

# 저수지 최적운영을 위한 갈수빈도유입량 산정기법 개선

## Improvement of Estimation Method on the Low Flow Frequency Inflow for the Optimal Reservoir Operation

류경식\*, 이한구\*\*, 박진혁\*\*\*, 허영택\*\*\*\*

Kyong-Sik Ryoo, Han-Goo Lee, Jin-Hyeog Park, Young-Teck Hur

### 요 지

최근 극심한 가뭄은 전년도 홍수기 이후 강수량이 예년 평균 강수량대비 약 60%정도이고 댐유입량은 예년 평균 유입량대비 약 30%로써 매우 극심한 가뭄을 겪고 있다. 따라서 강원도 태백지역을 비롯하여 전라 및 경상남도지역에 제한급수 등이 이루어지고 있는 실정이다. 또한 기상청 전망에서도 금년 홍수기전까지 가뭄이 지속될 것이라는 보도가 나오고 있어 향후에도 매우 어려운 상황이 지속될 것으로 예상된다. 따라서 이러한 약조건하에서 우리가 대체할 수 있는 방법중의 하나로서는 가용한 수자원량과 향후 예상되는 유입량에 대한 정량적 판단을 통해 수자원의 효율적인 관리일 것이다. 이에 본 연구에서는 이수기 저수지의 효율적 운영을 위해서 기존에 이용되고 있는 저수지에서의 빈도유입량 산정방법을 개선하여 보다 적절한 운영이 이루어질 수 있도록 하고자 한다.

현재 수자원공사에서는 이수기 유입량 빈도분석을 위해 연속된 수문량이 가지고 있는 주기특성을 반영한 수문량 누가방식(누가차분법)을 채택하여 실무에서 이용하고 있다. 그러나 해당방법은 누가기간에서 산정된 빈도값의 차분량 계산시 부분적으로 음(-)의 값이 산출되고 갈수빈도가 증가함에도 수문량이 증가하는 이상 현상이 발생할 뿐만아니라 빈도분석 초기에는 극한 가뭄이 오고 분석기 말에는 평년수준의 유입량이 유입되는 것으로 분석되어 효율적인 저수지 운영이 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 상기 문제들을 해결할 수 있는 새로운 갈수빈도유입량의 분해방법을 제시하고 이에 대한 검증을 위해 금번 가뭄 패턴과 비교 분석 하고자 한다.

### 핵심용어 : 갈수빈도, 분해법, 누가차분법

## 1. 서론

현재 우리나라의 댐 운영은 크게 홍수기와 이수기로 분류된다. 홍수기 댐 운영은 첨두홍수량 저하 및 도달시간 지연 등으로 홍수피해의 최소화를 주목적으로 하고 이수기 댐 운영은 홍수기말 확보수량과 이수기 동안에 유입되는 유입량의 예측을 통해 용수의 안정적인 공급을 주목적으로 하고 있다. 따라서 홍수기 댐 운영시에는 단기 강우예보자료를 토대로 댐 운영기준을 설정하며 이수기 댐 운영시에는 갈수빈도분석을 토대로 대상 댐의 설계기준에 따라 댐 운영기준을 설정하고 있다. 그러나 댐 운영을 위한 갈수빈도분석은 유출량이 하류로 그대로 흘러가는 하천과는 달리 댐 내에 저류되기 때문에 기존 갈수빈도분석방법을 그대로 사용하기에 적절치 못한 실정이다. 따라서 현재 한국수자원공사에서는 연속된 수문량이 가지고 있는 주기특성을 반영한 수문량 누가방식(일명 누가차분법)을 채택하여 실무에 이용하고 있다. 그러나 해당방법은 누가기간에서 산정된 빈도값의 차분량 계산시 부분적으로 음(-)의 값이 산출되고 갈수빈도가 증가함에도 수문량이 증가

