

## 제 2 장 상수도 계획과 개선방안

김 성 탁

### 2.1 서 론

물은 국민생활과 산업경제활동에 필수불가결의 기본요소이며, 대체할 수 없는 자원으로서 지역사회의 존립기반이며, 인류문명 발생의 원천이다. 따라서, 물은 국토의 관리와 지역발전을 위한 모든 계획을 수립하는데 가장 중요시되는 기본요소이다. 국민생활수준의 향상과 도시화 및 산업화의 영향으로 용수수요가 나날이 증가하고 있으나 실제로 이용가능한 물은 한정되어 있을 뿐만 아니라 지표수나 지하수의 오염심화로 인하여 사용 가능한 물이 감소하고 있다고 해야 할 것이다. 지금까지의 상수도 계획은 공영의 원칙에 의하여 지방자치 단체 중심으로 시행되고 되어 있다. 그러나, 수도권등 취수원으로부터 상당히 멀리 떨어져 있는 지방자치 단체에서는 개별 지방자치 단체별로 상수도 사업을 추진하는 것은 오히려 투자의 비효율성을 초래할 우려가 있고, 원거리 취수원의 개발과 상수도 공급시설의 건설에는 막대한 시설비가 요구되므로 자체 투자 재원이 빈약한 지방자치 단체로는 사업비 조달에 큰 어려움이 따르게 되어, 투자의 효율성 및 기술의 전문성, 지역간 균형있는 공급등을 도모하기 위하여 중앙정부 또는 물전담기관인 한국수자원 공사에 의한 광역상수도 체계가 점차 확대되어 지방자치 단체에서 시행하는 지방상수도 체계와 공존하고 있다. 광역상수도 체계가 이와같은 장점을 지니긴 하였지만, 계획이 무분별하게 이루어지든가 운영이 제대로 이루어지지 않을 경우에는 과대한 시설 설치로 인한 예산이 낭비되고 시민들의 부담은 가중되게 된다.

또한, 현재의 각종 상수도 계획이 관청 주도로 이루어지다 보니 합리적인 수요추정에 근거한 계획이 되지 못하고 과다한 인구나 수요를 추정하여 상수도 계획을 수립하거나 이미 타 상수도 시설에서 개선된 각종 시설들이 새로운 시설 설치시에 도입이 되지 못하거나 운영을 감안하지 못한 상태에서 계획이 이루어지는 등의 문제

점을 지니고 있다. 따라서, 본 절에서는 지금까지의 상수도 계획부문에 관한 각종 문제점을 분석한 후 향후 개선 방안을 제시하고자 한다.

### 2.2 상수도 시책

#### 2.2.1 개요

상수도 계획은 무엇보다도 소비자인 국민에게 가능한 한 많은 혜택이 주어지도록 수립되어져야 한다. 그러한 입장에서 지금 당장 어느 계층 또는 어느 지역의 주민들에게 혜택을 줄것인가 또는 수질을 보존하여 장차 국민들이 골고루 혜택을 받아야 하는가 등이 종합적으로 고려되어 계획이 수립되어야 하며 일단 수립된 계획은 효율적으로 추진되도록 정부관련 기관이 유기적으로 협조되어야 하고, 시설 계획부터 수요자에게 이르는 각종 계획이 일관되게 수행되어져야 하며 또한 수질보존까지도 고려한 종합으로 수립된 후 실행에 옮겨져야 한다. 그렇다면 가장 우선적으로 고려되어야 할 사항은 유한자원인 물을 어떠한 방법으로, 어느정도의 양을, 어느정도의 수질로, 어떠한 가격으로 공급하느냐, 누가 이 일을 담당하는 것이 효율적이냐하는 문제가 제기된다. 현재 우리나라가 당면하고 있는 상수도 문제로는 우리나라의 상수도 보급율이 낮다는 것이다. 즉, 국민 모두가 상수도 혜택을 받지 못하고 국가의 사회 간접시설로 인정되어 주로 국민의 세금으로 투자되는 상수도 혜택을 약 20%의 국민들이 받지 못하므로 형평의 원칙을 벗어나고 있는 점이다. 둘째로는, 사용가능한 용수가 부족한 점이다. 이제까지는 물의 양 자체가 부족하다는 인식은 거의 없었으나 용수공급의 지속적인 확대와 아울러 점차 오염이 확대되고 있으며 아울러 깨끗한 물을 선호하는 국민들이 점차 늘어남에 따라 이용가능한 용수량에 대한 관심이 고조되어 있다. 그러나 우리나라의 경우 전반적인 물의 총량은 전체 사용량에 비하여 큰 편이지만 강우량의 계절적 편재가 심하여 적정한 저장시설이 부족할 경우 강우량을 제대로 이용하지 못하는 경우가 많다. 또한 안정적 취수원이 전국에 골고루 퍼져있는것이 아니라 특정지역에 편재되어 있으므로, 상대적으로 취약한 지역은 지금도 물 문제가 상당히 심각하다. 따라서 이를 효율적으로 해결하기 위한 계획의 수립과 시행이 요구된다. 셋째로, 현재까지 지표수원을 주로 취수원으로 이용하여 사용하여 왔으나 그동안의 성장위주의 국가 계획

과 수질환경보존에 대한 인식의 부족으로 상수도원인 지표수의 오염이 심각해지고 있는 점이다. 이와 같은 문제를 그대로 방치할 경우 지표수원을 취수원으로 이용하는데 한계에 도달할 것이며 대체수원인 지하수원으로 이를 대체한다 할지라도 그 필요량에 대한 의문과 함께 엄청난 투자비가 소요될 것이다. 따라서 수질 오염에 대한 국민들의 인식제고를 위한 계획과 취수원에 유입되는 하·폐수를 처리하고, 효과적으로 관리 할수 있도록 계획이 수립되어져야 한다. 넷째로, 지역간의 상수도 개발의 격차와 요금이 격차가 심화되고 있는 점이다. 현재 각 상수도사업의 입지조건등에 의해 급수원가에 차이가 생겨, 그 결과 상수도 요금에 어느정도의 격차가 생기는 것은 어쩔수 없는 것이지만 실제 지역간 요금격차는 표 2.1에서 보는 바와같이 상당히 큰 편이다.

표 2.1 도시별 상수도 평균 단가표

| 도시별       | 서울  | 부산  | 대구  | 인천  | 광주  | 대전  |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 평균단가(원/톤) | 250 | 318 | 301 | 289 | 348 | 277 |

\* 자료 상수도 통계(1996, 환경부)

그러나, 상수도 요금이 물의 공급이라는 동질의 서비스에 대한 부담인것을 생각하면, 전국적으로 이 격차는 가능한한 작은쪽이 바람직하기 때문에 격차의 시정을 위한 적극적인 노력이 필요하다.

현재 정부의 각부서에서는 이와같은 당면과제들을 해결하기 위하여 각종 계획들을 시행하고 있지만, 상호유기적인 연결이 제대로 되지 못하고 있는 실정이다.

### 2.2.2 상수도 기본 시책방향

정부의 상수도 시책방향을 분석하기 위해 우리나라 상수도와 관련된 계획중 가장 일반적이며 포괄적인 종합계획안인 경제사회개발 5개년계획중 제6차 경제사회개발 계획을 우선 검토해볼 필요가 있다.

제6차 경제사회개발계획('87 - '91)에서는 우리나라 상수도의 문제점을 수원확보의 곤난, 시설용량부족 그리고 상수도요금의 저수준이라고 진단하고 있으나, 상수도 수질

오염과 상수도요금에 관한 시책방향 및 추진계획에 대한 언급은 미흡한 설정이다. 다시 말해서 상수도의 양적요인들(건설용량, 수원확보등)에 대하여는 그 문제점, 시책방향 및 실천계획이 상호 연계되어 수립되어 있으나, 상수도의 질적요인들(상수도 수질, 지역균형발전, 적정요금수준, 업무의 전문화)에 관하여는 문제점 또는 시책방향은 설정되어 있으나 그 세부계획은 수립되어 있지 않다.

다음 표 2.2는 제6차 경제개발 5개년 계획에서 제시하고 있는 상수도의 문제점, 시책방향 및 추진계획을 나타내고 있다.

표 2.2 제6차 경제개발 5개년 계획 (1987~1991)안중 상수도 시책방향

| 문 제 점     | 시 책 방 향                             | 추 진 계 획  |                        |
|-----------|-------------------------------------|--|------------------------|
| 수원확보곤란    | ○하천표류수에 높은 의존<br>○원수오염으로 수원확보 곤란    | ○시설확충 지속<br>○안정취수원 확보<br>○수질보호지역 관리의 효율화                   | ○상수도보급율향상<br>○광역상수도 건설 |
|           | ○수요의 증가<br>○배수지·가압시설의 미비로 급수불량지역 상존 | ○신규시설확충<br>○기존시설확충/개량                                      |                        |
| 상수도요금의 저렴 | ○요금의 저렴으로 투자 부족<br>○사무담당기관의 다양화     | ○광역상수도는 정부투자사업으로 지방상수도는 정부지원 사업으로 추진<br>○광역상수도 광역적 관리체계 검토 |                        |

자료: 이석구, 상수도 계획방향과 제도개선, 제23회 수도 심포지엄 (1992, 4)

이와 같이 제6차 경제사회 개발계획이 수립되던 1980년대 중반까지만해도 양적성장에 바탕을 둔 상수도 시책방향은 1980년대 말부터 새로운 국면을 맞이하게 되었다. 즉 제6공화국으로 넘어와서 복지사회구현을 기본이념으로, 국민이 안심하고 마실 수 있는 맑은 물 공급과 쾌적한 환경조성에 재원 우선배정등 인식의 대전환을 도모하기 시작했다. 이러한 맥락에서 국무총리행정조정실에서는 “맑은 물 공급 종합대책”을 발표하였다. 최근 이러한 대책들은 주로 상수도 수질과 이와 관련된 관리체계의 재검토를

다루고 있으며, 그 기본방향(“맑은물 공급 종합대책”, 국무총리행정조정실)은 다음과 같다.

표 2.3 맑은물 공급 종합대책 (국무총리 행정조정실)

| 기 본 방 향  | 과 제   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 원수수질의 1급수화<br/>→ 오염원인의 철저한 제거</li> </ul>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전국 84개소 하수처리장시설(특히 상수원오염 유발지역은 '92년까지 완공)</li> <li>- 공해공장 이전등 상수원 특별대책지역 지정관리</li> </ul>           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 상수도 유통과정의 혁신<br/>→ 유통시설 근대화와 관리전문화</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 20년 이상의 정수장과 급배수관은 '95년까지 시설개체</li> <li>- 전문인력 확보 및 상수도사업본부 설치 확대</li> <li>- 상수도관망도의 작성</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 상수도공급의 광역화<br/>→ 양질의 상수원 확보</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 중소규모 상수원 댐 건설</li> <li>- 정수장의 취수원 상류이전</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 물관리제도의 효율화<br/>→ 종합적인 행정체계의 확립</li> </ul>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수계별 수질 및 수량관리제도 개선</li> <li>- 국가 및 지방자치단체와 수자원공사의 기능 재조정</li> </ul>                                |

자료:이석구, 상수도 계획방향과 제도개선, 제23회 수도심포지엄(1992.4)

최근 이와같은 일련의 정부시책은 앞서 언급한 우리나라 상수도사업과 맥을 같이하는 것으로, 지금까지의 정부의 양적 상수도시책중심의 계획에서 질적시책중심으로 전환하고 있음을 알 수 있다.

### 2.2.3 상수도 관련 제도의 개선

정부는 국민에게 맑은물을 공급하기 위한 개선대책의 일환으로 그 동안의 사회적 여건변화를 수용하고 상수도 사업의 문제점을 제도적으로 해결하기 위하여 1990년에는 한국수자원공사법을 개정('90.4.7, 법률 제4332조)하여 수도사업자인 한국수자원공사로

하여금 상하수도 전문기관으로서 물에 관한 권한과 사회적 책임을 부여하여, 광역상수도 정수시설의 건설관리와 광역상수원의 수질개선을 위하여 광역상수도원의 수질에 영향을 미치는 상류지역에 대한 처리장시설의 건설·관리와 댐내의 수질조사와 오염측정망을 설치·관리할 수 있도록 하였다. 또한, 상하수도분야에 대한 기술을 체계적으로 연구·발전토록함과 동시에 지방자치단체 및 관련사업자와 그 종사자에 대한 기술지원과 교육을 할 수 있도록 함으로서 상하수도 전문인력을 양성 확보토록 하였으며, 91년도에는 수도법을 전문개정(1991.12.14 법률 제4229조)하여 산업화, 도시화에 따른 용수 수요증대, 수질악화등 사회경제여건의 변화에 대처하기 위한 수도물의 공급관리체계를 확립토록하고, 장래의 용수수요에 대처하여 수도정비기본계획, 중수도제도등을 도입하였다. 또한 수질관리체계를 확립하여 양질의 물을 국민에게 공급할 수 있도록 하는 한편 산업화, 도시화에 따른 상수원의 수질 악화로 정수처리기법 역시 복잡 다양화되어 가고 있어, 전문인력의 부족으로 정수처리시설의 효율적인 운영과 기술검토가 어려운 실정이므로 수도에 관한 기술의 연구·개발을 촉진하고 수도종사자에 대한 교육훈련의 효율적 추진을 위하여 정부가 이를 지원할 수 있도록 하였다. 또한, 지하수의 취수를 제한함으로서 수질오염, 수원고갈 및 지반 침하가 우려되는 지역에 있어서 상수원을 보호할 수 있도록 하는등 그간에 변화된 사회 경제적 여건을 획기적이고 과감하게 수용하고, 기타 법령 및 규정상의 미비점을 정비보완하여 수도법을 전면 개정하였으며 수도법개정에 따른 후속조치로 수도법시행령과 시행규칙을 개정하였다.

정부는 이를 통하여 수도법자체를 위생법적 및 환경법적 성격에서 계획적 성격을 가미함으로써 장래의 용수수요에 능동적이고 적극적으로 대처해 나가도록 의미를 부여하였으며, 국가, 수도사업자 및 국민에 대한 책무를 새로이 부여하여 수도의 중요성과 책임성을 상기토록 하고 행위의 지침 또는 지도원리로서 계획의 방향을 제시하는 기준으로서 어떠한 사회, 경제적 발전과 변화하는 상황하에서도 수도에 관한 가치판단기준을 설정함으로써, 국가는 계획을 수립하고 합리적인 시책을 강구하며 수도사업자에 대한 기술 및 재정지원에 노력하도록 하였으며, 수도사업자는 수도를 계획적으로 정비하고 수도에 의하여 공급되는 물을 안전하고 적정하게 공급하도록 노력하고, 모든 국민은 국가가 추진하는 수도에 관하여 시책에 협력하고 수도물을 사용하는데 노력토록 하였다. 수도물의 공급관리체계를 확립하기 위하여 종전의 수도, 공업용수도, 전용수도를 일반수도, 공업용수도, 전용수도로 구분하고, 일반수도를 광역상수도, 지방상수도 및 간

이급수시설을 포함시켜 수도관리의 일원화를 기하였고, 광역상수도와 공업용수도는 국가·지방자치단체 및 한국수자원공사가, 지방상수도와 간이상수도는 지방자치단체가 설치·관리토록하고 전용수도를 전용상수도와 전용공업용수도로 구분 설치·관리토록 하였다. 수도사업자 역시 수도시설에 따라 일반수도사업자와 공업용수도 사업자로 구분하였다.

또한 수도정비 기본계획에 대한 제도를 도입하므로써 인구의 증가, 국민생활수준의 향상 및 도시화, 산업화등 날로 급증하는 용수수요를 충족하고 수도의 고급화 시대에 능동적으로 대처해 나가기 위하여 수도의 질적인 문제해결과 수도사업을 계획적·체계적·효율적으로 추진할 수 있도록 상수도정비기본계획 제도를 도입하여 수도사업을 합리화하여 무계획적인 사업추진으로 인한 중복과 예산낭비를 막도록 하였다.

