

CNI세미나 2024-08

기후변화 대응과 효율적인 수자원 이용방안 마련을 위한 공동 세미나

일시 2024년 3월 14일(목) 14:00~18:00

장소 제주대 아라컨벤션홀 세미나1



기후변화 대응과 효율적인 수자원 이용방안 마련을 위한 공동 세미나

I 추진 배경

- 기후변화에 대응하고 수자원의 효율적인 관리를 위해 재이용, 해수담수화 등 다양한 상수원 확보를 위한 국가 및 지자체 차원의 노력이 추진 중
- 수자원 이용에 있어 일부 자치단체 및 제주특별자치도는 대형 상수원과 지하수 등 특정 수원에 대한 의존도가 높은 실정
- 지하수를 포함한 상수원을 효율적으로 이용하고 있는 제주특별자치도의 사례조사를 통한 정책 방안 마련 필요

II 추진 목적

- 지역 수자원 이용 현황 및 관리계획에 대한 의견 공유
- 수자원 의존도를 개선하고 대체 수자원 활용방안에 대한 논의를 통해 지역별 수자원 현안 해소방안 마련

III 행사 개요

- 일 시: 2024년 3월 14일(목) 14:00 ~ 18:00
- 장 소: 제주대 아라컨벤션홀 세미나1
- 주 관: 금강수계관리위원회
- 주 최: 충남연구원, 충남녹색환경지원센터, 제주녹색환경지원센터
- 주제 발표: 김진근(제주대학교), 고인종(제주지하수연구센터)
- 지정 토론: 김영일(충남연구원, 좌장), 김영준(충남녹색환경지원센터), 신우석(제주연구원), 장영진(제주녹색환경지원센터)

IV 프로그램

소 요 시 간		내 용		비 고
14:00~14:30	30분	참석자 등록 및 회의장 준비		-
14:30~14:40	10분	참석자 소개		사회:이종석 사무국장 (충남녹색환경지원센터)
14:40~14:50	10분	인사말씀		명형남 센터장 (충남녹색환경지원센터)
14:40~15:00	10분	세미나 취지 소개		김영일 선임연구위원 (충남연구원)
15:00~15:50	50분	주제 발표	제주특별자치도 상수도 우수율 향상방안	김진근 교수 (제주대학교)
15:50~16:40	50분	주제 발표	화산섬 제주의 지하수	고인종 연구위원 (제주지하수연구센터)
16:40~17:00	20분	휴식		
17:00~18:00	60분	종합토의		좌장:김영일 선임연구위원 (충남연구원)
18:00~		폐회		사회자

기후변화 대응과 효과적인 수자원 이용방안 마련을 위한 공동 세미나

제주특별자치도 상수도 우수율 향상 방안

2024. 03. 14.(목)

발표자 : 김진근

(제주대학교 환경공학과 교수)



Contents

- I 제주특별자치도 우수율 현황 및 문제점**
 - II 제주특별자치도 우수율 제고사업 분석 평가**
 - III 경제적 우수율 목표 달성 검토 · 분석 및 추진전략 마련**
 - IV 제주특별자치도 우수율 제고를 위한 개선 방안**
-

제주특별자치도 우수율 현황 및 문제점

3

유수율이란?

국내외 총괄수량수지 분류 체계 비교 · 검토

- **유수율**은 총급수량에 대한 금전적 수입을 발생시키는 수량(유수수량)의 비율임.
- 유수율을 산정하는데 있어 기준이 되는 **유수수량을 산정**하기 위해 총급수량에서 사용 및 손실된 모든 수량을 세부성분으로 나누어 분석하는 **총괄수량수지 분석**을 수행해야 함.
- 국내 총괄수량수지 분류체계는 국제 기준인 IWA 분류체계 보다 세분화되어 있으며, 국내 우수율 제고사업의 성과평가, 상수도통계 작성 등 수도사업 운영 · 관리 시 국내 분류체계를 준용하고 있음에 따라 **국내 분류체계를 준용**하는 것이 타당할 것으로 판단됨.

〈국내 총괄수량수지 분류체계〉

총괄수량수지				정의
총급수량	유효수량	유수수량	계량 요금수량	계량기에서 직접 계측되어 수도요금을 징수하는 수량
			미계량 요금수량	계량기로 계측되지 않고 수도요금이 부과되는 수량
			분수량	다른 수도사업자에게 분수하는 수량
			기타부과량	공공공원 녹지용수, 공중변소용수 등 타회계로부터 요금징수로 수입이 있는 수량
	유효무수량		수도사업용수량	정수장, 배수지에서의 사용수량과 수도관 세정 수량, 누수방지작업용수 등 수도사업자가 사용한 수량
			공공수량	소방용수 및 운반급수량 등 요금 수입이 없는 수량
			부정 사용량	수도사업자의 허가를 받지 아니한 수도사용, 급수업종 변경, 계량기 조작 등의 방법으로 불법적으로 사용한 수량
			계량기 불감수량	사용되었으나 계량기에 감지되지 않아 요금징수가 되지 않는 수량
	무효수량		조정 감액수량	이취미, 오염 등으로 수도사업자의 귀책사유로 인해 요금 징수 시 조정에 의하여 감액 대상이 된 수량
			누수량	송수시점 이후 급수사용자의 계량기 이전까지 발생된 손실수량

유수율 분석의 기준이 되는 **유수수량 산정**을 위해 **총괄수량수지 분석** 수행 필요

유수율 통계 오류 및 우수율 제고 방안

- 제주특별자치도는 2015년까지 76.9%로 잘못 관리되어 온 우수율을 2015년에 실 우수율 44.0%로 도민에게 공개하고, 2016.3월 우수율 제고 종합대책을 발표함.
 - (계획 수립) 15년 8월 우수율 오류 (13년 통계 76.9% → 실 우수율 44.0%) 정정 발표 → 16년 3월 우수율 제고 종합대책 수립
 - (사업기간/목표 우수율) 2016년(45.7%) → 2025년(85%)
 - (사업량) 블록구축 332블록(대 19, 중 66, 소 247), 관망정비 725km
 - (사업비) 3,934억원('25년까지 매년 400억 이상 투자)
- 그러나 재원 확보 저조와 사업 장기화에 따른 매년 노후관 지속 증가와 관로 노후화로 복원 누수 반복, 제주지역 지형여건에 따른 고수압 형성 및 육지부 대비 열악한 환경 등 다양한 문제점이 도출됨.
- 이에 따라 제주특별자치도는 2022.8월 노후관 정비 사업비(4,882억 원) 추가를 포함하여 우수율 달성 기간을 2년 연장한 2027년 목표 우수율 85% 달성 계획을 수립함(총사업비 : 8,816억원, '21년까지 기투자 1,919억원 포함).
- 우수율 제고 추진과정에 대한 전반적인 분석과 평가, 문제점 도출에 대한 대안 마련 등 효율적 우수율 제고 목표 달성을 위한 사업추진 적정성 확보 방안 마련 필요.

효율적 우수율 제고 목표 달성을 위한 사업추진 적정성 확보 방안과
경제적 우수율 목표 설정 방안 마련을 위한 종합적인 정책 수립이 필요함.

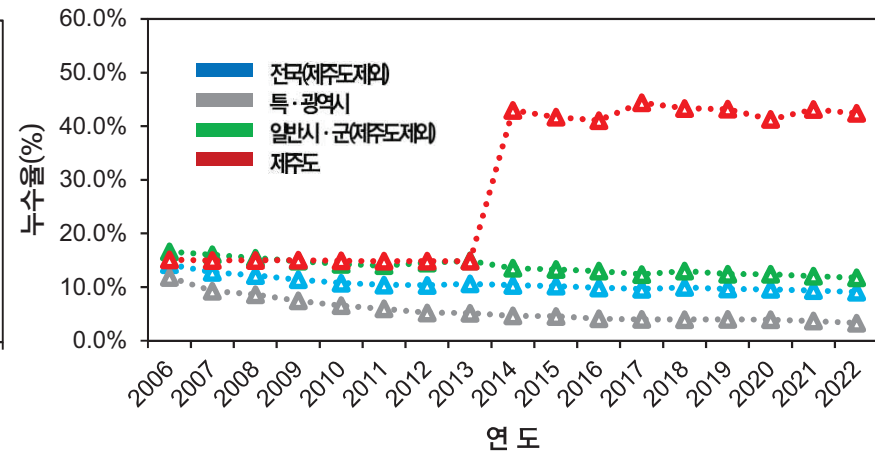
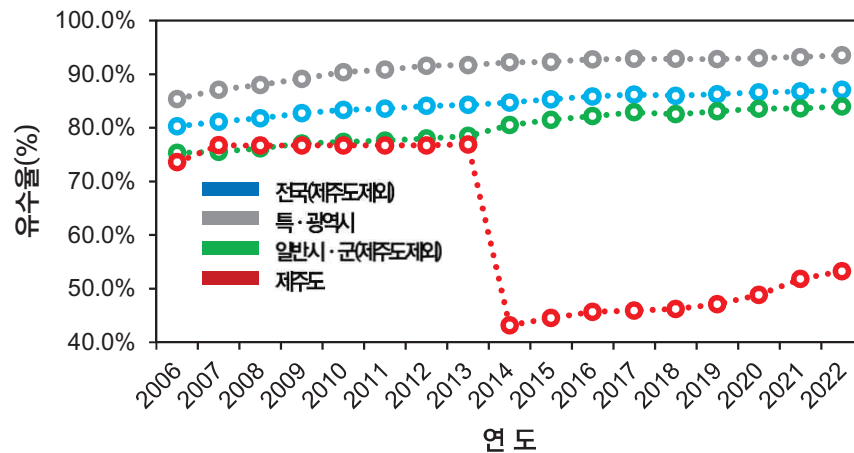
제주특별자치도 우수율 현황 및 문제점

5

유수율 현황

연차별 우수율 현황

- 전국 평균 우수율은 지속적인 우수율 제고 노력으로 증가추세에 있으며 2022년 상수도통계 기준 86.3%를 달성하였으나, 우수율 70% 미만 지자체가 46 개로 지역별 우수율 편차가 크며, 대·중·소블록별 우수율 분석을 통한 전략적인 우수율 제고 사업 추진이 필요함.



〈국내 우수율 현황(2022년 상수도통계 기준)〉

우수율(%)	50미만	60미만	70미만	80미만	85미만	90미만	90이상
시	-	3	10	14	15	19	15
군	-	9	23	28	12	-	4
특·광역시	-	1(제주도)	-	-	-	2	6
합계	-	13	33	42	27	21	25

지속적인 우수율 제고 노력으로 2014년 이후 제주특별자치도의 우수율은 증가추세에 있으나, 2022년 상수도통계 기준 제주특별자치도의 우수율은 53.3%로 전국 평균에 비해 낮은 수준임.

제주특별자치도 우수율 현황 및 문제점

6

유수율 현황

도시규모(급수인구밀도)별 우수율 현황조사

- 급수인구밀도*별 지자체 분류 결과 2022년 상수도 통계 기준 급수인구밀도 100 (명/km) 이상인 지자체의 경우 평균 우수율 84.5%로 전국 평균 77.2%보다 높게 나타났으며, 100 (명/km) 미만 지자체의 경우 평균 우수율은 72.3%로 전국 평균 우수율보다 낮게 나타남.
- 제주도를 제외한 급수인구밀도가 50 이상 100 미만인 지자체의 평균 우수율은 74.6%로 제주도의 우수율 53.3%보다 크게 나타남.

급수인구밀도 (명/km)	지자체 수	우수율(%)					
		60미만	70미만	80미만	85미만	90미만	90이상
500 이상 ~ 1,000 미만	13	-	-	구리시	광명시	부천시, 고양시	서울특별시, 수원시, 성남시, 안양시, 과천시, 오산시, 군포시, 의왕시, 하남시
100 이상 ~ 500 미만	53	경주시	강릉시, 동해시, 익산시, 여주시, 포항시, 칠곡군	안성시, 전주시, 군산시, 광양시, 진주시, 김해시, 거제시, 양산시	광주시, 양평군, 원주시, 속초시, 제천시, 계룡시, 목포시, 순천시, 김천시, 창원시, 통영시, 거창군	울산광역시, 세종특별자치시, 안산시, 시흥시, 용인시, 파주시, 김포시, 양주시, 춘천시, 충주시, 천안시, 아산시, 구미시, 경산시	부산광역시, 대구광역시, 인천광역시, 광주광역시, 대전광역시, 의정부시, 평택시, 동두천시, 화성시, 남양주시, 청주시, 증평군
50 이상 ~ 100 미만	45	삼척시, 보령시, 함천군, 제주특별자치도	태백시, 영월군, 철원군, 양구군, 보성군, 화순군, 영광군, 영주시, 영천시, 문경시, 밀양시	포천시, 가평군, 화천군, 고성군, 옥천군, 공주시, 홍성군, 남원시, 김제시, 완주군, 무주군, 담양군, 강진군, 해남군, 무안군, 함안군, 함양군	여주시, 홍천군, 예산군, 정읍시, 사천시	이천시, 서산시, 논산시, 당진시, 나주시	진천군, 음성군, 안동시
10 이상 ~ 50 미만	50	평창군, 정선군, 진안군, 임실군, 영암군, 군위군, 의령군, 남해군	연천군, 인제군, 양양군, 영동군, 청양군, 장수군, 곡성군, 구례군, 고흥군, 장성군, 신안군, 영광군, 영덕군, 청도군, 울릉군, 산청군	괴산군, 금산군, 부여군, 서천군, 태안군, 순창군, 고창군, 부안군, 함평군, 상주시, 의성군, 고령군, 성주군, 봉화군, 울진군, 고성군, 하동군	보은군, 단양군, 장흥군, 완도군, 진도군, 청송군, 예천군, 청녕군	-	횡성군

※ 급수인구밀도 = 총급수인구(명)/총관로연장(km) 531,668명/5,862km

※ 밑줄 친 지자체는 지방상수도 현대화사업 시행 지역(27개)

제주특별자치도와 도시규모가 비슷한 지자체의 평균 우수율과 제주특별자치도의 우수율을 비교한 결과, 각 74.6%, 53.3%로 둘 사이의 **편차가 상당한** 것으로 나타나 **전략적 우수율 제고사업**을 수행할 필요가 있음.

국내 우수율 제고 사업 및 관련 정책 조사

국내 우수율 관련 정책 변화

- 1999년 우수율 향상 대책 발표 이후 수도법 개정, 상수도관망 최적관리 시스템 구축사업 시행, 지방상수도 현대화사업(상수도관망 및 정수장 정비사업) 시행 등 우수율 제고를 위한 다양한 정책이 시행됨.

〈국내 우수율 관련 정책 변화〉

년도	내용
1999년	• 누수방지 및 우수율 향상 대책 발표(건설교통부: (현) 국토해양부)
2000년	• 옥내급수시설 누수탐사 등을 위한 서비스 센터 운영계획 • 계량기 전수조사 및 교체계획 수립 지침
2001년	• 상수도 우수율제고 업무처리규정(훈령 486호) • 우수율제고 기술지원단
2006년	• 수도법 개정 - 상수도관망기술진단
2007년	• 상수도관망의 기술진단 범위 및 시행방법 등에 대한 고시 • 수도정비 기본계획 수립 지침 보완
2010년	• 상수도관망 최적관리시스템 구축 및 유지관리 표준업무처리지침 • 태백권 상수도관망 최적관리시스템 구축 시범사업(~2015년)
2017년	• 지방상수도 현대화사업(~2025년)

상수도관망 최적관리 시스템 구축사업(2010)

- (사업목적) 상수도관망 최적관리 시스템 구축 사업은 **상수도시설의 노후화로 인해 감소하는 우수율의 제고를 목표로 추진**되었음.
- (사업 내역) 블록시스템 구축, 관망정비, 누수탐사 및 복구, 유지관리 시스템 복구 등을 통한 우수율 향상 및 수돗물 생산비용 절감을 주 목표로 함.
- (사업 수행 결과) 영월, 정선 지역에서 우수율 46.6%p 상승(38.8% → 85.4%), **연간 누수량 9.6백만㎥ 저감**(11백만㎥ → 1.4백만㎥), 수돗물 생산 비용 76억원(누적) **예산 저감** 등의 효과를 나타냄.

지방상수도 현대화 사업(2017)

- (사업목적) 1단계 지방상수도 현대화사업은 상수도관망 최적관리시스템 구축 사업의 후속 사업 격으로 상수도시설 노후화가 심각하고 **재정상태가 열악한 일반 시·군의 우수율 제고를 목표로 추진**되고 있음.
- (사업 내역) 관망정비, 누수탐사 및 정비, 블록시스템 구축, 유지관리시스템 구축 공사 등을 통한 우수율 향상 및 수돗물 생산 비용 저감을 목표로 함.
- (사업 수행 결과) '24년 1월 기준 27개 지자체의 사업 수행이 완료되었으며 **목표 우수율인 85%를 성공적으로 달성**하였음.

국내에서는 우수율 제고를 위해 다양한 정책이 수행되어 왔으며, 그 중 제주도 우수율 제고 정책 수립에 **상수도관망 최적관리시스템 구축 사업, 지방상수도 현대화 사업 등의 우수 사례를 참고**할 수 있음.

제주특별자치도 유수율 현황 및 문제점

8

국내 · 외 유수율 제고를 위한 중점 추진 사항 조사

유수율 제고를 위한 단계별 중점추진방안

- 유수율 제고 추진 방안은 크게 상수관망 노후관로 정비, 누수탐사 및 누수복구, 수압관리, 유지관리시스템 구축의 단계로 나눌 수 있음.

① 상수관망 노후관로 정비

- 불용관 및 다발관 정비
- 불량 송 · 배 · 급수관 정비
- 계량기, 밸브 등 부속시설 정비
- 블록 시스템 구축 및 GIS 작성

② 누수탐사 및 누수복구

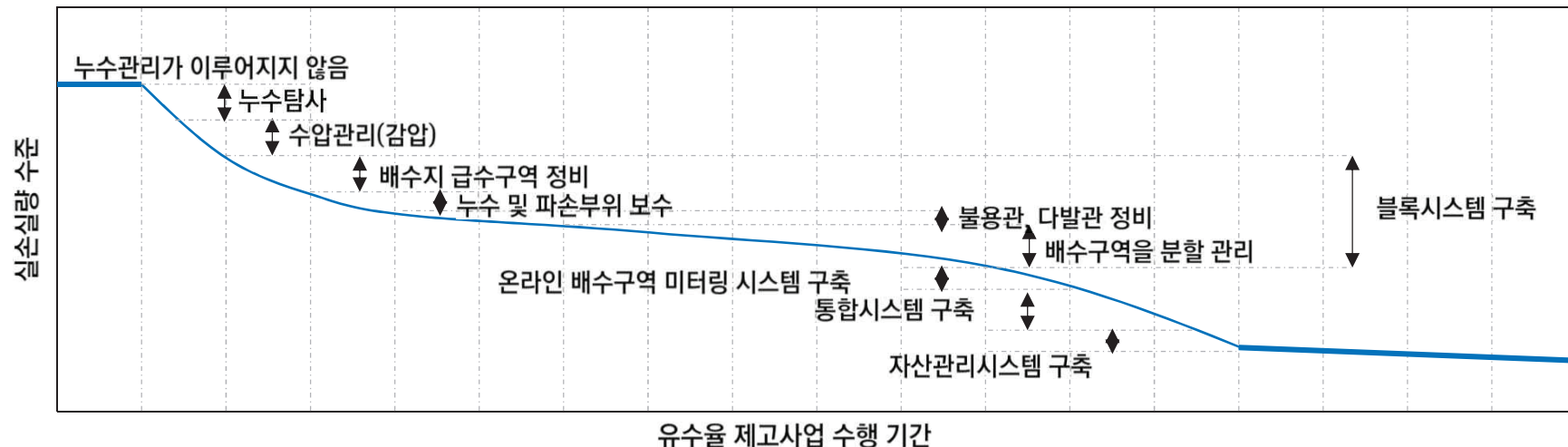
- 정기적 누수탐사
- 실시간 원격 누수감지시스템
- 누수복구 및 정비팀 운영

③ 수압관리

- 블록별 수압관리 시스템 구축
- 임계지점 수압 계측 및 관리
- 배수지 급수구역 정비

④ 유지관리시스템 구축

- 배수지 및 블록별 데이터 수집을 위한 현장설비 및 통신망 구축
- 상시 모니터링 시스템 구축
- 자산관리 시스템 구축



유수율 제고를 위해 상수관망 및 노후관 정비, 누수탐사 및 누수 복구, 수압관리, 유지관리시스템 구축 등의 방안을 수립하고 있으며, 단일 사업이 아닌 **종합적인 사업 수행을 통해 유수율 제고에 기여**하고 있음.

제주특별자치도 우수율 현황 및 문제점

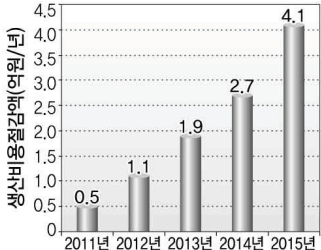
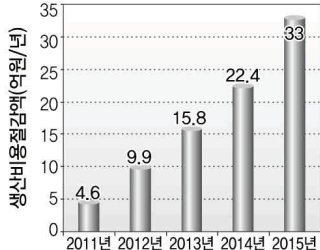
9

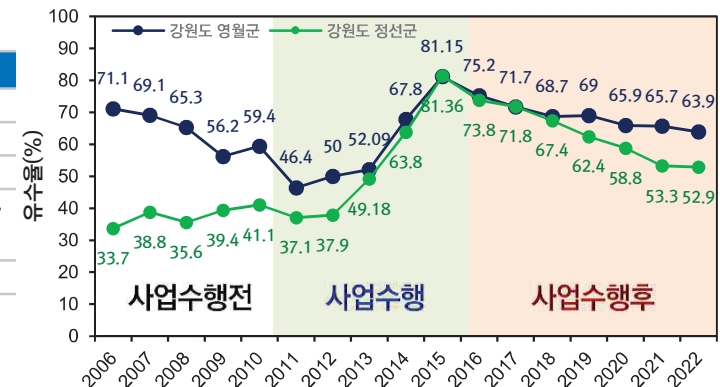
국내 우수율 제고 사업 사례 조사 및 분석

국내사례:① 상수도관망 최적관리시스템 구축사업(영월·정선)

- 2010년 상수도관망 최적관리시스템 구축 사업을 통해 누수량 감소 및 우수율 제고를 위하여 상수도관망 누수탐사 및 복구, 노후관 개량 및 블록시스템 구축, 상수도관망의 원격관리시스템 구축 등이 수행되었음.
- 강원도 영월·정선군은 상수도관망 최적관리시스템 구축사업을 통해 사업대상지역의 2015년 목표 우수율 85% 달성에 성공하였으며 생산비용 절감 및 우수수량 증가로 인한 요금수입 증가 효과를 얻었으나, 2022년 우수율이 각각 63.9%, 52.9%로 감소하였음.

〈영월군, 정선군의 상수도관망 최적 관리시스템 구축사업 추진 결과〉

구분	사업 추진 결과	
사업내역	급수체계, 블록시스템 정비, 관망정비 등	
총사업비	75,144 백만원(영월군 35,682, 정선군 39,462)	
사업수행 기간	2010. 12. 29 ~ 2014. 9. 07 (45개월, 성과보증14개월 포함)	
사업대상지 우수율 향상	'11년 대비 '15년 영월군 58.7%p 상승 (33.4% → 92.1%)	'11년 대비 '15년 정선군 55.6%p 상승 (34.8% → 90.4%)
급수량 절감	영월군 급수량 866,512㎥/년 절감	정선군 급수량 6,876,944 ㎥/년 절감
생산비용절감	 2015년 기준 연간 4.1억원 절감	 2015년 기준 연간 33억원 절감



- 사업 수행을 통해 향상된 우수율이 사업 종료 이후 다시 저하되는 경향을 보임에 따라 우수율 제고 사업 수행 이후 지속적인 유지관리가 필요함.

상수도시설이 노후한 지방자치단체의 우수율 제고를 위해 2010년 상수도관망 최적관리시스템 구축 사업이 추진되어 우수율 향상 및 급수량 절감 등의 효과를 얻었으나, 유지관리 미비로 사업 이후 우수율이 저하됨.

제주특별자치도 우수율 현황 및 문제점

10

국내 우수율 제고 사업 사례 조사 및 분석

지방상수도현대화사업 우수사례: ① 남해군

- 지방상수도 현대화사업 수행 지자체 중 우수율 제고율이 가장 높고, 제주도와 유사한 섬 지역인 남해군의 사례를 조사함.

