



# 수위-유량 곡선 단순화에 의한 수리권 신뢰도 변동성 평가

## Reliability Variability Assessment for Water Rights by Simplifying Stage-Discharge Curves

김태진\* · 김정호\*\*

Kim, Tae Jin\*, and Kim, Jung Ho\*\*

### Abstract

Input generation of the Water Rights Analysis Package (WRAP) was performed in this study, focusing on the upstream and downstream gage stations located at Soyang Dam. The rating curves for stage and discharge were divided into several ranges, corresponding to each stage. Subsequently, these stages were separated into high, medium, and low stages. Regression curves corresponding to each stage were then established. The streamflow simulated using the regression curve and gaged streamflow was used to compute reliability for water rights. The volume reliability shows a difference of 0.12% between the two kinds of streamflows for the 2006~2015 hydrological simulation period. This study contributes towards application of the WRAP model by developing a procedure for generating simplified streamflows.

**Key words** : WAMIS, Naturalized Stream Flow, Probability Distribution Curve

### 요 지

본 연구는 소양강댐 상류 및 하류에 위치한 수위 관측지점을 중점으로 Water Rights Analysis Package (WRAP) 모델 입력값 산정에 관한 연구를 수행하였다. 현재, 수위-유량 곡선은 수위별로 세분화되어 있으며 이에 따라 본 연구에서 세분화되어 있는 수위-유량 곡선을 고수위, 평수위 및 저수위로 단순화하였으며, 이후 세 개의 수위곡선에 대한 각각의 회귀곡선을 개발하였다. 이 회귀곡선을 이용해 산정된 하천유량과 관측유량을 이용하여 수리권 신뢰도를 평가하였다. 모의결과, 용적 신뢰도의 경우 2006-2015년의 수문학적 모의 기간 동안 두 하천유량에 대해 0.12%의 차이를 보여주었다. 본 연구를 통해 개발된 하천유량 산정 절차는 향후 WRAP 모델 적용에 많은 기여를 할 수 있을 것이다.

**핵심용어** : 수자원 관리 종합정보 시스템, 자연하천유량, 확률 분포 곡선

## 1. 서 론

도시화로 인한 지구온난화 및 이상기후 현상은 현재 제한적 수자원 이용 상황을 악화시키고 있으며 다양한 지역에서 물 부족으로 물 분쟁이 발생하고 있다. 특히, 대부분의 물분쟁의 경우 강 또는 호수를 공유하고 있는 국가 간에 발생하고 있으며 국내에서도 다양한 지역에서 물 분쟁이 발생하고 있다. 이렇듯 물 부족으로 인한 물분쟁은 점차 증가하고

있으며 이에 물에 대한 권리 즉 수리권(Water Rights)에 연구가 필요한 상황이다. 국외는 수리권에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으나 국내 수리권에 대한 연구는 아직 활발하게 진행되고 있지 않다. 예를 들어, 국외의 경우 법률적인 제정이 확립된 상황에서 다양한 하천/저수지 모델(예: HEC-ResSIM, MODSIM)을 이용하여 연구가 진행되고 있지만 현재까지 국내에서는 법률적인 연구(Koun and Park, 2009; Park, 2009; Jang, 2011)에 집중되어 있는 상황이며

\*교신저자, 정회원, 대구대학교 건설시스템공학과 조교수(Tel: +82-53-850-6526, Fax: +82-53-850-6529, E-mail: kimtj@daegu.ac.kr)

Corresponding Author, Member, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Daegu University

\*\*정회원, 대구대학교 건설시스템공학과 석사

Member, Master Degree, Department of Civil Engineering, Daegu University

공학적 접근(Kim and Kim, 2016; Kim and Kim, 2017)을 통한 수리권 연구는 미비한 상황이다. 현재 국내외적으로 사용되는 수리권 개념은 크게 자연 순위(관행) 및 우선 순위(허가) 수리권으로 구분할 수 있으며 지역적 특성에 따라 단독 수리권 또는 혼합된 수리권에 따라 물 수요자에게 물분배가 이루어지고 있다. 현재 국가에서 관리하는 수리권은 용수권이라는 용어로 표현되고 있으며 다른 하천법이나 지하수법 농어촌정비법에는 언급이 되어 있지 않다(Han, 1969).