또한 인구증가, 산업화에 따른 장래 용수수요에 대처할 수 있도록 국가는 광역상수도에 대해서, 지방자치단체는 지방상수도에 대하여 10년 단위로 수도정비 기본계획을 수립토록 하여 수도시설의 설치·관리 및 상수원보전의 적정을 기하고, 국가 또는 지방자치단체의 수도계획의 적극적, 계획적인 추진을 위한 제도를 확립하기 위한 조치로서 전국적인 광역상수도의 정비 및 시설의 대형화, 수계별 개발가능한 상수원과, 상수원으로 이용가능한 댐을 연결하여 광역상수도 정비기본계획을 수립할 수 있도록 하였다.

또한, 상수원의 수질관리체계를 일원화하기 위하여 건설교통부장관(당시 건설부장관)이 지정·관리하고 있는 상수보호구역을 환경부장관(당시 환경처장관)이 지정·관리토록하고, 상수보호구역 관리비용을 보호구역 지정·관리로 인하여 이익을 받는 수도사업자가 관리비용과 수질오염 방지시설의 운영등에 소요되는 비용을 부담토록 하였다.

국민에게 양질의 수도물을 공급할 수 있도록 하기 위하여 상수원의 원수에 대한 수질검사기준과, 정수에 대한 수질검사기준을 환경부 장관이 정하도록 하고, 수도사업자는 그 검사기준에 따라 수질검사를 실시토록 하였고 수도 및 수도물에 대한 위생상 조치를 강화하기 위하여 수도이외에 수도물을 다량으로 사용하는 건축물의 소유자 또는 관리자는 저수조등 급수장치에 대한 소독 위생상 필요한 조치를 취하도록 하였다.

#### 2.2.4 광역상수도 확충

가용수량의 지역간, 유역간 불균형이 상존하는 우리나라 수자원 특성하에서는 광역용수공급 체계 확대가 필연적으로 요청되고 있다. 특히 하천수질의 오염이 더욱 심각해지고 있는 현시점에서 광역 공급체계의 확대는 안정적 용수공급을 보장하는 최선의 대책이 된다.

또한 확보된 물을 지역 및 도시개발 등 국토계획에 맞추어 지역간에 고르게 배분하기 위해서는 광역상수도시설의 확충이 필요하므로, 현재 건설중인 수도권(V)단계등 14개 광역상수도와 아산(I)단계 등 3개 공업용수도는 1999년까지 완공하고, 2011년까지 17개 광역상수도와 4개 공업용수도를 추가로 건설함과 아울러 농어촌 및 일부 도서지역까지 광역상수도 공급범위를 확대하여 광역상수도 공급비율을 크게 끌어 올릴 계획에 있다.

#### 2.2.5 기존 광역상수도 연결망 구축

다목적댐이나 광역상수도의 수해지역이라 하더라도 이상가뭄, 수질사고 등 어느 한쪽 수계 또는 광역상수도 계통의 용수공급 문제가 발생할 경우에 대비할 필요가 있다.

지역간의 물수급 균형을 이루기 위한 하나의 방안으로서 2개 이상의 광역상수도를 연결하는 광역상수도 네트워크(Network)의 구축을 들 수 있다. 광역상수도가 본래 일정한 취수원을 가지고 여러 지역으로 물을 배분하는 기능을 갖는 것이지만, 하나의 광역상수도계통 자체내에서 가뭄으로 인한 물부족이 발생하거나 송수관로의 파손 또는 수질오염 등의 사고로 정상적인 물공급이 어려워질 경우에 대비하여 광역상수도간 관망을 연결하는 체계를 갖추는 것이다.

광역상수도간의 연결은 현재 운영중인 시설은 물론 현재 건설 중이거나 앞으로 계획 중인 시설들도 인근 광역상수도와의 연결에 대비하여 정수장, 가압장의 위치, 관경 등이 사전에 고려되어야 하며, 물 수급계획이나 투자재원 계획도 새로운 접근이 필요할 것이다. 오는 2001년 전국적으로 50여개의 광역상수도와 공업용수도를 운영관리할 때 권역별로 관망이 연결되면 보다 안정적인 물공급체계를 갖추게 되어

수자원의 이용효율을 극대화시킬 수 있을 것이다.

### 2.2.6 대심도 지하터널을 활용한 광역급수체계 검토

#### 가. 대심도 개요

'95년 현재 우리나라 상수도 보급률은 82%를 넘어서 국민생활의 기반을 이룸에 따라 수돗물의 안정공급과 질적향상을 요구하는 사회적 요청이 매우 강해지고 있다.

따라서 재해시나 갈수시에도 안정적인 급수체계를 확보할 수 있도록 공급경로의 복선화나 저류기능 확충 등으로 상호 보완적이고 비상시 대응가능도록 수도시설을 정비할 필요가 있다.

대심도란 일반토지 소유자에 의해 통상적으로 이용되지 않는 지하공간으로서 구체적으로는 대도시지역의 지하에서 건축물과 구조물의 일부로 이용되는 지하공작물의 통상적인 깊이보다 아래에 있는 지하공간을 말한다. 일반적으로 이용되는 깊이는 대상지역의 특성에 따라 다르나 보통 40~50m 이하이며 일본의 경우 기술적 검토과정에서 “지표면으로부터 50m이상 깊이의 지하”로 규정하고 있다.

이러한 대심도 지하공간을 활용할 경우 경로 및 설치장소의 자유도가 크다. 지표면 가까이 수도관로를 매설할 경우는 지형의 기복에 따라 관로를 매설하게 되므로 에너지 손실이 크게 되는데 비하여 대심도 지하공간을 활용하게 될때 자연유하 방식에 의해 대규모 용수를 수송할 수 있으므로 펌프가입 등에 따른 에너지 비용을 절감할 수 있어 운영효율을 향상할 수 있게된다. 뿐만 아니라 기존 수도시설에 이용되던 토지와 지하공간의 합리적 재이용이 가능하며 펌프시설 등을 지하로 배치함에 따라 소음발생을 억제할 수 있어 민원을 감소시킬 수 있다는 장점이 있다.

그러나 대규모 터널을 지하에 건설하게 되므로 발생하는 여러 가지 문제점 또한 적지 않다. 대규모 공사에 따르는 건설비용이 과다하게 소요되며 일단 포설된 대심도 관로는 확장이 곤란하며 지반침하와 지하수위 저하, 지하수 유동차단, 수질오염 등과 습지, 호소, 삼림 등 지하수원과 밀접히 관련되어 있는 자연환경에 영향을 미치게 된다. 이밖에 시가지 구간에서는 대구경의 터널을 건설함에 따라 발생되는 대

량의 건설잔土 처리에 많은 비용이 소요되는 단점이 있다.

이러한 대심도를 이용한 상하수도 시설에 대한 외국의 예를 살펴보면 수도시설의 경우, 런던의 테임즈 대심도 환상송수관로는 지하 40m에 평균 2.54m의 터널을 설치하여 하루 252.5만 $m^3$  규모의 용수를 공급하는 시설로서 사업기간은 '86~'98년 까지인데 1단계('86~'91년)와 2단계('92~'94년) 시설이 완료되어 운용중에 있으며, 3 단계('91~'98년) 시설인 정수장 개선을 추진중에 있다. 이 시설로 런던 인구 600만명 중 약 450만명이 급수혜택을 입는다.

또한, 뉴욕시 도시터널은 3개 구간으로 나누어져 있으며 1터널은 1905년부터 1928년까지 직경 3.3m~4.5m 규모로 29km가 건설되었으며, 2터널은 1928년부터 1936년까지 직경 4.5m~5.1m 규모로 32.2km가 건설되었고, 3터널은 직경 3.8m~7.2m 규모로 84.6km가 건설되어 뉴욕시가지 용수공급의 90%를 담당하고 있다.

한편, 하수도 시설로서 시카고의 TARP(Tunnel and Reservoir Plan)는 약 177km의 터널을 건설('72~'85)하여 강우시 방류오탁 부하량의 약 85%를 감소시키는 역할을 담당하고 있으며, 도쿄의 지하하천은 지하 40m에 내경 10~12.5m의 터널을 굴착하여 하천의 유하능력 초과분의 하수유출을 저장(저류량 약 54만 $m^3$ )하는 조절지로 사용하는 방안을 구상중에 있다.

### 나. 수도권 지역에 대심도 광역급수체계 도입 검토

우리나라도 수도권 지역의 늘어나는 용수수요를 충당하고 노후화된 기존 시설을 개선하기 위해서는 대심도 지하터널에 의한 용수공급 방안을 검토할 필요성이 있다. 현재까지 건설된 수도권 광역상수도 1~4단계 시설과 건설 중인 5단계 시설, 그리고 현재 설계 중인 6단계 시설까지 고려한다면 도로나 하천부지에 더 이상의 수도관로를 매설할 부지를 확보하기가 어려운 실정이다.

수도권 지역의 대심도 용수공급 노선으로는 팔당댐으로부터 과천과 평촌을 경유하여 부천, 인천으로 용수를 공급하며 수원과 일산·고양에는 주관로에서 분기하는 방안이 있으며, 다른 안으로는 팔당에서 과천과 평촌을 경유하여 부천, 인천에 용수를 공급하고 일산과 고양은 별도의 노선을 설치하는 방안 등이 고려될 수 있다.

대심도 시설 도입을 위하여는 지자체와 비용부담에 따른 협의, 심층지하공간에

대한 유사 이용자와의 공동개발, 시공상 기술의 안전성, 자연재해(지진)시 안전성, 지하권 사용 우선순위 등의 법적장치 등에 대한 검토가 선행되어야 할 것이다.

'95년말 현재 전국의 수도시설 규모는 21백만m<sup>3</sup>/일로 94년에 이르는 수도 역사를 고려할 때 일부시설은 수명이 다하여 관로파열 등의 사고에 따른 물공급 중단사례가 빈번한 실정이다. 따라서 노후화된 지하매설 관로류에 대하여 과학적인 판단에 대한 근거, 적절한 시기에 개선할 필요가 있으나 지하공간의 포화로 인한 관로교체 부지 확보가 곤란한 실정이므로 심층지하공간을 활용하는 등 종합적이고 장기적인 계획개발이 필요하다.

## 2.3 상수도 관리

### 2.3.1 개요

우리나라의 상수도 관리체계는 건설교통부, 환경부등 여러부처가 관련되나 이를 효율적으로 종합, 조정할 수 있는 체제가 결여되어 있으며 상수도 관리업무는 공권력적 역할과 공기업적 역할이 혼재되어 있는바 정부와 공기업과의 효율적인 분업이 이루어지지 못하고 있다. 또한 상수도 수원 및 수질관리 주체의 다원화로 체계적인 개발미흡과 투자효율성이 저하되고 있다.

이와같은 상수도 관련부처의 다원성은 구미의 선진국이나 일본의 경우도 마찬가지로, 이는 물이 국민생활에 미치는 영향의 다양성을 반영하고 있다. 다만, 외국의 상수도 관리체제와 우리나라의 그것과의 가장 큰 차이는 우리나라의 경우, 이러한 상수도 관련 부처의 업무와 이해관계를 국가차원에서 조정하거나 중재하는 실질적인 기관이 없다는 것이다. 이러한 상수도 관련 업무의 중재 및 조정기능이 없기 때문에 우리나라의 경우 상수도원의 보존, 관리, 개발 및 상수도 시설의 계획 및 관리에 종합적이고 일관성있는 계획수행이 어렵다.

### 2.3.2 물수요 관리

댐건설적지 감소, 지역주민의 반발, 재원확보의 한계 등 앞서 설명한 바와 같이

수자원개발의 특성상 계획대로 적기에 용수를 공급한다는 것은 거의 희망에 불과하다. 뿐만 아니라 물 사용량의 증가는 환경처리시설의 증대와 종국적으로 하천수질의 오염을 유발하게 되고, 에너지의 낭비를 초래하게 된다. 물을 아껴 사용하는 물 절약형 사회가 되면 하천취수량 감소로 하천의 자정능력을 높이고, 환경처리비용의 절감, 물값 부담 감소, 지역간 물배분의 유연성을 확보할수 있어 물분쟁 감소효과등을 기할수 있다.

생활용수의 년간 사용량 56억톤('94)의 10%만 줄여도 6억톤의 양을 줄이는 셈이 되고, 합천댐의 공급량과 같으며 이는 댐, 수도시설, 하수처리장 건설비 2조 2천억 원과 년간 운영비 995억원의 절감효과가 나온다.

따라서, 물의 효율적 관리는 물수요관리가 기본요소이다. 그림 2.1은 주요국가별 국민소득 1,000\$당 급수량을 나타낸 것으로 우리나라의 물 소비량은 선진외국과의 소득수준을 감안할 경우 2.5~4.6배 이상 많다.

1,000\$당

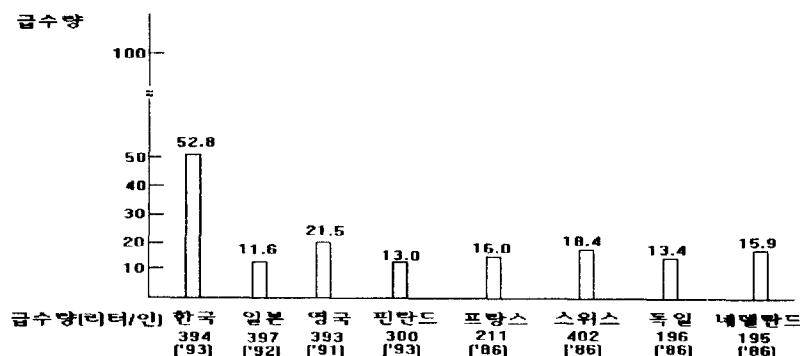


그림 2.1 국민소득 1,000\$당 급수량

이와같은 물급수량이 많은 것은 물값이 저렴한 것과 노후관이 많아 누수가 많은 것이 그 주요 원인이라고 할수 있다. 한편 현행 수돗물값 체계는 물가안정을 이유로 너무 낮게 책정되어 있어, 물의 낭비를 유발하고 재정적자 요인이 되어 수자원 시설에 대한 투자재원의 확보가 어려운 상태에 있다. 표 2.4는 '94년 기준 주요국가의 도시별 수도요금을 비교한 것으로 외국의 용수가격과 비교해보면 외국에 비해

3~7배 저렴하다.

표 2.4 각국의 수도요금 비교(94년)

| 국가명 | 도시명 | 요금(원/톤) | 한국과의 비율 |
|-----|-----|---------|---------|
| 한국  | 서울  | 200     | 1.0     |
| 일본  | 동경  | 1,422   | 7.1     |
| 호주  | 시드니 | 924     | 4.6     |
| 독일  | 본   | 724     | 3.6     |
| 프랑스 | 파리  | 1,315   | 6.6     |
| 영국  | 런던  | 596     | 3.0     |

또한, 수도요금의 도시가계 월평균 소비지출에 대한 비중은 0.53%에 불과하여 교통요금 등 다른 공공요금에 비해서도 상당히 낮은 상태이며, 커피 한잔에 수돗물 6.3톤을 구매할 수 있는 등 다른 상품에 비해 수돗물값이 너무 저렴하다.(소주 1병 : 2.9톤, 담배 1갑 : 4.2톤, 커피 1잔 : 6.3톤, 콜라 1병 : 1.6톤) 그럼 2.2는 '94년 기준 수도요금의 도시가계 소비지출 비중을 도시한 것이다.

