

## 기후변화에 따른 극한가뭄대책 및 수자원확보 방안



연구요약

### 기후변화에따른 극한가뭄대책 및 수자원확보 방안

---

기후변화는 사회전반에 걸쳐 피해비용을 발생시키고, 이러한 피해비용의 대부분은 수자원(홍수, 가뭄 등)문제가 직간접적 원인이 되어 발생하고 있다. 이러한 기후변화 수자원분야 피해비용 규모는 계속해서 증가 추세로 2009년 3월 극심한 가뭄을 겪은 태백지역 가뭄의 가뭄고통비용은 1인당 약90만원으로 추정된다. 기후변화에 대한 수자원분야의 영향은 결국 극치사상에 의한 영향으로서 극한홍수와 극한가뭄의 형태로 구분되어 나타난다. 극한홍수의 경우 단기적 피해 형태로 나타남에 따라 관련연구와 대책 수립이 상대적으로 용이한 반면 극한가뭄의 피해는 그 발생 예측이 홍수에 비하여 어렵고 장기적 피해 형태로 나타남에 따라 관련연구와 대책수립이 미비한 실정이다. 특히 강원도는 전국 평균에 비해 가뭄이 빈번히 발생하고 있으며 강원내륙지역의 피해는 정기적 피해 형태를 보인다. 따라서, 중장기적인 강원도의 기후변화 적응을 위해 도내 가뭄분석을 통한 극한가뭄 대책 및 적절한 수자원 확보방안 마련 및 관련 정책방향 제시가 필요하다.

가뭄은 물 공급이 부족한 시기를 일컫는 말로 일반적으로 평균 이하의 강수량이 지속적으로 보이는 지역에서 이 현상이 나타난다. 이는 강수 등의 자연현상이나 인위적 행위에 의해 영향을 받는 물의 공급과 수요 간의 상호작용으로 발생하며 경제적, 환경적 그리고 개개인의 고통 등 사회에 많은 영향을 미친다. 가뭄은 여러 가지 기준에 의해 정의되며, 크게 기상학적, 수문학적, 농업적, 사회경제적 가뭄으로 분류 할 수 있다. 수문학적인 측면에서 보면 강수량 부족으로 인해 물의 주요 공급원인 하천유출과 저수지 저수량의 결핍현상이 주된 인자가 되며, 따라서 기상학적 측면의 강수량 부족과 그로 인한 유출량 결핍을 가뭄의 주요 지표로 삼는다. 농업 및 임업 등 관개측면에서 보면 토양수분변화와 식물의 한계 성장조건 등이 주된 인자가 되지만, 홍수 발생시기에도 평년 이상의 홍수량보다 작은 양의 홍수가 발생하는 경우 가뭄으로 간주하게 된다. 이러한 가뭄의 다양한 정의는 대기 중 물순환에 따라 영향을 받게 되는데 먼저 기후의 변화에 따라 강수량 감소하거나 증발산량이 증가하는 등은 기상학적 가뭄에 영향을 미치게 되고, 기상학적 가뭄이 지속되면 토양 함수량의 감소로 이어져 작물 생산량 감소 등 동식물의 삶에 영향을 주게 되어 농업적 가뭄을 일으키게 된다. 이후 하천유출 감소나 저수지, 댐 등의 유입량 감소로 이어지는 수문학적 가뭄이 발생하게 되고, 최종적으로 환경 및 지역의 경제에 영향을 미치게 되는 사회경제적 가뭄이 발생하게 된다.

가뭄은 자연의 무시할 수 없는 재해중의 하나이며, 상대적으로 장기간에 걸쳐 넓은 지역에 대해 발생하는 특성이 있다. 또한 가뭄은 홍수처럼 단기간에 발생하는 것이 아니라 서서히 다가오기 때문에 가뭄의 정도를 확실히 인식할 수 없어 사전에 대책을 수립하기가 어려우며, 피해의 정도는 간접적이기는 하나 커다란 경제적인 손실을 유발시킨다. 이처럼 가뭄은 뚜렷한 대책 없이 맞이할 경우 큰 피해를 발생하기 때문에 가뭄의 정도를 정량화 할 수 있는 가뭄지수가 가뭄 분석으로 많이 이용되고 있다. 일반적으로 많이 이용되고 있는 가뭄지수로는 PDSI(Palmer Drought Severity Index), SPI(Standard Precipitation Index), SWSI(Surface Water Supply Index) 등이 있으며, 각각의 특징에 따라 선택되어 활용되고 있다. 본 연구에서는 SPI지수를 활용하여 가뭄을 분석하였다.

