

2001년 가뭄의 특성과 진행과정 분석

○이동률¹⁾ 김웅태²⁾ 이대희³⁾

1. 서론

2000년의 전국적인 홍수와 2001년 겨울에 발생한 많은 적설량에도 불구하고 모내기 등으로 농업용수 사용이 집중되는 2001년 3~5월 강수량의 부족으로 심한 봄가뭄을 겪었다. 2001년 봄가뭄의 특징은 3개월 정도 단기간의 강수량 부족에 의해 심한 가뭄을 겪었다는 것과 시기적으로 봄에 가장 극심했었다는 데 특징이 있다. 이와 같은 강수량 부족으로 간이상수도와 지방상수도에 의해 생활용수를 공급받는 85개 시·군에서 지역에 따라 1회 이상 제한급수와 운반급수를 경험하였고, 54개 시군에서는 농업용수 부족을 초래하였다.

가뭄의 심도(severity)를 평가하는 데는 기상 가뭄, 수문 가뭄, 농업 가뭄 등에 따라 다르지만 가뭄의 근원이 장기간 강수량의 부족에 의한 기상 가뭄에 의해 발생하므로 본 논문에서는 강수량의 부족에 의한 2001년 가뭄의 상대적인 심도를 과거 가뭄과 비교하여 평가하였다.

가뭄이 가장 극심하게 나타나는 시기는 과거 기록적인 가뭄분석으로 볼 때 가뭄마다 다르게 나타났다. 또한 가뭄 평가에서 금년도와 같이 3개월의 강수량의 부족이 심한 가뭄을 유발할 수 있지만 3개월 이상의 강수량 부족에 의해서는 더 극심한 가뭄이 발생할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 6개월 이상의 연속적인 장기 가뭄 특성을 잘 재현해주는 가뭄지수인 PDSI(Palmer Drought Severity Index)에 의해 과거 기록적인 가뭄들과 금년도에 가장 극심했던 시기의 가뭄의 심도와 가뭄지역들을 비교하여 금년도의 가뭄의 크기를 평가하여 보았다. 또한, 금년도의 전국적인 가뭄이 3개월(3~5월) 강수량의 부족에 의한 만큼 과거 동기간의 강우량과 비교하였고, 단기간의 체감가뭄 특성을 파악할 수 있는 가뭄지수인 SPI(Standardized Precipitation Index)를 이용하여 과거 가뭄과 2001년 가뭄의 심도와 가뭄 지역들을 비교하였다.

더불어 2002년 3~5월 예년평균강수량의 변동폭을 고려하여 금년 봄가뭄의 예상진행상황을 고찰하였다.

2. 2001년 가뭄의 진행

우선 2001년 가뭄의 진행과정을 SPI로 분석하였다. SPI는 기간별 과거 강수량이 정규분포를 따른다는 가정에서 이들을 표준화한 후 표준화 수치를 분류하여 가뭄상태를 나타내는 것이다. 이들 표준화 수치(SPI)에 의한 가뭄의 심도의 분류는 표 1과 같다. 상세한 산정과정은 류재희(2000)을 참조할 수 있다.

우선 2000년 9월부터 2001년 5월까지 SPI의 시·공간적 변화분석을 통한 가뭄의 전개과정을 파악하기 위하여 그림 1과 같이 지속기간 3개월에 대한 2000년 9월, 2000년 11월, 2001년 1월, 2001년 3월, 2001년 5월 그리고 지속기간 6개월에 대한 2001년 5월의 SPI를 나타내었다.

