

영주호 수질개선을 위한 효과적인 댐 운영계획 적용방안에 관한 연구

김지원* · 서동일*

충남대학교 환경공학과

A Study on the Application of Effective Dam Operation Plans for Water Quality Improvement of the Youngju Reservoir

Ji Won Kim* · Dong Il Seo**

*Department of Environmental Engineering, Chungnam National University

(Received : 09 September 2024, Revised : 09 September 2024, Accepted : 03 October 2024)

요약

영주댐은 현재, 갈수기의 낙동강 수질개선을 위한 환경개선용수 공급을 위해 갈수기 최대 방류 및 홍수기 이후 최소 방류 방안으로 운영되고 있으며, 이로 인해 여름철 강우시 유입된 비점오염물질로 인한 녹조현상 발생 등 수질관리에 있어 어려움을 겪고 있다. 본 연구의 목표는 영주댐 상류의 과밀화된 오염원에서 기인한 비점오염원의 댐 내 수질 영향을 저감하기 위하여, 동적 수리-수질모형을 통해 다양한 댐 운영 시나리오별 수질 모의결과 바탕으로 효율적인 댐 운영계획을 제안하는 것이다.

국내 다목적댐의 월별 댐운영계획은 대략적으로 1)일정량 방류형, 2)평수기 방류형, 3)홍수기 방류형, 4)갈수기 방류형의 4가지 형태로 운영되고 있다. 본 연구에서는, '21년 강우사상을 기준으로 영주댐의 기존 기본계획 방류를 포함한 4가지 방류 형태를 적용하여 방류시 영주호 내의 수질변화 여부에 대해 평가하였다. 수질모의 결과, 기존 기본계획 방류시 대비 홍수기 방류방식이 전반적으로 홍수기 강우로 인해 유입되는 비점오염원의 효과적인 하류 배제로 댐 내 조류 발생량 및 기간을 최소화함으로써, 댐 수질관리 부담을 줄일 수 있는 것으로 검토되었다. 따라서, 영주댐의 이수측면의 기능상 환경개선용수로서의 측면이 많은 점을 감안할 때, 홍수기 이후 단기적으로라도 방류량을 증대할 수 있는 방안을 모색할 필요가 있다.

핵심용어 : 환경개선용수, 월별 댐 운영계획, 비점오염원, 수리-수질모형

Abstract

The Youngju Dam is currently operated under a plan to supply environmental improvement water for the Nakdong River's water quality during low water periods, implementing maximum discharge during these periods and minimal discharge following flood events. As a result, the dam faces challenges in water quality management, particularly due to the occurrence of algal blooms caused by non-point source pollution from rainfall runoff during the summer. The aim of this study is to propose an efficient dam operation plan based on dynamic hydraulic and water quality modeling to mitigate the water quality impacts within the dam, stemming from the excessive pollution sources in the upstream area. The monthly operation plans for multi-purpose dams in South Korea generally fall into four categories: 1) uniform discharge type, 2) normal period discharge type, 3) flood period discharge type, and 4) low water period discharge type. This study evaluates the water quality changes in Youngju Dam under these four discharge types, including the existing basic plan discharge, using the rainfall events from 2021 as a reference. The results of the water quality simulation indicated that the flood period discharge method, compared to the existing basic plan, effectively minimized the occurrence and duration of algal blooms in the dam by promoting the downstream exclusion of non-point source pollutants introduced by flood period rainfall. Therefore, considering

*To whom correspondence should be addressed.

ChungNam National University, DaeJeon., Korea

School of Civil, Environmental and Architectural Engineering, Korea University, Seoul, Korea

E-mail : seodi@cnu.ac.kr

•Ji Won Kim ChungNam National University, DaeJeon, Korea/Ph.D. Candidate(doolavam@gmail.com)

•Dong IL Seo ChungNam National University, DaeJeon, Korea/Professor(seodi@cnu.ac.kr)

the dam's function as an environmental improvement water source, it is necessary to explore ways to increase discharge volume, at least temporarily, following flood events.

Key words : Environmental Improvement Water, Monthly Dam Operation Plan, Non-Point Source Pollution, Hydraulic-Water Quality Model

1. 서론

최근 영주댐은 유역내 오염원의 지속적인 증가와 기후변화로 인한 집중호우 등으로 인한 비점오염원 유입 등을 해결하기 위한 다양한 구조적 또는 비구조적인 대책이 필요한 실정이다. 영주댐의 경우, 갈수기 양호한 수질상태의 갈수기에 환경개선용수로써 내성천 및 낙동강으로 공급하고, 홍수기 이후 최소한의 하천유지용수를 공급하며 담수하는 방식으로 댐 기본계획을 수립하였다(MTMA and K-water, 2009).