〈경상남도 남해군 지방상수도 현대화사업 추진 내용〉

구분	사업대상지 관로 정비 (km)			누수 탐사 (km)	누수 복구 (건)	블록시스템 구축(개소)		유지관리 시스템 구축 (%)	수도 미터 교체 (개소)	수압 (감압) 관리 (개소)
	배수관	급수관	소계			전체	사업대상 급수구역			
계획	25.9	11.1	37.0	230	1,075	26	12	100.0	4,058	14
실적	36.9	17.8	44.7	230	1,283	26	12	100.0	4,982	16
공정률(%)	103.9	160.4	120.8	100.0	119.6	100.0	100.0	100.0	110.5	114.3

〈경상남도 남해군 사업비 집행 실적〉

(단위: 백만원)

구분	계	국고				지방비		
		소계	보조금	융자금	보조비율	소계	시·도비	시·군비
총사업비	27,828	13,914	13,914	-	50%	13,914	-	13,914

- 2018~2023년(5년간) 시행된 사업을 통해 우수율을 54.3%p 상승 시킴(사업 이전 31.5% → 성과판정 이후 85.8%).
- 당초 대비 관로 연장 등에서 공정률 초과달성하여 누수량을 저감하였음 (2023년 우수율 기준 누수량 2,650천㎥/년, 생산비용 52억원/년 ↓).

지방상수도현대화사업 우수사례: ② 신안군

- 블록 시스템 구축 및 블록정비 전·후 성과관리가 우수하고, 지역 특성상 섬 지역인 신안군의 사례를 조사함.

〈전라남도 신안군 지방상수도 현대화사업 추진 내용〉

구분	사업대상지관로정비(km)			누수 탐사 (km)	누수 복구 (건)	블록 시스템 구축 (개소)	유지관리 시스템 구축 (%)	수도미터 교체(개소)		수압관리 (개소)	
	배수관	급수관	소계					내용연 수초과	불량	감압	가압
계획	31.5	24.8	56.3	411	833	23	100	6,154	55	16	3
실적	31.5	24.8	56.3	411	959	23	100	6,154	207	16	4
공정률(%)	100.0	100.0	100.0	100	1152	100.0	100.0	100.0	376.4	100.0	133.0

〈전라남도 신안군 사업비 집행 실적〉

(단위: 백만원)

구분	계	국고				지방비		
		소계	보조금	융자금	보조비율	소계	시·도비	시·군비
총사업비	30,676	15,338	15,338	-	50%	15,338	-	15,338

- 2017~2023년(7년간) 시행된 사업을 통해 우수율을 38.7%p 상승시켰음(사업 이전 50.3% → 성과판정 이후 89.0%).
- 원격누수감시모니터링을 통해 의심지역을 집중탐사하고 일단위 유량데이터 분석을 통한 즉각적 누수 복구 등 효과적인 누수저감 활동을 시행함.

남해군과 신안군은 관망정비, 누수탐사 및 누수복구, 블록시스템 및 유지관리시스템 구축, 수도미터 교체, 수압관리 등 계획적인 사업 수행 및 유지관리 활동을 통해 목표 우수율 달성에 성공함.



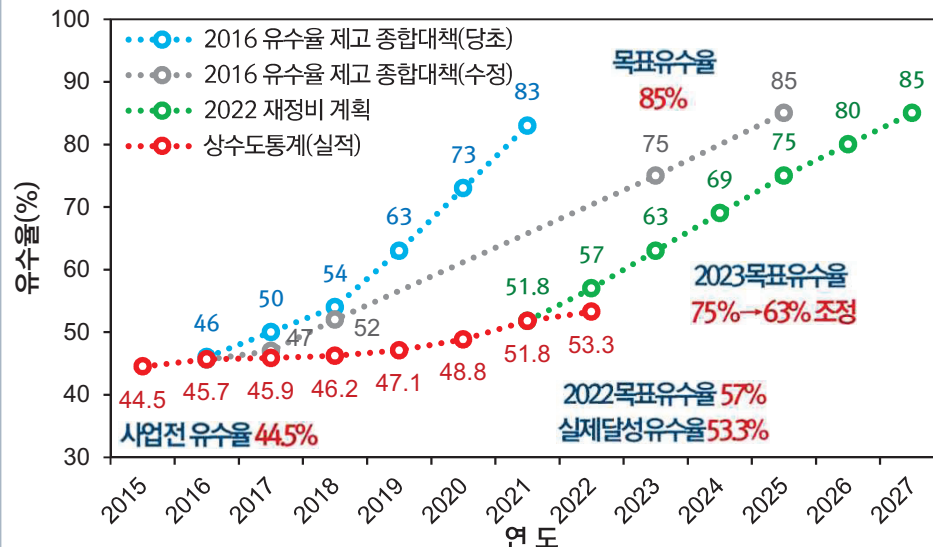
제주특별자치도 우수율 제고사업 분석 평가

- 우수율 제고 종합대책 및 재정비 계획 내용 검토 및 분석
- 지역별 우수율 제고사업 수행 내용 분석 및 평가

유수율 제고 종합대책 및 재정비 계획 추진 내용 검토

유수율 제고 종합대책 및 재정비 계획 목표 유수율 및 사업 개요

- '16년 3월 유수율 향상 종합대책을 수립하여 2014년도 기준 44%에서 2021년도 83%(39%p ↑)로 유수율 제고 목표 수립
- '18년 유수율제고사업 세부 실천계획 수립 시행('18. 3. 5): '21(83%) ⇒ '25(83%)
- '19년 주요 업무보고('19. 2): '21(83%) ⇒ '25(85%)
- '22년 유수율 제고 종합대책 재정비 계획 수립: '25(85%) ⇒ '27(85%)



〈유수율 제고 종합대책 및 재정비 계획 세부추진계획〉

구분	사업내용
'16년 유수율 제고 종합대책	① 상수도관망 최적관리시스템 조기 구축 - 블록구축 332블록(대 19, 중 66, 소 247), 노후관정비 1,316km ② 생산량 및 공급과정 관리 분야 개선 - 유량계 검교정 및 부적정 계량기 교체, 누수탐사용역 ③ 요금수량 관리분야 개선 - 수도계량기 정비 ④ 운영체계 정비 및 성과 관리 - 상수도 유수율 제고 전담부서 설치 및 전문인력 확보 - 단계별 추진상황 자문위원회 검증을 통한 도민 공개
'22년 유수율 제고 종합대책 재정비 계획	- 블록구축 378블록(대 17, 중 117, 소 244), 노후관정비 1,316km ① 유수율 제고 사업 ② 유지관리 사업 ③ 노후관 정비사업

2016년(당초)에 2021년 83%로 유수율 제고 목표를 설정하였으나, 2019년 세부 실천계획 수립을 통해 2025년 85%로 수정되었으며, 2022년 재정비 계획을 수립하여 2027년 85% 달성 목표로 설정함.

유수율 제고 종합대책에 따른 추진 내용 검토 및 성과 분석

2016 유수율 제고 종합대책 계획 대비 성과 분석: ① 사업추진 현황(2016.03. 자료 기준) ②

② 생산량 및 공급과정 관리분야 개선

- 유량계 매년 검·교정 실시, 구경(口徑), 설치위치 부적정 계량 기교체 추진 및 유수율 관리를 위한 누수탐사 용역 지속 시행

〈생산량 및 공급과정 관리분야 개선 계획 대비 실적〉

구분	계획	실적
유량계 검교정 및 부적정 계량기교체	‘21년까지 송수관로 유량계 50개소 정비 1,200백만원	‘19년부터 스마트관망 인프라 구축사업의 일환으로 유량계 정비사업 추진 (소규모 유량감시시스템 구축 1,571백만원, 송수관유량계 정비 976백만원)
	배수지 유량계 신설 25개소 750백만원	
	유량계 검교정 600백만원	
누수탐사용역	‘21년까지 매년 400km, 4억원 투자 누수탐사(2,300km, 2,500백만원)	최적관망시스템 구축 유수율제고사업과 병행 추진

〈송수계통 유량계(407개) 검토〉

개선제시	개선방안	추진실적
1. 유량계 신뢰도 저하	-(신설) 91개소, (개량) 166개소(설치부적합)	- 유량계 정비 91개소
2. 유량관리를 위한 TM 필요	- 36개소(TM 설치등)	- 36개소(TM 설치등)
3. 기타	- 정기적인 유량계 검교정 및 점검 필요 - 시설별 관리주체 일원화 및 운영관리 인원확대	- 검교정 실시

③ 요금수량 관리분야 개선

- 노후 수도계량기, 미사용 계량기 정비, 부정급수 단속을 강화
- 부적정 계량기의 적기교체로 불감율 향상 유수율 제고 도모

〈요금수량 관리분야 개선 계획 대비 실적〉

구분	계획	실적
수도계량기 정비	‘15년 기준 154,839전 중 ‘16~‘21까지 88,750전 교체 (7,100백만원)	‘19년부터 스마트관망 인프라 구축사업의 일환으로 스마트미터링 구축사업 추진 ‘21년까지 전체 173,392전 중 50.7%인 87,876전 교체 (25,276백만원)

④ 운영체계 정비 및 성과 관리

- 효율적 추진을 위한 운영체계 정비 및 유수율 성과 관리·평가
- 〈기타 유수율 제고 사업 계획 대비 실적〉

구분	계획	실적
운영체계 정비	상수도 유수율제고 전담 부서 설치 및 전문인력 확보 강화	‘16. 하반기 조직개편시 상수도부내 누수방지과 신설 운영
유수율 성과 관리 및 평가	단계별 추진상환 수도사업 자문위원회 검증을 통한 도민 공개	사업 완료 지구에 대하여 성과판정위원회를 두어 성과판정 심의

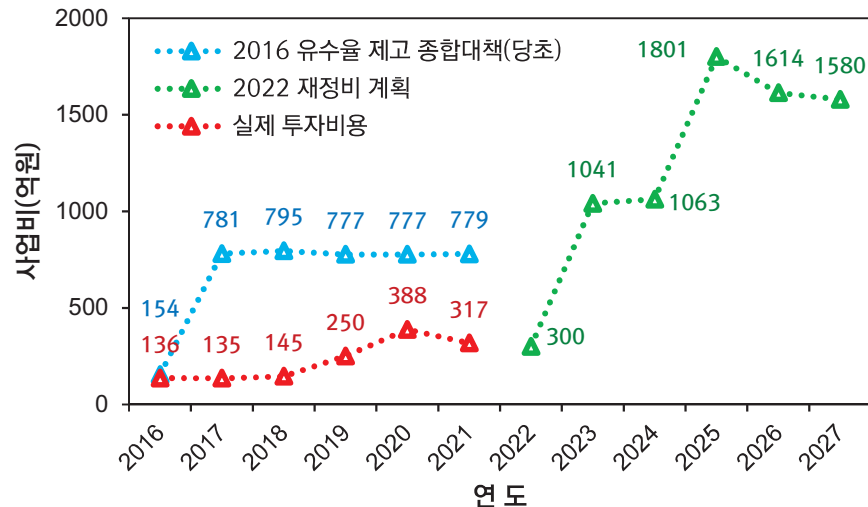
생산량 및 공급과정, 요금수량, 운영체계 등 분야별 사업 수행을 통해 유수율 제고를 도모하였으며, 매년 사업추진실적을 평가하여 사업목표가 달성되도록 추진할 필요가 있음.

유수율 제고 종합대책에 따른 추진 내용 검토 및 성과 분석

2016 유수율 제고 종합대책 계획 대비 성과 분석: ② 문제점 및 대책

당초 종합대책 계획 투자비용 저조

- 당초 매년 700억원 이상 투자를 계획하였으나, '16~'18년 140억 내외 투자, '19년부터 약 300억원 내외 투자하여 계획대비 투자 실적이 저조함.
- ❖ 사업비 : (계획) 4,063억원 ⇒ (투자) 1,417억원 (감 2,646)



상수도 노후관 산재 및 지속증가

- 당초 계획시 사업물량 보다 노후상수관로 정밀조사 및 상수관망 전문기술진단(2021.12) 결과 산출된 사업물량이 증가함.
- ❖ 사업량 : (당초) 725km ⇒ (변경) 1,316km (증 591)
- ❖ 사업비 : (당초) 2,188억원 ⇒ (변경) 5,629억원 (증 3,441)

〈상수도관망 최적관리시스템 구축 기본계획 수립용역 관망정비 관련 결과(2011)〉

구분	합계	동지역		읍면지역	
		제주시	서귀포시	제주시	서귀포시
합계(km)	725	232	219	179	95
송배수관(km)	500	132	169	129	70
급수관(km)	225	100	50	50	25
사업비(백만원)	218,769	65,390	67,969	59,953	25,457

〈노후상수관로 정밀조사 및 상수관망 전문기술진단 결과(2021)〉

구분	합계	동지역		읍면지역		도서지역
		제주시	서귀포시	제주시	서귀포시	
합계(km)	1315.8	443.4	260.6	379.3	211.4	21.2
도수관로(km)	6.0	5.6	0.4			
송수관로(km)	22.0		18.1		3.9	
배수관로(km)	1287.8	437.8	242.1	379.3	207.5	21.2
사업비(백만원)	562.9	203.3	121.8	147.8	81.1	8.9

상수도관망 최적관리시스템 구축사업을 통해 블록구축 및 관망정비가 이루어졌으나 잔여물량이 남아있으며 지속 증가하는 추세임에 따라 현 실태에 맞도록 변경된 사업량 및 사업비를 반영한 유수율 제고 사업의 추진이 필요함.

유수율 제고 종합대책 재정비 계획에 따른 사업 추진 계획 검토

2022 유수율 제고 종합대책 재정비 계획 추진 내용 조사: ① 재정비 계획 추진 개요(2022.07. 자료 기준)

- 도 전체 유수율이 '19년 이전까지 매년 0.2~0.8%p 상승하고, '19년부터 1%p 이상 '21년 3%p, '22년 1.5%p 향상됨.
- 읍면지역의 블록구축사업이 '22년 말 마무리되고, 사용량이 많은 동지역사업 본격 추진됨에 따라 상승폭이 지속 높아질 것으로 판단됨.

2021	5.2%p >>	2022	6%p >>	2023	6%p >>	2024	6%p >>	2025	6%p >>	2026	5%p >>	2027	
51.8%	향상	57%	향상	63%	향상	69%	향상	75%	향상	80%	향상	85%	

2016유수율 제고 종합대책(당초)
2021년 83% 달성 / 약 4천억 소요



2016유수율 제고 종합대책(2019년 수정)
2025년 83% 달성 / 약 4천억 소요



2022유수율 제고 종합대책 재정비 계획
2027년 85% 달성 / 약 7천억 소요 (2021년까지 유수율 44.5% → 51.8% 달성, 투자비용 1,417억원)

〈유수율 제고 종합대책 재정비 계획 (제주특별자치도, 2022)〉

- 제주특별자치도 유수율 제고사업 추진 분석
(2016~2021) 유수율 6.1%p 향상 (1,417억 투자자)
(2022~2027) 유수율 33.2%p 향상 (7,399억 투자필요)

〈재정비 계획 중 향후 계획 및 전망(제주특별자치도, 2022)〉

- 읍면지역, 동지역 유수율 향상 시 도 전체 유수율 변화 분석
(읍면지역 유수율 30% 향상 시) 도 전체 약 8~9% 향상
(동지역 유수율 30% 향상 시) 도 전체 약 20% 이상 향상 예상

사업여건 변동, 재원확보 어려움으로 사업 장기화에 따른 목표유수율 미달성 우려로 목표달성 연도 변경의 필요성이 제기됨에 따라 2022년 유수율 제고 종합대책 재정비 추진계획이 수립됨.

유수율 제고 종합대책 재정비 계획에 따른 사업 추진 계획 검토

2022 유수율 제고 종합대책 재정비 계획 추진 내용 조사: ② **재원확보계획(2022.07. 자료 기준)**

- (재원확보계획) 2022년부터 2027년까지 유수율 제고사업, 유지관리사업, 노후관 정비사업에 7,400억원 투자 계획(연1,480억원 이상)

〈유수율 제고 종합대책 재정비 계획 재원확보계획(제주특별자치도, 2022)〉

(단위 : 백만원)

구분	합계	2022	2023	2024	2025	2026	2027
합계	739,935	29,952	104,085	106,323	180,106	161,447	158,022
국비	257,535	8,750	31,759	31,122	78,106	78,106	78,106
지방비	434,576	21,202	772,326	75,202	102,001	83,342	79,917
유수율제고	163,600	27,500	55,900	55,800	21,300	3,100	-
국비	24,500	8,750	8,750	7,000			
지방비	139,100	18,750	47,150	48,800	21,300	3,100	-
유지관리	13,441	2,452	2,167	2,280	2,595	2,136	1,811
지방비	13,441	2,452	2,167	2,280	2,595	2,136	1,811
노후관정비	562,894	-	46,018	48,243	156,211	156,211	156,211
국비	281,447	-	23,009	24,121.5	78,105.5	78,105.5	78,105.5
지방비	281,447	-	23,009	24,121.5	78,105.5	78,105.5	78,105.5

〈유수율 제고 종합대책 재정비 계획 중 재원확보계획(제주특별자치도, 2022)〉

◉ 정부동향 및 재원확보 방안

(환경부) 현재 '23년부터 추진계획에 있는 2단계 지방노후상수도정비기본계획 수립을 위한 타당성 용역 등을 추진하고 있음

- ◉ (확보 방안) 환경부 추진계획에 제주특별자치도 노후상수도관 교체사업을 반영, 국비사업 추진을 통하여 재원 확보 목표 유수율 달성

- ◉ (미확보 시) 지방재정 감안 지방채 발행 재원 확보, 미확보 시 부득이 사업기간 연장

유수율제고사업의 효율을 기할 수 있는 재정 확보가 필수적이거나 실질적으로 유수율제고를 위한 재정 확충 및 부담은 지방자치단체에게 전가되고 있는 실정으로 **일반회계 지원, 국고보조 등 재원 확보 방안 마련이 필요함.**

유수율 제고 종합대책 재정비 계획에 따른 사업 추진 계획 적정성 검토

기존 대책과 재정비 계획에 대한 투자 사업비, 자원 조달 방안 등에 대한 적정성 검토 ②

- 유수율 제고 사업비 적정성을 검토하기 위해 사업의 주요 공종으로 관망정비, 누수탐사 관로연장, 누수수리 개소를 영향인자로 규정하고, 관망정비 관로연장, 누수탐사 및 수리에 대한 공사 내역 자료, 블록구축 개소수 등을 활용하여 적정 유수율 제고 사업비 산정모델 개발함.

적정 유수율 제고 사업비 산정 모델(안)

- 2017년~ 2023년에 27개 지자체에서 수행된 사업의 목표 누수저감량, 관망정비 관로연장, 누수탐사 및 수리에 대한 공사 내역 자료 우선 활용

※ 제주도 지역별 사업 수행 세부 내역을 협조받아 모델 고도화 예정

$$y = (35.815x_1 + 6.434x_2 + 42.220x_3) * W$$

종속변수 : 유수율 제고 사업 총 사업비 (백만원)

독립변수 : X_1 = 관망정비 물량 (km)

X_2 = 연간 누수탐사 물량 (km/년)

X_3 = 블록구축(개소수)

W = 사업비 보정계수(=(달성유수율-초기유수율)/사업기간)

※ 제주도 적용시에는 “달성유수율” 을 “블록별 목표유수율” 로 적용

■ 분석결과와의 적용

- 지방상수도 현대화사업 수행 지역 27개 지자체의 사업 수행 내역을 모델의 입력변수로 활용하여 도출한 “적정사업비” 와 “실제 투자된 예산” 비교 검토
- 2022 재정비 계획에서 제시한 목표유수율 달성을 위한 사업물량을 모델의 입력변수로 활용하여 투자사업비 적정성 검토

〈모델을 통해 도출한 적정사업비와 실제 투자 계획의 비교 검토(안)〉

구분	계획사업물량	투자계획(백만원)	적정사업비	증감
전체	xxx	739,935	계획사업물량 자료 확보 후 도출 예정	(투자계획) -(적정사업비)
애월	xxx	39,000		
한림·한경	xxx	50,220		
대정·안덕	xxx	33,434		
조천	xxx	38,210		
구좌·성산	xxx	52,025		
남원·표선	xxx	30,640		
동지역	xxx	438,506		
현대화사업(서부)	xxx	49,000		
도서지역	xxx	8,900		

재정비 계획의 투자 사업비 적정성 검토를 위해 관망정비, 누수탐사 및 누수복구 사업물량, 블록구축비율에 대한 적정 유수율 제고 사업비 산정 모델을 개발하여 활용하고자 함.

유수율 제고 종합대책 재정비 계획에 따른 사업 수행 내용 검토

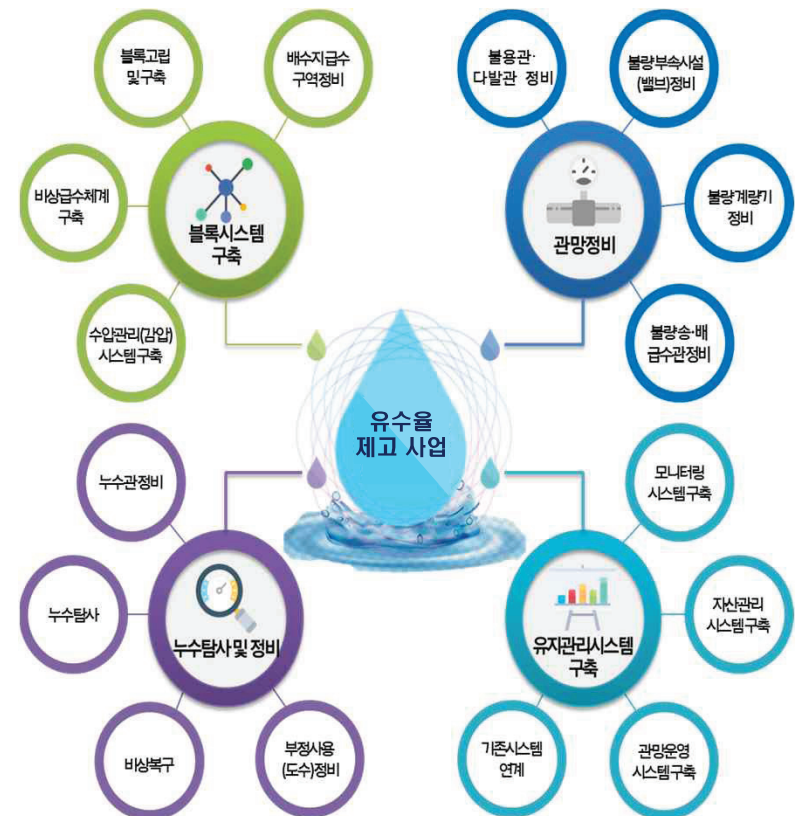
유수율 제고를 통한 누수율 저감량 분석 및 제고 성과 유지를 위한 유효유량 관리방안

누수율 저감량 분석

- 유수율 제고사업을 통한 누수율 저감량 분석을 위한 기초 데이터 확보 후 총괄수량수지 분석 수행 예정

유수율 제고 성과 유지 방안

- 유수율 제고 사업이 끝난 이후에도 복원 누수, 관망 노후화 등 사업 물량이 지속적으로 발생할 것이므로, 사업 이후 일시적으로 사업에 의해 문제점이 해결된 것처럼 보일 수 있으나, 장기적으로는 유사한 문제가 반복해서 발생할 수 있으므로 **성과 유지관리 방안 마련이 필요함.**
- **(지속 성과 모니터링 필요)** 유수율 제고사업을 통해 수행한 누수탐사 및 복구, 수압관리, 수도계량기 관리, 노후상수관로 개량 등에 대한 구체적인 계획사항 및 성과보증을 유지하기 위한 실적내역 모니터링이 필요함.
- **(사업비 지속 투자 필요)** 유수율 성과 유지를 위한 사업비 투자 필요함.



