

An Analysis of Drought Characteristics according to SPI (Standard Precipitation Index) Duration in Chungbuk Province

Jung Koo Choi^{1#}, Ki Bum Park²⁺, In Soo Chang³

¹ Department of Green Bio Engineering Korea National University of Transportation 50 Daehak-ro, Chungju, Chungbuk, Korea

² Civil Engineering Kyungil University, 50 Gamsilgil, Hayangeup, Gyeongsan, Gyeongbuk, Korea

³ Division of Civil, Environmental & Urban-Transportation Engineering Korea National University of Transportation 50 Daehak-ro, Chungju, Chungbuk, Korea

Abstract

This study analyzed Standard Precipitation Index (SPI) at 6 stations near Chungbuk area for 1 to 12 months of duration, along with drought characteristics such as the degree of resiliency and vulnerability. There was no significant difference in the number of months with negative SPI according to the duration. However, SPI12 was associated with a large percentage of negative SPI, despite the small data size. SPI12 remained negative in Chungju, Jecheon, Yeongwol, and Cheongju branches over 12 months, which indicates a particular vulnerability to long-term drought. In particular, the 12-month average of SPI12 values was -1.0 or lower in Yeongwol and Cheongju, indicating that they were vulnerable to drought. The SPI12 for resiliency was below 0.1 in Jecheon, Yeongwol, and Cheongju, which confirms that it was the most vulnerable period in terms of returning to the normal state. The SPI12 for vulnerability was below -0.8 in Chupungyeong, Jecheon, Yeongwol and Cheongju and they were particularly vulnerable to 12 months of continuous drought. This study confirms that the Chungbuk region is vulnerable to 12 months of droughts and so needs to develop a response strategy based on drought characteristics.

Key words: drought, standard precipitation index, resiliency, vulnerability

1. 서론

우리나라는 시간적 공간적 강수의 불균형특성에 의해 항상 수자원 확보와 이용에 대한 불안을 가지고 있다. 범지구적인 기후변화가 진행됨에 따라 우리나라에는 상습적인 봄가뭄과 강수의 불균형은 더욱 심

해지고 있다. 1990년 이후 전국에서 1,423건의 가뭄피해가 발생하였으며, 충청북도 지역에는 1993년 이후 164건의 크고 작은 가뭄피해가 발생하였다(National Drought Information Analysis Center). 이러한 가뭄은 일차적으로 강수의 부족으로 유출량의 감소로 인한 하천유량의 부족, 댐 유입량의 감소로 이어져 수자원 이

[#] The 1st author: Jung Koo Choi, Tel. +82-43-870-7900, Fax. +82-43-851-9456, e-mail. jgchoi@cjfm.or.kr

⁺ Corresponding author: Ki bum Park, Tel. +82-53-600-5422, e-mail. pkb5032@kiu.kr

용 가능량의 부족으로 용수공급에 차질이 발생하게 된다. 우리나라와 같이 홍수기에 강수가 집중되고 9월부터 다음해 6월까지 강수가 적게 발생하는 기후특성으로 홍수기에 집중되는 강수로 댐의 저류량을 확보할 수 있으나 하천유량은 댐과 같이 저류할 수 없어 홍수기에 강수에 의한 유출량이 바다로 흘러나가 상시적인 수자원이용이 어려운 상황이다. 표준강수지수(SPI : Standard Precipitation Index)를 이용한 가뭄의 평가는 강수의 부족으로 인한 가뭄을 평가하는 것으로 지속기간이 1개월에서 12개월에 대한 분석을 통해 가뭄의 심도가 얼마나 심각한지에 대한 평가 지표이다. 특히 가뭄은 장기간의 강수의 부족으로 인해 발생하는 것으로 강수의 부족이 얼마나 오래 지속되는가와 가뭄의 심도가 얼마나 깊은가에 따라 가뭄의 심각성을 평가할 수 있다. 본 연구에서는 가뭄지수중 표준강수지수를 대상으로 충북지역과 인접한 6개의 강우관측소의 일별 강우자료를 이용하여 표준강수지수를 1개월에서 12개월의 지속기간에 대해 분석하고 각 관측점간의 상관성 분석과 지속기간에 따른 가뭄심도를 나타내는 취약도와 평균가뭄지속기간, 가뭄에서 정상상태로 얼마 만에 돌아오는 지를 나타내는 취약도를 분석하여 충북지역의 가뭄에 대한 특성을 검토하였다. 국내외의 가뭄지수에 대한 연구로는 Copula 함수를 기반으로 이변량 결합가뭄지수 산정 및 가뭄 특성을 분석하였으며, 국내 가뭄해석에 주로 활용되는 가뭄지수로는 Palmer(1965)의 PDSI(Palmer Drought Severity Index), Mckee, *et. al.*(1993)의 SPI(Standard Precipitation Index), Son, *et. al.*(2011)의 SSI(Standard Soil Moisture Index) 등이 있으며, 이 지수들은 단일 기상인 강수, 기온 등과 수문요소인 유출량, 토양수분량, 증발산량 등의 변수에 의해 산정된다. Ryu, *et. al.*(2002)은 PDSI, SWSI, SPI를 산정하여 각 지수들을 비교한 바 있다. PDSI는 지속되는 가뭄의 변화를 파악하는 데 유리하고 SWSI는 단기간 수문인자의 변동을 통한 가뭄의 변화를 살피는 데 효과적이며, SPI는 지속기간에 따라 단기 및 장기 가뭄을 해석하는 데 적용성이 높다고 제

