

# RAP를 이용한 금강유역 유황변화 분석

## Flow Regime Change Analysis using River Analysis Package

박상영\*, 정태성\*\*, 김정곤\*\*\*, 고익환\*\*\*\*  
Sangyoung Park, Tae Sung Cheong, Jeongkon Kim, Ick Hwan Ko

### 요    지

하천의 정상적인 기능을 회복시켜 하천 생태계 보전과 환경적으로 안정된 하천 조성이 이루어지도록 하기 위해서는 하천을 보다 자연스럽고 지속적으로 관리하기 위한 효율적인 환경유량의 관리가 필요하다. 본 연구의 목적은 수리구조물에 의한 하천유황 및 하천환경의 변화를 분석하는 기법을 제안하는데 있다. 이를 위하여 먼저, KModSim모델을 이용하여 금강수계에 위치한 대청댐과 용담댐의 운영 전후 가정조건하에서 1984년부터 2006년까지 22년간의 유량자료를 수통지점과 공주지점에 대하여 생산한 후, 환경유량 설정 도구로서 호주 eWater CRC에서 개발한 RAP(River Analysis Package)을 이용하여 금강유역의 유황변화를 통계적으로 분석하였다. 본 연구결과는 향후 수질, 서식처 등 하천환경 변화를 포함하여 하천의 건강성 평가를 위한 기초자료로 사용될 것이다.

핵심용어: RAP, 유황분석, 환경유량

### 1. 서 론

최근 하천의 모습은 이수 및 치수를 위해 설치된 수공구조물과 각종 오염원으로 인한 수질악화, 산업화 및 도시화에 따른 물순환시스템과 더불어 하천을 찾는 시민들의 환경의식 미숙으로 인한 적간접적인 하천오염 활동이 이루어지고 있다. 하천에 대한 이러한 변화는 수질, 수량 및 하천의 구조적 측면에서 하천 생태계에 많은 영향을 끼치고 있다. 따라서 하천의 정상적인 기능을 회복시켜 하천 생태계 보전과 환경적으로 안정된 하천 조성이 이루어지도록 하기 위해서는 하천을 보다 자연스럽고 지속적으로 관리하기 위한 효율적인 환경유량의 관리가 필요하다. 환경유량의 산정방법이 정량적으로 확립되어 있지 않은 상태에서 환경유량을 통해 하천을 중심으로 하는 진정한 자연생태계를 고려하기에는 한계가 있어 지금까지의 환경유량은 주로 하천에 서식하는 어류 생태만을 고려해 왔다.

최근 고조되고 있는 “지속가능한 하천관리를 위한 환경유량”을 정량적으로 산정하기 위해서는 기존의 환경유량에 대한 개념을 재정립하고 하천을 중심으로 한 전체적인 하천 시스템에 미치는 영향인자를 도출하여 이들의 장단점을 정량적으로 분석할 수 있는 방안을 마련하는 것이 필수적이다. 본 연구에서는 수리구조물에 의한 하천 유황 및 하천환경의 변화에 따른 생태계의 영향을 정량적으로 분석하는 기법을 제안하였다.

\* 정회원·한국수자원공사 수자원연구원 선임연구원 공학박사 E-mail : sypark119@kwater.or.kr  
\*\* 정회원·한국수자원공사 수자원연구원 선임연구원 공학박사 E-mail : tscheong@gmail.com  
\*\*\* 정회원·한국수자원공사 수자원연구원 책임연구원 공학박사 E-mail : jkkim@kwater.or.kr  
\*\*\*\* 정회원·한국수자원공사 수자원연구원 연구위원 공학박사 E-mail : ihko@kwater.or.kr

