

# 미래 수자원의 분배 및 보전 방안

한 건 연 (경북대학교 토목공학과 교수)

## 1. 서론

미래에 수자원의 보전을 위해서 오염원별 배출현황을 파악하였고, 장래의 부문별 수질오염 발생추세를 분석하였다. 주요 하천과 저수지에 대해서 오염도의 추세를 파악하였으며 상수원 확보 및 상수시설 관리방안과 수자원 수질보존 및 하수시설 관리방안을 제시하였다. 미래 지구 온난화에 따른 용수공급능력을 평가하였고, 이를 용수 수요량과 비교 검토하였다. 미래의 합리적인 용수분배 방안으로서는 수자원의 할당, 제어 및 물 수송, 용수분배의 지역화 방안 등을 제시하였고, 효율적인 용수확보 방안으로서 물의 재사용, 해수의 담수화, 인공강우 및 지하수 개발 등에 대해서 검토하였다. 또한, 미래 용수공급을 위한 수자원 관리에 있어 수자원의 개발, 보전 및 배분을 원활하게 하기 위해서 과학적인 기초에 의한 각종 계획의 수립방안과 국가적인 재정지원방안을 제시하였다

## 2. 수질오염 및 수자원 보전 방안

### 2.1 수질오염추세

오염부하량에 있어서는 그림 1에서와 같이 생활하수 부문과 산업폐수 부문에서 지속적인 증가경향을 볼 수 있으며, 특히 1993년 산업폐수는 1990년에 비하여 약 1.6배의 증가를 보여주었다. 이와 같은 경향은 도시화, 경제의 지속성장에 따라 계속될 것으로 보이며 전체하수량의 약 70%를 차지하는 생활하수의 경우 2005년에는 1993년 대비 약 1.4배의 증가를 나타낼 것으로 보인다. 최근 10년간 4대강 주요지점에서

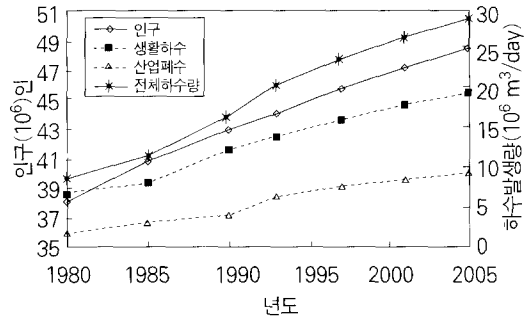


그림 1 하수 및 폐수 발생량추세

의 BOD, T-N, T-P는 1988년도를 정점으로 점차 개선되는 경향을 보였으나 1994~1995년간에는 가뭄으로 전반적으로 하천수질 오염도가 증가하였다. 강우의 계절적·지역적인 편중 현상은 심화되어 하천의 유지용수는 더욱 부족하였다.

4대강 본류의 수질오염도는 낙동강과 영산강의 일부지점에서는 상수원수 수질을 초과하고 있는 실정이다. 1990년대부터 환경기초시설의 투자가 이루어지면서 오염의 주요 원인이 되었던 낙동강의 주요 오염지천인 금호강, 한강의 주요 오염지천인 안양천 및 탄천, 금강의 주요 오염지천인 무심천 등은 가뭄에도 불구하고 꾸준히 개선되고 있어 하천의 유지용수만 확보된다면 지속적으로 개선될 전망이다. 지천의 오염도가 BOD, T-N, T-P 등에 있어 높게 나타나고 있는 것은 도시하수와 공업단지의 폐수관리에 아직도 크게 문제가 있음을 반영하고 있는 것으로 판단된다. 하천은 본류와 많은 지천으로 구성되어 있으며 지천이 모여 본류를 형성하기 때문에 수자원과 수질의 관리는 지류에서부터 이루어져야 한다. 특히 하천유역에서

과밀현상을 보이고 있는 우리 나라로서는 지천의 관리가 더욱 중요하다. 그러나 정부가 중점관리하고 있는 4대강의 경우도 본류와 일부 지천에 대해서만 자료가 작성되어 있을 뿐 오염의 주발생원인 대부분의 지천에 대한 자료가 거의 전무한 실정이며, 공장이나 축사 등 지천에 산재된 오염도의 조사가 매우 불충분한 것으로 판단된다.

호소의 경우 COD 지표는 점차 개선되는 추세이나 하천오염과 마찬가지로 1994년~1995년도 가뭄으로 수질이 악화되었다. 최근에는 질소, 인 등의 영양물질의 증가추세가 두드러지게 나타난 지역이 많은 것으로 나타나 있다. 특히, 한강수계의 팔당댐과 영산강수계의 영산호는 Vollenweider의 기준으로 볼 때 이미 중-부영양화 상태이며, 아산호의 경우 질소농도 10.82 mg/l, 인농도 0.31 mg/l를 나타내고 있으며 삼포호의 경우 질소, 인의 농도가 각각 3.63 mg/l, 0.20 mg/l로 나타내어 부영양화가 상당히 진행되고 있는 상태임을 보여주고 있다. 이와 관련하여 오·폐수의 탈질소·탈인에 대한 연구가 본격적으로 수행되어 이들에 대한 제거가 본격적으로 이루어져야 할 것으로 사료되었다.

