

제주특별자치도-하와이주 공동워크숍 국외출장 결과 보고

I 출장 개요

출장목적

- 제주특별자치도-하와이주 간 2018년 MOU체결에 따른 공동워크숍 개최 참여
 - 제주특별자치도 물정책과, 제주연구원 제주지하수연구센터, 하와이주 수자원국
- 지하수 관리실태 및 현장 사례 조사
 - 하와이대학교 수자원연구센터
 - 하와이 수도국 (Board of Water Supply)

출장기간

- 2023년 12월 19일 ~ 2023년 12월 24일

출장국가

- 미국 하와이주(오아후 섬)

출장자

- 제주지하수연구센터(4명)
: 박원배 센터장, 이현아 전문연구위원, 강수경 전문연구위원, 이동엽 전문연구위원
- 제주특별자치도청 물정책과(5명)
: 강봉국 과장, 고선일 팀장, 고미영 주무관, 이준호 주무관, 김형우 주무관

□ 주요내용(일정)

| 일자 | 방문기관 | 주요 내용 |
|-------------|---|---|
| 2023.12.19. | <ul style="list-style-type: none"> • Waihee Tunnel - Arthur Aiu 안내 | <ul style="list-style-type: none"> • 수평터널을 활용한 수자원 공급 체계 및 기술 조사 |
| 2023.12.20. | <ul style="list-style-type: none"> • 하와이대학교 수자원연구센터 - 이종현 교수 | <ul style="list-style-type: none"> • 하와이 물 수지 분석 및 최근 주요 조사·연구 동향 공유 |
| 2023.12.21. | <ul style="list-style-type: none"> • 수자원관리위원회 | <ul style="list-style-type: none"> • 제주-하와이 공동워크숍 • 물관리 정책 및 조사 |
| 2023.12.22. | <ul style="list-style-type: none"> • 베올리아 - Fred Layi - Arthur Aiu | <ul style="list-style-type: none"> • 하수재처리시설 현장 답사 및 재처리수 활용안 조사 |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Kunia Well Field | <ul style="list-style-type: none"> • 상수원 시설 현장 답사 |

※ 일자는 하와이 기준으로 표기함.

II 출장 결과

1. Waihee Tunnel (와이헤 터널)

장 소

- 명칭: Waihee Tunnel
- 주소: BWS public Service Building, 630 St. Beretania St, Honolulu
- 관리기관 : Board of Water Supply (BWS)

면담 및 현장 안내 : Arthur Aiu (Board of Water Supply)

주요내용

- 와이헤 터널(Waihee Tunnel)은 하와이의 오후섬 주민 100만 명 중 약 5%인 5만 명 정도에게 물을 공급하는 수원임
- 터널의 길이는 457m로 수평형이며, Dike(암맥)을 수평으로 관통시켜 지하수를 자연유하 방식으로 공급함
 - 자연유하 방식은 전력이 부족한 상황에서도 지속적으로 물을 공급할 수 있는 장점이 있음
- 터널에서 생산되는 물의 양은 하루에 약 26,400 ~ 34,000m³/day 정도이나, 수자원관리위원회에서는 지하수의 보전·관리를 위해 하루 약 18,900m³/day으로 취수량을 제한하고 있음
- 와이헤 터널에서 공급되는 물은 수질 문제를 고려하여 정수처리 과정을 거친 후 제공되고 있음



a. 터널 입구



b. 현장 설명



c. 터널



d. 단체 사진

<그림 1> 와이헤 터널 사진

2. Hawaii Water Resources Research Center(하와이 수자원연구센터) 하와이 대학교

□ 장 소 : 2540 Dole St. Holmes Hall 283 Honolulu, HI 96822, USA
(Department of Civil Engineering)

