

碩士學位論文

濟州道 水資源의 效率的인 利用方案 研究

指導教授 楊 城 基



71.651

濟州大學校 産業大學院

建設環境工學科

邊 昶 九


1999年 8月

# 濟州道 水資源의 效率的인 利用方案 研究

指導教授 楊 城 基

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

1999年 8月 日

 濟州大學校 産業大學院  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY  
建設環境工學科(土木工學)

邊 昶 九

邊昶九의 工學碩士學位 論文을 認准함

1999年 8月 日

委員長 

---

委 員 

---

委 員 

---

# Studies on Efficient Utilization of Water Resources in Cheju Island

Chang-gu Byun



제주대학교 중앙도서관

Supervised by professor Sung-Keel Yang

1999. 8

Department Of Construction and Environmental  
Engineering

Graduate School of Industry

Cheju National University

## Abstract

Cheju Island has an average precipitation of about 1900mm, which is about 600mm more than the rainfall in main land. However, most of this precipitation concentrates in summer and runs directly into the sea. In addition, usually the water in river is very rare because of the infiltration of rainfall through the porous strata. Cheju Island depends on the ground water for drinking and agricultural water. Therefore, it is very important to preserve and manage this ground water resource.

This study reviews the feasibility of the development and utilization plan of water resources in Cheju Island, which is established in 1993 and being performed. Also, this research suggests some recommendations for the efficient utilization of water resources. One of these recommendations is to develop the management system and to review periodically the utilization plan of water resources. Another recommendation is to organize local government, industry, and academy into a corporation structure for research and development of water resources. Finally, for efficient use of water resources, small reservoir, recycled water supply, desalination plant are suggested.

# 目 次

List of Tables .....	ii
List of Figures .....	iii
I. 서론 .....	1
II. 수자원의 부존특성 .....	6
1. 물수지 .....	6
2. 강우량 .....	10
3. 수문손실 .....	14
4. 유출 .....	17
5. 지하수 함양량 .....	19
6. 용천수 .....	20
III. 수자원의 개발과 이용 .....	23
1. 수자원의 개발 .....	23
2. 수자원의 이용 현황 .....	27
3. 상수도 요금 및 지하수 원수대 기본 요금 .....	34
4. 장래 용수 수요량 예측 및 공급계획 .....	36
IV. 수자원의 효율적인 이용방안 .....	40
1. 수자원 관리기법 및 정보관리 시스템 구축 .....	41
2. 지속가능한 용수개발과 이용 .....	44
3. 수자원 관리체제의 개선과 대민 홍보 .....	48
V. 결론 .....	51
참고문헌 .....	53
감사의 말씀 .....	54

## List of Tables

Table II-1. Result of water budget analysis in Cheju Island(Ko, 1999) .....	7
Table II-2. Regional water budget in Cheju Island(Cheju-Do, 1993) .....	9
Table II-3. Meteorologic observations in Cheju Island .....	10
Table II-4. Regional mean precipitation in Cheju Island(Cheju-Do, 1993) .....	13
Table II-5. Monthly average evaporation and potential evapotranspiration at Cheju city and Seogwipo city, during 1962-1991(Cheju-Do, 1993) .....	15
Table II-6. Monthly average potential evapotranspiration and evapotranspiration during 1962-1991(Cheju-Do, 1993) .....	15
Table II-7. Regional mean evapotranspiration in Cheju Island(Cheju-Do, 1993) ....	17
Table II-8. Regional recharge amount of groundwater in Cheju Island (Cheju-Do, 1993) .....	20
Table II-9. Gush water in Cheju Island(Cheju-Do, 1997) .....	21
Table III-1. Groundwater development in Cheju Island(Cheju-Do, 1998) .....	24
Table III-2. Method of sea desalination and applied boundary of concentration and temperature(Kim, 1998) .....	25
Table III-3. Water supply plan at U-Do(North Cheju County, 1996) .....	26
Table III-4. Regional water supply conditions in Cheju Island(Cheju-Do, 1998) .....	28
Table III-5. Institution of perched water in Cheju Island(Cheju-Do, 1998) .....	29
Table III-6. Basic price of perched water and groundwater(Cheju-Do, 1998) ....	34
Table III-7. Factor of service water(Cheju-Do, 1993) .....	36
Table III-8. Future insufficiency water by annually(Cheju-Do, 1993) .....	38

## List of Figures

Fig. I-1. Geographical location, administrative boundary and water boundary area in Cheju Island. ....	5
Fig. II-1. Water budget in Korea(left) and Cheju Island(right). ....	8
Fig. II-2. Annual mean precipitation in Korea and Cheju Island, during 1962-1991. ....	11
Fig. II-3. Monthly mean precipitation in Cheju Island, during 1962-1991. ....	11
Fig. II-4. Regional mean precipitation in Cheju Island, during 1962-1991. ....	12
Fig. II-5. Annual potential evapotranspiration and real evapotranspiration in Cheju city, during 1962-1991. ....	16
Fig. II-6. Annual potential evapotranspiration and real evapotranspiration in Seogwipo city, during 1962-1991. ....	16
Fig. II-7. River distribution in Cheju Island. ....	18
Fig. II-8. Groundwater implications in Cheju Island. ....	19
Fig. III-1. Flowchart of reverse osmosis plant. ....	24
Fig. III-2. Stage plan of water source development. ....	39
Fig. IV-1. Conceptual illustration of hydrological management system. ....	42
Fig. IV-2. Typical source of water supply. ....	44

# I. 서론

## 1. 연구의 배경

물은 국가의 경제활동과 국민복지향상에 기본이 되는 필수자원으로서 이의 이용과 관리문제는 인류 역사상 가장 오래된 문제이면서도 오늘날 더욱 더 새롭고 절실한 문제로 인식되고 있다. 지구상에는 많은 물이 있으나 대부분이 해수이고 담수는 약 3%에 불과한데 그나마 남·북극의 얼음으로 존재하고 있는 것이 대부분이고, 하천이나 호소의 지표수로 존재하는 것은 수자원 총량의 0.017%인  $231 \times 10^{12} \text{m}^3$ 에 불과하다(김, 1998). 최근 물을 이용하는 수요자들로부터 물에 대한 가치관의 변화, 수자원에 대한 사회·경제적 여건 변화, 수자원 개발 및 관리에 대한 기존의 제도적 장치에 대한 변화를 요구하고 있으며, 세계 대부분의 지역에서 물 공급은 산업화와 도시화 그리고 인구증가 등에 의한 물 수요의 증가에 따르지 못하고 있는 실정이다(최, 1996).

1995년 8월 스웨덴 스톡홀름에서 개최된 「국제 물 심포지엄」에서 세계 물 정책연구소의 샌드러 포스텔 소장은 “20세기의 국제간 분쟁 원인이 석유에 있다면 21세기는 물이 될 것이다”라고 경고하였으며, 이 심포지엄에서 오늘날 80개 나라에서 전세계 인구의 40%에 해당하는 사람들이 먹는 물 문제로 고통을 받고 있음이 밝혀졌다. 우리 나라의 경우 1990년에 이미 1인당 물 사용 가능량이  $1,700 \text{m}^3$  이하인 물 부족국가에 포함되어 있으며, 그나마도 21세기에 진입하면 1인당 연간 물 사용 가능량이  $1,000 \text{m}^3$  이하로서 물 기근 국가로 전락할 것으로 예측하고 있다(유, 1997).

우리나라의 수자원 총량은 연간 내리는 강수를 기준으로 할 때 약  $1,267 \times 10^8 \text{m}^3/\text{년}$ 이나, 이 중에서 약 46%인  $578 \times 10^8 \text{m}^3$ 이 증발산으로 손실되고, 18%( $227 \times 10^8 \text{m}^3$ )만이 이용되고 있는 실정이다. 이를 용도별로 보면 농업용수가 전체 용수이용량의 49.4%인  $148.8 \times 10^8 \text{m}^3$ 으로 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 생활용수가 20.6%인  $62.1 \times 10^8 \text{m}^3$ , 하천유지용수가 21.5%인  $64.7 \times 10^8 \text{m}^3$ 으로 이용되고 있다. 또한 권역별 용수이용은 전국 4대 권역을 기준으로 한강 권역이  $108.9 \times 10^8 \text{m}^3$ 으로 전체 이용



량의 36.1%를 이용하고, 낙동강 권역이  $85.7 \times 10^8 \text{m}^3$ 으로 28.4%를 이용하며, 금강 권역이  $58.3 \times 10^8 \text{m}^3$ 으로 19.4%를 , 영산강 및 섬진강 권역에서  $48.5 \times 10^8 \text{m}^3$ 으로 16.1%를 각각 이용하고 있다(건설교통부, 1998).

제주도는 연간 1,872mm의 많은 강우량에도 불구하고 특수한 지형·지질과 수리수문 특성으로 하천표류수를 확보하지 못함으로써 주로 지하수를 개발 이용하고 있는 실정에 있으며, 제주도 수자원 종합개발계획('94~2011)이 수립 추진되고 있으나 사회·경제적인 여건 변동에 따라 많은 수정·보완이 필요할 것으로 예측하고 있다. 뿐만 아니라, 현행 수자원 관리체제를 단계적으로 일원화 관리체제로 전환시켜야 함은 물론 고착화 되고있는 지방자치시대에 수자원 이용관리에 대한 전반적인 연구를 통하여 제주도 수자원의 효율적인 이용방안의 수립이 요구되고 있는 실정이다.

## 2. 제주도의 수자원 이용현황



### 1) 지리적인 위치

제주도는 Fig. I-1에 나타낸 바와 같이 한반도의 서남쪽에 위치하며, 목포에서 남쪽으로 140km, 부산에서 남서쪽으로 298km 떨어진 우리나라 최대의 섬이다. 본도의 경·위도상의 위치는 동경  $126^{\circ} 08' 45''$  -  $126^{\circ} 58' 25''$  , 북위  $33^{\circ} 06' 23''$  -  $34^{\circ} 00' 00''$  에 걸쳐있다.

제주도는 한라산을 중심으로 한 제주 본도와 우도를 비롯한 8개의 유인도 및 54개의 무인도 등 총 62개의 부속도서로 구성되어 있다. 제주도의 총 면적은 1,845.6  $\text{km}^2$ 로서 전국토지의 1.85%에 해당되며, 이중 제주본도의 면적이 1,829.0  $\text{km}^2$ 이고, 유·무인도를 합친 부속도서 면적은 15.8  $\text{km}^2$  이다. 제주도의 총인구는 528,360 명으로 전국의 1.13%를 차지하고 있다. 평면도상의 형태는 장축의 길이 74km, 단축의 길이 32km인 타원형이며 한라산을 중심으로 한 고지대를 제외하면 대부분 경사가 완만한 지형을 이루고 있다.

## 2) 수자원 이용현황

국내 최다우지역인 제주도는 화산활동에 의하여 형성된 특수한 지형, 지질조건과 수리수문 특성으로 인해 예로부터 물이 귀한 지역이었다. 년평균 강수량은 33.8억톤에 이르러 풍부한 수자원을 보유하고 있으나 대부분의 강수가 지중으로 쉽게 침투하여 풍부한 지하수원을 이루는 반면 하천수는 호우시 단시간에만 발생하며 평상시에는 대부분의 하천이 건천을 이루어 타지방과는 상이한 특성을 가지고 있다. 이러한 수자원 부존상의 특성으로 인해 대용량의 표류수개발이 불가능함에 따라 오래 전부터 수자원이 부족한 것으로 인식되어 왔다(제주도, 1993). 1960년대 말까지도 제주도의 용수이용은 해안용천수를 이용하거나 봉천수를 이용하고 있었다. 이러한 극심한 용수난 해결을 위하여 정부의 지원으로 1968년부터 수자원개발에 착수하여 현재까지 30여년간 지속적으로 추진하고 있지만, 생활용수 보급율 99.9%로 전국 최고 수준이면서도 1개월 정도의 한발에도 농업용수와 생활용수의 공급에 상당한 어려움을 겪고 있는 실정이다.



## 3) 문제점

현재 제주도의 유일한 수자원인 지하수는 1980년 들어 관광 관련시설 및 감귤원·비닐하우스·어류양식장 등의 급격한 증가에 따라 용수를 지하수로 충당하면서 소규모 지하수관정 개발이 폭발적으로 늘어났다. 이로 인하여 지하수위의 하강, 일부 해안지대의 염수침입, 생활하수와 축산폐수에 의한 지하수 수질의 오염과 지하수위 변동, 해안용천수량의 감소 현상이 도처에서 관측되고 있어 제주도 수자원의 개발, 보전 및 이용에 관한 전반적인 재검토가 요구되고 있는 실정에 있다. 따라서 제주도의 수자원은 인구증가와 1, 3차산업의 지속적인 개발에 따른 수자원량의 상대적인 감소와 수질오염이라는 문제점을 안고 있으며, 종래의 전통적인 수자원 관리나 이용기법을 더욱 발전시켜 귀중한 수자원을 효율적으로 개발하고 이용하는데 역점을 두어야 할 시점이다. 또한 수자원의 부존형태와 특성에 대한 평가를 지속적으로 시행하고, 이에 따른 수자원 개발방법을 결정하고 적절한 이용량을 정확하게 파악해야만 한다.

### 3. 연구의 목적 및 방법

이 연구는 제주도가 풍부한 수자원을 보유하고 있음에도 불구하고 이를 충분히 활용하지 못하고 있는 현실과 미래의 용수난 해결을 위하여 귀중한 수자원을 체계적이고 효율적으로 이용하는 방안을 제안하고자 하였다. 제주도 수자원의 부존특성을 파악하기 위하여 강수량 및 수문손실 성분은 제주기상청에서 관측된 30년간(1962-1991)의 기상자료를 사용하여 분석하였으며, 물수지 현황, 지하수의 함양량, 개발 및 이용량과 용천수의 현황은 제주도가 발행한 수자원행정현황(1997-1998)을 사용하였다. 수돗물 및 지하수 용수요금은 제주도수자원개발사업소(1998. 8)의 자료를 사용하였다. 한편, 1993년부터 시행 중에 있는 제주도의 수자원종합개발계획의 광역상수도 개발사업을 중심으로 기존의 수자원개발, 공급관리 실태를 점검하고 이것을 바탕으로 수자원의 합리적인 이용방안을 검토하였다.



