

국가 가뭄관리 정보시스템 구축



이주현 >>
 중부대학교 사회기반시스템공학과 부교수
 leejh@joongbu.ac.kr



이길재 >>
 한국수자원공사 조사기획처 처장
 giljaelee@hotmail.com

1. 서론

최근 들어 지구촌에는 온난화 등에 의한 기상이변으로 홍수나 가뭄 등 자연재해가 더욱 빈발하고 있으며, 그 피해도 엄청난 규모로 커지고 있다. 2004년

12월 동남아시아에 발생한 지진해일 “쓰나미”와 2005년 미국 남동부해안을 강타한 허리케인 “카트리나”와 지구 최대 열대우림지역인 아마존에 닥친 40년만의 기록적인 가뭄 등이 그 대표적인 예라 할 수 있다.

우리나라도 1990년대 이후 겨울에서 봄철로 이어지는 시기에 지역적으로 만성적인 가뭄이 계속되고 있고, 특히 2001년에는 기상관측 이래 때 이른 무더위와 극심한 가뭄으로 전국적인 몸살을 앓은 바 있다.

가뭄에 대한 경제적인 손실은 홍수에 비해서 2~3배정도 달하고 있으며 미국 해양기상청(NOAA)이 선정한 20세기 최대의 자연재해중 세계 각지에서 발생한 4개의 가뭄이 상위 5위안에 랭크된 바 있고, 미국 국립가뭄경감센터(NDMC)에서 발표한 통계재해 유형별 연평균피해액 중 가뭄피해가 가장 큰 것으로 분석되었다. 국내에도 2001년 봄가뭄시 국내총생산 성장률 0.45% 감소 및 소비자물가 0.31% 상승하는 등

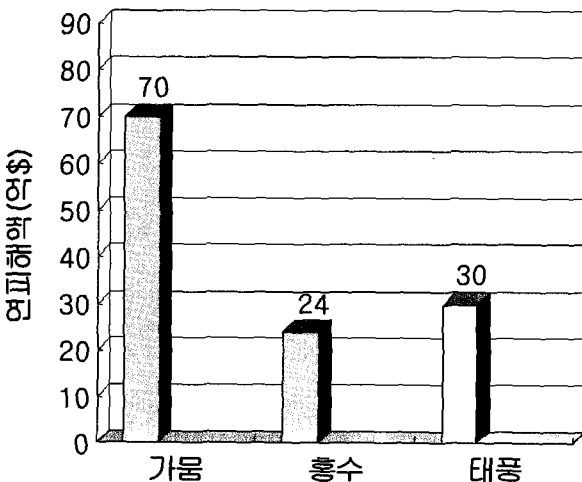


그림 1. 재해유형별 피해액(美 NDMC)

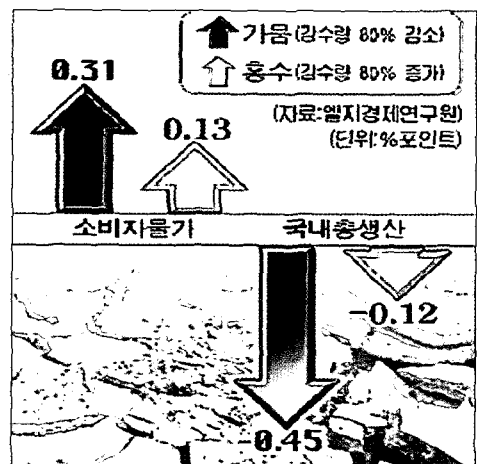


그림 2. 가뭄과 홍수가 경제에 미치는 영향 비교 (LG경제연구원)

가뭄에 의한 경제적인 손실과 영향력은 막대하였음에도 불구하고 홍수 등에 대비해서는 수해방지종합대책 등 국가차원의 사전대책을 마련하여 시행하고 있는 반면, 가뭄에 대해서는 종합적인 사전예방대책 보다는 응급복구 위주로 되어 있고 가뭄상황을 객관적으로 표현할 수 있는 지표도 명확하지 않아 이에 대한 체계적인 연구 및 종합적인 대책마련이 시급한 실정이다.

