

ORIGINAL ARTICLE

용수공급 변화에 따른 병렬저수지 용수공급 능력 해석

박재민 · 박기범*

경일대학교 스마트 인프라 대학 건축토목공학과

Analysis of Parallel Reservoir Water Supply Capacity According to Water Supply Changes

Jea Min Park, Ki bum Park*

Department of Architectural and Civil Engineering of Kyungil University, Gyeongsan 38428, Korea

Abstract

In this study, the water supply reliability of the andong and Imha dam was analyzed using inflow data for 360 months from 1993 to 2022 through allocation model. First, in the analysis results of additional water supply to Deagu city, the water supply reliability of Rule (B) was the highest at 86% for andong dam, 84% for imha dam, and 80% for the control point. However, when the planned supply was supplied, the analysis results showed 94%, 93%, and 90%. Next, in the quantitative reliability analysis results, when considering additional water supply to Deagu city, Rule (A), Rule (B), and Rule (C) were analyzed as 88%, 88%, and 88%, respectively, based on the control point. When supplying the planned water supply, the quantitative reliability analysis results were 95% equally based on Rule (A), Rule (B), and Rule (C). Because of evaluating the two reliability methods, the number of shortages increases significantly when additional water is supplied to Daegu City, but the shortage is generally 5-7%, resulting in a relatively small shortage compared with the increase in the number of shortages. In the case of resilience and vulnerability, additional water supply to Daegu City takes more than two months to restore than the existing planned water supply, and the average shortage was calculated to be smaller than that of supplying the planned water. According to the results of the analysis, Andong dam has an average water storage of 130x106 m³ and Imha dam has 50x106 m³. In this deficient water supply can be compensated by water from the Nakdong river.

Key words : Water supply, Allocation rule, Parallel reservoir, Reliability

1. 서 론

수자원의 안정적 확보와 물의 안전한 이용은 기후변화에 의해 강수의 예측이 점점 어려워지는 현재사회에 더욱 중요한 이슈가 되고 있다. 특히 산업의 발달, 생활수준의 향상 등으로 인해 깨끗한 물을 안정적으로 공급

하고자 하는 지자체의 요구는 지역간 갈등과 사회적 문제로도 이슈가 되고 있으며, 우리나라 국토안에서도 수자원의 불균형으로 인한 지역간 갈등은 계속되고 있는 실정이다.

기존의 저수지에서의 용수공급 능력 해석은 저수지를 건설할 당시 이수용량을 결정하기 위해 하류지역의 용수

Received 7 August, 2023; Revised 8 October, 2023;

Accepted 16 October, 2023

*Corresponding author : Ki bum Park, Department of Architectural and Civil Engineering of Kyungil University, Gyeongsan 38428, Korea

Phone : +82-53-600-5422

E-mail : pkb5032@naver.com

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

수요를 반영하여 충분한 용수를 공급할 수 있도록 이수 용량을 결정한다. 그러나 하류지역의 용수공급의 여건 변화로 인한 용수공급량이 감소하거나 증가할 경우 이에 대한 용수공급 능력에 대한 해석이 새롭게 필요하다.

저수지의 용수공급 능력과 신뢰도 해석에 관련된 국내의 선행연구는 많이 진행되었으며, 기후변화에 의해 강수의 변화와 하류지역의 용수공급량의 변화로 인해 꾸준히 진행되고 있다(Cha et al., 2002; Cha and Park, 2004; Park, 2005; Park et al., 2007; Lee et al., 2012). 저수지의 용수공급능력 해석에 있어 신뢰도기준을 양적, 빈도기준 신뢰도를 다양한 분석기간을 통해 분석하여 용수공급능력을 평가하고, 기존의 연간 빈도 기준의 용수공급능력 해석에 있어 문제점을 제시하였다. Lee and Kim(2002)는 가변제한 수위를 기준으로 홍수기 저수지 운영을 하고 용수공급이 가능한 운영방안을 앙상블 예측기법을 통해 연구한 바 있다. Kang and Park(2005)는 섬진강의 저수지 최적운영을 통해 추가적으로 공급가능한 저수지 수위와 용수공급량을 설정하였다.

