

우리나라의 지하수 이용 현황과 합리적인 관리방안

정 상 만¹⁾, 김 연 주²⁾

1. 서 론

인간의 생활 수준 향상과 산업화로 인하여 물 수요가 급증하게 되고 지표수만으로는 물 수요량을 충당하기 어렵게 되자 지하수 개발 및 관리를 더욱 필요로 하게 되었다. 본 연구에서는 지하수 이용을 위한 기초 조사를 실시하기 위하여 지하수 관련 기초 자료의 수집과 이용기법을 소개하고 지하수의 부존량과 이용가능량을 추정하였다. 또한, 최근에 발표된 우리나라 지하수법에 대하여 지하수의 소유 및 소유권의 소재, 법 집행을 위한 주무기관의 설정, 지하수의 조사, 개발, 양수량, 이용 한도 등의 제한, 오염방지대책, 법규 위반에 따른 벌칙 조항등에 대하여 특징을 분석하였다. 아울러 지하수 관리, 지하댐, 지하수 감시 기법 등 합리적인 지하수 관리 방안을 제시하고 지표수와 지하수의 연계 이용에 대한 체계적인 접근 방법을 모색 하였다.

2. 지하수 이용을 위한 기초 조사

지하수를 개발하기 이전에 지하수에 대한 조사가 이루어져야 하지만, 일반적으로 개발을 계속할 계획이거나 과잉개발로 인해 물공급과 관련된 문제들이 발생하였을 때는 조사에 착수한다. 지하수 조사를 시작하기 이전의 일련의 활동거쳐 타당성 조사를 하게 된다. 그림 1은 타당성 조사의 단계를 나타낸 것이다. 지하수의 효율적인 이용과 관리를 위해서는 부존량과 이용가능량 등의 파악이 선행되어야 하며, 이를 위해서는 지형학적 자료, 지질학적 자료, 수문 자료등이 필요하다. 수문 자료 수집의 목적은 수문학적 평형식 (equation of hydrologic equilibrium)을 추정하는 것인데 지표유입과 유출, 강수량, 소비량, 지표수 저류량의 변화, 토양수분 함유량의 변화, 지하수 부존량의 변화, 지하유입과 유출 등이다.

지하수의 부존 상태를 파악하기 위하여 지표 및 지하 지질 분포, 지하수위 분포, 지하수를 함유하고 있는 지층의 특성, 지하수의 수질 현황등에 관한 기초 조사를 실시하여야 한다. 기초 조사는 지질 조사, 물리탐사, 시추조사 등으로 실시되며 지하수가 포함하고 있는 지질과 지질 구조를 물리현상을 이용해서 탐사하는 물리 탐사가 일반적으로 대수층의 추적에 사용된다.

지표탐사에는 대표적으로 전기탐사와 탄성파 탐사 방법이 있으며 지하탐사에는 전기 검층, 속도 검층, 반사 검층, 방사능 검층의 방법의 사용이 가능하다. 우리나라 남한강 유역의 양화천 지역에서의 γ - γ 와 중성자 검층에 의한 예를 그림 2에 수록하였다.

3. 지하수의 부존량과 이용가능량 추정

한국건설기술연구원에서는 유역별 지하수 부존량을 추정하기 위하여 농림부의 지하수조사시 험보고서를 토대로 1:250,000 지질도와 1:50,000 지질도로 부터 대수층을 미고결 퇴적층인 충적층과 풍화층, 암반층인 화성암류, 변성암류, 퇴적암류, 변성암류, 석회암류로 분류하였다. 분류된 대수층과 수리지질을 기준으로 유역별로 분포면적과 심도를 산정한후 공극률과 비산출률을 적용하여 계산하였으며, 지하수 부존량 추정에는 모든 지질의 유효 공극내에 물이 포화되어

1) 공주대학교 공과대학 토목공학과 조교수

2) 한국건설기술연구원 수자원연구실 위촉연구원

있다고 가정하였다. 여기에서 추정된 지하수 부존량은 32,275억 m^3 으로 1989년 농어촌 개발공사에서 추정한 부존량 13,240억 m^3 에 비해 상당히 크다. 이 차이는 첫째, 여기에서는 최근 수백 m까지의 깊은 우물의 개발을 고려하여 지하수 대수층 암반의 두께를 일률적으로 지하 500m까지 가정하였으며, 둘째, 최근 자료를 이용하여 암반의 공극률을 과거치 보다 큰 값을 사용하였기 때문이다. 이와같이 부존량을 추정하는 것은 매우 어렵다. 우리나라의 유역별 지하수 부존현황을 나타낸 그림 3을 보면 전체 부존량의 50% 이상이 한강과 낙동강에 존재함을 알 수 있다.