2. 가뭄관리정보체계의 필요성

우리나라의 가뭄대책은 사전대비보다는 이미 가뭄이 상당히 진행된 후 긴급복구 대책에 의존하고 있다. 앞으로 인구증가, 사회·경제의 고도화 등으로 우리사회는 더욱 더 가뭄에 취약한 환경이 조성될 전망이다. 또한, 이상 기후변화에 의해 가뭄에 대한 취약성은 더욱 커지게 될 가능성이 있다. 지속적으로 반복되는 가뭄이라는 자연재해에 대비하여 체계적이고 조직적인 가뭄경감대책과 통합적인 가뭄관리정보체제로 확장되어야 할 필요성이 있다.

먼저, 가뭄이 본격화되기 전에 대비계획과 가뭄의 진행에 따른 적절한 대응책을 수립하기 위해서는 가뭄심도의 조기 확인과 현재 가뭄상황에 대한 정확한 이해가 필요하다. 가뭄관련 정보가 수자원 전문가와 물 공급 관리자로부터 일반 시민 등에 이르기까지 여러 분야의 사람들에게 가능한 폭넓게 인지될수록 가뭄대처와 피해경감 효과는 증대될 수 있다. 즉, 가뭄의 시·공간적인 전개과정을 조기에 확인하여 물 수요자와 공급자들이 가뭄에 대비함으로써 피해경감을 최대한 유도할 수 있다. 장기적으로는 물의 수요와 공급에 대한 다양한 조건을 적용하여 가뭄기간에도 적절한 용수공급방안을 제시할 수 있는 기술개발이 필요하며, 용수수급과 관련한 이해 당사자가 함께 참여하고, 이들의 요구조건을 최대한 수용할 수 있는 가뭄관리정보체계의 개발이 절실한 실정이다.

가뭄을 발생시키는 기상현상은 인간의 힘으로 통

제할 수 없으나, 가뭄으로 인하여 발생하게 되는 여러 가지 피해는 가뭄의 진행상황을 정확히 파악하고 있다면 최소화할 수 있으며, 최악의 조건에서도 최적의 용수공급을 가능하게 하는 가뭄관리 정보체계는 용수부족으로 인하여 발생하게 되는 지역 간의 물 분쟁을 해결하는 대안을 제시할 수도 있을 것이다.

3. 가뭄관리정보체계 구축의 개요

체계적인 가뭄관리의 필요성이 대두됨에 따라 가뭄 등 재난관리를 위한 법령의 제·개정이 추진되었다. 「재난및안전관리기본법」(2004.3 제정)은 가뭄을 재난에 포함시켜 가뭄의 예측과 정보전달체계를 구축하고, 「자연재해대책법」(2005.8 개정)에서는 가뭄대책 수립 및 가뭄방제를 위한 조사·연구를 시행할 것을 명시하였다.

가뭄 대비의 필요성과 더불어 가뭄관련 사업추진의 근거법령이 마련됨에 따라 건교부와 한국수자원공사에서는 가뭄상황에 대한 정기적인 모니터링 및 객관적 평가를 통해 가뭄관련 정보를 제공하고 대응책을 마련하고자 2004년부터 “가뭄관리정보체계 구축” 연구사업을 추진중에 있다.

3.1 수문학적 가뭄평가기법 개발

가뭄은 수자원에 대한 수요가 공급능력을 초과하는 것을 의미하는 것으로 단순히 강수량의 부족을 의미하는 것이 아니라 댐, 하천, 지하수 등 여러 수문인자의 영향을 받음으로 수문특성에 대한 분석과 평가가 중요하다. 따라서 국내 수문특성에 적합한 가뭄지수의 개발을 위하여 강수량, 댐 유입량, 하천유량, 지하수위 등에 대한 자료분석을 통하여 대기·지표·지하의 수문특성을 모두 반영한 수문학적 가뭄지수인 MSWSI(Modified Surface Water Supply Index)를 개발하였다.

수문학적 가뭄지수(MSWSI)는 지역별 가뭄발생

특성을 표현하는 key station을 선정하고 유역구분 (32개 권역)을 통해 유역별로 가뭄을 평가함으로써 강수량에 의한 기존 가뭄지수(SPI, PDSI 등)의 적용 한계를 극복하고 댐관리를 위한 기초자료로 활용가능한 새로운 개념의 종합적인 가뭄평가기법이다.