먼저 2000년 여름철의 습윤상황을 파악할 수 있는 2000년 7~9월 강수량에 의한 2000년 9월의 경우 그림 1(a)에서 알 수 있듯이 전국적으로 SPI가 1.0~1.5 내외로서 정상기후 혹은 보통이상의 습윤상태를 보이고

표 1. SPI에 따른 가뭄의 심도분류

SPI의 범위	수 분 상 태
2.00 이상	Extremely Wet(극심한 습윤)
1.50 ~ 1.99	Very Wet(매우 습윤)
1.00 ~ 1.49	Moderately Wet(보통 습윤)
-0.99 ~ 0.99	Near Normal(정상 기후)
-1.00 ~ -1.49	Moderately Dry(보통 가뭄)
-1.50 ~ -1.99	Severe Dry(심한 가뭄)
-2.00 이하	Extremely Dry(극심 가뭄)

1) 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 수자원연구그룹장(dryi@kict.re.kr)
 2) 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단 연구원(utkim@water21.re.kr)
 3) 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 연구원(davelee@kict.re.kr)

있으며, 2000년 11월의 경우 전국적인 SPI가 1.0 내외로서 정상기후 정도의 습윤상태를 보이고 있어 2000년 9월보다 전국적으로 습윤상태가 낮아졌다. 그러나 그림 1(c)에서 알 수 있듯이 2001년 1월에 들어서면서 지속기간 3개월에 대한 전국적인 SPI는 정상기후 정도의 습윤상태를 보이나 철원지방을 중심으로 보통가뭄 정도의 심도를 보이고 있다. 또한 2001년 3월의 경우 그림 1(d)에서 알 수 있듯이 철원지방을 중심으로 가뭄의 심도는 점점 깊어져 심한 가뭄에서 극심 가뭄의 양상을 나타내고 있어 2001년 1월에 비해 상당히 습윤상태가 낮아졌다.

가뭄의 심도는 더욱 깊어져 농업용수 수요가 활발한 2001년 5월의 경우 그림 1(e)에서 확연히 드러나듯이 지속기간 3개월에 대한 전국적인 SPI는 경기·강원 북부 및 중부지방의 경우 대부분 -2.0 이하의 극심가뭄을 나타내고 있으며 나머지 지역도 SPI가 -1.5 내외로서 심한가뭄 현상을 나타내고 있어 2001년 3~5월의 강수량부족에 의한 2001년 5월의 가뭄상황을 잘 나타내고 있다.

그림 1(f)는 지속기간 6개월에 대한 2001년 5월의 SPI를 나타낸 것인데 경기 및 강원북부지방과 경상북도 일부지방의 SPI는 -1.5 내외로서 심한가뭄을 보였으나 나머지 지역에서는 SPI는 -1.0 내외의 보통 내지는 약한가뭄을 나타내고 있다. 이는 3~5월 강수량은 적었지만 상대적은 겨울철의 강수량이 많았다는 것을 반영하고 있다.

