

2001년 전국 가뭄현황 및 가뭄극복 대책

이 환 기 (한국수자원공사 조사기획처장)

최 병 만 (한국수자원공사 수자원조사부장)

이 한 구 (한국수자원공사 수자원조사과장)

1. 머릿글

우리나라는 전국적으로 2001년 3월부터 6월 중순까지 기상관측이래 최악의 봄가뭄이 계속되면서 기상재앙이라는 말까지 나올 정도의 극심한 가뭄으로 커다란 사회경제적 파장을 일으켰다. 올 가뭄의 특징은 경기북부를 비롯해 일부 산간 및 도서지역에 국지적 현상을 보이다가 중부 및 남부지역으로 확산되었으며, 6월 10일부터 강원중부 및 충북북부 지역에 소나기성 단비를 시작으로 6월말까지 대부분의 지역에 150mm 이상의 비가 내려 울진군(6월말까지 급수제한 실시) 등 해안지역을 제외하고 대부분 해결되었다.

이번 가뭄은 중국의 기후영향이 큰 바, 우리나라만이 겪었던 가뭄이 아니라 중국 내륙지방에서도 10여년째 고온 건조현상으로 가뭄에 시달리고 있는 것으로 보도되었다. 외신에 따르면 중국 동북부 지방과 남서부 지방의 올 봄 강수량은 예년의 10% 수준에 불과하고, 쓰촨성의 경우 약 22만 7000ha의 농경지에서 수확을 거둘 수 없을 것이라고 보도된 바 있다. 기상청에 따르면, 6월 4일 전국 73개 기상관측지점 가운데 48개 지점의 봄철 강수량이 지역별로 사상 최저치를 기록했고, 강수량이 가장 적은 지역은 충북(24.9mm)으로 예년 강수량의 12%에 불과하였다. 북한지역도 마찬가지로 황해도와 평안남도에서는 예년 강수량의 7%(남포)~34%(양덕)에 불과한 것으로 보도되었다. 올 봄가뭄으로 가뭄피해가 극심한 지역

을 살펴보면, 철원, 연천, 동두천 등 경기·강원 북부 지역과 의성, 영양, 울진 등 경북 북부지역 및 괴산, 단양 등 충청 북부지역으로, 제때 모내기를 못하였고 한탄강 동두천 지역과, 영양군 및 울진군 등의 지역에서는 수량부족으로 급수중단 사태를 빚기도 하였다.

올 봄가뭄의 심도를 요약해 보면, 기상 관측이래 지역별로 사상 최저치를 기록하였고, 농업부문에서는 6월 18일 전국 농업용 저수지의 저수율이 올 봄철 최저치인 43%로 예년대비 24%가 감소하여 전국적으로 모내기의 지연과 모내기를 끝마친 논에서의 벼 고사 상태를 빚었다. 또한, 하천수를 취수원으로 하는 지역에서 하천수의 고갈로 제한급수인원이 6월 16일 최고 359,000명을 기록한 바 있다. 1994~1995년의 가뭄과 비교해 보면, 상대적으로 농업가뭄이 심하였고 지역적으로는 경기-강원북부, 경북북부, 충청북부지역에서 가뭄이 상대적으로 심하였다.

본 논고에서는 전국 가뭄현황 및 기상수문현황과 가뭄원인을 분석하고, 다목적댐의 용수공급 실적과 중장기 가뭄대책에 대하여 살펴보고자 한다.

2. 전국 가뭄현황 분석

2.1 가뭄원인

2000년 하반기부터 시작되어 2001년 3월까지 이어지는 수문년(water year)의 평균강수량이 경기 및 강원북부 지역만 예년 대비 약 20~80%범위를 보이

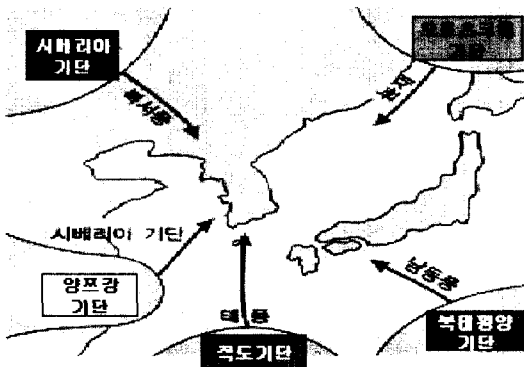


그림 1. 대표기단 위치

고 있는 것을 제외하고는 대부분의 지역에서 100% 이상을 보이고 있고 또한 2001년 1~2월에 많은 눈이 내렸음에도 불구하고, 2001년 3월부터 하천수량이 줄어들기 시작하여 6월중순 모내기까지 농업용수 공급에 큰 차질을 빚었다. 이는 2001년 3~6월 중순까지의 강수량이 예년 대비 20~40%로, 절대적으로 강수량이 부족한 기상학적 가뭄이 발단이 되어 농업 가뭄으로 이어진 관제로 올 봄가뭄의 원인은 기상학적인 측면에서 살펴보아야 할 것이다.

우리나라는 중국 내륙지방에서 다가오는 건조한 성질을 갖는 이동성 고기압의 영향을 자주 받아 장기간 고온 건조한 상태가 지속되었으며, 이 고기압은 남쪽으로부터 수증기가 유입되는 것을 억제하여 동아시아 지역에 건조한 상태를 초래하였다. 이를 자세히 살펴보면 금년 상반기 가뭄을 지배하였던 주요 기단 중 양쯔강 기단의 장기간 영향으로

표 1. 우리나라의 지배적인 대표기단

구분	명칭	분류	성질	발달시기
한대기단	시베리아기단	대륙성한대기단	한랭건조	겨울
	오호츠크해기단	해양성한대기단	저온다습	늦봄~초여름
열대기단	북태평양기단	해양성열대기단	고온다습	여름
	양쯔강기단	대륙성열대기단	온난건조	봄, 가을
	적도기단	해양성열대기단	고온다습	여름

표 2. 2001년 3~5월 강수량 및 예년-작년 비교(일부 기상청 측후소, 단위 mm)

구분	지명	예년(30년 평균)	금년(2001년)	작년(2000년)	예년대비		작년대비	
					차	비율(%)	차	비율(%)
서울	서울	225.0	46.9	109.0	-178.1	21	-62.1	43
경기도	동두천	-	28.2	106.1	-	-	-77.9	27
	수원	217.8	41.8	67.2	-176.0	19	-25.4	62
강원도	속초	215.1	42.1	103.1	-173.0	20	-61.0	41
	철원	204.2	37.1	130.2	-167.1	18	-93.1	28
	동해	-	47.2	121.4	-	-	-74.2	39
충청도	충주	210.1	24.9	111.0	-185.2	12	-86.1	22
	서산	231.4	49.2	103.9	-182.2	21	-54.7	47
	청주	215.4	38.3	108.6	-177.1	18	-70.3	35
경상도	울진	209.8	41.1	117.1	-168.7	20	-76.0	35
	안동	203.5	36.1	117.6	-167.4	18	-81.5	31
	포항	221.1	112.1	131.8	-109.0	51	-19.7	85
전라도	군산	217.8	48.4	82.7	-169.4	22	-34.3	59
	전주	236.7	74.2	112.1	-162.5	31	-37.9	66
제주도	제주	263.8	189.9	122.5	-73.9	72	67.4	155
	서귀포	513.2	377.6	294.6	-135.6	74	83.0	128