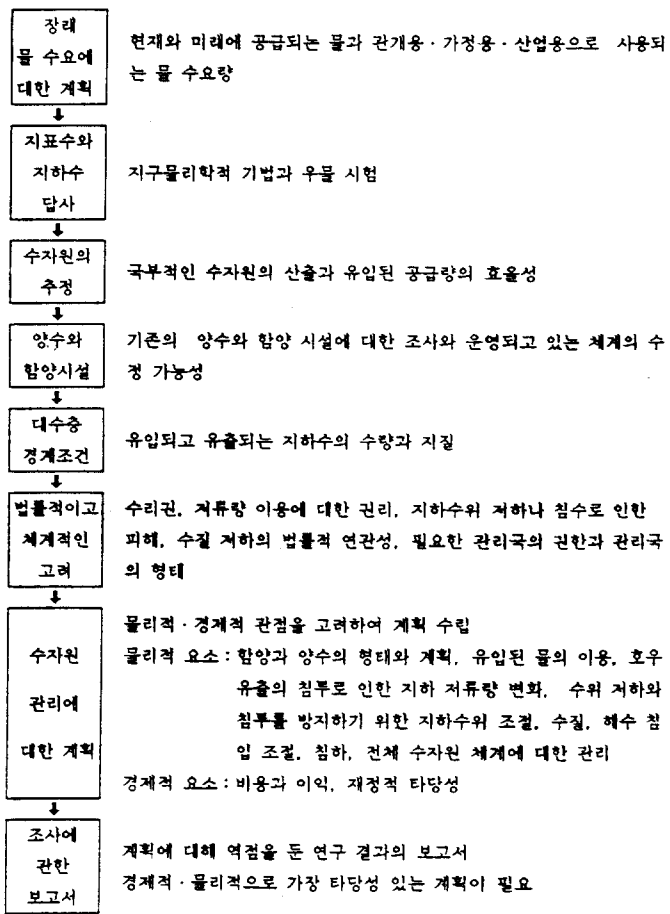


그림 1 지하수 관리에 대한 타당성 조사의 단계

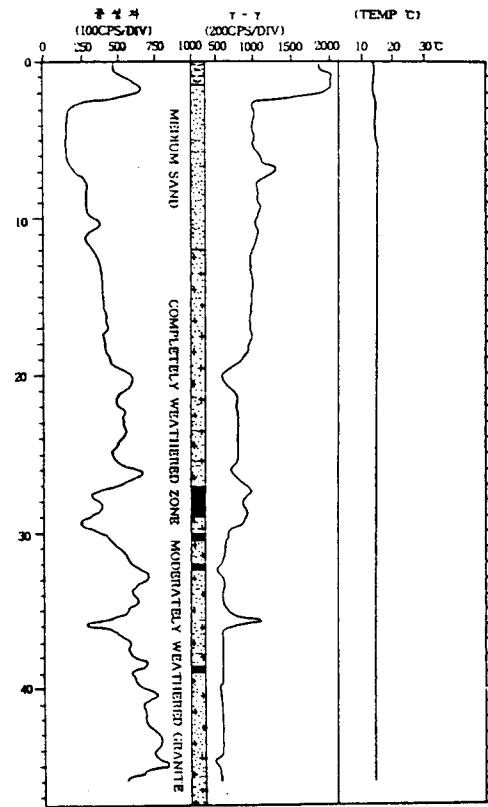


그림 2 남한강 유역의 양천 지역에서의 물리검층도

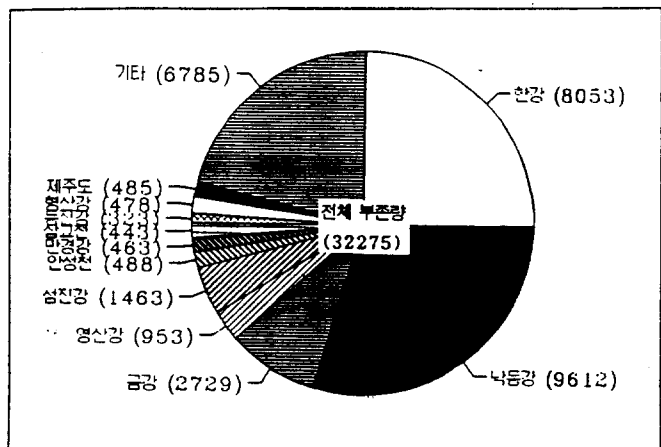


그림 3 지하수 부존량 추정 (단위 : 억 m^3)

