

## <21C 프런티어 - 수자원 확보 기술개발>

# 첨단 물관리기술로 '제2 소양댐'

글\_ 장재열 한국과학기술자협회 미디어센터장 kpb11@hanmail.net

이제 물을 물처럼 헤프게 쓰는 시대는 끝났다. 우리 나라는 현 상태라면 2006년에는 6억<sup>m</sup>, 2011년에는 18억<sup>m</sup>의 물이 부족할 것으로 예상되고 있다. 그러나 수자원을 확보하는 대표적인 방안인 댐 건설은 주민들의 민원과 자연 생태계 파괴 등으로 점점 힘들어지는 형편이다.

21세기 프런티어 연구개발사업의 '수자원의 지속적 확보기술 개발사업단' (단장 김 승)은 다양한 기술개발로 2011년까지 30억<sup>m</sup>의 수자원을 추가 확보해 물 부족문제를 해결하기 위해 나섰다. 이 정도의 양이면 소양강 댐 하나를 건설하는 것과 비슷하다 (소양강 댐의 저수량은 29억<sup>m</sup>).

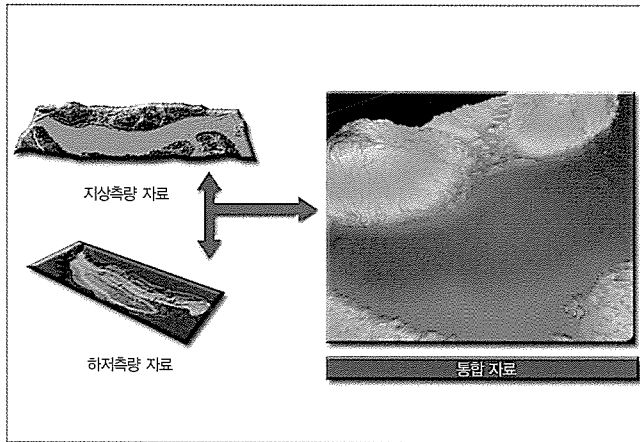
“사업단의 연구과제는 첨단기술이라기보다는 국민의 삶의 질 향상을 위해 꼭 필요한 공공기술입니다. 따라서 개발된 기술이 실제 현장에서 확실히 적용될 때 정말 의미가 있을 것 입니다.” 김 승 사업단장은 아직 우리는 물 수급의 불안을 인식하지 못하고 외국에 비해 관련기술도 크게 뒤떨어진다고 토로한다.

이런 상황을 극복하기 위해 사업단은 크게 4개 분야를 3단계로 나눠 2011년까지 연구개발을 진행시킬 방침이다. 4개 분야는 ▲통합수자원 관리기술 ▲지표수 확보기술 ▲지하수 확보기술 ▲대체수자원 확보기술이다. 각 분야에는 세부 4~6개의 세부과제가 있어 총 1천여 명의 연구자들이 참여하고 있다.

