

스페인 라팔마 및 테네리페 출장 결과 보고서
- World Water Day 2026 행사 참석 및 물관리 사례조사 -

2026. 04.

공무 국외 출장 결과 요약

1. 출장 개요

- 출장명: 스페인 라팔마 및 테네리페 출장
- 기간: 2026. 3. 17. ~ 3. 27.
- 방문지역: 스페인 카나리아 제도 테네리페, 라팔마
- 주요 내용
 - World Water Day 2026 행사 참석 및 발표
 - 테네리페 및 라팔마 주요 물관리 기관·시설 방문
 - 화산섬 지역 지하수 관리, 물공급 체계, 대체수자원 활용 현황 조사
 - 현지 관계기관 및 전문가와의 협력 가능성 논의

2. 주요 결과

- World Water Day 2026 행사 참석 및 발표
 - 라팔마 섬 물위원회 초청으로 World Water Day 2026 행사에 참석하여 **제주 지하수 조사·연구 및 실시간 모니터링 경험을 발표하였음**
 - 행사에서는 라팔마 대수층 수리지질 모델링, 제주 지하수 관리체계, 카나리아 물법 및 물 거버넌스 등 화산섬 지역 물관리 관련 주요 발표가 이루어졌으며, 제주와 카나리아 제도의 공통 과제와 차이점을 비교할 수 있었음
- 테네리페 및 라팔마 수자원 기관·시설 방문
 - 테네리페에서는 TEIDAGUA, 라라구나 소하천 모니터링 시스템, Los Campitos 등을 방문하여 통합 물관리, 배수로 유출량 측정, 저류지 활용 가능성 등을 확인함
 - 라팔마에서는 Barbuzano 생수 제조공장 및 원수 취수 갤러리, 하수처리·해수담수화 시설, Fuente Santa 천연온천수, Pozo El Carmen 우물 및 원격 취·배수 시스템 등을 방문하여 지하수 개발·이용 구조와 대체수자원 운영 현황을 확인함
 - 특히 라팔마는 기존 갤러리·우물 중심 공급체계를 유지하면서도, **최근에는 해수담수화와 하수재이용을 농업용수 공급에 활용하는 방향으로 대응하고 있음**을 확인하였음
 - 현지 관계자들과의 면담을 통해, 해수침투, 담염수 경계 모니터링, 3차원 지질·수리지질 모델링, 화산섬 물관리 경험 공유 등에서 향후 협력 가능성을 논의하였음

3. 시사점

- 제주와 라팔마는 모두 화산섬이자 지하수 의존 지역으로서, 기후변화, 가뭄, 농업 용수 수요, 해수침투 등 유사한 물관리 문제를 안고 있음을 확인하였음
- 다만 라팔마는 역사적으로 형성된 물소유권 공동체와 사적 물 권리 구조의 영향이 여전히 크며, 제주에 비해 공공 중심 관리체계가 상대적으로 복합적인 구조를 보이고 있었음
- 라팔마 사례는 지하수 고갈과 수질 문제에 대응하기 위해 대체수자원 확보와 물공급 체계 다변화가 중요하다는 점을 보여주었으며, 제주 역시 예방적 차원에서 담수화, 재이용수, 빗물 활용, 저류지 및 인공함양 확대 등을 검토할 필요가 있음
- 조사·연구 측면에서는 제주가 실시간 관측, 해수침투 관측망, 관리체계 및 예측 활용 측면에서 강점을 가지고 있는 반면, 라팔마는 오랜 갤러리·대구경 우물 개발 경험을 바탕으로 지하 지질구조와 수평적 물 흐름에 대한 현장 정보가 풍부하다는 점이 인상적이었음
- 따라서 향후에는 제주와 라팔마·스페인 연구기관 간 협력을 통해 화산섬 지하수의 지질구조 해석, 담염수 경계 모니터링, 3차원 모델 구축 및 공동연구를 추진할 가능성이 있음

4. 향후 활용 방향

- 이번 출장을 통해 라팔마 섬 물위원회, 테네리페 물관리기관, 카나라구아, 라라구나대학교, IGME-CSIC, AIM 등과의 네트워크를 확보하였음
- 향후, 대규모 공동연구보다는 해수침투 모니터링, 우물 수질 변화, 지질모델 해석 등 공통 관심 분야를 중심으로 한 소규모 파일럿 협력이 현실적일 것으로 판단됨
- 또한 제주물 세계포럼 등 국제행사를 활용하여 제주-라팔마 공동 세션을 구성하고, 지질·수량·수질·제도 분야의 경험을 공유하는 방식도 검토할 수 있을 것으로 보임
- 본 출장 결과는 향후 제주 지하수 관리, 대체수자원 검토, 화산섬 지역 국제협력 추진 시 참고자료로 활용 가능할 것으로 판단됨

- 목 차 -

I. 출장 개요	1
1. 배경 및 목적	1
2. 출장 기간	1
3. 대상 국가 및 방문지	1
4. 출장자 인적 사항	2
5. 주요 일정	2
II. 주요 활동 및 결과	3
1. World Water Day 2026 행사 참석 및 발표	3
2. 테네리페 주요 기관·시설 방문 결과	15
3. 라팔마 주요 기관·시설 방문 결과	23
4. 향후 협력 방안 및 교류 네트워크	36
III. 시사점 및 특이사항	40
1. 시사점	40
2. 특이사항	43
IV. 첨부 자료	44

1. 배경 및 목적

- 이번 출장은 스페인 라팔마 섬 물위원회(Consejo Insular de Aguas de La Palma)의 초청에 따라, World Water Day 2026 행사 참석 및 발표와 함께 테네리페 및 라팔마 지역의 주요 물관리 기관·시설을 방문하기 위해 이루어졌음
- 카나리아 제도는 제주와 마찬가지로 화산섬이자 지하수 의존도가 높은 지역으로, 기후변화에 따른 강수 변동성 증가, 가뭄, 농업용수 수요 증가, 해수침투 우려 등 제주와 유사한 물관리 과제를 안고 있음
- 이러한 점에서 이번 방문은 단순한 행사 참석을 넘어, 화산섬 지역의 실제 물관리 체계와 현장 운영 사례를 직접 확인할 수 있는 기회였음
- 특히 이번 출장에서는 World Water Day 2026 행사에서 제주 지하수 조사·연구 및 관리 사례를 발표하고, 테네리페와 라팔마에서 수자원 관리, 유출량 모니터링, 갤러리 및 우물 운영, 해수담수화 및 하수재이용, 천연온천수 등 다양한 현장을 직접 방문하였음
- 아울러 현지 관계기관 및 전문가와의 교류를 통해 화산섬 지역 간 공통 문제와 대응 방향을 공유하고, 향후 공동연구 및 기술교류 가능성을 검토하는 계기를 마련하고자 하였음

2. 출장 기간

- 2026년 3월 17일(화) ~ 3월 27일(금), 9박 11일

3. 대상 국가 및 방문지

- 대상 국가 : 스페인
- 방문 지역 : 스페인 카나리아 제도 테네리페섬 및 라팔마섬
- 방문 기관·시설 : TEIDAGUA, 라라구나 소하천 모니터링 시스템, Los Campitos, 라팔마 카빌도, World Water Day 2026 행사장, Barbuzano 생수 제조공장 및 원수 취수 현장, 하수처리장 및 해수담수화 시설, Fuente Santa 천연온천수 현장, 우물 및 원격 취·배수 시스템 등

4. 출장자 인적사항

성명	소속	직위	역 할
김민철	제주연구원 제주지하수연구센터	전문연구위원	World Water Day 2026 발표 및 사례조사 수행

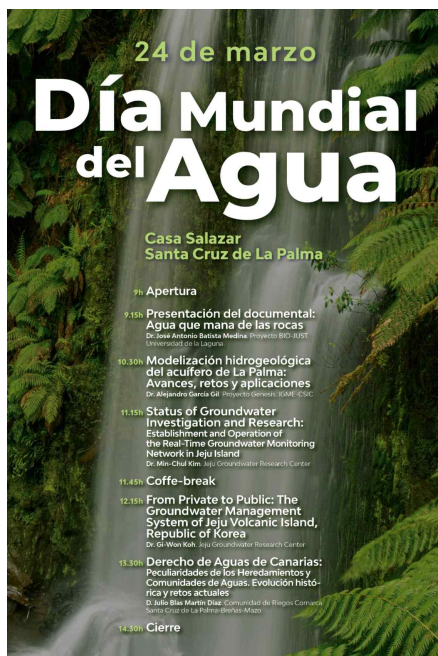
5. 주요 일정

일 자	지역	주요 내용
2026.3.17. ~ 3.18.	이동	○ 한국 출국 및 스페인(테네리페) 이동
2026.3.19. ~ 3.21.	스페인 테네리페	○ TEIDAGUA 방문 ○ Los Campitos 현장 방문 ○ 라라구나 소하천 모니터링 시스템 현장 방문
2026.3.22.	이동	○ 테네리페 → 라팔마 이동
2026.3.23. ~ 3.25.	스페인 라팔마	○ World Water Day 2026 행사 참석 및 발표 ○ 카빌도 의장 미팅 ○ Barbuzano 생수 제조공장 ○ 하수처리장 및 담수화 시설 설비 ○ 천연온천수 현장 ○ 우물 및 원격 취·배수 시스템 조사
2026.3.26. ~ 3.27.	이동	○ 스페인 출국 및 한국 귀국

1. World Water Day 2026 행사 참석 및 발표

1) 행사 개요

- 행사명: Día Mundial del Agua 2026(세계 물의 날 기념행사)
- 일시: 2026. 3. 24.
- 장소: Casa Salazar, Santa Cruz de La Palma
- 주최: 라팔마 카빌도(Cabildo de La Palma) /
라팔마 섬 물위원회(Consejo Insular de Aguas de La Palma)
- 주요 내용
 - 화산섬 및 도서지역의 지하수 관리, 대수층 모델링, 실시간 모니터링, 물 거버넌스, 카나리아 물법 등 관련 주제 발표
 - 라팔마 지역의 물관리 현안과 제주 사례를 함께 소개하고, 과학·기술·제도 측면에서 상호 비교 및 협력 가능성을 논의한 기술 세미나 형식의 행사



행사 공식 리플렛



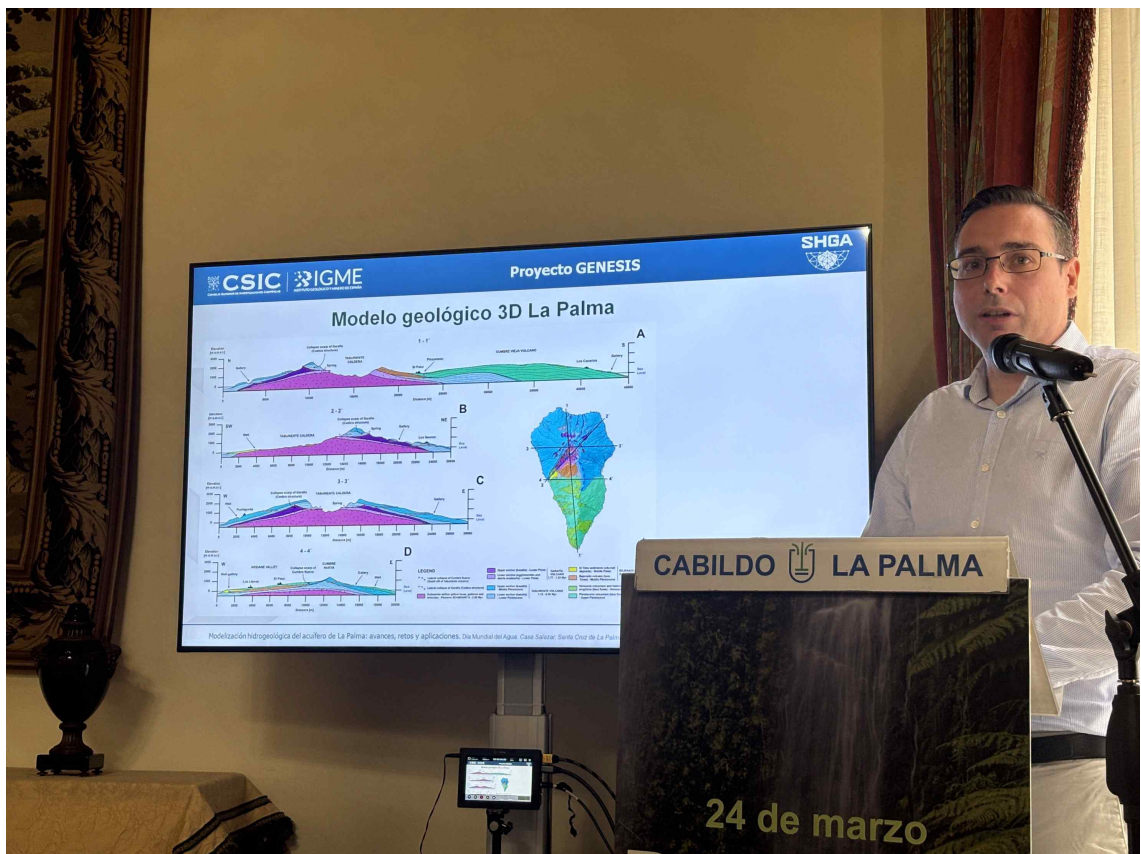
행사 개회(라팔마 카빌도 부의장 및 섬 물위원회 위원장)

2) 주요 발표 내용

(1) 라팔마 대수층 수리지질 모델링(Modelización hidrogeológica del acuífero de La Palma: Avances, retos y aplicaciones)

발표자: Alejandro García Gil (IGME-CSIC)

- 라팔마 대수층의 수리지질학적 모델링의 진전, 과제 및 활용방안을 주제로 발표하였으며, GENESIS 프로젝트의 일환으로 라팔마를 포함한 도서지역의 물관리 회복력 강화 방안을 소개함
 - GENESIS는 기후변화에 대한 물 인프라의 회복력 강화를 목표로 하는 프로젝트로, 지질학적으로 강화된 자연 기반 해법과 디지털 기술을 결합하는 방식으로 추진됨.
 - 2024~2028년 48개월간 수행되며, 라팔마·그란카나리아·엘이에로·마데이라·카보베르데 등 마카로네시아 지역의 여러 도서를 실증 대상지로 포함하고 있음



