

지속가능한 녹색성장을 위한 수재해 관리 방안



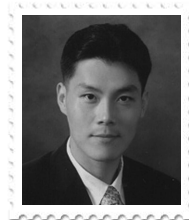
오 태 석
서울시립대학교 토목공학과 박사후과정
taesuk79@gmail.com



문 장 원
서울시립대학교 토목공학과 석사과정
mrmoon@uos.ac.kr



문 영 일
서울시립대학교 토목공학과 교수
ymoon@uos.ac.kr



권 현 한
전북대학교 토목공학과 조교수
hkwon@jbru.ac.kr

1. 서언

새로운 2000년대를 맞이하여 십여 년이 흐른 지금, 녹색성장은 우리나라의 최우선적인 정책적 과제이면서 지속가능한 성장동력 발굴을 위한 최대의 화두임을 의심할 수 없는 상황이다. 따라서 대규모의 국책사업부터 신성장 에너지 사업 등에 거쳐 녹색성장을 위한 다각적인 검토와 새로운 기술에 대한 끊임 없는 노력이 절실히 요구되는 시점이라 할 수 있다.

녹색성장은 석유를 대체할 수 있는 새로운 에너지를 개발하고 이를 활용하여 전세계가 지속적으로 풍요로움과

인간다움을 유지할 수 있도록 해야 하며, 이산화탄소의 배출을 저감시킴으로써 지구온난화의 속도를 조절할 수 있게 하는 것이라 할 수 있다. 토목사업에서도 녹색성장을 위해서 다각적인 검토와 노력이 필요하다. 최근에는 지구 온난화에 따른 기후변화로 말미암아 과거에 유래를 찾기 힘든 가뭄이나 호우 같은 극한 사상의 발생 빈도가 보다 빈번해지고 있으며, 발생특성 및 양상이 급격하게 변화하고 있는 실정이라 할 수 있다.

따라서 지속가능한 녹색성장을 지속적으로 영위하기 위해서는 홍수나 가뭄으로부터 안전한 국토의 건설이 필수적이라 할 수 있다. 그러므로 본 논고에서는 우리나라의

과거 관측자료가 존재하는 기간 동안에 발생한 가뭄과 이상강우의 발생 빈도를 살펴보고 이에 대비하기 위한 방안을 마련할 필요성을 역설하고자 한다.

2. 녹색성장을 위한 가뭄관리 방안

가뭄을 단지 물리적인 현상이나 자연현상으로 보아서는 안 된다. 가뭄은 자연현상과 물에 대한 수요 간의 상호작용으로 인해 사회에 영향을 미친다. 인류는 자주 가뭄의 영향으로 고통 받아 왔으며, 최근 개발도상국과 선진국 모두에서 볼 수 있는 가뭄은 경제적, 환경적 영향 그리고 개인에 대한 고통까지 모든 사회가 이러한 자연재해에 경험하며 취약함을 분명히 보여주고 있다. 즉 가뭄은 인간이 극복하기 힘든 자연재해로서 가뭄지역의 경제를 어렵게 할 뿐 아니라 생태계까지 파괴하기 때문에 전 세계적으로 가장 두려워하는 관심 재해 중 하나다. 가뭄을 단순히 한 두 마디의 단어로 정의하기는 매우 어렵지만, 가뭄은 비가 오랫동안 오지 않거나, 적게 오는 기간이 지속되는 현상으로 인식되고 있다. 일반적으로 가뭄이 들었다고 표현할 때에는 단순히 장기간의 강수량 부족으로 가용수자원이 부족해진 경우를 말하며, 가뭄을 장기간의 물 부족 상태로 정의할 수 있다. 이러한 정의를 내리는 것은 가뭄을 연구하는데 있어서 매우 중요한 일이기 때문에 적절하고 보편적인 정의를 고안하기 위해 학문분야의 관심에 따라 여러 가지 정의가 제시되고 있다.

개념적 가뭄의 정의는 미국 기상국(U.S Weather bureau)에 따르면, 가뭄이란 어느 지역의 동식물 생육에 저해를 가져올 수 있을 정도로 강수의 부족이 매우 심각하게 장기간 지속되는 상태이거나 생활용수와 수력발전에 필요한 용수를 정상적으로 확보하지 못한 상태로 정의하고 있다. 또한 실생활과 직접 연관되는 용수용량에 공급량의 부족을 기준으로 한다면 가뭄은 “이용 가능한 수자원이 어떤 지역에서 유의할 만한 기간 동안 비정상적으로 적은 상태(Salas, 1985)”라고 정의하였다.