\* 정회원 · 한국수자원공사 K-WATER연구원 선임연구원 · E-mail : [ksryoo@kwater.or.kr](mailto:ksryoo@kwater.or.kr)  
\*\* 정회원 · 한국수자원공사 물관리센터 차장 · E-mail : [hglee@kwater.or.kr](mailto:hglee@kwater.or.kr)  
\*\*\* 정회원 · 한국수자원공사 K-WATER연구원 책임연구원 · E-mail : [park5103@kwater.or.kr](mailto:park5103@kwater.or.kr)  
\*\*\*\* 정회원 · 한국수자원공사 물관리센터 공동연구원 · E-mail : [korcivil@kwater.or.kr](mailto:korcivil@kwater.or.kr)

하는 이상현상이 발생할 뿐만아니라 빈도분석 초기에는 극한 가뭄이 오고 분석기 말에는 평년수준의 유입량이 유입되는 등의 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 현재 실무에 적용하고 있는 누가차분법의 문제점을 개선할 수 있는 적정 갈수빈도분석방법을 제안하고 최근 가뭄과의 비교 검토를 토대로 적정성 여부를 판단함으로써 이수기 댐 운영의 효율성을 증대에 기여할 수 있는 기준을 제시하고자 한다.

## 2. 기존 산정방법의 문제점

현재 실무에서 저수지 운영을 위한 빈도분석방법으로 이용되고 있는 누가차분법에 대한 적정성 판단을 위해 소양강댐의 34년간('74~'07년) 유입량자료를 토대로 20년 빈도 유입량을 산정하였으며 산정결과중 우선 유입량의 월별 배분에 대한 적정성 검토를 위해 월평균유입량 및 월별빈도유입량과 비교 검토하였다. 검토결과 Fig. 1에서 보는 바와 같이 기존 산정방법은 분석기초에 극한 빈도의 유입량이 유입되고 분석기말에 평년 수준의 유입량이 유입되고 있다. 따라서 이를 실무에 적용하는 경우 운영초기에 적은 유입량에 대응하기 위해 저수지 확보수량을 소극적으로 운영할 수 밖에 없는 실정이다. 또한 기존 산정방법은 빈도유입량을 산정하는 과정에서 이론적 오류가 발생할 수 있는 문제점을 내포하고 있다. 이론적 오류는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 극한빈도 유입량의 산정하는 과정에서 음(-)의 유입량이 산정과 빈도 유입량의 역전현상이 발생할 수 있다. 음(-)의 유입량 발생원인은 기존 산정방법상 n개월 누가에 대한 빈도유입량에서 n-1개월 누가에 대한 빈도유입량의 차로 산정하는 과정에서 n-1개월 누가에 대한 빈도유입량이 더 큰 경우 발생된다. 또한 빈도 유입량의 역전현상의 원인은 n개월 누가 빈도유입량과 n-1개월 누가 빈도유입량의 차가 가뭄발생빈도의 증가에 따라 감소되어야 하나 그렇지 못한 경우에 발생된다.

