Journal of the Korean Society of Civil Engineers
Vol. 34, No. 4: 1117-1123/ August, 2014
DOI: http://dx.doi.org/10.12652/Ksce.2014.34.4.1117

ISSN 1015-6348 (Print)
ISSN 2287-934X (Online)
www.kscejournal.or.kr

Water Engineering **수공학**

한반도 목표 표준강수지수(SPI) 산정에 관한 연구

김민석* · 문영일**
Kim, Min-Seok*, Moon, Young-Il**

A Study on Target Standardized Precipitation Index in Korea

ABSTRACT

Water is a necessary condition of plants, animals and human. The state of the water shortage, that drought is globally one of the most feared disasters. This study was calculated target standardized precipitation index with unit of region for judgment and preparation of drought in consideration of the regional characteristics. First of all, Standardized Precipitation Index (3) were calculated by monthly rainfall data from rainfall data more than 30 years of 88 stations. Parametric frequency and nonparametric frequency using boundary kernel density function were analysed using annual minimum data that were extracted from calculated SPI (3). Also, Target return period sets up 30 year and target SPI analysed unit of region using thiessen by result of nonparametric frequency. Analyzed result, Drought was entirely different from severity and frequency by region. This study results will contribute to a national water resources plan and disaster prevention measures with data foundation for judgment and preparation of drought in korea.

Key words : Drought, Parametric frequency, Nonparametric frequency, Boundary kernel density function, Target standardized precipitation index

초 록

물은 인류와 동식물의 필요조건으로, 물 부족 상태 즉 가뭄은 전 세계적으로 가장 두려워하는 재해 중 하나이다. 본 연구는 지역적인 특성을 고려하여 가뭄을 판단하고 대응하기 위해 목표재현기간을 설정하고 한반도 전역을 대상으로 시·군·구 단위의 지역별 목표 표준강수지수를 산정하였다. 먼저 한반도에 위치한 30년 이상의 자료기간을 보유한 88개 기상관측소의 강우자료에서 월별강우자료를 추출하고 SPI (3)가뭄지수를 산정하였다. 산정된 SPI (3)에서 연도별 최저치를 추출하여 매개변수적 빈도해석과 경계핵밀도 함수를 이용한 비매개변수적 빈도해석을 실시하였다. 또한, 목표재현기간을 30년으로 설정하고 비매개변수적 빈도해석 결과에 티센비 적용하여 시·군·구 단위로 목표 표준강수지수를 산정하였다. 분석결과 가뭄의 심도와 빈도가 지역별로 크게 다르게 나타남을 확인 할 수 있었으며, 이는 한반도 가뭄의 판단과 대응을 위한 기초자료로 국가적인 수자원계획과 방재대책에 기여하고자 한다.

검색어 : 가뭄, 매개변수적 빈도해석, 비매개변수적 빈도해석, 경계핵밀도함수, 목표 표준강수지수

1. 서 론

물은 인류가 생존하는데 가장 중요한 음식 중 하나이다. 물이라는 음식이 부족하여 섭취할 수 없게 된다면, 인류 뿐 만아니라 모든 생명들이 사라지게 될 것이다. 따라서 물이 부족한 상태 즉 가뭄은 전 세계적으로 극심한 피해를 유발시킬 수 있는 재난 중 하나이다. 특히 우리나라의 경우, 가뭄심도와 지역적 분포의 차이가 다를 뿐 여전히 곳곳에서 매년 가뭄에 의한 피해를 입고 있는 실정이다. 2013년 여름철에는 중부지방에 장마전선이 정체되어 중부지방에만 강우가 집중되고, 남부지방에는 고온현상과 강우가 발생하지 않아

* 정회원 · 서울시립대학교 토목공학과 박사수료 (University of Seoul · sharpkms@uos.ac.kr)
** 정회원 · 교신저자 · 서울시립대학교 토목공학과 교수 (**Corresponding Author** · University of Seoul · ymoon@uos.ac.kr)

Received October 29, 2013/ **revised** December 12, 2013/ **accepted** April 26, 2014

Copyright ⓒ 2014 by the Korean Society of Civil Engineers
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

적조현상과 농작물 피해가 극심하였다. 또한 2012년에는 봄 가뭄이 발생하여 농작물의 피해가 극심하였다. 기상연구소에서는 2012년 봄 강수의 경제적 가치는 봄비 1mm당 수자원 확보 측면에서 약 7억원의 가치를 가지는 것으로 나타났으며, 비가 오기 전 하루당 대기질 개선효과 205.6억원을 더하면 최소 212.6억원에 가치가 있는 것으로 분석하였다(An, 2012). 우리나라는 가뭄과 홍수라는 두 가지 재해가 공존하고 있으며, 홍수, 호우 등으로부터 재해를 예방하기 위해 National Emergency Management Agency (2012)에서는 "방재성능목표 설정기준"을 정하여 필요한 사항의 규정을 목적으로 방재성능목표를 마련하였다. 그러나 가뭄에 대한 규정과 기준은 아직 부족한 것이 현실이다. 따라서 본 연구에서는 지역적인 특성을 고려하여 가뭄을 판단하고 대응하고자 목표 표준강수지수를 산정하는 연구를 실시하였다.