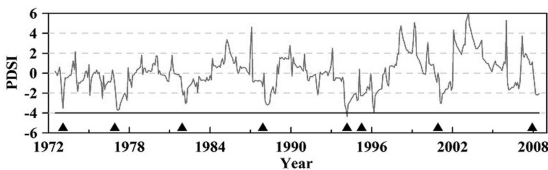
가뭄을 구분하는 관점에는 여러 가지가 있으나 우리의 물 이용습관이나 생활과 관련지어 고려해야 된다. 수자원 공학 측면에서 보면 물의 주요 공급원인 하천유출과 저수지 저수량의 결핍현상이 주된 인자가 되며, 수문학적 관점에서 보면 강수량 부족과 그로 인한 유출량 결핍을 가뭄의 지표로 삼게 된다. 농업 및 임업 등 관개측면에서 보면 토양수분변화와 식물의 한계 생장조건 등이 주된 인자가 되지만, 홍수 발생시에도 평년 이상의 홍수량보다 작은 양의 홍수가 발생하는 경우 가뭄현상으로 간주하게 된다. 또 용수의 수요 및 공급의 불균형에 의한 용수공급 부족 시에도 가뭄현상으로 취급하게 된다. 이처럼 가뭄을 단순히 한 두 마디의 단어로 정의하기는 매우 어렵고 여러 면에서 일반 자연재해와 다른 특성을 가지고 있다. 첫째, 가뭄의 영향은 상당기간 동안 서서히 누적되어 나타나고 가뭄이 해결된 후에도 수년 동안 파급효과가 나타날 수 있기 때문에 가뭄의 시작과 종료를 결정하기가 어렵다. 따라서 가뭄을 잠행현상(Insidious Phenomenon)이라고도 한다. 이는 기후 및 수자원 전문가와 가뭄관리 담당자들이 언제 가뭄을 선언하고 종료할 것인가의 결정을 어렵게 하는 요인이다. 둘째, 가뭄을 정확하고 통일되게 정의하는 것이 어렵기 때문에 현재가 가뭄상황인지 아닌지에 대한 혼란을 증폭시킨다. 가뭄에 대한 정의는 많이 있으나 이들 대부분은 가뭄 전문가들과 관리자들이 현장에서 이용하는데 비효율적이다. 따라서 가뭄의 선언기준들은 다분히 임의적일 수 있다. 이와 같은 문제는 가뭄을 정의하는 사람들이 가뭄에 대한 잘못된 개념과 실제 가뭄상황에서 다른 전문가 또는 학문 분야에서는 어떻게 정의하는가에 대한 검토가 부족하기 때문이다. 이와 같은 가뭄관리의 어려움은 기상, 수자원, 농업 및 사회·경제 각 분야의 가뭄관리 담당자들이 서로 다른 가뭄의 정의를 가지고 있고, 모든 학문 분야 또는 현장에 적용될 수 있는 명확하고 일괄된 가뭄에 대한 정의가 어렵다는 것을 말하고 있다.

따라서 대표적인 기상학적 가뭄의 대표적인 가뭄지수라고 할 수 있는 팔머가뭄지수(Palmer Drought

Severity Index, PDSI), 표준강수지수(Standardized Precipitation Index, SPI), EDI(Effective Drought Index)을 선정하여 가뭄지수의 산정하여 비교해 보았다. 대상자료는 우리나라의 61개 기상관측소에서 관측한 일강우량과 일평균기온자료를 이용하였다.

Palmer(1965)는 가뭄을 “장기간의 이상수분부족”으로 정의 하였으며, 이상습윤부족은 “정상적인 기후에서 현저하게 벗어난 비정상적인 습윤부족 기간” 이라고 정의 하였다. 이는 일반적으로 사소한 불편이나 고통 등을 발생시키는 수분부족이 아니라, 수분의 부족이 심하여 인명 또는 재산의 손실을 야기하는 현상으로써, 최소한 2~3개월에서의 일반적으로 1년 이상 장기간의 수분부족이 지속되는 것을 의미한다. 이러한 가뭄의 정의를 통해 가뭄의 심도를 수분부족량과 수분부족기간의 함수로 나타내었다.

