

# 물공급능력지수에 의한 다목적댐의 물 공급 안정성 평가

## An Assessment on the Water Supply Stability of Multi-purpose dam using Water Supply Capacity Index

문장원\*, 이동률\*\*, 최시중\*\*\*, 강성규\*\*\*\*

Jang-Won Moon, Dong-Ryul Lee, Si-Jung Choi, Seong-Kyu Kang

### 요 지

물은 인간생활에 있어 없어서는 안 될 매우 중요한 요소로서 물 수요에 대한 안정적인 공급은 국가 및 지역의 수자원 계획에 있어 주요 목표가 되어 왔다. 최근 사회, 경제의 발전과 함께 국민 생활수준의 향상으로 물 수요는 점차 증가하는 추세에 있으며, 용도 또한 다양화 되고 있다. 그러나 우리나라의 기후 및 지형 조건은 효율적인 수자원 관리에 매우 어려운 상황으로 이를 극복하기 위해 다양한 대책이 마련되어 시행되고 있다. 과거 우리나라에서는 부족한 수자원을 확보하고 안정적인 물 공급이 가능하도록 하기 위하여 다목적댐을 건설하여 운영하여 왔으나 댐을 통해 확보할 수 있는 물 공급 안정성에 대한 정량적인 평가가 상대적으로 미흡하여 보다 효과적인 수자원 관리의 제약으로 작용하고 있다.

물공급능력지수(Water Supply Capacity Index, WSCI)는 극심한 기상조건 하에서 저수지가 수요량에 대해 어느 정도의 기간동안 용수를 공급할 수 있는 가를 평가할 수 있도록 개발된 정량적인 지표이다. 물공급능력지수는 가뭄기간 동안 저수지의 용수공급능력을 모니터링 할 수 있도록 하기 위한 목적으로 개발되었으며, 가뭄기간의 저수지 운영 의사결정에 대해 유용한 정보를 제공할 수 있고 저수지에서 용수를 공급받는 지역의 가뭄단계 설정에 활용될 수 있는 지표이다.

본 연구에서는 다목적댐에 대한 물공급능력지수를 산정하여 분석하였으며, 이를 통해 각 댐의 물 공급 안정성을 평가하였다. 물 공급 안정성의 평가는 각 댐별로 산정된 물공급능력지수의 과거 시계열 자료를 검토하고 각 댐의 월별 지수에 대한 변동 분석을 통해 댐별 물 공급 안정성을 판단하였다. 또한 월별로 산정된 각 댐별 물공급능력지수를 비교하여 월별 각 댐의 물 공급 수준을 판단하였다.

**핵심용어 :** 물공급능력지수, 물 공급 안정성, 가뭄지수, 가뭄

### 1. 서론

가뭄계획은 미래에 예상되는 물 부족의 위험도를 경감하기 위해 수립되는 대책으로 한정된 수자원에서 공급의 안정성을 최대한 향상시키기 위한 사회·공학적인 노력이라고 할 수 있다. 가뭄계획에서 가장 중요한 요소는 가뭄관리자의 대책 수립 및 시행을 위한 의사결정을 지원할 수 있는 시공간적인 가뭄상황 정보, 적절한 가뭄단계의 설정과 각 단계에 따른 실행대책이라고 할 수 있다. 이 중 시공간적인 가뭄상황의 파악은 가뭄의 정도를 정량화하여 제시하고 있는 여러 가지 가뭄지수들을 이용하여 수행되고 있으며, 이러한 가뭄지수로는 PDSI(Palmer Drought Severity Index), SPI(Standardized Precipitation Index), SWSI(Surface Water Supply Index) 등이 있다. 그러나 이러한 가뭄지수들은 대부분 강수량, 하천유량, 용설량, 저수지 저수량 및