## 2.2 수자원 보존방안

수자원의 보존을 위해서는 그림 2에서와 같이 상수원 확보 및 상수시설 관리 방안과 수자원 수질보존 및 하수시설 관리방안이 연계시켜 관리하여야겠다.

상수원 확보 및 상수시설 관리를 위해서는 다목적댐의 지속적인 개발, 음용수 전용댐의 건설, 저류용량의 증대, 물 이동 등을 포함한 댐 건설, 광역용수 공급체계의 확대, 기존 광역상수도 연결망 구축을 통한 광

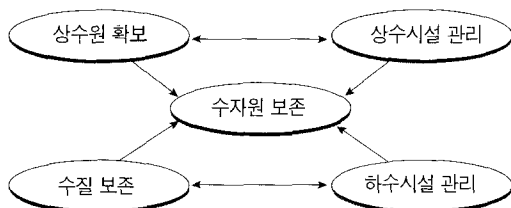


그림 2 미래 수자원의 보존방안

역상수도 시설의 확대 및 광역급수체계의 도입이 필요하겠다. 또한 체증요율제, 침투사용요율제, 계절요율제, 가뭄요율제, 누진요율제 등의 다양한 용수요율제의 적극적인 도입, 누수율의 개선 등이 필요할 것으로 사료된다.

수자원 수질보존 및 하수시설 관리를 위해서는 오염원의 database화, 오염원 유입의 차단에 의한 점원 및 비점 오염원의 관리, 하수관거의 대폭적인 확충과 개·보수 및 하수관거의 지리정보시스템화를 통한 하수관거의 정비, 하수처리 효율 극대화, 총량규제방안, 산업의 재배치, 하천유지유량을 고려한 수질관리제도의 도입, 투자규모 확대 및 재원 확보방안 등이 필요할 것으로 판단된다.

## 2.3 미래의 용수공급전망

풍부한 수자원의 확보가 수량과 수질 개선의 관건이므로 향후에 필요한 댐건설 계획을 미리 수립·추진토록 하고, 광역 및 지방 상수도망도 획기적으로 확충하여야 할 것이다.

미래 2101년까지의 다양한 용수수요 시나리오에 대해서 용수공급능력을 평가하였다. 즉, 2011년까지 건교부의 용수공급을 고려하여, 이 시점으로부터의 하천수 이용량 170억 m<sup>3</sup>/년, 댐 이용량 148억 m<sup>3</sup>/년, 지하수 이용량 29억 m<sup>3</sup>/년을 기준으로 한 공급량을 그대로 유지한다고 가정하여 case 1으로 설정하였다. 지구온난화의 영향으로 장래 우리나라의 유출증가량이 25%에 달하는 것으로 예측된 바 있으므로(김승과 김현준, 1994), 이 영향을 고려한 공급량을 예측하였다. 미래에 유출증가량이 하천수 이용량과 댐 이용량에 미치는 영향은 대단히 불확실하기는 하나 유출증가량 25%가 그대로 하천수 이용량에 같은 비율로 영향을 미친다고 하고, 댐 이용량에는 이 값의 50%인 12.5%가 영향을 미친다고 가정하여 case 3로 설정하였다. 또한 장래 지구온난화에 따른 유출증가량 25%중 50%만이 하천수 이용량에 미친다고 하고, 댐 이용량에는 다시 이 값의 50%인 6.25%가 영향을 미친다고 가정하여 case 2로 설정하였다.

Case 2와 case 3의 경우 지하수 이용량의 증가는

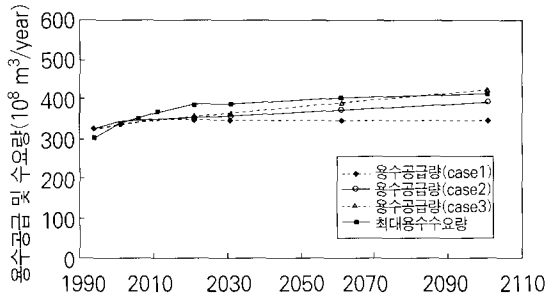


그림 3 다양한 미래의 용수공급 시나리오

1994년부터 2011년까지의 지하수 이용량의 증가 추세를 회귀분석하여 2101년에 47억 m<sup>3</sup>/년이 될 것으로 고려하였다. 2021년, 2031년, 2061년 2101년에서의 최대용수수요량이 각각 383억 m<sup>3</sup>/년, 388억 m<sup>3</sup>/년, 404억 m<sup>3</sup>/년 및 413억 m<sup>3</sup>/년으로 예측되었으므로 (한국수자원공사, 1997), 이를 가용한 용수공급 시나리오인 case 1, case 2, case 3과 비교하여 그림 3에 도시하였다.