시하였다. Kim, *et. al.*(2006) 과 Kyong, *et. al.*(2007)은 강수량 자료를 이용하여 산정된 SPI를 EOF기법을 이용하여 공간정보로 축약한 후 이를 다시 크리깅 기법을 통해 우리나라 전역으로 분포시켜 심도-면적-지속기간 곡선을 작성하여 국내 가뭄특성을 분석한 바 있다. Lee & Lee(2005)은 우리나라의 주요 가뭄 사상해석을 위해 PDSI, SPI, KBDI와 같은 가뭄지수를 산정하여 국내 가뭄해석에 있어 적용성의 평가 및 지수의 장·단점을 분석하였다. Ahn, *et. al.*(2009)은 금강유역에 대해 SWSI(Surface Water Supply Index)를 국내 실정에 맞게 보완한 MSWSI(Modified SWSI)를 산정하여 수문학적 가뭄을 평가하였다.

Kim & Lee(2011)은 우리나라 전지역에 대하여 SPI, PDSI, PN(Percent of Normal precipitation), Deciles를 과거 가뭄사례와 비교를 통해 시·공간적인 변화도를 파악하고, ROC 분석을 통해 SPI, PN, Deciles의 적용성이 가장 높음을 제시한 바 있다.

Bae, *et. al.*(2012)은 기상청 가뭄판단지수(Drought Decision Index, DDI), SPI, PDSI, SRI 및 SSI를 생산하고 시계열 분석 및 통계적 평가를 통해 SPI, SSI, SRI가 국내 가뭄해석에 있어 활용성이 높은 지수임을 제시하였다. Bae & Son(2012)은 지속기간이 짧아 국내 가뭄의 특성상 3개월 지속기간에 대한 SPI, SRI, SSI의 활용성이 높다고 제안한 바 있다.

많은 선행연구에서 보듯이 국내의 경우 가뭄지수를 산정하고 활용성에 대한 평가를 통해 국내 가뭄특성을 분석해 왔다. 그러나 대부분 단일변수 기반의 가뭄지수 활용에 국한되어 있으며, 여러 가뭄지수들의 상이한 해석결과를 통합된 정보로 제공할 수 있는 가뭄지수 개발에 관한 연구는 부족한 실정이다.

반면, 국외 연구에서는 여러 변수를 고려한 가뭄지수 개발에 관한 연구가 지속적으로 수행되어 왔다. NDMC(National Drought Mitigation Center)에서는 6가지 지수에 대한 가중치를 고려하여 미국 가뭄 감시 정보(U.S. Drought Monitor Information)를 생산 및 제공하고 있다(NDMC, 2002).

Keyantash & Dracup(2004)는 주성분 분석을 통해 기상학적 가뭄인자인 강수량과 수문학적 가뭄인자인 유출량 그리고 농업적 가뭄인자인 토양수분량을 통합하여 ADI(Aggregate Drought Index)라는 가뭄지수를 개발하였다. ADI 가뭄지수는 사회적, 경제적 가뭄을 제외한 가뭄 유형에 관련된 변수를 종합적으로 이용하여 기상학적 가뭄, 수문학적 가뭄 및 농업적 가뭄을 복합적으로 고려된다는 장점이 있으나, 데이터의 높은 요구 사항 등으로 인하여 비효율적인 측면이 있다. 국내의 경우 Ryu, et. al.(2012)은 Copula함수를 이용하여 지속기간 1개월~12개월에 대해 SPI를 결합한 JDI(Joint Drought Index)지수를 국내에 적용한 바 있으나, 강수량 기반 가뭄지수로 기상학적 가뭄을 해석에는 용이하나 다른 변수에 의한 가뭄특성을 고려하지 못하는 한계가 있다. 이와 같이 국외에서는 가뭄의 특성에 대해 광범위한 해석범위를 고려하기 위해 여러 변수를 활용한 많은 연구가 진행되어 왔으나 국내 연구에서는 단일변수 기반의 가뭄지수를 이용하거나 가뭄지수를 국내 실정에 맞게 수정하여 활용하고 있다. 따라서 본 연구에서는 가뭄의 특성을 분석하기 위하여 대표적인 가뭄지수인 SPI를 지속기간 1개월에서 12개월까지 분석한 후 가뭄의 가뭄이 정상상태로 회복되는 정도를 평가하는 복원도와 가뭄의 평균 심도를 나타내는 취약도를 분석하여 제시하였다.

