

수자원 확보를 위한 강수량과 유출량의 변동특성분석

정상만* / ○김종호**

1. 서론

우리나라의 수자원사업은 홍수관리와 같은 치수사업과 더불어 물의 안정적 공급과 같은 이수사업에도 많은 비중을 두고 있다. 이수사업은 최근 용수수요의 급증과 맑은 물에 대한 국민적 관심으로 사업의 중요성이 더욱 강조되고 있다. 특히 21세기에 도래할 고도산업사회를 맞이하는 시점에서 현재의 가용수자원으로는 21세기의 용수수요를 충족시키지 못한다는 연구결과들을 볼 때 용수의 안정적 공급을 위한 대책이 절실히 요구되고 있음을 알 수 있다.

이렇듯 우리나라의 수자원현황과 미래가 밝지 않은 상황에서 수자원 계획을 수립할시, 과거부터 현재까지의 강수량과 유출의 변화를 알고 또 그 변화의 원인을 밝혀내고 이에 대한 대책을 마련한다는 것은 상당히 중요한 일이다.

따라서, 본 연구에서는 남한강수계의 영월유역과 금강수계의 수통유역의 장기간에 걸친 강수량과 유출의 변화를 분석하였다. 강수량과 유출의 변화를 분석한 후 현재의 토지이용상태가 유지된다는 가정하에 무작위 발생방법으로 향후 20년의 유출을 예측하였다. 또한 과거자료의 추세가 앞으로도 계속된다는 가정하에 과거자료의 추세를 회귀분석하여 장래 20년을 예측하고 앞서 예측된 자료와 비교·분석하였다. 그리고 유출의 장기변화 원인에 대해 조사·분석하고, 추후과제로서 그에 대한 대책을 제시하였다.

2. 대상유역 및 수문자료

2.1 대상유역

우리나라의 5대 하천에 속하는 한강과 금강유역에서의 강수량과 유출의 변화를 알아보기 위하여, 강우가 유출에 가장 큰 영향을 미치는 유역의 상류부에 위치한 한강유역의 영월지점과 금강유역의 수통지점을 대상유역으로 선택하였다.

본 연구대상유역인 영월유역과 수통유역은 각각 북위 $37^{\circ} 46' \sim 37^{\circ} 11'$ 와 동경 $128^{\circ} 59' \sim 128^{\circ} 27'$, 북위 $36^{\circ} 00' \sim 35^{\circ} 38'$ 와 동경 $127^{\circ} 22' \sim 127^{\circ} 57'$ 사이에 위치하고 있으며 한강의 연평균 강수량은 1,287mm, 금강은 1,268mm이다. 그림 2.1은 대상유역의 위치도이다.

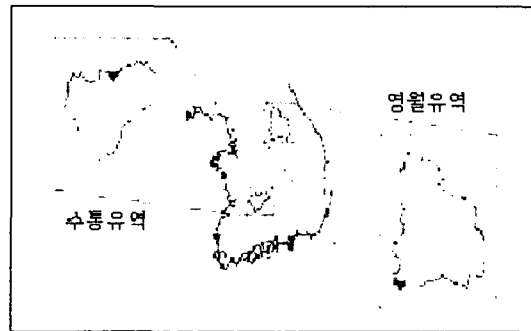


그림 2.1 대상유역의 위치도

2.2 수문자료

영월의 수위관측소 지점은 남한강유역의 충주댐상류에 위치하며, 수통의 수위관측소 지점은 금강의 발원지인 덕유산에서 시작된 본류와 남대천이 합류하는 지점에 위치하고 있다. 대상유역 내에는 건설교통부 산

* 공주대학교 건설환경공학부 교수 · 041-850-8628 (E-mail : smjeong@kongju.ac.kr)

