

## 유출모의를 위한 주요제어지점 유량특성 분석

### Analysis of Stream Discharge Characteristic at Control Point for Runoff Model Application

이 상 진\* / 이 배 성\*\* / 류 경 식\*\*\* / 황 만 하\*\*\*\*

Lee, Sang Jin / Lee, Bae Sung / Ryoo, Kyong Sik / Hwang, Man Ha

#### Abstract

For an accurate rainfall-runoff simulation in the river basin, not evaluation of runoff model but accurate runoff data are very important. In this study, SSARR model was applied to the Geum River basin and these results are compared with runoff data observed at the Gongju gauging station. The model results didn't good fit the discharge data determined from the rating curve at Gongju gauging station during normal and dry season, especially. For the reliability analysis for the existing rating curve, we observed new stream discharge set from 2003 to 2005. We also estimated long term runoff data from the base flow separation method and defined the hydraulic characteristics. The results show that the new observed stream discharge is similar to the rainfall-runoff model results but existing rating curve seems to be overestimated about 10-20% during normal and dry season. We found that the continuous monitoring and update for the existing rating curve at the gaging station are needed for accurate estimation of runoff data.

**keywords** : Rating Curve, SSARR, Long-term Run-off

#### 요 지

유역의 정확한 강우-유출관계를 모의하기 위해서는 모형의 적용과 더불어 관측자료의 정확한 평가 및 검증이 병행되어야 한다. 본 연구에서는 SSARR모형을 금강유역에 적용하여 모의결과를 주요제어지점인 공주지점의 유량과 비교하였다. 분석결과 이수기시 저수위 구간에서 상당한 오차가 발생하였으며, 이에 대한 원인 분석을 위해 과거 관측유량자료(Rating Curve)의 신뢰도분석 및 유량 재관측('03~'05년)을 실시하였고, 유출성분 분석기법을 활용한 장기유출량을 산정하여 제어지점의 수리특성을 명확히 분석하고자 하였다. 분석결과 SSARR 모의결과 및 유출성분분석에 의한 장기유출량 산정결과는 재관측된 유량과 근사한 것으로 분석되었으나, 기존의 관측유량은 지점의 공간적 특성에 기인한 수리학적 영향으로 인해 평·갈수기시 약 10~20% 과대 산정된 것으로 분석되어 이에 관한 보정 및 지속적인 모니터링이 필요하다.

**핵심용어** : 수위-유량관계곡선, SSARR, 장기유출

\* 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 수자원환경연구소 선임연구원 · 공학박사  
Senior Researcher, Korea Institute of Water and Environment, Daejeon 305-730, Korea  
(e-mail: sjlee@kwater.or.kr)

\*\* 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 수자원환경연구소 위촉연구원 · 공학석사

\*\*\* 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 수자원환경연구소 위촉연구원 · 공학박사

\*\*\*\* 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 수자원환경연구소 수석연구원 · 공학박사

## 1. 서론

유역 수자원의 효율적인 관리 및 배분을 위해서는 모형의 선정 및 정립과 더불어 모형검증을 위한 정확한 유출량의 파악이 매우 중요하며 이를 위해서는 무엇보다 세밀하고 정확한 강우-유출관계의 규명이 선행되어야만 한다. 또한 수공구조물이나 하천의 치수계획, 수자원의 이용·관리를 위해서는 홍수량의 크기 또는 침투홍수량의 규모를 결정함에 있어서도 수문분석에 기본이 되는 유량자료의 중요성은 매우 크다고 할 수 있다.

본 연구에서는 SSARR모형을 금강유역에 적용하여 모의결과를 주요제어지점인 공주지점의 유량과 비교하였다. SSARR모형은 다른 모형에 비해 저수지 연계운영·조작 및 실무적용이 용이할 뿐만 아니라, 이수 물관리의 근간이 되는 수계 저수유출 모의가 가능하고 국내외에서 이미 타당성을 인정받은 모형이다. SSARR모형을 활용하여 유역의 유출량을 명확히 파악하고자 했던 선행연구로는 안상진과 이용수(1989)가 금강수계인 보청천유역에, 한국수자원공사(1996)에서는 낙동강유역에 적용한 사례 등이 있다. 유출모형의 근간이 되는 관측유량자료의 검증에 대한 연구로는 정성원 등(2005)이 유량검증시스템을 개발하여 2004년도 섬진강유역에 적용 후 관측유량자료의 검증을 수행하였으며, 추태호 등(2000)은 1차원 수리학적 모형을 이용하여 제어지점의 관측유량자료를 검증한 바 있다.

본 연구는 유역에 적용되는 모형의 적정성을 판별하기 위해서 정확한 유량자료의 획득이 선행되어야 한다는 취지에서 출발하였다. 이를 위하여 SSARR모형을 금강유역에 적용하여 모의결과를 주요제어지점인 공주지점의 유량과 비교하였으며, 기존 관측유량자료

(Rating Curve)의 신뢰도분석 및 유량 재관측('03~'05년)을 실시하였고, 유출성분 분석기법을 활용한 장기유출량을 산정하여 제어지점의 수리특성을 명확히 분석하고자 하였다.

## 2. SSARR모형 구축 및 적용

### 2.1 소유역 분할 및 모식도 작성

연구대상 유역인 금강유역은 유역면적이 9,810.4km<sup>2</sup>이고 하도길이가 395.9km인 대유역으로써, 장기용수공급계획 측면과 유역종합개발계획 측면, 그리고 방재종합대책 측면 등을 종합적으로 고려하여 분석대상 유역을 14개의 소유역으로 분할하였으며(Fig. 1(a)), 1:25,000의 수치지도를 활용하여 DEM 자료를 작성(Fig. 1(b))하여 모형의 중요 매개변수에 해당되는 유역 및 하도의 특성인자를 추출하였다. Fig. 2는 SSARR 모형수행을 위한 금강유역 모식도이다.

### 2.2 수문기초자료의 구성

모형적용에 앞서 14개 소유역에 대한 일 강수량, 관측유량, 생·공·농업용수 계획 이용량, 취수량, 댐 유입량, 댐 방류량 및 온도 등을 수집하였으며, 실측자료 중 모형에서 유출량에 가장 큰 영향을 미치는 강수량, 관측유량 및 용수 이용량 자료에 대해서는 결측 및 이상치를 검·보정하였다.

