물부족 지역의 가뭄발생 특성 및 원인에 관한 연구

The Study on Characteristics and Causes of Drought in Water Deficit Zone

변성준*, 최계운**, 김주환***, 구본진****, 김세진*****
Seong Joon Byeon, Gye Woon Choi, Joohwan Kim, Bon Jin Koo, Se Jin Kim

요 지

최근 우리나라는 기상이변 및 국지성, 게릴라성 호우로 극심한 침수피해가 몇 년 동안 계속되어 왔다. 그 과정에서 치수에만 역량을 집중해서 재해방지 대책을 세워왔지만 가뭄이나 수자원확보에 상대적으로 소홀한 실정이다. 따라서 홍수피해 방지를 위한 치수대책 못지 않게 가뭄으로 발생되는 물 부족을 해결할 수 있는 이수대책 또한 중요하므로 가뭄에 대한 물 부족 연구가 더욱 필요하다.

본 연구에서는 2008년 가을부터 2009년 봄까지 강원도 A지역의 심한 가뭄재해 및 물 부족 사태를 겪으면서, 이를 바탕으로 가뭄에 따른 물 부족 요인을 연구하기 위해 강우지속기간 갈수우량 산정을 바탕으로 수문기상학적 특성을 분석하였으며, 광역상수도 시설의 운영분석을 통해 물 부족을 연구하였다. 또한 강수량을 분석을 통해 2008년 A지역으로 유입되는 양을 판단하고 광역상수도 수요량을 연구하였다.

그 결과, 강우지속기간별 빈도 갈수우량 산정결과 가뭄 발생시 A지역은 재현기간 20년빈도에 해당하는 가뭄이 발생 된 것으로 판단되었으며, 이를 바탕으로 취수댐 저류지의 저수율이 약 52%에 불과하였다. 또한, 강수량은 평균 강우량에 비해 현저하게 작고, 가뭄 발생 직전 시기의 A지역 상수 수요량은 평년보다 오히려 많아서 가뭄의 발생을 부추기는 결과가 나왔던 것으로 판단되었다. 본 연구를 통하여 물 부족 발생 원인을 연구하여, 가뭄시 물 부족에 대한 대책을 마련할 것으로 예상된다.

핵심용어 : 가뭄, 물 부족, 수문기상학적 특성

1. 서론

물은 모든 생물의 생존에 필수적인 요소이다. 우리가 물을 이용함에 있어서 대부분 하천이나 지하수를 통해 얻고 있으나, 현재 우리나라의 경우는 높은 인구밀도와 강수의 대량유실로 인하여, 물이 부족한 나라이다. 이런 물 부족은 우리나라에 가뭄을 발생시키고 있으며, 불가피성과 반복성

* 정회원・(재)국제도시물정보과학연구원 연구원・E-mail : seongjoon@incheon.ac.kr
** 정회원・인천대학교 토목환경공학과 교수・E-mail : gyewoon@incheon.ac.kr
*** 정회원・동명기술공단 상하수도부・E-mail : kimjh0305@dmec.co.kr
**** 정회원・인천대학교 토목환경공학과 박사과정・E-mail : bikoo@sunjin.co.kr
***** 정회원・인천대학교 토목환경공학과 석사과정・E-mail : segene83@nate.com

을 가진 자연현상인 것이 사실이지만 가뭄 발생 전의 사전대비계획과 가뭄발생시의 실효성 있는 가뭄관리체계가 구축되지 못해 가뭄의 피해를 최소화 할 수 있는 기회를 놓쳐 버린 인위재해의 몫도 있는 실정이다.

강원도 A지역의 경우 2008년 겨울부터 2009년 봄에 심각한 가뭄피해가 발생하였으며, 88일 동안 제한급수가 발생하여 주민들이 많은 어려움을 겪게 되었다.

따라서 본 연구에서는 2008년 겨울 가뭄이 발생한 강원도 A지역에 가뭄에 대한 많은 정의들을 구체적으로 명확하게 하고, 국내·외 가뭄 연구사례, 물 부족 지역의 가뭄의 원인, 다양한 수문학적 지표 등으로 가뭄발생시 물 부족 요인을 파악하고자 한다.

2. 이론적 배경

가뭄이란 어느 지역의 동식물 생육에 저해를 가져올 수 있는 정도로 강수의 부족이 매우 심각하게 장기간 지속되는 상태이거나 생활용수와 수력발전에 필요한 용수를 정상적으로 확보하지 못한 상태를 뜻하는 것으로, 자연적으로 발생되는 강수량이 부족한 것인지, 인간의 필요에 의하여 요구되는 양이 부족한 것인지 살펴보아야 할 것이다.