Alejandro García Gil(IGME-CSIC) 발표 모습

- 발표에서는 라팔마의 미래 물관리를 예측하기 위해 3차원 지질모델, 3차원 수리지질모델, 갤러리 및 관측망의 실제 자료를 통합하는 접근이 필요하다고 설명함
 - 즉, 지질구조와 단층·암맥, 해수-대수층 상호작용, 양수 영향 등을 함께 반영해야 보다 신뢰도 있는 지하수 해석이 가능하다는 점을 강조함
- 또한 3차원 모델은 단순한 연구용이 아니라, Traslase 터널과 Aridane 계곡 우물에

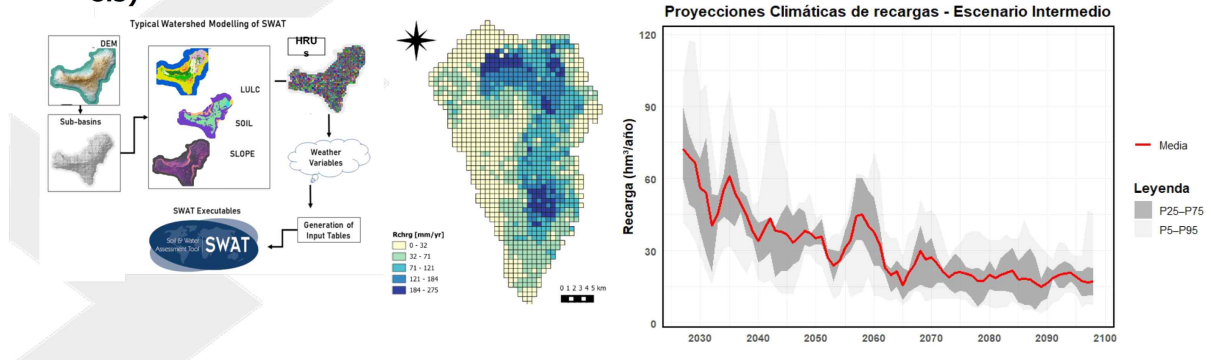
대한 화산 영향 해석 등 실제 현장 문제에 적용 가능한 도구로 제시되었음

- 이를 통해 라팔마의 지하수 관리가 개발·공급 중심에서 예측과 검증이 결합된 관리체계로 발전하고 있음을 확인할 수 있었음
- 함양량(recharge)을 지하수 시스템의 핵심 입력값으로 설명하면서, 카나리아 제도에서는 함양량이 지하수 이용 가능량과 갤러리·우물 운영의 지속가능성을 좌우한다고 강조함
- 그러나 극한강우, 간헐하천, 관측자료 부족 등으로 인해 재충전량 정량화에는 여전히 불확실성이 크다고 지적함
- 이와 함께 SWAT 모델을 활용한 물수지 분석과 기후시나리오 적용을 통해 향후 라팔마의 함양량 감소 가능성을 제시하였으며, 이는 기후변화에 따른 지하수 자원 가용성 저하 위험을 시사함

Predecir futuro del agua en La Palma

ENFOQUE INTEGRADO (recarga, modelos hidrogeológicos y análisis de datos observados)

- **Calculo de recarga:** Estimación de la infiltración de agua en el suelo mediante balances hídricos (precipitación menos evaporación y escorrentía). Uso de modelo SWAT para simular balance y proyecciones futuras bajo escenarios climáticos (e.g., IPCC RCP 4.5 o 8.5)



Modelización hidrogeológica del acuífero de La Palma: avances, retos y aplicaciones. Día Mundial del Agua. Casa Salazar, Santa Cruz de La Palma 24/03/2026

16

SWAT 기반 함양량 추정 및 미래 전망

- 마지막으로 발표에서는 갤러리와 관측망의 실제 자료를 활용한 모델 검증의 중요성을 언급하였으며, 카나리아 지역의 “pesadoras” 를 수위-유량 관계곡선을 이용한 유량관측시설로 설명함
- 이는 수치모델의 고도화뿐 아니라 실제 운영관리에서도 현장 관측자료 축적이 필수적임을 보여주는 사례로 판단됨
- 결론적으로 라팔마의 지하수 관리는 3차원 지질구조 해석, 수리지질모델, 현장 관측자료를 결합한 예측형 관리체계로 발전하고 있음을 보여주었으며, 특히 재충전량 산정과 기후변화 대응을 정량적으로 검토하려는 접근은 제주도에서도 향후 지하수 관리 고도화 과정에서 참고할 수 있는 사례로 판단됨

Datos reales del sistema (galerías y red de control)

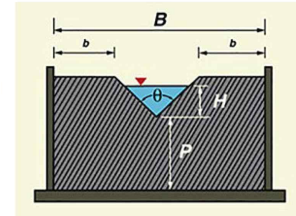
- Caudales en tiempo real

En Canarias, “pesadoras” corresponde a:

- Estaciones de aforo con sección calibrada
- Con curva de gasto (relación nivel-caudal)
- Aforo indirecto por relación nivel-caudal (**curva de gasto**)



Cálculo de la descarga a través de un vertedero triangular parcialmente contraído



$$Q = 4.28 C_c (H + 0.0029)^{5/2}$$

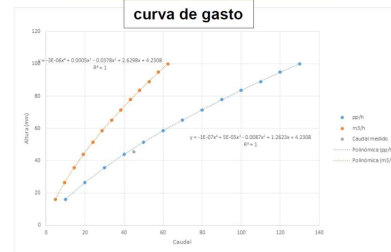
Carga H en el vertedero [m]

Ancho B del canal [m]

Altura P a lo vértice vertedero [m]

C_c es función de H/P y P/B

Descarga Q [L/s]



Modelización hidrogeológica del acuífero de La Palma: avances, retos y aplicaciones, Día Mundial del Agua, Casa Salazar, Santa Cruz de La Palma 24/03/2026

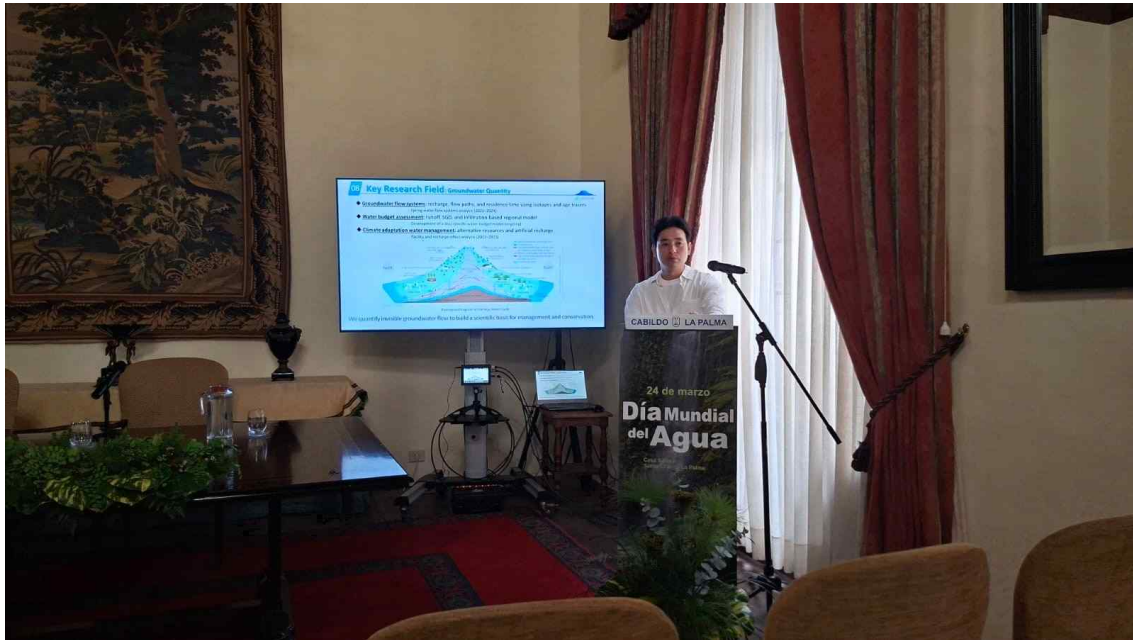
19

갤러리 및 관측망 실측자료 개념

(2) 제주 지하수 조사·연구 현황과 실시간 지하수 모니터링망 구축·운영 (Groundwater Research History and Real-Time Monitoring System in Jeju)

발표자: 김민철 (제주지하수연구센터)

- 본 발표에서는 제주 지하수 연구의 변천 과정과 제주지하수연구센터의 역할, 그리고 실시간 지하수 모니터링 체계의 구축·운영 현황을 중심으로 소개하였음
- 발표는 제주 지하수 연구가 개발 중심의 기초조사 단계에서 시작하여, 위기 대응형 연구를 거쳐, 최근에는 통합적·예측형 관리체계로 발전하고 있다는 흐름을 제시함
- 우선 제주 지하수 연구의 역사는 과거 빗물과 용천수 중심의 물 이용에서 출발해, 1938년 수자원 개발조사를 계기로 본격화되었으며, 1960~1980년대 지하수 개발 확대 과정에서 시추·양수시험·지질조사 등을 통한 현장 자료가 축적되었음
- 이후 1980년대 후반부터는 지하수위 저하, 해수침투, 질산성질소 오염 등의 문제가 대두되면서 연구 방향이 개발 중심에서 정량적·관리 중심 연구로 전환되었고, 2000년대 이후에는 물수지, 환경동위원소, 수치모델, AI 예측 등을 포함하는 통합·예측형 연구로 확장되고 있음을 설명함



김민철(제주지하수연구센터) 발표 모습

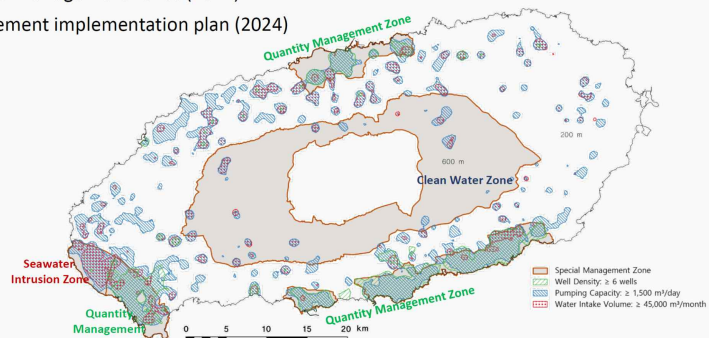
- 제주연구원 제주지하수연구센터(JGWRC)는 조사·연구, 데이터 관리, 정책 지원을 핵심 기능으로 하며, 지하수의 양·질·지질·가치 공유를 포괄하는 연구를 수행하고, 연구성과를 계획 수립과 관리정책으로 연결하는 역할을 담당하고 있음을 설명함
- 특히 통합물관리 기본계획, 용천수 관리계획, 특별관리구역 개선, 목표수질 관리계획 등과 연계하여 “연구에서 정책으로” 이어지는 구조를 강조함

12 From Research to Policy

- ◆ **Policy evidence:** applying results from quantity, quality, geology, and monitoring to decision-making
 - Integrated Water Management Plan (2022) / Spring Water Management Plan (2021)
- ◆ **Priority management zones:** defining special management and vulnerable areas based on scientific evidence
 - Improvement plan for special management zones (2024)
 - Target water quality management implementation plan (2024)



Statutory planning reports



Special Groundwater Management Zones (quantity, quality, and seawater intrusion risk)

Evidence turns research into policy.

16

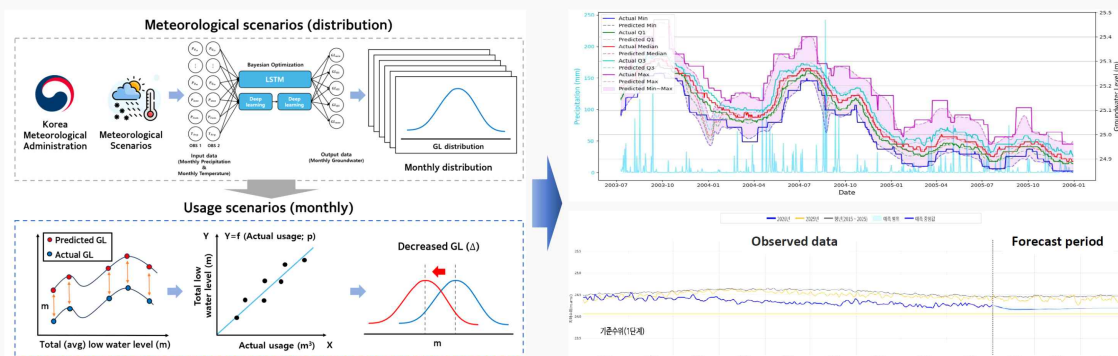
제주지하수연구센터의 조사·연구결과가 정책으로 이어지는 설명

- 특히, 제주도는 목적별 네트워크를 기반으로 총 338개 지점의 지하수 모니터링망을 운영하고 있으며, 이 중 수위는 151개소 시간단위 관측, 배경수질은 42개소 66공 분기 조사, 관개정 수질은 134공 반기 조사, EC는 12개 농업용 관정에서 실시간 감시를 수행하고 있음을 전달함
- 이처럼 실시간 관측과 주기적 조사를 결합한 방식은 조기경보와 장기 추세 파악을 동시에 가능하게 하는 기반으로 설명하였음
- 시스템 운영 측면에서는 현장 센서, RTU, 통신망, 서버, 웹을 연결한 구조를 소개하였으며, 서버 저장 - 품질관리 - 웹 및 내부시스템 공유로 이어지는 체계를 설명함
- 아울러 센서 인양·세척·보정, 전원·통신 점검, 이상치 검토 및 복구 대응 등 운영관리의 중요성을 함께 제시하였으며, 이는 단순히 시스템을 설치하는 것에 그치지 않고, 지속적인 현장관리와 데이터 검증이 실시간 관리체계의 핵심임을 보여주는 내용임을 전달함
- 결론적으로 본 발표는 제주 지하수 관리가 연구·관측·데이터 품질관리·조기경보·예측기술을 연계한 방향으로 발전하고 있음을 보여주었으며, 특히 화산섬 지역에서 지하수 관리의 실효성을 높이기 위해서는 현장자료 축적, 품질관리, 실시간 경보, 예측기반 대응 체계가 함께 구축되어야 함을 강조하였음

21 AI-Based Groundwater Level Prediction



- ◆ **Purpose:** predict short-term groundwater level changes to support proactive response
 - Early detection of drawdown during drought or concentrated pumping
- ◆ **Inputs:** real-time monitoring data + drivers such as weather and pumping rates
- ◆ **Use cases:** early warning and operational decision-making (e.g., pumping adjustment)



Prediction secures response time and enables earlier management actions.