또한 2005년까지 32개 권역으로 구분된 소유역을 2006년까지 수자원단위지도 중권역단위인 117개 권역으로 세분하고, 가뭄지수 산정주기도 기존 월(月)단위에서 주(週)단위로 산정함으로써 시·공간적인 가뭄특성을 보다 상세히 표현하여 제공할 예정이다.

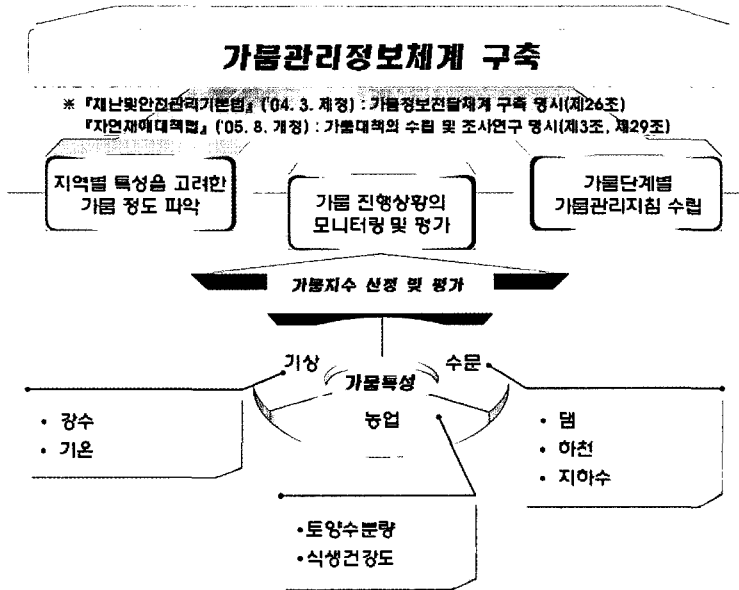


그림 3. 가뭄관리정보체계 구축의 개요

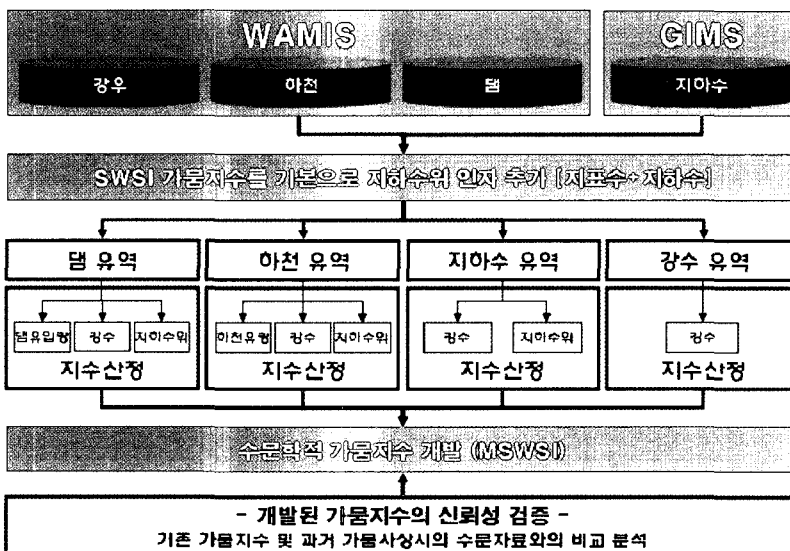


그림 4. 수문학적 가뭄지수(MSWSI)의 산정절차

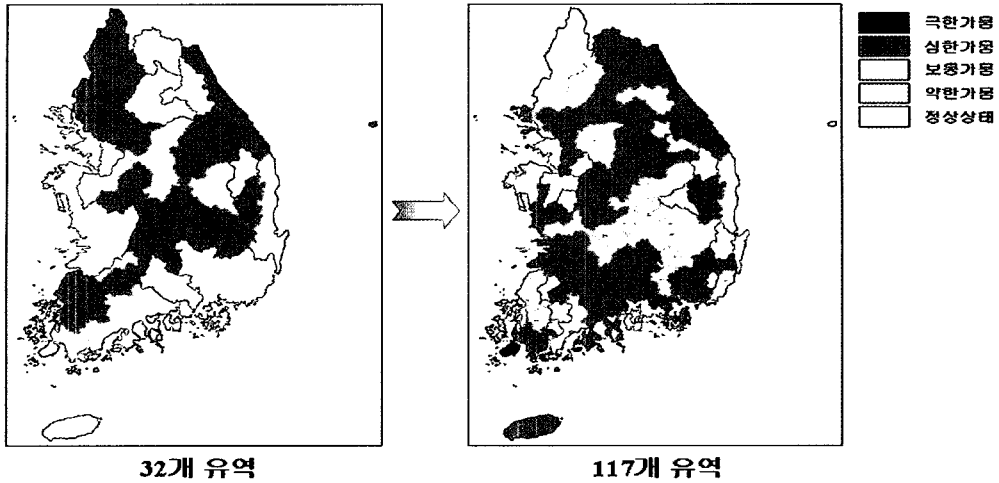


그림 5. 수문학적 가뭄지수(MSWSI) 현황도(2001. 5 현재)

3.2 가뭄지수의 활용을 통한 가뭄모니터링

한국형 가뭄정보시스템을 통하여 가뭄을 모니터링 하기 위한 지표로서, 기존에 여러 연구자에 의해 제

안된 가뭄지수인 SPI(Standardized Precipitation Index), PDSI(Palmer Drought Severity Index) 를 이용할 뿐만 아니라 본 과업에서 새롭게 개발된 지표수 공급지수인 MSWSI를 비교, 검토하여 각 지