본 연구에서는 기상학적 가뭄에 단기적인 가뭄을 중심으로 분석을 수행하였으며, 이를 위해 단기가뭄에 적합한 기상학적 가뭄지수 평가와 가뭄 빈도해석을 실시한 선행연구문헌을 조사하였다. 먼저, 가뭄지수의 평가 및 비교분석에 관한 선행연구를 살펴보면, Kim (2011)등은 각종 가뭄지수를 행정구역 별로 산정하여 비교분석을 통해 기상학적 가뭄지수의 실제 가뭄에 대한 표현정도를 평가하였다. 분석결과 SPI (3), PN, Deciles의 단기적인 가뭄의 표현이 비교적 양호한 것으로 나타났으며, 실제 가뭄발생 기록과 가장 높은 상관성을 보이는 것으로 나타났다. Lee and Lee (2005)등은 PDSI (Palmer Drought Severity Index), SPI (Standardized Precipitation Index), KBDI지수를 산정하고 상호비교연구를 통해 표준 가뭄지수를 제안하였다. 분석결과 PDSI는 누적되는 강우의 부족으로 가뭄심도를 나타내는데 유리하고 SPI, KBD는 단기간 강우부족을 나타내는데 유리하다고 하였다. Ryu et al. (2002)는 PDSI, SWSI, SPI지수를 이용하여 낙동강 유역의 가뭄지수를 산정하고 비교하였다. 분석결과 PDSI, SWSI, SPI지수 모두 가뭄을 정량적으로 나타내는데 유용하고, 장·단점에 따라 가뭄을 파악할 경우 가뭄을 효과적일 것으로 판단하였다. 두 번째 가뭄의 빈도해석을 실시한 선행연구 사례로, Kwak et al. (2013)등은 남한의 55개 기상청 관측소를 대상으로 SPI지수에 따른 가뭄기간과 가뭄심도를 정의하고, 코풀라 이론을 이용하여 두 가뭄변수의 결합확률분포를 유도하였다. 또한 이를 이용하여 가뭄의 발생 양상을 고찰하고 가뭄의 재현기간으로 제시하였으며, 대한민국을 대상으로 가뭄의 공간적 분포를 분석하였다. Oh et al. (2011)등은 기상학적 가뭄지수인 팔머가뭄심도지수(PDSI), 표준강수지수(SPI), EDI (Effective Drought Index)를 산정하여 비교분석을 실시하였으며, EDI를 경계핵밀도함수를 이용한 비매개변수적 빈도해석을 통해 지역적인 가뭄의 심도와 재현기간의 차이를 확인하였다. Lee and Kim (2011)등은 가뭄사상의 정량적 평가를 위하여 가뭄심도-지속기간-생기빈도(Severity-Durat ion-Frequency, SDF) 곡선을 유도하고 가뭄지수를 이용한 빈도해석을 실시하였다. 또한 가뭄지수의 빈도해석을 통하여 유도된 주요 관측소별 SDF곡선을 이용하여 과거의 주요 가뭄사상에 대한 재현기간을 제시하였다. Yoo et al. (2010) 등은 단기가뭄과 장기가뭄으로 구분하여 가뭄특성변수를 추출하고 주성분분석과 군집분석을 통해 가뭄의 동질성을 갖는 관측지점들을 구분하였다. 또한, 지역별 가뭄빈도해석을 위해 이변량 확률분포함수를 적용하였으며, 가뭄특성(가뭄지속기간과 심도)의 상호 관계를 고려하여 지역적 가뭄특성을 판단하였다. Yoon and Pakr (1997)등은 남한을 47개 소유역으로 분할한 후 월 강우량로 L-moment법을 이용하여 지역빈도분석을 실시하였다. 또한 강우의 지속기간별, 재현기간별 가뭄우량을 산정하여 지속기간별 확률가뭄우량도를 작성하였다.

선행연구를 종합하여 보면, SPI 가뭄지수는 기상학적 가뭄의 단기가뭄 평가에 적절한 것으로 나타났다. 또한 다양한 방법으로 빈도해석을 실시하여 재현기간을 제시하거나 지역적인 가뭄의 특성을 판단하였다. 그러나 매개변수적 빈도해석과 비매개변수적 빈도해석결과를 비교하거나 한반도를 범위로 목표 표준가뭄지수를 제시하는 연구는 미미하다. 따라서 본 연구에서는 분석대상지역을 한반도 전역으로 설정하고 기상학적 가뭄의 단기가뭄을 잘 표현하는 SPI가뭄지수를 이용하여 매개변수적 빈도해석과 경계핵밀도함수를 이용한 비매개변수적 빈도해석을 실시하였다. 또한 빈도해석결과의 비교분석을 통해 목표 재현기간 30년의 시·군·구 단위 목표 표준강수지수를 산정하였다.