유수율 제고사업의 성과 유지를 위해 **사업 수행 실적의 지속적인 모니터링과 사업비 투자가 필요함.**



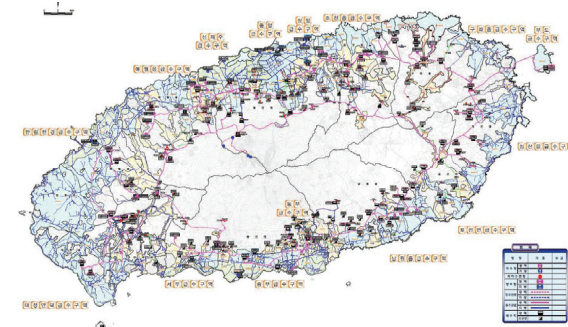
경제적 우수율 목표 달성 검토 · 분석 및 추진전략 마련

- 우수율 제고를 위한 생산 · 공급시설 등 특성 분석
 - 지역적 특성을 고려한 목표 우수율 설정(최적 목표 설정)과 방안 제시
 - 지역적 특성을 고려한 효율적인 우수율 관리전략 제시
-

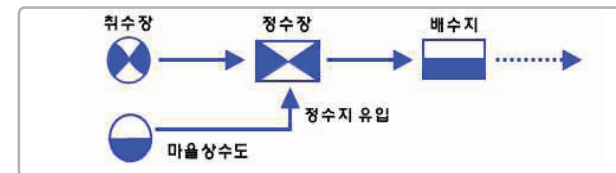
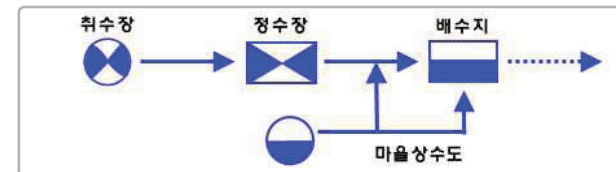
수돗물 생산 공급시설 특성분석

생산 및 공급체계 현황 및 문제점

- **(송수계통 급수체계 정리 미흡)** 소규모 지하수 관정의 관로/배수지/정수장 직접 연결 지점이 다수 있어, 광역-지방상수도, 송-배수시스템 계통파악 및 계통별 용수공급량 Mass-balance가 맞지 않음. 송수관로는 흐름변경이 빈번하게 발생하며, 유량계 부재 및 지하수의 유입 등으로 송수계통 급수체계, 생산/공급량 분석이 어려움.
- **(무분별한 지하수 관정 접속)** 소규모 지하수 관정에 대한 사용량 관리가 미흡(용수부족시 지하수공급)하고, 생산 및 공급계통에 무분별하게 접속되어 있음.
- **(GIS 현행화 미비)** GIS 현행화 체계가 미흡하고, 비공식적으로 GIS를 현행화 하었다고 하더라도, 정식 GIS 등록은 측량에 의해서 수정된 것만 반영되고 있어, 현행화된 GIS 반영에 어려움이 있음.
- **(누수관리에 취약한 매설환경)** 제주도의 관로 매설환경은 대부분 암석으로 관체 자체가 암석에 의해 점 파손의 위험이 높고, 지반 특성상 누수가 지하로 스며들어 보고된 누수(Reported leakage)에 비해 보고되지 않은 누수(Unreported leakage)의 비율이 매우 높아 신속한 누수복구를 시행하지 못하는 문제가 있음.



〈제주도 생산 및 공급체계 현황(2021년 기준)〉



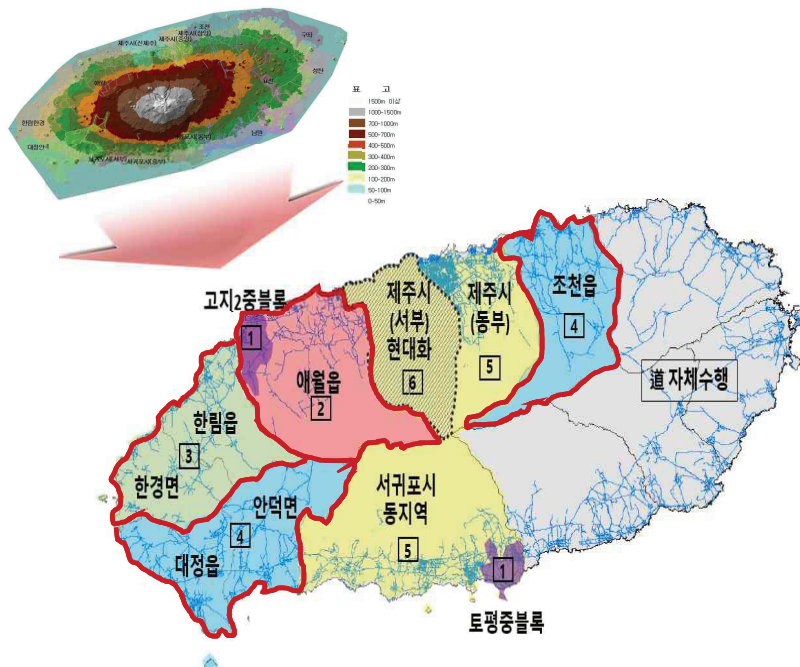
〈무분별한 지하수 관정 유입(정수지, 배수지, 관로 등)〉

제주특별자치도의 생산 및 공급체계 문제점 개선을 위해 **지하수 관정 관리 체계화, 송수관로 흐름변경 최소화 및 유량관리, GIS 및 시설현황에 대한 현행화 및 기준 체계 마련, 관로매설에 대한 설계기준 변경 검토 등이 필요함.**

수돗물 관망 관리 여건별(블록시스템 구축 운영 등) 유수율 특성 분석

제주특별자치도 내 블록 구축에 따른 유수율 특성 분석: ② 사업여건 검토

- 제주특별자치도 내 블록구축이 완료된 지역(오라, 토평, 애월, 한림·한경, 대정·안덕, 조천)의 사업여건은 크게 지리적 특성, 수압관리 여건, 복원누수 발생 현황, 노후관 정밀조사 결과에 따른 정비 물량의 차이가 있음.



〈제주도내 블록구축 지역의 관망관리 여건 검토 결과〉

구분	애월	한림·한경	대정·안덕	조천
지리적 특성	• 해안 저지대·중산간·산악 지역이 복합적으로 구성			
수압관리 여건	• 지리적 특성 및 토지이용 특성(농업용수로 상수도 활용)에 따라 적정 수압관리의 어려움 존재			
복원누수 발생 현황	• (핀홀 누수 발생) 토양환경으로 인해 모암(현무암)에 인접한 관부사 부실 및 낮은 매설심도 등으로 인한 차량 하중 등에 의해 핀홀 형태의 누수가 다량 발생 • (접합부 누수 발생) PE관의 경우 소켓접합으로 시공 접합부가 취약하여 누수가 다량 발생			
전체 상수관로 (m)	309,633	372,483	490,060	276,706
노후관 정밀조사 결과	전체 관로 中 33.0%(3등급)	전체 관로 中 29.3%(3등급)	전체 관로 中 16.1%(3등급)	전체 관로 中 34.3%(3등급)
블록구축 후 유수율 증감율 (%)	19.0%p 증가	32.0%p 증가	25.0%p 증가	25.8%p 증가

제주특별자치도내 사업여건은 크게 지리적 특성, 수압관리 여건, 복원누수 발생 현황, 노후관 정밀조사 결과에 따른 정비 물량의 차이가 있으며, 이를 고려한 유수율 제고 사업의 추진이 필요할 것으로 판단됨.

수돗물 관망 관리 여건별(블록시스템 구축 운영 등) 유수율 특성 분석

2022년, 2023년 유수율 분석 및 개선점 도출

관망관리 강화를 위한 제언 사항 : 블록별 상세 사업 추진 내역 및 운영현황 DB화 필요

- **(블록별 유수율제고 상세 사업내역 DB화 필요)** 블록별 유수율제고를 위해 추진한 블록구축, 노후관 및 관망정비, 누수탐지 및 복구, 기타 유지관리 등에 대한 상세 사업내역(사업물량, 계획 비용 및 실제 소요비용) 기록·관리 필요
- **(블록별 총괄수지에 따른 유수율 상세내역 DB화 필요)** 2022년부터 2023년간 블록별 유수율 비교 분석을 위한 월별 상세 총괄수지에 따른 상세내역(블록별 급수량, 유수수량, 유효무수수량, 무효수량) 기록·관리 필요
- **(블록별 상수도관망 운영현황 상세 내역 DB화 필요)** 유수율제고 사업의 실효성을 확보하기 위해 사업 수행후 적정 수압범위에서의 안정적인 운영을 수행할 필요가 있음에 따라 사업수행에 따른 상수도관망 운영현황 상세 내역(가압장, 감압밸브 등 수압관리 현황 등) DB화 필요



2022년, 2023년 블록별 상세 사업 추진 내역 및 월별 유수율(유수수량, 공급량) 자료를 통한 **년간 블록별 유수율 변동폭 및 블록별 사업내역 대비 유수율 달성 실적 비교 분석 수행 예정**

효율적인 유수율 제고 사업 추진을 위해 **블록별 사업 추진내역 및 운영현황의 DB화가 필요하며, 2022~2023년 유수율 분석 및 개선사항 도출을 위한 자료 협조가 필요함.**

지역 특성 및 사업 여건을 고려한 목표 우수율 설정 방법 검토

목표우수율 산정 관련 선행연구 사례 검토

- 아래의 표와 같이 합리적인 사업 목표 우수율 산정을 위한 방법론과 관련된 선행 연구사례를 조사하였으며, 각 연구에서 제시하는 목표 우수율 설정 방법론을 체계적으로 검토하여 적정 목표 우수율 설정 방안을 제시하고자 함

〈다양한 우수율 산정 방법론을 활용하여 목표 우수율을 산정한 연구 사례조사 결과〉

구분	선행연구	시행연도	활용 방법론
사례 1	경제적인 누수수준 평가 및 관리목표 설정방안	2012	누수수준 평가 지표 및 우수율제고 방법별 편익/비용 분석으로 경제적 누수관리목표 산정
사례 2	충남서부권 상수도 최적 운영방안	2020	투자비용 대비 무수수량 수준 '총 비용곡선'에 의거 경제적인 무수수량(우수율) 산정
사례 3	울릉군 목표우수율 조정	2020	현대화사업 추진시 월별 투입금액 대비 우수율 실적에 따른 회귀분석
사례 4	지방상수도 경제적 누수관리 목표 설정	2019	누수수준 평가 및 경제적 우수율 산정을 위한 편익/비용분석
사례 5	Firat et al.	2021	누수탐사 및 복구 활동에 의한 경제적 누수수준 및 인프라 누수지표 영향 분석
사례 6	Yilmaze et al.	2023	사업대상지역의 특성을 반영한 경제적 누수관리 수준 도출모델 제시

지역적 특성을 고려한 목표우수율 선정시 고려사항

- ① 수용가 밀집도, 수요량, 고저차 등 관망정비 및 우수율 제고 **사업여건에 따라 지역별 차등 목표 우수율 설정 필요**
- ② 노후관 정비, 블록구축 등 초기 투자비와 누수탐사 및 복구 등 운영관리비를 고려한 **경제적 목표우수율 설정 방법을 검토**
- ③ 수집자료(상수도통계 등 공개자료 및 K-water, 발주처 제공자료)를 토대로 **제주특별자치도의 지역 특성과 사업 여건을 고려하여 적정 우수율 설정 방법론 적용가능성 검토**

제주특별자치도내 지역별 사업여건에 따라 **차등 목표 우수율을 설정할 필요가 있으며**, 초기 투자비 및 운영관리비를 고려한 **경제적 우수율 설정 방법론을 제시하고자 함**.

지역적 특성을 고려한 목표 유수율 설정(최적 목표 설정)과 방안 제시

24

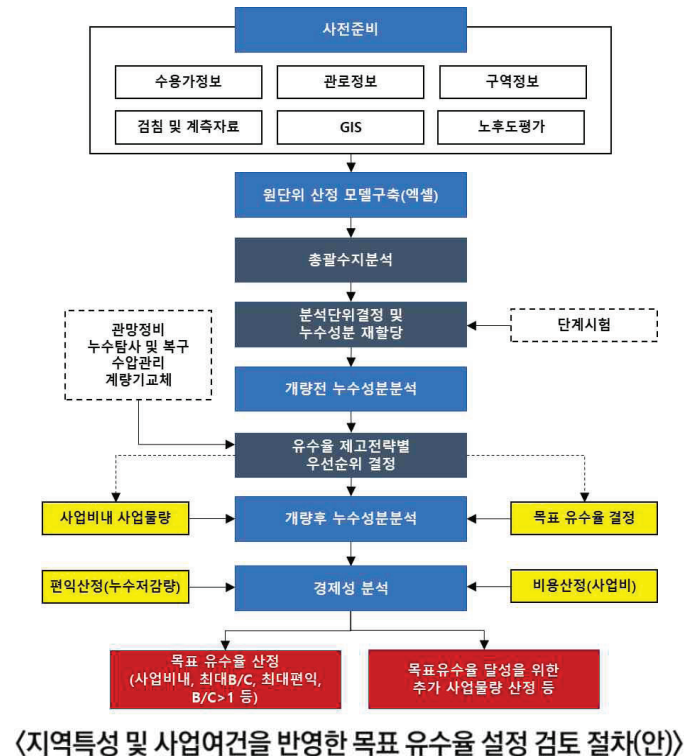
지역 특성 및 사업 여건을 고려한 목표 유수율 설정 방법 검토

지역 특성 및 사업여건을 고려한 목표유수율 산정 방법론(안)

- 누수성분(배경,파열,불감 분석을 통한 관로별 누수현황을 파악하여 누수저감 시나리오에 따른 유수율 달성 효과분석 방법론(안) 제시

지역특성을 고려한 목표 유수율 설정 검토시 조건사항

구분	내용	반영방안
관망형태	표고차	표고차가 클수록 운영 수압편차가 커짐에 따라 수압관리 비용 및 누수발생량, 빈도 증가
	관로연장/급수전 비율	급수전당 관로연장비율이 높을 수록 물사용량대비 누수량 비율이 높게 나타나며 유수율 제고효율 저하
	급수관로 연장비용	급수관로가 누수발생량이 많으며, 급수관로 비율이 높을수록 유수율제고 효율 저하
누수저감비용	누수탐사 및 복구 비용	도시지역은 일반지역에 비해 누수탐사 및 복구 단가와 시간 등이 더 많이 소요
	관망정비 비용	도시지역은 일반지역에 비해 관망정비 단가와 시간 등이 더 많이 소요
누수저감 편익	인프라 상태 (노후도)	도시지역이 일반지역에 비해 상수관로 노후도가 열악하며 이로 인해 관망정비 물량이 더 많이 소요
	누수탐사 효율	도시지역이 일반지역에 비해 누수탐사 효율이 저하
	수도계량기 노후도	도시지역이 일반지역에 비해 계량기 노후화율이 더 높고, 이에 따른 불감율이 높아짐
		파열누수량 배분량 증가로 관망정비 확대



지역특성 및 사업여건을 고려할 수 있는 누수성분분석 및 경제성분석 기반 목표유수율 산정 방법론을 제시함.

지역적 특성을 고려한 목표 우수율 설정(최적 목표 설정)과 방안 제시

25

지역 특성 및 사업 여건을 고려한 목표 우수율 설정 방법 검토

지역 특성 및 사업여건을 고려한 목표우수율 산정 방법론(안): 적용 예시

- 제주특별자치도의 동지역을 대상으로 지역특성을 고려한 목표우수율 설정(최적 목표 설정) 방법론 적용성 검토

① 분석 절차

1. 누수성분분석	2. 경제성분석	3. 제주시 M 지역에 대한 목표 우수율별 경제성 분석
신안군 분석시 활용한 매개변수 수치를 적용하여 분석 Tool 적용	우수율 제고 전략별 투입비용 및 누수저감 편익 분석	B/C별 달성가능 우수율 및 사업비 도출, 목표 우수율 75%를 달성하기 위한 사업비 도출 등

② 대상지역 현황

블록명	배수관 연장 (m)	급수관 연장 (m)	급수 전수 (전)	급수관/ 배수관 (m/m)	배수관연장/ 급수전 (m/전)	총관로연장/ 급수전 (m/전)
M 지역 (01~03)	59,152	12,045	3,078	0.20	19.2	23.1

③ 대상지역(M지역(01~03)) 누수성분 분석 결과

구분	공급량 (㎥/일)	사용량 (㎥/일)	명목손실량 (㎥/일)	이면 및 파열누수량		우수율 (%)
				배경누수량 (㎥/일)	파열누수량 (㎥/일)	
사업이전 (2020년 기준)	16,150	5,120	175	10,856		31.7
개량전 (2022.4 기준)	10,192	5,120	175	495	4,403	50.2

목표우수율 산정 및 검토방법은 누수성분분석, 경제성분석, 사업비 도출의 순으로 진행됨.

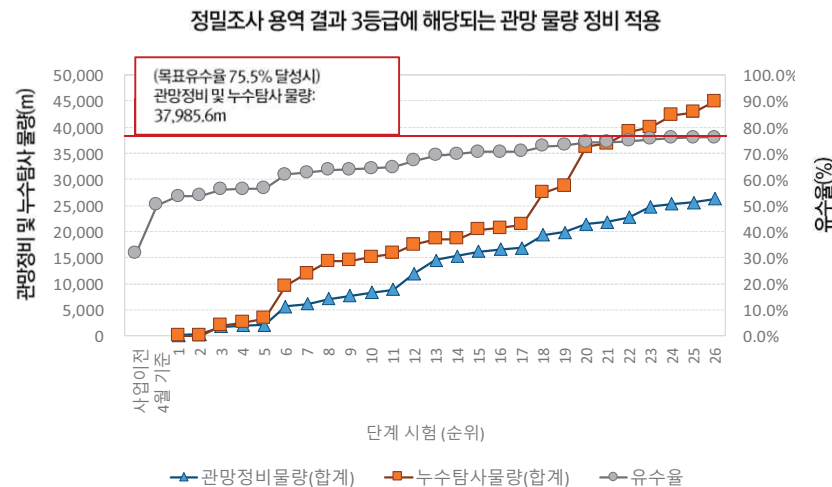
지역적 특성을 고려한 목표 유수율 설정(최적 목표 설정)과 방안 제시

26

지역 특성 및 사업 여건을 고려한 목표 유수율 설정 방법 검토

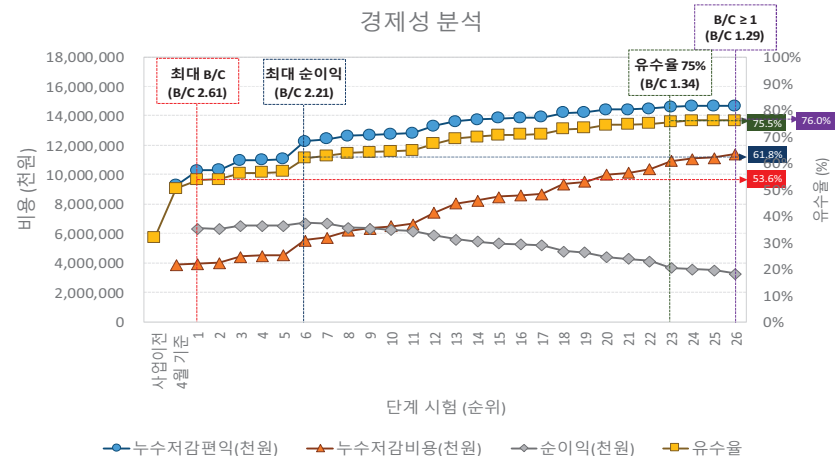
지역 특성 및 사업여건을 고려한 목표유수율 산정 방법론(안): 적용 예시

개량후 누수성분 분석 결과



- 개량 후 누수량 성분분석 결과, M 지역에 대한 사업 목표유수율 75%를 초과하는 75.5%를 달성하기 위해서는 24,845.5 m의 관망정비 물량과 39,985.6 m의 누수탐사 물량이 필요
(총 배·급수관로 71,197m의 34.9%에 해당)

개량후 경제성 분석 결과



〈지역 및 사업여건을 고려한 경제성 분석 기반 목표 유수율 검토결과〉

구분	B/C최대	B-C최대	B/C≥1	목표유수율75%
유수율(%)	53.6%	61.8%	76.0%	75.5%
소요사업비(억원)	39.4	55.5	114.0	109.2
B/C	2.61	2.21	1.29	1.34

개량 후 누수 성분분석을 통해 목표유수율 달성을 위한 사업물량을 검토할 수 있으며,
경제성 분석을 통해 목표유수율의 적정성을 검토할 수 있음.



IV 제주특별자치도 우수율 제고를 위한 개선방안



제주특별자치도 우수율 제고를 위한 개선방안

유수율 제고사업 추진시 개선방안

- **유수율 제고사업 추진 주체별 개선방안**

- 당초계획 대비 실제 투자 실적 등 검토를 통해 제주특별자치도 자체 추진, K-water 추진 사업별 개선방안 제언

- **유수율 분석 및 검증 결과에 대한 개선사항**

- 우수율 산정방식에 대한 제주특별자치도의 블록별 우수율 차이 분석 및 개선사항 제언

유수율 제고 전담 조직 및 관리인력 진단 및 개선방안

- **전국 지자체 우수율 제고사업 전담 조직 및 관리인력 현황 조사 및 분석**

- 전국 지자체(특·광역시, 시, 군) 수도업무 전담 조직 현황 조사
- 수집자료(공개자료 및 K-water, 발주처 제공자료)를 활용하여 전국 지자체 경년관 연장 대비 관리인력 현황 조사 및 분석 실시

- **유수율 제고 전담 조직 및 관리인력 진단에 따른 개선방안 제시**

- 본 자료에서는 전국 지자체 수도업무 전담 조직 현황 조사 결과 등을 토대로 지자체 벤치마킹 요소 검토 및 개선방안 제시

효율적인 우수율 관리를 위한 제도 개선 및 정책 방향

- **유수율 관리를 위한 관련 제도개선 및 정책 현황 조사**

- 수도법, 시행규칙, 타 시·도의 수도급수 조례, 수도정비기본계획 등 우수율 관리를 위한 관련 제도 및 정책 현황 조사 및 분석

- **제주특별자치도의 우수율 관리를 위한 관련 제도개선 및 정책 방향 제시**

- 본 자료에서는 조사한 관련 제도개선, 정책 현황 조사 및 분석 결과를 토대로 제주특별자치도의 효율적인 우수율 관리를 위한 수도급수 조례 개정안 등 제도개선 및 정책방향 제시

| 우수율 제고 전담 조직 및 관리인력 진단 및 개선방안

우수율 관리 조직 비교: ① 상수도 관련 조직 규모 비교 결과

조직 규모

- 제주도는 타 지자체에 비해 직원 1인당 급수인구, 급수전수, 관로연장 규모가 매우 큼 → 관리인력 부족
- 행정구역 면적이 넓어 관로 연장이 길고 수용가 밀도 낮음 → 효율적인 시설물 운영관리 어려움

구분	직원수 (명)	급수인구(명)		급수전수(전)		관로연장(km)		면적(km ²)		비고
		전체	1인당	전체	1인당	전체	1인당	전체	1인당	
제주	110	532천	4,833	185,005	1,682	5,861	53.3	1,850	16.8	
특광역시	836	22,466천	3,840	521,167	624	48,870	8.4	776	0.9	평균
서울	1,843	9,668천	5,246	2,252,338	1,222	13,361	7.2	605	0.3	
부산	1,099	3,353천	3,051	363,502	331	8,534	7.8	770	0.7	
대구	885	2,393천	2,703	217,616	246	7,904	8.9	884	1.0	
인천	850	3,011천	3,543	438,205	516	7,394	8.7	1,066	1.3	
광주	413	1,453천	3,519	136,935	332	4,029	9.8	501	1.2	
대전	505	1,466천	2,903	136,860	271	3,964	7.8	540	1.1	
울산	255	1,122천	4,399	102,714	403	3,684	14.4	1,062	4.2	

대수용가(공동주택 등)가 많고 수용가가 밀집된 특,광역시에 비해 제주도의 수도시설 관리 여건이 열악한 실정임.

유수율 제고 전담 조직 및 관리인력 진단 및 개선방안

유수율 관리 조직 비교: ② 제주특별자치도의 조직구성 및 업무분장 검토결과

조직 구성

- 제주도는 상수도, 하수도 업무가 분리되지 않은 상하수도사업본부 1개 조직으로 구성
- 제주도 및 타 지자체 모두 총괄, 현장 업무 이원화 구조는 유사하지만, 타 지자체는 사업소가 본부의 산하기관으로 직접적인 지휘를 받는 구조이나, 제주도는 도/행정시/읍·면·동 개별기관에 상수도 관련 부서·인력이 각각 소속된 병렬적인 구조

→ 업무중복 및 체계적인 업무수행 저해

업무 분장

- 본부 상수도부내 상수도정책시설과, 상수도생산관리과, 누수방지과로 구성되어 있으나, 본부 부서(과)내 행정과 기술 업무가 혼재되어 있고, 생산관리과와 누수방지과의 업무영역과 성격이 명확하게 구분되어 있지 않음.