강수량자료는 1983~1988년은 37개소, 1989~1992년은 45개소, 1993년은 39개소, 1994~1995년은 40개소, 1996~1999년은 41개소, 2000년 이후는 53개소의 강우관측소를 선별하여 해당 관측소의 일 강수량 자료를 이용하였다. 강수량자료의 결측보완은 현재 한강홍수통제소나

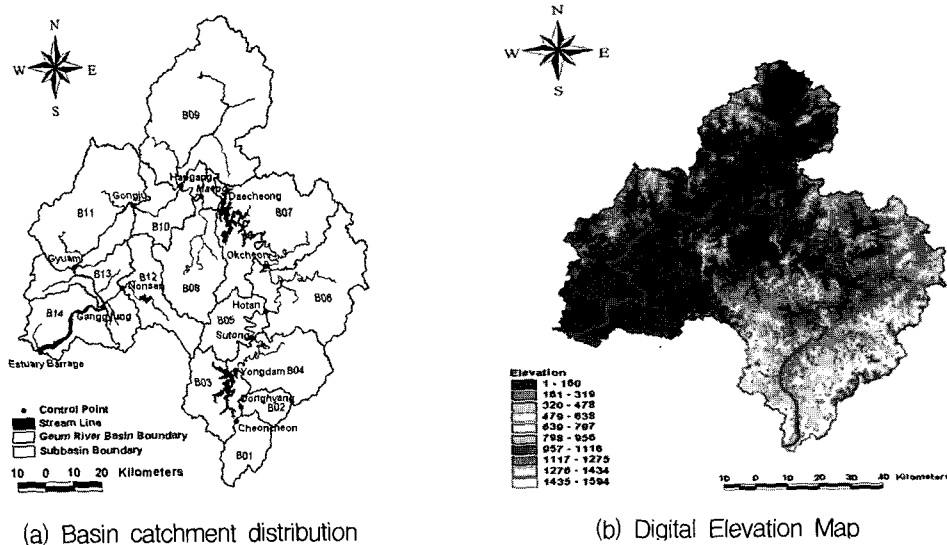


Fig. 1. Basin catchment distribution and Digital Elevation Map in the Guem river basin

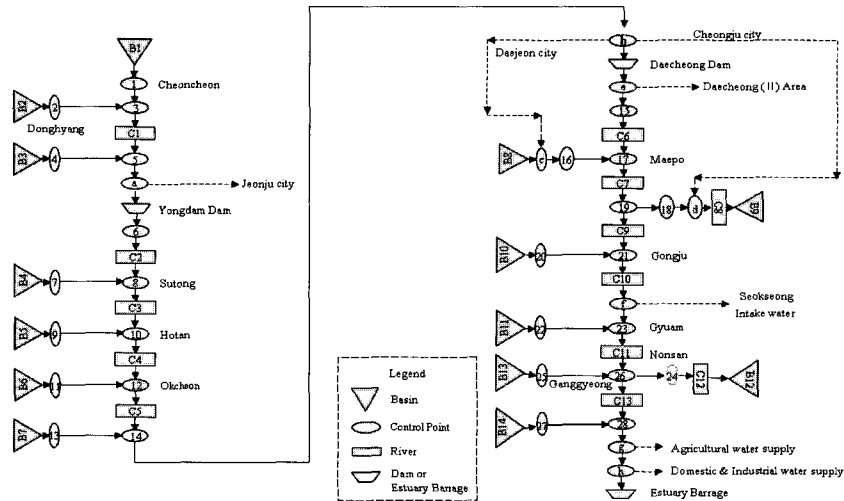


Fig. 2. Distribution diagram for runoff simulation

한국수자원공사에서 공식적으로 사용되고 있는 RDS 방법을 사용하였으며, 강수량자료의 이상치 판별은 연·월별 강수량의 통계분석 및 기상청에서 제공하는 과거 월별 최고 강수량자료와 인근지역 일별 기후변화를 토대로 판별하였다.

관측유량자료는 수통, 호탄, 옥천, 대청댐, 합강, 매포, 공주, 규암, 강경 등 금강유역의 주요수위표 지점을 대상으로한 수위-유량관계 곡선자료를 수집하여 사용하였다. 또한 기존댐 용수공급 능력 조사(금강수계) 보고서(건설교통부, 1997)를 참조하여 용수수요 계획량을 산정하고 이를 유역유출모의에 적용하였다. 이때 적용된 생·공용수 수요량은 실제 이용량과 유사한 것으로 판단되지만 농업용수 수요량은 실제 이용량과 많은 차이를 보여 실무에서도 유역 물관리 운영시에 많은 어려움을 겪고 있다. 따라서 이에 대한 보정방법으로 비농기를 대상으로 산정된 모형의 매개변수를 농번기에 적용하고 농업용수 수요량을 일정비율 증감시킴으로서 관측유출량상과 유사한 모의유출이 구현될 수 있도록 하였다.

### 2.3 SSARR모형의 매개변수 민감도 분석

금강유역에 대한 모형 적용에 앞서 SSARR모형의

매개변수의 민감도분석을 실시하였으며, 기준값은 Table 1과 같다. 매개변수 민감도 분석의 대상유역으로는 갑천유역(Fig. 1(a)의 8번 소유역에 해당)을 선정하였으며 유역면적이 전체 소유역 평균에 비교적 가까운 소유역이다. 분석에 사용된 수문기상자료는 '97년 자료 중 최대유량값을 보이는 시기를 전후로 한달간의 자료를 선정하였다.

민감도분석을 위한 각 매개변수의 범위는 SSARR Manual(USACE, 1991)을 참조하여 적당하다고 판단되는 범위를 설정하여 분석하였으며 결과는 Fig. 3 및 Table 2와 같다. SMI-ROP곡선은 기준값으로부터 10%씩 상향 또는 하향시킨 곡선에 대한 민감도를 분석하였고, BII-BFP곡선은 BII값이 0일때의 값만 10%씩 증감시킨 값, 그리고 S-SS곡선은 0.15 cm/hr 증감시킨 값에 대하여 각각 분석하였다. 첨두값의 변화를 포함한 수문곡선의 전체적인 변화양상은 Fig. 3(c)와 같다. 토양습윤상태별 유출율(SMI-ROP)은 내부처리 매개변수 중에서 고수와 저수를 막론하고 가장 민감한 변수로서 SMI 곡선에 의한 수문곡선과 같이 이 매개변수를 통해 총유출량과 첨두유량을 조절할 수 있다.