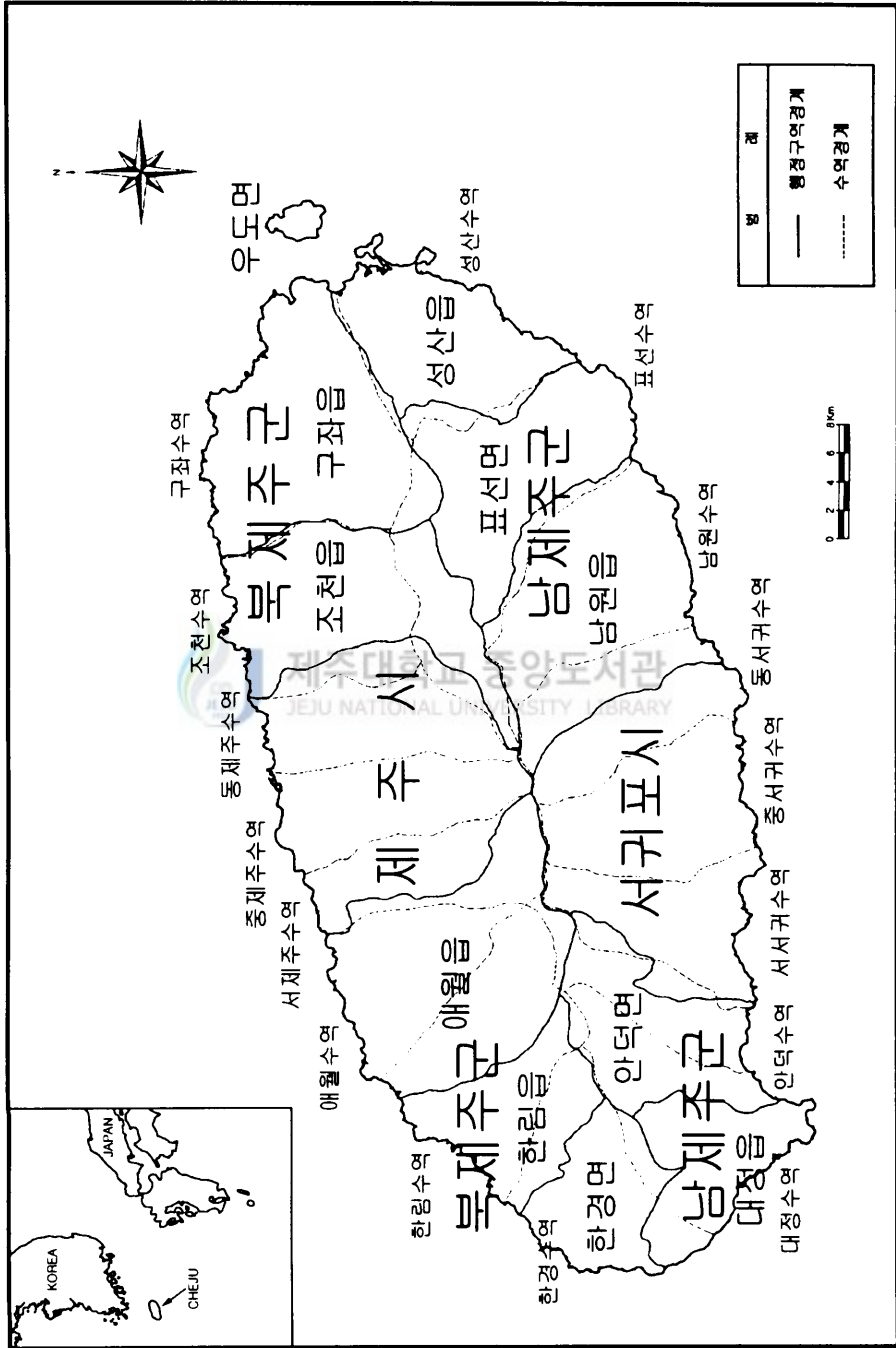


Fig. I-1. Geographical location, administrative boundary and water boundary in Cheju Island.

## II. 수자원의 부존특성

### 1. 물수지

#### 1) 물수지 방정식

지상에 유입하는 비, 눈, 우박 등과 같은 형태의 강수는 대기중의 수증기로부터 발생된다. 어떤 강수는 수목이나 기타 식물 및 건축물에 의해서 도중에서 차단되거나 증발산에 의해 대기로 돌아간다. 일단 강수가 지표면에 도달하면 그 중 일부는 저지대에 모이게 되고 일부는 지하수층의 토양수분을 채우기 위해 지표면하로 침투하며, 또 일부는 지표면유출을 하게 된다. 물수지는 유입, 유출 및 저류량의 변화 사이에 평형을 이루고 있어서 총 강수량과 지표면유출, 지하수유출, 증발, 증산 및 저류량을 물수지 방정식으로 나타내면 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$P - R - G - E - T = \Delta S$$

여기서 모든 값은 단위시간당의 단위 체적으로 주어지며, P는 총강수량, R은 지표면유출, G는 지하수유출, E는 증발, T는 증산, S는 저류량을 나타낸다.

#### 2) 제주도의 물수지

제주도의 년평균 강수량은 내륙지방보다 약 600mm가 많은 연평균 1,872mm를 나타내는 다우(多雨)지역이다. 제주도의 물수지 분석은 농어촌진흥공사(1980, 1989)와 산업기지개발공사(1981)에 의해 실시되었다(Table II-1). 이들 결과에 의하면, 제주도에 내리는 연간 총 강수량은 3,385백만 $m^3$ ~3,516백만 $m^3$ , 하천이나 지표를 통하여 바다로 유출되는 직접유출량은 총 강수량의 19~21%에 해당하는 638백만 $m^3$ /년~703백만 $m^3$ /년이다. 또한 증발산작용을 통해 대기중으로 손실되는 증발산량은 직접유출량보다 많은 총 강수량의 33~37%이고, 지하수 함양량은 총강수량의 44~46%인 1,494백만 $m^3$ /년~1,542백만 $m^3$ /년의 범위이다.

이와 같이 제주도의 지하수 함양율이 44~46%로 높은 비율을 나타내는 것은 섬 대부분의 지역이 투수성이 높은 다공질 현무암류와 절리 및 균열이 발달한 조면질 현무암류 등으로 이루어져 있을 뿐만 아니라, 토양도 토심이 얇은 화산회토가 주를 이루고 있는데서 비롯

되는 것으로 해석되고 있다. 제주도의 지하수 함양율은 우리나라 내륙지역 평균 18%(한국수자원공사, 1993)보다 훨씬 높을 뿐만 아니라, 제주도와 지형·지질이 유사한 미국 하와이주 오아후도의 함양율 36% 보다도 높은 수치이다.

Table II-1. Result of water budget analysis in Cheju Island(Ko, 1999)

구분	산업기지개발공사 (1981)	농어촌진흥공사 (1989)	한국수자원공사 (1993)
총강우량 (년)	33억8천5백만톤 (1,870mm)	35억천6백만톤 (1,918mm)	33억8천8백만톤 (1,872mm)
직접유출량 (년)	7억3백만톤 (21%)	7억3백만톤 (20%)	6억3천8백만톤 (19%)
증발산량 (년)	11억4백만톤 (33%)	11억8천3백만톤 (34%)	12억5천6백만톤 (37%)
지하수 함양량 (년)	15억4천2백만톤 (46%)	16억3천만톤 (46%)	14억9천4백만톤 (44%)

1) 우리나라와 제주도의 물수지

Fig II-1은 우리나라 전역(수자원공사, 1997)과 제주도의 물수지 분석 결과(제주도, 1998)를 그림으로 나타낸 것이다. 우리나라의 년평균 강우량은 1,274mm로서 세계평균의 약 1.3배에 해당되나 1인당의 강수량은 2,880m<sup>3</sup>/년으로서 세계평균의 약 1/11에 불과하다.

제주도의 수자원 총량은 3,388백만m<sup>3</sup>으로서 전국에 비해 약 2.7%에 해당되며(1997년 기준), 년 강수량은 1872mm로서 전국 평균의 약 1.5배이고, 1인당 강수량이 6,412m<sup>3</sup>/년으로 전국 평균의 약 2.2배에 해당되고 있다. 수자원 총량 중 약 37.1%인 1,256백만m<sup>3</sup>이 증발산으로 손실되고 18.8%인 638백만m<sup>3</sup>이 하천수로 유출이 되고 있다. 이 그림에서 제주도의 지하수 함양량은 1,494백만 m<sup>3</sup>/년으로서 제주도 총 수자원량의 44.1%를 차지하고 있다.

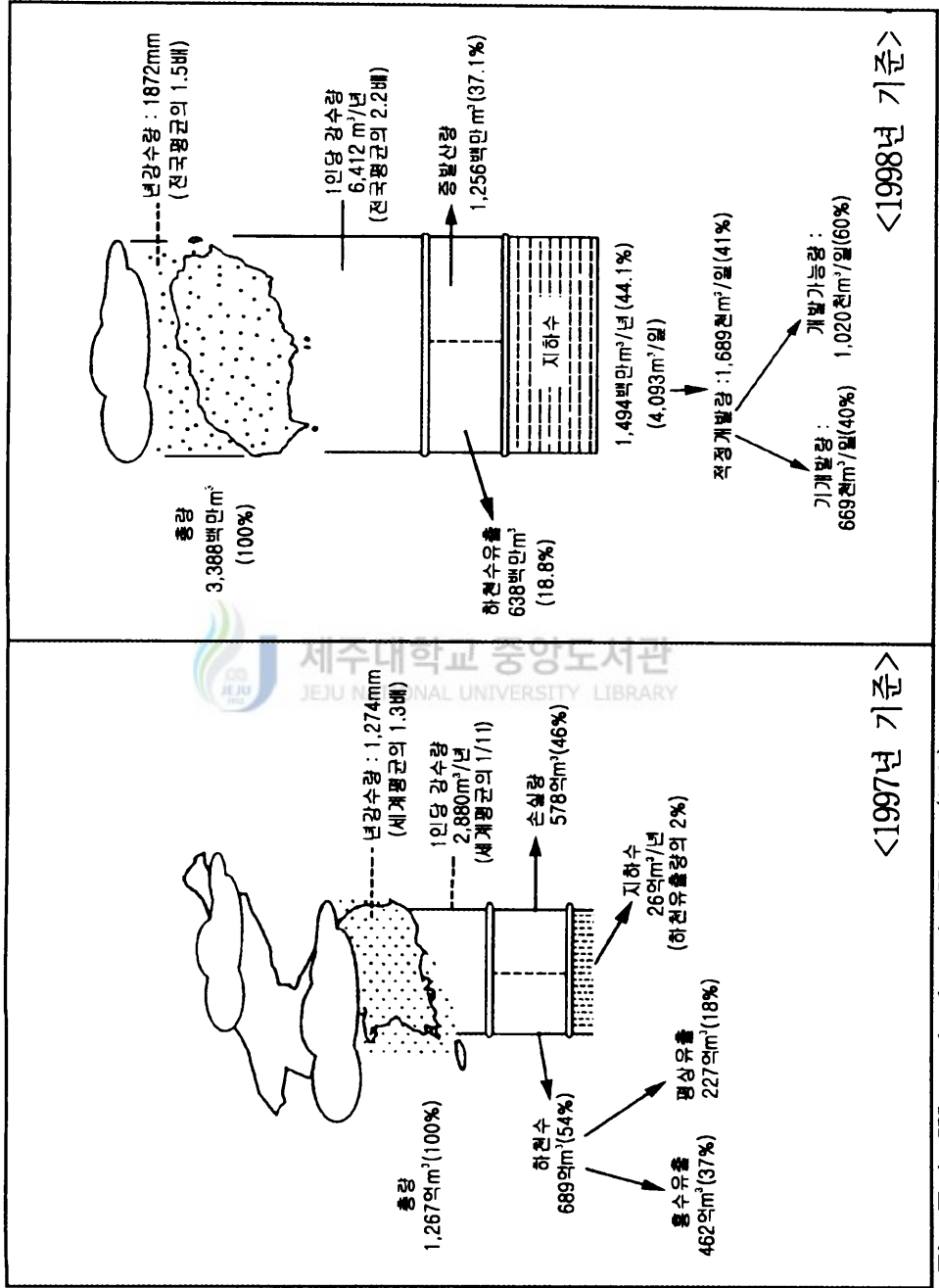


Fig II-1. Water budget in Korea(left) and Cheju Island(right)

2) 지역별 물수지

제주지역의 물수지의 분석결과를 제주, 애월을 포함하는 북부지역과 서귀포, 안덕을 포함하는 남부지역, 조천, 구좌, 성산, 표선, 남원을 포함하는 동부지역 그리고 대정, 한경, 한림을 포함하는 서부지역으로 나누어 나타내었다(Table II-2).

Table II-2. Regional water budget in Cheju Island(1993, Cheju-Do)

지역	면적 (km <sup>2</sup> )	강수량 (mm)	강수총량 (mm)	직접유출 (백만m <sup>3</sup> )	증발산량 (백만m <sup>3</sup> )	지하수 함양량		
						년간 (백만m <sup>3</sup> )	일간 (천m <sup>3</sup> )	
합계	1,810.0	1,872	3,388	638	1,256	1,494	4,093	
북부지역	소 계	339.7	1,861	632	150	242	240	657
	애 월	84.1	1,527	128	24	60	44	120
	제 주	255.6	1,971	504	126	182	196	537
	동제주	80.2	1,961	157	39	57	61	167
	중제주	88.9	1,986	177	44	63	70	192
	서제주	86.5	1,964	170	43	62	65	178
남부지역	소 계	357.7	2,146	768	220	249	299	820
	서귀포	298.7	2,226	665	195	207	263	721
	동서귀	108.1	2,507	271	79	75	117	321
	중서귀	106.5	2,198	234	70	74	90	247
	서서귀	84.1	1,900	160	46	58	56	153
	안 덕	59.0	1,743	103	25	42	36	99
서부지역	소 계	371.7	1,394	518	44	266	208	570
	대 정	123.0	1,375	169	10	88	71	195
	한 경	110.7	1,280	142	7	79	56	153
	한 립	138.0	1,503	207	27	99	81	222
동부지역	소 계	740.9	1,985	224	224	499	747	2,046
	조 천	124.4	1,835	30	30	86	112	307
	구 좌	169.8	1,774	18	18	113	170	466
	성 산	115.8	1,840	13	13	75	125	342
	표 선	203.3	2,192	98	98	138	210	575
	남 원	127.6	2,213	65	65	87	130	356



## 2. 강우량

현재 제주도내에는 기상청 관할 측후소 및 분실, 지방자치단체, 한국수자원공사 등의 기관과 사설법인인 제동목장 등에서 우량계를 설치하여 운영하고 있으며, 과거에 특정목적을 위해 일정기간 우량관측을 실시하였던 지점까지 합하면 약 40여개소에서 우량을 관측한 기록이 있다. 또한 1992년 제주도 재해대책본부에서는 24개의 TM우량계와 온라인망에 의한 광역자동수취시스템을 설치함으로써 획기적인 강우량관망을 확보하게 되었다. 15년 이상 장기우량관측자료를 보유한 관측소는 기상청 관할 제주, 서귀포, 성산, 고산측후소와 어승생 및 제동목장 등 6개소(Table II-3)에 불과하며, 대부분의 지점에서는 1년에서 5년 이내의 단기자료를 보유하고 있을 뿐이다. 그러나 우량관측소는 대부분이 해안부근에 위치하고 있어 산악성 강우의 영향을 강하게 받는 제주도의 강우특성을 파악하기에는 어려운 실정이다. 따라서 보다 정확한 강우량 측정을 위해서는 중산간지대 이상의 고지대에 우량관측소 시설의 확충이 필요하다.

Table II-3. Meteorologic observations in Cheju Island

관측소명	위 치	표 고 (EL. m)	관 측 종 별	관 측 개 시 일	관 할 관 서	비 고
	행 정 구 역					
제 주	제주시 건입동 1123-13	22.0	자기	1923.5	기 상 청	
서 귀 포	서귀포시 서귀동 538	51.9	자기	1961.1		
성 산 포	남제주군 성산읍 고성리 1003	17.5	자기	1971.5		
제주고층	북제주군 한경면 고산리 3762	71.7	자기	1988.5		
어 승 생	제주시 어승생	620	보통	1972	어승생담관 리사무소	
제동목장	북제주군 조천읍 교래리 제동목장	400	보통	1975	제동목장	

Fig. II-2는 제주도의 년평균 강수량과 전국평균의 강수량을 비교한 것이다. 이 그림에서 제주도의 년평균 강수량은 전국평균의 1.5배 정도를 보이고 있다. 최대 강수량은 제주도가 1985년에 2639.9mm를 보였고, 전국 평균 강수량은 1990년에 1631.1mm를 나타내었다. 반면에 가장 적었던 해는 제주도가 1984년으로서 995.7mm였고, 전국 평균치는 1988년에

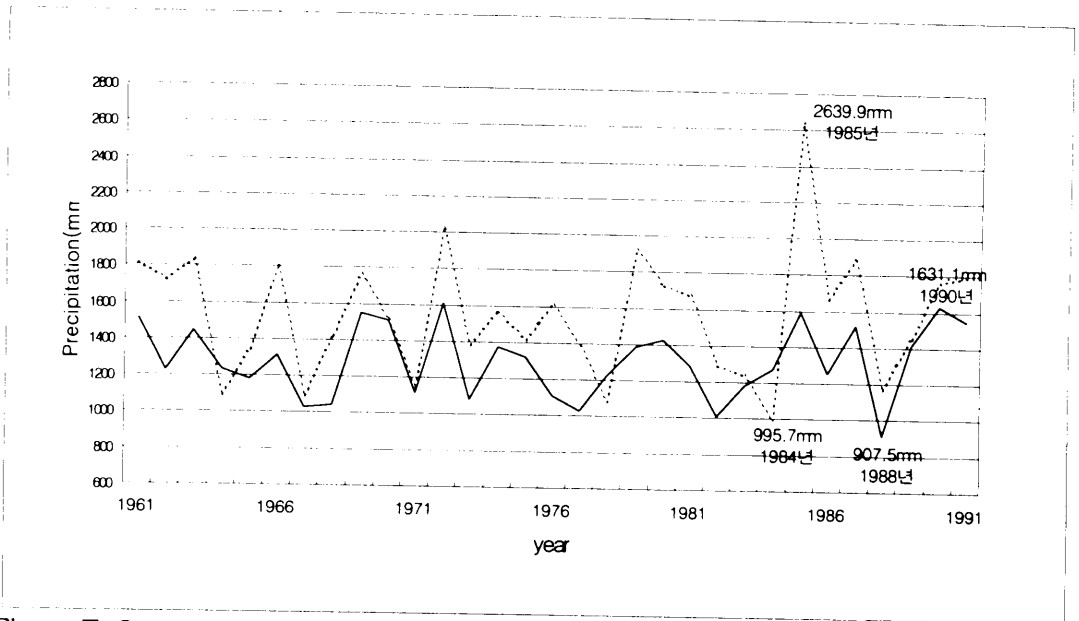


Fig. II-2. Annual mean precipitation in Korea(solide line) and Cheju Island(dotted line), during 1962-1991.

