

# 대하천 수문분석 시스템의 적용

## Application of Hydrologic Analysis System for Large Scale River

황만하<sup>1)</sup>, 고익환<sup>\*\*</sup>, 이상진<sup>\*\*\*</sup>, 정우창<sup>\*\*\*\*</sup>, 맹승진<sup>\*\*\*\*\*</sup>

Man Ha Hwang, Ick Hwan Ko, Sang Jin Lee, Woo Chang Jeong, Seung Jin Maeng

### 요 지

실시간 통합 물관리 운영을 위한 강우예측시스템에서 제시되는 예측강우량과 강우시나리오 및 실시간 또는 단기간(10일 이내)의 용수수요와 공급을 위한 분석 기술을 RRFs에 연계함으로써 한정된 수자원의 효율적 이용을 도모하였다. 이를 위한 기술로서 용수수요량(취수량)과 하천유황을 실시간으로 취득·관리하기 위한 물 정보관리기술을 개발하고, 장단기 하천유황의 예측을 위한 하천의 연속 유출량 예측기술을 개발하였으며 모의운영 하였다.

**핵심용어 : 기상정보, 수문분석 시스템, RRFs, 유출예측, 용수수요량**

### 1. 서 론

물관리는 개발된 수자원 시설물의 목적에 적합하게 이루어져야한다. 다목적댐과 같은 수자원 시설물을 중장기적으로 운영하기 위해서는 댐 건설시에 작성해 놓은 운영율에 따르는 것이 원칙이기는 하나, 댐이 건설되고 난 후 시간이 경과함에 따라 유역의 수문 기상 조건이 변화되고, 용수수요 등 사회, 경제적 여건이 변화하여 초기에 작성된 운영율에만 의존하는 것이 적절치 못할 수도 있다. 또한, 지금까지 한국수자원공사의 댐운영은 단일 댐위주로, 그리고 댐 상류 유역의 수문학적 조건에 따라 온 것이 사실이지만, 점차 수계 전체를 고려하고 수계 내 댐들을 연계 운영할 필요성이 증대되고 있는 현실이다. 이에 따라 한국수자원공사는 지금까지 이수관리를 목적으로 저수지 또는 저수지군의 최적(연계)운영모형 개발에 관한 연구들을 다수 수행한 바 있다. 한강, 금강, 낙동강 수계에서 Hydro-scheduling 모형(1994)과 CoMOM(Coordinated Multi-reservoir Operating Model for Han River Basin)(1998)을 개발하였고 특히 낙동강 수계에 대해서는 저수관리시스템(1997)을 개발하여 적용하고자 노력해 왔다. 이와 같이 개발된 모형 및 시스템은 수자원의 부족이 예상되는 21세기에 더욱 효율적인 댐운영의 지침을 제공할 수 있을 것으로 기대된다. 이러한 적용 사례에도 불구하고 이수 물관리의 근간이 되는 수계 저수유출을 모의할 수 있는 모형은 정립되어 있지 못한 실정이다. 위와 같은 이수관리모형을 적용하기 위해서는 유역 유출량의 파악이 선행되어야 한다. 그러나 지금까지의 많은 연구에서 지적되어 왔듯이, 우리나라에서는 기초수문조사, 특히 유량관측의 미비로 말미암아, 이수관리모형의 주요 입력자료인 유출량 자료의 확보가 어려운 상황이다. 이를 극복하기 위한 방안이 수문모형을 이용한 유출량 모의발생이다. 수문모형을 이용하면 비교적 자료기간이 길고 관측밀도가 높은 강우량으로부터 유출량을 모의 산정 할 수 있다. 이수관리를 위해서는 일단위, 또는 주간, 순간, 월간 및 연단위의 유출을 연속적으로 모의하여야 하며, 이와 같은 목적의 수문모형도 많이 개발되어 왔으나, 국내에서 사용되어 온 모형으로는 미국 공병단의 SSARR, 미국 기상청의 NWSRFS 또는 NWS-PC, 개념적 모델인 TANK, 그리고 DAWAST 모형 등을 대표적으로 들 수 있다. 그러나 아직 한국수자원공사에서는 정립된 저수유출 연속수문