강수 시나리오와 지하수 이용량 데이터를 활용한 AI 기반 지하수위 예측 개념 설명

(3) 제주 화산섬의 공공 지하수 관리체계 (From Private to Public: Groundwater Management System on Jeju Volcanic Island, Korea)

발표자: 고기원 (제주꽃자왈공유화재단)

- 본 발표에서는 제주도의 지하수 관리가 개발 중심의 사적 이용 체계에서 공공자원 관리 체계로 전환된 과정을 중심으로 설명하였음
- 제주 화산섬의 수리지질 특성과 지하수 의존 구조를 먼저 제시하고, 1980년대 후반의 지하수 위기를 계기로 1991년 제주특별법에 따른 허가제와 공공관리 원칙이 도입되었으며, 이후 현재의 통합적 관리체계로 발전해 왔음을 보여줌



고기원(제주꽃자왈공유화재단) 발표 모습

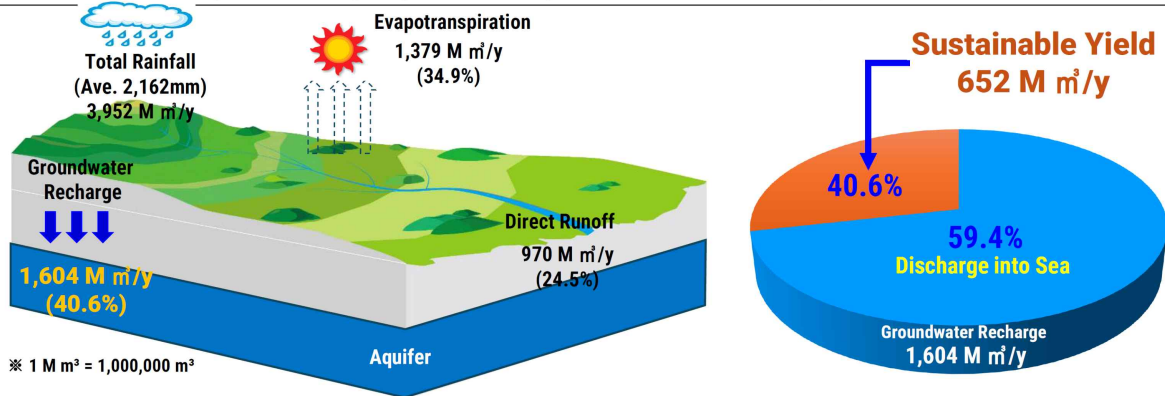
- 제주도는 투수성이 높은 현무암질 용암류가 넓게 분포하는 대표적인 화산섬으로, 강수의 상당 부분이 지하로 빠르게 침투하므로 지표수보다 지하수 의존도가 매우 높다고 설명함
- 발표에서는 제주도의 지질 구조, 지하수 부존 형태, 장기 강수 특성, 함양률과 지속가능 개발가능량, 용천수 분포 등을 통해 제주의 물 이용체계가 본질적으로 지하수 중심일 수밖에 없는 자연적 배경을 제시함
- 특히 함양률은 40.6%, 지속가능 이용가능량은 연 6억 5,200만 m^3 수준으로 제시되었으며, 제주 지하수는 동적 재충전 특성을 가지면서도 지역별 차이가 큰 체계로 설명됨

11

Groundwater Recharge & Sustainable Yield

❖ Water Budget Summary (8 analyses since 1981)

- Both total precipitation and direct runoff have shown a long-term increasing trend.
- Evapotranspiration accounts for approximately 33–37% of total precipitation.
- Groundwater recharge rate: 40.6% (nearly three times higher than inland Korea: 14.4%)



제주도 지하수 함양량과 지속이용가능량 현황

- 1991년 12월 제정된 제주특별법을 통해 제주에서는 우리나라 최초로 지하수 허가제, 이용부담금, 환경영향조사, 수질검사 의무화가 도입되었고, 지하수는 더 이상 토지소유자의 사적 자원이 아니라 도민의 공공자원으로 관리되기 시작하였음
- 발표에서는 이를 “private property에서 public resource로의 전환”으로 설명하며, 제주 지하수 관리의 핵심 의미를 개발 억제제가 아니라 공공성에 기반한 지속가능 이용질서 확립으로 제시함

04

Introduction of the Groundwater Permitting System(1991.12.)

- The Jeju Special Act, enacted on December 31, 1991, introduced a groundwater permitting system, groundwater use charges, environmental impact assessments, and mandatory quality inspections.
- With this law, Jeju became the first region in Korea to manage groundwater as a public resource, marking a fundamental shift from development to conservation.

From Private Property to Public Resource: The Jeju Case

Feature	Pre-1991(Private Ownership)	Post-1991(Public Resource)
Ownership	Private Property: Groundwater belonged to the landowner.	Public Resource: Managed as a public resource for the people of Jeju.
Primary Goal	Development: Focus on extraction and growth.	Conservation: Focus on sustainability and protection.
Access	Unregulated: Development was largely unchecked.	Permit-based: Regulatory review and approval.
Accountability	No extraction charge.	Groundwater Use Charges
Quality Control	Minimal oversight on water safety.	Mandatory Inspections: Regular quality checks.

사유재산에서 공공자원으로 전환된 구조를 나타낸 슬라이드

- 제주특별법은 이후 지속적으로 개정되며 단순 허가제 수준을 넘어 종합적 지하수 거버넌스 체계로 발전하였으며, 발표에서는 현재 제주가 16개 고유의 법·제도 장치를 통해 지하수를 관리하고 있다고 설명함
- 여기에는 관정 개발·이용 허가와 갱신, 이용량 기반 부담금 부과, 특별관리구역과 보전지역 지정, 병입수의 공공관리, 빗물이용 의무화, 인공함양 시설기준, 영향조사, 종합 모니터링망, 10년 단위 관리계획, 지하수 특별회계 운영 등이 포함되었으며, 이를 통해 제주가 허가 - 보호 - 모니터링 - 재정 - 계획이 결합된 종합 거버넌스 체계를 운영하고 있음을 설명함

04 Current Groundwater Governance System in Jeju

Jeju Island currently operates a groundwater licensing and management system comprising **16 unique Legal and Regulatory Instruments for Groundwater Management**, which are unique provisions of the Jeju Special Act.

Permits & Licensing

1. All groundwater development/use requires permits (renewed every 2-5 years)
2. Fees charged based on groundwater withdrawal volume
3. Bottled water production permitted only for public corporations (private prohibited)

Designation & Protection

4. Designation of special management areas for reasonable use
5. Designation of conservation areas (Levels 1-4) based on vulnerability
6. Designation of reference monitoring wells to reduce abstraction

Prohibitions & Restrictions

7. Prohibition of underground injection of potential contaminants
8. Restrictions on pesticide supply/use to prevent contamination
9. Designation as conservation resource & export restriction to inland

Standards & Guidelines

10. Establishment of construction standards for artificial recharge facilities
11. Mandatory rainwater use & establishment of facility standards
12. Standards for well development and pump installation

Assessment & Monitoring

13. Mandatory impact assessment report submission for permits
14. Operation of comprehensive monitoring network (levels, seawater, quality)

Planning & Management

15. Management plans established every 10 years (revised every 5 years)
16. Operation of special account exclusively for groundwater management

현재 제주 지하수 관리제도의 구조

- 지하수 이용부담금과 특별회계가 단순한 규제를 넘어 지속가능한 관리재원 확보 수단으로 기능하고 있음을 제시하였으며, 2024년 기준 지하수 이용부담금 수입은 약 960만 달러로 오염방지, 모니터링망 운영, 인공함양, 빗물이용 보조, 대체수자원 개발, 연구센터 운영 등에 사용된다고 설명함
- 마지막으로 제주와 라팔마가 모두 화산섬이자 지하수 의존 도서지역이라는 공통점을 갖고 있으며, 기후변화에 따른 강수 변동성과 물 수요 증가 속에서 섬 지역의 물안보는 섬 자체의 과학·기술·제도 역량에 기반해 구축되어야 한다는 점을 강조함
- 특히 “보이지 않는 지하수는 반드시 측정해야 하며, 모니터링이 거버넌스의 기초”라는 메시지를 통해, 관측과 관리, 규제와 협력이 통합된 도서지역 맞춤형 관리체계의 필요성을 제시하였음

(4) 카나리아 제도의 물법과 역사적으로 형성된 사적 물 권리와 공동체 조직의 특징(Derecho de aguas de Canarias: Peculiaridades de los Heredamientos y Comunidades de Aguas)

발표자: Julio Blas Martín Díaz (CRC La Palma-Breñas-Mazo)

- 본 발표에서는 카나리아 제도의 물법 체계가 스페인 본토의 일반적인 공공수 체계와는 다르게, 역사적으로 형성된 사적 물 권리와 공동체 조직(Heredamientos, Comunidades de Aguas) 을 중심으로 발전해 왔음을 설명하였음
- 발표는 전통적 물 권리의 기원, 현대적 물 공동체의 형성, 관련 법률의 변천, 현재 제도와 과제를 순차적으로 정리하는 방식으로 구성되어 있음



Julio Blas Martín Díaz(CRC La Palma-Breñas-Mazo) 발표 모습

- 먼저 카나리아 제도의 전통적 물 권리인 Heredamientos(물 권리 공동체, 제주의 수리계와 비슷하지만 권리성이 더 강한 집단을 의미함)는 정복과 분배의 역사 속에서 형성되었으며, 토지와 함께 물이 분배되다가 점차 물 권리가 토지와 분리된 사적 재산권으로 발전하였다고 설명함
- 전통적 Heredamientos의 물을 “이미 개발된 물, 사유수, 토지와 분리된 물”로 정리하고 있으며, 시간이 흐를수록 이러한 사유화와 토지로부터의 분리가 심화되었다고 제시함
- 이후 19세기 말부터 20세기 중반 사이에는 바나나·토마토 재배 확대와 함께 더 많은 수원이 필요해졌고, 이에 따라 우물, 갤러리, 댐, 운하 등 새로운 수리시설을 바탕으로 한 ‘현대적 물공동체’(Comunidades modernas) 가 등장하였음

- 이들은 아직 개발되지 않은 지하수를 찾아 취수하는 조직으로, 역시 사유수이면서 토지와 분리된 물 권리라는 특징을 유지하였음
- 반면 스페인 물법상 일반적인 Comunidades de Regantes 는 공공수(public water)를 전제로 하고, 물 권리가 관개 대상 토지에 귀속된다는 점에서 카나리아의 물공동체와 구별된다고 설명함
- 발표에서는 법 제도의 변천도 중요하게 다루어졌음. 1956년 제정된 카나리아 군도 Heredamientos법은 물 권리자들의 단체에 법인격을 부여한 핵심 법률로 제시되었으며, 이를 통해 물 지분을 독립적으로 등록하고 자유롭게 처분할 수 있는 구조가 제도적으로 뒷받침되었다고 설명함
- 이후 1982년 카나리아 자치권 확립과 1987년 물법 제정 시도, 그리고 사회적 갈등을 거쳐, 1990년 Ley 12/1990 de Aguas de Canarias가 제정되면서 기존 권리를 인정하면서도 전체 물관리를 법률 체계 안에 편입하는 방향으로 전환하였음
- 현재 라팔마의 물 이용 구조는 여전히 지하수 중심이며, 물은 주로 유출수, 용천수, 갤러리, 우물에서 공급되지만 그 대부분은 지하수 기원임
- 또한 공공수 비율은 약 9~10% 수준에 불과하고, 섬 내에는 19개 우물과 88개 갤러리가 운영 중이며, 다수는 1956년 법에 기반한 사적 물공동체에 의해 관리되고 있다고 제시됨
- 이들의 지분은 매매·임대·상속 등의 거래 대상이 되며, 토지와 완전히 분리되어 있다는 점도 강조됨
- 발표 후반부에서는 향후 과제로 지속가능하고 책임 있는 물 이용, 공공-민간 협력 강화, 공동체 간 정보교류 확대, 법적 특수성에 대한 사회적 이해 제고를 제시하였으며, 특히 사유수 체계라 하더라도 물은 희소 자원이며 남용이나 낭비는 허용될 수 없고, 기후변화와 물 부족에 대응하기 위해 더 높은 수준의 거버넌스와 기술적 현대화가 필요하다고 강조함
- 구체적으로는 수송 손실 저감, 저장능력 확대, 비효율적 분배 방식 개선, 원격제어 도입, 효율적 관개시스템 구축, 신규 수원 확보 등이 과제로 제시되었음
- 마지막으로 카나리아의 물공동체가 단순한 과거 유산이 아니라, 앞으로도 높은 수준의 거버넌스와 적응 능력을 갖추어야 지속될 수 있다고 보았으며, 특히 2040~2043년경 종료 예정인 50년 과도 체제 이후 물 권리 체계가 어떻게 재편될지가 향후 중요한 쟁점이 될 수 있음을 언급함
- 즉, 카나리아 물법의 미래는 전통적 사적 권리와 공공적 관리 원칙 사이의 조정을 어떻게 이뤄낼 것인가에 달려 있다는 점을 시사함

(5) 세미나 발표 종합 결론

- 이번 World Water Day 2026 세미나는 라팔마와 제주가 서로 다른 제도와 운영체계를 가지고 있음에도, 화산섬이라는 공통된 자연조건 아래 지하수 의존형 물관리 구조를 갖고 있다는 점을 확인하는 자리였음
- 세미나에서는 라팔마 측의 대수층 수리지질 모델링, 재충전 분석, 역사적 물 권리 체계와 물법 구조가 소개되었고, 제주 측에서는 실시간 모니터링, 조사·연구 체계, 지하수의 공공관리 제도가 발표되었음
- 이를 통해 양 지역 모두 지하수를 핵심 수자원으로 활용하고 있으며, 기후변화와 물 수요 변화에 대응하기 위해 과학적 분석과 제도적 관리체계를 함께 강화하고 있음을 확인할 수 있었음
- 특히 라팔마는 3차원 지질·수리지질 모델과 재충전 분석을 바탕으로 미래 지하수 이용 가능성을 예측하려는 접근이 두드러졌으며, 카나리아 제도의 물법 발표를 통해서도 현재의 물관리 구조가 역사적으로 형성된 사적 물 권리와 공동체 조직에 기반하고 있음을 이해할 수 있었음
- 반면 제주의 발표에서는 실시간 모니터링망 운영, 연구성과의 정책 연계, 공공관리 중심의 제도 운영 경험을 강조하였으며, 이는 라팔마와는 다른 제도적 배경 속에서도 결국 지속가능한 지하수 관리와 물안보 확보라는 공통 과제를 지향하고 있음을 보여주었음
- 종합적으로 이번 세미나는 라팔마와 제주가 동일한 화산섬 지하수 문제를 각기 다른 기술과 제도적 경로를 통해 관리하고 있다는 점을 보여준 자리였음
- 라팔마는 예측형 모델링과 전통적 물공동체 체계, 제주는 실시간 모니터링과 공공관리 제도가 각각의 특징적 강점으로 확인되었으며, 양 지역 모두 향후에는 관측자료 축적, 재충전량 분석, 기후변화 대응, 협력적 거버넌스 강화가 중요하다는 점을 공통적으로 확인할 수 있었음
- 따라서 이번 세미나는 단순한 발표 교류를 넘어, 화산섬 지역의 지하수 관리가 과학적 조사·예측기술·제도적 관리·현장 운영이 함께 결합되어야 한다는 점을 확인한 자리로 평가할 수 있음
- 아울러 세미나 이후 개별 면담 및 논의를 통해 확인한 협력 가능성 등에 대해서는 제3장 시사점에서 추가적으로 정리하고자 함