그러나 당초 기본계획 수립시와 달리 영주댐 상류 유역의 오염원 증가 등의 영향으로 영주댐 수질은 환경영향평가지 예측한 1a등급을 유지하지 못하고 있는 실정이며, 하절기 녹조문제 등이 지속적으로 발생하는 등 수질이슈가 계속되고 있다.

그동안 정부에서는 유역의 비점오염대책 등 오염원 저감대책 등을 통해 댐 수질개선을 위한 노력을 하여왔으나, 이와 함께 수량적인 관리대책의 일환으로 영주댐 수질관리를 위한 댐 방류계획의 최적화 또한 무엇보다 시급하다고 판단된다. 따라서, 본 연구에서는 동적 수질-수질모형인 CE-QUAL-W2 모델을 이용하여, 다양한 댐 방류계획 시나리오를 바탕으로 댐 수질개선 효과를 평가함으로써, 댐 운영을 통한 수량-수질통합관리방안을 제시하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 연구대상지역

영주댐은 낙동강 중상류에 위치한 지류중 하나인 내성천 상류 경상북도 영주시 평은면에 위치하고 있으며, 유역면적은 500km²으로서 표준유역으로는 영주댐, 내성천상류, 낙화암천, 토일천을 포함하고 있다(Fig. 1).

주요 오염원은 축산계로서, 가축 사육두수 및 가축분뇨 발생량이 지속적으로 증가하고 있다. 가축 사육 밀도는 km²당 106 마리의 소(한우+젖소)가 사육되어 있어 국내 주요 댐 유역의 일반적 가축사육밀도를 크게 상회하고 있으며(Lee et al., 2017), 가축분뇨 처리방법으로서 발생 축분의 약 78%를 자가처리(퇴비화)하고 있어, 강우시 비점오염원의 영향이 우려되는 상황이다(K-water 2022).

2.2 모형 구축 및 적용

2.2.1 모형 개요

국내에서는 하천과 저수지, 하구의 영양염류 및 조류 발생 모의를 위해 EFDC, WASP, CE-QUAL-W2 등 다양한



Fig. 1. Study area - YoungJu Dam and Watershed

모형이 적용되어 왔다(Bae and Seo, 2021; Kim et al., 2022). 본 연구에서는 횡방향 평균 2차원 수리-수질 모형인 CE-QUAL-W2 모형(Cole et al 1999)을 활용하였다. 이 모형은 특히 호소의 수온성층의 해석, 탁수의 거동 해석과 선택취수설비의 효과분석(Chung et al. 2007; Yi HS et al., 2008), 부영양화의 평가와 조류발생의 인과관계 해석(Kim et al. 2019)등 많은 분야에 사용되고 있으며, 특히 횡방향 평균화한 해석으로 폭이 좁고 긴 우리나라와 같이 긴 하천형태 구조의 호소에 적절하며 3차원모델에 비해 2차원 모델로써 모델 수행속도가 빨라 다양한 시나리오 분석에 적절한 모형이라고 할 수 있다.

2.2.2 모의 대상연도의 선정

모의 대상연도 선정을 위해 2021~2023년 3년간 영주댐 유역 월별 강우량 현황을 분석하였다. 영주댐이 담수를 시작하고 본격적으로 운영되기 시작한 것은 '19년 하반기 이후이며, 최근 3년의 강우량 현황은 Table 1와 같다. 최근 3년의 연간 강우패턴 중 과소 또는 과다한 강우시 치수에 의한 방류 및 가뭄 등에 의한 월별 댐방류량의 격차가 매우 클 것을 고려하여 평수년인 2021년을 분석대상연도를 선정하였다.

2.2.3 모형 지형자료 구축

본 연구에서는 영주댐 수질모형의 지형자료로 「댐-보 연결하천 및 오염지류하천 수질모형 구축 연구」(K-water 2021)를 통해 구축된 지형자료를 이용하였다(Lee et al.