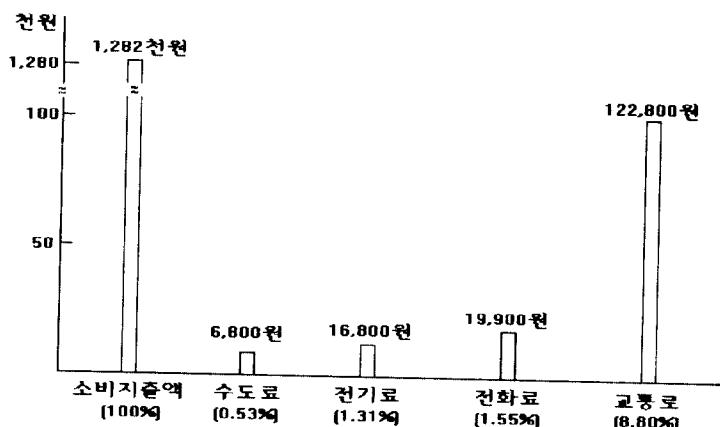


그림 2.2 수도요금의 도시가계 소비지출 비중(94년)

### 2.3.3 용수수요 관리

#### 가. 생활용수

현행 수돗물 값은 생산원가에 미달하는 등 너무 낮게 책정되어 있어 신규 투자에 대한 재원확보가 곤란하며 수질개선을 위한 적정관리가 미흡한 실정에 있다. 따라서 댐원수, 광역상수도 요금은 2001년까지 단계적으로 인상하고 지자체 수도요금은 절수유도형 요금체계를 도입하여 기본적인 사용량은 저렴하게, 낭비적인 요소에 대해서는 비싸게 공급하여야 한다. 이와같은 물값 현실화는 물은 자유재가 아닌 경제재라는 인식을 고취시켜 국민의 물절약 의식을 계도하는 차원에서 더욱 중요하다고 생각된다.

중수도를 도입할 경우에는 수돗물의 공급량을 줄일 수 있으므로 신규 시설투자비용을 깨끗한 수돗물생산에 투입할 수 있게 되고, 또한 하수발생량도 줄어들므로 그에 상응한 수질보전 효과도 있다. 특히 물을 다량으로 사용하는 대형 건축물과 대단위 시설물이 늘어나면서 공급량을 늘려 나가는 데는 한계가 있기 때문에 장래의 물 부족에 대처하기 위하여는 중수도제도의 확대가 불가피한 실정이다.

이러한 중수도 보급확대는 2001년까지 생활용수의 약 14%(하루 360만톤)를 대체 가능할 것으로 예상되며, 특히 인천국제공항(공항구역)등 대규모 건물에는 중수도시설 설치를 의무화해 나갈 계획이다. 그러나, 아직까지는 중수도에 대한 이해부진등으로 인하여 설치나, 운영이 미진한 실정임으로 앞으로 중수도 제도의 활성화와 중수도 기술개발보급을 위한 적극적인 조치가 요구된다.

상수도 공급량중 급배수 과정에서 손실되는 수돗물양은 년간 약 12억톤으로 이는 우리나라 최대댐인 소양강댐의 1년간 용수공급량과 맞먹는 엄청난 양이다. 따라서 노후관 개량을 촉진하여 상수도 누수율을 최소화하는 것이 불필요한 상수도수요의 유발을 방지할 수 있다.

#### 나. 공업용수

공업분야에서 물은 냉각용수, 제품처리용수, 세척용수 등 광범위한 용도로 사용

되고 있으므로 물의 재이용, 재순환을 통해 공업용수의 절감이 가능하다. 그런, 우리나라의 경우 한번 사용한 공업용수가 회수되어 재사용된 수량에 대한 정확한 통계치 뿐만아니라, 공업용수의 업종별 회수율에 대한 자료도 없는 실정이다.

폐수의 재이용에 영향을 주는 요소들은 이용성, 경제성, 신뢰성 그리고 수질이다. 경제성 입장에서 폐수의 재이용 비용이 자연수원 또는 용수공급에서 얻는 물 비용보다 적어야 되므로 고도정수처리 기술이 발전하여 경제성이 향상된다면 공업용수 회수율은 더욱더 증대될 것이다. 이러한 회수율의 제고는 공업제품의 원가절감은 물론 수자원의 효율적인 이용측면에서도 바람직하므로 공장내의 물의 재이용과 재순환을 통한 수요절감은 기업자의 자세와 정부의 적극적인 지원계획이 필요할 것이다.

#### 다. 농업용수

우리나라의 관개용수는 대부분 논의 벼생산에 집중된다. 농업용수로부터 수요를 절감하는 가장 효율적인 방법은 식물성장에 필요한 물소비량을 절감하는 것이다. 그러나, 이것은 대부분의 식물이 최적생산을 위한 증발산량이 고정되었기 때문에 어렵다. 따라서, 저소비수량 품종의 개발과 염분에서도 자랄 수 있는 품종 등의 개발로 담수의 절약이 필요하다.

또한 용수로 53천km<sup>3</sup>중 77%가 흙으로 되어 있어 수로 손실수량이 많으므로 수로의 라이닝이 시급한 실정이며, 용수공급을 위한 관개시스템의 자동화, 적절한 관개방법의 선정등을 통하여 농업용수의 효율성을 증대해야 할 것이다.

#### 2.3.4 지하수 관리

지하수는 강수나 지표수가 침투하여 이루어진다. 지하수가 유출하여 지표수가 되고, 지표수가 다시 지하수로 함양되므로 「물의 순환」 과정을 거치는 중요한 자원이다.

지하수가 풍부하여 수량이 안정적으로 확보될 수 있는 나라는 생활용수의 주공급원이 되고, 지표수는 농업용수나 공업용수로 확보하는 경우도 있다. 우리나라의

경우 지하수 부존량은 지하심도 800m까지 심층지하수를 포함하여 약 1조 $m^3$  이상이다. 지하수의 수위변동 등에 의한 주변지역에 악영향을 미치지 않는 범위 내에서의 지하수개발가능량을 적정한 개발 가능량이라고 할 수 있다. 즉 지하수 함양과 배출이 이루어지는 과정에서 지하수 순환체계가 파괴되지 않는 범위내에서 개발할수 있는 양을 뜻한다.

그간 여러차례에 걸쳐 조사한 바에 의하면 우리나라의 지하수 개발가능량은 년간 130~140억 $m^3$ 으로 추정되고 있다. 우리나라는 대규모 대수층의 발달이 빈약하고, 해안지역은 염수침입으로 대규모 지하수의 개발이용이 현실적으로 어려운 실정이다. 그러나 대규모 댐의 수해지역이 아니거나 수원확보시설 설치가 어렵고, 지표수가 부족한 지역은 지하수 개발이 불가피하다.

### 가. 지하수 이용실태

우리나라의 지하수 용도는 매우 다양하다. 지하수 개발목적을 용도에 따라 분류하면 첫째 상수도 수원으로 개발하는 경우, 둘째 상수도 비보급지역에 음용을 목적으로 개발하는 경우, 셋째 상수도 보급지역에서 영리목적으로 지하수를 개발하는 경우, 넷째 지표수 개발이 불리한 공단지역 및 공장등에서 지하수를 개발하는 경우, 다섯째 농업용수원으로 지하수를 개발하는 경우, 여섯째 기타 온천용 및 광천음료수 등으로 개발하는 경우로 구분할 수 있다.

건설교통부에서는 '94.8월 시행된 지하수법에 따라 전국 시도에서 보고된 "지하수이용실태 조사"를 토대로 지하수 이용현황을 용도별, 지역별로 집계 분석하여 지하수 조사연보를 발간했다. 이에 따르면 '95년도의 지하수 이용량은 년간 총 2,623 백만 $m^3$ 이며, 그중 생활용수는 53%, 농업용수는 39% 그리고 공업용수는 8%를 차지하고 있으며, 수자원 이용량 중에서 약 9% 수준을 지하수로 사용하고 있다. 95년 말 기준 용도별, 지하수 이용 현황은 표 2.5와 같다.

표 2.5 지하수 이용현황(95년말 현재)

(단위 : 백만m<sup>3</sup>/년)

| 합계      |                 | 생활용수    |                  | 공업용수   |               | 농업용수    |                  |
|---------|-----------------|---------|------------------|--------|---------------|---------|------------------|
| 관정수     | 이용량             | 관정수     | 이용량              | 관정수    | 이용량           | 관정수     | 이용량              |
| 763,646 | 2,623<br>(100%) | 466,284 | 1,393<br>(53.1%) | 10,914 | 211<br>(8.1%) | 286,448 | 1,019<br>(38.8%) |

※ 수자원 총이용량 301억톤중 지하수의 사용비율은 9%임

소관별·이용실태를 보면 지하수법에 의한 신고 대상이 전체의 25%, 타법에 의한 사용이 29%, 기타 46%이다. 95년말 기준 소관별 지하수 이용 현황은 표 2.6과 같다.

표 2.6 지하수 이용현황(95년말 현재)

(단위 : 백만m<sup>3</sup>/년)

| 합계      |                 | 지하수법신고  |                  | 타법에의한신고 |                | 기타      |                  |
|---------|-----------------|---------|------------------|---------|----------------|---------|------------------|
| 관정수     | 이용량             | 관정수     | 이용량              | 관정수     | 이용량            | 관정수     | 이용량              |
| 763,646 | 2,623<br>(100%) | 109,723 | 1,097<br>(41.8%) | 105,740 | 457<br>(17.4%) | 548,183 | 1,069<br>(40.8%) |

※ 타법 : 온천법, 먹는물관리법, 민방위기본법, 농어촌특별조치법, 제주도개발특별법, 국방·군사시설사업에관한법률, 하천법, 수도법, 주택건설촉진법

기타 : 경미한 개발로 지하수법에 의한 신고대상에서 제외

생공용수로서 30m<sup>3</sup>/일 이하 개발·이용농업용수 및 국방 군사시설로서 150m<sup>3</sup>/일 이하 개발·이용

#### 나. 지하수 장애사례

지하수의 무절제한 취수 이용으로 지하수자원의 고갈, 지반침하, 수질오염 등의 문제점들이 여러곳에서 발생되고 있다.

### (1) 수원고갈사례

지하수의 이용량이 함양량보다 상당히 커서 함양현상으로도 수위회복이 불가능한 경우에는 지하수계의 변형을 일으키며, 궁극적으로 수원고갈과 함께 지하수 이용이 거의 불가능해 진다. 지하수는 그 유동속도가 극히 느린만큼 고갈된 대수층이 원상태로 함양되는 데는 오랜 시간이 걸리게 된다. 지하수의 과다 취수에 의한 수원고갈의 대표적인 사례는 다음과 같다.

- ① 생수시판과 함께 초정약수 소재지인 충북 초정리 일원에 약 140개소의 암반관정이 생수업체들에 의하여 무분별하게 개발되어 인근지역의 기존 우물들이 마르는 현상이 발생했다.
- ② 경남 창녕군 부곡면 거문리 일대(부곡온천)는 무절제한 온천개발로 지하수위가 '82~'86년의 5년동안 145m정도 강하되었다.

### (2) 수질오염사례

지표 오염물질이 상부 지층을 통하여 지하로 유입되거나 무단 방치된 폐공 등을 통하여 오염물질이 직접적으로 대수층에 유입되어 지하수의 유동과 더불어 이동, 확산됨으로서 발생한다. 지하수는 한번 오염되면 지표수와는 달리 회복에 장기간이 소요되나 지하수 수질오염에 대한 대책이 없는 상태에서 지하수가 이용되고 있다.

- ① 인천광역시 남동구 고잔동에서 인근 유리섬유 제조업체가 폐기물을 무단매립함에 따라서 이지역 주민들의 식수원인 지하수가 오염되어 주민들에게 피부질환이 발생하였다.
- ② 고농도 화공약품과 유류가 운반도중 교통사고로 누출(연평균 60건, 90만 l 추정)되어 토양과 지하수 오염이 가중되고 있으며, 서울 난지도는 쓰레기의 침출수로 인해 주변 지하수 오염이 가속화되고 있다.
- ③ 경기도 시흥시 소래지역 공동주택(예림빌라)단지의 경우 오염된 지하수를 음용수로 사용함으로 인해 주민복통사례가 발생(88년)한 바 있다.

### (3) 염수침입사례

주로 해안이나 도서지역에서 발생하는 염수침입은 육지에 위치한 정호로부터 지하수를 양수하였을 때 염분농도가 많은 해수가 대수총을 통해 정호로 유입된다. 제주도 동부 성산읍은 지하수 과다채취로 인해 해안에서 6km 내륙까지 염수침투가 확산되고 해안에서 1km까지의 염도는 1,000ppm 이상으로 농업용으로도 부적합한 실정이다.

## 다. 지하수 관리행정

현재 우리나라의 지하수관련 법령은 지하수법, 온천법, 먹는물관리법, 농어촌발전 특별조치법, 제주도개발특별법등 매우 다양하다.

지하수법은 모든 지하수에 적용되고 있으나 목적과 용도가 특정한 지하수인 온천과 온천지구 규정에 관한 사항은 온천법(행정자치부), 먹는물에 관한 사항은 먹는물관리법(환경부), 농어촌지역의 지하수관정 및 집수암거의 개발에 관한 사항은 농어촌발전 특별조치법(농림부), 그리고 제주도지역의 지하수 개발 이용에 관한 사항은 제주도 개발특별법(건설교통부)등이 적용되고 있다. 이들 제반 법령들은 지하수를 단일대상으로 함에도 불구하고 지하수 사용목적에 따라 서로 다른 법체계하에서 운영관리되고 있어 지하수에 대한 종합적인 관리체계가 구축되지 않은 실정이다.

법령별 적용분야와 주관부서는 표 2.7과 같다.

표 2.7 지하수관련 법령 현황

| 법령         | 적용분야         | 주관부서  |
|------------|--------------|-------|
| 지하수법       | 생·공용수        | 건설교통부 |
| 온천법        | 온천수          | 행정자치부 |
| 먹는물관리법     | 생수           | 환경부   |
| 농어촌발전특별조치법 | 농업용수         | 농림부   |
| 민방위기본법     | 비상용 급수시설     | 행정자치부 |
| 제주도개발특별법   | 생·공·농업용수, 생수 | 건설교통부 |

### 라. 지하수 관리제도의 개선사항

수자원의 종합관리계획과 연계하여 지하수를 체계적으로 이용·관리·보전하기 위하여 93년 12월 지하수법을 제정하여 94년 8월부터 시행하고 있으나, 신고제로 인한 지하수량의 관리곤란, 신고시 획일적으로 첨부되는 시설구조도, 지하수의 수질 악화, 지하수관정의 사후관리 소홀, 수문지질도 등 기초조사 미흡, 기초조사기관의 분산등 제도적으로 개선해야 할 필요가 있는 실정이다.

지하수를 체계적으로 개발하고 효율적으로 보전·관리하기 위해서는 관련제도의 정비도 중요하다. 정부에서는 지하수법을 전면개정('97.1.13)하였으며 지하수법의 주요 개정내용은 다음과 같다.

첫째, 지하수개발 및 보전과 관련된 사항중 오염방지시설 및 폐공예치금 등에 대하여 다른 법률에 특별히 규정되지 아니한 사항은 지하수법을 적용하도록 지하수법을 기본법화 하였다.

둘째, 지하수조사가 종합적인 수자원관리계획과 연계될수 있도록 통상산업부장관이 실시하는 전국 지하수에 대한 기초조사를 건설교통부장관이 담당한다.

셋째, 일정규모이상의 지하수를 개발 이용할때에는 시도지사의 허가를 받도록 하고 과다한 양수로 인한 인근지역의 지하수 고갈등을 방지하기 위하여 허가신청시 지하수의 개발 이용으로 인한 영향 등을 분석 예측한 지하수 영향조사서를 제출하여야 한다.

넷째, 지하수 개발과정에 대한 착공 및 준공신고제를 도입하여 시·도지사가 지하수개발·이용시설의 적정성 여부를 확인할수 있도록 지하수개발 준공신고제가 도입되었다.

다섯째, 지하수를 개발·이용하는 자는 폐공이 발생하는 경우 이를 원상복구 하여야 하며 시·도지사는 폐공의 원상복구 이행을 보증하기 위하여 소요비용을 예치 토록 원상복구 의무화 및 폐공예치금제를 도입하였다.

