

속초시 갈수강우량 추정 및 표준강우지수 해석

이상일*, 김진수**, 김수민***, 오승영****

1. 서론

속초시의 연평균 강수량은 1,346.9mm로 전국평균 1,274mm보다 약 9%가 많으나, 동해안의 대부분 지역과 같이 하천의 길이가 짧고 경사가 급해 강우가 짧은 시간 내에 바다에 도달해 버리므로 강우를 수자원으로 확보하기 어려운 지형적 조건을 가지고 있다. 더욱이 이 지역은 많은 유동인구와 잦은 가뭄으로 물공급에 어려움을 겪어 왔다. 다행히 수년 전부터는 쌍천 지하댐으로부터 생활용수의 대부분을 공급받고 있으나, 장기적인 수원의 개발과 효율적인 가용수자원의 이용은 이 지역의 상존하는 현안이 되고 있다. 본 연구에서는 속초관측소에서 측정된 과거 30년의 자료를 바탕으로 갈수강우량을 추정하고 표준강우지수(Standardized Precipitation Index, SPI)에 기초한 가뭄해석을 실시하였다. 이 같은 연구는 이 지역의 물공급 대안을 마련하고 평가하는데 기본적인 정보를 제공할 것으로 기대된다.

2. 본론

2.1 속초시 기상 현황

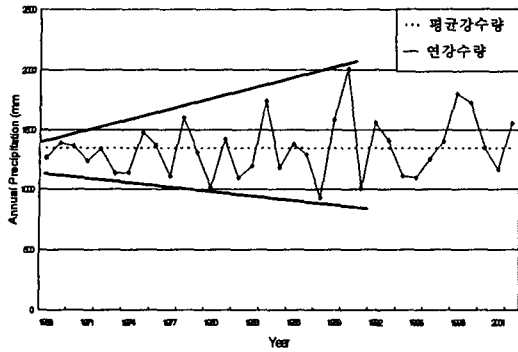
속초시의 연평균 기온은 12.1℃이며, 월평균의 최고기온은 23.7℃, 최저기온은 -0.3℃로 연평균 기온차가 24.0℃에 달한다. 연평균 강수량은 1346.9mm이며, 관개기(5~9월)의 평균 강수량은 913.4mm, 비관개기의 평균 강수량은 433.5mm를 나타내, 관개기가 비관개기보다 두배 이상 높게 나타내고 있다. 또한 연평균증발량은 1213.2mm이며, 갈수기인 4~8월(5개월간)의 증발량은 강수량 보다 많은 연평균의 약 53%인 642.3mm로 계절적 편차를 보인다. 속초시 평균강우량, 기온, 증발량, 일조시간 등의 통계적 특성은 <표 1>과 같다.

<표 1> 속초시의 연평균 기상 현황 (1973~2002)

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
기온(℃)	-0.3	1.1	5.4	11.4	16.0	19.0	22.8	23.6	19.8	14.8	8.4	2.8	12.1
강수량(mm)	50.2	53.3	53.2	71.1	86.9	126.1	213.4	280.0	207.0	88.9	71.0	45.9	1,346.9
강수일(일)	5.1	6.4	8.1	7.2	9.0	10.6	14.5	14.5	9.7	6.8	7.0	4.7	102.5
증발량(mm)	67.2	65.8	92.6	132.1	151.5	123.3	120.4	115.0	100.0	95.6	77.6	72.2	1213.2

속초시의 연도별 강수량 변화를 살펴보면 <그림 1>과 같이, 가뭄과 홍수가 반복적으로 발생하고 있음을 알 수 있다. 특히 1990년에는 연평균강수량보다 무려 약 650mm 많은 2012mm, 1988년에는 약 420mm 적은 928mm의 강우를 나타내고 있다. 또한 강수의 극값의 편차가 갈수록 커지는 사실을 알 수 있으며, 이에 따른 홍수와 가뭄의 규모도 점차 증가하고 있다.

