

물 분야 국가기술지도(수질 및 수자원 관리기술) 작성

○ 김승, 박남식, 박대원, 배덕효, 심규철, 오재일, 오현재, 故 이대하, 이병국, 이보영, 전희동, 한건연

서 언

현재 지구촌은 경쟁우위 확보를 위한 '과학기술 경쟁'이 치열하게 전개되고 있다. 이러한, 국제적 상황을 중장기적인 안목을 가지고 우리의 입장에서 '국가비전과 Needs'를 도출하여 한정된 국내 연구개발자원의 효과적 사용을 위한 '선택과 집중'의 원칙 하에서 조국의 미래발전에 꼭 필요한 기술들을 선정, 슬기롭게 극복할 필요가 있다. 이에 정부는 범부처 차원의 전략적 기술개발을 위한 청사진 역할을 할 수 있는 국가기술지도를 마련키로 하고, 과학기술부가 중심이 되어 2002년 3월부터 국가기술지도 기획단 및 실무위원회를 구성하고 1000여명의 산·학·연·관 전문가들을 참여시켜 국가기술지도를 작성하여 2002년 11월 28일 제11차 국가과학기술위원회에서 국가차원의 과학기술 미래발전방향과 전략을 제시하는 밑그림으로 확정하였다(과학기술부/한국과학기술기획평가원, 2002). 이는 10년 후인 2012년에 1인당 GDP 3만 달러 및 국가종합경쟁력 세계10위를 지향하는 5대 비전을 담고 있다: 1) 정보-지식-지능화 사회구현, 2) 건강한 생명사회 지향, 3) 환경/에너지 프론티어 진흥, 4) 기반주력산업 가치창출, 5)국가안전 및 위상제고. 이 비전을 구현하기 위한 49개의 전략제품·기능과 이것들을 개발하기 위한 99개의 핵심기술을 제시하고 있다.

'수질 및 수자원 관리기술'은 '환경/에너지 프론티어 진흥' 비전을 구현하기 위한 핵심기술로서 통합물관리에 역점을 두고 작성되었다. 이 핵심기술은 다양한 물공급원(지표수, 지하수, 대체수자원)을 통합하여 관리함으로써 맑은 물을 안정적으로 공급하는 기술, 사용된 물을 경제적으로 깨끗하게 처리하여 쾌적한 물환경을 조성하는 기술, 물의 공급과 이용 및 처리 등 물순환을 유역별로 통합관리함으로써 물이용의 경제적 효율성을 높이는 기술, 지역 간 물분쟁과 사회적 갈등을 최소화하며 미래 세대에게 수자원 개발과 이용의 기회를 지속적으로 제공하기 위한 기술, 극심한 가뭄 시 물공급 실패로 인한 경제 사회적 혼란과 물환경 파괴를 예방하기 위한 기술 등 여러 가지 의미를 내포하고 있다.

1. 기술동향 및 전망

1987년 세계환경개발위원회(World Commission on Environmental and Development)가 'Our Common Future' 보고서를 통하여 제안한 '지속가능한 발전'이라는 개념이 1992년 브라질 리오 데 자네이로에서 개최된 유엔환경개발회의에서 '리오선언'과 세부실천계획인 '의제21'로서 채택되었다. 의제21의 18장은 담수자원의 수질과 공급의 보호에 대한 것으로서 수자원의 개발, 관리, 이용을 위한 통합적인 접근의 적용을 제안하였다. 유엔은 의제21에서 논의된 작업계획들을 효과적으로 점검·평가하기 위해 1992년 12월 유엔지속가능발전위원회를 설치하고 운영중이다.

지속가능한 수자원 개발과 관리를 위하여 물이 순환형 자원인 것을 인식하고, 물이 갖는 다면적인 기능이 손상되지 않도록 인간의 여러 가지 활동과 물순환계와의 조화를 고려하여 물질을 포함한 순환체계의 복원을 추구하고 있다. 최근, 국제사회는 지속가능한 물관리의 추진방법을 '수량과 수질의 통합', '지표수와 지하수의 통합', '현세대와 차세대의 통합' 및 '지역을 수계로의 통합' 등 통합적인 접근으로 제시됨에 따라 통합수자원관리(Integrated Water Resources Management)에 대한 국제적 관심이 집중되고 있다.