Kim et al.(2008)은 갈수기 물 부족으로 인해 수질이 악화되는 문제를 방지하기 위하여 한강유역 저수지에서 각각 공급가능한 경우와 동시에 공급가능한 유하량을 검토하여 동시에 공급할 경우 50%이상 증가하는 결과를 제시하였다. Lee and Yi(2012)는 용수부족 발생을 대비하여 다목적 댐의 저수용량을 비상용수원으로 활용하는 방안을 검토한 결과 임하, 대청, 합천 및 남강댐의 경우 가뭄에 취약한 것으로 분석되었다. Lee and Yi(2012)는 용수공급능력 평가 지표 중 용수부족 지표로서 평균 용수공급부족률과 최대 용수공급부족률을 이용하여 다목적 댐의 비상용수 공급 가능량을 평가한 바 있다. Lee(2014)는 한강과 낙동강, 금강 수계의 다목적 댐의 용수공급능력을 지속성과 취약성에 대해 평가하고 낙동강 유역의 댐들이 용수공급에 취약한 것으로 분석하였다. Ahn et al.(2016)은 기후변화에 따른 유입량 감소 등으로 인한 물 부족 상황에 대비하여 댐의 비상용량을 활용하여 용수공급을 평가한 바 있다. Jang and Kim(2016)은 낙동강의 추가적인 공급능력을 보완하기 위해 댐과 보를 연계하여 총 공급량을 관리하는 것에 대한 필요성을 제시하였다.

Yu et al.(2018)은 가뭄기간의 용수공급의 이수안전도를 평가하기 위해 다목적댐에 대해 이변량 가뭄빈도 분석을 실시하고 계절별 용수공급능력 해석을 한 결과

7-9월은 태풍 등 여름기간의 강수로 인해 물 공급이 충분한 것을 확인하였으며, 3개월 지속기간에 대한 가뭄은 유입량만으로도 용수공급이 가능하나 안동댐과 섬진강 댐을 제외하고 5-10년 빈도의 가뭄에 견딜 수 있는 것으로 분석되었다. Choi et al.(2020)은 한강수계 저수지 시스템의 안정적인 용수공급을 위해 부족분 공급방식을 저수지 운영에 적용하여 기간신뢰도, 양적신뢰도, 회복도, 취약도를 평가한 결과 기간신뢰도는 30%이상 증가하고 양적신뢰도는 4% 증가하는 결과를 얻었다. Sung et al.(2022)는 댐이 용수공급 안정성 평가를 위해 분석기간을 일, 반순, 순, 월, 년 단위로 다양한 기간으로 분석하여 신뢰도를 평가하고 회복도, 취약도, 수자원이용률, 비 유입량, 비 공급량 등의 보조지표를 제시하고, 통합보조지표를 개발하고 등급으로 구분하여 제시하였다.

저수지의 물을 이용하는 것이 하천수에서 취수하여 용수를 공급하는 것보다 안정적인 용수공급 방안을 위해서는 적어도 낙동강 유역에서는 높은 신뢰도를 확보할 수 있는 것이 사실이다.

많은 선행연구에서 용수공급의 안정성을 평가하는 방법으로 신뢰도 지표를 이용하였으며, 양적신뢰도와 빈도기준 신뢰도가 다소 차이를 보여준다는 결과를 입증한 바 있다(Cha et al., 2002; Cha and Park, 2004; Park, 2005; Park et al., 2007; Lee et al., 2012; Lee and Yi, 2014; Lee et al., 2022).

낙동강의 물 문제 중 최고의 이슈 중 하나인 대구 취수원 이전 문제는 10여년 이상 대구 취수원의 다변화를 위한 정부와 지자체 그리고 주민들간의 노력으로 해평취수장에서 30만 톤/일을 공급하는 방안으로 대구시와 구미시가 합의하였으나, 최근 대구시의 합의 파기와 안동댐-임하댐 연계를 통한 취수방안을 새로운 안으로 제시하였다. 이에 해평취수장에서 30만 톤/일 취수안은 잠정 중단되었으며, 대구시와 안동시는 안동댐과 임하댐을 연계하여 대구시에 30만 톤/일을 공급하는 방안을 이해 관계가 있는 지자체 별로 각자의 계획의 타당성을 증명하는 다양한 과업을 추진하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 낙동강 수계 용수공급의 가장 큰 이슈인 취수원 다변화로 인한 대구지역의 용수공급이 기존 낙동강 해평취수장에서 30만 톤/일 취수계획이 안동댐 임하댐의 연계운영에 따른 공급 대안이 제시되면서 안동댐과 임하댐의 연계방류에 따른 공급 가능성과 신뢰도를 평가하고자 한다.

용수공급안을 비교 검토하기 위하여 안동댐과 임하댐의 기존 용수공급량에서 추가적으로 대구지역에 일 30만 톤을 공급하는 방안과 기존 계획공급량을 공급하는 방안을 검토하였다. 먼저 1993년부터 2022년까지의 총 360개월에 대한 안동댐과 임하댐의 기존 용수공급계획량을 기준으로 평가하여 양적신뢰도와 빈도기준 신뢰도를 평가하고 일 30만 톤을 안동댐과 임하댐에 각각 50%씩 할당하여 용수공급 해석을 실시하여 평가하였다. 병렬저수지의 용수공급 해석 방법은 Revell (1999)가 제시하여 Park et al.(2007)이 낙동강 유역에 용수공급능력 해석을 적용한 바 있는 Allocation rule을 이용하여 분석하였다.