가뭄의 영향은 상당 기간 동안 완만히 누적되어 나타나며 가뭄이 해갈된 후에도 상당한 긴 시간동안 파급효과를 나타낼 수 있기 때문에 가뭄의 시작과 종료를 결정하기에 매우 어려움이 있다. 일반적으로 기상학적, 수문학적, 농업적 가뭄으로 정의되고 있다.

기상학적인 가뭄은 강수의 양, 강도, 기간의 부족과 높은 온도, 강한 바람, 낮은 상대습도, 많은 일조량 등에 기인하여 발생한다. 기상학적 가뭄은 대기가뭄으로 이어져 대기 중의 습도가 낮아지고 기온이 높아 증발을 촉진시킨다. 강수량의 공간적, 시간적 분포를 정확하게 예측할 수 없어 계속적인 연구가 진행되고 있다.

기상학적 가뭄이 지속되면 토양수분의 탈수가 촉진되어 토양 함수량의 감소에 의한 농업가뭄이 발생하게 되고, 이는 식물의 물에 대한 스트레스를 야기하여 농작물 생산량의 감소를 가져온다. 농업적 가뭄은 벼의 모내기철인 5~6월에 물이 부족한 이앙지연형 가뭄과 물이 가장 많이 필요한 이삭패는 시기인 7~8월에 물이 부족한 생육장애형 가뭄으로 구분되며, 가뭄으로 인하여 수확량감소와 품질저하가 발생한다.

장기간의 기상학적 가뭄은 토양 함수량의 감소를 가져오고, 이어 하천 기저유량의 감소와 댐이나 저수지, 호수, 연못, 습지 등의 수량을 현저히 감소시켜 수문학적 가뭄을 초래하며, 이는 다시 수자원 시설의 내한능력을 떨어뜨려 관개농업과 생활 및 공업용수분야에 악영향을 미친다..

3. 가뭄발생 A지역의 수문특성 및 물 부족현상 분석

가뭄재해 발생에 대한 근본적 원인은 강수량 부족이라고 말할 수 있으며, 장마전선이 우리나라의 남해 멀리 위치하여 마른장마가 계속되는 경우, 그리고 강우를 동반한 태풍이 우리나라를 비켜감으로서 영향을 주지 못하는 등의 경우가 복합적으로 작용한다. 따라서 본 장에서는 가뭄발생 지역에 대한 수문학적 기상특성을 조사 하고, 상수도시설의 운영분석과 지역특성을 통하여 가뭄의 현상과 그 원인을 파악하고자 한다.

3.1 가뭄발생에 대한 수문학적 재현빈도의 결정

강원도 A지역의 기상관측소 지점빈도분석을 실시하기 위하여 기록기간 동안의 월 강우량 자료를 이용하여 갈수지속기간별로 이동 누적우량자료 표를 작성하여 시작 월에 관계없이 제일 작은 값부터 크기의 역순으로 자료계열을 작성하였다. 이 때 계열을 구성하는 최소 누적우량을 산정하고 나면 그 누적우량의 계산에 사용된 앞 및 뒤에 위치하는 누적 우량은 강우지속기간에 해당하는 개월 수 만큼 누적 우량표에서 제외시키고 두 번째로 작은 누적 우량을 산정하게 된다. 이는 지속기간 별로 구성되는 누적우량계열의 독립성을 유지하기 위함이다(윤용남, 1972). 두 번째 작은 크기의 누적 우량을 선정 한 후 다음 누적 우량의 선정방법도 동일하다. 이와 같은 절차에 의한 갈수우량자료 계열은 비년최소치[기간 단위가 연(year)이 아닌 경우] 계열 혹은 부분 기간치 계열이며 자료계열의 하안치(Threshold) 로는 지속기간별 평균 월 우량을 채택하고 자료의 개수는 자료 년수와 동일하게 취하는 것이 보통이다.

갈수우량 자료계열을 L-Moment법을 이용하여 산정하였고 결과를 바탕으로 적합도 검정과 빈도결과를 이용하여, Wakeby 분포형모델을 선정하였으며, 산정된 빈도 갈수우량은 2008년도 A지역에서 발생된 가뭄에 적용하였을 때, 2008년 9월부터 2월까지의 6개월 지속 기간 강우량이 약 132㎜이므로, Table1. 에 표시된 바와 같이 가뭄빈도 20년에 해당하는 강우에 해당된 것으로 판단된다.