Table 1. Base value for sensitivity analysis of parameter

SMI	SMI (cm)	0	1	2	3	4	5	10	999
	ROP (%)	8	19	43	68	85	93	100	100
BII	BII (cm/day)	0.0	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	5.0	100.0
	BFP (%)	45	16	14	13	12	11	10	10
BITS : 40 hr, BIIMX : 3cm/day, BFLIM : 0.13cm/hr									
S-SS	input rate (cm/hr)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	
	surface rate (cm/hr)	0.00	0.15	0.57	1.07	1.57	2.07	2.57	
PBLZ	50 %								
Ts(hr)	surface: 3, subsurface: 10, baseflow: 100, lower zone: 1,000								

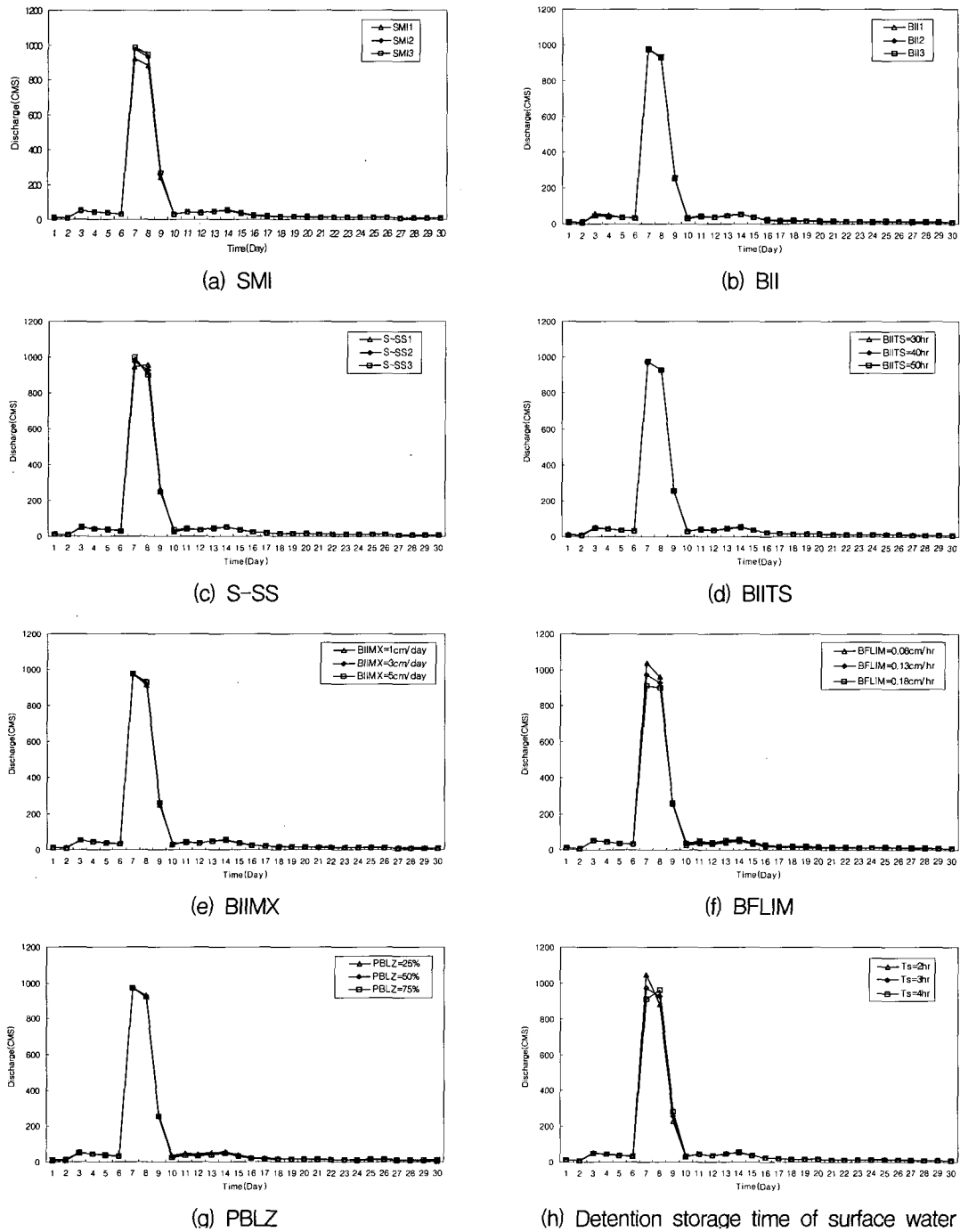


Fig. 3. Sensitivity of parameter

Table 2. Results of sensitivity analysis

Water Level	Year	Sensitivity Analysis							
		SMI	BII	S-SS	BITS	BIIMX	BFLIM	PBLZ	Surface Ts
Low	1997	0.31	0.26	0.05	0.08	0.10	0.29	0.24	0.04
	1998	0.25	0.59	1.41	0.04	0.08	0.04	0.09	0.13
High	1997	0.42	0.01	0.39	0.00	0.00	0.14	0.00	0.17
	1998	0.30	0.12	0.41	0.04	0.04	0.04	0.00	0.08

침투량별 지하수 유입률(BII-BFP)은 총유출량 중 지하수로 유입되는 비율을 설정하는 매개변수이며 분석결과

과 고수시 민감도보다 특히 저수시 민감도가 크게 나타나고 있어 이를 통해 저수시에 대한 보완이 어느 정도

가능할 것으로 판단된다. 지표수와 복류수 분리(S-SS)는 침투유량과 저수시 유량에서 민감한 변화가 있으므로 이 매개변수를 통해 침투유량과 총유출량을 조절할 수 있으나 한계가 있으며, BII의 저류시간(BIITS), 최대 BII(BIIMX)와 최대지하수유출율(BFLIM)의 분석결과 고수시는 물론이고 저수시에도 상대적으로 둔감한 결과를 나타냈다. 지하수 중 회귀지하수가 차지하는 비율(PBLZ)은 지하수로의 유입유량 중 지하 깊숙이 저류되었다가 비교적 오랜 시간이 경과한 후에 유출되는 유량이 전체 지하수 유입량에서 차지하는 비율을 나타내는 매개변수로서 분석결과 침투유량에 미치는 영향은 미소하지만, 저수시의 유량 변화가 두드러졌다. 또한 지표수 저류시간(KTS)의 증가에 따른 침투유량의 감소는 있으나 KTS가 감소할 경우 침투유량의 변화는 대체적으로 10% 이내로 분석되었다.

