

117014-2

보안 과제(), 일반 과제() / 공개(), 비공개()발간등록번호()

첨단생산기술개발사업 제2차 연도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-002531-01

제주형 시설온실 지열 냉난방시스템 개발

최종보고서

2019. 03. 20.

주관연구기관 / (주)제스코
협동연구기관 / 제주대학교

제주형 시설온실 지열 냉난방 시스템 개발 최종보고서

2019

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

농림축산식품부
(전문기관) 농림식품기술기획평가원

<제출문>

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “첨단생산기술개발사업-제주형 시설온실 지열 냉난방시스템 개발”(개발기간 : 2017. 04. 21. ~ 2018. 12. 31.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2019. 02. 15.

주관연구기관명 : 주식회사 제스코 (대표자) 심 성 천



협동연구기관명 : 제주대학교 산학협력단 (대표자) 도 양 희



주관연구책임자 : 김 대 승

협동연구책임자 : 현 명 택

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	117014-2	해 당 단 계 연 구 기 간	2018.01.01.- 2018.12.31	단 계 구 분	2/2
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	침단생산기술개발사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	제주형 시설온실 지열 냉난방시스템 개발			
연구책임자	김 대 승	해당단계 참여연구원 수	총: 14명 내부: 14명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부:366,000천원 민간:122,000천원 계:488,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 28명 내부: 28명 외부: 명	총 연구개발비	정부:480,000천원 민간:160,000천원 계:640,000천원
연구기관명 및 소속부서명	주식회사 제스코 / 기업부설연구소			참여기업명 제주대학교 산학협력단	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	
-------------------------	--

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설· 장비	기술요 약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품중	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호	1건	10-18 92434	2건			C-2019- 000216					

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)

보고서 면수

실증사이트 구축완료

- 제주특별자치도 제주시 도련2동 349번지 외 3필지

열교환기 제작완료

- 제주형 3세대 지중 열교환기 현장설치 완료
- 열교환기 공인기관 성능평가 완료

모니터링시스템 개발완료

보고서 작성 2건

- 제주도 지질·지하수 분석보고서
- 경제성 평가(LCC) 분석보고서

특허출원 및 등록 1건 : 제 10-1892434호

SW인증(프로그램저작물) 1건 : C-2019-000216

논문게제 1건 : 제주대학교 첨단기술연구소 논문집 제 29호

전시회 참가 1건 및 기타 세미나 홍보 1건

사업화

- 기술 사업화를 통한 직접매출 발생액 : 542,000천원, 간접매출 : 591,000천원
= **총 1,133,000천원**
- **고용창출 7명**
- MOU 3건

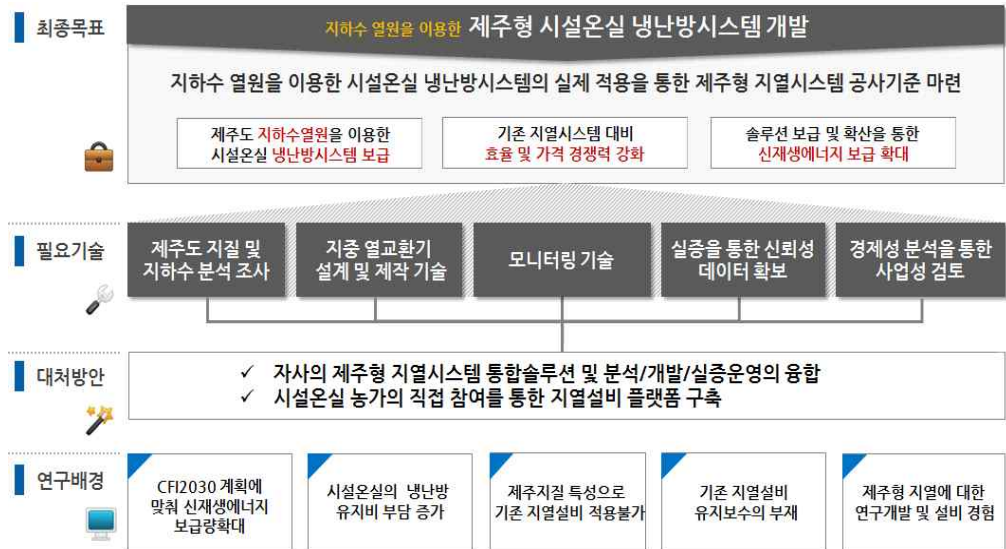
p 88

<첨단생산기술개발사업 보고서 요약문>

연구의
목적 및 내용

1. 연구의 목적

- 제주도 지하수 열원을 이용한 시설온실 지열 냉난방시스템 개발을 위한 지질조사 및 지하수 분석 조사, 열용량 해석 및 분석, 지하수 열원을 이용한 지열 냉난방시스템 개발, 모니터링 시스템 개발 및 실증화를 통한 정밀도와 신뢰성 확보, 경제성 분석에 관한 연구개발을 진행하고자 함
- 이를 바탕으로 에너지비용 절감 및 농가의 소득을 증대시키고자 함



[최종기술개발 목표]

2. 연구의 내용

- 제주 지질 및 지하수 분석조사
 - 제주도의 지하수를 열원으로 활용하기 위한 제주도 지질에 대한 문헌 및 관련 자료 조사
 - 제주도 지하수의 연중 온도와 수질, 계절별 유량 및 유속, 염분 성분 등에 대한 분석
- 제주 지하수열원을 활용하기 위한 **지중 열교환기 설계 및 제품 고도화**
 - 지질 및 지하수 자료조사를 바탕으로 **제주형 지중 열교환기 최적 설계**
 - 보어홀 깊이에 따른 용량 분석
 - 지하수 열원 열용량 해석 및 분석
 - **제주도 지하수 열원 활용을 위해 제주특별자치도 조례에 의거하고 열전도율이 우수하고 환경적으로 안전한 SUS 재질의 지중 고도화 열교환기 (3세대 제주형 지열 열교환기) 제작**
- 시스템 성능 모니터링 및 진단 기술 개발
 - 유지보수를 위한 원격지 감시제어부 개발 및 알고리즘 개발

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지열 냉난방시스템의 상태를 모니터링 하고, 가동 상태와 가동 환경의 센싱된 데이터를 전송하는 Open protocol 기반 Gateway기술 개발 ○ 통계분석 기반 구축을 통한 실시간 정보 공유 기술 개발 ○ <u>지열시스템의 성능 모니터링 및 재생에너지 생산량 분석</u> ○ 에너지 소비량의 CO₂/탄소 배출량의 모니터링 기술 개발 ○ 사용자의 편의성을 위한 모니터링 APP 개발 □ 제주형 3세대 지열시스템 설치 및 운전을 통한 검증 <ul style="list-style-type: none"> ○ <u>시설은실 현장에 시스템을 직접 적용하여 운전 및 고장진단 수행</u> ○ 설계 시 제시된 성능과 실 운전성능과의 비교를 통한 신뢰성 검증 ○ <u>기존 PE관 열교환기등 기 개발된 방식의 설치시스템을 동시에 현장에 적용하여 개발제품의 효율 및 경제성에 대한 비교 분석을 진행</u> □ 경제성 검토 <ul style="list-style-type: none"> ○ <u>열교환기 타입별로 초기투자비와 운전비를 산정하여 경제성을 비교분석</u> ○ 지열 냉난방시스템 설치에 따른 탄소배출 저감량에 관한 조사 ○ 탄소저감량의 계량화를 위한 정책 제안 및 통계량 구축 ○ <u>제주도 지하수열원을 이용한 냉난방시스템의 설비공사 기준마련</u>
<p>연구개발성과</p>	<ul style="list-style-type: none"> □ <u>실증사이트 구축완료</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ 제주특별자치도 제주시 도련2동 349번지 외 3필지 □ <u>열교환기 제작완료</u> <ul style="list-style-type: none"> ○ 제주형 3세대 지중 열교환기 현장설치 완료 ○ 열교환기 공인기관 성능평가 완료 □ 모니터링시스템 개발완료 □ 보고서 작성 2건 <ul style="list-style-type: none"> ○ 제주도 지질·지하수 분석보고서 ○ 경제성 평가 분석보고서 □ <u>특허출원 및 등록 1건</u> □ <u>SW인증(프로그램저작권) 1건</u> □ <u>논문게제 1건</u> □ 전시회 참가 1건 및 기타 세미나 홍보 1건 □ 사업화 <ul style="list-style-type: none"> ○ 기술 사업화를 통한 직접매출 발생액 : 542,000천원, 간접매출 : 591,000천원 = <u>총 1,133,000천원</u> ○ <u>고용창출 7명</u> ○ MOU 3건

<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<ul style="list-style-type: none"> □ 활용계획 <ul style="list-style-type: none"> ○ 제주특별자치도 지하수 보고 조례와 농업에너지이용효율화사업의 기준에 부합하는 기술로 제주지역 농가의 지열설비보급에 활용 ○ 제품 개발을 통한 기술인증 (성능인증 및 조달우수제품) 취득 ○ 한국농어촌공사 농업 에너지이용 효율화 사업과 연계하여 사업화 추진 ○ 제주 지질층에 적합한 설계기준 개선(안)이 사업에 반영되도록 정책관련부서에 건의 □ 기대효과 <ul style="list-style-type: none"> ○ 제주도 지하수를 활용할 수 있는 지열 냉난방시스템 설계/제작/운전기술 개발로 시설온실 농가의 에너지 절감 기술 첨단화 및 고효율화에 기여 ○ 적정 규모의 선정과 사업비 투자로 비용의 효율적인 사용으로 농어촌의 경제발전에 이바지하며 궁극적으로 대체에너지 이용과 운영비 절감으로 농가의 경쟁력을 향상 ○ 시설온실 농가의 에너지 절약으로 유류 수입 대체 효과 및 농가의 소득향상에 기여 ○ 제어기술의 개발로 에너지 절약을 통한 농업 생산성 증진 ○ 농가의 에너지이용효율화사업 등에 참여기회를 제공하여 농가 소득 창출 가능 				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>제주</p>	<p>지하수</p>	<p>지열냉난방</p>	<p>시설온실</p>	<p>경제성검토</p>
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>Jeju</p>	<p>Groundwater</p>	<p>Geothermy heating and cooling system</p>	<p>greenhouse cultivation facilities</p>	<p>economic analysis</p>

〈 목 차 〉

제 1장. 연구개발과제의 개요	8
제 1절. 연구개발 목적	8
제 2절. 연구개발의 필요성	9
제 3절. 연구개발 범위	13
제 2장. 연구수행 내용 및 결과	16
제 1절. 제주 지질 및 지하수 분석조사	17
제 2절. 제주형 지중열교환기 설계 및 개발	36
제 3절. 시스템 성능 모니터링 및 진단기술 개발	43
제 4절. 제주형 3세대 지열시스템 설치 및 운전	48
제 5절. 지열 냉·난방시스템의 성능테스트 및 평가	55
제 6절. 제주형 지열 냉·난방시스템의 경제성 검토	60
제 7절. 시공기준(안) 방안 모색	62
제 3장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	64
제 1절. 목표	64
제 2절. 목표 달성여부	65
제 3절. 목표 미달성 시 원인 및 차후대책	78
제 4장. 연구결과의 활용 계획 등	79
제 1절. 기대효과	79
제 2절. 사업화 전략	80
제 3절. 사업화를 위한 비즈니스 모델	81
붙임. 참고 문헌	87

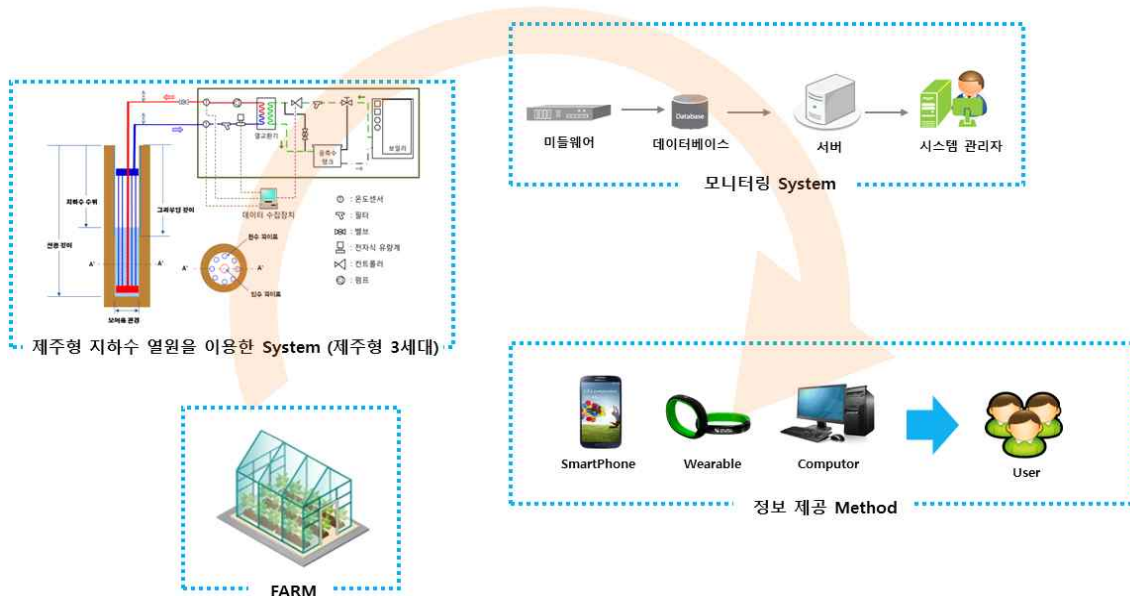
제 1장. 연구개발과제의 개요

제 1절. 연구개발 목적

- 제주도 지하수열원을 이용한 시설온실 지열 냉난방시스템 개발
- 에너지 절감을 통한 농가 수익 창출
- 제주 시설온실 지열 냉난방시스템에 대한 공사기준 마련



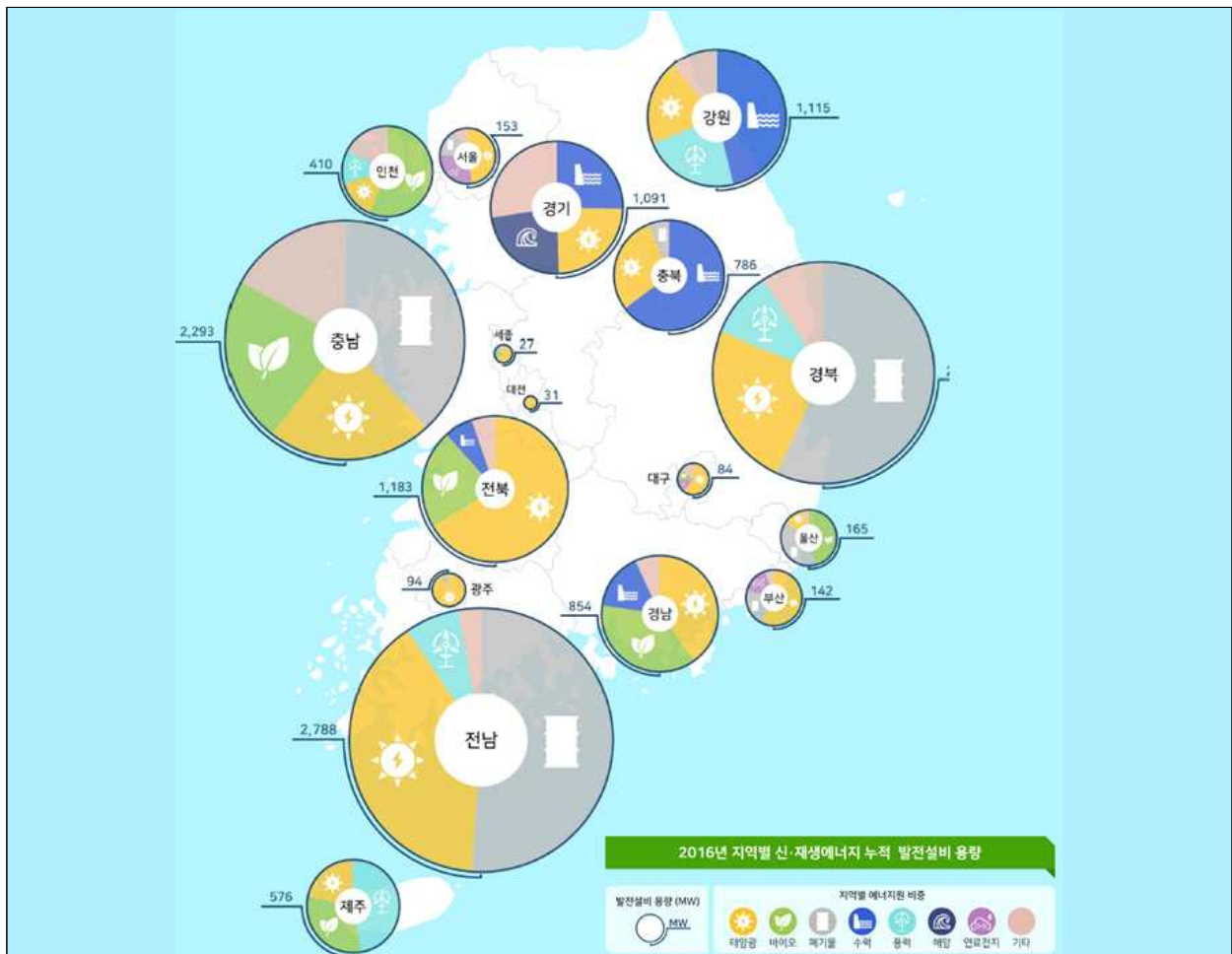
[그림 1] 기술개발 과제 최종목표



[그림 2] 최종개발제품 모식도

제 2절. 연구개발의 필요성

- 우리나라의 시설농업은 1990년대 초부터 정부의 꾸준한 지원 사업을 통하여 양적·질적으로 급진적 발전하여 세계적으로 기술수준을 인정받게 되었으나, 온실과 같은 생산시설이 에너지 다소비형 구조를 가짐에 따라 에너지 가격 동향이 농업경쟁력에 많은 영향을 미치는 취약한 구조를 가지고 있음
- 화석연료를 기본 연료로 사용하는 우리나라의 시설 농업은 농업 생산시설에 대한 면세유 정책의 변화, 언제 오를지 모르는 국제 유가 변동 등 에너지 환경 변화에 따른 냉·난방비의 부담이 시설농가의 큰 문제점으로 대두되고 있음
- 화석연료 기반의 전력생산은 대규모 발전단지를 통해서 규모의 경제를 달성하고 안정적 전력공급이라는 정책적 목표에 기여하였으나, 이산화탄소 배출, 초미세먼지 발생 등 환경오염 및 기후변화가 야기됨.
- 이에 따라 전 세계적으로 신재생에너지 산업 및 친환경 발전에 대한 관심과 사회적, 환경적, 기술적 개발 및 적용이 요구됨.
- 기후변화 대응을 위한 대체 에너지원으로 활용, 에너지 안보 제고, 친환경산업 활성화, 신성장 동력원으로 역할 등 다양한 이유로 신재생에너지 보급 및 에너지 절감기술 개발과 보급·확대가 국내외에서 활발히 진행되고 있음.



[그림 3] 신재생에너지 누적·발전설비 용량(~ 2016년)

- 농업부문의 유류사용 비중은 전체 농업용 연료의 대부분을 차지하고 있으며, 화훼작물의 경우 연평균 투입비중이 11.9%로 가파르게 상승하고 있음. 여기에 국제 유가 상승에 따라 농어업용 면세유 가격 또한 가파르게 상승하고 있으며, 유류비가 생산원가의 대다수를 차지하는 시설화훼부문의 경영비 부담이 날이 갈수록 가중되고 있음

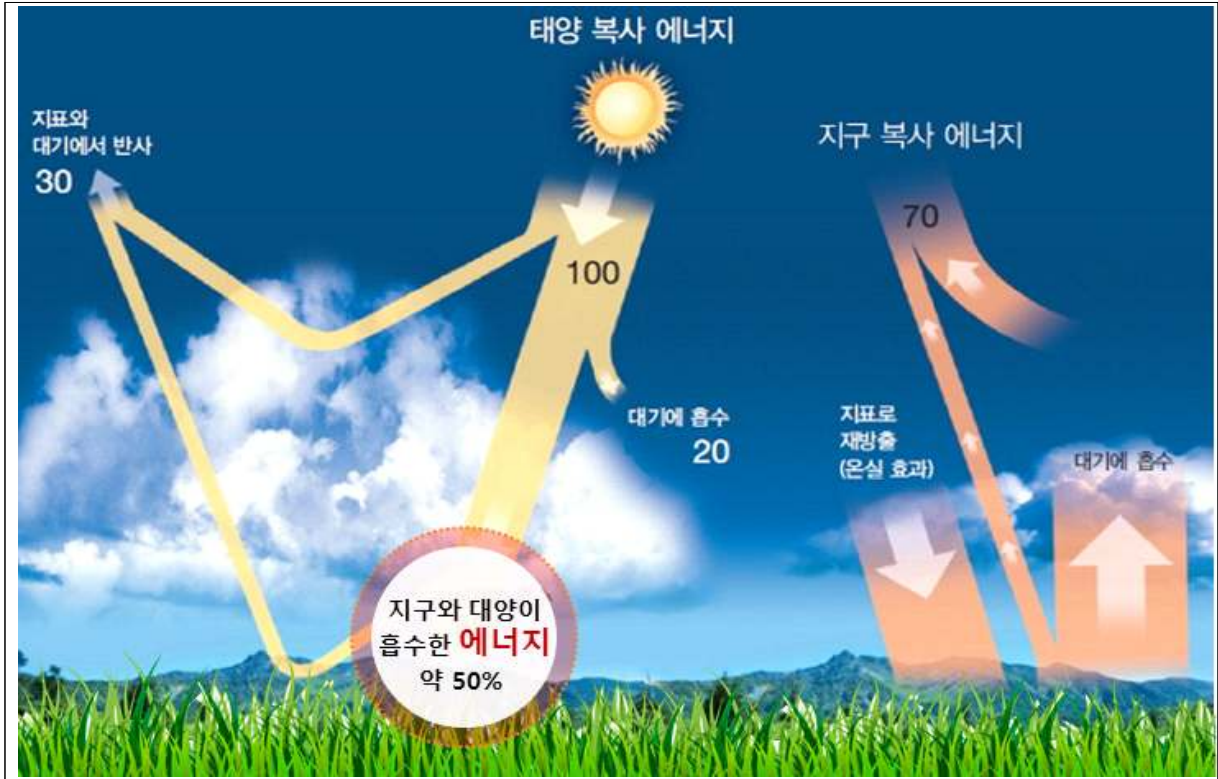
[표 1] 유가상승이 시설원에 경영에 미치는 영향¹⁾

(10a 기준, 천원, %)

구 분	유가 시나리오별 경영비 및 소득 증감율			
	'05기준 (52.96\$)	83\$	90\$	100\$
경영비	100%	105	108	112
소 득	100%	94	90	86

- 시설원에 농가의 경영비 중 난방비의 비중은 약 30~40%로 선진국의 10%대에 비하면 3~4 배에 달할 정도로 매우 높으며, 시설원에 농가의 냉·난방비 절감은 농가의 경쟁력향상 및 이익 증대에 가장 중요한 요인이라 할 수 있음
- 이러한 시설농가의 애로사항을 해결하고 농가의 경쟁력을 향상시키는 친환경 농업생산시스템의 구축 및 보급 확대를 위해 정부에서는 2009년부터 경유난방 대비 난방에너지 비용이 78% 이상 절감되는 시설원예용 지열난방시설을 보급하고 있음
- 지열(地熱, geothermal heat)이란 지하를 구성하는 토양, 암반 그리고 지하수가 가지고 있는 열에너지를 일컫음. 지열에너지는 날씨나 기후조건과 관계없이 개발·활용이 가능하며, 타 신재생에너지에 비해 열에너지원의 출력 조절이 쉬운 운전 특성을 가짐.
 - [그림 4]에 나타난 것과 같이 태양에너지의 약 50%가량이 지표 또는 대양에 흡수되어 지하에 저장된 것으로 태양열을 흡수한 땅속의 온도는 지형에 따라 다르나 우리나라의 기후조건에서는 연평균 14 ~ 16° C 정도로 일정한 온도분포를 보이며 이를 열원으로 활용하여 시스템을 구성하면 안정적인 성능을 발휘할 수 있으며 동계 및 하계에도 큰 편차 없이 열원의 온도가 유지되므로 냉·난방 열원으로 이용이 가능함.
 - 또한, 안정적 열원을 확보하고 공급이 가능한 지열을 히트펌프의 열원으로 활용할 경우 더 안정적인 시스템 구성이 가능함.
 - 지열난방시설은 지중토양, 지하수 등이 가지고 있는 지열에너지를 이용하여 겨울철에 온실의 가온은 물론 여름에 냉방까지 가능한 시설로서, ‘현존하는 냉난방 기술 중에서 가장 효율적이고 환경친화적이며 경제적 효과가 큰 에너지’ 라고 미국 환경보호청에서 발표하고 있음
- 지열 에너지원 기반, 냉난방시스템 등은 에너지 활용의 효율을 높이기 위해 지표상 면적을 넓힐 필요가 없으며, 외기 온도에 영향을 거의 받지 않는 지하의 열에너지 또는 지하수를 이용함으로써 에너지 효율이 매우 높음.

1) 2007. 10. 농촌진흥청



[그림 4] 지열에너지 개요

- 지열냉난방시설은 지속가능하고 친환경적이며 경제성이 매우 뛰어나에도 불구하고, 초기투자비가 높아 일반농가에서는 시설의 도입이 매우 부담됨. 이러한 문제를 해결하고 농가의 경쟁력 향상을 위해 정부에서는 ‘농업에너지 이용 효율화 사업’을 통해 보조사업을 시행하고 있으며, 현재 약 246개의 농가, 166ha의 온실에 보급이 이루어지고 있음
- 이러한 지열냉난방시설은 2000년대 초반 국내에 본격적으로 도입되어, 국내 지반구조에 적합한 지중 열교환기 기술(수직밀폐형, 수주관정형 등)이 지속적으로 발전하였으나, 이러한 기술들은 화강암과 같은 단단한 지반구조를 기반으로 하므로 제주도과 같은 다공질 구조를 갖는 현무암 구조에는 적용이 매우 어려움
- 이에 따라 지중공기 이용 방식 등 제주도 지역 적용이 가능한 기술개발 시도가 있었으나 현재 까지 제주도에 적합한 기술개발이 이루어지지 않고 있어, 보급률이 매우 낮은 실정임

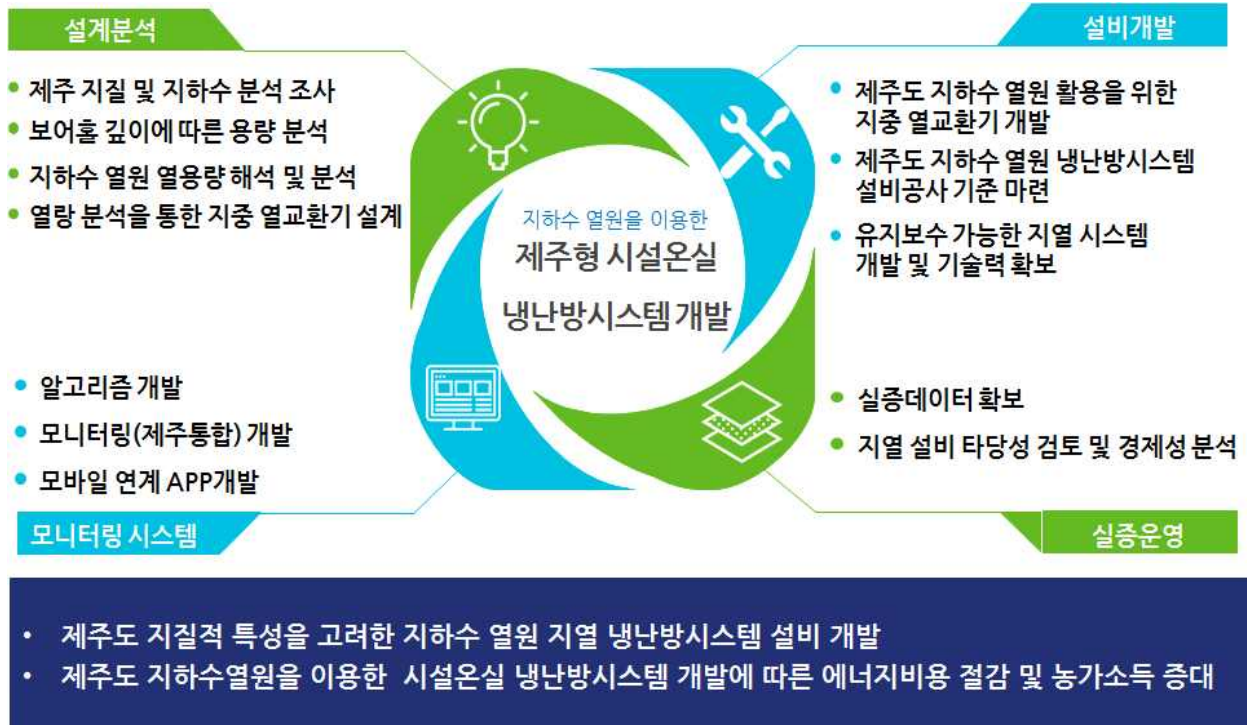


[그림 5] 국내외 지열 vs. 제주지열의 보급현황

- 제주도는 대표적인 물 부족 지역으로 제주도의 귀중한 자산인 지하수를 보호하기 위해 매우 까다로운 ‘제주특별자치도 지하수 조례’를 제정하고 있으며, 이에 따라 기존의 지중 열교환기 방식을 적용하기에는 한계가 있음
- 예를 들어 지중 열교환기 설치 시 벤토나이트 그라우팅이 필요한 내륙적용 지중 열교환기 방식은 공극이 큰 지질 구조를 갖는 제주도에서는 벤토나이트 그라우팅 자체가 어려우며, 공극사이로 빠져나간 벤토나이트가 지하수 및 토양을 오염시키기는 악영향을 초래할 수 있어 제주특별자치도 에서는 이를 엄격히 제한하며 집중 관리를 하고 있어 내륙적용 지열 기술의 적용이 어려움
- 최근 본사를 비롯한 도내에서 제주도 지질 특성에 적용할 수 있는 공기 강제 순환 및 지하수 등을 통해 열을 얻을 수 있는 기술을 개발하여 부분적으로 적용하고는 있으나, 효율 향상을 위한 기술의 고도화, 신뢰성 확보를 위한 표준화 및 규격화 등 이에 대한 연구가 매우 필요한 실정임
- 또한 제주도 기후변화에 대응하고 에너지자립을 위한 저탄소 녹색성장 모델인 “Carbon Free Island Jeju by 2030” 프로젝트를 추진하고 있으므로, 이의 중추적 역할을 담당할 수 있는 제주도에 적합한 지열냉난방시설의 개발이 반드시 필요함
- 본 연구에서는 제주도 해안가와 중산간 지역의 유속이 빠른 지하수 열원을 이용하여 환경적으로 안전하고 효율이 우수한 기술 적용을 위해 제주도의 환경적, 지형적 특성을 잘 알고 있는 지역 기업과 대학의 협력연구를 통해 개발하고자 함
- 또한 제주도 지중구조에 적합한 지열냉난방설비 기술의 고도화 및 실증연구 수행에 따라 냉난방비 절감과 농작물의 품질향상을 통한 농가 수익 증대 및 지역 경제발전을 도모하고자 함