→ 특정부서에 편중된 업무 분산, 업무효율성 제고를 위한 분장 업무 조정 필요

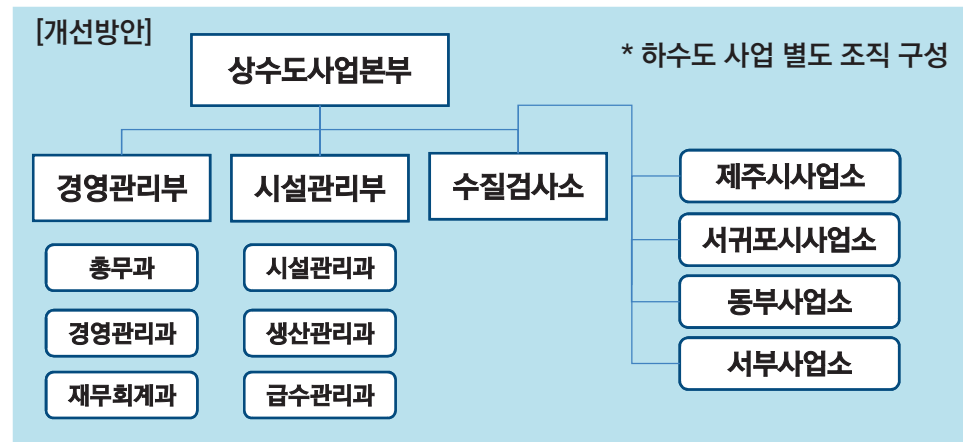
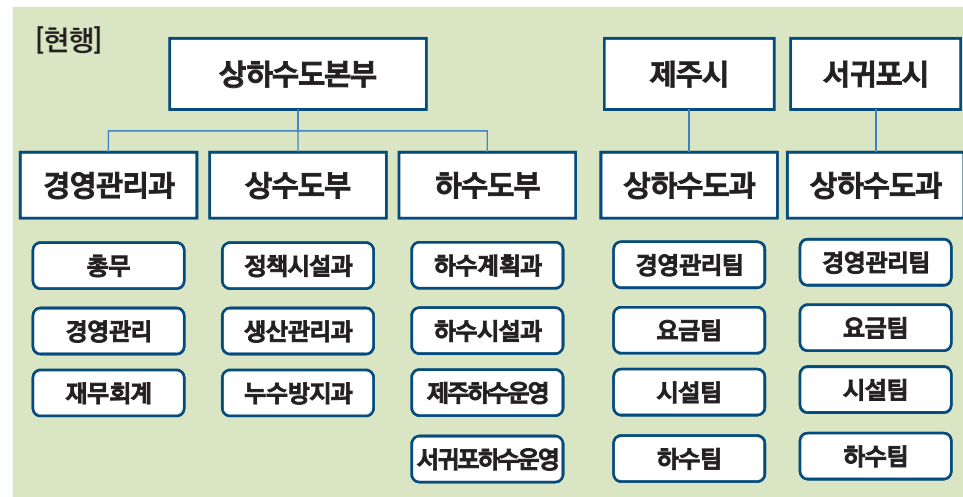
제주도의 조직 구성은 병렬적인 구조로 업무가 중복되어 있으며, **업무효율성 제고를 위해 업무 조정이 필요함.**

제주특별자치도 우수율 제고를 위한 개선방안

31

유수율 제고 전담 조직 및 관리인력 진단 및 개선방안

유수율 관리 조직 비교: ④ 제주특별자치도 우수율 관리 조직 개선방안 제시 => **제주도 행정체계 개편과 연계 추진**



구분			주요업무	상세업무
상수도 사업본 부	경영 관리과 →경영 관리부	총무과		총무, 홍보
		경영관리과		예산,요금
		재무회계과		회계, 계약
	상수도부 →시설 관리부	상수도정책시설과 →시설관리과	수도시설 건설 및 자산관리 총괄	건설, 진단, 자산관리, GIS
		상수도생산관리과 →생산관리과	생산과정 시설 및 운영관리 총괄	생산 및 관련 사업 관리, 정수시설 운영 · 관리 (정수장팀)
		누수방지와 →급수관리과 -유수율관리TFT	공급과정 시설 및 운영관리 총괄	관망 관리 및 관망정비사업
사업소	수질검사소		수질검사, 연구개발	
	제주시사업소		요금징수, 시설물 운영 · 관리, 누수복구, 민원처리	
	서귀포시사업소			
	동부사업소			
	서부사업소			

효율적인 우수율 관리를 위한 제도 개선 및 정책 방향

우수율 관리를 위한 관련 제도개선 및 정책 현황 조사

서울시	대전시	제주도
제 1장 총칙 제2장 급수공사 제2조(급수공사의 승인) 제6조(공사비의 계산방법) 제7조(공사비의 귀속 및 비용부담) 제8조(공사비의 선납) 제9조(급수공사의 설계 및 시행) 제10조(급수공사의 납부 및 정산) 제11조(급수공사의 직권 시행) 제12조(급수공사의 직권 시행) 제13조(급수공사의 직권 시행) 제14조(급수공사의 직권 시행) 제15조(급수공사의 직권 시행) 제16조(급수공사의 직권 시행) 제17조(급수공사의 직권 시행) 제18조(급수공사의 직권 시행) 제19조(급수공사의 직권 시행) 제20조(급수공사의 직권 시행) 제21조(급수공사의 직권 시행) 제22조(급수공사의 직권 시행) 제23조(급수공사의 직권 시행) 제24조(급수공사의 직권 시행) 제25조(급수공사의 직권 시행) 제26조(급수공사의 직권 시행) 제27조(급수공사의 직권 시행) 제28조(급수공사의 직권 시행) 제29조(급수공사의 직권 시행) 제30조(급수공사의 직권 시행) 제31조(급수공사의 직권 시행) 제32조(급수공사의 직권 시행) 제33조(급수공사의 직권 시행) 제34조(급수공사의 직권 시행)	제 1장 총칙 제2장 급수공사 제6조(급수공사의 승인) 제6조의2(보조계량기의 설치) 제7조(공용급수설비의 설치 · 허가) 제8조(공사의 시행) 제9조(준공검사 등) 제10조(급수공사비의 부담 및 급수설비 관리) 제11조(급수공사비의 산출 방법) 제12조(급수공사비의 납부) 제16조(역류방지밸브의 설치) 제3장 급수 제18조(수도의 사용) 제19조(신고) 제20조(급수의 판매금지) 제21조(수도사용자등의 관리상의 책임) 제22조(권리의무의 승계) 제23조(급수정지 및 사용제한) 제24조(급수중지와 폐전)	제 1장 총칙 제3장 급수공사 제9조(급수공사의 승인) 제10조(공용급수설비의 설치 등) 제11조(급수공사 대행업자) 제12조(공사의 시행) 제13조(급수공사비 부담 및 급수설비 관리) 제14조(급수공사비의 산출) 제15조(급수공사비의 납부 및 정산) 제16조(특수가압시설의 설치 운영) 제17조(흡수정 등의 장치 설치) 제18조(급수공사의 직권 시행) 제19조(공사시행에 수반한 책임) 제4장 원인자부담금 제20조(수도관리자의 의무) 제21조(원인자부담금의 부과대상 및 범위) 제22조(원인자부담금 산정기준) 제23조(원인자부담금의 부과 · 징수) 제24조(다수의 원인자 등) 제25조(원인자부담금 등의 정산) 제26조(과오납 처리) 제27조(공사시행자) 제5장 급수 제28조(수도의 사용) 제29조(신고) 제30조(급수의 판매금지) 제31조(소화용급수의 사용) 제32조(수도사용자 등의 관리상의 책임) 제33조(급수정지 및 사용제한) 제34조(급수의 중지)

효율적인 우수율 관리를 위한 제도 개선 및 정책 방향

제주특별자치도의 우수율 관리를 위한 관련 제도개선 및 정책 방향 제시 : ① 수압관리기준 수립

■ 현황 및 문제점

- 급수공사 시 수압을 고려하지 않거나, 다층건물 직결급수 사례가 많아 신규 급수공사 후 인근 지역이나 고층 수용가 저수압 발생
- 고층 수용가 등의 저수압 민원 해소를 위해 인근 지역 고수압 유지 시 누수 유발, 누수량 증가 등 우수율 관리 악영향
- 급수공사 및 직결급수 시 수압 기준 부재

■ 개선방안

- 급수공사 승인에 필요한 최소 수압 기준 마련(조례 개정)
- 수용가의 직결급수 요청에 대한 승인절차 및 승인 가능한 최소 수압 기준 마련(조례 개정)

현 행	제9조(급수공사의 승인) ① 수돗물을 공급받고자 하는 자는 규칙으로 정하는 바에 따라 미리 도지사에게 신청하여 그 급수공사의 승인을 받아야 한다. ② 도지사는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 <u>급수공사 승인을 하지 아니한다</u>. 이 경우 신청인에게 그 사유를 서면으로 알려야 한다. 1. 삭제<2014.12.31> 2. 고지대 또는 수압이 낮은 지대로 급수하기 위한 특수가압시설 설치와 특수가압시설 및 소화전에서 분기하는 급수공사. 다만, 다음 각목의 어느 하나에 해당하는 경우에는 제외할 수 있다. 가. 「문화재보호법」에 따른 문화재 및 「전통사찰의 보존 및 지원에 관한 법률」로 지정한 전통사찰 나. 그 밖에 국가 또는 지방자치단체가 공익적 필요에 따라 시행하는 사업 3. 송수관·배수본관 및 도수관에서 직접 분기하는 급수공사 4. 수도사용료 등의 미납금이 있는 경우의 개조·수선·수전분리 공사 5. 농업용 급수공사
개 정 (안)	제9조(급수공사의 승인) ① (현행과 같음) ② (현행과 같음) 1~5. (현행과 같음) 6. <u>인근 지역의 수압이 수도꼭지 최소수압에 미치지 못하는 경우(수도꼭지 동수압 1.5kgf/cm² 미만)</u> 제9조의1(직결급수의 승인) ① 직결급수를 원하는 수도사용자 등은 공사를 시행하기 전에 도지사에게 신청하여 승인을 받아야 한다. ② 도지사는 제1항에 따른 신고업무를 처리할 때에는 해당 건축물 최상층의 수압이 1.5kgf/cm² 이상인 경우에만 직결급수를 승인하여야 한다.

효율적인 우수율 관리를 위한 제도 개선 및 정책 방향

제주특별자치도의 우수율 관리를 위한 관련 제도개선 및 정책 방향 제시 : ② 대수용가 수리검토 실시

■ 현황 및 문제점

- 중산간 및 해안지역 관광지 중심 리조트, 타운하우스 등 신규 대수용가 지속 발생
- 신규 급수공사 승인 시 수리검토 미실시하여 대수용가 급수 시 인근 지역 출수 불량 등 문제 발생
- 인근 수용가의 영향을 저감시키기 위한 대수용량 수수유량 및 압력 조절 필요

■ 개선방안

- 신규 급수공사에 대한 수리검토 결과에 따라 승인 여부 판단(조례 개정)
- 대수용가 유입관로상의 유량 및 수압조절이 가능한 밸브 및 설비 설치 의무(수도사업자 관리권 부여)

현 행	제9조(급수공사의 승인) ① 수돗물을 공급받고자 하는 자는 규칙으로 정하는 바에 따라 미리 도지사에게 신청하여 그 급수공사의 승인을 받아야 한다. ② 도지사는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 급수공사 승인을 하지 아니한다. 이 경우 신청인에게 그 사유를 서면으로 알려야 한다. (이하 생략)
개 정 (안)	제9조(급수공사의 승인) ① (현행과 같음) ② 도지사는 제1항의 신청 내용에 대하여 수리검토를 실시하여 적정한 경우 승인하여야 하고, 수도법 시행규칙 22의 3에 해당하는 대형 건축물의 인입관로에는 유량 및 수압 조절이 가능한 밸브 및 설비를 설치하여야 하며 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 급수공사 승인을 하지 아니한다. 이 경우 신청인에게 그 사유를 서면으로 알려야 한다. (이하 생략)

효율적인 우수율 관리를 위한 제도 개선 및 정책 방향

제주특별자치도의 우수율 관리를 위한 관련 제도개선 및 정책 방향 제시 : ③ 부정사용 저감

■ 현황 및 문제점

- 우수율 제고를 위해 부정사용량 등 무효수량 저감 및 우수수량 증대 필요
- 도수의 경우 처벌 등 민감한 문제 유발 우려, 주민 공감대 형성 및 의식 고취, 자발적 신고 유도 등 점진적 개선 필요

■ 개선방안

- 부정급수 자진신고 기간 운영, 자진신고 시 행정처분 경감·면제로 자진신고 유도, 부정급수 저감 및 주민 의식 개선 도모

제주특별자치도의 우수율 관리를 위한 관련 제도개선 및 정책 방향 제시 : ④ 관로 용도별 구분

■ 현황 및 문제점

- 제주도는 상수도 외 농·수·축산·산업용 수용가가 약 6% 이상 차지하며, 해당 관로 시설 다수가 상수관로와 인접 설치
- 시약검사 오류 가능성 등으로 인해 상수도 외 기타 용수 관로 오염 가능성, 누수복구 공사 처리부서 불명확 등 문제 발생

■ 개선방안

- 농업용 등 기타 용수 관로 매설 시 경고용테이프 설치, 경고용테이프 색상을 상수도와 구분하여 별도 시약검사 없이도 관로를 육안 구분할 수 있는 여건 마련

감사합니다



기후변화 대응과 효과적인 수자원 이용방안 마련을 위한 공동 세미나

화산섬 제주의 '지하수'

2024.03.14.

제주연구원 제주지하수연구센터

정책기획팀장 고 인 종

목차 CONTENTS



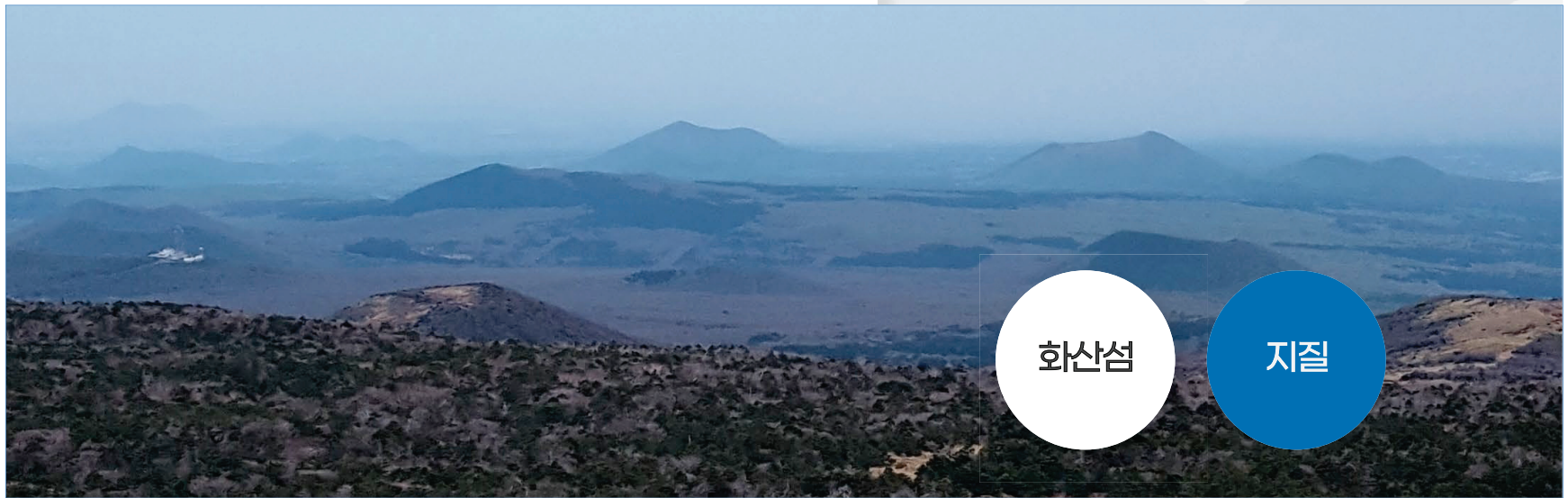
I 화산섬 제주의 지질

II 제주의 수자원

III 제주 수자원 환경의 변화

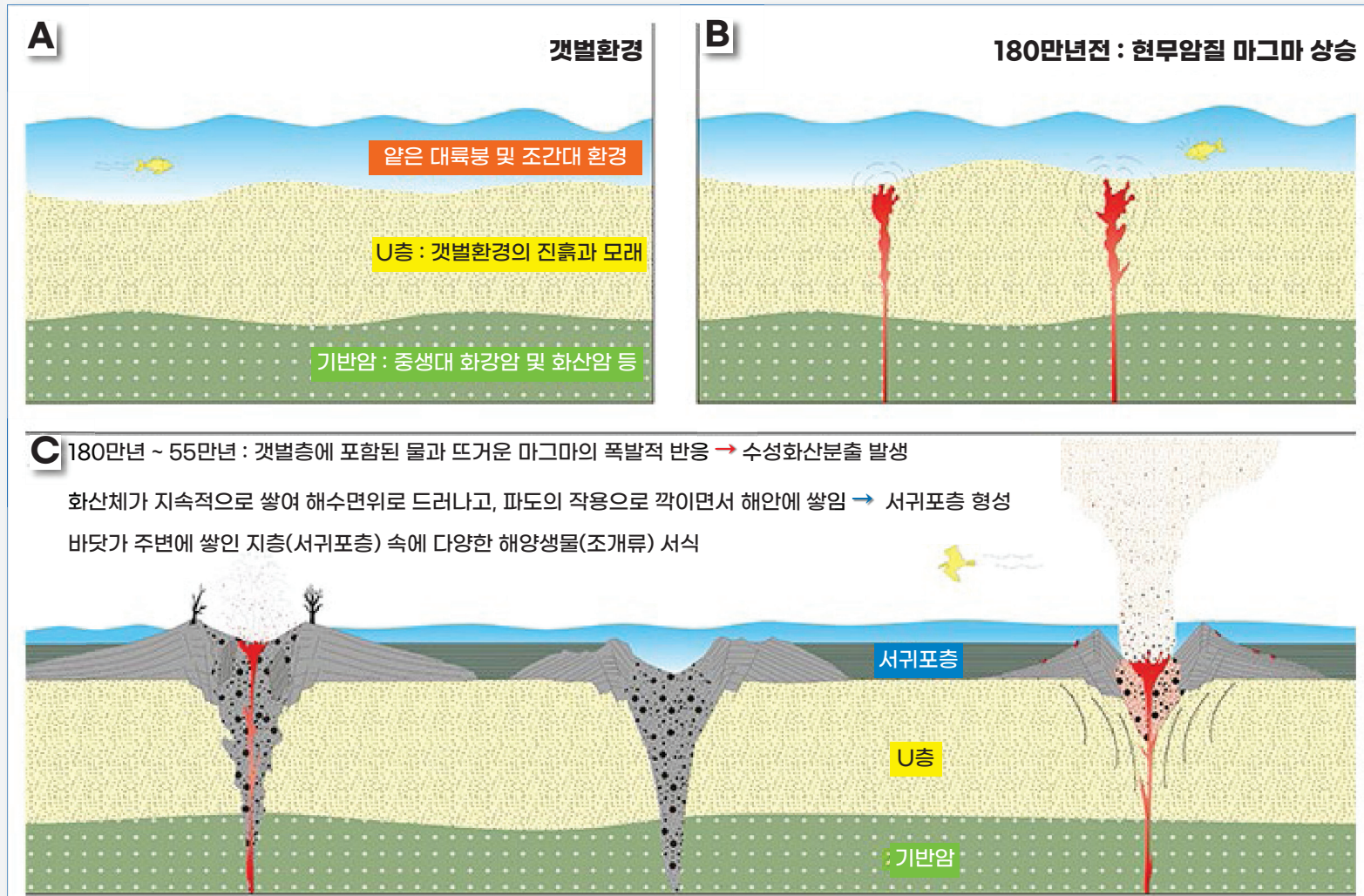
IV 제주지하수 보전·관리

I . 화산섬 제주의 지질



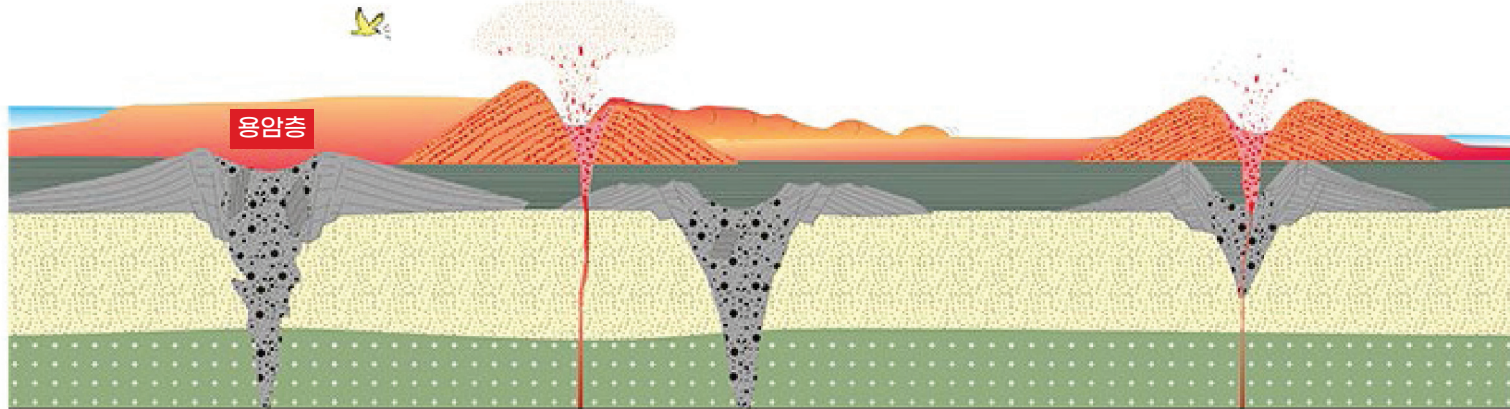
화산섬

지질

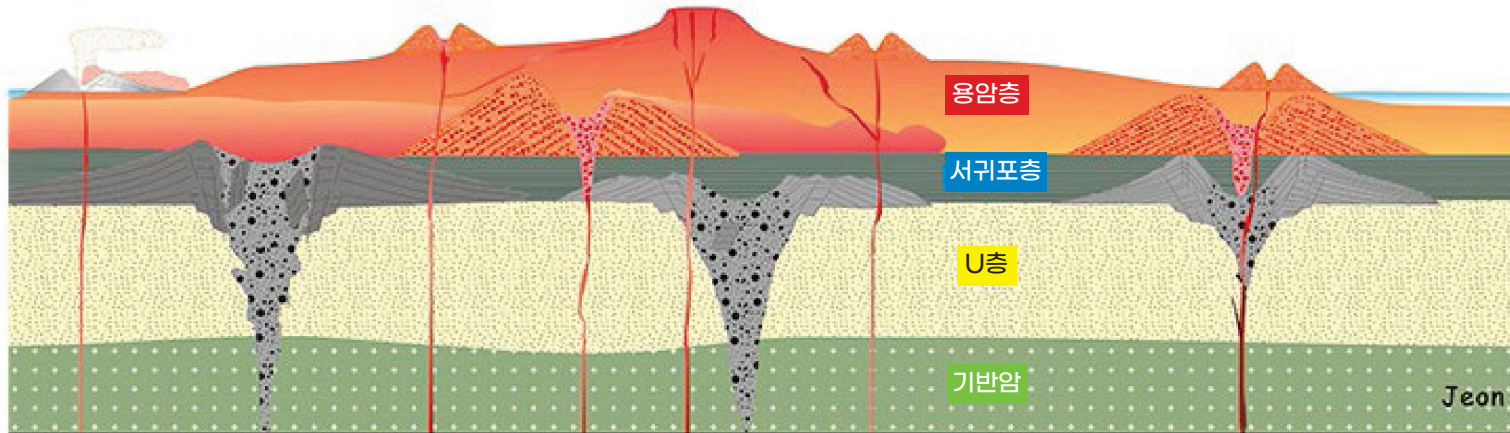


< 출처 : 세계자연유산 제주 홈페이지 >

D 55만년 ~ 수만년 : 해수면 위로 드러난 제주는 수성화산분출에서 조용한 용암과 송이 분출로 변화 → 스톨롬볼리안 분출
제주 전역에 용암류가 반복적으로 누적되면서 초기 제주의 형태가 만들어짐

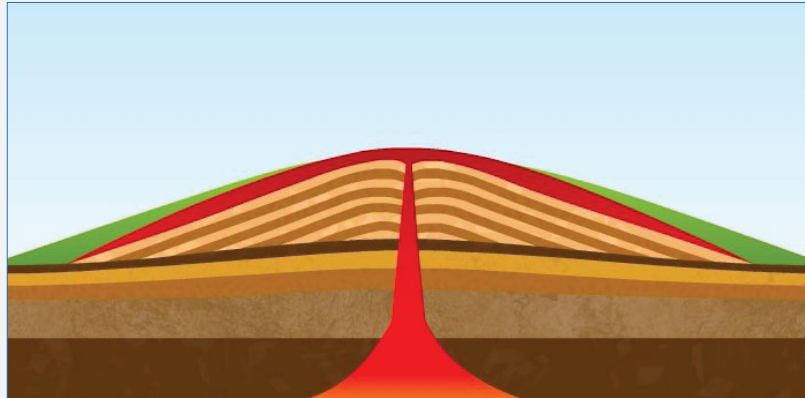


E 만년 ~ 수천년 : 용암분출이 한라산을 중심으로 집중되면서 한라산체가 형성
한라산 형성 이후 산발적으로 소규모 오름이 만들어지고, 해안주변에는 수성화산체가 형성

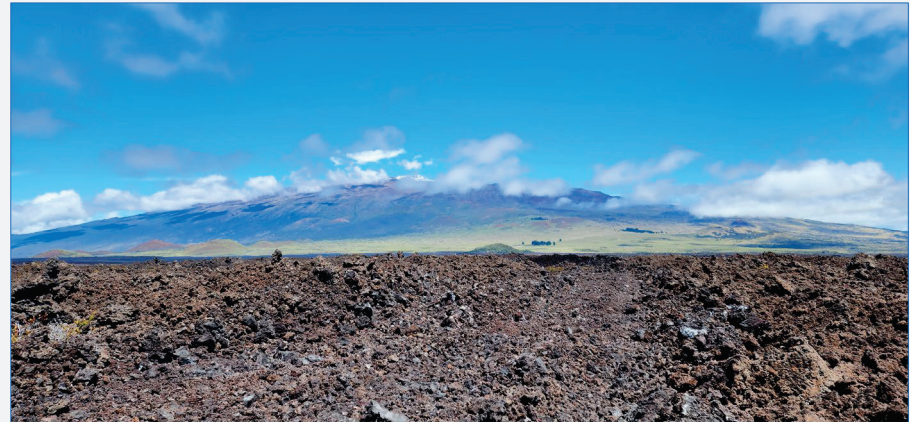


< 출처 : 세계자연유산 제주 홈페이지 >

순상화산이란?