Table 1. 강우지속기간별 빈도 갈수우량 산정결과

(단위 : mm)

재현기간(년) / 지속기간(월)	2	5	10	20	30	50
1	6.2	2.6	1.3	0.6	0.4	0.1
2	27.8	18.8	14.6	11.4	10.1	8.8
3	54.5	38.2	30.3	21.5	17.0	12.5
6	209.0	156.6	139.3	130.0	126.9	124.3
9	531.4	410.3	348.1	305.9	289.5	275.4
12	1203.7	996.5	881.3	136.8	814.3	757.5
15	1325.6	1008.3	919.6	877.6	863.9	853.1
18	1443.3	1152.0	1074.7	1038.7	1027.0	1017.7
21	1732.7	1420.0	1327.4	1282.8	1268.1	1256.4
24	2350.8	2188.3	2146.5	2127.2	2120.9	2115.7

3.2 A지역의 취수댐 운영분석

3.2.1 유입량, 방류량 분석

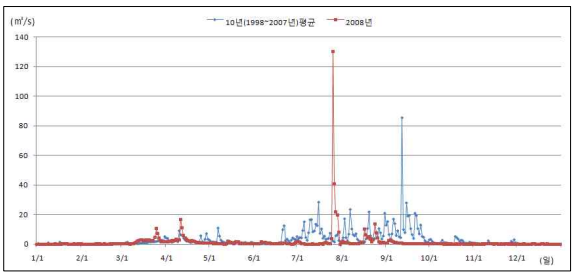

Fig. 1. A지역 취수댐의 유입량의 10년평균과 2008년 비교

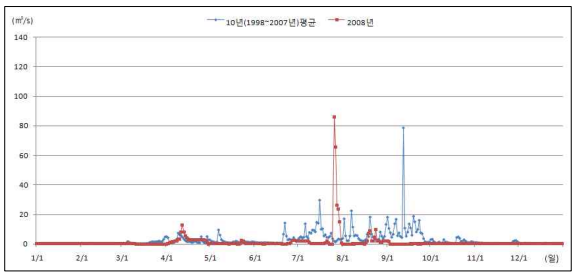

Fig. 2. A지역 취수댐의 방류량의 10년평균과 2008년 비교

A지역의 광역상수도 취수댐에 대한 유입량, 방류량의 과거 10년 평균자료와 2008년 자료를 살펴보면 과거 10년의 평균 유입량은 홍수기 기간인 7월 하순과 9월 중순에 양이 많아지는 것을 볼 수 있다. 7월 하순은 한반도의 전형적인 홍수기로 볼 수 있으나 9월 중순은 2003년 9월 12일태풍 매미의 상륙으로 725㎥/s의 유입량이 기록되어 평균 유입량이 높게 나타났다. 반면 2008년에는 태풍의 영향을 거의 받지 않아 9월 이후의 유입량이 예년에 비하여 크게 감소함을 볼 수 있다. 과거 10년 평균의 유입량을 살펴보면, 갈수기가 시작되는 10월 초에는 유입량이 발생하였지만, 2008년 유입량은 10월 이후에 거의 발생되지 않아 댐의 가뭄 설계 빈도(갈수시 10년)를 초과한 극심한 가뭄 발생하였다.

3.2.2 저수량 분석

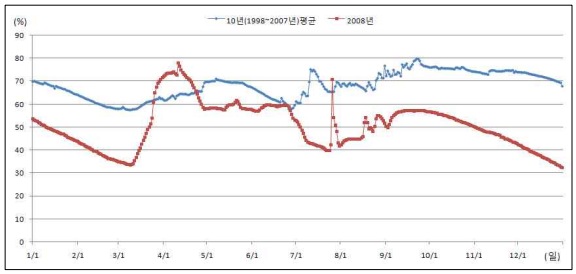

Fig. 3. 댐 저수율 10년평균과 2008년 비교

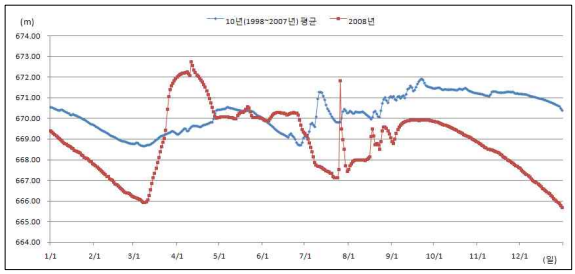

Fig. 4. 댐의 수위 10년평균과 2008년 비교

과거 10년 평균자료와 2008년 광동댐 수위를 파악해 보면 과거 10년간 댐 운영에 있어, 홍수기(6월15일~10월15일) 상시만수위 최대 671.91m, 평균 670.30m를 유지하고 있었으나 2008년도의 홍수기 때 상시만수위는 최대 671.83m, 평균 669.08m을 유지한 사실을 알 수 있다. 이는 홍수시 댐 수위 운영이 과거 10년 운영과 비교 하여 2008년 홍수기에 댐의 수위를 약 1.3m 가량 낮게 유지하였음을 보여준다. 또한, 홍수기 이후 댐 수위는 예년보다 유입량이 줄어들어 지속적으로 수위가 낮아지는 것으로 나타났다.