1) 정회원.한국수자원공사 수자원연구원 수석연구원-E-mail : hwangmh@kowaco.or.kr  
\*\* 정회원.한국수자원공사 수자원연구원 연구위원-E-mail : ihko@kowaco.or.kr  
\*\*\* 정회원.한국수자원공사 수자원연구원 선임연구원-E-mail : sjlee@kowaco.or.kr  
\*\*\*\* 정회원.한국수자원공사 수자원연구원 선임연구원-E-mail : jeongwc@kowaco.or.kr  
\*\*\*\*\* 정회원.충북대학교 지역건설공학과 조교수-E-mail : maeng@chungbuk.ac.kr

모형을 찾아내지 못한 상태이고, 댐운영 및 장차 수계관리를 위해서는 KOWACO형 저수유출 수문모형의 개발이 필요한 시점에 와 있다.

## 2. 수리·수문학적 특성

### 2.1 소유역 분할 기준

본 연구에서는 유역 전체를 일괄적으로 분석하면 지역별 물부족의 특성을 이해하는데 어려움이 있으므로 유역의 효율적인 용수수급계획, 다목적 댐, 그리고 분류 및 지류의 주요 수위표지점 등을 기준으로 하여 구분함으로써 기존의 각 댐들에 의해 공급받고 있는 소유역의 물부족 특성들을 충분히 파악하여 이수 및 치수 측면 그리고 환경적인 측면 등을 고려한 효율적인 물 관리를 하기 위해 금강유역 전체를 여러 소유역으로 분할하였다. 이전의 기존 조사에서 제시된 소유역 분할을 비교하여 보면 분석목적에 따라 분할수가 다소 차이가 있다. 즉 이수목적일 경우에는 13개~17개로 소유역을 분할한 반면 치수목적일 경우에는 보다 세분하여 27개의 소유역으로 분할되어 있다. 따라서 금번 소유역 분할은 기초사 자료와 일관성을 유지하기 위하여 최근에 수립된 “하천운영 시스템 개발 연구(건교부, 2000)”에서 제시된 소유역 분할을 고려하여 금강유역 전체를 12개의 소유역으로 구분하였다. 한편 기 수립된 관련계획과 본 연구에 적용한 금강유역의 면적이 다소 차이를 보이고 있다. 이는 소유역 분할은 “하천운영 시스템 개발 연구”와 유사하게 하였으나, 본 연구에서 제시된 면적과 소유역 분할 형상은 금번에 GIS Tool로 부터 직접 산정한 소유역 분할 형상 및 면적과 다소 상이하여 본 연구에서는 금번에 직접 산정한 면적을 적용하였기 때문이다.

### 2.2 소유역 분할 및 모식도

상기와 같이 금회 적용한 금강수계 전체 유역면적은 9,896.7km<sup>2</sup>로서 12개의 소유역으로 분할하여 각 소유역의 고유번호와 면적, 주요 시·군 현황 등으로 구분하였으며, 이에 의해 작성된 소유역 분할도 및 모식도는 그림 1 및 그림 2와 같다.