□ 면 담 자 : 이종현 교수

□ 주요내용

- 미국은 50개주에 각 주마다 수자원연구센터를 두고 있으며, 전체 54개소의 연구센터가 설치되어 있음. 하와이에는 2개소의 센터(1개소는 samoa에 위치)가 있으며, 예산은 국가 지원 일부와 프로젝트 공모로 확보하여 조사·연구를 수행함
 - 하와이 수자원연구센터의 주요 연구는 물수지 분석, 지하수 모니터링 및 데이터 분석, 모델 개발 등을 수행함
- 하와이 오아후 지역은 지하수에 거의 의존하여 생활하며, 지하수 이용은 주로 생활용수, 산업용수가 차지함
 - 하와이의 경제는 군대, 관광이 차지하는 비율이 크며, 농업은 하와이주 전체 약 5% 미만으로 오아후섬과 떨어진 섬에서 이루어짐
 - 따라서 하와이에서 농업용수가 차지하는 비율은 매우 낮은 편임
- 최근 하와이는 군대 기름 유출과 마우이섬의 산불로 인한 지하수 오염 문제를 주시하고 있으며, 향후 이와 관련된 조사·연구가 이루어질 것으로 판단함
- 하와이도 개인하수처리시설로 인한 지하수 수질 오염 문제를 우려하고 있으며, 정책적으로 공공관리 방식으로 전환하는 추세임



a. 면담 사진



b. 단체 사진

<그림 2> 하와이대학 수자원연구센터 이종현 교수 면담

3. Commission on Water Resource Management (수자원 관리위원회) – 공동워크숍

- 장 소: Kalanimoku Building, 1151 Punchbowl St., Honolulu
(State of Hawaii Commission on Water Resource Management)
- 참 석 자: 20여명
 - 제주특별자치도 물정책과(5명)
 - 강봉국 과장, 고선일 팀장, 고미영 주무관, 이준호 주무관, 김형우 주무관
 - 제주연구원 제주지하수연구센터(4명)
 - 박원배 센터장, 이현아 전문연구위원, 강수경 전문연구위원, 이동엽 전문연구위원
 - 하와이 수자원관리위원회(10여명)
 - 위원장 Dawn N.S. Chang, 부위원장 Kaleo Manuel, Neal Fujii 등
- 하와이 물 관리 담당 체계
 - 수자원관리위원회, 농수산관리위원회, 보건부
 - 수자원관리위원회에서는 주로 지하수 보전·관리, 하천 보전·관리, 모니터링, 수자원 관리계획 등의 업무를 수행하고 있으며, 수질 관리는 보건부가 담당함. 농수산은 농업용수 확보 및 관리 관련 업무 수행
- 워크숍 발표 및 주요 내용
 1. 제주도 물 이용 현황 및 물관리 주요정책
(제주특별자치도 물정책과 수자원총괄팀장 고선일)
 2. 제주지하수연구센터 역할 및 주요 연구과제
(제주지하수연구센터 정책기획팀 전문연구위원 이동엽)
 3. 하와이주 수자원관리위원회 역할과 기능
(하와이주 수자원관리위원회 부위원장 Kaleo Manuel)
 4. 하와이주 지하수 이용현황 및 대체수자원 활용 정책
(하와이주 수자원관리위원회 물보전팀장 Neal Fujii)

□ 종합토론

- 해수담수화, 빗물 이용 등의 대체수자원 관련 정책이나 실제 이용률이 어떻게 되는가.
 - 하와이는 대체수자원 활용 방안에 대한 고민이 많으나 현실적인 해수담수화 등 비용 문제로 정책 수립이 어려움
 - 재이용수는 주로 골프장에 공급함
- 제주는 농업용수의 원활한 공급에 대한 논의가 활발한 편이다. 하와이는 농업용수 관련 정책이 어떠한가. 농업용수도 지하수를 100%로 이용하는가.
 - 현재 오아후섬의 농업용수량은 지하수의 약 4.5% 차지함(하와이는 식료품의 95% 수입). 농업용수는 대부분 지표수, 재이용수를 사용하는 편이나 그 양이 충분하지는 않음. 특히 기후변화 등 환경의 변화로 인한 강수량이 부족한 상황에서 더욱 큰 문제임
- 코로나 이후 하와이주 자체적으로 물을 공급하고 이용해야 한다는 의식이 커져서 지속이용가능한 물 보전·관리에 관심이 높아짐
 - 하와이는 지속가능한 물 이용을 위하여 시민들이 땅과 물의 어떤 것을 유념해야 하는지 시민 교육 및 인식 확산을 위한 노력을 벌이고 있음
- 하와이는 관정 승인 절차가 복잡하고 엄격한 편임. 디자인 등의 오염 물질 방지 등 중요시함
- 보건국은 산업용수, 농업용수 등이 바다로 유입되어 해양오염의 영향을 미칠 수 있다고 판단하여 수질 조사·연구를 수행하고 있음
- 제주는 최근 개인오수처리시설과 관련하여 도차원에서 적극적으로 지원하고 있음. 하와이도 산등성이에 주택이 많이 들어서 있는데 이와 관련된 어떤 정책들이 있는가