지하수의 합리적 이용을 위해서는 정확한 이용 실태의 파악이 필요하다. 한국건설기술연구원에서는 서면 설문조사, 참고문헌조사 및 개인별 자문등으로 유역별과 용수목적별로 구분하여 조사하였다. 또한 1991년부터 2011년까지 농업용·공업용·생활용 지하수 수요량을 추정하였는데 농업용 지하수는 평균 연 0.6%의 증가율을, 공업용·생활용 지하수는 각각 4.5%, 4.5%의 증가율을 나타냈다. 그림 4는 1991년부터 2011년까지의 용수목적별 총 지하수 수요량 추정치를 나타낸 것이며 전체적으로 연평균 2.4%의 증가율을 보이고 있다.

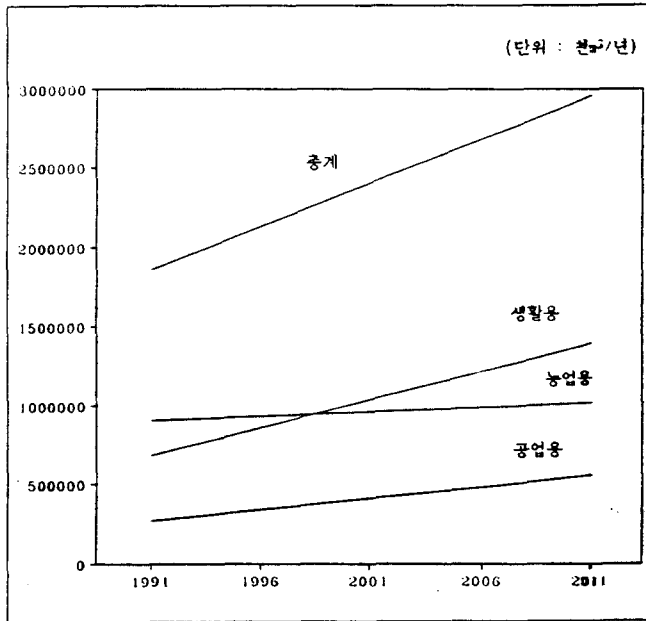


그림 4 용수 목적별 지하수 수요량 추정 (1991~2011)

4. 우리나라 지하수법의 특징

지하수의 합리적인 관리를 위해 1993년 12월 10일 제정·공포된 지하수법을 지하수법에 포함되어야 할 기본 사항인 지하수의 소유 및 사용권의 소재, 법 집행을 위한 주무 기관의 설정, 지하수의 조사·개발·양수량·이용한도 등의 제한, 오염방지 대책, 법규위반에따른 벌칙 조항의 항목으로 구분하여 그 특징을 조사 분석하였다.

1) 지하수의 소유권 및 사용권

지하수의 소유권 및 사용권에 대한 법적 조항은 없다.

2) 법 집행을 위한 주무 기관의 설정

상공부장관이 기초적인 지하수 조사를 실시할 수 있도록 하였으며 서울특별시·직할시장 또는 도지사가 지하수와 관련된 소관 업무의 수행을 위하여 필요한 때에는 지하수의 개발·이용 및 보전·관리를 위한 조사를 실시할 수 있도록 하였다. 또한, 건설부장관이 조사 자료를 종합관리 하여 관계기관 및 지하수의 개발·이용자가 활용할수 있도록 하고 지하수 관리 기본 계획을 세우도록 하였으며, 지하수 오염 방지는 환경처장관 또는 시·도지사가 조치를 취할 수 있도록 하였다.

3) 지하수 보전 구역 설정

시·도지사는 지하수의 수량이나 수질의 보전에 필요하다고 인정되는 지역을 지하수 보전 구역으로 지정하거나 그 지정을 변경할 수 있도록 하고 있다.

4) 지하수 개발의 인·허가 규모

지하수를 개발·이용하고자 하는 자는 대통령령이 정하는 바에 따라 관할 시·도지사에게 신고 하여야 하며 신고한 내용을 변경하고자 할 때에도 신고하도록 되어 있다.

5) 지하수의 조사, 개발, 양수량, 이용한도의 제한

시·도지사는 지하수를 개발·이용하고자 신고한 자가 다음에 해당하는 경우에는 기간을 정하여 그 시정을 명하거나 필요한 조치를 할 수 있다.