** 공주대학교 토목공학과 공학석사 · 02-581-4108 (E-mail : jh-teayang@hanmail.net)

하, 수자원공사 산하, 기상청 산하 강우관측소가 위치하고 있으나, 비교적 장기간의 자료를 획득할 수 있는 건교부 산하 우량관측소 12개소(영월유역 5개소, 수통유역 7개소)와 기상청 산하 우량관측소 1개소(영월유역 1개소)를 선정하여 1970년부터 1999년까지의 평균강수량을 산정하였다. 또한 각 수위관측소의 수위-유량관계 곡선식과 수위를 이용하여 동일기간의 일 유출량을 산정하였고, 연 유출량은 앞에서 산정된 일 유출량을 해당연도별로 산술 합하여 산정하였다. 수통유역의 1995년 ~ 1999년까지의 유량은 유량연보(건설교통부)의 값을 사용하였다.

3. 강수량과 유출고의 산정 및 보정

앞에서 언급한 방법으로 강수량과 유출량을 산정하였으나, 유출률이 영월지점은 최고 366%, 수통지점은 최고 240%까지 나오게 되는 적절하지 못한 결과를 낳게 되었다. 이는 관측의 오차 등 자료의 부정확성에서 기인하는 것으로 판단된다. 때문에 각 연대(10년단위)별로 유출률이 100%이하인 연도의 월평균 유출률을 산정한 후, 이를 유출률 100%이상인 해의 월별강수량에 곱하여 유출고를 산정하였다. 영월지점의 경우는 70년대를 대표할 자료가 없는 관계로 1980년부터의 자료를 이용하였다.

영월지점은 80년대 평균 유출률이 76%, 수통지점은 70년대와 80년대의 연대별 평균 유출률이 각각 84%와 69%로서 적절하다고 판단하였다.

4. 강수량과 유출고의 모의 발생 및 비교

4.1 무작위 발생방법에 의한 합성

수문학적 지속성이란 수문시계열을 형성하는 개개 수문량이 무작위하게 독립적으로 발생하는 것이 아니라 비슷한 크기가 지속되려는 성질을 말한다. 즉, 하천의 어떤 단면에 있어서의 유량의 크기와 같이 짧은 시간 장경(시간 혹은 일) 동안에는 큰 값은 크게, 그리고 작은 유량은 작게 지속되는 사실을 의미한다. 따라서 유량자료계열이 수문학적 지속성을 가지지 않는 것으로 판단되면 무작위 발생방법을 사용하게 되며, 지속성을 가진다고 판단되면 자기회귀형 발생방법을 사용하는 것이 보통이다.