2. 연구방법

2.1. 기본이론

본 연구에 적용된 병렬저수지 용수공급 해석을 위한 이론은 Revell(1999)가 제안하였으나, 국내 적용에 Park et al.(2007)이 국내 저수지 여건에 맞게 변형한 모형을 적용하였다. 안동댐과 임하댐과 같이 병렬로 구성된 저수지 시스템의 경우 하류지역의 용수공급을 최소화하기 위해서는 각각의 계획용수공급량을 공급하는 방안과 저수지의 용량과 유역면적에 따른 유입량 그리고 계획용수공급량의 크기 등을 고려하여 서로 부족한 부분을 보완해 주는 할당모형의 적용이 효율적이다.

Rule(A)는 각 댐의 저수량만을 고려하여 할당배분계수를 산정하는 방법이며, Rule(B)는 댐의 저류량과 유입량을 고려하여 배분하는 방법이다. 마지막으로 Rule(C)는 댐의 저류량과 유입량의 합을 총 저수용량으로 나누어 할당 배분계수를 정하여 용수공급량에 적용하는 방법이다.

$$Rule(A) x_A = \left[\frac{S_{i(t-1)}}{\sum_{i=1}^2 S_{i(t-1)}} \right] \times D_i \quad (1)$$

$$= AC_i \times D_i, i = 1, 2$$

$$Rule(B) x_B = \left[\frac{S_{i(t-1)} + I_p}{\sum_i S_{i(t-1)} + I_p} \right] \times D_i \quad (2)$$

$$= AB_i \times D_i, i = 1, 2$$

$$Rule(C) x_C = \left[\frac{(s_i + I_p)/c_n}{\sum_{i=1}^2 (s_{i(t-1)} + I_p)/c_n} \right] \times D_i \quad (3)$$

$$= AC_i \times D_i, i = 1, 2$$

여기서 x_A, x_B, x_C 는 각 Rule에 따른 안동댐과 임하댐의 t월의 용수공급량이다. s_i 는 t월 말의 저수지 i

Table 1. Classification of AndongDam and Imha Dam

Classification	Andong dam	Imha dam
Initial conditions	Normal pool storage	Normal pool storage
Lower constraints	Dead storage	Dead storage
Upper constraints	Normal pool storage	Normal pool storage
Constraints	Outflow > 0 ADD(t)=ADPD(t) for t=7,8,9month	Outflow > 0 IHD(t)=IHPD(t) for t=7,8,9month
	1) Storage conditions IF Normal pool storage < Storage(t) THEN Outflow = Storage(t) - Normal pool storage ENDIF 2) Outflow conditions IF ADS(t) + AD(t) - ADPD(t) - ADSD > 0 AND IHS(t) + IH(t) - IHPD(t) - IHSD > 0 THEN ADD(t) = ADPD(t) IF NOT ADD(t) = (AD(t) + IH(t)) AC(t) ENDIF	1) Storage conditions IF Normal pool storage < Storage(t) THEN Outflow = Storage(t) - Normal pool storage ENDIF 2) Outflow conditions IF IHS(t) + IH(t) - IHPD(t) - IHSD > 0 AND ADS(t) + AD(t) - ADPD(t) - ADSD > 0 THEN IHD(t) = IHPD(t) IF NOT IHD(t) = (AD(t) + IH(t)) (1-AC(t)) ENDIF
Outflow constraints		

Table 2. Andong dam and Im ha dam characteristics

Characteristics	Units	Andong dam	Imha dam
Dam crest level	EL. m	166.0	168.0
Highest water level	EL. m	163.9	165.8
Flood water level	EL. m	161.7	164.7
Normal high water level	EL. m	160.0	163.0
Flood limit level	EL. m	160.0	154.0
Low water level	EL. m	130.0	137.0
Project flood	m ³ /s	4,500(100yr)	4,600(200yr × 1.2)
P.M.F	m ³ /s	8,350	7,500
Water supply	10 ⁶ m ³	926	592
Normal high water level storage	10 ⁶ m ³	1,224	548

Table 3. Design water supply amount and Deagu water supply

Month	(Unit : m ³ /s)		
	Andong dam	Imha dam	Deagu water supply
1	23.4	8.5	3.47
2	23.4	8.5	3.47
3	23.4	8.5	3.47
4	24.3	8.6	3.47
5	37.2	9.0	3.47
6	52.8	9.7	3.47
7	44.0	9.4	3.47
8	53.7	9.8	3.47
9	39.9	9.2	3.47
10	25.5	8.6	3.47
11	23.4	8.5	3.47
12	22.5	8.5	3.47

의 저류량, s_{t-1} 은 저수지 i 의 전월 저류량, $I_{p,ti}$ 는 t 월의 저수지 i 의 유입량, c_{ni} 은 저수지의 i 의 총저류용량이다. D_i 는 각월의 계획 공급량이다.