표 1. 가뭄단계별 가뭄현황

구분	가뭄단계	가뭄상태	PDSI MSWSI	SPI(3) SPI(6)	가뭄현황
D0	정상	정상상태	-1.0 이상	-0.49 이상	• 평범한 상태
D1	약한 가뭄	가뭄준비	-1.0~-1.9	-0.5~-0.9	• 농작물, 산림성장이 느려짐 • 산불 가능성이 정상보다 높음 • 물이 종종 부족, 농작물이 완전 회복되지 못함 • 하천수위, 저수위, 지하수위가 몇 달째 정상보다 낮게 유지
D2	보통 가뭄	가뭄주의	-2.0~-2.9	-1.0~-1.49	• 농작물이나 산림에 약간의 피해 • 산불 가능성 높음 • 하천유량, 저수지, 우물의 유량이 적음 • 일부 물부족 발생
D3	심한 가뭄	가뭄경보	-3.0~-3.9	-1.5~-1.9	• 농작물이나 산림에 손실 • 산불 가능성 매우 높음 • 하천수위, 저수위, 지하수위가 계속적으로 감소하고 강우예보가 없는 경우
D4	극심한 가뭄	가뭄비상	-4.0이하	-2.0이하	• 농작물이나 산림에 많은 피해 • 산불 가능성 극히 높음 • 물부족에 대응하기 위해 급수제한 시작