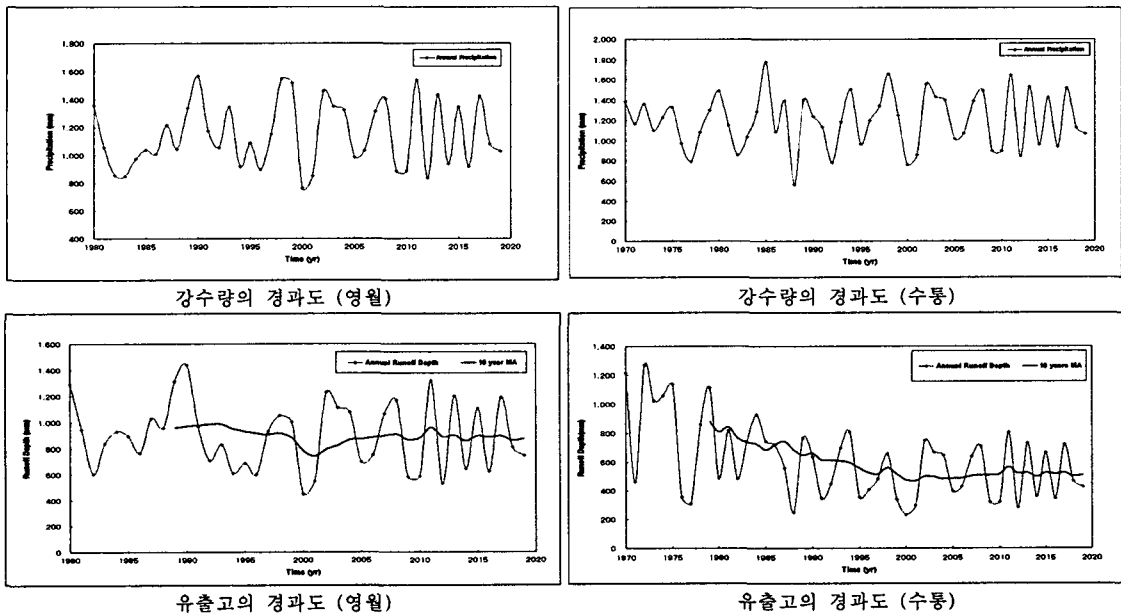


그림 4.1 무작위 발생방법에 의한 강수량과 유출고의 합성

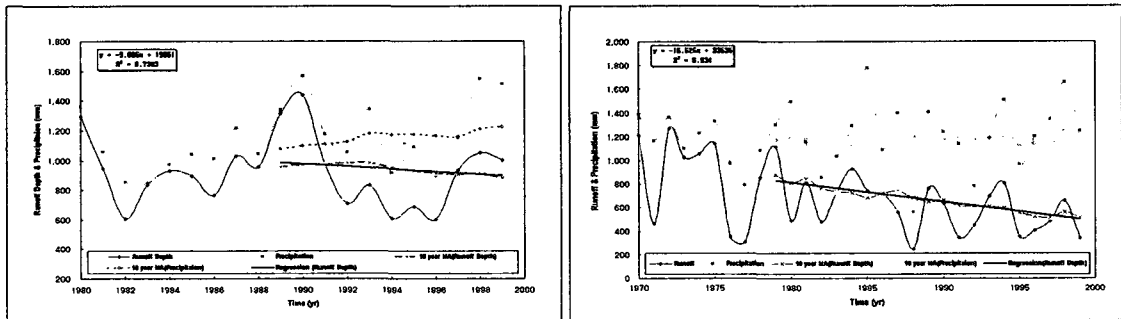
자료의 계열상관도(Correlogram)를 작성함으로써 수문학적 지속성을 판단한 결과 모든 자료가 지속성을

갖지 않고 있음을 알 수 있었다. 그러므로 무작위 발생방법을 이용하여 영월과 수통지점의 장래 20년간의 강수량과 유출고를 합성시켰다. 무작위 발생방법의 단점을 보완하기 위해서 우선은 현재의 토지이용이 앞으로 큰 변화가 없다는 가정을 하게 되었다. 이러한 가정에 만족한다는 것은 합성된 자료의 통계치들이 가장 최근의 자료, 즉 1990년대 자료들의 통계치들과 유사하다는 결론을 내릴 수 있게 한다. 따라서 유출고를 합성하기 위해 각 지점의 1990년대 자료의 통계치들을 이용하였다. 그림 4.1은 영월지점과 수통지점의 합성강수량과 합성유출고의 그래프를 나타내고 있다.

4.2 회귀분석

본 절에서는 원자료의 추세를 회귀분석 하였다. 추세를 알아보기 위해 산정된 유출고 자료를 10년 이동평균 하였다. 강수량의 경우는 10년 이동평균 함으로써 그 추세가 연도별로 일정함을 알 수 있었고, 유출고의 경우는 시간의 흐름에 따라 점차 감소하는 모양을 볼 수 있었다.

따라서 연강수량의 경우는 장기간에 걸친 변화가 없다는 결정을 내리고, 유출고에 대해서만 회귀분석을 실시하였다. 그림 4.2에 영월과 수통지점의 10년 이동평균과 회귀분석한 결과를 나타내었다.