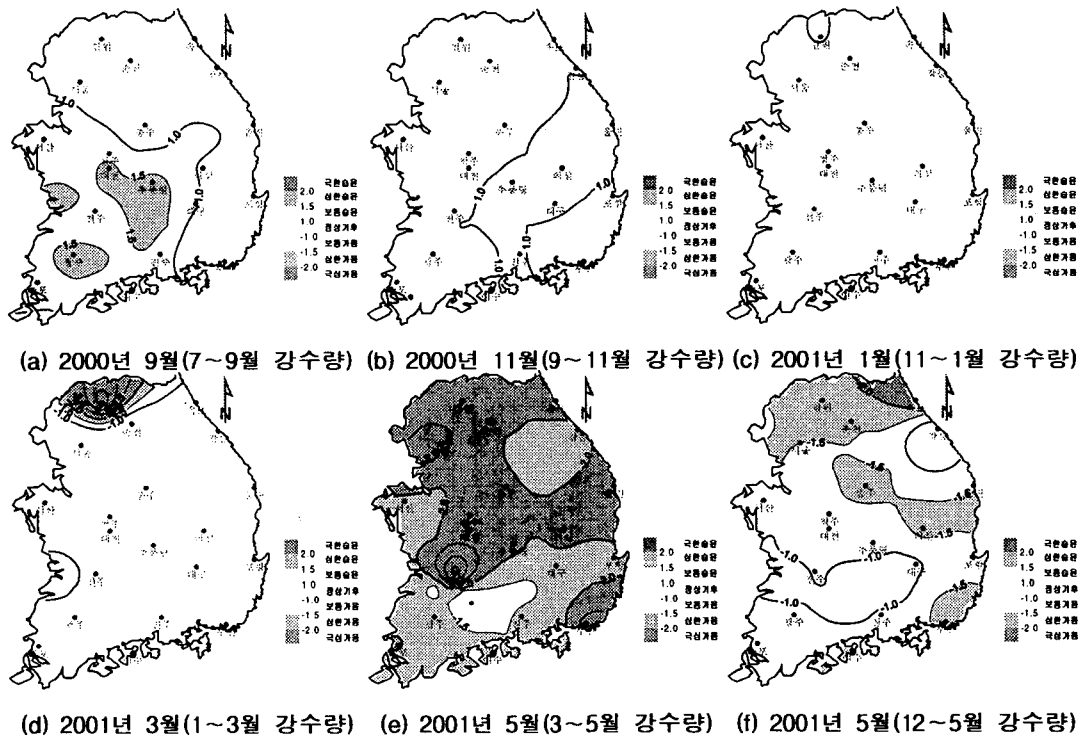


그림 1. SPI를 이용한 2001년 봄가뭄의 시·공간적 전개과정

3. 과거 극심가뭄과 2001년 봄 가뭄의 심도와 가뭄지역 비교

PDSI는 약 6개월 이상 장기간의 강수량 부족에 의한 가뭄의 평가에 적절한 기상학적 가뭄지수로서 현 상황에 기후적으로 필요한 강수량과 평균강수량의 누가편차로 산정된다. 상세한 산정과정은 이동률(1998)을 참조할 수 있다. PDSI가 -0.99~+0.99면 「정상」, -1.00~-1.99는 「약한가뭄」, -2.00~-2.99는 「보통가뭄」, -3.0~-3.99는 「심한가뭄」으로 일반적인 가뭄 피해는 채소가 말라죽고 밭작물의 생육이 떨어지는 현상이 나타나며, -4이하는 제한급수를 해야하고 논바닥이 균열되는 「극심가뭄」을 뜻한다.

최근 30년 동안 발생한 기록적인 가뭄은 1967~68년, 1976~78년, 1982~84년, 1988~89년, 그리고 1994~

95년의 가뭄으로 약 5~8년 주기로 발생하였다. 이들 가뭄의 지속기간과 가장 극심한 가뭄이 발생했던 월은 서로 다르다. 본 연구에서는 이들 가뭄기간에 가장 극심한 월의 전국 PDSI를 산정하여 2001년 5월의 가뭄 상황과 비교하여 급년도의 가뭄의 심도 또는 크기를 평가하였다. 그림 2는 6개 과거 가뭄 기간에서 가장 극심했던 월의 PDSI를 도시한 것으로 해당 가뭄기간의 가뭄의 정도와 지역들을 파악할 수 있다(이동률 외, 2001b).

공간적으로 1968년 7월은 전국의 75%, 1977년 10월 92%, 1982년 10월 68%, 1988년 12월 78% 및 1994년 9월 82%의 지역에서 심각한 가뭄을 경험하였고, 1995년 8월은 가뭄우심 지역이 남부지역에서 집중되어 공간적으로 전국의 약 50%정도 지역에서 심각한 가뭄을 경험하였다. PDSI는 6개월 이상의 강수량 부족에 의한 가뭄의 체감을 잘 재현해주는 특성으로 볼 때 1968년 7월 가뭄이 전국적인 가뭄지역은 75%이지만 봄과 초여름의 강수량의 부족으로 농업용수에 필요한 가장 큰 물 부족을 경험했음을 알 수 있다(한국건설기술연구원, 2000).

