

## 제주도 지하수 심포지움 소개 (Groundwater Symposium in Cheju Island)

李 舜 鐸\*

### 1. 심포지움 배경

제주도는 화산도로서 생성과정에 있어서 지구 물리학적, 지하수 수문학적으로 특수성을 지니고 있어 국제적인 학술가치와 세계적인 관광지역으로서 국내외적으로 많은 관심을 가져왔다. 그러나 제주도가 화산도서이기 때문에 지금까지 제주시민의 생활용수를 비롯한 모든 수자원은 전적으로 지하수에 의존해 왔으며, 안정적인 용수공급을 위한 지하수 개발에 지대한 관심과 부단한 노력을 기울이고 있다.

그 동안 우리 제주도는 국내의 관광산업을 선도해 왔을 뿐만 아니라 국제적인 관광지역으로서 명성을 높여 왔다. 이제 활기찬 지방자치시대를 맞이하여 세계로 부터 몰려오는 관광객들에게 백록담 태고의 신비를 간직한 풍요로운 자연경관 속에서 양질의 제주지하수를 공급하고 늘어나는 용수수요에 적극적으로 대비해야 할 때라고 생각된다.

이러한 상황에서 벽천학술연구회와 국제수자원학회에서는 이 지역의 최대 현안문제인 제주도의 지하수와 관련하여 화산섬의 지하수특성, 제주화산섬에서의 지하수 유동 그리고 지하수 개발 및 보전 포럼을 개최하여 이 분야의 새로운 지식과 이해를 높이는데 크게 기여가 되도록 모임의 장을 마련하였다.

다사다망하신 가운데 옥고를 발표해 주신 발표자 여러분과 포럼에 참여해 주신 여러분께 심심한 감사를 드리며, 또한 지하수를 연구하는 전문가 모두가 이 지역의 지하수 현안문제에 슬기로운 지혜를 교환할 수 있는 계기가 되기를 기원하는 바이다.

### 2. 심포지움 개최지 및 참석자

- 일시 : 1996. 9. 7(토) 14 : 00
- 장소 : 제주시 호텔 로베로
- 참석자 : 이순탁(영남대 교수)  
Isamu Kayane(일본 Aichi대 교수)  
신구범(제주도 부지사)  
최무용(건국대 교수)  
강정효(제주도 수자원사업소장)  
김남형(제주대 교수)  
벽천학술연구회원  
제주도의회 의원  
제주도 건설 및 수자원 관계 공무원

### 3. 특별강연

- 주제 : 화산섬의 지하수 특성
- 발표자 : Isamu Kayane(일본 Aichi대 교수)

화산섬은 ① 호상열도 ② 심해 ③ 대륙붕에서 형

\* 嶺南大 教授

성된 3그룹으로 나눌 수 있다. 이들 세 그룹은 생성기원에 따라 지질구조를 전혀 달리한다. 그룹 ①에 속한 섬은 해구의 대륙측에서 형성되며, 대륙과 얼마간의 유사성을 갖고 있다. 화성물질은 안산암 용암, 화쇄암과 화산쇄설물이 대부분이다. 그룹 ②에 속한 섬은 해양성 섬이라고 하며 대륙에서 멀리 떨어진 주해분에서 생성된다. 화산폭발은 조산운동과 관련된 것으로 강력하지 않다. 화성물질은 현무암질 용암이며 화산암은 적다. 그룹 ③에 속한 섬은 연해의 대륙붕에서 생성된다. 화산폭발은 주단층을 따라 일어난다. 많은 원추형 기생화산이 주화산체에 존재한다. 화성물질은 현무암질 용암, 화산암과 안산암이다. 본 심포지움에서는 위 3가지 형의 전형적인 화산 즉, 그룹 ①에 속하는 인도네시아의 BALI섬, 그룹 ②에 속하는 하와이의 OAHU섬 그리고 그룹 ③에 속하는 한국의 제주도를 비교하여 설명하겠다.

이들 섬들은 아름다운 자연경관을 가진 세계적인 관광휴양지이다. 말할 필요도 없이 풍부한 수자원은 인간의 이용과 자연경관에 필수불가결하다. 화산섬의 하천유출은 많은 균열과 틈을 가진 화산암의 높은 투수성 때문에 매우 적다. 그러므로 지하수는 화산암의 주된 수자원이다. 위의 3섬의 지하수에 대한 연구는 집중적으로 이루어져 왔다. 동위체 수문학의 근래의 발달은 비록 섬의 물수지를 밝히는데 좀더 많은 과학적 연구가 필요하지만, 화산섬의 수문순환을 규명하는데 지대한 공헌을 하였다.