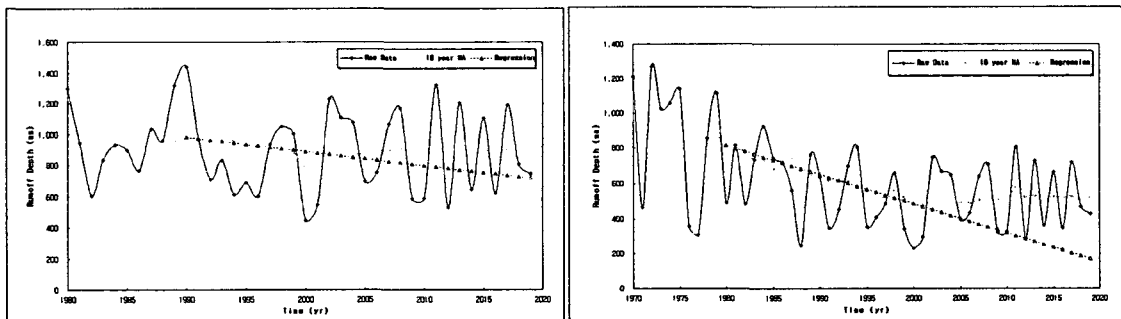
10년 이동평균 및 회귀분석 (영월)

10년 이동평균 및 회귀분석 (수통)

그림 4.2 이동평균 및 회귀분석

4.3 무작위 발생방법과 회귀분석에 의한 합성유출고간의 비교

그림 4.3은 유출고 변화의 특성을 분석하기 위하여 무작위 발생방법으로 예측한 값을 10년 이동평균한 값과 회귀분석에 의해 예측된 값을 서로 비교하여 나타낸 그림이다. 그림 4.3에서 알 수 있듯이 예측이 시작된 2000년부터 서서히 두 값에 차이가 나타나기 시작한다. 시간이 지남에 따라 그 차이는 더욱 커짐을 알 수 있다. 영월지점의 경우 두 값에 대해 차이가 나기 시작한 2004년에는 16.28mm만큼 회귀분석에 의한 값이 작게 나타나기 시작해, 2005년은 26.53mm, 2010년은 84.46mm, 2015년에는 143.67mm, 2019년에는 159.32mm만큼의 차이를 나타냈다. 수통지점 같은 경우 그 차이가 더욱 크게 나타나, 두 값에 차이가 나타나기 시작한 2001년의 경우 회귀분석에 의한 값이 4.66mm만큼 작게 나타나고, 2005년의 경우는 85.81mm, 2010년은 198.48mm, 2015년은 290.22mm, 2019년은 가장 차이가 커져 342.63mm의 차이를 나타내고 있다.



이동평균과 회귀분석의 예측치 비교 (영월)

이동평균과 회귀분석의 예측치 비교 (수통)

그림 4.3 무작위 발생방법과 회귀분석에 의한 합성유출고간의 비교

5. 강수량과 유출고 변화의 원인분석

지금까지 알아본 바와 같이 이러한 유출고의 변동은 유출률의 변화와 직접적인 관계가 있다는 것을 말해 주고 있다. 강수량이 일정한 가운데 유출고가 점차 줄어든다는 것은 유출률이 점차 감소하고 있음을 의미하는 것이다. 만일 실제로 과거의 추세대로 유출이 계속된다면, 영월지점 같은 경우 1990년대의 평균 유출률 71%에서 2019년에는 62%로 총 9%가 감소하게 되고, 수통지점 같은 경우는 1990년대 평균 유출률인 42%에서 2019년에는 약 16%로 총 26%가 감소하게 될 것이다. 두 지역을 평균적으로 보면 유출률이 1990년대 지역평균 57%에서 2019년은 39%로 약 18%정도가 감소한다 할 수 있다. 그러나 수통지점 같은 경우는 1970년대 유출자료의 전체적인 과대평가 때문에 추세선의 기울기 역시 과대하게 됨으로써 유출률의 감소 역시 과대평가 된 것으로 판단된다.