*정회원 · 동국대학교 토목환경공학과 부교수 02-2260-3353(E-mail: islee@dgu.ac.kr)
 **정회원 · 충북대학교 농공학과 교수 043-261-2573(E-mail: jskim@cbucc.chungbuk.ac.kr)
 ***비회원 · 동국대학교 토목환경공학과 석사과정 02-2264-5216(E-mail: ksm0111@dgu.ac.kr)
 ****학생회원 · 충북대학교 농공학과 석사과정 (E-mail: osyoung@magicn.com)



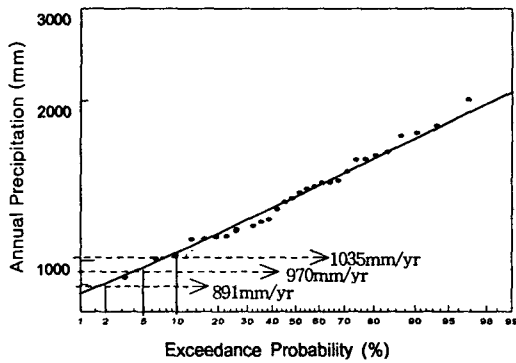
<그림 1> 속초시의 연도별 강수량 변화

Pearson Type III 분포에 의해 주어진 초과확률에 대한 빈도계수(K)와 식(1)에 의해 산정된 강우량을 <표 2>에 제시하였다. 이 지역 강우량의 표준편차는 261.8이며 왜곡도계수(C_s)는 0.65이다.

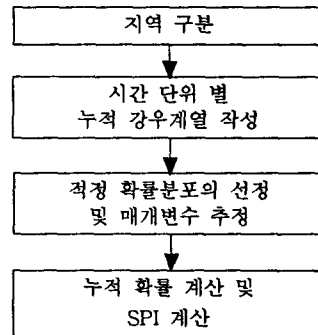
<표 2> Pearson Type III 분포에 따른 빈도계수 및 산정 강수량

초과확률 (%)	1	5	10	20	50	80	90	96	98	99
$K (C_s=0.65)$	-1.843	-1.441	-1.192	-0.857	-0.108	0.795	1.331	1.953	2.383	2.790
x (mm)	864.4	969.8	1035.0	1122.5	1318.8	1555.0	1695.2	1858.2	1970.8	2077.2

초과확률에 따른 갈수강우량을 도시한 것은 <그림 2>와 같고, 10년 빈도 갈수(10% 초과확률)의 강우량은 1035mm, 20년 빈도 갈수(5% 초과확률) 강우량은 970mm, 50년 빈도 갈수(2% 초과확률) 강우량은 891mm으로 추정되었다.



<그림 2> 속초시 갈수강우량 추정



<그림 3> SPI 계산 순서도

2.3 표준강우지수(SPI) 산정 및 해석

수집된 강수 자료는 가뭄을 정량적으로 살펴보기 위해 적절한 지수로 표현되어야 한다. 대표적인 가뭄지수로서 PDSI, SWSI, SPI 등이 있지만, 본 연구에서는 적은 입력자료를 요구하기 때문에 기상학적 가뭄해석에 유리한 SPI(Guttman, 1998)로 속초시 가뭄을 정량화 하였다. SPI는 고려된 기간의 강우량이 같은 기간의 평균강우량보다 크면 양의 값을, 작으면 음의 값을 나타내며, -2.5에서 2.5의 값으로 표현된다. <그림 3>는 SPI를 계산하는 순서도이다.

본 연구에서 적정확률분포는 Guttman(1999)이 SPI를 산정하는데 가장 적합하다고 한 Pearson Type III 분포를 이용하였고, 각 월별로 매개변수를 산정하였다. Pearson Type III 분포는 식(2)와 같고, 누가확률분포는 식(3)과 같다.

$$f(x) = \frac{1}{a\Gamma(\beta)} \left(\frac{x-x_0}{a}\right)^{\beta-1} \exp\left(-\frac{x-x_0}{a}\right) \quad (2)$$

$$F(x) = \int_{x_0}^x \frac{1}{a\Gamma(\beta)} \left(\frac{x-x_0}{a}\right)^{\beta-1} \exp\left(-\frac{x-x_0}{a}\right) dx \quad (3)$$