① BALI섬의 주된 삶의 수단은 관광보다는 농업이다. 본 섬에는 다른 특성을 가진 600여개의 많은 용출지점이 확인되었다. 눈은 남측으로 면한 화산사면과 계곡의 중앙부에 분포한다. 화산사면의 두꺼운 화산쇄설류층이 주대수층이다. 국제적으로 유명한 독특한 SUBAK은 BALI의 화산사면에 관계하기 위하여 개발된 시스템으로 깊은 계곡바닥의 물을 논으로 송수한다. SUBAK 시스템은 하상으로부터 물을 끌어들이는 취수시설, 수로와 터널과 같은 몇가지 시설들이 물리적으로 구성되어 있으며, BALI 힌두교에 근거한 농업-사회-종교조합에

의해 운용된다. BALI 섬의 물순환과 물이용의 관계를 본 심포지움에서 발표코자 한다.

② OAHU섬의 년강우량은 작은 섬인데도 700mm에서 6,000mm로 차이가 난다. 이와 같은 큰 차이는 탁월한 북동무역풍지역에 위치한 지리적 조건에 의하여 발생하는 산악효과 때문에 일어난다. 암석을 통과하여 침투하는 경우는 3가지 형의 지하수체에 집적된다. 즉, (1)화산재층, 용암류 사이에 존재하는 토층, 부정합층 또는 비교적 불투수성의 용암류 위에 주수로 존재하는 고표고 지하수체, (2)용암류를 관입한 불투수성암맥에 의하여 형성된 구역에 물이 모여 형성된 고표고 지하수체, (3)염수 위나 연안의 기저 지하수체이다. 암맥과 주수체를 뚫은 수평우물이 이 섬의 독특한 시설물이다.

③ 제주도의 지하수는 BALI섬과 OAHU섬의 중간적인 특성을 가지고 있다. 최근의 동위체연구는 본 섬 각 지역의 지하수 유동계를 규명하였다. 본 섬의 지하수위는 BALI섬과 OAHU섬에 비하여 비교적 평편하다. 그러므로 해안지역의 지하수는 과잉양수에 의한 염수침입을 받기 쉽다. 과학적 지식을 기초로 한 지하수 보존은 장애에도 지하수 사용을 계속하기 위하여 필수불가결하다.

#### 4. 주제발표

- 주제 : 제주화산섬에서의 지하수 유동
- 발표자 : 이 순 탁(영남대 교수)

본 연구는 제 3기말에 형성된 극히 복잡한 지질구조를 가진 연해성의 화산도인 제주도를 대상으로 하여 화산도전역의 지하수 함양, 유동, 유출의 현상을 구명하고 이로 부터 화산체의 지하수수지의 추정을 목적으로 하고 있다. 분석에 있어서 환경동위체(방사성 동위원소)인 안정동위체( $H^2$  및  $O^{18}$ ) 및 Tritium( $H^3$ ), 지하수수온 및 수질을 환경추적자로 하여 용출수 및 정호수와 지하수의 입력조건인 강수에 대하여 그 함유비 및 농도의 분석으로부터 제주도의 수환경, 특히 지하수유동기구를 해

## 특집 : 지하수의 개발과 보전 .....

명하였다.

이들 환경추적자들을 사용하여 용출수 및 정호수의 안정동위체비의 합성에 대하여 각각 다른 고도로 부티의 복수의 함양수의 혼합비를 계산하였으며, 수온분포에 대해서는 수문관측결과를 기초로 하여 경계조건을 설정하고 이류확산방정식을 사용하여 정상상태에 대한 수치해석을 시행하였다. 그리고 기존의 Tritium 자료를 해석하여 Convolution Integral 모델을 사용하여 지하수의 체류시간을 추정하였다.

지하수에 대한 수온, 수질, 안정동위체비 및 Tritium 농도의 4요소에 대하여 각각 독립적으로 해석하여 얻어진 결과는 상호 잘 일치하고 보완적임을 알 수 있었다.

### 5. 포 렘

- 사회자 : 배상근(계명대 교수, 좌장)
- 토론자 : 최무용(건국대 교수, 한국지하수학회 회장)  
강정효(제주도 수자원사업소장)  
고병련(제주전문대 교수)  
김남형(제주대 교수)

사회/배상근: 바쁘신 중에도 오늘의 포럼을 위해 참석해 주셔서 감사합니다. 근래 들어 지하수 개발에 대한 관심이 고조되면서 신문지상이나 매스컴에서 지하수의 개발에 따른 환경문제와 지하수 오염 등의 문제가 많이 대두되면서 국민들도 이제는 이러한 문제들에 대해 생소함을 느끼고 있지 않습니다. 잘 아시겠지만, 이러한 여러가지 문제점들 가운데 지하수개발에 따른 오염은 발생되면 그 회복에 대단히 많은 노력이 필요합니다. 그래서 예방을 하는 것이 대단히 중요합니다. 그래서 본 포럼을 통한 제주도민의 지하수에 대한 이해를 돕고, 제주 행정당국의 지하수 정책에 도움이 되었으면 하는 마음을 가지고 본 포럼을 시작할까 합니다.

수 년전인 걸로 압니다마는 일본의 연구기관과 공동으로 제주도 지하수 문제를 연구하셨고 현재 지하수학회의 회장으로 계신 최무용 교수님께서 지하

수 개발의 문제점들을 말씀해 주시겠습니다.