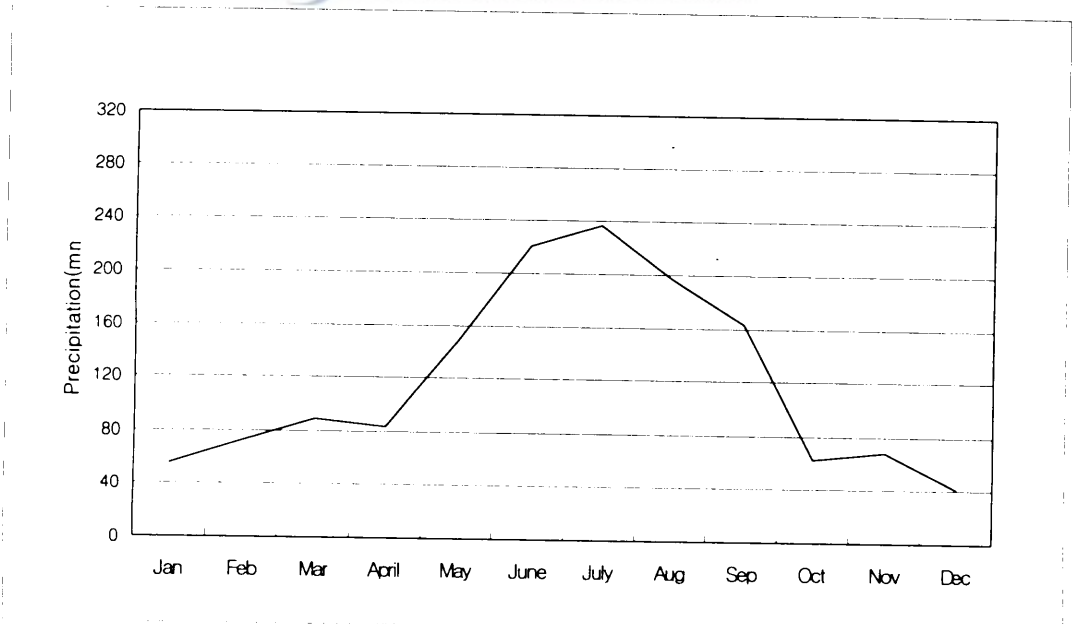


Fig. II-3. Monthly mean precipitation in Cheju Island, during 1962-1991.

907.5mm를 보였다.

제주도의 월평균 강수량은 10월 중순부터 4월까지의 매우 낮게 나타나며(Fig.Ⅱ-3), 5월부터 9월까지의 년중 강수량의 약 2/3가 이시기에 집중되어 강수량의 편중이 심하게 나타나고 있음을 보여주고 있다.

Fig. Ⅱ-4와 Table Ⅱ-4는 30년간(1962-1991) 제주도의 지역별 강수량을 나타낸 것이다. 이 그림에서 한라산을 중심으로 남동부 지역이 가장 많고(서귀포 2226mm, 성산포 1840mm), 남서부(대정 1375mm) 지역이 가장 적은 분포를 보이며, 제주시 지역은 1971mm이다. 그러나, 이 관측치는 관측소의 위치가 주로 해안변에 위치한 기상청 관할 측우 기록을 산술평균한 값으로서 지형의 영향으로 인해 국지적인 호우가 많은 제주도 지역의 평균강수량으로 보기에는 부족한 편이다.

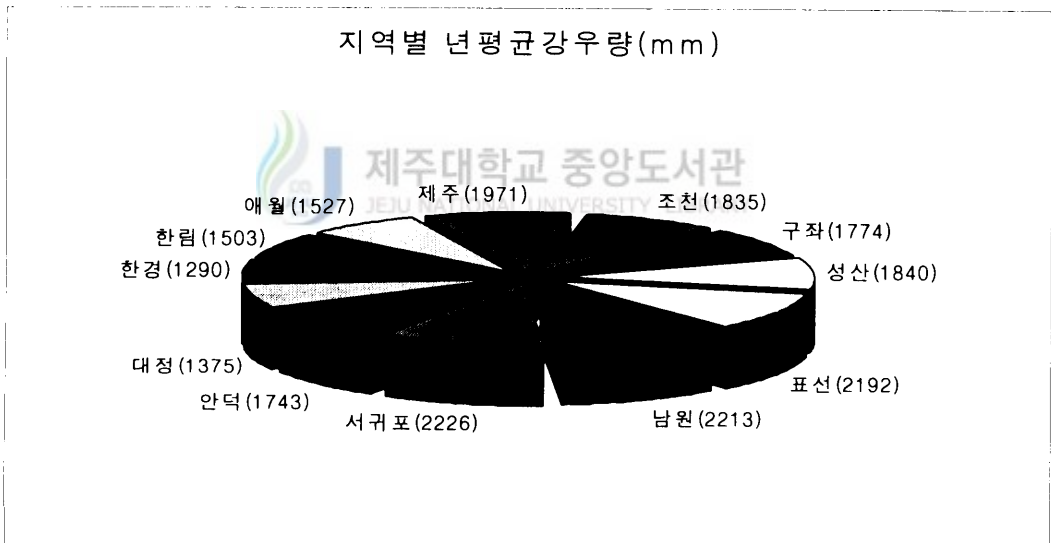


Fig. Ⅱ-4. Regional mean precipitation in Cheju Island, during 1962-1991.

Table II-4. Regional mean precipitation in Cheju Island(Cheju-Do, 1993)

지 역	면 적 (km <sup>2</sup> )	강 수 량 (mm)	강 수 총 량 (백만m <sup>3</sup> )	비 고
북 부 지 역	소 계	339.7	1,861	632
	애 월	84.1	1,527	128
	제 주	255.6	1,971	504
	동제주	80.2	1,961	157
	중제주	88.9	1,986	177
	서제주	86.5	1,964	170
남 부 지 역	소 계	357.7	2,146	768
	서귀포	298.7	2,226	665
	동서귀	108.1	2,507	271
	중서귀	106.5	2,198	234
	서서귀	84.1	1,900	160
	안 덕	59.0	1,743	103
서 부 지 역	소 계	371.7	1,394	518
	대 정	123.0	1,375	169
	한 경	110.7	1,280	142
	한 립	138.0	1,503	207
동 부 지 역	소 계	740.9	1,985	1,470
	조 천	124.4	1,835	228
	구 좌	169.8	1,774	301
	성 산	115.8	1,840	213
	표 선	203.3	2,192	446
	남 원	127.6	2,213	282
합 계	1,810.0	1,872	3,388	

### 3. 수문손실

증발산은 지표로부터의 증발과 식생에 의한 증산을 포함하는데, 어떤 수역으로부터의 증발산량은 그 수역의 기상조건과 지층의 수분함량 및 식생상태 등 자연조건에 영향을 받게 된다. 자연상태에서 실증발량을 측정하여 신뢰도가 높은 장기자료를 축적하기란 불가능하므로 일반적으로 계기증발산량을 추정하게 된다. 현재 제주도에에는 도내 증발산량을 추정할 수 있는 계기증발량 및 기상자료등의 기초자료를 보유하고 있는 기상관측소는 기상청 산하 해안변 4개 측후소(제주, 서귀포, 성산, 대정)에 불과하며, 이 4개 기상관측소의 기상자료를 이용하여 경험식에 의한 증발산량을 산정하고 있다. 증발산량은 잠재증발산량(Potential evapotranspiration)과 실제증발산량(Actual evapotranspiration)으로 구분할 수 있다. 잠재증발산량(최대 가능 증발산량)은 증발산에 필요한 충분한 수분을 공급받을 때, 즉 유역의 토양이 수분으로 완전 포화되어 있는 상태일 때 발생하며, 자유수 표면의 증발량에 가까운 값을 갖게 된다. 이러한 잠재증발산량은 주로 해당지역의 기상조건에 따라 결정된다. 잠재증발산에 영향을 미치는 인자로는 온도, 바람, 상대습도, 대기압 등이 있으며 이중 온도와 바람의 영향이 큰 것으로 알려져 있다.

제주 및 서귀포 측후소의 자료에 의하여 월별 평균계기 증발량과 잠재 증발량을 비교한 것이 Table II-5이다. 이 표에서 년평균 잠재증발산량은 제주에서 1001mm, 서귀포에서 949mm이며, 제주에서 계기증발량의 76.5%, 서귀포에서 73.7%를 보이고 있다.

잠재증발산량은 토층으로부터 수분이 충분히 공급될 때의 증발산량이나 실제 자연식생 상태에서는 강수의 많고 적음에 따라 토층의 수분이 변화하며 이에 따라 실제 증발산량도 변하게 된다. 실제증발산량은 최근 30년간(1962~1991년)의 일강우량 자료를 이용하여 10일 간격으로 토양수분평행법을 이용하여 계산했을 때 제주 및 서귀포지점의 실제증발산량은 제주측후소에서 잠재증발산량의 71.1%, 서귀포측후소에서 73.1%로 이와 같은 비율은 제주도의 많은 강우량과 강우의 고른 분포를 잘 반영해주고 있음을 알 수 있다.

Table II-5. Monthly average evaporation and potential evapotranspiration at Cheju city and Seogwipo city, during 1962-1991(Cheju-Do, 1993)

월	제 주			서 귀 포		
	계기증발량(PE) (mm)	잠재증발산량(ET) (mm)	ET/PE (%)	계기증발량(PE) (mm)	잠재증발산량(ET) (mm)	ET/PE (%)
1	58	41	70.7	68	33	48.5
2	59	42	71.2	70	40	57.1
3	93	64	68.8	103	65	63.1
4	112	84	75.0	111	83	74.8
5	136	108	79.4	133	107	80.5
6	137	115	83.9	111	105	94.6
7	165	141	85.5	117	116	99.1
8	171	142	83.0	159	136	85.5
9	127	99	78.0	134	106	79.1
10	112	76	67.9	126	80	63.5
11	76	49	64.5	87	46	52.9
12	62	40	64.5	68	32	47.1
계	1,308	1,001	76.5	1,287	949	73.7

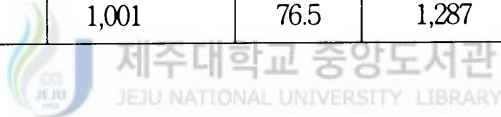


Table II-6. Monthly average potential evapotranspiration and evapotranspiration, during 1962-1991(Cheju-Do, 1993)

월	제 주		서 귀 포	
	잠재증발산량(mm)	실제증발산량(mm)	잠재증발산량(mm)	실제증발산량(mm)
1	41	25	33	20
2	42	25	40	24
3	64	38	65	39
4	84	46	83	58
5	108	70	107	86
6	115	82	105	87
7	141	119	116	95
8	142	114	136	105
9	99	85	106	81
10	76	55	80	52
11	49	29	46	27
12	40	24	32	19
계	1,001	712	949	693

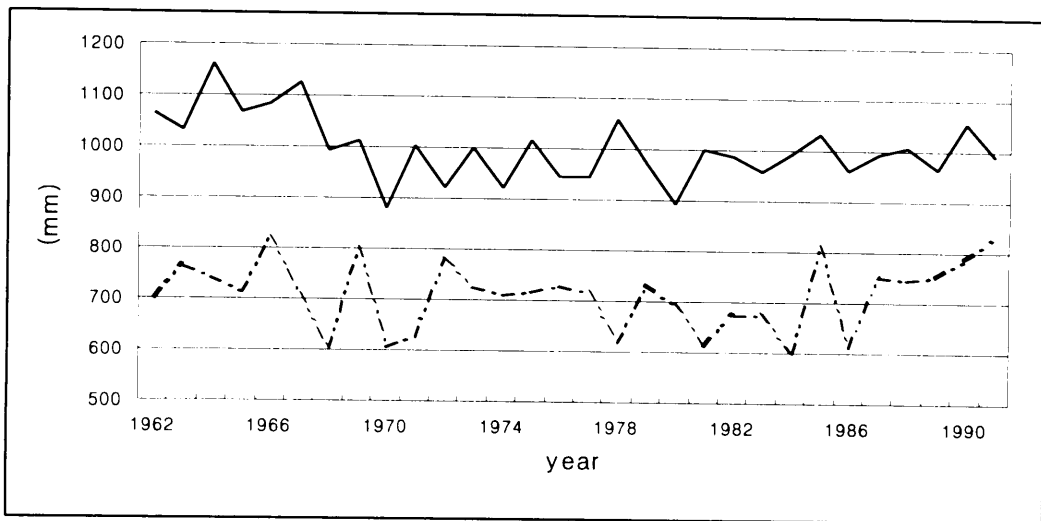


Fig. II-5. Annual potential evapotranspiration(solid line) and real evapotranspiration (dotted line) in Cheju city, during 1962-1991.

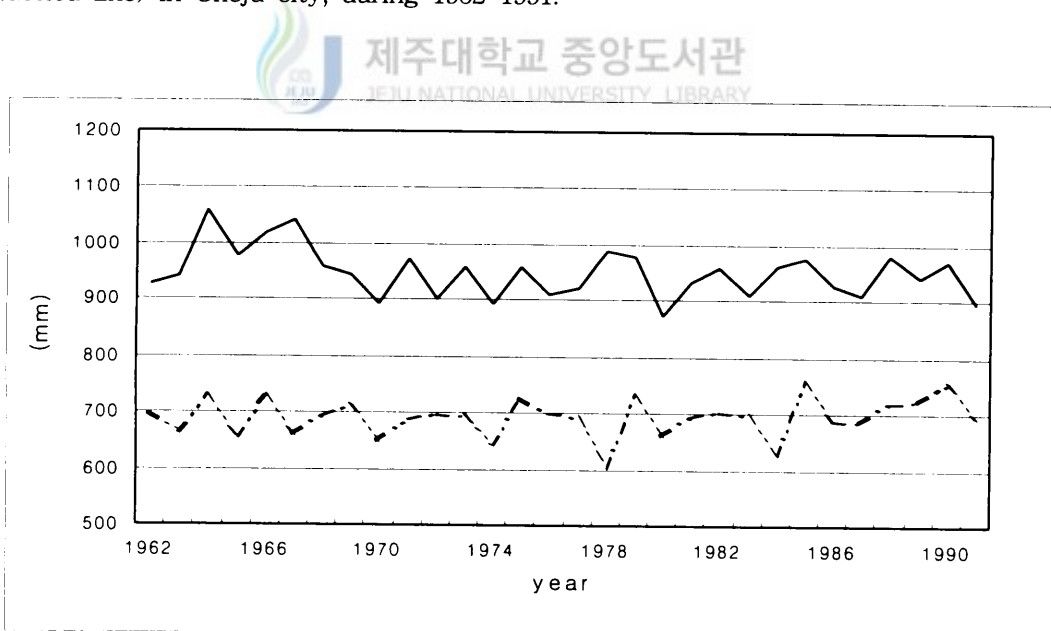


Fig. II-6. Annual potential evapotranspiration(solid line) and real evapotranspiration (dotted line) in Seogwipo city, during 1962-1991.