수자원의 지속적 확보기술개발 사업단, 동아대학교, 한국과학기술원, 세종대학교, 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단, 중앙대학교, 한국건설기술연구원, 전 지질자원연구원, 한국환경정책평가연구원, 한국환경기술진흥원, 포항산업과학연구원, 경북대학교

우리나라는 2011년까지 물부족을 해소하기 위하여 매년 약 22억 m^3 (요금현실화로 3.7억 m^3 , 노후관개량으로 4.9억 m^3 , 중수도 및 재이용으로 0.9억 m^3 , 절수기기이용으로 3.0억 m^3 , 농업용수 수로의 구조물화로 8억 m^3 , 자동물관리시스템으로 1.8억 m^3)의 물을 절감하도록 계획되어 있어 물관리시장의 성장잠재력은 매우 크다고 할 수 있다. 하지만, 계획된 절감목표를 달성한다고 해도 2011년에는 매년 18억 m^3 의 물부족이 예상되므로 물값이 인상될 것이며 이에 따라 물관리시장은 기하급수적으로 활성화될 것으로 전망된다. 한편, 먹는 물 관련 산업의 세계시장은 정수기술분야가 현재 15조원이고, 2010년 175조원으로 예상되며, 배·급수관망관리기술의 시장규모는 1996년 현재 13조원이고, 2006년 130조원으로 추정되고 있다. 미국은 물재이용 분야에서 가장 큰 시장으로 90년에는 폐수 발생량의 2.6% 정도를 재이용하였으나 매년 빠르게 증가하고 있으며 2000년에는 약 1,800만 m^3 /일을 재이용하고 있다. 현재 국내의 용수 재이용 시장규모는 매우 한정되어 있으나, 기존의 수자원 개발이 한계에 이르고, 향후 일정규모 이상의 시설에 대한 중수도 설치 의무화, 하수처리수의 재이용 추진을 통한 수자원의 확보 등과 같은 정부의 적극적인 용수 재이용 정책의 도입으로 시장은 크게 확대될 것으로 예측된다. 현단계에서 용수재이용과 관련된 시장규모의 정확한 파악은 한계가 있으나, 시설의 설치비만을 기준으로 시장의 규모를 산출하여 보면, 2000년 현재를 기준으로 영업/업무용 및 공업용 시설에 각각 39개소와 70개소가 도입되어 있으며, 총 용량은 약 60만 m^3 규모에 이르고 있어, 설치비를 기준으로 한 국내 시장규모는 약 450억원대에 이르는 것으로 추산되며, 현 단계에서 정부의 중수시설 설치 의무화 정책에서 제시하고 있는 계획치를 기초로 한 시장의 확대만을 고려할 경우, 시설의 도입에 소요되는 비용을 기준으로 2011년 시장규모는 약 2,000억 원대에 이르며 시장가치로 환산하면 1조4천억원으로 예측된다.

또한, 삼성경제연구소 예측에 의하면 우리나라 환경산업을 환경서비스업, 환경자원이용업, 환경설비업으로 나누었을 때, 1999년 현재 시장규모는 약 9조원이고 연평균 13%씩 성장하여 2005년에는 약 19조원에 이를 것으로 예상된다.

2. 시나리오 및 목표

위의 물관련 시장의 산업 및 기술동향을 바탕으로 시나리오를 전개해 보면, 물부족 문제는 한국뿐만 아니라 세계적인 문제로서 대두되어 있을 전망이다. 10년후 한국은 국가적인 물부족으로 인하여 지역적, 사회적인 갈등이 현재보다 심화되어 있을 것으로 판단된다. 생활용수는 물값 인상과 누수절감 등 물질약 프로그램의 정착으로 1인당 사용량은 현재와 비슷하나 인구와 세대수의 증가로 10년후 사용량은 현재보다 약간 증가한 수준일 것이다. 공업용수는 물값 인상으로 물사용량이 적은 방향으로 기업의 구조와 생산시스템이 바뀌므로 재이용률은 80%이상으로 개선되어 물사용량은 현재보다 30%이상 감소하게 될 전망이다. 농업용수는 농업시장의 개방으로 벼농사 경작면적은 감소하나, 감소되는 면적은 주로 수리불안전답일 가능성이 높으며 수리안전답 면적은 현재보다 증가하고 발관개의 보편화로 농업용수 수요는 현재와 비슷한 규모를 유지하게 될 것이다. 지하수 사용은 현재보다 현저히 증가하여 지역적으로 가용지하수의 고갈과 해안지역의 지하수에 대한 해수침투가 발생하고, 해안지역에서는 용수확보의 어려움으로 담수화 사용량이 지금보다 현저히 증가할 것으로 판단된다.