최무용: 이렇게 공기 좋고 물 좋은 제주도에 초청을 해 주시고 본 포럼에 참석하게 되어 영광되게 생각합니다. 몇 년전에 제주도 지하수에 관한 일반적인 문제점들을 조사해 본 경험이 있습니다. 이 자리엔 낮은 분들과 지하수에 많은 관심을 가지시고 그 동안 많은 자료를 축적하셔서 연구를 계속해 오신 분들도 계시는 걸로 알고 있습니다. 지하수 개발과 보전에 대해서 어떻게 해야 될 것이냐는 문제들을 논의한다는 것에 대해서 제주도 지하수를 조사하는데 참석했던 일원으로서 몇가지 말씀드릴까 합니다.

여러 교수님들을 비롯해 이순탁 교수님께서 많은 연구결과를 집성해서 발표하신 것을 잘 들었습니다. 제가 1972년도에 트리튬을 가지고 데이빗 및 장건리라는 분과 제주도의 지하수 문제에 관하여 연구를 한 적이 있습니다. 그 이후로도 많은 사람들이 단편적으로 지하수의 여러가지 특성들에 대해 논의를 하고 조사를 하였습니다. 오늘날, 제주도의 지하수는 사용량이 풍부하지만 반면에 오염 또한 이에 비례하여 증가되었다고 우려를 하는 시점에 와 있습니다. 결국 무분별한 지하수개발과 개발에 따른 오염방지 등을 고려하지 않았기 때문이며, 이러한 결과는 개발지역의 명확한 지하수 유동 해석이 이루어지지 않았기 때문이라 생각합니다. 그 동안 제주도의 지하수 유동해석에 대하여 많은 연구와 논의가 있었지만 오늘 주제발표를 하신 이순탁 교수님처럼 수년에 걸친 종합적인 관점에서 제주도 지하수 유동시스템을 명확하게 규명하는 예는 없었습니다.

결국, 이 시점에서 보면 지하수를 어떻게 개발하고 보존해야 할 것이냐에 대한 문제의 답이 나왔다고 할 수 있습니다. 물론 지하수를 개발해야 한다고 하는 것은 양적인 문제를 필요로 하는 것이고, 보존해야 된다고 하는 것은 그 양을 어떻게 조절해서 수요를 충족시키고, 미래에까지 늘 가질 수 있겠는가 하는 중요한 문제라고 볼 수 있습니다.

먼저, 지금까지 제주도에서는 지하수 개발량에 대해서 큰 문제가 되지 않았다고 할 수 있으나 앞

으로 관광개발이 더 되고 유동인구가 급격히 상승하며 제주도가 계획되고 있는 여러가지 측면에서 개발이 이루어 진다면 수요적인 측면에서 부족현상을 가져올 수도 있겠습니다. 그러나 이순탁 교수님께서 발표하신 논문의 결과를 인용하면 제주도 수자원의 양은 충분하나 그 이용개발에 있어서는 지금까지의 개발방법외에 다른 측면도 고려해야 함을 알 수 있습니다. 그래서 장기적 예측과 더불어 수요예측과 개발가능성에 대한 문제점들을 장기적으로 연구하고 예측을 해 문제점들을 해결하는 것이 가장 바람직하다고 볼 수 있겠는데 여러가지 수리·지질적 특성에 의해서 단기적인 순환, 또는 장기적인 순환을 알고 있지만 어떤 면을 가장 효율적으로 개발하는 것이 지하수의 수질을 덜 오염시키고 개발에 따른 수요량을 충족시킬 수 있겠는가 하는 문제들이라고 볼 수 있겠습니다. 그래서 그룹으로 분류된 있는 용출수 지역에 대해서 수질을 보존하고 관리한다면 앞으로의 제주도의 지하수는 별 문제가 없다고 생각할 수도 있겠습니다.

다음으로, 제주도의 낮은 지역 즉, 동쪽의 성산포를 비롯한 여러 지점에서는 염수의 침입이 광범위하게 퍼져 있습니다. 이러한 현상들은 지하수에 대한 수요의 극대화만을 피하고 지하수에 대한 보존과 관리를 소홀히 한 증거라고 볼 수 있으며 이러한 오염이 동쪽지역에만 국한되어 있겠는가 하는 것입니다. 과거에 음용수로 이용하던 용출수들이 많이 폐쇄 되고 점점 해안가에서 내륙으로 올라가는 추세에 있다는 것은 앞으로 개발의 증가에 따라 더욱 급속한 속도로 이루어질 것이라는 예측을 가능케 합니다. 마지막으로 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 제주도 지하수의 시스템속에 나와 있는 자료를 잘 살펴보면 한 가지 안전으로서 물장구형 시스템을 제안할 수 있겠습니다.