Table 1. Monthly average rainfall of the YoungJu Dam watershed during 2021–2023(Unit : mm)

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
2021	6	10	112	98	153	62	196	233	153	50	37	0	1,110
2022	0	0	87	41	3	69	145	284	33	45	38	4	749
2023	24	9	26	57	110	283	372	311	192	10	28	90	1,512

Table 2. Model elements of CE-QUAL-W2 model for YoungJu Dam

Water body	Branch	Segment	Simulation water quality constituents
2	3	119	T-P, Chl-a, TOC (38 constituents possible)

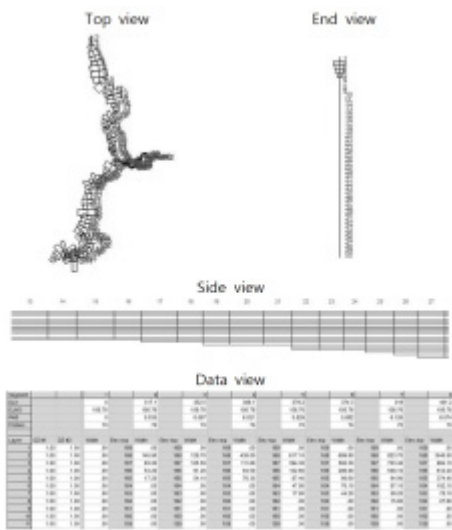


Fig. 2. Model grids of CE-QUAL-W2 model for YoungJu reservoir



Fig. 3. Model inflow boundary conditions (Timeseries data of the dam inflow and water quality)

2020). 영주댐 저수지 모형의 지형요소는 Table 2과 Fig. 2와 같다. 댐 운영 시나리오에 따른 댐 수질변화 모의를 위해 월간단위의 물환경측정망의 자료 개수의 한계를 보완하기 위하여 2021년의 유입지류별 유입량과 수질은 「댐 유역 단위 통합형 물환경 관리기술개발(2nd)」(Lee et al., 2021)의 유역모형을 통해 도출된 일일 수질자료를 활용하였다. 일일 유입수질자료는 Fig. 3와 같으며, 동일한 유입조건을 통해 4가지 댐 운영 시나리오에 대해 적용하였다.

2.2.4 모형의 보정 및 평가지표

본 연구에서는 모의 결과의 신뢰성을 평가하기 위해 MAE (Mean Absolute Error, 절대평균오차)와 RMSE(Root Mean Squared Error, 평균제곱근오차)를 적용하였다(Table 3). 두 개의 지표 모두 실측값과 모의값의 오차율에 대한 지표로써, 0에 가까울수록 모의값이 실측값과 비슷하다는 의미를 나타낸다. 다만, 수질자료와 같은 환경자료들은 일반적인 정규분포를 따르지 않는 자료일수록 높게 나타나는 경향이 있음을 고려하였다(Shin et al., 2013).

2.3.1 국내 댐 기본계획방류량 현황

국내 다목적댐의 월별 운영계획은 당해 댐의 용수공급 조건에 따라 다양하게 방식으로 배분되어 있다. 실제 댐의 운영은 해당연도의 강수량 등 기상조건에 따라 변동되지만 기본적인 운영계획은 용수공급조건에 따라 설정되어 있는 기본계획방류량을 기준으로 운영되고 있다. 하천유지용수의 경우, 각 댐별 목적에 따라 다양한 형태를 보이고 있으며, Table 4과 Fig. 4와 같이 국내 다목적댐 중 소양강댐, 용담댐, 합천댐, 주암댐 등은 연중 일정량을 방류하고 있고, 남강댐 및 영주댐은 갈수기방류량이 타 시기에 비해 높은 댐이며, 장흥댐의 경우 풍수기(6~9월) 가장 많이 배분되어 있으며, 대청댐의 경우 기타 용수공급목적으로 인해 별도의 하천유지용수가 배분되어 있지 않다.

2.3 댐 운영 시나리오 검토

2.3.2 댐 운영 시나리오 선정

현재 영주댐의 운영방식인 갈수기 증가방류방식에 대한 평가 및 기타 방류방식으로 변경시 댐 수질의 변화여부를

Table 3. Model performance criteria

Statistical index	Equation	Desired value
Mean Absolute Error	$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Q_s - Q_o $	0
Root Mean Squared Error	$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [Q_s - Q_o]^2}$	0

* Q_o =Observed value, Q_s =Simulated value, N =Number of data

Table 4. Dam discharge patterns for river maintenance flow (including the environmental improvement flow)

Item	Uniform discharge	Dry season discharge	Mid season discharge	Moist season discharge	Non-allocated
Number of dams	16	2	1	1	1
Dam	Soyanggang Dam, Yongdam Dam, etc.	Namgang Dam, Youngju Dam	Hoengseong Dam	Jangheung Dam	Daechung Dam