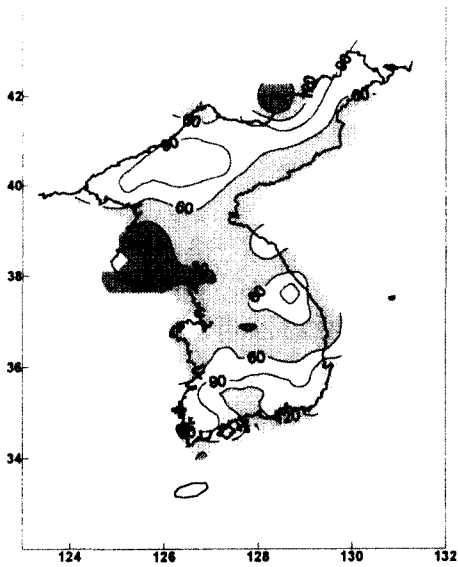


그림 2. 2001.3~5 총강수량(mm)

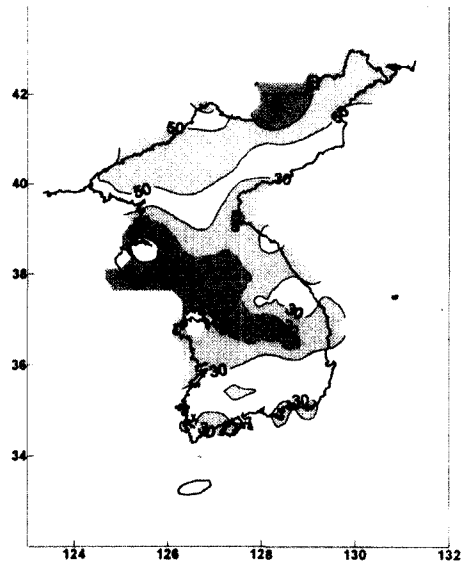


그림 3. 2001.3~5 총강수량예년비(%)

최근 3개월 동안 우리나라는 동서 고기압대의 영향을 주로 받아 북쪽과 남쪽에서 접근하는 기압골이 한반

도 부근에서 활성화되지 못한 채 남북으로 분리되어 통과하는 빈도가 많았다. 따라서, 수증기가 남쪽으로

표 3. 과거 최소강수량 기록순위(일부지점 3월~5월 : 기상청 발표자료)

지 점	1위		2위		3위		4위		5위	
	강수량	년도	강수량	년도	강수량	년도	강수량	년도	강수량	년도
서울	38.8	1965	46.9	2001	71.4	1910	87.9	1950	88.4	1984
동두천	28.2	2001	106.1	2000	259.4	1999	278.0	1998		
수원	41.8	2001	67.2	2000	68.9	1978	72.1	1965	99.7	1970
속초	42.1	2001	64.8	1968	74.5	1970	103.1	2000	103.6	1988
철원	37.1	2001	130.2	2000	132.3	1995	137.7	1988	142.0	1991
동해	47.2	2001	67.4	1994	121.4	2000	127.2	1995	135.6	1996
충주	24.9	2001	105.0	1976	105.7	1978	111.0	2000	121.0	1995
서산	49.2	2001	77.6	1978	103.9	2000	123.3	1993	127.6	1976
청주	38.3	2001	90.7	1978	92.0	1981	108.6	2000	119.5	1976
울진	41.1	2001	95.9	1986	99.4	1978	107.0	1971	109.3	1981
안동	36.1	2001	117.6	2000	130.8	1988	135.4	1976	146.9	1986
포항	90.0	1981	106.9	1978	112.1	2001	119.8	1968	123.2	1962
군산	48.4	2001	74.7	1978	82.7	2000	103.3	1981	132.3	1989
전주	74.2	2001	92.4	1978	110.4	1940	110.9	1944	112.1	2000
제주	67.5	1929	81.8	1978	94.3	1940	122.5	2000	131.9	1924
서귀포	184.2	1978	259.2	1984	294.6	2000	377.6	2001	377.9	1981

부터 우리나라로 유입되지 못한 가운데 우리나라 북쪽을 지나는 기압골의 세력이 약하여 올 봄 가뭄을 초래하였다.

2.2 전국 강우현황

2001년 3~5월까지의 봄철 강수량 특징을 기상청의 자료를 인용하여 요약해 보면, 표 2와 같이 우리나라의 강수량은 전국적으로 24.9mm(충주)~377.6mm(서귀포)의 분포로 예년 강수량의 12~74% 수준을 보였다. 6월 10일 기상청 자료에 따르면 3월부터 전국의 평균 강수량은 약 228mm로서 예년의 60% 수준에 머물렀다. 서울·경기도, 충청도 및 영남북부 지역에서는 예년 강수량의 20~30% 정도로 매우 건조한 상태를 보였고, 중부지방에서는 강수량이 25~60mm 분포로 예년보다 약 160mm 정도 적게 내렸다. 그림 2~3은 한반도 전역의 누적강우량 분포도로써 남북한의 2001.3~5월 사이의 강우현황을 보여주고 있다.

올 봄철 강수량을 과거 봄철 강수기록과 비교해 보면, 표 3과 같이 기상청 73개 관측지점에 대하여 48개 지점에서 관측이래 가장 적은 강수량을 기록하였으며, 9개 지점에서 관측이래 두 번째로 적은 강수량을 기록하였고, 관측이래 세 번째를 보인 곳은 6개 지점이었다.

한편, 북한 봄가뭄의 경우, 북한 기상수문국 중앙예보연구소(중국 신화통신)의 발표에 의하면 올 3월부터 북한 지역에 계속되고 있는 가뭄에 대해 약 300년만의 "왕가뭄"이라고 표현했다. 이 연구소는 조선중앙TV에서 평양시, 평남도 평성시, 남포시, 황해북도 사

리원시, 개성시, 함경남도 함흥시, 강원도 원산시 등에서는 올 3월 3일 4~9mm, 5월 24일 2~3mm, 5월 31일 1~2mm의 비가 내린 후, 6월 4일 현재까지 93일 동안 왕가뭄이 지속되었다는 발표를 하였다. 올 3월 6일부터 5월 31일까지 평균 강수량은 22mm로 예년에 비해 14%, 지난해에 비해 21%나 적게 비가 내렸다. 특히, 평양, 평성, 황남 신천군, 평남 속천군과 안주시, 황북 수안군 등에서는 4월 한달동안 단 한차례의 비가 내리지 않았다고 보도되었다(동아일보 2001. 6. 6일자 인터넷 기사).