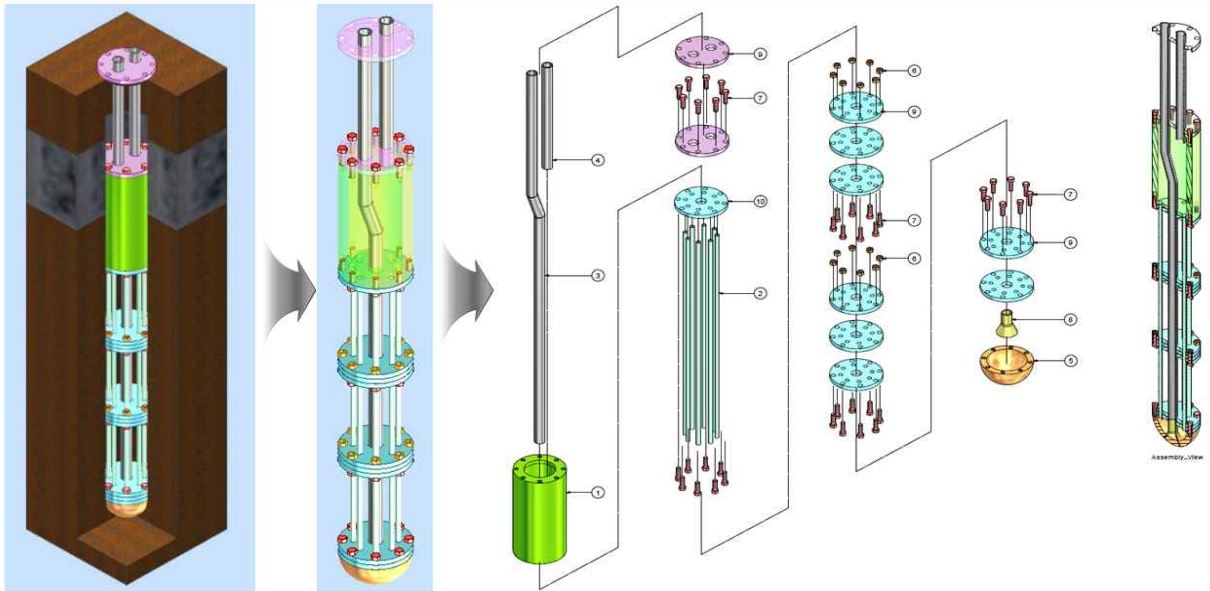
제 3절. 연구개발 범위

3-1. 연구개발 내용



[그림 6] 연구개발 내용

- 제주 지질 및 지하수 분석조사
 - 제주도 지하수를 열원으로 활용하기 위한 제주도 지질에 대한 문헌 및 관련 자료 조사
 - 제주도 지하수의 연중 온도와 수질, 계절별 유량 및 유속, 염분 성분 등 환경분석
- 제주 지하수열원을 활용하기 위한 지중 열교환기 설계기술 고도화 및 개발
 - 지질 및 지하수 조사 연구를 바탕으로 제주형 지중 열교환기 설계고도화
 - 보어홀 깊이에 따른 열용량 분석
 - 지하수열원 열용량 해석을 위한 관련 열 물성치 분석
 - 제주도 지하수 열원활용을 위해 제주특별자치도 조례에 의거하고 열전도율이 우수하고 환경적으로 안전한 SUS 재질의 지중 열교환기(제주형 3세대 지중 열교환기)를 개발
- 제주형 3세대 지열시스템 설치 및 운전을 통한 검증
 - 시설온실 현장에 시스템을 직접 적용하여 운전 및 고장진단 수행
 - 설계 시 제시된 성능과 실 운전성능과의 비교를 통한 신뢰성 검증
 - 기존 PE관 열교환기 및 기 개발되었던 방식의 설치시스템을 동시에 현장에 적용하여 개발제품의 효율 및 경제성에 대한 비교 분석을 진행



[그림 7] 제주형 3세대 지중 열교환기

- 시스템 성능 모니터링 및 진단 기술 개발
 - 유지보수를 위한 원격지 감시제어부 개발 및 알고리즘 개발
 - 지열 냉난방시스템의 상태를 모니터링 하고, 가동 상태와 가동 환경의 센싱된 데이터를 전송하는 Open protocol 기반 Gateway기술 개발
 - 통계분석 기반 구축을 통한 실시간 정보 공유 기술 개발
 - 지열시스템의 성능 모니터링 및 재생에너지 생산량 분석
 - 에너지 소비량의 CO2/탄소 배출량의 모니터링 기술 개발
 - 사용자의 편의성을 위한 모니터링 APP 개발
- 제주형 3세대 지열시스템 설치 및 운전을 통한 검증
 - 시설은실 현장에 시스템을 직접 적용하여 운전 및 고장진단 수행
 - 설계 시 제시된 성능과 실 운전성능과의 비교를 통한 신뢰성 검증
 - 기존 PE관 열교환기 및 기 개발되었던 방식의 설치시스템을 동시에 현장에 적용하여 개발 제품의 효율 및 경제성에 대한 비교 분석을 진행
- 경제성 검토
 - 열교환기 타입별로 초기투자비와 운전비를 산정한 경제성 비교분석
 - 지열 냉난방시스템 설치에 따른 탄소배출 저감량에 관한 조사
 - 탄소저감량의 계량화를 위한 정책 제안 및 통계량 구축
 - 제주도 지하수열원을 이용한 지열시스템의 시공 기준 마련

3-2. 기술개발 추진일정

1차년도													
일련 번호	연구내용	월별 추진 일정											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1계획수립 및 자료조사				■								
2	용량설계 및 해석					■	■						
3	설계도면 작성						■						
4	열교환기 개발							■	■	■	■		
5	제주 지질 및 지하수분석조사				■	■	■	■	■	■			
7	성능평가 모의실험										■		
8	전체시스템 설계도면작성											■	
2차년도													
1	2차년도 계획수립 및 자료조사	■											
2	실증사이트구축	■	■	■									
3	실증사이트운영				■	■	■	■	■	■	■	■	■
4	실증데이터를 바탕으로 재설계 및 재해석				■	■	■						
5	열교환기 고도화 기술개발			■	■								
6	모니터링 시스템개발 및 고도화				■	■	■						
7	모니터링 앱개발							■	■				
8	타당성검토 및 경제성분석							■	■	■			
9	설비공사 기준마련							■	■	■	■	■	
10	최종보고서 작성												■

제 2장. 연구수행 내용 및 결과

과제명			제주형 시설온실 지열 냉난방시스템 개발		
목표		수행기관	연구 및 기술개발 내용		
Step1	제주 지질 및 지하수 분석조사	(주)제스코 제주대학교	• 제주도 지질조사 및 지역별 지하수 부존량 조사, 기상환경 정보 수집		
Step2	제주형 지중열교환기 설계 및 개발	(주)제스코 제주대학교	• SUS소재 사용에 따른 경제성분석 및 비교분석 • 제주형 지중열교환기 개발		
Step3	시스템 성능 모니터링 및 진단기술 개발	(주)제스코	• 웹 기반 모니터링시스템 구축		
Step4	제주형 3세대 지열시스템 설치 및 운전을 통한 검증	(주)제스코 제주대학교	• 시설온실 대상, 지열시스템 적용 실증, 시범운영		
Step5	지열 냉·난방시스템의 성능테스트 및 평가	(주)제스코	• 열교환기 열용량 테스트 평가		
Step6	제주형 지열 냉난방시스템의 경제성검토	제주대학교	• 대상 시스템의 경제성 검토		
Step7	시공기준(안) 방안 모색	(주)제스코 제주대학교	• 제주도 지열 열교환기 적용에 따른 설비, 시공기준(안) 방안, 가이드 수립		

열교환기 개발	지열냉난방시스템 실증 및 적용	경제성 검토	특허	고용	매출
 <ul style="list-style-type: none"> • 기존대비 3배의 이상의 우수한 고효율 열교환기 개발 	 <ul style="list-style-type: none"> • 시설온실 지열 냉난방시스템 구축 • 한국농어촌공사 사업과 연계하여 구축진행 	<p>(주)제스코, 제주대학교산학협력단 위촉 도전지구 농업에너지이용효율화사업기계설비공사 경제성효과(LCC) 원가계산 보고서</p> <ul style="list-style-type: none"> • LCC분석보고서 작성 • 기존 PE열교환기 시공대비 경제성이 우수한 것으로 나타남 	1	4명	1,000백만원
			등록1건	신규인력 7명	1,133백만원
			달성 100%	달성 100%	달성 100%

제 1절. 제주 지질 및 지하수 분석조사

(1) 국내 수자원 및 지하수 부존 현황

□ 국내 수자원 및 지하수 수문지질

- 국내 대부분의 수자원은 하천, 저수지 등의 지표수로부터 공급하고 있으며, 지하수는 일부 상수도 시설이 보급되지 않는 지역에서 주로 이용되어왔으나 도시화 및 산업화와 환경오염 등으로 인해 지표수는 그 수질이 점차 악화되어 생활 및 식수로 사용이 불가능한 경우가 발생하게 됨. 이에 지표수에 비해 안전하고 안정적인 수질을 가진 지하수를 음용수로 활용하는 방안을 모색하고, 수자원 확보를 위한 체계적인 관리가 정부차원에서 이루어지고 있음
- 지하수는 지하의 지층 또는 암석 내의 공극을 따라 이동하며 지표수에 비해 기상변화나 지표오염원의 영향을 적게 받아, 수질이 상대적으로 안전하며 안정적임. 또한 빗물이나 강물의 침투현상에 의해 재충전되므로 올바른 개발과 관리에 따라 무한사용이 가능한 자원임
- 국내 지하수의 유동형태와 수질 특성은 대수층이 분포되어 있는 수문지질이 일차적 요인으로 지하수 산출량은 4대강 유역과 제주도 등 1차 공극이 발달된 지역이 상대적으로 높게 나타남.
 - 미고결 퇴적층의 공극이 변성암에 비해 잘 발달되어 있어, 미고결 퇴적층에 분포되어 있는 대수층의 지하수 산출량이 비교적 높은 편임.
 - 석회암에서 산출된 지하수에서는 칼슘이온 농도가 높게 나타나고, 화강암에서 산출된 지하수에서 규소 농도가 높게 나타남. 이는 물과 암석간의 반응에 의해 지하수로 용해되는 물질이 지질별로 다르기 때문임.

□ 지하수 부존 및 산출특성

- 국내 연평균 강수량은 1,280mm 가량으로 세계 평균 807mm의 약 1.6배에 이르나 인구 밀도가 높아 1인당 연평균 강수총량은 2,629㎥로 세계 평균의 1/6에 불과
- 연간 수자원 총량은 약 1,297억㎥로 이중 42% 가량은 증발산으로 손실되고, 이용가능한 수자원인 유출량은 753억㎥로서 수자원 총량의 58% 가량에 해당함.
- 국내의 수자원은 생활용수, 공업용수, 농업용수, 하천유지용수 등으로 활용되며, 염지하수를 제외한 지하수의 이용량은 수자원 총량의 약 3%, 용수 총 이용량의 11% 가량임.

□ 지역별 지하수 산출 특성

- 국내의 경우, 지형적으로 태백산맥을 중심으로 동고서저의 지형 특성을 보이며, 하천이 대부분 서향하는 관계로 동부 고지대는 지하수의 함양, 서부 저지대에서는 배출이 우세함.
- 백악기 퇴적암이 분포하는 영남지방은 전반적으로 타 지역에 비하여 지하수의 산출성이 양호하게 나타나며, 특히 동해안의 태화강 하구와 형산강 하구지역은 투수성과 저류성이 양호한 신기 퇴적암의 분포가 넓어 전반적으로 지하수 산출성이 높음.
- 서부 저지대의 경기, 충청, 호남 지역은 대부분 변성암, 화강암 등 결정질암으로 구성되어 있어 암반지하수의 부존과 산출이 불규칙하나 유라기 화강암의 하부 풍화대에서의 지하

수 산출이 비교적 풍부하고, 석회암층이 분포하는 남한강 상류지역과 동해, 삼척 등 동해안 일부 지역은 다량의 지하수가 용출되는 등 지하수의 산출 상태가 양호함.

- 제주도는 투수성이 높은 다공질 현무암으로 구성되어 있어 지표수의 발달이 미약한 반면, 지하수의 부존과 산출은 매우 양호함. 따라서 수원을 거의 전적으로 지하수에 의존하는 편임.

□ 국내 지하수 개발 및 이용현황

- 지하수는 물이 순환하면서 빗물이 땅 속으로 침투하여 생성되며, 땅 속 지하수는 다시 저지대에서 샘물로 솟아나거나 하천 및 바다로 유출되면서 수문 평형을 이룸. 현재는 산업기술의 발전으로 지하수를 인위적으로 양수하여 중요한 수자원으로 활용하고 있음.
- 지하수는 빗물에 의하여 보충되므로 재생가능한 수자원이지만 채워지는 양보다 더 많은 지하수를 이용하여 지하수가 고갈되는 경우, 또는 지하수가 저장된 대수층이 오염되는 경우에는 중요한 수자원이 훼손될 뿐만 아니라 원상으로 회복하기는 더욱 어려운 실정임. 이에 정부에서는 지하수의 합리적인 개발·이용과 체계적인 보전·관리를 위하여 지하수 관리 기본계획을 수립하여 지하수 기초조사 실시, 국가 지하수 관측망 설치·운영, 지하수 정보 종합관리 등 다양한 지하수 사업을 추진함.

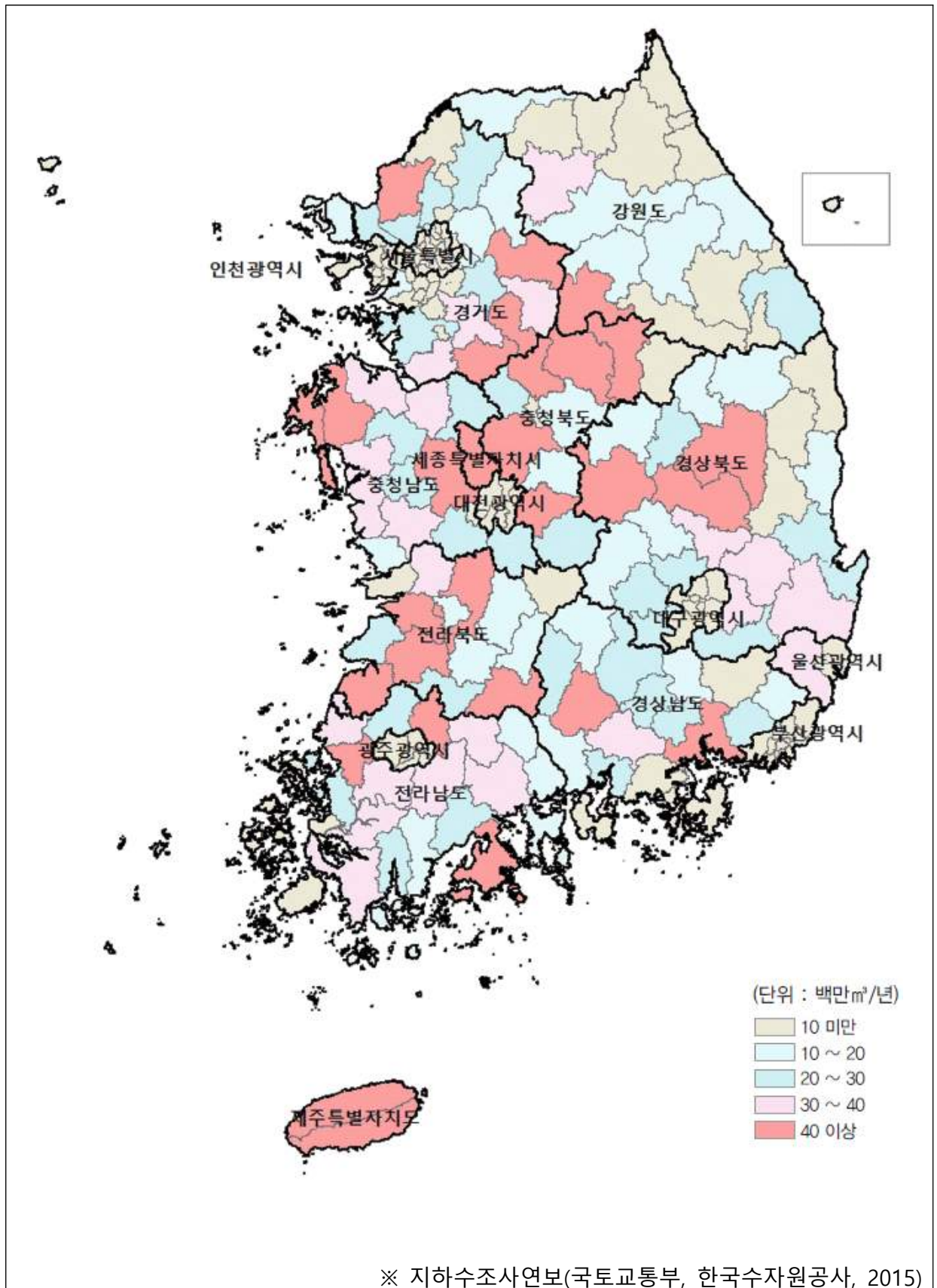
[표 2] 국내 지하수 이용량

2014년	계	생활용	공업용	농·어업용	기타
지하수이용량 (백만 m ³ /년)	4,085	1,807	165	2,082	31
비율(%)	100	44.1	4.0	50.9	0.8
2015년	계	생활용	공업용	농·어업용	기타
지하수시설수 (개소)	4,094	1,786	164	2,113	31
비율(%)	100	43.6	4.0	51.6	0.8



<전국 지하수 시설현황>

<전국 지하수 이용량>



[그림 8] 시·군·구별 지하수 이용량



[그림 9] 단위면적당 지하수 일 이용량

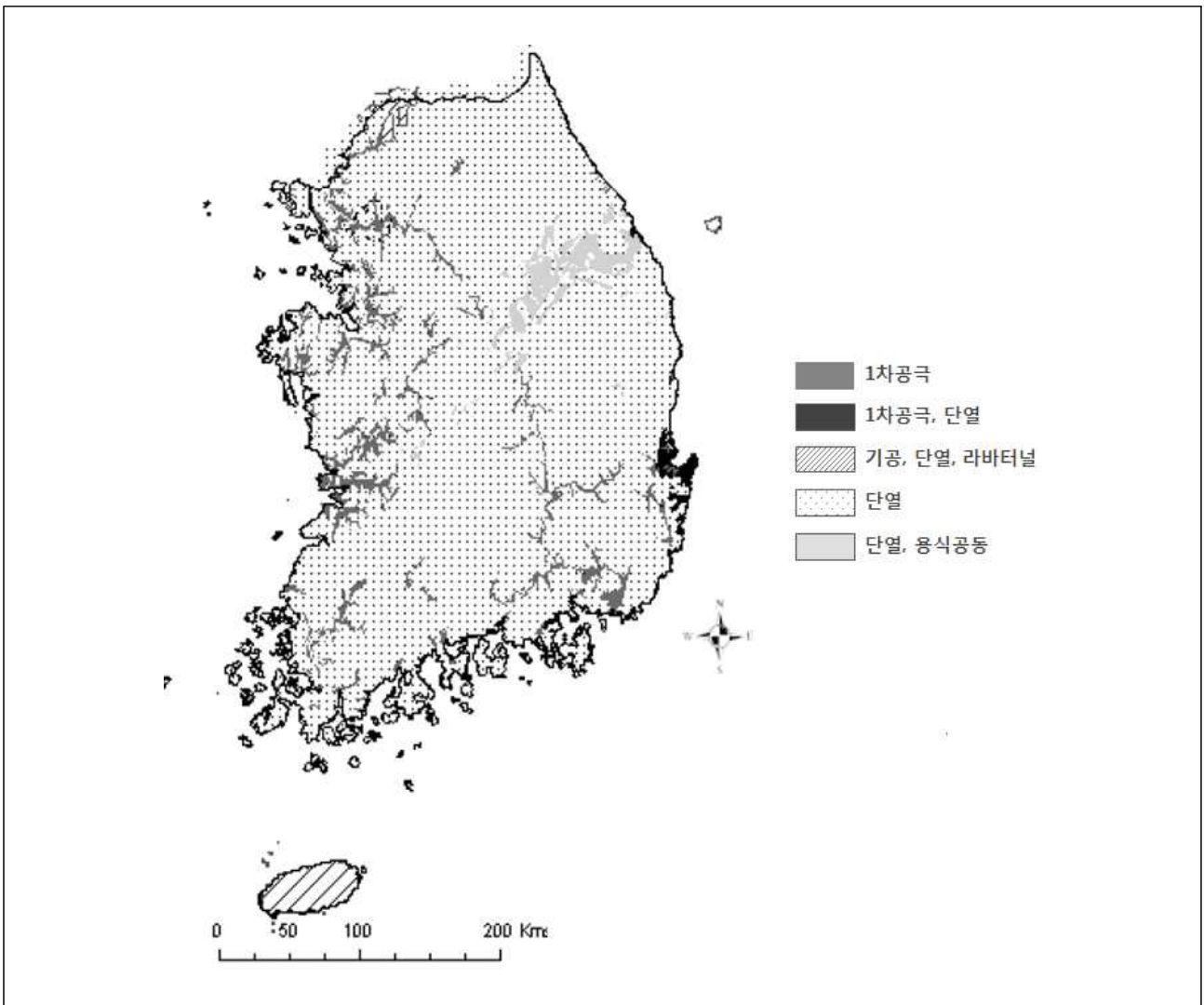
(2) 제주도 지질조사 및 지역별 지하수 부존량 조사

□ 국내 및 제주도 지하수 유동 특성

- 국내 수문지질은 그 종류 및 형성시기에 따라 8개의 수문지질 단위로 분류 할 수 있으며, 일부 미고결 퇴적물, 신기 퇴적암, 다공질 화산암 등 1차공극을 제외하고는 단열 및 용식 공동 등의 2차공극의 형태에 따라 지하수 유동 특성이 결정됨
- 지하수의 유동이 1차공극에 의존하는 대수층은 미고결 퇴적물, 신기퇴적암, 다공질화산암에 분포되어 있으며, 지역적으로는 4대강 유역, 경상북도 포항 부근, 제주도에 분포되어 있음²⁾
- 미고결 퇴적물은 지형적 위치에 따라 구성물질, 공극률, 투수성 등이 다양하게 나타남. 계곡 또는 하천에 퇴적된 충적층은 주로 역과 모래로 구성 되어 있어 공극률과 투수성이 높으며, 지표수나 강우가 직접 유입되어 풍부한 양의 지하수를 보유함. 평야에 퇴적된 충적층은 대체로 점토질이 많아 공극률과 투수성이 낮은 편에 속함
- 신기 퇴적암은 제3기 이후에 형성된 암석으로 변성작용을 덜 받아 1차공극의 발달이 양호함. 다공질 화산암에 분포되어 있는 대수층은 화산암 형성 시 만들어진 1차공극 뿐만 아니라, 용암튜브 등의 수직절리에 의해 1차 공극간의 연결성이 증대되어 지하수의 유동이 매우 활발하여, 하천의 발달이 미약한 제주도에서는 대부분의 용수를 지하수로부터 공급받음
- 절리 및 단층 등의 2차공극이 발달한 암반대수층은 비다공질 화산암, 관입화성암, 고기퇴적암, 석회암, 변성암에 분포되어 있으며, 이 중에서도 화강암류와 변성암류가 높은 비율을 차지함
- 강원도 지역에 위치한 석회암지대는 화학반응에 의해 형성된 용식공동이 지하수의 주요 유동경로로 사용되어 높은 지하수 산출량을 보이거나, 이 외 다른 지질에서는 지하수의 유

2) 건설교통부, 2002(현 국토교통부)

동이 원활하지 못해 지하수 산출량도 낮은 편임³⁾



[그림 10] 국내 대수층의 공극 형태

[표 3] 국내 암반대수층의 지질분포

암석종류	분포면적(지표기준)	분포율
화강암류	31,820 km ²	32%
변성암류	36,070 km ²	37%
퇴적암류	28,780 km ²	29%
현무암류(제주도)	1,820 km ²	2%

□ 지질별 지하수 수질특성

○ 지하수의 수질은 물속에 용해되어 있는 물질의 종류와 그 농도에 의해 결정됨. 대수층이

3) 농업기반공사, 1996

분포되어 있는 지질에 포함 된 광물과 물의 상호반응, 대수층으로 침투되는 강우와 지표수의 수질, 외부환경으로부터 자연적 또는 인위적 요인에 의해 유입 될 수 있음

○ 국내지하수의 수질은 환경부 지하수 수질관측망, 국토설교통부 지하수 관측망, 각 시·도청, 전문 연구기관, 대학 내 연구소 등 관정에서 측정 및 분석

□ 지하수 부존 및 산출 특성

○ 국내 연평균 강수량은 1,280mm 가량으로 세계 평균 807mm의 약 1.6배에 이르나, 인구 밀도가 높아 1인당 연평균 강수총량은 2,629㎥로 세계 평균의 1/6에 불과함

○ 연간 수자원 총량은 약 1,297억㎥로 이중 42% 가량은 증발산으로 손실되고, 이용가능한 수자원인 유출량은 753억㎥로서 수자원 총량의 58%가량에 해당함

○ 국내의 수자원은 생활용수, 공업용수, 농업용수, 하천유지용수 등으로 활용되며, 염지하수를 제외한 지하수의 이용량은 수자원 총량의 약 3%, 용수 총 이용량의 11% 가량임

[표 4] 유역 및 대권역별 지하수 함양량 및 개발가능량

유역/대권역	지하수함양량 (백만 ㎥/년)	지하수개발가능량 (백만 ㎥/년)	개발가능량/함양량비 (%)
전국	18,842.3	12,891.4	68.4
한강	6,114.3	4,467.0	70.8
한강	4,447.4	3,257.7	73.2
안성천	293.7	219.9	74.9
한강서해	552.5	402.3	72.8
한강동해	820.7	587.1	71.5
낙동강	5,279.1	3,614.1	74.6
낙동강	3,710.8	2,564.4	69.1
형상강	196.7	131.2	66.7
태화강	138.7	91.8	66.2
회야수영	206.1	135.1	65.5
낙동강동해	528.2	365.8	69.3
낙동강남해	498.5	325.8	65.3
금강	3,141.7	2,270.8	69.4
금강	1,714.0	1,227.9	71.6
삽교천	276.7	202.2	73.1
금강서해	550.2	405.6	73.7
만경동진	600.8	435.1	72.4

유역/대권역	지하수함양량 (백만 m ³ /년)	지하수개발가능량 (백만 m ³ /년)	개발가능량/함양량비 (%)
섬진강	1,189.8	814.5	71.1
섬진강	443.2	310.0	69.9
섬진강남해	746.6	504.5	67.6
영산강	1,441.4	994.6	68.9
영산강	677.4	471.5	69.6
탐진강	104.4	71.6	68.6
영산강남해	262.4	173.4	66.1
영산강서해	397.2	278.1	70.0
제주도	1,676.0	730.4	43.6

□ 제주도 지하수 개발 및 이용현황

- 제주도는 국내 최다 다우지역으로 연평균 강수량이 1,975mm가량에 달하며, 투수성이 좋은 화산암으로 피복하고 있어 지하수 함양량 역시 국내 최고 수준임
- 국내·외 연평균 강수량 비교
제주 1,975mm > 일본 1,723mm > 한국 1,283mm > 세계 973mm > 중국 660mm를 기록하였으며, 제주도의 강수량이 국내외 연평균 강수량에 비해 월등히 많은 것으로 나타남.
- 제주도는 평균 3m두께의 얇은 다공질 화산암층이 층상의 지질구조를 이루고 있어, 물을 저류할 수 있는 유효공극이 많고, 물이 지하로 침투하는 투수율이 매우 높음
- 제주특별자치도 개발공사에 따르면, 제주도 지하수 함양률이 46.1% 가량으로 국내평균 지하수 함양률 13.2%보다 월등히 높은 것으로 나타남. 단위면적당 함양률은 연 82.8m³/km²으로 전국평균(연 17.0만 m³/km²)의 약 5배 수준임
- 단위면적 당 지하수 개발가능량은 연 34.4만톤으로 전국평균(연 11.8만톤)의 3배 수준으로, 개발 가능한 단위면적당 지하수의 양이 국내외 타지역에 대비 매우 풍부함
- 오염되지 않은 청정지역 제주도의 지하수는 물맛이 뛰어나며, 안전하며 인체에 유익한 광물질을 적정량 함유하고 있음. 제주도 지하수는 화산암 대수층에서 산출되므로 내륙지방의 지하수와 달리, 라돈/우라늄/라듐과 같은 방사성 물질이 검출 되지 않거나, 미국의 기준치에 훨씬 못 미치는 미량만 검출

1) 제주도 수자원 특성

- 국내 가장 큰 화산섬인 제주도는 화산체의 두께가 약 2,100m(해수면 상부 1,950m, 해수면 하부 150m)에 달하는 순상화산으로 화산암류와 퇴적암류로 구성
- 제주도는 국내 여타지역과 달리 98%에 달하는 넓은지역이 화산암류로 피복되어 있으며, 퇴적암류의 분포면적은 2%(28km²)내외 수준
- 제주도 화산암류의 조성은 알칼리현무암(Alkali basalt), 현무암(Basalt), 조면질현무암

(Trachybasalt), 조면질안산암(trachyandesite), 현무암질조면안산암(Basaltic trachyandesite), 현무암질 안산암(Basaltic andesite), 조면암(Trachyte) 등 비교적 다양함. 퇴적암류는 응회퇴적층, 해양성 퇴적층, 용암류 사이에 협제된 퇴적층, 현생퇴적층, 사구층 등으로 이루어짐



<지표에 노출된 화산암>



<지하에 분포하는 화산암>

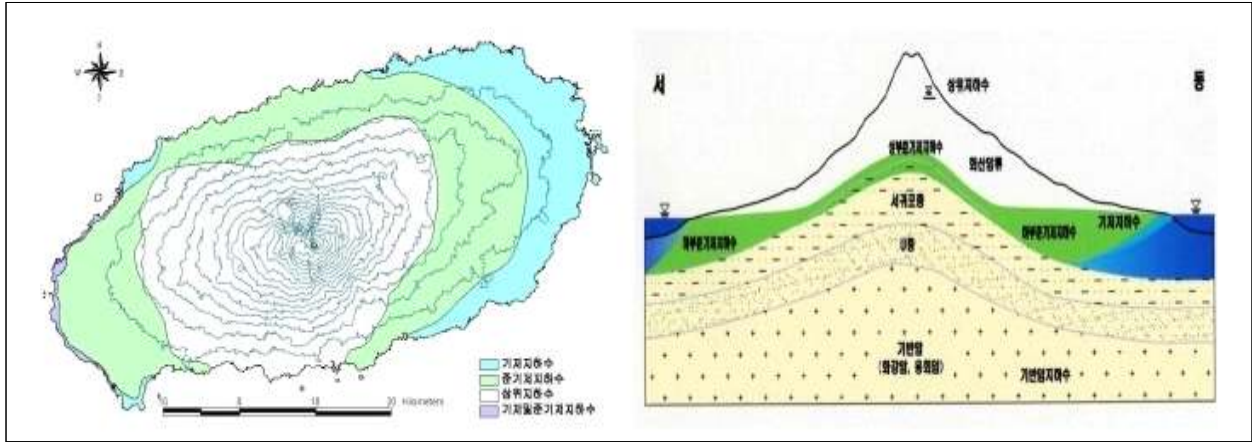
[그림 11] 제주도의 화산암

- 제주도는 지하수 함양률이 46.1%로 국내 최대 규모
- 제주도는 연평균 37억 7천6백만톤 가량의 비가 내리며, 하천을 통해 22%가량이 유출되고, 증발산작용을 통해 33.4%가 대기중으로 손실됨. 나머지 44.5%가량의 16억 7천여톤의 강수는 땅속으로 침투하여 지하수로 함양 됨



[그림 12] 제주도 연강수량 및 물의 순환

- 제주도에서는 상기와 같은 인자들을 고려하여 ‘기저지하수’, ‘상위지하수’, ‘준기저지하수’, ‘기반암지하수’로 분류하고 있음
- 기저지하수는 동부지역, 준기저지하수는 서부 및 북부와 동부 중산간지역, 상위지하수는 남부와 중앙부에 분포함
- 투수성이 좋은 화산암류로 이루어진 제주도는 그 특성으로 대수층의 산출능력이 국내에서 가장 우수하며, 1개의 관정에서 3,000m³/일을 지속적으로 양수해도 지하수위의 변동이 미미함



