

## 계층분석과정(AHP)에 의한 가뭄시 용수배분 우선순위 의사 결정 Decision Making for Priority of Water Allocation during Drought by Analytic Hierarchy Process

이 현 재\* / 심 명 필\*\*

Lee, Hyun Jae / Shim, Myung Pil

---

### Abstract

During drought, there have been a number of conflicts because of the limited and insufficient water to allocate for the numerous water users. To solve the problems, the decision on the priority of water use should be made with social rationality. A rational and systematic procedure needs to be implemented in order to decide the priority of water use. First, a criteria level is made of the main and detailed drought impacts which come from the economic, environmental, and social aspects. Four alternatives are then identified for priority of water use. Second, survey to the two group (professional, residents) has been done with using pair wise comparisons. Finally, the relative weights and the priority of alternatives are determined by means of the Analytic Hierarchy Process (AHP) which is one of the Multi-Attributed Decision Method (MADM). By using AHP, it has been concluded that the water allocation during drought should be accomplished in order of domestic, irrigation, industrial, and river maintenance water. If the AHP method were improved for inconsistency which may be generated with survey analysis, a number of applications will be used for the solutions of problem in water resources systems.

**Keywords** : Drought impact, Water use, Water allocation, AHP

---

### 요 지

가뭄시 다양한 수요자의 수요량을 충족하지 못하고 한정된 물을 공급함으로 인해 많은 분쟁이 발생되고 있으며, 이를 해결하기 위하여 사회적 합의를 도출할 수 있는 용도별 용수 우선 순위의 의사 결정이 이루어져야 한다. 이와 같은 의사결정은 합리적이며 시스템적인 절차로 수행한다. 첫째, 가뭄으로 인한 영향을 받는 경제적, 환경적, 사회적 관점과 그와 관련된 세부적 속성들을 기준 레벨로 정하고 4가지의 대안을 명시한다. 둘째, 전문가와 지역주민에 대하여 쌍대비교 방법으로 설문을 실시한다. 최종적으로 의사속성결정법중의 하나인 계층분석과정(AHP)에 의해 상대적 가중치와 대안의 우선순위를 결정한다. 분석 결과 가뭄시 용수배분은 생활용수, 농업용수, 공업용수, 하

---

\* 인하대학교 토목공학과 박사과정

Doctoral Course, Dept. of Civil Engrg., Inha Univ., Incheon Metropolitan city 402 751, Korea  
(E-mail : dhwrdd@chollian.net)

\*\* 인하대학교 환경토목공학부 교수

Prof., Dept. of Civil Engrg., Inha Univ., Incheon Metropolitan city 402-751, Korea  
(E-mail:shim@inha.ac.kr)

천유지용수 순으로 배분하여야 하는 것으로 나타났다.

AHP 기법은 설문시 일관성을 유지할 수 있는 방법만 개선된다면 수자원 시스템의 의사결정에 폭 넓게 적용될 수 있으리라 판단된다.

**핵심용어** : 가뭄영향, 용수, 용수배분, 계층분석과정

우리나라는 홍수기인 6~9월의 장마와 태풍기간에 년강수량(1,283mm)의 2/3가 집중되고 있으며, 더욱이 국토의 65%가 산악지형이고 하천경사가 급하여, 호우시에 우수가 일시에 유출됨으로써 홍수가 발생되고 갈수기에는 유출량이 적어 수자원관리에 불리한 자연조건을 갖고 있다. 또한, 인구의 지역적 편중으로 인하여 일부지역에서는 용수수요를 충족시키지 못하는 반면 일부지역에서는 용수수요를 충분히 만족시킬 수 있는 등 지역적 용수수급불균형이 발생되고 이를 해소하기 위하여 댐 개발 및 광역상수도 시설을 계획하고 있으나 지역주민들과 환경보존단체들의 반발 등으로 개발여건은 악화되고 있다.

한편, 나라의 경제 규모를 나타내는 국내총생산이 증가되고 도시화율이나 상수도 보급률이 높아지게 됨에 따라 용수수요는 점점 늘어나는 형편이다. 불리한 수자원 여건속에서 계속 증가되는 용수수요량을 충족하기에는 어려움이 많아지고 이에 따라 용수배분에 따른 갈등이 여러 곳에서 나타나고 있으며 더욱이 정치적으로 지방자치시대에 들어와서는 심화되고 있는 실정이다. 더욱이 최근 2001년에는 200년에 한번 발생할 정도의 큰 가뭄(심명필, 2002)이 내습하여 용수수요량을 충족시키기 위한 비상가뭄관리 상황이 발생되기도 하였다.

용수배분에 대하여 한국수자원공사(1995)는 국내 물 분쟁사례를 들고 물 배분우선순위를 주민의식조사와 기존관리규정을 들어 결정하고, 한국건설기술연구원(1998)은 물분쟁의 원인으로 수리권의 국·내외 제도에 대하여 검토하고 물 배분시 효율적인 수요가 발생한 다면 기득 수리권을 제약하여야 하며, 법률에 용도별 우선순위는 규정할 필요가 없다고 제시하고 있다. 또한 이태삼(2000)은 우리나라의 효율적인 용수배분을 위한 법·제도적 방안을 제시하였다. 건설교통부(2000)는 유역간의 물 이전과 용수의 절약을 통한 물 공급 가능능력을 제고하여 수자원의 효율적인 이용을 도모할 수 있도록 수리권 거래제도의 도입방안을 검토하기도 하였으며, Viessman(1989)등은 물 관리의 분쟁해결을 제도적인 관점, 해석적인 방법, 협상, 그리고 기술자의 역할 등을 통하여 해결하고 있다.

한편, 수자원시스템 관리에서의 다속성의사결정법으로 의사결정한 사례를 살펴보면, Satty (1980)가 AHP를 소개한 이래로 Ko(1989)와 Mohamed(1995)등이 저수지의 최적운영과 규모를 결정함에 적용한 바 있고, Ridgley(1992, 1993)는 가뭄시에 물 공급 방법에 대하여 AHP를 적용하여 효율적인 용수배분 방안을 제시하기도 하였으며, 2000년 이후에는 저수지, 호수 등의 수자원 평가에도 적용하였다(Wen, 2000; Liaw, 2000; Fang, 2001; Jaber, 2001). 국내에서의 적용은 한국개발연구원(2001)에서의 수자원 개발 사업의 예비타당성을 검토하기 위한 방법으로 AHP를 제시하고 있다.