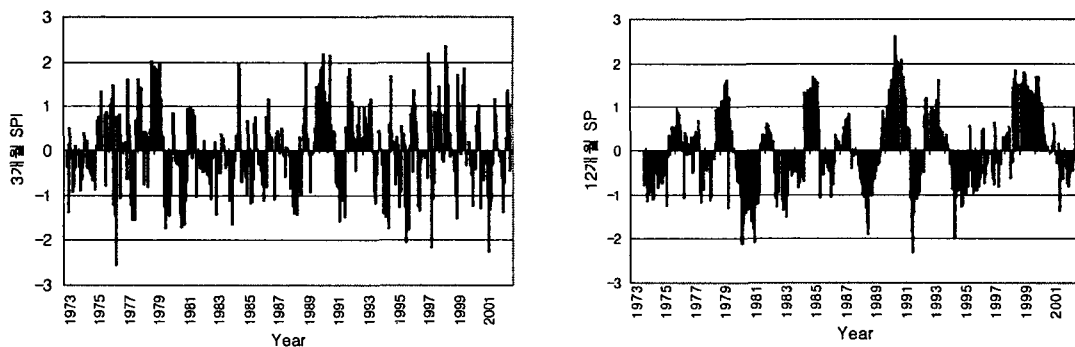
여기서 a 는 규모 매개변수, β 는 형상 매개변수, x_0 는 위치 매개변수이다. a 가 양수일 때는 $x_0 \leq x < \infty$ 이고, a 가 음수일 때는 $-\infty < x \leq x_0$ 이며, $\beta > 0$ 이다. 매개변수는 식(4)로 표현된다.

$$a = \frac{S C_s}{2}, \quad \beta = \left(\frac{2}{C_s}\right)^2, \quad x_0 = \bar{x} - a\beta \quad (4)$$

여기서 S 는 표준편차, C_s 는 왜곡도 계수이며 \bar{x} 는 평균강수량이다.

식(3)에서 구한 누적 확률의 값과 표준정규분포의 누적확률값이 같아지는 값을 찾아 표준정규분포의 변수(x)값을 읽으면 그 값이 SPI가 된다.

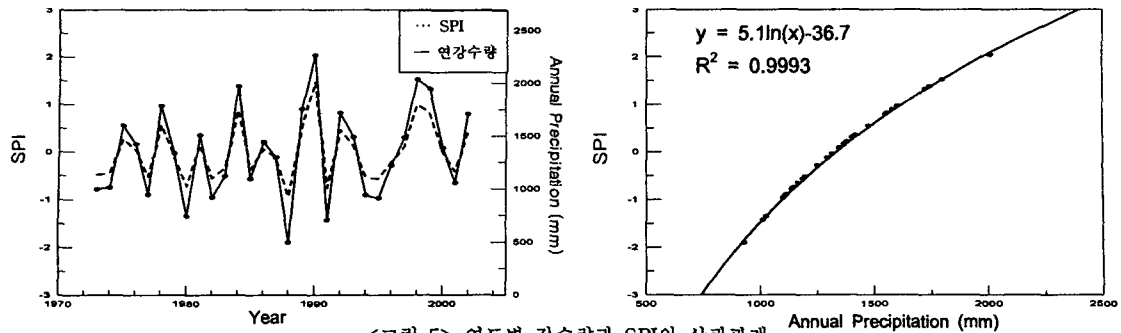
일반적으로 SPI는 시간단위별 강수 부족량을 산정하여 개개의 용수공급원이 가뭄에 미치는 영향을 산정하는 것이다. 이렇게 산정된 SPI는 각 시간단위에 따라 여러 관심분야에 사용될 수 있다. 예를 들면 단기간의 시간단위는 농업적 관심에 사용될 수 있으며, 비교적 장시간의 시간단위는 수자원공급관리 등에 사용될 수 있다. 물공급난을 겪고 있는 속초시는 수자원공급관리 차원에서 장기간 SPI를 분석하는 것이 효과적이다. 우선적으로 <그림 4>에 단기간에 속하는 시간 단위 3개월에 해당하는 SPI(3-SPI)와 장기간에 속하는 시간 단위 12개월에 해당하는 SPI(12-SPI)를 비교하였다.