Table II-7. Regional mean evapotranspiration in Cheju Island(Cheju-Do, 1993)

관 측 소	계기증발량(mm)	잠재증발산량(mm)	실제증발산량(mm)
제 주	1,308	1,001	712
서 귀 포	1,287	949	693
대 정	1,331	998	719
성 산 포	1,200	900	648
평 균	1,282	962	693

제주도 전지역의 실제증발산량은 제주 및 서귀포에서의 산정값을 각각 제주 및 서귀포 수역의 대표치로 놓고 성산 및 대정지점의 계기증발산량으로부터 실제 증발산량을 추정하고 타 수역에 대하여는 4개 관측소의 실제증발산량값을 이용, 중간치를 취하였다. Table II-7에서와 같이 제주도 전역을 대상으로 한 실제증발산량은 693mm에 이르며 이는 계기증발량의 54%에 해당된다. 참고로 국내에서 통상 잠재증발산량은 계기증발산량의 70%로 적용하여 추정하며 실제증발산량은 유역의 유출자료에 의해 간접적으로 산정하고 있다. 전국 년평균 실제 증발산량은 약 568mm로 추정되며 이는 전국 년평균 계기증발량 1,176mm의 약 48%에 해당한다.

제주도의 실제증발산량은 해안저지대를 대상으로 한 것으로 중산간지대 고지대를 고려할 때 그 값은 상대적으로 높게 평가되었을 가능성이 크다. 따라서 앞으로 고지대에도 관측소를 설치, 기상자료를 축적함으로써 증발산량 산정의 정도를 높여 나가야 할 것이다.

#### 4. 유출

하천유출은 지표면을 흘러서 유출되는 직접유출과 지중으로 침투하여 지하수위를 상승시키고 서서히 하천으로 유출하는 기저유출로 나눌 수 있다. 그러나, 제주도의 경우에는 투수성이 강한 지질구조로 인해 기저유출은 대부분 해안역에서 용출되어 하천유출에는 기여하지 못하고 있다. 하천유출은 50mm이상 호우시에만 나타나며 유출기간도 연간 평균 4~5일에 불과하다.

제주도의 하천형성은 Fig. II-7과 같이 주로 남부와 북부에 발달되어 있으며 이는 지형, 지질구조 및 강우조건과 밀접한 연관을 갖고 있다. 조면암질 안산암이 비교적 넓게 분포되



어 있는 남부지역은 직접유출의 빈도가 높은 반면에 동부의 성산, 구좌지역과 서부의 대정, 한경지역에는 거의 하천이 형성되어 있지 않다. 하천수위 및 유출량에 대한 체계적인 관측 자료는 1990년 10월 수자원공사에서 설치운영중인 3개 자기수위표지점(탐라, 천아, 미악)과 근래에 제주도수자원개발사업소에서 외도천등 6개 하천 9개소에 수문관측시설을 설치운영 중이며, 수위관측소도 자동 39개소, 수동 23개소를 합하여 62개소에 설치하고 있어 앞으로 지속적인 관측을 통해 자료가 축적될 것으로 보인다.

하천유출에 영향을 미치는 요인으로는 수역 면적, 강우량, 하천밀도, 유역경사, 지표 및 지질상태, 토지이용 등을 들 수 있으나 각 요인들이 상호 종속적인 관계에 있어 일률적으로 적용 가능한 상관식을 구하기는 불가능하다. 특히, 하천이 형성되어 있지 않은 동·서부지역에서는 호우시 마을의 하수구 또는 해안연안지역을 따른 지표면 유출을 예상할 수 있으나 그 양은 연간 강우량에 비해 극히 적을 것으로 판단된다. 제주도에서 좀더 신뢰성이 있는 유출자료를 얻기 위해서는 주요하천 하류에 자기수위관측소와 유량관측용 웨어를 설치하여 장기간의 자료를 축적할 수 있도록 노력하여야 할 것이다.



Fig. II-7. River distribution in Cheju Island(Cheju-Do, 1993).

## 5. 지하수 함양량

총강우량에서 직접 유출량과 증발산량을 제외한 수량 즉 지하수 함양량은 지중으로 침투, 지하대수층을 통하여 최종적으로는 바다로 유입하게 된다. 제주도의 지하수 함양량은 총강수량의 약 44.1%에 해당하는 년평균 1,494백만 $m^3$ 로서 하루평균 약 4.1백만 $m^3$ 에 달한다. 대수층이 수계를 경계로 비연속성이라 가정할 때 Fig. II-8에 나타난 것처럼 동부지역의 성산·표선 수역이 해안길이당 지하수 부존량이 가장 풍부하고, 서부의 대정 및 한경 수역에서 가장 낮게 나타나고 있다.



Fig. II-8. Groundwater implications in Cheju Island(Cheju-Do, 1997).

Table II-8. Regional recharge amount of groundwater in Cheju Island(Cheju-Do, 1993)

수역	지하수 함양량		해안길이당 함양량 (천 m <sup>3</sup> /km)	수역	지하수 함양량		해안길이당 함양량 (천 m <sup>3</sup> /km)		
	년간 (백만 m <sup>3</sup> )	일간 (천 m <sup>3</sup> )			년간 (백만 m <sup>3</sup> )	일간 (천 m <sup>3</sup> )			
합계	539	1477	22.9	합계	955	2616	20.1		
북부지역	소계	240	657	22.8	서부지역	소계	208	570	12.7
	애월	44	120	10.9		대정	71	195	12.7
	제주	196	537	30.0		한경	56	153	9.3
	동제주	61	167	29.3		한림	81	222	16.9
	중제주	70	192	24.3					
	서제주	65	178	41.4					
남부지역	소계	299	820	23.0	동부지역	소계	747	2046	27.5
	서귀포	263	721	24.0		조천	112	304	29.5
	동서귀	117	321	38.7		구좌	170	466	19.4
	중서귀	90	247	26.0		성산	125	342	17.8
	서서귀	56	153	12.4		표선	210	575	67.6
	안덕	36	99	18.0		남원	130	356	28.9

## 6. 용천수

고지대의 용천수는 perched water 형태의 상위지하수로부터 용출되고 있다. 이미 조사된 중산간 및 고지대에 위치한 용천수는 Table II-9에서와 같이 현재까지 총 20개소에서 36 천m<sup>3</sup>/일가 용출되며, 현재까지 개발된 고지대 용천수는 어승생 및 아흔아홉계곡 용천수를 비롯하여 성판악, 선돌, 돈내코, 가시머리 등이 있다. 고지대 용천수는 부존량이 한정되어 있으나, 수질이 양호하고 자연 유하식 용수공급이 가능하여 중산간 지역의 용수공급에 큰 역할을 하고 있다. 그러나, 용출지점이 분산되어 있고 일부 몇 개소를 제외하면 용출량이 적으며 특히 용출량이 강우에 직접적인 영향을 받고 있어 년별, 계절별 수량의 변화가 심하여 안정적인 용수공급에 어려움이 있다.

해안저지대의 용천수는 대부분 주거지역에 인접하고 있어 생활하수의 침입이 우려되며 특히, 동부와 서부지역의 용천수는 염분함량이 높아 수질상의 문제점이 발생되고 있다. 용천수는 총 383개소에서 1,078천m<sup>3</sup>/일 이 용출되며 이는 제주도 평균 지하수함양량(4,093천m<sup>3</sup>/일)의 26%에 해당된다.

Table II-9. Gush water in Cheju Island(Cheju-Do, 1997)

수역권별	합 계		해안변 용출수		고지대 용출수		
	개 소	용 출 량 (m <sup>3</sup> /D)	개 소	용 출 량 (m <sup>3</sup> /D)	개 소	용 출 량 (m <sup>3</sup> /D)	
<b>합 계</b>	<b>403</b>	<b>1,110,128</b>	<b>383</b>	<b>1,078,210</b>	<b>20</b>	<b>36,050</b>	
제 주 시	51	229,560	43	208,930	8	20,360	
서 귀 포 시	61	310,508	54	303,580	7	7,000	
북 제 주 군	소 계	197	362,140	196	361,840	1	300
	애 월	20	16,350	20	16,350		
	한 립	82	108,190	71	107,890	1	300
	한 경	19	4,780	19	4,780		
	조 천	44	122,000	44	122,000		
	구 좌	42	110,820	42	110,820		
남 제 주 군	소 계	94	207,920	90	203,860	4	4,060
	안 덕	13	17,360	13	17,360		
	대 정	13	44,930	13	44,930		
	남 원	22	13,850	20	12,390	2	1,460
	표 선	19	43,650	17	41,050	2	2,600
	성 산	27	88,130	27	88,130		

제주(동제주, 중제주, 서제주)수역의 용천수는 상위지하수 또는 준기저지하수로부터 용출되고 있으며, 용출량 기준으로 10,000m<sup>3</sup>/일 이상이 용출되고 있는 용천수는 삼양, 금산, 외도 용천수를 포함하여 8개소로서 용출량은 156,380m<sup>3</sup>/일에 이르러 본 지역 총용출량

229,560 m<sup>3</sup>/일의 약 7 %의 비중을 차지하고 있다.

서귀(동서귀, 중서귀, 서서귀) 수역의 용천수는 상위지하수가 용출되며, 주요 용천수는 강정천, 천제연, 정방 용천수가 있으며, 약 61개소에 용출량이 310,508 m<sup>3</sup>/일이다.

북제주군(애월, 한경, 한림, 조천, 구좌) 수역의 용천수는 기저 또는 준기저지하수의 용출로 추정되며, 이 지역의 용천수는 총 197개소로 362,140 m<sup>3</sup>/일이 용출되고 있다. 이 중에서 현재 개발되어 이용되고 있는 용천수는 옹포천, 서림 용수천, 하도리지구에서 양어장 및 농업용수로 이용되는 용천수 등이 있다.

남제주군(성산, 표선, 남원, 대정, 안덕) 수역의 용천수는 주로 기저지하수로 용출되며, 총 94개소에서 207,920 m<sup>3</sup>/일가 용출되고 있다. 이 중에서 현재 개발되어 이용되고 있는 용천수는 토산, 세화, 온평, 말물, 신산, 신천 등이 있다. 도내에는 크고 작은 하천들이 31개나 되지만 대부분 건천이며 일부 표류수를 가진 하천도 용출수가 중간지점에서 끊기거나 재용출하는가 하면 인근에 약간의 환경변경시 수원이 고갈되는 경우도 있어서 이러한 수자원을 개발 시에는 신중함이 요구되고 있다.



### Ⅲ. 수자원의 개발과 이용

#### 1. 수자원의 개발

##### 1) 개발현황

제주도에서 수자원개발사업이 본격적으로 시작된 것은 1967년에 건설부에서 “제주도 용수개발계획 및 실시설계”를 수립하여 고지대 수원인 어승생, 성판악 수원개발과 해안용천수에 대한 이용 가능량, 타당성 조사 등을 시행하면서부터이며, 이로써 생활용수, 농업용수, 공업용수에 대한 수요공급계획을 추정하고 필요한 사업비를 국고에서 계속적으로 지원하게 되었다.

1970년대부터는 제주도종합개발계획에 부문별 사업계획으로 수립됨은 물론 “제주도수자원종합개발계획수립”의 기초를 다짐으로써 중요한 투자부문으로 추진하고 있다.

1970년초에 착수된 지하수개발은 극심한 용수난을 겪고있던 제주도의 용수수급에 커다란 전기를 마련하였다. 1998년 현재 제주도의 수자원개발 현황은 총시설규모 857천m<sup>3</sup>/일이며, 이중 약78%인 669천m<sup>3</sup>/일이 지하수개발 관정이므로 지하수의 비중이 월등히 높으며, 용천수는 약19.5%인 167천m<sup>3</sup>/일, 그리고 나머지 약2.5%인 21.5천m<sup>3</sup>/일이 상위 용천수를 저류하여 공급하는 어승생 수원이다.

현재 제주도내에 개발된 관정은 Table Ⅲ-1에서와 같이 1997년말 현재 총 3,719개소에서 생활용 1,232개소, 농축산용 2,238개소, 공업용·기타는 249개소, 염지하수는 548개소가 있다. 일반생활용수의 주 수원인 용천수는 제주시 외도, 이호, 삼양, 금산, 서귀포시 강정, 북제주군 옹포, 남제주군 서림 등 18개소를 개발하여 도시상수도로서의 큰 역할을 담당하고 있다. 제주시 해안동 해발 600고지에 위치한 어승생 수원은 제주시를 중심으로 동부지역과 서부지역의 중산간 지대 마을과 목장 등에 16개의 지선을 통하여 15천m<sup>3</sup>/일이 생활 및 농·축 용수를 공급하고 있으나, 한발 시에는 격일제공급등으로 불편을 초래하기도 한다.

Table III-1. Groundwater development in Cheju Island(Cheju-Do, 1998)

구 분	계		공 공 용		사 설 용	
	관정수 (공)	개발량 (천 m <sup>3</sup> /일)	관정수 (공)	개발량 (천 m <sup>3</sup> /일)	관정수 (공)	개발량 (천 m <sup>3</sup> /일)
계	3,719	669	512	417	3,207	252
생 활 용	1,232	314	258	238	974	76
농 · 축산용	2,238	310	244	174	1,994	136
공업 · 기타	249	45	10	5	239	40

※ 염지하수 : 548공, 1,535천m<sup>3</sup>/일

## 2) 해수의 담수화

해수의 담수화란 해수 중에 용해되어 있는 염분을 제거하여 담수를 얻는 일련의 공정을 말하며, 생산된 물은 각종 용수로 사용된다. 이러한 해수담수화의 방법에는 물을 끓여 수증기를 응축시켜서 담수를 얻는 증발법, Fig. III-1과 같이 막을 이용하여 해수중의 이온을 분리시켜 담수를 얻는 역삼투법이 있다. 또한 이 같은 방법 외에도 이온교환막에 전류를 통과시켜 담수를 얻는 전기투석법 등이 상용화되어 있다. 염수의 담수화방법으로는 증발법과 막여과법으로 대별되며, 증발법에는 다단플래쉬법(Multiple Stage Flash, MSF), 다단효용증발법(Multiple Effect, ME),

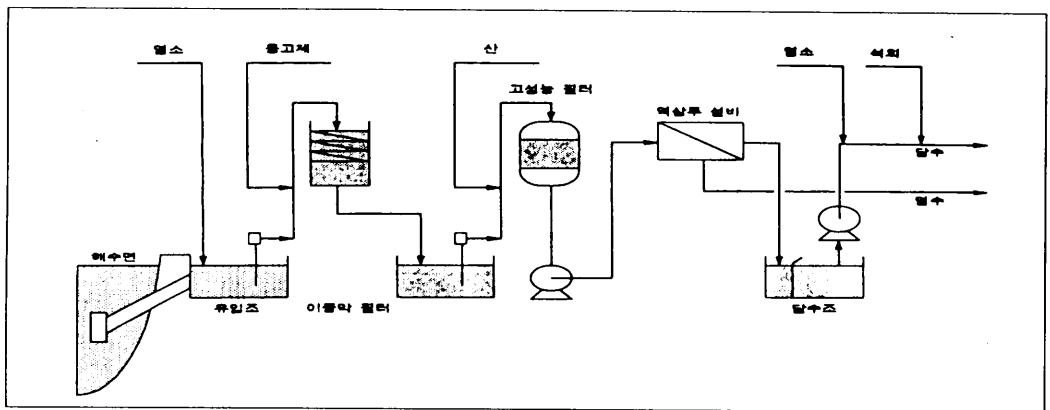


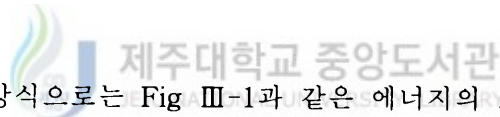
Fig. III-1. Flowchart of reverse osmosis plant(Kim, 1998).