II. 연구대상 지역 및 분석방법

1. 연구대상 지역

본 연구의 대상지역은 우리나라의 중부에 위치한 충청북도 지역에 인접한 충주, 제천, 추풍령, 보은, 청주, 영월 기상관측소를 대상으로 최근 10년간의 가뭄 상태를 파악하기 위하여 자연재해 저감 종합계획 등에서도 최근 10년간의 자료를 활용하여 검토하므로 본 연구에서도 2009년부터 2018년까지의 10개년에 대해 기상청의 일강수 자료를 이용하여 표준강수지수 SPI1~SPI12에 대해 분석하였다.

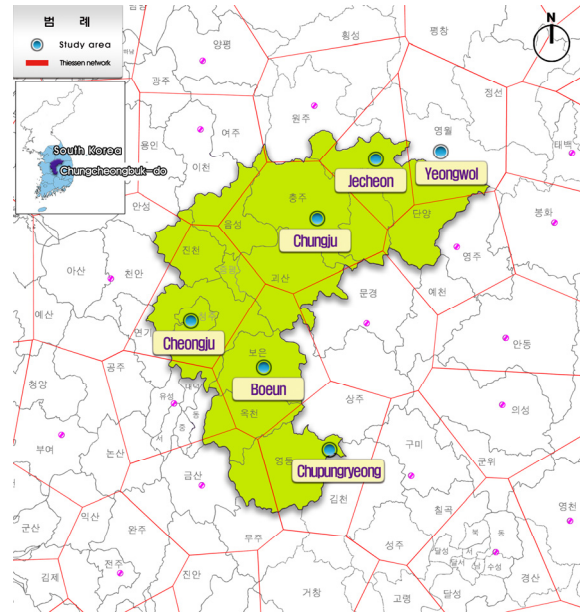


Figure 1. Study area

2. 분석방법

표준강수지수는 Mckee, et. al.(1993)의 연구에서 가뭄이란 상대적으로 물 수요에 비해 물의 부족을 유발하는 강수량이 감소하여 시작된다는 것에 착안하여 개발한 가뭄지수이다. SPI는 물의 부족 현상이 강수량 감소로 인해 용수공급원인 지하수량, 적설량, 토양 함유수분, 하천 유출량, 저수지 저류량 등이 서로 다른 영향을 받는다는 가정 하에 개발된 지수이다. SPI는 특정한 시간에 대한 강수량의 분석 시간단위를 3개월, 6개월, 9개월, 12개월 등과 같이 설정하고, 시간단위별로 강수 부족량을 산정하여 개개의 용수공급원이 가뭄에 미치는 영향을 산정하는 방법이다. 분석시간 단위로 산정된 SPI는 각 시간단위에 따라 다양한 분야에 사용될 수 있으며, 단기간의 시간단위는 농업부분에 장기간의 시간단위는 수자원 관리에 사용될 수 있다. Mckee, et. al.(1993)은 SPI 분석결과에서 얻어지는 가뭄강도를 정의하기 위하여 다음 <Table 1>과 같이 가뭄을 분류하였다.

본 연구에서는 충청지역 주변의 6개의 관측소의 일강수량 자료를 이용하여 분석된 지속기간별 SPI 분석 결과에서 가뭄의 특징을 나타내는 단계인 보통과정인

Table 1. Classification drought by SPI

Drought index	Wet condition
2.00 over	extremely wet
1.50~1.99	very wet
1.00~1.49	moderately wet
-0.99~0.99	near normal
-1.00~-1.49	moderately dry
-1.50~-1.99	severely dry
-2.00 below	extremely dry

0~-0.99부터 가뭄상태를 나타내는 -1.0이하의 구간을 나타내어 가뭄의 지속성과 정상상태로의 복원성에 대해 검토하였다. 가뭄의 특성을 검토하기 위해 지속기간별로 -값이 발생된 개월 수, 평균 부족 개월 수, 평균 SPI 값 등을 분석하여 비교하였다.