## 2.4 적정매개변수 결정

매개변수의 민감도 분석결과를 바탕으로 적정매개변수를 결정하기 위해서는 목적함수가 먼저 선정되어야 하며, 목적함수로는 관측치와 계산치의 오차를 최소화하는 형태의 것을 취하는 것이 통상적이다. 그러나, 모형에서 유량이 큰 홍수기의 오차를 감소시킬 목적으로 매개변수를 결정하게 되면 저수시의 정확도가 저하될 수 있으며, 반대로 저수시 위주로 매개변수를 결정하게 되면 고수시 유량을 전혀 반영하지 못할 소지가 있다.

따라서 고수시와 저수시로 분리하여 각각에 대해 민감한 변화를 보이는 매개변수를 각각의 목적함수로 선정하여 SSARR모형수행을 위한 최종 매개변수를 산정하였다. 최종 매개변수 추정시 이용된 관측유량자료는 1983년~2004년의 기존 수위-유량관계곡선식으로 환산된 유량자료이다.

## 2.5 SSARR모형을 이용한 유출량분석

앞서 결정된 최종 매개변수를 SSARR모형에 적용하여 2003년~2005년에 대한 장기유출량분석을 실시하였으며, 표본 예로 2005년에 대한 분석결과는 Fig. 4와 같다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 분석대상 전기간에 걸쳐 모의된 유출량이 강우에 대한 유출반응 양상을 비교적 양호하게 재현하는 것으로 나타났으며, 저유량을 나타내는 이수기시에 비해 고유출을 나타내는 홍수기에 SSARR모형을 이용한 모의유량이 관측유량자료를 보다 근사하게 모의하는 것으로 나타났다. 이에 본 연구에서는 관측유량자료를 보다 근사하게 모의하기 위해 조정 가능한 매개변수를 변화하여, Fig. 5 및 Table 3과 같이 분기별 유출량자료를 검토하였다. 분석결과 매개

변수의 보정으로는 이수기시 저수위 구간 관측유량 오차를 줄이는데 한계가 있었다. 이와 같이 저수위구간에서 오차가 크게 발생하는 원인으로 본 연구에서는 저수기시 관측유량에 대한 신뢰도가 결여되어 나타나는 것으로 판단하였으며, 이에 대한 원인을 명확히 파악하기 위해 유출성분 분석에 의한 장기유출량 분석, 기존 수위-유량관계곡선식의 신뢰도 평가 및 유량 재관측 등을 실시하였다.

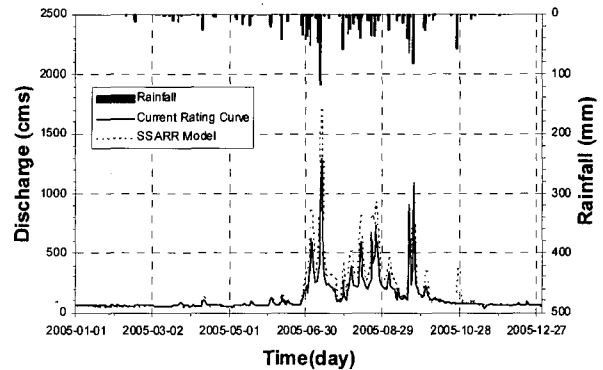


Fig. 4. Simulated runoff at Gongju gauging station (2005 year)

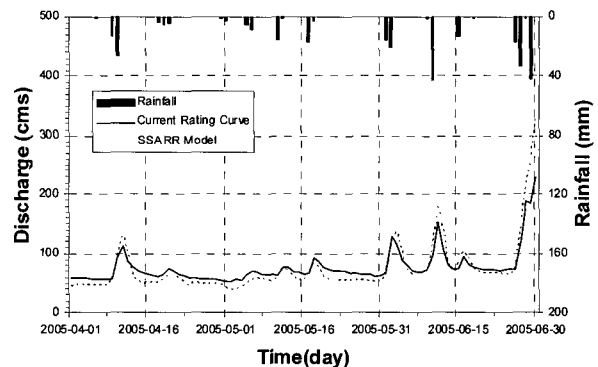


Fig. 5. Simulated runoff at Gongju gauging station (2nd quarter in 2005 year)

## 3. 관측유량자료에 대한 검토

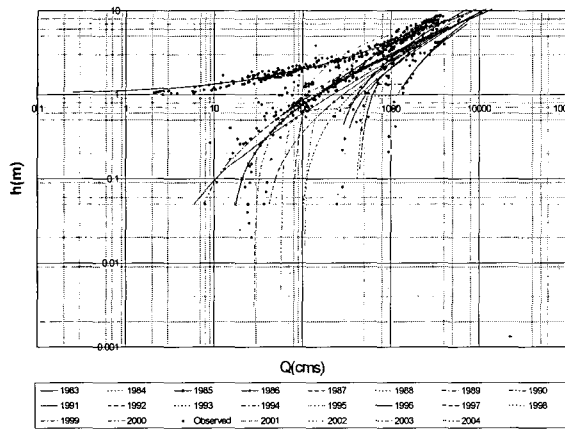
### 3.1 기존 수위-유량곡선식의 신뢰도 분석

본 연구의 대상지점인 공주 T/M 수위표지점은 1915년 관측을 개시하였고, 1962년 자기수위로 1980년 현재의 금강대교로 이설하였으며 1982년 12월과 2000년 5월 영점수위를 조정하여 현재 영점표고는 EL. 5.662m이다.