및 증발압축법(Vapor Compression, VC)이 있다. 또한 막여과법에는 압력을 이용하는 역삼투법(Reverse Osmosis, RO)과 전기를 이용하는 전기투석법(Electrodialysis, ED)이 있으며, 그 외에 냉열법(Freezing Process), 이온교환수지법(Ion Exchange) 등이 있다. 해수담수화 방식의 적용성 및 특성을 포괄적으로 파악하기 위하여 대표적인 담수화 방식에 관해서 실제에 적용되어 있는 원수의 농도와 운전온도범위를 Table III-2에 나타내었다.

Table III-2. Method of sea desalination and applied boundary of concentration and temperature(Kim, 1998)

담수화방식	적용원수농도(TDS mg/l)	운전온도(℃)
증발법	30,000~500,000	35~120
역삼투법	500~50,000	0~40
전기투석법	500~3,000	0~65

비고)역삼투법, 전기투석법의 최저온도는 동결되지 않는 온도



해수담수화의 방식으로는 Fig III-1과 같은 에너지의 소비량이 적은 역삼투법이 일반적으로 유리하지만, 발전소 또는 쓰레기 소각장과 병설하여 발전용 터빈을 구동하는데 사용한 증기로 담수를 생산하는 발전·담수생산의 2중 목적의 경우에는 증발법이 유리하다. 역삼투법은 해수를 원수로 할 경우 1단 역삼투공정으로 먹는 물을 얻을 수 있고, 2단 역삼투공정에 의해 순수에 가까운 수질을 얻을 수 있다. 또한 증발법에서는 역삼투법보다 순도가 높은 증류수를 얻을 수 있고, 전기투석법에서는 운전조건에 의해 염수에서 먹는 물까지 비교적 쉽게 생산수질을 변화시킬 수 있다.

외국의 경우, 전세계의 담수화 설비용량은 약 1,900만톤/일 정도이며, 생활용수의 확보뿐만 아니라 일반용도의 공업용수 또는 특수용수를 확보하기 위해 담수화 시설을 보유하고 있다. 미국은 전세계의 해수담수 용량의 약 15%를 차지하며 물 사정이 좋지 않은 California를 중심으로 한 해안을 따라 주로 설치되어 있다. California의 Santa barbara에서는 27,000톤/일 용량의 역삼투법을 이용한 담수 플랜트를 건설하였으며, Orange county에서는 역삼투법과 활성탄 등을 이용해 담수를 실시하며, San Diego에서는 생활폐수를 역삼투법으로 담수시켜 정화하는 담수



시설이 있다. 일본에서는 해수의 담수화 플랜트로서 약 700여개의 소규모 용량의 설비가 주류를 이루고 있으며 가뭄지역이나 전략적인 지역에 주로 설치되어 운영되고 있다.

국내의 해수담수화 현황을 보면 기수 및 해수담수화시설은 1980년 후반부터 수백톤 이상의 공업용수 생산용 중소규모시설과 먹는 물을 생산하기 위한 수십톤 규모의 역삼투시설이 설치되기 시작하였다. 최근에는 주로 기수를 원수로 하여 하루 수만톤 규모의 공업용수를 생산하는 시설이 가동중에 있으며, 아울러 하루 수십톤을 생산하는 먹는 물 생산용 해수담수화 시설이 섬 지방에 보급되었다.

1997년 6월 흥도에 완공된 흥도해수 담수화시설은 적은 강수량·계곡수 이용의 한계·관광객의 증가 등으로 만성적인 물 부족 현상이 나타나 용수확보를 위해 역삼투법을 이용하여 하루 100m<sup>3</sup>의 규모로 개발되었다.

수원확보가 곤란한 우도의 경우 지역적인 특성으로 인하여 수원의 개발여건이 취약하며, 용수시설은 주로 지하수 개발관정과 저수지, 각 가정마다 설치된 빗물저수탱크가 주를 이루며, 급수량 또한 168ℓ pcd로 전국평균 394ℓ pcd의 42%에 지나지 않는다. 따라서, 염수를 담수화하여 지역주민의 음용수 해결 및 지역의 균형발전, 주민의 생활향상 등 안정적인 용수공급이 가능하도록 개발되고 있다. 담수화 사업이 추진됨에 따라 주민의 모든 생활용수를 담수화 시설에서 생산되는 용수량으로 공급하며, 우도의 장래인구를 2011년까지 추정하여 용수 수요량을 추정한 것은 Table III-3과 같다.

Table III-3. Water supply plan at U-Do(North Cheju county, 1996)

구분	1996년	2001년	2006년	2011년	비고
인구수(인)	2,141	2,056	2,000	2,000	
생활용수추정량 (m <sup>3</sup> /일)	492	658	770 (720)	900 (800)	
1인1일 급수량 (ℓ pcd)	230	320	385 (360)	450 (400)	
담수화사업용수 (m <sup>3</sup> /일)	500	1,000	1,000	1,000	

※ ( ) 우도지구 주민 급수시

목표년도인 2001년 1인1일 급수량 320 l 는 전국 평균량인 394 l 에는 약 80 l 정도가 작으나 '98년도에는 우선 500 m<sup>3</sup>/일 규모의 담수화 플랜트를 우선 가동하고, 2001년에는 1,000m<sup>3</sup>/일 규모로 확장해 가동률 90%를 가정하여 900m<sup>3</sup>/일을 공급할 수 있도록 계획하고 있다.

## 2. 수자원의 이용 현황

수자원의 이용은 크게 생활용수, 농축용수, 공업용수로 분류할 수 있지만, 근래 들어 육상식 수산양식 시설에 의한 염지하수의 개발이용과 전천후 농업시설의 확대에 따른 지하수 개발이 지속적으로 증가하여 생활용수의 이용을 제외한 다른 목적의 용수이용량은 계량화가 미비되어 실제 개발이용량의 산정 자료로는 신뢰성이 희박한 실정이다. 1998년 현재 제주도 수자원의 총 이용량은 639천m<sup>3</sup>/일이며, 이중 생활용수로 이용되는 양이 총 이용량의 51%인 338천m<sup>3</sup>/일, 농축용수가 45%인 275천m<sup>3</sup>/일, 공업용수가 4%인 26천m<sup>3</sup>/일이다.

### 가. 생활용수

일상생활에 필요한 용수로 음용, 목욕, 세탁, 수세식 화장실, 청소, 정원살수, 세차등 가정용수와 사무소, 호텔 등의 숙박시설, 상업시설, 병의료시설, 기타 공공시설 등 주로 상수도에 의하여 공급되는 물이다. 현재 4개 시군에서 상수도 특별회계에 의하여 공급·운영되고 있으나, 목욕, 숙박시설 등은 대부분 업소 자체의 지하수를 개발하여 전용수도시설로 이용하고 있으며, 1997년 말 시군별 급수현황은 Table III-4와 같다.

Table III-4. Regional water supply conditions in Cheju Island(Cheju-Do, 1998)

□ 급수현황

구 분		제주시	서귀포시	북제주군	남제주군	계
지 구 수		72	31	80	61	244 개소
총 인 구		266,316	84,976	98,417	78,651	528,360 인
급 수 인 구		266,316	84,891	98,385	78,566	528,158 인
보 급 율		100	99.9	99.9	99.9	99.9 %
시 설 용 량		159,500	61,550	66,620	50,620	338,290 m <sup>3</sup> /D
급 수 량		94,276	33,044	32,327	25,933	185,580 m <sup>3</sup> /D
1인1일 급수량	도 시	360	424	330	331	363 ℓ
	농 촌	315	279	327	327	316 ℓ
	평 균	354	389	329	330	351 ℓ



제주도의 생활용수 급수현황을 보면 상수도 보급율은 99.9%로서 추자도 일부, 마라도를 제외하고는 상수도 공급이 이뤄지고 있으나 1일1인당 급수량은 평균 351 ℓ로 아직도 다른 지방의 공급수량보다는 적은 양이다. 시군별 상수도 시설 이용현황은 Table III-5와 같다.

Table III-5. Institution of perched water in Cheju Island(Cheju-Do, 1998)

□ 제주시

○ 수원별현황

구 분	구역수 (개 소)	총인구 (인)	급수인구 (인)	시설용량 (m <sup>3</sup> /D)	급수량 (m <sup>3</sup> /D)	비고
용천수	6	169,545	169,545	112,500	56,599	
지하수	65	89,692	89,692	38,900	31,751	
어승생 (저수지)	1(6)	7,079	7,079	8,100	5,926	
계	72	266,316	266,316	159,500	94,276	

○ 시설현황



구 분	송·배수관	배수지	여과시설	비 고
용천수	165,128m	11지 29,320m <sup>2</sup>	여과기 3기 11,000m <sup>3</sup> /D 정수지 1지 400m <sup>2</sup> 여과지 18지 10,585m <sup>2</sup>	
지하수	111,366m	32지 4,010m <sup>2</sup>	여과기 2기 2,500m <sup>3</sup> /D	
어승생 (저수지)	107,525m	7지 950m <sup>2</sup>	침전지 1기 10,000m <sup>2</sup> 여과기 11기 12,200m <sup>3</sup> /D	
계	384,019m	50지 34,280m <sup>2</sup>	침전지 1지 10,000m <sup>2</sup> 정수지 1지 400m <sup>2</sup> 여과지 18지 10,585m <sup>2</sup> 여과기 16기 25,700m <sup>3</sup> /D	

<con't>

<con't>

○ 급수현황

구분	총인구 (인)	급수인구 (일)	보급율 (%)	시설용량 (m <sup>3</sup> /D)	급수량 (m <sup>3</sup> /D)	1일1인 급수량(ℓ)	비고
도 시	227,464	277,464	100	142,688	82,179	360	
농 촌	38,852	38,852	100	16,812	12,097	315	
계	266,316	266,316	100	159,500	94,276	354	

□ 서귀포시

○ 수원별 현황

구 분	구역수 (개소)	총인구 (인)	급수인구 (인)	시설용량 m <sup>3</sup> /D	급수량 m <sup>3</sup> /D	비고
용천수	9	78,179	78,099	42,150	29,079	
지하수	22	6,797	6,792	19,400	3,965	
계	31	84,976	84,891	61,550	33,044	

○ 시설현황

구 분	송·배수관	배 수 지	여 과 시 설	비고
용천수	235,733 m	17지 12,150 m <sup>2</sup>	침전지 1기 4,000 m <sup>3</sup> /D 정수지 2지 2,000 m <sup>3</sup> 여과지 6지 368 m <sup>3</sup>	
지하수	92,712 m	22지 2,026 m <sup>2</sup>		
계	328,445 m	39지 14,176 m <sup>2</sup>	침전지 2지 4,000 m <sup>3</sup> 정수지 2지 2,000 m <sup>3</sup> 여과지 6지 368 m <sup>3</sup>	

<con't>

<con't>

○ 급수현황

구분	총인구 (인)	급수인구 (인)	보급율 (%)	시설용량 (m <sup>3</sup> /D)	급수량 (m <sup>3</sup> /D)	1일1인 급수량(ℓ)	비고
도 시	64,657	64,657	100	44,400	27,414	424	
농 촌	20,319	20,234	99.6	17,150	5,630	279	
계	84,976	84,891	99.9	61,550	33,044	389	

□ 북제주군

○ 수원별 현황

구 분	구역수 (개소)	총인구 (인)	급수인구 (인)	시설용량 (m <sup>3</sup> /D)	급수량 (m <sup>3</sup> /D)	비고
용천수	1	33,107	33,107	20,000	7,570	
지하수	74	52,455	52,455	35,380	16,650	
어승생	(7)	7,688	7,688	10,290	7,718	
표류수	5	5,167	5,135	950	389	
계	80	98,417	98,385	66,620	32,327	

○ 시설현황

구 분	송·배수관	배수지	여과시설	비 고
용천수	71,713 m	4지 8,000 m <sup>3</sup>	2지 12,000 m <sup>3</sup>	2기 12,000 m <sup>3</sup> /D
지하수	159,610 m	85지 7,880 m <sup>3</sup>		4기 3,200 m <sup>3</sup> /D
어승생	104,356 m	9지 850 m <sup>3</sup>	7지 590m <sup>3</sup>	7지 8,600 m <sup>3</sup> /D
표류수	8,503 m	6지 650 m <sup>3</sup>	5지 250 m <sup>3</sup>	3기 2,400 m <sup>3</sup> /D
계	344,182 m	104지 17,381 m <sup>3</sup>	14지 12,840 m <sup>3</sup>	16기 26,240 m <sup>3</sup> /D

<con't>

<con't>

○ 급수현황

구분	총인구 (인)	급수인구 (인)	보급율 (%)	시설용량 (m <sup>3</sup> /D)	급수량 (m <sup>3</sup> /D)	1일1인 급수량(ℓ)	비고
도 시	43,148	43,148	100	36,040	14,239	330	
농 촌	55,269	55,237	99.9	30,580	18,088	327	
계	98,417	98,385	99.9	66,620	32,327	329	

□ 남제주군

○ 수원별 현황

구 분	구역수 (개소)	총인구 (인)	급수인구 (인)	시설용량 (m <sup>3</sup> /D)	급수량 (m <sup>3</sup> /D)	비고
용천수	3	13,499	13,499	6,900	4,288	
지하수	58	64,312	64,227	40,660	20,502	
어승생	(3)	840	840	3,060	1,143	
계	61	78,651	78,566	50,620	25,933	

○ 시설현황

구 분	송·배수관	배 수 지	여 과 시 설	비고
용천수	63,425 m	6지 2,490 m <sup>2</sup>	3지 3,000 m <sup>2</sup>	
지하수	252,116 m	66지 9,376 m <sup>2</sup>		
어승생	26,530 m	2지 110 m <sup>2</sup>	2지 670 m <sup>2</sup>	1지 100 m <sup>3</sup> /D
계	342,071 m	74지 11,424 m <sup>2</sup>	5지 3,670 m <sup>2</sup>	1지 100 m <sup>3</sup> /D

<con't>

구분	총인구 (인)	급수인구 (인)	보급율 (%)	시설용량 (m <sup>3</sup> /D)	급수량 (m <sup>3</sup> /D)	1일1인 급수량(ℓ)	비고
도 시	14,217	14,217	100	9,660	4,705	331	
농 촌	64,434	64,349	99.9	40,960	21,228	327	
계	78,651	78,566	99.9	50,620	25,933	330	

## 나. 농축용수

농축용수란 일반적으로 농업 및 축산업에 필요한 용수로써 전, 담, 화훼, 원예와 수산 양식까지도 포함할 수 있다. 농축용수의 주된 수원은 대부분 지하수를 이용 공급하고 있으며, 일부 어승생 수원에서 공동목장 급수를 하고 있으나 생활용수 공급에 우선권을 하고 축산업이 경쟁력 약화로 대규모 목장토지들이 골프장으로 이용되는 추세에 있다. 농업용 지하수의 경우도 권역별 자체 농지계 조직운영으로 실제 공급수량의 계량화 파악이 어려울 뿐만 아니라 생활용수와 농업용수를 공용으로 시설 이용하고 있는 경우도 많아 순수한 농축용수 사용량을 산정하기란 쉽지 않다.

## 다. 공업용수

제주도는 다른 지방과 달리 제조업이 비중이 낮고 물 수요가 많은 공장이 많지 않은데 시, 군별 제조업체 현황은 제주시 82개 업체, 서귀포시 19개 업체, 북제주군 89개 업체, 남제주군이 90개 업체가 있으며, 주로 음식료, 전분, 시멘트콘크리트제품생산에 관련된 업종으로 시설입지는 대부분 개별적으로 분산되어 있는 실정 이나 제주시 화북공업단지와 서귀포시 토평, 북제주군 행원, 금능, 남제주군 대정지역에 농공단지가 조성되어 있지만 입주업체와 가동실태는 미미하다.

이들 업체들의 용수 이용실태는 전분공장의 경우는 용천수를, 제주시 화북공업단지와 서귀포시 토평공업단지에는 도시상수도에서 공급이 되고 있으며, 그 외는 자체 지하수를 개발이용하고 있다.