\* 정회원-한국건설기술연구원 수자원연구실 연구원-E-mail : jwmoon@kict.re.kr

\*\* 정회원-한국건설기술연구원 수자원연구실 책임연구원-E-mail : dryl@kict.re.kr

\*\*\* 정회원-한국건설기술연구원 수자원연구실 연구원-E-mail : sjchoi@kict.re.kr

\*\*\*\* 정회원-한국건설기술연구원 수자원연구실 연구원-E-mail : skkang@kict.re.kr

지하수위 등 공급 측면의 변수들을 이용하여 산정되고 있어 실제 물이용자가 느끼는 물 부족을 반영할 수 없다는 단점이 있다. 즉, 기상학적으로 심각한 가뭄상황이라 할지라도 수요를 충족시킬 수 있는 수자원이 확보되어 공급 관련 인프라를 통해 이상 없이 공급이 이루어진다면 실제 물이용자는 물 부족을 체감하지 못하는 상황이 나타날 수 있다. 따라서 이러한 상황에서는 기존의 가뭄지수로는 신뢰성 있는 가뭄정보를 제공하기 어려우며, 결국 물 관리자, 특히 저수지 관리자 입장에서는 공급과 수요를 동시에 고려할 수 있는 가뭄지수를 필요로 하게 된다. 이동률 등(2006)은 이러한 목적을 달성하기 위하여 중요한 용수공급시설인 저수지의 용수공급능력과 수요량에 대한 검토를 통해 가뭄상황을 보다 적절히 나타낼 수 있도록 물공급능력지수(Water Supply Capacity Index, WSCI)와 이를 표준화한 표준물공급능력지수(Standardized Water Supply Capacity Index, SWSCI)를 개발하여 제시하였다.

본 연구에서는 이동률 등(2006)에 의해 개발된 물공급능력지수(WSCI)를 우리나라의 대표적인 다목적댐에 적용하였으며, 그 결과를 검토함으로써 다목적댐의 물 공급 안정성을 평가하였다. 물 공급 안정성의 평가는 각 댐별로 산정된 물공급능력지수(WSCI)의 과거 시계열 자료에 대한 검토와 각 댐의 월별 지수 변동 분석을 통해 수행하였으며, 각 댐의 결과를 비교하여 댐별 물 공급 안정성의 수준을 비교 검토하였다.

## 2. 물공급능력지수(Water Supply Capacity Index, WSCI)

물공급능력지수(WSCI)는 현재의 저수지 저수량과 향후 공급하도록 저수지에 할당되어 있는 수요량과의 간단한 물수지 평가를 통해 현재 저수량으로 공급 가능한 향후 시간을 산정하여 나타낸 것이다. 즉, 기존 저수지 또는 댐별로 설정되어 있는 용수공급량은 해당 저수지나 댐에 요구되는 수요량으로 고려할 수 있으며, 현재 저수량과 함께 고려하여 장래 용수공급이 가능한 개월 수를 산정한 것이다. 따라서 물공급능력지수(WSCI)는 개월의 단위를 가지며, 해당 월의 저수량을 익월의 용수공급량으로 감한 후 남은 저수량과 그 다음 월의 용수공급량을 비교하는 절차를 거쳐 지수를 산정한다. 물공급능력지수(WSCI) 산정과정에서는 해당 저수지나 댐으로의 추가적인 유입량을 고려하지 않으므로 향후 강수량이 없고 유입량이 없는 최악의 기상상황에서 저수지나 댐이 가지고 있는 공급내한 능력을 판단할 수 있으며, 익월에 발생 가능한 예측유입량을 적용할 경우 저수지나 댐의 운영을 위한 예측지표로 활용이 가능하다는 특징이 있다. 그림 1은 물공급능력지수(WSCI)의 산정 절차를 나타내고 있다.