## 2. 연구방법

시계열 분석에 사용된 유량자료는 프론티어 사업을 통해 개발된 KModSim모델을 이용하였다. KModSim모델은 물수급 과정을 LINK or ARC (하천 그리고 관망)와 NODE (저수지, 용수수요, 유역 간 교환, 조절점, 접점, 소스 그리고 싱크)를 이용하여 Network (물수지 모식도)을 구성하고 유역의 물 배분 및 저수지 운영 시나리오를 모의함으로써 복잡한 유역시스템에 대해서도 쉽게 Network을 구성하여 모의가 가능한 최적화 모델이다. KModSim모델을 이용하여 금강수계에 위치한 대청댐과 용담댐의 운영 전후 가정조건하에서 1984년부터 2006년까지 23년간의 유량자료를 수통지점과 공주지점에 대하여 생산하였다.

수리구조물에 의한 유황의 변화와 하천환경의 변화에 따른 생태계의 영향을 정량적으로 분석하고, 환경유량을 산정하기 위한 도구로서 RAP(River Analysis Package)이 사용되었다. RAP는 환경유량관리를 목적으로 개발된 컴퓨터 패키지로써 호주의 eWater CRC(eWater Cooperative Research Centre)에 의해 개발되었다. RAP 시스템은 하천관리자 및 하천환경, 수리, 수문 관련 과학자와 엔지니어들에게 유용한 몇 개의 모듈로 구성되어 있으며, 개별 모듈은 각각의 하위 메뉴로 구성되어 있다.

수리분석 모듈(Hydraulic Analysis module, HA)은 하천의 수리학적 특성과 생태계 서식조건 (e.g. 여울, 소 등)간의 관계를 분석하고 관계식(rating curve)을 도출하기 위하여 개발되었다. 시계열분석(Time Series Analysis, TSA) 모듈은 일단위 시계열자료를 분석하고 통계학적인 분석과 그래프를 제공하며, 시간에 따른 변화를 분석할 목적으로 개발되었다. TSA 모듈은 유황의 변화에 따른 변화를 모의하고 통계분석을 통한 생태계의 영향들을 분석하는데 사용할 수 있다. 시계열관리(Time Series manager, TSM) 모듈은 시계열자료의 결측치 분석 및 수식을 이용한 시계열자료의 합성, 관계식(rating curve)을 적용한 시계열자료의 생성 등을 수행한다. 생태계반응 모델(Ecological Response models, ERM)은 유량-생태계 관계모델의 라이브러리(library)로 구성되어 있다. 유량-생태계 관계 모델은 관련 문헌으로부터 도출될 수 있으며, RAP의 나머지 3개의 모듈과 상호보완적으로 사용될 수 있다. 본 연구에서 적용된 시나리오 조건은 용담댐 하류 수통지점은 용담댐의 건설 전후 조건에 대하여 시계열분석을 수행하였으며, 대청댐 하류 공주지점은 용담댐 및 대청댐 건설 전후를 가정한 유량에 대하여 분석을 수행하였다 (그림 1).