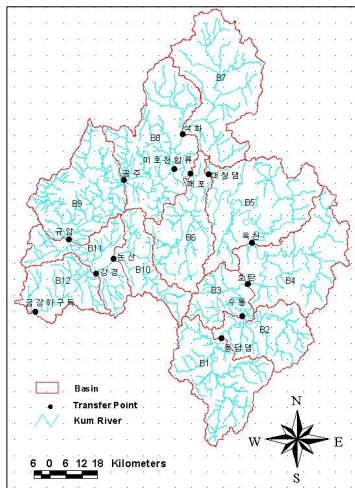


그림 1. 소유역 분할도

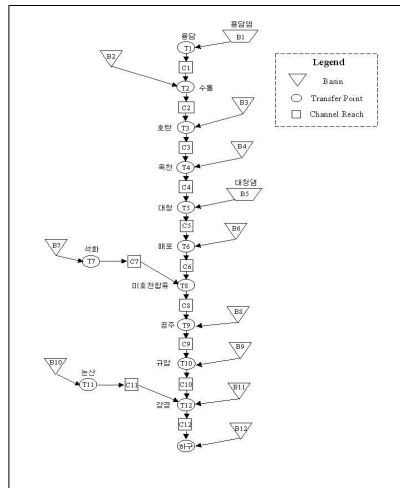


그림 2. 금강수계 모식도

### 2.3 우량 및 수위 관측소

금강유역내에는 건설교통부에서 관할하는 유량 및 수위 관측소와 기상청에서 강우량, 증발량, 온도, 바람, 습도 등의 기상 관측을 실시하고 있는 측후소와 관측소가 있다. 또한 한국수자원공사와 농업기반공사 등에서 부분적으로 관측하고 있는 우량 및 수위 관측소가 있는데, 이들을 모두 합하면 금강유역내 기상 및 수문관측소는 1999년 12월 총 140개소가 설치 운용되고 있다. 이 중 건설교통부 관할의 우량 및 수위관측소가 각각 53

개소, 37개소로 대부분을 차지한다. 한국수자원공사 우량관측소는 장수, 계북, 진안 등 26개소 모두 대형댐 유역내에 설치되어 있고, 수위관측소는 호탄, 송천, 대청댐 등 8개소가 있다. 한편 농업기반공사는 우량관측소 5개소와 수위관측소 4개소를 설치하여 운영하고 있다. 기상청에서 운영하는 기상관측소는 청주, 대전, 장

수, 군산, 보은, 부여, 금산 등 금강 유역 내에 총 7개 관측소가 있는데, 이중 지방기상청은 대전지방기상청 1개소이고, 기상대는 군산, 청주기상대 2개소이며, 나머지 장수, 금산, 부여 보은관측소는 기상관측소이다. 또한 장수, 금산, 보은관측소는 대청댐 유역 내에 있고 청주, 군산, 대전, 부여는 대청댐 하류에 설치되어 있다.

금강유역의 우량관측소는 1999년 현재 총 91개소이며, 관할청별로는 건설교통부 관할 53개소, 한국수자원공사 관할 26개소, 기상청 관할 7개소, 농업기반공사 관할 5개소이다. 이를 관측종별로 살펴보면 건설교통부 산하 금강홍수통제소에서 관리하는 관측소 중 T/M 우량관측소 27개소, 자기우량관측소 26개소, 기상청에서 관리하는 관측소는 자기관측소 7개소이며, 한국수자원공사는 26개소의 T/M관측소만을 관리하고 있으며, 농업기반공사는 5개의 보통관측소를 보유하고 있다. 본 연구에서 필요로 하는 금강유역의 실시간 물관리 시스템 운영을 위한 T/M 우량관측소를 선정하기 위해 현재 실시간 운영 데이터베이스 현황 및 소유역에 대한 관측소의 공간적 분포상황을 고려하여 건설교통부 관할 T/M 우량관측소 26개소와 한국수자원공사 관할 T/M 우량관측소 26개소 등 총 52개소를 선정하였다.

### 3. 수문분석 시스템의 적용

유역유출모의 시스템인 RRFs(River basin Rainfall-runoff Forecasting System)는 미공병단에서 만든 SSARR Y2K 모형을 이용하여 실시간 데이터베이스와 연동되어 수행되며 모형의 입력파일 구축, 과거모의 기능, 예측모의 기능, 모형의 매개변수 보정 기능 등으로 이루어져 있다. 그림 3은 이와 같은 RRFs의 기능을 간단하게 요약한 것이다. 이와 같은 각 기능은 사용자 인터페이스 상에서 모의설정 버튼과 매개변수 보정 버튼으로 이루어지는 각 인터페이스와 서버버튼의 조작으로 운영이 가능하도록 시스템을 설계하였다.