용암류로 만들어진 큰 돔 모양의 화산이며 일반적으로 현무암으로 구성되어 있다. 하나의 화구를 통해 조용히 분출을 하여 흘러 넘칠 때 경사가 극히 완만한 순상화산이 형성된다. 작은 순상화산은 거의 연속적인 분출에 의해 빠르게 형성된다. 그러나 큰 순상화산은 약 100만 년 이상 동안 정상 부분이나 열하로부터 용암류가 수십만 번 이상 분출하면서 만들어진다. 순상화산의 경사는 매우 완만하여 대체로 6° 이하이다. 정상부는 거의 평탄하나 화구나 칼데라로 움푹 패어 있다.



< 하와이섬(빅아일랜드)의 마우나 케아 순상화산 >



< 하와이섬(빅아일랜드)의 마우나 케아 정상부의 오름(기생화산) >



< 하와이섬(빅아일랜드)의 마우나 로아 순상화산과 오름(기생화산) >

제주는 순상화산?

과거에는 제주를 열점에의해 만들어진 순상화산(평탄한 방패모양)으로 해석하였음

한라산을 중심으로 용암이 분출하여 널리 퍼져나간 것으로 생각

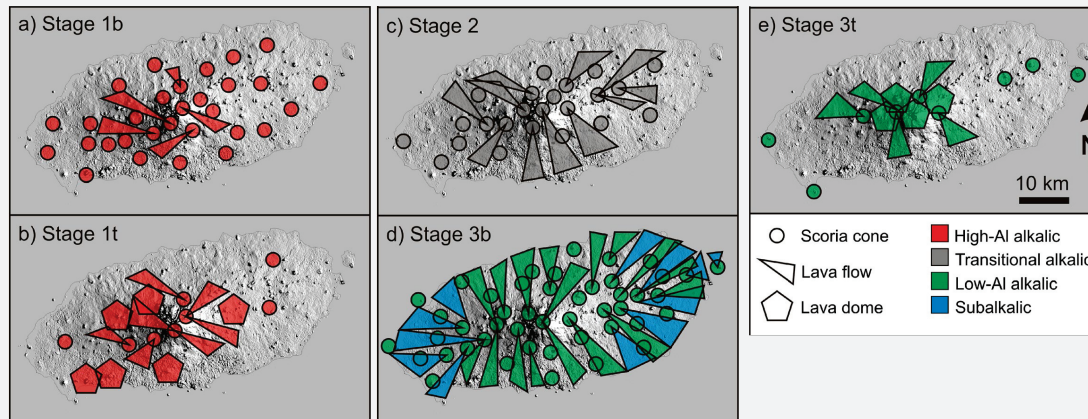
화산암 연대측정 결과와 암석 화학적 분석 결과를 종합하여 볼 때, 제주는

: 단일 마그마방으로 부터 공급된 용암이 분출되어 만들어진 것이 아닌

: 복성(다양한 기원)의 복합 화산체와 단성 화산체로부터 분출한 용암류 및 화산쇄설층이 퍼즐 조각과 같이

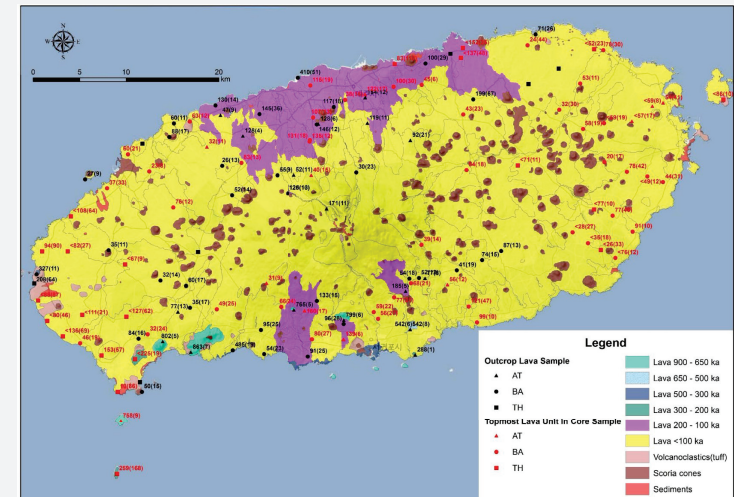
합쳐지고 층상으로 누적되어 지금의 '제주'가 만들어진 것으로 해석하고 있음

(고기원 등 2013)



(Brenna et al., 2015)

[제주도 화산활동의 단계별 구분]



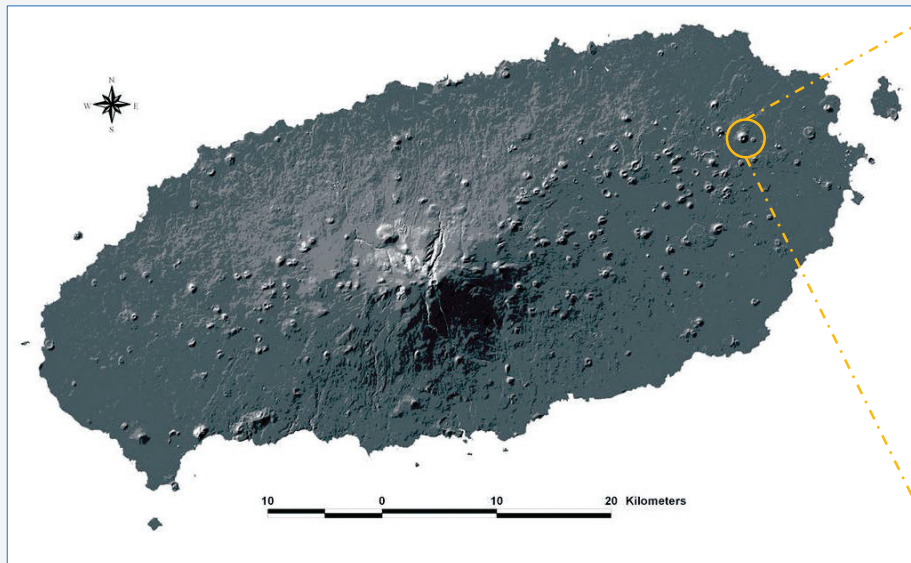
[제주도 구성암석 형성 시기별 분포도]

Ⅰ ‘오름’ 으로 불리는 다양한 규모의 소화산체(분석구, 응회구, 응회환, 조면암돔 등)가 368개 분포

→ 오름의 높이 : 3~350m, 기저면 직경 : 88~2,450m, 분화구 직경 : 48~1608m

Ⅰ 형태는 말굽형, 원추형, 원형, 복합형으로 다채롭게 나타남

Ⅰ 고도별로는 ① 해안지역 : 143개, ② 중산간지역 : 149개, ③ 산악지역 : 76개 분포



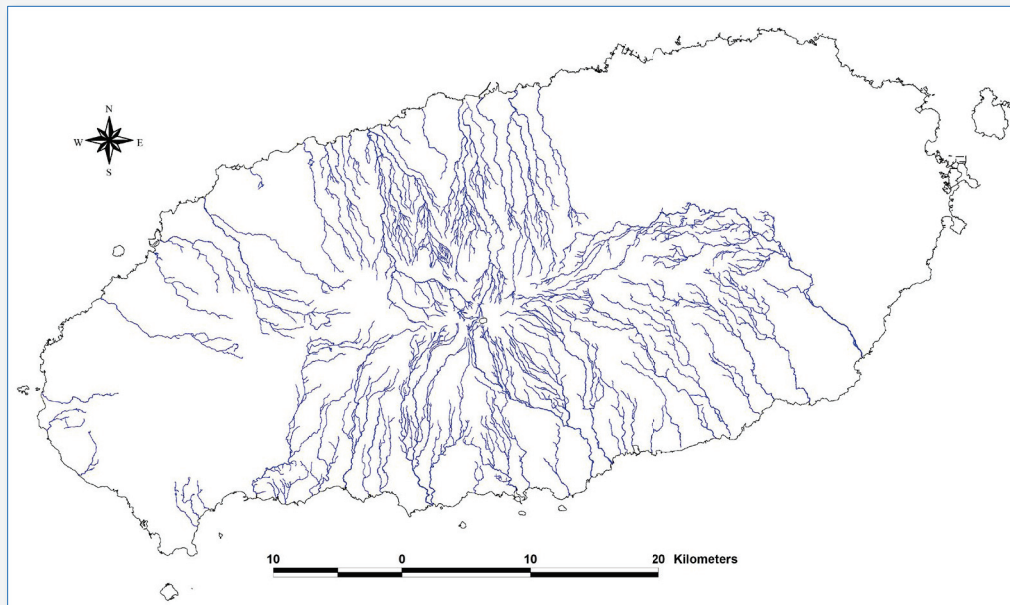
[제주 음영기복도]



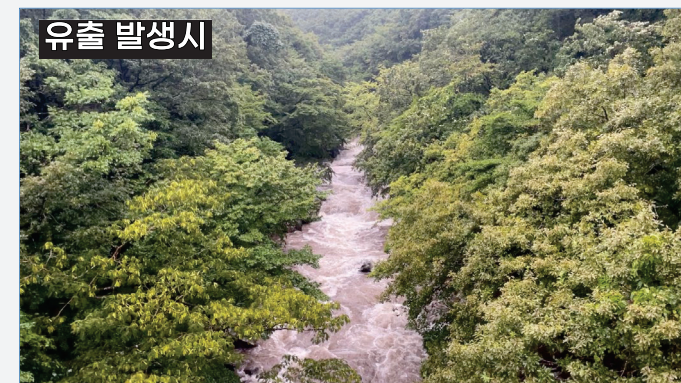
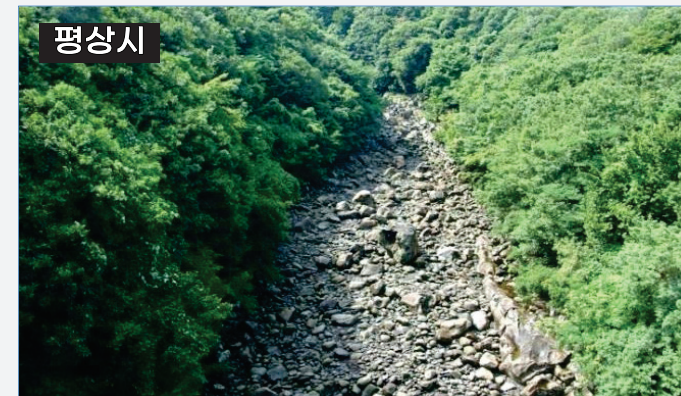
[제주 ‘오름’ 중 하나인 월랑봉 전경]

02 제주의 지형 특성

- 하천은 한라산을 중심으로 남-북 사면에 집중되어 있고, 동-서부는 하천발달이 미약함
- 150개 하천(지방하천 60개, 소하천 90개)이 분포 ⇒ 대부분 건천상태(50~80mm/일 이상 강우 발생시 유출)
- 유출은 1~2일 이내 종료됨(투수성이 높은 지질특성)



[제주 하천 분포도]



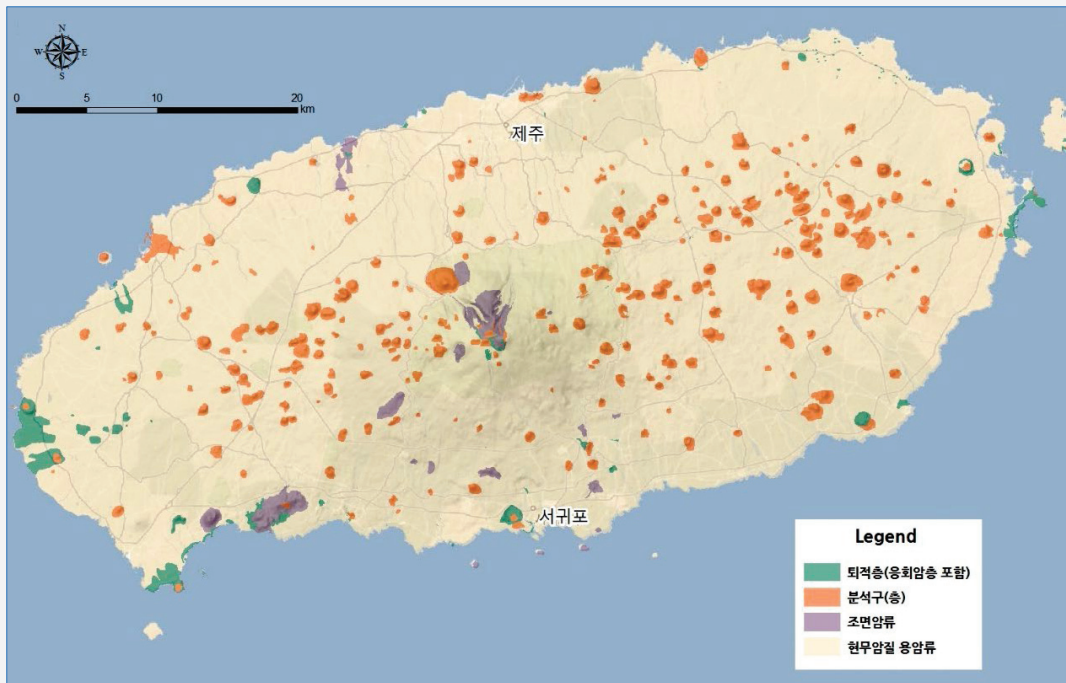
[건천 및 유출상태 하천의 모습(한천 탐라교)]

지표 구성 암석

■ 제주의 지표 구성암석은 크게 용암류와 퇴적암류로 나누어짐

① 용암류 : 제주 면적의 약 92%를 피복(현무암질 용암류 97%, 조면암질 용암류 3%)

② 퇴적암류 : 서귀포층, 응회암층, 재동퇴적층, 사구층, 분석층 등



(고기원 외, 2017)

[제주도 지표 암석 분포도]

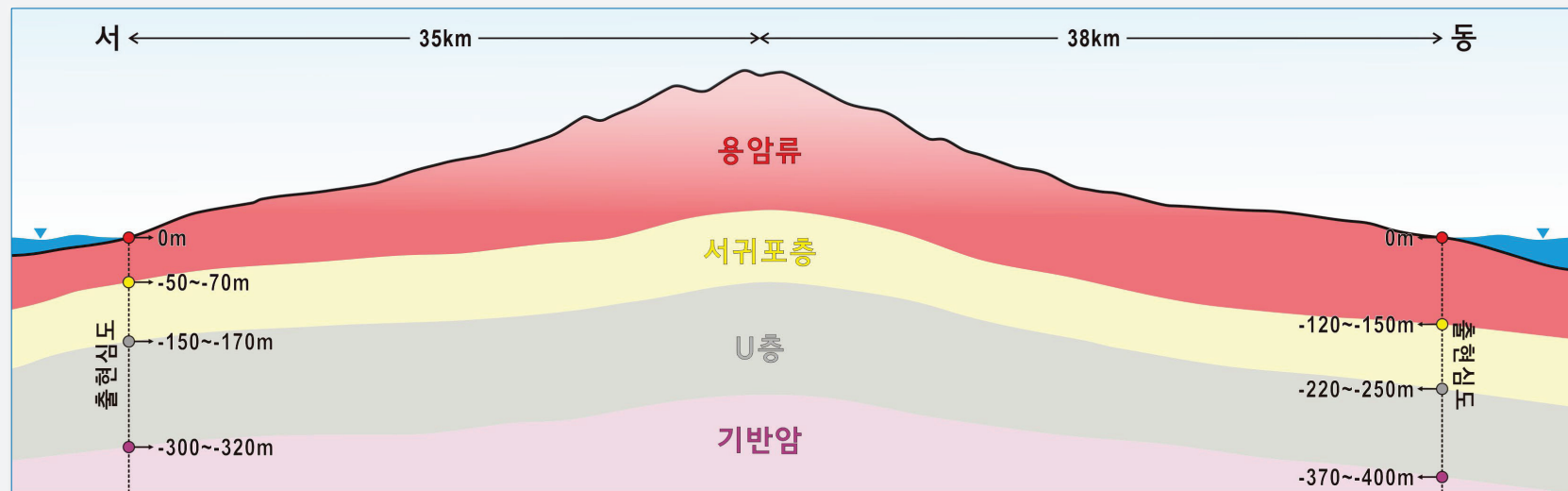


[제주도 용암류 및 퇴적암류]

지하 지질

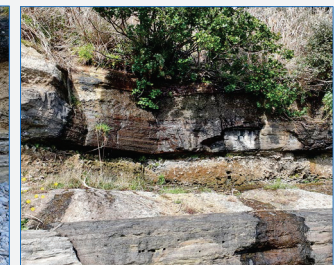
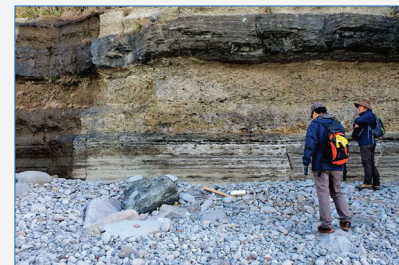
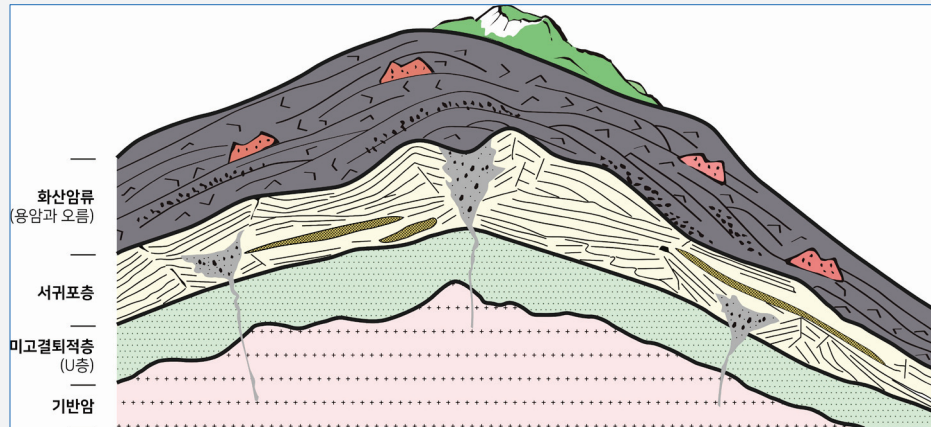
■ 제주의 지하 지질은 크게 하위로부터 ‘기반암-U층-서귀포층-용암류층’으로 구분됨

- ① **기반암** : 화강암류 및 응회암류로서, 해수면 하 평균 300~400m 심도에서 나타남
- ② **U층** : 고결되지 않은 점토와 세립질 모래로 이루어진 퇴적층으로서, 마치 빨과 같은 상태를 보임
- ③ **서귀포층** : 제주도를 형성시킨 화산활동의 시작점(약 180만 년 전)으로 간주되며, 화산활동기의 화산쇄설물과 휴지기에 쌓인 해양 및 육성기원 퇴적물로 구성됨(해수면 하 평균 50m 보다 깊게 위치, 남부지역은 해수면 상부에 형성)
- ④ **용암류층** : 파호이호이 용암류(표면이 매끄러운), 아아 용암류(표면이 깨지고 거친) 형태로 분포되어 있으며, 암석 화학적으로는 현무암질 용암류와 조면암질 용암류(예. 산방산)로 구분



[제주도 지하지질구조도]

제주지하수의 그릇 역할을 하는 서귀포층



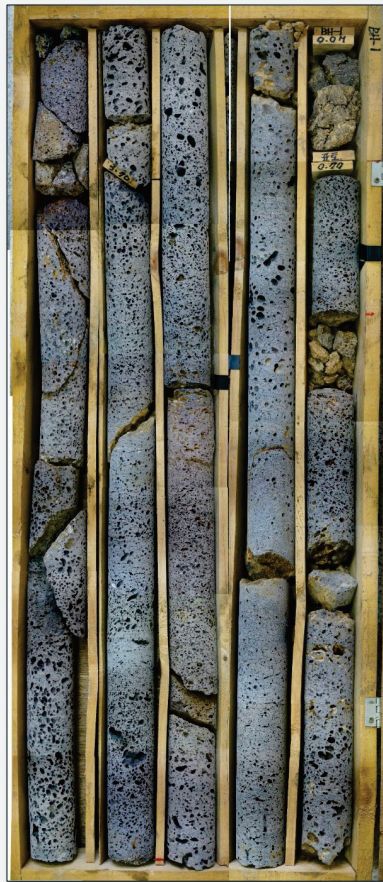
제주의 지질 층서를 잘 보여주는 남부 지역



투수성이 양호한 다공질의 현무암질 용암류가 광범위하게 분포

■ 제주도는 투수성이 높은 용암류층이 두껍게 발달해 있어 강수의 지하 침투가 매우 용이함

→ 균열과 절리구조, 클링커 구조(파쇄대), 다공질 조직특성, 용암동굴, 꽃자왈, 숨골 등



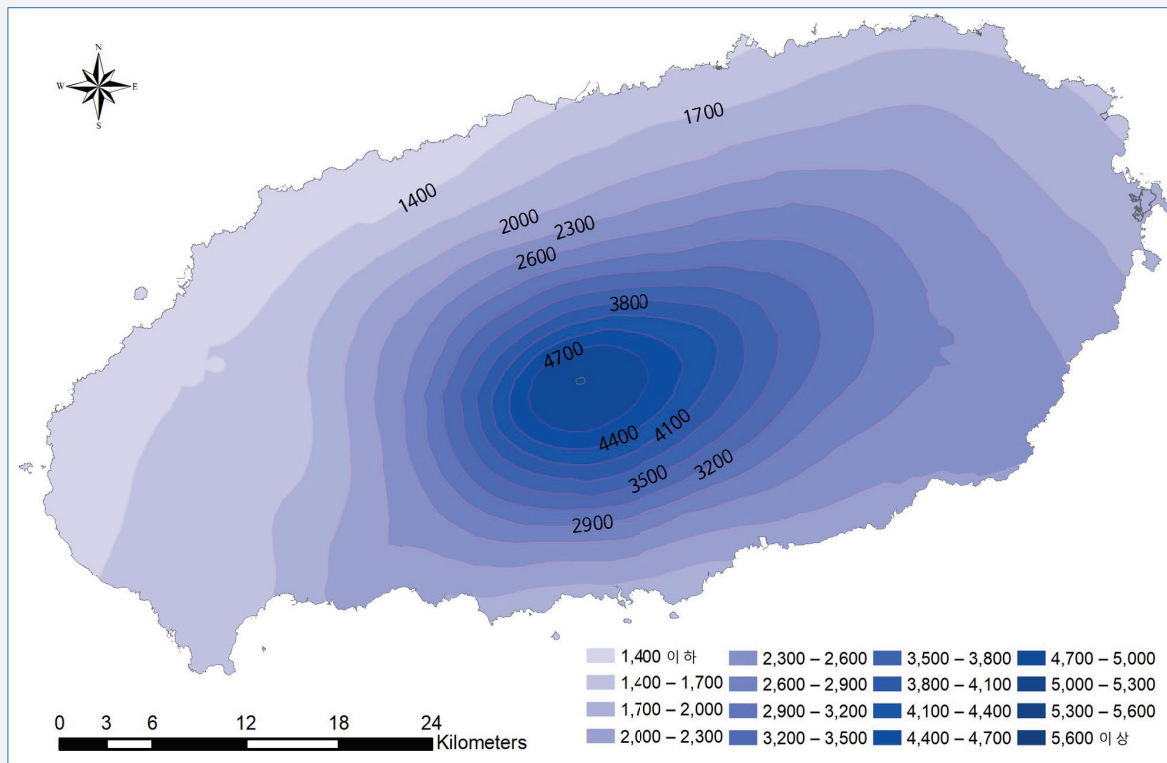
[제주도 용암류에서 나타나는 투수성 구조들]