가뭄기록 보고서(2001), 수자원공사의 가뭄 관리 모니터링 체계 수립 보고서(2005), 농림부(2001)에서 조사한 가뭄피해 조사를 토대로 70년대 이후에 가뭄이 발생한 연도를 1973년, 1977년, 1982년, 1988년, 1994년, 1995년, 2001년도와 최근 가뭄이 발생한 2008년을 포함하여 1973년부터 2008년까지의 팔머가뭄지수 자료와 비교 분석을 수행하였다. 다음 그림 1은 1973년 이후에 전국에 대하여 가뭄지수를 산정한 결과이다. 분석결과 아래의 ▲는 우리나라에 가뭄이 발생한 해를 표시하였다.



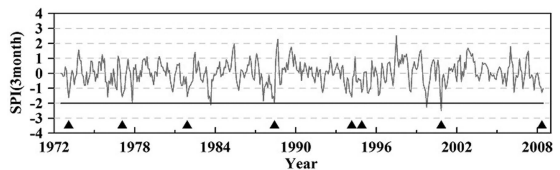
〈그림 1〉 1973년 이후 전국 PDSI 가뭄지수의 평균

PDSI(Palmer Drought Severity Index) 가뭄지수의 전국평균에 대한 PDSI의 분석결과, 73년, 77년, 82년, 88년, 94년 01년도에 -3이하의 값을 보이며 심한가뭄을 나타나는 것으로 분석되었다. 08년도에는 -2이하의 값을 보이며 보통가뭄을 보이고 있다.

SPI는 가뭄이 상대적으로 물의 수요에 비해 물의 부족

을 유발하는 강수량의 감소에 의해 시작된다는 것에 착안하여 McKee 등(1995)에 의해 개발되었다. 즉, 강수량이 부족하면 용수 공급원인 지하수량, 적설량, 저수지 저류량, 토양 함유수분, 하천 유출량 등에 각기 다른 영향을 미친다는 것으로부터 표준강수 지수를 개발한 것이다.

기상청 관할에 있는 61개 강우관측소의 강우자료를 이용하여 각 지점에 대하여 SPI(Standardized Precipitation Index) 가뭄지수를 3개월로 구분하여 산정하였다. SPI(Standardized Precipitation Index)가뭄지수의 전국평균에 대한 분석결과, SPI(3개월)지수가 가뭄이 발생했던 해 인 73년, 77년, 82년, 88년, 94년, 01년도에는 -1.5이하의 값을 보이면 과거 가뭄사상과 일치하는 것으로 분석되었다.

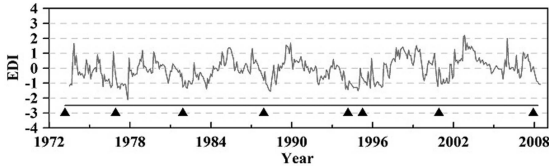


〈그림 2〉 전국평균 SPI(3개월) 평균 분석결과

가뭄은 수자원(주로 지표수와 지하수)의 부족으로 발생한다. 이 수자원은 강수나 증발과 같은 요인으로 매일 변하기 때문에 ‘지속성’의 개념으로 계산되어야 한다. 그렇지만 기존의 PDSI, SPI, CMI, Deciles 등과 같은 가뭄지수들은 시간규모가 주 또는 월 단위로 어떤 특정 기간의 기상학적 평균에 대한 강수 부족만을 평가하고 있다. 가뭄은 강수량뿐만 아니라 강수의 시간적 집중도가 함께 계산되어야 한다. 즉, 양의 시간적 변화가 고려되어야 하는 Intensive Measure이다. 그런데 이런 가뭄 강도를 Intensive Measure로 하여 계산된 가뭄지수가 바로 EDI이다.

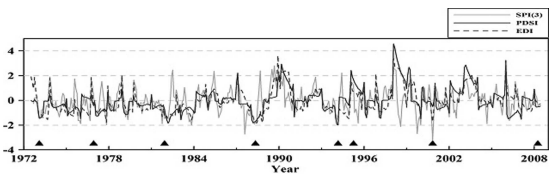
EDI(Effective Drought Index)는 Byun and Wilhite(1999, J. of Climate)이 제안한 방법으로 강수로 인해 생긴 수자원을 시간에 따른 손실을 감안하면서 일 년 이상의 기간 동안 누적하여 이를 평년치와 비교하는 방법으로 가뭄강도를 계산한다. 단지 강수량을 이용하여 일별

가뭄의 정도를 파악할 수 있고 계산과정이 간단한 장점이 있다. 전국평균 EDI지수는 77년, 82년, 88년, 94년, 95년, 01년, 08년에 -0.7이하의 값을 나타내면서 보통 가뭄과 심한가뭄이 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