- 시에서 제공하는 하수처리시설과 연결되어 있으며, 개인하수처리시설은 많지 않은 편임
- 연방 정부는 2040년까지 법안으로 개인하수처리시설을 공공으로 전환하는 것으로 추진하고 있음
- 오아후 외 섬지역에서는 하천과 해안에 오물을 투척하는 등의 문제가 있어 오랜 시간 캠페인을 등 다각적인 노력을 통해 법안으로 시행할 수 있었음
- 하와이는 인공함양시설이 없으나, 2025년까지 인공함양과 관련된 계획 수립 예정임. 인공함양시설 지역과 물 공급지역을 선정하는 것이 관건임
 - 용수는 재활용을 권장하고 있지만, 실제 처리 비용과 인공함양시설의 비용이 비슷하여 추진이 쉽지 않음
- 하와이주는 정책적으로 농업용수, 조경수는 빗물 이용을 권장, 독려하고 있음
- 관정 설치 비용
 - 제주는 관정 시설 1기 기준 약 2억 투자 비용 발생, 하와이는 관정 설치 계획부터 영향평가 등의 환경조사 비용을 포함하면, 약 50~100억 정도 소요됨
- 향후 공동워크숍에는 반드시 하와이에서 수질을 담당하고 있는 보건국도 참여할 수 있도록 하겠음
- 양 기관은 향후 제주-하와이가 순차적으로 방문하여 공동워크숍을 개최하기로 함
 - 2024년에는 제주(제주개발공사)에서 개최하는 '세계물포럼'에 하와이 수자원관리위원회가 참석할 수 있도록 추진하기로 함



a. 제주특별자치도 물정책과 고선일 팀장



b. 제주지하수연구센터 이동엽 전문연구원



c. 하와이 수자원관리위원회



d. 하와이 수자원관리위원회



e. 종합토론



f. 단체사진

<그림 3> 제주-하와이 공동워크숍 사진

4. Honouliuli Water Recycling Facility (호노올리울리 하수 재이용 시설)

□ 장 소

- 명칭 : Honouliuli Water Recycling Facility
- 위치 : 91-1000 Ceiger Rd, Ewa Beach, HI96706, USA
- 관리기관 : Board of Water Supply(BWS), Veolia

□ 면 담 자 : Kathleen Elliott-Pahinui, Calvin Say, Fred Layi,
Catherine Soriano, Arthur Aiu

□ 주요내용

- 오아후 섬에서는 현재 9개(호노올리울리, 카후쿠, 카일루아 공항, 라이에, 파알라 카이, 샌드 아일랜드, 히아와, 와이아나에, 와이 마날로)의 하수재처리수 시설이 운영되고 있음
- 운영실태
 - 처리용량 : 45,400m³ (1200만 갤런)
 - 처리방법 : R-1과 RO의 2가지 수질등급의 물로 재처리
- 호노올리울리 하수처리장은 지금까지 1차 처리된 하수를 연안으로부터 약 2.7km 떨어진 연안에 방류해 왔으나, 1990년대 호노올리울리 처리장에 1일 45,400m³을 재처리할 수 있는 재이용 시설이 준공되었음
 - 하수처리에서 처리된 하수는 재처리시설에서 R-1과 RO의 2가지 수질등급의 물로 재처리되고 있으며, R-1은 골프장을 비롯한 농업용수로 이용하며, RO는 공업용으로 이용하고 있음