예를 들면, 항아리에 물바가지를 얹어 놓고 물장구를 치는 상태라고 말할 수 있는데, 바깥의 물이 많고 적음에 따라 바가지 속에 있는 물의 양이 변화를 받는 것입니다. 주변이 모두 바다인 화산섬에서는 섬 중앙부의 그릇속에 지하수가 존재하고 있는데 그릇속에 들어 있는 지하수가 상층부에서 침

투한 지하수량에 의해 하층부로 하강하는 순환과정속에서 어느 정도만큼 지하수가 충족되고 바깥에 존재하는 지하수량의 상태에 의해서 수위가 상승·하강하여 중앙부에 속하는 바가지 속의 지하수가 어떻게 변화를 받을 것이냐 하는 양적인 문제를 조절하지 않고서는 미래 사회에 있어서 제주도의 지하수개발 문제는 어려움이 있을 것입니다. 앞에서 언급한 양이라고 하는 것은 결과적으로 수질에도 관련이 있기 때문에 증산간 지역을 개발할 것인지 지금까지 개발되었던 용천지역만을 중점적으로 개발할 것인지 하는 문제들을 결정하는 정책적 배려가 필요하다고 보겠습니다.

물론 이런 것을 하기 위해서는 많은 경제적 도움, 재정적 투여가 필요하지만 이에 앞서 재정적 확보와 정책적 배려가 선행되어야 한다고 봅니다. 그러나 지하수의 순환에 대한 여러 문제점들을 명확히 파악하고 물장구형 시스템에 속하는 제주도의 지하수 시스템을 잘 병행한다면 양적·질적인 문제를 해결할 수 있으리라고 봅니다. 그래서 제주도 지하수의 보존과 개발에 대한 것은 물장구형 시스템속에서 양적·질적·수질적으로 잘 컨트롤된다면 미래 사회에 있어서 비록 수요량이 급증하더라도 충분히 문제점들을 해결할 수 있다고 보겠습니다. 이상으로 간단히 말씀드렸습니다.

**사회/배상근** : 네, 최무용 교수님께서 좋은 말씀을 해 주셨습니다. 먼저, 이순탁 교수님께서 발표하신 내용이 지하수 유동에 관한 문제여서 이에 따른 수자원 개발과 그 결과를 이용한다면 이미 지하수 수자원의 문제는 해결되었다고 말씀하셨습니다. 그리고 앞으로 해결되어야 될 문제는 양적·질적인 문제로서 수요량을 어떻게 충족시킬 것인가에 대하여 최교수님께서 독특하게 물장구형 시스템이라는 것을 인용하였으며, 이러한 시스템속의 지하수 보존·관리는 정책적 관계자의 소신이 많은 영향을 미친다고 말씀하셨습니다.

사실, 이 때까지 과거 제주도의 지하수 개발에 대한 연구가 일천하긴 했습니다마는 바람직한 연구는 궁극적으로 우리가 지하수를 개발 보존, 관리하는데 있어서 key point가 되는 연구가 지하수 유

## 특집 : 지하수의 개발과 보전 .....

동에 관한 연구입니다. 즉, 다시 말해서 어떤 지역에 얼마만한 강수가 침투되어서 어느 정도의 기간을 소요해서 어떤 경로를 따라 유동을 해서 어떤 지역에 얼마 후에 유출할 것인가 하는 양적, 정성적 및 정량적인 해석만 이뤄진다면 지하수 관리는 전혀 어려움이 없이 해결될 것이라 봅니다. 지금까지 지하수의 유동에 대한 연구는 전혀 없는 상태에서 제주도의 지하수관리가 이뤄지고 있는 실정으로서 개발에 따른 많은 문제를 내포하고 있는 현실이 아닌가 싶습니다. 다음으로 제주도 수자원의 행정 책임자로 계신 강정호 소장님께서 이자리에 나와 계십니다. 소장님의 말씀을 한번 들어보겠습니다.

**강정호** : 지하수 분야에 대해 전문적인 지식을 가지고 계신 여러 교수님들의 좋은 말씀을 들었습니다. 제가 실무자의 입장에서 지하수 관리에 대한 몇가지 의견을 이야기하면 제주도의 지하수에 대한 조사는 '70년도부터 시작이 되어 지금까지 수차례에 걸쳐 간헐적으로 그 부분적인 조사가 이뤄졌고 '90년대에 들어와서 종합적인 조사를 수자원공사에서 한 바 있습니다. 이렇게 조사 발표된 자료들을 지속적으로 농업진흥공사가 종합하고 보충적인 자료를 조사해서 정리한 바가 있습니다. 사실 행정관서에서는 여러 학자들이나 전문가들이 조사한 자료들을 인용해서 관리에 임하고 있는 실정입니다. 지금 시점에서 상당히 고민스럽게 보고 있는 것이 첫째, 지하수의 유동에 대해서 어떠한 방법으로 증명하고 둘째, 확실한 유동 방향과 그 함양되어 있는 지역의 분포상황들이 명확히 규명되어 졌으면 하는 것이 바램이며 이러한 문제점들이 해결된다면 앞으로 개발하고 이용, 관리하는데도 상당한 역할을 할 수 있다고 생각해 왔습니다. 그런데 오늘 이순탁 교수님 논문발표는 제주도 지하수관리의 이용에 상당한 도움이 될 수 있을것 같은 바램을 갖고 있습니다. 지금 현재 지하수 종합개발계획에 나와 있는 자료를 보면 제주도 전체를 4개 권역, 16개 수역으로 분류를 해서 그 수역마다 지하수함양량과 이용가능량들이 개괄적으로 산정이 되어 있습니다. 그 동안 지하수에 대해서 무분별하게 허가를 받지 않고 개발이 되어 왔지만 특별법을 제정하면서 우