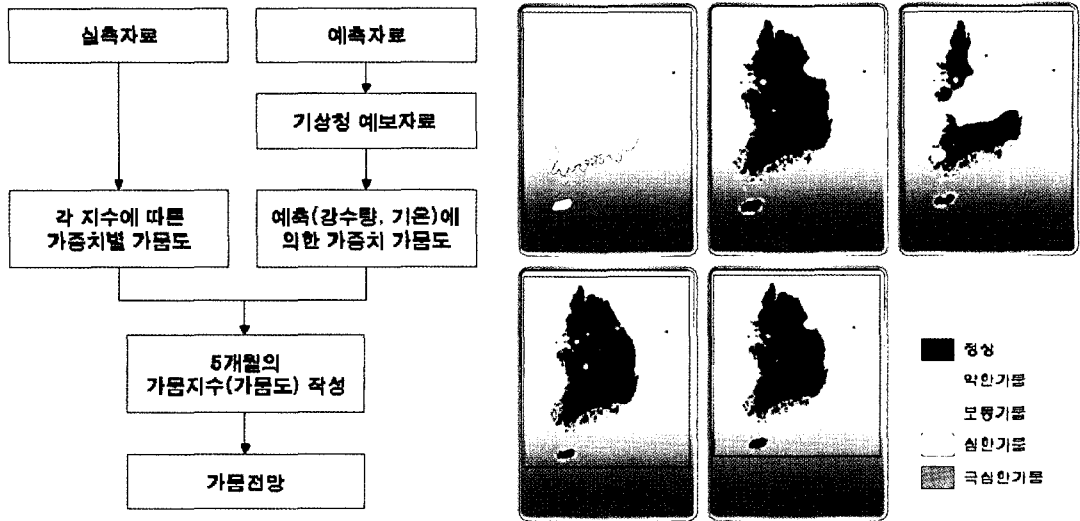


그림 6. 가뭄전망흐름도 및 가뭄전망도

수간에 미치는 영향을 분석하고 각 지수를 조합하여 가뭄상황을 종합적으로 평가할 수 있는 방법을 개발하였으며, 각 지수별 가뭄단계와 각 단계별로 사회, 경제에 미치는 영향을 분석, 대책을 제시하게 된다.

가뭄지수의 전국적인 가뭄 표현 현황을 분석하기 위하여 1971년부터 2001년까지 자료를 이용하여 각 지수별 가뭄심도를 구하고 최근의 가장 극심했던 가뭄과 비교 검토하였다. 이 중에서 PDSI, SPI-3개월, SPI-6개월이 비교적 잘 표현하는 것으로 분석되었으며 보다 세분화된 권역에 적용되는 MSWSI 역시도 수문학적 가뭄을 잘 모니터링 하는 것으로 분석되었다.

이러한 국내 기상, 수문특성에 민감한 가뭄지수를 과거 가뭄사상과 비교하여 검증하고 적용한 사례는 처음 시도된 것으로서 향후 가뭄지수 연구에 새로운 방향을 제시할 것으로 기대된다.

3.3 신개념의 가뭄전망기법(Drought Outlook Technique) 개발

단기 혹은 장기적으로 가뭄을 전망할 수 있는 방법으로 '과거~현재'의 모니터링뿐만 아니라 미래의 진행상황을 파악하는 신개념의 가뭄전망기법을 개발하였다.

가뭄전망을 위해 각 가뭄지수인 PDSI, SPI-3개월, SPI-6개월 등을 이용하여 3개월 후의 가뭄전망도를 작성하였으며 각 지수의 전망을 위해서 기상청의 기상예보 자료를 활용하는 것으로 하였으며 전망 기간에 따라서 몇주의 전망을 가능케하는 단기 및 3-4개월의 전망을 가능케하는 장기 전망으로 구분하여 시스템을 구축하고 있다.

향후 하천유출(직접유출, 기저유출), 저수지 저류량, 지하수량 등을 분리하여 모의할 수 있는 물수지(water balance)모형을 통해 수문학적인 가뭄전망방법을 개발하는 등 보다 신뢰성 있는 가뭄전망도를 제공할 예정이며, 이러한 가뭄전망자료를 통해 가뭄대책의 신속성과 대응능력 제고에 기여하고자 한다.

3.4 웹기반의 가뭄모니터링시스템 구축

가뭄모니터링시스템은 가뭄관리프로그램과 웹기반의 가뭄정보시스템으로 구성된다. 가뭄관리프로그램은 한국수자원공사의 수자원관리종합정보시스템(WAMIS)와 국가지하수정보센터(GIMS)에서 실시간으로 기상, 댐, 하천, 지하수 자료를 취득하여 가뭄지수 산정 및 가뭄현황도를 작성한다. Web 기반의 가

물정보시스템은 가뭄의 정의 및 일반현황과 더불어 실시시간으로 제공함으로써 대국민 가뭄관련 정보제공
 월별, 지역별 가뭄현황 및 전망 등을 인터넷을 통해 서비스를 목적으로 한다.