2001년 6월 11일 현재 전국 11개 다목적댐의 평균 강수량은 예년 306.9mm의 50.8%인 156.0mm이며, 전국적으로 5~100년 빈도의 상황을 보였다. 자세한 현황은 표 5에 나타나 있다.

2.3 전국 수문 및 수질현황

1) 저수율 현황

강수량이 매우 적어 가뭄기간이 아무리 길더라도 저수지의 유효수량이 많이 확보되어 있으면 농업 및 사회경제적 측면에서는 심각한 가뭄이라 할 수 없다. 이런 의미에서 본 논고에서는 저수지의 저수율 및 수질현황을 살펴보고 이에 따른 가뭄분석은 다음 절에서 다루었다. 그림 4는 2001.2~6월 동안의 전국 농업용 저수지의 저수율현황(비공식 자료)을 보여주고 있으며, 저수율이 6월 15일까지 낮아지다가 6월 10일부터 내린 비로 저수율이 다시 회복되는 경향을 보이고 있다. 올 봄기간 전체적으로는 예년대비 95%의 저수율을, 5월 1일~6월 15일까지는 약 90%의 저수율을 보

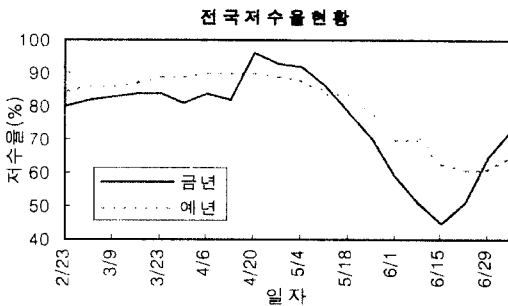


그림 4. 전국 농업용저수지 저수율

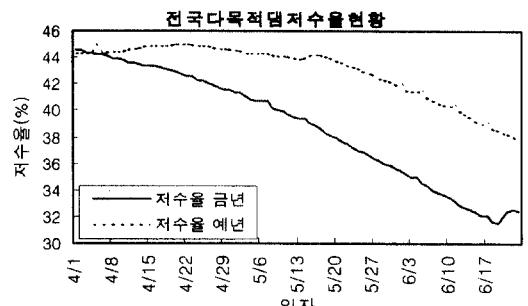


그림 5. 전국 다목적댐 평균저수율

여 상대적인 가뭄의 크기를 알 수 있다. 그림 5는 올 4월 1일~6월 23일까지의 전국 다목적댐의 평균저수율 현황을 보여주고 있으며, 예년대비 약 90%의 저수율을, 5월 1일~6월 15일까지는 약 86%의 저수율을 보이고 있다.

2) 수질현황

올 봄가뭄으로 인한 수질변화량을 평가하기 위해 전국 5대강 유역의 주요 수질측정 지점 21개소 중 4개소의 자료를 분석해 보았으며, 그림 6은 1995년 봄기간 및 1994-2000년 평균 하천수질(BOD, DO)과 올 봄기간의 수질을 보여주고 있다. 일반적으로 올 봄가뭄으로 인하여 뚜렷하지는 않지만 예년보다 수질이 악화된 경향을 보이고 있다. 올 봄기간과 1995년 봄기간의 수질비교에서는 지점별로 경향이 달라 전체적으로 일관성을 설명하기에는 부족하다. 이는 월수질 자료로서 채수시의 강우, 댐의 방류량, 하수처리시설의 가동상황 등에 따라 매우 큰 영향을 받으며, 수질

측정지점에서의 유량자료를 구하여 수질과 유량과의 연계분석이 되어야 할 것이다.

2.4 우리나라 가뭄주기

1906년 기상관측이후 1998년까지 93년간 강우주기분석 결과, 연강우량 1,000mm 이하의 가뭄은 5~6년 주기로 발생하고 있으며, 1960년대 이후 우리나라의 5대 가뭄으로는 물공급안전도 지표로 사용되어온 1967~1968년 가뭄을 비롯하여 1973년, 1976~1977년, 1981~1982년, 1987~1988년, 1994~1995년의 가뭄을 들 수 있다(표 4). 1969~1998년의 연강우량 자료의 그래프 및 자기상관(auto-correlation)분석으로부터 약 6년의 가뭄주기를 확인해 볼 수 있다(그림 7~8).