리나라에서 최초로 지하수에 대한 허가제도를 도입하고 지하수에 대한 환경영향 조사제도를 도입해서 운영을 하고 있습니다. 현재까지는 제주도의 지하수에 대한 모든 것이 이론적으로나 실무적으로 현저 여건이라든지 부존상태에 대한 명확한 조사가 되지 않은 상황이기 때문에 영향조사나 허가과정에서 충분한 판단을 못하고 있는 것이 사실입니다. 현재 지하수개발량은 약 3천 3백여톤이 개발되어 개발량 자체로 보면 이용가능량에 거의 육박할 정도로 되어 있습니다. 실제 이용량은 현재 하루 25만톤 정도이며 실제 지하수 관정을 측정해서 이용되고 있는 양은 전체 개발량의 약 16% 정도밖에 이용이 되지 않고 있는 실정입니다. 그러나, 갈수와 같은 때에는 개발량의 상당한 양이 이용되어 질 수 있습니다. 계절적으로 볼 때에 지역 단위, 그 수역별로 매장량과 개발, 이용할 수 있는 양, 이것을 명확하게 구분하고 판단해서 앞으로 개발을 제한하고 이러한 것을 조정해 나가야 되지 않는냐 하는 생각을 갖고 있지만 정확한 판단을 하기에는 어려운 실정에 있습니다. 지금까지 여러가지 보고서를 보고 느낀 것은 대개 유동방향이 남부쪽과 북부쪽으로 많은 정상부분에서 함양된 물이 흐르고 있는 것으로 연구보고가 되고 있는데 사실 하천이 대부분 서귀포를 중심으로 해서 남부권이고, 북부권도 제주시를 중심으로 한 연변에 대해천이 거의 집중돼 있기 때문에 함양되는 양과 유출되는 양이 북부와 남부에 상당히 치중이 되어 있어서, 실제로 지하수로 함양되는 양이 북부와 남부에 많을 것이라는 것에 대해서는 항상 의문을 가지고 그 부분에 관심을 가져 보고서 등을 검토해 보고 있습니다.

그런데 오늘 연구발표과정에서 보면 기존에 조사된 자료보다 오히려 북부나 남부에 함양율이 더 높은 것으로 분석이 되어 이러한 부분에 대해서는 기존 자료와 이순탁 교수님이 발표한 부분에 대해서 충분한 비교, 검토를 해 볼 필요가 있지 않느냐 하는 생각을 가져 봅니다. 그리고 동부지역에서는 하천을 전혀 볼 수가 없으며, 거의 유출이 안 되고, 강우가 전량 지하에 함양되고 증·발산되는 양도 전량이 지하에 함양되어 있어 실제로 지하수를 개

발해서 이용하는 양은 거의 미미한 상태임에도 불구하고 이 지역에서는 계속적으로 염수침입현상이 나타나고 있습니다. 그러나 이것은 종전부터 용천수에서 염도가 함양되어서 용출되었던 그러한 것들에 대해 원인이 무엇인가에 대한 구체적인 증거가 아직도 되지 않은 상황이어서 이러한 부분에도 좀 관심을 가져야겠다는 생각을 가지고 있습니다. 그래서 지금 지하수 관리부분에 있어 무엇보다 중요하게 생각하고 있는지역은 중산간 200고지에서 부터 600고지 사이인 지하수 함양이 많은 곳입니다. 제주도의 지하수 보존, 관리를 위해서는 그 지역의 보호관리가 가장 중요한 지역적 여건을 가지고 있다는 차원에서 현재 20억원이라는 예산을 투입해 중산간 지역에 대한 지하수뿐만 아니라 전반적인 모든 상황에 대해 자연환경, 인문환경, 지하수에 관한 환경 또는 경관에 관한 것들을 종합적으로 조사하고, 그 조사된 데이터를 가지고 지하수 이용체제를 구축해 중산간 지역의 토지이용을 어떻게 할 것이냐에 대한 모든 계획을 수립하는 작업을 진행 중에 있습니다. 이 과정에서는 지하수에 대한 보전 관리계획과 앞으로 오염원을 어떻게 규제해 나가야 할 것이냐, 어떤 법을 적용하느냐, 어떠한 규제를 할 것이냐 하는 것들에 대한 계획을 지금 추진 중에 있습니다.