3.2.3 강우량 분석

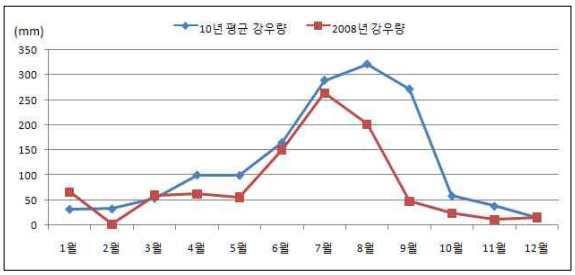

Fig. 5. 10년평균 월강우량과 2008년 발생량

Fig. 6. 2001년 월강우량과 2008년 발생량

A지역의 2008년도 강우량을 과거 10년(1998~2007년) 월평균 강우량과 비교하면, Fig. 5.와 같이 홍수기의 경우 2008년 강우량은 663.4㎜로써, 10년 평균 강우량 1048.04㎜의 약 63% 정도의 강우가 발생하였으며, 갈수기가 시작하는 10월 이후의 강우량을 비교한 결과, 2008년 49.9㎜로 10년 월평균 강우량 110.63㎜의 약 45%에 불과함을 알 수 있다.

A지역에 2008년에 비하여 극심한 강우가 발생한 바 있는 2001년의 경우와 비교하였을 때, Fig.

6.와 같이 연 강우량이나 홍수기 강우량의 경우 2001년에 비하여 2008년에 연평균 13%, 홍수기시 46%로 많은 양의 강우가 2008년에 발생하였으나, 9월 이후의 갈수기의 경우에는 오히려 2008년에 더 작은 강우가 발생하여 댐의 운영 등 가뭄 관리에는 악영향이 있었을 것으로 판단할 수 있다.

3.3 누수율 증가

우리나라의 상수도 보급률이 92.1%인 반면 강원도의 상수도 보급률은 약 85%정도로 상대적으로 낮으며, 전국적인 누수율의 평균은 14.0%이나 강원도는 약 22%로 전국 평균을 상회하여 강원지역의 상수도 시설의 열악함을 알 수 있다. 특히, 가뭄이 발생한 A지역의 누수율은 약 46%로 강원도에서 가장 높아서 관로 노후가 심각한 수준이며, 20년 이상 된 노후관로가 전체 관로의 약 50%를 차지하고 있다.

노후관로들은 A지역의 누수율을 높이는 원인으로서 물 공급의 효율을 낮추는 요인이다. 지난해(2008년) 물 공급량은 1,330만 5천톤이지만 실제 가정집과 영업용 등에서 사용되는 수량은 불과 439만 3천톤(38.7%)에 그쳤으며, 소방용수 또는 계량기에서 감지 못하는 수량 이외에 529만 6천톤이 노후상수도관을 통해 누수되어 낭비되고 있는 실정이다. 태백지역 누수율을 강원지역의 평균 누수율인 22%로 향상시키면 물이 약 64만6천톤이 절약되는 것으로 나타났다.

4. 결론

1) 강우지속기간별 빈도 갈수우량을 산정한 결과 2008년 A지역의 가뭄에 대한 재현기간은 20년빈도인 것으로 이는 A지역의 용수공급댐에 대한 설계 가뭄빈도에 비하여 높게 나타났다.
2) A지역의 타 지역 보다 높은 누수율은 가뭄피해를 더욱 가중시키는 요인으로, 약 55% 노후관로의 경우, 새로운 다른 관로의 정비나 교체가 필요한 것으로 판단된다.
3) 2008년에는 A지역의 갈수기 물 수요량이 많았고, 갈수기 강우량이 적었으며 노후관로에 의한 누수율 과다, 댐 운영기준의 미흡 등 천재와 인재가 복합적으로 발생되어 그 피해가 극대화 되는 결과로 나타났다. 따라서 가뭄재해의 인재부분으로 판단되는 노후장비의 교체, 대체 수자원 개발, 댐 등 시설물 운영규정의 개선 등의 대책을 통하여 재해에 의한 피해를 최소화 해야 하는 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 김현준(1995), 94~95 가뭄 현지 조사, 한국수자원학회 1995년도 학술발표회 논문집, pp.548-553
2. 김휘린, 박무종, 윤용남(2004), 2001년 가뭄 특성에 관한 비교 연구, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, pp.1-5
3. 류성용, 변희룡, 김기훈(2000), 한반도의 가뭄발생특성, 한국기상학회학술대회논문집, pp.198-201
4. 박정규, 박종서, 차유미(2004), 우리나라 봄철가뭄을 초래하는 원인분석, 한국기상학회학술대회 논문집, pp126-127
5. David H. White. (1999). Australia's national drought policy: Aims, Analysis and Implementation., Water International. vol. 24, pp.2-9
6. Landsberg, H. E. (1982), Climate aspects of droughts, pp.593-596
7. Sen, Z. (1980), "Statistical analysis of hydrological critical droughts", J. Hydr. Div., ASEC, 106(1), pp.99-115