<그림 4> 3-SPI와 12-SPI

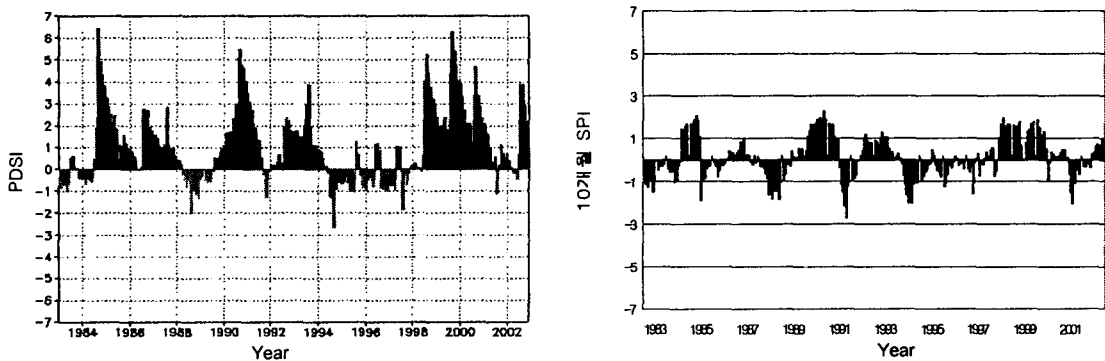
<그림 4>에서 3-SPI는 12-SPI보다 가뭄의 주기가 짧은 경향을 보이고 있다. 이는 3-SPI는 단기간의 강수량을 반영하기 때문에 약간의 강수부족이 곧 가뭄으로 나타내지만, 12-SPI는 누적되는 강수량을 나타내므로 약간의 강수부족이 발생하더라도 이는 큰 영향을 주지 못함을 나타내는 것이다. 그리고 3-SPI에서는 약한가뭄(-1.0)은 매년 발생하고, 보통가뭄(-1.5)은 2년마다, 심한가뭄(-2.0이상)은 6년마다 발생함을 보여준다. 한편 12-SPI에서는 약한가뭄(-1.0)은 2년마다, 보통가뭄(-1.5)은 6년마다, 심한가뭄(-2.0이상)은 10년마다 발생하는 것으로 나타난다. 그리고 가뭄지수가 가장 낮은 월을 살펴보면, 3-SPI에서는 1976년 7월로 -2.54이며, 12-SPI는 1991년 11월로 -2.31이다.

연평균강수량과 12-SPI의 관계는 <그림 5>에 나타나 있으며, 이때 SPI값은 연평균강수량이 가장 큰 1990년 2012mm의 강수에는 2.04(심한홍수), 가장 적은 1988년 928mm의 강수에는 -1.9(보통가뭄)이다. 그리고 회귀분석 결과 $R^2=0.9993$ 로서 SPI는 강수량의 크기와 밀접한 상관관계가 있는 것으로 나타났다.



<그림 5> 연도별 강수량과 SPI의 상관관계

다음으로 또 다른 가뭄지수인 PDSI와 SPI를 비교 분석하였다. <그림 6>에서는 기상청 홈페이지에 도시되어 있는 속초시의 PDSI와 PDSI와 상관성이 높다고 알려진 10-SPI(류재희 2000 등)를 비교하고 있다. PDSI와 SPI는 산정과정에서 다르기 때문에 단순히 두 지수를 산술적으로 비교하는 것보다는 각각의 지수에 대한 가뭄의 범주를 비교하는 것이 타당하다. PDSI는 1983~1984년, 1988~1989년, 1994~1995년에, SPI는 1983, 1985년, 1988~1989년, 1991년, 1994~1994년, 2001년에 가뭄이 집중적으로 발생하였음을 알 수 있다. 이를 통해 PDSI와 10-SPI에서 나타내는 가뭄의 기간은 유사하다고 간주할 수 있으며, 또한 10-SPI가 PDSI보다 비교적 가뭄에 더 민감함을 알 수 있다.



<그림 6> 10-SPI와 PDSI

3. 결론

물공급에 어려움을 겪고 있는 속초시의 강수량 관측자료를 바탕으로 갈수기 강우량을 빈도별로 추정하였다. 또한 표준강우지수(SPI)를 산정하고 강수량 및 PDSI와의 상관관계를 파악하였다. 이를 바탕으로 이 지역의 물공급 대안을 도출하고 수자원의 효율적 운영방식을 평가하는데 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

사 사

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호: 3-4-1)에 의해 수행되었습니다.

4. 참고문헌

Guttman, N. B. (1998) Comparing the Palmer drought index and the standardized precipitation index, J. Amer. Water Resour. Assoc, 34, 113-121.
 Guttman, N. B. (1999) Accepting the standardized precipitation index: A calculus algorithm. J. Amer. Water. Resour. Assoc, 35, 311-322.
 류재희 (2000). 가뭄평가를 위한 가뭄지수의 비교연구, 석사학위논문, 고려대학교.