본 연구에서는 국내 수리권에 대한 공학적 적용을 위해 우선수리권에 기초를 둔 하천/저수지 운영 모델인 Water Rights Analysis Package (WRAP) 모델에 대한 기초연구를 수행하였다. 초기 WRAP 모델은 U.S. Geological Survey (USSG)와 Texas Water Resources Institute (TWRI)의 지원 아래 1986-1988 최적 저수지 시스템 운영 프로젝트의 일환으로 개발되었다. WRAP 모델은 1990년도부터 1994년까지 Texas Water Development Board (TWDB)와 Texas Advanced Technology의 지원을 통해 많은 발전이 이루어 졌으며 텍사스 입법부에서 제정된 1997 senate bill을 통해 현재까지 Texas Commission on Environmental Quality (TCEQ), U.S. Army Corps of Engineers at Fort Worth District과 TWDB 등의 지원 아래 계속적으로 개발되고 있다(Wurbs, 2015a, 2015b). WRAP 모델의 입력 자료로는 자연하천유량(naturalized stream flow), 염분(salinity), 수리권 정보 및 저수지 증발량-강수량으로 구성되어 있다. 이 입력 자료는 수자원 관리, 유역 관리 계획 및 물 사용 시나리오에 관련된 연구 목적에 따라 수정될 수 있으며 텍사스 외의 다른 수자원 배분 시스템에도 WRAP 모델 적용을 위해 개발될 수 있다(Kim and Kim, 2016).

현재까지 국내에 적용된 WRAP 모델의 입력값인 관측지점별 하천유량은 시간별 (예: 일별 및 월별) 및 수위별로 구축되어 있는 수위-유량 곡선을 이용하여 산정하고 있다. 기존의 방법을 통한 하천유량 방법은 자료 업데이트 및 수문학적 기간 연장(Guven et al., 2013; Pan et al., 2016; Shao et al., 2018) 등을 할 경우 모든 절차를 다시 구현해야 하는 경우가 발생하기 때문에 많은 노력과 시간이 필요하다. 또한, 현재 구축된 수위-유량 곡선도 불확실성(Peña-Arancibia, 2015; Sellami, 2013)을 내포하고 있으며 또한 본 연구에서 수행된 단순화된 수위-유량곡선에서 불확실성 있을 수가 있지만 충분한 모의기간에 대한 신뢰도에 대해서는 불확실성을 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서는 수위별로 구축되어 있는 수위-유량 곡선 단순화 및 이를 통한 하천유량 산정 절차 간편화에 대한 연구를 수행하였다. 첫째, 확률 분포곡선을 이용한 수위별 자료를 고수위, 평수위, 저수위의 3단계로 구분, 둘째, 구분된 수위 자료에 대한 회귀 분석 실시, 셋째, 실측 유량 및 산정 유량을 이용한 신뢰도 모의 및 비교를 통한 타당성 검토를 수행하였다. 본 연구에서는 국가 수자원 종합 정보 시스템 (WAMIS, Water Management Information System) 및 수문

조사연구에 구축되어 있는 자료를 이용하였고 북한강에 위치한 소양강댐 상류 관측지점(원통, 내린천 및 양구) 및 하류지점(천진)을 대상 연구 지역으로 선정하였다.

## 2. 대상지역 및 자료 분석

소양강댐은 강원도 춘천시 신북읍과 동면의 소양강에 위치한 북한강 유역의 유일한 다목적 댐이다. 1967년 4월 15일 착공되어 1973년 10월 15일 완공되었다. 흙과 돌로 만들어진 사력댐으로, 댐의 길이는 530 m, 높이는 123 m이며, 저수량이 29억 톤인 인공 호수 소양호가 위치해 있다(Wikipedia, 2018). 소양강댐 상류지점에는 원통, 내린천 및 양구 수위관측소가 위치해 있으며 소양강댐 관측소와 하류지점에는 춘천시(천진리) 수위관측소가 위치해 있다(Fig. 1). 본 연구에서는 소양강댐 상류에 위치한 원통, 내린천과 두 지류의 합류천인 양구, 소양강댐과 소양강댐 하류에 위치한 천진(춘천시) 관측점에서 측정된 월별 하천유량을 활용하였다.