그림에서 보는 바와 같이 미래 2031년, 2061년, 2101년의 용수부족량은 2011년의 용수공급능력을 그대로 유지한 case 1의 경우 각각 41억 m<sup>3</sup>/년, 57억 m<sup>3</sup>/년, 66억 m<sup>3</sup>/년으로 나타났고, 예측된 유출증가량의 영향을 부분적으로 반영한 case 2의 경우 각각 30억 m<sup>3</sup>/년, 30억 m<sup>3</sup>/년, 18억 m<sup>3</sup>/년으로 나타났다. 또한 예측된 유출증가량의 영향을 반영한 case 3의 경우 2031년, 2061년에 있어 각각 23억 m<sup>3</sup>/년, 13억 m<sup>3</sup>/년으로 용수가 부족한 반면, 2101년에만 14억 m<sup>3</sup>/년의 여유가 있는 것으로 나타났다. 이와 같은 용수수급 시나리오는 불확실한 요소를 많이 내포하고 있는 자료를 기초로 산술적으로 계산하였기 때문에 실제 적용시에는 그 변동 가능성을 충분히 고려하여야 할 것이다.

### 3. 용수분배 및 용수확보 방안

#### 3.1 합리적인 용수분배 방안

미래의 합리적인 용수분배 방안으로서는 그림 4에서와 같이 수자원의 할당, 제어 및 물 수송, 용수분배

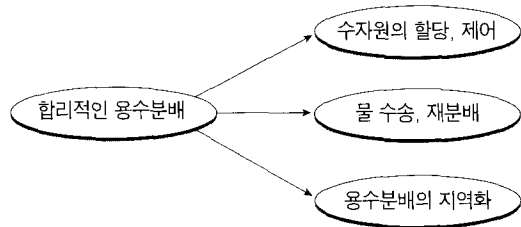


그림 4 미래의 합리적인 용수분배 방안

의 지역화 방안 등에 대해서 검토하였다.

#### (1) 수자원의 할당, 제어

인구의 증가와 함께 물에 대한 분쟁이 증가하고 있다. 이와 같은 양상은 강우가 적은 지역뿐만 아니라, 산업화와 환경적인 요구가 분쟁을 증가시키고 있기 때문에 강수가 풍부한 지역에서도 발생하고 있다. 그 결과, 수량을 조절하기 위한 적절한 시스템이 필요하게 되었다. 물과 관련된 논쟁은 법정 소송, 협상, 복잡한 연구와 그에 따른 많은 경비가 소요될 수 있다. 따라서, 물 사용량의 증가에 따른 분쟁으로 인해 물 분배를 조절하는 실제적인 시스템이 필요하게 되었다. 이러한 시스템들은 법률에 근거를 두고 있으며, 물의 관리·전환·사용에 관한 허가체계, 수리·수문계산 그리고 지방자치단체의 협정관리 등을 조절하는 프로그램에 기본을 두고 시행되어야 한다.

대부분의 지역에서 물의 양에 대한 조절은 법률상의 문제이지만, 관계기관과 공학자들이 관련된 많은 준법률적 운영을 필요로 한다. 법률이 분배와 조절에 집중되어 모든 분쟁이 법정에 의해 해결될 수 있는 것이 아니라, 관리시스템과 분쟁의 해결절차 등도 중요하다. 물 관리에 대한 시스템에서의 시작점은 물을 분배하고 기록하는 과정이다. 그 후에 이용가능한 물을 감시하는 시스템이 요구되며 다음으로 물을 사용할 수 있고, 사용할 수 없는 사람에 대한 결정이 따르게 된다. 이러한 진행 과정들은 지표수와 지하수 분배, 한 지역에서 다른 지역으로, 하나의 유역에서 다른 유역으로 물 수송을 위한 제안, 그리고 각 지방 자치단체들간의 요구사항들로 인해 필요하며 이것들은 좀더

복잡해진다.

효율적인 물 사용과 물 관리의 분쟁을 줄이고자 하는 효율적인 관리시스템이 필요하다. 물에 대한 소유권과 사용에 관한 평등성이 법률에 의해 제공되어야만 한다. 예를 들어, 가뭄기간 동안에는 물을 가장 많이 필요로 하는 사람들에게 물을 제공하는 것과 같은 일이 발생할 것이다. 또한 주로 환경적인 논쟁에서 서로 다른 물의 필요와 요구의 개념 때문에 분쟁이 발생할 수 있다. 우리나라에서의 여러 가지 유형의 물 분쟁 요인은 외양적으로 수리권이 정착되지 않기 때문에 생기는 문제와 물 오염으로 인한 지역 간 분쟁을 조정할 수 있는 제도적 장치가 미비한 문제로 귀결된다(우효섭, 1997). 또한 물 관리에 대한 기본이념과 원칙이 없이 물의 제 기능별로 관련법이 필요에 의해서 수시로 만들어져 있기 때문에 이수, 치수, 환경 등 제기능이 복합적으로 관련된 문제가 발생하면 이를 해결할 수 있는 제도적 장치와 기준이 없다는 것이다.