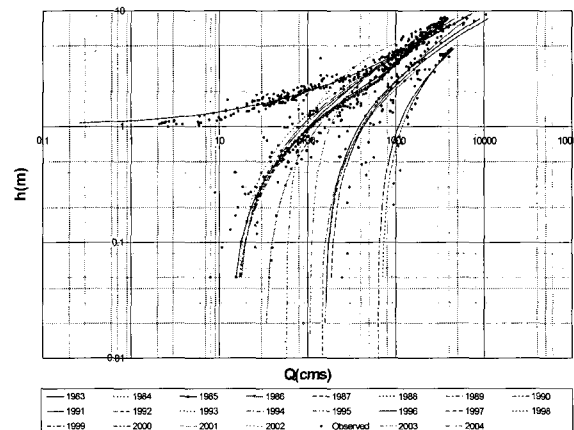
본 연구에서는 1983년부터 2000년까지 약 20년간의 실측유량자료를 분석하여 기존의 수위-유량곡선의 신뢰도 평가 및 검토정을 실시하였으며, 기존 자료에 대한 신뢰도 평가 및 검토정시 한국수자원공사에서 개발

Table 3. Estimation of runoff at Gongju gauging station(each quarter in 2005 year)

Time	Total(year)		1st Quarter		2nd Quarter		3rd Quarter		4th Quarter	
	Rating Curve	SSARR	Rating Curve	SSARR	Rating Curve	SSARR	Rating Curve	SSARR	Rating Curve	SSARR
RMSE	-	85.3	-	12.9	-	18.0	-	162.7	-	43.4
Max.(cms)	1,299.1	1,720.0	91.1	70.0	229.1	335.0	1,299.1	1,720.0	229.1	371.0
Min.(cms)	36.2	38.4	55.8	44.0	52.9	38.4	94.2	114.0	36.2	63.5
Total (cms)	47,502.8	5,6216.8	5,655.0	4,537.8	6,967.6	6,670.8	27,265.9	36,827.0	7,614.3	8,181.2



(a) Existing rating curve (MOCT)



(b) improvement (Using Hydro-Toolkit, KOWACO)

Fig. 6. Rating curve(1983 year~2000 year)

한 Hydro Toolkit(한국수자원공사, 2003)을 이용하여 개발된 수위-유량곡선식을 개선하였다. 본 프로그램은 하천의 물리적 특성(GZF, 하천흐름의 천이구간 등)을 고려하여 수문자료의 상시 모니터링을 통한 자료의 신뢰도 향상 및 유량측정자료를 이용하여 수위-유량관계식을 개발하기 위해 개발된 것으로 실시간 물관리 DB에 접속하여 수문자료의 평가를 통한 결측자료를 상시 검보정하고, 검보정된 자료를 관리하는 기능 등을 제공한다.

Fig. 6은 SSARR모형 수행시 적용된 기존의 수위-유량관계 곡선식과 Hydro Toolkit을 이용하여 개선된 수위-유량관계식을 도해적으로 비교하기 위해 나타낸 것으로, Fig. 6에서 보는 것과 같이 각 연도의 수위-유량관계 곡선식을 유량측정성과 함께 도시하였다. 분석 결과 기존의 수위-유량관계 곡선식(Fig. 6(a))은 연도별 유사성이 결여된 양상으로 저수위와 고수위간의 곡선의 불연속적인 부분도 일부 년도에서 나타나고 있다. 본 연구에서는 Fig. 6(b)에서 보는 바와 같이 Hydro Toolkit을 이용하여 수위-유량관계곡선식을 개선하여 과년도 자료의 도해적 해석을 통한 수위유량자료 분석으로 연도별 관계시간의 유사성을 확보하고자 하였다. 그러나 Fig. 6에서 보는 것과 같이 수위-유량 관측성과 간의 비이상적인 대응이 나타났으며, 특히 저수위부분

자료의 분산이 커서 갈수량구간의 신뢰도는 여전히 낮은 것으로 분석되었다. 따라서 기존 유량측정 성과자료만을 이용하여 수위-유량관계 곡선을 개선하는데는 한계가 있는 것으로 조사되었다.

#### 4.2 분석대상지점의 평·갈수기 유량측정

하천의 수위와 유량 특성을 결정짓는 물리적현상은 대부분 단면통제(section control)와 하도통제(channal control)로 나누어 설명할 수 있는데 전자는 하천의 어느 특정 단면이 보통 갈수시에 수위-유량관계를 통제함을 말하는 것으로 자연적으로 생성된 자갈언덕이나 인공적으로 설치된 보가 이에 해당되며, 후자는 보통 홍수시에 하류 하도의 만곡이나 조도계수 등 통수능에 수위-유량관계가 통제됨을 의미한다.

공주 T/M 수위표 지점은 Photo. 1에서 보는 것과 같이 공주 T/M 수위표 상류 약 300m 지점에 수리구조물이 존재하며, 이 구조물은 평·갈수기시 흐름을 차단하여 원활한 통수능을 방해하고 있다. 공주 T/M 수위표 지점에서 평·갈수기시 유량측정을 실시할 경우 유량통제가 천이되는 수위이하에서는 부정확한 측정성과를 얻을 수 있으며, 이는 수위-유량관계 곡선식의 신뢰도를 저하시키는 원인으로 작용할 여지가 있는 것으로 판단된다.