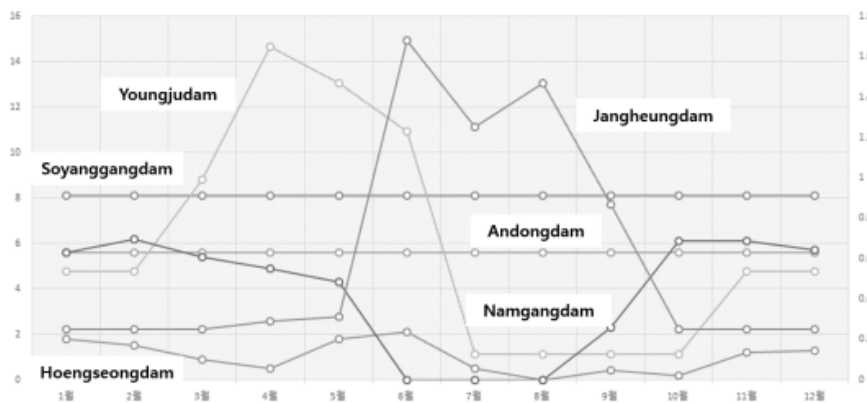


Fig. 4. Dam discharge pattern for river maintenance flow

Table 5. Dam operation scenarios for water quality impact assessment

Scenario	Scenario summary*	Model application
SCE1	Basic plan discharge ○ the pattern according to the basic plan (2009).	- Simulation year : 2021 - Water quality constituents : TOC, T-P, Chl-a
SCE2	Uniform discharge ○ the pattern of consistent discharge throughout the year.	
SCE3	Jangheungdam Case ○ the pattern of increasing discharge during flood periods.	
SCE4	Namgangdam Case ○ the pattern of increasing discharge during low water periods.	

* Applying the restricted water level (=EL.148.1) from 21st June to 31st July

Table 6. Dam discharge flow rate by the operation scenarios

Scenario	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
SCE1	4.8	4.8	8.8	14.8	13.3	11.3	1.7	1.7	1.5	1.1	4.8	4.8
SCE2	6.0	6.0	6.0	6.1	6.2	6.4	6.6	6.6	6.4	6.0	6.0	6.0
SCE3	2.5	2.5	2.5	3.1	3.4	17.5	13.3	15.5	9.2	2.6	2.6	2.5
SCE4	9.1	10.0	8.7	8.0	7.1	1.5	1.7	1.7	4.1	9.9	9.9	9.2

모의하고자 2021년 실제 댐운영을 통한 수질을 바탕으로, 다음 4가지 댐 운영 시나리오를 고려하였다(Table 4). 즉, 연간 용수공급량인 203.3백만³에 대하여 1)기존 월별 기본계획방류량 적용방식(SCE1), 2)연중 균등방류 방식(SCE2), 3) 월별 장홍댐 방류비율 적용 방식(SCE3), 4)남강댐 비율 적용방식(SCE4)을 선정하였다.

Table 5와 같이 선정된 4가지 시나리오에 대한 월별 방류계획은 Table 6와 같이 배분하였으며, 홍수기 방류시는 '21년 강우여건을 고려하여 홍수기 제한수위를 적용하였다. 월별 방류계획에 따른 연간 시계열적 방류량 및 댐 수위는 Fig. 5와 같다.

3. 연구결과 및 고찰

3.1 수질 모형 보정결과

댐 저수지 수질 모형의 모의 정확도 확보를 위해, 영주댐 1지점(댐 앞)지점을 대상으로 모형의 보정을 시행하였다. 호소 모형의 경우, 수온 및 밀도차에 의한 수심별 수온 성층현상의 정확한 재현은 모형의 정확도 확보에 있어 중요한 부분이다(Kim et al. 2011). 본 연구에서는, 영주댐의 수온 성층현상을 재현하기 위한 수심별 수온분포를 실측 결과를 비교하여 Fig. 6에 나타내었다. 모의 결과, 수표면의 수온 증가와 수온약층(thermocline)이 형성되는 수심 등이 높은 재현성을 갖는 것으로 나타났다.

용존산소를 비롯한 기타 수질항목의 보정결과는 Fig. 7에 제시하였으며, 이에 따른 모형 보정 평가지표는 Table 7에 나타내었다.

3.2 댐 운영 시나리오에 따른 댐 수위 모의결과

댐 운영 시나리오별 댐 수위변화는 Fig. 8. a)~d)에 나타내었다. 현재 기본계획방류형태에서는 갈수기 최대방류로 인하여 댐수위가 EL. 140m 이하로 하강하는 경우가 발생하였으나, 기타 시나리오의 경우, EL. 145m 내외에서 유지되는 것으로 모의되었다.