04 제주의 수리지질학적 특성

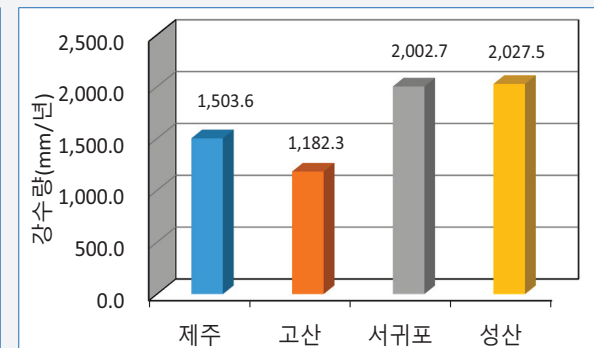
강수량이 풍부한 섬

연평균 강수량이 약 2,200mm로 전국 1,306mm의 약 1.7배 ⇒ '강수량이 많은 섬'

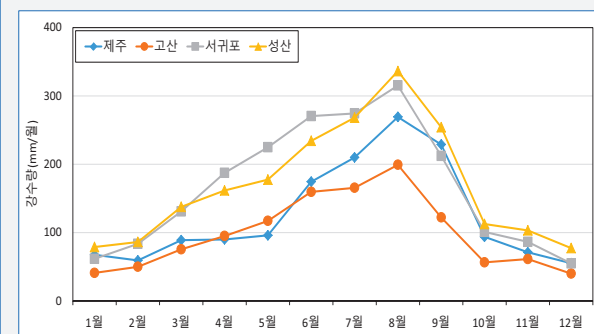
여름철(6~8월)이 가장 많고, 지역별로 다소의 편차를 보임



[제주의 공간적 강수량 분포도]

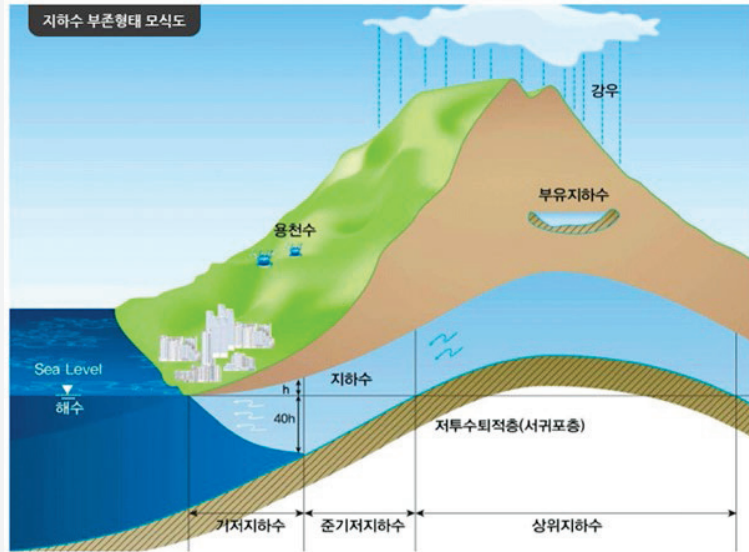


[지역별 연평균 강수량]

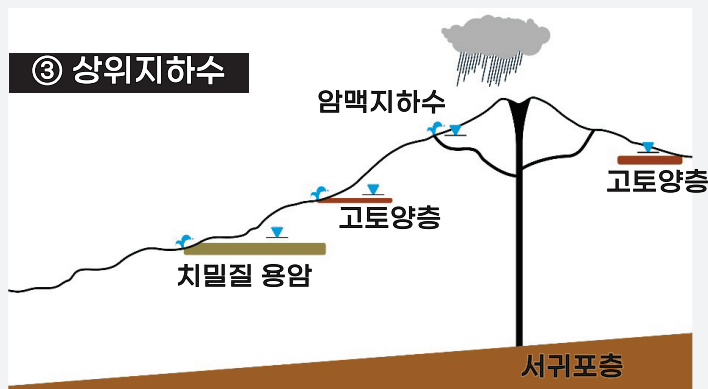


[시기별 평균 강수량]

지하수 부존 형태



< 출처: 제주특별자치도 지하수정보관리시스템 >

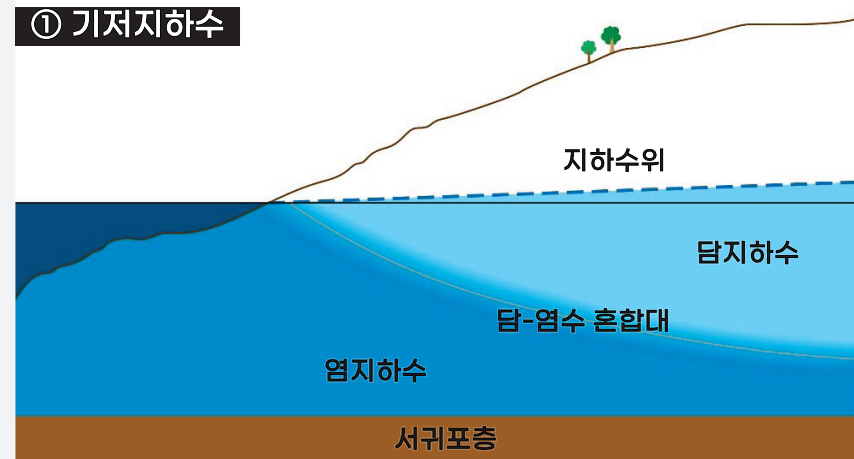


지표면에 내린 강수가 중력에 의해 투수성 지층을 통해 지표하부로 침투하다가 불투수성 암석층이나 점토층과 같은 저투수성 지층을 만나 더 이상 하부로 침투하지 못하고 저투수층을 따라 이동하는 지하수

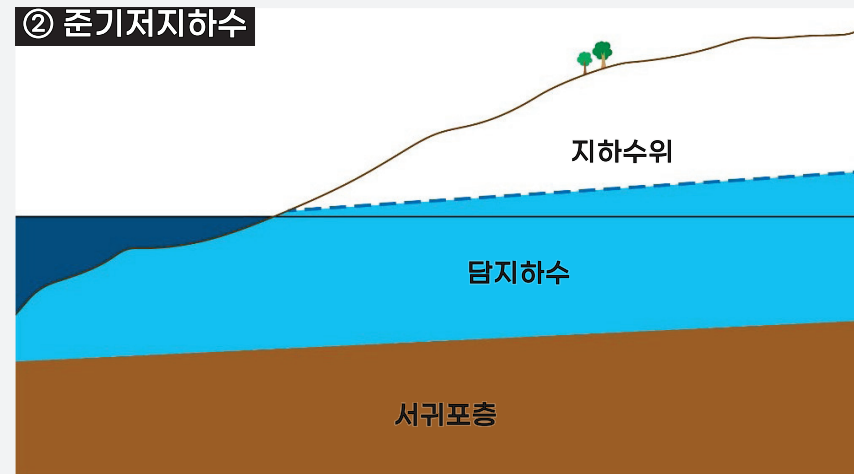
[제주도 지하수 부존 형태 모식도]

염수와 담수의 비중차이에 의해서 담수가 염수 상부에 렌즈 형태로 부존하는 지하수

① 기저지하수



② 준기저지하수



담수 지하수체의 하부가 저투수성 퇴적층인 서귀포층에 의해 해수와의 직접적인 접촉이 차단되어 G-H 원리가 적용되지 않는 지하수체를 의미하며, 평균 해수면 상부에 위치하는 경우 상부 준기저지하수로, 평균 해수면 하부에 위치하는 경우 하부 준기저지하수로 세분

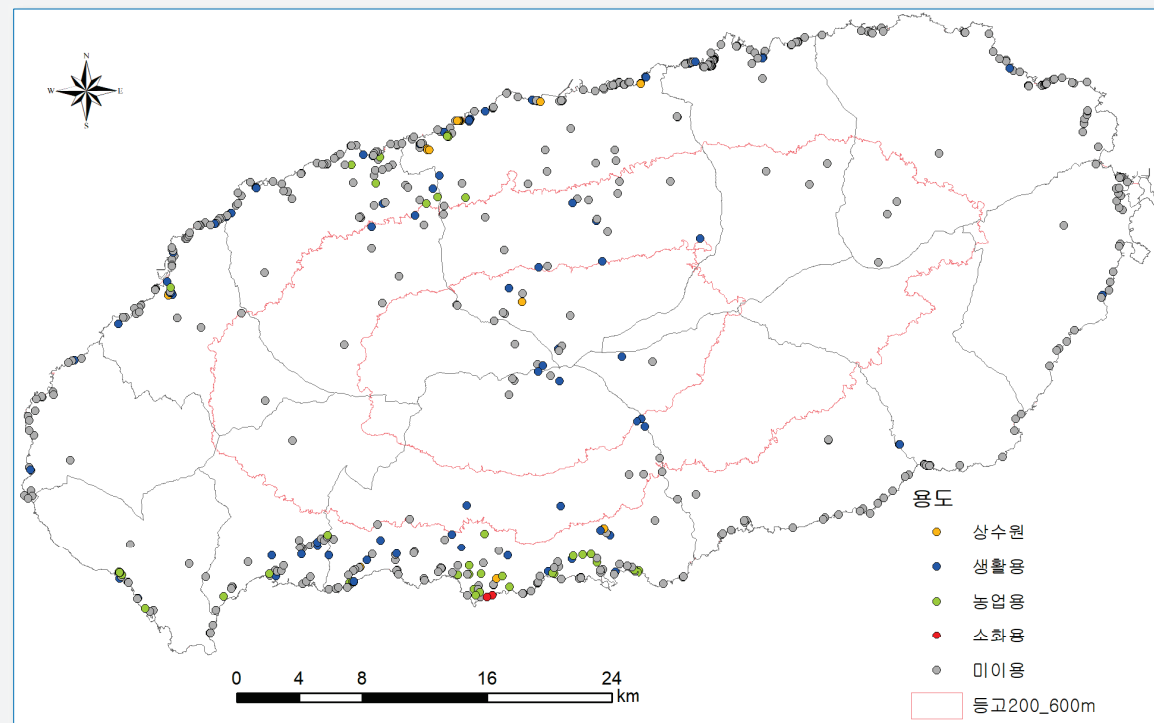
The map of Jeju Island displays various groundwater basins. The legend indicates three categories: 기저지하수 (Basal Groundwater, dark blue), 준기저지하수 (Sub-basal Groundwater, light blue), and 상위지하수 (Superficial Groundwater, grey). The basins are labeled with names such as 구좌 (Guseo), 조천 (Jochon), 서귀포 (Seogwi), and others. A compass rose is located in the top left, and a scale bar (0-20 km) is at the bottom.

다양한 가치를 지닌 용천수

I 용천수가 다수로 분포해 있음

: 제주도내 646개소가 분포해 있으며, 용출량이 풍부한 경우 상수원으로 이용되기도 함

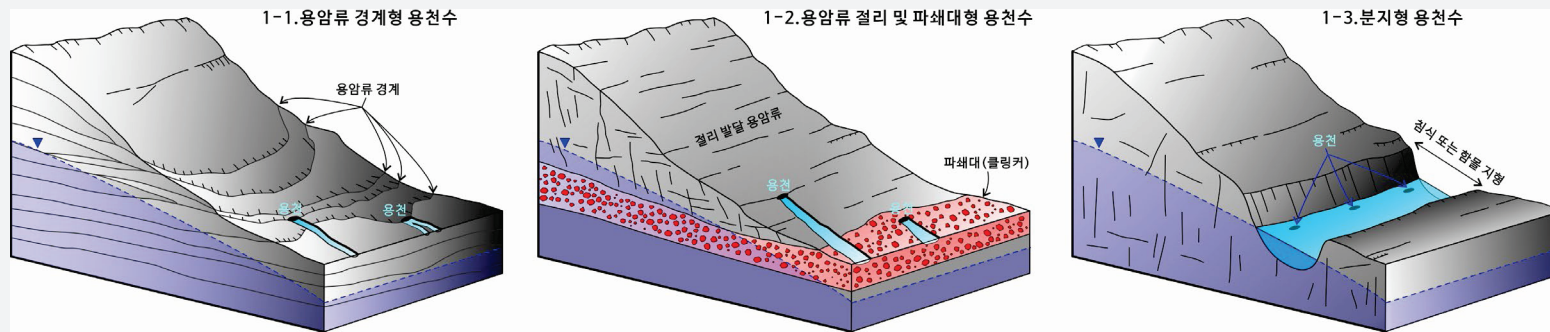
⇒ 용천수는 특징적으로 해안선에 인접해 형성되어 있으며, 중산간 및 고지대는 남·북부 지역에 국한



용천수의 유형

Ⅰ 용천수의 지질유형은 크게 3가지 유형으로 구분됨

① 용암류에 발달한 용천수



백록샘



선돌언물



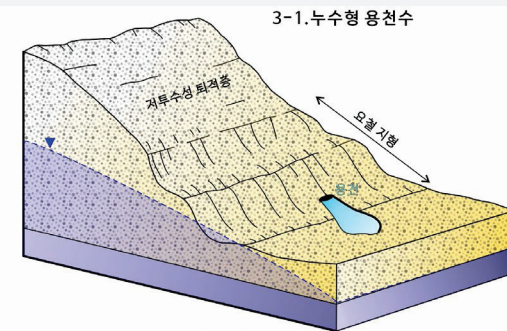
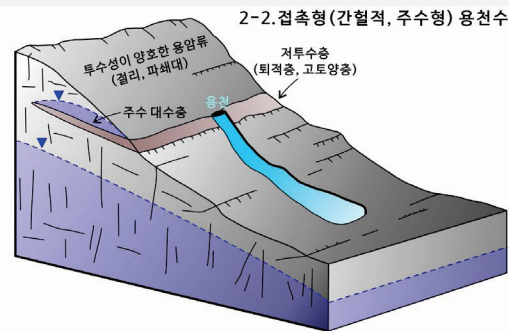
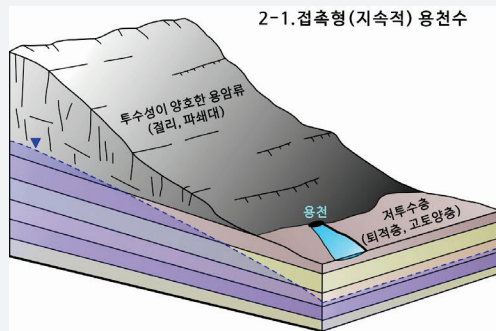
강정천

용천수의 유형

I 용천수의 지질유형은 크게 3가지 유형으로 구분됨

② 용암류-퇴적층 사이에 발달한 용천수

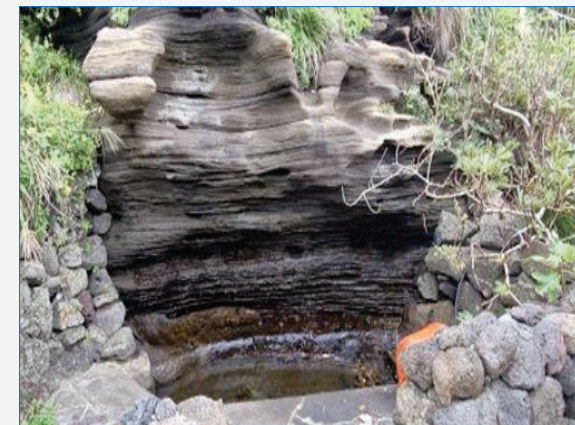
③ 퇴적층에 발달한 용천수



이끼폭포

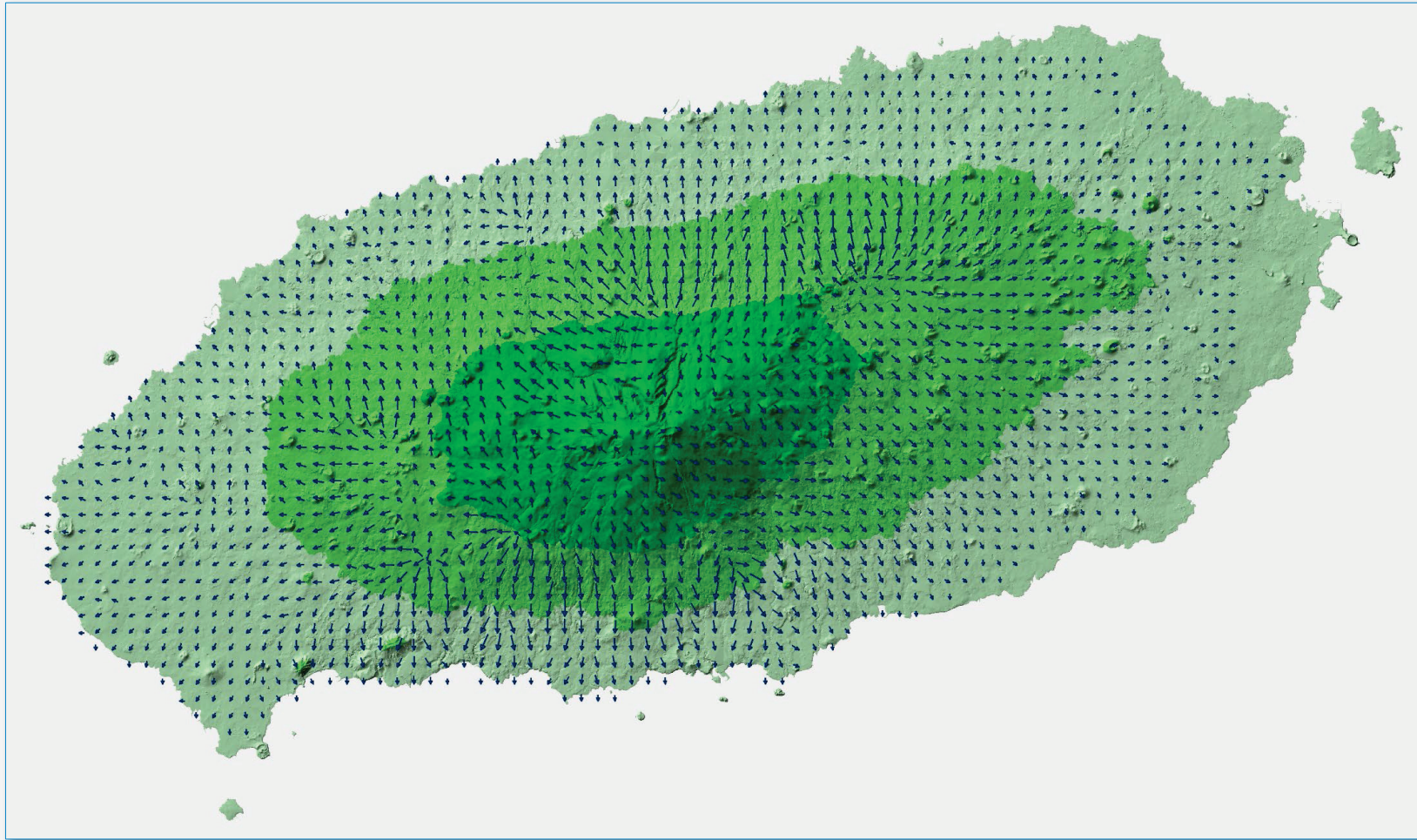


개각주상절리 주변

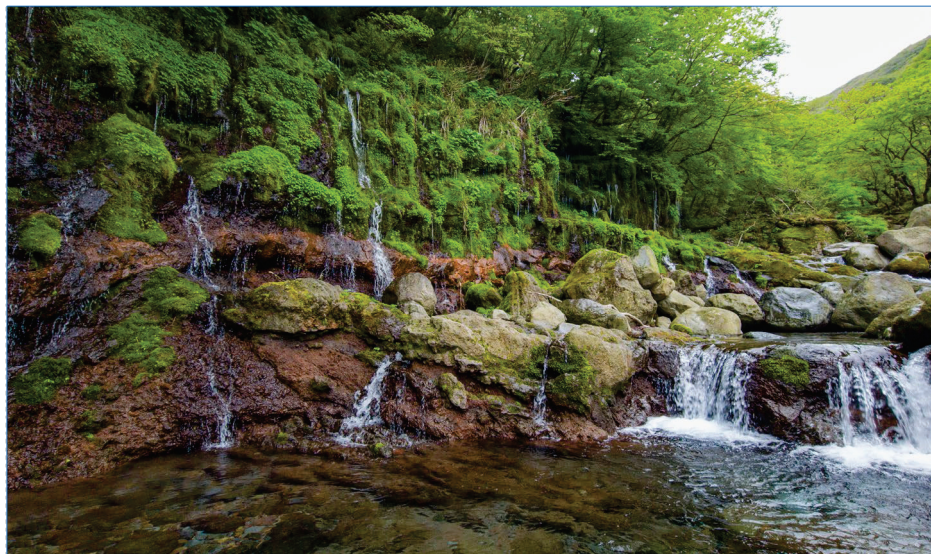


앞먹돌산물

지하수 흐름



Ⅱ. 제주의 수자원



수자원
개발사

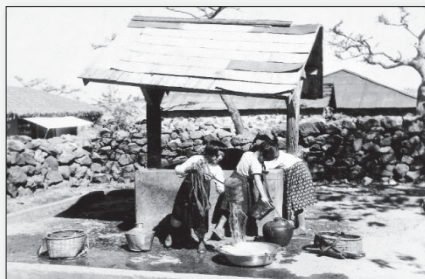
허가·이용량
대체수자원

01 제주의 물 이용 역사

수자원 개발

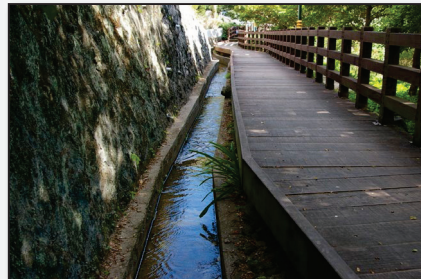
1900년대 이전
자연 그대로의 물 이용

- ◆ 원시적인 물 이용
- ◆ 용천수 또는 봉천수 이용
- ◆ 마을형성·고을결정→'중요요소'물'



1900 ~ 1960년
초기 상수원 개발·이용

- ◆ 물 이용 형태로 취락구분
- ◆ 용천수를 활용한 논농사
- ◆ 용천수 간이수도 설치



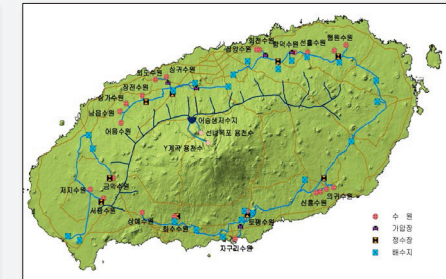
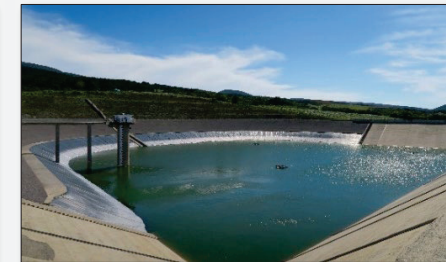
1960 ~ 1990년
지하수 개발·이용

