

가뭄 예측을 위한 나이트의 이용

김형수 (선문대학교 토목공학과 전임강사)

기상학자들은 가뭄을 예측하는 방법에 대해 오랫동안 고심하여 왔으나 불안정한 기후 메커니즘 (mechanism)의 과학적 이해 없이는 어떤 고도의 기법으로도 가뭄 발생을 예측할 수 없다는 결론을 내렸으며, 아직까지도 가뭄을 정확히 예측할 만큼 기후 메커니즘을 충분히 이해하지 못하고 있는 실정이다. 따라서 본 논고에서는 가뭄 예측을 위하여 미국에서 활발한 연구가 진행되고 있는 나무의 나이테 연구에 관한 일반적인 내용을 소개하고자 한다.

1. 가뭄의 추측

한때 미국에서 강우전선은 농사를 짓기 위한 쟁기를 따라 다닌다는 말이 있었다. 즉, 사람들이 농작물을 경작하기에 좋은 조건의 지역으로 이동하면 강우전선이 함께 따라간다는 것이다. 그러나, 변화무쌍한 기후 변동은 우리의 기대가 한낱 환상에 지나지 않음을 일러 주었다. 1800년대 초 미국의 서부 개척당시 Stephen H. Long, G. K. Warren, John W. Powell 등은 록키산맥 동쪽의 고지대 평원은 관개시설 없이 농작물을 재배할 만큼 비가 오지 않는 지역임을 설명하였으나 대부분의 사람들은 이들의 주장에 관심을 갖지 않았고 기후조건이 농사에 적합하게 변하고 있다고 믿었으며 그래서 한때 만족할 만한 수확을 거두기도 하였다. 그러나, 1880년대 후반에 이 지역은 심각한 가뭄에 황폐화 되었고 농부들은 이 지역을 떠나지 않을 수 없었다.

2. 가뭄의 패턴과 장기예측

1880년대 후반 이후 미국 서부의 고지대 평원은 심각한 가뭄이 20년 또는 22년 주기로 발생하였다. 가뭄에 적합한 새로운 농사 기술과 품종 개량으로 어느 정도 성공적인 농작물 수확이 있었다. 눈 녹은 물로 이루어진 콜로라도 강은 관개수를 위해 이용되어졌으며, 1902년 미국 개척국이 만들어졌고 법이 제정되었다. 그러나 주기적인 가뭄으로 인한 물 부족은 지역간 물 분쟁을 야기시켰으며 결국 콜로라도 강을 상류(Colorado, New Mexico, Utah, Wyoming주)와 하류지역(Arizona, California, Nevada주)으로 분할하였고 몇 십년간의 강우 및 유량자료를 근거로 수리권 협약을 맺었다. 그러나 당시에 이용하였던 강우 및 유량 관측치들은 200년 빈도의 기록들이 오늘날 밝혀지고 있으며 이는 많은 주요 정책들이 불충분한 기록에 의존 했음을 말해주고 있다. 즉, 가뭄의 패턴을 추정할 수 있어야 수자원 정책 결정이 그 합리성을 인정 받을 수 있을 것이다.

가뭄의 패턴을 추정하고 미래의 수자원 정책 결정에 가장 중요한 것은 가뭄 기간에 대한 장기적 기후예측과 몇 세기에 걸친 장기간의 강우와 유량관측 기록이다. 그러나, 기상학자들은 장기적인 기후예측이 수년 이내에 가능하리라고 생각하지 않고 있다. 장기간의 강우나 유량관측 기록은 장래에 다가올 가뭄의 경향에 대해 우리가 예상할 수 있도록 해준다. 그러나, 현재의 관측 자료에는 장기적인 기후의 경향을 정의할 수 있을 만큼 오래된 기록이 존재하지 않는다.

3. 나이트의 성장

미국 뿐만이 아니라 세계의 모든 지역에는 자연적으로 강우가 기록되는 것이 있는데 이는 나무 껍질 속에 있는 나무의 나이테이다. 나이테를 통한 기후 연구에 관한 학문을 나무 기후학(Dendroclimatology)이라고 하는데 20세기 초 아리조나 대학 (University of Arizona)의 천문학자인 Andrew E. Douglass에 의해 처음 시작되었다. 나무의 나이테는 나무 껍질 속에 있는 식물 조직 층이 매 성장계절 초기에 크고 얇은 벽으로 둘러 싸인 세포들을 생산함으로써 만들어지며 이로 인하여 해마다 나무 사이에 분명한 경계선이 생긴다.

Douglass는 좋지않은 기후조건 속에서 성장한 나이테들의 상대적인 두께가 기후의 변화를 반영한다는 것을 알았다. 예를 들면 남 아리조나의 건조한 지역에서 성장한 Ponderosa 소나무는 건기에 나이테가 좁고 우기에는 나이테가 넓어진다는 것이다. Douglass는 미국 남서부 지역에서 살아있는 나무에 구멍을 뚫어 나무 심(core)의 샘플(sample)을 수년에 걸쳐 채취하였다. 살아있는 나무속에서 초기에 성장한 나이테를 선사시대 이전의 인디안 주거지로부터 얻은 목재의 나이테와 비교 분석함으로써 Douglass는 과거 수 백년전의 기록들을 얻을 수 있었다 (그림 1).

Douglass의 연구는 아리조나 대학의 나이테 연구소(Laboratory of Tree-Ring Research)에 있는 과학자들에 의해 지속되고 있으며, 나이테에 대한 보다 더 많은 지식들이 축적되고 있다. 컴퓨터의 발전과 최근 통계 기법들에 의해 나이테는 강우 뿐만 아니라 온도와의 관계 그리고 유량과의 관계등 많은 연구가 진행 중에 있다. 그림 2은 아리조나 대학의 나이테 연구소에 있는 나무 기후학자가 나이테를 조사하고 있는 그림이다.