## (2) 물 수송과 재분배

최근에 들어 전세계적으로 물 수송과 재분배가 중요한 주제로 부상하고 있다. 물 수송은 “단순한 내부의 조정에서 실제적인 판매의 영역에 이르기까지 전환지점에서의 변화, 또는 사용의 지점이나 형태의 변화”로서 정의될 수 있다. 자율적인 물 수송은 오늘날 물 수요 변화에 부응하는 가장 뛰어난 역학관계가 수립될 수 있다. 그러나 물 수송은 효율적이고 평등하게 이루어지기 위해서는 공평한 제 3자의 개입이 필요한 것으로 나타나고 있다. 물 판매는 영원한 판매 혹은 일시적으로 물을 사용하는 권리를 빌림으로서 단순히 물을 사용하는 권리를 사는 것을 의미한다.

물 수송의 형태는 고립적, 협상적인 사안, 기물을 경감시키는 짧은 기간 동안의 물 교환, 기구화된 물 저축과 교환, 그리고 확립된 물 시장 등으로 분류할 수 있다.

물 수송과 재분배는 제한된 공급에 대한 경쟁과 새로운 공급을 개발하는데 있어서 엄격한 규제기준 때문에 최근 몇 년 동안에 더욱 중요하게 되었으며, 이미 개발되어 있는 수자원을 수송하는 것에 대한 관심

이 증가하고 있다.

“물 수송”과 “재분배”는 유사한 의미를 가지고 있다. 물 수송은 어떤 한사람에서 다른 사람으로 소유권의 이동, 한 사용지점에서 다른 지점으로 또는 사용의 한 형식으로부터 다른 형식으로 또는 사용의 한 계획으로부터 다른 계획으로의 이동이 될 수 있다. 만약 사용 장소에 대한 물 수송이 한 지역에서 다른 지역이라면 지역간의 수송이라 불리어지고, 같은 지역 안에서의 수송보다는 좀더 복잡성을 유발하게 된다. “재분배”에 대한 용어는 주로 누군가가 분배와 재분배를 해야만 한다는 점에서 “수송”에 대한 용어와는 다르다. 즉, 소유권을 제공하는 법률적 체계에 반해서 배치할 수 있는 권한을 의미한다. 법률이 정하는 합리적인 범위내에서 이전에 정해진 물 사용권리나 저장 장소를 다른 장소에 재할당 할 수 있는 권리를 말한다.

유역간 물 수송은 보편화되어 있고, 물을 필요로 하는 사람들을 위한 합리적인 제안이 될 수 있으나 물을 빼앗기는 사람들에게 의해서 강력하게 저지를 받게된다. 지역간 물의 수송에 있어서 물의 “감정”은 명확하게 나타날 수 있다. 물 수송은 대하천을 연결하는 커다란 규모가 될 수 있고, 때로는 소하천으로부터 작은 마을까지 물을 전환하여 다른 소하천에 하수를 방류하는 작은 규모도 될 수 있다. 최근에는 국내에서도 몇 개 지역에서 대규모 및 중소규모 지역간 전환 문제가 제기되고 있고 그것들은 항상 논쟁 거리가 되고 있다.

우리 나라에서는 유역간의 물 수송문제가 물 분쟁 문제가 비화될 가능성을 크게 안고 있어 이를 조정할 수 있는 정부내 건설교통부 산하의 수자원조정 담당 기구의 설립과 관계법의 입법화가 시급히 요구되고 있는 시점이다.

물 사용분쟁을 해결하는 것은 협동적인 물 계획에서의 중요한 요구 조건 중 하나이다. 문제에 대한 공동의 해결책에 도달하기 위해 협상의 사용이 올바르게 적용되어질 때 가치있는 것인데, 그것들은 일대일 거래로부터 공식적인 중재 과정에 이르기까지 많은 방법이 있다. 법률상의 용어로서, 이러한 것들은 “대안 논의에 의한 해결”로서 불리어진다.

물 분쟁 해결을 위한 접근방법은 통상 다음의 일곱 단계로 이루어졌다. 비록 이 과정이 충돌해결의 모든 양상을 전해주지는 못할지라도, 세워진 분석 전략은 사업에 집중시키거나 혹은 충돌에서의 제 3자를 위한 객관적인 판단 기준을 제공할 수 있다. 보통, 그 전략은 대안을 선별하기 위해 규정적인 모형을 적용하고 다음에 더 많은 가망 있는 대안을 시험하고 다듬기 위해 기술적 모형을 사용한다. 시도가 전체적인 "최적" 해결을 발견하도록 하지는 않지만 오히려 충돌에서의 그러한 것들이 받아들일 수 있는 타협안에 도달하도록 돕는 실행 가능성 있는 대안의 범위를 효과적으로 생산할 수 있도록 한다.