- ◆ 1961년 최초 지하수 개발
- ◆ 1967년 어승생수원 개발
- ◆ 서림, 외도, 강정, 삼양수원 개발



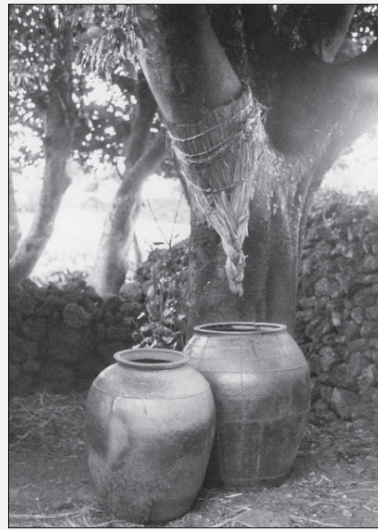
1990년대 이후
지하수 보전·관리

- ◆ 1993년 '수자원종합개발계획' 수립
- ◆ 1994~2013년 1~3단계 광역상수도
- ◆ 지속개발·이용 제도 및 시스템 운영



과거와 현재 물 이용

◆ 생활용수 1인 1일 33L(200L 물항아리/6인 가족)



1인 1일 **320.9L**(제주특별자치도 상하수도본부)



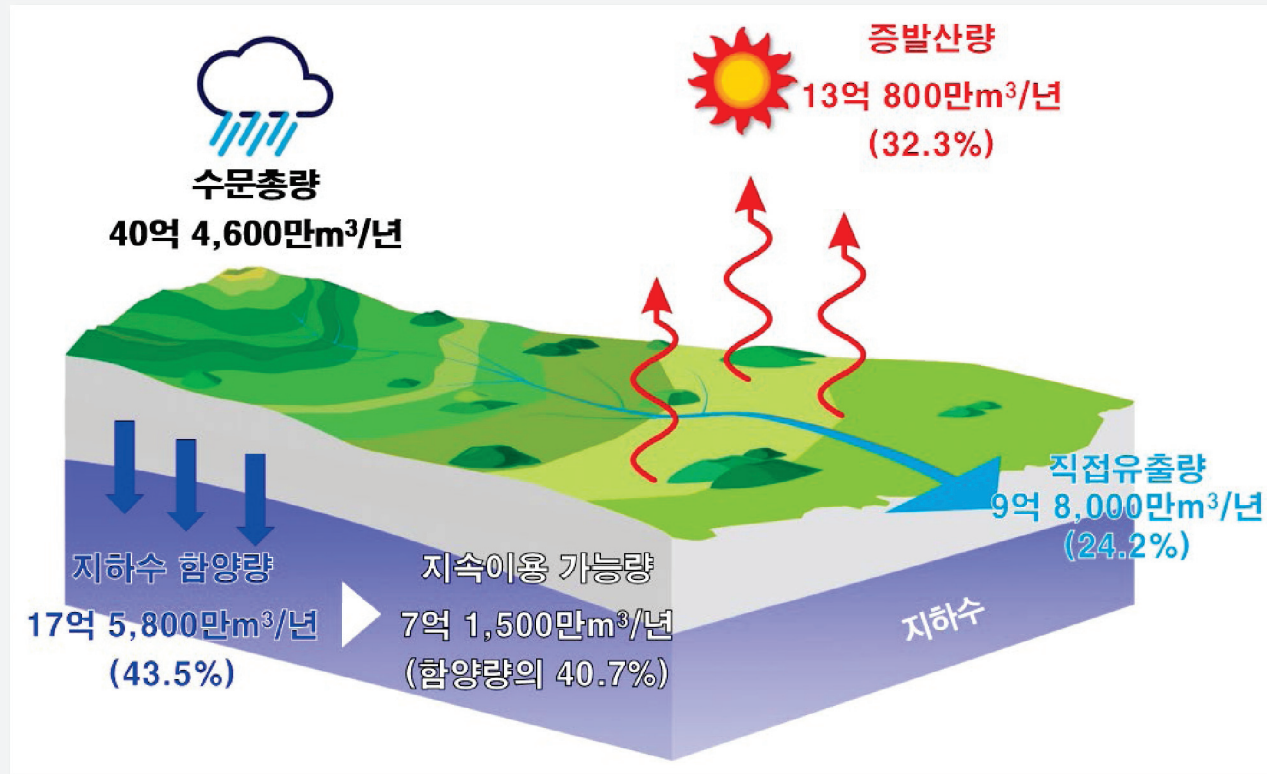
◆ 농업용수 빗물, 용천수, 봉천수



지하수 개발에 의한 편리한 물 이용



제주의 물수지



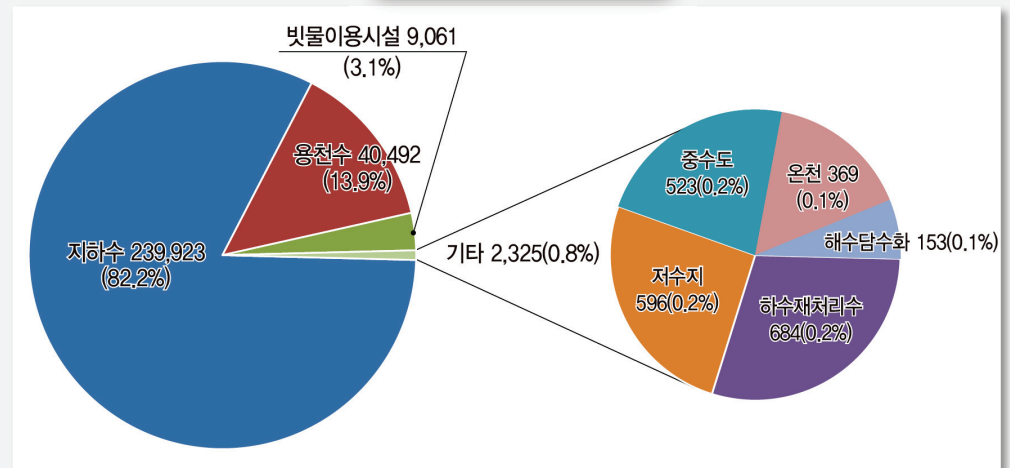
Q. 지속이용 가능량이란? -> A. 지하수 문제를 일으키지 않으면서 지속적으로 취수가 가능한 지하수량

02 제주의 수자원 현황

수자원 이용현황

수원별		시설수 (개소)	이용량 (천m ³ /년)
계		6,290	291,799
지하수	지하수	4,566	239,923
용천수	상수원	10	38,595
	농업용	2	1,897
지표수	저수지	7	596
대체수자원	빗물(의무)	60	6,413
	빗물(권장)	1,607	2,648
	하수재처리	2	684
	담수화	3	153
	중수도	27	523
온천	온천	6	369

수자원 이용량



전체 수자원 이용량 중 지하수에 대한 의존도는 82.2%로 매우 높음

02 제주의 수자원 현황

담 지하수 이용시설 (2023)

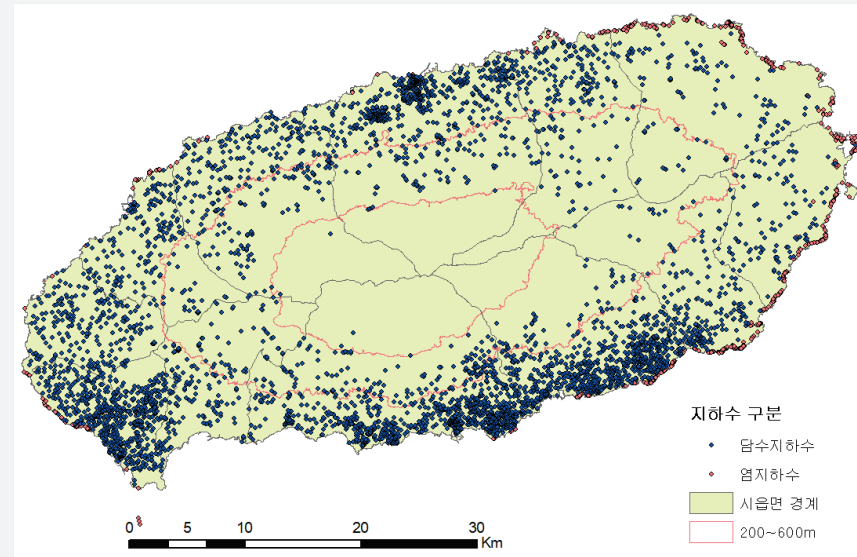
(단위:공)

구 분	합 계	농·어업용	생활용	공업용	먹는샘물
합 계	4,541	3,074 (67.7%)	1,331 (29.3%)	125 (2.8%)	11 (0.2%)
공공용	1,440	941	484	5	10
사 설	3,101	2,133	847	120	1

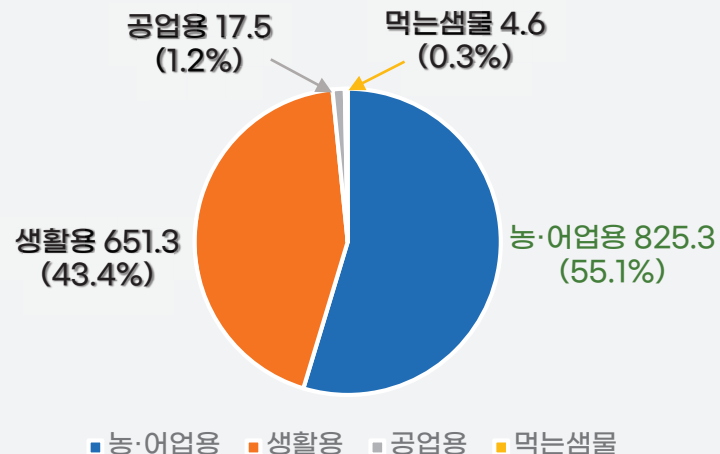
취수허가량 (2023)

(단위:천톤/일)

구 분	합 계	농·어업용	생활용	공업용	먹는샘물
합 계	1,498.7	825.3 (55.1%)	651.3 (43.4%)	17.5 (1.2%)	4.6 (0.3%)
공공용	1,243.7	683.9	553.4	1.9	4.5
사 설	255.1	141.4	98.0	15.6	0.1



※ 전체 5,732공(담지하수 : 4,541공, 염지하수 : 1,191공)



담지하수 4,541공 : 1일 약 1,499천톤 취수허가

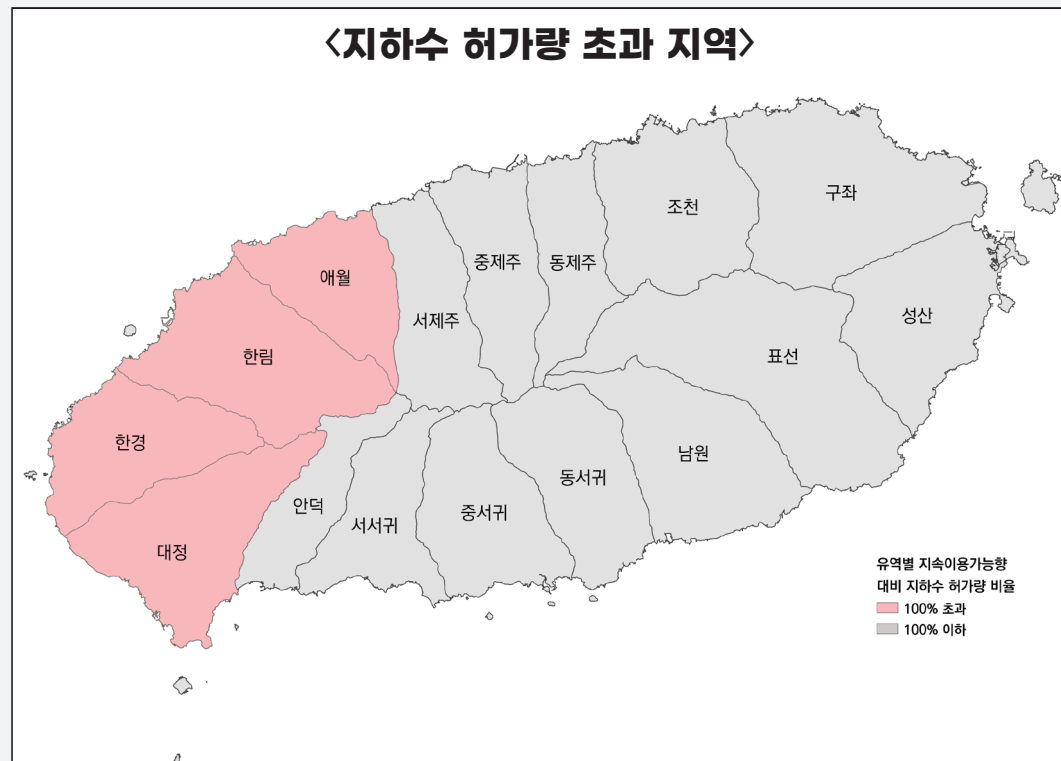
< 출처 : 제주특별자치도 물정책과(2023) >

지하수 지속이용 가능량 vs 취수 허가량

Ⅰ 지하수 지속이용가능량 대비 76.4% 취수 허가 ⇒ 4개 유역은 100% 이상 초과된 상태

① 지하수 지속이용가능량 : 59,640천m³/월

② 지하수 취수 허가량 : 45,590천m³/월



< 출처 : 제주특별자치도 물정책과(2023) >

대체수자원(저수지)

- 도내 7개의 저수지가 운영 $\Rightarrow$ 1,094ha에 5,729m³/일 공급 계획
- : 지하수에 편중되어 있어 지표수 이용시설이 적고, 활용도 또한 낮음
- : 광령 및 수산저수지는 수질문제(녹조)로 이용되지 않음
- : 성읍, 함덕, 송당지구 이외에는 송수시설이 설치되어 있지 않음

[제주도 저수지 개발·운영현황(2021년 기준)]

지구명	유효저수량(천m ³)	수혜면적(ha)	공급계획량(m ³ /일)	준공년도
계	2,943	1,094	5,729	
광령	51	30	173	1954
수산	681	30	173	1960
용수	253	70	400	1957
두모	16	2	82	1965
성읍	1,050	162	2,526	2016
함덕	함덕	108	200	2021
	송당	784	2,175	2021

< 출처: 제주특별자치도 통합물관리 기본계획(2023~2032) >

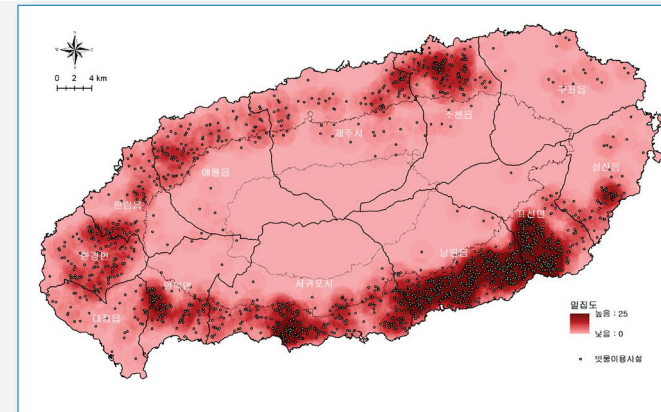
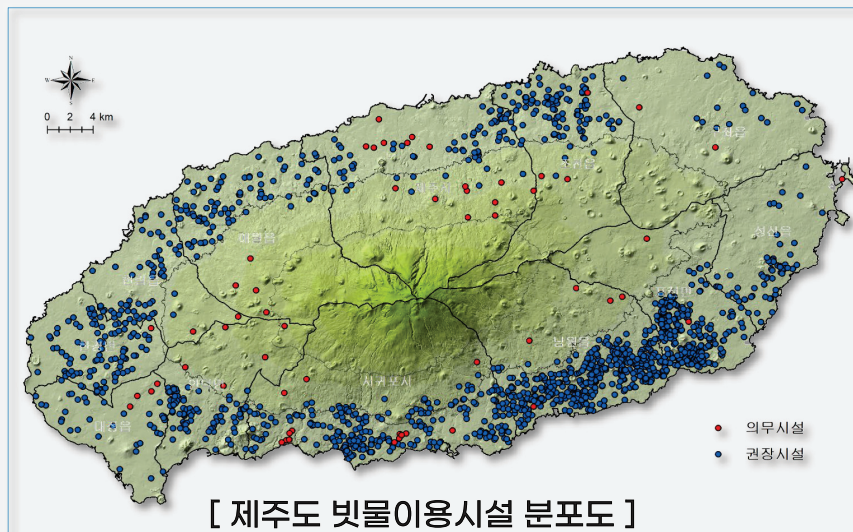


대체수자원(빗물이용시설)

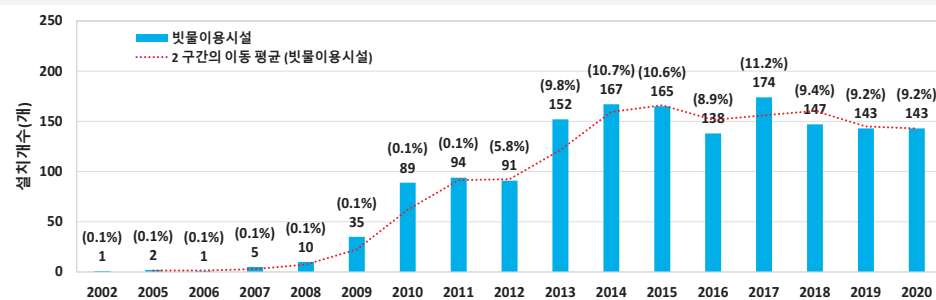
■ 빗물 이용시설이 총 1,560개소(의무 57개소, 권장 1,493개소) 설치되어 있음

: 시설하우스 밀집지역 중심으로 분포(남원 및 서귀포 동지역에 43%가 설치)

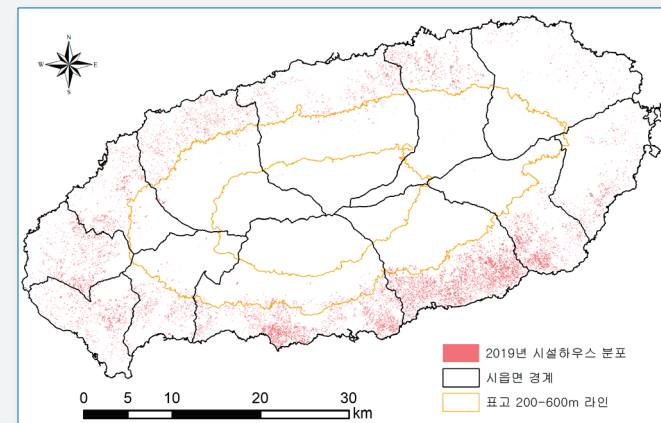
: 저류된 빗물 우선 사용 시 연간 농업용수의 80% 이상을 대체할 수 있는 것으로 분석



[빗물이용시설 밀집도(상) 및 시설하우스 분포도(하)]



[연도별 빗물이용시설 설치 현황]



(제주연구원 제주지하수연구센터, 2021)

Ⅲ. 제주 수자원 환경의 변화



기후

환경

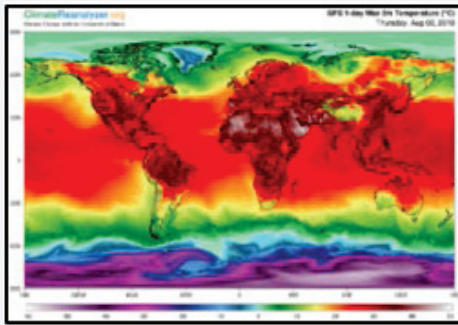
오랜 기간에 걸쳐서 진행되는 기상의 변화



기후변화로 제주지역은
기온상승, 강수량 증가, 해수면 상승, 계절변화 전망



향후 기후변화 현상은
유출량 증가, 지하수 함양량 감소, 물 소비량 증가 초래 전망



폭염 증가
1.6일 → 41.2일

해수면 상승
21세기 후반
65cm 상승



기온 상승
평균 14.4 → 19.0 °C
최저 11.0 → 15.6 °C

기후 변화
2000년 →
2050년

**식물성장
가능기간**
322.9일 → 355일



계절변화
봄 : 116 → 201일
여름 : 108 → 164일
가을, 겨울 사라짐

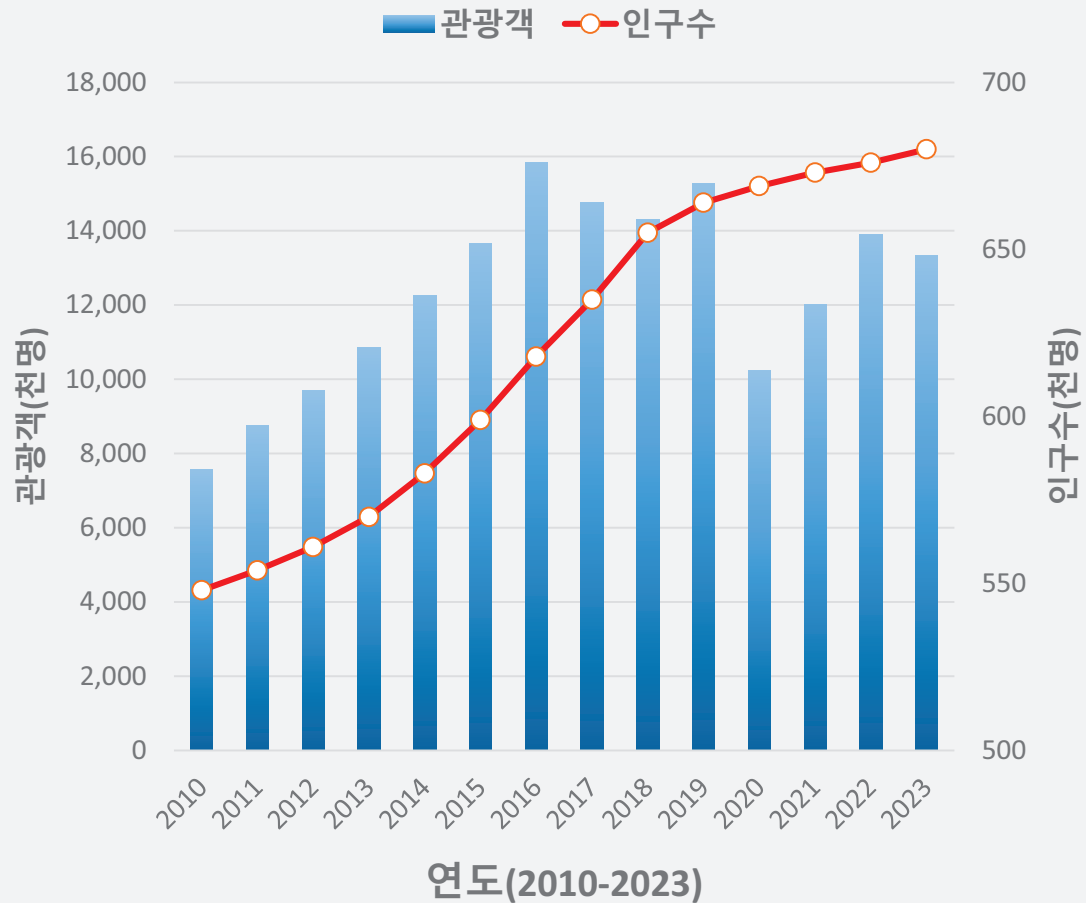
강수량 증가
2168.1 → 2942.5mm
호우일수: 4.7 → 14.2일



<출처 : KMA 2013, Climate Change Forecast on the Korean Peninsula>

02 인구의 변화

상주인구 및 관광객 증가



상주인구 50년간 약 188% 증가

1969년(37만명) -> 2023년(약 70만명)

관광객 수는 올레길이 개발된 2007년 이후 증가

1998년(329만명) -> 2023년(1,343만명)



생활용수 사용량 증가

Ⅰ 농업 방식 또는 작물이 물을 많이 필요로 하는 형태로 변화하고 있음

① 노지감귤 ⇒ 시설감귤

: 2010년 대비 시설하우스(노지감귤 대비 9배 이상 농업용수 필요)면적 45.3% 증가

① 식량작물 ⇒ 근채류, 엽채류, 특용작물

: 95년 대비 식량작물 41.5% 감소(근채류 148.4% 증가)