- (1) 정당한 이유없이 신고한 날로부터 3개월 이내에 개발·이용을 하지 않거나 3개월 이상 개발·이용을 중지한 경우
 - (2) 지하수의 수위 저하로 지반이나 구조물이 침하되거나 현저하게 침하될 우려가 있는 경우
 - (3) 지하수 오염 방지를 위한 시설의 설치를 하지 않은 경우
 - (4) 대통령이 정하는 지하수 관련 전문기관의 수질 검사에 불합격된 경우
- 6) 지하수 오염에 관한 규정
- 환경처 장관 또는 시도지사는 지하수 오염 방지를 위하여 특히 필요하다고 인정하는 때에는 지하수를 오염 시키거나 현저하게 오염 시킬 우려가 있는 시설의 설치자 또는 관리자에게 지하수 오염을 방지할 수 있는 조치를 하도록 지시 할 수 있다. 또한, 지하수의 수질 보전을 위하여 전국의 지하수에 대한 물 오염 실태를 측정하도록 되어 있다.
- 7) 법규 위반에 따른 벌칙 조항
- 신고를 하지 아니하고 지하수를 개발·이용하거나 기타 부정한 방법으로 신고한 자, 지하수 개발·이용 시설의 폐쇄 명령을 받은 후에도 계속하여 지하수를 개발·이용을 하는 자 등에 대하여는 1년 이하의 징역 또는 500만원 이하의 벌금에 처하도록 하고 있다.
- 8) 분규 조정
- 분규 조정에 대한 법적 조항은 없다.

5. 합리적인 지하수 관리 방안

지하수를 합리적으로 관리하기 위해서는 무엇보다도 대상 지하수역에 관한 정확한 조사와 실태 파악이 선행되어야 한다. 또한 지하수의 효율적인 이용을 위해서는 전반적인 지하수역에 대한 관리가 필요하며 지하수 감시 체계가 구축되어야 하고 자연 함양만으로는 지하수역을 충분하게 함양 시킬 수 없을 경우 인공함양을 부가적으로 실시 하여야 한다. 보다 직접적인 지하수 개발·이용 방법으로 지하댐 설치를 권장 할 수 있다. 아울러 수자원을 효율적으로 이용하고 용수공급을 원활히 하기 위하여 지표수와 지하수의 적절하고 계획적인 조절이 필요하다.

1) 정확한 현황 파악

지하수 관리를 위해서는 우선 지하수역내의 지하수 부존 상태, 부존량, 대수층의 구조, 유출량, 함양량, 지하수의 유동계 등을 파악 하여야 한다. 이를 위해서는 먼저 물수지(water balance) 계산을 행하는 기간과 시간폭을 결정 해야하며, 이는 계획의 목적, 자료의 정도, 수지 계산으로부터 발생하는 오차등을 고려하여 결정한다. 또한 기존 우물의 지질 주상도, 양수량 기록, 수위 기록, 양수시험 기록, 수질 기록 등의 우물 자료를 수집·정리 해야 하는데, 일반적으로 기존 우물 자료만으로는 충분한 정보를 얻을 수없으므로 적절한 위치에 관측 우물을 설치하여 시험 및 관측을 수행하여야 한다.

2) 지하수역의 관리

지하수역의 관리는 사회적 또는 경제적 특성을 고려한 지하수 개발과 이용의 기본이 된다. 지하수역을 관리하기 위해서는 그 유역내에서 개발 가능한 물의 양에 대한 파악이 필요하다. 이것은 수문학적 순환 체계(hydrologic cycle)를 구성하는 요소들의 상관성에 의한 수문 평형 관계를 살펴 봄으로써 가능하다. 어떤 지하수역에 대한 수문학적 순환 체계에서 유역에 공급되는 물의 양과 유역에서 배출되는 물의 양 사이에 균형이 이루어 져야 한다.