2. 분석대상지점 선정 및 자료구축

2.1 강우자료 선정

본 연구에서 강우 자료의 확보가 용이하고 과거로부터의 관측자료의 신뢰성이 확보되어 있는 기상청 자료를 이용하여 분석을 수행하였으며, 분석대상지역은 Fig. 1과 같이 한반도를 대상으로 설정하였다. 기상청에서 수집한 북한지역의 강우량 자료기간과 지점의 수는 1973년부터는 13개 지점, 1981년부터는 14개 지점으로 총 27개 지점이다. 남한지역에 대한 강우자료는 자료기간은 관측연수가 30년 이상 존재하는 61개 지점을 대상으로 하였으며, 상당기간의 자료가 존재하는 지점의 경우 1961년 이후 부터의 강우자료를 이용하여 분석을 실시하였다. 따라서 북한지역 27개 지점과 남한지역 61개 지점, 총 88개 지점의 강우자료를 이용하여 분석을 실시하였다.

2.2 SPI 가뭄지수 산정

McKee et al. (1993) 등은 강수의 부족이 지하수, 저수지 저류량, 토양수분, 눈의 덮힘 그리고 하천유출에 서로 다른 영향을 미치는

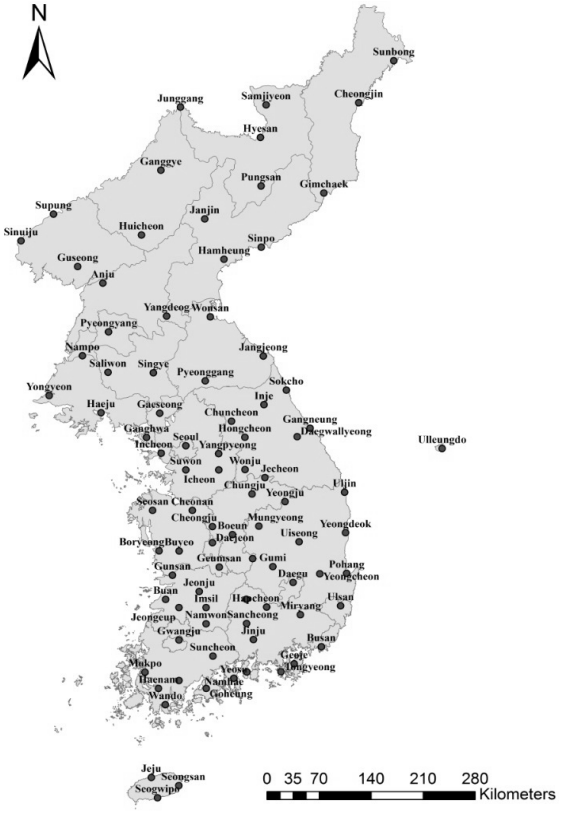

Fig. 1. Analysis Object Stations

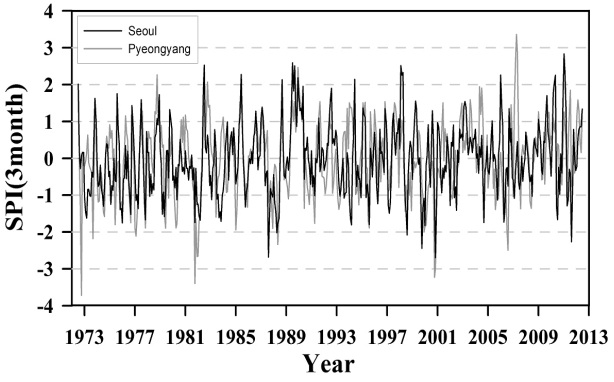

Fig. 2. Result of SPI(3)

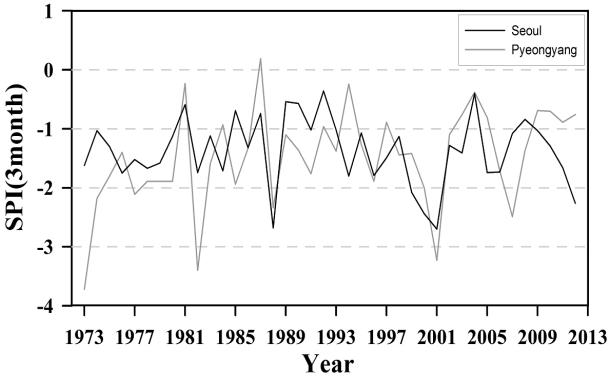

Fig. 3. Result of Annual Minimum SPI(3)