노지감귤



시설하우스



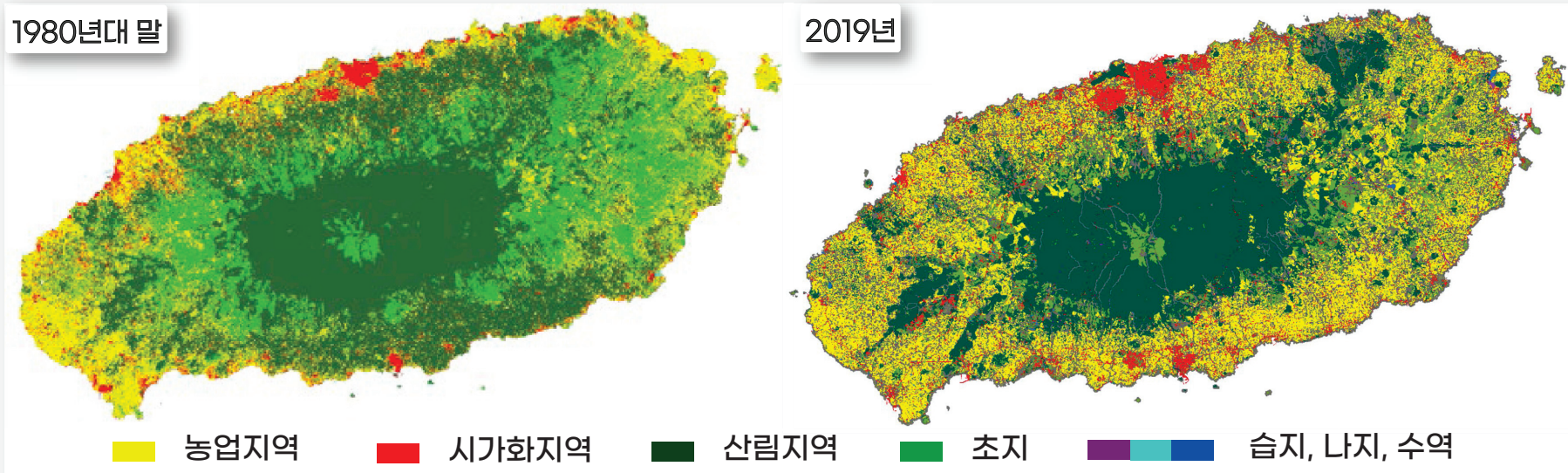
식량작물



엽채류&근채류 등

각종 개발사업 및 농경지 확대

Ⅰ 시가지와 농경지 증가에 따라 지하수 함양면적이 감소됨(고지대 농경지 면적 증가)



산림 276.0 km^2 감소, 초지 195.1 km^2 감소

시가지 83.1 km^2 증가, 농경지 440.5 km^2 증가

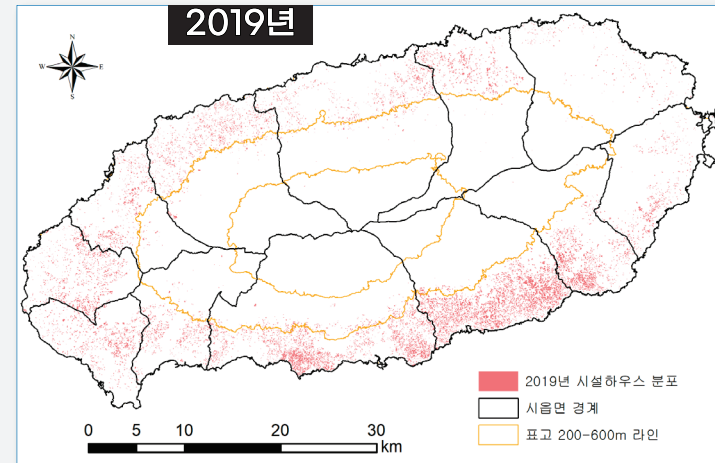
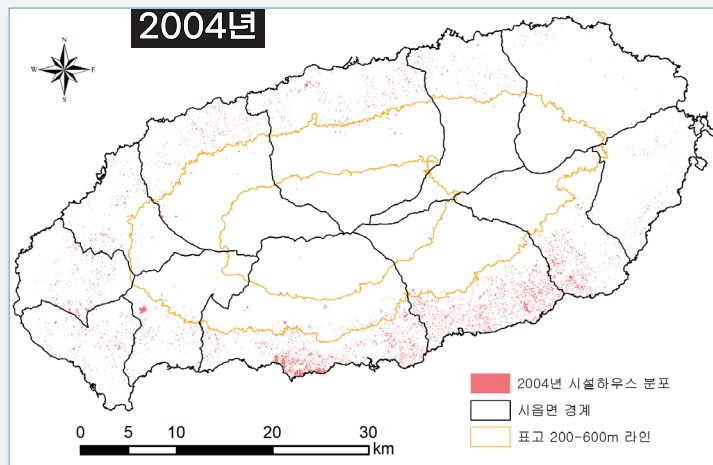


지하 침투 면적 감소

<출처: 환경부 토지피복도(1980년말 ~2019년)>

시설하우스 면적 증가

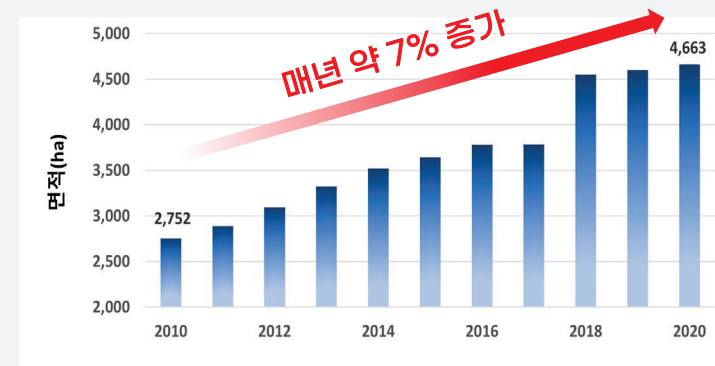
Ⅰ 빗물이 지하로 침투될 수 있는 면적은 감소, 지표유출량은 증가 ⇒ 시설하우스 면적 약 70% 이상 증가



[2004년 및 2019년 시설하우스 분포 현황]



[위성사진으로 살펴본 시설하우스 면적의 증가]



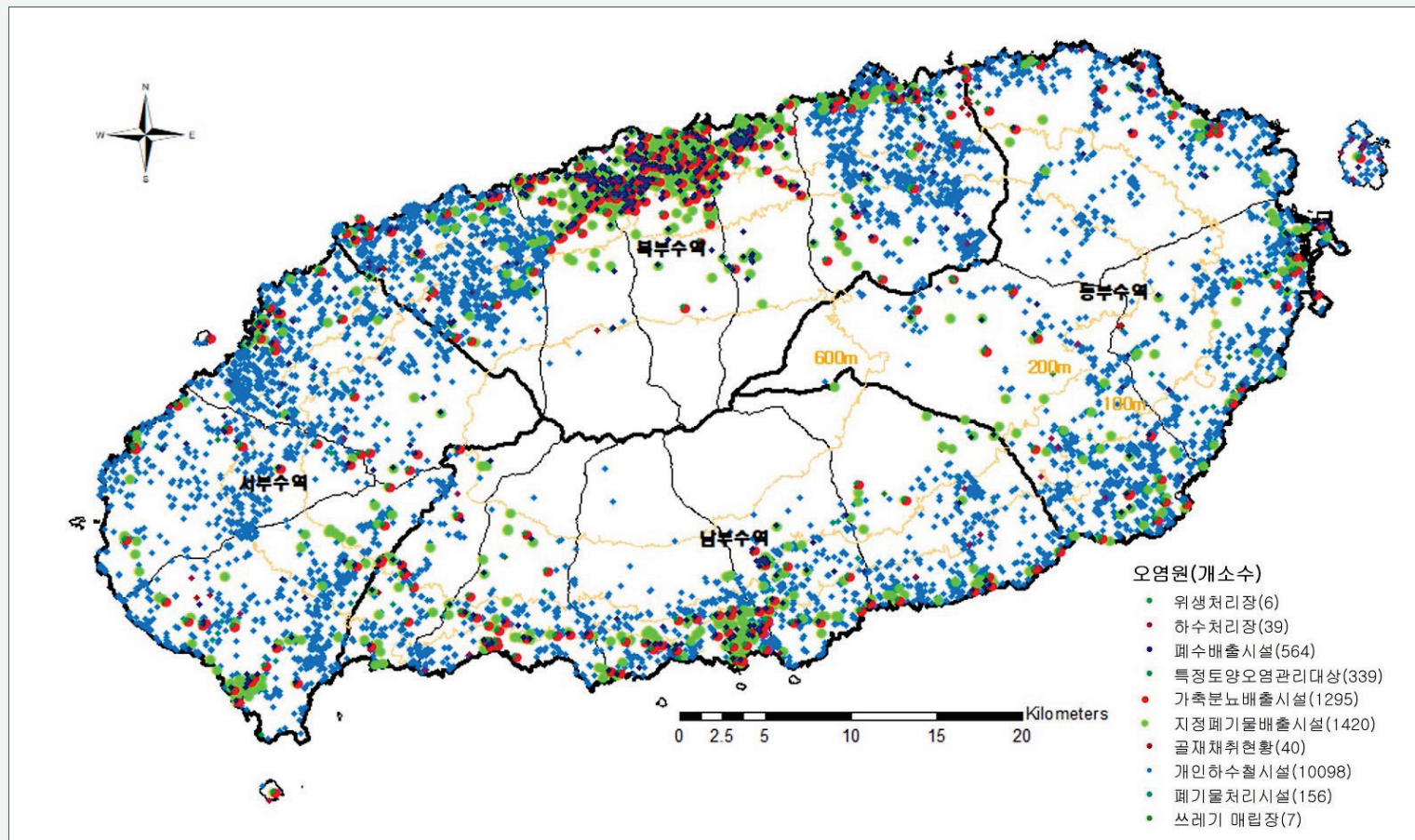
[연도별 시설하우스 면적 변화]

<출처: 제주도 시설감굴 재배현황 자료 Kakaomap 위성사진, 환경부 토지피복도>

05 지하수 오염 유발시설의 증가

■ 오염 유발시설은 제주 전역에 약 13,963개소 분포

: 유발시설의 유형은 크게 10가지로 구분되며 이 중 ① 개인하수처리시설, ② 가축분뇨배출시설이 문제로 대두



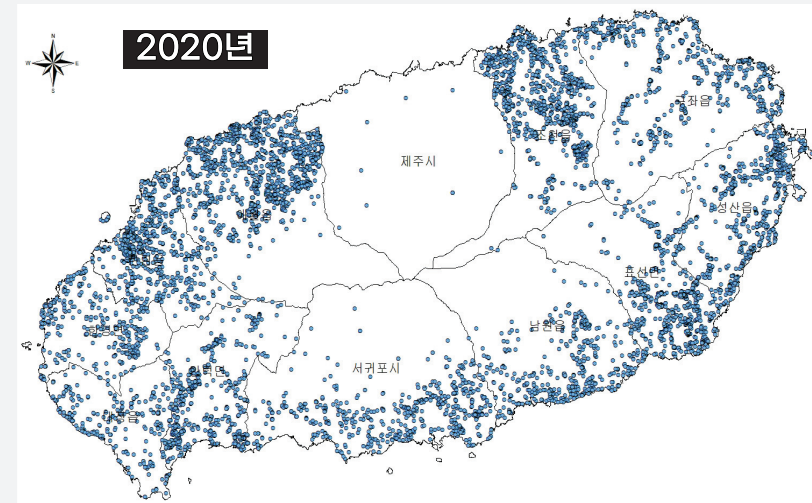
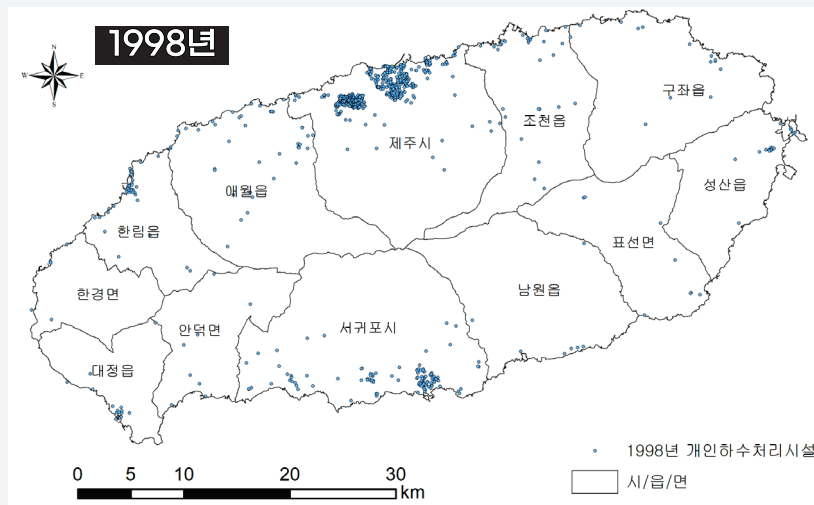
[지하수 오염 유발시설 분포도]

05 지하수 오염 유발시설의 증가

① 개인하수처리시설

: 1998년 대비 9,000개소 이상 증가하였음(1,039%)

: 비정상적 운영, 장기간 방류시 지하수 오염초래, 50m³/일 미만 시설은 점검에서 제외됨



지역구분	제주시 동지역	구좌읍	애월읍	조천읍	한경면	한림읍	서귀포시 동지역	남원읍	대정읍	성산읍	안덕면	표선면	합계
1998년	566	14	41	32	5	38	126	7	14	17	10	9	879
2020년	12	897	1,719	1,688	400	1,131	748	551	340	856	769	906	10,017
증감율(%)	-98	6,307	4,093	5,175	7,900	2,876	494	7,771	2,329	4,935	7,590	9,967	1,039

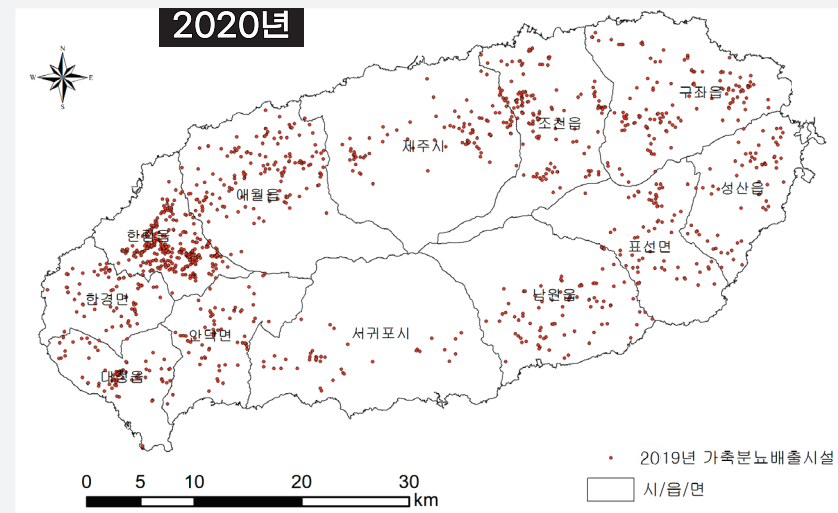
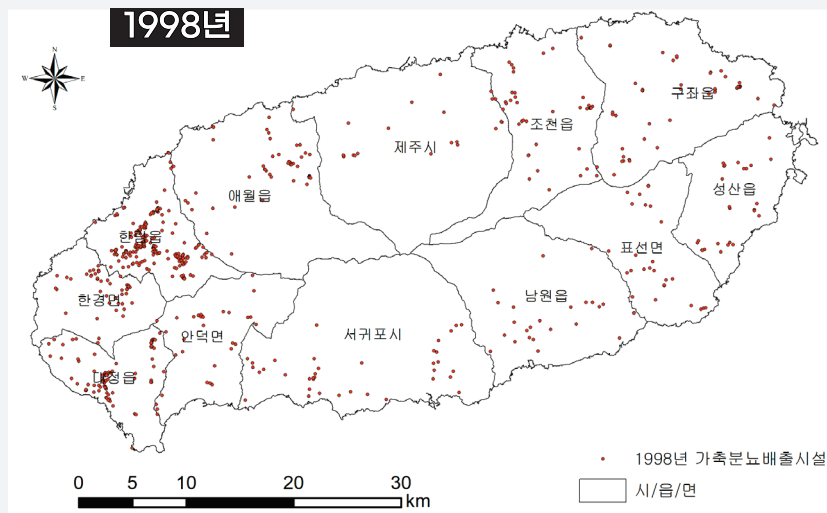
[1998년 대비 지역별 개인하수처리 시설수 변화]

05 지하수 오염 유발시설의 증가

② 가축분뇨배출시설

: 1998년 대비 600개소 이상 증가하였음(102%)

: 가축분뇨는 주요 오염원 중 오염농도가 가장 높고, 비가 많이 내리고 침투능력이 높은 중산간지역에 주로 분포



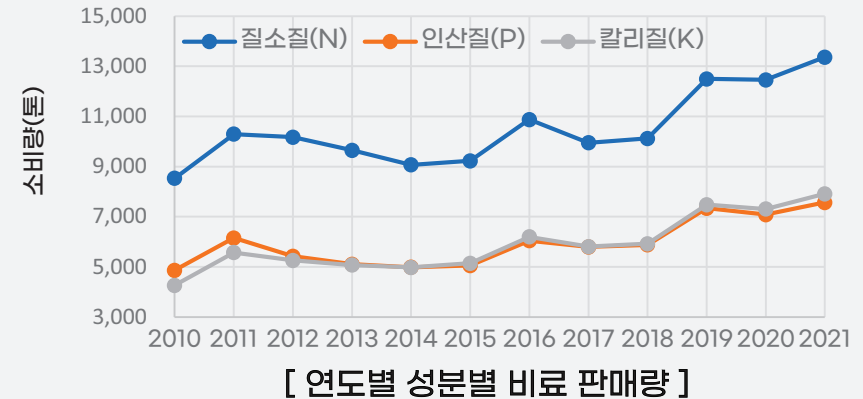
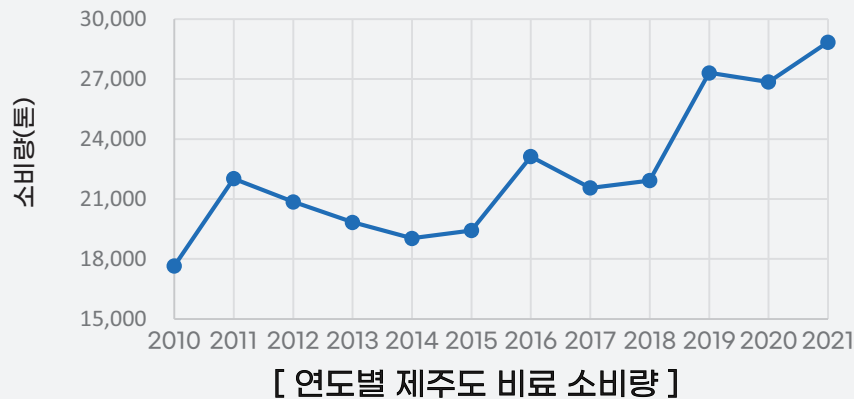
지역구분	제주시 동지역	구좌읍	애월읍	조천읍	한경면	한림읍	서귀포시 동지역	남원읍	대정읍	성산읍	안덕면	포선면	합계
1998년	20	48	53	42	46	201	38	28	85	25	34	26	646
2020년	90	140	157	137	63	314	41	84	79	66	69	68	1,308
증감율(%)	350	192	196	226	37	56	8	200	-7	164	103	162	102

[1998년 대비 지역별 가축분뇨배출 시설수 변화]

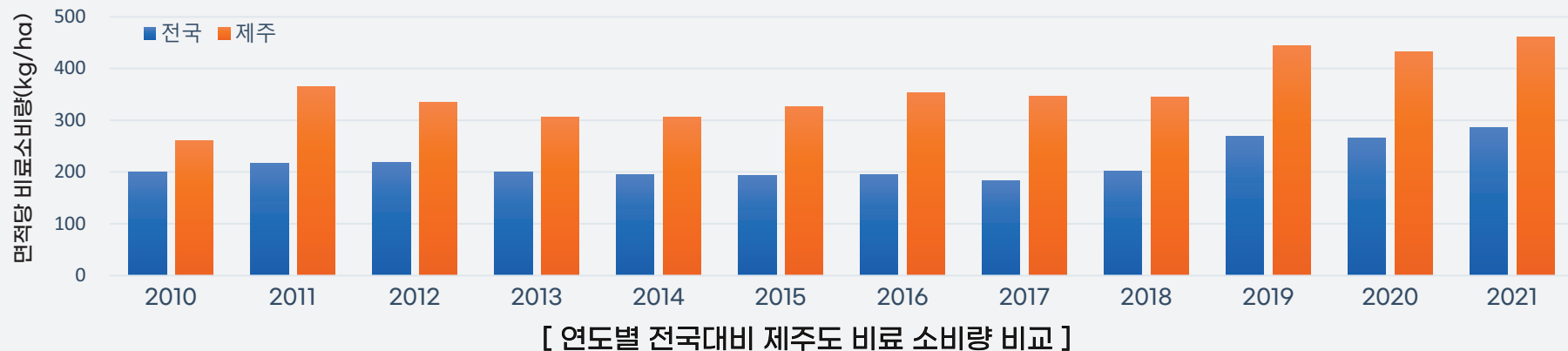
05 지하수 오염 유발시설의 증가

비료 사용량의 증가

■ 제주 화학비료 소비량은 꾸준히 증가하고 있는 추세(2010년 대비 63.3% 증가)



■ 전국 대비 비료 소비량 또한 월등히 높은 것으로 파악(전국대비 평균 63.7% 이상)



IV. 제주지하수 보전·관리



보전

관리

I 제주지하수 법·관리 제도

- 1980년대 후반 : 제주지하수 공급 문제 제기
 - 1991년 이전에는 이용자의 임의적 지하수 개발·이용
- 1990년대 : 제주지하수 보전·관리를 위한 법 제도 마련
 - (구)제주도개발특별법 제정 (1991.12.31)
 - 지하수법 제정 (1993.12.10)
- 2000년대 : 제주지하수 보전·관리를 위한 법 제도 강화
 - 제주국제자유도시특별법 : (구)제주도개발특별법 전면개정 (2002.01.26)
 - 『제주특별자치도 설치 및 국제자유도시 조성을 위한 특별법』 제정 (2006.02.21)
 - 『제주특별자치도 지하수관리 조례』 제정 (2007.04.04)

제주 수자원 관리 정책 목적

제주의 지역특성과 여건에 맞는 지하수 관리체계를 구축하고, 지하수의 효율적 이용
→ 지하수자원을 공공의 자원으로 체계적·합리적 보전·관리

■ 지속 가능한 수자원 확보

- 기후 위기에 대비한 대체수자원(빗물 등) 이용 인프라 구축 확대
 - 물재이용(하천, 빗물, 중수도, 유출지하수 등)
 - 인공 함양시설 개선사업
- 과학적 연구·관리 및 효율적 지하수 요금체계 개선
 - 지하수 기준수위 지정·관리
 - 지하수 원수대금 부과체계 제도 개선

■ 안전하고 깨끗한 지하수 수질관리

- 먹는 물 수준의 지하수 질적 향상을 목표로 정책·제도 개선
 - 지하수 오염방지 및 수질개선 사업
 - 지하수 자원 특별관리구역 지정·변경

■ 지하수 이용실태 모니터링 등 관리 강화

- 도내 지하수 관정에 대한 전수조사로 미사용 방치공 및 불법 지하수 단속과 오염방지 관리실태 점검
- 지하수 정보관리 시스템의 안정적 운영과 지하수 이용량 실시간 모니터링 시스템 구축
 - 지하수 개발·이용 인허가(기간연장 허가 등), 사후관리(수질검사)
 - 지하수위 관측망·관측시스템 운영

I 통합물관리 기본계획



[제주특별자치도 통합물관리 기본계획 비전 및 목표]

기본계획의 기대효과

1. 지역적·시기별 물 부족의 근본적 해결
2. 물 관련 전 분야 통합물관리 실현
3. 수자원 환경변화 대응, 물 환경 보전·관리 강화
4. 4차 산업 연계, 신성장 물 가치 창출

물을 **안심**하고 **안전**하게 **사용**할 수 있는
물 행복도시 제주 실현

< 출처 : 제주특별자치도 통합물관리 기본계획(2023~2032) >



‘물을 사랑합시다’

“생명수 20·30·50 범도민운동”

- 가정에서 생활용수 사용량을 20% 감소
- 농업용수 30% 이상 지하수가 아닌 대체 용수 사용
- 골프장 등 대형시설은 50% 이상 대체수 사용

도두 오래물(용천수)을 활용한 미니폴장(2022.08.14)