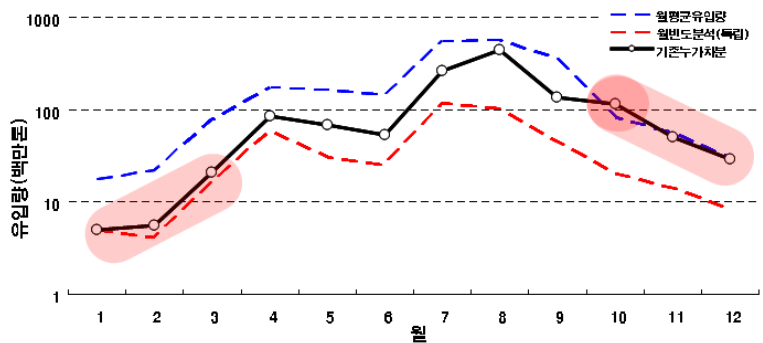


Fig. 1 기존 빈도분석방법의 월별 배분 적정성 검토결과

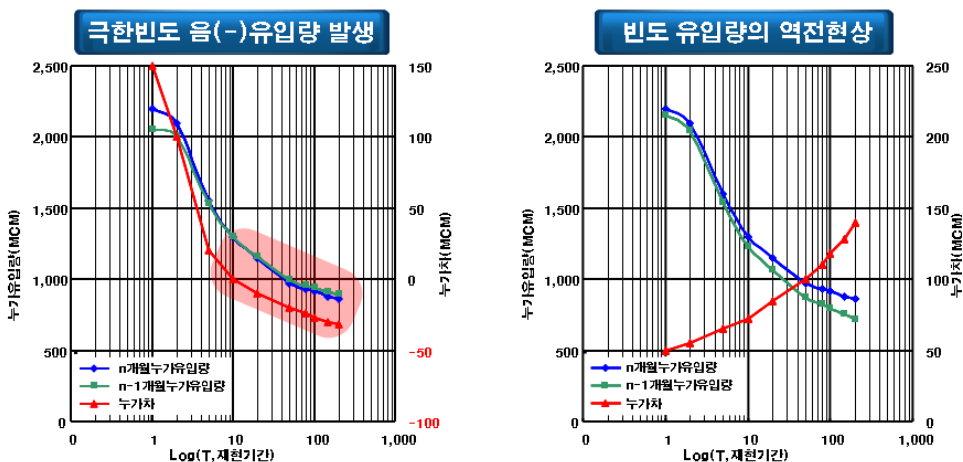


Fig. 2 기존 산정방법의 이론적 문제점

### 3. 저수지 빈도유입량 산정방법 개선안 제시

#### 3.1 개선안 1 - 누가 유입량의 변곡점 조정

우리나라 강우특성은 여름철에 집중됨에 따라 누가유입량의 변곡점이 7월에 발생되고 있다. 따라서 7월이 후 빈도유입량 산정시 불확실성을 증폭시킬 수 있을 것으로 판단되어 기존 산정방법의 변곡점을 빈도유입량 산정의 변곡점 영향을 줄이고자 시작월을 6월로 하고 기존 산정방법의 산정과정을 역순으로 산정하는 개선안을 Fig. 3과 같이 제시하였다.

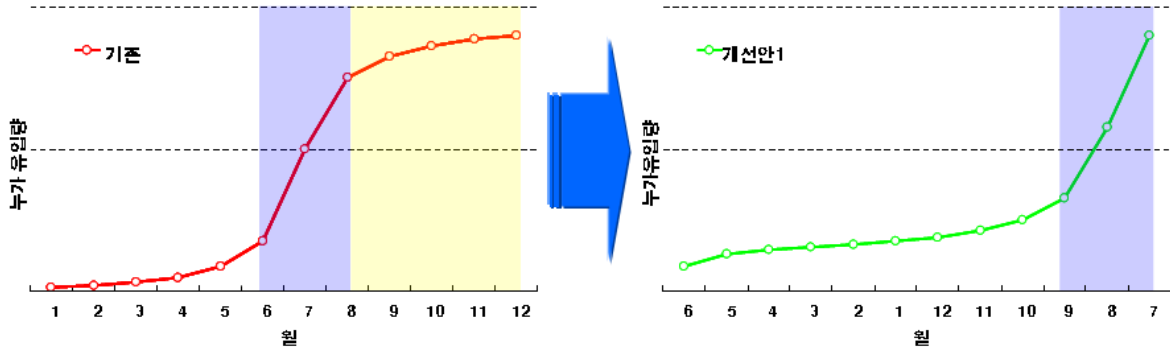


Fig. 3 누가유입량의 변곡점 조정에 따른 빈도유입량 산정방법

#### 3.2 개선안 2 - 과거 갈수년의 월별 특성 반영

저수지 빈도유입량은 주로 이수기를 대상으로 갈수빈도분석을 실시하고 있기 때문에 월별 유입량의 과거 가뭄특성이 반영되어야 함에 따라 과거 가뭄이 발생되었던 년도의 월별 특성을 반영하고자 소양강댐의 과거 유입량중 최소 유입을 기록하였던 1988년, 2001년, 1994년 및 1996년의 월별 유입량의 평균치를 산정하여 이를 저수지 빈도유입량의 월별 배분비율로 적용하는 안을 제시하였다.