2. 테네리페 주요 기관·시설 방문 결과

1) TEIDAGUA 기관 방문

① 기관 개요

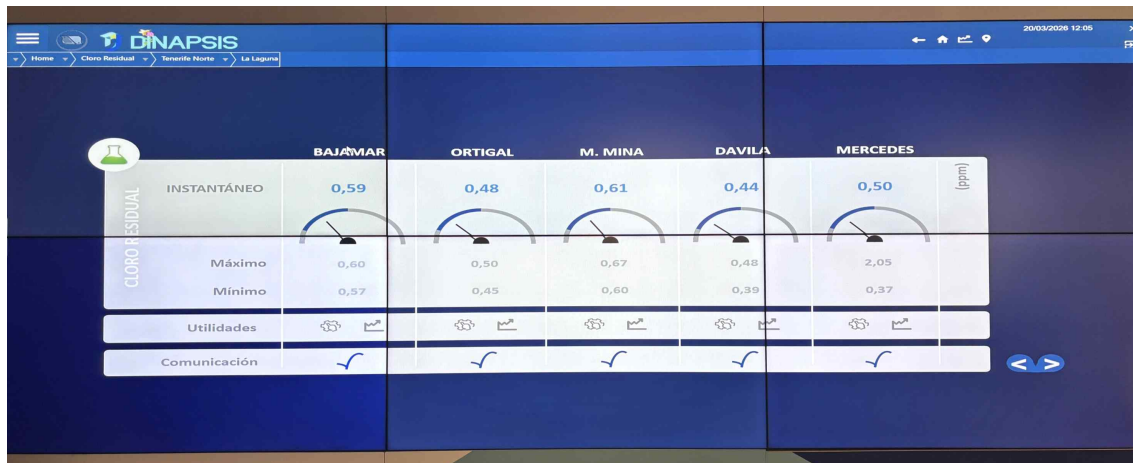
- TEIDAGUA는 라라구나(La Laguna)와 타코론테(Tacoronte)시 지역의 상수도 공급, 하수도, 처리 등 물의 전 과정을 통합 관리하는 기관으로 두 지방자치단체의 물 서비스 효율화와 안정적 공급을 위해 운영되고 있으며, 주민 대상 계약·검침·요금·사고 대응 등 현장 서비스도 함께 수행하고 있음
- 취수 측면에서는 지하 취수원(갤러리·우물·Las Mercedes 용출수 등)에서 확보한 물을 상위 배수계통을 통해 다수의 저수조·배수지로 이송하는 구조를 갖고 있고, 수질관리 측면에서는 공인된 실험실 분석과 국가 식수정보시스템 연계를 통해 먹는물 수질 모니터링을 수행하고 있음

② 방문 내용

- TEIDAGUA 기관은 DINAPSIS 기반 디지털 관제 시스템을 통해 상수 공급 계통과 배수지 운영 상황을 통합적으로 관리하는 방식을 설명하였음
- 현장에서는 각 지역별로 배수지 수위 및 저수량, 현재 공급량 및 시간당 유량, 공급 가능 시간, 잔류염소 농도, 관로망 흐름도 및 주요 시설 상태, 하수처리장 운영 상태 등을 대형 관제 화면에서 실시간 또는 준실시간으로 확인할 수 있었음
- 또한 일부 화면에서는 특정 배수지의 유입·유출량, 전일 물수지, 저장용량 대비 충전율, 경향 그래프 등을 상세하게 표시하고 있었으며, 지도 기반 화면을 통해 관망과 시설 위치를 연계하여 관리하는 모습도 확인하였음



TEIDAGUA 통합관제 화면 및 설명(지역별 상수 공급 현황)



지역별 배수지 저장량·공급량·공급 가능 시간 관제 화면

③ 주요 확인 내용

- TEIDAGUA는 단순한 시설 운영기관이 아니라, 통합 관제와 데이터 기반 운영을 통해 물 공급 안전성을 관리하고 있었음
- 특히 상수 공급 부문에서는 지역별 배수지의 저수율과 공급 가능 시간을 함께 제시함으로써, 공급 안정성뿐 아니라 비상시 대응 여력까지 동시에 판단할 수 있는 구조를 갖추고 있었음
- 수질 측면에서는 잔류염소 농도를 별도 화면으로 관리하여 공급 단계의 수질 안전성도 함께 점검하고 있었음
- 하수처리 부문에서는 La Punta 하수처리장(EDAR La Punta)의 전처리, 생물학적 처리, 재이용 및 슬러지 처리 계통이 화면상에 연계되어 있어, 상·하수도 운영정보를 하나의 플랫폼 안에서 통합적으로 파악할 수 있음을 확인하였음
- 이러한 운영 방식은 시설별 개별 관리보다, 관망-배수지-처리시설-수질정보를 통합한 디지털 운영체계라는 점에서 의미가 있었음

④ 방문 결과에 대한 고찰

- 이번 방문을 통해 테네리페 북부 지역 물관리에서는 디지털 트윈 또는 통합 관제 기반 운영관리가 실제 현장 의사결정에 활용되고 있음을 확인할 수 있었음
- 특히 배수지의 저장량, 공급량, 자율도(공급 가능 시간), 염소 농도 등을 한 화면에서 종합적으로 관리하는 방식은 공급 안정성과 수질 안전을 동시에 고려하는 운영체제로 이해됨
- 이는 제주에서도 향후 상수 공급계통 또는 지하수 유역관리(지속이용가능량 대비 실제 이용량) 분야에서 실시간 자료 기반 통합 운영관리를 고도화하는 데 참고할 수 있는 사례로 판단됨



TEIDAGUA 방문 및 관계자와 면담 사진

2) 라라구나 소하천 모니터링 시스템 현장 방문

① 시설 개요

- 본 시설은 라라구나 지역의 소하천(배수로) 유출량을 보다 정확하게 계측하기 위해 정비된 개수로형 관측시설로, 콘크리트 구조의 일정한 유로를 조성하고 수위와 유속을 동시에 측정하여 유출량을 산정하는 방식으로 운영되고 있었음
- 현장 설명에 따르면, 테네리페 지역 내 여러 배수로에 유사한 계측체계가 설치되어 있으며, 유속계·수위계 상류부에는 카메라를 설치하여 현장 상황을 실시간으로 확인할 수 있도록 구성되어 있었음
- 또한 센서 인근에는 소규모 관측·통신 장비가 설치되어 있었으며, 계측자료는 실시간으로 취득되어 운영기관 사무실로 전송되는 구조로 설명되었음

② 방문 내용

- 현장에서는 개수로 내부를 일정 단면으로 정비하여, 불규칙한 자연하상보다 상대적으로 안정적인 조건에서 수위와 유속을 계측하고 있음을 확인하였음
- 배수로 상부 또는 측면에는 카메라와 센서 지지대가 설치되어 있었고, 이를 통해 실제 유량 상황과 부유물, 탁수 유입 여부 등을 함께 확인할 수 있는 구조로 보였음
- 흐름은 평상시에도 일부 유지되고 있었으며, 유로가 좁고 일정하게 정비되어 있어 유속 분포와 수심 변화가 비교적 명확하게 나타나는 모습이 관찰되었음
- 현장 설명에 따르면 해당 시스템은 정부와 협력하여 설치되었고, 운영기관이 실시간 자료를 취득·관리하는 체계로 운용되고 있었음



라라구나 소하천(배수로) 전경(정확한 유출량 산정을 위한 정형화된 개수로)

③ 주요 확인 내용

- 이 시설의 가장 큰 특징은 유출량 산정의 정확성을 높이기 위해 유로 자체를 계측에 적합한 형태로 정비했다는 점임
- 자연 상태의 하천이나 배수로는 하상이 불규칙하고, 폭·수심·유속 분포가 일정하지 않아 수위만으로 유량을 환산할 때 오차가 커질 수 있음
- 반면 이 시설은 일정한 개수로 단면을 확보함으로써 유량산정의 신뢰도를 높이려는 목적이 뚜렷하였음
- 또한 카메라를 함께 설치하여 단순 수치자료뿐 아니라 실제 흐름 상태를 시각적으로 검

증할 수 있다는 점도 의미가 있었음

- 이는 집중호우 시 급변하는 배수로의 흐름을 사후 검토하거나, 센서 이상 여부를 확인하는 데에도 유용할 것으로 판단됨
- 라라구나의 센서화 사업은 강우, 자연하천 수위, 하수계통 월류, 주요 관로 유량 등을 함께 계측해 홍수·월류·배수 대응을 고도화하려는 방향으로 추진되고 있음



라라구나 소하천 유출량(유속수위) 관측 센서

④ 방문 결과에 대한 고찰

- 본 시설은 현재 제주도 물정책과에서 운영 중인 하천 유출량 실시간 관측 방식과 유사한 측면이 있음. 제주에서도 주요 하천 28개소를 대상으로 수위 및 유속을 관측하여 실시간 유출량을 산정하고 있음
- 다만 제주의 경우 일부 지점은 실제 하상이 불규칙하고 유로가 넓게 퍼져 있어, 특히 수심이 얇은 조건에서는 유출량 산정 결과의 신뢰성이 저하되는 경우가 발생할 수 있음
- 특히 서부지역 일부 배수로의 경우에도 흐름이 배수로 전체로 넓게 분산되면서 수위가 매우 낮게 형성되어, 계측치 기반 유량 산정의 정확도가 다소 떨어질 수 있는 것으로 판단됨
- 이에 비해 이번 현장에서 확인한 시설은 계측 목적에 맞는 유로 정비를 병행함으로써 보다 안정적인 측정 조건을 확보하고 있었으며, 상시 흐름이 있는 하천 또는 배수로에 대해서는 이러한 방식의 정비가 신뢰도 높은 유출량 산정에 도움이 될 수 있을 것으로

보임

- 다만 건천 상태의 하천에서 집중호우 시 순간적으로 발생하는 유출을 계측하는 경우에는, 단순한 유로 정비만으로 한계가 있을 수 있으므로, 적용 대상은 상시 흐름이 있거나 반복적으로 유출이 발생하는 배수로·하천 구간을 우선 검토하는 것이 타당할 것으로 판단
- 종합적으로, 이번 방문을 통해 하천·배수로 유출량 관측에서 센서 설치뿐 아니라 계측에 적합한 유로 조건 조성, 영상자료 연계, 실시간 전송체계 구축이 함께 이루어져야 한다는 점을 확인하였음

3) Los Campitos 배수지 현장 방문 결과

① 시설 개요

- Los Campitos는 Santa Cruz de Tenerife 상부 산지에 위치한 지역으로, 현장 안내판에는 Santa Cruz를 조망할 수 있는 지점이자 Anaga 지역으로 이어지는 자연적 관문으로 소개되어 있음
- 이 지역의 대표 시설은 Los Campitos 댐(저류지) 으로, Santa Cruz 지역의 물 공급 확대를 목적으로 1969년부터 건설된 대형 저류시설임
- 안내문에 따르면 이 시설은 1970년대 준공 이후 저수지 바닥의 투수성 문제로 인해 본래 계획대로 물을 저장하지 못했고, 이후 방수 보강과 개조가 있었음에도 정상적인 저수기능을 충분히 확보하지 못한 것으로 알려져 있음

② 방문에 따른 주요 확인 내용

- 현장에서는 대형 콘크리트 사면과 넓은 저류지 내부 공간을 직접 확인하였음
- 현재 저류지 내부는 상시 저수 상태가 아니라, 식생이 자라고 일부 습지성 공간이 형성된 상태로 관찰되었으며, 본래의 물 저장시설이라기보다 사실상 유향 공간 또는 일시적 저류 공간에 가까운 모습이었음
- Los Campitos는 본래 도시 물 공급을 위한 저류지로 계획되었으나, 실제로는 저수 기능 확보에 실패한 사례로 이해할 수 있었음
- 다만 현재 시점에서는 담수화수 공급 등 다른 수자원 공급체계가 확대되면서, 이 시설은 과거와 같은 직접적 용수공급 기능보다 지역 재해예방 및 우수의 일시 저류, 침투·함양 가능성 측면에서 다시 해석할 여지가 있어 보였음
- 즉, 시설 본래 목적은 충분히 달성하지 못했지만, 오늘날 기후변화와 불투수면 증가 환경에서는 홍수 완화와 지하수 함양 증대라는 보완적 기능 측면에서 의미를 재평가할 수 있는 현장으로 판단됨



Los Campitos 현황 안내판



Los Campitos 배수지 전경

③ 방문 결과에 대한 고찰

- 이 시설은 기능적으로 볼 때, 제주도 내 설치된 재해예방용 저류지와 유사한 성격으로 이해할 수 있음
- 제주 역시 강우 시 단기 유출을 저감하고 재해를 예방하기 위한 저류지가 다수 설치되어 있으며, 최근에는 불투수면 증가와 국지성 집중호우 확대에 따라 저류지의 방재 기능뿐 아니라 침투·함양 측면의 역할도 함께 검토할 필요성이 커지고 있음
- Los Campitos 사례는 본래 상수원 확보 목적의 시설이라 하더라도, 시간이 지나 수자원 공급체계와 지역 여건이 변하면 재해예방과 함양 증대라는 새로운 기능 중심으로 재평가될 수 있음을 보여주는 사례로 볼 수 있음
- 따라서 제주에서도 향후 저류지를 단순한 방재시설로만 볼 것이 아니라, 지하수 보전과 함양량 증대 측면을 함께 고려하는 방향으로 고찰할 필요가 있다고 판단됨