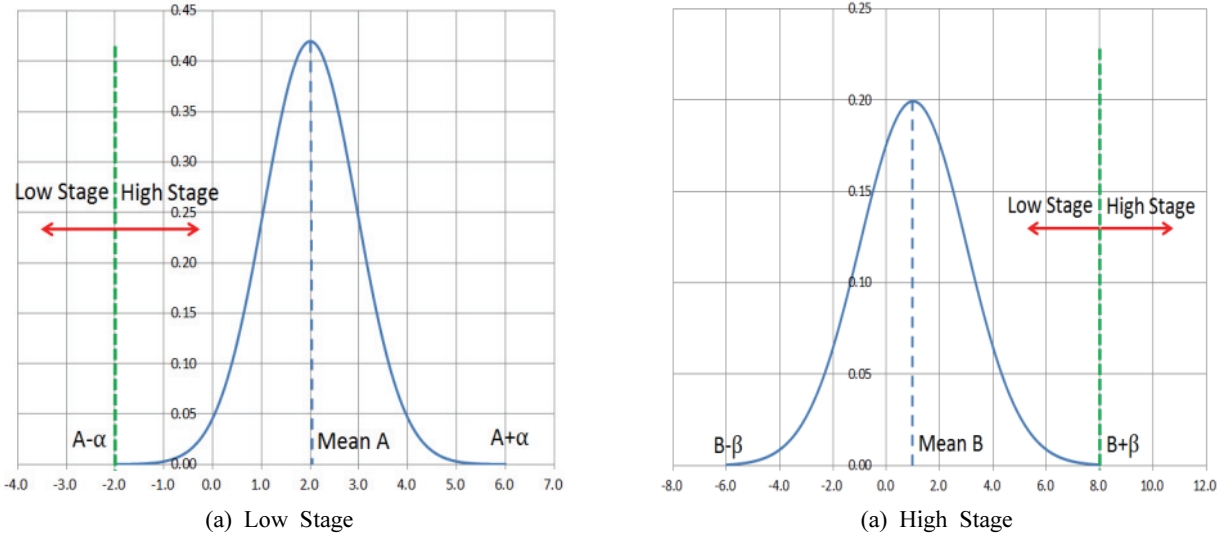
Fig. 1. Case Study (google map, 2018)

수위별로 구축된 수위-유량 곡선을 단순화하기 위해서 본 연구에서 최상류에 위치한 원통 지역에서의 하천유량을 기초자료로 활용하였다. Table 1에서 보듯이 7~9월에 강우가 집중되어 3개월간 하천유량 평균값은  $32.3 \text{ m}^3/\text{sec}$  이고 나머지 9개월의 하천유량 평균값은  $5.7 \text{ m}^3/\text{sec}$ 으로 약 5.6배의 하천유량이 존재한다. 따라서 월평균 하천유량 자료를 바탕으로 7~9월을 우기로 1~6월, 10~12월을 평수기로 가정하여 연구를 진행하였다.

Fig. 2(a)와 같이 확률분포 그래프에서 99% 신뢰도의 경우 각각 저수위 및 고수위의 평균이 A와 B, 표준편차인  $\sigma$ 와  $\beta$ 로 할 때, 저수위일 경우  $A-\sigma$ 를 기준으로  $A-\sigma$ 보다 작으면 저수위로  $A-\sigma$ 보다 크면 고수위로 가정하였다. 또한, Fig. 2(b)에서 고수위일 경우  $B+\beta$ 의 값을 기준으로  $B+\beta$ 보다 작으면 저수위  $B+\beta$ 보다 크면 고수위로 가정하였다. 본 가정을 바탕으로 저수위일 때와 고수위일 때의 확률분포 그래프

**Table 1.** Monthly Average Streamflow at WonTong Gage Station

Month	1	2	3	4	5	6
Average Streamflow( $m^3/s$ )	3.81	4.88	4.62	8.46	8.26	8.46
Month	7	8	9	10	11	12
Average Streamflow( $m^3/s$ )	45.07	31.97	19.82	4.94	4.57	3.74