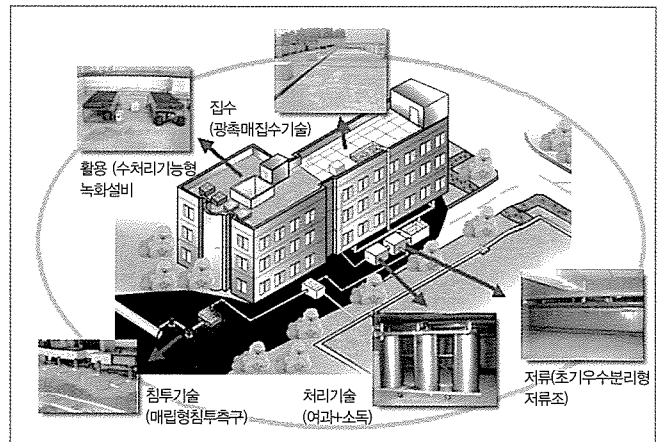
### 실시간 물관리 네트워크 구축

수자원 통합관리는 실시간으로 시간·공간적 수자원정보를 받아 대처하기 위한 것이다. 따라서 예측과 모니터링, 기상예보 활용 등이 중요하게 연구되고 있다. 이 중 수문(水文)계측시스템 개발은 ▲강우 ▲수위 ▲토양수분 ▲증·발산 ▲유량 ▲수질 등의 정보를 실시간으로 모니터링하여 이를 유·무선으로 수신해 종합정보를 파악한다. 디지털지형정보를 활용한 수자원의 시간적 모델도 구축중이다. 이는 지리정보시스템(GIS)과 연계된 수자원 종합정보망을 꾸미는 것이다. 이에 따라 어느 지역의 강수량과 지형적 특성을 활용하면 댐의 적정 수위, 유역별 영향을 예측할 수 있다.

한국수자원공사 고익환 수자원연구소장이 맡은 '실시간 물관리 운영시스템'은 물의 수요와 공급, 수질예측을 실시간으로 수행해 물을 체계적으로 활용토록 한다. 물관리 운영시스템은 댐과 저수지의 상태, 하천의 유량, 수질예측 등의 정보를 받아 대책과 지시를 내린다. 수질예측 모형을 개발해 오염사고나 하천상태에 따른 최적의 물관리도 가능하다. 이렇게 되면 시시각각 변하는 수자원에 대한 빠른 대응이 가능해진다. 전국적인 물 네트워크가 이루어져 저수지의 관리, 댐 운영 등의 효율화를 기대할 수 있는 셈이다. 이미 연구팀은 세계 최소형의 강우 측정 장비를 개발하



지상과 하상의 측정 자료를 가지고 구성된 하천 및 댐 유역모델



건물 옥상과 지하에 설치된 빗물 집수 및 활용시설의 개념도

고 데이터를 휴대폰 통신망을 통해 받고 있다. 현재 국내에 설치된 수문계측시스템의 90% 이상이 외제여서 이를 경제적으로 대체하는 효과도 기대된다.

### 마른 하천에 생명을 불어 넣는다

물관리가 어려워 홍수와 가뭄이 반복되고 있다. 우리나라의 연평균 강우량은 약 1천283mm로 이 중 545mm 정도는 증·발산된다. 이를 전국으로 계산하면 수자원 총량은 약 1천276억 $m^3$ 이며 증·발산을 제외하면 700억 $m^3$ 가 지표수가 된다. 이 중 300억 $m^3$ 가 이용되고 나머지는 바다로 들어간다. 증·발산을 포함한 총량의 24%만이 활용되는 셈이다. 700억 $m^3$ 를 인구수로 나누면 연간 1인당 이용 가능 수량이 1천368 $m^3$ 쯤 된다고 김 사업단장은 밝힌다.

이같은 양은 UN에 의해 물부족 국가로 지정되게 했다. UN은 물부족 현상을 겪을 가능성이 있는 국가로 연간 가용량 1천700 $m^3$  이하의 나라를 기준 삼았다. 그러나 이 수치는 단순히 인구수에 비해 평가한 것으로 정확히 현상을 반영하고 있지는 않다. 인구수의 증가에 따라 물부족의 가능성을 보여주는 것 뿐이다. 수자원관리와 개발에 따라 물 부족 여부는 달라지게 된다.

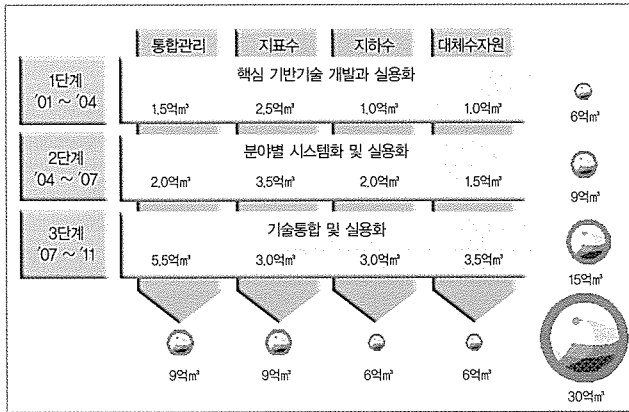
사업단은 지표수 확보기술로 목표 30억 $m^3$  중 9억 $m^3$ 의 물을 추가 확보할 계획이다. 따라서 지표수의 효율적 관리는 수자원 확보의 우선과제다. 지표수 확보의 주요 방법은 하천과 댐 개발.