이와 같은 절차를 거쳐 산정되는 물공급능력지수(WSCI)는 각 댐 또는 저수지별로 설정되어 있는 저수량 관련 제원 및 용수공급량을 반영한 지수이므로 해당 댐이나 저수지의 특성을 나타내는 고유 값으로 활용될 수 있다. 그러나 물공급능력지수(WSCI)는 개월의 단위를 갖는 지수이므로 기존 가뭄지수와의 직접적인 비교가 불가능하므로 이를 표준화한 표준물공급능력지수(SWSCI)를 산정함으로써 기존 가뭄지수들과의 비교가 가능하다. 표준물공급능력지수(SWSCI)는 SPI의 표준화 과정을 이용하여 산정된 지수이므로 가뭄단계 구분이 SPI와 동일하며, 표준물공급능력지수(SWSCI)를 통해 가뭄관리를 위한 가뭄지수로 기존 지수들과 함께 활용이 가능하다.

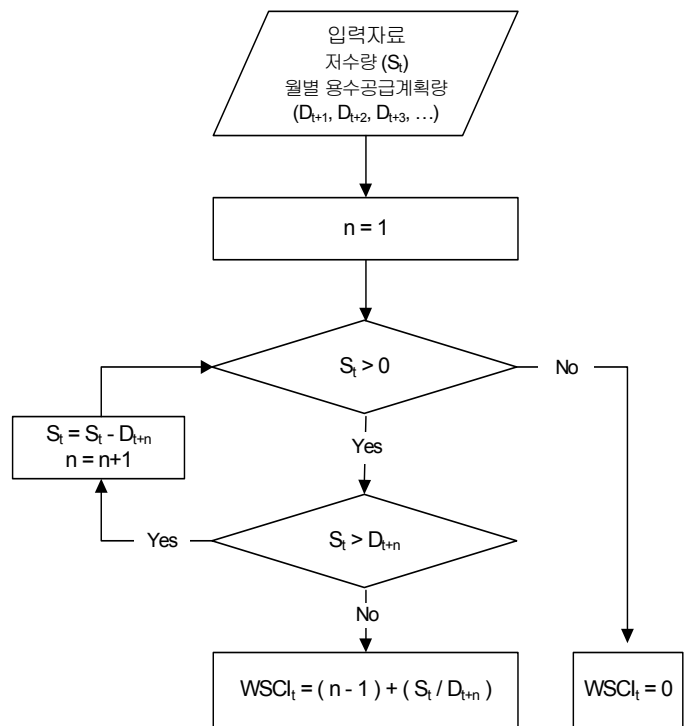


그림 1. 물공급능력지수(WSCI) 산정 절차

### 3. 대상지점 및 자료

본 연구에서는 물공급능력지수(WSCI)를 이용하여 우리나라의 주요 다목적댐에 대한 물 공급 안정성을 검토하였다. 물 공급 안정성을 검토하기 위한 대상 다목적댐으로는 저수량 자료 보유 기간을 고려하여 20년 이상 저수량 자료가 존재하는 댐으로 대상 댐을 선정하였다. 이러한 기준을 고려한 결과 한강유역의 소양강댐과 충주댐, 낙동강유역의 안동댐, 금강유역의 대청댐 및 섬진강유역의 섬진강댐의 5개 댐이 선정되었다. 그림 2는 본 연구에서 물 공급 안정성을 검토하기 위해 선정한 대상 다목적댐의 위치를 나타낸 것이다.

물공급능력지수(WSCI)를 산정하기 위해서는 각 댐의 저수량 자료와 함께 월별 용수공급계획량 자료가 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 한국수자원공사의 다목적댐 실무편람(2005)에 제시된 월별 용수공급계획량을 이용하였으며, 각 댐의 저수량 관련 제원을 이용하였다. 5개 다목적댐의 분석 기간은 소양강댐 1974~2007년(34년), 충주댐 1986~2007년(22년), 안동댐 1977~2007년(31년), 대청댐 1981~2007년(27년), 섬진강댐 1975~2007년(33년)의 저수량 자료를 이용하였다.