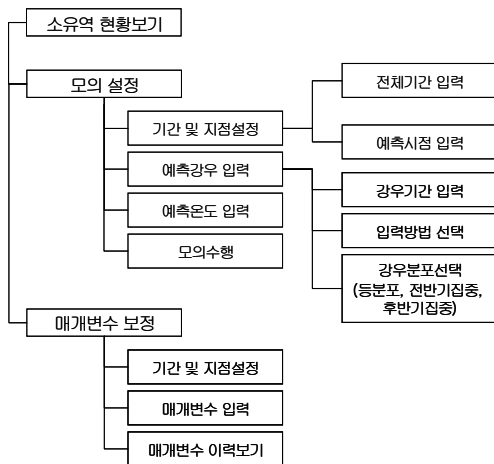


그림 3. RRFs의 기능구성

구분	1995년	1996년	1997년	1998년	1999년
SSARR	1	2	3	4	5
SSARR	7	8	9	10	11
SSARR	13	14	15	16	17
SSARR	19	20	21	22	23
SSARR	25	26	27	28	29
SSARR	31	32	33	34	35
SSARR	37	38	39	40	41
SSARR	43	44	45	46	47
SSARR	49	50	51	52	53
SSARR	55	56	57	58	59
SSARR	61	62	63	64	65
SSARR	67	68	69	70	71
SSARR	73	74	75	76	77
SSARR	79	80	81	82	83
SSARR	85	86	87	88	89
SSARR	91	92	93	94	95
SSARR	97	98	99	100	101
SSARR	103	104	105	106	107
SSARR	109	110	111	112	113
SSARR	115	116	117	118	119
SSARR	121	122	123	124	125

그림 5. 매개변수 입력 및 보정

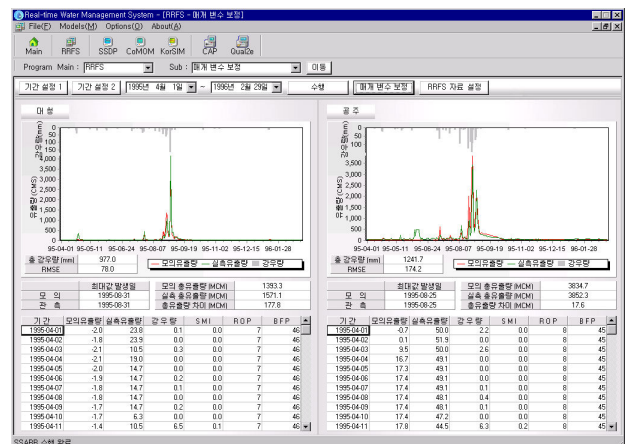
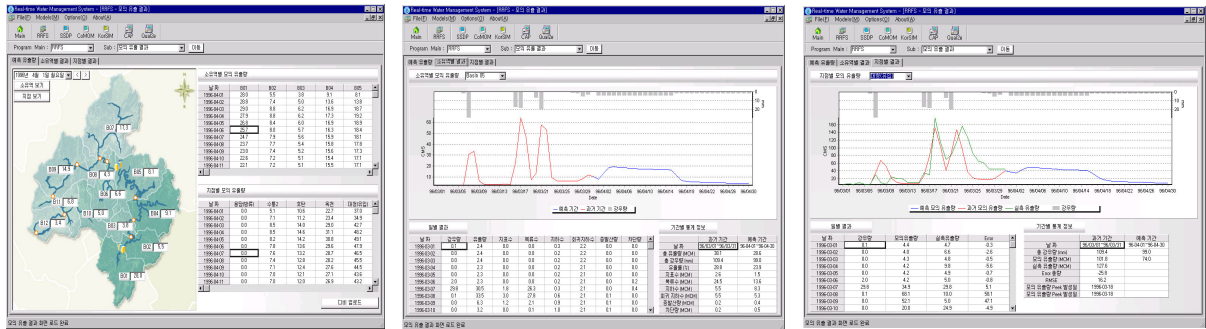


그림 4. RRFs 매개변수 보정

그림 4는 매개 변수 보정을 하기 위한 화면으로 금강 수계의 대청 지점과 공주 지점을 기준으로 RRFs의 핵심 엔진인 SSARR 모형의 매개 변수를 보정할 수 있도록 한다. 상단에 표시되는 기간에 대한 프로그램을 수행 하여 그 결과를 표시하는데, 매개 변수 보정에서 실제 RRFs를 수행하기 위한 위밍 업 기간을 적절히 제시하기 위하여 기간설정 버튼 2가지를 따로 두었다. 결과로 제시되는 내용은 강우량에 대한 모의, 실측 유출량의 그래프와 표이다. 또한 RMSE, 최대값 발생일, 모의 및 관측 총 유출량을 기준으로 제시하여 매개 변수를 보정하도록 하였다. 그림 5는 SSARR의 중요 매개 변수를 GUI상에서 사용자가 편리하게 수정할 수 있도록 만든 화면이다. 가장 상단에는 매개 변수를 보정하고 있는 기간이 나오며 고칠 수 없는 부분이다. 일자를 고치기 위해서는 반드시