분석을 위한 조건은 위 식(1)-(3)까지 각각의 t 월에 계산된 할당배분계수를 안동댐과 임하댐의 용수공급량에 곱하여 공급하도록 하는 것으로 하였다. 홍수기인 7월-9월은 계획용수공급량을 전량 공급하는 것으로 설정하였다, 그리고 초기조건은 만수위 조건으로 하였으며, 하한 조건은 저수위기준의 저류량으로 상한 조건은 만수위의 저류용량으로 하였다.

그리고 용수공급 조건은 만수위이상은 방류되도록

하였으며, 방류량은 항상 0보다 크게 설정하였으며, t 월의 저류량과 유입량의 합이 안동댐의 하한 저류량과 계획공급량의 합의 차이가 0보다 크고 임하댐의 저류상태가 안동댐의 상태와 동일하다면 계획방류량을 공급하고 0보다 적을 경우 안동댐 유입량과 임하댐의 유입량의 합에 할당배분계수를 곱하여 공급하는 것으로 설정하였다.

여기서 ADPD, IHPD는 안동댐과 임하댐이 계획용수공급량, ADSD, IHSD는 안동댐과 임하댐의 하한 저류량 조건이며, ADD, IHD는 실제 용수공급량, AC는 할당배분계수이다. Table 1은 본 연구에서 적용된 제약조건을 나타내었으며, Table 2는 안동댐과 임하댐의

수위와 제원을 나타내었다.

2.2. 용수공급 평가 지표

용수공급 능력을 평가하는 지표로는 일반적으로 신뢰도를 기준으로 평가를 한다 그러나 선행 연구에서 신뢰도 평가에서 빈도기준 신뢰도와 양적기준 신뢰도의 평가가 차이가 있으며, 분석기간에 따라서도 신뢰도가 차이가 있음을 제시한 바 있다.

빈도기준 신뢰도는 총 분석기간에 대한 부족횟수에 대한 평가이며, 양적 기준 신뢰도는 분석기간에 대한 부족량의 비에 대한 신뢰도 평가이다. 또한 용수공급의 부족에 대한 신뢰도 평가를 보완하기 위하여 용수공급 부족 발생 후에 정상상태로 되돌아오는 기간에 대한 평가 지표가 복원도 이다. 마지막으로 부족이 발생할 경우 부족량에 대한 크기에 대한 평가를 하기 위한 지표가 취약도 지표이다. 본 연구에서는 안동댐과 임하댐을 연계한 용수공급량의 능력 평가를 분석기간을 월별로 하여 빈도 기준 신뢰도, 양적기준 신뢰도, 복원도, 취약도를 검토하였다. Table 3은 안동댐과 임하댐의 기존계획용수공급량(m³/s)과 대구시에 공급해야 되는 일 30만 톤에 대한 유량이며, 신뢰도 해석에 적용하는 것은 분석단위가 월 단위 이므로 월별 공급량으로 변환하여 적용하였다.

본 연구의 과정을 요약 하면 다음 Fig. 1.과 같다.

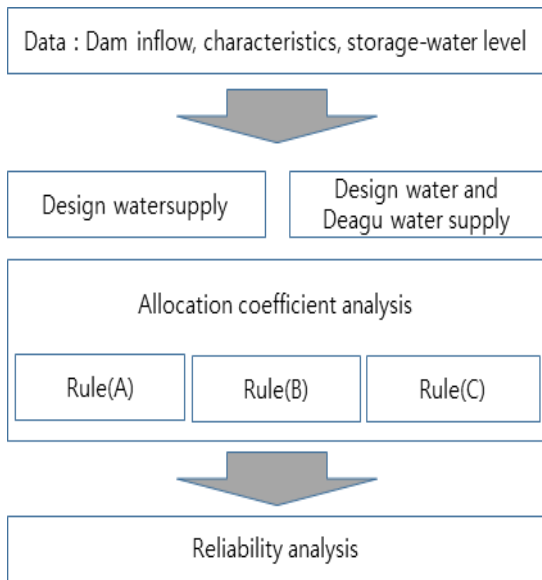


Fig. 1. Process of this study.

3. 연구결과

안동댐과 임하댐의 용수공급능력 분석을 위해 최근 30년간 유입량 자료를 이용하였으며 분석기간은 1993년부터 2022년 까지 기존의 계획 용수공급량에 대한 평가를 실시하였으며, 대구시에 일 30만 톤을 추가적으로 공급하는 안에 대해 분석하여 비교하였다. 먼저 Table 4~Table 5는 대구시에 일 30만 톤을 공급하는 안으로 기존 안동댐과 임하댐의 계획용수공급량에 추가적으로 공급할 경우 신뢰도 분석결과이다. Table 6~Table 7은 기존의 계획용수공급량을 공급하는 경우의 신뢰도 평가 결과를 나타내었다.