Table 1. Classification of SPI

Drought Index	Moisture Condition	Drought Index	Moisture Condition
over 2.0	Extremely wet	-0.99 ~ 0.99	Near normal
1.5 ~ 1.99	Very wet	-1.0 ~ -1.49	Moderately Dry
1.0 ~ 1.49	Moderately wet	-1.5 ~ -1.99	Severe Dry
-0.99 ~ 0.99	Near normal	below -2.0	Extremely Dry

것에 대한 인식으로부터 표준강수지수(Standardized Precipitation Index, SPI)를 개발하였다. SPI는 보통 시간단위를 3, 6, 9, 12개월로 설정하고 일정한 시간 단위별로 강수부족량을 산정하여 각각의 용수공급원이 가뭄에 미치는 영향을 판단하는 지수이다. 특정 시간단위로 산정된 SPI는 각 시간단위별로 관심분야에 따라 다양하게 적용가능하다. 산정된 표준강수지수는 확률분포형이 도입되었기 때문에 현재의 가뭄뿐만 아니라 가뭄의 종료에 필요한 강수의 확률을 결정할 수 있으며, 선형적으로 강수부족에 비례하게 된다. Table 1은 SPI가뭄지수의 분류기준을 도시하였다.

본 연구에서는 단기가뭄에 중점을 두고 있으므로 표준강수지수(SPI(3))를 이용하여 가뭄지수를 산정하였다. Fig. 2는 SPI 3개월의 평양(58)과 서울(108)지점의 가뭄지수 산정 결과를 도시하였다.

2.3 연도별 최소치 추출

빈도해석을 수행할 경우 연 최대치 계열 또는 연 초과치 계열을 이용한다. 가뭄의 경우 강우량과는 반대개념으로 연 최소치 계열 또는 일정 가뭄지수 이하의 연 초과치 계열을 이용하여 분석을 실시하여야 한다. 본 연구에서는 연 최소치 가뭄을 추출하여 빈도해석을 수행하였다. Fig. 3은 평양(58)과 서울(108)지점의 연 최소치를 산정한 결과이다.

3. SPI 가뭄빈도해석

3.1 매개변수적 빈도해석

빈도해석을 실시하기 위한 시계열자료는 수문학적 지속성이 없는 완전히 독립적인 무작위변량이어야 하고 자료계열 자체는 무작위성을 지녀야 한다. 만약 자료계열이 수문학적 지속성을 가지면 확률분포가 전제하는 자료의 무작위성에 위배되므로 이러한 자료의 계열은 빈도해석하기에 부적절하다. 따라서 분석대상 자료가 수문학적 지속성을 가지지 않는 무작위시계열임을 검사하는 무작위성 검사가 필요하다. 본 연구에서는 Run Test를 이용하여 무작위성을 검사하였으며, Table 2와 같이 Run Test를 이용한

Table 2. Result of Run Test

Station	COMPUTED	TABLE	CHECK	Station	COMPUTED	TABLE	CHECK
Seoul	0.280	1.96	○	Sunbong	0.065	1.96	○
Daejeon	1.594	1.96	○	Sinuiju	0.947	1.96	○
Daegu	0.520	1.96	○	Wonsan	0.906	1.96	○
Gwangju	0.831	1.96	○	Pyeongyang	0.836	1.96	○
Busan	0.550	1.96	○	Gaeseong	0.320	1.96	○

Table 3. Result of Parametric Frequency in Major Stations

Station	Return Period				Station	Return Period			
	5yr	10yr	20yr	30yr		5yr	10yr	20yr	30yr
Seoul	-1.83	-2.16	-2.44	-2.60	Sunbong	-2.14	-2.51	-2.83	-3.01
Daejeon	-1.90	-2.22	-2.49	-2.63	Sinuiju	-2.09	-2.49	-2.84	-3.03
Daegu	-2.08	-2.43	-2.72	-2.86	Wonsan	-2.21	-2.71	-3.16	-3.40
Gwangju	-2.02	-2.45	-2.83	-3.04	Pyeongyang	-2.14	-2.59	-2.99	-3.20
Busan	-2.02	-2.37	-2.65	-2.79	Gaeseong	-2.09	-2.50	-2.87	-3.06

무작위성검정결과를 도시하였다. 확률분포형의 경우, 선행연구에서 기상학적 가뭄과 같은 단기가뭄에 있어서는 Weibull분포를 따르는 것으로 나타났다(Ming-Ko Woo and Aondover Tarhule, 1994). 따라서 본 연구에서도 확률분포형의 선정에 있어서는 Weibull분포형을 이용하였으며, 매개변수 추정방법으로는 확률가중모멘트법을 이용하여 빈도해석을 실시하였다. Table 3은 주요지점의 매개변수적 빈도해석 결과를 도시하였다.