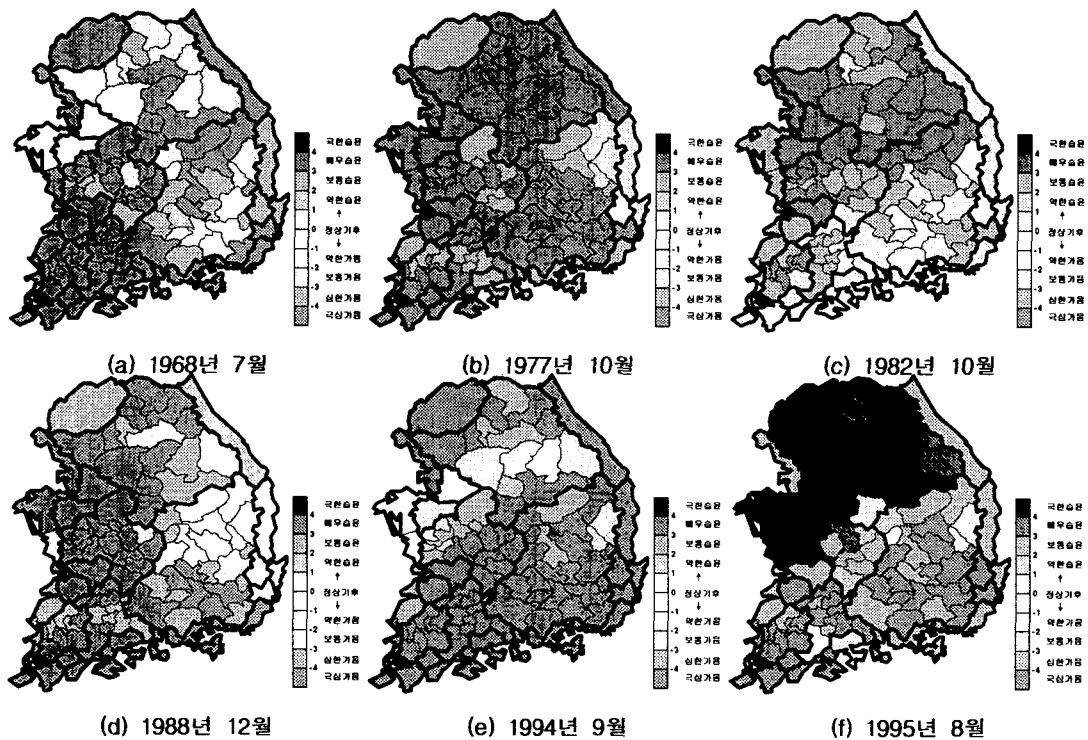
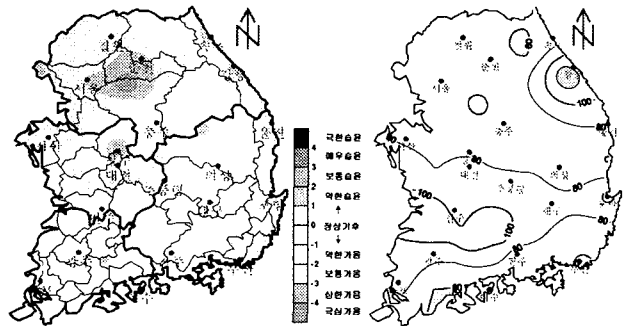


그림 2. 과거 극심가뭄 기간의 가뭄 심도(PDSI)

그림 3(a)는 2001년 봄 가뭄에서 가장 극심했던 5월의 PDSI에 의한 가뭄상황이다. 공간적으로 한강 중·하류, 임진강 유역, 금강 중류지역, 강릉과 울진을 잇는 동해안 및 낙동강 하류를 제외하고는 전국적으로 약한 가뭄으로 평가된다. 그리고 가장 심했던 가뭄 우심 지역은 수도권과 경기북부지역임을 알 수 있다. 그러나 이 정도의 가뭄은 과거 기록적인 가뭄과 비교할 때 심도와 가뭄지역에서 상대적으로 미미한 가뭄으로 평가된다.