복원도(Resiliency)란 일반적으로 용수공급의 분석에서 물 부족이 발생한 후 얼마나 빨리 정상상태로 회복하는 가를 나타내는 데 사용된 지표이다. 용수공급의 문제에서는 물 부족이 발생할 경우 부족현상이 얼마나 오래 지속된 후 정상상태로 되돌아오는가를 나타내는 지표로 사용되었다. 본 연구에서는 SPI지수가 (-) 상태에서 (+)상태로 회복되는 것을 평가하기 위하여 SPI 지수에 대해 적용하였다. 복원도는 Charles(1999)가 저수지 신뢰도 분석을 위해 제안한 식(1)을 본 연구의 가뭄상태가 정상상태로 되돌아오는 과정에 응용하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$r = \frac{1}{E[T_F]} = \frac{\text{Prob}\{X_t \in S \text{ and } X_{t+1} \in F\}}{\text{Prob}\{X_t \in F\}} \quad (1)$$

r 는 복원도, T_F 는 SPI지수가 (-)가 발생하는 지속시간, $E[T_F]$ 는 T_F 의 기대치로서 SPI 값이 (-)상태의 평균 지속기간으로 하였다. $\text{Prob}\{X_t \in S \text{ and } X_{t+1} \in F\}$ 는 SPI지수가 X_t 에 (+)이었다가 X_{t+1} 에 (-)가 되는 확률이며, $\text{Prob}\{X_t \in F\}$ 는 X_t 에 SPI가 (-)가 될 확률이다. 즉 위의 식은 SPI가 (+)상태로 되돌아오는 확률이라 할 수 있다.

다음으로 취약도(Vulnerability)는 일반적으로 용수

공급의 문제에서 발생 가능한 물 부족의 크기를 의미하는 것으로 사용되었다. 그러나 시스템의 상태가 안정 상태와 파괴상태를 반복함에 따라 시스템의 파괴 상태에서의 크기를 v 판단하는 지수로 평가할 수 있다. 본 연구에서는 SPI의 지수의 산정결과에서 가뭄의 발생과 습윤 상태의 반복에서 가뭄의 심도가 얼마나 심각한 가에 대해 적용하였으며, SPI (-)기간 동안의 평균 크기를 나타내는 것으로 산정하였다.

III. 지속시간별 표준강수지수 분석

각 지점에서 산정된 2009년부터 2018년까지의 SPI 1개월에서 12개월 지속기간에 대한 분석결과를 이용하여 복원도와 취약도에 대해 지점별로 비교하였다. 복원도는 SPI가 (-)인 개월 수의 합을 구하고, (-)에서 (+)로 전환되는 Turnover 횟수를 구한 후 SPI 지수가 (-)의 평균 개월수의 역수를 구하여 복원도를 산정한 후 비교하였다. <Table 2>에 나타난 바와 같이 각 지점에 대해 SPI를 비교하면 (-)발생 개월 수는 영월이 63개월로 가장 많이 발생하였으며, 복원도는 제천이 0.40으로 가장 낮게 나타났으며, 취약도는 청주가 -0.96으로 가장 부족심도가 낮게 나타났다. 평균지속 개월 수는 제천이 2.48개월로 가장 길게 나타났다. 각 지점별 SPI 분석결과에서 (-) 값이 나타난 개월 수에 대해 분석한 결과 다음 <Table 2>와 같다.

분석결과 (-) 값이 나타난 개월수는 지속기간이 길어진다고 해서 크게 변화는 발생하지 않으나 SPI 12인 경우 전체기간에서 11개월이 부족함에도 불구하고 SPI 1과 비교하여 부족 개월 수가 크게 차이가 나지 않는 것으로 분석되었다.

각 지점에서 (-)가 발생하여 평균적으로 지속되는 개월수를 분석한 결과 <Table 3>과 <Figure 2>와 같이 지속기간이 길어질수록 (-)값이 발생하여 지속되는 개월 수가 증가하는 것으로 분석되었다.

영월지점의 경우 SPI 11과 SPI 12에서 지속 개월 수가 13.25개월과 17.67개월로 급증하는 것으로 분석되

Table 2. Comparison of SPI(-) months

Duration	Boeun	Chungju	Chupungryeong	Jecheon	Yeongwol	Cheongju
SPI1	55	54	55	57	63	52
SPI2	58	62	61	58	60	60
SPI3	58	63	63	60	57	59
SPI4	60	62	62	55	61	56
SPI5	59	59	58	55	58	56
SPI6	58	58	53	54	57	56
SPI7	61	59	56	51	56	53
SPI8	58	60	54	51	55	51
SPI9	61	63	52	52	56	47
SPI10	60	65	56	52	53	49
SPI11	55	64	50	53	53	49
SPI12	56	63	50	53	53	49

Table 3. Comparison of number of month to last SPI(-)