여섯째, 지하수를 개발·이용하고자 하는자는 대통령이 정하는 일정기준 이상의 자격을 갖추어 시도지사에게 지하수개발·이용 시공업의 등록을 하여야 한다.

일곱째, 폐공을 원상복구 하지 아니하거나, 지하수 개발·이용시공업을 등록하지 아니하고 시공한자, 지하수영향조사자의 지정을 받지 아니하고 지하수영향조사를

한자 등에 대하여는 별칙을 부과하였다.

### 2.3.5 수질관리

공공수역과 각종용수의 수질을 측정하기 위해서 하천 563개소, 호수 136개소, 상수원수 469개소, 농업용수 85개소 기타 123개소의 수질측정망을 통하여 매월 수질을 측정하고 있다.

표 2.7는 4대강 주요지점의 년평균 BOD를 나타낸 것으로 90년부터 94년까지의 수질변화를 보면 한강 팔당댐은 BOD가 1.0에서 1.2mg/L로, 낙동강 물금지점도 3.0에서 4.6mg/L로, 금강 공주지점은 3.0mg/L에서 3.7mg/L로, 섬진강 하동은 1.1mg/L 수준이고, 영산강 나주지점은 6.7mg/L에서 7.3mg/L등 섬진강을 제외하고는 계속 수질이 악화되고 있어, 주요 상수원인 대하천 본류의 수질이 개선되지 않고 있다.

표 2.8 4대강의 년평균 BOD

(단위 : mg/L)

| 하천  | '90 | '91 | '92 | '93 | '94 | 비고  |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 한 강 | 1.0 | 1.1 | 1.1 | 1.2 | 1.2 | 팔당댐 |
| 낙동강 | 3.0 | 4.0 | 3.3 | 3.4 | 4.6 | 물 금 |
| 금 강 | 3.0 | 3.1 | 3.4 | 3.4 | 3.7 | 공 주 |
| 섬진강 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.3 | 1.1 | 하 동 |
| 영산강 | 6.7 | 5.6 | 5.6 | 4.5 | 7.3 | 나 주 |

자료 : 한국환경연감

주요 지천의 경우는 그 오염이 대단히 심한 상태다. 금호강이 12.8mg/L, 광주천이 35.3mg/L, 천안천이 50.7mg/L로서 하수도에 가깝다.(표 2.9참조)

표 2.9 수질이 나쁜 주요지천(94년)

(단위 : mg/L)

| 천안천  | 골포천  | 광주천  | 황구지천 | 탄 천  | 중랑천  | 오산천  | 안양천  |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 50.7 | 47.3 | 35.5 | 21.9 | 21.2 | 19.7 | 17.7 | 17.4 |

자료 : 한국환경연감

주요 취수원인 하천수질의 악화로 취수원의 상류이전, 도시하천의 하수도화 및 하천복개 등을 고려해 볼 때 하천 하류지역의 상수원 확보, 친수 환경조성등이 중요한 과제가 아닐수 없다.

표 2.10과 같이 수계별 BOD오염 부하량도 93년도 5,751m<sup>3</sup>/일에서 2005년에는 7,824m<sup>3</sup>/일로 증가될 것으로 전망된다. 하폐수량도 94년 2,208만m<sup>3</sup>에서 2005년에 2,824만m<sup>3</sup>으로 1.3배 증가할 전망이므로 환경부에서는 환경기초시설을 지속적으로 확충하여 2005년에는 하수처리율을 80%까지 제고하여 하천으로 유입되는 오염부하량을 줄일 계획이다.

표 2.10 수계별 오염부하량

(단위 : BOD m<sup>3</sup>/일)

| 구 분 | 1993  | 2001  | 2005  | 증가율 |
|-----|-------|-------|-------|-----|
| 계   | 5,751 | 7,184 | 7,824 | 36% |
| 한 강 | 2,493 | 3,219 | 3,530 | 42% |
| 낙동강 | 1,392 | 2,117 | 2,285 | 35% |
| 금 강 | 835   | 1,021 | 1,106 | 32% |
| 영산강 | 731   | 827   | 894   | 22% |

자료 : 환경비전 21시안(환경부/한국환경기술개발원, 1995)

경제성장에 따른 각종 용수사용량이 증가함에 따라 하천으로 다시 환원되는 생활하수 및 공장폐수량은 급격히 증가하고 있으나, '94년 현재 전국의 하수 처리율은 42%에 그치고 있으며, 하수 처리 시설도 57개 도시에 한정되어 있다. 또한, 맑은물 공급 종합대책의 일환으로 4대강 주요취수지점의 상수원 수질을 '97년까지 1급수로 끌어올리기 위해 4대강수질관리개선대책을 수립하여 추진하였으나, 환경기초시설

확충부진 등으로 수질목표를 달성치 못하였다.

더구나, 현재 운영중인 각종 환경기초시설에 대한 설계·시공의 부실과 관리·운영의 미흡등 총체적인 문제로 상수원인 하천의 수질은 날로 악화되고 있어 도시하천의 경우 4급수 이상으로 심하게 오염되어 있고 농촌이나 구릉지역을 흐르는 전원하천도 축산폐수 등으로 보통 3급수 정도로 오염되어 있으며 상류보다는 하류의 오염도가 높다. 이러한 수질상태로 인하여 도시하천의 생태계는 사실상 완전 파괴되었고, 대부분의 하천이 단지 배수로 역할만 하고 있으며, 전원하천의 경우도 하천과 지역주민과의 친수성은 사라지고 있다.

한편, 수질이 악화될 때마다 거론되는 댐방류 문제는 하천수질을 개선하기 위해 댐물을 방류하는 경우 갈수기때는 물자체가 없어 더 큰 문제를 발생시킬뿐 아니라, 희석수량을 확보하기 위하여 댐을 건설하는 것은 비경제적이며 세계적으로도 유례가 없다 하겠다.

또한 하천오염의 심화로 하류지역에 위치한 일부 취수장은 원수의 수질이 악화되어 상류로의 이전 필요성을 제기하고 있으므로 수량과 별도로 수질에 따른 수자원문제도 발생되고 있는 실정이다. 수질오염이 점차 부각되면서 저조한 하수처리율과 함께 고도 정수처리 시설의 미비, 수도관의 노후화 등 우리나라의 수도에 대한 문제점은 결국 국민들의 수돗물에 대한 불신을 초래하게 되었으며, 수질의 획기적인 개선과 함께 수돗물에 대한 신뢰회복이 당면한 문제라 하겠다.

## 2.4 상수도 수요예측의 실제

현재까지 국내 상, 하수도 공급에 있어서의 기본계획은 자유재로서의 물의 가치와 독과점으로서의 물의 인식 하에 중앙 또는 지방정부의 통제하에 공급되는 것을 원칙으로하여 계획이 수립되어 시행되어져 희소재로서의 그 경제적 가치나 물이라는 상품 생산을 위한 경영적인 측면보다는 본질적으로 반드시 필요한 상품으로서의 물의 공급의 확실성에 기준을 두고 계획이 수립되어 왔었다. 즉, 총체적으로 경영적인 측면보다는 공평성 또는 기술적 측면이 강조되어 계획이 수립되어 왔었다.

생활용수는 계획년도에서의 추정인구, 1인당 물 소요량 및 급수 보급율을 기준으로 하여 추정되고 이를 기준으로하여 수원에서 수요자에 이르는 각각의 시설 계획을 수립

한다. 계획년도의 추정인구는 과거의 인구 현황 및 증가율, 지역의 성격, 산업 개발 예측, 기타 사회 변동등을 고려하여 추정하며, 추정방법으로는 년 평균 인구 증가수에 의한 방법, 최소 자승법에 의한 방법, 년 평균 인구 증가율에 의한 방법, 지수 함수식에 의한 방법, 논리곡선(logistic curve)를 쓰는 방법등이 이용되어져 왔다. 1인당 물 소요량은 사용목적별로 구별하여 산출한 후 이를 합산하여 총 소요량으로 확정할 수 있는 바, 음식 및 일상생활을 영위하기 위하여 쓰이는 가정용, 전용수도를 이용하고 있지 않는 소규모의 공장등에서 사용하는 공업용, 음식점과 여관등에서 사용하는 영업용, 관공서나 사무실등에서 사용하는 사무소용, 화재 진화에 필요한 소화용, 분수 살수 등에 이용되는 잡용수, 가축 사용에 필요한 가축용등으로 구성되어 있다. 급수 보급율은 급수 구역내에서 실제적으로 급수 혜택을 받는 인구의 비율을 나타낸다.

이와같은 생활용수를 공급하기 위한 각각의 시설 결정은 위와같은 고려를 통하여 결정된 계획 급수량을 기준으로 하는데 구체적으로 각각의 시설의 특성을 고려하여 1일 평균 급수량, 1일 최대 급수량, 1시간 최대 급수량에 의하여 결정한다. 어떤 지역에서 1년간에 급수된 총수량을 급수인구와 365일로 나눈 수량을 그 도시의 1인 1일 평균 급수량이라 하며 여기에 급수인구를 곱한 수량을 1일 평균 급수량으로 한다. 이는 수원지나 저수지의 설계와 정수를 위한 약품, 전력등의 사용량 선정이나 유지 관리비등의 산정의 기준이 되고 있으며 특히 수도요금 산정의 기준으로 사용되고 있다. 실제로 1년동안의 급수량은 날짜에 따라 변동이 있는바 년간에 최대 사용 수량이 나타나는 날의 1인당의 급수량을 1일 1인 최대급수량이라 하며 이에 급수인구를 곱한 수량을 1일 최대급수량이라하며 이는 1일 평균 급수량의 1.5배 정도가 되며 취수, 도수, 정수, 송수 및 배수지의 시설 결정에 기초가 되어 왔었다. 또한 1일간의 급수량은 각각의 시간별로 변화하여 생활용수의 경우 아침이나 저녁 식사시간등이 크게 나타나며 특히 새벽녁등에는 상대적으로 사용수량이 적다. 1일중에서 1시간당 1인의 사용수량이 최대가 될때의 1시간당의 급수량을 1일 1인 시간 최대 급수량이라하며 이를 급수인구로 곱한 수량을 1일 시간 최대 급수량이라 하고 배수본관등의 설계의 기준이 된다. 실제로 시간 최대 급수량을 결정하기는 어려우므로 표 2.11과 같이 대략의 값을 정하여 시간 최대 급수량으로 하고 있다.

표 2.11 지역별 시간 최대 급수량

| 구 분       | 시간 최대 급수량              | 비 고 |
|-----------|------------------------|-----|
| 대도시, 공업도시 | 1/24 x 1일 최대 급수량 x 1.3 |     |
| 중 소 도 시   | 1/24 x 1일 최대 급수량 x 1.5 |     |
| 농촌, 주택단지  | 1/24 x 1일 최대 급수량 x 2.0 |     |

현재 생활용수 공급을 위한 각종 시설결정에 기준으로 사용되고 있는 '상수도 시설 기준'에 의하면 시설결정에 적용하는 계획기간은 장기적인 인구추정이 불가능한 경우 이거나 급수량 추정이 불확실한 경우를 제외하고는 5-15년을 고려하여 계획하도록 되어 있으며, 시설기준에서 예시한 Fair와 Geyer의 설계 계획 기간은 표 2.12와 같이 주어져 있다.

표 2.12 Fair와 Geyer에 의해 제안된 상수도 시설의 설계 계획 기간

| 항 목            | 세부내용 및 특성   | 계획기간             |
|----------------|---|------------------|
| 큰댐 및 대구경관로     | 확장이 어렵고 비싸다                                       | 25-30년           |
| 정호, 배수관로 및 여과지 | 확장이 쉬우나<br>(1)이자율이 3% 이하인 경우<br>(2)이자율이 3% 이상인 경우 | 20-25년<br>10-15년 |
| 직경 30cm이상인 관   | 장기적으로 볼때 대체비용이 비싸다.                               | 20-25년           |
| 직경 30cm이하인 관   | 장기적으로 필요한 크기로 시설한다.                               |                  |

현재 국내 여건을 감안하여 볼때 이자율뿐만 아니라 부동산 취득 및 보상, 공사의 난이정도, 확장의 용이성, 비용확보 및 분담, 본질재로서의 물의 안정적 공급등이 함께 구체적으로 고려되어 시설의 설계 계획기간이 산정되어야 할 시점에 와 있다고 하겠다.

또한 생활용수등의 수요는 지속적으로 증가하고 있으며 시간대별 수요 특성을 정확히 파악하여 적절히 대처하고 또한 특정시간대의 소비를 억제함으로써 과다한 계획으로 인한 불필요한 예산의 낭비를 막고 또한 계획년도보다 훨씬전에 공급이 수요를 따르지 못하여 긴급히 확장이나 신설을 해야 하는등의 문제점을 해결함과 동시에 peak용수 사용시 저지대 소비자에 비하여 상대적으로 불이익을 받는 원거리 소비자들에의 불

만을 해소하는 방안의 강구가 필요하다. 즉, 용수계획이야말로 국민의 기본적이며 본질적인 욕구를 충족시킴과 동시에 적절한 사용자 부담원칙등을 적용하여 용수의 사용에 대한 효용성(optimality)을 증가시킴과 동시에 분배의 형평성(equity)을 유지하고 비용할당의 공평성을 실현하도록 계획되어져야 한다.

생활용수와는 달리 공업용수의 공급을 위한 시설은 생산제품의 업종별 원단위 자료에 근거하여 이루어지는바, 주요 원단위는 아래 표 2.13과 같다.

그러나 원단위에 의하여 결정된 공업용수의 실제 사용량을 감안하여 볼때 계획과 많이 차이가 발생하고 있는것을 볼수 있으며 이를 감안하여 원단위를 보완할 자료를 수집하기 위하여 최종 소비자인 각각의 공장별로 수요 예정량을 조사할때, 실제 사용되는 물의 양보다 상당히 크게 조사가 되어 결과적으로 과잉투자를 유발하게 되며 이는 공업용수도 자체뿐만아니라 국가경제에도 바람직하지 못한 영향을 미치게 된다. 예로서, 대표적인 사용지역인 울산, 창원 및 포항의 공업용수의 경우 공히 1981년도의 수요 예정량을 추정하여 공업용수 시설을 계획하였는바, 계획년도보다 10년이 지난 1991년까지도 이용에 문제가 없었다. 따라서, 공업용수도 사업의 건전한 육성을 위함과 동시에 국가 경제에 도움을 주기 위하여 과잉투자나 과소투자를 지양할 수 있도록 계획단계에 신중한 준비 및 검토가 필요하며 또한 기 건설된 공급시설일 경우 이를 효율적으로 운영하여 공업용수 사업의 경영을 합리화 할 수 있는 제도의 정착이 필요한 시기이다. 특별히 1일 최대 급수량을 최종 생산 예정량으로하여 수요자별로 각각의 급수결정량을 정하고 이 결정량에 의하여 각종 계획과 시설운영이 이루어지고 있는데 반하여 실제적으로는 어느 특정시간대에 사용량이 집중되어 있는 실정으로, 이때 정수지와 근접한 지역에서는 물을 사용하는데 큰 문제가 없지만 관말 지역에서는 급수결정량을 제때에 공급받지 못하는 폐단이 생겨나게 된다. 실제적으로 이를 해결하기 위하여 수도법시행령에 의하여 한국수자원공사에서 수도(용수)공급규정을 정하여 시간당 평균 급수 결정량을 초과하여 사용함으로 인하여 타 수요자에게 지장을 주는 수요자에게 용수 공급량을 조절할수 있도록 요구할수 있도록 되어 있으나 사실상 적용이 어려운 실정이다.