#### 3.3 개선안 3 - 월별 평균빈도 유입량 산정방식

개선안2는 갈수년의 선택시 발생하는 주관성이 개입됨에 따라 객관적인 유입량을 산정하지 못한다는 단점으로 인해 월별 빈도유입량의 특성을 반영하고자 월별 빈도분석결과와 누개월 빈도분석결과와의 상관성 분석을 실시하여 월별 평균빈도 유입량을 산정하는 방식으로 월 단위 평균 발생빈도를 Fig. 4와 같이 산정한다.

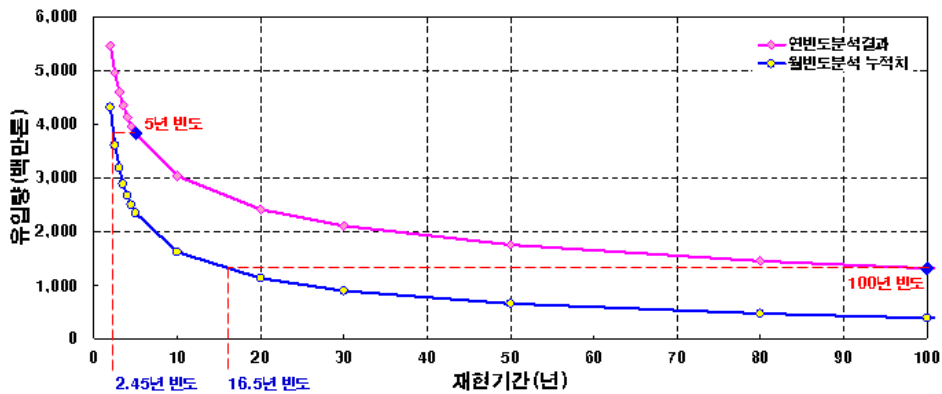


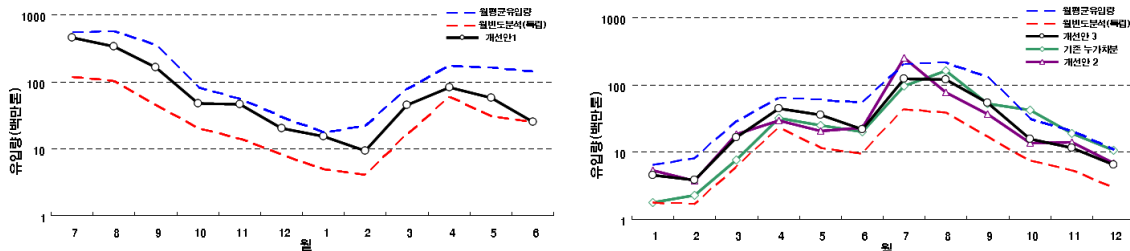
Fig. 4 월별 빈도분석과 누개월 빈도분석과의 상관성

## 4. 비교분석결과

### 4.1 산정방법별 비교

변곡점 조정에 따른 개선안 1은 일명 역순 누가 차분방식이라 할 수 있으며, Fig. 5 (가)에서 보는 바와 같이 월평균유입량과 월단위 빈도유입량 사이에 월별 유입량의 배분이 이루어지고 있으나 기존 산정방법의 시작월 극한 빈도가 종료월에 발생되고 있다는 차이점의 큰 차이점을 나타내지 못하고 있다. 또한, 기존 산정방법에서의 이론적 문제점에 대한 문제점 역시 해결하지 못하였다.

가뭄특성을 반영하고자한 개선안 2와 3은 Fig. 5 (나)에서 보는 바와 같이 누가유입량에 대한 월별 배분은 개선안 2와 3 모두 적절하게 반영되고 있다. 그러나 개선안 2의 경우는 갈수빈도 심도의 변화에 따른 변화가 고려되지 못한다는 점과 특정월에서 월평균 유입량보다 큰 유입량이 산정되는 문제점을 해결하지 못하는데 반해 개선안 3의 경우는 기존 산정방법의 문제점 및 개선안 2에서 새롭게 발생된 문제점을 모두 해결하고 있다는 점에서 가장 큰 장점을 나타내고 있다.