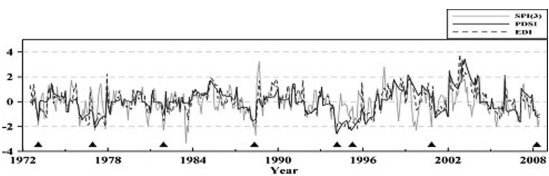


〈그림 3〉 EDI 전국평균 분석결과

앞에서 산정한 표준강수지수(Standardized Precipitation Index, SPI), 팔머가뭄지수(Palmer Drought Severity Index, PDSI), EDI(Effective Drought Index)의 가뭄분류가 모두 다르기 때문에 Z-score 기법을 통해 비교분석을 실시하였다. 또한 산정한 가뭄지수가 갖는 분산을 일치시켜 비교하기 위하여 표준화를 수행하였다. 다음 그림은 Z-score 기법을 통해 산정된 가뭄지수를 각 지점별로 각각의 가뭄지수의 비교분석결과를 도시하였다.



〈그림 4〉 서울지점 비교분석결과

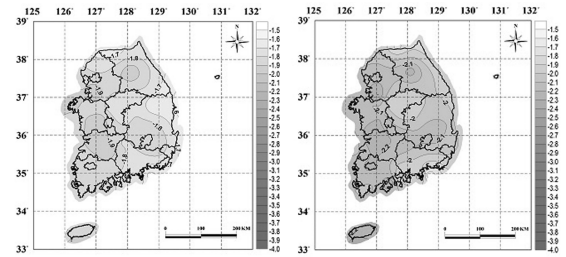


〈그림 5〉 대구지점 비교분석결과

표준화를 통해 각각의 가뭄지수의 비교분석결과, SPI(3개월)지수는 독립적인 지수의 변화를 보였으나, PDSI지수와 EDI지수는 가뭄의 심도에서 PDSI지수가 EDI지수보다 가뭄의 심도가 크게 나오는 차이가 있지만은 변화경향은 대부분 일치하는 것으로 분석되었다. 또한, 각각의 가뭄지수는 지역에 따라 가뭄지수의 심도가 다르게 분석

됨에 따라 가뭄에 의한 피해가 큰 지역을 쉽게 구분할 수 있었으며 가뭄이 발생한 해와 거의 일치하는 것을 확인할 수 있었다.

산정된 EDI를 이용하여 연최저치계열을 구성하여 경계핵밀도함수(boundary kernel density function)를 이용하여 빈도해석을 수행하였다. 분석 자료는 일별로 가뭄지수를 산정할 수 있는 EDI를 이용하였다. 경계핵밀도함수를 이용한 빈도해석 결과에서 극심한 가뭄을 나타내는 -2.0 이하의 값은 5년빈도와 10년 빈도의 사이에 대부분 분포하는 것으로 나타났다. 이는 가뭄이 평균적으로 5년에서 10년 사이의 재현기간을 가지며, 극심한 가뭄상태가 반복되어 발생할 수 있는 가능성이 매우 큼을 의미한다. 따라서 가뭄에 의한 피해를 최소화하기 위한 대비가 필요한 것으로 판단된다.



〈그림 6〉 재현기간 5년의 EDI 가뭄지수 〈그림 7〉 재현기간 10년의 EDI 가뭄지수

대표적인 기상학적 가뭄지수를 비교한 결과에서 여러 가뭄지수를 종합적으로 이용함으로써 기상학적 가뭄을 판단할 수 있을 뿐만 아니라, 미래의 가뭄을 전망하는데 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 이러한 가뭄사상은 반복적으로 한반도에 발생하므로 이에 대한 대비를 철저히 하기 위해서 댐 건설과 천변 저류지 조성 등을 통해 수자원확보를 위한 지속적인 노력이 절실히 요구된다고 할 수 있다.

3. 녹색성장을 위한 이상강우 관리 방안

장·단기 수자원계획과 수공구조물의 설계를 위하여 확률강우량의 산정은 매우 중요한 과정 중의 하나이다. 과거의 여러 수문 사상에 대한 통계적인 분석을 통해서 수공

구조물들의 설계 빈도를 결정하는 우리나라의 현실에서 사용된 수문 사상의 자료기간에 따라 확률 값은 큰 차이를 보일 수 있다. 특히 최근에 발생한 주요 호우사상의 포함 여부에 따라 서로 다른 설계빈도가 산정된다. 그러므로 관측 자료기간을 달리하여 빈도 해석한 결과를 비교함으로써 우리나라의 확률강우량의 변화특성에 대한 분석이 필요하다. 또한, 최근에 발생하는 주요호우사상은 과거에 비해 그 크기와 발생특성이 변화하고 있는 추세이다. 따라서 지금까지 관측된 강우자료를 활용하여 지구온난화에 따른 기후변화의 효과에 대한 분석이 필요하다. 따라서 자료기간에 따라 확률강우량을 산정해 비교해 보고, 기준강우량을 초과하는 호우사상의 발생횟수를 살펴보았다.