3. 라팔마 주요 기관·시설 방문 결과

1) 라팔마 카빌도 의장 미팅

- 라팔마 카빌도(Cabildo Insular de La Palma) 는 라팔마 섬 전체를 대표하는 행정기관으로, 섬 단위의 주요 정책과 공공업무를 총괄하는 기관임
- 특히 물 관련 업무는 산하 라팔마 섬 물위원회(Consejo Insular de Aguas de La Palma) 를 중심으로 계획·조정·관리되고 있음
- 이번 방문 시에는 라팔마 카빌도 의장(Sergio Rodríguez Fernández)과 면담이 이루어졌으며, 제주 현황과 제주지하수연구센터 소개, 세계 물의 날 행사 참석 및 현장조사 목적 등에 대해 간략히 설명하였음
- 본 면담은 주로 의례적 성격으로 진행되었으나, 라팔마를 대표하는 기관장이 직접 제주 지하수연구센터를 환영하고 면담한 점에서, 이번 방문이 단순한 시설 견학을 넘어 섬 지역 간 공식 교류와 상호 인식의 계기가 되었다는 의미가 있음
- 또한 제주와 라팔마가 모두 도서지역이자 지하수 의존도가 높은 화산섬이라는 공통점을 바탕으로, 향후 물관리 경험 공유와 협력 가능성에 대한 공감대를 확인하는 계기가 되었음



라팔마 카빌도 의장과의 미팅

2) Barbuzano 생수 제조공장(원수 현장 방문 포함)

① 시설 개요

- Barbuzano는 라팔마 지역 기업인 Aguas de La Palma, S.A.가 생산·판매하는 천연 광천수(Agua mineral natural) 브랜드로, 라팔마 섬 내 대표적인 병입수 제품 중 하나임
- 설명에 따르면, Aguas de La Palma는 1905년부터 음료 생산을 시작하였고, 현재는 Barbuzano 원수에서 취수한 천연광천수를 카나리아 제도 내에 공급하고 있음
- Barbuzano 원수는 Barranco de Los Gomereros에 위치한 Galería Barbuzano에서 취수되며, 2006년 스페인 관보(BOE)에 따라 해당 수원은 “Barbuzano” 천연광천수로 법적 지위를 인정받았음
- 제품은 1.5L, 5L, 8L, 13L 반환용기, 유리병 등 다양한 포맷으로 유통되고 있으며, 공장은 Mirca 산업단지에 위치하고 있음

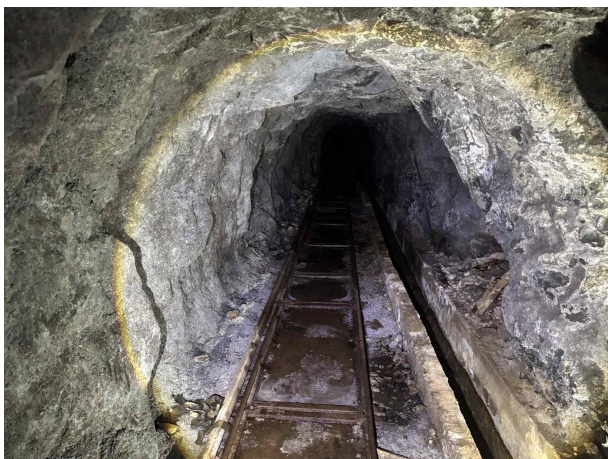


Barbuzano 생수공장 사진

② 방문 내용

- 현장에서는 생수 제조공장과 원수 수원(갤러리) 현장을 함께 방문하였음

- 공장에서는 병입라인, 라벨링 및 포장설비, 대용량 용기 보관공간, 사무·물류공간 등을 확인하였고, 생수 외에도 사무실·가정용 정수기형 디스펜서 공급 체계가 함께 운영되고 있음을 확인하였음
- 현장 설명에 따르면 공장 근무 인원은 총 45명 정도이며, 이 중 실제 생산라인 상시 근무자는 약 4명, 나머지는 물류·유통·관리 등 업무를 담당하고 있음
- 생산은 현장 설명 기준으로 1.5L 라인과 8L 라인을 각각 운영하고 있으며, 통상 일 8시간 가동한다고 하였음(이 수치는 현장 설명 기준 추정치로 이해될 필요가 있음, 실제 1.5L, 5L, 8L, 13L 등의 다양한 용기로 운영, 현장 방문 시 1.5L와 8L 제품만 운영)
 - 1.5L 제품: 시간당 약 5,500병 생산 시, 물량으로는 약 66m³/일 수준
 - 8L 제품: 시간당 약 1,500병 생산 시, 물량으로는 약 96m³/일 수준
- 원수 현장에서는 Galería Barbuzano의 갱구, 내부 수로, 유량 확인 시설, 수위 확인용 장치 등을 확인하였으며, 갤러리 길이는 4,700m임
- 현장 설명에 따르면 수원에서는 시간당 약 20m³, 일 기준 약 480m³/일 규모로 용출되고 있으며, 이 중 일부는 공장 병입수 원수로 사용되고, 일부는 농업용수로도 공급되고 있었음



Barbuzano 원수 수원 현장 사진

③ 주요 확인 내용

- Barbuzano는 단순 병입공장이 아니라, 수원 - 이송 - 병입 - 유통이 연결된 지역 기반 수자원 활용 체계로 볼 수 있었음
- 원수 관리는 자동화보다는 상대적으로 수동적인 운영방식이 남아 있는 것으로 보였음(하부에서는 수위계를 통해 수위를 확인하고, 육안으로 상태를 점검하는 방식이 병행되고 있었음)
- 공장 유입수 수위는 매일 측정하고, 농업용수 공급 관련 수위는 10~15일 간격으로 확인한다고 하였음
- 즉, 원수의 법적 지위와 제품 브랜드는 확립되어 있으나, 원수 운영·모니터링 체계는 디지털 실시간 관리보다는 현장 점검 중심의 운영 성격이 강하다고 볼 수 있었음
- 포장재 측면에서는 최근 미세플라스틱 문제에 대응하기 위해 점진적으로 유리병 비중 확대를 검토하고 있으나, 현장 설명에 따르면 유리병 전환 시 비용이 2배 이상 증가하여 실질적 전환에 어려움을 겪고 있다고 함
- 이는 섬 지역 병입수 산업에서 환경성 개선과 생산·물류 비용 증가가 동시에 발생하는 현실적 한계를 보여주는 사례로 판단됨
- 유통기한은 현장 설명 기준 약 1년으로 운영되고 있었음

④ 방문 결과에 대한 고찰

- Barbuzano 사례는 라팔마에서 지하수 기반 천연광천수 자원이 지역 산업으로 연결되는 대표적인 예로 볼 수 있음
- 수원은 갤러리 형태의 전통적 지하수 개발 구조를 유지하고 있고, 이를 병입수 제품으로 부가가치화하여 섬 내외로 공급하고 있다는 점에서 라팔마 물 이용구조의 한 단면을 보여줌
- 또한 같은 원수가 병입수와 농업용수로 함께 활용되고 있다는 점은, 라팔마에서 물이 단일 목적이 아니라 생활·산업·농업을 포괄하는 자원으로 배분되고 있음을 보여줌
- 다만 수원 운영 및 유량·수위 관리가 상당 부분 수동적·현장점검 중심으로 이루어지고 있어, 향후에는 보다 체계적인 데이터 축적과 운영관리 고도화가 필요해 보였음
- 미세플라스틱 및 환경성 이슈에 대응하기 위해 유리병 확대 필요성이 제기되고 있으나, 실제 섬 지역 생산·물류 여건에서는 비용 부담이 매우 크다는 점이 확인되었음
- Barbuzano는 라팔마의 천연광천수 자원이 전통적 수원 개발 방식과 현대적 병입·유통 시스템이 결합된 형태로 활용되고 있는 사례이며, 수원 관리 방식, 농업용수와의 병행 이용, 포장재 전환 문제 등은 향후 라팔마와 제주를 비교하는 데에도 의미 있는 참고사례로 판단됨

3) 하수처리장 및 담수화 시설 설비

① 시설 개요

- 라팔마에서는 최근 지하수 및 전통적 취수원 유량 감소에 대응하기 위해, 해수담수화와 하수재이용을 결합한 대체수자원 확보 사업을 추진하고 있었음
- 현장 방문지인 Breña Baja에서는 라팔마 섬 물위원회(Consejo Insular de Aguas de La Palma)가 산업형 해수담수화 시스템 설치 사업을 추진 중이었으며, 현장 표지판에는 공사명이 “Implantación de un sistema de producción industrial de agua de mar desalada en Breña Baja”로 표시되어 있었음
- 표지판 기준으로 시공사는 Canaragua Concesiones S.A.U., 사업비는 2,130,475.89 유로, 공사기간은 5개월로 확인되었음
- 또한 같은 부지 인근에는 Breñas-Mazo 및 El Paso, Los Llanos de Aridane 권역의 하수처리·정화·방류 시스템 운영 및 유지관리 관련 표지판이 설치되어 있었고, 관리예산은 1,337,052.56유로, 계약사는 Hidrolap Medioambiental, S.L.로 표시되어 있었음
- 이 담수화 시설은 라팔마의 첫 공공 상설 농업용 담수화 시설로 소개되며, 섬의 전통적 취수원 유량 감소에 대응해 농업용수 공급을 보완하는 목적을 가지고 있음
- 생산용량은 1일 2,500m³로 농업용수 공급을 목표로 하고 있음



담수화 시설 및 하수처리장 공사관리 안내문

② 방문 내용

- 현장 방문 시 담수화 시설은 공사가 진행 중인 상태였으며, 컨테이너형 설비와 연결 배관, 현장 설치 공간 등을 직접 확인하였음
- 현장 설명에 따르면 담수화 시설은 2개의 well 체계로 운영될 계획이었음
 - 1개는 취수정으로 깊이 약 50m
 - 다른 1개는 약 200m 이격된 침투정으로 깊이 약 65m

- 두 관정은 상호 간섭을 최소화하기 위해 일정 거리를 두고 설치한다고 설명받았음
- 취수정에서는 1일 약 4,000㎥ 규모의 해수 취수를 계획하고 있으며, 담수화 시설의 생산용량은 1일 2,500㎥ 수준으로 계획되어 있었음
- 현장 설명상 생산수는 전량 농업용수로 공급할 예정이며, 시간당 약 100㎥ 수준으로 송수할 계획이라고 하였음
- 하수재이용 시설 측면에서는 처리수가 해안 약 600m 지점에서 방류되며, 방류수는 관련 수질기준에 맞게 처리된다고 설명받았음
- 처리용량은 1일 약 1,500㎥ 규모로 계획되어 있었으며, 향후에는 담수화수와 재이용수를 혼합·정수 처리하여 농업용수로 공급하는 방향도 검토 중이라고 설명되었음



담수화 시설 및 하수처리장 공사 현장 사진

③ 주요 확인 내용

- 본 시설의 가장 큰 특징은 해수담수화 시설과 하수재이용 시설을 동일 권역 또는 인접 부지에서 연계적으로 검토하고 있다는 점이었음
- 즉, 단순히 해수담수화로 새로운 물을 만드는 것에 그치지 않고, 이미 처리된 하수재이용수까지 함께 활용하여 농업용 대체수자원 체계를 구축하려는 방향성이 확인되었음
- Breña Baja 담수화 시설은 1일 2,500㎥ 생산능력을 가지며, Breñas-Mazo 관개공동체에 공급되어 저지대 농경지에 사용될 예정임
- 이와 동시에 관개공동체는 기존 갤러리수 일부를 다른 지역 공급에 돌리는 방식의 물 교환 체계도 검토되고 있는 것으로 확인됨
- 라팔마 섬 물위원회는 최근 공식 입장에서 물 정책의 주요 축으로 효율성, 대수층 보호, 새로운 수원 도입, 저장능력 확대를 제시하고 있으며, 담수화와 재생수 시스템의 도입 역시 이러한 전략의 연장선으로 설명하고 있음

④ 방문 결과에 대한 고찰

- 이번 현장 방문을 통해 라팔마에서는 전통적인 갤러리·용천수·지하수 중심 체계만으로는 향후 농업용수 수요를 안정적으로 충족하기 어렵다고 판단하고, 해수담수화와 하수재이용을 결합한 대체수자원 확보 방향으로 정책을 전환하고 있음을 확인할 수 있었음
- 특히 담수화수와 재이용수를 장기적으로 연계하여 농업용수로 활용하려는 구상은, 단일 수원 의존도를 낮추고 가뭄 및 유량 감소에 대한 대응력을 높이기 위한 복합적 접근으로 이해할 수 있음
- 제주도 역시 대부분의 용수를 지하수에 의존하고 있으나, 특히 서부지역의 경우 가뭄기나 농번기에는 일시적으로 지하수 수량 부족이 나타나고, 이와 함께 지하수위 하강 및 해수침투 우려가 지속적으로 제기되는 지역적 특성이 있음
- 이러한 점에서 라팔마 사례는 지하수 의존도가 높은 화산섬 지역에서 해수담수화를 대체수자원으로 검토할 필요성을 보여주는 사례로 볼 수 있음
- 또한 농업용수 수요는 지역별 작물 특성, 재배시기, 기후조건에 따라 시공간적으로 큰 차이를 보이므로, 단순히 고정식 대규모 담수화 시설만이 아니라 수요 변화에 대응할 수 있는 이동식 또는 분산형 해수담수화 시스템에 대한 검토도 필요할 것으로 판단됨
- 다만 이러한 방식이 실제로 적용되기 위해서는 안정적인 취수원 확보, 농축수 처리, 에너지 비용, 생산수 수질관리 및 공급체계 등에 대한 종합적인 검토가 선행되어야 할 것임
- 아울러 담수화와 재이용수 활용은 지하수 대체수원으로서 의미가 있으나, 실제 운영 단계에서는 경제성, 환경성, 수질안전성, 공급 안정성을 함께 고려해야 하므로, 제주도의 적용 가능성은 지역별 수요 특성과 기존 수원 구조를 반영하여 신중하게 검토할 필요가 있음
- 종합적으로 이번 현장 방문은 지하수 의존도가 높은 도서지역에서 지하수 보전과 농업용수 안정공급을 동시에 달성하기 위한 대체수자원 전략의 필요성을 확인하는 계기가 되었음

4) 천연 온천수(Fuente Santa) 현장

① 시설 개요

- Fuente Santa는 라팔마 남부 Fuencaliente 지역 해안부에 위치한 천연 온천수 지점으로, 현재는 Galería Fuente Santa를 통해 지하 갱도 내부에서 온천수 용출 상태를 관찰·조사할 수 있는 구조로 관리되고 있음
- 현장 안내판에는 소유주가 라팔마 섬 물위원회(Consejo Insular de Aguas de La Palma), 갤러리 길이가 약 200m로 표시되어 있었음
- Fuente Santa는 단순한 담수 온천이 아니라, 해수와 화산체에서 배출되는 지하수가 혼합되고, 여기에 화산성 CO₂ 및 지열 영향이 더해진 연안 수열계로 설명되고 있으며, 전체 수계는 염화나트륨형 특성을 가지고, 조석의 영향을 강하게 받는 것이 특징임
- 또한 과거 조사 결과에 의하면 Fuente Santa의 온천수가 라팔마 남부 화산체에서 배출되는 지하수와 해수의 혼합수이며, 해수 비율은 대체로 56~70%, 수온은 일반적으로 33~41℃ 범위 수준이라 함