2.5 가뭄심도 분석

가뭄이란 어느 지역의 인간생활 및 동식물 생육과 인간의 사회경제적 활동에 피해를 가져올 정도로 강

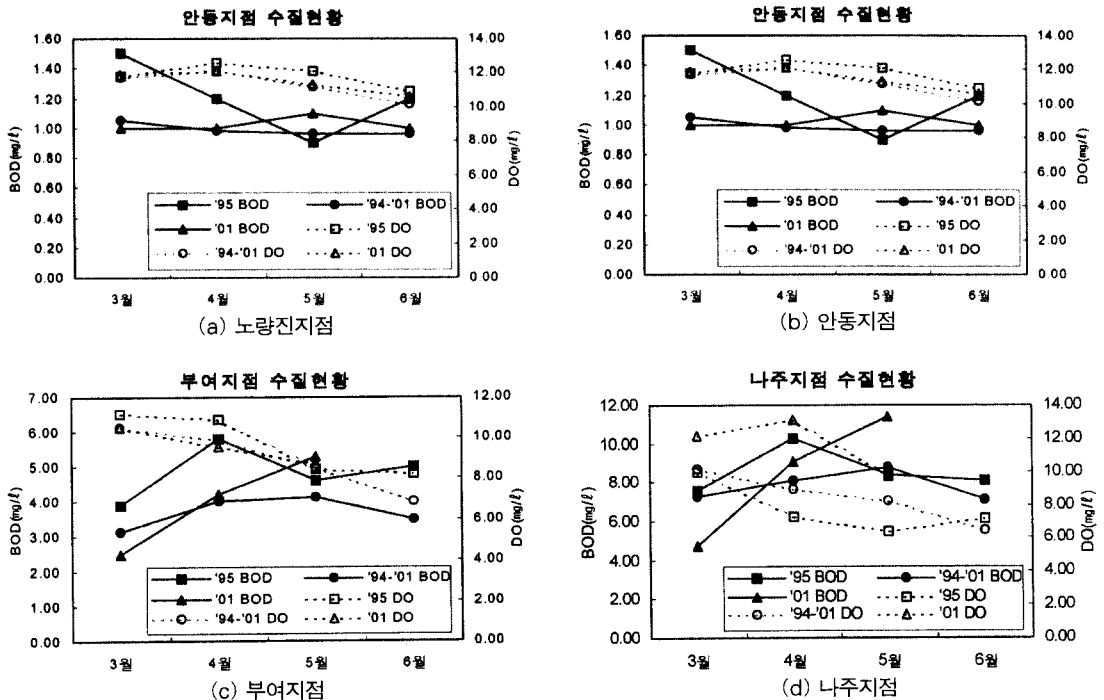


그림 6. 2001년도 상반기 전국4개지점 수질현황

수량의 부족이 장기화되는 비정상적인 기상수문적 현상이라 정의될 수 있다. 이러한 가뭄의 심도를 평가하고 지수화하는 방법에는 여러 가지가 있으며, 대개는 가뭄에 기여하는 인자들을 지수화하여 표현한다. 가뭄지수는 강우, 강설, 하천유량 그리고 물공급 지표들을 이해하기 쉬운 형태로 보통 한자리 숫자로 표시되며, 여러 지표 중에서 어떤 지수가 절대적으로 우수하다고 할 수는 없다. 예를 들어, Palmer의 가뭄지수(Palmer Drought Severity Index)는 미 농무성에서 긴급 가뭄지원여부를 결정하는데 널리 쓰이고 있지만, 이는 지형이 고른 넓은 지역에서 훨씬 유용하다. 산악지역인 미 서부는 지역적 기상의 영향을 받으므로 Palmer 지수는 지표수공급지수(SWPI : Surface Water Supply Index)와 같은 다른 조건들이 고려된 지수들과 보완적으로 사용하는 것이 좋다. 미국 국립 가뭄대책센터(NDMC : National Drought Mitigation Center)에서는 많은 가뭄 관계자들이 선호할 수 있는 표준강우지수(SPI : Standardized Precipitation Index)를 개발하여 사용하고 있다. 이 지수의 특징은 어느 기간동안의 강우확률에 근거하여 다양한 기간의 적용이 가능하고, 가뭄의 조기예측 및 가뭄의 정도를 쉽게 이해할 수 있으며, Palmer 지수보다 덜 복잡한 것으로 알려져 있다(미 국립가뭄대책

센터: <http://enso.unl.edu/ndmc>). 우리나라의 경우, 농업 분야에서는 Hershfield 등의 dry-day 개념에 Yevjevich의 Runs 이론을 확장하여 농업부문의 체감가뭄지수로서 가뭄지속일수(과우일수)를 산정하여 빈도해석함으로써 1994~1995년 가뭄의 크기를 정량적으로 분석한 바 있다(농림수산부 등, 1995).

본 논고에서는 미국 국립가뭄대책센터의 가뭄분류 체계에 따라, 기상학적가뭄, 농업적가뭄, 수문학적가뭄으로 나누어 각각 심도를 분석해 보고하자하며, 사회경제적 가뭄에 대해서는 공식자료가 발표되지 않아 본 논고에서는 다루지 못하였다. 다음은 미국 국립가뭄대책센터에서 분류한 가뭄의 정의이다.

□ 기상학적 가뭄(meteorological droughts) : 기상학적 가뭄은 건조함의 정도와 그 지속기간에 따라 주로 예년치와의 비교로 가뭄의 정도를 평가하며, 이는 해당지역의 독립적인 개념으로 다른 지역과의 직접적인 비교는 곤란하다.

□ 농업적 가뭄(agricultural droughts) : 농업적 가뭄은 기상상태, 성장단계별 토양깊이별 필요 수분량의 부족에 따른 가뭄으로 정의된다.

□ 수문학적 가뭄(hydrological droughts) : 수문학적 가뭄이란 강수의 부족으로 지표수 및 지하수 양이 줄어드는 것을 말한다. 수문학적 가뭄의 특징은 강수부족이 하천유역의 수문시스템에 느린 반응을 보이기 때문에 기상학적 가뭄과 농업적 가뭄보다 늦게 나타난다. 수문학적 가뭄의 지속은 결

표 4. 우리나라의 대표적 가뭄

가뭄발생년도	1968	1973	1977	1982	1988	1994
연강우량(mm)	1,053	1,013	1,016	971	906	918

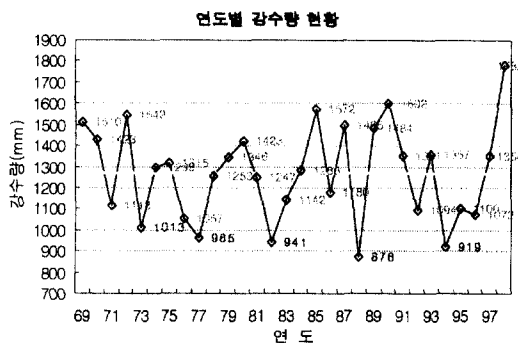


그림 7. 주기적 가뭄발생을 보이는 연도별 강수량 현황

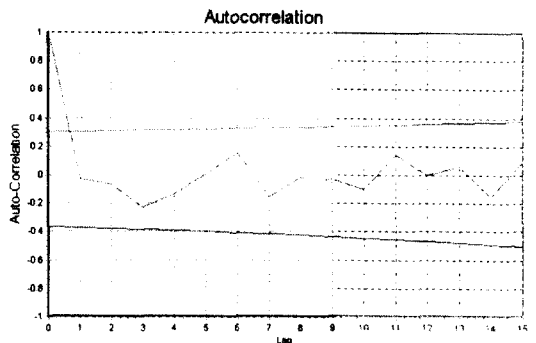


그림 8. '69~'98 연강우량 자료 주기분석 (Auto-Correlogram)

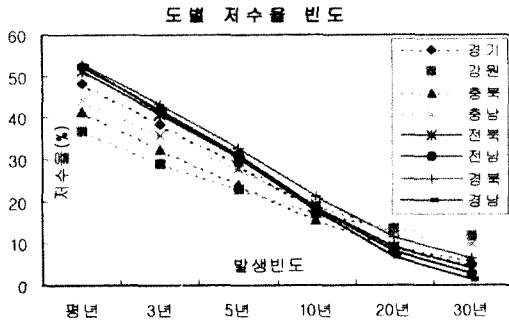


그림 9. 도별 저수율 빈도(농림수산부 등, 1995)

국 사회경제적 가뭄으로 이어지고, 또한 하천수 및 지하수의 고갈로 농업적 가뭄을 더욱 심화시키게 된다.

□ 사회경제적 가뭄(socioeconomic droughts) : 사회경제적인 가뭄은 기상 및 수문학적 가뭄과 연관되어 물부족으로 일부 상품의 수요·공급과 전력생산 등 인간의 경제활동에 피해를 주는 현상으로 정의된다.