[그림 13] 제주도 지하수 부존 형태

2) 제주도 지질적 특성

- 제주도는 표고 1,947m인 한라산을 정점으로 완만한 구릉 모양을 이루고 있는 원추형의 순상화산(Shield volcano)의 특성을 보이며, 남부와 북부는 경사도가 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 로 비교적 경사가 급하며, 동부와 서부는 경사도 $3^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 의 완만하고 평탄한 대지를 형성하고 있음
- 이와 같은 지형적 특성은 산출 암석의 물성과 관련이 있는데 완만한 경사지 혹은 저지대에는 결정질 반정 함량이 적은 파호에호에(Pahoehoe) 용암류가 분포하고, 지형기복이 심한 지역이나 고지대에는 결정질 반정이 다량 함유된 아아(Aa)용암류 및 치밀 견고한 조면암류가 분포함
- 제주도는 중생대 백악기말 ~ 신생대 제3기초의 화산쇄설암류와 관입화강암 및 미고결 퇴적층, 서귀포층 등이 하부지층을 형성하고, 신생대 제3기말 플라이오세 중기 ~ 제4기 플라이스토세 후기까지 계속된 중성 내지 염기성 화산활동과 연관된 화산 쇄설성 퇴적층과 화산분출암류가 지표까지 연속적으로 나타남
- 제주도의 주 구성암석은 용암분출에 의해 형성된 화산암과 화산 폭발에 의해 형성된 화산쇄설암으로 이루어져 있으며, 화산암은 성분으로 보아 현무암, 조면현무암, 현무암질조면안산암, 조면안산암, 조면안산암 및 조면암류로 분류됨
- 일부 조면암류는 관입상을 보여 높은 지형을 이루기도 하며, 현무암은 분출 당시 점성이 낮아 넓은 지역을 피복하여 평활한 지형을 이루어 제주도 동서에 주로 분포
- 이와 같이 제주도는 일부의 화산쇄설성퇴적암(미고결암 포함)을 제외한 대부분이 한라산을 비롯한 약 360여개의 분석구(Cinder cone)에서 분출된 현무암, 조면암, 조면암질안산암 등으로 구성되어 있으며, 이 중 기공이 발달한 현무암류가 제주도 전역의 약 90%를 차지하고 있음
- 수십 회의 화산 분출로 이루어진 현무암층은 그 두께가 1~2m에서부터 수십 m에 이르는 경우가 있으며, 각 암층 사이에 화산쇄설층이 협재되어 있음. 화산쇄설층의 두께는 일반적으로 1~5m 정도이나 20m 이상 되는 것도 있으며 화산재, 화산사, 화산력, 스코리아(송이) 등과 같은 화산쇄설물로 구성
- 제주도에서 ‘오름’ 이라고 불리고 있는 용암대지 주변에 발달된 분석구는 정상부에 화

구가 있거나 형성되어 있지 않은 스크리아구(Scoria mound)나 화구의 일부에서 용암(Lava)이 하부로 흘러내려 한쪽면이 침식된 소위 말굽형(Horse-shoe type) 화구가 많으며, 해변을 따라 화산쇄설층으로 구성되어 있는 응회환(tuff ring)이나 응회구(tuff-cone)들이 발달함

- 제주도 서부 고산 일대, 남서부의 송악산과 산방산 주변, 동남부의 표선, 성산 우도 일대 분포되어 있음

3) 제주도 기후특성 분석

- 제주도는 수리적 위치, 난류의 영향, 섬이라는 특성 등으로 주로 해양성 열대기단과 대륙성 열대기단의 영향을 받고, 육지에 비해 기온의 연교차나 일교차가 작으며, 강수량이 많고, 해륙풍의 발생빈도가 높고 한라산의 지형효과로 풍계에 따라 기온과 강수량에 많은 차이가 나타남
- 제주지역을 대상으로 기상 및 기후를 분석하기 위해 제주도에 위치한 4개 기상관측소에 대한 10년간 관측 자료 분석을 실시함. 기상청에서 제공되는 시간별 기상자료 수집하고, 분석을 실시함. 기상청 기상자료는 제주도 전역에 기상관측장비를 설치하여 계측 및 품질관리 후 제공되는 정보로 신뢰성 높은 객관적 자료임
- 분석지점은 제주, 고산, 성산, 서귀포 기상대로 기온, 습도, 풍속 및 풍향, 강수량, 일사량, 일조시간 등을 분석함

□ 연 평균기온

- 각 지점별 연 평균기온을 분석한 결과 제주 16.05℃, 고산 15.68℃, 서귀포 17.02℃, 성산 15.57℃로 나타남. 10년간 연 평균 변화 추이를 살펴보면 연 평균 기온이 가장 높게 나타난 해는 제주 2013년(16.46℃), 고산 및 성산 2007년(각각 16.22℃, 16.29℃), 서귀포 2004년(17.80℃)로 나타남
- 제주도 내 연 평균기온 변화는 유사한 경향을 나타내었으며, 남쪽에 위치한 서귀포의 기온이 다른 세 지점에 비하여 상대적으로 높은 것으로 분석됨

□ 월 평균기온

- 제주지역의 월 평균기온 분석 결과, 제주의 경우 2.35℃~29.10℃, 고산은 2.45℃~27.6℃, 성산은 2.37℃~28.31℃, 서귀포는 3.99℃~29.11℃로 대체적으로 7월과 8월에 가장 높고, 1월과 2월에 가장 낮은 평균기온을 기록함
- 10년간 월 평균기온 변화양상은 지점별로 유사한 경향을 나타내었으나, 연중 일평균기온 또는 월 평균기온이 영상을 기록하는 등 내륙에 비해 기온이 높고 온난한 기후특성을 가짐
- 특히 월 최저기온 분석 결과, 11월까지의 영상의 기온을 기록하였으며, 계절적으로 겨울철이라고 판단되는 12~3월의 월 최저기온이 영하권으로 떨어지는 양상을 보임

□ 연 평균 습도

- 제주, 성산, 서귀포의 연 평균습도는 전반적으로 증가하는 것으로 나타났으며, 성산의 평균습도가 가장 높고, 제주의 평균습도가 가장 낮은 것으로 분석됨

□ 풍속 및 풍향

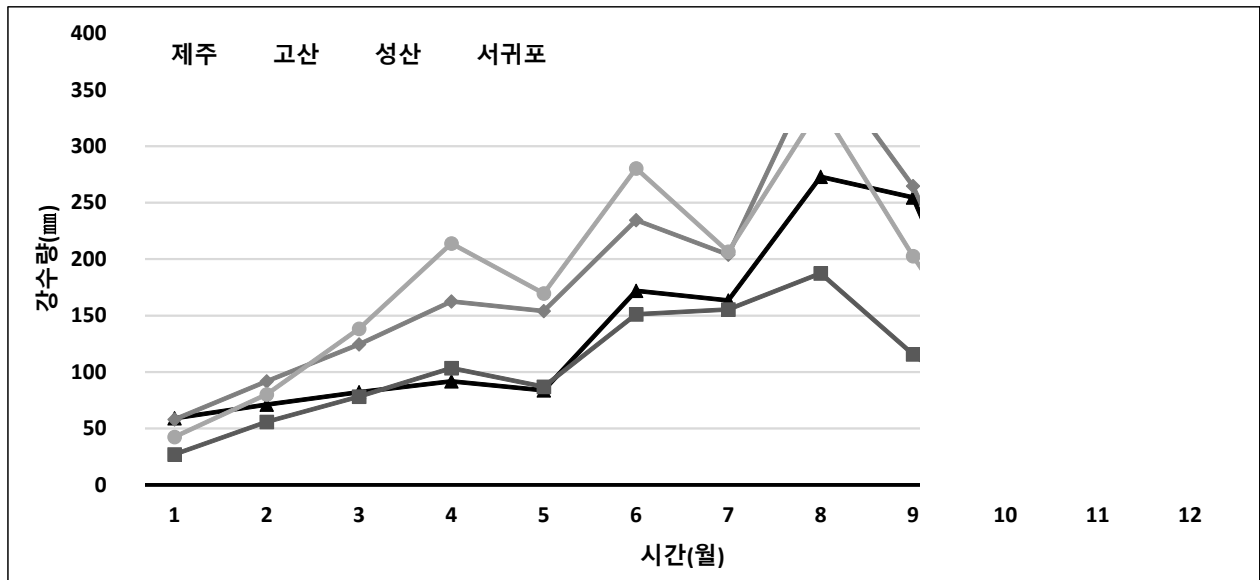
- 10년간 관측된 연 평균풍속은 제주 3.3‰, 고산 7.0‰, 성산 3.2‰, 서귀포 2.7‰로 고산의 풍속이 가장 강하고 서귀포의 풍속이 가장 약한 것으로 나타남

- 제주지점은 한라산이 위치하고 있어, 지형에 따라 국지적인 바람특성이 나타나 지역별로 풍속의 차이가 발생하고, 고산지역의 경우 계절풍의 영향을 많이 받는 서쪽에 위치하고 있어 강한 바람이 지속적으로 부는 지역으로 평균풍속이 높게 나타남. 한라산을 중심으로 남쪽, 동쪽에 위치한 서귀포와 성산은 상대적으로 바람이 약하게 나타남
 - 제주지역의 풍계를 알아보기 위해서 연간 및 계절별 바람장미도를 분석한 결과, 제주의 경우 북서(NW)풍이 가장 우세하게 나타났으며, 북(N)풍 계열의 바람도 다소 나타남
 - 고산의 경우 북풍이 가장 우세하게 나타났으며, 여름철을 제외한 전 계절에서 북(N)풍이 가장 우세한 것으로 분석됨. 성산의 경우 북북서(NNW)풍이 가장 우세한 것으로 나타났으며, 여름철에는 남서(SW)풍 계열의 바람이 주로 나타남
- 강수량
- 제주도의 10년간의 연 누적강수량을 살펴보면 성산을 제외하고 2012년에 강수량이 가장 많은 것으로 분석되었으며, 성산의 경우에는 2007년에 강수량이 가장 많은 것으로 분석됨
 - 제주, 고산, 서귀포에서 2012년에 각각 2,248.3mm, 1,418.1mm, 2,700.8mm로 가장 많은 강수량이 나타났으며, 성산의 경우에는 2007년에 2,582.5mm로 나타남
 - 월 평균강수량 분석 결과 8월에 강수량이 가장 많은 것으로 나타났으며, 10월에 강수량이 가장 적은 것으로 나타남. 8월에 제주, 고산, 성산, 서귀포의 강수량이 각각 273.0mm, 187.5mm, 376.9mm, 335.0mm를 기록하였고, 10월에 66.3mm, 54.7mm, 83.5mm, 80.2mm로 가장 적은 강수가 나타남
 - 제주도의 주로 6월에서 9월 사이에 강수가 집중적으로 많이 나타나고 있으며, 겨울철이 가장 적은 강수량을 나타남.

[표 5] 월 평균강수량

(단위 : mm)

구분	제주	고산	서귀포	성산
1월	59.1	27.1	58	42.6
2월	71.2	55.8	91.8	80.2
3월	82.2	78.2	124.5	138.3
4월	91.7	103.6	162.5	214
5월	83.8	86.9	154	169.6
6월	171.9	151.2	234.6	280.4
7월	163.5	155.4	204	206.6
8월	273	187.5	376.9	335
9월	254.6	115.7	264.8	202.7
10월	66.3	54.7	83.5	80.2
11월	82.5	74.6	123.9	116.9
12월	66.1	38.2	90.7	52.6



4) 제주도 지하수 부존 및 산출 특성

- 지하수는 지하의 암석이나 지층의 공극을 채우고 있거나, 공극의 틈을 통해 흐르는 물로 제주도는 지하지질구조와 수리적 특성이 지역별로 현저한 차이를 나타내, 다양한 형태의 지하수가 부존하고 있음
- 지하수 부존 형태를 결정하는 수문지질학적 요인은 지하지질구조, 서귀포층의 지하 분포 상태, 담·염수 경계면의 형성 및 변동, 지하수의 수리경사, 지하수위 분포 및 변동, 지하수의 수질 등으로 분류됨
- 수문지질학적 요인 및 그 특성에 따라 제주도의 지하수 부존형태는 크게 기저지하수, 상위지하수, 준기저지하수(상부 및 하부 준기저지하수), 기반암지하수 등 4가지 형태로 분류됨
- 기저지하수(Basal groundwater)
 - 기저지하수는 염수와 담수의 비중 차에 의해, 담수가 염수 상부에 렌즈형태로 부존하는 지하수를 의미함. 기저지하수는 Ghyben-Herzberg원리(이하 “G-H원리” 라 함)가 적용되는 지하수체로서, 일반적으로 담수의 밀도는 1.000g/cm³이고 해수의 밀도는 1.025g/cm³이므로 담수지하수는 해수면 상부 지하수위 높이의 40배 만큼의 깊이까지 부존할수 있음.(1:40의 비율을 “G-H 비” 라 함)
 - G-H원리가 적용되는 지하수가 부존하기 위해서는 해안변 지역 지층의 투수성이 좋아야 함. 즉, 투수성이 양호한 해안변 지층의 틈을 통해 내륙 쪽으로 들어온 해수는 고지대에서 바다 쪽으로 흘러내려오는 담수지하수와 만나 혼합이 되고, 담수와 해수의 중간정도의 조성을 갖는 저염지하수로 부존하게 됨



[그림 14] 제주도 지하수의 부존형태

□ 준기저지하수(Parabasal groundwater)

- 준기저지하수는 담수 지하수체의 하부가 저투수성 퇴적층인 서귀포층에 의해 해수와 직접적인 접촉이 차단되어 Ghyben-Herzberg 원리가 적용되지 않는 지하수체를 일컫음
- 서귀포층은 퇴적층인 관계로 그 상부의 용암류를 통해 침투한 빗물의 수직방향 침투를 방해하는 차수막 역할을 하고 있어, 서귀포층의 분포심도는 제주도 지하수의 부존 형태를 결정짓는데 대단히 중요한 요인이 되고 있음
- 준기저지하수는 서귀포층의 지하 분포심도에 따라 상부준기저지하수와 하부준기저 지하수로 구분됨. 상부준기저지하수는 해수면 상부에 서귀포층이 위치하는 경우로서 지하수가 서귀포층의 상부를 따라 빠르게 유동함으로써 풍수기와 갈수기간에 수위변동 폭이 크게 나타나며, 양수에 의한 수위 강하량이 최대인데 반해 공당 평균 채수량은 낮음
- 하부준기저지하수는 서귀포층이 해수면 하부에 분포하고 있는 경우로서 서부 및 북부지역에 광범위하게 부존하고 있으며, 일반적으로 선형유속이 상부준기저지하수보다 느리고 총 고형물질 함량 및 전기전도도는 G-H비 이상 심도까지 수직적으로 큰 변화가 없음
- 자연수위 변동은 강우에 의해 지배되어지고 있으나 서귀포층 해수면 아래 약60m 이하에 분포하는 일부지역에서는 조석의 영향이 미약하게 남아 나타나기도 함

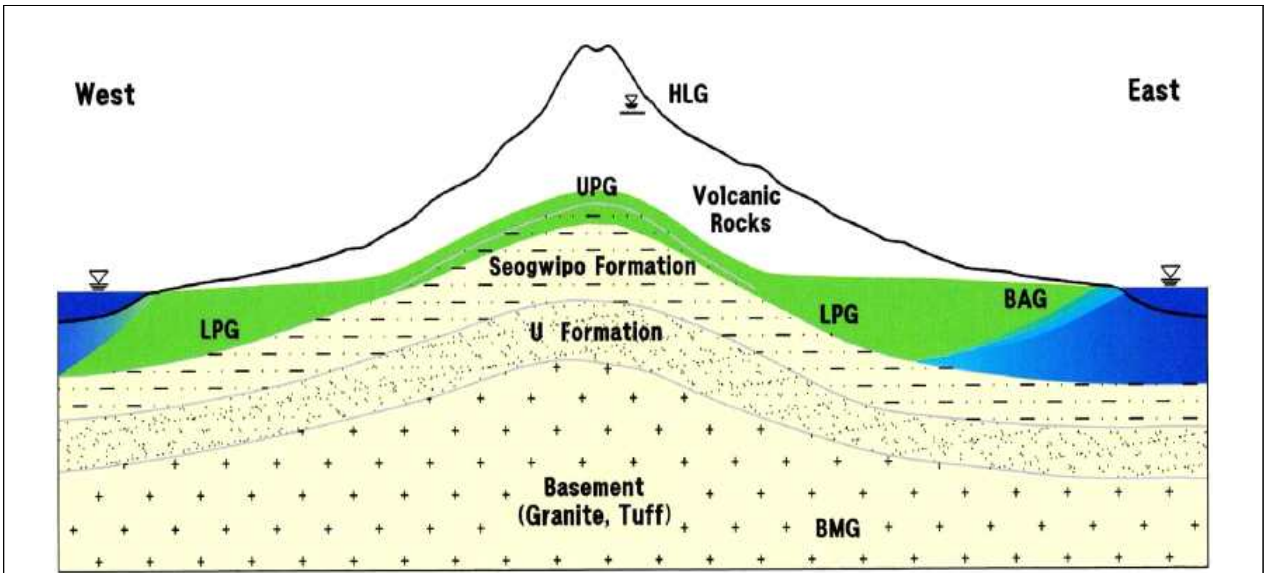
□ 상위지하수(High level groundwater)

- 상위지하수란 비포화대 내의 치밀질 화산암류나 퇴적층 등의 저투수성 지층상부를 따라 비교적 빠르게 유동하거나 고여 있는 일종의 부유지하수체(perched water)를 일컫음
- 대부분 중산간 및 고지대지역에 편중되어 있는 상위지하수는 비포화대 내의 다른 대수층과 수리적으로 연결되어 있지 않은 단속적인 지하수체이므로 강수량에 따라 유량변화의 폭은 크지만 해수와 직접 접촉하지 않으므로 수질은 매우 양호한 편임
- 상위지하수는 서귀포 일대의 남부지역과 고지대 지역에 발달하고 있으며, 영실, 돈내코,

Y계곡, 성관악, 선돌 등에 발달하는 용천수는 상위지하수로부터 용출되는 용천수임

□ 기반암지하수(Basement groundwater)

- 해수면 하 300 ~ 400m 이하에 분포하는 기반암(화강암, 용결응회암)내에 발달된 파쇄대나 절리 등과 같은 1, 2차 유효공극에 부존하는 강우기원의 심부지하수체를 일컫음
- 1980년대 말부터 온천개발을 목적으로 일부 지역에서 심부시추가 이루어지기 시작하면서, 기반암지하수에 대한 정보들이 조금씩 알려짐
- 기반암 상부의 지질구조와 지하수 부존형태에 따라 수질과 채수 가능량에서 차이를 나타내고 있는데, 이미 개발된 12개 온천공의 평균 지온 증온율은 2.06°C/100m이고, 최대 2.76°C/100m, 최소 1.63°C/100m로서 내륙지방보다 낮은 편임



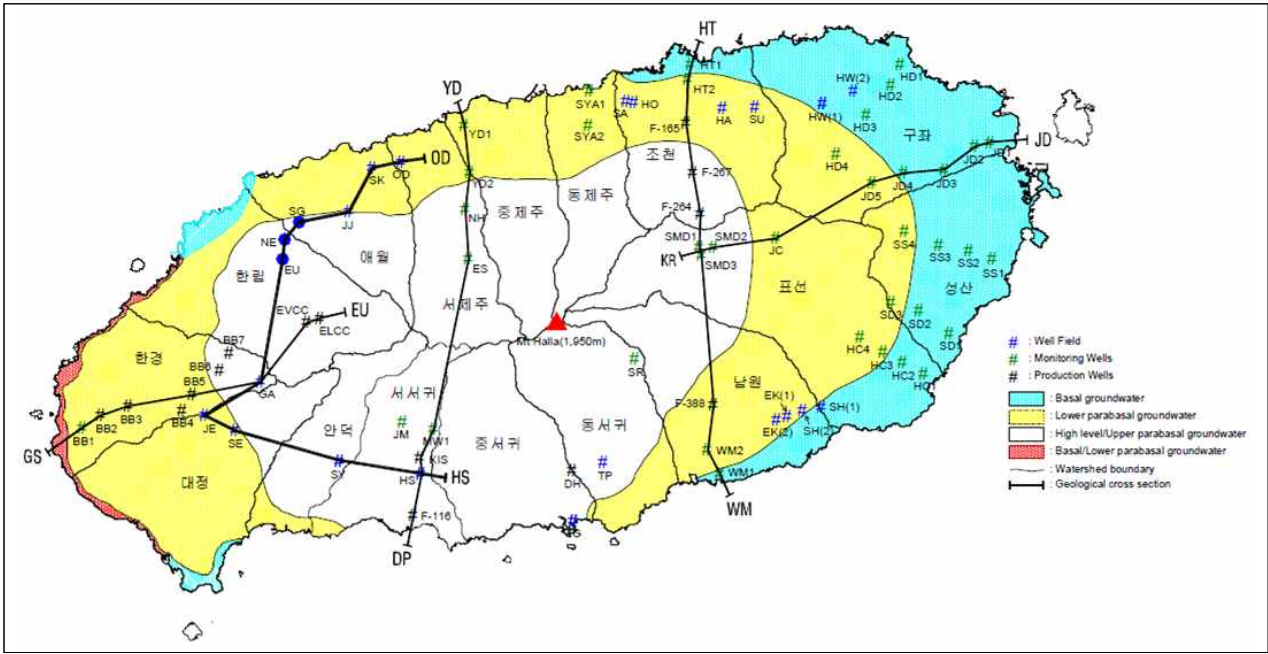
※ 제주도 지하수 부존형태 모식도(고기원,2003)

HLC	상위지하수 (High level groundwater)	UPG	상부준기저지하수 (Upper parabasal groundwater)
LPG	하부준기저지하수 (Lower parabasal groundwater)	BAG	기저지하수 (Basal groundwater)
BMG	기반암지하수(Basement groundwater)		

[그림 15] 지하수 부존형태 모식도

□ 제주 저투수층과 지하수위 분포 특성

- 저투수층의 심도와 자연수위 분포 특성에 따른 지하수 부존특성을 파악하기 위해, 한라산의 동부 단면, 서부 단면과 한라산의 남-북부 단면(동측, 서측) 및 광역상수도 수원지를 연결하는 남-서-북부 단면의 지하수관정들을 비교·검토함



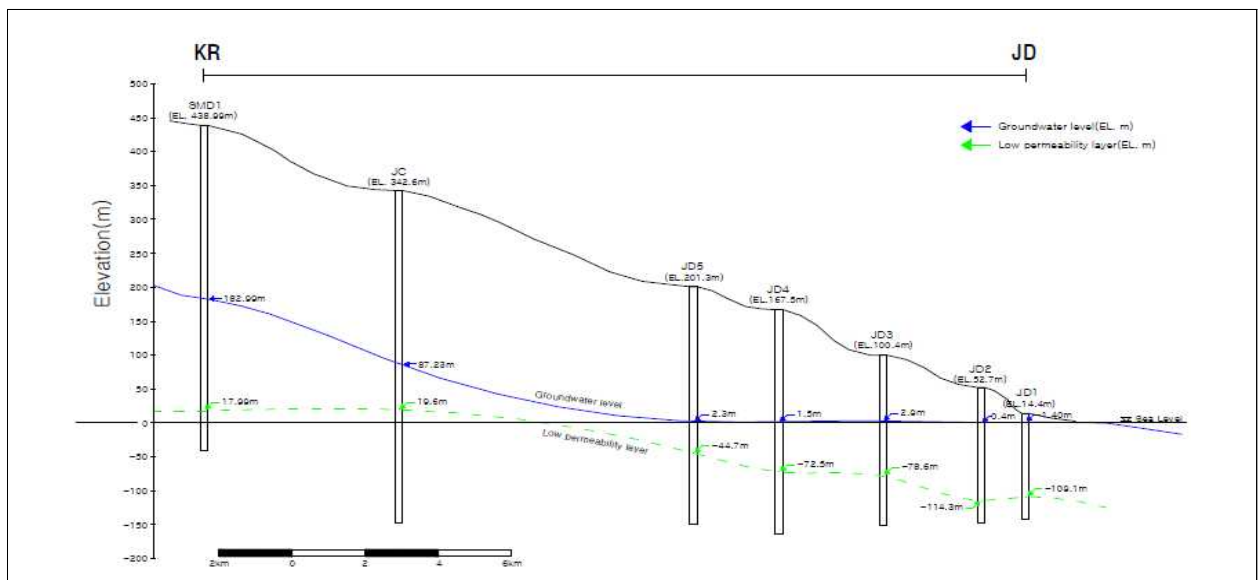
[그림 16] 제주도 저투수층과 지하수위 분포

□ 한라산의 동·서부지역

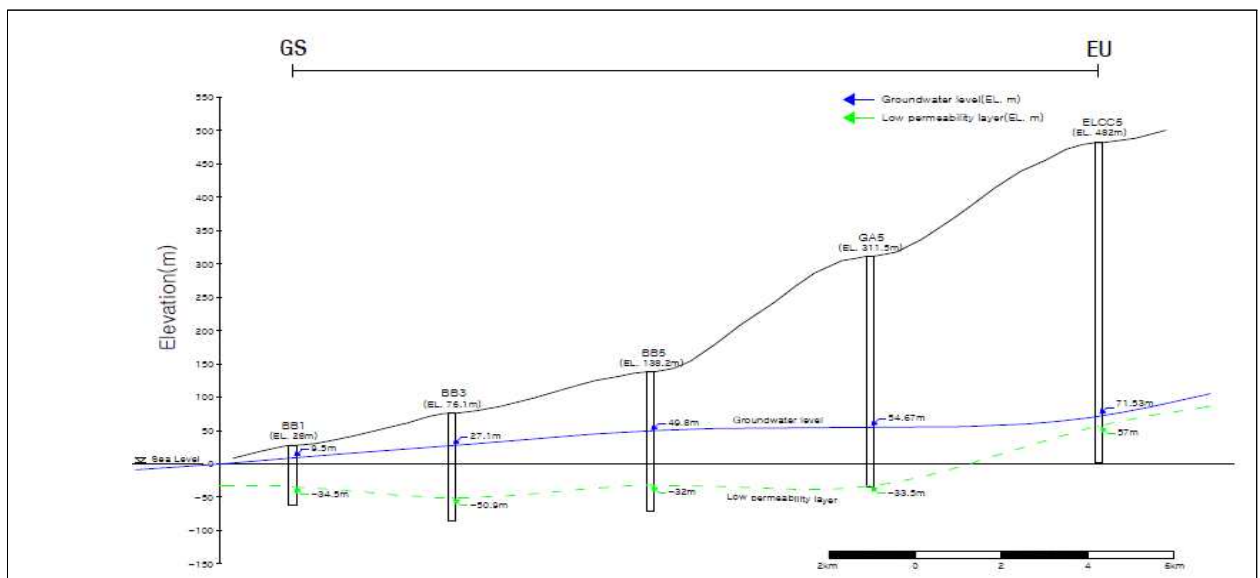
- 한라산 정상을 기준으로 동서방향의 동측 단면과 서측 단면의 저투수층 분포 심도와 자연수위를 검토함
- 제주시 구좌읍 종달리에서 한라산 방향으로 SMD1-JC-JD5 -JD4-JD3-JD2- JD1을 연결하는 교래-종달지역(KR-JD)의 단면을 보면, 한라산의 동부지역은 해수면하부에 약 100여m의 두꺼운 포화대가 존재하는 기저지하수지역임
- 해안에서 약 11km 거리의 JD5(표고 201.3m)까지는 저투수층이 -114.3 ~-44.7m(해발기준)로 약간 상승하고, 지하수위는 해발기준 1~3m로 해수면에 근접하여 나타남
- 그러나 JD5에서 한라산 방향으로 약 14km 거리의 SMD1(표고 438.99m)까지 자연수위는 해발 2~183m로 크게 상승하나, 저투수층 출현심도는 해발 -44~19m로 약간 상승하는 경향을 보임
- 한편, 한라산의 서부지역은 일부 해안지역을 제외하고는 해수면 아래 비교적 얇은 투수층(포화대 두께 50m 미만)을 가지는 준기저지하수 형태를 나타냄
- 제주시 한경면 고산리에서 한라산방향으로 BB1-BB3-BB5-GA5-ELCC5를 연결하는 고산-어음지역(GS-EU)의 단면을 보면, 해안에 인접한 BB1(해발 28m)에서 한라산 방향으로 약 20km 거리의 ELCC5(표고 482m)까지 지하수위는 해발 기준 9.5~71.53m, 저투수층의 출현심도는 -50.9~57m(해발기준)로 저투수층과 지하수위는 동반 상승하는 경향성을 가짐
- 한라산의 동부지역과 서부지역의 자연수위와 저투수층의 상관관계를 검토하면, 동부지역은 해안지역의 JD1(표고 14.4m)에서 한라산 방향으로 약 9km 거리의 JD5(표고 201.3m)까지 자연수위는 해발기준 1~3m로 유사한 반면, 저투수층의 출현심도는 해발기준 -114.3~-44.7m로 상승하고 있음
- 또한 JC에서 한라산 방향으로 약 5km 거리의 SMD3(표고 439m)까지의 자연수위는 해발기준 87~183m로 상승하는데 비해, 저투수층의 출현심도는 20~18m(해발기준)로 거의 비슷함

게 나타나 전체적으로 보면, 저투수층 출현심도와 자연수위 사이에는 밀접한 관련성이 없는 것으로 보임

- 반면 서부지역은 해안의 BB1(표고 28m)에서 한라산 방향의 ELCC5(표고 482m)까지 자연수위가 해발기준 9.5~71.53m, 저투수층은 -34.5~57m(해발기준)로 동반상승하고 있어서, 자연수위와 저투수층의 분포심도가 비교적 밀접한 관련성을 가짐
- 수리경사를 보면, 한라산 동부지역에서는 JD5(해안에서 약 11km의 거리)에서 자연수위가 2.3m이고 수리경사가 2.09×10^{-4} 인데 비해, 한라산 서부지역에서는 BB5(해안에서 약 10km 거리)에서 자연수위가 49.8m이고 수리경사가 4.98×10^{-3} 으로 서로 큰 차이를 보임
- 한라산 동부지역은 해수면 하부에 두꺼운 포화대(100m 내외)를 갖는 기저지하수 지역이고, 한라산 서부지역은 해수면 하부에 비교적 얇은 포화대(50m 내외)의 하부 준기저지하수 지역이기 때문으로 보임



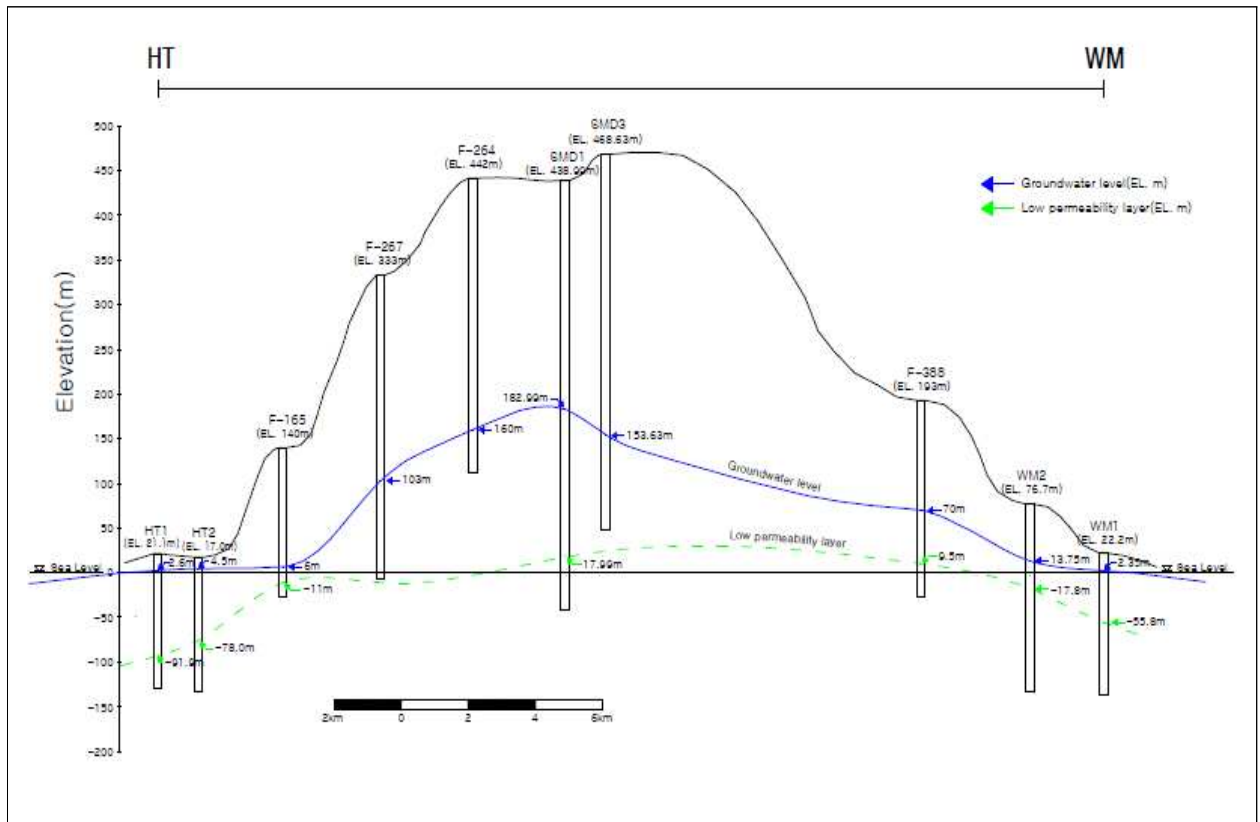
[그림 17] 한라산 동·서부지역(KR-JD)