또한 홍수기 제한수위(전반기(6.21~7.31) EL.148.1m, 후반기(8.1~9.26) EL.156.7m)를 적절히 유지하여 치수기능을 만족하였다.

3.3 댐 운영 시나리오에 따른 수질 모의결과

댐 운영계획 변경에 따른 시나리오별 비교 수질모의 항목은 T-P, Chl-a, 그리고 유기물 항목으로 TOC를 비교하였다. 대상지점은 물환경측정망 지점과 동일하게 영주댐1지점(댐앞), 영주댐2지점, 영주댐3지점(유사조절지) 3지점의 산출평균값을 각각 비교하였다(Fig. 9). 각 시나리오별 수질 항목별 모의 결과는 Table 8과 Fig. 10에 나타내었다.

T-P의 경우, 전반적으로 소폭 상승하는 것으로 모의되었다. 기본계획 방류시(SCE1) 대비 균등방류시(SCE2) 연평균 5.1%, 장홍댐비율 방류시(SCE3) 1.8%, 남강댐 비율 방류시(SCE4) 5.1% 수준으로 상승하였다.

Chl-a의 경우, SCE1 대비 SCE2는 연평균 2.7%, SCE4는 9.5% 각각 상승하였으나, SCE3의 경우, 21.6 mg/m³에서 15.9 mg/m³로 약 36%가 개선되는 것으로 모의되었다.

TOC의 경우, SCE1 대비 SCE2와 SCE4는 각각 연평균 0.5% 수준으로 변화가 미미하였으나, SCE3의 경우, 4.0 mg/m³에서 3.8 mg/m³로 약 5%가 개선되는 것으로 모의되었다.

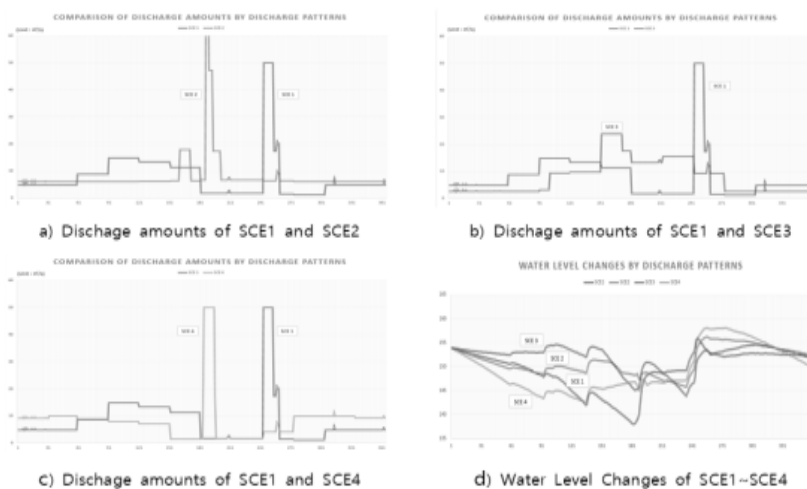


Fig. 5. Comparison of Discharge Amounts & Water level by Discharge Patterns

Table 7. Model performance results for YoungJuDam1 observation point

Site	Performance criteria	Temp. (°C)	DO (mg/L)	TOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
YoungJuDam1	MAE	1.1	2.2	0.9	0.245	0.019
	RMSE	1.5	3.0	1.4	0.314	0.023

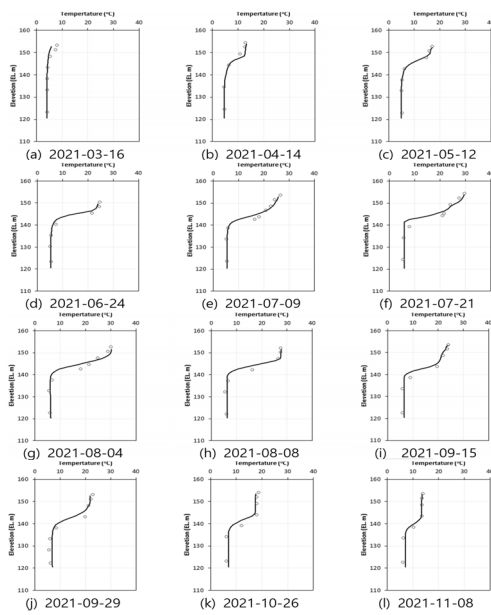


Fig. 6. Model calibration results for thermal stratification reproducibility in 2021