Photo. 1. Section control by dike located in distant 300 meter from Gongju gauging station

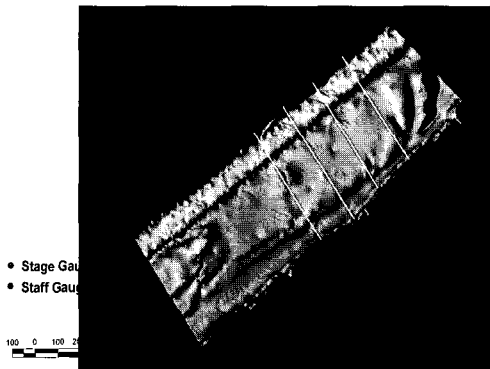


Fig. 7. The reach of stream discharge observation

따라서 본 연구에서는 유량측정시 수리구조물에 의한 영향을 배제하기 위해 Fig. 7에서 보는 바와 같이 기존 수위-유량관계 곡선식의 측정단면인 공주 T/M 수위표지점보다 상류인 금강대교 상류 약 690m과 1,150m 지점(Fig. 7의 Sta #1과 Sta #4)을 유량측정단면으로 선정하였다. 유량측정단면의 선정기준으로는 유수의 흐름이 안정적이고 수로의 형상이 직선에 가깝고 접근성이 용이할 뿐만 아니라 하도의 폭이 비교적 좁아 유속측정이 수월한 곳을 기준으로 하였다. 또한, 측정단면의 수위가 공주 T/M 수위표 지점의 수위를 잘 반영하는 지 여부를 판별하기 위하여, 선정단면의 좌안 암반에 독일 OTT의 기포식 압력수위계(Orphimedes)를 설치하여 이를 확인하였다. Fig. 8은 유량측정단면의 수위와 공주 T/M 수위의 수위변화 양상을 나타낸 것으로 유량측정 단면과 공주 T/M 수위표 지점간의 수위변동 양상은 동일한 것으로 나타났으며 이 구간에서 측방유입/유출량은 없는 것으로 분석되었다.

분석대상 지점의 정확한 유량을 산정하기 위해서는 우선 해당 지점의 하천단면자료가 확보되어야만 한다. 일반 자연하천에서 하상은 흐름에 의해 매 순간 변하게 되며 특히 유속이 크게 발생하는 홍수기를 전·후로 급격히 변하게 된다. 따라서 정확한 유량값을 산정하기 위해서는 홍수기를 전·후로 정확한 하천측량이 이루어

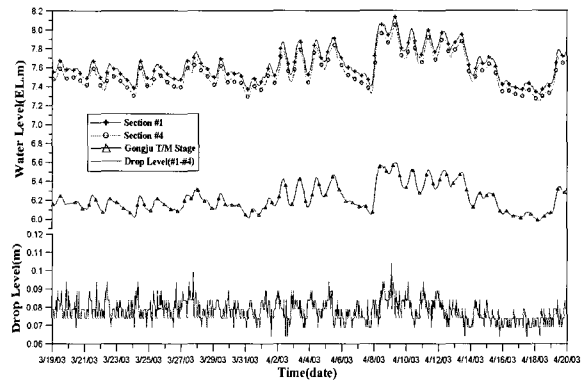


Fig. 8. Water level at Gongju gauging station

져야 한다. 본 연구에서는 Fig. 7의 유량측정구간을 대상으로 홍수기를 전·후로 하천측량을 실시하였으며, 측정결과는 Fig. 9와 같고, Fig. 9에서 보는 바와 같이 유량측정단면에서 홍수기를 전·후로 급격한 하상변동이 일어난 것을 알 수 있으며, 최심 하상고가 이동한 것을 알 수 있다.

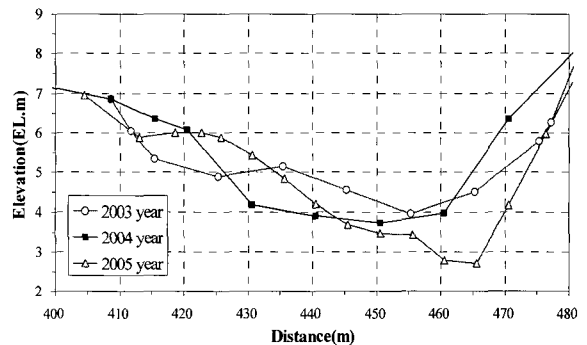


Fig. 9. Section variation for stream discharge observation

유량측정은 수위의 변동을 고려하여 2003년부터 2005년까지 3년간 평·갈수기를 중심으로 총 16회에 걸쳐 실시하였으며, 측정결과를 Fig. 10에 도시하였다. 기존 수위-유량관계 곡선식으로부터 환산된 유량은 금강 유량측정조사 보고서(건설교통부, 2002)의 2002년 자료

와 금강유역조사 보고서(한국수자원공사, 2004a)의 2003년 자료를 이용한 것으로 저수위 구간에서 10~20% 정도 과대 산정된 것을 확인할 수 있으며, 이는 앞서 기술한 바와 같이 단면통제에 의한 통수능 저하가 그 원인 중 하나인 것으로 판단된다.

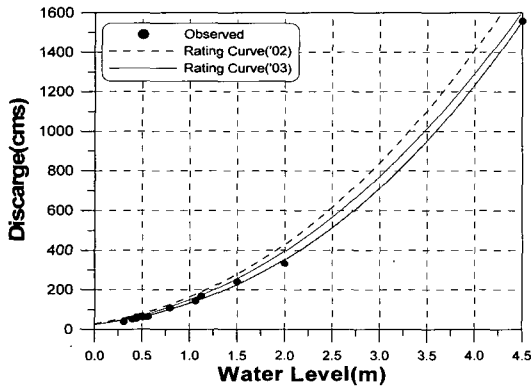


Fig. 10. Stream discharge observation for 2003~2005

#### 4. 분석대상지점의 유출량 분석

##### 4.1 기존 관측유량 자료의 평가

본 연구에서 재산정한 관측유량 자료를 바탕으로 기존 관측유량(Rating Curve) 및 SSARR모형에 의한 모의유량자료에 대하여 자료의 신뢰도를 평가하였다. Fig. 11 및 Fig. 12와 같이 저유량을 나타내는 이수기시 SSARR모형을 이용한 모의유량이 재산정한 관측유량과 근사한 반면 기존 수위-유량관계곡선식을 이용한 환산유량은 과대평가된 것으로 분석되었다.