(가) 개선안 1

(나) 개선안2 & 개선안3

Fig. 5 개선안에 따른 20년 빈도 유입량 산정결과

### 4.2 적용결과

현재 '08년 홍수기부터 시작된 가뭄에 대해 본 연구에서 제시한 개선안3과의 비교분석을 위해 수계단위로 한국수자원공사에서 관리하고 있는 다목적댐을 분류하여 '08년 10월 ~ '09년 3월 기간의 누가유입량 빈도분석을 실시한 결과는 Fig. 6과 같다. Fig. 6을 보면 기존 산정방법은 분석기초에서 실유입량보다 매우 큰 유입량을 산정하고 있는데 반해 신규 산정방법은 분석기초 오차도 적을 뿐만아니라 월별 변화패턴도 실측치의 변화와 유사하게 변화되고 있다.

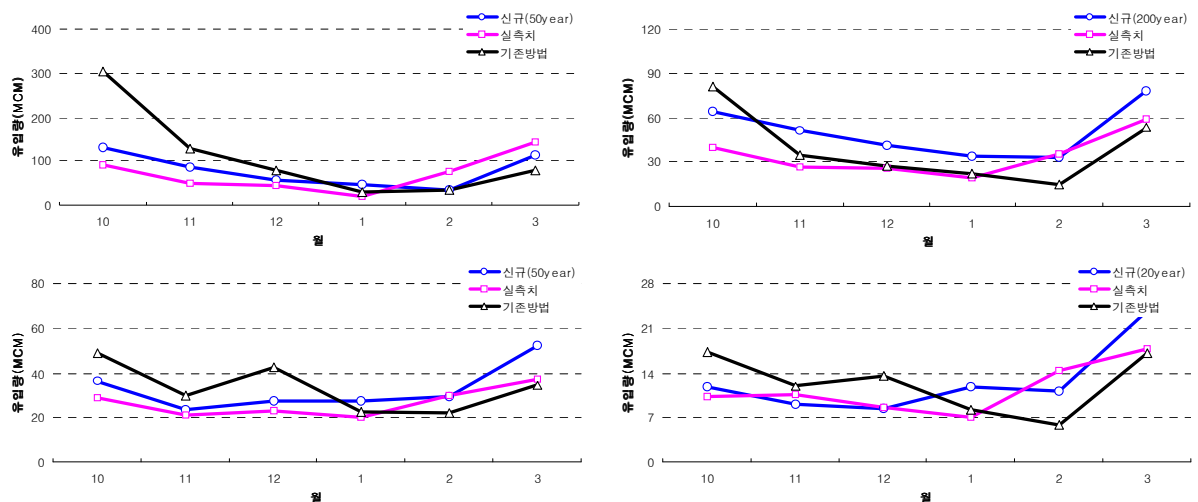


Fig. 6 수계단위 실측 유입량과의 비교분석

또한, 신규 산정방법은 Fig. 7에서 보는 바와 같이 5년, 10년, 20년, 50년 및 100년 빈도 유입량이 상호간 역전되는 현상이 발생되고 있지 않을 뿐만아니라 월별 빈도유입량도 평균 유입패턴과 극한 가뭄패턴에 적절하게 변화되고 있음이 파악되었다. 따라서 현재 실무에서 적용하고 있는 빈도분석방법을 본 연구에서 제시하고 있는 개선안 3으로 대처가 가능할 것으로 판단된다.