**Fig. 2.** Low Stage and High Stage Probability Distribution Graph Example

를 작성하고 두 개의 그래프를 비교하였다. 본 연구에서 10년간의 자료(2006년~2015년)로 연구를 진행한 결과 0.88mm를 기준으로 저수위 및 고수위를 나누었다. 이후, 기존의 수위-유량 곡선을 이용하여 산정된 유량 자료에 대한 회귀곡선을 도출하였다. 저수위 및 고수위에 대한 상관계수는 각각 0.9345 및 0.9851을 보여주었다.

$$Y_1 = 50.089X^2 - 8.2556X - 1.8584 \quad (1)$$

$$Y_2 = 62.44X^2 - 34.565X + 4.5141 \quad (2)$$

여기서,  $Y_1$ : 고수위일 때 유량;  $Y_2$ : 저수위일 때 유량;  
 $X$ : 수위

하지만, 본 연구결과 수위가 매우 낮은 저수위일 경우에는 실제 평균 유량값과 산정된 공식으로 구한 유량값은 약 40%~80%로 기존의 유량평균보다 작았다. 이에 따라 본 연구 초기단계에서 가정했던 고수위 및 저수위 2단계의 기준을 고수위, 평수위 및 저수위의 3단계로 결정하여 연구를 수행하였으며, 낮은 수위 중에서 평균값이 40%~80%인 값들은 확률분포곡선을 통하여 0.43m이하의 저수위로 가정하였다. 위 가정을 통해 기존 저수위 일 때 약 40~80%의 낮은 평균값을 가진 수위-유량곡선이 약 80%~116%로 평균

값을 도출할 수 있었다.

고수위, 평수위, 및 저수위 구역의 수위값을 바탕으로 Fig. 3과 같이 수위-유량 자료를 분석하였다. 분석결과 회귀식으로 구한 수위값과 기존의 수위값을 비교하였을 때 기존의 연구로 구한  $R^2$ 이 고수위일 때 0.9701, 평수위일 때 0.9612, 저수위일 때 0.634로 양호한 상관관계를 보여주었다. Figs. 3의 (a) and (b)에서 제시된 회귀식이 수위에 따른 관측 유량값의 패턴을 잘 보여주지만 (c)의 경우는 작은 수위값으로 대부분의 수위가 분포되어 있는 0.3-0.4 m 구간의 패턴을 따르지 않는 것으로 보인다. 모의유량값 및 실제 유량값을 비교 하였을 때 실유량값/공식유량값의 비교값이 저수위시(105.83%) 평수위시(99.76%) 고수위시(110.02%) 총평균(101.16%) 로 양호한 상관관계를 가짐을 보여 주었다.