1) 기상학적 가뭄심도

2001년 3~5월 동안의 기상학적 가뭄정도를 평가하기 위해 전국 다목적댐 상류의 강우량자료를 이용하여 수계 및 댐별로 빈도를 해석해 보면 다음과 같

다. 한강수계에서는 100년 빈도, 낙동강수계의 안동 및 임하댐에서는 50년 빈도, 금강수계의 대청댐에서는 100년 빈도, 섬진강수계의 주암댐에서는 50년 빈도를 보이고 있어 올 가뭄피해지역과 빈도가 일치하고 있고 기상청의 강우기록을 반영하고 있음을 알 수 있다(한국수자원공사, 2001. 6). 올 봄가뭄을 1994년의 가뭄(한국수자원공사, 1996)과 비교해 보면, 한강수계와 안동 등 경북북부 및 충청북부지역에서 상대적으로 가뭄이 심하였다.

2) 농업적 가뭄심도

농업가뭄의 특징은 토양수분 결핍으로 농작물이 가장 먼저 피해를 받지만 해갈될 정도의 비가 내리면 바로 회복되는 성향을 지니고 있다. 농업가뭄은 4~6월의 강우부족으로 야기되는 '이앙 지연형' 가뭄과 7~8월의 강우부족으로 인한 '생육장애형' 가뭄으로 크게 구분되며(안병기 등, 1988), 올 봄가뭄은 전형적인 이앙지연형 가뭄에 속함을 알 수 있다. 본 논고에서는 농업적 가뭄정도를 간접적으로 헤아려 볼 수 있는 전국 도별 저수율을 이용하여 분석해 보고자 한다. 표 5은 중앙재해대책본부에서 집계한 올 봄철 도

표 6. 2001년 봄철 도별 최저 저수율 및 빈도(2001.6.18 최저 저수율 발생)

(단위 %)

구분	계	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남
최저저수율	43	40	31	38	28	40	55	47	48
예년대비	△24	△19	△24	△20	△32	△26	△21	△25	△33
'94년저수율	29	56	40	36	39	8	15	15	17
빈도		3년	3년	2년	5년	3년	예년	2년	2년

표 6. 다목적댐 봄철 유입량 현황 및 빈도분석(2001.3.1~6.12)

(단위 백만톤)

구분	전체평균	한강수계		낙동강수계			금강수계	섬진강수계			
		소양강	충주	안동	임하	합천	남강	대청	섬진강	주암(분)	주암(조)
금년	1,323.7	183.0	463.5	85.8	47.1	50.4	169.9	245.9	46.2	22.0	9.9
전년대비(%)	140.6	95.1	131.5	101.7	222.2	165.8	242.7	165.9	187.0	301.4	93.4
예년대비(%)	48.0	39.6	51.6	42.0	43.7	55.7	47.3	57.7	45.5	25.2	46.9
빈도(댐별)	금년	20년	10년	20년	20년	10년	10년	10년	20년	50년	10년
	'94년	15년	10년	15년	100년	100년	15년	100년	35년	15년	-
빈도(수계별)	금년	10~20년		10~20년			10년	10~50년			

주) 1994년의 유입량 빈도는 1년간(1.1~12.31일)의 자료에 의한 결과이므로 해석에 주의

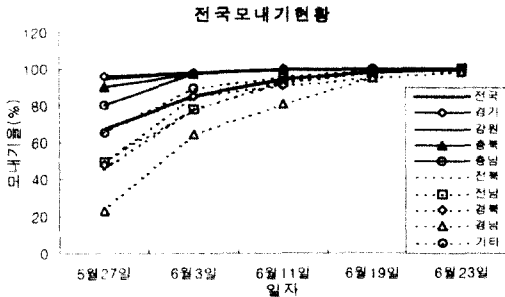


그림 10. 전국 모내기현황

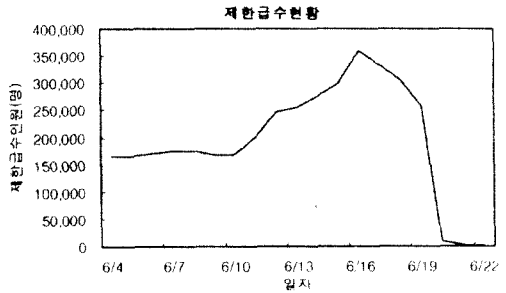


그림 11. 전국 제한급수 현황

별 저수율(다목적댐 제외)을 보이고 있고, 그림 13은 5~8월 동안의 연최저저수율자료를 이용하여 Weibul 확률도시법에 의한 빈도해석 결과이나(농림수산부 등, 1995), 올해의 자료는 반영되지 않았다. 표 5의 2001년 3~6월 동안의 최저 저수율을 그림 9에 대입하여 발생빈도를 간접적으로 산정한 결과가 표 6에 표시되어 있다. 위에서 산정된 다목적댐 상류 강우빈도 해석 결과와 크게 차이를 보이고 있으나, 이는 작년 하반기의 강우량에 의한 저수지내 유입량의 이월(carry-over) 및 올 봄철 모내기용 농업용수공급 실적을 반영한 결과이므로 강우빈도해석 결과와 직접적인 비교는 의미가 없으며, 이로부터 기상학적 가뭄과 농업적 가뭄의 차이를 분명하게 알 수 있다. 1994년 가뭄과 비교해 보면, 경기, 강원, 충청지역이 상대적으로 가뭄었음을 알 수 있다.

3) 수문학적 가뭄심도

본 논고에서는 유량자료가 비교적 정확한 전국 다목적댐의 유입량을 이용하여 수문학적 가뭄의 정도를 분석해 보았으며, 결과는 표 6에 제시되어 있다. 2000년 하반기부터 시작되어 2001년 3월까지 이어지는 수문년(water year)의 평균강수량이 경기 및 강원북부 지역을 제외하고는 대부분 지역에서 예년 대비 100% 이상을 보이고 있다. 또한 2001년 1~2월에 많은 눈이 내린 점을 감안해 볼 때, 올 봄철의 기상가뭄으로 인한 하천유량의 감소는 심한 기상가뭄에도 불구하고 유역 수문시스템의 완충효과(buffering effect)로 인해 기상가뭄의 정도보다는 상대적으로 적었다고 해석된다.

1994년 가뭄과 비교해 보면, 임하댐, 합천댐, 대청댐을 제외하고는 비슷한 정도의 빈도를 보였으나(한국수자원공사, 1996), 이는 봄철이 아닌 1년간(1.1~12.31일)의 자료를 이용한 결과이므로 직접적인 비교에는 무리가 있다.