### 3. 상수도 요금 및 지하수 원수대 기본요금

Table III-6. Basic price of perched water and ground water(Cheju-Do, 1998)

□ 상수도요금

(단위 : 원)

종 별		단계별기준	제주시	서귀포시	북제주군	남제주군	비 고
가 정 용		10m'까지(기준)	1,430	1,700	2,400	1,620	전용전에 의 한 가정수도 (잡화소매업, 식료품점등)
		11~20m'	270	300	440	330	
		21~30m'	320	360	600	360	
		31~40m'	390	430	760	460	
		41~50m'	450	510	960	540	
		51m'이상	530	600	1,170	600	
업 무 용		20m'까지(기준)	5,730	6,800	12,500	8,400	영리를 목적으로 하는 판매업,제조 업(염색,직물·금 속제품,유리,도자 기,조미료 등), 공공용
		21~50m'	630	730	1,280	860	
		51~100m'	820	920	1,650	1,130	
		101~300m'	970	950	2,020	1,270	
		301m'이상	1,120	1,140	2,470	1,500	
영 업 용		30m'까지(기준)	13,000	15,000	26,900	17,520	식품접객업,공연 장,도매센터,자동 차정비,세차,현상 소,의약품,도축업, 극장,다방 등
		31~50m'	1,060	1,500	2,620	1,750	
		51~100m'	1,330	1,600	2,850	1,940	
		101m'이상	1,590	1,900	3,300	2,220	
욕 탕 용	1종	200m'까지(기준)	33,980	31,000	52,500	42,000	일반 목욕장업 샤워장
		201~300m'	530	550	720	630	
		301~500m'	640	660	825	700	
		501m'이상	740	770	975	800	
	2종	200m'까지(기준)	53,100	100,000	90,000	60,000	특수목욕장(사우 나,터키탕 등)
		201~500m'	1,060	1,600	2,250	1,500	
		501~1000m'	1,270	1,800	4,500	3,000	
		1,001m'이상	1,490	2,000	7,500	5,000	
전용공업용	1m'당	180	1,000	750	500	별도 원수 이용 급수	
농축산용				10m'까지	10m'까지	10m'까지	
					2,100		
		0~30m'	140	1500	11~30m' 210	1,620	
		31~50m'	160	11m'이상	300	11m'이상	
		51~100m'	190	260	410		
		101m'이상	210		460		

□ 지하수 원수대 기본요율

업종별		구분	기본요율	업종별		구분	기본요율
관광숙박업		사용량(m <sup>3</sup> )	4,200	식품 위생 업	첨가물 제조업	사용량(m <sup>3</sup> )	400
		원수대(원)	66.27			원수대(원)	56.80
관광객 이용시설업		사용량(m <sup>3</sup> )	1,700		식품 소분 판매업	사용량(m <sup>3</sup> )	400
		원수대(원)	66.27			원수대(원)	56.80
공장업		사용량(m <sup>3</sup> )	4,000		식품 보존업	사용량(m <sup>3</sup> )	400
		원수대(원)	47.34			원수대(원)	56.80
공장계절업 소(3월)		사용량(m <sup>3</sup> )	11,000	숙박업		사용량(m <sup>3</sup> )	1,000
		원수대(원)	47.34			원수대(원)	56.80
체육골프		사용량(m <sup>3</sup> )	5,500	위생처리업		사용량(m <sup>3</sup> )	700
		원수대(원)	66.27			원수대(원)	56.80
체육시설		사용량(m <sup>3</sup> )	2,000	온천법		사용량(m <sup>3</sup> )	3,000
		원수대(원)	66.27			원수대(원)	56.80
식품 위생 법	광천음료 제조	사용량(m <sup>3</sup> )	600	주류제조 업		사용량(m <sup>3</sup> )	3,000
		원수대(원)	94.68			원수대(원)	56.80
	식품접객 업소	사용량(m <sup>3</sup> )	300	도소매 진흥법		사용량(m <sup>3</sup> )	1,000
		원수대(원)	56.80			원수대(원)	56.80
	염지하수	원수대(원)	28.40	의료법		사용량(m <sup>3</sup> )	1,000
						원수대(원)	56.80
공중 위생법	목욕장업	사용량(m <sup>3</sup> )	2,000	자동차 정비업		사용량(m <sup>3</sup> )	300
		원수대(원)	56.80			원수대(원)	47.34
식품 위생 업	식품제조 가공	사용량(m <sup>3</sup> )	2,500	세차장		사용량(m <sup>3</sup> )	300
		원수대(원)	56.80			원수대(원)	47.34
	3월계절 업소	사용량(m <sup>3</sup> )	20,000				
		원수대(원)	56.80				

## 5. 장래 용수 수요량 및 공급계획

### 가. 수요량 예측

1994년도 수립시행중인 제주도종합개발계획에서 2001년까지 주요 지표가 제시되었으며, 수자원종합개발계획에서는 이 지표와 과거 추이로부터 추정한 2011년까지의 용수수요를 추정하는 주요인자 지표를 다음과 같이 설정하고 있다.

Table III-7. Factor of service water(Cheju-Do, 1993)

구 분	1991	1996	2001	2006	2011	비 고
인구(인)	521,801	551,000	578,000	601,000	620,000	
관광객(천인)	3,205	4,305	5,300	6,230	6,734	
객실수(실)	12,764	19,071	23,568	27,707	30,452	여인숙 제외
농공단지 (조성면적/개소)	67,000/1	637,000/6	637,000/6	637,000/6	637,000/6	
미 곡 (ha)	788	492	160	160	160	식부면적
채 소 류 (ha)	7,086	8,570	9,375	10,100	10,600	
감 굴 (ha)	20,214	21,676	24,745	25,500	25,600	
소 (두)	36,747	49,400	56,900	64,000	70,000	
돼 지 (두)	114,360	121,000	153,000	161,000	163,000	

(주) : 1) 1996, 2001년 수식은 제주도 종합개발계획 추정치 임  
 2) 농공단지, 조성계획은 북제주군 남제주군의 지역종합개발계획자료임.

Table III-7의 용수수요 추정인자에 단위 용수량을 곱하여 장래 용수수요를 산정한 결과는 2011년에 161,429천m<sup>3</sup>/년으로 추정되었으며, 용도별로는 생활용수 125,830천m<sup>3</sup>/년, 농축용수 23,248m<sup>3</sup>/년, 공업용수 12,351천m<sup>3</sup>/년으로 생활용수의 수요증가가 두드러지게 나타날 것으로 예상된다. 지역별로는 제주시 79,484천m<sup>3</sup>/년, 서귀포시 23,326천m<sup>3</sup>/년으로 도시지역의 용수이용이 집중되는 현상이 두드러질 것으로 전망되고 있다. 여기에 관광객 증가에 따른 관광용수 수요를 고려해야 되는데, 관광객 증가 추세는 1970년대에서 1990년대까지 년평균 16%의 높은 증가율을 보이고 있으며, 이에 따른 관광숙박시설과 민박시설도 지속적인 증가를 나타내고 있다. 관광용수 수요량은 숙박시설 객실수에 객실당 단위용수량을 곱하여 산정한 결과 객실당 단위용수량은 평균 1.36m<sup>3</sup>/일에서 2.08m<sup>3</sup>/일로 관광용수는 6,566천m<sup>3</sup>/년으로 추정되고 있다.

#### 나. 공급계획

제주도의 장래 용수수급 전망은 갈수기에 안정적인 용수공급이 보장되도록 기존 용수공급시설의 갈수기에 공급가능량과 수요량을 비교하여 산정한 장래 용도별, 지역별 물 부족량을 Table III-8과 같이 제시하고 있다. 이러한 물 부족량을 해결하기 위하여 각 지방자치단체에서는 매년 막대한 재정을 투자하여 Fig III-2와 같이 수원시설을 확충하고 있는데, 제주시 삼양, 금산, 용담, 서귀포시 강정, 북제주군 용포, 남제주군 서림 수원에 대한 확장사업을 마쳤거나 시행 중에 있다. 또한 제주도수자원개발사업소의 광역상수도계획에 의하여 해안용출수 3개소, 기저지하수 6개소에서 213천m<sup>3</sup>/일을 개발해 공급할 계획으로 추진 중에 있다.

Table III-8. Future insufficiency water by annually(Cheju-Do, 1993)

구 분	1991	1996	2001	2006	2011
제주시	32,341	77,284	123,076	155,163	180,416
-생공용수	32,341	77,284	122,267	153,504	178,209
-농축용수			809	1,659	2,207
서귀포시	8,346	20,259	41,110	54,229	63,888
-생공용수	-	9,313	22,877	32,929	40,541
-농축용수	8,346	10,946	18,233	21,300	23,347
북제주군	4,136	22,021	28,694	34,752	39,917
-생공용수	4,136	19,783	25,850	27,920	29,631
-농축용수		2,238	2,844	6,832	10,286
남제주군	13,004	35,798	51,980	58,506	62,973
-생공용수	1,046	11,967	15,910	17,229	18,264
-농축용수	11,958	23,831	36,070	41,277	44,709
계	57,827 (m <sup>3</sup> /일)	155,362 (m <sup>3</sup> /일)	243,680 (m <sup>3</sup> /일)	302,650 (m <sup>3</sup> /일)	347,014 (m <sup>3</sup> /일)
-생공용수	37,523	118,347	186,904	231,582	266,645
-농축용수	20,304	37,015	57,956	71,068	80,369

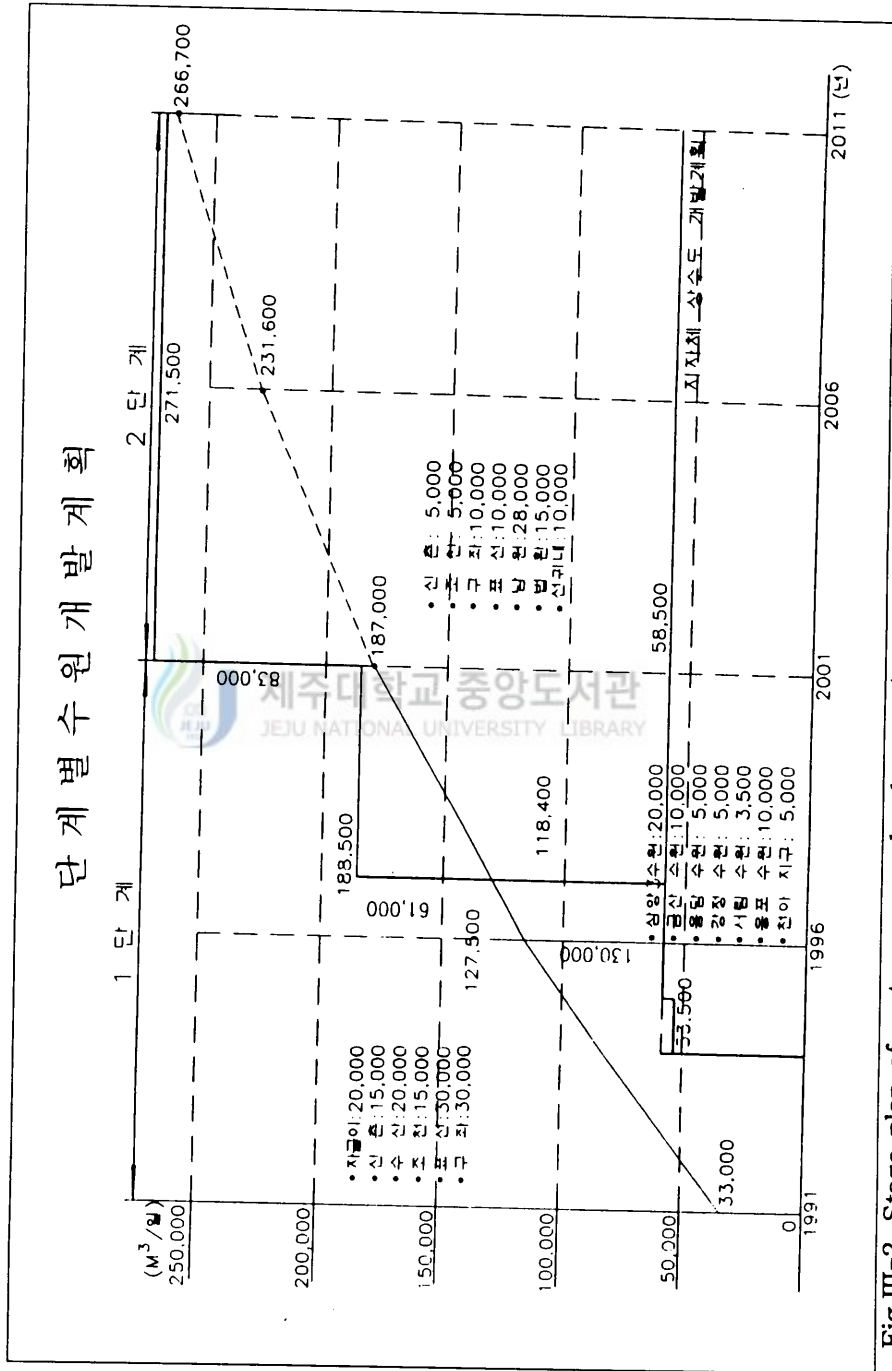


Fig.III-2. Stage plan of water source development(Cheju-Do, 1993)

## IV. 수자원의 효율적인 이용방안

우리나라는 지금까지 물 수요에 맞추어 공급하는 공급위주의 정책을 기본으로 해왔으나 최근 들어 기상이변으로 인한 집중호우나 가뭄에 대비한 종합적인 물 관리 정책의 수립을 필요로 하고 있다. 이 같은 기상이변 현상은 지구온난화가 계속 진행되기 때문에 매년 발생할 것이고, 그 발생 빈도 또한 많아질 것으로 예상되며, 우리나라의 기후가 아열대성 기후로 바뀔 것이라는 예측도 나오고 있기 때문이다. 그렇게 되면 지금까지 축적된 과거의 자료는 적용하기 어렵게 되어 물 관리가 더욱 어렵게 된다.

제주도의 용수수급 체계는 지하수관정과 연안 저지대에 용출하는 용천수를 주수원으로하여 수도시설, 농업관개시설, 자가취수시설 등을 이루고 있다. 이들 시설로부터 생활용수, 공업용수, 농업용수 등 각종 용수를 이용하고 있다. 제주도의 수원시설은 총 시설용량 810천 $m^3$ /일, 가용시설용량 552천 $m^3$ /일(1995년을 기준으로)이다. 이중 지하수 관정은 약 67%인 368.8천 $m^3$ /일, 용천수는 29%인 161.7천 $m^3$ /일, 어승생 수원은 4%인 21.5천 $m^3$ /일로 공급되고 있다(김, 1995). 따라서 일최대 용수의 이용량은 517.3천 $m^3$ /일로서 수자원 개발량에 거의 접근하고 있어 신규 수자원의 개발 및 용수공급시설의 확충이 시급한 실정이다. 또한 용수의 대부분을 지하수로 충당하고 있으나 그 양에는 한정이 있고, 친환경적인 이용량이 어느 정도인지 아직 명확하게 밝혀지지 않아 이용에는 한계가 있다. 따라서 제주도의 수자원 공급의 한계에 대해서 전 도민이 정확하게 인식할 때에 적절한 수요관리가 이루어 질 수 있을 것이다.

21세기를 목전에 둔 현시점에서 제주의 발전과 함께 급격히 증가하는 용수 수요에 대처하고 이상홍수에 의한 피해를 최소화하여 귀중한 생명과 재산을 보호하며 환경문제도 최소화할 수 있는, 21세기를 대비한 바람직한 수자원의 이용방안을 제시코자 한다.

## 1. 수자원 관리기법 및 정보관리 시스템 구축

### 1) 수자원 개발 및 이용계획의 지속적인 보완

지구상의 수자원은 인간생활에 필수요소이며 산업의 발달과 생활수준의 향상에 따라 그 수요가 급격히 증가하고 있다. 그러나 가용한 수자원은 한정되어 있어 새로운 수자원의 개발뿐만 아니라 제한된 수자원의 효율적인 이용과 적절한 배분, 홍수관리 그리고 하천의 기능을 보전하기 위한 연구가 필요하다.