$$Y_1 = 30.989X^2 + 53.415X - 54.029 \quad (3)$$

$$Y_2 = 71.506X^2 - 57.974X + 10.879 \quad (4)$$

$$Y_3 = 0.1272e^{5.0285X} \quad (5)$$

여기서,  $Y_1$ : 고수위일 때 유량;  $Y_2$ : 평수위일 때 유량;  
 $Y_3$ : 저수위일 때 유량;  $X$ : 수위

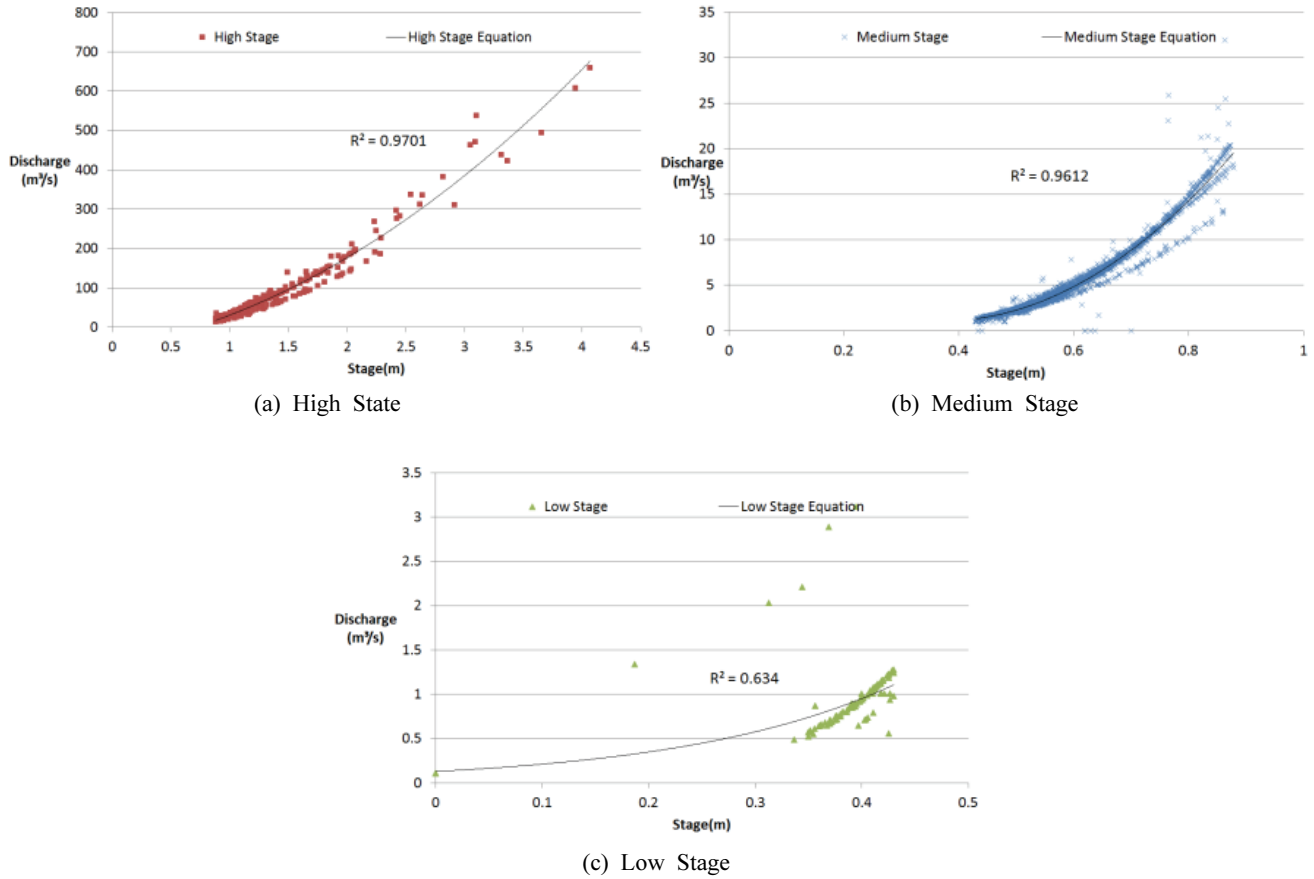


Fig. 3. Stage-Discharge Curve Corresponding to Each Stage

### 3. 모의 결과 및 분석

Fig. 4에서 보듯이 CP1인 원통과 CP2 내린천이 합류하여 CP3 양구로 흘러가고 CP4인 소양강댐에서 저장되며 하류에 위치한 CP5 천전으로 유량을 방류하고 있다. WRAP 모델 입력 자료로서 강수량, 증발량, 유량 및 수리권 등은 국가수자원 관리종합정보시스템(Water Information Management System, WAMIS)에서 소양강댐 방류량의 경우 한국수문조사연보에서 획득하였다. 여기서 강수량 및 증발량은 인제 및 춘천의 관측소의 자료가 활용되었으며, 양구지역의 유량자료가 존재하지 않고 수위-유량 곡선이 없으므로 상류지역인 CP1 원통지역과 CP2 내린천 하천유량의 합산된 값을 사용하였다. CP5 천전 지역의 유량값 또한 존재하지 않고 수위-유량 곡선이 없는 관계로 CP4 소양강댐의 방류량을 CP5의 하천유량으로 가정하였다. Table 2에서는 보듯이 총  $1,213 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{년}$  용수공급 계획량이 고려되었으며 이 중 생공용수 공급계획량은  $1,200 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{년}$ 이며 관개 용수공급계획량은  $13 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{년}$ 이다(Kim and Kim, 2016).