3.2 경계핵밀도 함수를 이용한 비매개변수적 빈도해석

일반적으로 가뭄빈도해석 수행시 하위 비초과확률($0 < p < 0.1$)에 관심을 가지게 된다. 그러나 재현기간별 빈도해석시 주어지는 전형적인 관측자료의 크기는 20~90개의 범위를 가지게 된다. 결과적으로 빈도해석시 홍수해석에는 $p > p_n$에 대한 주어진 자료의 외삽이 필요하게 되고(Moon, 2000), 반대로 가뭄빈도해석에는 $p > p_1$의 외삽이 필요하다. 그러나 지금까지 사용한 Epanechnikov 핵함수와 같이 내부 핵(Interior Kernel) 함수를 사용하면 Fig. 4와 같이 한정된 영역($0 < p$)을 벗어나기 때문에 경계핵밀도함수가 필요하다. 경계핵함수는 구간 $[0, 0+h]$ 내에서 가중된 포선형의 편의를 제거하기 위해 필요하다.

Muller (1991)는 내부 핵함수에 대응하는 경계핵함수를 평균제곱오차(MSE)의 최적화에 따라 제시하였다. 여기에서 Epanechnikov 핵함수를 사용하여 내부핵함수와 경계핵함수를 살펴보면 각각 다음 Eqs. (1) and (2)와 같다.

내부핵함수 :

$$K(t) = 0.75(1-t^2) \quad \text{여기서 } |t| \le 1 \tag{1}$$

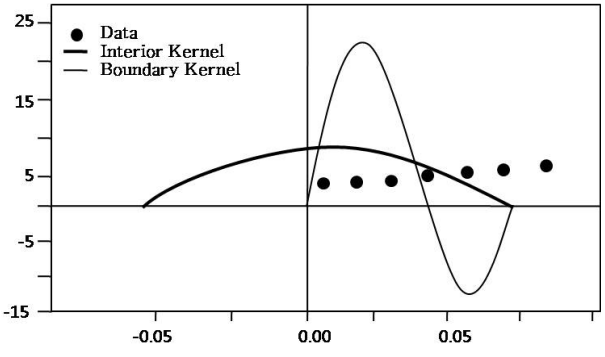

Fig. 4. Regression Estimate of Bound (x=0.01, h=0.064)

경계핵밀도함수 :

$$K(q,t) = 6(1+t)(q-t)\frac{1}{(1+q)^3} \times \left\{1 + 5\left(\frac{1-q}{1+q}\right)^2 + 10\frac{1-q}{(1+q)^2}t\right\} \tag{2}$$

여기서, $t = (p-p_i)/h$이며, $K(q,t)$는 오른쪽 경계면 구간 $[1-h, 1]$에서 사용되는 경계핵밀도함수이며 $q = (1-p)/h$이다. 반면에 왼쪽 경계면 구간 $[0, h]$에서는 $q = p/h$이다. 이 때 $q = 1$이면 경계핵함수 Eq. (2)는 내부 핵함수 Epanechnikov 핵함수와 동일하다. 만약 연 최대계열 자료에 대한 빈도해석을 수행한다면 오른쪽 경계면을 고려하지만, 연 최소계열 자료에 대한 빈도해석을 수행할 때에는 왼쪽 경계면을 고려한 경계핵밀도함수를 사용해야 한다. Table 4는 주요지점의 비매개변수적 빈도해석 결과를 도시하였다.

Table 4. Result of Nonparametric Frequency in Major Stations

Station	Return Period				Station	Return Period			
	5yr	10yr	20yr	30yr		5yr	10yr	20yr	30yr
Seoul	-1.73	-2.13	-2.59	-2.82	Sunbong	-2.22	-2.57	-2.84	-2.95
Daejeon	-1.92	-2.25	-2.53	-2.65	Sinuiju	-2.01	-2.46	-3.04	-3.33
Daegu	-2.12	-2.32	-2.68	-2.89	Wonsan	-2.20	-2.84	-3.31	-3.50
Gwangju	-1.99	-2.56	-2.97	-3.12	Pyeongyang	-2.01	-2.58	-3.21	-3.50
Busan	-1.95	-2.38	-2.78	-2.96	Gaeseong	-1.95	-2.42	-3.11	-3.45