표 2.13 공업용수 원단위 비교표

(단위:M<sup>3</sup>/ha·일)

| 업 종   |                                 | 상 공 부  | 건 설 부  | 비 고 |
|-------|---------------------------------|--------|--------|-----|
| 기 계   | 자 동 차<br>자동차 부품<br>일반기계<br>조립금속 | 57.50  | 61.92  |     |
| 제 강   | 주 강<br>형 강                      | 123.30 | 266.01 |     |
| 화학석유  | 합성수지<br>타이어<br>납사               | 150.70 | 266.30 |     |
| 비금속광물 | 흄 관<br>화인세라믹<br>시멘트가공           | 43.80  | 84.38  |     |
| 지역수요  | 농산물가공<br>수산물가공<br>식품가공          | 150.70 | 216.00 |     |

자료 : 대불 공업용 수도 기본계획 및 실시설계 보고서, 건설부, 1990. 9.

## 2.5 왜곡된 수요예측 사례

### 2.5.1 용인군 구성면의 경우

용인군 구성면의 경우 수도권 III단계에서 성남가압장을 통하여 용수를 공급받는 데 최초 배분량은 5,000m<sup>3</sup>/일 이었으나 목표년도가 지난 93년말 현재 급수결정량은 3,700m<sup>3</sup>/일에 이르고 있다. 그럼 2.3은 팔당 취수장에서부터 구성면까지 용수가 공급되는 개략도를 보여 주고 있다. 즉, 수도권 III단계 팔당 취수장에서 용수를 취수한 이후에 [1]번지점에서 의정부 계통과 인천, 성남계통이 나누어지고 다시 [2]번 지점에서 인천계통과 성남계통으로 구분된다. 이후 성남 가압장에서 가압이된 후 성남, 분당, 수지를 거쳐 구성면에 공급되고 나머지는 수원 및 경기도 일원에 공급되고 있다. 그러나, 구성면의 배수지의 높이(EL. 96.5)가 주위에 있는 수지(EL. 95.0), 수원(EL. 79.0), 삼성전자(EL. 27.5), 용인(EL. 85.0)등에 비하여 높게 위치하고 있어

주위 용수 사용량이 증가할 경우 구성면에 용수공급이 잘 되지 않고 있다. 실제로 1991년도 4월에는 용수공급 부족에 의한 애로를 크게 겪어 용수 공급자인 한국수자원공사에 이에 대한 조치 공문을 발송하고 이에 대한 검토를 요청하였다.

이에 대한 원인을 분석하기 위하여 한국수자원공사 수도권 용수관리 사무소에 설치되어 있는 자동화 설비를 통하여 원격 검침된 용수 공급량 자료를 조사하였다. 그림 2.4와 그림 2.5는 1991년 4월 당시 수도권 I, II단계와 수도권 III 단계 팔당 취수장에서의 용수 공급량을 보여주고 있다. 당시 수도권 I, II 단계에서는 총 급수결정량이  $2,491,000\text{m}^3/\text{일}$ 이었지만 4월 평균 공급량은  $2,368,320\text{m}^3/\text{일}$ 에 이르고 있어 급수결정량의 95%의 용수 공급 실적을 보이고 있었다. 또한 수도권 III단계에서는 총 급수결정량이  $1,155,100\text{m}^3/\text{일}$ 이었으나 4월 평균 용수공급 실적은  $1,333,747\text{m}^3/\text{일}$ 에 이르러 15%이상의 공급초과를 보이고 있다. 문제가 된 구성면은 직접적으로는 수도권 III단계로부터 공급을 받고 있는 지점이기는 하지만 수도권 III단계 광역 상수도 개통이후 수도권내 공급 원활화를 기하기 위하여 몇몇 지점에서 I, II단계 관로와 III단계 관로를 연결하였기 때문에 비록 III단계 취수장에서 취수된 용수라 할지라도 일부는 I, II단계 관로에 연결된 수요자에게 공급될 수도 있다.

따라서, 보다 안정된 분석을 위하여 수도권 I, II단계와 수도권 III단계 팔당 취수장에서 공급된 용수를 취합하여 그림 2.6과 같이 급수결정량과 비교하였다.

그림 2.6에서 보는바와 같이 수도권 전역(수도권 I, II단계 + 수도권 III단계)에서의 급수결정량은  $3,646,100\text{m}^3/\text{일}$ 이었는데 비하여 4월 평균 용수 공급 실적은  $3,702,068\text{m}^3/\text{일}$ 에 이르러 급수결정량에 비하여 1.5%이상을 공급하고 있다. 물론 급수결정량이 2장에서 언급된 바와 같이 1일 최대 급수량이라는 것을 감안한다면 충분한 량이 공급된 것이고, 수요자의 견해대로 평균 급수량 이하로 할지라도 급수결정량에 충분한 량이 공급된 것이다. 일별로도 살펴본다면 급수결정량 이하가 공급된 일수는 총 30일 중에서 2일에 불과한 실적이다. 이를 살펴볼때 취수지점에서의 용수 공급자는 수요자의 급수결정량에 충분한 물량을 공급하였다고 말할 수 있다.

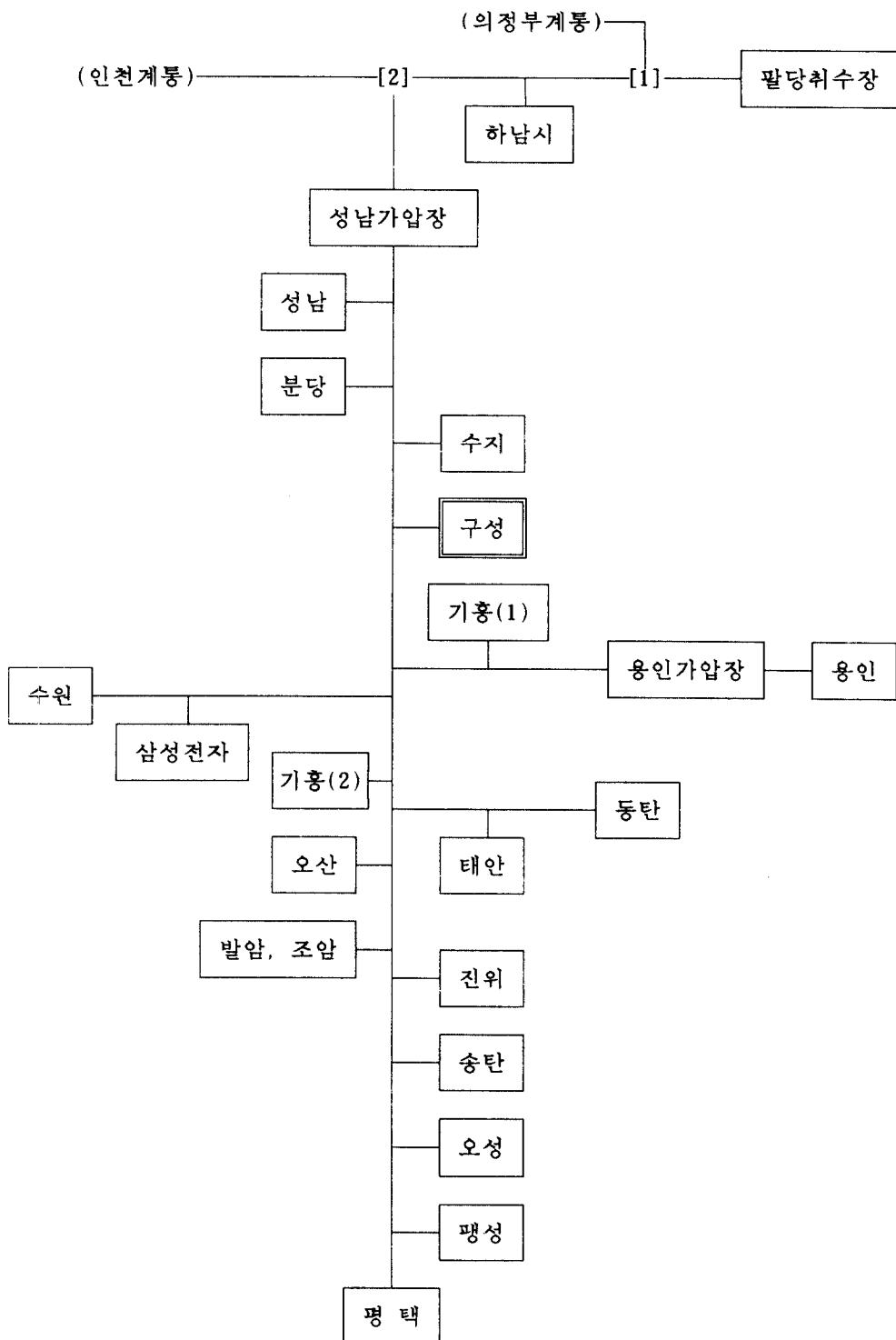


그림 2.3 수도권 III단계 성남계통 용수공급 계통도

이와같은 취수장으로부터 용수 공급 실적을 감안한 가운데, 수도권 III단계 내 구성면과 주위와 몇 수요자의 수요 실태를 분석하였다. 그림 2.7을 1991년 4월 당시 구성면 용수 공급 실적을 보여주고 있다. 당시 구성면에서의 급수결정량은  $3,700\text{m}^3/\text{일}$  이었으나 4월 평균 용수 사용실적은  $3,139\text{m}^3/\text{일}$ 에 달해 급수결정량의 85%의 공급 실적을 보이고 있다. 또한, 급수결정량 이상을 공급한 일수는 총 30일 중에서 7일에 달해 23%가 급수결정량 이상을 공급하였으며 나머지는 급수결정량보다 적게 공급되었다. 물론 급수결정량이 1일 최대 급수량으로 1년중 최대로 공급될 수 있는 능력임을 감안할 때는 용수 공급자로는 충분한 량을 공급한 결과이지만, 구성면의 경우 한달간 내내 급수결정량의 공급을 원하고 있어(급수결정량을 1달 평균급수량으로 인식) 이에는 부족한 실정이다. 물론 취수장에서의 용수 공급실적을 살펴 본다면 총 급수결정량 이상을 공급하였기 때문에 각 수요자의 급수결정량을 모두 만족시킬수가 있었음에도 불구하고 이와같은 현상이 일어난 것은 각 수요자간 급수결정량과 공급량간 차이가 있기 때문이다.

그림 2.8-2.9는 주변에 위치하고 있는 성남시와 관말에 위치하고 있고 평택군에서의 1991년 4월 당시의 용수 공급 실적을 보여주고 있다. 성남시의 경우 급수결정량  $70,000\text{m}^3/\text{일}$ 에 4월 평균  $65,183\text{m}^3/\text{일}$ 이 공급되어 93%가 공급되었으며 급수결정량 이상 공급된 날짜도 16일이나 되고 있으며, 관말에 위치한 평택군의 경우도 급수결정량  $12,000\text{m}^3/\text{일}$ 에 4월 평균  $11,808\text{m}^3/\text{일}$ 이 공급되어 98.4%가 공급되었으며 급수결정량 이상 공급된 날짜도 15일이나 되었다. 특히 이와같은 도시들은 당시에 용수 부족현상을 겪지 않았음을 감안할때 공급량이 급수결정량에 미치지 못하는 것은 이들 지점에 대하여는 공급에 문제가 있기보다는 수요 자체가 급수결정량에 미치지 못하였다고 판단된다. 이는 급수결정량이 1일 최대 급수량이라는 개념임을 감안할때 월평균 용수 사용량이 급수결정량에 이르지 못하는 것은 자연스러운 현상이라고 할 수 있다. 그러나, 여기에서 문제가 되는것은 월 평균 사용수량이 급수결정량에 이르거나 그에 미치지 못할지라도, 성남시의 경우 16일, 평택군의 경우 15일이나 급수결정량 이상을 사용하므로써 용수 공급자가 급수결정량만을 지속적으로 공급하였을 경우 그날은 용수를 급수결정량 이하로 공급받아야만 하는 수요자가 반드시

발생하게 되며 이러한 경우 지역적으로 고지대나 관할지역에 위치한 수요자가 이와같은 불이익을 당하게 된다. 구성면의 경우 이와같은 현상에(고지대) 의하여 충분한 용수를 공급받지 못하였으며 이로 인하여 주민들이 용수 부족에 시달린 것으로 사료된다. 이 경우에 수도권 I, II단계나 수도권 III단계에 위치한 수요자들이 하루에 급수결정량 이상을 사용하지 않는다면 용수 공급자가 총 급수결정량만을 공급할지라도 구성면과 같이 용수 부족을 겪는 수요자가 발생하지 않을 것이다. 이러한 경우 광역 상수도 수요자인 각각의 지방자치 단체나 대규모 공장들은 각 수요자의 용수 사용에 제한을 두지 않고서도 자체적으로 보유하고 있는 배수지를 적절히 운영하여 이와같이 용수 공급에 평활화를 유지할 수 있다. 실체적으로 상수도 시설기준에 의하면 계획1일 최대 급수량의 8~12시간분을 표준으로 하고 적어도 6시간분 이상의 배수지를 설치하도록 규정하고 있고(배수지는 수요자 소유임) 실체적으로도 수도권 III단계의 경우 성남에 60,000m<sup>3</sup>, 수원에 14,000m<sup>3</sup>, 삼성전자 29,000m<sup>3</sup>, 용인 33,000m<sup>3</sup>등의 배수지가 설치되어 있어 이들을 충분히 활용하여 매일매일의 용수 수요변화에 대처한다면 타 수요자의 용수수요에 어려움을 주지 않고서도 광역 상수도로부터 용수를 원활하게 공급받을 수 있다. 특히나, 광역 상수도로부터 용수를 공급받는 경우 용수가 부족한 것은 매일매일이라기 보다 특히 날씨가 더운 날이라든지, 특정 행사에 의하여 용수 수요가 증가하는 경우등이므로 이에 적절한 대처가 가능할 것이다. 따라서, 이와같이 1일간의 용수 사용량을 적절히 통제할 수 있는 제도가 적용될 수 있다면 구성면과 같이 용수 수급상의 어려움을 겪는 수요자가 훨씬 줄어들 것이다.