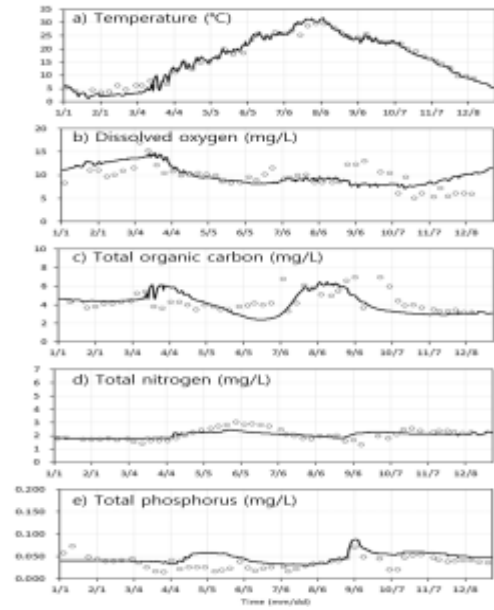


Fig. 7. Model calibration results for water quality variables in 2021

Table 8. Monthly simulation results for T-P, Chl-a, and TOC by dam discharge scenarios

(a) Total phosphorus (T-P, mg/L)

Scenario	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Mean (% change)
SCE1	0.040	0.039	0.037	0.063	0.053	0.031	0.036	0.054	0.086	0.073	0.062	0.058	0.056
SCE2	0.040	0.039	0.037	0.046	0.064	0.041	0.089	0.075	0.091	0.078	0.069	0.055	0.059 (+5.1%)
SCE3	0.040	0.040	0.037	0.046	0.055	0.038	0.060	0.078	0.101	0.071	0.064	0.053	0.057 (+1.8%)
SCE4	0.039	0.036	0.037	0.065	0.065	0.039	0.076	0.072	0.091	0.082	0.067	0.058	0.059 (+5.1%)

(b) Chlorophyll-a (Chl-a, mg/m³)

Scenario	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Mean (% change)
SCE1	15.4	50.5	29.6	12.8	2.6	3.8	32.0	55.3	15.9	10.4	9.6	22.9	21.6
SCE2	23.0	52.5	33.5	13.9	3.0	4.4	7.4	53.2	31.5	14.1	9.9	22.1	22.2 (+2.7%)
SCE3	9.9	25.7	31.5	15.8	3.2	2.9	10.6	48.1	13.1	4.7	5.4	19.8	15.9 (-36.1%)
SCE4	26.2	45.0	36.6	12.6	2.7	3.9	16.8	59.4	28.5	17.9	12.7	25.3	23.9 (+9.5%)

(c) Total organic carbon (TOC, mg/L)

Scenario	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Mean (% change)
SCE1	4.8	5.9	5.3	4.1	2.9	2.3	4.4	5.7	4.1	3.2	2.8	3.3	4.0
SCE2	5.0	6.0	5.4	4.2	3.0	2.4	3.7	5.2	4.5	3.2	2.8	3.3	4.1 (+0.5%)
SCE3	4.7	5.1	5.2	4.4	3.0	2.5	3.9	5.0	3.8	2.8	2.6	3.2	3.8 (-5.0%)
SCE4	5.1	5.7	5.4	4.0	2.8	2.3	3.9	5.6	4.5	3.5	3.0	3.4	4.1 (+0.5%)