한편, 주5일 근무와 life style의 변화에 따라 물관련 여가 수요의 증가로 수상레포츠와 수생태계에 대한 관심이 높아질 것이며, 이에 따라 쾌적한 수변환경 조성이 필요하게 되어 하천유지용수의 수요가 대 하천뿐만 아니라 중소하천으로까지 확대되어 물문제의 주요 이슈가 될 것이다. 10년후 한국에서는 유역별 물관리가 정착되어 유역내 지자체가 주도적인 역할을 하게 될 것이며 상하수도 관리에는 기술경쟁력이 월등한 선진국의 다국적기업이 국내기업들과 연계하여 참여하게 될 것이고, 하수관거의 정비가 상당부분 이루어져 하수의 고도 처리가 보편화되어 하천 수질이 현재보다 개선될 것이며, 물순환의 해석은 토사 및 물질까지 포함된 순환으로 확대될 것으로 전망한다. 이를 해결하기 위한 목표는 다음과 같이 세 가지로 설정하였다. 첫째, 다양한 물공급원(지표수, 지하수, 대체수자원)을 통합관리하여 계획과 운영의 효율을 높임으로써 수자원을 안정적으로 공급하고 국가적인 물부족 위기를 극복한다. 둘째, 깨끗하고 안전한 먹는 물을 확보하고 사용된 물을 경제적이고 효율적으로 처리함으로써 쾌적한 물환경을 조성하고 국민 삶의 질을 향상한다. 셋째, 낙후된 물관련 기술을 선진국 수준으로 발전시켜 세계 물기술 시장에 적극적으로 참여하고 세계적인 물부족 문제의 해소에 기여한다.

3. 핵심요구사항 및 성능목표

'수질 및 수자원 관리기술'의 핵심요구사항은 위에서 기술한 시나리오에 대응하고 목표를 달성하기 위하여 크게 9가지로 나타내었다: 1) 유역 물질순환을 해석함에 있어 최근의 기상이변, 미래 기후변화, 도시화 영향 등 미래의 산업·경제구조가 반영되어야 함, 2) 다기능 지표수 모델링 기술을 위해서는 이수/치수/환경/생태관리 등이 하나의 framework 안에서 조화롭게 이루어져야 함, 3) 한국 실정에 적합한 지하수 흐름 및 수질