본 연구에서는 과거 강우자료에 근거한 가뭄지수 산정을 유역단위가 아닌 행정구역 단위의 분석을 시도하였다. 이는 가뭄을 비롯한 수자원과 관련된 정책들이 유역단위로 이루어져야 하나, 국가하천 규모에서 고려되어질 뿐 실제 가뭄과 관련된 많은 정책들은 시군 단위로 이루어지고 있는 실정이다. 따라서 강원도 가뭄정책에 도움을 주고자 본 연구에서는 유역단위가 아닌 행정구역단위의 강수량을 활용하여 가뭄지수를 산정하였다. 이를 위해 강원도내 위치하는 11개 관측소에 대해 과거 최대 1981년까지의 강수량자료를 수집하였다. 이를 바탕으로 티센망도에 의해 강원도내 18개 시군의 일별강우자료를 생성하여 가뭄지수를 산정하였다. SPI는 3개월, 6개월, 9개월, 12개월에 대해 산정했으며, 18개시군 전체에서 보통가뭄은 1~2년에 한번씩 발생하고 있으며, 극한가뭄은 30년 동안 평균 1~2회 정도 발생하는 것을 알 수 있었다.

기후변화에 따른 미래 가뭄지수 산정을 위해 GCM자료를 통계적 방법으로 상세화하여 2100년까지 기후변화 A1B시나리오에 따른 시군별 일강수량자료를 생성하였다. 생성된 강수량은 과거에 비해 최대 20%까지 변동성을 가지고 증가하는 것으로 나타났다. 생성된 강수량 자료를 2030년대(2021~2050), 2080년대(2071~2100)로 구분하여 SPI 지수를 산정하였다. 과거(1982~2011)와 2030년대, 2080년대의 장단기 SPI 결과를 비교분석한 결과, 단기 SPI에서는 약한 가뭄의 발생빈도가 증가하지만 보통가뭄의 발생빈도는 줄어들고 있다. 하지만 장기 SPI에서는 약한가뭄 및 보통의 가뭄 발생빈도가 증가하는 경향이 있었으며, 이는 강수량은 약 20%정도 증가하지만 특정기간 집중해서 강우가 발생하고 통계적 상세화에 따라 무강우 일수가 현저히 줄어드는 등 미래 강우 패턴의 변화와 기후변화 시나리오 생성에 따른 영향으로 보인다. 하지만 확신할 수 있는 것은 미래로 갈수록 장기간 가뭄의 발생이 늘어날 것이라는 예측이 가능하다는 것이다.

기후변화 시나리오(A1B)에 의해 2100년까지 예측된 시군별 일강수량자료에 근거하여 예측한 기간별 가뭄지수(SPI)에 따른 강원도내 18개 시군의 장단기 가뭄지수로 가뭄관리지수를 정의하였다. 정의된 가뭄관리지수로 미래 장단기 가뭄관리가 필요한 지자체를 선정하였다. 가뭄관리지수는 3, 6, 9, 12 개월 SPI의 상대적 가뭄발생 출현빈도를 활용하였으며 2030년대(2021~2050)과 2080년대(2071~2100)의 30년간 보통가뭄

발생빈도를 기준으로 단기지수는 3-SPI를 기준, 장기지수는 12-SPI를 기준으로 산정하였다. 가뭄관리지수에 의한 2030년대, 2080년대 장단기 가뭄관리 주의, 우려 지자체를 선정하였다.