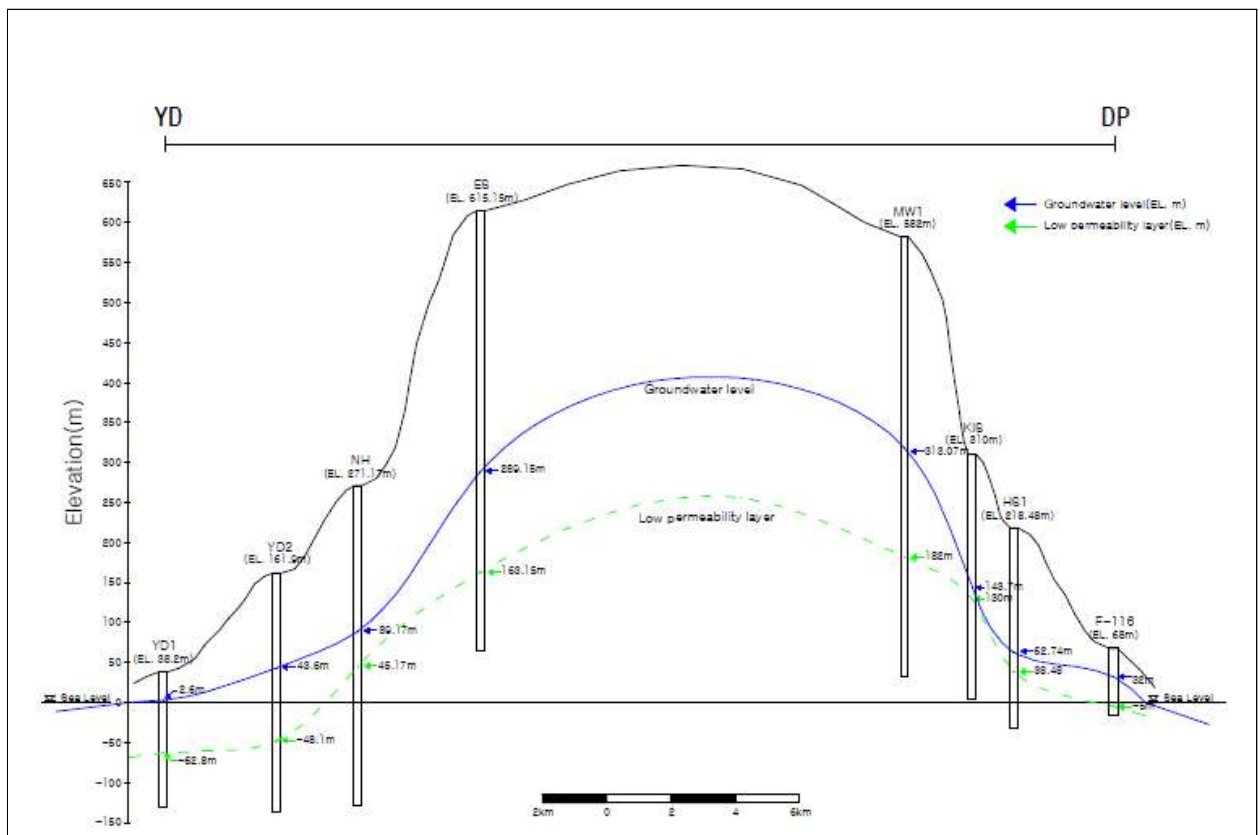
[그림 18] 한라산 동·서부지역(GS-EU)

□ 한라산의 남·북부지역

- 한라산 정상 동측의 남북단면과 서측의 남북단면의 저투수층 분포심도와 자연수위를 검토함. 동측의 남북단면(HT-WM)은 HT1-HT2-F-165-F-267-F-264-SMD1-SMD3-F-388-WM2-WM1 단면임
- 북측해안의 HT2(표고 17.0m)로부터 해안에서 약 5km 거리의 F-165(표고140m)까지 자연수위는 해발기준 4.5m ~ 6.0m로서 완만하게 상승하나, 저투수층 출현심도는 -88.0m ~ 11.0m로 가파른 상승을 나타냄
- 남측해안의 WM1(표고 22.2m)으로부터 약 1.5km의 WM2(표고 76.7m)까지, 지하수위는 해발기준2.3~13.7m, 저투수층 출현심도는 -55~-17m로 완만한 지하수위 상승에 비해 저투수층 심도는 다소 가파르게 상승하나, WM2(표고76.7m)로부터 한라산 방향으로 약 15km 거리의 SMD1(표고 439.0m)까지 지하수위는 해발기준 13.7m~182.99m, 저투수층 출현심도는 -17~18m로 지하수위는 가파르게 상승하는데, 저투수층은 대단히 완만하게 상승함
- 서측의 남북단면(YD-DP)은 YD1-YD2-NH-ES-MW1-KIS-HS1-F-116 북측해안 YD1(표고 38.2m)에서 한라산 방향으로 약 8km 거리의 NH(표고 271.17m)까지 자연수위는 해발기준 2.6~89.17m, 저투수층 출현심도는 -62.8~45.17m (해발기준)로 자연수위와 저투수층 심도는 동반상승함
- 남측해안에서도 F-116(표고 68m)에서 약 6.5km거리의 MW1(표고 582m)까지 자연수위는 해발기준 32m~313m, 저투수층 출현심도는 -5~182m(해발기준)로 동반상승함.
- 상기자료를 종합하면, 한라산 동측의 남북단면에서는 자연수위와 저투수층사이에는 관련성을 보이지 않으나, 서측의 남북단면에서는 자연수위와 저투수층사이에 비교적 밀접한 관련성이 나타남. 또한 동측의 남북단면에서 저투수층의 출현심도는 SMD1(표고439.0m)에서 해발기준 18m인데 비해, 서측의 남북 단면의 KIS(표고 310m)에서 해발기준 130m로 동측의 남북단면에 비해 저투수층의 해발고도가 높음
- 한라산 동측 남북단면은 해수면하 두꺼운 포화대를 갖는 기저지하수 및 하부 준기저지하수지역(저투수층이 해수면 하부에 분포)에 위치하는 반면, 서측 남북단면은 북부해안을 제외하고는 상부 준기저지하수 지역(저투수층이 해수면 상부에 분포)에 위치하기 때문으로 판단됨



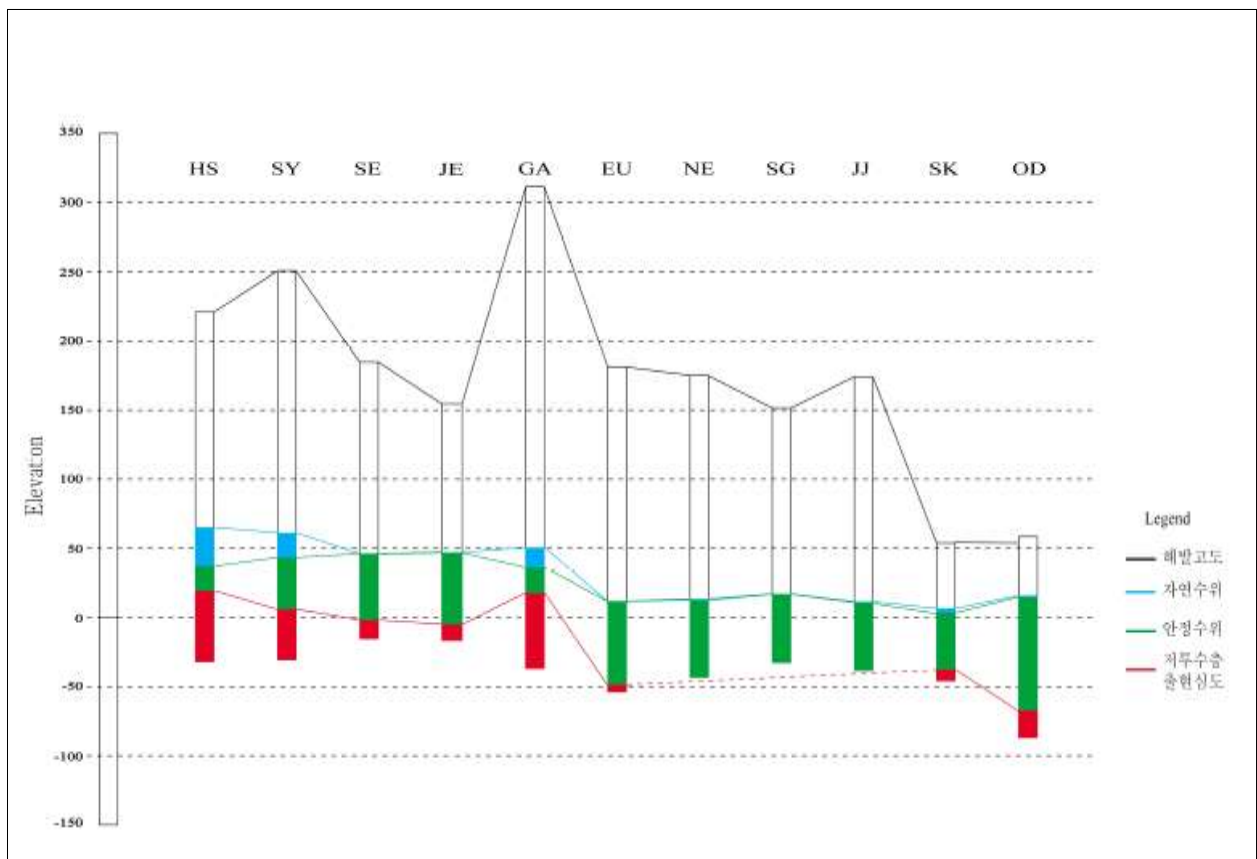
[그림 19] 한라산 남·북부지역(HT-EU)



[그림 20] 한라산 남·북부지역(YD-DP)

□ 한라산의 남·서부지역

- 광역상수도 수원지를 연결하는 한라산의 남-서-북부 지역의 단면(HS-OD)에서의 자연수위 차이는 저투수층의 출현심도, 지질학적 차이, 고도의 차이에 의해서 발생함. 즉, 저투수층의 출현심도가 해수면 보다 높게 나타나는 금악, 상예, 회수,서광 수원지는 상부 준기저지하수 부존형태를 보이고, 저투수층 출현심도가 해수면보다 낮은 장전, 납읍, 상가, 어음, 상귀, 외도, 저지수원지는 하부 준기저지하수 형태를 보임(제주도와 한국수자원공사,2003).
- 특히 제주 북서부의 서로 비슷한 해발고도에 위치하는 장전, 납읍, 상가, 어음수원지와 서광, 금악, 저지, 회수, 상예 수원지 사이에는 약 30m의 지하수위 차이가 나타남
- 제주도에서 발생하는 이러한 지하수위 차이는 불확실한 지질학적 차이에 의해 발생하고 있으며, 한라산을 중심으로 일어난 지구조적 운동에 수반된 단층이나 미끄러짐에 의한 소규모 지괴들의 상대적 변위에 의한 것으로 추정되지만, 추후 계속적인 연구가 필요할 것으로 보임



[그림 21] 한라산 남·서부지역

제 2절. 제주형 지중열교환기 설계 및 개발

(1) 기 개발 된 열교환기 조사 및 분석

□ 제주도 및 실증사이트 지질적 특성 및 변수 요인

- 본 과제를 통해 개발 된 제주형 지중열교환기는 지하수의 열원을 이용하는 방식으로서 기존의 용량분석방법으로 용량 산출이 어려워 이론적 계산과 실증을 통한 비교분석을 바탕으로 제주형 3세대 열전달량 및 용량 산출방법을 도출하고자 함
- 설계된 열교환기의 열전달량은 다음과 같은 식을 이용하여, 원형관을 중심으로 한 관내측으로부터 관 외측으로 열전달량을 산출함. 여기서, $8U_o$ 는 환수관(20A) 8개에 대한 관외측 기준 총 열전달계수, D_o 는 관외직경, r 관의 반경, h 는 열전달계수 K_{sus} 는 SUS파이프의 열전도계수 값임
- 관내측 열전달계수 h_i 는 완전발달영역유동영역(fully developed flow regime)에서 원형관의 내측 열전달계수를 나타내는 Dittus-Boelter Eqn.으로 정의됨

$$8U_o = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{D_o \ln(r_o/r_i)}{2K_{sus}} + \frac{1}{h_o}}$$

- 관내측 열전달계수 h_i 는 완전발달영역유동영역 (fully developed flow regime)에서 원형관의 내측 열전달계수를 나타내는 Dittus-Boelter Eqn.으로 정의됨. 여기서, $n=0.4$ (관으로 열유입), $n=0.3$ (관외로 열방출), SUS의 열전도계수값($K_{sus}=00 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ \text{C}^4$), 관외측 열전달계수 h_o 는 관외측의 유동은 제주도의 지하수의 특성을 반영하여 지하수 유속 조건⁵⁾을 본 과제에서 측정하여 산출하여, 설계 반영한 결과 고효율의 열교환기 개발 및 성능평가 테스트 결과 기존 대비 7.4배가량의 우수한 열효율 및 열교환 성능이 입증됨
- 일반적으로 토양이나 암석에 존재하는 공극은 공기나 물로 채워지는데 제주도는 현무암, 쇄설층 등의 이유로 물이 공극사이를 통해 흐르는 특성을 지님. 이와 같은 제주도의 특수한 지질적 특성은 기존 육지에서 사용하는 방법을 적용하여 용량산출 및 해석이 불가능함
- 제주도는 지하수가 풍부하며 유속 또한 육지와 다르게 빠르게 형성되어 이를 고려한 열용량 해석 기법이 필요하므로 본 과제를 통하여 지하수 열원에 대한 이론적, 실증 데이터 분석 등을 통한 제주형 열교환기의 열전달량 및 용량 개발 방법을 확보하고 적용하고자 함

□ 열교환기 종류 및 제주형 지중 열교환기 개발의 필요성

- 육지부 지열 시스템은 수직 밀폐형과 개방형(SCW) 지열설비가 가장 널리 사용되고 있음. 수직 밀폐형 지열 설비는 지중 100 ~ 200m 천공 후 열교환기 내, 순환수의 열에너지를 확보하는 방식으로 지하수를 직접 사용하지 않고 환경오염에 대한 우려가 없으며, 지중 열교환기 수명이 반영구적인 장점이 있으나, 천공을 위한 부지가 필요하고 공사비가 개방

4) J.P.Holman, "Heat tranfer 6th ed.", 1986, Mcgraw-Hill, pp.276 ~ 281.

5) J.P.Holman, "Heat tranfer 6th ed.", 1986, Mcgraw-Hill, pp.339 ~ 341.

형보다 비싸다는 단점이 있음

- 개방형 지열 설비의 경우 지중 350 ~ 500m 천공을 하고 수중펌프를 이용하여 지하수 취수 후 열교환기를 통하여 열에너지를 확보하는 시스템으로 지하수가 풍부한 곳에 유리하며, 공사비가 수직 밀폐형에 비해 저렴하고 부지가 협소한 곳에 적합한 장점을 가지고 있으나, 지하수량의 변동 시 운전이 곤란하고 수중펌프 등 관련설비의 유지보수 비용이 계속 발생할 수 있는 단점이 있음
- 반면 제주도는 제주특별자치도 지하수 조례⁶⁾으로 인하여 현무암지질의 특성상 그라우팅을 할 수 없으며, 지하수를 직접 이용하는 개방형(SCW)방식 또한 적용하기 어려움
- 2017년 제주특별자치도 지열공 내 배관소재는 SUS를 사용하도록 조례를 개정 중에 있음. 제주도의 특이한 지질구조 및 제주특별자치도의 지하수 이용 조례를 맞게 열량에 비해 흡수정의 부피가 작고, 최대한 콤팩트하며 열전달효율이 우수한 열교환기가 필요함

[표 6] 열교환 방식에 따른 지중열교환기 및 제주형 지열열교환기 사례

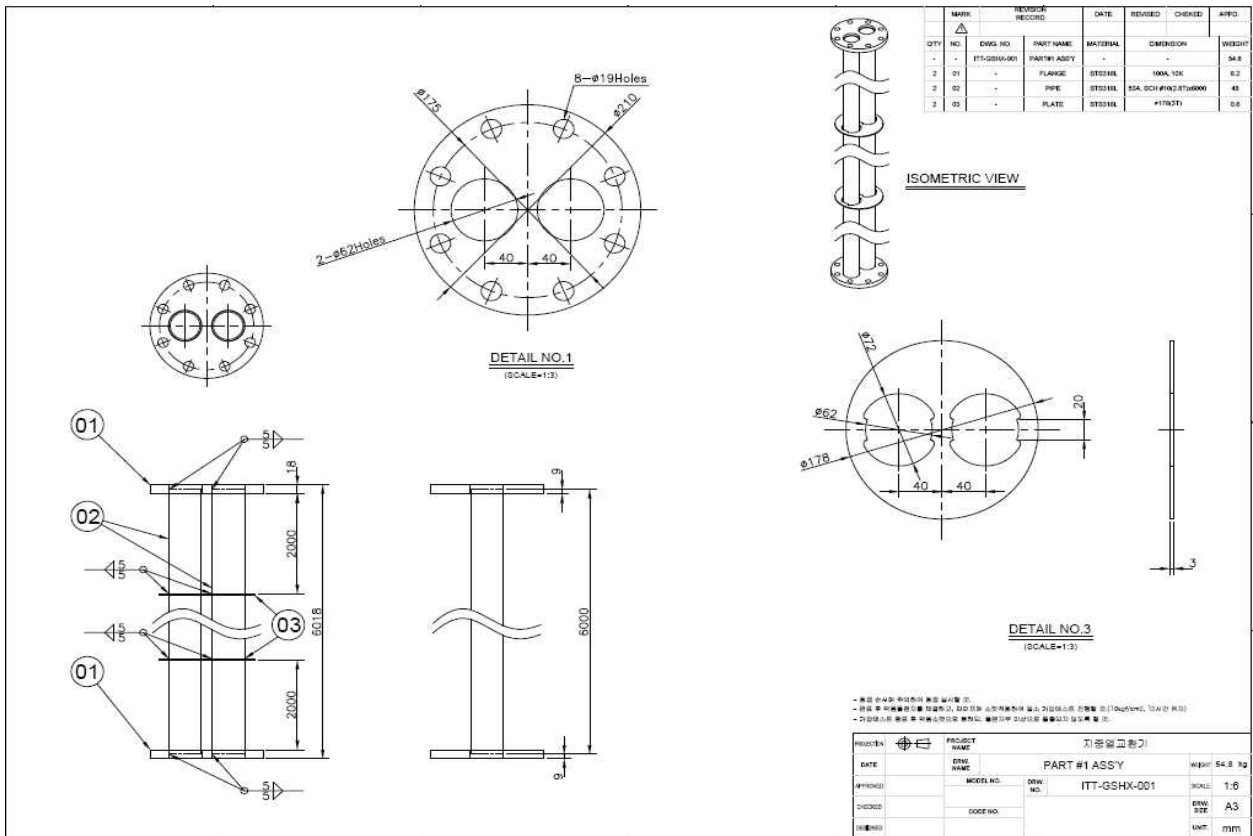
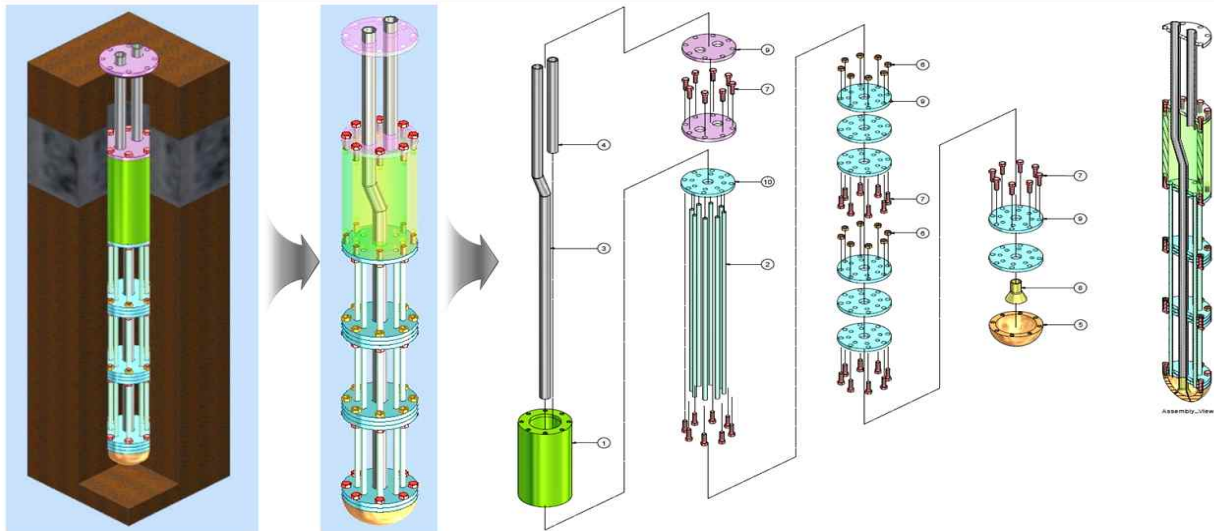
구분	지중 열교환기 분류	특징
수직 밀폐형		<ul style="list-style-type: none"> ■ 지하의 열을 이용하는 방식 ■ 제주특별자치도 「지하수법」 기준에 의거 그라우팅 규제로 설비 사용이 불가능함 ■ 현무암 지질의 특성상 큰 공극을 벤토나이트 채움 그라우팅이 불가
개방형 (SCW)		<ul style="list-style-type: none"> ■ 지하수를 직접 이용하는 방식 ■ 제주도 지하수는 식수로 이용함에 따라 물을 직접 이용하는 개방형 설비 사용이 불가능함
제주형 지열		<ul style="list-style-type: none"> ■ 지하 열원과 지하수 열원을 이용하는 방식 ■ 채움그라우팅을 안함 ■ 지하수층 20m의 지하수 열원을 이용한 간접 열교환 방식 ■ 제주형 기존 2세대 열교환기로 PE 8관을 사용하는 방식

6) 제주특별자치도 지하수 조례 시행령 제25조 제5항

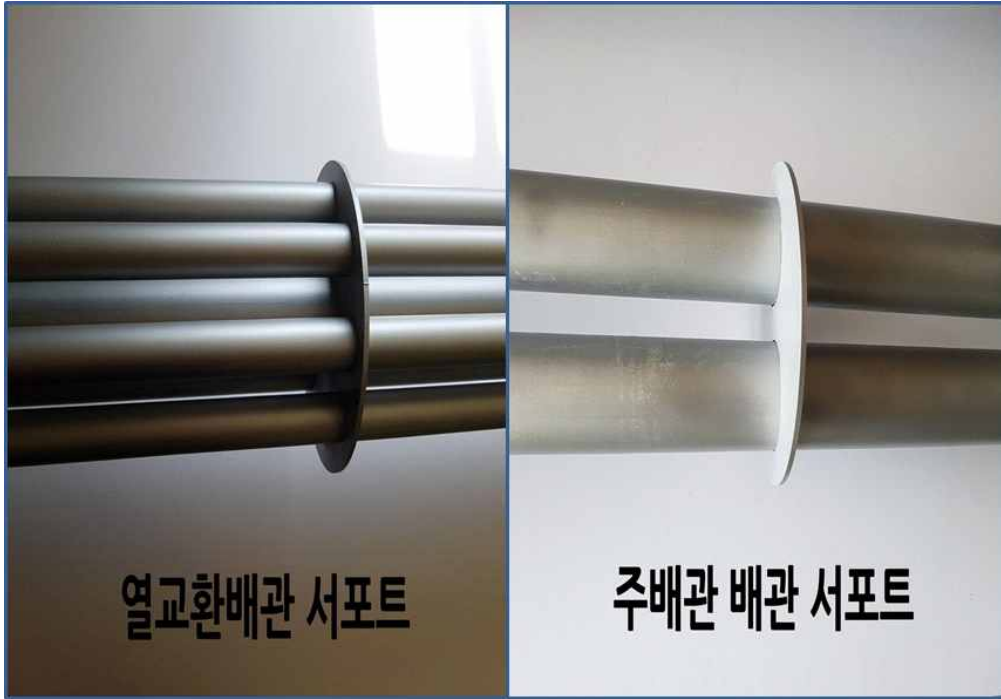
(2) 제주도 지질적, 환경적 특성을 고려한 제주형 지중 열교환기 개발

□ 제주도 환경적 특수성을 고려한 열교환기 적용 및 개발

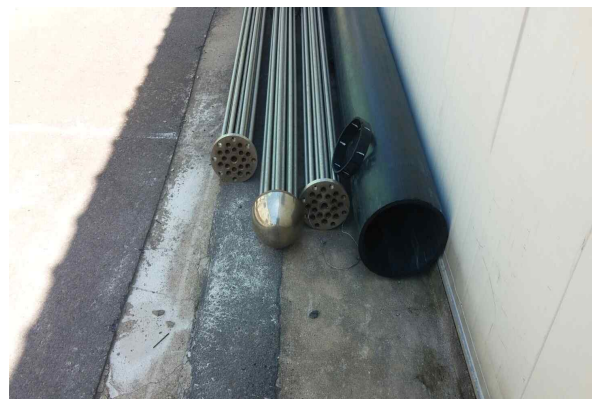
- 기 분석된 제주도 지질 및 환경특성, 제주도 지하수 규정 및 조례안에 준하는 열교환기를 개발하여, 에너지절감을 통해 제주지역 농가의 지열설비 보급에 활용을 도모하고자 함
- 제주도 환경적 특수성을 고려한, 이른바 제3세대 열교환기 설계 및 제품개발



[그림 22] 제주형 3세대 지중 열교환기 설계



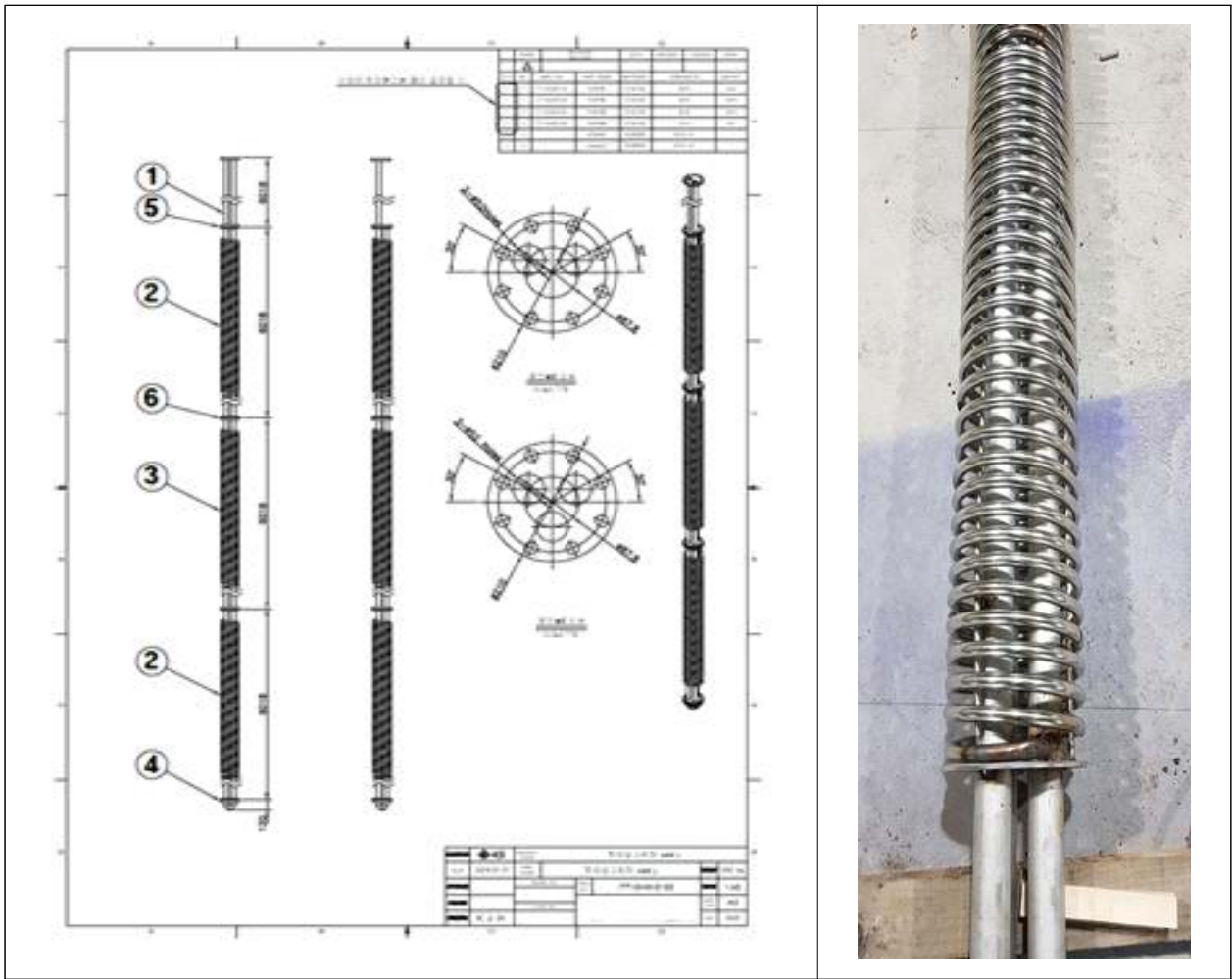
[그림 23] 제주형 3세대 지중 열교환기 제작



[그림 24] 제주형 3세대 지중 열교환기 제작(2)