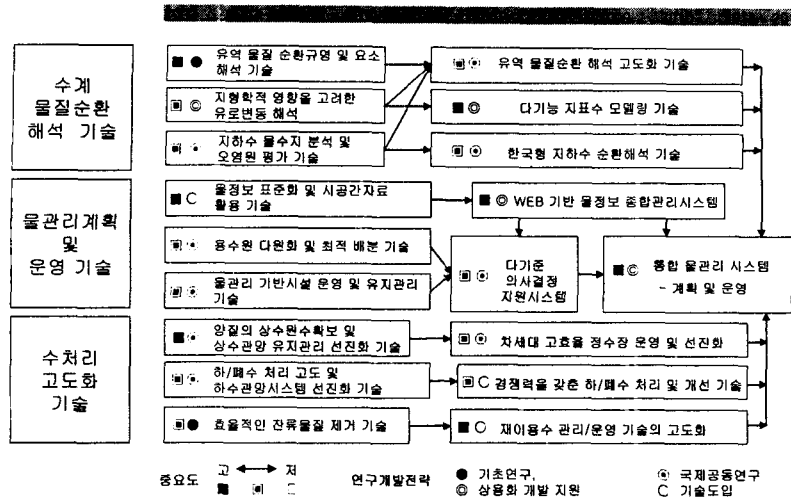
변화 예측이 가능해야 함, 4) 유량실측 시스템의 개선, 수질에 영향을 주는 오염원 및 토지이용, 물관리시설물 등의 지리정보화 작업을 위해 표준화 작업과 응용프로그램 개발이 일체화되어야 함, 5) 수자원의 지속가능 지표개발과 이를 활용한 이수 수리권의 배분계획을 수립하고 다원화된 용수원의 적극적 연계를 위한 다기준 의사결정지원시스템 구축하여 국가 종합 물 관리 계획의 실현할 수 있어야 함, 6) 물 관리기반시설의 효율적이고 안정적인 운영 및 유지관리를 위한 기술을 개발 및 물 통합 운영시스템을 구축하여 물관리 비용을 절감할 수 있어야 함, 7) 오염물질들의 감시시스템, 정수장관리 및 관망시스템의 과학화, 정보화에 의해 먹는 물 공급 전 단계에서 유해물질의 제거와 관리가 총체적으로 가능한, 만족도 높은 먹는 물 생산·공급이 이루어져야 함, 8) 배출되는 하·폐수 특성에 따른 최적의 공정기술(BT), 자동화 기술(IT), 관망기술 및 주변 연계 기술의 종합적인 개발을 통해 실질적인 수질개선을 이룩함과 동시에 세계 환경시장에서 경쟁우위를 확보하여야 함, 9) 물 부족 문제를 해결하기 위해서 생활 및 산업 활동에서 사용되는 물의 양을 절약함과 동시에 버려지는 물을 최소화하고, 경제성 높은 재이용 공정 및 시스템을 구축하여야 함. 또한, '수질 및 수자원 관리 기술'의 핵심기술별 성능목표는 <표 1>에 정리하여 놓았다.

<표 1> 핵심기술의 성능목표

| 핵심 기술 내용 | 기술성능 목표 |
|---------------------|---|
| 유역 물질순환 해석 고도화 기술 | - 기상과 지표수자원의 Feedback 현상 규명 - 비도시유역 물질순환의 불확실성 80% 규명 - 도시유역의 물질순환 요소해석 기술 70% 확보 - 유역물질순환의 정량화 및 평가기술 70% 확보 - 기후변화를 고려한 이수/치수 안전도 평가기술 70% 확보 |
| 다기능 지표수 모델링 기술 | - 고정확도 흐름해석 프로그램 개발에 의한 1,2,3차원 하천흐름해석 - 하천, 저수지, 하구부에 대한 물질순환기술 확보 - 이수/치수/환경/생태를 복합한 다기능을 고려한 지표수자원 관리에 의한 쾌적한 수환경 조성 - 지형학적 개념에 의한 하천설계 기법정립 및 실용화 - G7 선진국 대비 지표수 모델링 기술 80% 도달 |
| 한국형 지하수 순환해석 기술 | - 지하수 순환 해석 및 예측 software의 국산화 달성 - 지하수 함양량과 배출량 평가 오차 10% 이내 달성 - 지하수 연령(2년-백만년) 측정 기술 국산화 70% 달성 - 수위 및 수질 변화 예측 오차 20% 이내 달성 - 지하수-토양 오염 통합 정량화 기법 개발 |
| 첨단 물 정보 관리 기술 | - 물정보 정확도 선진국 수준 70% 달성 - 물정보 및 GIS자료의 표준화 - 수질·유량 실시간 측정 및 감시 기기 개발 - 실시간 수질감시 및 경보 시스템 개발 - Data Mining기술을 활용한 물정보의 대국민 서비스 실현 - Web기반의 유역정보관리통합시스템 구현 |
| 통합 물 관리 계획 기술 | - 깨끗한 물공급의 안정화 및 쾌적한 물환경 조성 - 수자원의 지속가능 지표 개발 - 생태중심 수질지표 개발 - 지표에 근거한 이수 수리권 배분계획 수립 - 지표수-지하수-보조수자원의 적극적 연계활용계획 수립 - 다기준 의사결정지원시스템 구축 - 통합 물 계획 시스템 구축 |
| 물 관리시설의 운영 고도화 기술 | - 물 관리비용 30% 절감 - 효율적 저류시설 운영 및 관리기술 개발 - 안정적 물 공급 및 배제 시설 운영 및 유지관리 기술 개발 - 통합 물 운영시스템 구축 |
| 만족도 높은 먹는 물 생산공급 기술 | - 상수원 유입 오염물질 차단 및 감시 극대화 - 새로운 유/부기물질 저감 극대화 - 정수장 관리 선진국수준 90%이상 달성 - 정수관련 장치설비의 국산화를 70%달성 - 깨끗한 수돗물 공급 세계수준 (유수율 90%이상) 달성 |
| 하·폐수처리 고도화 기술 | - 관망 시스템의 과학적 관리 및 효율화에 의한 불명수 20% 절감 - 고효율 차세대 하/폐수 처리 시스템 선진화 - 미래수질 기준 충족 대응 기술 보급 - 슬러지 처리 및 관리 비용 최소화 - 자원순환형 유가자원(질소/인) 회수 및 재사용 극대화 |
| 미래지향적 용수재이용 기술 | - 절수 및 중수도시설 정착화 - 농공용수 수요의 30% 이상 절감 - 공업용수 재활용 수준 80% 달성 - 대체수자원 2% 확보 |