3) 지하수의 개발·이용

지하수를 개발·이용하기 위해서는 양수 대상이 되는 대수층의 수문 지질 조사, 수질 조사, 대수층의 양수량과 분포 등을 조사하여 부존량 및 개발 가능량을 추정하고, 현재의 이용 실태를 파악하여 이용 계획을 수립하여야 한다. 그리고, 이와 같은 기본 계획을 수립한 후에는 지하수 관련 기관이 서로 알 수 있도록 하여 업무에 활용하도록 하여야 한다. 또한, 지하수를 개발·이용할 수 있는 권리를 증명하는 서류, 지하수 개발·이용 위치를 표시한 지적도나 임야도, 지하수 개발·이용시설 설계도, 오염방지시설의 설치계획서, 지하수 개발·이용의 포기·중지시 원상 복구 계획서를 구비하여 신고하도록 하여야한다. 이러한 지하수의 개발·이용 신고를 한 다음에는 수위 측정관을 설치하여 지하수 수위를 측정하며, 계량기를 설치하여 이용량을 측정한다. 이것은 이용 실태를 파악하는데 있어 매우 중요한 자료가 되며, 기본 계획을 수립하는

기초가 된다. 특히, 지하수의 개발·이용시 관광객 이용 시설이나 공중 위생에 관련된 업종, 식품·주류 제조업이나 시·군 접객업등 고수질의 물을 요하거나 세차장과 같이 물 오염을 유발할 가능성이 있는 경우는 반드시 신고 하도록 하여야 한다.

4) 지하수의 보전·관리

지하수를 계속적으로 이용하기 위해서는 지하수의 수량과 수질을 보전하는 것이 필요하다. 지하수를 보전하는 방법으로는 보전구역의 설정, 오염 방지 시설의 설치 등이 있으며, 행정 당국은 이를 위해서 지하수의 수위 변동 실태 조사와 수질 검사를 실시 하여야 한다. 어떤 유역에서 지하수의 수량이나 수질을 보전할 필요가 있을 때, 그 지역을 지하수 보전 구역으로 지정하거나 그 지정을 변경 할 수 있어야 한다.

지하수를 개발·이용할 때에는 지하수 오염방지를 위한 시설을 설치하여야 한다. 오염방지 시설물로는 지표나 지하로부터 오염물질이 유입되는것을 방지 하기 위한 시설, 지하수위나 유량 측정을 실시할 수 있는 시설 등을 말하며, 이용하기 위해 개발한 지하수를 폐쇄할 경우에는 그라우팅을 실시하여 오염물질의 유입이나 확산을 방지하여야 한다. 또한 지하수를 오염 시키거나 현저하게 오염시킬 우려가 있는 시설은 지하수법에 의해 개선하거나 폐쇄, 철거를 명할 수 있고, 지하수 관측정의 설치 및 수질 검사를 행해야 한다.

5) 자료 시스템의 구축

지하수를 관리하는데 있어 가장 중요한 것은 수집된 자료들을 체계적으로 종합하여 이용하는 것이며, 이를 위해서는 우선적으로 관리 조직을 정비·재편성 하여야 한다. 지하수는 일차적으로 그 지역의 문제점을 가장 잘 파악하고 있는 기관에서 맡아야 한다. 개발·이용을 하려는 사람용 개발·이용 착수시나 그 내용의 변경시 관련 서류를 구비하여 신고를 하여야 하며, 관련 부서에서는 이것을 검토하여 적합하지 않을 경우에는 그 내용을 수정하도록 요구하여야 한다. 또한 기초조사를 실시한 자료를 구비하여 일반인들이 활용 할 수 있도록 하여야 하며, 이것을 기초로 수립한 그 지역의 개발·이용계획과 현재의 개발·이용상황 등을 매년 관련부처에 보고하도록 하여야 한다.

6) 지하수의 감시 및 지하수의 인공함양

지하수 감시(monitoring)는 지하수의 양적, 질적, 부존상태등 거동 상태의 변화를 파악하여, 지하수의 변화가 미치는 부작용이 최소화 되도록 관리하기 위한 것이다. 따라서 지하수의 감시에는 지하수위의 저하, 지하수량의 감소, 지하수질의 변화, 지반의 침하 등과 같은 관측기능, 관측 결과를 분석하여 지하수를 적절하게 이용하고 보전하기 위한 규제와 관리 기능으로 대별 할 수 있다. 지하수의 인공함양이란 인공적으로 자연 조건을 변화 시킴으로써 지표수의 자연적 지하 유입을 증가시켜 충분한 용수공급을 하는것으로 정의할 수 있는데 주입법, 확수법, 지하수 함양댐, 지하댐 등을 이용할 수 있다.

7) 연계이용에 의한 지하수 관리

지표수와 지하수의 차이점을 살펴보면 지하수의 산출량이 지표수의 산출량보다 많고 더 경제적이며, 또한 댐 저수지의 지표수는 연중 강우에 의해 공급되지만, 지하수는 불규칙한 잉여 지표수에 의해 공급된다는 것이다. 따라서 우기에는 수위가 증가한 지표수를 이용하여 지하수 저류량을 증가시키기 위해 인공함양을 하고, 지표수가 한정된 갈수기에는 지하수를 양수하여 용수를 공급하는 것이다. 그림 5는 연계 이용 문제에 대한 체계적인 접근 방법을 제시하고 있다.