Duration	Boeun	Chungju	Chupungryeong	Jecheon	Yeongwol	Cheongju
SPI1	1.96	2.35	1.67	2.48	2.25	1.68
SPI2	3.05	3.26	2.90	3.41	3.33	2.73
SPI3	3.22	4.20	3.32	3.75	3.56	3.28
SPI4	4.00	5.17	3.65	3.93	4.36	3.50
SPI5	4.14	5.36	4.83	4.58	4.46	4.67
SPI6	4.14	4.83	4.42	5.40	4.75	6.22
SPI7	4.69	4.92	5.60	5.67	5.09	6.63
SPI8	4.46	6.00	6.00	7.29	7.86	6.38
SPI9	6.78	6.30	5.78	7.43	8.00	5.88
SPI10	7.50	7.22	7.00	10.40	7.57	7.00
SPI11	6.88	9.14	4.55	8.83	13.25	7.00
SPI12	7.00	12.60	7.14	13.25	17.67	16.33

Table 4. Sum of SPI(-) for shortage period

Duration	Boeun	Chungju	Chupungryeong	Jecheon	Yeongwol	Cheongju
SPI1	-1.75	-2.10	-1.47	-2.13	-1.78	-1.60
SPI2	-2.51	-2.48	-2.33	-2.87	-2.70	-2.14
SPI3	-2.65	-3.20	-2.47	-3.00	-2.92	-2.65
SPI4	-3.22	-3.97	-2.82	-3.35	-3.27	-2.98
SPI5	-3.35	-4.26	-3.97	-3.35	-3.61	-3.98
SPI6	-3.30	-3.76	-3.84	-4.51	-3.88	-5.29
SPI7	-3.46	-3.68	-4.59	-4.94	-4.17	-5.94
SPI8	-3.44	-4.31	-5.17	-6.21	-6.42	-5.87
SPI9	-4.89	-4.19	-5.17	-6.15	-6.44	-5.81
SPI10	-5.46	-4.59	-5.62	-8.50	-6.44	-6.51
SPI11	-5.46	-5.84	-4.15	-7.13	-11.11	-6.53
SPI12	-5.32	-8.23	-6.36	-10.87	-14.79	-15.16

Table 5. Comparison of resiliency

Duration	Boeun	Chungju	Chupungryeong	Jecheon	Yeongwol	Cheongju
SPI1	0.51	0.43	0.60	0.40	0.44	0.60
SPI2	0.33	0.31	0.34	0.29	0.30	0.37
SPI3	0.31	0.24	0.30	0.27	0.28	0.31
SPI4	0.25	0.19	0.27	0.25	0.23	0.29
SPI5	0.24	0.19	0.10	0.22	0.22	0.21
SPI6	0.24	0.21	0.23	0.19	0.21	0.16
SPI7	0.21	0.20	0.18	0.18	0.20	0.15
SPI8	0.22	0.17	0.17	0.14	0.13	0.16
SPI9	0.15	0.16	0.17	0.13	0.13	0.17
SPI10	0.13	0.14	0.14	0.10	0.13	0.14
SPI11	0.15	0.11	0.22	0.11	0.08	0.14
SPI12	0.14	0.08	0.14	0.08	0.06	0.06

Table 6. Comparison of vulnerability

Duration	Boeun	Chungju	Chupungryeong	Jecheon	Yeongwol	Cheongju
SPI1	-0.89	-0.89	-0.88	-0.86	-0.79	-0.96
SPI2	-0.82	-0.76	-0.80	-0.84	-0.81	-0.79
SPI3	-0.82	-0.76	-0.75	-0.80	-0.82	-0.81
SPI4	-0.80	-0.77	-0.77	-0.85	-0.75	-0.85
SPI5	-0.80	-0.80	-0.82	-0.84	-0.81	-0.85
SPI6	-0.80	-0.78	-0.87	-0.84	-0.82	-0.85
SPI7	-0.74	-0.75	-0.82	-0.87	-0.82	-0.90
SPI8	-0.77	-0.72	-0.86	-0.85	-0.82	-0.92
SPI9	-0.72	-0.67	-0.88	-0.83	-0.85	-0.99
SPI10	-0.73	-0.64	-0.80	-0.82	-0.85	-0.93
SPI11	-0.79	-0.64	-0.91	-0.81	-0.84	-0.93
SPI12	-0.76	-0.65	-0.89	-0.82	-0.84	-0.93