4장. 기술지도전개

'수질 및 수자원 관리기술'에 대한 기술지도의 전개는 2장의 내·외부요인에 의한 시나리오에 대처하고 3장의 핵심요구사항 및 성능목표를 달성하기 위해서 시간의 항목에 개발될 기술들과 중요도 및 기술개발전략 등을 종합적으로 판단하여 <그림 1>와 같이 작성 되었다.



<그림 1> '수질 및 수자원 관리기술' Technological RoadMap

5. 실행계획을 위한 제언

'수질 및 수자원 관리기술'은 기술개발에 따른 혜택이 전 국민에게 돌아가는 공공적인 성격이 강하므로 단순한 경제논리보다는 국민의 삶의 질 향상과 지속가능한 국토관리 그리고 세계적인 물부족과 수질 문제의 해결에 동참하는 국가적 차원에서 국가연구개발사업으로서 추진되어야 한다. 더욱이, '수질 및 수자원 관리기술'로 안정적이고 깨끗하게 수자원을 확보하고 하천환경을 쾌적하게 유지하기 위해서는 연구개발뿐만 아니라 기술보급을 위한 제도의 개선과 적용사업을 함께 추진해야 한다. 특히, 기술경쟁력 확보와 개발된 기술의 다각적인 보급을 위한 현실적인 지원체계 구축을 위한 제도개선과 상류와 하류, 지표수와 지하수, 수량과 수질 등의 통합관리를 위한 유역관리체제의 도입을 위한 제도개선이 필요함. 또한, 수자원 사업은 공공사업이므로 기술발전을 위해서는 개발기술의 보급을 위한 정부의 지원이 필수적이다.

결 론

'수질 및 수자원 관리기술'을 위한 국가기술지도 작성의 핵심 결론은 다음과 같다. 1) '수질 및 수자원 관리기술'은 물의 공급과 이용 및 처리 등 물순환을 유역별로 통합관리함으로써 물이용의 효율성과 경제성을 높이고, 지역간 물분쟁과 사회적 갈등을 최소화하며 미래 세대에게 수자원 개발과 이용의 기회를 지속적으로 제공하기 위한 기술이다. 2) '수질 및 수자원 관리기술'은 물부족 시대를 대비한 양질의 수자원을 확보하고 지속가능한 자연생태를 보전함으로써 국내환경문제의 해결을 위한 기반을 마련하고 관련산업의 수출을 통한 국가 경쟁력을 확보하며 궁극적으로는 환경과 인간이 조화되는 건강한 순환형 사회를 구현함에 있다. 3) 1단계인 2005년까지는 통합물관리를 위한 물순환해석과 수처리 그리고 정보관리 등 기반기술을 확보하고, 2단계(2008년까지)에서는 이들을 시스템으로 연계시키며, 3단계(2012년까지)에서는 현장적용과 상품화를 추진하여 국가 물부족을 해소하고 쾌적한 물환경을 조성하며 세계 물산업 시장에 진출해야 한다.

< 관련문헌 >

1. 건설교통부 (2001), 수자원 장기종합계획(Water Vision 2020) 보고서.
2. 과학기술부/한국과학기술기획평가원 (2002), 국가기술지도 -총론-.