먼저, 안동댐과 임하댐의 계획 용수공급량에 추가적으로 대구에 용수공급을 할 경우 안동댐과 임하댐 분석결과에서 댐의 저류량과 유입량의 비를 고려하여 공급하는 Rule(B)의 분석결과에서 안동댐의 부족횟수가 50개월로 가장 많이 발생하였으며, 조절점의 부족횟수는 댐의 저류량과 유입량의 합을 총 저류량으로 나누는 비율로 하는 Rule(C)가 가장 많은 부족횟수인 79개월이 부족한 것으로 나타났다.

빈도 기준신뢰도는 Rule(B)가 가장 높은 80%의 신뢰도를 나타내고 있으나, 양적신뢰도의 경우 모두 신뢰도가 비슷하게 나타났다. 그러나 용수부족이 발생했을 경우 정상상태로 복원되는 복원도의 경우 조절점 기준으로 Rule(A)가 가장 빨리 정상적으로 회복되는 것으로 나타났으며, 부족이 발생했을 경우 부족의 크기를 나타내는 취약도의 경우 Rule(C)가 가장 낮게 나타나 용수공급의 부족이 발생했을 경우 가장 작은 영향을 미치는 것으로 나타났다.

다음으로, 안동댐과 임하댐의 계획 용수공급량만 공급을 할 경우 안동댐과 임하댐 분석결과에서 댐의 저류량과 유입량의 비를 고려하여 공급하는 Rule(B)의 분석결과에서 안동댐의 부족횟수가 23개월로 가장 많이 발생하였으며, 조절점의 부족횟수는 댐의 저류량만을 고려하는 Rule(A)가 가장 많은 부족횟수인 39개월이 부족한 것으로 나타났다. 빈도 기준신뢰도는 Rule(B)가 가장 높은 90%의 신뢰도를 나타내고 있으나, 양적신뢰도의 경우 모두 신뢰도가 비슷하게 나타났다.

그러나 용수부족이 발생했을 경우 정상상태로 복원되는 복원도의 경우 조절점 기준으로 Rule(C)가 가장 빨리 정상적으로 회복되는 것으로 나타났으며, 부족이

Table 4. Comparison water supply analysis by allocation rule considering Deagu water supply

Characteristics		Rule A	Rule B	Rule C
Water supply deficits No.	Andong	48	50	47
	Imha	58	59	68
	Control point	77	72	79
Water supply deficits amounts (10 ⁶ m ³)	Andong	3,273.06	3,274.06	3,298.99
	Imha	2,556.55	2,560.55	2,474.96
	Control point	5,829.61	5,834.62	5,773.95
Average storage (10 ⁶ m ³ /month)	Andong	568.22	573.52	575.58
	Imha	250.02	251.28	241.32

Table 5. Comparison reliability index by allocation rule considering Deagu water supply

Characteristics		Rule A	Rule B	Rule C
Frequency (%)	Andong	87	86	87
	Imha	84	84	81
	Control point	79	80	78
Quantity (%)	Andong	90	90	89
	Imha	86	86	86
	Control point	88	88	88
Resiliency	Andong	0.34	0.34	0.43
	Imha	0.30	0.31	0.34
	Control point	0.23	0.26	0.32
Vulnerability	Andong	3.29	3.22	0.53
	Imha	1.41	1.32	2.37
	Control point	11.88	10.89	3.59
Average water supply in deficits (10 ⁶ m ³)	Andong	24.65	23.20	4.04
	Imha	8.75	8.08	12.57
	Control point	55.56	54.45	16.36

발생했을 경우 부족의 크기를 나타내는 취약도의 경우 Rule(C)가 가장 낮게 나타나 용수공급의 부족이 발생했을 경우 가장 작은 영향을 미치는 것으로 나타났다.

안동댐과 임하댐의 병렬저수지에 대한 할당배분계수를 적용하는 방안으로 대구시에 추가적으로 용수공급을 하는 방안과 기존 계획용수공급량을 공급하는 방안을 비교한 결과 대구시에 추가적으로 용수공급을 일 30만톤 할 경우 빈도 기준신뢰도에서는 신뢰도가 Rule(B)의 경우 조절점 기준으로 11%가 감소하는 것으로 나타났으며, 양적 기준신뢰도의 경우 조절점을 기준으로 7% 감소하나 안동댐의 경우 5%, 임하댐은

8%가 감소하는 것으로 분석되어 안동댐보다는 임하댐이 용수공급에 부담이 증가되는 것으로 판단된다. 용수공급량의 부족 발생량이 대구시에 용수공급을 추가로 할 경우 Fig. 2에 나타난 바와 같이 계획용수공급량을 그대로 공급하는 방안보다 238~303% 증가하지만, Fig.3.에 나타난 바와 같이 평균지류량은 79~82%정도 감소하는 것으로 분석되었다.