본 연구에서는 수자원시스템의 관리 중 가뭄시 이수 시스템관리를 수행함에 있어 우선적으로 결정되어야 할 용수의 용도별 배분 우선순위를 합리성에 근거하여 이루어질 수 있도록 가뭄시에 경제, 사회, 환경에 미치는 각종 영향 속성과 용수의 용도(생활용수, 농업용수, 공업용수, 하천유지용수)에 대하여 평가를 설문실시하고 그 결과를 다속성 의사결정법중의 하나인 계층분석과정(AHP)에 의하여 결정하고자 한다.

## 2. 가뭄의 영향

### 2.1 가뭄의 정의

일반적으로 가뭄은 지역환경이나 사회가 안정을 유지해왔던 정상수준보다 훨씬 적은 토양수분이 유지되고 적은 양의 물 공급이 계속되는 기간과 관련되는 것으로 그 정의는 지역이나, 용도 그리고 관점에 따라 달리할 수 있는 바, 크게 기상학적 가뭄, 수문학적 가뭄, 농업적 가뭄, 사회·경제학적 가뭄으로 분류하고 있다(Yevjevich, 1983).

본 논문에서의 가뭄은, 물 수급이 영향을 미치는 사회·경제적인 측면에서의 정의로서, 한정된 수자원을 합리적으로 배분하는 방안, 즉 용수배분의 우선순위를 검토하고자 한다.

### 2.2 가뭄의 정도표시

가뭄피해를 줄이고 대책을 강구하는 의사결정을 위해서는 현재와 미래에 대한 가뭄의 심각성을 파악하여

표 2.1 Palmer지수의 가뭄구분

PDSI	구 분
0.49~-0.49	거의 정상(Near Normal)
-0.50~-0.99	시작 가뭄(Incipient Drought)
-1.0~-1.99	약한 가뭄(Mild Drought)
-2.0~-2.99	보통 가뭄(Moderate Drought)
-3.0~-3.99	심한 가뭄(Severe Drought)
-4.0≥	극한 가뭄(Extreme Drought)

표 2.2 가뭄에 의한 파급효과 항목

구 분	항 목
경제	① 농업 생산자에게 미치는 비용과 손실(작물 수확 감소, 관개 비용 증가 등) ② 목축업 생산자에게 미치는 비용과 손실(생산성 감소, 이용되는 물의 고비용 및 제한 등) ③ 목재 생산 손실(수목병, 산림지 생산성 손상, 야생지 화재 등) ④ 어업 생산 손실(어류 서식처 피해, 유량 감소로 인한 수생 생물 손실) ⑤ 일반적인 경제적 영향(지가 하락, 농업 관련 산업 손실, 농업인 파산 또는 이직 등) ⑥ 레크리에이션과 관광 산업에 대한 손실(여가 활동 위축과 관련된 손실 등) ⑦ 에너지 관련 영향(가뭄으로 인한 발전량 감소, 대체전력을 위한 고비용 등) ⑧ 물 공급자(물수송 또는 이동의 비용, 새로운 또는 추가적인 수원 개발비용 등) ⑨ 수송 산업(주운 항해 감소 인한 손해 등) ⑩ 식료품 생산성 하락(물가 상승 등)
사회	① 건강(정신적, 육체적 스트레스, 오염된 하천, 호흡기 질병 증가 등) ② 갈등 증가(물 사용자간의 충돌, 관리측면의 충돌 등) ③ 삶의 질 저하 및 생활방식의 변화(인구 이주, 심미적인 가치 상실 등) ④ 사회적인 가치의 재평가(우선순위, 요구, 권리 등의 가치 재평가) ⑤ 정부의 가뭄 대응에 대한 일반대중의 불만족 ⑥ 자료, 정보 요구의 증가, 보급 활동의 강조 ⑦ 물 이용에 관한 제도적인 한계 인식
환경	① 생물종에 대한 피해(서식처의 감소와 퇴화, 생물다양성 손실 등) ② 수문학적 영향(저수지와 호수의 수위 저하, 지하수 고갈, 수질 악화 등) ③ 식물군에 대한 피해(도시지역의 경관, 산림보존지역의 역할을 담당하는 수목 손실 등) ④ 화재 발생수의 증가와 심도 증가 ⑤ 바람과 물로 인한 토양 부식, 토양질 저하 ⑥ 공기에 미치는 영향(즉 먼지, 오염)

(주) 자료출처 : NDMC(National Drought Mitigation Center), 2002

야 하며 이는 강수량, 유출량, 용수공급량, 저류량, 적설량, 그리고 저수지의 수문학적 요소 등으로부터 유도된 무차원가뭄지수(drought index)를 이용할 수 있다.

세계에는 수많은 가뭄지수가 개발되어 이용되고 있으나 대표적인 수문·기상학적 가뭄지수로는 PDSI(Palmer Drought Severity Index), SPI(Standardized Precipitation Index), 그리고 SWSI(Surface Water Supply Index)등을 들 수 있다(건기연, 2001).

참고로 PDSI에 따라 가뭄구분을 <표 2.1>와 같이 5단계로 구분하고 있다(<http://enso.unl.edu/ndmc/>

[ndmc/indices.htm](http://ndmc.unl.edu/ndmc/ndmc/indices/indices.htm)).

### 2.3 가뭄의 영향

#### (1) 가뭄의 영향요소

가뭄은 부정적인 영향요소 뿐만 아니라, 물 관련 서비스나 물 의존 서비스업을 활성화 시켜주고 농산물 가격을 상승시켜줌으로써 농가의 전체소득을 높여주는 긍정적인 효과도 있을 수 있다. 가뭄의 부정적인 영향요소를 경제적, 환경적, 사회적 부문별로 살펴보면 다음<표 2.2>와 같다.