6. 결 론

우리나라의 지하수 이용 현황과 합리적인 관리방안을 제시하기 위한 본 연구에서는 지하수 이용을 위한 기초 조사를 실시하였고 그 관리를 위한 방안을 제시하였으며, 지하수의 보전 방안을 제시하였다.

- 1) 우리나라의 지하수 부존량은 32,275억 m^3 으로 추정되며 부존량의 50% 이상이 한강과 낙동강 유역에 존재 한다.
- 2) 지하수 수요량은 공업용·생활용에서 각각 4.5%, 4.5%의 증가율을 나타냈다.
- 3) 지하수의 합리적인 관리를 위해 우리나라의 지하수법에 대하여 지하수의 소유 및 사용권의 소재, 법 집행을 위한 주무 기관의 설정, 지하수의 조사·개발·양수량·이용한도 등의

제한, 오염방지 대책, 법규위반에 따른 벌칙 조항의 항목으로 구분하여 그 특징을 분석하였다.

4) 지하수의 합리적인 관리방안을 제시하고 연계이용에 관한 체계적인 접근 방법을 모색하였다.

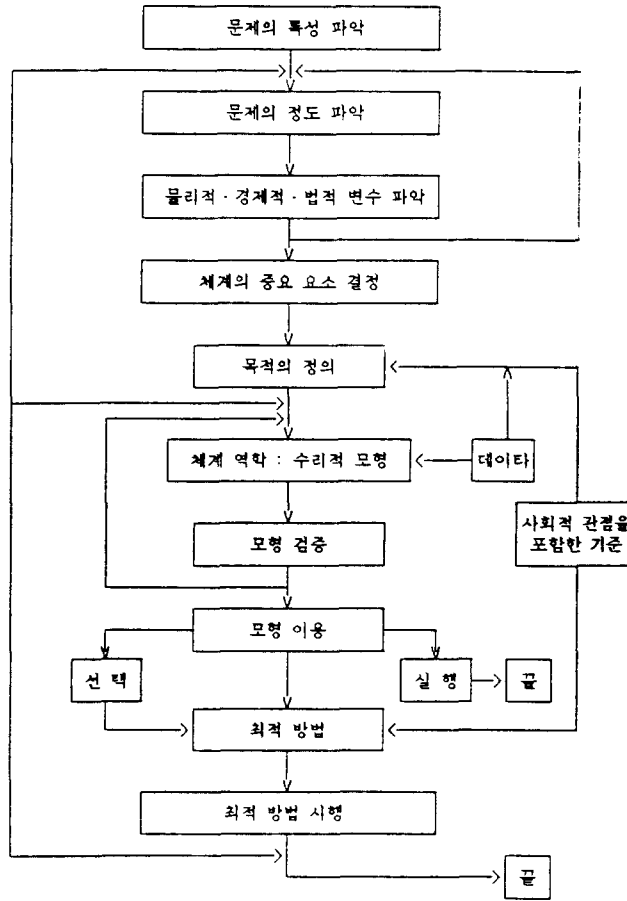


그림 5 연계 이용 문제에 대한 체계적인 접근 방법

7. 참고 문헌

- 1) Amer. Soc. Civil Engrs., Groundwater Management, Manual Engrg., Practice 40, p.216, 1972.
- 2) Bear, J., Hydraulics og Groundwater, McGraw-Hill, 1979.
- 3) Bouwer, H., Groundwater Hydrology, Mcgraw-Hill, 1978.
- 4) Naknoon, R. and S.J. Burges, Conjunctive Use of round and Surface Water, Jour. Amer. Water works Assoc., V.70, pp.419-424, 1978.
- 5) Todd, D.K., Gruondwater Hydrology, 2nd Edition, John Wiley & Sons, 1980.
- 7) 농림수산부, 지하수 개발사, 1985.
- 8) 농어촌 개발공사, 농어촌 용수 이용합리화 계획, 1989.
- 9) 한국수자원공사, 수자원 장기 조합계획(1991-2011) 보고서, 1990.
- 10) 한국자원연구소, 한국수문 지질도 및 보고서, 1993
- 11) 한국건설기술연구원, 지하수이용 및 보전 방안 연구, 1993.