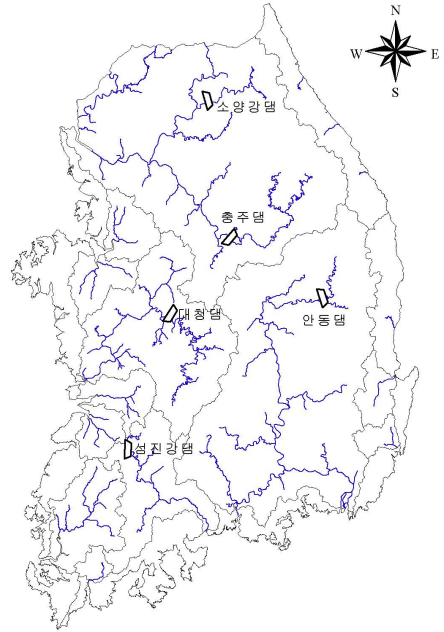


그림 2. 대상지점 위치도

### 4. 물공급능력지수(WSCI)의 산정 및 물 공급 안정성 평가

#### 4.1 물공급능력지수(WSCI)의 산정

5개 다목적댐의 저수량 자료와 월별 용수공급계획량 자료를 이용하여 물공급능력지수(WSCI)를 산정하였다. 그림 3과 4는 소양강댐과 대청댐에 대해 산정된 물공급능력지수(WSCI) 시계열을 나타낸 것으로 소양강댐의 경우에는 1978년, 1997년에 거의 0에 가까운 지수 값이 산정되는 등 여러 차례 물 공급 안정성에 위협을 받는 상황이 발생하였음을 알 수 있다. 또한 대청댐의 경우에는 소양강댐보다 물 공급 안정성이 훨씬 낮은 것으로 보인다. 그림 4의 결과에서 알 수 있듯이 거의 매년 물공급능력지수가 0에 가까운 값으로 산정되는 결과를 보이고 있으며, 대청댐의 물 공급 안정성을 신중히 검토하고 이에 대한 대비가 필요함을 나타내주는 결과라 할 수 있다.

#### 4.2 다목적댐의 물 공급 안정성 평가

5개 다목적댐에 대해 산정된 물공급능력지수(WSCI)를 이용하여 각 댐별 물 공급 안정성을 평가하였다. 그림 5는 각 댐별로 산정된 물공급능력지수

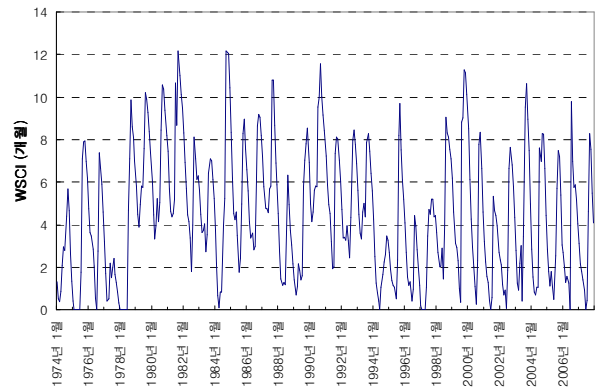


그림 3. 소양강댐의 물공급능력지수(WSCI)

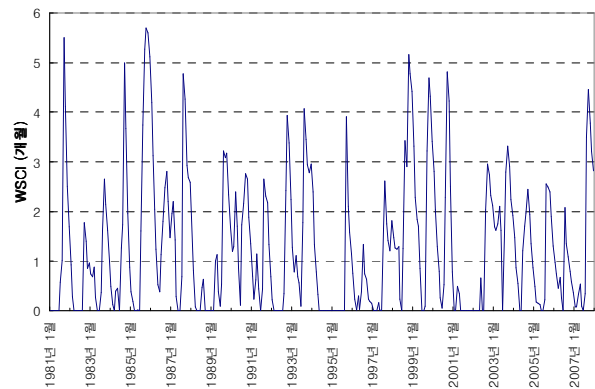


그림 4. 대청댐의 물공급능력지수(WSCI)