우리나라에서 과거 가뭄에 의해 발생된 현상들을 살펴보면, 상기 표에 나열한 항목들 중 환경적 영향 항목들에 대해서는 1990년대 이전에는 거의 언급된 바가 없다. 경제적 항목과 사회적 항목에 대한 항목들 중에서도 농업에 관련된 내용이 대부분이고, 사회적 갈등 증가에 대한 내용 정도로 국한되고 있다(이대희, 2002).

### (2) 가뭄영향의 연속성

기상학적, 농업적, 수문학적 가뭄과 관련된 영향들은 연속적으로 나타난다. 즉, 기상학적인 가뭄이 시작할 때는 농업부문에 토양수분에 가장 크게 의존하기 때문에 항상 농업적인 가뭄이 가장 먼저 영향을 받으며 땅속의 물은 건조기간이 길어지는 동안 빠르게 소진되어진다.

만약, 강수부족이 계속되면 수원에 의존하는 사람들은 물 부족함을 느끼기 시작하며 마지막으로 지표수(저수지, 호수)나 지하수에 의존하는 사람도 가뭄이 계

속됨에 따라 수문학적인 가뭄의 영향을 느낀다. 그러나, 3~6개월 지속되는 짧은 가뭄기간 동안에는 수문학적 시스템이나 물사용 요구량을 갖는 이러한 부문에는 거의 영향을 미치지 않는다.

강수가 정상적으로 돌아가서 기상학적인 가뭄상태가 약해지면 지표수와 지하수의 물 공급은 회복되기 시작한다. 토양 수분이 먼저 채워짐으로써 농업적 가뭄이 해소되고, 이어서 하천유출, 저수지나 호수, 그리고 지하수 등이 채워지기 시작함으로써 수문학적 가뭄도 해소되기에 이른다.

### (3) 가뭄지표와 영향

가뭄강도를 나타내는 가뭄지표와 주요영향내용을 살펴보면 다음 <표 2.3>과 같다.

표 2.3 가뭄지표와 주요영향(NDMC, 2002)

분 류		발생 가능한 상황	가 뭄 강 도 구 분					우주식물 위생지수
			범 위	Palmer 가뭄지수	CPC 토양수분모형(%)	USGS 주간유출량(%)	정상강우의 백분율	
D0	가뭄 (초기)	· 가뭄상황접근: 단기건조상황에 의한 초목, 곡물의 성장지연과 평균 이상의 산불 가능성 · 가뭄상황도달: 소량의 물 고갈, 초목, 곡물의 정상상태회복 불가	-1.0 ~ -1.9	21~30	21~30	< 75% 3개월 지속	-0.5 ~ -0.7	36~45
D1	보통 가뭄	· 약간의 초목, 곡물 피해 발생 · 산불위험 중대, 하천, 저수지, 지하수의 수위 저하 · 간헐적인 물부족 발생 · 자발적 용수 사용 제한 필요	-2.0 ~ -2.9	11~20	11~20	< 70% 3개월 지속	-0.8 ~ -1.2	26~35
D2	심한 가뭄	· 곡물 피해 발생 · 산불위험 더욱 중대, · 물부족 상황 지속 · 강제적 용수 사용 제한 필요	-3.0 ~ -3.9	6~10	6~10	< 65% 6개월 지속	-1.3 ~ -1.5	16~25
D3	극한 가뭄	· 대규모 곡물 피해 발생 · 높은 산불 가능성 상재 · 광범위한 부족현상 발생	-4.0 ~ -4.9	3~5	3~5	< 60% 6개월 지속	-1.6 ~ -1.9	6~15
D4	이상 가뭄	· 기록적이고 광범위한 초목, 곡물 피해 발생 · 최고의 산불 가능성 존재 · 저수지, 하천, 지하수의 부족으로 인해 비상(위급)상황 발생	-4.0 미만	0~2	0~2	< 65% 12개월 지속	-2.0 이하	1~5

### 3. 용수의 용도별 분류

용수는 사용하는 형식에 따라 하천외용수(off-stream uses)와 하천내용수(instream uses)로 대별할 수 있다. 하천외용수는 용도에 따라 생활용수, 농업용수, 공업용수 등으로 구분할 수 있고, 하천내용수는 용도에 따라 하천유지용수, 발전용수, 레크리에이션용수 등으로 구분할 수 있다.

#### 1) 생활용수

생활용수란 일반적으로 일상생활에서 이용되는 물을 말하나 사회가 발달하고 복잡해지면서 그 의미가 점점 확대되어 사람들의 일상생활뿐만 아니라 경제활동 및 여러 부가활동에 소모되는 물도 포함하고 있으며, 물이 사용되는 장소 및 목적에 따라 크게 가정용, 영업용, 식당용, 공공용, 공업용 등으로 구분할 수 있다.

#### 2) 공업용수

공업용수는 공장에서 사용되는 모든 용수, 즉 원료용수, 제품처리용수, 세정용수, 보일러용수 등을 말하며 업종, 부지면적, 생산액, 부가가치액, 종업원수 등에 따라 그 양이 다르다.

#### 3) 농업용수

농업용수는 단순히 농경지, 즉 논과 밭에서 영농을 위하여 사용되는 용수라 정의하지만 농업의 생산환경에 필요한 용수량을 포함한다(건교부, 2000).

#### 4) 하천유지용수

하천유지용수를 간단히 정의하면 하천유지유량 개념에 따라 수자원 계획차원에서 설정하는 유량을 말한다. 주요 지점에서 유수의 정상적 기능 및 상태를 유지함으로써 하천 고유의 수리·수문학적 하도가 유지되어 하천 동식물의 생태환경 보호, 하천경관 보전, 하천수질 보전 등이 가능한 상태를 말한다.

### 4. 계층분석과정(AHP)

물 수요가 점점 증대됨에 따라 수자원의 가치가 공공재에서 경제재로 변환되어가고 있으며 이에 따라 제

한적인 수자원의 개발과 관리의 방법 및 규모를 결정하는 데는 각종 공간적 자료(spatial data base)를 갖고 여러 가지 기준에 의해 합리적이고 효율적인 방법을 모색하여야 한다.