<2030년대>

- 가뭄주의 : 단기(고성-속초, 동해, 태백, 정선), 장기(동해, 고성-속초, 철원)
- 가뭄우려 : 단기(영월, 평창, 삼척, 양양, 철원), 장기(정선, 태백, 강릉, 영월, 홍천)

<2080년대>

- 가뭄주의 : 단기(태백, 정선, 고성-속초, 동해), 장기(고성-속초, 양양)
- 가뭄우려 : 단기(평창, 양양, 강릉, 홍천, 원주), 장기(정선, 태백, 홍천, 원주)

가뭄대비 방안은 용수 수요관리 측면과 공급 측면에서 접근이 가능하다. 본 연구에서는 가뭄대책 및 수자원확보 방안으로서 14개 요소기술 및 정책을 제시하고 이에 대한 정책 실현가능성을 분석하였다. 14개 요소기술로는 용수 수요관리 측면에서 A-1. 상수도 누수방지, A-2. 중수도 확대, A-3. 절수기기 보급 확대, A-4. 수도요금의 적절한 조정, A-5. 수도 체제의 검토 및 개선, A-6. 절수형 산업, 농업 구조 형성, 용수 공급관리 측면에서 B-1. 신규댐 및 기존댐 재개발, B-2. 지하수개발, B-3. 광역상수도의 확충, B-4. 기존 저수지의 용수공급능력 재평가 및 용도전환 검토, B-5. 지표수와 지하수의 연계이용, B-6. 기상예보를 적용한 유역통합 물관리 체제 구축, B-7. 단계별 절수, 제한급수 및 단수 등이 제시되었으며, 추가로 C. LID 기술적용 대책을 제시하였다. 제시된 14개 요소기술 및 정책에 대해 법전문가 자문에 의한 법적실현가능성 검토와 공무원 설문조사를 통한 정치적-행정적-기술적 실현가능성 분석을 실시했다. 공무원 설문은 상대적 실현가능성 순위 산정을 위해 AHP 방법을 활용하였다. 법적 실현가능성과 정치적-행정적-기술적 실현가능성에 대한 분석결과 수자원확보 방안에 대한 정책 실현가능성 평가에서 A-1(상수도 누수방지), B-3(절수기기 보급확대) 등이 현행 법체계에서 실현가능성을 확보하고 있는 것으로 확인되었다. 이에반해 B-4(기존 저수지의 용수공급능력 재평가 및 용도전환 검토)는 정치적-행정적-기술적 실현가능성과 더불어 추가적인 법적 조치가 필요한 방안으로 실현가능성이 낮은 대안으로 평가되었다. A-2(중수도 확대), B-2(지하수 개발) 등은 필요성과 요구는 많으나 여러 여건들에 의해 정책적 실현가능성이 낮은 것으로 나타났다. 실현가능성 검토와 더불어 제시된 수

자원확보 방안과 관련된 관련 기술들의 특허 현황을 조사 제시하였다.

가뭄대책 적용성 검토를 위해 지표수-지하수 연계이용 방안에 대해 속초시 쌍천지하댐과 학사평저수지의 Case Study를 실시하였다. 속초시의 물수요 예측을 통해 2020년 필요 급수량 산정 및 유출량 및 물수지 분석 실시하였으며 이를 바탕으로 저수지 운영 시나리오에 근거하여 각 방안에 대해 모의한 결과 학사평저수지의 증고에 의해 1~2개월 추가 물공급 가능하며, 증고 및 지표수-지하수의 탄력적 운영에 의해 4~5개월 추가 물공급 가능성을 확인 할 수 있었다. 이로써 지하수개발에 의해 기존 지표수원과 탄력적 운영을 하게 되면 효율적으로 물부족에 대처할 수 있는 훌륭한 대안임을 확인할 수 있었다.

지자체 단위에서 극한가뭄을 극복하기 위해서는 무엇보다 가뭄에 대한 인식전환이 우선되어야 하겠다. 특히 누수를 제고와 중수도 활용을 위한 지자체 단위의 장기적 마스트 플랜 수립과 점검이 요구되며, 현실적으로 대규모 수자원 확보 방안보다는 효율적 물배분을 위한 수요관리가 필요하다. 가뭄은 홍수와 달리 그 피해를 짐작할 수 있고 인근 지자체의 가뭄고통 분담에 의해 충분히 극복 가능한 재해이다. 따라서 가뭄 관련 교육·홍보 계획을 수립하여 고통분담을 위한 도민 전체의 인식전환 계기 마련이 필요하다. 저소득층에 피해가 전가되는 경향이 큰 가뭄은 국민의 보편적 복지 차원에서 접근해야 하며, 교육과 홍보를 통해 국민적 관심과 이타심 발현을 기대할 수 있고, 이를 통해 지역적 가뭄은 쉽게 해결이 가능할 것이다.

▮ 키워드 : 기후변화, 가뭄 취약성, 수자원 확보방안, 가뭄대책