a. 하수재처리시설 공급 관로



b. 하수재처리시설 공급 구역 설명



c. 하수재처리시설 설명



d. 하수재처리시설 현장답사



e. 하수재처리수 통제실



f. 방문 단체 사진

<그림 4> 호노울리울리 하수재이용 시설 사진

5. Kunia Well Field (쿠니아 상수도 관정)

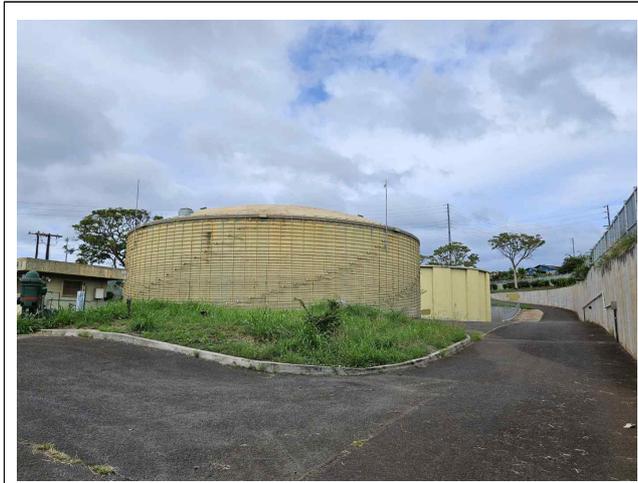
장 소

- 명칭 : Kunia Well Field
- 위치 : 253 Kunia Rd, Waipahu, HI 96797, USA
- 관리기관 : Board of Water Supply(BWS)

면 담 자 : Arthur Aiu

주요내용

- 쿠니아 상수원 시설에는 총 4공의 지하수 관정, 인근지역에 3개 공의 관정을 개발하여 하루에 450만갤런 (17,000m³/d)을 취수함
 - 취수 또는 정수된 물을 저장할 수 있는 3,000~4,000m³ 저장탱크 2기를 운영하고 있음
 - 취수한 지하수는 1만 8천여명이 사용할 수 있도록 쿠니아 지역에 공급하고 있음
- 쿠니아 상수원 시설 내 관정간 이격 거리는 25-30ft(7.6-9.1m), 심도는 약 700ft(213m)임
- 취수 및 정수된 물을 저장할 수 있도록 3,000~4,000m³ 수준의 물탱크 2기를 설치·운영하고 있음



a. 저장용 물탱크



b. 지하수 관정



c. 현장 설명



d. 활성탄

<그림 5> 쿠니아 상수도 관정 현장조사 사진

Ⅲ 시사점

- 하와이는 제주도와 같이 물의 수직 이동이 수월한 화산섬 지역으로 식수의 약 90%를 지하수에 의존하고 있을만큼 지하수의 중요성이 상당함
- 하지만 기후변화, 인구/관광객 증가 그리고 오염유발시설의 증가 등 지하수를 위협하는 요소가 꾸준히 증가하고 있음
- 이에 따라 하와이에서는 '기후변화와 물의 이용가능성', '지하수 및 지표수 모니터링', '물 관리 계획', '지역간 물 경쟁 심화에 대한 해결'을 중점과제로 수자원관리 계획을 실행하고 있음
- 코로나 이후로 하와이 내에서 자체적으로 물을 공급하고 이용해야 한다는 의식이 커져서 지속이용가능한 물 보전·관리에 대한 관심이 높아짐
 - 특히 지속가능한 물 이용을 위하여 시민 교육 및 인식 확산을 위한 노력을 기울이고 있음
- 또한, 하와이에서는 처리 비용 절감과 이용성 증대를 고려하여 하수를 2개 트랙으로 나누어 재처리하고 고도처리수는 공업시설에, 저도처리수는 골프장 및 농업시설에 공급하고 있음
- 현재 우리 제주도에서는 '통합물관리계획'을 수립하여 시행하고, 재이용수(재처리수)를 생산하고 있으나 재이용수의 이용 비율은 매우 낮은 수준임
- 재이용수를 골프장, 공업용(시멘트 공장) 시설에 공급하여 이용할 수 있도록 계획하고 있지만 농업용수 공급계획 부분에서는 다소 소극적인 것으로 나타남
- 도민과 농업종사자를 대상으로 하와이와 같은 사례를 홍보하여 장기적으로 재이용수를 적극적으로 활용할 수 있는 유도방안이 필요함