시 메인 화면의 기간 설정을 다시 해야 한다. 그 밑의 매개 변수는 각각 SMI, BII, SSS, TS, TSS 매개 변수로서 테이블로 제시되고 있다. 이 테이블의 의미는 다음과 같다. SMI(Soil Moisture Index)를 예로 들어 보면 SMI 테이블은 SMI-ROP(Runoff percent) 즉, 토양습윤 상태별 유출율을 의미하는 것으로써 가장 첫 열에 SMI, SMI1, SMI2, SMI3 으로 표시되어 있는데 여기서 SMI에 해당하는 행은 문자 그대로 토양의 습윤 상태(SMI)를 의미하며 SMI1, SMI2, SMI3에 해당하는 행은 유출율(ROP)을 의미한다. 위에서 보는 바와 같이 SMI에 대한 SMI1, SMI2, SMI3 은 각각 7, 7, 7인 것을 알 수 있다. 이외의 4가지 매개 변수도 같은 형식으로 생각을 할 수 있다. 그 다음으로 회귀율 테이블을 볼 수 있다. 대전과 청주 지점은 생공용수로서 표시되며 12개의 소유역에 관해서는 생활용수, 공업 용수, 농업 용수 회귀율을 모두 수정할 수 있다. 마지막 테이블은 각 소유역에 대한 SSARR 모형의 기타 내부처리 매개변수 테이블이다. 각 소유역의 BFTS, LZTS, BIITS, BIIMX, BFLIM, PBLZ 정보를 수정 할 수 있도록 하였다. RRFs의 매개변수에 대한 자세한 설명은 USACE에서 발간한 SSARR모형의 사용자 매뉴얼을 참조하면 된다.



(a)모형수행결과

(b)소유역별 모의결과

(c) 지점별 모의결과

그림 6. RRFs 모의결과

그림 6(a)는 소유역별 모의 유출량과 지점별 예측 유출량을 우측에 표로 제시하였다. 좌측 지도에는 좌측 상단의 날짜에 대한 일별 유출량을 나타내도록 하였다. 소유역 별로 자세한 유출 결과를 알 수 있도록 인터페이스를 구축하였다. 제시된 그래프는 그 위의 콤보 박스에서 선택한 소유역에 대한 정보이다. 그림 6(b)는 보정 시작일로부터 시작일 하루 전날까지의 결과가 과거기간으로 빨간색 그래프로 표현이 되며, 시작일로부터 종료일까지인 예측 기간의 그래프가 파란색 선으로 표현된다. 상단에는 유출의 가장 중요한 요소인 강우량을 표시해 강우에 따른 유출량의 변화를 알 수 있도록 하였다. 그래프 아래에 있는 테이블 중 좌측 테이블은 일별 결과로서 SSARR모형의 결과 파일 중 소유역별 자료를 분석한 내용을 자세하게 표현하였다. 우측 테이블은 기간별 통계정보로서 과거 기간과 예측기간을 구분하여 자료를 표현하였다. 그림 6(c)는 지점 별로 자세한 유출 결과를 알 수 있도록 인터페이스를 설계하였고 GUI 상에 제시된 그래프는 그 위의 콤보 박스에서 선택한 지점에 대한 모의유출 결과 정보이다. 보정 시작일로부터 시작일 하루 전날까지의 결과가 과거기간으로 빨간색 그래프로 표현이 되며 이 기간에는 지점별 관측 유출량이 존재할 때 그 자료를 초록색 그래프로 제시한다. 시작일로부터 종료일까지인 예측 기간의 그래프는 파란색 선으로 표현된다. 상단에는 유출의 가장 중요한 요소인 강우량을 표시해 강우에 따른 유출량의 변화를 알 수 있도록 하였다.

대하천 수문분석 시스템 개발을 위해 이상에서 언급한 RRFs의 validation test 및 GUI 개선, 자연유출량 정량화, 소유역별 유출량 산정방법 선정, 실시간 운영 계획을 위한 유출지표 체계 구축, 실시간 운영을 위한 현장유량 자료의 신뢰도 검증 및 자료 수집체계 구축, 다지점 하천유출 예측 실용화 및 유출모의구조를 개선할 예정이다.

### 감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호: 1-6-2)에 의해 수행되었습니다.