복원도의 경우 대구시에 추가로 용수공급할 경우 Rule(A)가 0.23~0.34로 나타났으며, 계획 용수공급량을 공급할 경우 Rule(C)에서 0.39~0.50로 분석되었다. 취약도의 경우 Rule(C)의 경우가 0.53~3.59로 가

Table 6. Comparison water supply analysis by allocation rule, only considering design water supply

Characteristics		Rule A	Rule B	Rule C
Water supply deficits No.	Andong	22	23	22
	Imha	25	25	27
	Control point	39	37	30
Water supply deficits amounts (10 ⁶ m ³)	Andong	1,337.82	1,374.05	1,378.25
	Imha	842.52	876.40	828.92
	Control point	2,180.34	2,250.44	2,207.16
Average storage (10 ⁶ m ³ /month)	Andong	703.11	710.34	705.93
	Imha	308.11	312.34	305.76

Table 7. Comparison reliability index by allocation rule, considering only design water supply

Characteristics		Rule A	Rule B	Rule C
Frequency (%)	Andong	94	94	94
	Imha	93	93	93
	Control point	89	90	89
Quantity (%)	Andong	95	95	95
	Imha	94	94	94
	Control point	95	95	95
Resiliency	Andong	0.43	0.48	0.50
	Imha	0.42	0.40	0.37
	Control point	0.40	0.43	0.39
Vulnerability	Andong	1.21	1.11	0.09
	Imha	0.58	0.37	0.71
	Control point	5.93	5.52	2.11
Average water supply in deficits (10 ⁶ m ³)	Andong	19.79	17.39	1.55
	Imha	8.37	5.33	9.75
	Control point	54.75	53.75	20.70

장 낮게 나타났으며, 계획 용수공급량을 공급할 경우 0.09~2.18로 분석되었다. 부족기간의 평균공급량 분석결과에서는 Rule(C)에서 안동댐과 임하댐은 대구시에 추가로 공급하는 경우보다 계획 공급량을 공급할 경우가 작게 나타났으나, 안동댐과 임하댐의 저류량과 유입량을 고려하여 할당하여 안동댐과 임하댐의 공급량을 합한 조절점의 경우는 계획 공급량을 공급하는 경우가 부족기간에 더 공급할 수 있는 것으로 나타났다. 대구시에 추가로 용수공급할 경우 안동댐은 4.04 10⁶m³, 임하댐은 12.57 10⁶m³, 조절점에서는 16.36 10⁶m³으로 분석되었으며, 계획 용수공급량을 공급할

경우 1.55 10⁶m³, 9.75 10⁶m³, 20.70 10⁶m³으로 분석되었다.

4. 결론

본 연구에서는 낙동강 물 문제의 주요 이슈사항인 취수원 이전에 관해 안동댐과 임하댐 병렬저수지의 연계운영을 할당 배분모형을 통해 대구시에 30만 톤/일 용수공급을 할 경우 1993년부터 2022년까지 총 360개월에 대한 기존의 댐 유입량 자료를 이용하여 용수공급의 신뢰도 분석을 실시하여 다음과 같은 결

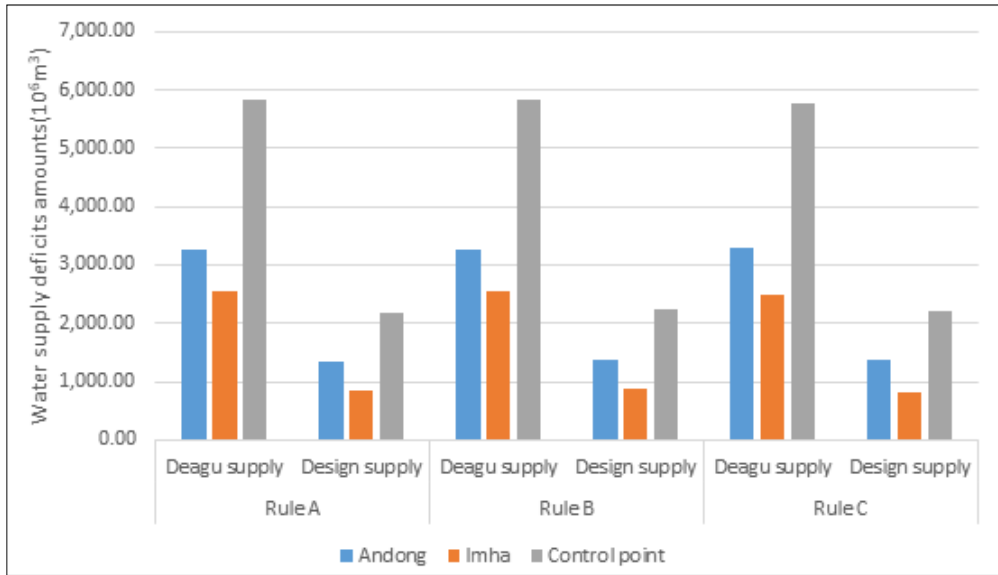


Fig. 2. Comparison of water supply deficit amount.