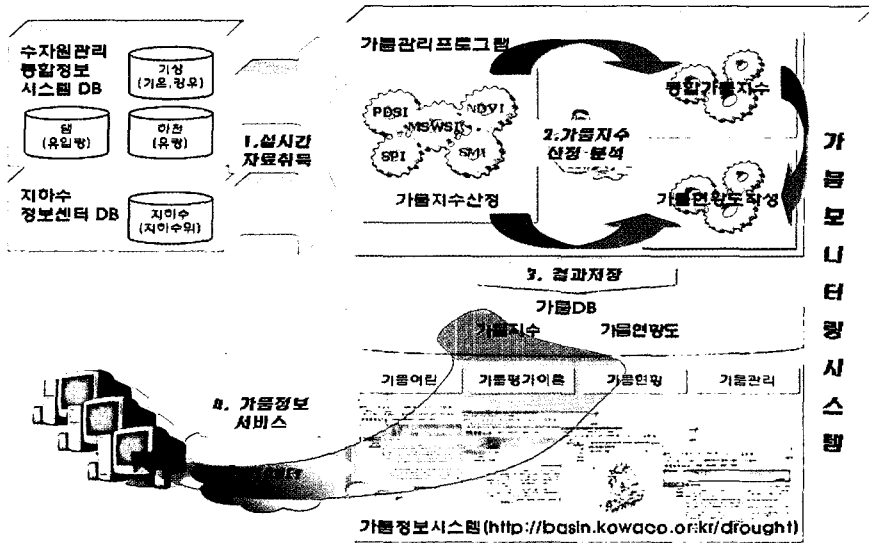


그림 7. 가뭄모니터링시스템 모식도

표 2. 선진국과 비교한 국내 가뭄관리 정보시스템

구 분	국외(美 NDMC)	국 내		
		2004년	2005~2006년	수행기관
가 뭄 지 수	SPI	○	○	수공 등
	PDSI	○	○	수공, 기상청
	SMI	○	○	수공
	DS	○	△	수공
	PNP	○	△	수공
	SVHI	○	○	수공
	MSWSI	△	○(32개권역)	○(117개권역)
정보제공방식	· 6가지 지수 조합 · 가뭄전망제공	· 3가지 지수조합 (2가지 인자포함) · 가뭄전망방법제시	· 5가지 지수조합 (2가지 인자포함) · 가뭄전망방법제시	수공
정보제공범위	· 주(week) 단위 · 주(state)별	· 월(month) 단위 · 유역, 행정구역별	· 주(week) 단위 · 유역, 행정구역별	수공
가뭄대책	· 사전대비 · 경감대책	· 사후응급복구	· 가뭄관리지침 · 물공급모형	행자부, 건교부 등
가뭄정책 등	· 주(state)별 · 국제적 지원	· 재난및안전관리기본법령 제정(2004. 3)	· 자연재해대책법 개정 (2005. 8)	행자부, 건교부 등

※ SPI(표준강수지수), PDSI(파머가뭄심도지수), SMI(토양습윤지수), DS(일하천유량), PNP(경상강수백분율), SVHI(위성식생건강지수)

표 3. 가뭄관리정보 시스템 구축을 위한 중장기계획

I 단계(2004년)	II 단계(2005~2006년)	III 단계(2006년~2009년)
<p>① 수문학적 가뭄평가기법 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기존 가뭄지수 분석 및 수문학적 가뭄지수(MSWSI) 개발 - 과거가뭄사상에 대한 가뭄지수별 검증 - 월(月)단위 가뭄지수 산정 <p>② 가뭄상황의 분석기법 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 통합가뭄지수를 적용한 정량적 가뭄평가기법 개발 - 기상학적 가뭄전망기법 개발 <p>③ 가뭄모니터링시스템 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 관리프로그램, Web시스템 구현 <p>④ 가뭄관리정보체계 구축을 위한 Master Plan 수립</p> <ul style="list-style-type: none"> - 로드맵 작성 및 실용화 방안 제시 	<p>① 신규 가뭄지수 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - SMI, NDVI 적용 - 주(週)단위 가뭄지수 산정 <p>② 가뭄정보의 신뢰도 향상</p> <ul style="list-style-type: none"> - MSWSI의 확대적용 - 수문학적 가뭄전망기법 개발 - 현장조사 시험지역 선정 및 실측을 통한 가뭄지수 검증 <p>③ 가뭄모니터링시스템 보완</p> <ul style="list-style-type: none"> - 가뭄발생특성에 따른 지역구분 - 물공급을 위한 공영시각모형 개발 <p>④ 가뭄관리 가이드라인 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 가뭄관련법령 검토 및 추진계획 수립 - 단계별 가뭄관리 지침 마련 	<p>① 가뭄모니터링시스템 시험운영</p> <ul style="list-style-type: none"> - 가뭄모니터링시스템의 시험운영을 통한 신뢰도 검증(유역별 검증) - 토양수분관측망 확대설치 및 운영 - 지역별 가뭄발생 특성에 적합한 가뭄평가 및 대책수립
		<p style="text-align: center;">IV 단계(2010년)</p> <p>① 통합가뭄관리시스템 구축</p> <ul style="list-style-type: none"> - 각 기관별 정보공유체계 구축 - 유역별 가뭄관리 전문가시스템구축 <p>② 가뭄센터 설립 지원</p> <ul style="list-style-type: none"> - 전담조직 및 운영방안 수립 - 지역별 가뭄관리 및 경감계획 수립