그래서 이러한 자료가 구축되면 앞으로 지하수 보존, 관리는 물론이고 환경영향 평가뿐만 아니라 토지이용계획을 수립하는데 좋은 자료가 되지 않을까 하는 생각을 갖고 있습니다, 이러한 것에 역점을 두어 광역상수도도 단행하여 대용량 집단개발방식에 의한 제주도 일원을 단일권으로 하는 관리체제로 상수도 시설을 개발하고 운영할 계획으로 사업을 추진 중에 있으며 이와 관련해 여 전량을 지하수에 의존하고 있는 하와이의 오아우섬과 일본의 구마모토시를 다녀온 적이 있습니다. 그 지역에서 지하수를 이용하는 것을 보면 일부 지역은 특수한 성분에 의한 오염이 되어 황성탄 처리를 하는 경우도 있지만 하와이의 경우 60% 정도는 염소소독 처리하고 40%는 원수 그 자체를 소독처리도 안한 상태로 공급할 수 있을 정도로 수자원 운영관리에

있어 상당한 수준에 있었습니다. 구마모토시인 경우도 지하수를 관정으로 개발한 경우는 여과처리 같은 것은 하지 않고 염소소독 처리만을 하여 공급하고 있는 그러한 사례들을 보았습니다. 지하수에서 탁수가 발생한다든지, 오염원이 발생하는 경우는 대개 지표부근에서 비료, 농약, 일반폐수에 의한 지표층의 오염된 물질이 관정으로 유입됨으로서 문제가 발생하는 것이기 때문에 대개는 자연수위가 있는 지점까지는 완전한 그라우팅을 해서 측면유입을 완전히 차단하고, 지하 심층부 지하수만을 취수하는 방향으로 즉, 전혀 모래나 탁수, 또는 기타성분에 의한 오염은 예방될 수 있도록 하였으며, 이러한 부분에 대해 앞으로 개발하는 과정에서는 충분한 검토와 반영을 해서 해나갈 계획입니다. 그러나 현재까지 지하수 관정이 개발된 사례를 보면 이러한 중간층, 대수층까지 취수시설이 제대로 시공이 되지 않은 상태여서 여러가지 오염이 발생하는 것으로 추정됩니다. 이런 문제점들에 대해서는 제주도내에서 직접 시험하고 구체적인 연구검토를 못하는 실정이라 단적으로 판단하기는 어렵지만 앞으로 관정시공부분에 관심을 가지고 완벽한 시공을 하도록 해야 할 것이라는 견해를 갖고 있습니다. 또 한가지는 3천 3백여공을 개발해 많은 양의 취수가 가능할 정도의 개발시설들이 이루어져 있지만 실제적으로 이용되고 있는 양은 기껏 25만톤 정도밖에 되지 않아 난개발형태로 남아 있는 실정입니다. 이러한 문제들을 해결하기 위해 가급적이면 소단위로 분산 개발되는 것을 제한하고, 지하수가 풍부한 곳에 대용량으로 개발해 공공용수로 공급하는 체제의 점진적 발전을 모색하고 있습니다. 최근에 와서 비료와 농약에 의한 오염이 심각한 것으로 여겨지고 있는 이때 비료라든가 농약의 적정량을 사용하도록 하는 계획과 계몽을 지속적으로 하고 가급적이면 이러한 악성농약에 의한 지하수 오염을 예방하는데 최선의 노력을 기울일 것이며, 현재 축산폐수에 의한 오염이 발생하는 것으로 염려되는 농장에 대해서는 집단 농장화를 추진하여, 전 축산폐수와 하수종말처리장을 2001년도까지는 도 전역에 대해서 완전, 완비하는 사업이 추진되고 있습니

**특집 : 지하수의 개발과 보전** .....

다. 이런 사업이 완료되면 어느 정도 지하수 보존, 관리에 기틀이 되지 않을까 하는 기대를 갖고 있습니다. 앞으로 많은 관심을 가지고 제주도의 지하수는 곧 도민의 생명수이고 자원이기 때문에 이것을 지키는데 최선을 다하도록 노력하겠습니다. 감사합니다.

**사회/배상근** : 감사합니다. 실무자의 입장에서 지하수에 대한 관련문제점들을 말씀하셨습니다. 다음 고병련 교수님께서 한 말씀해 주시겠습니까.

**고병련** : 장정호 소장님께서 여러가지 말씀을 해주셨습니다. 저는 지하수의 개발에 있어 정성적인 조건보다는 수자원 측면에서 제주도민이 이용할 수 있는 지하수의 정량적인 측면의 연구 개발이 우선 과제라 생각합니다. 그리고 제주도에서 '98년도에 물을 주제로 하는 '섬문화 축제'가 열리는 것에 대하여 의견을 말할까 합니다. 섬문화축제를 추진하는 제주도와 발리, 오키나와, 해남섬 및 하와이섬들이 자매결연을 맺고 동남아권 섬지역 관광토론을 결성해서 동남아권 섬지역의 관광을 어떻게 운영할 것이냐에 대해 여러가지 연구를 하고 의견을 교환하는 것을 추진하고 있는 것으로 알고 있습니다. 그래서 제주도 지하수를 보다 발전적이고 긍정적으로 관리하고 이용하려면 동남아섬 지역권의 관광토론과 같이 지하수 포럼을 통해 제주도만이 갖고 있는 지하수 특성을 정립해 나가는 것이 매우 중요한 것입니다. 감사합니다.