#### 5. 유출성분 분석에 의한 장기유출량 산정

##### 5.1 분석방법

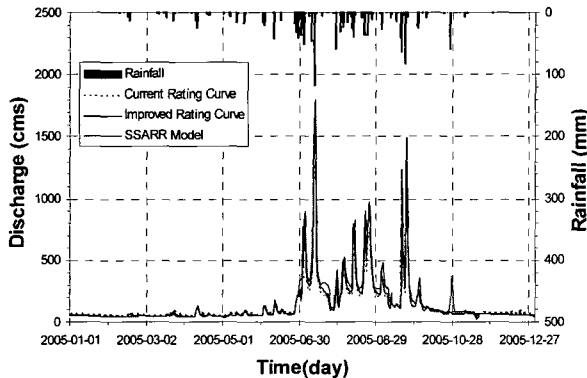


Fig. 11. Comparison of simulated runoff (2005 year)

하천에서 관측된 유량자료를 장기간에 걸친 유출성분으로 분리하면, Fig. 13에서 보는 바와 같이 크게 3가지 성분으로 나타낼 수 있다. 즉, 어떤 출구지점의 관측 유량( $Q_{ob}$ )은 회귀수( $\alpha Q_e$ ), 상류유입량( $Q_{up}$ ) 및 관측강우-유출량( $\beta Q_{Rain}$ )의 성분으로 구분된다. 여기서, 회귀수( $\alpha Q_e$ )란 유역 및 하도내 용수이용량의 회귀수를 의미하고, 상류유입량( $Q_{up}$ )은 상류 유출 제어지점의 관측 유량으로 대청댐 방류량을 의미하며, 관측강우-유출량( $\beta Q_{Rain}$ )은 유역내 강우에 의한 자연유출량을 의미한다. 이때 검증지점의 정확한 유출율을 산정할 수 있다면, 관측자료의 연속성 및 신뢰도를 파악하는 척도를 제공할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 이와 같은 정량적인 개념을 이용하여 과거 22년간(1983년~2004년) 수문기초자료를 유출성분별로 분리하여 대청댐-공주구간의 강우-유출분석을 하였다. 여기서 사용된 수문기초자료는 대청댐 방류량, 대전 및 청주권 취수량, 강우에 의한 자연유출량, 공주관측유량 등으로 각 성분별로 생성된 일자료를 이용하여 공주지점의 월별, 분기별, 연도별 유출량과 비교·분석하였다. 취수량 자료는 금강수계 하천수 사용실태 조사 및 하천유지유량산정 보고서(건설교통부, 1999)와 대청댐 관리연보(한국수자원공사, 2004b) 등의 용수이용현황자료를 이용하였다.

Fig. 14는 공주지점의 월별산출합계로 분석된 관측강우-유출량과 총강우-유출량과의 관계를 나타낸 것이다. 여기서 관측강우-유출량은 공주지점에서 관측된 유출량 자료에서 대청댐의 방류량과 취수량을 배제한 순수 유출량을 의미하며, 총강우-유출량과의 관계로부터 공주지점의 유출율은 53.2%인 것으로 분석되었다. 수자원 장기종합계획보고서(건설교통부, 2000)에서는 공주지점의 유출율을 본 연구에서 산정한 결과와 유사한 55%로 산정한 바 있다.

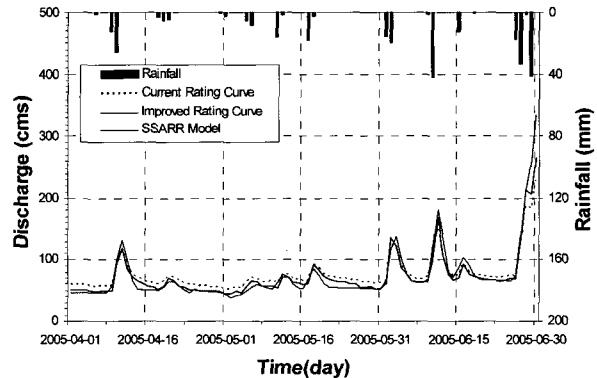


Fig. 12. Comparison of simulated runoff (2nd quarter in 2005 year)



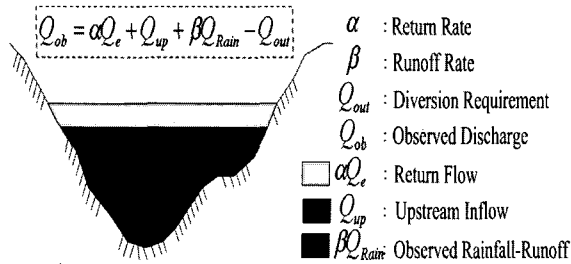


Fig. 13. Separation of runoff component

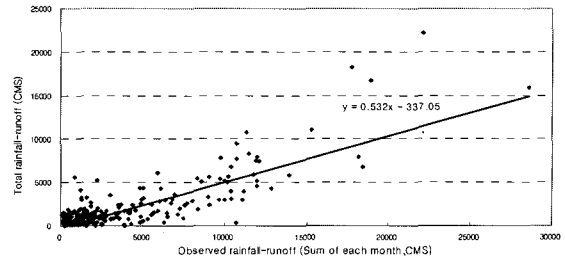
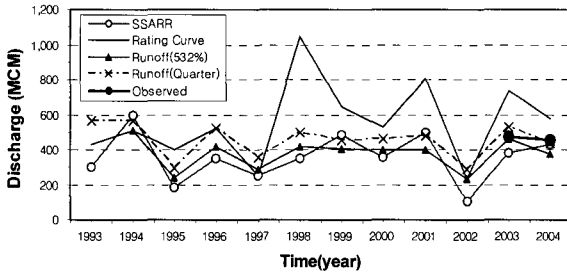
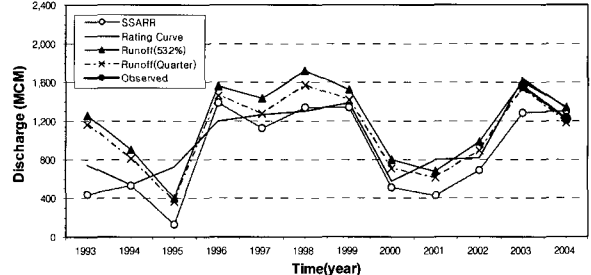