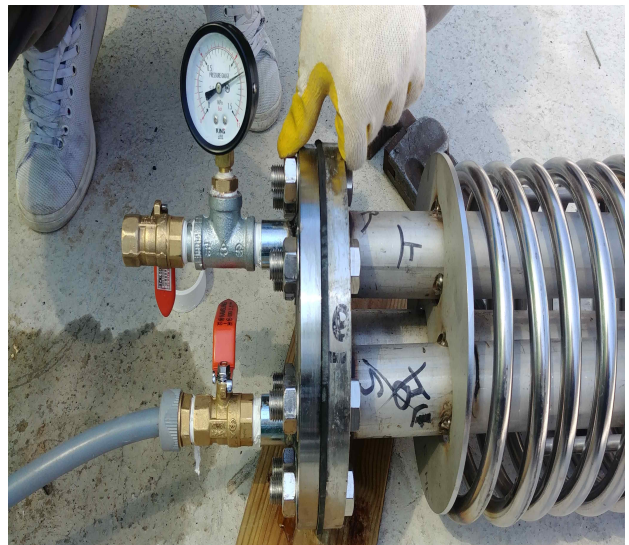
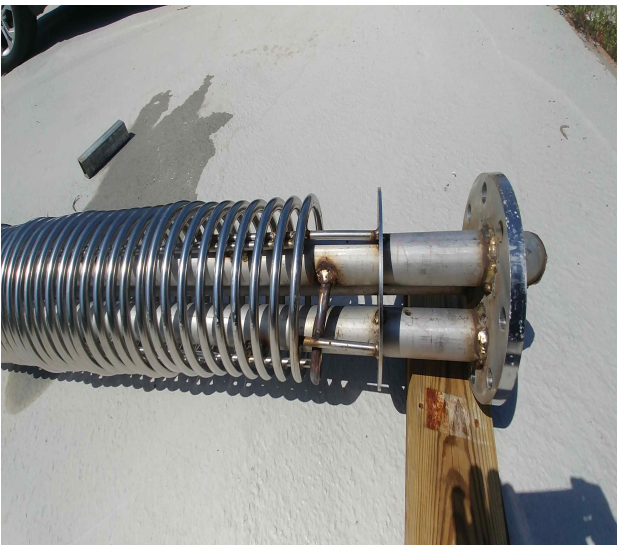
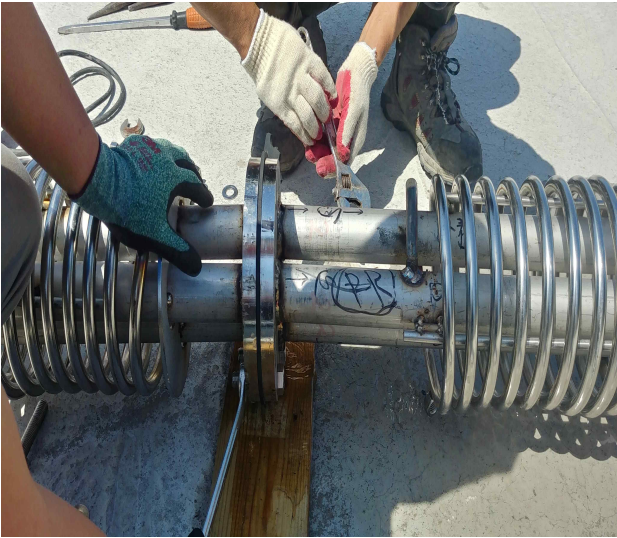
□ 제주형 지중 열교환기 고도화

- 기 개발된 제주형 지중 열교환기에 고효율 Reverse return 형태의 코일형(나선형) 모듈을 결합하는 방식의 열교환기로 제품을 고도화함



[그림 25] 제주형 지중 열교환기 제품 고도화





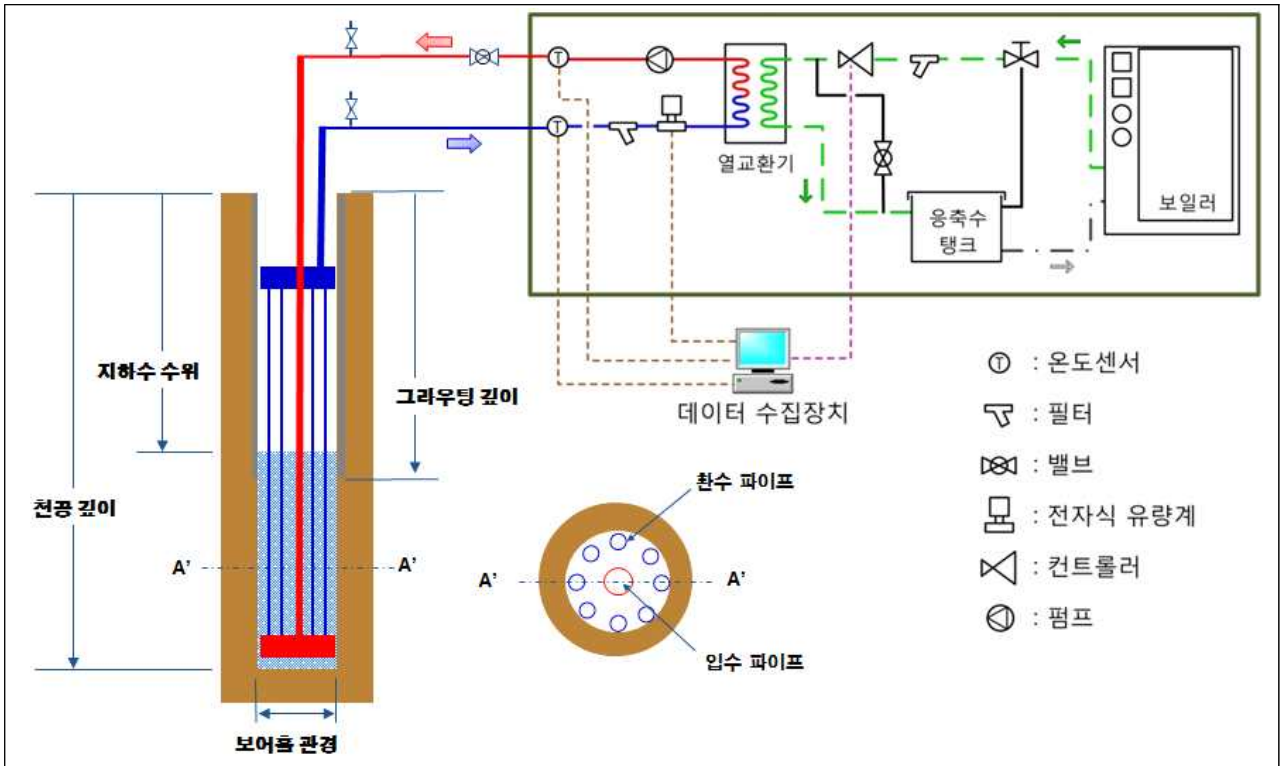
[그림 26] 제주형 지중 열교환기 제품 고도화 개발

□ 제주형 지중 열교환기의 우수성

- 본 기술개발과제를 통해 개발한 제주형 지중 열교환기는 제주도의 지형적, 환경적 요인을 고려하여, 깊이에 따른 모듈별로 체결이 가능한 형태의 열교환기임
- ※ 특허등록 : 제 10-1892434호 제주형 지중 열교환 장치
- 기존 PE 열교환기는 유지보수 또는 천공의 폐쇄를 위해 열교환기의 추출, 해체할 경우 PE 특성상 파손, 부식 등으로 유지보수가 어렵고 잔여물이 땅속에 남아 환경 훼손 우려가 발생
- 반면 기술개발 된, 열교환기는 풍부한 제주도 지하수 활용 기반, 열교환 면적을 확대하고, 열매체의 분배를 고려한 코일형/모듈체결 형태를 가짐. 각각 파트를 모듈로 구성, 체결함에 따라 운반/설치/부분별 유지보수가 용이함.(개발 된 지열 열교환기 중, 유일하게 유지보수가 가능함)

□ 제3세대 열교환기 시공 및 설비

- ① 실증사이트의 지하수위에 따라 천공 깊이가 달라지며, 천공 후 일부구간에 그라우팅 실시
- ② 지중열교환기는 지하수위부터 천공바닥까지 설치됨.
- ③ 250mm 보어홀에 SUS304 입수파이프 50A(1EA)와 환수 파이프 20A(8EA) 삽입 하여 지중열교환기로 제작(※실증사이트의 환경적 요인 및 변수에 따라 천공 깊이, 그라우팅, 지중열교환기 삽입 구간 등이 달라질수 있으며, 열교환기의 시공 및 적정 기준 정립 및 가이드라인 수립 예정)



[그림 27] 제주형 지중 열교환기 시공 및 지열시스템 모식도

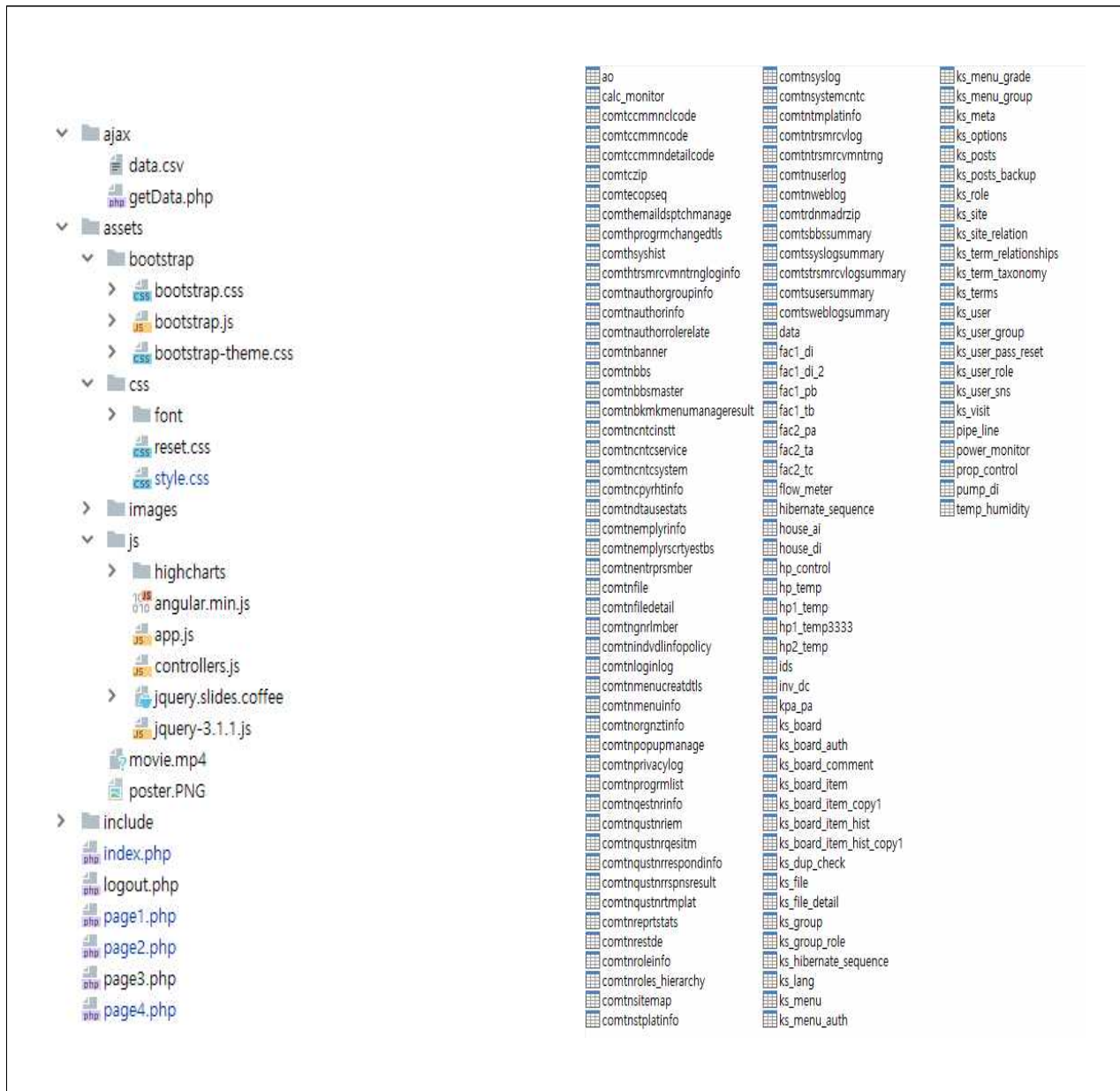
제 3절. 시스템 성능 모니터링 및 진단기술 개발

(1) 제어 및 모니터링 시스템 구축

□ 자료수집 및 처리

- 지열 열에너지원, 배관, 히트펌프 등 실시간 자료 수집 및 DB화
- 웹 기반, 통합관리 및 제어를 위한 모니터링시스템 초기자료 셋팅 및 모듈화
- PC 기반의 웹서비스 제공, 최신 자료 조회 및 검색 처리 가능

□ 지열 냉·난방 모니터링 시스템 디렉토리 구조(안)



[그림 28] 지열 냉·난방 모니터링 시스템 데이터베이스(DB)구조

[표 7] 모니터링 시스템 콘텐츠 및 서비스 개요

메뉴 및 구분	콘텐츠 및 서비스 개요	비고
사용자 로그인	관리자 및 모니터링시스템 사용자 로그인	로그인
시스템 개요	기술개발 과제소개 및 주관·참여기관	Main page
제어모니터링	히트펌프 축열온도 설정, 운전설정, 온도 모니터링	
전력모니터링	전압, 전류 평균전류 값 모니터링	
보고서 기능	월별, 일자별, 시간별, 10분별 데이터 제공	

(2) 웹 기반, 지열 냉·난방 모니터링 시스템



[그림 29] 사용자 로그인 화면



[그림 30] 모니터링 시스템 구성 화면

히트펌프 축열온도 설정

현재온도	가동온도	정지온도
23.9°C	48°C	50°C

▶ 물탱크 하부 기준

히트펌프 축냉온도 설정

현재온도	가동온도	정지온도
26.1°C	9°C	7°C

▶ 물탱크 하부 기준

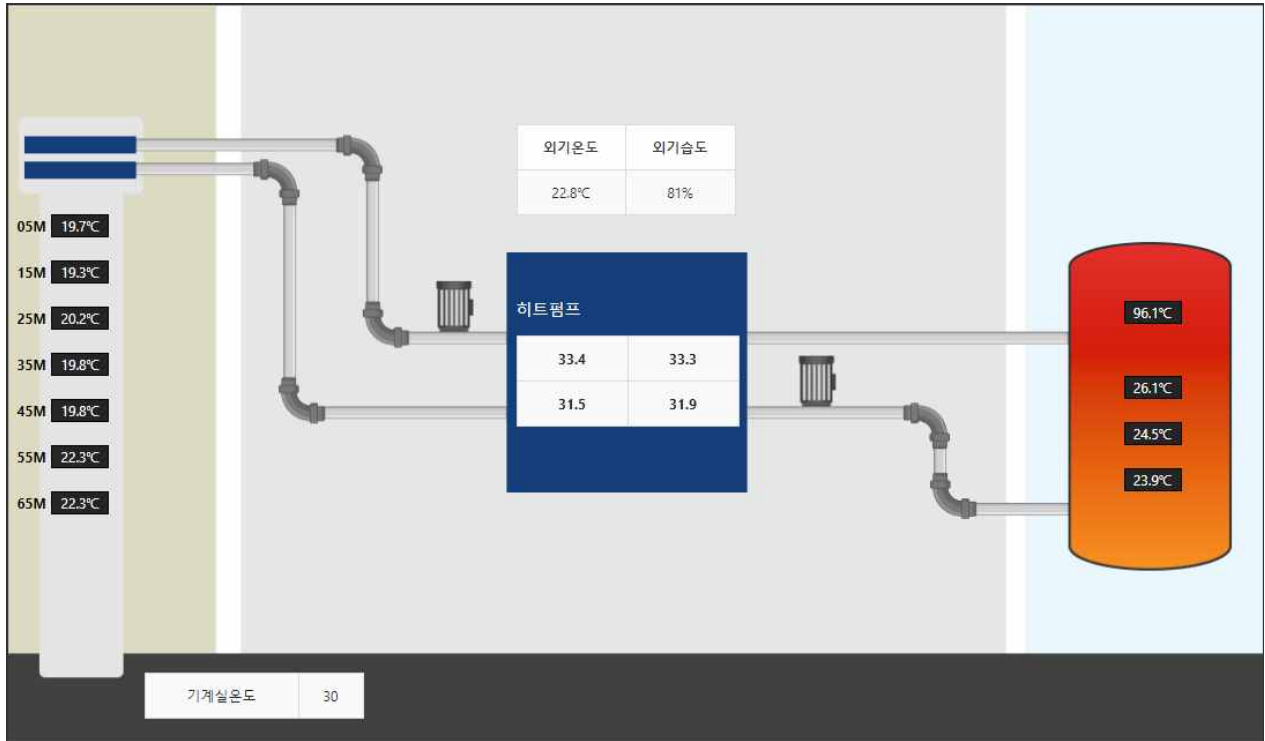
운전

냉/난방	난방	냉방
On/Off	On	Off
Mode	자동	수동

모니터링

상태	COMP	냉온수	지열
압력	OL HP LP	OL	OL
IN		31.9°C	31.5°C
OUT	42.2°C	33.3°C	33.4°C
외기 온도	22.8°C		
외기 습도	81%		

[그림 31] 모니터링 시스템 상세 구성 화면



[그림 32] 모니터링 시스템 상세 구성 화면(2)

월별
일자별
시간별
10분별
원본
2019-03-15
2019-03-15
DATA DOWN
전체선택

DATA

히트펌프 축열온도

축열하부	난방기동온도	난방정지온도
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

히트펌프 축냉온도

축열상부	냉방기동온도	냉방정지온도
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

운전

냉/난방	On/Off	Mode
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

온/습도

외부온도	외부습도
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

지열

지열5M	지열15M	지열25M	지열35M	지열45M	지열55M	지열65M
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

물 탱크

물탱크수위	rs_축열상부	rs_축열중간	rs_축열하부
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

[그림 33] 모니터링 시스템 상세 구성 화면(3)



[그림 34] 모바일 모니터링 시스템 구성 화면

□ 모니터링 프로그램 구성

- 본 모니터링 프로그램은 시설온실에 설치된 지열시스템에서 생산된 냉난방에너지를 관리자와 사용자를 구분하여 언제, 어디서든 모니터링이 가능하게 제공하는 프로그램임
- 해당 서버 주소를 입력 후 관리자와 사용자의 아이디를 부여받아 지열냉난방시스템의 발전 정보를 주기적으로 모니터링 가능
- 사용OS : Windows 10
- 사용언어 : JAVA
- 한국저작권위원회에 SW 프로그램 저작권 등록을 진행하였음
 - 등록번호 : C-2019-000216호
 - 저작물의 제호(명칭) : 제주형 시설온실 지열 냉난방 모니터링 프로그램
 - 저작물의 종료 : 컴퓨터프로그램저작물 > 응용프로그램 > 산업용 S/W
 - 창작 및 공표연월일 : 2018. 10. 19
 - 등록연월일 : 2019. 01. 03

제 4절. 제주형 3세대 지열시스템 설치 및 운전

(1) 설치 대상지

□ 사업목적

- 본 설치는 시설원에 사업대상자인 농업인의 경영비를 저감하고, 신·재생에너지(지열) 기술을 시설농업에 도입하기 위한 지열을 이용한 난방 시스템을 각종 시설물의 기능, 구조, 편의성, 경제성 등에 적합하도록 사업을 수행하여 농림사업 시행목표를 달성하는데 그 목적이 있음

□ 사업대상

구 분	내 용	비 고
농가명	김** 농가	
주소	제주시 도련이동 ***번지 일원	
시설형태	비닐온실(연도형)	
규모	3.256m ²	
재배방식 및 작물	시설재배 / 황금향	

□ 사업대상 위치도



[그림 35] 사업대상 위치도



[그림 36] 사업주요 시설배치도

(2) 지열 천공공사

□ 주요내용

구분	시추공수	굴착심도	굴착구경		그라우팅 심도	정호구경	정호자재
			400mm	250mm			
지열공	1공	65m	35m	30m	35m	250mm	PE

- 건축물(기계실) : 철근판넬구조
- 보호시설 설치 : 1식 (상부보호공 : 120cm × 250cm × 120cm (철물구조))

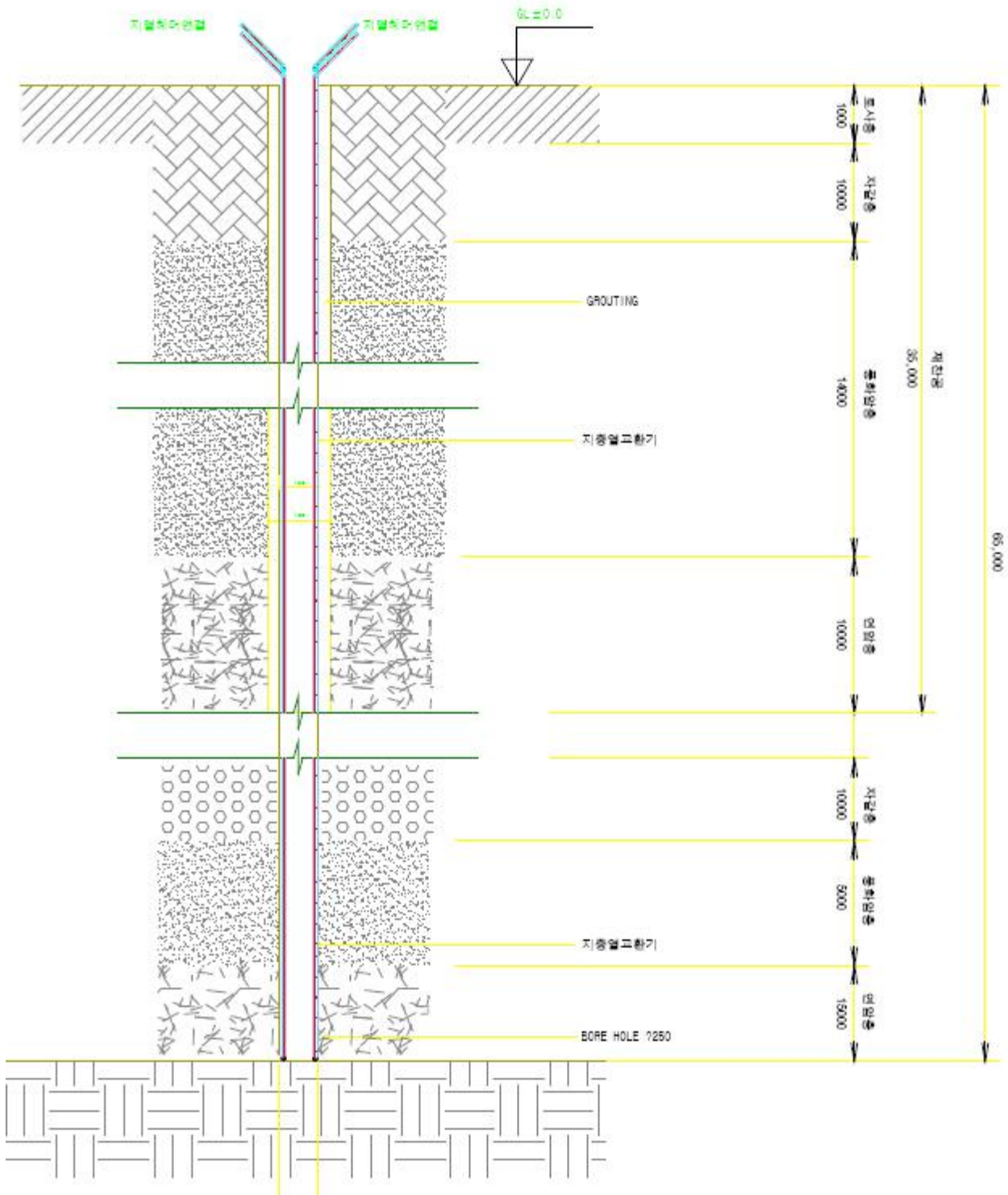


[그림 37] 지열공 착공전 전경 및 위치확인



[그림 38] 지열공 기계실 전경

□ 지열이용시설 굴착모식도



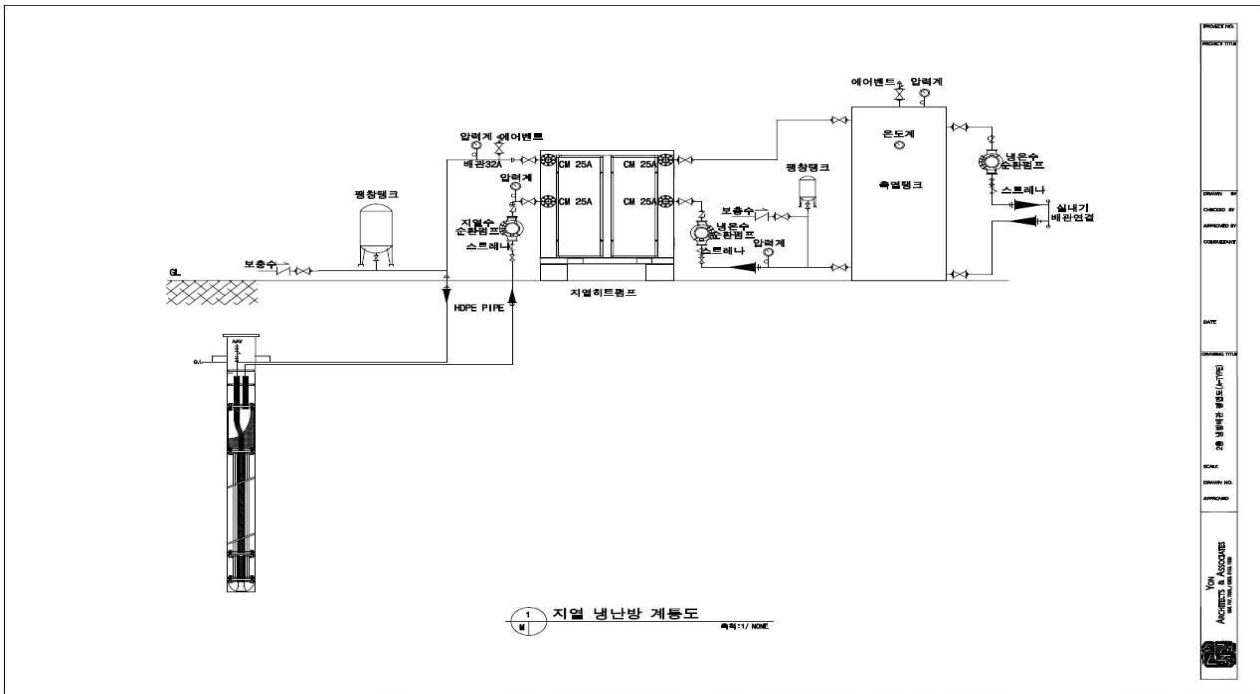
[그림 39] 지열천공 상세도

(3) 지열시스템 설비공사

□ 본 설비는 한국농어촌공사 농업에너지이용효율화사업과 연계하여 진행하였음

지하수 열원 히트펌프 시스템 설계요약서 (물-물)							
사업구분	도런지구 시설원에에너지이용효율화사업		사업용량(kW)	355.53 kW (3,388 m ²)			
			건물명	김순일 農家			
열에너지 부하량 및 설치 용량	온실 전체 부하량(kW)		지열 담당 부하량(kW)		지열시스템 설치용량(kW)		
	냉방	259.6	169.1		317.040		
	난방	349.7	227.5		355.530		
	급탕						
지열열펌프 (설계 자료)	인증 여부	O	총 유량/총 설계용량(lpm/3.5kW)		11.0		
	냉방	설계용량(kW) x 수량	COP _c	열원측		부하측	
				EWT(°C)	유량(lps)	EWT(°C)	유량(lps)
		158.52 x 2	5.58	25	8.33	12	8.33
	난방	설계용량(kW) x 수량	COP _h	열원측		부하측	
				EWT(°C)	유량(lps)	EWT(°C)	유량(lps)
		177.704 x 2	3.24	5	8.33	50	8.33
	급탕	설계용량(kW) x 수량	COP _h	열원측		부하측	
				EWT(°C)	유량(lps)	EWT(°C)	유량(lps)
		-					
시스템 COP	냉방	5.11	난방	3.10	급탕	-	
보어홀	보어홀깊이(m) x 수량	80M x 4공		총 보어홀 길이(m)	320		
	최소 보어홀 간격(m)	5M 이상		지중열교 환기 방식	8배 U		
	보어홀 직경(mm)	250MM		파이프 규격	HDPE 25MM,SDR 11		
	오염방지그라우 팅깊이(m)	50 M					
배관	트랜치 배관 깊이	1.0 M		기계실 배관 재질	PE관		
지중 순환수	종류	물		혼합비율(%)	100 %		
비중	1	동결온도(°C)		0			

지열 순환펌프	총소비전력/열펌프 총설치용량(kW/3.5kW)			0.01643		
	형식	정격용량(kW)	소비전력(kW)	유량(lpm) x 수량 (예비펌프 여부)	양정(m)	효율
	인라인	7.5	3.50	1,000× 2대(예비1)	23	53.8%
	인라인	5.5	1.71	1,000× 2대(예비1)	12	70.9%
버퍼 탱크	형식	용량(l) x 수량		재질		
	개방형	100톤 x 1		FRP		
타열원의 백업 여부	지열열원 외 타열원 백업장비 없음.					
모니터링 계획	적산유량계, 온도계, 적산전력량계설치					

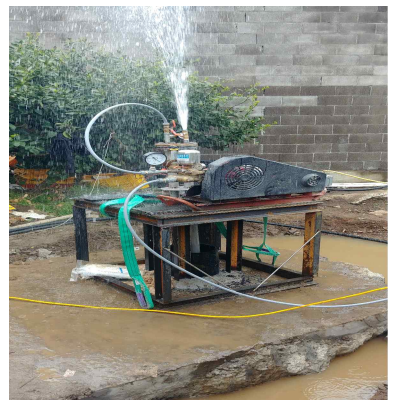


[그림 40] 지열설비 시스템 계통도

□ 지열 냉난방시스템 배관 및 기계실 설비공사



□ 천공 및 열교환기 삽입공사



제 5절. 지열 냉·난방시스템의 성능테스트 및 평가

(1) 지열 열교환기 열용량테스트

- 본 기술개발과제를 통해 개발된 제주형 지중 열교환기를 실증사이트에 적용하고, 열교환기의 성능평가를 위해 공인기관(한국냉동공조인증센터)의 입회하에 열교환기의 열용량 목표치 산정 및 시험하고, 실증사이트의 지중열전도 테스트를 실시함
- 열용량 및 열전도 테스트 시험 의뢰
 - 실증사이트 위치 : 제주특별자치도 제주시 도련2동 ***번지(김** 농가)



지중 지반 샘플



지중 열교환기 형상



지중 열교환기 내부



시험 전경 1

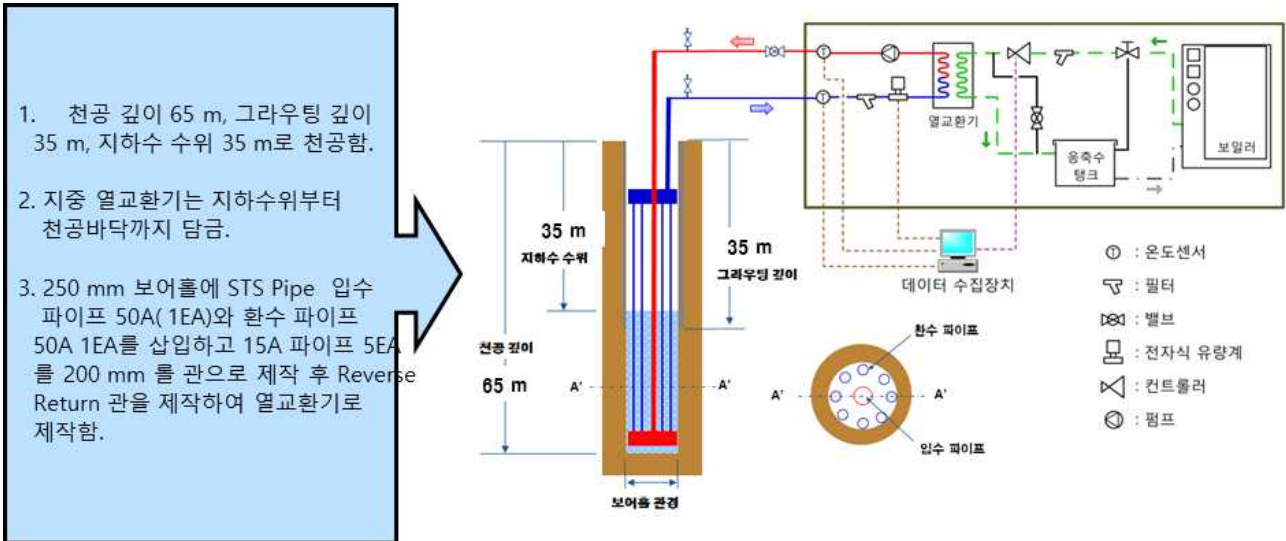


시험 전경 2



사용 전원





[그림 41] 실증현장 지중 열교환기 형상 및 시험계략도

[표 8] 지중열교환기 사양

지중열교환기 형식	제주형	지중열교환기 재질	STS316
지중열교환기 입수 파이프	50A (1EA)	지중열교환기 환수파이프	50A (1EA)
지중열교환기 순환수	물	지중열교환기 열원	지하수
보어홀 관경	250 mm	그라우팅 깊이	35.0 m
천공 깊이	65.0 m	지하수 수위	35.0 m

[표 9] 시험의뢰 및 규격

시험항목	지중열교환기 순환수	
	유량 [L/min]	온도차 (EST - LST) [°C]
열용량 시험	180	1.6, 2.4, 3.2, 5.0

□ 시험 방법

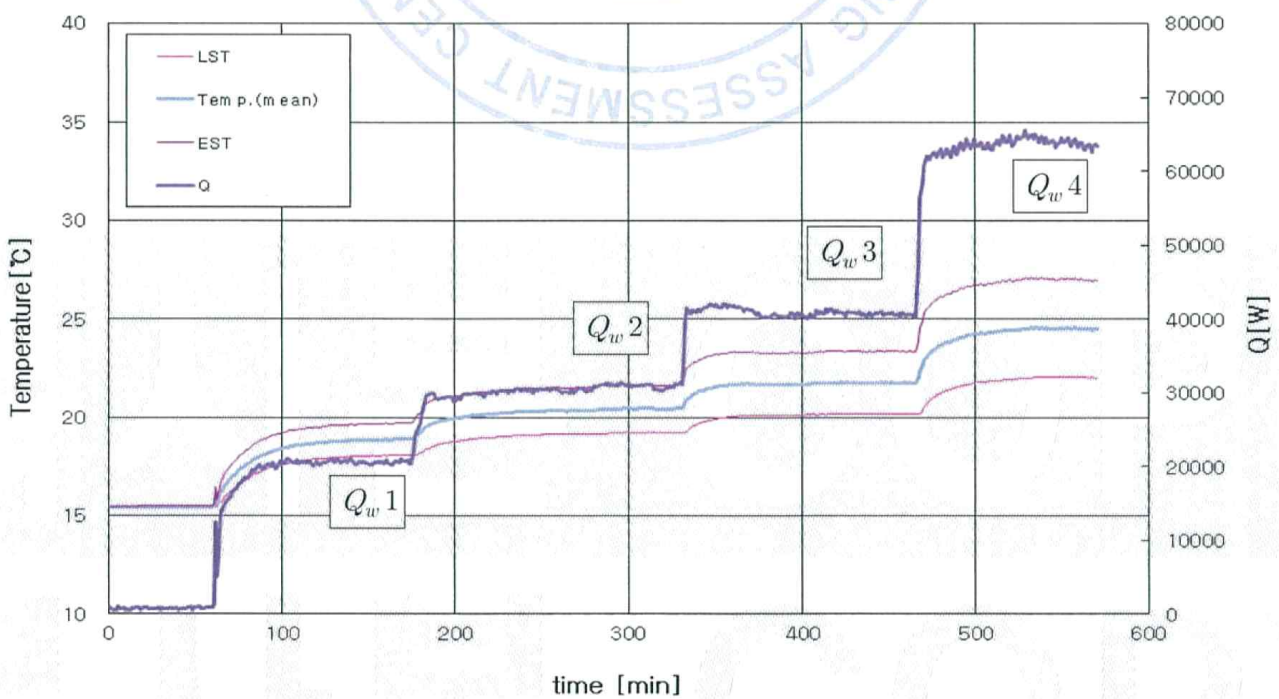
- 제주형 지중 열교환기를 지정된 장소에 설치하고 한국냉동공조인증센터의 인증 장비를 위의 [그림 30]과 같이 연결함.
- 지중온도는 파이프 내부에 물을 가득 채운 후 순환펌프를 가동시켜 지중열교환기 내부의 공기를 빼기 실시하며 순환수에 열량을 투입하지 않은 상태로 1시간 이상 펌프를 구동시킨 후 지중열교환기의 입구·출구 평균온도를 기준으로 산정함
- 열용량 시험을 위해 밸브를 이용하여 순환수의 유량을 180L/min으로 일정하게 유지함.
- 투입 열량은 스팀보일러에서 발생한 스팀의 양을 조절하여 지중열교환기로 투입하며, 지중열교환기 입구·출구 온도차(EST - LST)를 일정하게 유지함.