3.1. 자료 기간에 따른 확률강우량 비교

관측자료기간에 따라서 확률강우량을 산정하였다. 분석 방법은 각 대상강우관측소의 자료기간은 최근부터 5년 간격으로 구분하여 확률강우량을 산정하고 산정결과를 비교하였다. 지점의 자료를 비교, 분석하기 위하여 자료

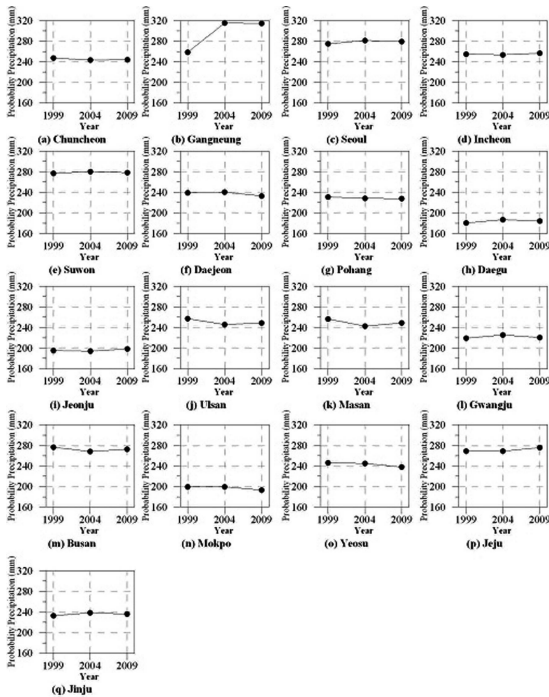
전체(~2009년), 전체자료에서 최근 5년을 제외(~2004년), 전체 자료에서 최근 10년 자료 제외(~1999년)하여 자료기간을 3가지로 분류하였다. 추출된 강우자료에 대한 통계적 특성을 파악하기 위해서 기본적인 통계값이라 할 수 있는 평균, 표준편차를 계산하고, 무작위성(Randomness)을 검토하였다.

구분된 자료기간에 따라 관측된 강우자료를 지속시간 별로 연최대치 자료를 추출하여 빈도해석을 수행하였다. 각 확률분포형별로 모멘트법, 최우도법 및 확률가중모멘트법으로 매개변수를 추정하였다. 모멘트법, 최우도법, 확률가중모멘트법의 매개변수는 큰 차이를 보이지는 않았으나, WMO(World Meteorological Organization)에서 추천한 확률가중모멘트법(method of probability weighted moments, PWM)에 의해 추정된 매개변수를 이용하였다. 분포형별로 실제 강우 자료와의 적합성을 판단하기 위해 χ^2 검정, K-S 검정, CVM 검정 및 PPCC 검정을 통해 적합도 검정을 수행하였으며, 그 결과 Gumbel 분포형의 적합도가 가장 뛰어난 것으로 분석되었다. 각 지