하천의 흐름 및 하상의 변동을 해석하여 하천개발 및 관리에 응용할 경우 홍수·가뭄·환경오염 등에 빠른 대처도 가능하며 수자원도 확보할 수 있다. 강수에 대비하여 적절한 수심을 갖추도록 수량을 유지하고 하천 오염에 대한 예보와 경보를 한다. 연

구팀은 이런 작업이 가능토록 하천의 흐름과 변화에 대한 해석 기술을 개발했다. 실제 하천에서 물이 어떻게 흐르며 하상의 변화는 어떠한지를 예측하는 것이다. 이를 위해 전국 주요 강과 그 유역의 지형과 물의 흐름을 파악해 이를 수리학적으로 보여주는 모델을 개발중이다. 이 기술이 개발되면 대부분 외국의 해석기술에 의존하고 있는 국내 학계에 새 바람을 불어넣어줄 것이다.

고려대학교 윤용남 교수가 연구 책임자인 '지속 가능한 댐개발 기술'은 국내에 적합한 새로운 개념의 댐을 건설하거나 기존의 댐을 개선하는 것이다. 이제 댐은 단순히 물을 가두는 것이 아니라 지역사회의 요구와 환경보호에 대응해야 하므로 환경친화적으로 건설되어야 한다. 한 예로 댐의 상하류를 연결하는 생태 어도(魚道) 등의 검토가 필요한 것이다.

최근 그 현상이 심화되고 있는 물 없는 하천(건천)에 대한 대책도 주요 연구과제다. 하천이 마르면 생태계가 파괴되고 하천의 자정 능력이 사라진다. 사업단은 주요 하천의 건천화 원인과 현황을 조사해 그 대책을 찾고 있다. 현재 하천은 도시화와 용수의 증가로 갈수기에는 물이 없는 경우가 많다. 또한 지하수의 과다 사용으로 하천의 물이 빠져 나간다. 사업단은 하천이 마르지 않도록 하는 기술을 개발하는 한편 하천 보호를 위한 법 마련과 제도개선 방안을 마련키로 했다. 건천화 방지에는 각 하천에 적합한 수중보 설치, 유수지 확보, 하천 인근의 저류공간 활용 등이 제안되고 있다. 또한 하수처리수 이용, 하천의 개·보수 기술도 개발되고 있다. 이밖에 지하에 인공적으로 물을 투입시켜 하천의 물을 유지하는 방법도 있다. 하천에 조성되는 유수지는 장마철 홍수를 막는 역할도 한다. 하천이 살아나면 생태계의 회복 및 건전한 물순환이 이루어진다.



연구기간 및 연구 분야별 수자원 확보 목표도

### 지하수 오염은 막고 산출은 늘린다

지하수는 물의 순환과정에서 중요한 기능을 한다. 그러나 최근 지하수의 이용이 급증하면서 그 균형이 무너지는 상황이 나타나고 있다. 지하수의 오염도 심각한 문제다. 지하수는 한번 오염되면 완전한 회복에 수백년이 걸리기도 한다. 사업단은 지질특성별 지하수를 진단, 평가하고 그 순환 유동 시스템을 밝혀 지하수를 지속적으로 활용하는 방안을 찾고 있다. 환경동위원소와 미량원소를 사용하여 지하수 함양 모델을 개발해 지하수 함양량을 산정한다. 또한 지하수의 흐름 및 체류시간 등을 알아내 지하수의 연령을 밝힌다. 이런 기술은 국내 지질 환경에 맞는 유동모델을 개발해 지하수 개발에 도움을 주게 된다. 연구팀은 제주도 지역을 대상으로 지하수 함양량 및 순환 모델을 만들고 있다.