가뭄모니터링시스템은 현재 국내에서 가장 체계적이고 종합적인 가뭄관련정보를 제공하고 있으며 향후 지속적인 업데이트를 통해 해외의 어느 가뭄모니터링 및 가뭄정보 운영시스템과 비교해도 손색이 없을 정도의 가뭄관련 종합정보시스템으로 발돋움할 예정이다.

4. 향후 추진계획

2004년도(1단계)에는 가뭄상황을 종합적으로 모니터링하고 가뭄상태를 정량적으로 평가할 수 있는 가뭄관리모니터링체계를 수립하였다. 또한 2005~2006년도(2단계)에는 토양수분정보(Soil Moisture Index, SMI) 및 위성영상자료를 활용한 새로운 가뭄평가기법 개발하고 가뭄발생시 물공급모형 개발 등을 통해 대기, 지표, 토양, 지하의 수직적인 수문특성과 강수, 댐, 하천, 지하수유역 등 수평적인 수문특성을 모두 아우르는 선진국형 통합가뭄관리시스템을 구축할 예정이다.

현재의 가뭄모니터링시스템에서 제공하는 자료는 아직 초기단계에 불과하다. 따라서 2006년~2009년까지 4대권역별로 시험운영하여 기상, 하천, 지하수위, 토양수분량 등 가용한 자료를 현장 모니터링하고 실측자료와의 비교를 통해 지속적으로 보완할 예정이다.

5. 국가 가뭄정보센터 설립 지원

현재 가뭄관리를 전담하는 별도의 정부기관이 존재하지 않아 각 기관별로 효율적인 가뭄관리를 하지 못하는 실정이다. 미국의 경우 1995년 국립가뭄경감센터(NDMC)를 설치하여 미국 전역의 가뭄 모니터링과 예보, 가뭄경감대책의 수립 등 국가 차원의 가뭄관리를 추진하고 있다.

따라서, 국내 각 기관별 정부공유체계를 구축하는 동시에 가뭄상황을 모니터링하고 국가차원의 대책을 총괄하는 가칭 '국가가뭄정보센터(National Drought Information Center)'의 설치·운영이 요구되며

2010년에는 센터설립에 필요한 지원 연구를 수행할 예정이다. 🌀

참고문헌

건설교통부 (1995). 가뭄기록조사 보고서.
건설교통부 (2002). 가뭄기록조사 보고서.
건설교통부, 한국수자원공사 (2005), 가뭄관리모니터링 체계 수립 보고서.
류재희, 이동률, 안재현, 윤용남 (2001). “가뭄평가를 위한 가뭄지수의 비교 연구”, 한국수자원학회 학술 발표회 논문집, pp. 122-127.
임경진, 심명필, 성기원, 이현재 (2001). “다양한 시계열

을 이용한 가뭄지표 산정” 한국수자원학회 논문집, 제 34권, 제6호, pp. 673-685.
한국수자원공사 (2001), 2001년 가뭄기록조사 보고서
한국수자원공사 (2002). 가뭄관리 종합대책 수립연구 보고서, pp.48-128.
Guttman, N. B. (1998), “Comparing the Palmer Drought Index and the Standardized Precipitation Index”, J. of the American Water Resources Association, 34(1), pp. 113-121.
MaKee, T. B., Doesken, N. J., and Kleist, J. (1995), “Drought Monitoring with Multiple Time Scales Preprints,” 9th Conference on Applied Climatology, 15-20 January, Dallas, TX, pp. 233-236.