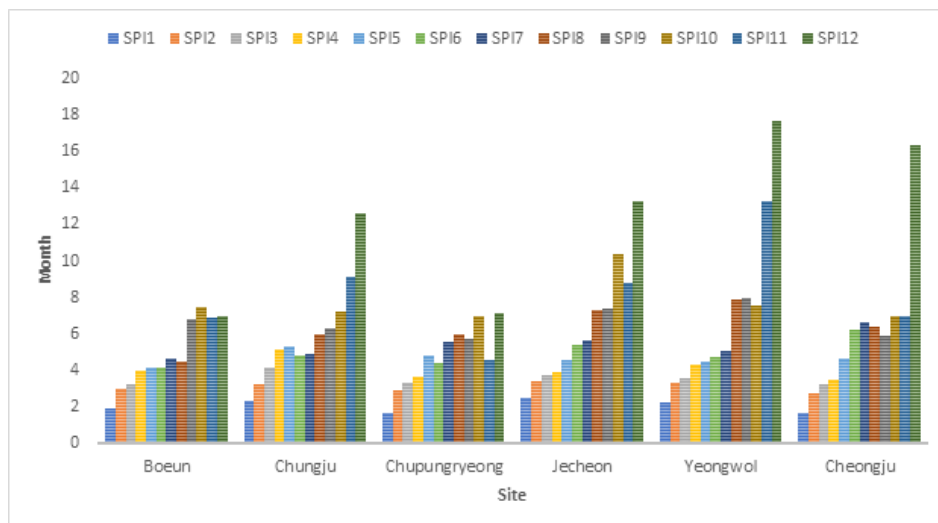


Figure 2. Comparison of number of month to last SPI(-)

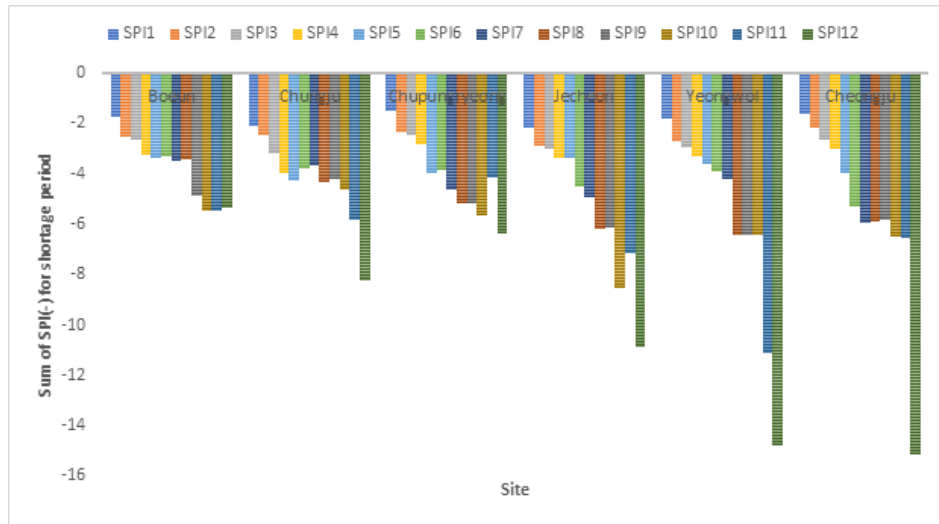


Figure 3. Sum of SPI(-) for shortage period

었으며, 충주, 제천, 청주 지점의 경우 SPI 12에서 (-)발생하는 지속 개월 수가 증가하는 것으로 분석되었다. 각 지점에서 분석된 SPI 결과를 이용하여 <Table 5>에 나타낸 바와 같이 (-)가 발생한 후부터 (+)로 돌아오는 기간에 대한 지수로서 복원도를 분석하였다.

복원도는 1에 가까울수록 정상상태로 빨리 돌아오는 것으로 SPI 지속기간이 길어질수록 복원도가 낮아지는 경향을 보이는 것으로 분석되었다. 특히 청주지점이 SPI12가 SPI1과 비교하여 10배 취약한 것으로 분석되었다. 각 지점별 취약도 분석결과에서는 보은지점과 충주지점의 경우 지속기간이 길어질수록 취약도가 낮아지는 것으로 <Table 6>과 같이 분석되었으며, 추풍령, 제천, 영월, 청주지점은 큰 변화가 없는 것으로 분석되었다. 과거 연구에서는 SPI 분석을 통해 가뭄의 심도와 장래 가뭄에 대한 예측중심으로 연구가 진행되었으나 본 연구에서는 SPI 분석에 따른 과거 가뭄이 얼마나 심각하였으며 정상상태로 회복되는 데 걸리는 기간이 얼마인지를 나타내는 취약도와 복원도를 지속기간 1개월에서 12개월까지의 기간에 대해 분석하여 제시하였다.