이와 같이 여러 상반된 기준(criteria)들을 고려하여 의사결정을 내리는 다기준의사결정(MCDM: Multi-Criteria Decision Making)은 대안의 명시성이라는 관점에서 다속성의사결정법(MADM: Multi-Attribute Decision Making)과 다목적의사결정법(MODM: Multi-Objectives Decision Making)으로 대별할 수 있다. 다속성 의사결정법이란 사전에 몇 개의 대안을 명시하고 이중 하나의 대안 혹은 그와 선호도가 같은 몇 개의 대안을 최적으로 선택하는 방법이며 반면에 다목적의사결정법은 대안은 제시하지 않고 선택가능한 범위만 제약조건으로 명시하여 그 무한개의 대안들 중에서 고려중인 목적들을 가장 잘 만족시키는 대안(최적대안)을 찾아내는 방법을 말하는 것으로 이들 방법의 특징을 요약하면 다음 <표 4.1>와 같다.

본 연구에서 적용하는 AHP기법은 사전에 몇 개의 대안이 명시된 가운데서 우선순위를 결정하는 방법으로 다속성의사결정법의 일종이라 할 수 있다.

#### 4.2 기본개념

계층분석과정(AHP: Analytic Hierarchy Process)은 다수의 요소들을 계층적으로 분류하여 각 요소의 중요도를 파악함으로써 최적대안을 선정하는 기법으로 1970년대 초 토마스 사티(Tomas L.Saaty)에 의해 개발되었다. 계층을 구성하는 요소들은 공간적 자료(spatial data)로서 수량으로 나타낼 수 있는 정량적(quantitative)인 요소뿐만 아니라 그럴 수 없는 정성적(qualitative)인 요소들로 구성되어 있고 또한 정량적 요소라 하여도 척도(scale)가 서로 다를 경우도 있어 서로의 요소들을 비교 할 수 없으며 비교하기 위해서 요소들을 변환(정규화)시켜야 한다.

표 4.1 다기준의사결정(MCDM)의 특징(김성희, 2000)6

구분	다속성의사결정(MADM)	다목적의사결정(MODM)	구분	다속성의사결정(MADM)	다목적의사결정(MODM)
기준	요소	목적	제한사항	불변성(inactive)	가변성(active)
목적	불분명	불분명	대안	유한개	무한개
요소	분명	분명	용도	선택/평가	설계(design)

표 4.2 쌍대비교의 기본척도

중요도	정 의	설 명
1	비슷함 (equal importance)	어떤 기준에 대하여 두 활동이 비슷한 공헌도를 가진다고 판단됨.
3	약간 중요함 (moderate importance)	경험과 판단에 의하여 한 활동이 다른 활동보다 약간 선호됨
5	중요함 (strong importance)	경험과 판단에 의하여 한 활동이 다른 활동보다 확실하게 선호됨
7	매우 중요함 (very strong importance)	경험과 판단에 의하여 한 활동이 다른 활동보다 강하게 선호됨
9	극히 중요함 (extreme importance)	경험과 판단에 의하여 한 활동이 다른 활동보다 극히 선호됨
2,4,6,8	위 값들의 중간 값	경험과 판단에 의한 비교값이 위 값들의 중간에 해당한다고 판단될 경우에 사용함
역수값 : 활동 i가 활동 j에 대하여 위의 특정 값을 갖는다고 할 때, 활동j는 활동i에 대하여 그 특정 값의 역수 값을 갖는다.		
1.1-1.9	동등한 활동 (for tied activities)	비교요소가 매우 비슷하여 거의 구분할 수 없을 때 사용하는 값으로서 약간 동등은 1.3 약간차이가 나는 경우는 1.9를 사용함

○ 정성적 요소의 정량화  
 정성적 요소의 정량화는 구간(interval)변환하는 방법으로 2극법(bipolar method)를 이용하되 Satty는 < 표 4.2>에서와 같이 1에서 9까지의 9단위의 척도로 나누어 그 값을 정의하여 설명하고 있다(조근태 외 2인, 2000).

○ 정규화(normalization)  
 정규화는 서로 다른 측정단위를 갖는 요소들의 값을 비교 가능한 척도로 만드는 절차로서 AHP에서는 의사결정행렬의 각 원소( $x_{ij}$ )를 열벡터(column vector)의 합으로 나누는 방법을 택하고 있으며 정규화된 의사결정행렬의 원소  $\gamma_{ij}$ 는 아래 식과 같다(김성희, 2000).

$$\gamma_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}}$$

4.3 AHP원리

AHP는 다기준의사결정을 수행함에 있어 중요한 기법중의 하나로서 사회적, 공공적 관심문제들의 해결 등 여러 분야에 널리 적용되고 있다.

AHP는 정량적 요소만이 아니라 계량화 할 수 없는 정성적 요소까지 포함하는 복잡한 비구조적 문제를 분해(decomposition)하고 정량화시켜 계량적 관계의 요

소로 변환시키고 분해된 요소를 계층화하여 계층의 선호도를 비교 평가하고 종합하여 최적대안을 선택하게 된다. 이런 일련의 과정을 단계별로 살펴보면 ① 결정문제의 계층구조화 ② 각 대안의 상대적 가중치 결정 ③ 각 대안의 전체 중요도 점수 결정 ④ 일관성지수 결정 ⑤ 최종결정으로 구분할 수 있다.

(1) 계층구조화

복잡한 시스템에서의 의사결정은 우선적으로 시스템을 구성하고 있는 요소를 세분화하고 계층적으로 구성한 뒤 계층의 각 레벨에 있는 요소의 상대적 중요도에 대한 판단을 종합하여 이루어진다. 계층의 설정은 해결하고자 하는 문제의 요소를 먼저 파악하고 요소를 동질적인 집합으로 군집화 하여, 이 집합을 상이한 레벨에 배열함으로써 이루어진다.