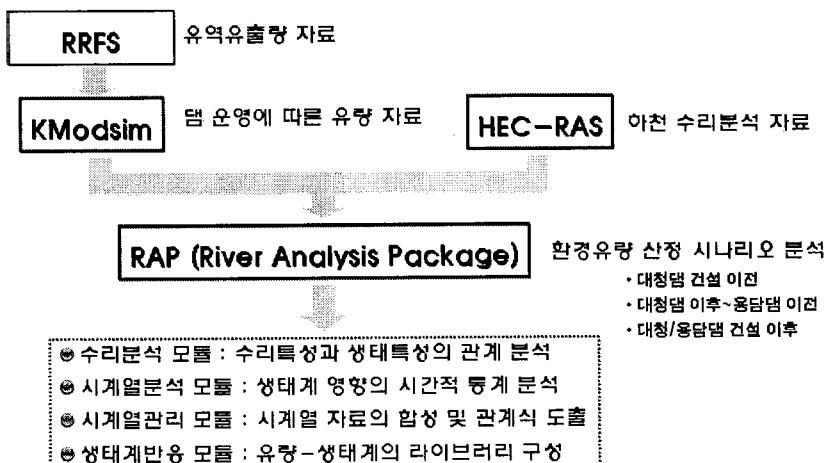


그림 1. 연구 방법

### 3. 결과 및 요약

#### 3.1 용담댐하류 수통지점

수통지점의 전기간에 대한 시계열자료의 통계분석 결과는 표 1과 같다. 용담댐의 건설로 인하여 저유량(Percentile 90)은 상당부분 증가하였으며, 고유량(Percentile 10)은 감소한 것으로 분석되었다. 유량지속시간 곡선(Flow Duration Curve, FDC)은 시계열자료의 범위(range)와 펴진 정도를 분석하는 위해 사용된다. 지속시간곡선은 유량 뿐만 아니라 모든 시계열자료의 분석에 사용되어 질 수 있으며, 모든 자료를 크기 순서대로 나열하고 그에 해당하는 백분율(%)과 함께 그래프로 나타낸다. 그래프에서 백분율(%)은 특정 유량을 초과할 시간의 비율을 나타낸다. 분석결과 용담댐 건설 후에 증가된 저유량을 확인할 수 있었으며, 고유량부분의 변화는 미미하였다 (그림 2).

#### 3.2 대청댐하류 공주지점

금강수계 하류에 위치한 공주지점에 대한 기초통계량 분석결과는 다음 표 1과 같다. 공주지점에 대하여 산출된 유량자료는 대청댐의 건설에 그다지 큰 영향은 받지 않은 것으로 분석되었다. 한편, 용담댐의 건설은 저유량(Percentile 90)에 해당하는 유량을 크게 증가시켰으나, 고유량(Percentile 10) 부분의 영향은 크지 않은 것으로 분석되었다. 공주지점에서 분석된 유량지속시간 그래프 분석 결과, 공주지점의 유량변화는 대청댐 건설의 영향은 미미하였고, 용담댐의 건설에 따라서 저유량과 중간유량이 증가한 것으로 분석되었다.

##### 3.2.1 사상분석(Spell Analysis)

하천 유량의 시계열적 변화는 생태계에 잠재적인 영향을 가지고 있다. 저유량 상태의 지속으로 인한 건천화는 하천의 단절을 가져와 어류 등의 이동에 영향을 미치며, 산란기의 급격한 유량 변동은 잠재적으로 어류 생태계에 영향을 줄 수 있다. 사상분석(Spells analysis)은 시계열자료에 존재하는 사상을 분석하기 위하여 사용된다. 여기서 사상이라 함은 설정된 임계치 이상 또는 이하일 경우에 해당하는 기간을 말하며, 각각 High spell, Low spell로 정의된다. RAP에서 사상분석은 임계값, 최소지속시간, 단독조건의 매개변수를 이용하여 분석한다. 공주지점에 대한 High Spell 분석은 임계값은 대청, 용담댐 건설 전 평균유량의 5배( $64,777 \text{ } 10^3 \text{m}^3/\text{Day}$ )를 설정하고 분석을 수행하였으며, Low Spell 분석은 평균유량의 0.5배( $6,477 \text{ } 10^3 \text{m}^3/\text{Day}$ )배를 설정하고 분석을 수행하였다. 사상분석 결과는 Low Spell에 해당하는 부분이 High Spell 부분보다 영향을 더 많이 받은 것으로 분석되었다 (표 2).