4. 가뭄의 발생

나이테 연구소의 Charles Stockton과 그의 동료 연구진들은 많은 수문학자들이 가설에 의해 유량을 추정하였던 콜로라도 강과 다른 지역의 강들에 대하여 나이테로부터 유량 기록을 산정하였다. 그런데 수

문학자들이 추정하였던 유량 추정치 보다 훨씬 작은 값들을 얻었다. 1970년대 중반 Stockton과 그의 연구진들은 미국 서부 지역의 40군데로부터 얻은 나이테 자료를 이용하여 A.D. 1700년대까지의 가뭄 발생을 재생성 하였다. 재생성된 자료는 특정 장소에 대한

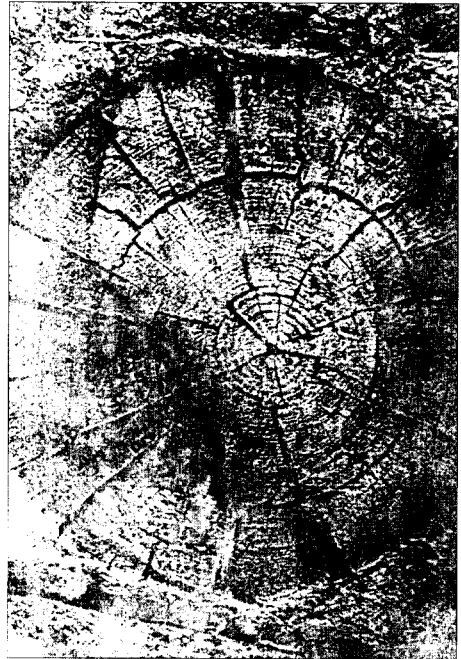


그림 1. 선사시대 이전 인디안 주거지로부터 얻은 목재의 나이테



그림 2. 나이테에 관한 정밀한 관찰 및 조사

가뭄의 정도를 자세히 설명할 수는 없었으나 미국 서부지역에 대한 지역적인 가뭄의 특성을 파악할 수 있었다. 즉, Stockton의 연구는 매 22년 마다 가뭄의 패턴이 반복한다는 것을 설명하였다.

Stockton의 연구에서 한가지 흥미로운 것은 다른 과학자들이 주장했던 가뭄과 태양의 흑점간의 상관관계를 다시 한번 확인해준 것이다. 즉, 태양 흑점들의 수가 증가하고 감소하는 패턴이 22년의 주기를 가지고 발생한다는 것이다. 물론 가뭄과 태양의 흑점사이 에 대한 관계를 맺을 수 있는 확실한 과학적 근거는 없다. 그러나, Stockton은 그의 연구에서 가뭄과 태양 흑점과의 상관 관계를 확인 시켰으며 재생성된 약 300년의 자료를 가지고 13번의 가뭄 발생을 발견하였고 13번의 가뭄 발생은 모두가 22년의 주기를 갖는 태양 흑점의 증가와 감소 주기에 일치하였다. 가뭄과 태양 흑점의 상관관계에 회의적이었던 기후학자 J. Murry Mitchel (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)도 Stockton의 자료를 면밀히 분석하였으나 그 상관관계를 부정할 수 있는 근거를 찾지 못했다.

그러나 실무를 담당하고 있던 미국 서부지역의 수자원 정책 담당자들은 나이테 연구가 미래의 가뭄 예측을 위해 신뢰할 수 있는 방법인가에 강한 의문을 제기하였다. 이러한 의문을 제기하는 것은 수자원 정책 담당자들에게는 아주 중요한 문제일 것이다. 그러나, 가뭄 예측을 위해 나이테 연구가 신빙성이 있는가 하는 문제는 누구도 장담할 수 없는 문제이다. 과학적인 확신 없이 가뭄 발생이 주기적이라는 주장은 불규칙적인 기후 변화를 고려할 때 커다란 위험성이 내포되어 있기 때문에 우리는 Stockton의 연구에서 보는 것처럼 왜 가뭄 발생의 패턴이 주기적으로 발생하였는지 이해해야 하고 과학적인 연구가 지속되어야 할 것이다. 물론 우리는 가뭄의 패턴에 대한 어떤 증거가 Stockton의 연구에 내재해 있다는 것도 인식할 필요



그림 3. 나이테 연구를 위한 고도의 망원경 이용

가 있을 것이다. 그림 3은 샘플속에 있는 나이테를 연구하기 위하여 고도의 망원경을 이용하고 있는 모습이다.

5. 맺음말

기상학자, 기후학자, 수문학자들이 가뭄과 관련된 물리적 현상을 정확히 이해하지 못하고 있을지라도 Stockton의 연구처럼 아마도 일반인들은 가뭄이 반복적으로 일어날 것이라고 생각할지도 모른다. 그리고 장래에 또 심각한 가뭄이 일어날 확률이 있다는 것도 느끼고 있을 것이다. 이러한 견지에서 볼 때 가뭄 예측을 위하여 보다 더 정확하고 신뢰할 만한 기법이 없는 한 우리들의 수자원 정책 결정들은 아마도 나이테 연구를 토대로 하여 이루어져야 할지도 모른다.

현재 많은 학자들이 나이테에 의한 가뭄 발생 및 예측에 관한 연구를 진행중에 있으며, 우리 나라는 나이테에 관한 연구나 자료들이 없는 시점에서 관심 있는 문제가 아닌가 싶다. ●