계층을 구성하기 위해 요구되는 특별한 법칙은 없으나, 다속성의사결정과 같이 의사결정이 대안간 선택의 문제라면, 대안을 최하위레벨에 열거하고 이로부터 상위레벨로 출발할 수 있다. 그 다음 상위레벨은 대안을 판단하기 위한 기준으로 구성할 수 있다. 그리고 최상위 레벨은 기준의 공헌도가 갖는 중요도에 따라 비교될 수 있는 상위기준의 측면에서 단 하나의 요소인 초점 또는 전체의 목적으로 구성할 수 있다.

(2) 상대적 가중치 결정

의사결정 과정에서 계층이 설정된 후에는 계층의 요

표 4.3 무작위지수(R.I.)

행렬의 크기	무작위지수	행렬의 크기	무작위지수	행렬의 크기	무작위지수
1	0.00	6	1.24	11	1.51
2	0.00	7	1.32	12	1.54
3	0.58	8	1.41	13	1.56
4	0.90	9	1.45	14	1.57
5	1.12	10	1.49	15	1.58

소간 우선순위를 설정하고 전체 우선순위 설정을 위해 판단의 결과를 종합한 다음, 그 판단의 일관성을 검토하고, 이러한 일련의 과정을 통해 도출된 결과에 근거하여 최종적인 의사결정을 내리게 된다.

다시 말하면, 의사결정문제에서 요소의 우선순위를 설정하기 위해서는 우선 요소간의 쌍대비교를 행하여야 한다. 즉 주어진 기준에 대하여 요소를 쌍으로 비교하는 것이다. 쌍대비교를 위해서는 행렬이 좋은 양식이다. 쌍대비교행렬로부터 요소들의 우선순위를 도출하기 위해서는 쌍대비교에서 이루어진 판단을 하나로 종합해야 한다. 즉, 각 요소의 우선순위를 단 하나의 숫자로 나타내기 위해서는 가중치를 부여하고 가산해야 하는 작업이 이루어져야 한다.

(3) 전체중요도 결정

전체계층에서의 우선순위 혹은 중요도는 결국 계층구조의 맨 하단 레벨에 속하는 요소들(대안들)에 대한 최종가중치로서, 이는 상위레벨에 있는 모든 요소들과 관련된 어느 한 레벨에 있는 요소들의 모든 기여도를 합산하여 얻어진다. 이를 계층구조적 합성원리(principle of hierarchy composition)라고 부른다.

(4) 일관성지수 결정

일관성지수(C.I.: Consistency Index)는 행렬의 최대고유치  $\lambda_{max}$ 와 행렬의 크기  $n$ 의 값으로부터 다음 식과 같이 얻어진다(이창효, 1999).

$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

일관성검정은 일관성지수를 무작위지수(R.I.: Random Index)의 평균값으로 나눈 일관성비율(C.R.: Consistency Ratio)로 검정할 수 있으며, C.R.(=C.I./R.I.)의 값이 0.05~0.10사이의 값이면 우선순위에 무리가 없는 신뢰할 수 있는 결과라 할 수 있으나 이보다 큰 값을 가지면 의사결정자가 판단을 다시 수정

하여 불일치도를 줄여나가면서 일관성을 개선하여야 한다.

한편, 무작위지수란 1에서 9까지 정수들을 무작위로 추출하여 상반행렬(reciprocal matrix)을 작성한 후 일치지수를 구한 것으로, 그 값은 표본 500개로부터 구한 무작위지수를 평균하여 나타냈으며 다음 <표 4.3>와 같다(박용성과 박태근, 2001; 이성근과 윤민석, 1994).

(5) 최종결정

의사결정문제에서는 판단의 일관성 정도의 파악이 매우 중요하다. 무작위로 나타나는 매우 낮은 일관성을 갖는 판단에 근거하여 결정이 내려져서는 안된다.

어떤 기준에 대한 요소나 활동의 우선순위를 설정하는데 있어 정확한 결과를 얻기 위하여 허용오차 내에서 일관성을 확보되어야 한다. AHP는 일관성 비율에 의하여 판단의 일관성을 측정하며 일관성 비율의 값은 10% 이내이어야 한다(3×3 행렬에서는 5%, 4×4 행렬에서는 9%, 그 이상의 행렬에서는 10%). 10%보다 크면 그 판단은 다소 무작위한 것으로 간주되어 수정되어야 한다(조근태 외 2인, 2000).

4.4 용수배분계획에의 AHP적용

(1) 의사 결정 계층구조의 개발

가. 평가대안의 설정

용수는 수요자의 특성에 따라 농업용수, 생활용수, 공업용수, 하천유지용수 및 발전용수 등으로 구분하고 있으나 저수지의 물공급 체계가 대부분 일차적으로 발전용수로 활용하고 나서 2차적으로 생·공·농·하천유지용수로 활용되고 있는 바 본 연구에서의 평가대안은 생활용수, 공업용수, 농업용수, 그리고 하천유지용수로 설정하였다.

나. 평가 기준의 설정

대안을 결정하기 위한 평가기준은 가목의 영향요소

와 관련되는 논문 및 각종 보고서 등의 문헌을 통하여 1차적으로 추출하고 관련교수님과 학생들과의 토의, 설문 시험 실시 등을 거쳐 3개의 주항목과 7개의 세부항목으로 구분하여 설정하였다.

① 경제성

이 항목은 갈수시 피해규모를 대외적으로 나타내는 척도로서 가장 중요하게 취급되는 평가기준의 하나이며 하부 평가기준으로는 갈수시 발생될 수 있는 직접적인 피해규모와 간접적인 피해규모를 들 수 있다.

② 환경성

이 항목은 최근 주민들의 생활수준이 향상됨에 따라, 하천인근에 거주하는 주민들은 하천을 찾거나 조망하면서 정서적으로 풍요롭고 여유로운 삶을 추구하려는 경향이 높아지고 있는 실정이다. 이와 같은 추세는 하천에 깨끗한 물이 흐르고 자연적으로 풍요로운 공간을 창출할 수 있는 환경을 점점 요구하게 되고 있는 실정으로 본 검토에서는 이런 점에 주목하여 환경성을 대안 결정기준으로 제시하고 하부평가기준으로는 수질과 생태계에 미치는 영향정도로 설정하였다.