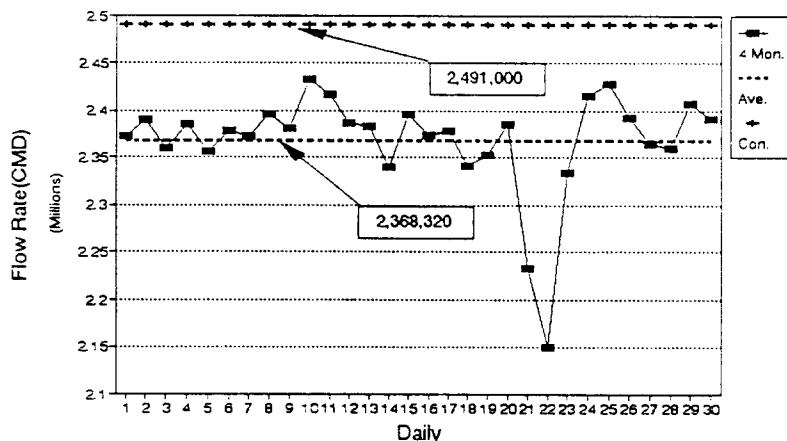


그림 2.4 1991년 4월 수도권 I, II 단계내 팔당 취수장 용수공급 현황

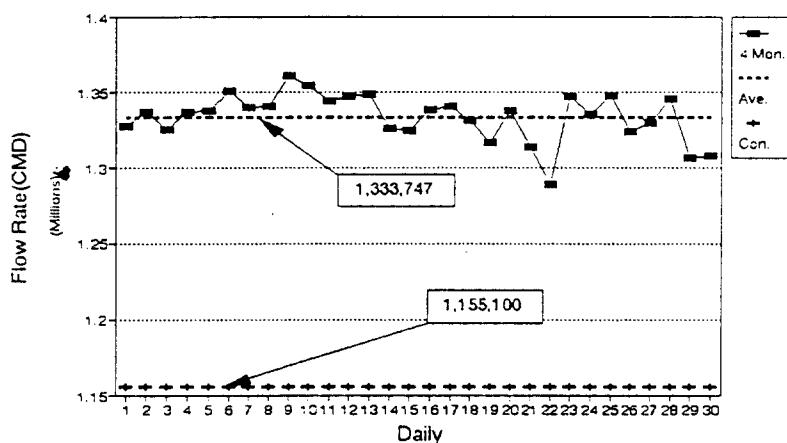


그림 2.5 1991년 4월 수도권 III단계 팔당 취수장 용수공급 현황

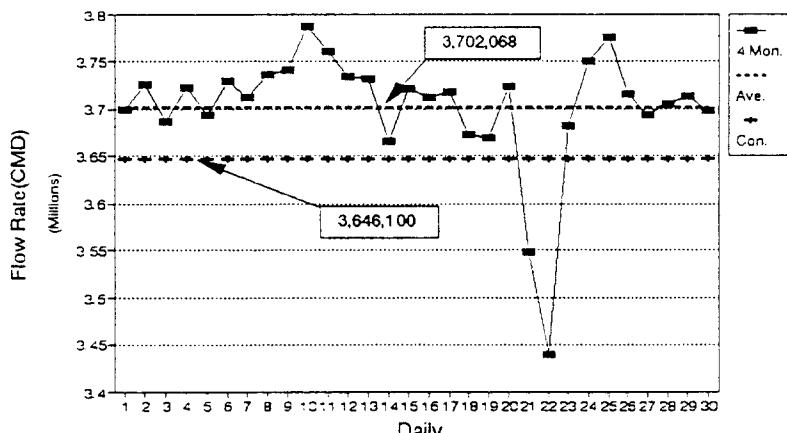


그림 2.6 1991년 4월 수도권 I~III단계 총 용수공급 현황

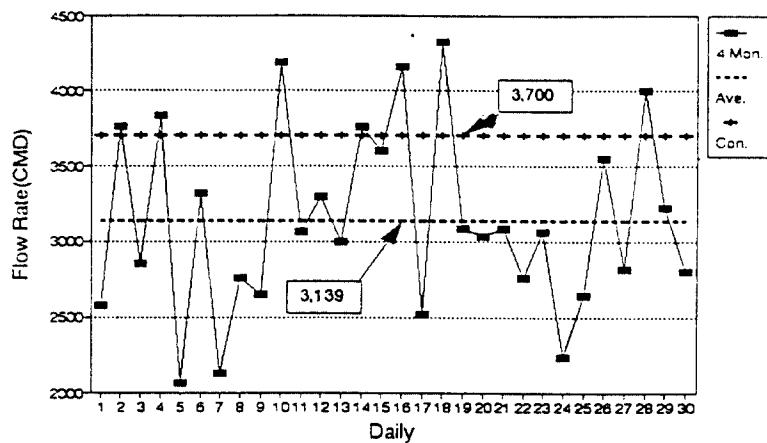


그림 2.7 1991년 4월 구성면 용수공급 현황

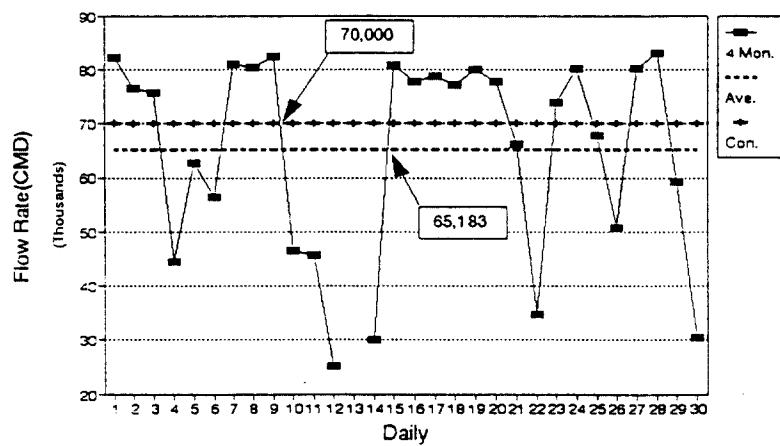


그림 2.8 1991년 4월 성남시 용수공급 현황

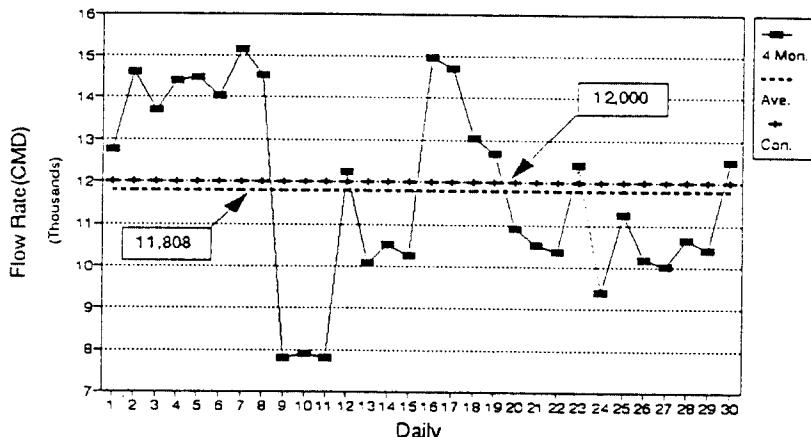


그림 2.9 1991년 4월 평택군 용수공급 현황

## 2.5.2 대청 광역상수도의 경우

그림 2.10은 대청 광역상수도의 대청취수장으로부터 용수를 공급받는 계통도를 나타내고 있으며 그림에서 나타난 숫자들은 각 수요처에서의 배분량을 나타내고 있다.

대청 광역 상수도는 수원 부족으로 급수난이 심각하고 장래 용수수요의 급증이 예상되던 충청도 중부지역 중소도시에 생활 및 공업용수의 공급과 독립기념관, 한국교원대학 및 신국제공항 건립에 따른 용수수요에 대처하기 위하여 1991년를 목표년도로 하여  $250,000\text{m}^3/\text{일}$  규모(당초  $260,000\text{m}^3/\text{일}$ 이었으나 추후에 예비용량  $10,000\text{m}^3/\text{일}$ 을 축소조정)의 광역 상수도로 청주시, 천안시, 온양시, 조치원읍등에 용수를 공급하도록 계획되었다.

### 가. 장래인구 추정

본 계획에서는 청주시, 천안시등 도시계획이 수립되어 있는 도시에서는 도시계획시 추정인구를 그대로 사용하였는데 주요도시에서의 85년 3월 당시에 추정되었던 91년 추정인구와 91년도 실제 인구에 대한 비교는 표 2.14와 같다.

표 2.14 대청 광역상수도내 주요 도시의 91년도 추정인구와 실제 인구 비교  
(단위 : 인)

| 급수지역 | 추정인구    | 실제인구    | 추정오차  |
|------|---------|---------|-------|
| 청주시  | 430,000 | 455,148 | -5.5% |
| 천안시  | 210,000 | 185,016 | 13.5% |
| 조치원읍 | 41,000  | 31,612  | 29.7% |
| 온양시  | 81,400  | 58,909  | 38.2% |

표 2.14에서 보는 바와같이 청주시를 제외하고는 인구가 과다 추정 되었으며 그 비율도 13.5%에서 38.2%에 이르고 있다. 따라서, 앞에서 언급한 바와같이 급수지역내 인구추정을 위하여는 여러가지 인자들을 좀 더 정확하게 조사분석하여 적용하여야 하며, 이를 통하여 상수도 시설이 과다하게 설계되거나

과소하게 설계되지 않도록 할 수 있다.

#### 나. 1인당 평균급수량 및 급수보급율

1인당 1일 평균급수량 및 급수보급율을 추정함에서 과거의 급수량 및 급수보급율을 고려하여 추정하는 방법과 도시의 성격과 도시계획 등을 분석하여 타 도시들과 비교하여 추정하는 방법등이 있는바, 대청 광역 상수도의 경우 이들을 복합하여 결정하였다.

즉 시급도시인 청주시와 천안시는 1983년 보급율을 82%와 51.7%로 부터 연차 증가시켜 1991년경에는 92%와 89%까지 보급율을 향상시키는 것으로 하였으며 단위급수량 역시 252 ℓ/일과 155 ℓ/일로부터 310 ℓ/일과 300 ℓ/일까지 연차 증가되는 것으로 계획하였다.

읍급도시는 인구 30,000~50,000명 정도의 도시로서 보급율은 60%로부터 80%까지 적정 조정하였으며 단위 급수량은 150 ℓ/일로부터 250 ℓ/일까지를 도시별로 적절히 조정하여 결정하였다.

또한, 면급도시는 급수보급율을 1986년에는 면소재지주변 리나동, 1991년에는 면소재지로부터 1.0km 이내의 리나동, 1996년에는 1.5km 이내의 리나동, 2001년에는 2.0km 이내의 리나동에 급수하는 것으로 하였으며 단위 급수량은 수세식 화장실이 없으며 인근에 잡용수 등의 이용수원이 다소 있을 것으로 보아 100 ℓ/일로부터 150 ℓ/일까지를 적정으로 조정하여 결정하였다.

표 2.15는 목표년도인 1991년도에 급수지역내 평균 급수량과 급수보급율의 추정치와 실제 급수결과를 보여주고 있다.

표 2.15 1인당 1일 평균급수량과 급수보급율 추정오차

| 급수지역  | 1인당 평균 급수량(ℓ) |       |         | 급수 보급율(%) |       |       |
|-------|---------------|-------|---------|-----------|-------|-------|
|       | 추정급수량         | 실제급수량 | 추정오차(%) | 추정보급율     | 실제보급율 | 추정오차  |
| 청 주 시 | 310           | 326   | -4.9    | 92        | 89    | 3.3   |
| 천 안 시 | 300           | 300   | 0       | 89        | 90    | -1.1  |
| 조치원읍  | 250           | 288   | -13.2   | 89        | 90    | -1.1  |
| 온 양 시 | 250           | 268   | -6.7    | 80        | 89    | -10.1 |
| 강 내 면 | 150           | 166   | -9.6    | 25        | 28.7  | -12.9 |

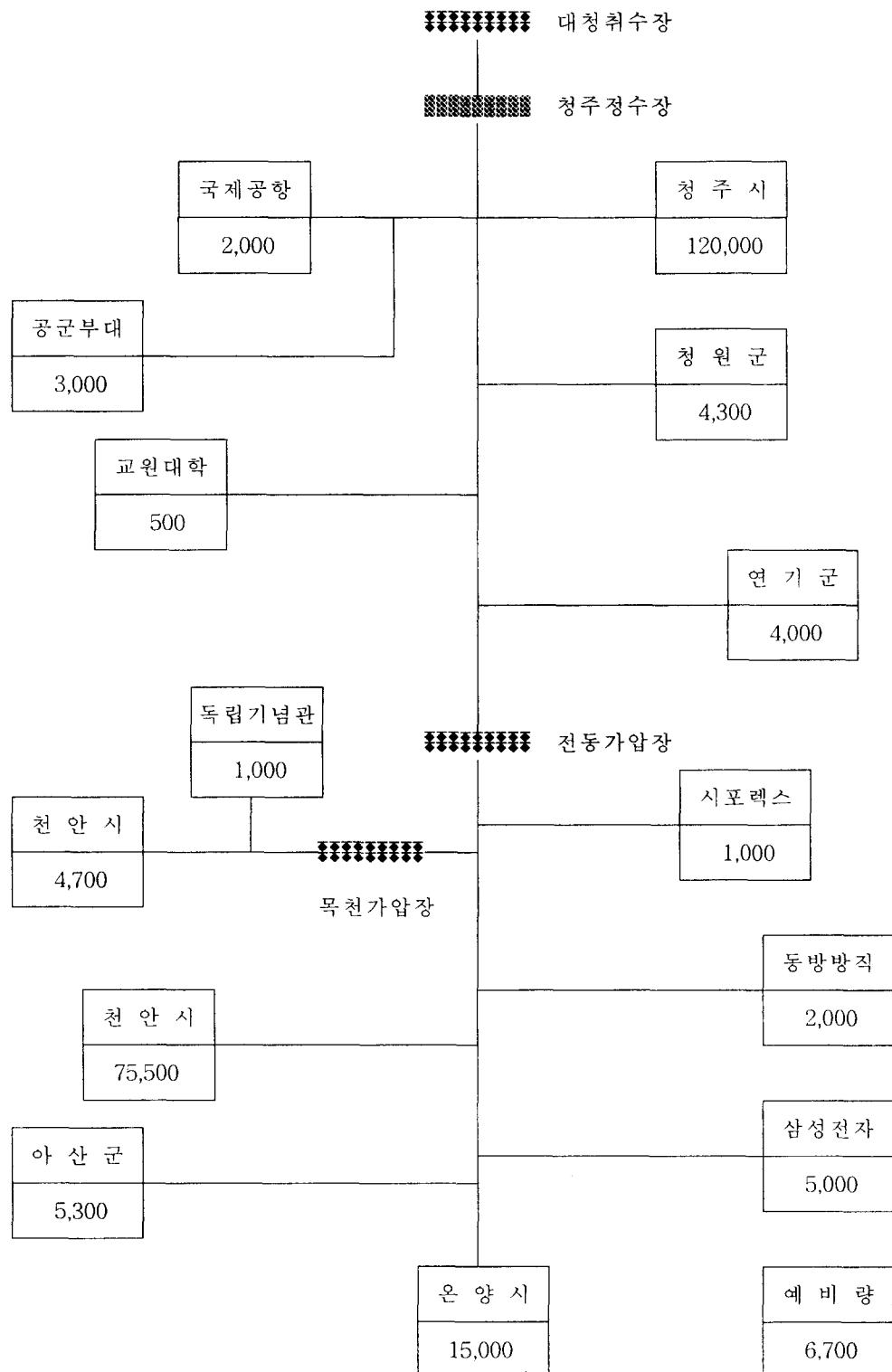


그림 2.10 대청 광역 상수도의 계통도

위의 표에서 보는 바와 같이 1인당 평균 급수량의 추정은 10%내외에 이르고 있어 신뢰도가 비교적 높은 편이며 추정인구가 과대 추정된 것과는 달리 평균 급수량은 대부분이 과소 추정되고 있다. 이는 과거의 생활 패턴과는 달리 생활 수준 향상에 따른 용수수요 증가가 좀 더 빠른 것으로 판단되며 생활수준 향상등에 대한 좀 더 깊은 고려가 필요하다. 위에 나타나 있는 표에 의하면 급수보급율은 청주시를 제외하고는 다소 과소 추정되고 있다.

#### 다. 생활용수의 1일 평균급수량

앞에서 언급한바와 같이 생활용수의 평균급수량은 목표년도 추정인구에 1인당 평균급수량 및 급수보급율을 고려하여 결정하고 있다.

표 2.16은 목표년도인 1991년도 추정 평균 급수량과 실제 평균 급수량을 보여쓰고 있다.

표 2.16에서 보는바와 같이 청주시를 제외하고는 10% 이상씩 과대하게 평균 급수량을 추정하고 있다.

표 2.16 1991년도 생활용수 평균 급수량의 추정오차

(단위:m<sup>3</sup>/일)

| 급수지역 | 추정평균급수량 | 실제급수량   | 추정오차(%) |
|------|---------|---------|---------|
| 청주시  | 122,636 | 132,000 | -7.1    |
| 천안시  | 56,100  | 50,014  | 12.2    |
| 조치원읍 | 9,125   | 8,819   | 11.4    |
| 온양시  | 16,275  | 14,060  | 15.8    |

#### 라. 공업용수 수요량

대청 광역 상수도 권역에서는 그 지역에 대한 공업용수 수요량을 추정하였다.