Table 5. Result Compare of Frequency in Major Stations

Station	5yr			10yr			30yr		
	①	②	③	①	②	③	①	②	③
Seoul	-1.83	-1.73	-0.10	-2.16	-2.13	-0.03	-2.60	-2.82	0.22
Daejeon	-1.90	-1.92	0.02	-2.22	-2.25	0.03	-2.63	-2.65	0.02
Daegu	-2.08	-2.12	0.04	-2.43	-2.32	-0.11	-2.86	-2.89	0.03
Gwangju	-2.02	-1.99	-0.03	-2.45	-2.56	0.11	-3.04	-3.12	0.08
Busan	-2.02	-1.95	-0.07	-2.37	-2.38	0.01	-2.79	-2.96	0.17
Sunbong	-2.14	-2.22	0.08	-2.51	-2.57	0.06	-3.01	-2.95	-0.06
Sinuiju	-2.09	-2.01	-0.08	-2.49	-2.46	-0.03	-3.03	-3.33	0.30
Wonsan	-2.21	-2.20	-0.01	-2.71	-2.84	0.13	-3.40	-3.50	0.10
Pyeongyang	-2.14	-2.01	-0.13	-2.59	-2.58	-0.01	-3.20	-3.50	0.30
Gaeseong	-2.09	-1.95	-0.14	-2.50	-2.42	-0.08	-3.06	-3.45	0.39

Table 6. Result Compare of Parametric Frequency and Nonparametric Frequency

Return Period	①	②	③
2yr	44	44	0.03
5yr	48	40	0.08
10yr	27	61	0.08
20yr	16	72	0.12
30yr	21	67	0.16
50yr	42	46	0.21
80yr	50	38	0.29
100yr	52	36	0.32
200yr	59	29	0.47

3.3 빈도해석결과 비교분석

주요지점에 대하여 매개변수적 빈도해석결과와 경계핵밀도 함수를 이용한 비매개변수적 빈도해석결과를 Table 5와 같이 비교분석을 실시하였다. ①은 매개변수적 빈도해석 결과, ②은 경계핵밀도 함수를 이용한 비매개변수적 빈도해석 결과, ③은 두 빈도해석 값의 차이(매개변수적 빈도해석결과 - 비매개변수적 빈도해석결과)이다.

주요지점에 대한 분석결과, 재현기간 5년에서는 개성이 −0.14, 재현기간 10년에서는 원산이 0.13, 재현기간 30년에서는 신의주가 0.39로 가장 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다. 전 지점의 재현기간 30년에서는 안주지점(50)에서 0.46으로 가장 큰 차이를 보였으며, 절대치의 평균 차는 0.16으로 몇몇 지점의 경우 빈도해석결과 값이 다소 차이를 보이는 것으로 나타났다. Table 6은 두 가지 빈도해석 결과 값의 차이를 재현기간별로 도시하였다. ①은 매개변수적 빈도해석 값이 비매개변수적 빈도해석 값 보다 작은 지점수, ②은 비매개변수적 빈도해석 값이 매개변수적 빈도해석 값보다 작은 지점 수, ③은 두 방법의 차이 값에 절대치 평균이다.

분석결과 2~5년에서는 0.1 이하의 차이를 보이며 절대치 평균값의 차이가 크게 나타나지 않았으나, 100년 이상의 경우 0.3 이상의 절대치 평균값 차이를 보이며 차이가 심화되었다. 또한 10~30년의 재현기간에서는 비매개변수적 빈도해석 결과가 매개변수적 빈도해석결과보다 더욱 낮은 값을 갖는 지점이 많은 것으로 나타났다. 그러나 80~200년의 경우는 반대로 매개변수적 빈도해석결과 값이 더 낮은 값을 갖는 지점이 더욱 많은 것으로 분석되었다. 따라서 적용하는 재현기간에 따라 매개변수적 빈도해석결과와 비매개변수적 결과를 이용하는 것이 더욱 타당할 것으로 판단된다.

4. 목표 표준강수지수 산정

목표 표준강수지수 산정을 위해서는 먼저 목표재현기간을 설정하여야 한다. “수자원장기종합계획(2001)”에서는 30년 가뭄을 극복할 수 있는 수자원이용체계 구축을 수자원장기종합계획(Water Vision 2020)으로 제시하고 있으므로 30년 빈도를 목표재현기간으로 목표 표준강수지수를 산정하였다.

30년 빈도의 경우, 빈도해석결과 비교분석에서는 매개변수적 빈도해석결과가 작은 지점은 21개 지점, 비매개변수적 빈도해석결과가 작은 지점은 67개 지점으로 대부분의 지점에서 비매개변수적 빈도해석 결과가 더욱 낮게 산정된 것을 확인할 수 있었다. 따라서 비매개변수적 빈도해석결과를 이용하여 목표 표준강수지수로 산정하였다. 또한 재현기간 30년의 비매개변수적 빈도해석 결과를 티센비로 적용하여 시·군·구 단위로 목표 표준강수지수를 산정하였으며, 지역의 목표 표준강수지수가 -2.16의 경우는 -2.20로, -2.53의 경우는 -2.55로 0.05단위로 하향조정을 실시하였다. 다음 Fig. 5는 경계핵밀도 함수를 이용한 비매개변수적 빈도해석을 이용한 목표 표준가뭄지수를 도시한 결과이다.