수(WSCI)의 월별 산정결과를 검토하여 5개 다목적댐의 월별 지수 분포를 분석한 것으로 평균과 최대값 및 최소값을 나타낸 것이다. 모든 댐의 결과에서 1월부터 6월까지 물공급능력지수(WSCI)는 점차 감소하고 있으며, 이후 7월부터 9월까지 증가한 뒤 다시 감소하는 결과를 보이고 있다. 이러한 결과는 우리나라의 기후 특성으로 인한 결과라고 볼 수 있으며, 강수량이 많은 여름철 우기에 물을 가두어놓았다가 나머지 기간동안 물공급을 수행하는 댐 운영 방식이 반영되어 나타난 결과로 보인다. 월별 지수 산정 결과를 살펴보면 모든 댐에서 6월의 물공급능력지수(WSCI)가 가장 낮게 나타나고 있으며, 9월이나 10월에 가장 높은 값이 나타나고 있다. 댐별 결과를 살펴보면 5개 다목적댐 중에서 소양강댐과 안동댐의 물공급 능력이 상대적으로 높은 것으로 나타나고 있으며, 충주댐과 대청댐은 물공급능력지수(WSCI)가 가장 높은 시기에 3개월 전후로 나타나 다른 댐들에 비해 물공급 안정성이 떨어지는 것으로 보인다. 특히 대청댐의 경우에는 2월부터 7월까지 산정된 지수 값의 평균이 1개월 미만인 것으로 나타나고 있어 가장 심각한 상황인 것으로 판단된다. 섬진강댐의 경우에는 다른 댐들에 비해 지수의 변동이 크게 나타나고 있으며, 이러한 결과는 섬진강댐의 월별 용수공급계획량 때문인 것으로 보인다. 섬진강댐은 10월부터 이듬해 3월까지 계획된 월별 용수공급량이 없으며, 이로 인해 댐저수량이 아무리 적더라도 물공급능력지수(WSCI)는 높게 나타날 수 있기 때문이다. 각 월별 물공급능력지수(WSCI)의 최소값을 살펴보면 1월부터 7월까지의 기간 동안에는 모든 댐에서 1개월 미만의 결과를 보여주고 있다. 이러한 결과는 향후 심각한 가뭄 상황이 발생하였을 때 비교적 안정된 물공급이 가능한 것으로 판단되는 소양강댐이나 안동댐의 경우에도 물공급 관련 문제가 발생할 가능성이 있음을 말해주는 결과라 할 수 있다. 따라서 평상시에 심각한 가뭄 발생 시 등의 비상시에 대비한 수자원 확보 방안 등 다양한 가뭄 대응 대책을 마련해놓을 필요가 있으며, 각 댐별로 설정되어 있는 월별 용수공급계획량에 대한 재검토 등 댐 운영 관련 사항에 대해서도 신중하게 검토할 필요가 있다.