표 1. 수통, 공주 지점 시계열 유량자료의 통계 분석 결과, (단위:  $10^3 \text{m}^3/\text{Day}$ )

Whole Period	SuTong Monitoring Station		GongJu Monitoring Station		
	After Youngdam	Unregulated flow	Unregulated flow	Daechung Only	Both Daechung & Youngdam
Percentile 10	3,793.8	4,897.7	24,647.1	25,080.1	24,197.5
Percentile 90	441	313.7	1,232	1,234.4	2,414
Mean	2,498.1	2,705.5	12,955.4	12,790.6	12,725.8
Median	694	780.5	3,449	3,686	5,418
CV	3.05	2.88	2.7	2.6	1.9

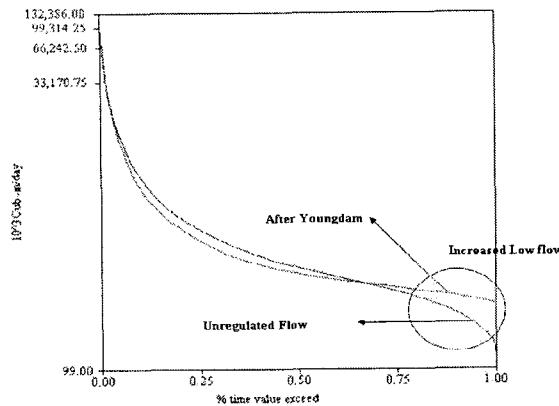


그림 2. 수통지점의 용담댐 건설전후  
유량지속시간 분석

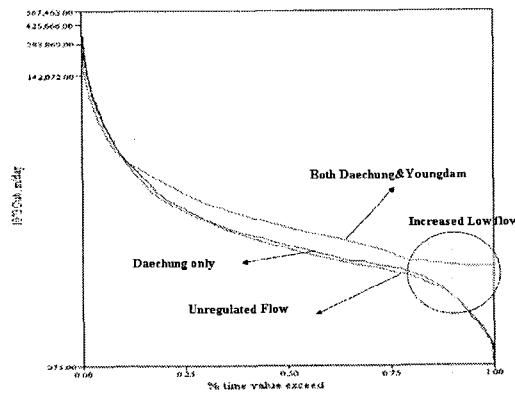


그림 3. 공주지점의 대청댐, 용담댐  
건설전후 유량지속시간 분석

표 2. 공주지점 시계열 유량자료의 High and Low Spell 분석 결과, (단위:  $10^3 \text{m}^3/\text{Day}$ ),

Whole Period	Unregulated flow	Daechung Only	Both Daechung & Youngdam
Number of Low Spell	459	453	644
Longest Low Spell	116	116	116
Mean Magnitude of Low Spell	2,927.4	3,079.5	3,795.9
Mean Duration of Low Spell	12.7	12.7	7.3
Total Duration of Low Spell	5,860	5,787	4,735
Total of periods Between Low Spells	2,365	2,438	3,513
Mean period Between Low Spells	5.1	5.3	5.4
Longest period Between Low Spells	79	79	67
Number of High Spell	130	128	130
Longest High Spell	11	10	10
Mean Magnitude of High Spell	166,948.7	159,074.8	131,199.0
Mean Duration of High Spell	2.8	2.6	2.1
Total Duration of High Spell	366	344	274
Total of periods Between High Spells	7,773	7,795	7,788
Mean period Between High Spells	60.2	61.3	60.3
Longest period Between High Spells	354	400	354

본 연구에서는 수리구조물에 의한 하천유황 및 하천환경의 변화를 분석하는 기법을 제안하였으며, 연구결과는 다음과 같다. 본 연구의 결과는 향후 수질, 서식처 등 하천환경 변화를 포함하여 하천의 건강성 평가를 위한 기초자료로 사용될 것이다.

#### 참 고 문 헌

- Marsh, N. (2004). River Analysis Package Users Guide, CRC for Catchment Hydrology, Australia.
- 정태성, 강신욱, 고익환, 황만하 (2007) 금강유역에서의 KModSim을 이용한 의사결정지원시스템 개발 및 적용성 검토, 대한토목학회, 27-3-B, 출판중.
- Labadie, J. (1995) River Basin Model for Water Rights Planning, MODSIM: Technical Manual. Department of Civil Engineering, Colorado State University, Ft. Collins, CO