- ① 자료 수집
- ② 목표량 결정
- ③ 규정적 모형의 설정
- ④ 대안의 선별
- ⑤ 기술적 모형의 설정
- ⑥ 선택된 대안의 정리
- ⑦ 충돌 해결을 위한 대안의 제공

### (3) 용수분배의 지역화 방안

수자원 관리에서 지역화란 하나의 배수유역을 바탕으로 여러 지역이 통합되거나 협조하는 것을 의미하기도 하고, 또는 하나의 하천유역이나 대도시 지역, 그밖의 지역에서 수행하는 관리업무를 그 지역 내에서 통합하기 위한 계획을 의미하기도 한다. 수자원 분야에서의 지역화에 대해 정의함에 있어서 이와 같은 개념을 고려하지 않고 의견일치를 구한다는 것은 어려운 일이다. 지역화는 "공공 자원과 시설을 사용함에 있어 개별지역에 최적의 편익을 제공하기 위한 적절한 관리나 행정조직의 산물" 또는 "한 지리적 영역 내에 있는 두 개나 그 이상의 수자원 시스템을 조정하여 만들어낸 실질적인 시스템 단일화 계획의 산물"로 정의할 수 있다.

일반인들은 지역화에 따른 "경제성"을 이익이라 생각하고, 쟁점이 되는 "정책"을 지역화로 가는데 있어서의 장애물이라 생각한다. 지역화를 실현시키고자 하는 측면에서 보면, 이러한 장벽들은 높게 나타나 있

다. 실제의 지역화 과정에서의 수질개선 작업을 병행하면서 제시한 문제들은 다음과 같다. 즉, ①경제적 수입에 대한 사회적 조절 능력의 부족, ②입법화의 필요성, ③공적인 견해차이, ④지역적 협력의 부족, ⑤불신과 편협, ⑥지역적 비효율성과 관료주의, ⑦추가적인 복잡성, ⑧지역간 재정의 불균형, ⑨실제 설계상의 문제들, ⑩인력문제, ⑪공기업과 사기업간의 조화문제, ⑫국고 지원에 있어서의 신용도의 부족, ⑬금전적인 이익의 재분배 등이 그것이다.

지역화를 이루는데 있어 가장 큰 장애물은 제도상의 문제들이며, 지역화의 성공은 "정책의 비중이 70%, 공학적 문제 20%, 그리고 그 밖의 원인 10%"로 조사된 바 있다. 지역화를 제대로 적용하기 위해서는 "단일 관리 체계하에서 좀더 효과적으로 작동될 수 있는 도시지역 수자원 시스템들의 복합체" 혹은 "독립적으로 소유되었거나 운영되고 있지만 상호조정될 수 있는 도시지역 수자원 시스템들의 복합체" 또는 "단일 관리 체계하에서 경제성이 확보될 만한 위치에 있는 시골이나 도시근교의 수자원 시스템"과 같은 것들이 포함되어 있어야 한다. 지역화를 위한 준비과정에서 필요한 전형적인 사항들을 다음과 같이 정리될 수 있다.

- ① 지역적 관리를 담당할 행정당국
- ② 시스템의 통합
- ③ 源水 공급을 담당할 중앙시스템
- ④ 시설물에 대한 자본의 결합
- ⑤ 서비스 지역의 조정
- ⑥ 위급상황을 위한 상호연결체제
- ⑦ 모든 관리책임 및 서비스 책임의 분담

지역화에 대한 두 가지 주요한 장려책은 법률제정과 재정지원이다. 지역별 수자원 계획이나 하수처리 계획과 시스템 개발은 적당한 재정 지원책이 수반될 때 최상의 효과를 나타내는 것은 분명하다. 정부내 입법기관 뿐만 아니라, 관련 위원회도 조정(협력이나 통합)에 힘을 발휘할 수가 있다. 정부의 위치는 지역화를 지속적이고 정책적으로 감시할 수 있는 가장 이상적인 위치이다. 정부가 맡은 역할의 성패는 가뭄과 같이 정부의 역할이 명확히 요구될 때, 각 지방자치단체

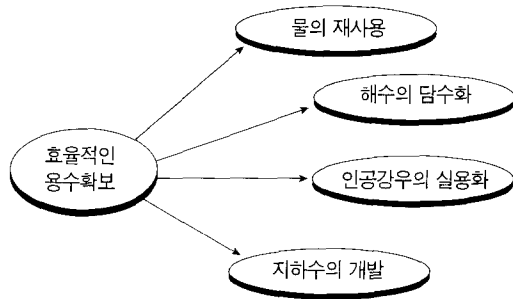


그림 5 미래의 효율적인 용수 확보 방안

의 요구에 알맞게 계획을 수정하는데 달려 있다고 보고 있다. 지역화의 효율성을 평가하고 지역화에 관한 개선된 데이터베이스에 기여하게 될 정부 차원의 연구들이 큰 도움이 된다.

### 3.2 효율적인 용수 확보 방안

미래에 있어서 효율적인 용수 확보 방안을 그림 5에 제시하였고 물의 재사용, 해수의 담수화, 인공강우, 지하수의 개발 등에 대한 추진 방향을 제시하였다.

#### (1) 물의 재사용 방안

물의 재사용에 관한 추진방향은 재사용할 수 있는 처리수의 양은 담수의 이용 가능성과 비용, 수송 및 처리비용, 수질 기준, 하·폐수의 재이용 가능성 등에 따라 달라진다. 먼저 재이용 시스템을 개발하여야 한다. 기존의 공정을 개선하여 산업폐수를 재이용하기 위해서는 기초적인 연구가 선행되어야 하며 단계별로 각 인자를 고려하여 진행하여야 한다 (김태유, 1996).