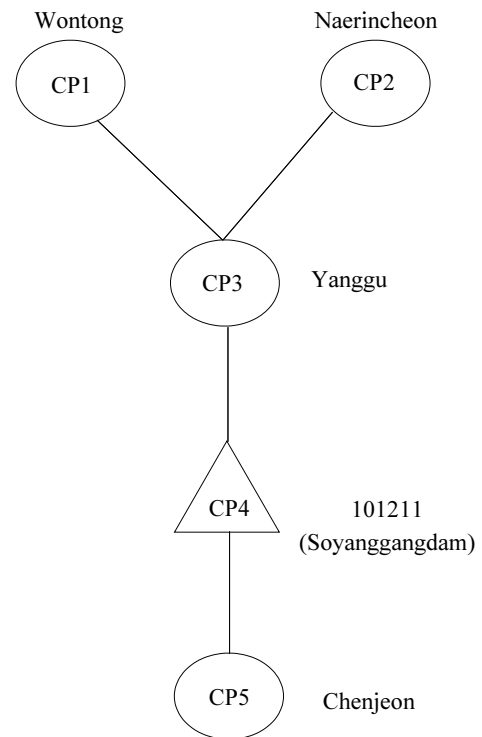


Fig. 4. Control Points Schematic

**Table 2.** Water Rights Information for Upstream and Downstream Basin at Soyang Dam

Location	Water Rights	Permitted Date	Diversion (m <sup>3</sup> /day)
Naerichun	Agricultural Use	1989.04.24	16,761
Naerichun	Agricultural Use	2005.01.01	13,685
Naerichun	Municipal Use	2008.05.01	23
Yanggugyo Station	Industrial Use	2007.07.30.*	12,096
Yanggugyo Station	Agricultural Use	2008.05.01	123,098
Yanggugyo Station	Industrial Use	2007.07.30*	12,960
Yanggugyo Station	Agricultural Use	1999.06.30	123,098
Chenjeon	Agricultural Use	2006.05.07	54,000
Chenjeon	Agricultural Use	1998.05.06	1,064
Chenjeon	Agricultural Use	2000.04.01	80,747
Chenjeon	Agricultural Use	2006.07.11	1,569

\*: Industrial use at Yanggu station utilizes same permitted data  
 Source: Kim and Kim (2016)

Table 3은 다양한 모의 기간에 대한 용적 및 기간 신뢰도 모의결과를 보여주고 있다. CP1 원통지역은 하천유량이 산정되었으나 수리권이 존재하지 않으며 CP2 내리천 및 CP3 소양강댐의 경우 수리권은 본 연구에서 최우선 순위로 가정되어 모의되었기 때문에 용적 및 기간 신뢰도가 모든

경우에 대해 100%로 산정되었다. 하지만, 양구 및 천진의 수리권 신뢰도는 모의기간에 따라 상이한 값을 보여 주었다. 양구의 경우 용적 및 기간 신뢰도 100%를 보여준 경우는 모의기간에 2014년 및 2015년이 포함되지 않은 총 21개의 모의기간에서 나타났으며 13개의 모의기간에는 100% 미만

**Table 3.** Simulation Results at Yanggu and Chenjeon Stations

Order	Period (Years)	Yanggu		Chenjeon		Order	Period (Years)	Yanggu		Chenjeon	
		Reliability (%)						Reliability (%)			
		Volume	Period	Volume	Period			Volume	Period	Volume	Period
1	2006-2015	98.33	99.10	84.17	75.06	6-4	2009-2013	100.00	100.00	90.00	81.98
2-1	2006-2014	99.07	99.70	87.96	79.37	6-5	2010-2014	98.33	99.46	85.00	75.40
2-2	2007-2015	98.15	99.00	83.33	73.16	6-6	2011-2015	96.67	98.21	80.00	69.70
3-1	2006-2013	100.00	100.00	88.54	80.10	7-1	2006-2009	100.00	100.00	91.67	84.32
3-2	2007-2014	98.96	99.66	87.50	77.09	7-2	2007-2010	100.00	100.00	87.58	78.30
3-3	2008-2015	97.92	98.88	82.29	72.31	7-3	2008-2011	100.00	100.00	89.58	82.50
4-1	2006-2012	100.00	100.00	88.10	80.13	7-4	2009-2012	100.00	100.00	85.42	75.88
4-2	2007-2013	100.00	100.00	88.10	77.60	7-5	2010-2013	100.00	100.00	85.42	75.88
4-3	2008-2014	98.81	99.61	86.90	76.69	7-6	2011-2014	97.92	99.28	87.50	76.70
4-4	2009-2015	97.62	98.72	80.95	71.23	7-7	2012-2015	95.83	97.76	75.00	62.12
5-1	2006-2011	100.00	100.00	90.28	84.58	8-1	2006-2008	100.00	100.00	86.11	73.93
5-2	2007-2012	100.00	100.00	87.50	77.22	8-2	2007-2009	100.00	100.00	88.89	73.97
5-3	2008-2013	100.00	100.00	87.50	77.22	8-3	2008-2010	100.00	100.00	88.89	77.77
5-4	2009-2014	98.61	99.55	86.11	76.15	8-4	2009-2011	100.00	100.00	88.89	83.37
5-5	2010-2015	97.22	98.51	79.17	69.78	8-5	2010-2012	100.00	100.00	83.33	74.53
6-1	2006-2010	100.00	100.00	86.67	75.04	8-6	2011-2013	100.00	100.00	88.89	77.77
6-2	2007-2011	100.00	100.00	88.33	78.42	8-7	2012-2014	97.22	99.04	83.33	68.93
6-3	2008-2012	100.00	100.00	90.00	82.16	8-8	2013-2015	94.44	97.08	75.00	65.03