3. 가뭄피해 현황 및 가뭄극복 노력

3.1 농작물 피해현황

모내기는 5월 27일 현재 실적이 62%로 가뭄에 대비하여 전년보다 8%가 빠르게 진행되었다. 그림 10에서 확인된 바와 모내기에는 문제가 없어 보이나, 농업용 저수율이 예년보다 낮아 모낸 논의 물대기에 차질을 빚어 논바닥의 균열과 고추, 담배 등 밭작물은 생육지연 및 시들음 현상이 발생하였다. 모내기 용수 부족면적이 집계된 경기도, 강원도 및 충북지역은 모내기 용수부족면적이 각각 1,263ha(연천364ha, 이천241ha, 양평238ha 등), 1,625ha(철원567ha, 고성337ha, 횡성236ha 등), 447ha(음성241ha, 청원110ha 등)를 나타내어 모심기에 차질을 빚었다.

3.2 제한급수 현황

전남·경남 도지사방 및 상습 제한급수지역과 강원·경북 등 산간지역은 취수원 고갈로 6월 4일 현재 전국 29개 시군에서 165,000명이 제한 및 운반급수 대상이었으나, 6월 16일에는 제한급수지역이 84개 시군 91,775세대의 359,000명으로 악화되었다가 6월 17~18일 이틀간의 강우량으로 6월 20일 이후로

는 제한급수 인원이 급격히 줄어들기 시작했다(그림 11~12). 1994~1995년 가뭄에는 약 78만명이 제한급수의 어려움을 당했고, 용수부족으로 울산지역의 공장 가동율이 15~30%에 머물러 경제적 손실이 2.4~4.8조원에 달하였다(한국수자원공사, 1996).

3.3 가뭄 복구노력

1) 정부의 봄가뭄 종합대책

정부는 올 봄가뭄의 대비책을 강구하기 위해 관계관 회의를 개최하는 등 범정부적인 노력을 기울였다. 가뭄관련 정부기관의 각종 대책을 요약해보면(가뭄대책 정책자료 참조), 2001년 4월 27일 중앙재해대책

본부는 가뭄관련 정부기관(행정자치부, 농림부, 산업자원부, 환경부, 건설교통부, 기상청)과 함께 단계별 "봄가뭄종합대책"을 마련하였다. 먼저 1단계로 5월 10일까지 영농추진대책으로 못자리관리 및 모내기추진 등을 실시하고 용수원개발 강구 및 가뭄대책 예산지원 등 농업용수 급수대책을 추진하였으며, 2단계로 가뭄대책 예산 조기지원 등 강도를 강화하였다. 중앙재해대책본부 공식발표자료에 의하면 가뭄피해현장에 급수장비, 굴삭기 등의 장비지원과 군인, 공무원을 동원하여 영농지원을 하였으며, 가뭄이 극심한 지역을 중심으로 관정개발 등 긴급 용수원 확보가 이루어졌다(표 7). 관련 부처별로 농림부에서는 6월 8일 가뭄

극복을 위한 긴급 관계관 회의를 열어 다음의 가뭄대책을 추진하였다.

□ 가뭄대책비 추가지원 : 1,000억원 규모의 가뭄대책비 추가확보 지원

□ 농사용 전기료 인하 : 발농사용 관정의 전기료를 논농사용 사용료로 인하

□ 발전용수의 농업용수 공급 : 태안 화력발전소 발전용수를 2,000m³/일씩 20ha의 논에 용수지원

□ 저수지 준설 : 바닥이 드러난 시군 관리 소류지 준설 (100억원 지원)

한편, 건설교통부에서는 다음과 같이 장·단기 용수공급 대책을 제시하여 추

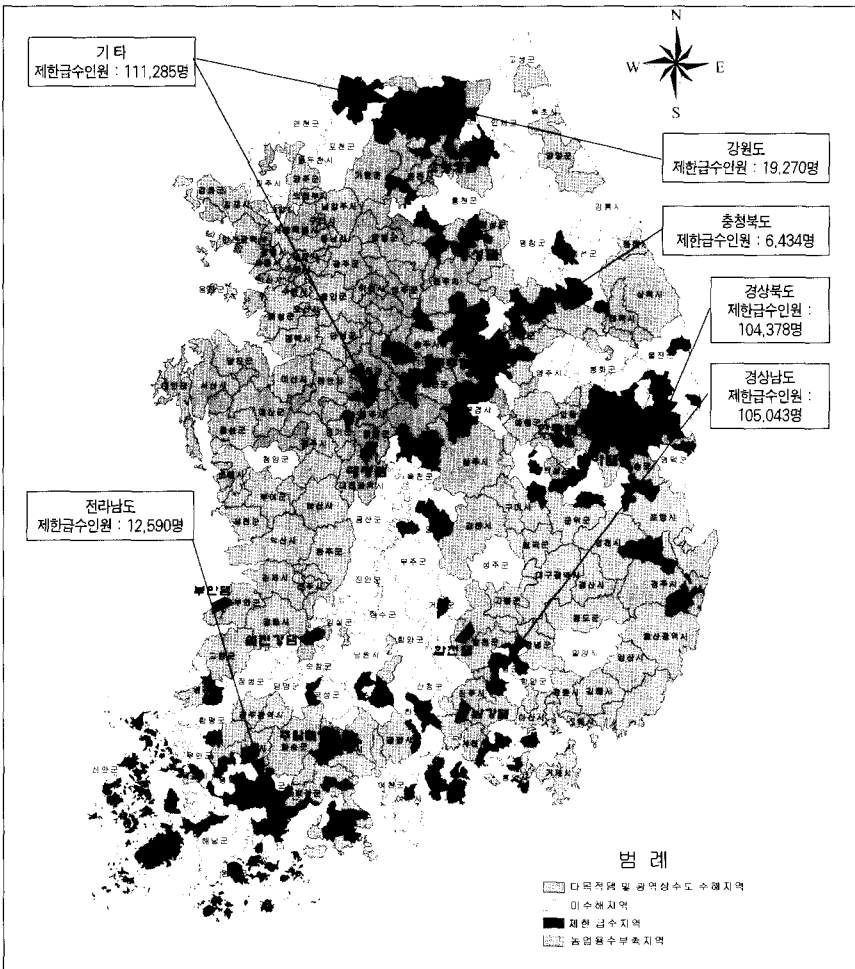


그림 12. 전국 용수공급 및 제한급수 현황(2001.6.16일)

표 7. 가뭄복구 지원현황(~6.22까지)

영농지원		지원금(억원)	긴급용수원 개발
인력(천명)	장비(천대)		
- 군인 : 801	- 급수장비 : 41	- 가뭄대책사업비 : 2,964	- 관정 : 18,883공
- 공무원 : 175	- 취수원개발 : 448	- 한해의연금 : 142	- 간이용수원 : 27,076개소
- 공공근로 : 46	- 굴삭기 : 21		
- 민간인 : 542	- 레미콘차 : 4		
- 소방인력 : 16	- 양수기 : 409		
	- 살수차 : 6		
	- 분뇨차 : 48		
	- 소방차 : 11		
계 : 1580천명	계 : 988천대	계 : 3,106	

댐광역상수도에서는 창녕군에 15천m³/일 생활용수를, 대청댐광역상수도에서는 천안시에 11천m³/일 생활용수를 각각 비상공급하였다. 또한, 농업기반공사와 한국수자원공사는 농업용담수호인 삼교호의 저수율이 낮아짐에 따라 저수량이 양호한 아산호의 물을 한국수자원공사 아산공업

진하였고, 단기대책은 "2) 다목적댐 및 광역상수도에 의한 비상용수 공급"에서, 장기대책은 "4. 중장기 가뭄대책"에서 자세히 서술하였다.