천연 온천수 안내문 및 시설 입구

② 방문 내용

- 현장 방문 시 갤러리 내부 말단부에 형성된 온천수 집수부(poceta)와 암반 벽면, 내부수로, 접근용 보행구간 등을 직접 확인하였음
- 현장에서는 온천수가 단순히 한 지점에서 분출되는 것이 아니라, 갤러리 내부 여러 구간에서 암반 조건과 구조에 따라 서로 다른 양상으로 용출·정체·혼합되고 있음을 관찰할 수 있었음
- Fuente Santa는 A~F 구간의 집수부로 구분되어 관찰·측정되며 내부의 D, E, F 구간에서 핵심적으로 관측하고 있으며, 과거 조사연구시에 D,E,F 구간의 수위, 수온, 전도

도 변화를 중심으로 분석하였다고 함

- 일부 구간에서는 암반 절리와 구조면이 뚜렷하게 드러났고, 침수조와 암반이 직접 접하고 있어 구조지질 특성이 온천수 용출 및 혼합 특성에 직접적인 영향을 미치는 현장임을 확인할 수 있었음

③ 주요 확인 내용

- Fuente Santa의 가장 큰 특징은 해수 혼합과 지열 영향이 함께 나타나는 연안 수열계라는 점으로, 단순한 담수성 온천이 아니라 해수-지하수-화산가스가 혼합된 복합 수계로 이해할 수 있음
- 현장 설명에 따르면, 과거 연구 조사 시 각 poceta는 조석과 양수시험에 대해 서로 다른 반응을 보였으며, 특히 D, E, F 구간에서 수온과 전기전도도의 변화 양상이 서로 다르게 나타난 것으로 확인되었음
- 이는 동일 갭도 내에서도 수리적 연결성과 혼합비가 구획별로 다를 수 있음을 시사함
- 특히 E와 F 사이의 다이크(dike)가 지하수 순환을 결정하는 중요한 구조로 작용한다고 설명하며, 다이크를 경계로 한쪽은 40℃ 이상, 다른 쪽은 30℃ 수준의 물이 흐른다고 설명하였음
- 이는 다이크가 단순한 암맥이 아니라, 실제로 서로 다른 유동 경로와 혼합 특성을 구획하는 수리구조로 작용하고 있을 가능성을 보여줌
- 즉, 이 현장은 하나의 균질한 저류체에서 나오는 온천수가 아니라, 암맥·절리·해안 구조에 따라 서로 다른 흐름계가 공존하는 복합 유동계로 보는 것이 타당하다고 판단됨



천연 온천 내부(좌-A지점, 우-D지점 센서 설치)



천연 온천 내부 제일 안쪽 E와 F 지점 사이의 다이크 사진

④ 방문 결과에 대한 고찰

- 이번 현장 방문을 통해 Fuente Santa는 단순한 관광성 온천 자원이 아니라, 화산섬 연안부에서 해수, 지하수, 화산성 가스, 구조지질이 복합적으로 작용하는 수리지질학적 현장이라는 점을 확인할 수 있었음
- 특히 다이크를 기준으로 수온과 수질 특성이 달라진다는 점은, 화산섬 지하수 흐름이 단순히 지형 경사나 해안 방향만으로 결정되는 것이 아니라, 암맥과 절리 같은 구조적 요소에 의해 구획되고 제어될 수 있음을 보여주는 사례로 이해됨
- 이는 제주에서도 화산체 내부의 암맥, 화산쇄설층, 용암류 경계 등 구조적 요소가 지하수 흐름과 수질 분포에 미치는 영향을 보다 정밀하게 해석할 필요가 있음을 시사함
- 특히 동일 지역 내에서도 구조지질 조건에 따라 수온, 수질, 유동 특성이 달라질 수 있다는 점은 화산섬 지하수 조사·해석에서 중요한 참고사항이 될 수 있음(특히, 서부지역의 지하수위·수질이 다른 특성, 남부 연령 및 함양고도가 다른 특성 등)
- 종합적으로 Fuente Santa 현장은 화산섬 지하수의 구조지질-수리지질-수화학적 연계성을 직접 확인할 수 있는 사례였음

5) 우물(Pozo) 현장

① 시설 개요

- 본 시설은 라팔마 해안에서 약 1km 내륙부에 위치한 농업용수 공급 우물로, 현장 안내판에는 Pozo “Ntra. Sra. del Carmen”으로 표기되어 있었음
- 해당 우물은 카르멘 성모의 이름을 가진 공동체 조직(Comunidad de Bienes y Derechos Nuestra Señora del Carmen) 소유이며, 우물 깊이는 약 144.54m, 하부 갤러리 길이는 136m로 표시되어 있었음
- 또한 라팔마 섬 물위원회와 소유 공동체 간 우물 재활성화(재활·보수) 사업 협약이 이루어 졌고, 사업비는 817,745.12유로, 사업기간은 2020.7.24. ~ 2024.7.23.로 표시되어 있었음

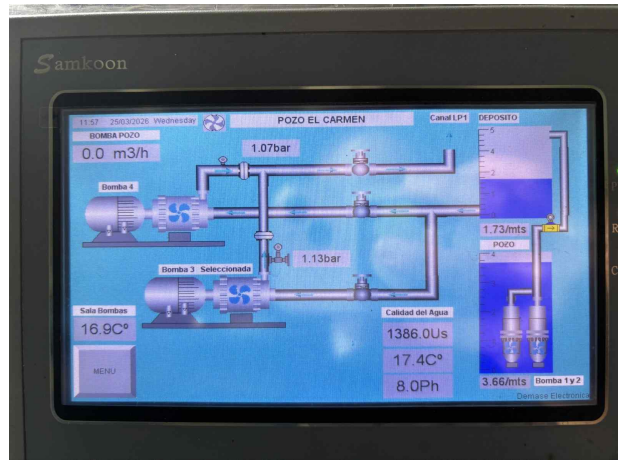


시설 안내문 및 라팔마 물위원회와 공동체 간의 협약 안내문

② 방문 내용

- 현장에서는 우물 상부의 양수 설비, 우물구 보호구조, 내부 수직갱, 취수 배관, 원격제어 패널, 수질·수온·전기전도도 계측장치 등을 확인하였음
- 우물은 상부에서 보면 비교적 넓은 수직 shaft 구조를 가지며, 하부에서 집수된 물을 양수하여 농업용수로 공급하는 체계로 설명되었음
- 현장 설명에 따르면 라팔마는 대체로 산악지대 중심에서는 갤러리, 하류부·저지대에서는 우물 중심으로 지하수 개발이 이루어져 왔으며, 이 우물 역시 그러한 해안·하류부 취수 체계를 대표하는 사례로 볼 수 있었음
- 물 내부는 하부에서 수평적으로 방사상 집수가 이루어지는 구조로 설명되었으며, 필요 시 운영자가 직접 내부 홀로 내려가 상태를 점검한다고 하였음
- 방문 당시에도 내부 진입을 검토하였으나, 케이블 관련 문제로 실제 하부 진입은 이루어지지 않았음

- 현장에서는 모니터링 화면을 통해 우물 수위, 유량, pH, 전기전도도, 수온 등의 정보가 실시간으로 표시되는 것을 확인하였고, 제주와 유사하게 실시간 자료가 웹 또는 내부 시스템으로 연계되는 방식이 운영되고 있는 것으로 설명받았음



우물 현장 및 모니터링 시스템 사진

③ 주요 확인 내용

- 이 우물의 가장 중요한 특징은 양수 시 전기전도도(염분농도)가 상승하는 현상이 나타난다는 점이었음
- 현장 설명에 따르면 평상시 사용하지 않을 때는 큰 문제가 없으나, 최근 양수 시에는 전기전도도 1,000 μ S/cm 이상이 나타나고 있어 운영상 주의가 필요한 상태라고 하였음
- 현장 계측 화면에서도 전기전도도, pH, 수온이 실시간으로 표시되고 있었으며, 별도의 패널과 제어 시스템을 통해 양수 상태와 수질 상태를 함께 관리하는 구조를 확인할 수 있었음
- 이는 단순히 수량 확보만을 보는 것이 아니라, 취수 시 수질 변화까지 동시에 감시하면서 운영하고 있다는 의미가 있음
- 라팔마 섬 물위원회에서도 이 우물의 염분 상승 문제와 운영 방식에 대해 관심이 높다고 하였으며, 제주에서 수행 중인 연안·해안 지하수 관측 경험에도 관심을 보였음

④ 방문 결과에 대한 고찰

- 이번 현장 방문을 통해 라팔마의 저지대 우물 개발은 전통적인 갤러리 중심 취수와는 다른 구조를 가지며, 특히 해안 인접부에서는 양수 과정에서 수질 변화가 민감하게 나타날 수 있음을 확인할 수 있었음
- 현장 설명상 양수 시 전기전도도가 증가하고, 비양수 시에는 그 현상이 상대적으로 크지 않다는 점은, 취수에 의해 주변의 염분이 높은 물이 유입되거나 혼합되는 구조를 시사함
- 이러한 양상은 제주 동부지역 등에서 나타나는 기저지하수 분포 및 양수에 따른 염분 유입 구조와 유사한 측면이 있을 가능성이 있으며, 즉 평상시에는 상대적으로 안정된 상태를 유지하다가 양수에 의해 염분이 높은 하부 또는 주변 수계가 영향을 미치는 형태로 해석할 수 있음
- 다만 이에 대해서는 보다 정밀한 수위-전기전도도-양수량 연계 분석이 필요할 것으로 보임
- 또한 우물 내부 집수 구조와 운영 방식을 보면, 라팔마에서는 여전히 현장 설비 점검과 수작업 관리가 중요한 역할을 하고 있으나, 동시에 실시간 수질·수량 자료를 함께 모니터링하는 방향으로 관리체계를 고도화하고 있음을 확인할 수 있었음
- 제주 역시 해안·연안 지하수의 수량 확보와 해수침투 관리가 중요한 과제라는 점에서, 이 사례는 연안 취수정의 실시간 감시와 양수 시 수질 변화 추적의 중요성을 보여주는 사례로 판단됨

4. 향후 협력 방안 및 교류 네트워크

1) 향후 협력 방안에 대한 논의

- 라팔마 섬 물위원장 하비에르(Javier Peña García) 및 섬 물위원회 자문위원 엘즈비에타(Elzbieta) 와의 면담을 통해, 제주와 라팔마가 향후 상호 협력할 수 있는 분야에 대해 의견을 교환하였음
- 논의 과정에서 라팔마 측은 기존의 갤러리 중심 물공급 체계만으로는 향후 수요에 충분히 대응하기 어렵다고 보고 있으며, 우물과 해수담수화 등 새로운 수원 개발을 병행하려는 방향을 설명하였음
- 특히 우물의 경우, 최근 취수 시 염분농도 증가 문제가 나타나고 있어, 단순히 개발량을 늘리는 방식이 아니라 양수와 수질변화를 함께 고려한 관리가 필요하다는 점을 공유하였음
- 이에 대해 제주에서는 2003년부터 해수침투 관측망을 해안에서 상류 방향으로 일직선 상에 구축하여 해수침투 경계 범위와 영향권을 분석해 온 사례를 설명하였고, 라팔마에서도 유사하게 담수 하부의 해수 존재 여부, 담-염수 경계부의 변화 양상 등을 확인하기 위한 모니터링 체계 구축 필요성을 제안하였음
- 구체적으로는, 라팔마 해안 저지대를 중심으로 소규모 관측정 2~4공 정도를 추가 설치하고, 필요 시 제주에서 수위계 및 수질센서 등 관측장비를 지원하거나 공동으로 모니터링하는 방식의 소규모 공동연구 가능성을 논의하였음
- 이를 통해 취수량 증가에 따른 염분농도 상승률, 적정 취수 가능량, 우물의 적정 심도 등 실질적인 운영 판단에 필요한 기초자료를 확보할 수 있을 것으로 보았음
- 다만 라팔마 측은 제주와 달리 지형 경사가 매우 급하고 표고차가 커서 관측정 굴착 비용이 크다는 현실적 한계도 함께 설명하였음
- 이에 따라 산간지역까지 일괄적으로 확대하기보다는, 우선적으로 하류부 및 취수 영향이 직접 나타나는 구간을 중심으로 단계적으로 접근하는 방안이 보다 현실적이라는 의견이 제시되었음
- 연구 측면에서는 라팔마와 스페인 IGME가 추진 중인 3차원 지질모델 구축 및 지질-지하수 해석 연계 접근에 대해서도 논의가 이루어졌음
- 제주에서도 현재 3차원 지질모델 구축과 표준화 작업이 진행되고 있으나, 관정 자료 간 편차가 크고 지질구조의 기원과 발달 과정을 반영한 체계적 정리가 추가적으로 필요하다는 점을 공유하였음
- 이에 따라 향후에는 제주, 라팔마, IGME가 함께 화산섬 지질구조와 지하수 흐름 해석을 연계하는 공동연구를 추진할 수 있다면 의미가 있을 것이라는 공감대가 형성되었음
- 다만 이러한 협력은 제주지하수연구센터 차원만으로 바로 추진하기보다는, 제주도와 제

주지하수연구센터, 라팔마 카빌도와 섬 물위원회 등 관련 기관 내부 검토가 선행되어야 하는 사항으로 판단되었음

- 따라서 우선은 상호 문제의식을 보다 구체화하고, 소규모 공동조사 또는 파일럿 프로젝트를 발굴하면서 지속적인 교류와 왕래가 가능한 협력 기반을 모색해 나가기로 의견을 모았음
- 아울러 양 지역은 서로 다른 국가에 위치하고 있으나, 실제 현장에서는 기후변화 대응, 개인 사유권 문제, 관로 개발 시 토지 점용 문제 등 세부적인 운영상 애로가 공통적으로 존재한다는 점도 확인하였음
- 이는 향후 협력이 단순한 기술 교류에 그치지 않고, 현장 운영과 제도적 문제를 함께 논의하는 실무적 교류로 확대될 필요가 있음을 보여주는 부분으로 판단됨