IV. 결론

본 연구에서는 충북지역에 인접한 6개의 관측소에

대해 표준강수지수(Standard Precipitation Index: SPI)를 지속기간 1개월에서 12개월까지 분석한 결과와 가뭄 특성을 나타내기 위한 (-)발생 개월 수, 지속 개월, 복원도, 취약도 등을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

지속기간에 따라 SPI 분석결과 (-)발생 개월 수는 큰 차이가 없었으나 SPI12의 경우 SPI1에 비해 12개월의 자료수가 부족함에도 불구하고 큰 차이가 나지 않아 지속기간이 길어질수록 (-)발생비율은 증가하는 것으로 분석되었다. SPI(-)의 평균지속 분석결과에서는 충주, 제천, 영월, 청주지점의 SPI12에서 12개월 이상 (-)가 지속되어 장기간 가뭄에 특히 취약한 것으로 판단된다. 특히 SPI12 (-)값의 합계에서 영월, 청주의 경우 12개월 평균값이 -1.0이상으로 가뭄에 취약한 것으로 분석되었다. 복원도의 SPI12의 경우 제천, 영월, 청주가 0.1이하로 정상상태로 되돌아오는데 가장 취약한 기간으로 나타났으며, SPI12의 취약도 분석결과에서 추풍령, 제천, 영월, 청주가 -0.8이하로 나타났다.

본 연구의 분석대상인 충북 지역중 제천, 영월, 청주가 특히 12개월 지속가뭄에 취약한 것으로 분석되어 장기간 가뭄에 대한 대책이 필요할 것으로 판단되었다. 본 연구의 결과를 이용하여 충북지역의 경우 12개월 단위의 가뭄 발생에 취약하여 이에 대한 가뭄평가를 통해 농업용 비상용수공급대책과 지하수공급가

능량 파악을 통한 지하수공급체계의 수립 등의 대응 전략 수립이 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 한국교통대학교 박사학위논문 중 일부를 정리하였음(2019.8)

References

Ahn So Ra, Park Jong Yoon, Jung In Kyun, Na Sang Jin, and Kim Seong Joon. 2009. Hydrological Drought Assessment of Agricultural Reservoirs based on SWIS in Guem River Basin. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers*. 51(5): 35-49.

Bae Deg Hyo and Son Kyung Hwan. 2012. Status and Development Direction of Drought Forecast in KOREA. *Water for Future*. 45(5): 46-54.

Bae Deg Hyo, Son Kyung Hwan, Ahn Joong Bae, Hong Ja young, Kim Gwang Soeb, Chung Jun Seok, Jung Ui Seok, and Kim Jong Khun. 2012. Development of Real-time Drought Monitoring and Prediction System on Korea & East Asia Region. *Atmosphere*. 22(2): 267-277.

Revelle, Charles. 1999. *Optimizing Reservoir Resources Including a New Model for Reservoir Reliability*. John Willy & Sons Inc. 22-44.

Keyantash, J. and J. A. Dracup. 2002. The Quantification of Drought: An Evaluation of Drought Indices. *American Meteorological Society*. 83(8): 1167-1180.

Kim Bo Kyung, Kim Sang Dan, Lee Jae Soo, and Kim Hung Soo. 2006. Spatio-Temporal Characteristics of Drought in Korea: Construction of Drought Severity-Area-Duration Curves. *Journal of Korean Society of Civil Engineers*. 26(18): 69-78.

Kim Gwang Seob and Lee Jun Won. 2011. Evaluation of Drought Indices using the Drought Records. *Journal of Korea Water Resources Association*. 44(8): 639-652.

Kyong Min Soo, Kim Sang Dan, Kim Bo Kyung, and Kim Hung Soo. 2007. Construction of Hydrological Drought Severity-

Area-Duration Curves using Cluster Analysis. *Journal of Korean Society of Civil Engineers*. 27(3B): 267-276.

Lee Jae Joon and Lee Chang Hoon. 2005. An Application of Various Drought Indices for Major Drought Analysis in Korea. *Journal of the Korea Society of Hazard Mitigation*. 5(4): 59-69.

Mckee, T. B., N. J. Doesken, and J. Kleist. 1993. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales, 8th Conference on Applied Climatology. January, 1993. Anaheim, California. 17-22

Palmer, W. C. 1965. Meteorological Drought, Research Paper. U. S. Weather Bureau. 1965(45): 58.

Ryu Jae Hea, Lee Dong Ryul, Ahn Jae Hyun, and Yoon Yong Nam. 2002. A Comparative Study on the Drought Indices for Drought Evaluation. *Journal of Korea Water Resources Association*. 35(4): 397-410.

Ryu Jung Su, Ahn Jae Hyun, and Kim Sang Dan. 2012. An Application of Drought Severity-Area-Duration Curves Using Copulas- Based Joint Drought Index. *Journal of Korea Water Resources Association*. 45(10): 1043-1050.

Son Kyung Hwan, Bae Deg Hyo, and Chung Jun Seok. 2011. Drought Analysis and Assesment by Using Land Surface Model on South Korea. *Journal of Korea Water Resources Association*. 44(8): 667-681.