□ 단기대책 : 광역상수도 비상공급, 다목적댐 추가방류, 지하수 관측정 활용 등

□ 장기대책 : 광역상수도 확충(광역상수도 용수공급비율을 현재 52%에서 2011년까지 65%로 확대), 기존수자원시설의 효율적 활용(11개 다목적댐과 10개 수력발전댐 연계운영), 신규댐 건설, 다양한 수자원 확보(지하댐·강변여과수 개발, 해수담수화사업 등)

2) 다목적댐 및 광역상수도에 의한 비상용수 공급

울 봄가뭄동안 소양강댐 등 6개 다목적댐에서 수질 개선 및 농업용수 공급을 위하여 약 10만ha의 논에 9천7백만m³를 비상공급하였다. 이러한 기존의 비상용수 공급방안들 외에도 광역상수도와 지방상수도의 연계 및 공업용수도의 여유수량을 농업용수로 전환하여 인근 농지에 공급하는 방안도 새로이 시도되어, 5월 13일부터 급수중단상황에 있던 동두천시 및 양주군 지방상수도에 수도권광역상수도(5단계)를 연결하여 17천m³/일 생활용수를, 밀양

용수도의 송수관로를 이용하여 1일 14만톤의 물을 삼교호로 송수하기도 하였다(그림 13).

3.4 2001년 한강수계 댐통합운영 및 다목적댐 상반기 운영현황

2001년 상반기 다목적댐 운영의 주요목표는 봄가뭄에 대비한 대책수립 및 수행에 있다. 올해 댐운영의 최대 의의는 한강수계 댐군 통합운영의 본격적 시행에서 찾을 수 있다. 그간 관련제도의 보완과 모형개발 이후 지난해 1년간의 시험운영을 거쳐 금년부터 본격적인 운영에 들어갔다. 특히 금년 상반기에는 중부지방을 중심으로 한강수계에 하천유입이 줄어 물수급에 어려움을 겪은 해였다. 기존의 운영조건과 대비할 때, 한강수계의 금년도 안정적인 물수급은 통합운영의 효과라고 판단되며, 통합운영이 아니었다면 팔당댐에서의 하루 책임공급량 124m³/sec를 만족하는데 큰 어려움을 겪었을 것으로 예상된다(한국수자원공사, 2001. 6).



그림 10. 삼교호 농업용수비상공급(아산공업용수)

1) 다목적댐 운영효과 분석(2001.1.1 ~ 6.14)
 전국 다목적댐의 운영효과는 보통 댐이 있는 경우와 없는 경우로 나누어 하류하천 용수공급량의 비교를 통하여 분석된다. 금년 상반기 총 방류량은 3,588백만 m^3 으로 댐유입량 1,811백만 m^3 과의 차이인 1,777백만 m^3 은 다목적댐의 효과임을 알 수 있다. 그림 14에서 도시된 바와 같이 용수공급량이 가장 필요한 4~6월에 댐이 없는 경우와 있는 경우간의 공급량의 차이를 시각적으로 알 수 있으며, 6월의 경우 최대 10배 이상이었다. 댐이 없을 경우 3월을 제외하고는 전체 다목적댐의 생공용수공급량인 144 m^3/sec 에 미달하였음을 알 수 있고, 공급량의 편차(최대/최소)를 비교해보면, 댐이 없을 경우 10.7배, 댐이 있을 경우 1.5배로 다목적댐의 안정적인 용수공급 효과를 알 수 있다. 금년 동두천시를 비롯하여 총 24개 시군에서 물부족을 겪었으나, 만약 한강수계에 소양강 및 충주댐이 없을 경우 제한급수 지역을 예상해보면, 서울 및 인천시를 포함하여 25개 시군이 증가한 51개 지역에서 물부족이 예상되었다.

2) 한강수계 댐군 통합운영 효과

서로 다른 목적을 갖는 댐군의 운영은 이들 댐관리 기관들의 관리목적이 상충되는 경우, 각 기관의 단독 운영으로 가용수자원의 비효율성을 발생시킬 수밖에 없으며, 더욱이 기초자료의 공유부족과 댐운영계획의 수립단계에서 상호간의 입장을 반영할 수 없는 어려움에 처할 수 있다. 각 기관의 운영계획을 조정할 수 있는 기구가 부재했던 현실에서 한강수계 댐군통합운영의 의의는 매우 크다. 한국수자원공사는 금년 상반기

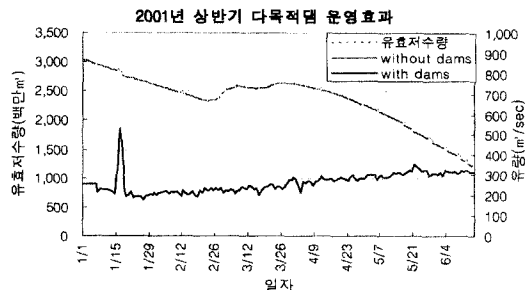


그림 18. 2001년 상반기 전국 다목적댐 운영효과

기에 “한강수계댐통합운영규정”에 따라 H-COMOM 모형(한강수계 댐군 최적연계 운영모형)을 이용하여 5개댐(소양강댐, 충주댐, 하천댐, 청평댐, 팔당댐)의 연계운영을 처음 실시하였다. 기존 운영조건으로 모의운영한 결과 관개기가 시작되어 농업용수 수요가 본격화되는 4월 이후에 물공급 상황이 급격히 악화되고 6월부터는 팔당댐 하류 제약사항인 124 m^3/sec 의 조건이 불가능한 것으로 분석되었다. 반면 상반기 실적은 이를 만족함으로써 금년 통합운영의 효과로 이해되며, 6월의 경우, 기존 운영과 통합운영에 의한 팔당댐 방류량의 차이인 45백만 m^3 만큼(6월 14일 기준) 추가 용수공급을 수행할 수 있었다고 판단된다.

4. 중장기 가뭄대책

올 봄가뭄의 특징은 장기간의 기상학적 가뭄에 이은 농업가뭄이라 할 수 있으나, 더욱 악화될 경우, 국가 전체적인 사회경제적가뭄으로 확산되는 것을 감안할 때, 가뭄대책은 농업뿐만 아니라 국가의 총력을 기울여야 하는 사안으로 기술적, 제도적, 행정적 대책을 수반한다. 다음은 올 봄가뭄의 대표적이고도 효과적인이었던 가뭄대책을 살펴보고 올 봄가뭄에 대비한 경제장관회의 및 국무회의 등의 각종 회의에서 제시되었던 중장기 가뭄대책을 검토해 보았다.