- 지중열교환기로 열량투입 후 10분 간격으로 순환수 평균온도 변화를 확인함.
- 순환수 평균온도가 10분 동안 0.1℃ 이내 범위에서 상승하면 그 이후로 30분 이상 시험을 지속하여 데이터를 취득함.
- 지중열교환기 열용량은 열량투입 후 수집된 데이터의 마지막 10분 데이터를 평균하여 산출함

□ 열용량 및 열전도 테스트 시험 결과

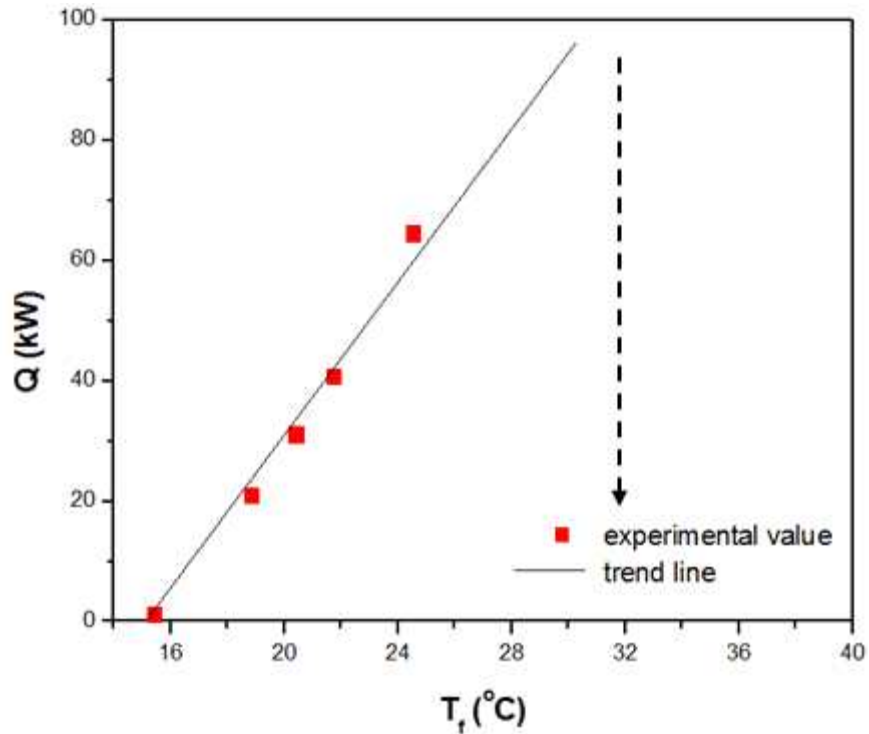
시험항목	입수온도 (EST) [℃]	환수온도 (LST) [℃]	순환수 유량 [L/min]	투입 열량 [W]	순환수 평균온도 (Temp.(mean)) [℃]
Case 1 ($Q_w 1$)	18.09	19.72	182.6	20 773	18.87
Case 2 ($Q_w 2$)	19.24	21.66	183.1	30 962	20.45
Case 3 ($Q_w 3$)	20.18	23.36	183.2	40 600	21.77
Case 4 ($Q_w 4$)	22.07	27.09	183.8	64 389	24.58

- 지중 온도 : 15.47 ℃
- $Q_w = \dot{m} C_{p,w} (T_{EST} - T_{LST})$ \dot{m} : 순환수 질량유량(kg/s), $C_{p,w}$: 비열(J/kg℃)
 T_{EST} : 지중열교환기 순환수 입수온도(℃)
 T_{LST} : 지중열교환기 순환수 환수온도(℃)

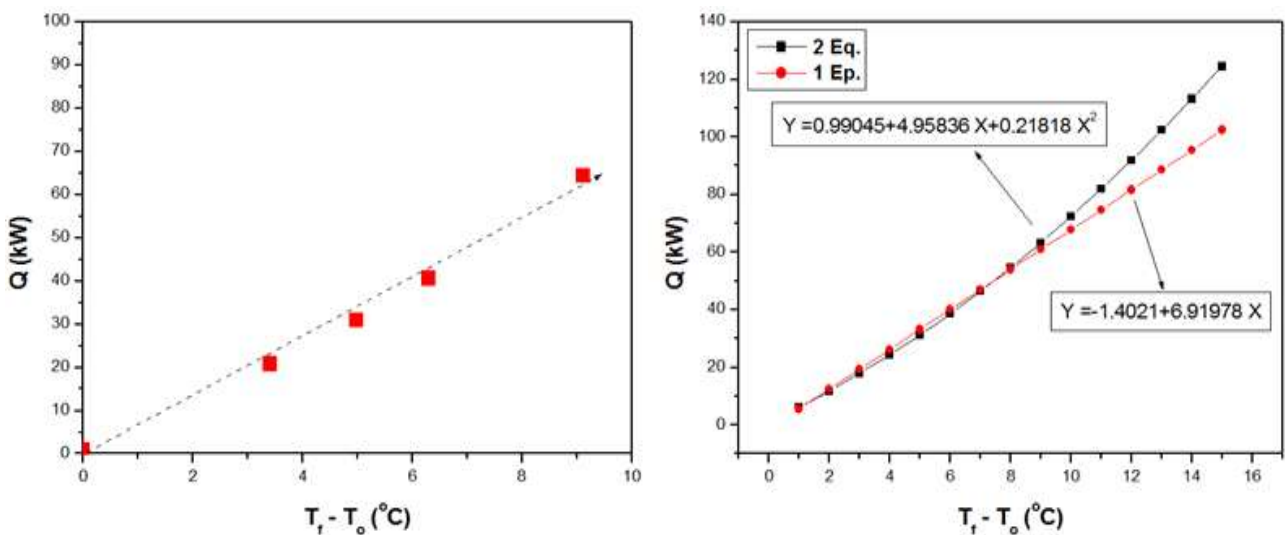


[그림 42] 열교환기 성능평가 그래프

- 4개의 Case 진행을 하였으며, 이를 바탕으로 열용량을 산정함
- 투입열량에 따른 지중순환수 평균온도 변화 / 지중온도가 타 지역에 비해 낮게 형성되어 있음 [$T_o = 15.47 \text{ }^\circ\text{C}$]

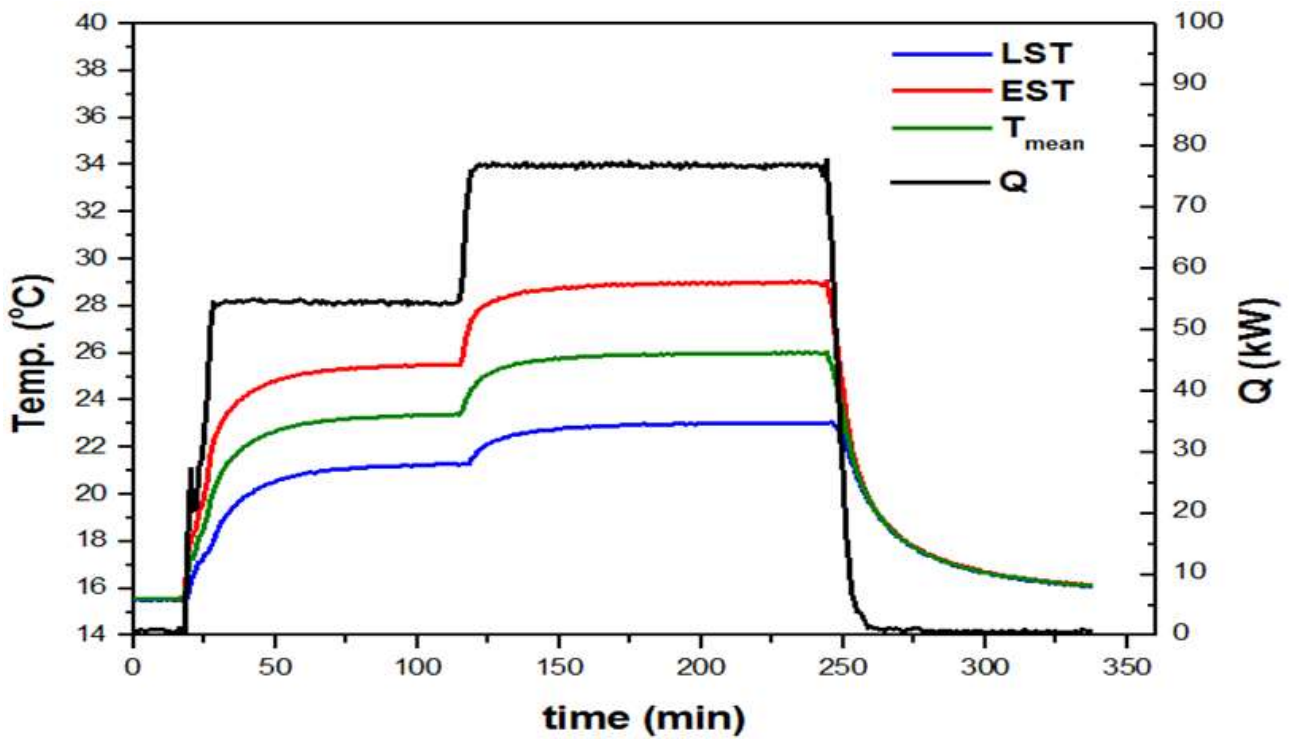


[그림 43] 투입열량에 따른 지중 순환수 평균온도 변화



[그림 44] 지중온도 변화에 따른 열용량 변화 및 가상선도(1차/2차 방정식)

○ 시험테스트 후 지하수 열량 회복에 대한 내용을 추가 실험 진행하였음



[그림 45] 지하수 열량 회복에 대한 실험

- 한국농어촌공사에서 사용하는 목표온도로 해석할 경우 냉방능력은 약 123kW (35.1 RT)로 나타남
- 이는 동일지역의 기존 PE열교환기에 비해 약 3배 이상(9.8 RT) 우수한 열량을 나타내는 결과임
- 또한, 지열 시스템의 전체 공사비의 약 60~70%를 차지하는 지열 천공의 천공 수를 획기적으로 줄일 수 있어, 공사비 절감 효과가 매우 크게 나타남

제 6절. 제주형 지열 냉·난방시스템의 경제성 검토

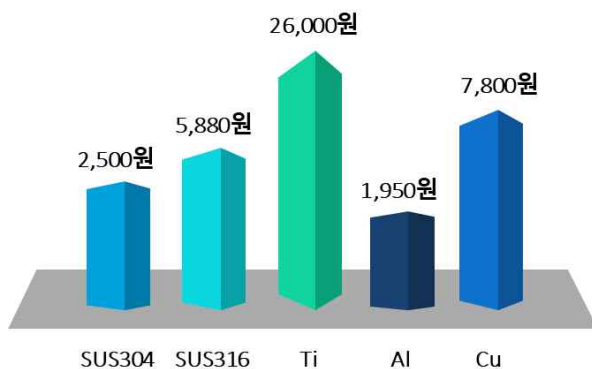
(1) SUS소재 사용에 따른 경제성 분석 및 비교분석

□ 지중 열교환기 종류에 따른 성능 및 시공비 분석

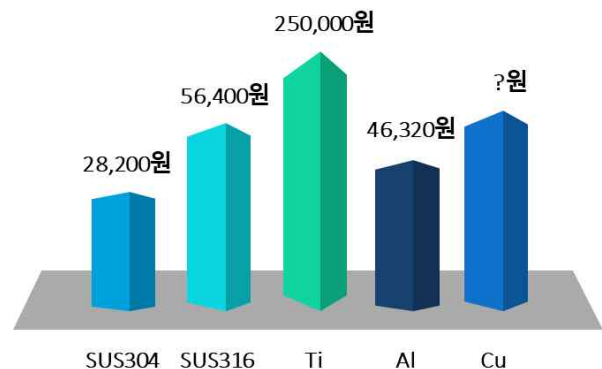
- 지중 열교환기(GHE : Ground Heat Exchanger)는 전체시스템의 성능과 초기설치비를 결정하는 중요한 요소임
- 수직밀폐형 지중 열교환기는 초기 높은 시공비로 인하여 보다 높은 열효율을 얻기 위한 연구들이 많이 진행되고 있으며, 주변 지반과의 열전달은 보어홀 내의 그라우트의 열물성, 열교환기 파이프 타입 및 간격, 열교환기 배열 등의 다양한 요인에 의해서 영향을 받음
- 다양한 열교환기 형태에 따른 현장 열성능 실험을 실시하여 투입 비용 대비 효율 분석과 같은 경제성 분석 연구 필요

[표 10] 재질에 따른 열전달량 비교연구

구분	PE	SUS316	SUS304	Ti	Al	Cu
기호	q	q	q	q	q	q
단위	kcal/h	kcal/h	kcal/h	kcal/h	kcal/h	kcal/h
Heat Source (난방)	2955	8083	8125	8246	8491	8502
	3052	8594	8641	8779	9058	9070
	3090	8802	8852	8993	9289	9302
Heat Sink (냉방)	3318	10864	10939	11161	11615	11635
	3438	11786	11875	12136	12675	12698
	3485	12172	12267	12546	13123	13148



[그림 46] kg당 가격



[그림 47] 규격당 가격

□ 비교분석 결과



- 최종적으로 열전달량 및 경제성을 종합적으로 비교한 결과 SUS관이 가장 우수한 것으로 나타남

(2) 실증지역 경제성효과(LCC) 분석

- 사단법인 한국경영분석연구원에 의뢰하여 실증지역 지열시스템 공사 설치비용에 대해 비교·분석을 진행하였음

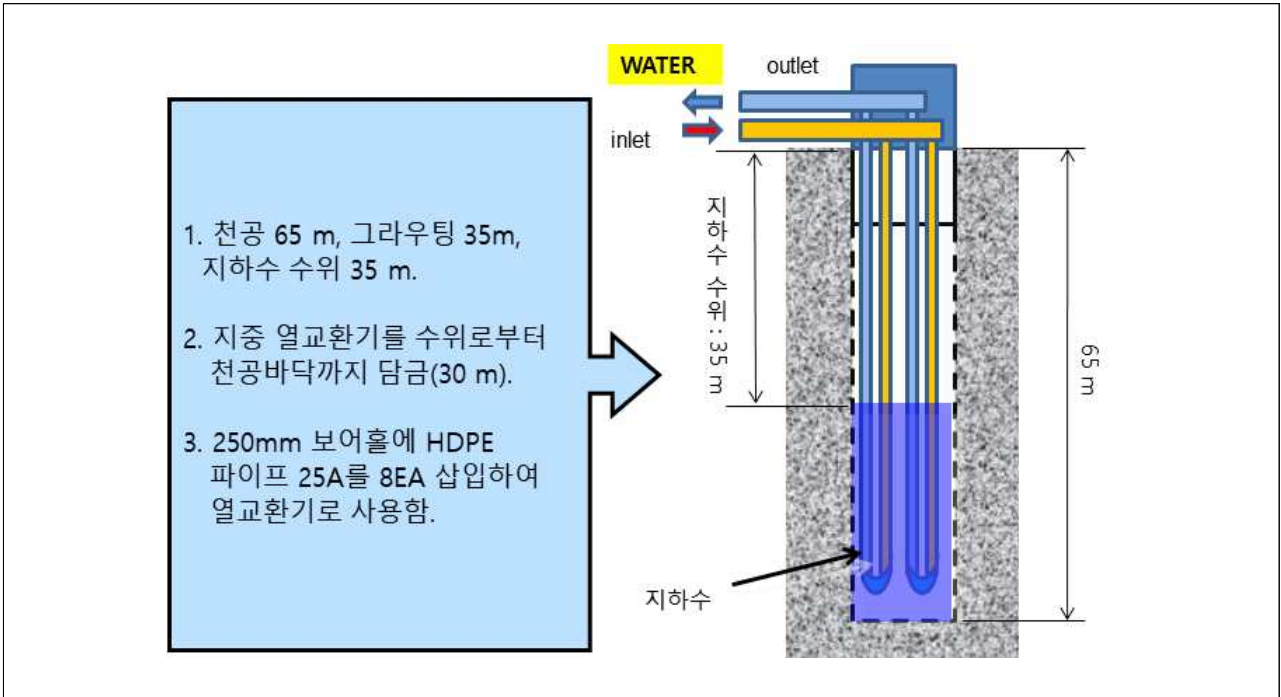
구 분		신청제품(A)	비교제품(B)	대비(%) (A/B)	비 고 차액(B-A)
모	델 명	스테인리스 지중열교환기 방식	폴리에틸렌 지중열교환기 방식		
규	격				
제품수명(내용연수)		25	25		
원 가 항 목	취 득 원 가	432,554,000	382,716,000	113.02%	
	사 용 원 가				
	폐 기 원 가				
	합 계	432,554,000	382,716,000	113.02%	-49,838,000

- 해당 기술개발 제품은 기존 PE관의 단점을 보완하여 열전도율이 우수하고 환경적으로 안전한 SUS 재질을 바탕으로 열교환기를 제작하였으며, 특히 제주도 지하수 조례안에 의거하여, 현장적용이 가능하도록 개발되어 있는 제품임
- 본 기술개발 제품의 주요재질인 SUS는 PE대비 초기투자비는 많이 소요되지만 자체 재질 차이에 의한 열전달량 및 한 공당 생산되는 열량을 비교할 시 약 3배 이상[9.8RT(PE재질, 냉방능력) -> 35.1RT(SUS재질, 냉방능력) 가까운 열량을 생산할 수 있으므로 경제성을 가짐
- 그로인해 시설원예농가에서 지열냉난방시스템을 필요한 RT만큼 공사를 진행할 때 공사비 중 가장 큰 비용을 차지하는 천공비용을 줄일 수 있으므로 PE재질에서 SUS재질로 변경할 때 상승하는 초기비용을 상쇄시킬 수 있음
- 또한 유지보수 측면에서도 유지보수가 불가능한 기존 PE재질의 열교환기를 SUS재질의 열교환기로 변경함으로써 유지보수가 가능하므로 경제성을 가짐

제 7절. 시공기준(안) 방안 모색

- 지열에너지원 활용 기반, 설비/시공기준(안) 마련 필요
 - 제주도는 지열을 활용할 수 있는 최적의 지질(현무암) 및 환경(국내 최대 연 강수량)에도 불구하고, 지열시스템의 보급성장률이 내륙지역 (연간 10%)에 비해 매우 낮은데(연간 1% 미만), 이는 지역특성에 적합한 지열시스템 기술개발의 부재와 더불어 지하수 관련법에 의해 현재의 지열 시스템을 적용하는데 한계가 있는 것으로 분석 됨
 - 제주도 환경적, 지형적 요인을 고려한 태양광(태풍 및 강풍 등 기후요소 고려) 및 지열에너지 설비(풍부한 지하수자원 활용 가능한 열교환기, 지하수 조례 기준을 만족하는 열교환기 및 히트펌프 적용 등) 기술 개발 및 적용 필요
 - ⇒ 본 과제를 통해 개발 된, 제주형 지열열교환기와 같은 제주도 지하수 조례 기준을 만족하는 친환경적 기술, 유지보수 및 추출의 용이성 필요
 - 풍부한 잠재자원에도 불구하고 현재 제주도의 지열에너지 보급은 미미한 수준임
 - 제주지역 지열시스템의 보급 확대와 신재생에너지 기본계획 목표달성을 위해서는 정부주도하의 정책적 투자가 필요하며, 제주지역 특성에 적합한 지열 냉난방시스템 기술개발이 필수적임
 - 따라서, 제주도 지하수법, 지질 및 지형 특성 등을 종합적으로 반영한 제주 지열 냉난방시스템 설계 및 시공 기술 개발하고, 시설농가 및 양식업, 건물에 제주형 지열 냉난방시스템 실증적용을 통한 성능검증 및 신뢰성 확보를 도모하고자 함
 - 또한 지형적, 환경적 제약요인으로 제주도 지열에너지는 타 지역과 달리 신재생에너지로 인정받지 못하고 있는 실정임
 - 따라서 본 과제 수행 및 정부, 지자체 지원을 통해 사업을 수행하고 제주도 조례 및 규제 / 맞춤 기술개발/ 실증 및 검증 완료 후 한국에너지공단으로부터 신재생에너지원으로 인정이 필요시 됨

- 지열에너지원 활용 기반, 설비/시공기준(안) 마련 필요
 - 신재생에너지 설비 KS 인증제도 및 보급정책 제도, 시공기준 조사 및 분석
 - 지중 열교환기 관련 KS 표준(수직밀폐형, 에너지파일형) 조사 및 분석
 - 제주도 지하수 조례' 를 포함 현 지중열교환 시스템 시공기준의 제주형 적용 가능성, 문제점 정밀 조사 및 분석
 - 제주형 지열시스템 신규 표준(안) 개발을 위한 산학연 전문가 협의체 구성
 - 기술기준 전문가 회의 (연 2회 이상)
 - “제주도 지하수 조례” 와 부합한 지중열교환기 및 시공 표준 초(안) 도출



[그림 48] 제주형 지열시스템 설비 및 시공기준(안)

제 3장. 목표달성도 및 관련분야 기여도

제 1절. 목표

성과목표											연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용홍보		기타 (타 연구 활용 등)	
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용 창출	투자유치		논문		학술 발표			정책 활용	홍보 전시		
												SCI	비 SCI							논문 평균 IF
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	건	명	건	건	-		
가중치	5	5	-	5	-	20	20	5	20	-	5			-	5	-	-	5	5	-
최종목표	1	1	-	1	-	1	1,000	-	4	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-
1차년도	1	-	-	-	-	-	500	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2차년도	-	1	-	1	-	1	500	50	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-
소 계	1	1	-	-	-	1	1,000	-	4	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-
종료 1차년도	1						500		1		1								1	
종료 2차년도		1				1	1,000		1		1			1				1		
종료 3차년도	1						1,500	500	2			1	1						1	
종료 4차년도		1					2,000	1,000	2					1						
종료 5차년도							3,000	2,500	2		1		1	1					1	
소 계	2	2				1	8,000	4,000	8		3	1	3	3				1	3	
합 계	3	3				2	9,000	4,000	12		3	1	3	4				1	4	

제 2절. 목표 달성여부

[표 11] 기술목표지표 및 달성률

성과지표	특허출원/등록(건)	기술이전(건)	매출액(백만원)	고용창출
1차년도 목표	1		500	3
2차년도 목표	1	1	500	1
달성률(%)	100%	100%	100%	100%
비 고	특허 출원 1건, 특허 등록 1건	기술이전 1건	매출액 1,133백만원	고용창출 7명

성과지표	학술발표(건)	SW등록(건)	MOU	홍보전시
1차년도 목표			1	
2차년도 목표	1	1	1	1
달성률(%)	100%	100%	100%	100%
비 고	제주대학교 공과대학 첨단기술연구소 논문집 제29호 1건	SW등록증 1건	실증단지농가 업무협약 1건 대성히트펌프 업무협약 1건 한국지열에너지학회 업무협약 1건	2018 대한민국에너지대전 1건

성과지표	SUS형 열교환기 열용량(kW)	열교환기성능(%) (PE관 대비 SUS관)	지질·지하수 분석보고서(건)	경제성평가 분석보고서(건)
1차년도 목표	50		1	
2차년도 목표		≥20		1
달성률(%)	100%	100%	100%	100%
비 고	열용량 123kW	358.1% 향상 (3배 이상)	분석보고서 1건	LCC분석보고서 1건


(1) 지식재산권 - 특허출원 및 등록

□ 특허 출원 및 등록 1건

발명의 명칭	제주형 지중 열교환 장치
출원번호	제 10-2017-0168511호
등록번호	제 10-1892434호
출원일자	2017년 12월 08일
등록일자	2018년 08월 22일
특허권자	(주)제스코
특허증	 <p>발명의 명칭 Title of the Invention 제주형 지중 열교환 장치</p> <p>특허권자 Patentee (주)제스코(220111-*****) 제주특별자치도 제주시 선반남1길 79 (화북일동)</p> <p>발명자 Inventor 등록사항란에 기재</p> <p>위의 발명은 「특허법」에 따라 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다. This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.</p> <p>2018년 08월 22일</p> <p>특허청장 COMMISSIONER, KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE</p> <p>성춘모</p> <p>QR코드로 현재기준 등록사항을 확인하세요</p>

(2) 기술실시

□ 기술실시 1건 (기술료 4,620천원)

기술실시보고서							
(단위 : 원)							
연구개발과제 현황	사업명	첨단생산기술개발사업		연구과제번호			
	연구과제명	제주형 시설온실 지열 냉난방시스템 개발					
	연구기관명	(주)제스코	연구책임자	김대승	참여기업명	제주대학교산학협력단	
	연구협약일	2017.04.01	연구기간	2017.04.01.~2018.12.31.(21개월)			
	연구개발비	정부출연금	기업부담금	기타 ()	계		
330,000,000		160,000,000	-	490,000,000			
기술실시계약 및 성과활용 현황	계약(활용)명	제주형 지중 열교환 장치개발					
	계약(활용)일	2018.11.27	실시(활용)기간	2018.11.27.~2026.11.26			
	지재권 종류	특허		실시권 유형	직접실시		
	* 지재권이 특허(출원,등록) 인 경우	명 칭	제주형 지중 열교환 장치				
		번호	제10-1892434호	일자	2018.08.22		
	실시(활용)기관	기관명	(주)제스코		기관유형	중소기업	
		주소	제주특별자치도 제주시 선반남1길 79		대표자	심성천	
		사업자번호	616-81-71406		전화번호	-	
부서(담당자)		기업부설연구소(김대승)		e-mail	shalom1206@hanmail.net		
기술료산정내역	정부출연금 330,000천원 * 10%(중소기업) * 20%(참여 중소기업 감면) * 70%(일시납부 감면) = 4,620,000						
기 술 료	정액기술료		경상기술료			기타 조건	
	징수(납부)예정일	징수(납부)금액	착수기본료	징수(납부)예정일	징수(납부)금액		
	2019.03.23	4,620,000	매출에 따른 기술료	징수(납부)시작일	결산월		
				징수(납부)종료일	징수율		
	계	4,620,000			매출액의 () %		
기타특기사항							
<p>국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제22조 제2항에 따라 위와 같이 기술실시계약이 체결되었음을 보고합니다.</p> <p>붙임 1. 기술실시계약서 사본 1부(타기관으로 기술이전시). 2. 지식재산권을 포함하는 기술이전인 경우 해당 증빙자료(특허 등록증, 출원증 등) 1부 (타기관으로 기술이전시). 3. 연구개발과제협약서 사본 1부(직접실시시).</p>							
<p>2019년 01월 23일</p> <p>주관연구기관 주식회사 제스코 의 대표 []</p> <p>농림수산식품기술기획평가원장 귀하</p>							

(3) 매출액

□ 직접매출 (542,000천원)

구분	제품명	제품출시일	매출액(원)
1	도련지구 농업에너지이용효율화사업 기계설비 공사	2018. 5	30,000,000
2	육해상에너지용복합 실증플랫폼 구축사업 지열시스템 공사	2018. 7	512,000,000

수정전자세금계산서				승인번호	20180531-10000000-58021079				
영 수 자	등록번호	616-81-71406	중사업장번호		등록번호	616-81-10127	중사업장번호		
	상호(법인명)	주식회사 제스코	성명	심성천	상호(법인명)	(주)진산	성명	김병삼	
	사업장주소	제주특별자치도 제주시 선반남1길 79(화북일동)				사업장주소	제주특별자치도 제주시 일주동로 64(화북이동)		
	업태	제조업	종목	배전반 및 전기 자동제어반	업태	건설업	종목	보링,그라우팅공사의외	
	이메일	jeju@doarm.co.kr				이메일	jinsan@bill36524.com		
작성일자	공급가액	세액	수정사유	비고					
2018-05-31	27,272,727	2,727,273	기재사항착오정정	당초 승인번호 (20180530-10000000-55759423)					
월	일	품목	규격	수량	단가	공급가액	세액	비고	
05	31	도련지구 농업에너지이용 효율화사업 기계설비공사				27,272,727	2,727,273		
합계금액		현금	수표	어음	외상미수금	이 금액을 (청구) 함			
30,000,000									