[표-1] 자료기간과 지속시간에 따른 지점별 평균 강우량

Duration	YEAR	춘천	강릉	서울	인천	수원	대전	포항	대구	전주	울산	마산	광주	부산	목포	여수	제주	진주
1hour	1999yr	35.9	32.5	49.1	44.6	45.1	46.6	30.9	34.5	42.4	37.4	44.8	41.5	48.8	36.9	44.0	41.3	43.4
	2004yr	37.0	35.0	50.9	45.0	45.8	47.2	31.4	34.5	43.7	37.0	45.6	41.6	48.6	37.1	43.6	40.9	44.0
	2009yr	37.6	36.0	50.1	44.8	45.9	45.8	33.2	35.4	44.0	37.1	46.8	42.9	50.5	37.0	43.7	43.2	44.2
3hour	1999yr	61.5	59.2	87.4	78.8	78.6	76.1	54.8	54.6	65.2	66.4	80.5	67.2	81.5	61.5	74.2	72.2	73.2
	2004yr	63.4	64.7	91.1	79.6	79.4	77.5	56.8	55.2	66.9	65.7	77.2	68.5	81.2	62.0	73.7	72.6	74.6
	2009yr	64.2	67.1	89.4	77.9	78.8	76.5	57.4	56.4	68.1	67.1	80.5	69.9	84.0	61.4	73.7	75.3	76.0
6hour	1999yr	87.4	86.2	114.7	103.7	105.1	99.4	76.6	70.2	85.9	96.0	111.2	90.7	113.5	81.9	101.9	101.0	100.6
	2004yr	88.7	95.2	118.4	104.2	106.7	99.8	78.8	71.8	88.7	94.0	106.3	93.7	112.1	82.4	101.8	102.4	102.7
	2009yr	90.4	97.6	117.0	102.7	106.9	98.8	79.1	72.1	90.3	95.1	111.4	94.5	115.2	81.3	101.7	105.9	104.4
12hour	1999yr	121.1	122.5	142.3	129.1	137.9	127.6	105.7	92.6	108.3	127.2	139.8	115.7	146.0	107.0	131.6	135.9	132.1
	2004yr	122.4	134.8	145.8	131.0	141.0	129.1	107.4	94.2	110.2	123.6	133.6	119.0	142.9	108.5	131.3	137.9	134.8
	2009yr	124.6	137.9	145.4	131.1	141.3	126.7	107.6	94.8	112.6	125.5	139.2	119.1	145.6	106.5	130.0	141.3	136.9
24hour	1999yr	156.7	164.9	171.0	152.2	174.5	152.1	139.1	118.8	131.2	158.9	174.1	145.2	174.2	132.5	162.9	165.5	159.4
	2004yr	157.8	183.4	175.1	153.9	175.6	155.0	140.1	123.9	131.2	154.8	172.2	148.5	171.7	133.6	164.2	167.7	164.6
	2009yr	159.8	185.5	174.7	155.8	175.2	152.0	138.8	122.7	133.4	155.5	174.3	146.9	174.3	130.5	160.2	169.2	165.1
48hour	1999yr	198.9	204.0	199.6	180.2	195.1	174.7	158.4	138.6	154.1	181.7	196.6	172.7	194.8	151.9	183.6	190.7	189.1
	2004yr	200.3	221.7	206.4	183.3	207.2	179.9	159.5	144.0	154.9	178.1	196.8	175.0	192.8	152.2	184.4	193.0	192.4
	2009yr	200.8	221.8	205.7	185.4	207.9	176.3	158.4	144.6	157.0	180.0	201.2	174.5	197.1	150.7	181.8	196.0	195.6
72hour	1999yr	219.4	220.4	224.8	199.5	223.2	193.9	167.5	150.4	167.8	193.7	209.7	187.3	208.0	165.2	198.2	205.0	205.4
	2004yr	220.6	240.8	233.3	204.3	225.9	198.6	170.2	156.8	169.5	192.2	213.5	190.6	207.5	166.2	199.6	207.1	207.6
	2009yr	226.2	241.7	232.7	205.0	228.1	197.6	170.6	157.0	171.9	194.9	216.4	189.3	211.5	164.3	197.4	211.1	211.2

점의 확률강우량의 비교 분석을 위해 우리나라 대부분의 지점의 적정 확률분포형인 Gumbel분포를 최적분포형으로 자기기간별 지속시간 1, 3, 6, 12, 24, 48, 72시간의 재현기간 2, 5, 10, 30, 50, 100, 150, 200년 빈도에 대한 확률강우량을 산정하였다. 다음 그림은 각 지점에 대해 자료기간별로 빈도 해석한 결과를 재현기간 10년, 지속시간 24시간을 나타낸 결과이다.



(그림 8) 지속시간 24시간, 재현기간 10년의 확률강우량 변화

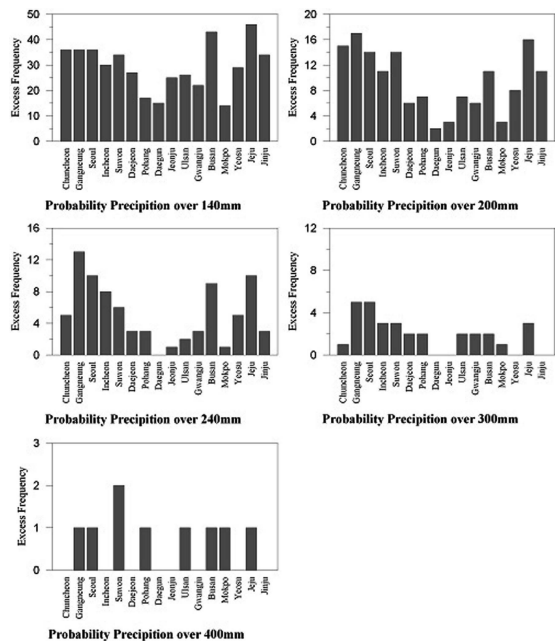
위의 그림은 재현기간이 10년일 때 동일 지속시간에서 지점별 자료 보유에 따른 확률강우량의 변화를 나타낸다. 지점별로 산정된 확률강우량의 경년별 변화 특성은 상이한 결과를 보여주었다. 그러나 약 8개 이상의 지점들에서 최근자료를 반영한 결과의 확률강우량이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 최근의 지구온난화 등에 따른 기후변화로 극한 호우 사상의 발생이 과거에 비해 커지고 있기 때문인 것으로 판단된다.