③ 사회성

가뭄의 정도가 심화됨에 따라 사회적인 활동이 위축되고 이에 따른 각종 산업활동이 정상적으로 이루어지지 않음으로써 결국에는 지역경제성장을 크게 위협할 수 있고 이는 사회적인 문제로 까지 비화될 수 있다. 이와 같은 사회성 항목의 세부항목 기준으로는 가뭄으로 인한 생활불편, 각종화재 나 질병으로 인한 공공안

정의 위해, 그리고 정부의 가뭄 미대책에 따른 민원야기 등을 설정하였다.

지금까지 설명된 평가기준 설정에 대하여 정리하면 다음 <표 4.4>와 같다.

다. 의사결정 계층도의 작성

가뭄시 용수배분 우선순위는 앞서 기술한 평가대안 및 평가기준을 기초로 하여 AHP분석에 의해 결정되며, 용수배분 우선순위는 설문응답자의 대상 그룹에 따라서도 달라질 수 있는 바 이를 고려한 AHP의사 결정 계층도를 <그림 4.1>과 같이 나타내었다.

최상위계층에는 의사결정문제의 총체적 목표인 '합리적 용수배분'이 위치하고, 계층 2에는 '전문가와 '지역주민'그룹을 하나의 계층으로 삼았고, 계층 3와 4에는 평가기준이, 최하위 계층 5에는 평가대안이 위치하게 된다.

(2) 기준 및 대안평가에 의한 가중치 계산

본 연구를 위한 설문대상으로는 수자원분야에 오래도록 종사하고 있는 수자원전문가와 동두천지역 지역주민들을 설정하여, 전문가의견은 우편을 통하여 실시하고 지역주민은 직접 대면하여 실시하였으며 설문응답현황은 다음 <표 4.5>와 같다. 총 응답자 230명 중 119명은 일관성 비율이 낮은 관계로 표본에서 제외시켰으며, 일관성이 낮은 응답이 비교적 많았던 것은 설문에 응하면서 일관성 검토가 즉시 이루어지지 못한 데 크게 기인하는 것으로 판단된다.

표 4.4 평가기준설정

주항목	세부항목	설 명
1. 경제성	1. 직접피해	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 농사(밭·논)와 가축업에 피해</li> <li>• 농산물 및 공산품생산 피해</li> <li>• 레크리에이션산업 피해</li> <li>• 수력발전 산업 피해</li> </ul>
	2. 간접피해	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 물가상승</li> <li>• 토지 및 집값 하락</li> <li>• 관련사업 피해(파급효과)</li> <li>• 경제산업활동 저하</li> </ul>
2. 환경성	1. 수 질 2. 생태계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 오염농도가 높아짐에 따른 수질악화</li> <li>• 동·식물류의 서식 및 성장에 대한 생태계 피해</li> </ul>
3. 사회성	1. 공중안정 2. 생활불편 3. 가뭄대책	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 삼림화재 및 질병 발생 등에 따른 공중안정을 위해</li> <li>• 정상적인 생활이 이루어지지 못함에 따라 피해</li> <li>• 빈발한 가뭄발생이나 가뭄구호배분의 불균형 등에 대한 적절한 대책이 수립되지 못함에 따른 사회적 피해</li> </ul>



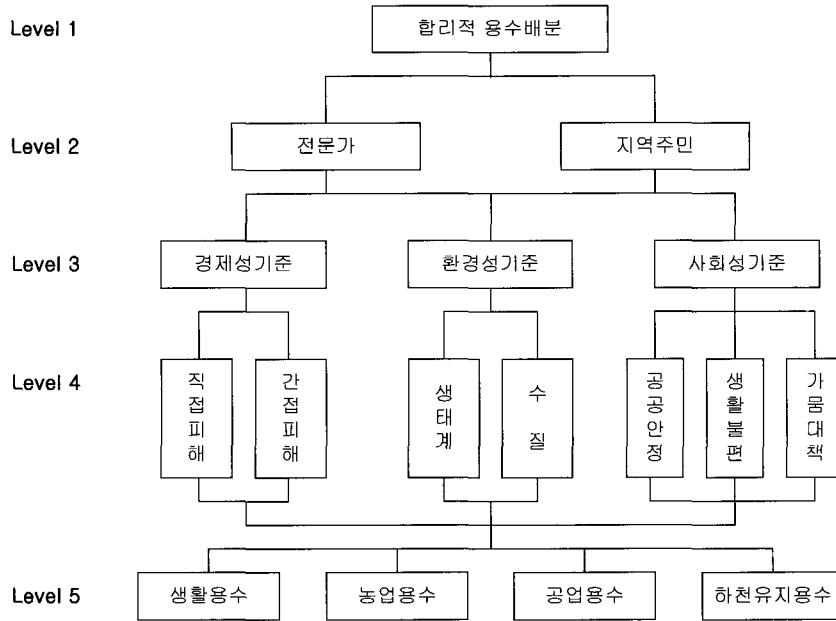


그림 4.1 의사결정 계층도

표 4.5 그룹별 설문응답현황

(단위: 명)

그룹 \ 현황	배포인원	응답자수	일관성비율 초 과	최종분석 자 료	비 고
전문가	500	160	93	67	
지역주민	70	70	26	44	

각 기준에 대한 쌍대비교는 Saaty의 9점 척도를 이용하여 평가하였으며, 계층 2에서의 그룹에 대한 평가는 의사결정자들이 생각하기에 정책 결정시 어느 그룹의 의사를 우선적으로 고려해야 하는가를 물어보고 그 빈도수를 정규화 하였다.

개별 구성원들의 평가자료를 종합하는 방법으로 기준에 대해서는 정규화된 행렬을 얻기 위하여 기하평균법을, 대안에 대해서는 정규화된 행렬의 각행의 평균값을 구하기 위하여 산술평균법을 이용하였다. 새로 만들어진 종합판단행렬을 바탕으로 고유치방법(eigenvalue method)에 의해 평가기준들의 가중치를 계산하였으며 그 결과는 다음 <표 4.6>과 같다.