첫째로, 산업폐수의 발생원별로 분류하고, 폐수재이용을 목적으로 하는 대상공정을 분석한다. 즉 폐수의 발생원을 제품을 생산하기 위하여 사용되는 원료와 각 단위 공정의 특성 등으로 분류한다. 둘째로, 각 발생원별 폐수량과 특성변화 조사를 통해 발생원별로 폐수의 특성을 파악한다. 특히 폐수의 수질이 일정하지 또는 수질과 관련된 편차가 크게 변하는지의 여부를 파악한다. 셋째로, 폐수의 발생원별 분류를 통하여 재이용에 적합한 폐수를 선정한다. 폐수의 발생량과

처리비용 등의 인자를 고려하여 재이용에 대한 적합성을 평가한다. 특히 공정에 방해가 될 수 있는 성분이 무엇인지를 밝히는 것이 가장 중요하다. 넷째로, 재이용된 폐수의 예상수질과 공정에 미치는 영향 등을 고려하여 이용에 적합한 공정을 선정한다. 다섯째로, 각 공정마다 사용되는 공업용수의 수질기준을 조사한다. 또한 폐수를 재처리하였을 때 이 수질기준에 적합한 용수를 생산할 수 있는지를 검토한다. 여섯째로, 목표가 되는 수질을 얻기 위한 고도처리 시스템을 구성한다. 폐수의 재이용을 위하여 공정은 폐수의 성상과 수질기준에 따라 각각 다르게 된다. 또한 기존의 공정과의 조화를 이루도록 새로운 시스템의 부지 확보, 위치선정, 배관, 배선 등을 고려하여야 한다.

마지막 단계로서는 처리수 수질과 공업용수 수질기준 비교 및 경제성 검토를 실시한다. 고도처리에 의해 얻어진 처리수 수질을 목표가 되는 공업용수 수질기준과 비교한다. 이때 처리수 수질이 공업용수 기준에 약간 미치지 못하더라도 공정에 미치는 영향과 폐수 배출량 감소에 따른 손익을 계산하여 경제성을 산출하여 타당성을 검토한다. 비용산출에 대해서는 다음에 보다 자세히 할 것이다. 다음으로 경제성을 평가하여야 한다. 재사용 시스템을 도입할 것인가의 결정은 일반적으로 새로운 원수를 사용하였을 경우의 비용, 즉 원수 공급장치를 건설하고 이를 유지하는데 드는 비용과 원수의 공급에 관한 미래의 비용을 비교하여 이루어진다. 재이용을 위한 폐수의 2차처리와 고도처리비용은 지역과 상황에 따라 달라지므로 반드시 모든 경우에 물의 재이용이 최선의 물관리 대책이 되지는 않는다.

#### (2) 해수의 담수화

대체 수자원 확보 차원에서 담수화 사업의 추진을 도서지역과 해안지역 주민의 음용수 확보, 광역수자원 개발시 담수화 사업의 역할 평가, 하수 및 폐수의 담수화를 통한 수자원 재활용으로 구분하여 제시하였다.

도서지역에서 수행된 기존의 용수개발 사업은 저수지 축조, 지하관정 개발, 각 가정에 설치되는 빗물저장 시설 등은 근본적으로 용수문제를 해결하는데 한

계가 있음을 알 수 있다. 따라서 자연현상인 강수량에 좌우되지 않고 주변의 무한한 바닷물을 활용하는 해수의 담수화사업을 도서지역이나 해안지역의 용수개발 방안으로 적극 추진함이 바람직하다. 담수화시설의 규모는 우선 도서주민의 수에 따라 결정되었지만, 섬에 건설되는 담수화설비는 모듈화를 통한 표준화 작업으로 시설비를 절감하며, 운영과 유지관리의 최적화를 도모하여야 할 것이다.

각 후보지별 향후 용수개발사업 조사에서 살펴본 바와 같이 이를 위해서는 대규모 예산이 필요하다. 대단위 용수수요 발생으로 이에 대한 용수수급 계획을 수립함에 있어 해안지역과 같이 지형적으로 해수를 이용할 수 있는 지역의 경우, 광역상수도 개발사업만을 추진하는 경우와 광역상수도 개발사업에 일부분을 해수담수화 사업이 담당하는 방안을 서로 심도있게 검토하여야 할 것이다. 향후 우리나라의 전체 수자원 계획을 수립함에 있어, 임의 지역의 수자원 개발계획 수립시 경제성과 효율성 등을 고려한 타당성 조사를 통해 일정부분을 해수담수화가 담당하는 방안이 구체적으로 검토되어야 할 것이다.