**Table 4.** Reliability Results Computed by Using Gaged and Simulated Streamflow for 2006~2015 year Periods

Stations	Target Diversion (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /year)	Shortage		Reliability			
		Gaged (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /year)	Simulation (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /year)	Gaged		Simulated	
				Period (%)	Volume (%)	Period (%)	Volume (%)
Wontong	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
Naerincheno	11.11	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Yanggu	98.96	0.89	0.87	98.33	99.10	98.33	99.12
101211	1212.48	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Chenjeon	50.12	12.23	14.01	84.17	75.60	82.50	72.04
Total	1372.68	13.12	14.88	-	99.04	-	98.92

의 신뢰도를 보여주었다. 특히, 2014년보다 2015년도의 모의 기간이 포함되어 있을 경우에 보다 낮은 신뢰도 값을 보여주었다. 천진의 경우 모든 모의 기간에 대해서 100% 미만의 신뢰도 값을 보여주었으며 대부분의 경우에 모의기간이 짧고 2014년 또는 2015년이 모의기간에 포함되어 있을 경우 낮은 신뢰도 값을 보여주고 있다. 이를 통해 2014년 및 2015년에 가뭄이 발생할 것을 유추할 수 있다. 또한 모의 결과를 통해 모의기간에 따른 신뢰도값이 변화가 발생할 수 있으며 이에 따라 용적 및 기간 신뢰도의 정확성을 위해 보다 많은 수문학적 기간에 대한 모의가 필요하다고 할 수 있다. 그리고 모의기간에 따른 용적 및 기간 신뢰도의 변동성을 통해 하천유량의 변동성을 유추할 수 있다.

Table 4는 2006-2015년간의 실측유량 및 모의유량을 이용하여 산정된 신뢰도에 대한 비교결과이다. 내리천과 소양강 지점 수리권 신뢰도는 두 개의 하천유량에 대하여 100%의 값을 보여주었다. 양구의 경우 기간 신뢰도는 변화가 없었으나 용적 신뢰도는 0.02%의 차이를 보여주었으며 천진의 경우 기간 신뢰도는 1.67% 및 용적신뢰도는 3.56%의 차이를 보여주었다.

#### 4. 결 론

전 세계적 기후이상으로 인해 물 부족현상이 심화되고 있으며 국내의 경우 다양한 제약으로 인해 더 이상 수자원 관리를 위한 수자원 시설물을 건설 할 수 없는 상황에서 한정된 수자원의 효율적인 분배에 대한 요구가 증가하고 있다. 본 연구에서는 국내 수리권 연구를 위하여 하천/저수지 WRAP 모델의 입력값인 하천유량 구축 절차 간략화에 대한 연구를 수행하였다. 본 연구에서 중점적으로 고려된 하천유량 외에 WRAP의 입력값으로는 강수량, 증발량, 수리권에 대한 자료는 국가 수자원 종합 정보시스템 및 수문조사연보에서 수집하여 활용되었다.