**사회/배상근** : 지하수를 현지에서 연구하는 학자답게 제주도 지하수가 당면한 문제에 대하여 견해를 말씀해 주셨습니다. 사실 지하수는 수자원입니다. 많은 관계자분들이 지하수와 지표수를 분리해 얘기를 하지만 지표수가 아닌 지하수는 존재하지 않으며, 모든 지하수는 지표수였고, 지표수 역시 하천에 직접 내리는 강수 이외에는 지하수였던 물입니다. 따라서 수자원관리 및 계획에는 반드시 수자원계획의 일환으로 지하수 계획이 포함되어야 함에도 현재 일부지역, 특정한 시·도에서는 지하수와 지표수가 전혀 관련이 없는 것처럼 지하수 관리와 지표수 관리를 분리하여 시행하고 있는 실정어서 제주도 지하수 관계자님들은 제주도 지하수

문제를 수자원적 측면에서 고려해 주시길 부탁드립니다.

다음은 수자원을 전공하셨고 제주대학교에 계시면서 제주도 수자원에 대해서 누구보다도 많은 연구를 하시는 김남형 교수님의 의견을 들어보겠습니다.

**김남형** : 안녕하십니까? 제주대학교에 근무하는 김남형입니다. 제가 말씀드릴 부분들은 세분 선생님들께서 말씀해 주셨기 때문에 저는 그 선생님들께서 언급하지 않은 부분들에 대해 잠깐 말씀드릴까 합니다. 특별히 제가 오늘 이순탁 교수님께 크게 감명을 받은 것은 제주도에 대해서 기상관서에서 조차 측정하지 않은 한라산 최고봉까지 강우량을 측정했다는 사실입니다. 얼마전 몇지점의 강우량자료가 필요하여 강우량을 측정했다는 일이 있는데 강우량 측정에 대해서 보고서마다 여러가지 틀린 점이 많았습니다. 그리고 어느 것이 정확한 것인지 판단을 내리지 못했는데 오늘 이교수님께서 정성적으로 판단을 해주셔서 고맙게 생각합니다. 제주도는 개발증가와 사람들의 문화생활 향상으로 인하여 앞으로 많은 물을 필요로 할 것입니다. 이에 따라 사람들은 중산간 지방으로 개발을 많이 하고 있는데 과거에는 자연함량이 한라산 꼭대기에서 해안선까지 함양을 이루었지만 현재는 그렇지 않다고 사료됩니다. 그래서 앞으로 인공함양문제도 고려해야 할 것으로 생각합니다. 제가 일본의 시다마현에 있을 때 거기서는 집집마다 우수를 받아서 사용하였습니다. 또한 모은 우수를 땅속에 저장하여 인공함양을 시키고 있었습니다. 그 시다마현은 거의 관동평야 지역인데 제주도도 향후 자연함양에만 의존할게 아니라 인공함양하는 방법을 연구하여 물부족 문제를 해결해야 할 것으로 사료됩니다. 또 하나는 물부족 현상이 일어나면 반드시 지반침하가 일어나는데 제주도에서는 지반침하에 대한 문제는 발생하지 않을 것으로 많은 관계자들은 취급하는데 저는 거기에 대한 전혀 반대의견을 갖고 있습니다.

지반은 구성되어 있는 것이 물분자, 흩분자 및 공기로 구성이 되어 있는데 물이 제외된다면 공기와 흩만으로 구성되어 자연이 침하가 이루어지게

됩니다. 그래서 제주도에 침하가 이루어지지 않는다고 주장하는 것은 억지주장이라고 생각합니다. 항상 공업발전이 상당히 심했을 때 지하수를 많이 사용했습니다. 대표적으로 지하수를 공업용수로 많이 사용한 나라가 일본입니다. 그 당시에 공업용수로 지하수를 많이 사용하여 일본에서는 지반침하가 상당히 일어났었습니다. 하물며, 제주도의 경우도 화산섬인데 우리가 과다하게 지하수를 사용할 경우 침하현상이 일어나지 않겠는가하는 생각을 가지고 있습니다. 그래서 앞으로는 인공함양과 최적양수량 문제에 동반하여 지반침하문제를 심도있게 논의했으면 하는 생각입니다. 이상입니다.

**사회/배상근** : 김남형 교수님께서서는 먼저 수자원을 전공한 분이로서 이교수님의 논문이 감명 깊었다는 말씀을 하셨고 시다마현에서는 인공함양으로써 지하수 보존에 대처하고 있어 제주도도 그런 방법을 도입해야 한다는 의견을 말씀하셨습니다. 그리고 현재 과잉양수를 하면 지반침하가 발생할 우려가 있으니 적정수량을 설정함으로써 지반침하를 방지하는 것이 어떻까하는 말씀을 하셨는데 사실 저도 동감입니다. 지하수 재해가 발생하는 원인을 크게 보면 지하수의 적정양수량을 지키지 않았기 때문이라 사료됩니다. 다시 말해서 적정양수량만 설정된다면 어떠한 재난없이 지하수를 풍부하게 이용할 수 있기 때문이죠. 그래서 적정양수량의 설정은 대단히 중요하다고 여겨집니다.