### (3) 평가결과와 분석

#### ① 평가기준의 상대적 중요도

수원지에서 장기간의 가뭄으로 인해 제한된 수자원

을 하류지역으로 공급하는 용수의 용도별 우선순위부여를 위한 3가지 평가기준의 상대적 중요도는 전문가와 지역주민의 그룹별로 약간의 차이를 나타내고 있다.

전문가의 경우 우선순위는 경제성(0.366),사회성(0.356), 환경성(0.278)의 순으로 경제성을 우선시하고 있는 것으로 나타났으나 지역주민의 경우에는 사회성(0.389), 경제성(0.327), 환경성(0.284)의 순으로 사회성을 경제성보다 우선시하고 있으며 이는 가뭄을 직접 경험한 지역주민들의 입장을 반영한 것이라 판단된다.

경제성에 포함된 하부평가기준의 상대적 중요도는 전문가의 경우 직접적인 피해(0.142)가 간접적인 피해(0.063)보다 높게 책정이 되었고 이는 지역주민들도 직접적인 피해(0.142)를 간접적인피해(0.062)보다 높게 책정하고 있어 이는 가뭄시 경제적인 측면에서 피해는 직접적인 피해가 크지 간접적인 영향은 크게 생각하지 않는 것임을 알 수 있다.

표 4.6 우선순위 계산결과

목표 (Level 1)	그룹 (Level 2)	기준 (Level 3)	세부기준 (Level 4)	대안(Level 5)					
				생활용수	농업용수	공업용수	하천유지용수		
합 리 적 용 수 배 분	전문가 ( 0.612 )	경제성 ( 0.366 )	직 접 ( 0.142 )	0.067	0.027	0.033	0.015		
			간 접 ( 0.063 )	0.025	0.013	0.013	0.011		
		환경성 ( 0.278 )	생태계 ( 0.125 )	0.044	0.025	0.017	0.038		
			수 질 ( 0.080 )	0.027	0.017	0.011	0.025		
		사회성 ( 0.356 )	공공안정 ( 0.238 )	0.111	0.041	0.050	0.036		
			생활불편 ( 0.232 )	0.120	0.040	0.042	0.030		
			가뭄대책 ( 0.119 )	0.052	0.026	0.024	0.018		
		총 합				0.429	0.195	0.189	0.187
		지 역 주 민 ( 0.388 )	경제성 ( 0.327 )	직 접 ( 0.142 )	0.054	0.034	0.030	0.023	
	간 접 ( 0.062 )			0.023	0.015	0.013	0.010		
	환경성 ( 0.284 )		생태계 ( 0.112 )	0.032	0.028	0.026	0.026		
			수 질 ( 0.091 )	0.034	0.017	0.018	0.022		
	사회성 ( 0.389 )		공공안정 ( 0.226 )	0.093	0.044	0.041	0.048		
			생활불편 ( 0.251 )	0.110	0.050	0.048	0.042		
			가뭄대책 ( 0.117 )	0.042	0.029	0.025	0.021		
	총 합				0.378	0.222	0.207	0.194	
	대안의 종합가중치				0.403	0.208	0.198	0.190	

환경성에 포함된 하부평가기준의 상대적 중요도는 전문가의 경우 수질(0.080)보다 생태계( 0.125)가 더 중요하다고 생각하고 있으며 이는 지역주민 역시, 생태계(0.112), 수질(0.091)로 생태계를 더욱 중요시하고 있다.

사회성에 포함된 하부평가기준의 상대적 중요도는 전문가의 경우 공공안정(0.238), 생활불편(0.232), 가뭄대책(0.119)의 순으로 중요시 여기고 있으나 지역주민은 생활불편(0.251), 공공안정(0.226), 가뭄대책(0.117)의 순으로 생각하고 있어 생활불편요소에 대하여 지역주민이 전문가보다 높게 생각하고 있다.

② 평가대안의 상대적 중요도

전문가와 지역주민의 그룹별로 평가대안(Level 5)의 상대적 중요도 세부기준 측면에서 살펴보면 두 그룹 모두 생활용수가 가장 큰 것으로 나타났다.

③ 종합가중치에 의한 우선순위

수원지에서 물공급을 합리적으로 수행하기 위한 기본자료로 이용하는 용수의 용도별 배분 우선순위는 < 표 4.6>에서 알 수 있는 바와 같이 생활용수(0.403), 농업용수(0.208), 공업용수(0.198), 하천유지용수(0.190)의 순으로 나타났다.

한편, 용도별 용수의 배분 중요도에 대하여 통계 패키지 SPSS를 이용하여 t-검정으로 유의성을 검토한 결과, 생활용수를 제외한 용수는 95% 유의수준에서 유의성이 없는 것으로 나타났다. 즉, 생활용수를 제외한 용수의 중요도는 허용오차 내에 있다고 할 수 있다.

#### ④ 종합분석

평가 결과에 대하여 분석한 내용을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 두 그룹에 대한 중요도를 살펴본 결과 합리적 용수배분 방안을 수립함에 있어서는 전문가의 의견이 지역주민의견보다 더 중요시되는 것으로 나타났으나 지역주민의 의견도 40%의 비중을 차지하고 있는 점을 감안할 때 용수배분방안 수립 시에는 두 그룹의 의견 모두를 고려하여야 할 것이다.

둘째, 기준에 대한 상대적 중요도에 대해서는 두 그룹이 경제성 측면에서 중요성을 달리하고 있으나 이는 가뭄기간이 비교적 짧은 (6개월 이하) 정도에서 그 피해 영향을 보는 시각이 서로 다르다 할 수 있겠다.

셋째, 대안에 대한 우선순위 도출결과를 각 그룹별로 살펴보면 전문가그룹과 지역주민그룹 모두 용수의 용도별 우선순위는 생활용수, 농업용수, 공업용수, 하천유지용수 순으로 나타나고 있으며, 두 그룹이 용도별 용수의 중요성에서 생활용수를 타용수보다 훨씬 중요하게 생각하고 타용수는 비슷한 정도에서 중요성을 생각하고 있는 것으로 나타났다. 이는 가뭄이나 단수 등을 직접 체험하거나 마스크 등을 통한 간접 체험으로 생활용수의 중요성을 인식하였던 결과라 판단되며 이는 앞서 언급한 가뭄지속기간이 비교적 짧았던 우리나라 실정에서 이와 같은 판단은 당연할 수도 있다고 사료된다.