1) 용수공급관리

올 봄가뭄은 강우의 부족이 발단이 되어 농업가뭄으로 이어졌으나, 강우부족정도에 비하여 저수율에 따른 농업가뭄은 상대적으로 적었던 만큼, 저수지에 의한 공급효과가 지대하였음을 알 수 있다. 또한, 올 가뭄극복 노력의 일환으로 광역상수도 및 지방상수도 및 농업용저수지와 연결을 통한 용수공급은, 끝없는 논쟁을 유발하고 있는 용수공급원시설 건설의 어려움속에서 국민적 지혜를 보여준 사례라 할 수 있다. 이는 유역변경을 통한 물공급 배분의 문제로서 시간적, 공간적 불균형으로 인한 물문제를 해결할 수 있는 대안을 제시해 주었다. 올 봄가뭄 극복대책 중 다른 사례로 한강수계 댐군통합운영을 들 수 있다. 이는 한

정된 수자원을 효율적으로 배분한 사례로 수자원의 통합관리로 인한 시너지효과를 거둔 셈이다. 현재 추진중에 있는 지하댐의 경우, 고성, 울진 등 우리나라 동해안 지역은 자연구조상 용수원의 부족으로 가뭄에 취약한 지역이나 다행히 충적층이 두터운 관계로 지하수 및 복류수를 저장할 수 있는 지하댐의 건설이 광역상수체계와 병행되어 추진된다면 환경피해 및 지역주민과의 마찰을 최소화하면서 해안지역의 물문제를 해소할 수 있을 것이다.

현재 정부에서 추진 중인 대표적인 공급관리대책을 살펴보면 다음과 같다(2001.6.12. 가뭄대책 국무회의 자료).

□ 신규 수자원시설 확충

- 2001년내에 『댐건설장기계획(01~11)』을 수립하고, 환경친화적인 댐건설을 단계적으로 추진

- 가뭄시에도 안정적인 용수공급을 위해 광역상수도 용수공급비율을 현재 52%에서 2011년까지 65%로 확대

□ 권역별 통합급수체계 구축

- 지역별 물수급 불균형을 개선하고, 가뭄 등 비상시에 대처할 수 있도록 다목적댐·수력발전댐 및 생활용수·공업용수·농업용수를 상호연계하는 벨트형 통합급수체계 구축

- 전국을 한강하류권 등 12개 권역으로 구분, 권역내 생활·공업·농업용수를 통합관리하고 권역간 상호연결 방안도 추진(01~05, 약 1조 2천억원 소요)

□ 기존댐의 효율적 활용

- 11개 다목적댐과 10개 수력발전댐의 연계운영 : 용수공급능력 증대(연 4.6억톤)

2) 용수수요관리

이상 용수공급관리 차원에서 살펴보았으나, 물부족을 해결하기 위해서는 공급관리와 함께 수요관리를 추진하여 공급관리 차원에서 오는 부작용을 최소화하여야 한다. 우리나라에는 아직 체계화되지는 않았지만 가뭄에 대비하여 표준가뭄지수를 개발·산정하고 이를 공표함으로써 위의 공급관리와 함께 물절약 등 수요관리정책이 국민적 공감하에서 추진되는 사회적

시스템을 구축하여 정책관리의 선진화 및 고도화를 추진하여야 한다. 현재 정부에서 추진 중인 수요관리 차원의 대책을 살펴보면 다음과 같다(건교부 등, 2000).

□ 구조적 대책 : 누수방지, 중수도 확대, 절수기기 보급확대 등

□ 비구조적 대책 : 수도요금 현실화, 표준 가뭄지수의 개발 및 가뭄정책 개발, 절수의 생활화, 절수형 산업구조 형성, 가뭄관리시스템 구축 등

3) 법령 및 제도개선

지금까지 직접적인 가뭄대책을 살펴보았으나, 간접적인 대책으로 재해관련 법령 및 제도개선이 있으며, 우리나라에는 아직 도입되지는 않았지만, 가뭄피해액을 산정하고 이를 보상하는 가뭄보험 도입에 대한 검토가 필요하다. 이 외에도, 물 기본법 제정, 댐주변지역 지원법 개정, 지하수법과 하천법의 연계와 관리조직 개선분야에서는 범 행정부차원의 물관리 조정기구 및 가뭄관리 전문기구의 설치가 필요하다.

5. 맺는글

본 논고에서는 가뭄피해 및 전국 기상수문 현황과 함께 가뭄의 심도분석을 기상학적, 농업적, 수문학적 차원에서 평가해 보았다. 또한 다목적댐의 2001년 상반기 운영실적 평가와 가뭄극복 사례 및 가뭄대비 중장기 대책을 검토해 보았다.

일반적으로 가뭄의 특징은 강우부족으로 인한 기상학적 가뭄이 발단이 되어 곧바로 토양수분 부족에 의한 농업가뭄으로 이어지고, 기상학적 가뭄이 더욱 장기화되면 수문학적 가뭄으로 이어진다. 이러한 수문학적 가뭄은 농업적 가뭄을 악화시키고 동시에 국가 전반적인 사회경제적 가뭄으로 확대되어 국가의 위기를 초래하게 된다. 이러한 성격별 가뭄간에는 정성적으로 연관이 있으나, 정량적으로는 1차 상관성을 반드시 보이지는 않는다. 본 논고에서도 살펴보았듯이, 기상학적가뭄은 5~100년 빈도를 보이나, 농업가뭄에서는 2~5년 빈도를, 수문학적 가뭄에서는 10~50년

빈도를 보였다. 따라서, 가뭄해석에서는 한 측면만으로 전체적인 가뭄을 평가한다는 것은 무리가 있으며, 가뭄의 정성적 특성을 반영하는 종합가뭄지수의 개발이 필요함을 알 수 있다. 더불어 강우와 토양수분 및

하천유량을 예측하고, 이로부터 가뭄예경보를 위한 가뭄지수를 산정함으로써 가뭄정책을 수행할 수 있는 가뭄관리시스템을 개발하여야 할 것이다. ●

〈참고문헌〉

1. 건설교통부, 한국수자원공사, 수자원정책·관리개선방안연구, 2000. 5.
2. 농림수산부, 농어촌진흥공사, '94, '95가뭄극복 보고서, 1995. 12.
3. 안병기, 김태철, 정도웅, "농업한발지수 설정에 관한 연구", 한국농공학회지 제30권, 제1호, 1988. 3.
4. 한국수자원공사, '94~'95 가뭄실태 조사보고서, 1996. 3. 28.
5. 한국수자원공사, 수자원정보 한국수자원공사 계간지, 2001. 6.