일반적으로 생각할 때 일반국민과 비전문가



(a) 가뭄 심도 (b) 예년대비강수량(%)

그림 3. 2001년 5월의 가뭄 상황(PDSI)

들은 이런 가뭄 특성에 의구심을 가질 수 있다. 앞에서 기술하였듯이 금년도 가뭄은 3개월이라는 단기간의 강수량 부족에 의한 가뭄이고 이 시기가 농업용수가 집중되는 시기였으므로 일반 국민들이 체감하는 가뭄의 크기가 컸다고 생각된다. 그림 3(b)는 2000년 12월부터 2001년 5월까지의 6개월간 예년평균대비 강수량으로서 예년에 비하여 적지만 전국적으로 80%이상의 강수량을 보이고 있어 기상학적인 입장에서 볼 때 2001년 5월 이전 지속기간 6개월의 강수량은 예년 평균에 비하여 크게 적지 않았음을 의미한다(이동률 외, 2001(b)).

4. 2001년 3~5월 봄 가뭄의 평가

4.1 3~5월 강수량의 평가

2001년 봄가뭄의 특징이 3~5월 강수량의 부족에 의해 발생한 만큼 본 연구에서는 2001년 3~5월 강수량이 예년에 비해 어느 정도 적은 양인지를 파악하기 위해 기록기간은 서로 다르지만 장기간의 자료를 보유하고 있는 강릉, 서울, 대구, 전주, 부산, 그리고 목포지점의 2001년 3~5월 강수량은 모두 3순위 안에 해당되어 과거 주요 가뭄기간의 3~5월 강수량기록을 갱신하고 있어 2001년 상반기에 얼마나 적은 양의 비가 내렸는지 알 수 있다. 또한, 최근 30년 정도의 자료를 가지고 있는 다른 지점의 경우도 2001년 3~5월 강수량이 대부분 가장 적은 1순위를 차지하고 있다(이동률 외, 2001b).

그림 4는 장기간의 자료를 보유하고 있는 강릉, 서울, 대구, 전주, 부산, 그리고 목포지점의 2001년 3~5월 강수량을 연도별로 도시한 것으로 그림에서 알 수 있듯이 2001년 3~5월 강수량은 예년 평균에 훨씬 못 미치고 있으며 과거 기록치와 비교해도 매우 적은 양임을 알 수 있다.