제주도 수자원의 정책결정을 위한 기반자료와 제주도 수자원과 관련된 제반문제를 해결하여 쾌적한 환경유지와 지방경제기반을 원활히 조성할 수 있도록 공공성과 공익성에 바탕을 둔 종합적인 연구조사와 검토가 요구되고 있다. 이를 해결하기 위한 방안으로서는 제주도 수자원 관리 기법 및 지침개발, 지하수자원의 정책 및 제도개선과 관리기법 개발, 지하수 오염원의 추적과 방지기법 개발, 하천환경 정비계획 및 관리기법 개발 등의 수자원 계획, 정책 및 관리를 들 수 있다.

수자원의 특수성으로 인해 수자원의 계획은 수자원 정책에서 큰 비중을 차지하고 있다. 수자원정책에 필요한 기초 및 가공자료는 제주도의 수자원 계획 수립을 직·간접적으로 지원할 수 있다. 현재 우리나라는 수자원 정책의 기본이념과 각종 수자원 계획의 근간이라고 할 수 있는 2011년까지의 용수수급계획, 수자원 부문별 사업계획과 수자원 관리계획을 포함하는 '수자원 장기종합계획(1997-2011)'을 수립하여 시행 중에 있다.

제주도는 1993년에 수자원종합개발계획(1997-2011)을 수립하여 시행하고 있으나, 전반적인 재검토와 함께 부분적인 보완이 필요하다고 본다. 제주도의 인구는 2011년에 약 62만 명, 2031년에 약 80만 명이 될 것으로 추정하고 있으며, 이 같은 증가로 인해 생활용수의 수요량은 각각 81백만 $m^3$ /년과 88백만 $m^3$ /년으로 예상하고 있다(현, 1998). 따라서 인구의 증가에 따른 장기 수자원 확보계획을 세워나가야 하겠다. 또한 제주도의 수자원을 공공적·공익적 관점에서 제주도의 수자원 현황을 종합적으로 정리할 필요성이 있으며, 지하수의 보전·관리계획을 포함한 제주도 수자원의 10-20년 단위의 중·장기적인 개발·이용계획에 대한 지속적인 검토와 보



완이 요구되고 있다. 이에 전 도민이 공감할 수 있고, 도 실정에 맞는 수자원 정책과 개념을 정립하고 장단기적으로 실천과제를 제시하여 추진하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

## 2) 수자원 정보관리 시스템 구축

제주도는 수자원 정보관리 시스템을 구축할 수 있는 유리한 지리적 여건을 갖추고 있다. 수자원과 관련된 자연·생활환경의 요소 및 분야에는 수문기상, 수문지질, 하천, 토양 및 토질, 토지이용, 오염원, 지하수 관정 및 수질 등이 있으며, 신뢰성이 있는 수자원 관련 자료 및 정보를 종합적으로 제공하는 시스템을 구축하도록 한다. 이러한 자료를 기반으로 수자원의 분석 및 평가를 시행하여 실시간의 상황 파악뿐만 아니라 장래의 상황을 정확하게 예측하는데 기여하게 된다.

수자원 정보시스템 구축을 위해서 선행되어야 할 것은 수문관측소를 확충하여 설치, 운영하여야 하며 이어서 관측현황 조사 및 관측소별 코드를 부여하고, 수문

### 〈 수문관리 시스템 〉

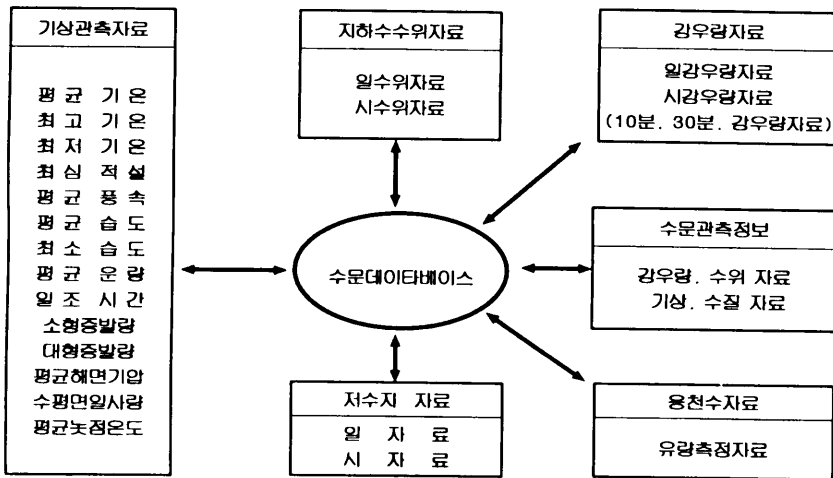


Fig. IV-1. Conceptual illustration of hydrological management system.

관측소 지도의 발간과 관측소의 자료현황을 책자로 발간하며, 수문관측 지점들의 관측 자료를 과학적으로 수집, 분석하여 정리한다. 또한 수문자료의 데이터베이스를 개발하여 수문기상자료와 PC용 수문자료 데이터베이스를 개발하여 제주도의 장기적인 수자원의 개발, 보전, 관리를 위한 기반자료로 활용하도록 한다. Fig. IV-1은 수문관리시스템의 한 예로서 개념도를 나타낸 것이다.

한편, 제주도수자원개발사업소는 1997년부터 해발 200-600m 지역에 국한된 GIS(Geographic Information System)를 구축하여 토양 및 토지이용과 관련된 지형 공간정보로 이용하고 있다. 그러나 토지이용이 활발하고 지하수자원이 중요한 200m보다 낮은 해안지역과 600m이상의 고지대에 대한 지리정보를 알 수 없다는 점과 수자원의 현황 파악 및 영향 조사와 밀접한 관련을 가진 수리·수문 과 수문지질 자료의 정보와 연계한 이용에는 부족한 실정이다. 따라서 제주도 수자원 요소와 연계한 GIS시스템의 운용은 제주도의 장기적 용수의 공급과 이용면에서 매우 중요한 과제라 생각된다. 이 같은 운용은 집중호우로 인한 홍수, 침수 및 산사태 등의 자연재해의 예방에도 유익한 자료를 제공해 줄 수 있을 것이다.

### 3) 수자원 산학공동연구 시스템 구축

지방자치시대에 있어서 제주도 수자원의 제반문제는 기본적으로 지역 자체에서 해결할 수 있는 방안이 마련되어야 한다. 따라서 제주도 수자원 중장기 개발 및 이용 계획과 함께 수자원 관련 연구·전문인력을 체계적이고 지속적으로 육성하여야 하며, 또 이들 인력 자원이 안정적으로 연구·조사할 수 있는 여건이 조성되어야 한다.

제주도 실정에 알맞은 수자원 관리기법 및 지침개발, 지하수자원의 정책 및 오염원의 추적과 방지기법 개발 등을 위해 종합적으로 연구·조사할 수 있는 협의체의 구성이 필요하다고 생각된다. 즉, 수자원관련 제주도내 기관들의 유기적인 공동 연구·조사 시스템의 구축이 그것이다. 즉 산·학·관의 협의체가 수자원과 관련된 지역현안을 해결하고 문제점의 도출, 공동연구·조사, 관련 장비 및 시설의 상호활용, 정보 및 기술의 교환 등을 위한 전국 유일의 물 관련 협의체(가칭 “제주도수자원개발협회”)의 구성이 필요하다고 본다.

## 2. 지속 가능한 용수개발과 이용

지속가능한 용수의 개발이란 “미래세대의 필요한 수자원을 충족시키면서 현재의 필요한 양을 개발해 나가는 것”으로 정의하고 있다. 제주의 미래는 수자원의 보전·관리와 직결되어 있음은 재론의 여부가 없다. 개발선상에 유일하게 남아 있는 지하수자원은 개발보다는 보전·관리에 더욱 역점을 두어야 하겠으며 다소 시간이 걸리더라도 제주도의 지하수 자원의 개발·이용은 엄밀한 과학적인 검증을 거쳐 그 방향이 재 설정되어야 하겠다. 따라서 장래 효율적인 용수의 확보 방안은 Fig. IV-2에 제시한바와 같이 소규모 저수지개발, 중수도 시설, 해수의 담수화시설을 통한 수자원확보와 지하수 함양대인 중산간 지역의 보전관리가 급선무라 하겠다.

### 1) 소규모 저수지의 최대한 개발

제주도는 연간 평균 1,800mm의 다우 지방에 속하면서도 대부분 하절기에 집중 강우현상이 반복되기 때문에 수자원 확보에 어려움이 있다. 이로 인하여 농·축산용수나 공업용수까지도 무작정 지하수에 의존하여 해결해 나가고 있는 실정이다. 따라서 집중 호우시 하천을 통해 해양으로 직접 유출하고 있는 지표수의 사용을 적극 이용하여야 하겠다.

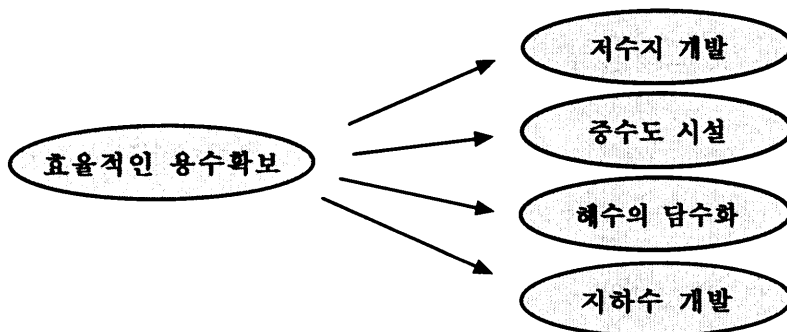


Fig. IV-2. Typical source of water supply.

1993년 수립된 제주도수자원종합개발계획에서 지하수의 적정개발량은 함양량의 41%인 1,689천 $m^3$ /일이고, 기개발량 669천 $m^3$ /일을 감안하더라도 적정개발 가능량은 1,020천 $m^3$ /일로 제시하고 있다. 물론 이 같은 이론으로 대수층의 효용성을 손상시키지 않는 범위에서 대수층으로부터 영구적으로 취수가 가능한 지하수량이 확보된다면 문제는 없다. 그렇지만 지하수 개발이 본격적으로 시행된 이후, 수자원 환경에 많은 변화가 있다는 사실을 신중하게 검토해 봐야 할 것이다. 과거에 풍부하던 맑은 용천수가 자취를 감추었거나, 용출량이 현저하게 떨어진 수원이 있고, 지하수의 수질이 갈수록 나빠져 질산성 질소가 기준치를 초과하는가 하면 염분농도가 높아져 농업용수로도 이용할 수 없는 관정들이 늘고 있다. 도시상수도도 공급하기 위해 정수처리까지 한 물을 농업용수로 공급해야 하고, 불과 1~2개월의 한발이 계속 되면 지하수원을 생활용수로 사용하는 지역에서는 농업용수 때문에 식수의 부족을 하소연하고 있는 실정이다. 또한, 양질의 물을 공급해 놓고서도 물 값은 원수대에 훨씬 못 미치는 농·축산용수로 값싼 요금을 받고 있어 공기업의 적자는 불가피한 일이다.

제주도의 하천형성은 주로 남부와 북부에 발달하여 지형·지질구조 및 강우조건과 밀접한 연관을 가지고 있다. 하천을 통해 유출하는 규모는 년평균 강우량의 19%인 6.4억 $m^3$ 으로 추정하고 있다. 그 동안 지표수 활용을 위한 대규모 저수지 개발의 타당성과 적지 선정 등 전문기관의 조사용역을 여러 차례 시행했었지만 저수량 확보, 지형·지질 조건상의 제약으로 인한 저류공간 확보문제와 투자비 과다에 따른 경제성 결여 등으로 타당성이 없는 것으로 밝혀지고 있으나, 동·서부지역의 중산간 지대에 농·축산용수의 확보를 위한 소규모 저수시설은 반드시 확보되어야 하겠다.

도내 마을 곳곳에 방치되어 있는 연못들도 재정비한다면 지역에서 필요로 하는 농·축산용수로 저류하여 활용할 수도 있을 것이다. 현재, 도내에는 약 200여개소의 연못이 있는 것으로 파악되고 있는데, 정비를 잘한다면 개소당 300톤 이상을 저류하여 한발시 보충수원으로 사용할 수 있을 것이다. 중산간 지역의 대규모 목장에서는 우마 급수에 필요한 자체 저류시설을 갖추고 관리해 나감으로써 수자원에 대한 새로운 인식과 함께 수자원의 적극적 이용이라는 측면과 지하수 함양율을 증가

시킬 수 있다는 측면에서 현황을 파악하여 이의 이용을 적극 연구·검토할 가치가 있다고 본다. 따라서 앞으로는 농·축산용수만큼은 이러한 저수시설을 이용토록 하며 필요에 따라 지속적인 지하수개발·공급위주의 정책은 지양되어야 하겠다.

## 2) 중수도 시설 활용

용수로 사용하고 난 수돗물을 정화시켜 허드렛물, 청소용, 조경용 살수, 공업용수 등으로 재 사용하는 중수도 시설이 우리지역에는 비경제적이라는 입장으로 인하여 도입을 못하고 있는 실정이지만, 환경부의 자료에 의하면 1998년 5월을 기준으로 중수도를 사용하여 연간 6,000만톤의 수돗물을 절약하는 효과를 보일 정도로 늘어나는 추세에 있는 것으로 알려지고 있다. 물수요가 급증하는 도시지역의 수자원 확보를 위해서 대형건물이나 물을 다량으로 사용하는 시설물에는 중수도 시설의 설치를 권장하는 시책에서 의무화하는 방안으로 검토되어야 한다. 예를 들면 일일 400-500톤 이상 사용하는 업체나 대형건물에서는 반드시 중수도 시설을 의무적으로 설치하는 제도를 조속히 도입해야 한다. 이외에도 신규 건물에 중수도 시설의 설치를 적극 유도하는 것도 의미가 있을 것이다. 따라서 지금까지 부족한 물은 개발하여 공급을 확대해서 해결하려는 고정관념에서 탈피하여 공급량을 최대한 활용토록 함으로써 물의 효율적 수요관리를 통한 생산성 제고에 노력해야 할 것이다.

## 3) 도서지역의 담수화사업 추진

제주도의 일부 도서지역은 지형적 여건상 지하수나 저수지 등 취수원의 확보가 어려워 도의 광역상수도가 완료되어도 물 공급을 받지 못할 것으로 예상된다. 또한 이들 도서지역은 최근 들어 관광객이 급증하고 있는 추세여서 이에 따른 물 수요의 증가가 예상되나 지리적으로 불리한 조건을 가지고 있어 용수의 확보에 어려움을 겪고 있기 때문에 대체수자원의 개발이 시급한 지역이다.

정부의 해수담수화 정책에 따라 취수원 확보가 어려운 도서지역에 해수의 담수화 방법을 도입하여 용수를 확보하고 있다. 해수의 담수화 방법으로는 증발법과 막

여과법이 있는데 막여과법에는 압력을 이용하는 역삼투법(Reverse Osmosis)이 대표적이다. 이 방법을 사용하여 해수의 담수화 방법을 도입한 홍도와 우도는 좋은 예가 되고 있다. 그러나 만성적인 용수 부족현상을 나타내고 있는 추자도나 가파도 등의 도서지역에 식수난을 해결하기 위한 방안으로 해수담수화를 적극 검토할 필요가 있겠다. 이러한 담수화 사업은 시설투자비가 많이 소요되고 생산비 및 시설 유지·관리비의 과중으로 인해 시설운영주체의 어려움이 예상되어 수요와 공급의 관리에 철저를 기해야 하겠다.

#### 4) 용천수의 이용

도내에 산재한 용천수원의 대부분은 주로 해안쪽에 위치하고 있으며, 일부 고지대의 수원은 용출량이 적어 그 이용에 제한을 받고 있다. 그러나 해안 부근에 위치한 용천수도 도시화, 산업화에 따라 수질관리에 어려움이 있고, 또 그 수량이 강우량에 따라 계절별로 많은 변화가 있어 용출량 산정에 신중을 기해야 한다. 이러한 용천수원은 용출량, 개발이용가능량 등을 비교적 정확하게 예측할 수 있고, 유지관리도 용이하므로 미개발 용천수원을 재조사하여 수원의 규모에 따라 적절한 활용 방안을 모색해야 하겠다.

