 (1985년도)	용마루 관정 D-47 (1985년도)	제와니 관정 F-318 (1998년도)
송,배수관 길이	4,384m	4,272m	----m	----m	4,355m
심도	84m	80m	100m	90.5m	140m
자연수위	24.5m	53m	45.8m	64.7m	93m
안정수위	34.7m	67m	60m	65.2m	99m
양수량	600m ³ /일	700m ³ /일	1,350m ³ /일	1,000m ³ /일	900m ³ /일
모터용량	10hp	20hp	----hp	----hp	50hp