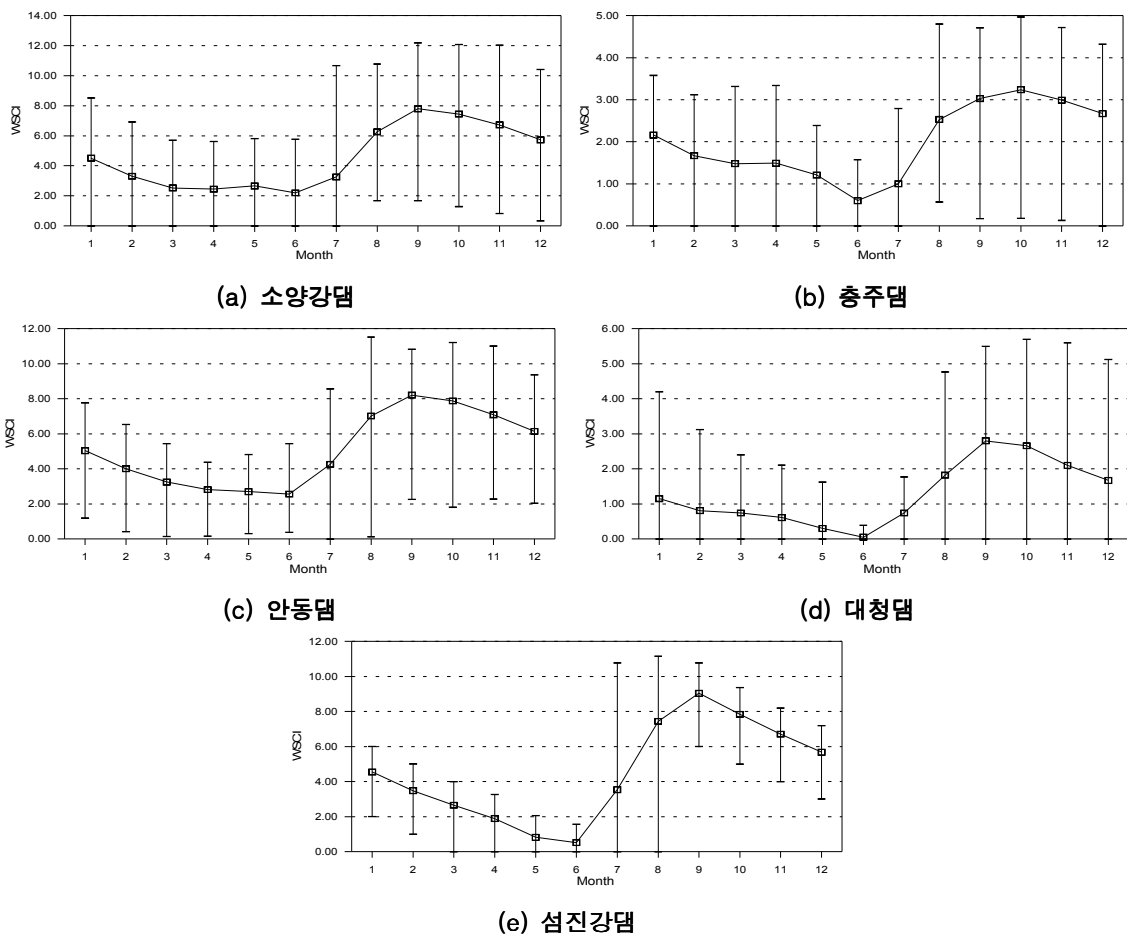


그림 5. 다목적댐의 월별 물공급능력지수(WSCI)의 분포

그림 6은 소양강댐과 대청댐에 대한 물공급능력지수(WSCI) 산정결과를 검토하여 물 공급 가능 기간별 빈도를 나타낸 것으로 1개월 이하, 1~2개월, 2~3개월, 3~4개월, 4~5개월, 5~6개월, 6개월 이상의 7개 구간으로 구분하여 해당 구간에 속하는 지수의 빈도를 검토하였다. 앞서 물 공급 안정성이 상대적으로 높은 것으로 분석된 소양강댐의 경우 6개월 이상의 지수 산정 결과를 나타내는 월의 수가 전체의 30%를 차지하고 있음을 알 수 있으며, 1개월 이하로 나타나는 경우는 전체의 13%에 불과한 것으로 나타나고 있다. 이에 반해 대청댐의 경우에는 전체에서 1개월 이하의 공급 능력을 갖는 경우가 54%로 나타나고 있어 물 공급 능력에 문제가 발생하는 경우가 매우 많은 것으로 나타나고 있다. 상대적으로 6개월 이상의 공급 능력을 나타내는 경우는 전혀 나타나지 않고 있음을 알 수 있다. 따라서 대청댐의 경우에는 댐 저수량에 비해 월별로 계획된 용수공급량이 크게 설정되어 있다고 판단할 수 있으며, 향후 가뭄 발생 시 이로 인한 안정적인 물 공급의 신뢰도가 매우 낮은 상황임을 알 수 있다. 그러므로 대청댐에 대해서는 현재 설정된 용수공급계획량에 대한 재검토가 필요할 것으로 판단되며, 대청댐이 부담하고 있는 용수공급량의 부담을 덜어줄 수 있는 수자원 확보 방안의 마련이 필요할 것으로 판단된다.