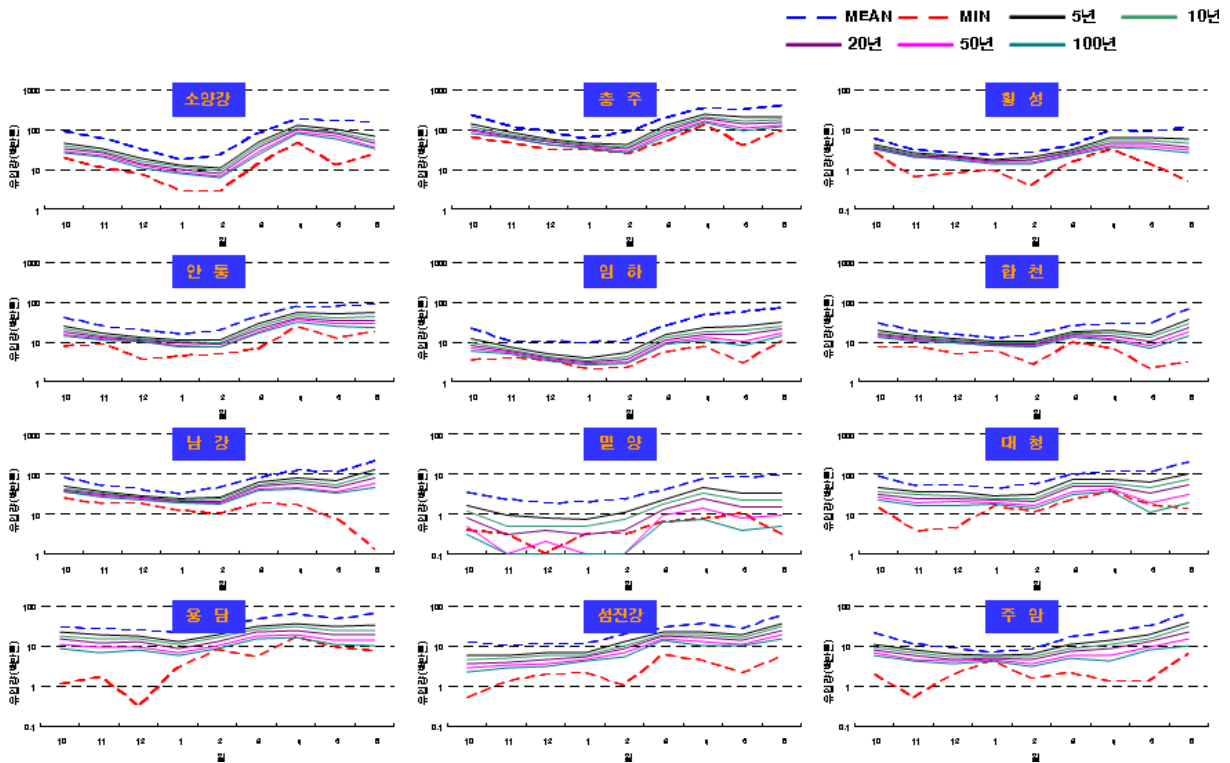


Fig. 7 신규 산정방법에 의한 빈도별 댐 유입량 산정결과

## 5. 결론

본 연구에서는 현재 실무에 적용하고 있는 누가차분법의 문제점을 개선할 수 있는 적정 갈수빈도분석방법을 제안하고 최근 가뭄과의 비교 검토를 토대로 적정성 여부를 판단함으로써 이수기 댐 운영의 효율성을 증대에 기여할 수 있는 기준을 제시하고자 한다. 기존 산정방법은 빈도유입량을 산정하는 과정에서 이론적 오류가 발생할 수 있는 문제점을 내포하고 있다. 이론적 오류는 극한빈도 유입량의 산정하는 과정에서 음(-)의 유입량이 산정과 빈도 유입량의 역전현상이 발생할 수 있다. 따라서 변곡점 조정에 따른 개선안 1은 기존 산정방법의 시작월 극한 빈도가 종료월에 발생되고 있다는 차이점의 크게 개선된 점이 없으며 또한 기존 산정방법에서의 이론적 문제점에 대한 문제점 역시 해결하지 못하였다. 가뭄특성을 반영하고자한 개선안 2와 3은 누가유입량에 대한 월별 배분은 개선안 2와 3 모두 적절하게 반영되고 있으나 개선안 2의 경우는 갈수빈도 심도의 변화에 따른 변화가 고려되지 못한다는 점과 특정월에서 월평균 유입량보다 큰 유입량이 산정되는 문제점을 해결하지 못하는데 반해 개선안 3의 경우는 기존 산정방법의 문제점 및 개선안 2에서 새롭게 발생된 문제점이 발생하지 않았다. 또한, 신규 산정방법은 전국 다목적댐을 대상으로 분석한 결과, 재현기간별 빈도 유입량이 상호간 역전되는 현상이 발생되지 않을 뿐만아니라 '08년 10월 ~ '09년 3월의 실유입량과 비교분석결과, 가뭄패턴을 적절하게 모의하였다.