첫째로 청주시 공업단지는 청주시 기본계획에 의거하여 내륙 경공업 단지로 도시계획상 계획된 유치업종의 기계, 섬유, 전자, 완구, 목재, 기구 등의 업종으

로 업종별 용수원단위를 비교 검토하여  $0.024 \text{ m}^3/\text{일}/\text{평}$ 으로 적용하였다. 이에 의하면 목표년도인 1991년도에  $42,000 \text{ m}^3/\text{일}$ 의 공업용수를 공급토록 계획하였으나 실제로 공업용수 공급 실적은 전무한 형편이며(실제적으로는 생활용수로 공급된 용수를 일부 사용한 것으로 추정됨) 이를 감안할 때 공업용수가 엄청나게 과다 추정된 것으로 나타났다.

둘째로, 천안시 공업용수는 천안 공업단지내 중소기업 시범 공단으로 지정된 두정동과 성정동에 108,894평이 조성되어 1983년 현재 187개 업체가 입주되어 있으나, 대부분 영세업체로 이를 업체들 대부분이 지하수등을 개발하여 공업용수를 자체 해결하고 있는 실정이다. 천안시에서 수립된 장기 종합개발 기본 계획에 의하면 91년도 조성된 공업단지내 용수 원단위를  $0.03 \text{ m}^3/\text{일}/\text{평}$ 으로 추정하여  $19500 \text{ m}^3/\text{일}$ 이 소요되는 것으로 계획하였으며 이를 생활용수와 함께 공급되도록 계획하였다.

### 마. 1일 최대 급수량

1일 최대 급수량은 정수, 취수시설등의 설계에 기본이 되는 중요한 용수량으로 실제 분석이나 측정등을 통하여 결정하는 것이 바람직하나 대청 광역 상수도의 경우 1일 평균 급수량에 시급 도시에서는 최대 급수량과 평균급수량의 비가  $1 : 0.8$  이 되고, 읍급 도시에서는  $1 : 0.75$ , 면급 도시에서는  $1 : 0.7$ 을 일률적으로 적용하여 결정하였다. 표 2.17은 시설목표년도인 1991년과 1993년도의 수요자별 1일 최대 급수량의 추정치 및 실제 1일 최대 급수량과 추정오차를 보여주고 있다.

표 2.17 대청광역 상수도내 1일 최대 급수량의 추정오차  
(단위 : 천  $\text{m}^3/\text{일}$ )

| 급수지역 | 추정 1일 최대 급수량 |       |       | 실제공급 1일 최대급수량 |       |     | 추정오차(%) |  |
|------|--------------|-------|-------|---------------|-------|-----|---------|--|
|      | '91          | '93   | '96   | '91           | '93   | '91 | '93     |  |
| 청주시  | 120          | 144   | 180   | 60.8          | 70.0  | +97 | +106    |  |
| 천안시  | 75.5         | 87.4  | 105.4 | 60.8          | 79.9  | +24 | +10     |  |
| 온양시  | 15.0         | 18.6  | 24    | 23.0          | 20.8  | -18 | -11     |  |
| 기 타  | 39.5         | 62.1  | 100.6 | -             | --    |     |         |  |
| 계    | 250.0        | 314.0 | 410.0 | 142.3         | 155.7 | +76 | +101    |  |

표 2.17은 자세하게 설명한다면 목표년도인 1991년에 1일 최대 급수량은  $250,000\text{m}^3/\text{일}$ 에 이르고 1일 평균 급수량은 시급인 청주시와 천안시에서는  $156,400\text{m}^3/\text{일}$ , 읍급인 조치원, 성환읍 및 온양읍에서는  $19,500\text{m}^3/\text{일}$ , 기타 면급에서는  $12,900\text{m}^3/\text{일}$  및 예비량으로  $10,100\text{m}^3/\text{일}$ 이 되도록 되어 있어 1991년도 1일 평균 급수량은  $198,900\text{m}^3/\text{일}$ 이 되도록 계획되었다. 그러나, 실제 사용량을 살펴볼 때 1991년도 1일 평균 사용량은  $100,379\text{m}^3/\text{일}$ 에 이르고 있어 계획물량과 98%의 차이를 보이고 있다. 또한 1일 최대 급수량도 계획물량은  $250,000\text{m}^3/\text{일}$ 에 크게 못미치는  $142,265\text{m}^3/\text{일}$ 에 이르고 있다. 계획 목표년도가 2년이나 지난 1993년 말 현재 시점에서 1993년도 계획물량과 비교하여 볼 때에도 이와 같은 차이가 더욱 심화되고 있으며, 1일 평균 사용량 조차도 1991년도 계획물량에 이르지 못하고 있다. 표 2.18은 위의 내용을 정리한 것이다.

표 2.18 대청광역 상수도내 용수추정오차

(단위 :  $\text{m}^3/\text{일}$ )

| 구 분            | 추 정 치   | 실 제 사 용 량 | 추정오차(%) |
|----------------|---------|-----------|---------|
| '91년 1일 평균 급수량 | 198,900 | 100,379   | 98      |
| '91년 1일 최대 급수량 | 250,000 | 142,265   | 76      |
| '93년 1일 평균 급수량 | 248,300 | 141,608   | 75      |
| '93년 1일 최대 급수량 | 312,200 | 155,664   | 101     |

여기에서 우리는 아래와 같은 4가지 문제점을 살펴볼 수 있다.

첫째는, 용수가 상당히 과다하게 추정되고 있다는 사실이다. 물론 용수를 공급하는 신뢰성이나 안정성이 요구되는 것은 사실이나 이를 위하여 경제성이나 효율성을 희생하여도 무방하다는 것은 아니다. 공기업간의 용수공급 형태가 좀 더 실제 사용량과 부합되도록 용수 추정의 정확화를 위한 노력을 기울일 필요가 있다. 물론 용수 추정에는 용수추정시 고려하기 힘든 인자들이 있는 것은 사실이나, 이와 같은 인자들에 대한 심각한 분석이 가미되거나 연구를 통한 해결을 시도할 때 이와 같은 추정오차는 크게 줄어들 것으로 사료된다. 또한 용수공급 시설을 설계할 때는 공급 능력이나 누수등을 감안하여 5%-10% 정도를 여유를 가하여 설계가 되고 있어 실제로는 이로 인한 과다 투자의 폭이

넓어지고 있는 바, 가능한한 국민들에게 부담을 적게주는 방향으로 정확한 추정에 심혈을 기울일 필요가 있다.

둘째로, 실제 용수공급 물량인 급수결정량이 용수 배분량내에서는 무분별하게 증감되도록 되어 있어 급수 용수의 과다 추정을 부채질하고 있다는 사실이다. 표 2.19는 대청광역상수도 공급지역내 주요 수요처의 1993년말 현재 용수 배분량(이것은 목표년도의 1일 최대 용수추정량과 동일함)과 급수결정량 현황을 보여주고 있다.

표 2.19 급수지역별 급수결정율(1993년 12월)

(단위 : m<sup>3</sup>/일)

| 급수지역 | 1991년 용수배분량 | 1991년 12월 급수결정량 | 급수결정율(%) |
|------|-------------|-----------------|----------|
| 청주시  | 120,000     | 73,000          | 61       |
| 천안시  | 75,000      | 48,000          | 64       |
| 온양시  | 15,000      | 15,000          | 100      |
| 삼성전자 | 5,000       | 2,000           | 40       |

\* 청주시는 공업용수 포함

표 2.19에 나타난바와 같이 최대 용수사용량을 제한하는 급수결정량은 용수 배분량에 비하여 40%로부터 100%에 이르고 있다. 계획시점으로부터 2년이나 지난 시점에서, 배분량의 61%만을 최대 급수량으로 제한하는 청주시, 64%만을 최대급수량으로 제한하는 천안시, 40%만을 최대 급수량으로 제한하는 삼성전자등은 수요추정의 부정확으로 인한 시설과다 투자를 유발하여 타수요자로 하여금 고정비 부담을 가중시킨 수요처이면서도 이에 대한 책임을 나타내기보다는 오히려 수요 추정이 비교적 정확했던 타지역(온양시등)이 용수 확보에 어려움을 겪고 있는 시점에서도 추후에 사용량이 증가할때 언제든지 용수 배분량 한도내에서 급수결정량을 늘릴수 있는 근거를 마련하고 있어 타 수요자에 비하여 용수 확보에 애로를 느끼지 않고 있다. 이는 불필요한 용수시설 투자를 유도한 수요자가 용수 수급상의 안정성을 유지하고 용수수요 추정이 정확한 수요자가 용수 수급상의 애로를 겪는 모순을 갖고 있다.

여기에서, 형평성의 문제가 발생한다. 용수추정 정확도에 대한 책임이 필요

할 뿐만 아니라 용수 배분량에 대하여는 용수 확보상의 권리를 가지는 만큼 그에 상응한 의무가 필요하다. 왜냐하면 현재의 용수공급 비용이 점차 수요자 부담으로 바뀌어 가는 시점에서 고정투자 시설 비용증가를 유발시켰으면서도 이에 대한 비용을 할당하는 개념인 기본요금에 대한 의무를 오히려 적게 지는 것은 타수요자에게 의무를 떠맡기는 것이기 때문이다. 이와 같은 설명은 그림 2.11~2.14의 대청광역 상수도권내 각 수요처별 급수 결정량의 변화를 나타내는 그림을 통하여 함께 설명이 가능하다. 그림에서 점선은(범례에서 Dis.) 용수 배분량을, 실선은(범례에서 Con.) 급수결정량을 보여주고 있다.

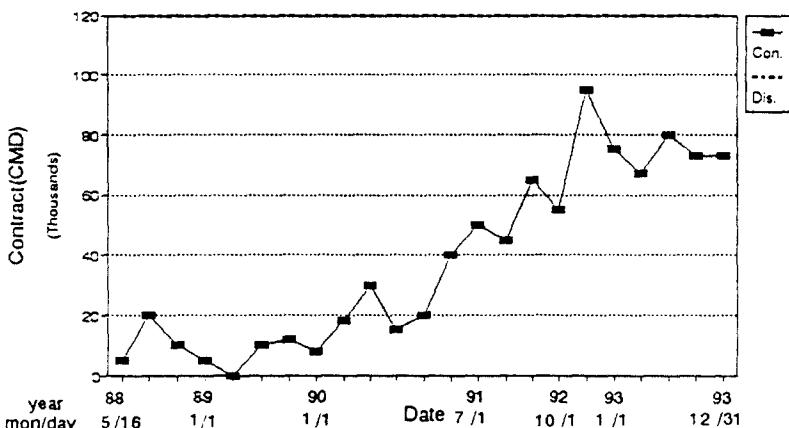


그림 2.11 청주시의 급수 결절량의 변화

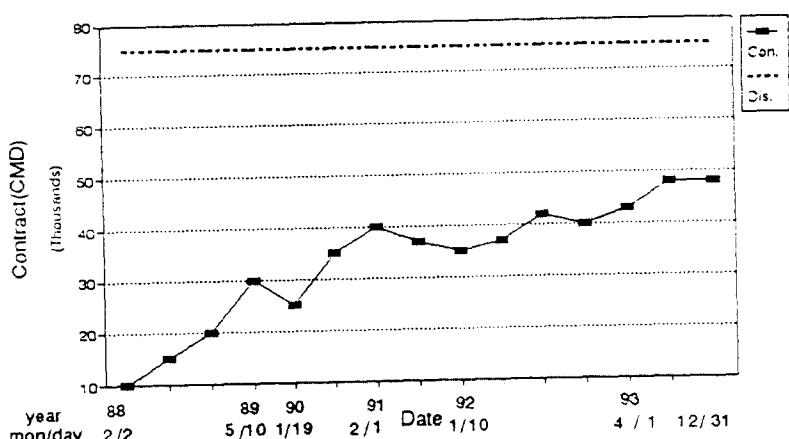


그림 2.12 천안시의 급수 결정량의 변화

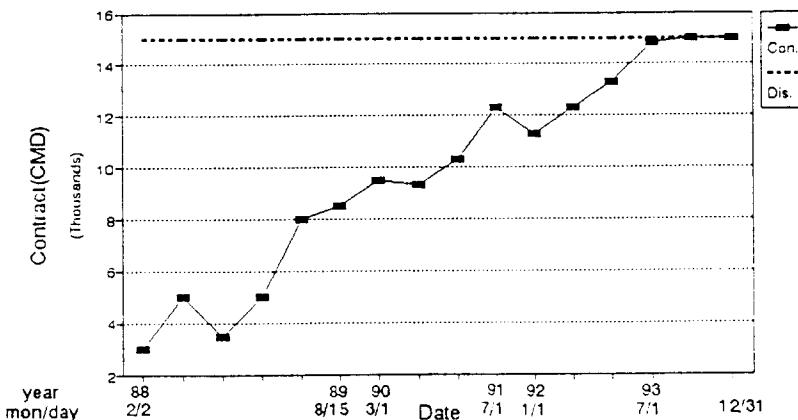


그림 2.13 온양시의 급수 결정량의 변화

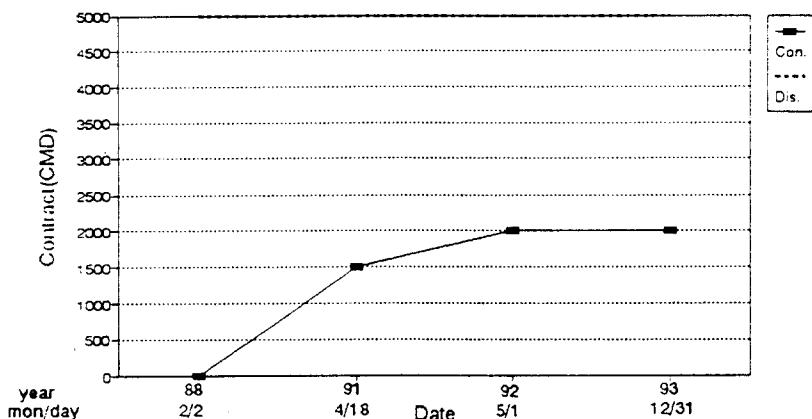


그림 2.14 삼성전자의 급수 결정량의 변화

그림 2.11에서 나타난바와 같이 청주시의 경우 88년 5월 16일 급수 결정량이  $5,000\text{m}^3/\text{일}$ 로 시작된이래 최소  $0\text{m}^3/\text{일}$ 에서부터 최대  $95,000\text{m}^3/\text{일}$ 까지 변하고 있다. 즉, 자체에서 보유하고 있는 취수장에서 취수된 물이 넉넉하거나 용수 수요가 적을 때에는 급수결정을 줄여 최소  $0\text{m}^3/\text{일}$  까지 이르고 용수수요가 부족한 여름철 경우에는 급수결정량을 다시 늘려 공급을 받고있다. 천안시의 경우도 청주시와 유사하게 여름철에는 증가하고 겨울철 들어 물 소비가 줄어들면 급수결정량이 다시 감소하고 있다. 반면에 온양시는 꾸준히 급수결정량이 증가하고 있다. 그림 2.14에서 보는바와 같이 삼성전자의 경우 타수요자가 기본요금을 부담하고 있던 기간인 88년 2월 2일부터 무려 3년여간 전혀 기본

료를 부담하지 않았으며, 93년 말 용수공급 수준이 한계에 달하여 94년도 용수 공급에 크게 애로가 예상되는 온양시등과 같은 수요자와는 달리 기본료를 아주 적게 지불하고도 용수 수급상 아무 애로사항을 느끼지 못하고 있다. 현행 용수(수돗물) 공급 규정에서는 년간 4회 급수 결정량의 변화를 허용하고 있으나 이의 증가 및 감소에 대한 명문화된 규정이 없으며, 기본요금과 사용요금을 분리하여 용수요금을 산정토록 책정한 원칙을 살펴볼 때 급수 결정량은 용수 공급을 위한 고정 투자 시설 투자비의 안정적인 회수와 향후 추가 투자 등을 위한 재원확보가 가능하도록 결정되어져야 하며 타수요자에게 부담을 주지 않는 범위내에서 형평성 있게 결정되어져야 한다.