‘지속가능한 지하수 개발’은 지하수를 되살리는 연구다. 남은 지표수를 지하에 침투시켜 지하수 고갈로 나타나는 지반 침하 등의 문제를 해결하고 갈수기에는 이를 다시 활용하여 물 부족에 대응하는 것이다. 지하수댐은 지하수가 지표나 바다로 빠져나가는 것을 막는 것으로 연구팀은 전국의 알맞은 지역 후보지를 탐색하고 있다. 해변 가까이의 지하수댐은 해수의 침투를 막는 역할도 한다. 또한 방지된 지하수 관정의 재생과 생산성이 낮은 관정의 물 산출능력을 증대하는 연구도 진행중이다. 우물의 효율성을 높이고 내구연수를 늘려 식수를 확보하도록 지원한다. 우물의 막힘을 제거하는 장비와 기술을 개발해 국민들에게 지하수 공급을 확대하는 것이다. 지하수 오염예방 및 저감기술은 지하수의 활용을 증대시키고 오염을 최소화한다. 연구팀은 우선 지하수가 어떤 과정을 거쳐 오염되는가를 밝혀 그 상태를 진단하고 있다. 현재 지하수 오염물질은 농어촌의 농약·비료 등에 의한 질산염, 도시산업지역의 유기용제나 중금속, 폐광지역의 산성수, 석유화

학단지의 유화원료물질로 나타나고 있다. 오염물질의 유형에 따라 저감기술은 달라진다. 폐광지역의 오염을 화학적 방법으로 제거하거나 지하수에 물을 침투시켜 정화할 수도 있다.

### 하수 재처리로 농업용수 활용

대체 수자원은 용수 재이용 및 누수방지, 고효율 담수화 등과 연관된다. 용수 재이용은 하수처리장에서 나온 방류수를 재활용할 수 있게 공정을 개발하는 것이다. 현재 실험실 규모의 장비를 설치하고 생물분해, 분리여과, 토양 대수층 여과 등의 연구가 계속되고 있다. 하수 발생량의 5%만 재활용해도 2010년까지 3억 m³의 추가 용수를 확보할 수 있다. 자연상태에서 잘 분해되지 않는 유기오염물질의 산화기술을 개발하여 인체에 유해성 여부를 평가하는 모니터링 기술도 개발중이다. 제주도 하수처리장에서 실험한 결과 분리막을 이용해 유기물 농도를 1.0ppm 이하로 떨어뜨려 음용수 수준의 수질을 확보해 농업용수로의 사용 가능성이 확인됐다. 사업단은 이 용수로 벼 등 작물을 재배해 식물 생장 및 안전성을 확인하는 작업을 하고 있다. 사업단은 이렇게 처리된 용수를 하천유지 용수로 활용하는 방안도 추진하고 있다. 마른 하천에 재처리수를 흘려보내 하천 기능의 회복과 생태계 복원을 실현하는 것이다.

현재 경기 안양천을 시험지구로 삼아 재처리수의 활용이 시행되고 있다. 구자용 서울시립대 교수팀은 ‘누수방지 및 저감기술’을 개발해 특허를 출원했다. 이 기술은 파이프에 구리선을 감아 누수에 의한 미세한 전파변화를 탐지해 그 위치를 찾아내는 것이다. 비용은 전체 생산비의 2%밖에 추가되지 않아 실용성이 높은 것으로 평가받고 있다. 상수도물의 15%는 누수로 사라지고 있으나 정확한 위치를 찾지 못해 애를 먹어왔다. 또한 수도관의 부식 방지 설계, 배관의 노후도 평가 기술 등도 상수도의 손실을 낮춰준다. 건물 옥상, 도로 등 도시에 내리는 빗물을 모아 이를 활용하는 방안도 있다. 도시는 건물과 포장 등으로 빗물의 침투가 어려워 집중 호우시 큰 홍수피해를 보고 있다. 이 우수를 모아 정화시켜 재활용하거나 하수에 침투시켜 지하수를 풍부하게 만들자는 것이다. 연구팀은 건물 옥상에 우수 집배 시설을 갖추고 이를 침투공을 통해 흘려보내는 실험을 계속하고 있다.

수자원 확보를 위해 개발된 기술이 효과를 보려면 현장에서 적용되어야 한다. 사업단은 자치단체 등이 실제 사업에 활용토록 연구실 밖의 기술지원에 주력하고 있다. **ST**