본 연구에서는 소양강댐 상류 원통지역의 10년간의 수위 자료를 토대로 수위별 수위-유량곡선을 고수위, 평수위 및

저수위로 간략화 하였으며 각각의 구간에 대한 회귀곡선을 구축하였다. 구축된 회귀곡선을 이용하여 하천유량을 산정 하였으며 모의된 하천유량과 기존의 하천유량을 이용하여 수리권에 대한 신뢰도를 산정하였다. 모의 결과 총 용적 신뢰도 차이가 0.12%를 보여주었다. 본 연구를 통하여 소양 강댐을 포함한 다중 다목적 하천/저수지 시스템에 우선순위를 고려한 수자원의 분배를 위한 WRAP 모델 적용에 기여할 수 있을 것이다.

#### 감사의 글

본 연구는 2016년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2016R1D1 A1B03931396).

#### References

- Guyen, A., Aytek, A., Azamathulla, H. (2013). A practical approach to formulate stage-discharge relationship in natural rivers. *Neural Computing & Applications*, Vol. 23, No. 3/4, pp. 873-880.
- Kim, T.J., and Kim, J.H. (2016). Evaluation of the impact of priority order water rights on singel reservoir operation. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 16, No. 1, pp. 221-226.
- Kim, T.J., and Kim, T.G. (2017). Application of the water rights analysis package (WRAP) model through domestic data survey and analysis. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 17, No. 3, pp. 349-355.
- Koun, H.J., and Park, D.H. (2009). Comparative study on water rights (regional, riparian, and appropriation). *Proceedings of 2009 Annual Conference*, Korean Water Resources Association, pp. 354-361.
- Pan, F., Wang, C., and Xi, X. (2016). Constructing river

- stage-discharge rating curves using remotely sensed river cross-sectional inundation areas and river bathymetry. *Journal of Hydrology*, Vol. 540, pp. 670-687.
- Park, G.O. (2009). *A study on the introduction of reserved water rights to the dam basin residents: Focusing on the Paldang basin*. Ph.D. dissertation, Kangwon National University.
- Peña-Arancibia, J., Zhang, Y., Pagendam, D.E., Viney, N.R., Lerat, J., van Dijk, A., et al. (2015). Streamflow rating uncertainty: Characterisation and impacts on model calibration and performance. *Environmental Modelling & Software*, Vol. 63, pp. 32-44.
- Han, W.D. (1969). Issue and Revision in the River act. *Legislation* (Sep., 1969), (in Korean). Retrieved from <http://www.moleg.go.kr/knowledge/publication/monthlyPublicationSrch?mpbLegPstSeq=125238>
- Jang, S.K. (2011). *A study on the water rights in the public law*. Master's thesis, University of Seoul.
- Google maps. (2018). *Soyanggang Dam*. Retrieved from <https://www.google.co.kr/maps/place-/Sokcho-si,+Gangwon-do/@38.0190323,127.9565826,11.14z/data=!4m5!3m4!1s0x5fd8bcf47b703db1:0x7af4c058b4253fc8!8m2!3d38.2070148!4d128.5918489>
- Sellami, H., La Jeunesse, I., Benabdallah, S., and Vanclooster, M. (2013). Parameter and rating curve uncertainty propagation analysis of the SWAT model for two small mediterranean catchments. *Hydrological Sciences Journal*, Vol. 58, No. 8, pp. 1635-1657.
- Shao, Q., Dutta, D., Karim, F., and Petheram, C. (2018). A method for extending stage-discharge relationships using a hydrodynamic model and quantifying the associated uncertainty. *Journal of Hydrology*, Vol. 556, pp. 154-172.
- Wikipedia. (2018). *Soyanggang Dam*. Retrieved May, 2018, from <https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%86%8C%EC%96%91%EA%B0%95-%EB%8C%90>
- Wurbs, R.A. (2015a). *Water Right Analysis Package (WRAP) Modeling System Reference Manual*. Technical Report 255, Texas Water Resources Institute, College Station, TX.
- Wurbs, R.A. (2015b). *Water Right Analysis Package (WRAP) Modeling System Users Manual*, Technical Report 256, Texas Water Resources Institute, College Station, TX.

---

<i>Received</i>	March 21, 2018
<i>Revised</i>	March 22, 2018
<i>Accepted</i>	April 9, 2018