3.2. 기준강우량을 초과하는 호우사상의 발생횟수 비교

기준강우량을 초과하는 호우사상의 발생 횟수의 분석을 위해 관측 지점과 관측년도에 따른 초과횟수를 산정하여 비교분석을 수행하였다. 앞에서 산정한 확률강우량 16개 지점의 확률강우량 값을 이용하여 1970년부터 2009년까지 총 40년 동안 관측된 자료를 사용하여 기준강우량 초과횟수를 산정하여 경향성을 분석하였다. 기준강우량을 결정하기 위해서 지속시간과 재현기간별로 평균을 산정하였고 그 값에서 가장 가까운 10의 배수를 기준으로 정하여 아래 표를 정리하였다. 예를 들면, 지속시간 1시간 일 때 재현기간 2년에서 모든 지점의 평균값은 39.8mm이다. 이 값을 10의 배수로 반올림하면 40mm가 된다.

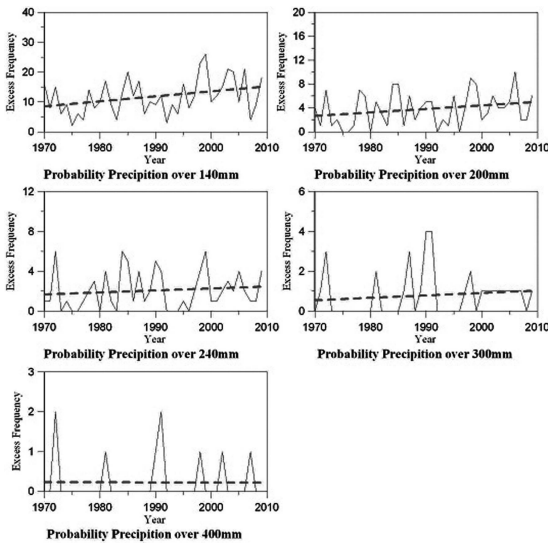
(표-2) 지속시간과 재현기간별 강우강도의 초과 기준

구분	지속시간(hr)						
	1	3	6	12	24	48	72
강우량 (mm)	40	60	90	120	140	170	180
	50	90	120	160	200	240	260
	60	100	140	190	240	280	310
	70	130	180	240	300	350	380
	100	180	250	320	400	480	520



(그림 9) 기준 강우량을 초과하는 지속시간 24시간의 호우사상 발생 횟수

기준강우량을 초과하는 발생횟수를 지점별로 지속시간 별 기준강우량별로 추출하였다. 추출된 분석 결과 중에서 24시간에 해당하는 결과를 다음과 같이 도시하였다. 기준 강우강도를 초과하는 지속시간별 호우사상의 발생 횟수를 지점별로 살펴본 결과 지역마다 다른 강우형태, 입지 등으로 인하여 서로 다른 결과를 얻을 수 있었다.



〈그림 10〉 연도별 기준 강우강도를 초과하는 지속시간 24시간의 호우사상 발생 횟수

위 그림을 보면 경향성은 모든 결과에서 기준 강우강도를 초과하는 횟수가 점차 증가하는 것을 볼 수 있었다. 그리고 더욱 정확한 분석을 위해 분석 총 자료(40년)를 반으로 나누어 전반부(1970~1989년)의 평균과 후반부의 평균(1990~2009년)을 비교하였으며 아래 표와 같다.

자료를 분할하여 분석한 결과에서도 마찬가지로 전반부(1970~1989년)의 평균보다 후반부(1990~2009년)의 평균이 높게 나왔다. 이는 호우사상의 변화를 나타내고 전

반부에서 후반부로 갈수록 강우강도의 증가를 나타낸다. 따라서 기후변화로 인하여 발생하는 호우사상의 발생빈도가 보다 빈번해지고 있음을 확인할 수 있다. 따라서 과거로부터 건설되어 유지관리되고 있는 다양한 형태의 수공구조물에 대한 안전성평가와 적절한 치수대책을 마련함으로써 지속가능한 녹색성장을 위한 안전한 국토관리를 꾀할 필요가 있다.