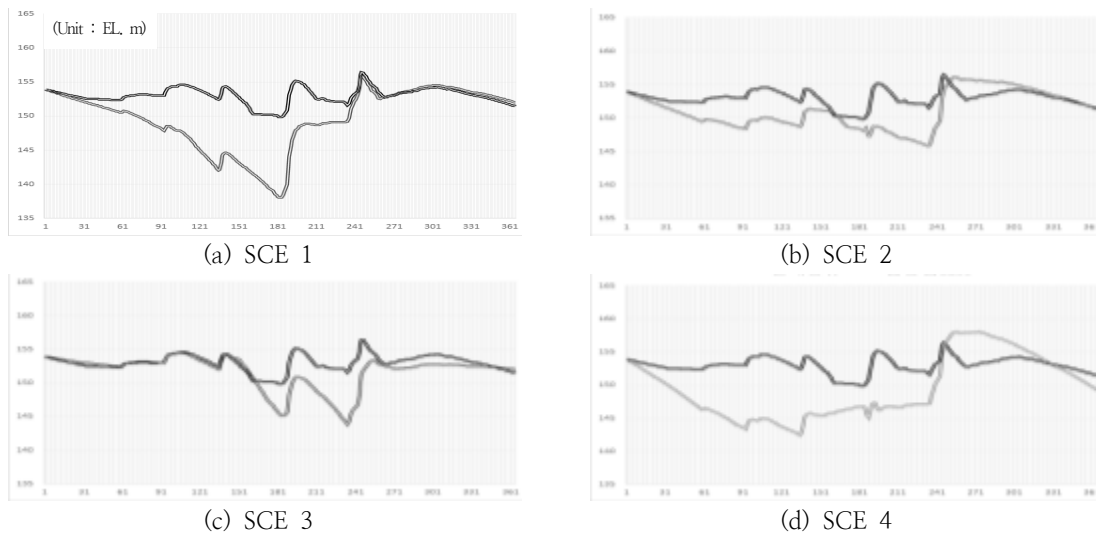


Fig. 8. Dam water level modeling results by various dam operation scenarios

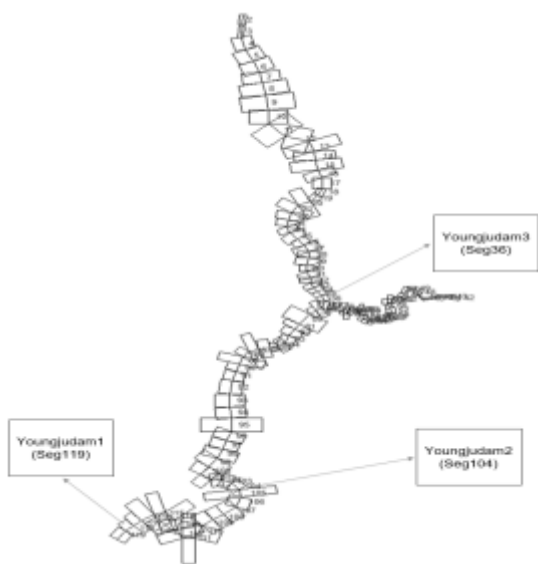


Fig. 9. Model results analysis locations

4. 결론

본 연구에서는 영주댐 기본계획 방류량의 변경에 따른 댐 수질개선 효과를 분석하였다. 수리-수질 분석을 위해 CE-QUAL-W2 모형을 2021년 1월 1일부터 12월 31일까지 기간에 대하여 구축 및 적용하였다. 댐 월별 방류 시나리오로써 기본계획방류시(SCE1)와 비교하여 연중 일정량 방류방식(SCE2)과 장흥댐 방류비율 적용(SCE3), 남강댐

방류비율 적용(SCE4)을 각각 비교하여 모의하였으며, 각 시나리오별로 댐 내 영주댐 1~3 지점에서의 평균 수질 변화를 모의하였다.

첫째, SCE1과 대비하여 SCE2와 SCE4의 경우, 하절기 댐 상류로부터 댐 저수지내로 유입된 비점오염원의 신속한 하류 배제가 어려움에 따라, T-P의 경우 각각 5.1%의 상승, Chl-a의 경우 각각 2.7%, 9.5%의 상승이 예측되었으며, TOC의 경우, 각각 0.5%의 상승이 예측되었다.

둘째, 그러나 장흥댐 방류비율을 적용한 SCE3의 경우, T-P와 TOC의 경우 유지 또는 약 5% 내외의 개선을 보였으며 Chl-a의 경우, 연평균 36%를 상회하는 개선효과를 보였다.

셋째, 상기 결과로 판단할 때, 댐 저수지 수질에 가장 큰 영향을 미치는 홍수기 유입된 비점오염원의 관리가 매우 중요한 요인임을 알 수 있다.

넷째, 이는 댐 운영계획의 개선을 통하여 전반적인 댐 수질을 개선할 수 있음을 보여주며, 댐 운영계획 수립시 특히 홍수기 이후 유입된 비점오염원의 배제를 위한 계획이 필요할 것으로 판단된다.