한정된 수자원을 효율적으로 활용하기 위한 방안으로 각종 하수를 담수화방법으로 정화하여 다시 공업용수로 재활용하는 방안도 적극 검토되어야 한다. 특히 대규모 공단지역에서는 많은 양의 공장폐수가 배출되는데 이를 담수화방법으로 정화하여 공업용수로 재활용할 수 있는 설비를 준비하는 것이 바람직하다. 담수화 시설의 국내현황에서 살펴본 바와 같이 국내에서는 음용수 생산보다 일찌기 초순수 공업용수 확보를 위한 방법과 공장폐수를 정화하는 방법으로써 RO 담수화 시설이 건설·운영되고 있다. 물론 시설에 대한 경제성과 타당성 조사가 선행되어야 하나, 만약에 경제성이 다소 떨어진다 하더라도 공업용수를 많이 사용하는 지역에서는 가뭄과 같은 비상시 담수화 시설을 이용한 수자원의 재활용 방안도 검토해야 할 것이다.

### (3) 인공강우

인공강우 기술을 국내에서 개발함에 있어 그 성공

을 위해서 선행되어야 할 것들이 몇 가지 있다고 생각된다. 첫째로 무엇보다 중요한 것은 장기간에 걸친 종합적인 연구개발계획에 따른 인공강우 프로그램을 수행하는 것이다. 일시적인 가뭄해소의 방안으로 연속성이 없어 간헐적으로 인공강우를 시도하는 것은 지금까지의 외국의 예를 보아도 실패의 지름길이 될 것이며 인력과 예산의 낭비만 초래할 것이다. 따라서 국가적 차원에서 대체 수자원 확보 등 인공강우의 필요성에 대한 공감대가 형성되어 장기적 안목의 지원이 있어야 할 것이다. 둘째로, 연구 및 기술인력의 확보 및 양성이다. 낙후된 인공강우를 포함한 기상조절분야의 전문인력 양성이 시급히 요청된다. 셋째로, 우수한 인력이 있더라도 일을 수행할 도구가 없으면 안된다. 각종 측정 장비, 구름내 살포 및 측정을 위한 항공기, 기상레이더 및 컴퓨터 수치모형 등에 대한 투자가 동시에 이루어져야 할 것이다. 이러한 것들은 실측을 통해 적정조건 분석 및 인공강우 시행 효과평가를 위해서 꼭 필요한 것이다. 넷째로, 외국과의 기술협력을 통한 신속한 기술습득을 토대로 자체 기술개발을 추진하는 것이다. 이는 대부분의 기술정보가 비교적 자유롭게 교환되고 있기 때문에 가능할 것이다. 또한 외국이 경험했던 시행착오를 반복하지 않게 하기 위해서도 필요하다.

기상이변에 의해 가뭄피해가 날로 늘어남에 따라 기상조절 특히 인공강우 실용화의 필요성이 더욱 절실했다. 이미 과학기술의 발달은 인공강우 실용화가 인간 사회의 꿈이 아니라 일부 현실로 나타나고 있으며 곧 머지않은 장래에 인간생활의 한 도구로서 인공강우가 보편화될 날이 올 것으로 기대할 수 있겠다. 앞으로 우리 나라에서도 세계적으로 현재까지 개발된 기법을 실용화하여 단기적인 목적에 사용하는 것과 병행하여 장기적인 연구개발 계획을 통해 현존의 기법을 보완 개선하고 새로운 인공강우 기법을 개발해 나아가는 것이 바람직하다. 그리하여 인공강우 등 기상조절 분야 뿐만 아니라 기상예측을 비롯한 대기과학 전체의 발전에 기여하여 기상을 조절하여 이용을 극대화할 수 있어야 하겠다.

#### (4) 지하수 개발

지하수 개발에 따른 피해를 방지하기 위해서는 지하수 인공함양, 지하수개발 규제, 지하수 수질오염 규제, 제도·행정상의 개선 등이 있다. 지하수 인공함양은 지층의 정화, 지하저류와 지반침하 방지를 위한 것으로 정화목적의 함양이 가장 많이 쓰인다. 지하저류란 지표수에 여유가 있는 경우에는 지하에 저류하고, 지표수가 부족할 때는 지하 저수지에서 공급하는 것이며, 지반침하의 방지는 우선 채수량을 줄이고 지하수위의 저하를 방지하는 것이다. 지하수 개발규제는 개발로 인해 발생할 수 있는 수위강하, 지반침하, 해수침입 및 지하수 오염의 영향 등을 분석하여 지장을 초래하지 않는 채수량 범위 내에서 개발하도록 하는 양적 규제가 필요하다.

지하수 오염의 주된 원인은 고체 폐기물의 매립, 지반개량제의 지하주입, 하수의 지하침투 등이 있다. 오염원은 물에 의해 운반되므로 물의 이동로를 차단하는 것이 유효한 대책이다. 처분한 폐기물과 우수의 접촉을 막기 위해 지표면 근처에 차수층을 만드는 방법, 플라스틱 시트로 폐기물을 덮는 방법, 지표면을 아스팔트나 기타 불투수재로 포장하는 방법 등이 있다. 또한 오염된 지하수의 흐름을 집수암거 등으로 차단하여 집수 후 처리하기도 하고, 오염되지 않은 지하수 흐름을 차단하여 오염된 지하수와 혼합을 막는 대책이 취해지는 경우도 있다.