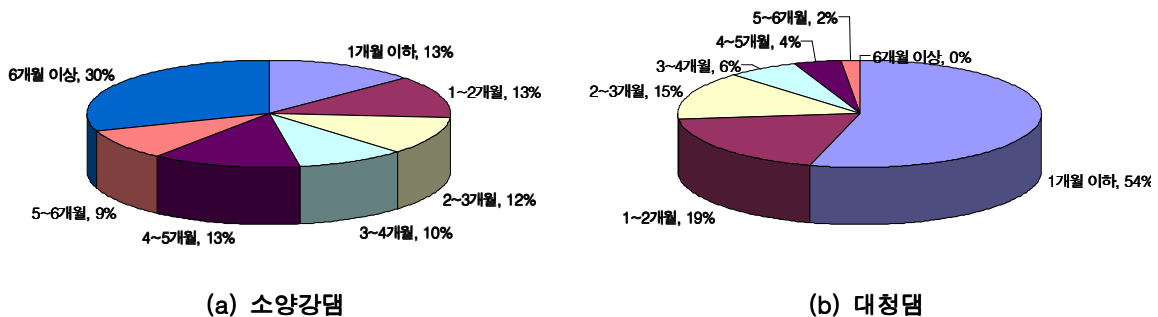


그림 6. 물공급능력지수(WSCI)의 기간별 분포

## 5. 결론

지금까지 이동률 등(2006)에 의해 제시된 물공급능력지수(WSCI)를 이용하여 소양강댐, 충주댐, 안동댐, 대청댐, 섬진강댐의 5개 다목적댐에 적용하였으며, 그 결과를 바탕으로 각 댐의 물 공급 안정성에 대해 검토하였다. 물 공급 안정성은 5개 다목적댐에 대해 물공급능력지수(WSCI)를 산정한 후 이를 도시하여 검토하고 월별로 평균, 최대 및 최소값의 분포를 산정한 후 그 결과를 바탕으로 검토를 수행하였다. 또한 용수 공급 가능 기간을 7개 구간으로 구분한 후 구간 내에 속하는 월의 발생 빈도를 분석하여 댐의 물 공급 안정성을 파악하였다. 검토 결과 소양강댐과 안동댐이 다른 댐에 비해 물 공급 안정성이 높은 것으로 분석되었으며, 충주댐과 대청댐은 물 공급 안정성에 문제가 있는 것으로 나타나 이에 대한 대책이 시급한 것으로 분석되었다. 특히 대청댐의 경우에는 댐 저수용량에 비해 월별로 계획된 용수공급량이 큰 것으로 보여 이에 대한 재검토가 필요할 것으로 판단된다.

지금까지 살펴본 바와 같이 물공급능력지수(WSCI)를 이용할 경우 다목적댐이나 저수지의 물 공급 능력을 정량적으로 파악할 수 있어 가뭄 관리 및 댐 운영 등을 위해 유용한 정보 제공이 가능할 것으로 판단되며, 향후 분석 대상 댐을 확대하여 이를 검토할 필요가 있을 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

1. 이동률, 문장원, 이대회, 안재현 (2006). 저수지 가뭄감시를 위한 물공급능력지수의 개발, 한국수자원학회 논문집, 제39권 제3호, pp. 199-214.
2. 한국수자원공사 (2005). 다목적댐 운영 실무편람.