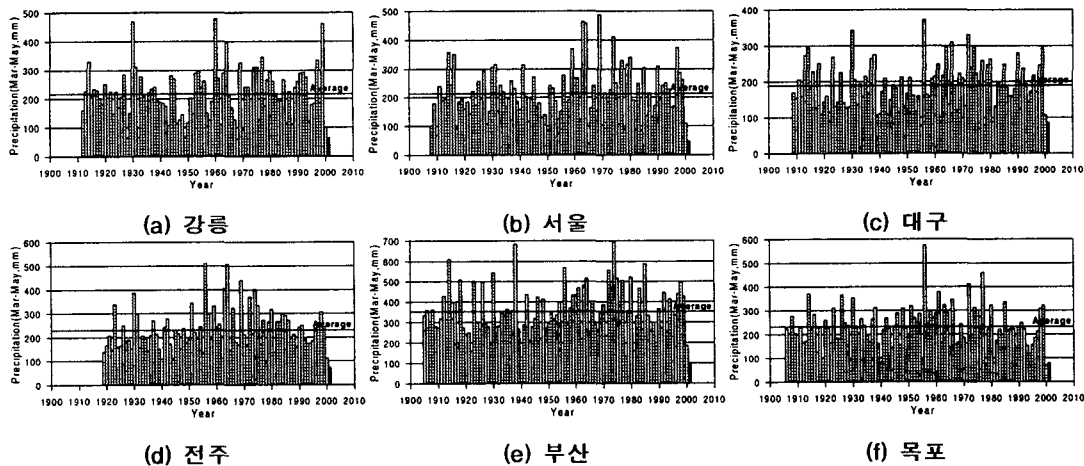


그림 4. 전국 주요 지점 과거 3~5월 강수량

또한, 기록기간에서 볼 때 일반 언론에서 많은 보도를 했듯이 개략적으로 90년만에 가장 적은 강수량으로 기록될 수 있다. 한편 Weibull 분포에 의해 분석된 2001년 3~5월 강수량 분포는 전반적으로 중부지방에서는 80년 이상의 재현기간으로 나타났으며 남부지방의 경우는 40~60년 범위의 재현기간으로 나타났다.

4.2 3~5월 강수량에 의한 가뭄 평가

3~5월 강수량에 의한 극심한 가뭄은 단기간에 발생한 가뭄으로서 앞에서 비교한 PDSI로서는 우리가 현장에서 체험했던 단기간 가뭄의 심도를 평가하기 어렵다. 따라서 단기간의 강수량 부족으로 인한 가뭄을 적절히 나타낼 수 있는 지수가 필요한데 이런 차원에서 기간에 따른 총강수량으로 지수를 산정할 수 있는 SPI가 적절한 가뭄평가지수이다.

사실 기록적인 과거 가뭄분석에서 3~5월 강수량이 부족하여 동기간에 극심한 가뭄이 발생했던 경우 거의 없었다. 1970년 이후 3~5월 강수량의 부족으로 인하여 가뭄이 가장 크게 발생하였던 시기는 1977년, 1982년, 1988년, 1994년으로 이들 연도의 3~5월 강수량에 의해 평가된 전국적인 SPI는 그림 5(a)~5(d)와 같다.

이들 가뭄년도는 과거에 발생한 기록적인 가뭄기간들이었으나 3~5월의 강수량에 의한 SPI는 대부분 정상적인 기후상황을 나타내고 있다. 그러나, 그림 5(e)의 2001년 3~5월의 강수량에 의한 SPI는 전국적인 심한 가뭄 상황을 보여주며 또한 그림 5(f)는 3~5월 강수량의 경우 예년 대비 20~40%의 강수량을 기록하였음을 보여준다. 이는 5.1절에서 기술하였듯이 90년만에 가장 적은 3~5월의 강수량에 의해 나타난 결과를 보여주며 이상과 같은 분석은 봄 가뭄으로서는 금년도 가뭄이 1900년도 이후 가장 큰 가뭄으로 기록될 수 있음을 보여준다(이동률 외, 2001b).