#### 5) 중산간 지역 보전관리

제주도에서 중산간 지역이라 하면 해발 200m~600m 사이의 지역으로 577km<sup>2</sup>로 전체면적의 31.5%를 차지하는 방대한 지역이다. 이 지역은 기상학적인 조건과 토양의 투수성으로 인하여 지하수함양지역으로서의 역할이 매우 높기 때문에 중산간 지역이 오염될 경우 지하수의 오염은 불가피한 것이다

현재 제주도개발특별법과 제주도종합개발계획의 중산간 지역 보전지침에 의하면 절대·상대보전지역, 지하수 I, II, III, IV등급으로 GIS를 구축해서 관리하고 있지만, 보전과 개발의 필요성을 놓고 많은 갈등이 표출되고 있다. 토지소유자의 토지이용 측면에서 볼 때 중산간 지역에 대한 보전은 점점 어려운 국면으로 접어들고 있는 느낌이다

제주도종합개발계획에서 지정된 3개 단지 20개 관광지구의 개발, 국제자유도시 지정에 편승한 메가리조트 개발과 30여 개소에 이르는 골프장건설 등이 대부분 중산간 지역에 입지하고 있기 때문에 이러한 대규모 개발사업으로 인한 지하수 함양대 보호에 문제가 없도록 사업 시행 전에 철저한 영향평가와 시행 중·후의 각 단계별 영향평가 이행이 완벽하게 이뤄지도록 해야 한다

또한 도로 등 기반시설이 개발지역을 상호 연결함에 따라 해안지대에서만 재배하던 감자재배가 중산간 고지대로 집중되면서 광역화, 기업화 현상으로 임야, 초지대를 무한정 잠식해 나가고 있다

관광산업을 진흥시켜 소득을 높이고 1,3차 산업의 연계로 지역주민의 소득을 향상시키는 시책에 이의를 제기할 수는 없다고 하더라도 유일한 지하수자원을 보호하고 지속가능한 개발을 위해서 철저한 통제로 중산간 지역을 보전해야 할 것이다

### 3. 수자원관리 체제의 개선과 대민 홍보

#### 1) 용수의 공급 및 관리체제의 일원화

우리나라의 수자원 관리는 환경부를 비롯하여 건설교통부, 농림부, 행정자치부, 산업자원부 등에 걸쳐 분산되어 있다. 따라서 수량뿐만 아니라 수질이 다원화되어 업무가 분산되고 종합적인 관리를 어렵게 하고 있다. 다목적댐과 공업용수 관리는 건교부, 농업용수댐은 농림부, 수력발전댐은 산업자원부가 각각 맡고 있고 환경부는 수질관리를 맡고 있어 효율적인 수자원관리에 어려움이 있는 실정이다.

최근 제주도의 용수공급 및 관리는 수자원개발사업소를 중심으로 개편되어 광역상수도 개발관리와 어승생 수원을 이용한 원수를 주로 생활용수로 공급관리하고 있으며, 시,군의 경우에는 수도과와 환경관리과, 건설과로 나뉘어 개발 공급, 관리를 하며 특히 농업용 지하수는 행정기관이 개발한 후 지역 농지계에서 관리토록 하는 등 수자원 관리체계가 비효율적인 체제로 운영되고 있다. 이러한 운영관리체제로 인하여 지자체간 여건이 비슷한 지역이면서도 요금의 차등, 1인당 공급 용수량의 차등은 물론 시설관리인력의 과다로 인해 일부 단체의 수도사업은 적자가

누적되고 있다. 제주도가 추진하고 있는 광역상수도사업이 마무리될 경우에도 시·군간의 이해관계로 인하여 관리체제를 일원화하기가 쉽지 않을 것으로 예측된다. 또한, 지방자치체가 정착됨에 따라 인근지역간에 수자원을 둘러싼 갈등과 분쟁이 발생할 경우 상당한 어려움이 뒤따를 수도 있을 것이다.

제주도 수자원개발사업소에는 소장1인, 4개 계에 총 19명의 물 관련 공무원이 물 관리 전체를 입안·계획하도록 되어 있다. 현재는 구조개혁으로 인해 작은 조직으로 축소 조정되어 있지만, 제주도 수자원의 장기적인 개발·관리에 적합한 조직으로 전환되어야 할 것이다.

제주도의 여건은 다른 지역과는 다르기 때문에 지금부터라도 원활한 용수의 공급과 관리의 일원화를 위하여 합리적인 방안을 적극 모색해야 할 것이다. 그러나 수자원관리 체제를 무조건 일원화하는 것보다는 각 자치단체가 현재의 운영·관리하고 있는 실태를 상호 신뢰할 수 있도록 객관적인 평가를 수행하여, 수익자 부담원칙이 존중되는 범위내에서 수자원시설을 효율적으로 운영, 관리할 수 있는 기구로의 단계적인 일원화가 필요하다고 본다.



## 2) 물소비 절약시책의 적극적인 추진

우리는 물의 소중함과 중요성은 잘 알고 있으면서도 일상 생활에서 사용할 때는 절약하는 마음이 부족함을 느끼게 된다. 우리나라 가정에서 배출하는 생활하수가 수질오염 배출량의 63%를 차지한다는 보고도 있지만, 생활용수 사용량의 10%를 절약한다면 한 해 약 6,000억원 상당의 사회적 비용이 절약된다고도 한다. 따라서 물을 사용할 때 적당한 양을 사용하면서도 낭비되는 양을 줄일 수 있는 용구와 공정을 개발·보급하는 일에서부터 각 가정마다 용기에 물을 받아서 사용하는 습관이 바람직하다고 하겠다. 1일 1인당 300ℓ를 쓰고 있다고 한다면 적은 양이라고 하겠지만, 5인 가족의 경우 1,500ℓ이면 7.5드럼(200ℓ)이 되는데, 과연 어느 행정구역내 5인 가족의 가정에서 매일 7.5드럼을 사용하고 있을까하는 의심을 갖게 된다.

이제 우리는 제주 옛 선조들의 물에 대한 정신을 되새겨 봐야 하는 시점에 와 있다. 오늘날의 중수도 개념이라고도 할 수 있겠지만 상·중·하의 위치에 따라 음



용수로, 채소 등을 씻거나 간단하게 목욕을 하고, 최종에는 빨래, 청소용으로 쓰고 난 후 버리는 생활습관으로 물을 요즘처럼 아무렇게나 사용하는 일이 거의 없는 제주 선조들의 물에 대한 생활정신을 재삼 되새겨 볼 필요가 있겠다.

### 3) 상수도 유수율 제고와 요금의 현실화

제주도 상수도의 공급량중에서 요금수입 비율인 유수율은 현재 68.9%로서 총공급량중 31.1%가 요금수입으로 계량이 되지 않고 있는 실정이다. 이와 같이 매년 많은 비용을 들여 생산한 수도물이 급·배수 과정에서 누수됨으로 인하여 연간 약 80억원 이상이 땅속으로 새어 나가고 있는 셈이다. 이 같은 누수의 원인으로는 수도관 자체의 노후화, 시설불량, 계량기 고장, 각종 공사시 부주의에 의한 관 파열 등에 기인하고 있다. 따라서 누수율을 낮추는 것이 수자원의 절약과 수요관리 차원에서 새로운 수원을 개발하는 것 보다 효과적일 수도 있다.

물 소비 절약의 생활화를 꾀하게 하는데는 싼 물값에도 그 원인이 있다. 우리나라 국민의 물 소비 수준은 국민소득에 비해 세계 최고의 수준에 달하고 있다. 그러나 물 값은 독일·프랑스에 비해 1/5-1/7에 불과하며, 생산 원가의 60-70%에 불과하므로 현실화 할 필요성이 있다. 개인적으로는 부담 없이 마음대로 깨끗한 물을 원하는 만큼 사용하려 하지만, 물 한 방울을 생산 공급하는 과정이나 시설확충에 투자되는 막대한 재원에 대해서는 무관심한 실정이다. 물을 비축하고 필요한 만큼의 양을 절약하여 사용하는 정신이 생활화될 때 물 부족 현상은 해결될 수 있을 것이다.

저렴한 용수료는 투자재원의 확보를 어렵게 하고 귀중한 자원인 물 낭비를 초래하고 있으나 이에 따른 사회 경제적 비용은 크게 경시되고 있어 저렴한 수도료가 미치는 국가 경제적 손실을 사용자가 잘 알 수 있도록 홍보에 노력하여야 하겠다.

## V. 결 론

도시화, 산업화로 인하여 인구의 도시집중 현상, 지역주민들의 문화생활과 증가하는 관광객을 위하여 수자원의 수요는 급증하고 있다. 이제 물이란 무한정 공급할 수 있는 자원이 아니라는 인식을 제대로 하는 것이 무엇보다 중요하다. 특히, 제주도의 경우 유일하게 남아있는 지하수자원에서 수요 공급을 해결해야 하는 특수성으로 인해 현재 시행중인 수자원종합개발계획에 대한 신중한 검토와 보완이 필요한 시점이다. 따라서 제주도수자원의 효율적인 이용방안에 대한 연구결과를 종합하면 다음과 같다.

### 1. 수자원 계획의 보완과 관리·공동연구 시스템 구축

제주도의 수자원개발은 단기적, 국지적인 개발을 지양하고 수자원의 부존특성, 지하수자원의 효율적 관리와 보전, 장래 용수수급 전망 및 공급체계 등을 종합적으로 검토하여 도 전역을 대상으로 한 장기 수자원 개발계획의 수립과 이에 따른 합리적 개발 및 이용 없이는 근원적인 해결이 불가능하다.

제주도 지하수에 대한 정확한 평가를 위해 장기적이고 체계적인 조사 및 관측을 필요로 한다. 수리지질적 수자원 관리의 효율화를 위해서는 Well numbering system을 실시하고, 수리수문자료, 운영관리자료의 Data base화 및 GIS화, 수자원 정보관리 시스템의 개발 등 지하수자원의 정보 관리시스템 구축이 필수적이다.

제주도 수자원을 체계적이고 지속적으로 연구·조사할 수 있는 산학공동연구 시스템 구축이 필요하다. 제주도 실정에 알맞은 수자원 관리기법 및 지침개발, 지하수자원의 정책 및 오염원의 추적과 방지기법 개발 등을 위해 종합적으로 연구·조사할 수 있는 협의체의 구성이 그것이다. 여기서는 수자원과 관련된 지역현안을 해결하고 문제점의 도출, 공동연구·조사, 관련 장비 및 시설의 상호활용, 정보 및 기술의 교환 등을 위한 기구이다.

## 2. 지속 가능한 용수개발과 이용

지속 가능한 용수개발과 이용을 위해서 수자원에 대한 인식을 새롭게 하고, 지하수 함양율을 높여 나가기 위하여 소규모의 저류시설을 마을과 중산간 목장지역에 지속적으로 확충하여 농축용수 수요에 차질 없는 공급을 위하여 대비해야 한다. 또한 필요한 량의 물을 개발 공급하는 것도 중요하지만 사용한 물을 정화시켜 재사용할 수 있는 중수도의 도입을 적극 추진하고, 이의 대상 업소는 권장사항이 아닌 의무규정으로 강화되어야 한다. 도서지역의 해수 담수화 사업은 시설 투자비와 생산·유지 관리비의 과중으로 인해 최소한의 수요공급으로 효율성을 제고하여 추진해야 한다.

## 3. 수자원 관리 체제의 개선과 대민 홍보

수자원의 개발, 공급 및 관리에 효율성을 높이고 장기적인 개발·관리에 적합한 조직으로 관리체제를 모색토록 하며, 물 소비 절약의 생활화를 위하여 절수형 용수와 공정을 개발·보급하고 가정에서는 용기에 물을 받아 사용하는 생활습관이 정착되도록 수자원관리 정책을 펼쳐야 하며, 공급되는 물의 활용을 극대화 할 수 있도록 유수율을 제고하도록 한다. 또한 상수도 요금의 현실화를 통해서 낭비를 줄여야 하며 한 방울의 물을 생산·공급하는 과정까지 소비자에게 홍보할 필요가 있다

이상에서 살펴본 바와 같이 제주도 수자원을 효율적으로 개발·이용하기 위해서는 보다 세심하고 합리적인 장기계획과 수자원의 신규개발과는 별도로 현 상태의 가용 수자원을 보다 효율적으로 관리할 수 있는 방안이 강구되어야 한다. 여기에는 계몽을 통한 범도민적인 물 절약, 사용한 물의 재사용 및 적극적인 오염방지 등이 포함되어야 할 것이다.

## VI. 참고문헌

- 건설교통부, 1998, 지하수조사연보, 151-169
- 건설교통부, 한국수자원공사, 1998, 수자원편람,
- 건설부, 1967, 제주도용수개발계획및실시설계보고서, 15-39
- 건설부, 제주도, 한국수자원공사, 1993, 제주도수자원종합개발계획수립보고서, VII3-XI126
- 고기원, 1999, 지하수의 합리적인 이용을 위한 과제, 학술세미나, 62-64
- 국토개발연구원, 1996, 국토 50년, 서울프레스, 883-920
- 김경덕, 1998, 21세기를 대비한 수자원 개발방향, 대한토목학회지, 46(9), 28-29
- 김계호, 1995, 제주도 수자원 개발과 보전대책, 대한토목학회지, 43(7), 5-9
- 김충환, 1998, 해수의 담수화 개발현황과 전망, 한국수자원학회지, 31(5), 64-69
- 북제주군, 1996, 우도지구 염지하수 담수화시설 실시설계보고서, 13-14
- 유영창, 1997, 우리나라의 물수요 전망과 개발계획, 국제심포지엄 제4주제, 161-166
- 이광만, 임건목, 1997, 수자원종합정보, 23-27
- 이재형, 김운중, 김민환 역, 1994, 수자원공학, 구미서관, 25-31
- 제주도, 1994, 제주도종합개발계획, 545-561
- 제주도, 1994, 제주의 지하수 이렇게 보호합시다, 24-57
- 제주도, 1997, 상·하수도, 15-57
- 제주도, 1997, 제주도중산간지역 종합조사, 249-262
- 제주도수자원개발사업소, 1998, 수자원행정현황, 22-35
- 최영박, 1971, 하천수문과수리, 형설출판사, 83-85
- 현인환, 1998, 미래의 물 수요 전망, 한국수자원학회지, 31(3), 73-81

## 감사의 말씀

1997년 3월 개설된 제주대학교 산업대학원 건설환경공학과 토목공학 전공 석사 과정 제1기생으로 5학기를 마치면서 조그만 연구논문을 내어놓게 되었습니다. 긴 터널을 빠져 나온 듯한 느낌이지만 주위의 많은 분들의 지도와 격려에 만족스러운 보답을 드리지 못한 것 같은 왠지 모를 아쉬움이 남습니다. 작으나마 이런 결실을 맺을 수 있도록 그 동안 논문 초기부터 연구논문이 완성될 때까지 부족한 저를 배움의 길로 인도해 주시기 위해 많은 지도와 격려를 해주신 양성기 교수님께 진심으로 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

그리고 논문심사를 하면서 바쁘신 와중에도 부족한 면을 일일이 살펴 보완토록 하여 주신 김남형 교수님, 박상렬 교수님과 항상 자신을 잃지 않도록 연구과정을 인도하여 주신 이병길 교수님, 남정만 교수님께도 짧은 글로나마 깊은 감사를 드립니다. 또한, 직장의 바쁜 업무 속에서도 강의 수강에 지장이 없도록 지원해준 북제주군청의 강용택 계장, 양창수 계장, 김창우 계장과 동료직원들, 자료 정리에 도움을 준 김영희 주사와 수자원개발사업소 강창보 주사, 대학원의 김재철 후배에게 고마운 마음을 전합니다.

더불어 오늘의 결실을 맺을 때까지 많은 경제적인 어려움을 묵묵히 참아낸 아내 이영주와 사랑하는 자녀 은영, 성훈, 은정 모두 함께 이 기쁨을 나누고자 합니다.