Korean References Translated from the English

경민수, 김상단, 김보경, 김형수. 2007. 군집분석을 통한 수문학적 가뭄의 가뭄심도-가뭄면적, 가뭄지속기간 곡선의 작성, 대한토목학회논문집B. 27(3B): 267-276.

국가가뭄정보분석센터. <http://drought.go.kr>

김광섭, 이준원. 2011. 관측 자료를 이용한 가뭄지수의 평가. 한국수자원학회논문집. 44(8): 639-652.

김보경, 김상단, 이재수, 김형수. 2006. 가뭄의 시공간적 분포 특성 연구: 가뭄심도-가뭄면적-가뭄지속기간 곡선의 작성. 대한토목학회논문집B. 26(18): 69-78.

류재희, 이동률, 안재현, 윤용남. 2002. 가뭄평가를 위한 가뭄지수의 비교 연구. 한국수자원학회논문집. 35(4): 397-410.

류정수, 안재현, 김상단. 2012. Copulas 기반의 결합가뭄지수를 이용한 가뭄심도-영향면적-지속기간 곡선의 적용. 한국

- 수자원학회논문집. 45(10): 1043-1050.
- 배덕효, 손경환, 안중배, 홍자영, 김광섭, 정준석, 정의석, 김종근. 2012. 한반도·동아시아 지역의 실시간 가뭄 감시 및 전망 시스템 개발. 한국기상학회 대기. 22(2): 267-277.
- 배덕효, 손경환. 2012. 국내가뭄예보 현황 및 발전방향. 물과 미래. 45(5): 46-54.
- 손경환, 배덕효, 정준석. 2011. 지표수문해석을 활용한 국내 가뭄해석 적용성 평가. 한국수자원학회논문집. 4(8): 667-681.
- 안소라, 박종윤, 정인균, 나상진, 김성준. 2009. SWIS에 기반한 금강권역 농업용저수지의 수문학적 가뭄평가. 한국농공학회논문집. 51(5): 35-49.
- 이재준, 이창훈. 2005. 우리나라 주요가뭄해석을 위한 각종 가뭄지수의 적용. 한국방재학회논문집. 5(4): 59-69.

Received: Aug. 14, 2019 / Revised: Sep. 10, 2019 / Accepted: Sep. 17, 2019

지속시간별 SPI에 따른 충북지역의 가뭄특성 분석

국문초록 본 연구에서는 충북지역에 인접한 6개의 관측소에 대해 표준강수지수(Standard Precipitation Index:SPI)를 지속기간 1개월에서 12개월까지 분석한 결과와 가뭄특성을 나타내기 위한 (-)발생 개월 수, 지속 개월, 복원도, 취약도 등을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 지속기간에 따라 SPI 분석결과와 (-)발생 개월 수는 큰 차이가 없었으나 SPI12의 경우 SPI1에 비해 12개월의 자료수가 부족함에도 불구하고 큰 차이가 나지 않아 지속기간이 길어질수록 (-)발생비율은 증가하는 것으로 분석되었다. SPI(-)의 평균지속 분석결과에서는 충주, 제천, 영월, 청주지점의 SPI12에서 12개월 이상 (-)가 지속되어 장기간 가뭄에 특히 취약한 것으로 판단된다. 특히 SPI12 (-)값의 합계에서 영월, 청주의 경우 12개월 평균값이 -1.0이상으로 가뭄에 취약한 것으로 분석되었다. 복원도의 SPI12의 경우 제천, 영월, 청주가 0.1이하로 정상상태로 되돌아오는데 가장 취약한 기간으로 나타났으며, SPI12의 취약도 분석결과에서 추풍령, 제천, 영월, 청주가 -0.8이하로 나타났다.

주제어 : 가뭄, 표준강수지수, SPI, 복원도, 취약도

Profiles **Jung Koo Choi** : He received his B.A., M.A., Ph.D. from Department of Green Bio Engineering, Korea National University of Transportation Korea in 2019. He worked at Chungbuk Green Environmental Support Center from 2001 to 2016. Also, they studied natural disasters and the environment. Currently, he is serving as the manager of management at Chungju Facilities Management Corporation(jgchoi@cjfmc.or.kr).

Ki Bum Park : He received his B.A., M.A., Ph.D. from Yeungnam University, Korea in 1994. He is a Professor of the Civil Engineering Kyungil University, in which he has taught since 2015. His interesting subject and area of research and education is Natural disaster and water resources studies, and policy implementation. He has published 150 articles in journals(pkb5032@kiu.kr).

In Soo Chang : He received his B.A., M.A. and Ph.D. from Yeungnam University, Korea in 1981, 1985 and 1990. He is a Professor of the Division of Civil, Environmental & Urban-Transportation Engineering, Korea National University of Transportation. His interesting subject and area of research and education is water resources and drought studies. He has published 100 articles in journals(ischang@ut.ac.kr).