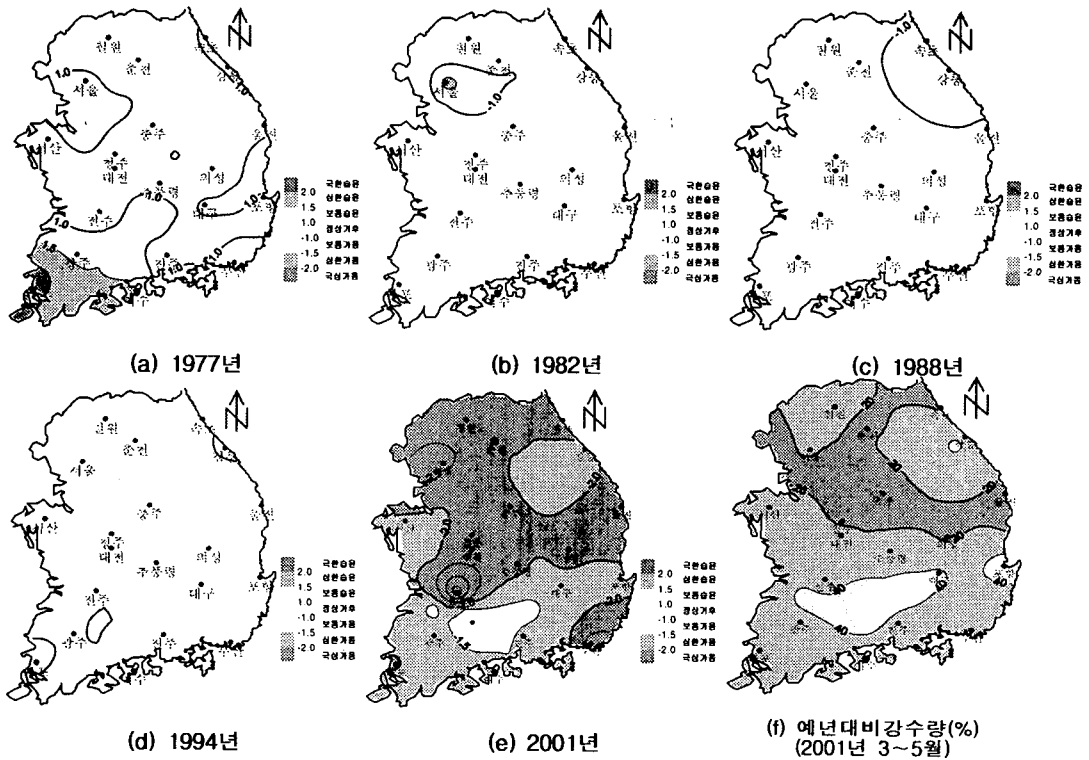


그림 5. 3~5월 강수량 부족에 의한 가뭄현황(SPI)

5. 결론 및 고찰

종합적으로 분석할 때 2000년 하반기에서 2001년 상반기로 전환되면서 강수량은 점점 적어져 경기 및 강원북부를 중심으로 가뭄이 전파되는 양상을 보이고 있다. 2001년 연강수량은 전국적으로 예년대비 80%이상의 강수량을 기록하여 연간으로 본 강수량을 부족하지 않았다고 볼 수 있다. 그러나, 2001년 상반기에 발생한 가뭄은 농업용수 수요가 집중되는 2001년 3~5월의 강수량이 예년대비 약 30%에 불과해 절대적으로 강수량이 부족하여 발생한 가뭄인 것으로 결론지을 수 있으며 그 심도도 매우 깊었음을 알 수 있다. 특히 관개 시설이 낙후된 수리불안전담과 비관개지의 피해가 심각하였으며 수리안전담의 경우도 정상적인 용수공급에 는 많은 차질이 발생한 것으로 보인다.

정확하게 3~5월의 강수량을 정량적으로 예측할 수는 없지만 2002년에 봄에 발생할 가능성이 있는 강수현황을 표 2와 같은 시나리오로 구성하여 2002년의 5월의 전국 SPI를 산정하면 그림 6과 같다.

그림 6(a)~6(c)의 경우 2002년 3~5월 강수량이 예년평균으로 유지되었을 경우 전국적인 SPI의 분포를 추정한 것이다. 그림 6(a)는 3월현재 중부서해안 지방의 강수부족현상을 잘 나타내고 있으며 2002년 5가지 예년평균강수량이 발생한다면

표 2. 2002년 3~5월 전국 SPI 시나리오(지속기간 6개월)

월	3월	4월	5월
예년평균	(a)	(b)	(c)
예년평균-1σ	(d)	(e)	(f)

관개배수가 제대로 정비되지 않은 일부 천수답전을 제외하고는 그다지 큰 용수부족사태는 발생하지 않을 것으로 보인다.