2) 교류 네트워크

- 이번 출장을 통해 테네리페와 라팔마의 물관리, 수리지질, 시설운영, 학술연구 분야의 다양한 기관 및 전문가들과 교류하였으며, 향후 기술교류와 공동연구 가능성을 검토할 수 있는 네트워크를 확보하였음
- 특히 라팔마 섬 물위원회, 카나라구아, 라라구나대학교, 스페인 국립지질광업연구소(IGME-CSIC), 마카로네시아 연구협회(AIM) 등과의 접점을 마련하였고, 관련 기관 홈페이지, GIS 자료, 이메일 등도 함께 확보하였음

① 주요 인적 네트워크

- 하비에르 페냐 가르시아(Javier Peña García)
 - 라팔마 섬 물위원회(Consejo Insular de Aguas de La Palma) 관리자(Gerente)로, 라팔마 섬 물관리 전반을 총괄하고 있으며, 이번 방문 기간 중 현장 일정 조정과 협력 논의에 참여하였음
 - 이메일: javier.pgarcia@cablapalma.es
- 차로 페레스 로렌소(Charo Pérez Lorenzo)
 - 라팔마 섬 물위원회(Consejo Insular de Aguas de La Palma) 행정 담당자로, 방문 일정과 관련한 실무 연락 및 행정 지원 역할을 수행하였음
 - 이메일: charo.perez@cablapalma.es
- 엘즈비에타 스쿠피엔 발론(Elzbieta Skupien Balon)
 - 카나리아 제도 수자원 시설 분야 전문가이자 광산·수자원 시설 기술전문가(Dra. Ingeniera de Minas)로, 현장 일정 조율과 기술 설명, 협력 논의에 참여하였음
 - 이메일: elzbietaskupien@telefonica.net

- 로베르토 폰셀라 폰셀라(Roberto Poncela Poncela)
 - 카나리아 제도 지질·수리지질 분야 전문가로, 지질 컨설턴트이자 수리지질 연구자로 활동하고 있으며, 이번 방문 기간 중 테네리페 현장 일정 조율과 기술 설명에 참여하였음
 - 이메일: rponcela_geo@yahoo.es
- 소라야 만혼 베가(Soraya Manjón Vega)
 - 카나라구아(Canaragua Concesiones S.A.U.) 소속으로 인프라·공사 분야를 담당하고 있으며, 테네리페 물관리 행사 및 시설 관련 정보를 공유하였고, 테이다구아 방문 협의와 소규모 배수로 모니터링 시설에 대한 기술 설명에 참여하였음
 - 이메일: soraya.manjon@canaragua.es
- 후안 카를로스 산타마르타 세레잘(Juan Carlos Santamarta Cerezal)
 - 라라구나대학교(Universidad de La Laguna, ULL) 교수로, 화산섬 수자원, 수리지질, 기후변화 대응 관련 연구를 수행하고 있으며, 향후 학술교류 가능성을 이메일로 논의하였음
 - 이메일: jcsanta@ull.es
- 알레한드로 가르시아 힐(Alejandro García-Gil)
 - 스페인 국립지질광업연구소(IGME-CSIC) 소속 수리지질 연구자로, 라팔마 대수층의 3차원 지질·수리지질 모델링 연구를 수행하고 있으며, World Water Day 2026 행사 발표자로 참석하였음. 행사 기간 중 향후 협력 가능성에 대해서도 의견을 교환하였음
 - 이메일: a.garcia@igme.es
- 이반 에르난데스 리오스(Iván Hernández Ríos)
 - 마카로네시아 연구협회(Asociación para la Investigación de la Macaronesia, AIM) 대표(President-Director)로, 마카로네시아 지역 연구협력 및 프로젝트 네트워크와 관련한 교류 가능성을 논의하였음
 - 이메일: info@aimacaronesia.eu

② 확보한 주요 사이트 및 정보

- 테네리페 섬 물관리 공식기관(CIATF, Consejo Insular de Aguas de Tenerife)
 - 홈페이지: <https://www.aguastenerife.org>
 - 테네리페 섬 물관리 전반을 담당하는 공식 기관 사이트로, 테네리페 수문계획, 홍수위험관리계획, 과거 및 현재 계획 문서, 관련 규정과 행정 절차를 확인할 수 있음
 - 또한 현재 추진 중인 사업, CIATF 관리 시설, 제3자 관리 시설, 일반 중요사업 등 수자원 인프라 관련 정보를 제공하고 있음
 - 특히 Mapas 메뉴에는 ArcGIS 기반 지도가 연결되어 있어, 섬 내 하천(배수로) 인벤토리, 지하수 취수시설, 위험기록 등을 공간정보로 확인할 수 있음

- 테네리페의 물관리 계획과 수자원 시설 GIS 정보를 함께 파악할 수 있는 사이트로 활용 가치가 높음
- 라팔마 섬 물위원회(Consejo Insular de Aguas de La Palma)
 - 홈페이지: <https://lapalmaaguas.com>
 - 라팔마 섬 물관리 공식 사이트로, 기관 소개와 함께 조직, 법규, 공공 의견수렴, 홍수 위험관리계획, 제4기 섬 수문계획 등 계획·정책 관련 자료를 제공하고 있음
 - 사이트 내 Visor와 Gestión 메뉴를 통해 수자원 및 시설 관련 정보를 볼 수 있으며, 주요 항목으로는 저수지 수위, 사업 목록, 수리시설, 수문정보, 수질 등이 구성되어 있음
 - 이 사이트는 라팔마의 물관리 계획 자료뿐 아니라, 수자원 시설과 수문·수질 관련 GIS/시각화 정보까지 함께 접근할 수 있는 실무형 플랫폼으로 볼 수 있음
- 종합적으로, 이번 출장에서 확보한 두 사이트는 각각 테네리페와 라팔마의 공식 물관리 기관 플랫폼으로서, 수문계획, 홍수위험관리계획, 수자원 인프라 현황, 지하수 취수시설, 저수지·배수로·수질 관련 GIS 정보를 제공하고 있어 향후 자료조사와 후속 협력 검토 시 활용도가 높을 것으로 판단됨

1. 시사점

① 화산섬 지하수 관리 측면

- 제주와 라팔마는 모두 화산섬이자 지하수 의존도가 높은 지역으로, 기후변화와 환경변화에 따라 가뭄, 수량 부족, 해수침투, 수질 악화 우려가 점차 뚜렷하게 나타나고 있다는 공통점이 있음
- 다만 같은 화산섬이라 하더라도 물 사용에 대한 문화와 인식, 관리 체계의 역사적 형성 과정에는 차이가 있음을 확인하였음
- 제주와 카나리아 제도 모두 1990년대 이후 법·제도적 정비를 통해 물을 공공적 자원으로 관리하려는 방향을 취하고 있으나, 제주는 현재 지하수를 공공자원으로 관리하는 개념이 비교적 명확하게 정착된 반면, 라팔마는 역사적으로 형성된 물소유권 공동체와 사적 물 권리 구조가 여전히 강하게 남아 있어 공공관리 체계가 보다 복합적인 형태를 보이고 있음
- 제주에서는 대체로 개별 관정 단위의 소유·이용 구조와 허가제 중심의 관리가 정착되어 있고, 취수허가량의 상당 부분이 공공적 관리체계 안에서 운영되고 있으나, 라팔마는 법 제정 이전부터 공동체 단위로 개발·관리되어 온 물이 많아 공공성과 사적 권리가 병존하는 구조를 보이고 있는 것으로 판단됨
- 따라서 한정된 지하수를 지속가능하게 관리하기 위해서는 법적 제도 자체뿐 아니라, 실제 운영 현장에서의 공공관리 원칙 강화와 이해관계 조정이 중요하다고 생각됨
- 또한 지하수 개발과 공급 과정에서 나타나는 토지 점용 문제, 환경훼손 우려, 관로 설치에 따른 민원 등은 제주와 라팔마 모두 공통적으로 겪는 문제로 보였음
- 결국 화산섬 지하수 관리의 핵심은 단순한 수량 확보보다, 법적 제도, 사회적 수용성, 환경적 지속가능성을 함께 고려하는 종합관리에 있다고 판단됨

② 시설 운영 및 대체수자원 측면

- 라팔마는 기후변화, 물 사용량 증가, 기존 취수원의 유량 감소, 지하수위 저하 등의 문제에 대응하기 위해 우물 개발, 해수담수화, 하수재이용 등 대체수자원 확대를 적극적으로 추진하고 있었음
- 이는 기존의 갤러리 중심 체계만으로는 미래 수요를 감당하기 어렵다는 현실 인식에서 비롯된 것으로 보였음
- 제주도는 현재까지는 라팔마만큼 급박하게 대체수자원 확대가 진행되는 상황은 아니지만, 일부 지역에서는 이미 가뭄기 및 농번기 수량 부족, 지하수위 하강, 해수침투 우려

가 나타나고 있는 만큼, 문제가 본격화된 이후 대응하기보다 사전예방적 차원에서 대체 수자원 활용을 시험·검토할 필요가 있다고 판단됨

- 특히 라팔마 사례를 보면, 고정식 대규모 담수화 시설뿐 아니라 향후 제주에서는 이동식 해수담수화 시설과 같은 유연한 형태의 대체수원도 검토할 필요가 있어 보임
- 지역별 작물 특성과 재배시기, 용수 수요는 시공간적으로 다르게 나타나므로, 수요가 집중되는 지역이나 시기에 대응할 수 있는 분산형·이동형 시스템은 예방적 차원에서 실증해 볼 가치가 있다고 생각됨
- 제주에서는 하수재이용수를 농업용수로 공급하려는 시도가 있었으나, 이용 인식과 법적 문제 등으로 실제 활용에 어려움이 있었음
- 반면 담수화수는 상대적으로 이용 인식의 저항이 적을 가능성이 있어, 향후 제주에서 지하수 보전을 위한 대체수원으로 검토해 볼 여지가 있다고 판단됨
- 또한 라팔마 사례는 지하수 고갈과 대체수원 필요성이 이미 현실화된 지역의 모습이라는 점에서, 제주 역시 이를 단순 비교 사례가 아니라 지하수 보전의 중요성을 재인식하게 하는 경고성 사례로 받아들일 필요가 있음
- 아울러 빗물 집수, 저류지 활용, 인공함양 확대 등을 통해 함양량 보전과 지하수 지속가능성 확보를 함께 고민해야 하며, 방재시설과 함양시설을 연계하는 접근도 적극적으로 검토할 필요가 있음

③ 조사·연구 및 모니터링 측면

- 이번 방문을 통해 확인한 바에 따르면, 라팔마는 현재 나타나고 있는 물 문제에 대한 대책과 대안 마련에 초점이 맞추어져 있는 반면, 제주도는 보다 체계적인 관리와 함께 예측 기반 대응까지 고려하고 있다는 점에서, 지하수 관리체계의 발전 정도는 제주가 상당히 앞서 있다고 판단됨
- 특히 실시간 모니터링, 해수침투 관측망, 정책 연계 연구, 조기경보 및 예측관리 측면에서는 제주가 국제적으로도 경쟁력 있는 수준에 있다고 생각됨
- 다만 라팔마는 오랜 기간 수평터널(갤러리) 굴착과 대구경 우물 개발이 이루어져 왔기 때문에, 지하 지질의 발달과정과 물 흐름에 대한 현장 정보가 축적되어 있다는 장점이 있음
- 즉, 물이 흐르는 통로와 “물그릇”에 대한 구조적 이해가 제주보다 더 풍부한 측면이 있으며, 이는 매우 인상적인 부분이었음
- 반면 제주는 상대적으로 소구경 관정 중심 개발이 이루어져 수직적인 지질 정보는 많지만, 수평적 연결성이나 구조적 연속성에 대한 이해는 아직 부족한 측면이 있음
- 특히 다이크와 같은 구조가 수리적 연결을 차단하거나 구획하는 문제는 제주에서도 충분히 중요할 수 있으므로, 앞으로는 화산섬 내부 구조와 지하수 흐름의 관계를 보다 체

계적으로 연구할 필요가 있다고 판단됨

- 또한 라팔마는 현재 물 사용과 수원 확보 문제에 집중하다 보니, 제주처럼 해안지역 지하수의 부존 특성, 양수에 따른 수질 변화, 담-염수 경계 거동에 대한 관측체계는 아직 충분히 갖추어지지 않은 것으로 보였음
- 이 부분은 라팔마가 의지를 가진다면, 제주도의 해수침투 관측망과 유사한 형태로 해안에서 상류로 이어지는 관측망을 설계하고 공동연구를 추진할 수 있는 분야라고 판단됨
- 지질 분야에서도 제주에는 약 3,000공 규모의 지질주상도 자료가 축적되어 있으므로, 향후 스페인 측의 경험과 해석 방법을 참고하여 지질구조의 기원과 형성과정을 반영한 공동연구를 추진할 필요가 있음
- 즉, 제주는 모니터링과 관리체계에서 강점이 있고, 라팔마·스페인측은 지질구조 해석과 현장 기반 이해에서 강점이 있으므로, 양측의 장점을 결합하는 접근이 가능할 것으로 보임.