유출률이 감소한다는 것은 수자원확보에 있어 중요한 문제가 아닐 수 없다. 때문에 이에 대한 원인을 밝히고 대책을 강구하는 일은 상당히 중요한 연구과제이다.

앞 절에서 밝혀진 유출고 감소의 원인은 식생피복이나 토지이용, 지역의 산업화 등 여러 가지 이유가 있겠으나, 본 연구에서는 각 유역의 지리적 조건상 가장 많은 영향이 있을 것으로 예상되는 산림의 피복상태(임목축적)와 유출고의 변화를 비교하였다. 임목축적(林木蓄積)은 일반적으로 전체 산림 혹은 일부분의 산림에서 생육하고 있는 모든 나무의 재적(材積)을 말하는 것이다. 이는 산림에 의한 수자원손실의 원인인 증발산량에 비례한다. 그림 5.1은 대상유역의 임목축적(林木蓄積)변화, 그리고 임목축적과 유출고의 관계를 나타내고 있으며 대상유역의 임목축적이 시간의 흐름에 따라 점차 증가하고 있고, 임목축적과 유출고가 반비례하고 있음을 알 수 있다.

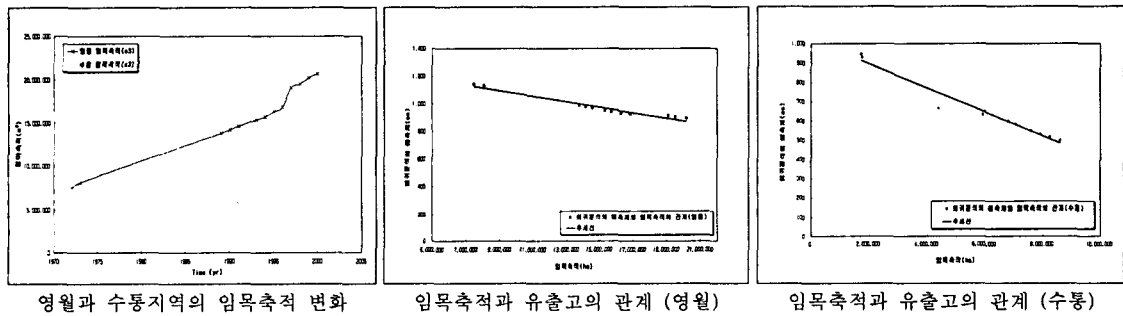


그림 5.1 임목축적과 유출고간의 관계

6. 결 론

지금까지 영월유역과 수통유역의 강수량과 유출고의 변화를 알아보고, 그 변화의 원인에 대해 알아보았다. 또한, 본 연구에서는 유출고의 변화 즉, 유출고의 감소 원인을 산림의 피복상태에 대한 변화와 비교하였다. 비교결과 증발산량의 원인이 되는 임목축적(林木蓄積)이 1970년대부터 2000년대에 이르기까지 영월지점은 3배 이상, 수통지점은 5배 이상 증가했음을 알 수 있었다. 물론 증발산량은 산림에 의한 수자원 손실의 직접적인 원인이 된다.

이렇게 수자원의 손실에 대한 직접적인 원인이 정성적으로나마 밝혀진 이상, 추후 유출량의 변화와 산림의 피복상태간의 관계, 피복상태의 변화와 증발산량 변화의 관계를 정량적으로 연구하여 그 관계를 명확히 함은 수자원 확보 대책에 중요한 연구과제가 될 것이라 사료된다.

7. 참 고 문 헌

- 건설기술연구원(1994), 수자원관리기법 개발연구조사 수위유량관계곡선 자료집
- 산림청(2002), 임업통계연보, 산림청
- 윤용남(2000), 공업수문학, 청문각, pp. 529 ~ 547