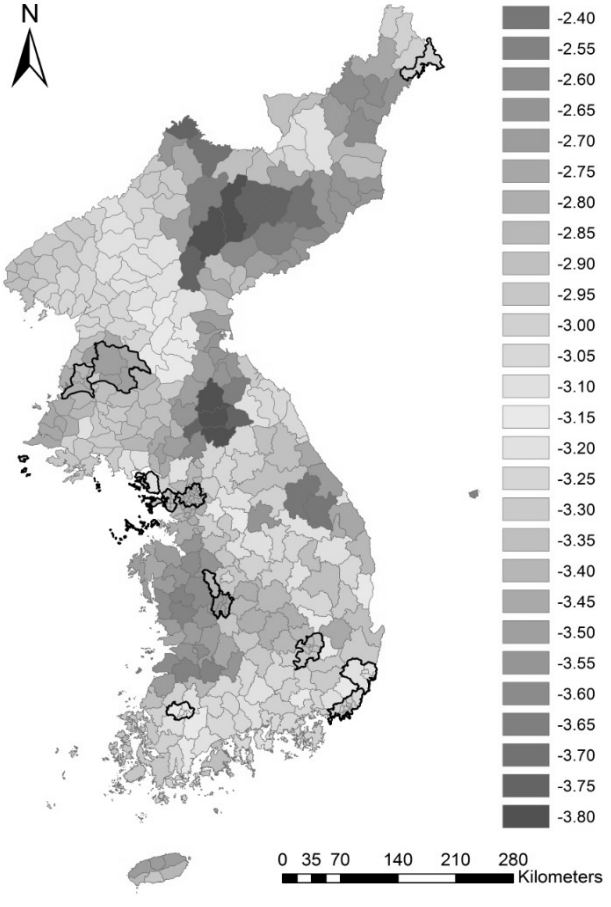

Fig. 5. Target SPI using Nonparametric Frequency

분석결과, 재현기간 30년에서는 -2.0이하의 값을 보이며, 한반도 전 지역에서 극심한 가뭄이 발생하는 것으로 나타났다. 특히 남한보다는 북한지역이 목표 표준가뭄지수가 더욱 낮은 것으로 나타났으며, 철원군, 평강군, 세포군과 장진군, 부전군에서는 목표 표준가뭄지수가 -3.80의 값을 보이며 빈도해석결과 가장 낮은 값을 보였다. 대도시 지역의 경우, 북한지역의 평양시는 -3.50, 남포시는 -2.80, 라선시는 -3.00로 남한지역의 서울시 -2.85, 인천시 -2.90, 대전시 -2.75, 대구시 -2.90, 부산시 -3.00, 광주시 -3.15, 울산시 -3.20로 나타났다. 이처럼 가뭄은 심도와 빈도가 지역별로 다르게 나타난다. 같은 재현기간 30년의 가뭄이라도 지역에 따른 차이는 크게 나타남을 본 연구를 통해 확인할 수 있었다. 또한, 현재까지는 가뭄지수를 통한 단순한 가뭄의 평가가 이루어 졌다면, 앞으로는 지역 특성의 차이를 고려한 재현기간을 토대로 가뭄의 평가를 실시하는 것이 바람직하다고 판단된다. 이는 가뭄을 판단하고 대응하는데 보다 효율적이라고 사료되며 이를 통해 각 지역의 가뭄특성에 맞게 수자원관리 및 세부계획을 수립하는데 도움이 될 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 연구에서는 한반도의 목표 표준강수지수 산정을 위하여 매개변수적 빈도해석과 경계핵밀도 함수를 이용한 비매개변수적 빈도해석을 실시하였다. 또한 빈도해석결과의 비교분석을 통한 비매개변수적 빈도해석결과를 이용하여 목표 재현기간 30년으로 목표 표준강수지수를 산정하였다.

(1) 매개변수적 빈도해석결과와 경계핵밀도함수를 이용한 비매개변수적 빈도해석 비교분석결과, 낮은 빈도 2~5년에서는 0.1 이하의 차이를 보이며 절대치 평균값의 차이가 다소 나타나지 않았으나, 100년 이상의 경우 0.3 이상의 절대치 평균값 차이를 보이며 차이가 심화되었다. 또한 10~30년의 재현기간에서는 비매개변수적 빈도해석 결과가 매개변수적 빈도해석결과보다 더욱 낮은 값을 갖는 지점이 많은 것으로 나타났다. 이는 적용하는 재현기간에 따라 매개변수적 빈도해석결과와 비매개변수적 결과의 비교분석을 통해 이용하는 것이 더욱 타당할 것으로 판단된다.