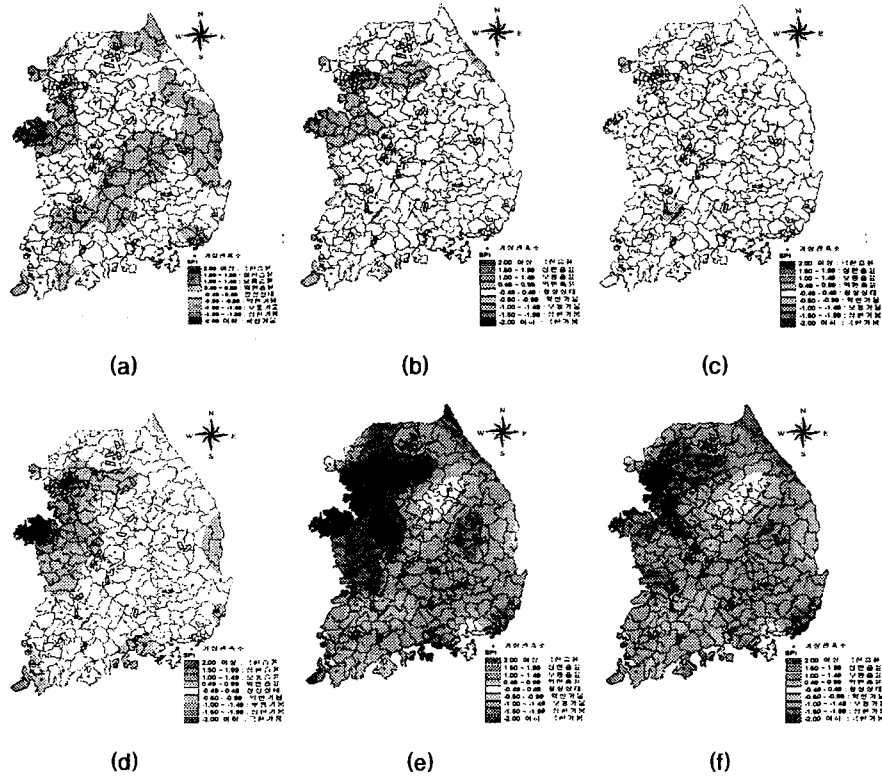


그림 6. 2001년 봄 SPI 시나리오

그림 6(d)~6(f)의 경우 2002년 3~5월의 강수량이 예년평균보다 표준편차만큼 적을 경우 전국적인 SPI를 추정한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 2002년 4월말까지 예년평균보다 표준편차이상으로 적은 강수량이 발생할 경우 중서부지방을 중심으로 가뭄의 심도가 확산될 것으로 예상된다.

물론 그림 6(a)~6(f)의 경우 토양의 습윤상태나 저수시설로부터의 용수공급능력을 고려하지 않은 강수량만의 통계치로 추정한 가뭄의 현황이므로 체감가뭄을 표현하기에는 무리가 있을 것으로 사료되지만 가뭄의 근본이 장기간의 강수부족임을 상기해볼 때 조기에 적절한 대책을 수립하여야 할 것으로 사료된다.

2002년의 경우 2001년 봄가뭄의 진행상황과 흡사하게 3월까지의 강수량은 예년대비에 훨씬 못미치고 있어 2002년 4월과 5월에 예년평균이상의 강수량이 발생하지 않을 경우 2002년 상반기 봄가뭄은 불가피할 것으로 전망된다. 따라서 향후 강수현황과 가용한 용수공급능력을 고려하여 용수부족 예상지역에 대한 적절한 대책을 강구하여야 할 것으로 보인다.

참고문헌

이동률, 이대희, 김웅태, 강경석(2001a). 2001년 봄 한탄강·임진강 유역의 봄가뭄. 한국수자원학회지 제34권, 제4호, pp. 56-67.
 이동률, 김웅태(2001b). 2001년 봄 가뭄의 심도. 한국수자원학회지 제34권, 제4호, pp. 68-73.
 한국건설기술연구원(2000). 수자원계획의 최적화 연구IV(기후변화에 따른 수자원계획의 영향평가). 건설교통부, 한국수자원공사.
 류재희(2000). 가뭄평가를 위한 가뭄지수의 비교연구, 고려대학교 토목환경공학과 대학원 석사학위논문.