한정된 시간이 많이 초과 되었습니다. 여러분의 많은 의견이 있을 것으로 보지만 제한된 시간을 고려해서 한두분 정도의 질문을 받도록 하겠습니다. 소개하시고 말씀 해주시겠습니까?

**질문자** : 저는 농업진흥공사에서 약 27년간 근무하고 있는 진상원입니다. 오늘 발표하신 논문 및 보고자료 등에 상당한 의문이 있어 몇가지 질문을 하겠습니다. 첫번째 질문은 개발공사에서 “먹는 샘물” 속칭 생수라고 하는 공장을 건설하기 위해서 동부지역 4백50미터 고지에서 4백20미터 심도의 지하수를 개발하였습니다. 그 곳은 수심이 약 130십미터 정도가 되며 투수량 계수는 7천에 가깝습니다. 그렇다면 수심 130미터를 30미터로 줄인다

고 했을 때 그 공에서 취수할 수 있는 지하수량은 70만톤에 달하는데 실로 엄청난 규모의 지하수 흐름이라 생각됩니다. 그런 흐름을 유지할 수 있는 정도의 지하수 함량이 되려면 상당히 고지대에서부터 함양이 되어야 한다는 생각이 미쳐 이교수님께 그런 점을 이번 연구에 참고를 해 주셨으면 하는 바램이며 육지에서 양수실험관으로 상류나 하류에 관측공을 뚫어 지하수위실험을 할 때 보통 하류쪽에 수위강하가 더욱 많이 일어납니다. 그런데 제주도에서는 반대현상으로 상류쪽에서 수위의 하강현상이 더 많이 일어나 역삼각형적인 현상이 나타나고 있습니다. 그리고 지하수위를 일반적으로 Free Water-table로서 자연수위라고 명명하고 있습니다. 그런데 예를 들면 지하수위가 지표에서 20m하부에 형성되어서 Free Water-table이라면 20m를 굴착했을때 그 수위가 나타나야 하는데 실제로 40m~50m 뚫어야 20m의 지하수위가 형성되는 현상을 보이고 있습니다. 이러한 경우에도 그러한 수위를 Free Water-table로 명명할 수 있는지에 대해서 의견을 말씀해 주시면 감사하겠습니다.

**사회/배상근** : 지금 진상원씨의 질문에 대해서는 진행을 맡고 있는 본 사회지가 답변을 드리도록 하겠습니다. 먼저, 지하수 함양에 대한 말씀을 하시면서 먹는 샘물을 개발하는데 420m 심도에서 70만톤의 양수가 가능할 정도로 많은 지하수가 개발되기 위해서는 상층부에 지하수들이 많이 함양되어야 하지 않으나 말씀하셨습니다. 그러나 저는 전혀 의견을 달리합니다. 현재 개발하는 지하수의 유동은 상류에서 하류로 유동하는 것이 아니고 퍼텐셜이 높은 곳에서 낮은 곳으로 유동하는게 지하수입니다. 따라서 그게 상류든 하류든 전혀 관계가 없으며 함양지역의 투수량계수라든지 그외의 여러가지 상황들을 고려함으로써 명확한 원인을 알 수 있습니다. 그리고 지하수 양수시험을 하는데 상류에서 양수시험을 함으로서 지하수위가 낮아지는 것이 하류에서도 비례하여 낮아져야 되지 않느냐 하는 문제를 경험적으로 말씀하신것 같습니다. 이론적으로는 다릅니다. 앞에서 언급하였지만 지하수



## 특집 : 지하수의 개발과 보전 .....

유동이라는 것은 어떤 대수층이 있을때 주 대수층 상류지역의 투수성에 영향을 많이 받으며 특히, 상류와 하류지역에 투수성이 다른 지층이 존재한다면 양수로 인한 지하수수위나 유동의 패턴도 달라질 수 밖에 없다고 여겨집니다.

마지막으로, 자연수위에 대한 말씀을 하셨는데 자연수위의 개념을 분명히 할 필요가 있습니다. 자연수위는 우물을 굴착했을 때 나타나는 수위가 아니며 퍼텐셜이 0이 되는 지점을 연결한 수면이 자연수면이 되고 그 수위가 자연수위가 됩니다.

네, 장시간 감사합니다. 오늘 이시간은 날로 심

각해져 가고 있는 지하수에 관한 전반적인 문제, 그 중에서도 제주도의 지하수 유동, 수질 및 적정 양수량에 대한 현황과 전망 그리고 대책을 논의 하였습니다. 이렇게 귀한 시간을 내 주신 여러분께 감사드리며, 이 자리를 마련해 주신 관계자분들께 진심으로 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

제주도 지하수 심포지움 발표논문 요약집,  
벽천학술 연구회·국제 수자원학회 주최, 1996. 9. 7 ☞