공사도급표준계약서			
계약번호	KIER-공사-20180007		
계약명	육해상에너지 용복합 실증플랫폼 구축사업 지열시스템 공사		
공사현장	육해상에너지 용복합 실증플랫폼		
계약금액	금	오억일천이백오만원정	₩512,050,000 원(부가세 포함)
계약보증금	금	칠천육백팔십만칠천오백원정	₩76,807,500 원(보증증권)
계약기간	2018-02-26 ~ 2018-08-31	계약일	2018년 07월 25일
지체상금률	계약금액의 1,000분의 0.5 이상 /일		
하자보증금률	계약금액의 3% 이상(보증증권)		
하자보증기간	감수일로부터 24개월		
기타사항	<input type="checkbox"/> 변경계약(3차_1회) <input type="checkbox"/> 변경사유 : 선형공중(건축) 기간연장 <input type="checkbox"/> 계약기간 : 2018.03.09. ~ 2018.07.26. → 208.08.31.(37일 증) <input type="checkbox"/> 계약금액 : 변경없음		
<p>위 공사 계약을 체결함에 있어 입찰 시 공시한 설계서 및 현장설명사항과 불일 공사입찰유의서, 공사계약일반조건, 공사계약특수조건, 설계서 및 산출내역서가 이 계약의 일부가 됨을 확인하며 상호대응의 입장에서 신의에 따라 성실히 계약상의 의무를 완수할 것을 약속하며 계약의 증거로써 이 계약서를 작성한다.</p>			
계 약 자	한국에너지기술연구원장	계 약 주 소	제주특별자치도 제주시 선반남1길 79(화북일동)
		계 약 상 호	주식회사 제스코
		계 약 대 표 자	심성천

□ 간접매출 (591,000천원)

구분	제품명	제품출시일	매출액(원)
1	발전소 온배수 특성분석을 통한 수열원 이용기술개발 중 기계설비용역(2017)	2017. 5	191,950,000
2	발전소 온배수 특성분석을 통한 수열원 이용기술개발 중 기계설비용역(2018)	2017. 5	275,000,000
3	삼양 온배수현장 기계설비용역	2018. 5	23,000,000
4	여과기교체 및 사육수 공급배관 확장공사	2018. 5	101,000,000

[별기 제7호서식]

공사도급표준계약서		계약번호	계 호
		공고번호	계 호
발주처	(주)에코원엔지니어링		
계약상대자	·상 호 : 주식회사 제스코 ·법인등록번호 : 220111-0070185 ·주 소 : 제주시 선남남1길 79 ·전 화 번 호 : 064-728-1281 ·대 표 자 : 심성진		
공사명	발전소 온배수 특성분석을 통한 수열원 이용기술 개발 중 기계설비용역(2017년차분)		
현장	제주특별자치도 제주시 원당로 133, 한국중부발전 제주화력발전소 인근		
계약금액	금 일역구천이백만원정 (₩ 174,500,000) VAT별도		
계약보증금	계약이행보증서대체 금 일천칠백삼십만원정 (₩ 17,450,000)		
선금	금 일천육백삼십만원정 (₩ 16,900,000, 공사비의40%, VAT별도)		
잔금	공사완료 후 잔액		
작공연월일	2017. 05. 01		
종공연월일	공사완료일까지		
기타사항	발전소 온배수 특성분석을 통한 수열원 이용기술 개발 2017년차분 ·계약금액이내의 일괄구천이백만원정 (₩ 174,500,000) VAT포함 ·하차담보책임(복합공종일 경우 공종별 구분 기재)		
공종	공종별 계약 금액	하차보수보증금(%) 및 금액	하차담보책임기간
기계약	191,950,000원	금 구백육십만원정 (₩ 9,597,500) 계약금액의 5%(보증보험)	2년
발주자와 계약상대자는 상호 관련된 일에서 위의 공사에 대한 도급계약을 체결하고 그 신의에 따라 상술한 계약상의 의무를 이행할 것을 확인한다. 이 계약의 증거로서 계약서를 작성하여 당사자가 기명날인한 후 각각 1통씩 보관한다.			
붙임서류 : 1. 계약내역서 1부 2. 공사계약일반조건 1부			
2017. 04. 27.			
발 주 자 에코원엔지니어링 서운호			
계 약 상 대 자 제 스 코 심성진			

[별기 제7호서식]

공사도급표준계약서		계약번호	계 호
		공고번호	계 호
발주처	(주)에코원엔지니어링		
계약상대자	·상 호 : 주식회사 제스코 ·법인등록번호 : 220111-0070185 ·주 소 : 제주시 선남남1길 79 ·전 화 번 호 : 064-728-1281 ·대 표 자 : 심성진		
공사명	발전소 온배수 특성분석을 통한 수열원 이용기술 개발 중 기계설비용역(2018년차분)		
현장	제주특별자치도 제주시 원당로 133, 한국중부발전 제주화력발전소 인근		
계약금액	금 이억칠천오백구십만원정 (₩ 275,000,000) VAT포함		
계약보증금	계약이행보증서대체 금 이천칠백오십만원정 (₩ 27,500,000)		
선금	금 일억일천만원정 (₩ 110,000,000, 공사비의40%)		
잔금	공사완료 후 잔액		
작공연월일	2018. 01. 01.		
종공연월일	공사완료일까지		
기타사항	발전소 온배수 특성분석을 통한 수열원 이용기술 개발 2018년차분 ·계약금액이내의 일괄구천이억칠천오백구십만원정 (₩ 275,000,000) VAT포함 ·하차담보책임(복합공종일 경우 공종별 구분 기재)		
공종	공종별 계약 금액	하차보수보증금(%) 및 금액	하차담보책임기간
기계약	275,000,000원	금 일천삼백칠십오만원정 (₩ 13,750,000) 계약금액의 5%(보증보험)	2년
발주자와 계약상대자는 상호 관련된 일에서 위의 공사에 대한 도급계약을 체결하고 그 신의에 따라 상술한 계약상의 의무를 이행할 것을 확인한다. 이 계약의 증거로서 계약서를 작성하여 당사자가 기명날인한 후 각각 1통씩 보관한다.			
붙임서류 : 1. 계약내역서 1부 2. 공사계약일반조건 1부 3. 목기서형 1부			
2017. 04. 27.			
발 주 자 에코원엔지니어링 서운호			
계 약 상 대 자 제 스 코 심성진			

전자세금계산서		승인번호	20180514-1000000-49053296
출발번호	616-81-71406	출발번호	730-88-00128
상호(법인명)	주식회사 제스코	상호(법인명)	주식회사 인티텍
사업장주소	제주특별자치도 제주시 선남남1길 79(충북빌딩)	사업장주소	제주 제주시 중앙로14길 21, 506호
업종	제조업	업종	제조업
이메일	jeju@doem.co.kr	이메일	su1779@naver.com
작성일자	2018-05-14	작성일자	2018-05-14
총액	10,450,000	세액	1,045,000
일	05	일	05
일	14	일	14
종목	삼양 온배수현장 기계설비용역 계약금	종목	삼양 온배수현장 기계설비용역 계약금
규격		규격	
수량	1	수량	1
단가	10,450,000	단가	10,450,000
공급가액	10,450,000	공급가액	10,450,000
세액	1,045,000	세액	1,045,000
비고		비고	
합계금액	11,495,000	합계금액	11,495,000

전자세금계산서		승인번호	20180822-1000000-22297273
출발번호	616-81-71406	출발번호	730-88-00128
상호(법인명)	주식회사 제스코	상호(법인명)	주식회사 인티텍
사업장주소	제주특별자치도 제주시 선남남1길 79(충북빌딩)	사업장주소	제주 제주시 중앙로14길 21, 506호
업종	제조업	업종	제조업
이메일	jeju@doem.co.kr	이메일	ky064@gmail.com
작성일자	2018-08-22	작성일자	2018-08-22
총액	10,450,000	세액	1,045,000
일	08	일	08
일	22	일	22
종목	삼양 온배수현장 기계설비용역 계약금	종목	삼양 온배수현장 기계설비용역 계약금
규격		규격	
수량	1	수량	1
단가	10,450,000	단가	10,450,000
공급가액	10,450,000	공급가액	10,450,000
세액	1,045,000	세액	1,045,000
비고		비고	
합계금액	11,495,000	합계금액	11,495,000

전자세금계산서		승인번호	20180518-42000105-g7708249
출발번호	616-81-71406	출발번호	616-83-01466
상호(법인명)	주식회사 제스코	상호(법인명)	주식회사 인티텍
사업장주소	제주특별자치도 제주시 원복동원복남1길 79(복지)	사업장주소	제주특별자치도 제주시 중앙로14길 21, 506호
업종	제조업	업종	제조업
이메일	jeju@doem.co.kr	이메일	su1779@naver.com
작성일자	2018-05-18	작성일자	2018-05-18
총액	92,000,000	세액	9,200,000
일	05	일	05
일	18	일	18
종목	여과기교체 및 사육수 공급배관 확장공사	종목	여과기교체 및 사육수 공급배관 확장공사
규격		규격	
수량	1	수량	1
단가	101,200,000	단가	101,200,000
공급가액	92,000,000	공급가액	92,000,000
세액	9,200,000	세액	9,200,000
비고		비고	
합계금액	101,200,000	합계금액	101,200,000

전자세금계산서		승인번호	20180518-42000105-g7708249
출발번호	616-81-71406	출발번호	616-83-01466
상호(법인명)	주식회사 제스코	상호(법인명)	주식회사 인티텍
사업장주소	제주특별자치도 제주시 원복동원복남1길 79(복지)	사업장주소	제주특별자치도 제주시 중앙로14길 21, 506호
업종	제조업	업종	제조업
이메일	jeju@doem.co.kr	이메일	su1779@naver.com
작성일자	2018-05-18	작성일자	2018-05-18
총액	92,000,000	세액	9,200,000
일	05	일	05
일	18	일	18
종목	여과기교체 및 사육수 공급배관 확장공사	종목	여과기교체 및 사육수 공급배관 확장공사
규격		규격	
수량	1	수량	1
단가	101,200,000	단가	101,200,000
공급가액	92,000,000	공급가액	92,000,000
세액	9,200,000	세액	9,200,000
비고		비고	
합계금액	101,200,000	합계금액	101,200,000

(4) 신규 고용창출

- 본 연구과제를 위한 핵심인력 확보 및 신규인력창출, 기업부설연구소 연구원 및 사내 기술 지원 및 연구, 현장 시공 개발 전문인력 확보
- 2017년도 (1차년도)신규인력 : 4명

성명	김대승(男)	김수옥(女)
생년월일	831206	880704
채용기관명/직위	(주)제스코 / 연구소장	(주)제스코 / 연구원
담당업무/전공	연구과제 총괄책임	연구과제 행정실무담당
참여기간	'17.04. ~ '18.12.	'17.04. ~ '18.12.

성명	양창준(男)	박석재(男)
생년월일	870223	810317
채용기관명/직위	(주)제스코 / 연구원	(주)제스코 / 선임연구원
담당업무/전공	연구과제 현장운영	연구과제 실무 및 현장운영
참여기간	'17.06. ~ '18.03.	'17.07. ~ '18.03.

- 2018년도 (2차년도)신규인력 : 3명

성명	양원호(男)	강영석(男)
생년월일	730401	780704
채용기관명/직위	(주)제스코 / 차장	(주)제스코 / 과장
담당업무/전공	연구과제 현장운영	연구과제 행정 및 현장업무
참여기간	'18.05. ~ '18.09.	'18.05. ~ '18.12.

성명	김진(男)	
생년월일	850208	
채용기관명/직위	(주)제스코 / 대리	
담당업무/전공	연구과제 현장운영	
참여기간	'18.06. ~ '18.12.	

발급번호	20171208717435	발급일시	2017-12-08 14:15	사업장 관리번호	61681714060	
구분	국민연금	건강보험	산재보험	고용보험		
사업자등록번호	616-81-71406	616-81-71406	616-81-71406	616-81-71406		
사업장 명칭	(주)제스코	(주)제스코	(주)제스코	(주)제스코		
■ 가입 내역(발급일자 현재기준) 1 / 2						
연번	주민(외국인)등록번호	성명	자격취득일			
			국민연금	건강보험	산재보험	고용보험
1	590623-1*****	윤성환	미가입	2017.08.22	자진신고사업장	미가입
2	800629-1*****	백찬홍	미가입	미가입	자진신고사업장	2014.12.19
3	860509-1*****	강보선	미가입	미가입	자진신고사업장	2015.01.01
4	690127-2*****	김서연	2017.08.21	2017.08.21	자진신고사업장	2017.08.21
5	740102-2*****	전숙희	미가입	미가입	자진신고사업장	2016.05.01
6	770526-1*****	김성훈	미가입	미가입	자진신고사업장	2014.12.29
7	800822-1*****	이진철	2016.08.01	2016.08.01	자진신고사업장	2016.08.01
8	810317-1*****	박석재	2017.07.01	2017.07.01	자진신고사업장	2017.07.01
9	811110-1*****	강영철	2016.01.01	2016.01.01	자진신고사업장	2016.01.01
10	821225-1*****	임상철	미가입	미가입	자진신고사업장	2015.11.02
11	831206-1*****	김대승	2017.04.01	2017.04.01	자진신고사업장	2017.04.01
12	840202-1*****	김대영	2015.03.09	2015.03.09	자진신고사업장	2015.03.09
13	870110-1*****	이종원	2016.12.01	2016.11.01	자진신고사업장	2013.12.16
14	870223-1*****	양창준	2017.06.01	2017.06.01	자진신고사업장	2017.06.01
15	880704-2*****	김수옥	2017.04.01	2017.04.01	자진신고사업장	2017.04.01
16	881116-1*****	양용우	2016.09.20	2016.09.20	자진신고사업장	2016.09.20

발급번호	20180903243814	발급일시	2018-09-03 21:11	사업장 관리번호	61681714060	
구분	국민연금	건강보험	산재보험	고용보험		
사업자등록번호	616-81-71406	616-81-71406	616-81-71406	616-81-71406		
사업장 명칭	(주)제스코	(주)제스코	(주)제스코	(주)제스코		
■ 가입 내역(발급일자 현재기준) 1 / 2						
연번	주민(외국인)등록번호	성명	자격취득일			
			국민연금	건강보험	산재보험	고용보험
1	490701-1*****	고경봉	미가입	2017.12.13	자진신고사업장	2017.12.13
2	600629-1*****	백찬홍	미가입	미가입	자진신고사업장	2014.12.19
3	660509-1*****	강보선	미가입	미가입	자진신고사업장	2015.01.01
4	730401-1*****	양원호	미가입	미가입	자진신고사업장	2018.03.28
5	740102-2*****	전숙희	미가입	미가입	자진신고사업장	2016.05.01
6	770526-1*****	김성훈	미가입	미가입	자진신고사업장	2014.12.29
7	771021-1*****	김용철	미가입	미가입	자진신고사업장	2017.12.15
8	780704-1*****	강영석	미가입	미가입	자진신고사업장	2018.04.01
9	811110-1*****	강영철	미가입	미가입	자진신고사업장	2016.01.01
10	821225-1*****	임상철	미가입	미가입	자진신고사업장	2015.11.02
11	831206-1*****	김대승	2017.04.01	2017.04.01	자진신고사업장	2017.04.01
12	850208-1*****	김진	미가입	미가입	자진신고사업장	2018.06.01
13	880704-2*****	김수옥	2017.04.01	2017.04.01	자진신고사업장	2017.04.01
14	881116-1*****	양용우	2018.04.20	2018.04.20	자진신고사업장	2016.09.20

(5) 학술발표

No	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCI여부 (SCI/비SCI)	게재일
1	지하수 열원 지중열교환기의 열용량 분석	제주대학교 첨단기술연구소 논문집	김대영	제29권 pp55-61	한국	제주대학교 첨단기술연구소	비SCI	2018.12

濟州大學校 尖端技術研究所 論文集 第29卷, pp.55-61, 2018. 12
 Journal of Research Institute of Advanced Techn., Vol.29, pp.55-61, 2018. 12
 Doi: 10.22666/riat.20180108

지하수 열원 지중열교환기의 열용량 분석

김대영*, 김대승**, 현명택***

Analysis of Heat Capacity on Geothermal Heat Exchanger with Groundwater Heat Source

Dae-young Kim* · Dae Seung Kim** · Myung-Taek Hyun***

ABSTRACT

This study is to analyze the performance of a heat pump system for groundwater heat source in Jeju Island. The location is Doryon 2 Dong in Jeju city with height 75m. It was done by developing a new heat exchanger for groundwater with SUS316, which consisted of two supplying and returning 50mm diameter main tubes and a 10mm diameter coil type branch. The heat exchanger was 30 meters long and was submerged in groundwater. The capacity of cooling was expected about 123kW(35.1RT) for 32°C which is the cooling design limit temperature, and it is a much higher value than the cooling capacity of 10-17.5kW(3-5RT) observed in main land. This result shows that geothermal energy in Jeju Island is very useful.

Key words : Geothermal heat exchanger(지열 열교환기), Geothermal capacity(지열 열용량), Groundwater heat source(지하수 열원), Capacity of cooling(냉방능력), Heat pump(히트펌프)

1. 서론

지열원 히트펌프 시스템(Ground Source Heat Pump System, GSHPs)은 냉·난방 겸용 시스템으로 크게 지중열 교환기와

히트펌프 유닛으로 구성된다. 난방 모드에서 작동할 때는 지중 열교환기를 통해 지중의 열을 흡수하여 실내로 공급하는 반면 냉방모드에서 작동할 경우에는 실내에서 흡수한 열을 지중열교환기를 통해 지중으로 방출하게 된다[1].

지열 이용 기술은 밀폐형과 개방형으로 구분되는데 밀폐형은 지하에 수평 혹은 수직으로 파이프를 묻고 파이프 내에 열매체를 순환시키면서 지열을 열전도 방식에 의해 흡수 혹은 방출하면서 이용

* 제주대학교 기계공학부 대학원생, Department of Mechanical Engineering, Graduate School, Jeju National University

** 유네스코 기업부설연구소장, JESCO CO., LTD

*** 제주대학교 기계공학부 교수, Jeju National University

김대영·김대승·현명택

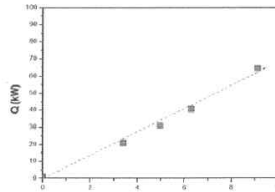


Fig 7. Capacity of cooling with referenced temperature differences

Fig. 7에서 알 수 있듯이 상대온도 9.1°C 가 본 측정 장치의 한계점으로 이 때 냉방 능력은 약 64.4kW 임을 알 수 있다.

지열 시스템이 냉방 운전 시, 열원측 순환수 입·출구 적정평균온도를 지열 인증 시험 조건을 참조하여 산정하면 냉방능력 허용가능 평균온도를 32°C로 산정할 수 있다.[7] 실험결과를 1차원 함수로 산정하여 확장한 결과를 Fig. 7에 제시하였고 냉방능력 측정 기준온도인 32°C에서의 값을 추정하면 약123kW(35.1RT) 이다.

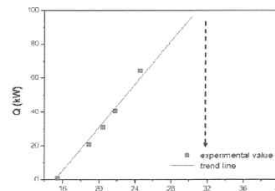


Fig 8. Extrapolation on capacity of cooling with averaged circulating water temperatures

결론

제주도 지열에너지 활용 및 그 시스템은 최근까지 비효율적이라고 인식되어 왔다. 화산섬의 지질적, 환경적 특성상 열전도를 이용한 밀폐형 지열에너지 이용 방법이 부적절했고 지하수 열원을 사용할 수 없었기 때문이다.

기존 육지에서 활용하는 지열에너지는 보통 한개의 천공으로부터 3 ~ 5RT가량의 에너지를 얻고 있다. 그러나 본 실험에서 확인된 것처럼 제주도의 지하수 열원을 이용한 방식의 경우 약 35RT에 이르는 열용량이 예측되었다. 이 결과는 제조사의 천공비가 내륙의 여타 지역보다 비싸지만, 지열 공당 냉방능력이 우수하므로 그 경제성이 확보됨을 알 수 있다.

따라서 본 실험을 통해 제주도 지하수를 이용한 지열에너지의 활용성 및 효율성이 매우 높음을 입증하였다. 또한 지하수를 지상으로 끌어올려 열교환 후 지하로 다시 흘려보내는 개방형 지열이용시스템 보다 훨씬 환경친화적이므로 본 시스템이 기존의 개방형 지열에너지 이용기술을 대체 가능 하리라 판단된다.

제주도는 CFI(Carbon Free Island) 2030 구축 및 보다 높은 가치실현을 위하여, 태양광, 풍력 등과 더불어 지하수를 에너지원으로 이용하는 등 신재생에너지원 적용 및 보급에 보다 적극적으로 활용해야 할 것으로 사료된다.

사사의 글

본 결과물은 동립축산식품부의 재원으로 동립식품기술기획기원의 첨단생산기술개발 사업의 지원을 받아 연구되었음(117014-2).

(6) SW등록(프로그램 저작물 등록)

등록번호	C-2019-000216호
저작물의 제호(명칭)	제주형 시설온실 지열 냉난방 모니터링 프로그램
저작물의 종류	컴퓨터프로그램저작물 > 응용프로그램 > 산업용 S/W
창적 및 공표연월일	2018. 10. 19
등록연월일	2019. 01. 03



(7) 업무협약(MOU)

협약명	'제주형 시설온실 지열냉난방시스템 개발' 기술공유 및 사업화를 위한 양해각서 체결
대상기관	대성히트펌프 주식회사
협약체결일	2017. 12. 06

협약명	'제주형 시설온실 지열냉난방시스템 개발' 연구과제 수행 협약서
대상기관	실증지역 시설농가(김순일 농가)
협약체결일	2018. 01. 02

협약명	'제주특별자치도 신재생에너지 지열시스템 보급'을 위한 양해각서
대상기관	사단법인 한국지열에너지학회
협약체결일	2018. 12. 21

「제주특별자치도 신재생에너지 지열시스템 보급」을 위한 양 해 각 서
[Memorandum Of Understanding]

(주)제스코 와 (사)한국지열에너지학회(이하 "양 기관"이라 함)는 제주특별자치도 신재생에너지 지열시스템 개발 및 보급을 위하여 양 기관의 전문성을 살린 사업을 추진하기로 하고, 다음과 같이 협약을 체결한다.

- 다 음 -

1. 양 기관은 제주특별자치도 신재생에너지 지열시스템 개발 및 보급 사업을 추진함에 있어서 상호 업무협력 체계를 구축하고, 다음 각 호의 분야에 대하여 상호 긴밀하게 협력한다.
 - ① 제주특별자치도 신재생에너지 지열시스템 개발 및 보급사업 분야의 과학적이고 친환경적인 개발과 관리를 도모하기 위한 연구·개발 사업을 추진한다.
 - ② 제주특별자치도 신재생에너지 지열시스템 개발 및 보급사업 분야의 창조적인 성장을 선도하고, 적용과 관련하여 유관기관과 협의하여 세미나 등을 통해 제주특별자치도에 지열시스템을 적극 홍보할 수 있도록 한다.
 - ③ 제주특별자치도의 발전과 도민의 편의를 위한 과학적인 기술개발 사업을 추진하고, 지역 특성에 맞는 첨단 과학화 사업도 함께 확대한다.
2. 양 기관은 연구·개발되는 제주형 지열냉난방시스템 개발 및 농업에너지이용 효율화 사업 분야에 대한 기술의 성공적인 사업화진행과 성과확산을 위해 상호 협력하며, 그 성과를 공유할 수 있는 필요한 조치를 이행한다.
3. 양 기관은 본 협약의 내실 있는 이행 및 지속적인 협력을 위하여 정보와 인력을 상호 교류하고, 필요한 경우 실무협의회(Task Force)를 구성·운영한다.
4. 양 기관은 본 협약의 내용을 성실히 수행할 것을 확인하고, 협약서 2부를 작성하여 각 1부씩 보관한다.

2018년 12월 21일

(주)제스코

대표이사 심 성 천



(사)한국지열에너지학회

학회장 박 윤 철



(8) 홍보전시

전시회명	2018 대한민국 에너지대전
전시기간	2018. 10. 02 ~ 2018. 10. 05
장소/규모	킨텍스 1,2홀 / 303개사 / 1050부스
전시품목	제주형 지중 열교환기 및 지열시스템 소개



(9) SUS 열교환기 성능시험 시험성적서

□ 제주형 지열 열교환기 열용량시험(열전도 테스트) 시험성적서 발급

○ SUS형 열교환기 열용량 : 123kW

○ PE관 대비 SUS관 열교환기 성능 : 358.1 % 향상

- PE관 열용량 : 9.8RT

- SUS관 열용량 : 35.1RT



시험 성적서 TEST REPORT

경기도 안산시 상록구 해안로 705 경기테크노파크 기술고도화동 113호 TEL. 031-500-3820 FAX. 031-500-3825

성적서번호 Report No.	KRAAC-CR-18-087	(11)/5(pages)
------------------	-----------------	---------------

1. 의뢰자 (Client)

기관명	제주대학교 산학협력단	대표자	도양철
사업자등록번호	616-82-16375	E-mail 주소	kronose@naver.com
대표 전화번호	064-903-1756	담당 전화번호	010-5595-6901
주소	제주특별자치도 제주시 제주대대로 102 (아라리오동) 제주대학교 산학협력단		

2. 시료 (Sample Description)

현상명	제주특별자치도 제주시 도안동 38번지 (지열수) 분기	속장간격	1 mm
천공 깊이	65.0 m	사용유체	water
지하수 수위	35.0 m	지열교환기 재료	STS 316 40mm

3. 시험기간 (Date of Test) : 2018년 4월 26일
4. 시험방법 (Test method used) : 의뢰자 제시방법
5. 시험결과 (Test Results) : 시험결과 참조
6. 기타사항 (Remarks)


- 시험성적서의 용도 : 지열이용검토서 검토 제출용 (한국농어촌공사 제주지역본부)
- 시험환경 : 온도 (최저 12 °C, 최고 22 °C), 습도 (최저 65 % RH, 최고 83 % RH)
- 실적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시험방법으로 시험한 결과로써 전체내용에 대한 책임을 보증하지는 않습니다.
- 실적서는 한국냉동공조기술센터의 사전 서명유체 임의 온도, 상진, 압력 및 소음용으로 사용될 수 없으며, 용도 이외의 사용은 금합니다.
- 이 실적서는 절하여 사용할 수 없으며, 시본은 영구적입니다.
- 실적서의 진위확인이 필요할 경우 상기 연락처로 연락주시기 바랍니다.

확인	작성자 (Tested by) 성명 : 김민준 (서명)	기술책임자 (Technical Manager) 성명 : 최충현 (서명)
----	----------------------------------	--

2018년 6월 20일

한국냉동공조인증센터
KOREA REFRIGERATION & AIR-CONDITIONING ASSESSMENT CENTER
경기도 안산시 상록구 해안로 705 경기테크노파크 기술고도화동 113호
TEL. 031-500-3820 FAX. 031-500-3825 www.kraac.or.kr

KRAAC-TP-5101-01(12)



시험 결과 TEST RESULT

성적서번호 Report No. KRAAC-CR-18-087 (2)/5(pages)

1. 일반사항

1.1 제주대학교 산학협력단은 제주형 지열교환기의 열용량시험을 진행하고자 본 인증센터에 시험을 의뢰함.
 1.2 시험방법 및 조건은 의뢰자가 제시한 방법 및 조건으로 시험함.


표 1. 지열교환기 사양

지열교환기 형식	제주형	지열교환기 재료	STS316
지열교환기 입수 파이프	50A (1 EA)	지열교환기 환수 파이프	50A (1 EA)
지열교환기 순환수	물	지열교환기 열빌	지하수
보어홀 규격	250 mm	그라우팅 깊이	35.0 m
천공 깊이	65.0 m	지하수 수위	35.0 m

2. 시험 방법

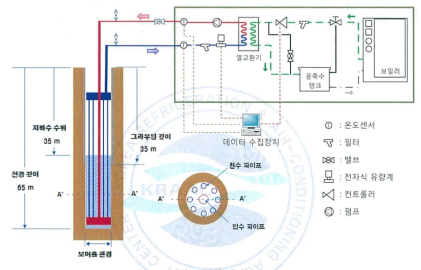
2.1 제주형 지열교환기를 의뢰자가 설계한 방법에 따라 지정된 장소에 설치하고 인증센터의 지열교환기 시험장비를 [그림 1]과 같이 연결하여 시험함.
 2.2 시험을 위해 필요한 전원은 의뢰자가 공급함(발전기 300 kW급).
 2.3 지열교환기 파이프 내부에 물을 가득 채운 후 순환펌프를 가동시켜 지열교환기 내부의 공기배기를 실시함.
 2.4 지중온도는 순환수에 열량을 투입하지 않은 상태로 1시간 이상 평표를 구동시킨 후 지열교환기 입구-출구 평균온도를 기준으로 선정함.
 2.5 열용량 시험을 위해 열보름을 이용하여 순환수의 유량을 180 L/min으로 일정하게 유지함.
 2.6 지열교환기로 열량이 전달되어 순환수에서 발생한 스팀의 양을 조절하여 투입하며, 지열교환기 입구-출구 온도차(EST-LST)를 일정하게 유지함.
 2.7 지열교환기로 열량투입 후 10분 간격으로 순환수 평균온도 변화를 확인함.
 2.8 순환수 평균온도가 10분 동안에 0.1 °C 이내 범위에서 상승하면 그 이후로 30분 이상 시험을 지속하여 데이터를 취득함.
 2.9 지열교환기 열용량은 열량투입 후 수집된 데이터의 마지막 10분 데이터를 평균하여 산출함.

KRAAC-TP-5101-02(05)



시험 결과 TEST RESULT

성적서번호 Report No. KRAAC-CR-18-087 (3)/5(pages)




3. 시험 조건

표 2. 시험 조건

시험항목	지열교환기 순환수	
	유량 [L/min]	온도차 (EST-LST) [°C]
열용량 시험	180	1.6, 2.4, 3.2, 5.0

KRAAC-TP-5101-02(05)



시험 결과 TEST RESULT

성적서번호 Report No. KRAAC-CR-18-087 (4)/5(pages)

4. 시험 결과

표 3. 시험 결과

시험항목	입수온도 (EST) [°C]	환수온도 (LST) [°C]	순환수 유량 [L/min]	투입 열량 [kW]	순환수 평균온도 (T _{avg, mean}) [°C]
Case 1 (Q ₁)	18.09	19.72	182.6	20.773	18.87
Case 2 (Q ₂)	19.24	21.66	183.1	30.962	20.45
Case 3 (Q ₃)	20.18	23.36	183.2	40.600	21.77
Case 4 (Q ₄)	22.07	27.09	183.3	64.389	24.58

- * 지중 온도 : 15.47 °C
- * $Q_e = m \cdot C_p \cdot (T_{EST} - T_{LST})$ m : 순환수 질량유량(kg/s), C_p : 비열(J/kg °C)
 T_{EST} : 지열교환기 입수 온도(°C)
 T_{LST} : 지열교환기 환수 온도(°C)

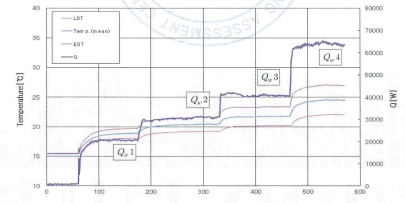


그림 2. DATA CHART (지열 열교환기).