제도 및 행정상의 개선방안으로는 지하수의 이용 및 시설에 대한 관리를 위하여 전문인력을 확충하여 효율적으로 지하수를 이용·관리하도록 하고, 지하수 개발에 따른 지하수 개발, 이용 착수 보고서 및 지하수 이용 신고서를 작성·제출하게 하여 개발당시 및 이용기간 동안의 수리지질특성을 자료화하는 것이 중요하다.

지하수 개발과 관련된 또 다른 문제는 해당 집단 간의 분쟁이다. 분쟁지역에서는 세부적인 지하수조사를 실시하고 유역의 물 수지 분석을 통한 과학적인 대안의 제시만이 문제해결의 유일한 방법이 될 것이다.

그림 6은 미래 수자원의 효율적인 관리방안을 정리한 것이다 (윤태훈, 1997). 미래 용수관리의 종합적

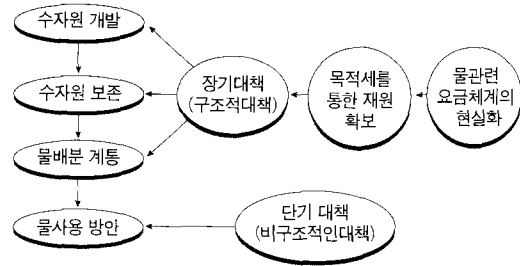


그림 6 미래 수자원의 효율적인 관리방안

평가를 위해서 물 공급 상황 변화의 파악, 물 공급 체계의 연계사용, 물 공급을 위한 수자원의 보존, 물 공급을 위한 환경적인 측면의 고려,

적극적인 음용수 안전조치의 필요성과 가물관리의 필요성, 물 공급에 대한 접근법과 과제 등을 필요한 것으로 사료되었다.

#### 4. 결 론

미래 용수공급을 위한 물 관리는 넓은 의미에서 3대 기능인 치수, 이수 및 환경을 포함한다고 할 수 있다. 그러나, 치수는 물의 많음으로 인한 피해를 줄이기 위한 “물의 조절”이므로 일반적인 협의에서 물 관리는 이수, 환경측면에서 국한된다고 할 수 있다. 미래의 물 관리는 장기대책과 단기대책의 2체계 또는 비상대책을 포함한 3체계로 시행되기도 하나 미래에는 다음과 같이 4체계로 운영하는 것이 효율적인 것으로 판단된다. 이들 중 앞의 3개 사항은 장기대책으로 구조적인 대책이 되고 마지막 사항은 단기대책으로 비구조적인 대책에 해당된다. 수자원의 개발, 보존 및 분배 즉 종합 물관리를 원활하게 하기 위해서는 많은 예산의 지원이 필요하다.

이러한 자원확보의 한 방안은 목적세를 원칙으로 하는 물 관련 요금체계를 현실화하는 것이다. 물 수요관리를 통해 물자원 낭비를 방지하므로써 공급여건을 개선하고, 수도요금을 빠른 시일내에 생산원가의 90%수준으로 현실화하고, 중수도 시설의 확대설치를 통해 물 절약을 유도하여야겠다. 지하수는 보전 원칙 하에 제한적으로 개발하면서 수질오염 방지에 만전을



기하고, 해수담수화·인공강우·기상예보능력향상 등 다양한 수자원 확보를 위한 다양한 대책을 강구하여야겠다. ●

〈참고문헌〉

건설교통부(1995). 수자원관리체제의 개선.  
 건설교통부(1996). 지하수관리 기본계획 보고서.  
 건설교통부(1997). 수자원장기종합개발계획.  
 건설부(1994). 중수도 기술개발 방안 연구.  
 국회환경포럼(1996). 삶의 질 향상을 위한 환경정책 개선방안.  
 김승, 김현준(1994). 기후변화가 한국의 수자원에 미치는 영향. 과학기술처.  
 김태유 (1996). "공급측면에서 본 효율적 수자원 확보 및 공급방안." 물기근 대비 이대로 좋은가?, 한국그린크로스, pp. 48-50.  
 삼성지구환경연구소(1996). 물부족 - 과연 해결방법은 없는가?  
 우효섭(1997). "물분쟁 발생원인과 대처방안 (II)", 한국수자원학회지 제30권 제3호, pp. 20-28.  
 윤태훈(1997). "종합 물관리 방안" 1997년 국내외 한국과학기술자학술회의 환경과학 Workshop 발표집, pp. 31-40.  
 한국그린크로스(1996). 물기근 대비 이대로 좋은가?  
 한국수자원공사(1997). 미래 수자원 전망에 관한 연구.  
 한국수자원공사(1995). 수자원개발과 보존대책.  
 한국수자원공사(1996). 수자원 정책토론회.  
 환경부(1985-1994). 환경년감.  
 Grigg, N.S. (1996). Water Resoures Planning, McGraw-Hill, pp. 441-449.  
 Mohorjy, A.M. (1987). Methodology for Comprehensive Water Reuse Planning, Colorado State Univeristy, pp. 88-121.  
 Whipple, W. (1994). New Perspectives in Water Supply, Lewis Publishers, pp. 177-186.