다시 돌아가서 살펴본다면 배분량을 많이 확보한 청주시, 삼성전자등은 그에 상응한 기본요금을 감당하든가 아니면 배분량의 적절한 조정이 필요하다. 배분량 조정의 경우 고정투자시설이 이미 완성되어 있는 상태하에서는 이의 배분이 상당히 어려운 실정이므로 반드시 공급 능력을 검토한 후에 공급자 및 수요자 쌍방간에 협의후에 이루어지도록하여야 할 것이다. 현재와 같이, 온양시가 94년도에 용수공급을 제대로 받지 못한다면 이를 어떠하게 해결할 것이며, 만약 시설 확장을 통하여 이를 해결하려고 하는 경우  $250,000\text{m}^3/\text{일}$  의 공급 능력을 가진 대청광역상수도에서 1일 최대  $150,000\sim 160,000\text{m}^3/\text{일}$  을 공급하고 있음에도 불구하고 94년 온양시 공급을 위한 긴급 추가시설이 요구된다는 설명을 어떠하게 할 것이며 그 시설 비용은 어떻게 감당할 것인가에 대한 의문이 제기 된다.

온양시등이 이와같은 상황을 감안하여 향후 용수 수요 추정을 고의적으로 과대하게 할때 이에 대한 제재 방법도 없지 않은가? 이제 이와같은 점을 감안할때 현행 제도하에서 급수결정량의 임의 조정제도는 수요자가 배분량을 과다하게 추정하도록 유도하고 있다고 해도 과언이 아니다. 또한 현행 급수결정량 제도는 1일 최대 급수량을 규정한다기 보다는 1달간 용수공급된 물량을 합산하여 1달의 총일수로 나누어 계산하게 되므로 1달간 1일 평균 급수량이 되는 셈이므로 결국 1일 평균 급수량을 규제하는 꼴이 되고 있다. 따라서, 현행 급수결정량이 전체 시설용량의 80%정도에 이르기 시작하면 1달간 용수 총 사용량의 평균이 급수결정량 이내일지라도 곳곳에서 용수 공급부족 현상이 일어

나게 되어 있다. 이는 곧바로 조기시설 확장을 유도하게 되므로 고정 투자 시설을 조기 확장하게 되고 이로인한 고정비의 상승효과가 크게 나타나 결국 소비자의 부담가중으로 이어진다.

셋째로, 현행 제도는 1일 최대 급수량과 1일 평균 급수량과 차이를 줄이도록 유도하지 못하고 있다는 사실이다. 위에서 언급한바와 같이 광역상수도의 용수공급은 어떤 특정지역내 특정인에게 공급하는 것이 아니라 광범위한 지역내 다수의 수요자가 용수를 공급받는 체계이기 때문에 수요자의 상호 협조가 유지되어야 하고, 이와같은 협조나 노력여하에 따라 1일 최대 급수량과 1일 평균 급수량간의 격차를 줄일 수 있다. 대청광역상수도의 경우 시설 계획에서는 실제 사용량 조사나 확인 절차없이 목표년도의 1일 최대 급수량과 1일 평균 급수량과는 시급에서는 1 : 0.8, 읍급에서는 1 : 0.75, 면단위에서 1 : 0.7로 추정하여 계산하고 있다. 이는 1년 평균 사용량인 평균 급수량에 비하여 최대 급수량이 25%, 33%, 42%가 단순히 증가하는 것으로 시설이 계획되고, 또한 설치되고 있는 것을 의미한다. 그러나, 현행 제도하에서는 용수 수요가 적은 겨울 등에는 급수결정량을 아주 적게하고 또한 용수 수요가 증가하는 여름등에 급수결정량만 상향 조정하여 용수를 공급받는다면 평균 급수량과 아무리 차이가 날지라도 이에 상관을 받지 않으며 이와같은 현상이 용수 공급지점과 가까운 곳에서나 저지대에서 집중될때 고지대등에 용수부족 현상이 일어날 수 밖에 없다. 또한, 현행 용수 공급능력등을 검토해 볼때 최대 용수 수요기에 용수 사용의 절감을 유도하고 최소 용수 수요기에는 용수 사용을 증가토록하여 전반적으로 최대 용수 사용량과 평균 용수 사용량과의 격차를 줄여 나가 고정 시설 투자의 감소화를 유도하여야 하나, 이에 적절히 대응하지 못하고 있는 실정이다. 따라서, 1일 최대 급수량과 1일 평균 급수량과의 차이를 감소시키는데 효력이 있는 제도로의 전환이 필요하다.

넷째로, 현행제도는 용수 배분량의 조정을 거의 허용하고 있지 않는다는 사실이다. 이와같은 것은 용수 배분량이라는 자체가 초기에 투자된 고정시설의 능력으로 결정되고 이와같은 능력은 필요한만큼 변경이 불가능하다는 대원칙 하에 있기 때문이다. 이와같이 배분량이 조정불가능하다는 것은 원칙적으로는 맞지만, 만약 수요추정의 문제점 발생이나 목표시기에 도달하기 이전에 추가

용수 수요원이 생겼을 때 이를 위하여 새로운 시설을 도입하기보다는 기술적으로 가능한 범위내에서 조정할 수 있다면 이를 수용하는 것이 바람직할 것이다. 위의 온양시의 경우 1994년 여름 첨두 수요를 위하여 어떻게 대응하는 것이 바람직할 것인가를 생각할 필요가 있다. 용수원이 확실하지 못한 온양시의 경우 용수공급을 지속하기 위하여는 광역상수도 체계에 의지할 수밖에 없고 이 경우 현행의 용수 배분량의 조정이 가능치 않다면 지속적으로 초과요금을 부담하고라도 현재의 용수 시설을 통한 추가 용수 공급을 받든지 아니면 새로운 시설을 설치할 수 밖에 없다. 후자의 경우 상수도의 고정시설이 하루아침에 이루어지는 것이 아니고 장기간의 계획과 시공을 통하여 이루어진다는 것을 감안한다면 거의 불가능에 가깝고 전자를 이용하는 경우 91년도 및 93년도에 있었던 것과 같은 인접도시(천안시)와 용수공급 때문에 문제점을 야기 시킬 수가 있다. 왜냐하면 용수공급자는 급수결정량에 의하여 급수결정량을 공급하는 것을 원칙으로 시설을 운영할 것이고, 이 경우 한 지역의 용수 추가 수요에 대하여는 타지역의 용수 부족을 야기할 수밖에 없기 때문이다. 따라서, 이러한 경우 삼성전자나 천안시등과 같은 배분량에 여유가 있는 지역과 온양시의 경우의 통수능력등을 종합 검토하여 일부 조정하여 공급한다면 시설의 수요 부하율이 공급 부하율과 비슷하도록 유지할 수 있는 방안이 될 것이다. 이는 더 나아가 이미 설치 되어있긴 하지만 용수수요 조절을 위하여 사용효과가 매우 적은 배수지의 활용을 유도하는 한 방안도 될 수 있다.

## 2.6 상수도 계획의 개선방안

현재의 상수도 계획은 공공적 성격을 지닌 지방자치 단체나 한국수자원 공사에 의하여 이루어지기 때문에 용수수요 추정의 정확성이 상당히 결여되어 있을 뿐만 아니라 용수추정의 부정확에 대한 책임도 없다. 따라서, 향후 상수도 계획시 용수 추정을 보다 정확하게 할 수 있도록 하는 제도적 뒷받침과 아울러 용수수요 추정에 대한 책임을 지도록 하여야 할 것이다. 용수수요 추정에 대한 책임을 용수요금을 통하여든가 기타 방법의 사용이 가능할 것이다. 아울러, 첨두 부하에 대한 책임을 지도록 유도하여 상수도 계획시 적정의 시설을 유도할 수

있다. 이와 같은 2가지의 책임 부여를 위하여는 일본에서 사용하고 있는 책임수량제나 미국에서 사용하고 있고 첨두 용수 수요에 따른 요금부하 등이 참고로 이용될 수 있다.

### 2.7 결 론

본 절에서는 광역 상수도에서 첨두부하의 발생에 대한 전반적인 경향과 이에 대한 해소 방안으로서 현행 제도의 개선 필요성 및 방향에 대하여 검토하였다. 이와 같은 요율제도의 개선의 필요성은 첨두부하에 의하여 용수 수급상 불균형을 가져와 실제 수요자에게 불편을 초래하기 때문이다. 이와 같은 불편을 해소하고 용수수급상의 공평성을 확보하기 위하여는 각각의 수요자에 대한 첨두부하에 대하여 해당 수요자로 하여금 어떠한 형태든지 책임을 지도록 유도하는 것이 필요하다. 용수 수급상의 공평성 확보라는 관점과 용수 수급상 불균형 해소라는 관점에서는 첨두부하에 대한 적절한 조치 못지않게 용수 수요 추정의 정확성이 요구되었다. 즉, 용수 수요 추정에 대한 책임을 지도록 유도하여 수요 추정 부정확에 의한 용수 수급상의 문제점이 발생되지 않도록 유도하는 것이 필요하고 이와 같은 문제점 해소방안으로 계획에 대한 책임제도가 필요할 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

1. 건설부, (1985), “상수도 시설기준”, 건설부.
2. 건설부, (1987), “일본 수도 행정”, 건설부.
3. 건설부, (1988), “용수 요금 산정 지침”, 건설부.
4. 건설부, (1988), “상수도 원단위 산정 및 장기 종합 개발 계획 수립에 관한 연구”, 건설부.
5. 건설부, (1991),(1992), “상수도”, 건설부.
6. 김 광호, (1989), “우리나라 광역 상수도 사업에 관한 연구”, 석사학위 논문,  
충남대학교 행정대학원.

7. 나종천, (1986), “지방 공기업 재정 및 운영 개선 방안”, 수도 제34호, 한국수도협회, pp 11-15.
8. 대전지방 국토관리청, (1985), “대청댐 계통 광역상수도 사업실시 설계보고서”
9. 박형석, (1990), “서울시 상수도 사업의 경영분석과 독립채산을 위한 제언”, 수도 제51호, 한국수도협회.
10. 박홍립, (1991), 경제학 원론, 박영사.
11. 寺尾晃洋, (1981), 일본의 수도사업, 동양경제신문사.
12. 산동회계법인, (1987), “산업기지개발공사 요금제도 합리화 방안에 관한 연구”, 산동회계법인.
13. 산동회계법인, (1989), “한국수자원공사 상,하수도 사업성 분석 및 요금체계 합리화 방안”, 산동회계법인.
14. 산동회계법인, (1991), “정부기관 특별회계의 공공요금 결정방법에 관한 연구”, 산동회계법인.
15. 산업기지개발공사, (1986), “공사 요금 제도의 합리적 방안 연구”, 산업기지개발공사 영업부.
16. 소송수용, (1981), 수도재정 및 요금, 일본수도신문사.
17. 송 인성, (1988), “우리나라 상수도 행정의 개선방안에 관한 연구”, 석사학위 논문, 전남대학교 행정대학원.
18. 이석구, (1992), “상수도 정책방향과 제도개선”, 제23회 수도 심포지엄, 한국수도협회, pp. 3-16.
19. 정규영, (1989), “우리나라 상수도의 역사적 배경”, 수도 제50호, 한국수도협회, pp. 26-40.
20. 충청남도 보령댐 건설사업소, (1993), “보령댐 계통 광역상수도 실시 설계보고서”
21. 한국수자원공사, (1988), “영국의 수자원 관리”, 한국수자원공사.
22. 한국수자원공사, (1988), “한계비용이론에 의한 사업별 요금분석”, 한국수자원공사 영업부.
23. 한국수자원공사, (1988), “영국의 수자원 관리”, 한국수자원공사 영업부.

24. 한국수자원공사, (1992), “수도(용수) 공급규정”, 한국수자원공사.
25. 한국수자원공사, (1992), “수도요금제도 연구”, 한국수자원공사.
26. 환경부, (1996), “상수도 통계”.
27. Abramson, M., (1972), “Rate Design in the 70s”, Journal, AWWA, Vol 64, No.8, pp. 467-470.
28. Adams, J. C. Jr. and Pennacchio, V. F., (1970), “Handling Revenue and Cost Elements in Rate Setting”, Journal, AWWA, Vol 62, No.12, pp. 754-764.
29. AWWA, (1979), “Managing Water Rates and Finances”, An AWWA Management Resources Book, Denver, Co.
30. AWWA, (1991), Water Rates, Manual M1, American Water Works Association, Denver, Co.
31. AWWA, (1991), Cost Allocation and Rate Design for Water Utilities, American Water Works Association Research Foundation, Denver, Co.
32. AWWA, (1992), Alternative Rates, Manual M34, American Water Works Association, Denver, Co.
33. Boland, J. J., Wentworth, R. W. and Steiner, R. C., (1982), “Forecasting Short-Term Revenues for Water and Sewer Utilities”, Journal, AWWA, Vol 74, No.9, pp. 460-465.
34. Buchanan, G. G., Beard, III. J. D. and Bowers, A. E., (1977), “Facing the Cost of Water Quality”, Journal, AWWA, Vol 69, No.1, pp. 47-51.
35. Clark, R. M. and Dorsey, P., (1982), “A Model of Costs for Treating Drinking Water”, Journal, AWWA, Vol 74, No.12, pp. 618-627
36. Fort Worth Water Department, (1989), “Wholesale Water Contract-Fort Worth City Secretary Contract No.17212”, City of Fort Worth.
37. Fort Worth Water & Planning Departments, (1990), “Land Use Assumptions”, City of Fort Worth.
38. Fort Worth Water Department, (1991), “1989-1990 Statistical Report-Fort Worth Water Department”.

39. Fort Worth Water Department, (1992), "Report on Wholesale Water Rates", Fiscal Year. 1993, Draft.
40. Fort Worth Water Department, (1992), "Report on Wholesale Water Rates", Fiscal Year. 1993, Draft.
41. Fort Worth Water Department, (1992), "Report on Wholesale Wastewater Rates", Draft, Ernst & Young.
42. Goolsby, W., (1975), "Optimal Pricing and Investment in Community Water Supply", Journal, AWWA, Vol 67, No.5, pp. 220-224.
43. Griffith, F. P. Jr., (1982), "Policing Demand Through Pricing". Journal, AWWA, Vol 74, No.6, pp. 288-291.
44. Grisham, A. and Fleming, W. M., (1989), "Long-Term Options for Municipal Water Conservation", Journal, AWWA, Vol 81, No.3, pp. 34-42.
45. Hanke, S. H. and Boland, J. J., (1971), "Water Requirements or Water Demands?", Journal, AWWA, Vol 63, No.11, pp.677-681.
46. Heidrick, H. H., (1972), "The Shifting Emphasis in Rate Making". Journal, AWWA, Vol 64, No.8, pp. 471-521.
47. Hyle, R. C., (1971), "Rate Philosophy", Journal, AWWA, Vol 63, No.11, pp. 682-687.
48. keig, N. G., Fristoe, C. W. and Goddard F. O., (1970), "Rate Making Policies and Practices of Publicly Owned Water Utilities", Journal, AWWA, Vol 62, No.7, pp. 425-430.
49. Keller, C. W., (1975), "Trends in Water Rates", Journal, AWWA, Vol 67, No.5, pp.255-257.
50. Lobb, H. J.. (1975), "Demand-Rate Economics", Journal, AWWA, Vol 67, No.5, pp. 246-250.
51. MacDonald, David. V. and Barney Jr, K. P., (1978), "The Effects of Pricing Policies on the Economics of Water Storage", Journal, AWWA, Vol 70, No.5, pp. 246-251.
52. Macy, P. P. and Maddaus, W. O., (1989), "Cost-Benefit Analysis of

- Conservation Programs", Journal, AWWA, Vol 81, No.3, pp. 43-47.
53. Matthews, R. B. and Webster, S., (1982), "Cost-Based Water Rate Design", Journal, AWWA, Vol 74, No.6, pp.282-284.
54. National Water Commission, (1973), Water Policies for the future, Washington, D.C.
55. Renshaw, E. F., (1982), "Conserving Water Through Pricing", Journal, AWWA, Vol 74, No.1, pp. 2-5.