KRAAC-TP-5101-02(05)



(10) 지질·지하수 분석보고서 / 경제성평가(LCC) 분석보고서

□ 지질·지하수 분석보고서

- 부산대학교 지질환경과학과 환경수리지질학 실험실에 의뢰하여 ‘제주도 지하수 및 지질 구조 분석’에 대한 보고서를 작성

□ 경제성평가(LCC) 분석보고서

- 사단법인 한국경영분석연구원에 의뢰하여 실증지역 지열시스템 공사 설치비용에 대해 비교·분석을 진행하였음

<p style="text-align: center;">제주도 지하수 및 지질구조 분석</p> <p style="text-align: center;">- 용역 보고서 -</p> <p style="text-align: center;">2017. 10.</p> <p style="text-align: center;"> 부산대학교 부산대학교 지질환경과학과 PUSAN NATIONAL UNIVERSITY 환경수리지질학 실험실</p>	<p style="text-align: center;">[주]제스코, 제주대학교산학협력단 위촉</p> <hr/> <p style="text-align: center;">도련지구 농업에너지이용효율화사업기계설비공사</p> <p style="text-align: center;">경제성효과(LCC) 원가계산 보고서</p> <hr/> <p style="text-align: center;">2018. 9.</p> <p style="text-align: center;"> KIBA <small>정부지원 원가계산·경제권역사업</small> 사단법인 한국경영분석연구원</p>
--	---

제 3절. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

- 본 기술개발 과제를 수행함에 있어 당초 목표로 하였던 모든 사항을 100% 달성하였음
- 차후대책(후속연구의 필요성)
 - 제주도는 지열을 활용할 수 있는 최적의 지질(현무암) 및 환경(국내 최대 연 강수량)에도 불구하고, 지열시스템의 보급성장률이 내륙지역 (연간 10%)에 비해 매우 낮은데(연간 1% 미만), 이는 지역특성에 적합한 지열시스템 기술개발의 부재와 더불어 지하수 관련법에 의해 현재의 지열 시스템을 적용하는데 한계가 있는 것으로 분석 됨
 - 풍부한 잠재자원에도 불구하고 현재 제주도의 지열에너지 보급은 미미한 수준임
 - 제주지역 지열시스템의 보급 확대와 신재생에너지 기본계획 목표달성을 위해서는 정부주도하의 정책적 투자가 필요하며, 제주지역 특성에 적합한 지열 냉난방시스템 기술개발이 필수적임
 - 따라서, 제주도 지하수법, 지질 및 지형 특성 등을 종합적으로 반영한 제주 지열 냉난방 시스템 설계 및 시공 기술 개발하고, 다양한 시설농가 및 양식업, 건물에 제주형 지열 냉난방시스템 실증적용을 통한 성능검증이 필요할 것으로 사료됨
 - 따라서 본 과제 수행 및 정부, 지자체 지원을 통해 사업을 수행하고 제주도 조례 및 규제 / 맞춤 기술개발/ 실증 및 검증 완료 후 한국에너지공단으로부터 신재생에너지원으로 인정이 필요시 됨
 - 신재생에너지 설비 KS 인증제도 및 보급정책 제도, 시공기준 조사 및 분석
 - 지중 열교환기 관련 KS 표준(수직밀폐형, 에너지파일형) 조사 및 분석

제 4장. 연구결과의 활용 계획 등

제 1절. 기대효과



1 기술적 측면	2 경제적 측면	3 산업적 측면
제주형 지하수열원 이용 지열시스템 용량 제어 및 알고리즘 기술 개발을 통한 고도화 진행	설계기준 현실화 → 초기투자비용 25% 감축	시설온실농가 지열보급사업 등 국가정책사업 활성화 및 사업영역확대
제주형 지열시스템 설계 및 시공 기준 구축을 통한 시스템 신뢰성 향상	냉난방 성능 향상 → 운전비용 10% 감축	화석연료 기반 시설보다 온실가스 배출이 적음 → 친환경적
시스템 운전상태의 점검 및 감시를 통한 효율적 관리	유지보수 매뉴얼 제공 → 관리비용 5% 감축	대체에너지사용에 의한 시설온실농가 에너지 절약과 유류수입대체 효과
시스템 고장 진단 및 알람을 통한 신속한 유지보수 및 대처	시설온실 농가,양식장, 축사 등 확대적용 → 농림식품분야 에너지 절감 도모 → 에너지절감 및 농업/어업 /축산농가의 경영비 부담감소	모니터링 정보 제공을 통한 시설온실 재배농가 편의성 도모 - 효율적 시설관리, 유지비 절감, 작물재배 안정성 향상, 농가소득 향상
시설온실 재배농가 맞춤형 서비스 제공 - 운전현황, 조작, 경고 및 알림, 유가대체 및 탄소배출저감에 따른 이익 정보 등		

- 제주도 지하수를 활용할 수 있는 지열 냉난방시스템 설계/제작/운전기술 개발로 시설온실 농가의 에너지 절감 기술 첨단화 및 고효율화에 기여
- 적정 규모의 선정과 사업비 투자로 비용의 효율적인 사용으로 농어촌의 경제발전에 이바지하며 궁극적으로 대체에너지 이용과 운영비 절감으로 농가의 경쟁력을 향상
- 시설온실 농가의 에너지 절약으로 유류 수입 대체 효과 및 농가의 소득향상에 기여
- 제어기술의 개발로 에너지 절약을 통한 농업 생산성 증진
- 농가의 에너지이용효율화사업 등에 참여기회를 제공하여 농가 소득 창출 가능

제 2절. 사업화 전략

- 제품홍보, 판로확보, 판매전략 등의 사업화 추진전략
 - 제주특별자치도 지하수 보고 조례와 농업에너지이용효율화사업의 기준에 부합하는 기술로 제주지역 농가의 지열설비보급에 활용
 - 제품 판매에 필요한 관련 인증 취득
 - 한국농어촌공사 농업 에너지이용 효율화 사업과 연계하여 사업화 추진
 - 서비스/운영/관리 SW : 프로그램 등록
 - 상품화를 위한 일괄 패키지 또는 기 설치지역에 적용할 업데이트 패키지로 구분
 - 신규 설치 지역에 대한 일괄 적용 제품 패키지화
 - 기 설치 지역에 적용할 업데이트 제품 패키지 구분
 - 정부정책 활성화 제도를 이용한 확산
 - 각 지방자치단체 및 농어촌공사에서는 농업에너지이용효율화 사업에 따른 지원제도를 운영중
 - 도내의 시설온실 농가를 대상으로 홍보를 추진하고 신규설치 형태의 판로를 구축하고 이후 유지관리 서비스 형태의 판로를 확대
 - 특히, Carbon Free Island 2030 프로젝트를 실행함에 있어 도내 에너지 현황 파악 및 정책수립에 기초자료로 활용가능
 - 판로개척을 통한 마케팅
 - 지열시스템 관련 각종 전시회 참가를 통한 홍보 및 마케팅
 - 제주형 지열시스템 인증취득을 통한 판로확대
 - 제주 지질층에 적합한 설계기준 개선(안)이 사업에 반영되도록 정책관련부서에 건의

구분	구체적인 내용
형태/규모	<ul style="list-style-type: none"> • 상용화 형태 : 지하수열원 활용 냉난방시스템 • 수요처 : 냉난방이 필요한 시설온실농가 • 예상 단가 : 800만원 / 1RT • 개발 투입인력 및 기간 : 10명
상용화 능력 및 자원보유	<ul style="list-style-type: none"> • 공공기관 및 민간용 지열원 냉난방시스템 설계 및 시공능력 보유 • 냉방 및 난방 적용 가능한 시스템 설계 및 제공
상용화 계획 및 일정	<ul style="list-style-type: none"> • 2018년 제주시 도런 시설농가 시스템 적용 • 2019년 농업에너지이용효율화 사업 시설온실 농가 적용 • 일반건축물 지열 냉·난방시스템 적용

제 3절. 사업화를 위한 비즈니스 모델

(1) BM 수립 배경

- 지열 에너지원은 신재생에너지원 중에서 공급량이 가장 높은 에너지원으로 열에너지 공급에 가장 적합한 시스템으로 검토되고 있음
- 제주지역의 지질 특성은 다공질의 현무암으로 국내 다른 지역과 매우 상이한 지질층을 가지고 있어, 일반적인 수직 밀폐형 지열 설비의 적용이 어려운 실정임
- 지하수 열원을 활용한 냉난방시스템의 시설온실 농가 실증을 통해 신뢰성을 확보하고 이를 바탕으로 정부지원정책에 적용시켜 농가의 냉난방비 부담을 절감시키는 것은 곧 농가의 경쟁력 향상 및 이익 증대에 가장 중요한 요인임

(2) 시장규모 및 성장성 분석

- 사업환경 및 목표시장 분석
 - 정책 및 사회경제적 트렌드 분석

구 분	국 내	해 외
정책적 이슈	<ul style="list-style-type: none"> ○ RHO 도입계획발표 : 2011.1 - 12차 녹색성장위원회 ○ RHO 도입일정발표 : 2013.8 - 2016부터 시행계획이었으나 현재 연기된 상태 ○ 제주 'Carbon Free Island by 2030' 프로젝트 추진 중 ○ 농어촌공사 '농업에너지이용효율화사업' 추진 중 ○ 한국에너지공단 '그린홈 100호 보급사업' 추진 중 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유럽(독일 등)을 중심으로 RHO 제도 시행 중 (2009년) - 재생에너지 난방비율 '10년 9% 에서 2020년 14%확대 목표 - 50㎡이상 건물 신축시 의무량 산정, 보조금 및 저리용자 - 정확한 M&V를 위한 계측성 강화, 별도기관 설립 등 검토 중
사회 /경제적 이슈	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사회적인 측면 - 공급자/수요자 측면에서 열생산 분야의 M&V 신뢰성 향상이 기대됨 ○ 경제적인 측면 - 정확도와 신뢰성 확보 열량계는 열원 시장에서 산출열량의 신뢰성 확보 - 제주형 지열 열교환기는 기존제품보다 높은 효율을 자랑함 ○ 풍부한 열에너지 부존량에 비해 전력분야에 집중된 지원으로 인한 열에너지간 산업성장 불균형 ○ 열에너지원별 균형발전과 열에너지 이용. 보급 촉진을 위한 정부 지원제도 필요 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 해외선진국들의 경우 비중이 높은 열에너지 소비에 대한 개선 필요성을 인식한 뒤로 전력, 수송연료에 비해 상대적으로 관심 밖이었던 냉난방 분야에 대한 신재생에너지 보급수단을 마련하고 도입운영하고 있는 실정임

○ 기회/위협요인 대응방안

구 분	기회 요인	위협 요인
내 용	<ul style="list-style-type: none"> ○ 정부지원을 통한 신재생열설비 보급 사업 활성화 ○ 제품 신뢰성향상을 통한 보급 확대 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지열원 방식별 정밀 계측시스템 부재 ○ 지열시스템 측정 표준 부재로 인한 품질 저하
강화/대응 방안	<ul style="list-style-type: none"> ○ 저비용, 고정밀을 통한 제품 상용화 ○ 측정 신뢰성 기술 확보를 통한 제품 경쟁력 강화 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 환경을 고려한 고효율 지열시스템 개발 ○ 지열 형식별 측정 표준화로 신뢰성확보



[그림 49] SWOT분석

- 국내 지열시스템 시장은 연간 약 2,800~3,000억원 규모이며, 이중 냉난방시스템 유닛과 열교환기 등을 포함한 장비 시장이 약 1,700억원 그리고 열교환기 시공을 포함한 시공 시장이 1,200억원 정도임
- 지열 시장이 형성될 당시 국산 냉난방시스템 유닛의 국내 시장 점유율은 미미하였으나, 산·학·연의 기술개발 노력과 에너지관리공단 신재생에너지센터의 지열 인증제도에 힘입어 80% 이상을 점유하고 있음
- 국내에 농가를 대상으로 지열 냉난방시스템의 유지관리를 위한 서비스를 제공하는 사업자는 다수의 대기업이 자동제어 시스템을 기반으로 하는 xEMS를 운영 중이며, 오픈되어 서비스를 제공하고 있지는 않은 상태임
- 또한 이와 유사하게 국내 다수의 대기업을 중심으로 xEMS 서비스 및 시스템 공급 사업으로 시장을 선도하고 있으나, 고가이고 도심의 신축빌딩 등을 대상으로 제품을 공급하고 있

음

- 아직 뚜렷하게 농가에 대한 xEMS 또는 지열시스템 통합관리 시스템을 공급하는 사업자 또한 없는 실정임
- 산업화를 통한 기대효과

(단위 : 백만원)

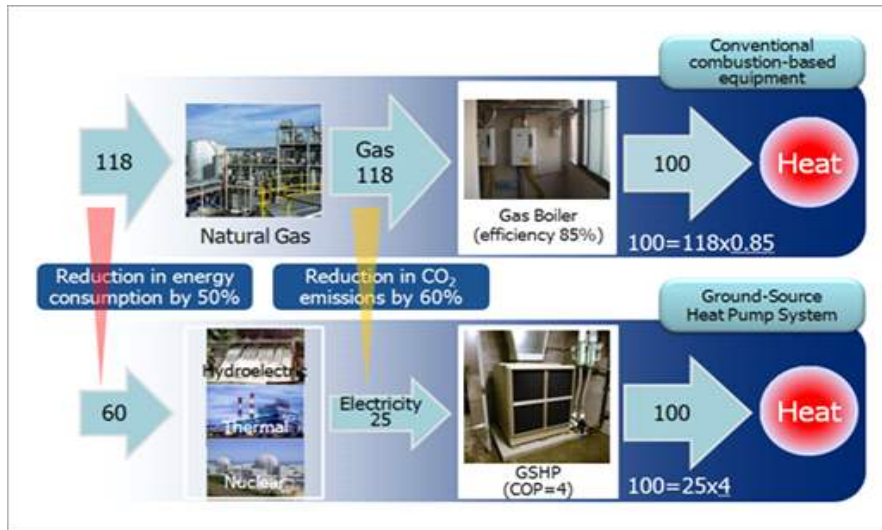
산업화 기준 항 목	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도	계
직접 경제효과	1,450	4,350	5,800	7,250	8,700	27,550
경제적 파급효과	5,000	10,000	15,000	20,000	25,000	75,000
부가가치 창출액	100	150	300	350	500	1,400
합 계	6,550	4,500	21,100	27,600	34,200	103,950

- 직접 경제효과 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통해 기대되는 제품의 매출액 추정치
- 경제적 파급효과 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통한 농가소득효과, 비용절감효과 등 추정치
- 부가가치 창출액 : 본 연구과제 개발기술의 산업화를 통해 기대되는 수출효과, 브랜드가치 등 추정치
- ※ 산출근거 : 지열시스템 시장은 장비시장 약 1,700억원, 시공시장 1,200억원으로 조사됨
- 매출 :매년 약 5%의 시장 점유율 증가로 가정함.
- 고용창출 : 년 5%의 매출 증가시 지열설계+시공인력+IT분야 S/W,H/W 인력이 1,000명의 고용창출이 늘어날 것으로 가정.
- 원가절감 : 전체 시장에서 0.5%가 매년 사용율이 늘어난다고 가정, 유지관리 비용의 10%를 절감 할 때의 비용을 산정함.(= [1,700+1,200] * 0.005 + [1,700+1,200] * 0.005 * 0.1)
- ※ 미국 ASHARE에서는 에너지를 모니터링 하는 것만으로도 10~15% 를 절감 한다고 함
- ※ 일본 능률협회는 정기적인 점검만으로도 유지관리 비용의 10% 이상을 절감 할 수 있다함

(3) 사업화 제품의 창의성 및 혁신성

- 제주 지하수열원을 활용한 시설온실 냉난방시스템 기술
 - 국내 신재생에너지 시장에서 지열이 차지하는 비중을 높이기 위해 각종 보급 정책을 시행하고 있으며, 동시에 다양한 방식의 지열 시스템에 대한 성능 실증 연구 관련 요소기술 시스템 효율 향상기술 개발에 지속적으로 투자가 되고 있지만, 제주도와 같이 특수한 지질층에 대한 지열 연구는 매우 미흡한 수준에 있음
 - 제주도의 풍부한 지하수열원을 이용한 냉난방시스템은 열교환기와 히트펌프 유닛으로 구성되며, 지하수로부터 열을 흡수하여 히트펌프를 통하여 고온의 열을 생산하여 시설온실 설비에 공급하는 시스템으로 히트펌프 유닛은 구동 에너지(전기, 가스 등)를 이용하여 보다 많은 에너지를 열의 형태로 공급하는 고효율의 친환경 열변환 기기이며, 단일기기로는 CO2 발생 저감효과가 매우 큼

- 아래 그림은 지열 냉난방시스템의 에너지 절약 효과와 대표적 온실 효과가스인 이산화탄소 배출 절감 효과를 개략적으로 나타낸 것임



[그림 50] 지열 냉난방시스템의 에너지절약 및 이산화탄소 배출절감

- 지열 냉난방시스템을 설치할 경우, 약 50%의 에너지 절약 효과와 더불어 60%의 이산화탄소(CO₂) 배출 절감 효과를 얻을 수 있음
- 따라서 고효율의 지하수열원 냉난방시스템 개발제품을 시설온실에 적용함으로써 농가 난방비 저감과 함께 화석에너지 사용량을 줄여 국가에너지 절약 및 환경규제 대응에 크게 기여할 수 있을 것으로 예상됨
- ICT 기반 모니터링 기술
 - 기존 설치된 지열시스템은 실제 설치 효과진단이나 유지보수를 생각한 운영시스템에 관련된 연구는 부족한 실정
 - 지열시스템은 초기 투자비가 큰 대신 운전비용과 유지비용을 절감하여 경제성을 확보할 수 있지만 현재 지열 시스템의 모니터링 장비는 기본적인 운전데이터만 측정하고 있음
 - 지열시스템의 1차 에너지 소비량과, 신재생에너지 생산량, 고장 발생 시 조치 결과 등 실질적인 정보를 실시간으로 진단할 수 없음
 - 시설농가의 직접적인 적용을 위해 운영상의 문제점을 개선하고 효율을 증가시켜 농가의 난방비 절감을 하는 기술 개발이 매우 중요함
 - 따라서, 본 시스템의 모니터링 기술은 현장방문이 아닌 실시간으로 데이터를 관리할 수 있는 모니터링 기술 과 유지보수 시스템을 구축하여 시스템의 효율을 증가시킬 수 있으며 이는 곧바로 농가의 직접적인 소득에 기여할 수 있음

(4) 비즈니스 모델 구현 방안

- 제품/기술의 장점
 - 본 기술은 기존의 일반적인 지열설비와는 달리 지하수 열원을 이용한 제주형 지열시스템이며 또한 일반적인 열량계와는 달리 지열시스템의 구조 및 특성을 반영한 기술로서 높은 신뢰성과 혁신성을 가짐

- 지열시스템의 특성을 반영하고, 유량계측시 구조적인 개선에 의하여 열량계 및 열교환기의 신뢰성과 내구성을 향상시키고, 데이터 처리 알고리즘과 통합운영관리 모니터링 구성으로 편리성과 기능적 측면에서 혁신성이 매우 큰 기술임
- 본 기술은 현장 데이터 취득과 자체 적산 기능 등을 보유하여, 데이터 전송에 따른 통신장애 시 등 Data의 안정적 확보가 가능하다는 기능적 우수성을 가짐

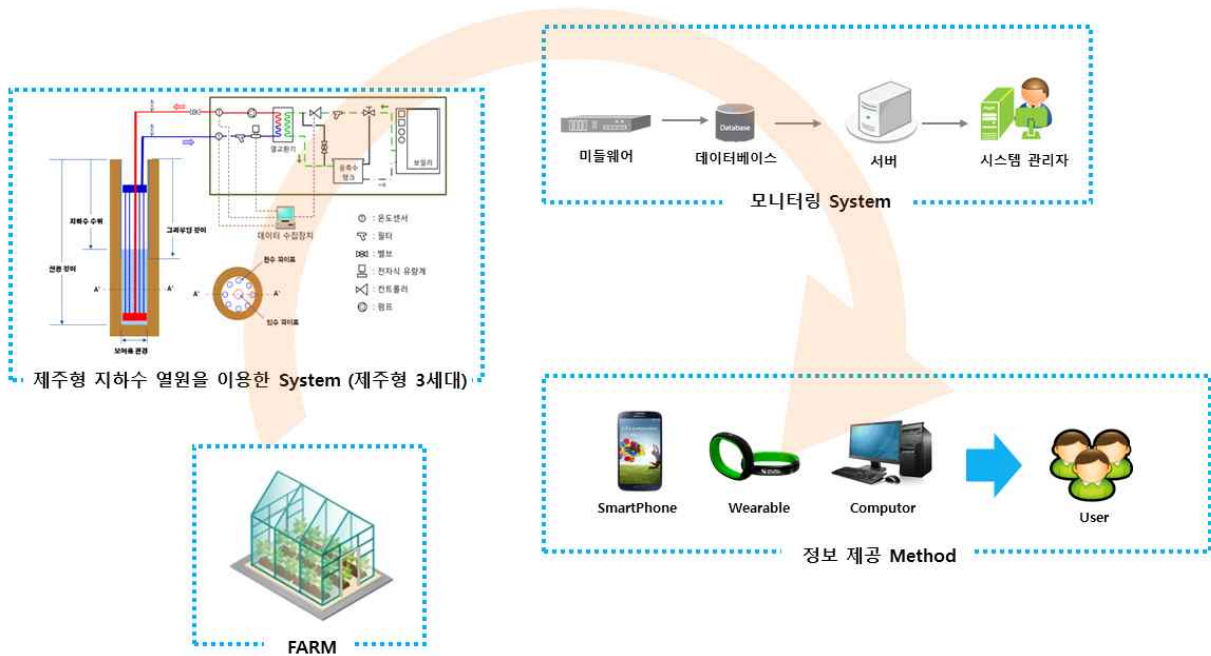
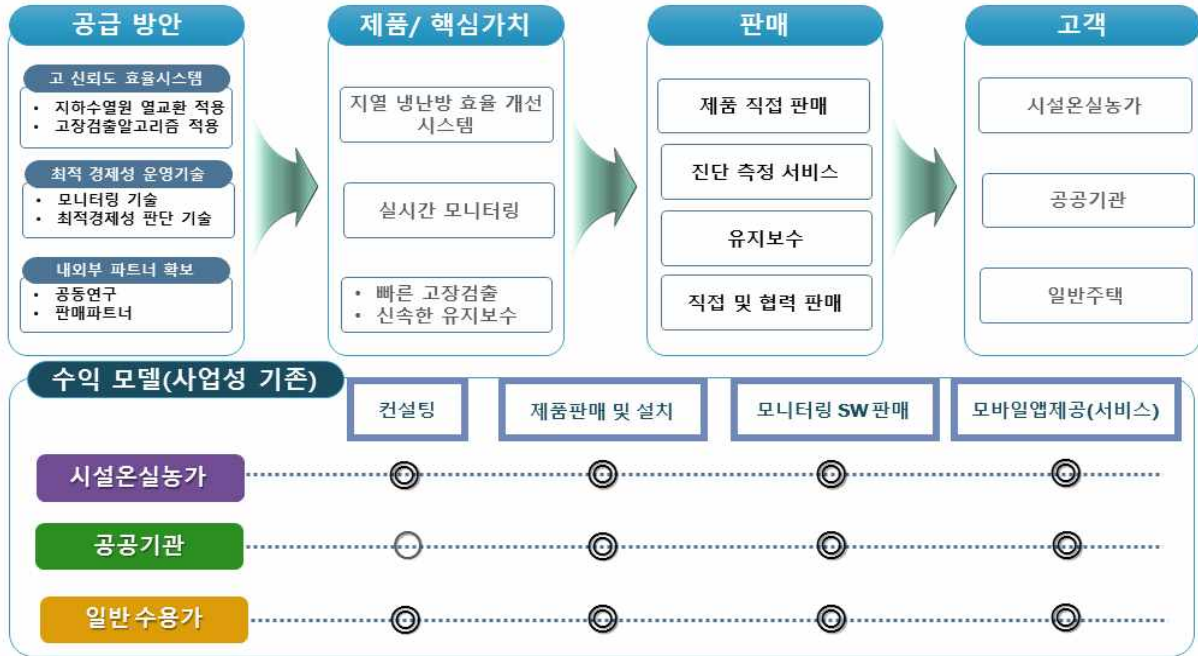
□ 차별화 방안

- 본 제품은 현재 난방용과 냉방용으로 구분되어 있는 제한적인 범위의 열량계에 비해, 냉난방 겸용 측정 기능을 갖추었고, 화산지질층에 적용할 수 있는 제주형 열교환기 기능을 갖추어 기존 시스템과의 차별성을 통해 기술성과 경제성을 확보할 예정임
- 본 제품은 유량과 입출구온도 데이터만으로 열량을 산정하는 기존 시스템과 달리 지열시스템의 히트펌프 및 순환펌프 등과 연계되어 시스템의 운영 특성을 고려한 산정기법을 갖추어 차별화를 확보할 예정임
- ICT기반 통합운영관리 모니터링을 구성을 통해 언제 어디서든 관리자 및 사용자가 데이터를 쉽고 빠르게 확인할 수 있으며, 유지보수의 편리성까지 갖추었음
- 또한 정부의 에너지 수요 관리 등과 연계되어 지열시스템뿐만 아니라, 다양한 열에너지 생산량 산정 및 처리와 데이터베이스 구축을 통신 등과 연계된 시스템으로의 기능적 확장성을 확보할 예정임

□ 목표고객 정의

구분	선정 사유	제품에 대한 고객 요구 사항/수준	고객 요구사항에 대한 대응방안
공공부문	<ul style="list-style-type: none"> • 의무화 대상 확대로 생산열량에 대한 계측 필요 • 열원종류별 생산열량에 대한 정밀도와 신뢰성 높은 계측이 매우 절실함 	<ul style="list-style-type: none"> • 계측의 정밀도 및 신뢰성 요구 • 표준화된 측정방법 및 계측 필요 • 생산 열량 통합 	<ul style="list-style-type: none"> • 정밀도 및 신뢰성 높은 제품 제공 • 측정 및 설치 표준화 제시 • 수월한 모니터링 제공
민간부문	<ul style="list-style-type: none"> • 의무화 대상은 아니며 에너지 비용 절감 목적 • 에너지 등급제 또는 각종 에너지 관련 인증 획득 목적 • 농가, 축사, 양식장 등 소유주 	<ul style="list-style-type: none"> • 정확한 에너지 생산량 측정 및 효율보장 • 투자회수 기간 확인의 객관성 확보 	<ul style="list-style-type: none"> • 정밀도 및 신뢰성 높은 제품 제공 • 수월한 모니터링 제공

(4) 최종 서비스 모델



붙임. 참고문헌

- 강동환, 김성수, 양성일, 김태영, 정상용, 2008, 제주도 지역의 해안선에서 지형고도에 따른 지하수위 변동특성, UN이 정한 지구의 해, pp.313.
- 김봉상, 2011, 제주도 화산암층의 수리지질학적 특성연구, 부산대학교 박사학위 논문
- 고기원, 박윤석, 박원배, 2004, 제주도 동부지역의 지하 지질분포와⁴⁰Ar-³⁹Ar연대, 대한지질학회 춘계학술답사 자료집, p.29-50.
- 고기원, 박원배, 2005, 제주도 지하수 조사·연구 발달과정, 제주발전연구, Vol.9, 145p.
- 고동찬, 김용제, 2004, 다중 환경추적자를 이용한 제주도 지하수 유동 및 수질 특성분석, 한국지하수토양환경학회 추계학술발표회, pp.138-141
- 고동찬, 전수현, 박기화, 2007, 수리지구화학적 인자와 환경 추적자의 주기적 관측에 의한 제주도 지하수의 수질과 함양 특성 분석, 한국지하수토양환경학회지, Vol.12, No.4, pp.60-70.
- 권구상, 이진용, 목종구, 2012, 우리나라 지열시스템 이용현황 업데이트(2008-2011), 지질학회지, Vol.48, No.2, pp.193-199
- 과학기술부, 2006, 제주도 지하수 부존 특성에 대한 지구과학적 해석, 한국지질자원연구원, 182p.
- 김구영, 성현정, 김태희, 박기화, 박윤석, 고기원, 박원배, 우남철, 2005, 제주도 동부 해안대수층에서의 수평 유향·유속 검증자료 해석, 한국지하수토양환경학회 춘계학술발표회, pp.271-275.
- 김미성, 김형찬, 2005, 국내 지열 분포 현황, 지열에너지저널, 제1권, 제1호, pp33-38
- 김용철, 한병각, 이수형, 김구영, 전철민, 신제현, 문덕철, 김기표, 고기원, 박기화, 2007, 제주 화산암 매질에서 추적자 시험의 성공요건, 한국지하수토양환경학회 추계학술발표회, pp.102-105
- 김태호, 윤성이, 2012, 시설원예농가의 재생에너지 적용가능성 평가-지열·태양광의 경제성 분석을 중심으로, 한국유기농업학회지 Vol.20, No.3, pp.267-282
- 김진성, 송성호, 정교철, 차장환, 2015, 지하수를 이용한 지열 냉난방시스템의 경제성 및 이산화탄소 저감량 분석, 지질공학회지, Vol.25, No.4, pp.599-612
- 김진성, 차장환, 송성호, 정교철, 2014, 지하수 부존지역에서 최적 지열에너지 활용방식 수치 모의, 지질공학회지, Vol.24, No.4, pp.487-499
- 김진성, 2014, 효율적인 지열에너지 활용으로 냉방과 난방을 한방에 해소, 한국농어촌공사 농어촌연구원 RRI포커스. 제28호
- 김진성, 송성호, 정교철, 2013, 지하수 부존지역에서의 토질 및 암석 시료와 현장 열응답시험의 열전도도 비교, 지질공학회지, Vol.23, No.4, pp.389-398
- 김지욱, 고기원, 원종호, 한찬, 2005, 제주도 지하수 관리수위 설정에 관한 연구, 한국지하수토양 환경학회지, Vol.10, No.2, pp.12-19.
- 김형진, 여인옥, 김용철, 2008, 제주도 시추코어 물성실험을 통한 수리지질학적 특성연구, GroundwaterKorea2008, pp.535.
- 농림부, 농업진흥공사, 1971, 제주도 지하수보고서, 381p.

- 박진관, 정홍도, 신용한, 정호민, 정한식, 2011, 지열 현장 시공 사례 및 경제성 분석에 관한 연구, 대한설비공학회 2011 하계학술발표대회 논문집 pp.463-499
- 산업기지개발공사, 1981, 제주도 수자원개발 종합보고서, 388p.
- 서정아, 차장환, 구민호, 2008, 제주도 지하수위 수위 및 수온 변동 특성, Ground water Korea2008, pp.539.
- 송윤호, 2009, 지열을 이용한 냉난방 기술과 시설농업에의 적용, 한국농어촌공사 농어촌연구원, 농어촌과 환경, No.104, pp.79-90
- 임효재, 공형진, 강성재, 최재호, 2011, 지중열교환기 설치 조건이 지중 유효 열전도도와 보어홀 열저항에 미치는 영향, 설비공학논문집, Vol.23, No.2, pp.95-102
- 유영선, 강연구, 김영중, 강금춘, 2008, 수평형 지열히트펌프 시스템의 시설원에 냉난방 실증 효과, 한국신재생에너지학회 춘계학술대회 초록집, p123
- 윤정수, 박상운, 1994, 제주도 지하수의 지역별 수질특성과 수위변화, 제주대학교 해양연구소 연구보고, Vol.18, pp.59-84.
- 원종호, 2004, 제주도 지하수자원에 대한 수리지질학적 평가 및 물수지분석 연구, 서울대학교 박사학위 논문, 208p.
- 이기화, 1991, 제주도 지하수의 Ghyben-Herzberg관계소고(요약), 지질학회지, Vol.27, No.5, pp.551.
- 이문원, 한규언, 1978, 제주도의 지질과 지하수와의 관계 연구(1), 제주대학 논문집, 제9집, pp.193-204.
- 장재철, 강은철, 송준익, 김지영, 이의준, 2009, 지열 시스템의 원예시설과 축사시설 적용에 관한 연구, 한국지열에너지학회논문집, Vol.5, No.2, pp.1-6
- 조정식, 손병후, 신현준, 안형준, 2005, 지열에너지 이용 냉난방시스템 성능분석, 지열에너지저널, 제1권, 제1호, pp19-25
- 제주도·농업기반공사, 2000, 지하수 보전·관리계획 보고서
- 제주도, 2001, 제주도 수문지질 및 지하수자원 종합조사(I), 377p.
- 제주도, 한국수자원공사, 건설부, 1993, 제주도 수자원 종합개발 계획수립 부록, 643p.
- 한국지질자원연구원, 제주도, 2004, 미래 제주도 청정지하수 안정적 공급시스템 구축 사업, 214p.