결과적으로 두 그룹의 결과를 고려한 용도별 우선 순위는 생활용수(0.403), 농업용수(0.208), 공업용수(0.198), 하천유지용수(0.190)순으로 나타났으며 정보 산업화 시대라고는 하지만 많은 사람들이 생활용수 다음으로 농업용수를 중시하고 있으며 이는 아직까지도 장래의 식량난에 대한 두려움을 떨쳐내지 못하는 실정임을 간접적으로나마 판단할 수 있을 것이다.

## 5. 결 론

본 연구는 가뭄시 저수지에서 물을 관리함에 있어 물배분의 우선순위를 결정하는데 있어 가뭄시 영향을 끼치는 정량적, 혹은 정성적 요소들을 대상으로 다기준에 의거 계층화하고 이를 AHP기법으로 우선순위를 결

정하였으며, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 용수의 용도별배분 우선순위는 생활용수(0.403), 농업용수(0.208), 공업용수(0.198), 하천유지용수(0.190)순으로 결정되었다.
- 2) 생활용수가 타용수보다 훨씬 중요하게 나타난 바, 가뭄시 물 관리는 이를 고려한 물 전환 및 배분이 이루어져야 합리적이다.
- 3) 설문결과를 분석한 결과 동일 레벨에 많은 속성이 있을 경우 일관성이 떨어지는 답변이 많은 것으로 나타났으며 이는 설문을 실시하는 당시 일관성 검토가 이루어질 수 없음에 기인하는 것으로 추후 설문을 실시할 경우에는 일관성 유지를 위한 교육 및 설문지작성 방법 등을 개발하여야 할 것으로 판단되며, 설문실시 방법의 일종인 델피법(delphi method)을 혼용하는 방법도 일관성을 유지할 수 있는 대안이라 판단된다.
- 4) 본 AHP방법은 복잡한 수자원시스템의 다기준에 의거한 각종 의사결정에 널리 사용될 수 있는 합리적인 방법중의 하나라고 판단된다.

## 참 고 문 헌

- 건설교통부 (2000). **용수수요 추정방법 개선방안**, pp. 105-108.
- 건설교통부 (2000). **수리권 거래제도 도입방안 연구**, pp. 1-7.
- 김성희 (2000). 의사결정론. 영지문화사, pp. 373-418.
- 박용성, 박태근 (2001). AHP를 위한 의사결정론. 자유키카데미, pp. 95-131.
- 심명필, 윤용남 (2002). "가뭄극복을 위한 종합대책 방안." **2002 가뭄대책 심포지움**, 행정자치부, pp. 157-203.
- 이대희 (2002). "최근 국내가뭄의 특성 변화." **2002 가뭄대책 심포지움**, 행정자치부, pp. 29-62.
- 이성근, 윤민석 (1994). AHP기법을 이용한 마케팅의 사결정. 석정, pp. 1-22.
- 이창효 (1999). 다기준의사결정론. 세종출판사, pp. 130-159.
- 이태삼 (2000). 우리나라 수자원 법 체계와 용수배분에 관한 연구. 석사학위논문, 서울시립대 학교, pp. 64-70.
- 조근태, 홍순욱, 권철신(역자) (2000). 리더를 위한 의사결정, 동현출판사, pp. 15-99.
- 한국개발연구원 (2001). **수자원(법)부문사업의 예비**

- 타당성조사 표준지침 연구(개정판), pp. 157-181.
- 한국건설기술연구원 (1998). **수리권제도**, pp. 174-177.
- 한국건설기술연구원 (2001). **2001년 중부지방 대가**  
**금**, 건기연 2001-042, pp. 12-15.
- 한국수자원공사 (1995). **수자원개발·관리에 따른 지**  
**역갈등 해소 및 협력방안**, pp. 145-147.
- Fang, C.L. and Bao, C. (2001). "Water resources optimization and eco-environmental protection in Qaidam Basin." *Journal of Geographical Sciences*, Vol. 11, No. 2, pp. 231-238.
- Jaber, J.O. and Mohsen, M.S. (2001). "Evaluation of non-conventional water resources supply in Jordan." *Desalination*, Vol. 136, No. 1-3, pp. 83-92.
- Ko, Seok Ku (1989). *Optimizing Reservoir Systems Operation with Multi-Objective Decision Analysis*. Dissertation, Colorado State University, Fort Collins.
- Liaw, C.H., Cheng, C.C. and Hsieh, C.K. (2000). "A framework of sustainable water resources management indicators." *Journal of the Chinese Institute of Environmental Engineering*, Vol. 10, No. 4, pp. 311-322.
- Mohamed, R.M. (1995). *Multicriteria Location and Sizing of Water Resource Projects by Dynamic Programming and GIS*. Degree of Doctor of Philosophy, Colorado State University, pp. 37-40.
- Ridgley, M.A. (1993). "A multicriteria approach to allocation water during drought." *Resource Management and Optimization*, Vol. 9(2), pp. 135-149.
- Ridgley, M.A. (1992). "Selection of water-supply project under drought." *Journal of Environmental Systems*, Vol. 21(3), pp. 207-221.
- Satty, L. Thomas (1980). *The Analytic Hierarchy Process : Planning, Priority Setting*. Resource Allocation, McGraw-Hill.
- Viessaman, W. and Smerdon, E.T. (1989). *Managing water-related conflicts*. ASCE.
- Vujica Yevjevich, Luis da Cunha and Evan Vlachos (1983). *Coping with droughts*. Water Resources Publications, pp. 44-73.
- Wen, Shu-Yao., Ma, Zhan-Qing., Zhou, Zhi-Hao. and Ma, Yi-Jie. (2000). "The application of Analytic Hierarchy Process(AHP) method in sustainable development evaluation of regional lake water resources." *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, Vol. 9, No. 2, pp. 201-205.
- (논문번호:02-67/접수:2002.09.04/심사완료:2002.10.18)

#### 참고 웹사이트

<http://enso.unl.edu/ndmc/enigma/indices.htm>