④ 향후 협력 및 활용 측면

- 이번 출장은 스페인 및 카나리아 제도의 다양한 기관과 관계자를 직접 만날 수 있었던 자리였으며, 화산섬 지역이 공통적으로 겪고 있는 문제와 이에 대한 대응 필요성에 대해 상당한 공감대를 확인할 수 있었음
- 다만 지역별 물 이용 방식, 물에 대한 문화, 역사적 제도 배경이 다르기 때문에, 처음부터 모든 분야를 포괄하는 대규모 공동연구를 추진하기보다는 각 분야별로 작고 실질적인 프로젝트를 만드는 방식이 더 현실적이라고 판단됨
- 예를 들어 해수침투 모니터링, 지질모델 해석, 우물 염분 문제, 대체수자원 운영 등 공통 주제를 중심으로 단계적으로 협력을 확대하는 방식이 바람직해 보임
- 또한 이러한 협력이 실질적으로 추진되기 위해서는 기술적 필요성뿐 아니라, 제주지하수 연구센터와 제주도, 라팔마 카빌도와 섬 물위원회 등 관련 기관의 내부 의지와 행정적 지원이 함께 뒷받침되어야 함
- 결국 협력은 사람 간 공감만으로 이루어지는 것이 아니라, 기관 차원의 지속 의지가 있어야 구체화될 수 있음
- 한편, 향후 활용 가능한 방안으로는 제주물 세계포럼에서 라팔마와 제주의 공동 세션을 구성하는 방안도 검토해 볼 수 있음
- 이 경우 지질, 수량, 수질, 제도 등 각 분야의 사례를 공유하고, 그 과정에서 공동으로 해결할 수 있는 주제를 도출하여 소규모 프로젝트로 발전시켜 나가는 방식이 가능할 것으로 보임
- 다만 제주물 세계포럼은 제주지하수연구센터 단독 주관인 만큼, 실제 추진을 위해서는 제주도청과 제주개발공사 등 관련 기관의 협조가 필요할 것으로 판단됨

- 종합적으로, 이번 출장에서 확인한 협력 가능성은 단순 교류 차원을 넘어, 향후 화산섬 지하수 관리의 국제적 협력 모델로 발전할 수 있는 가능성을 보여주었으며, 이를 위해서는 공통 문제를 중심으로 한 단계적 접근이 필요하다고 생각됨

2. 특이사항

- 폭풍 등 기상 악화로 인해 당초 테네리페에서 예정되었던 세계 물의 날 행사(3.20.)가 취소되었으며, 이에 따라 테네리페에서는 기관 및 시설 현장 방문 중심으로 일정을 수행하였음
- 라팔마 담수화 시설은 방문 당시 공사가 진행 중인 상태로, 실제 시설 운영과 성능을 직접 확인하는 데에는 한계가 있었으며, 현장 담당자의 설명을 통해 큰 틀에서의 계획과 운영 방향을 파악하였음
- 전반적으로 이번 출장은 당초 계획과 일부 차이가 있었으나, 변경된 여건에 맞추어 현장 조사, 행사 발표, 면담 등을 중심으로 실질적인 결과를 확보한 것으로 판단됨
- 특히 이번 출장보고서는 현지에서 들은 기관 설명, 개인적인 현장 관찰, 안내판, 공식 홈페이지 및 관련 자료 등을 참고하여 내용을 정리하였으며, 일부 내용은 현장 설명에 의존한 부분이 있으므로 참고가 필요함

1. World Water Day 2026 행사 초청장 및 항공 예약(리팔마 섬 물위원회)



O.A. CONSEJO INSULAR DE AGUAS DE LA PALMA

WORLD WATER DAY 2026, LA PALMA

OFFICIAL INVITATION LETTER

Dear Dr. Chang-Seong Koh,
Dear Dr. Min-Chul Kim,
Dear Dr. Gi-Won Koh,

On behalf of the Organizing Committee of World Water Day 2026, to be held in La Palma (Canary Islands, Spain) next March 24th, it is our distinct honor to formally invite you to participate as distinguished speakers in this international event.

The central celebration will take place on the island of La Palma, within a broader technical and institutional program currently under final review. The finalized program will be officially forwarded to you as soon as it is confirmed.

Your respective contributions to the scientific program are scheduled as follows:

Dr. Chang-Seong Koh
Jeju Groundwater Research Center

Presentation title:
"Establishment and Application of a Real-Time Groundwater Monitoring System on Jeju Island, Korea"
Duration: 30 minutes
Presentation materials and delivery: English

Dr. Min-Chul Kim
Jeju Groundwater Research Center

Presentation title:
"Groundwater Investigation and Research Activities for Sustainable Groundwater
Management on Jeju Island, Korea"
Duration: 20 minutes
Presentation materials and delivery: English

Dr. Gi-Won Koh

Jeju GotJawal Trust

Presentation title:

"A Paradigm Shift in Groundwater Management: 35 Years of Governance under the Jeju Special Act, Korea"

Duration: 50 minutes
Presentation materials and delivery: English

The delegation's arrival is scheduled for March 19, 2026, via Tenerife Airport, with departure planned for March 26, 2026, from La Palma Airport.

Your participation represents a highly valuable contribution to the international exchange of knowledge and best practices in groundwater research, sustainable management, monitoring systems, and water governance. We are confident that your expertise and experience will greatly enrich the technical discussions and institutional dialogue of this forum.

This letter is issued for all appropriate legal and administrative purposes, including the processing of official overseas travel authorizations.

We sincerely appreciate your willingness to join us and look forward to welcoming you to the Canary Islands.

Yours faithfully



PEÑA GARCIA JAVIER
- 78541954J
2026.02.11 12:17:25 Z

Javier Peña García
Gerente
Consejo Insular de Aguas de La Palma
Cabildo Insular de La Palma
Avenida Marítima 34, C.P. 38700 Santa Cruz de La Palma
Isla de La Palma, Santa Cruz de Tenerife, España
Teléfono: 922 423100 Ext.2334 | Fax: 922 423323
Móvil: 659574847 / 696403835
Correo electrónico: javier.pgarcia@cablapalma.es
Web: <http://www.lapalmapaaguas.es>



CALLE ALVAREZ DE ABRU 33
SANTA CRUZ DE LA PALMA
VIAJES NIEVMAR
TELEFONO922415718 MOVIL 61957338
VIAJESNIEVMAR@HOTMAIL.ES

[illegible]

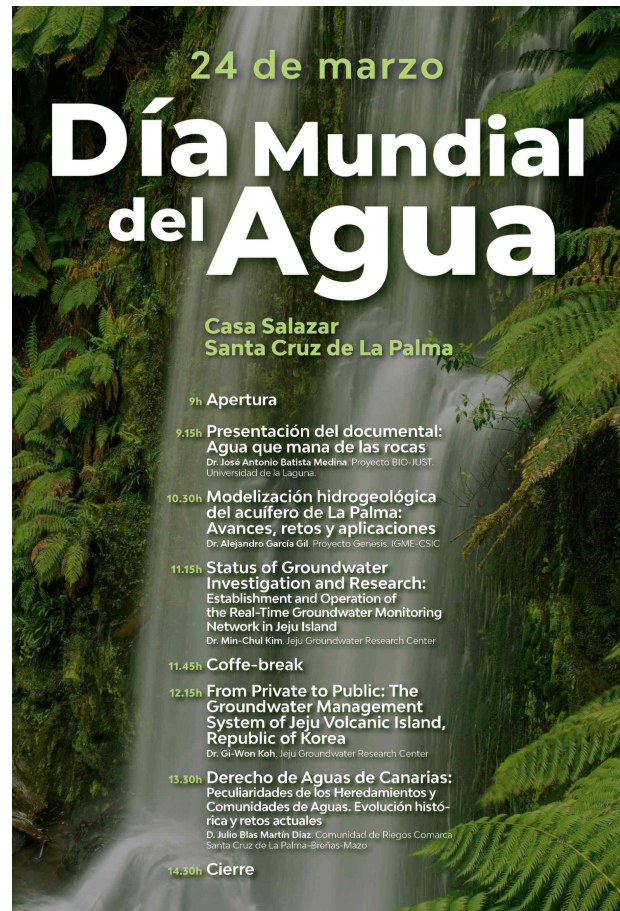
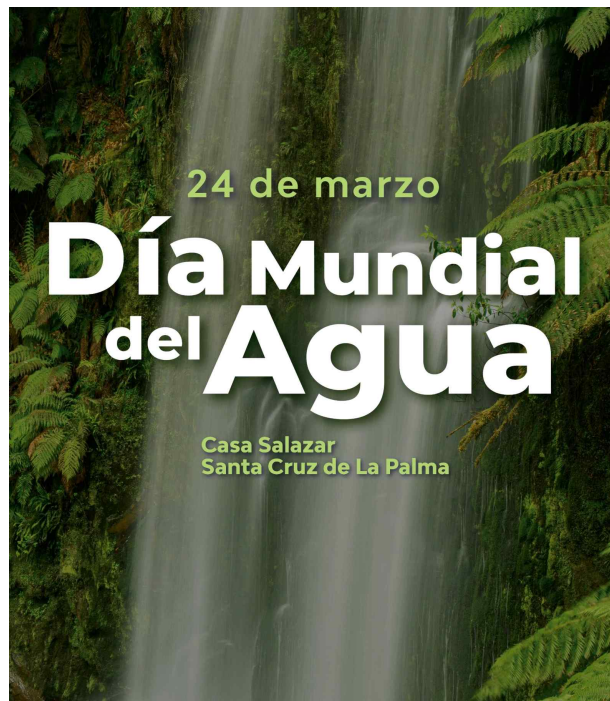
EL CALCULO MEDIO DE EMISIONES DE CO2 DURANTE EL VUELO ES 931.81 KG/PERSONA.
FUENTE: CON CALCULADORA DE EMISIONES DE CARBONO
<https://www.eco.ssf.fr/environmental-protection/CarbonOffset/Voages/default.asp>



CALLE ALVAREZ DE ABEU 33
SANTA CRUZ DE LA PALMA
VIAJES NIEVMAR
TELEFONO922415718 MOVIL 61957338
VIAJESNIEVMAR@HOTMAIL.ES

[illegible][illegible]

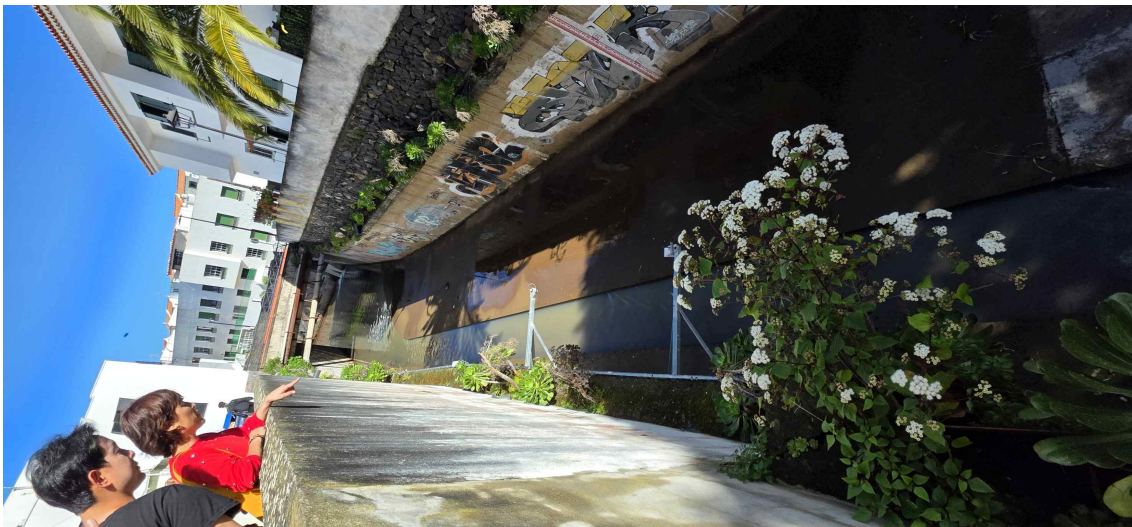
1. World Water Day 2026 행사 리플렛 및 발표(기념) 사진



2. 테네리페 및 라팔마 주요 시설 방문사진



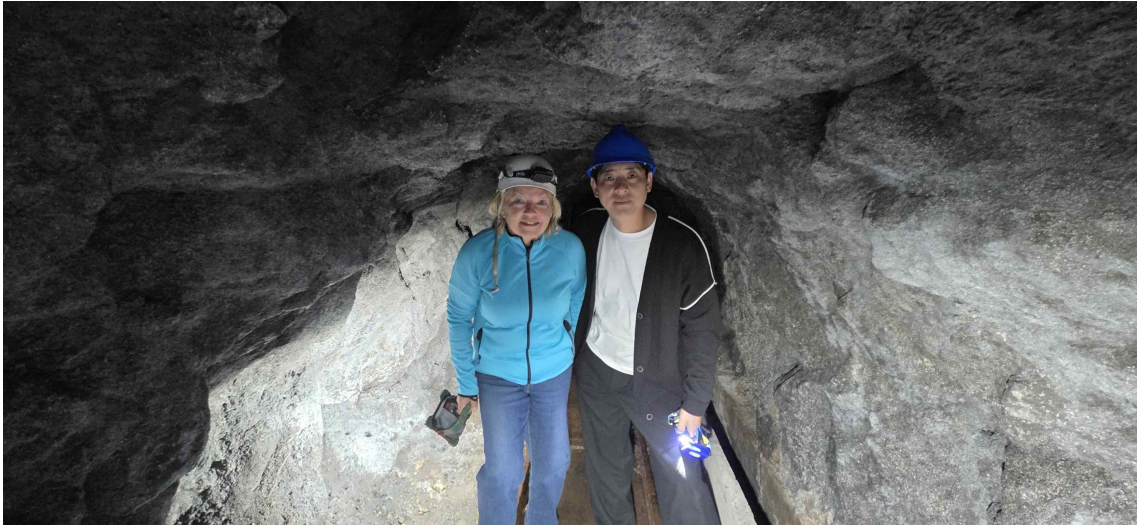
TEIDAGUA 방문 사진



라라구나 소하천 배수로 모니터링 시스템 현장 방문 사진



Barbuzano 생수 제조공장 방문 사진



Barbuzano 원수 수원지 방문 사진



천연 온천수(Fuente Santa) 현장 방문 사진



우물(Pozo) 현장 방문 사진

3. 라팔마 카빌도 방문 및 회의 사진



카빌도 부의장과의 사진



카빌도 의장과 미팅 사진



협력 방안 및 지역적 문제에 대한 논의 사진

4. 현지 행사 관련 공식 기사 및 온라인 게시자료

- 라팔마 카빌도 공식 기사

-<https://www.cabildodelapalma.es/es/el-cabildo-conmemora-el-dia-mundial-del-agua-con-una-jornada-centrada-en-la-gestion-de-los-recursos>

- 라팔마 섬 물위원회 공식 사이트 기사

-<https://lapalmaaguas.com/el-cabildo-conmemora-el-dia-mundial-del-agua-con-una-jornada-centrada-en-la-gestion-de-los-recursos-hidricos>

- 현지 언론 기사(El Faro de La Palma)

-<https://elfarodelapalma.es/expertos-internacionales-analizan-en-la-palma-como-asegurar-el-futuro-del-agua-en-terrenos-volcanicos>

- Javier Peña García LinkedIn 게시물

-https://es.linkedin.com/posts/javier-pe%C3%B1a-garc%C3%ADa-5b222161_d%C3%ADamundialdelagua-worldwaterday-lapalma-activity-7441755363877629952-lpKh

- Alejandro García-Gil LinkedIn 게시물

-https://es.linkedin.com/posts/alejandro-garc%C3%ADa-gil-05201851_lapalma-d%C3%ADamundialdelagua-lapalma-activity-7442661127437737984-rj9F

- Soraya Manjón Vega LinkedIn 게시물

-https://www.linkedin.com/posts/soraya-manj%C3%B3n-vega-41472b56_dae%C3%ADamundialdelagua-tenerife-canarias-activity-7441496168452243457-sP3P