(2) 목표 표준강수지수의 지역적 비교분석결과, 한반도 전 지역에서 -2.0이하의 극심한 가뭄으로 나타났으며, 남한보다는 북한지역이 목표 표준가뭄지수가 더욱 낮은 것으로 나타났다. 특히 철원군과 평강군에서는 목표표준가뭄지수가 -3.80의 값을 보이며 빈도해석결과 가장 낮은 값을 보였다. 본 연구결과와 같이 가뭄은 심도와 빈도가 지역별로 크게 상이하기 때문에

단순한 가뭄지수를 이용하여 가뭄을 평가하는 것 보다는 빈도해석 등을 통한 지역의 차이 및 특성을 고려한 가뭄을 평가하는 것이 더욱 효과적이라고 판단된다. 또한 이는 각 지역의 가뭄특성에 맞게 수자원관리 및 세부계획을 수립하는데 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구는 기상학적 가뭄지수인 SPI지수를 이용하여 목표 표준강수지수를 산정하였다. 이는 한반도 가뭄의 판단 및 대응을 위한 기초자료로 활용하고 국가적인 수자원계획과 방재대책에 기여할 것으로 판단된다. 반면 본 연구에서는 기상학적인 가뭄의 단기가뭄을 중점으로 분석을 수행하였기 때문에 수문학적 가뭄, 농업적 가뭄 등에는 적용하기에는 어려움이 있을 것으로 판단된다. 이는 추가적인 분석을 통하여 가뭄을 종합적으로 판단할 수 있는 합리적이고 타당한 목표 가뭄지수의 산정에 관한 연구가 필요하다.

감사의 글

이 논문은 2012년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(2012R1A1A2005304). 또한, 기상청에서 제공하는 기상관측자료를 이용하여 분석하였으며, 이에 감사드립니다.

References

An, C. Y. (2012). “Hope to farmer welcome rain ending drought.” Forcus Newspaper (in Korean).

Kim, G. S. and Lee, J. W. (2011). “Evalustion of indices using the drought records.” *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 44, No. 8, pp. 639-652 (in Korean).

Kwak, J. W., Lee, S. D., Kim, Y. S. and Kim, H. S. (2013). “Return period estimation of droughts using drought variables from standardized precipitation index.” *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 46, No. 8, pp. 795-805 (in Korean).

Lee, J. H. and Kim, C. J. (2011). “Derivation of drought severity-duration-frequency curves using drought frequency analysis.” *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 44, No. 1, pp. 889-902 (in Korean).

Lee, J. J. and Lee, C. H. (2005). “An application of various drought indices for major drought analysis in Korea.” *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 5, No. 4, pp. 59-69 (in Korean).

Mckee, T. B., Doesken, N. J. and Kleist, J. (1993). “The relationship of drought frequency and duration to time scales.” *8th Conference on Applied Climatology*, 17-22 January, Aneheim, CA, pp. 179-184.

Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2001). “2001 Water plan.”

Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2006). “2006 Water plan.”

Moon, Y. I. (2000). “Frequency using boundary kernel density function.” *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 33, No. 1, pp. 71-76 (in Korean).

Muller, H. G. (1991). “Smooth optimum kernel estimators near endpoints.” Biometrika, Vol. 78, No. 3, pp. 521-530.

National Emergency Management Agency (2010). “Study on goal setting disaster prevention performance taget considering climate change.” (in Korean).

National Emergency Management Agency (2012). “Standards setting disaster prevention performance taget by region.” (in Korean).

Oh, T. S., Moon, Y. I., Kim, S. S. and Park, G. S. (2011). “Frequency analysis of meteorelogic drought indices using boundary kernel density function.” *Journal of Korean Society of Civil Engineering*, Vol. 31, No. 2B, pp. 87-98 (in Korean).

Ryu, J. H., Lee, D. R., Ahn, J. H. and Yoon, Y. N. (2002). “A comparative study on the drought indices for drought evaluation.” *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 35, No. 4, pp. 397-410 (in Korean).

Woo, M. K. and Aondover Tarhule. (1994). “Streamflow droughts of northern nigerian rivers.” *Hydrological Sciences Journal*, Vol. 39, No. 1, pp. 9-34.

Yoo, J. Y., Kim, T. W. and Kim, S. D. (2010). “Drought frequency analysis using cluster analysis and bivariate probability distribution.” *Journal of Korean Society of Civil Engineering*, Vol. 30, No. 6B, pp. 599-606 (in Korean).

Yoon, Y. N. and Park, M. J. (1997). “Regional drought frequency analysis of monthly rainfall data by method of L-Moments.” *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 30, No. 1, pp. 55-62 (in Korean).