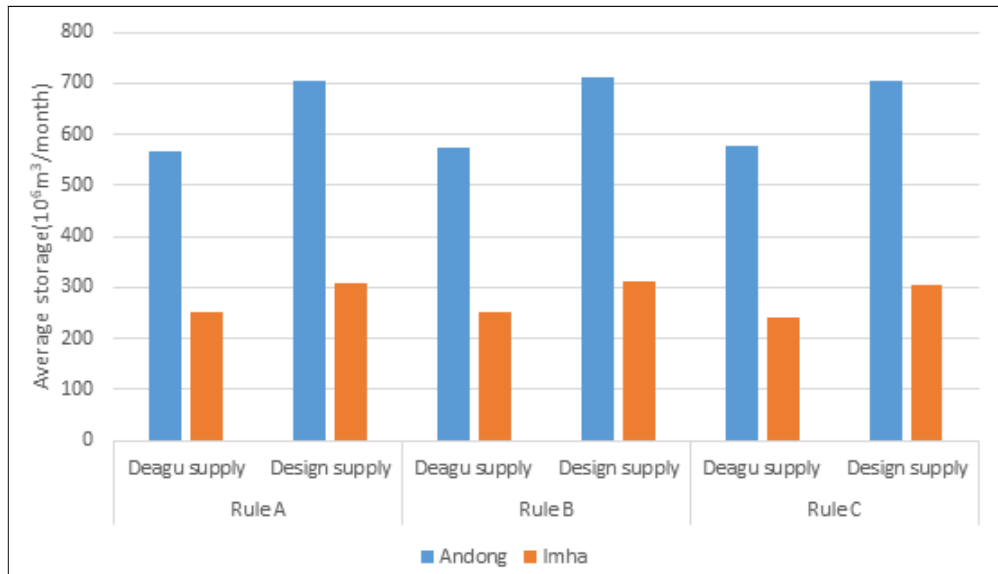


Fig. 3. Comparison of average storage.

문을 얻을 수 있었다.

먼저, 용수공급 신뢰도에서는 대구시에 추가적으로 용수공급을 할 경우 댐의 저류량과 유입량 상태만을 고려한 Rule(B)의 방법을 적용하는 것이 안동댐 86%,

임하댐 84%, 조절점 80%로 나타나 가장 높은 신뢰도를 나타내는 것으로 분석되었다. 그러나 계획 용수공급량을 공급하는 안은 94%, 93%, 90%로 나타나 기존 계획공급량을 공급하는 안과 비교할 경우 용수공급

의 신뢰도가 10% 정도 감소하는 부분에 대한 대책이 필요한 것으로 판단된다.

다음으로 양적기준 신뢰도의 경우 대구시에 용수공급을 추가로 할 경우 Rule(A), Rule(B)과 Rule(C)가 각각 90%, 86%, 88%로 미세하게 높게 나타났으며, 계획 용수공급량만을 공급할 경우 모든 방법에서 동일하게 95%, 94%, 95%로 분석되었다. 두 가지 신뢰도 방법을 평가한 결과 대구시에 추가로 용수를 공급할 경우 부족횟수에서는 많이 증가하지만 부족량은 전체적으로 5~7%정도의 부족이 발생하여 부족횟수 증가에 비해 부족량의 발생은 상대적으로 적게 발생하는 것으로 검토되었다.

복원도와 취약도의 경우 마찬가지로 대구시에 용수공급을 추가적으로 할 경우 기존 계획용수공급량을 공급하는 것보다 2개월 이상 복원되는 데 시간이 길어지며, 취약도는 크게 산정되었으며, 평균 부족량은 대구시에 용수공급을 추가로 할 경우 부족횟수가 크게 증가하는 반면 상대적으로 평균부족량의 크기는 차이가 적어 계획공급량을 공급하는 경우보다 작게 산정되었다. 그러나 평균저류량은 안동댐은 130 10⁶m³ 정도, 임하댐은 50 10⁶m³ 정도 감소되어 안동댐과 임하댐의 용수공급이 부족한 경우 낙동강 취수원 이용이나 다른 비상 취수원을 이용하여 용수공급 대안을 수립할 경우 충분한 신뢰도와 용수공급이 가능해질 것으로 판단되었다.

그러나 추후 대구시에 추가로 공급하는 안이 확정될 경우 낮아진 신뢰도를 보완할 수 있는 비상 용수원 혹은 낙동강 취수원의 활용방안 등을 고려하여 안정된 신뢰도를 유지할 수 있는 방안에 대한 연구가 추가적으로 이루어 질 경우 안동댐과 임하댐을 연계한 공급안의 적용성도 가능할 것으로 판단된다.