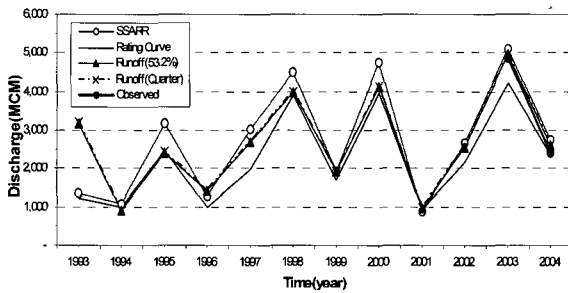
Fig. 14. Correlation of observed rainfall-runoff and total rainfall-runoff



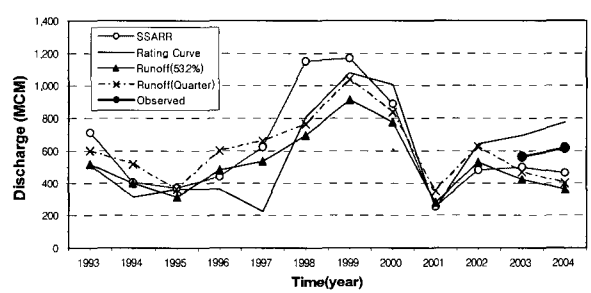
(a) 1st quarter



(b) 2nd quarter



(c) 3rd quarter



(d) 4th quarter

Fig. 15. Variation of quarter simulated runoff

## 5.2 분기별 유출량 산정결과 비교

공주지점에서의 유출특성을 명확히 파악하기 위해 각 분석기법별(SSARR 모의유량, 기존 관측유량, 유출 성분 분석에 의한 장기유출량, 그리고 본 연구에서 재산정한 관측유량)로 분기별 유출량 산정결과를 비교·검토하였으며, 분석결과는 다음 Fig. 15와 같다. 여기서 'Runoff(유출53.2%)'는 분석대상 전기간에 걸쳐 공주지점의 유출율을 53.2%로 가정한 후 장기유출량을 산정한 것이며, 'Runoff(Quarter)'는 유출성분 분석시 도출된 분기별 유출율(1분기 : 78.0%, 2분기 : 39.9%, 3분기 : 49.9, 4분기 : 69.8%)을 적용한 것이다. 분석결과 3/4분기(홍수기)에는 모의 유출량 및 계산된 유출량 모두 보다 근사하게 관측유량을 모의 하였으나, 평·갈수위로 대표되는 1/4분기 및 4/4분기에서 다소 상이한 유출패턴을 나타내었다. 특히 1/4분기 및 4/4분기(평·갈수기)에서 SSARR모형 및 유출성분 분석결과가 재관측유량

과 근사한 반면, 기존 수위-유량관계곡선에 의한 환산 유량과는 상당한 차이를 나타내었다.

## 6. 결 론

유역에 적용되는 모형의 적정성을 판별하기 위해서는 모형검증을 위한 정확한 유량자료의 획득이 선행되어야 한다. 본 연구에서는 SSARR모형을 금강유역에 적용하여 모의결과를 주요제어지점인 공주지점의 유량자료와 비교·평가하였다. SSARR모형 수행시 최종 매개변수는 1983년~2004년간 동안의 관측유량자료를 이용하여 추정하였으며, 추정된 매개변수를 이용하여 2005년에 대한 유출량을 산정하였다. 분석결과 모형의 매개변수 보정에도 불구하고 저수위 구간에서는 상당한 오차가 발생하였으며, 이에 대한 원인으로 평·갈수기 시 관측유량에 대한 신뢰도가 결여된 것으로 조사되었다. 이를 명확히 파악하기 위해 기존 수위-유량관계곡

선식의 신뢰도 평가 및 평·갈수위에 대한 유량 재관측 및 유출성분 분석에 의한 장기유출량을 분석하였다.

공주지점에 대해 각 분석기법별로 유출량을 산정한 결과 홍수기에 해당되는 3/4분기에는 전 분석기법 모두 근사하게 나타났으나, 평·갈수기로 대표되는 1/4분기 및 4/4분기에는 SSARR모형에 의한 모의유량 및 유출 성분 분석에 의한 계산유량이 재관측유량과 유사하게 나타난 반면, 기존 수위-유량관계곡선식에 의한 환산유량은 저수위구간에서 10~20% 정도 과대 산정된 것으로 분석되었다. 이것은 공주지점의 공간 및 수리학 특성에 기인한 것으로 유량통제가 천이되는 지점에서 유량측정을 실시할 경우 부정확한 측정결과를 나타낼 수 있으므로 이에 관한 보정 및 지속적인 모니터링이 필요하다. 이와 같이 유역의 정확한 강우-유출관계를 모의하기 위해서는 모형의 적용과 더불어 관측자료의 평가 및 검증이 병행되어야 할 것으로 판단된다.

### 감사의 글

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

### 참고 문헌

건설교통부 (1997). **기존댐 용수공급 능력 조사(금강수계) 보고서**

건설교통부 (1999). **금강수계 하천수 사용실태 조사 및 하천유지유량산정 보고서**

건설교통부 (2000). **수자원장기종합계획 보고서**.

건설교통부, 금강홍수통제소 (2002). **금강수계 유량측정조사 보고서**

안상진, 이용수 (1989). "SSARR 모형에 의한 유역유출 해석." **한국수문학회지**, 한국수문학회, 제22권, 제1호, pp. 109-116.

정성원, 김동구, 김치영, 황석환, 한명선, 이찬주 (2005). "유량자료 정확도 향상을 위한 검증시스템 구축." **한국수자원학회 학술대회지**, 한국수자원학회, pp. 48

추태호, 김현식, 김만식, 김철구, 윤재홍 (2000). "1차원 부정류 모형을 이용한 낙동강 하구둑 유량 검증", **한국수자원학회 학술대회지**, 한국수자원학회, pp. 640-645.

한국수자원공사 (1996). **낙동강 수계 실시간 최적 저수관리 시스템 개발(분석모델부분)**.

한국수자원공사 (2003). **Rating Curve 산정시스템 (Hydro Toolkit) 개발**.

한국수자원공사 (2004a). **금강유역조사 보고서**.

한국수자원공사 (2004b). **대청다목적댐 관리연보**.

USACE (1991). *SSARR User manual*. North Pacific Div., Portland.

(논문번호:06-71/접수:2006.07.14/심사완료:2006.09.27)