4. 결론

지속가능한 녹색성장은 한반도에 살고 있는 우리 국민이 21세기를 넘어 다가올 미래에 끊임없는 성장을 위한 필수불가결한 고려 요소이다. 따라서 앞으로의 우리나라에 입안되는 정책과 SOC 건설 등에 필연적으로 고려해야 하는 우선사항이 될 것이며, 이를 위해 많은 공학자들이 지속적으로 노력해야하는 숙원사업이라 할 수 있다. 다양한 토목사업 중에서 수자원분야에서는 녹색성장을 위해 다가오는 지구온난화에 따른 기후변화에 대비하기 위해서 작게는 전국토에 걸쳐 있는 댐과 하천을 안전하게 관리해야 하며, 넓게는 물의 이용과 관리에 관계된 다양한 사업에서 지속가능한 녹색성장을 꾀할 수 있는 여러 방안을 함께 마련하여야 한다.

지속가능한 녹색성장을 위해서는 앞으로 다가올 수 있는 지구온난화에 따른 기후변화에 대비하여 안전하고 편리한 환경을 대한민국 국민이 누릴 수 있도록 인프라를 구축하는데 있어 토목공학자로서의 노력을 게을리 해서는 아니된다.

〈표-3〉 자료 분할에 따른 초과횟수의 평균

구분	1				3				6				12				24				48				72											
	40	50	60	70	100	60	90	100	130	180	90	120	140	180	250	120	160	190	240	320	140	200	240	300	400	170	240	280	350	480	180	260	310	380	520	
1970년 ~1989년	13.4	4.7	1.8	0.7	0.0	14.2	4.0	2.7	0.6	0.0	10.1	4.0	2.6	0.8	0.1	8.8	3.7	2.0	0.6	0.2	10.3	3.4	2.0	0.6	0.2	8.7	3.4	2.0	0.8	0.1	9.2	3.5	1.7	0.7	0.1	
1990년 ~2009년	17.4	7.4	3.6	1.8	0.2	18.3	4.7	3.3	1.0	0.3	12.7	5.0	3.1	1.0	0.3	11.6	4.7	2.4	1.0	0.4	13.2	4.2	2.2	1.0	0.3	12.1	4.5	2.5	0.9	0.3	13.0	4.8	2.2	1.1	0.4	
상대 오차	29.9 %	57.4 %	100 %	157 %	-	28.9 %	19.0 %	24.5 %	72.7 %	-	25.2 %	26.6 %	19.6 %	18.8 %	400 %	31.8 %	27.4 %	20.5 %	66.7 %	133.3 %	28.2 %	25.4 %	10.3 %	10.3 %	81.8 %	1000 %	38.5 %	34.3 %	28.2 %	12.5 %	5000 %	40.8 %	35.7 %	33.3 %	61.5 %	7000 %

한반도는 지금 지구온난화로 인한 기후변화에 의해 많은 영향을 받고 있다. 과거로부터 발생되어 수십년간의 데이터가 축적되어 있는 지금 상황에서 과거에 발생한 이상치보다 극한사상가 발생할 수 있는 가능성이 점차 농후해지고 있다고 할 수 있다. 특히, 과거에 유례를 찾아볼 수 없는 가뭄이 발생하여 수자원관리에 큰 영향을 끼침으로써 제한급수 등과 같은 피해를 야기 시킬 수도 있으며, 막대한 강우가 짧은 지속시간동안에 발생함으로써 재해 취약지역에 거주하는 국민들의 재산권과 생명권이 침해될 수도 있다.

따라서 우리나라가 지속가능한 녹색성장을 영위함으로써 풍요롭고 안전한 21세기를 통해 앞으로 수백년 또는 수천년간 평안하고 행복한 국토를 건설하기 위해서는 풍수해로부터 안전하고 가뭄으로부터 충분한 수자원을 확보할 수 있는 지속적인 연구와 정책적 배려가 필요한 시점이라고 할 수 있다. 이를 위해서 공학자로서의 정밀한 분석 결과와 공학적 마인드를 통해 지속가능한 녹색성장을 위한 다양한 연구가 진행되어야 하며, 이를 적극 반영한 법개정 및 정책 결정을 위한 뒷받침이 끊이지 않아야 함을 항상 인식하고 이를 위한 노력을 게을리 하지 않아야 한다.