본 연구에서 분석한 안동댐과 임하댐을 연계하여 대구시에 용수공급을 추가적으로 할 경우 안동댐과 임하댐의 최적 배분율을 결정하고 신뢰도를 높일 수 있는 최적 용수공급 방안을 제시하는 하기 위해서는 안동댐과 임하댐의 대구시 용수공급량을 다양한 비율로 배분하고, 낙동강 취수량이 얼마나 필요한 지 분석이 추가적으로 필요한 것으로 나타나, 안동댐과 임하댐의 연계만으로 대구시에 추가용수공급을 충족시키는 방안을 제시하는 것에 한계가 있었으며, 후속 연구를 통해 최적 배분율을 설정하고 부족한 용수공급량에 대한 낙동강 하천수 취수필요량 등을 분석하는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

REFERENCES

- Ahn, J. H., Lee, Y. M., Yi, J. E., 2016, Improving the water yield capabilities using reservoir emergency storage and water supply adjustment standard, J. Korea water resources association, 49(12), 1027-1034.
- Cha, S. H., Jee, H. K., Lee, S. T., 2002, The analysis of water supply capacity using reliability criteria-for the Nakdong river basin- , J. Environ. sci. Int., 11(12), 1227-1233.
- Cha, S., H., Park, K. B., 2004, A Study on estimate of evaluation indices of water supply capacity for multipurpose dam, J. Environ. sci. Int., 13(3), 197-204.
- Choi, Y. J., Lee, E. K., Ji, J. W., Yi, J. E., 2020, Water yield evaluation of a reservoir system based on a deficit supply in the Han river basin, Journal of the Korean Society of Civil Engineers, 40(5), 477-484.
- Jang, C. H., Kim, Y. O., 2016, Improvement of water supply capability of the Nakdong river basin dams with weirs, Journal of the Korean Society of Civil Engineers, 36(4), 637-644.
- Kang, M. G., Park, S. W., 2005, Assesment of additional water supply capacity using a reservoir optimal model, J. Korea Water Resour. Assoc., 38(11), 937-946.
- Kim, Y. K., Choi, G. W., Ham, M. S., Kim, N. W., 2008, The analysis of potential discharge by dam in Han river basin at dry season, J. Korea Water Resour. Assoc., 41(11), 1143-1152.
- Lee, D. H., Choi, C. W., Yu, M. S., Yi, J. E., 2012, Reevaluation of multi-purpose reservoir yield, J. Korea Water Resour. Assoc., 45(4), 361-371.
- Lee, E. K., Lee, S. M., Ji, J. W., Yi, J. E., Jung, S. C., 2022, Estimating water supply capacity of hwacheon reservoir for multi-purpose utilization, J. Korea Water Resour. Assoc., 55(6), 437-446.
- Lee, G. M., 2014, Water supply performance assesment of multipurpose dams using sustainability index, J. Korea Water Resour. Assoc., 47(5), 411-420.
- Lee, G. M., Yi, J. E., 2014, Analysis of problems of water supply capacity determination in water resources systems, J. Korea Water Resour. Assoc., 47(4), 331-342.
- Lee, G. M., Yi, J. E., 2012, Analysis of emergency water supply effects of multipurpose dams using water shortage index, J. Korea Water Resour. Assoc., 45(11), 1143-1156.
- Lee, S. H., Kim, Y. O., 2002, Flood season reservoir operations considering water supply objective, J. Korea Water Resour. Assoc., 35(6), 639-649.
- Park, K. B., 2005, A Study of reliability index correlation

- analysis in reservoir water-supply, *J. Environ. sci. Int.*, 14(3), 289-296.
- Park, K. B., Jee, H. K., Lee, S. T., 2007, The capability analysis of water supply for the parallel reservoir system by allocation rules, *J. Korean Soc. Water Wastewater*, 21(2), 215-224.
- Revelle, C. S., 1999, *Optimizing reservoir resources including a new model for reservoir reliability*, John Willy & Sons Inc.
- Sung, J. Y., Kang, B. S., Kim, B. M., Noh, S. G., 2022, Development and application of integrated indicators for assessing the water resources performance of multi-purpose and water supply dams, *J. Korea Water Resour. Assoc.*, 55(9), 687-700.
- Yu, J. S., Choi, S. J., Kwon, H. H., Kim, T. W., 2018, Future water supply risk analysis using a joint drought management index in nakdong river basin, *J. Korea Water Resour. Assoc.*, 51(S-1), 1117-1126.
-
- Doctor's course. Jea-Min Park
Department of Architectural and Civil Engineering of
Kyungil University
parjjmm@naver.com
 - Professor. Ki-Bum Park
Department of Architectural and Civil Engineering of
Kyungil University
pkb5032@naver.com