따라서, 상류 유역의 오염원 저감대책과 병행하여, 다양한 댐 방류계획의 검토를 통한 댐 내 및 하류 내성천 수질 개선방안이 필요하며, 본 연구는 이러한 중권역 물관리 측면에서 효율적인 댐 방류계획을 검토 및 마련하는데 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 아울러, 2022년 및 2023년과 같은 갈수년과 풍수년에 대한 영향여부에 대해서도 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

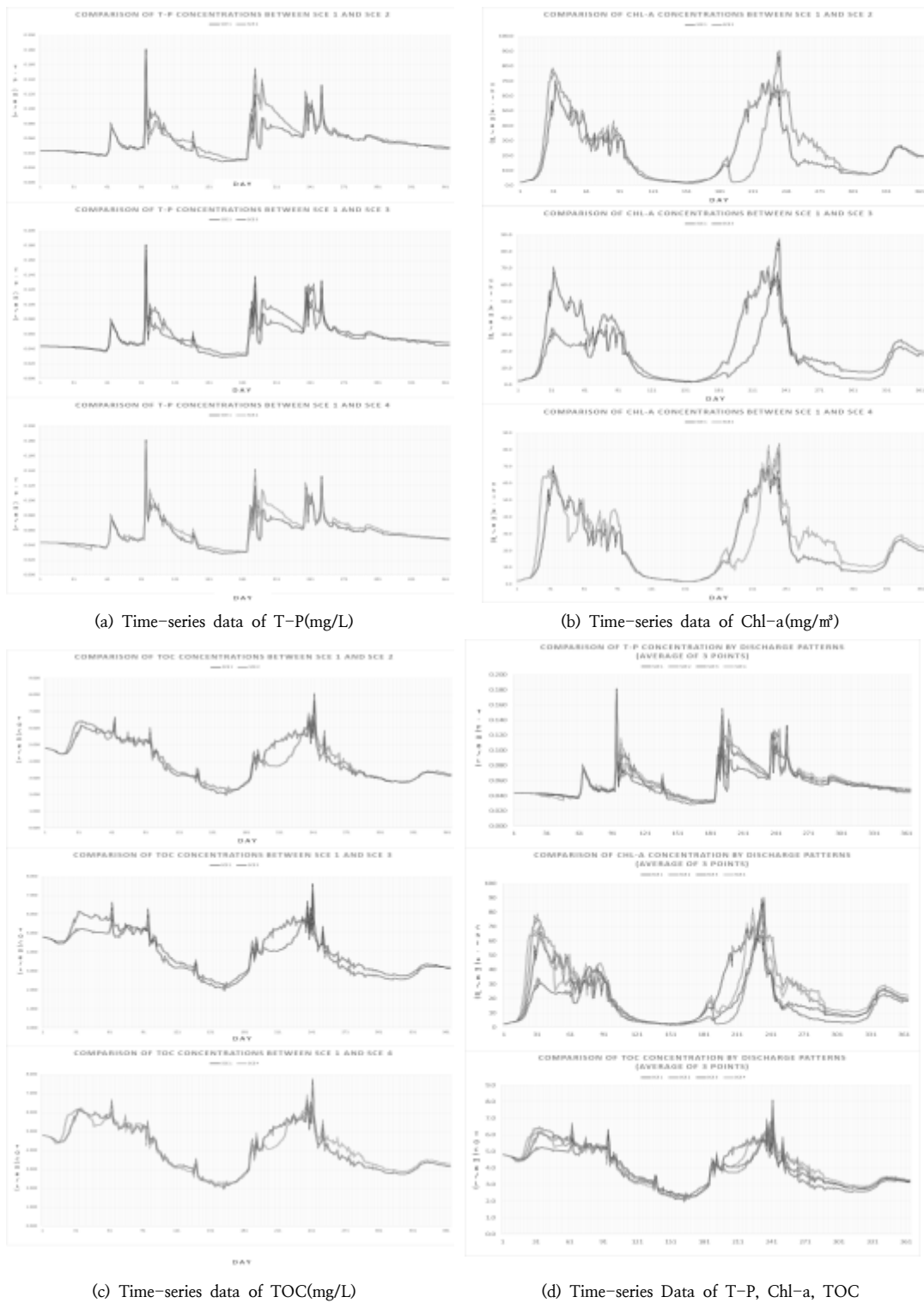


Fig. 10. Water quality modeling results of YoungJu reservoir (average of YoungJuDam 1~3 observation points) based on the different dam operation scenarios

References

- Bae SY, Seo DI. (2021). "Changes in algal bloom dynamics in a regulated large river in response to eutrophic status". *Ecological Modelling*, 454, 109590.
- Jeong SA, Lee HS. (2021). *The Study on the Development of Water Quality Models for Rivers Connected to Dams and Weirs, and Polluted Tributaries*. Korea Water Resources Corporation.
- Kim, JY, Seo DI, Jones J. (2022). "Harmful algal bloom dynamics in a tidal river influenced by hydraulic control structures". *Ecological Modelling*, 467, 109931.
- Korea Water Resources Corporation. (2022). *The Study on Nutrient Source Analysis and Management Strategies in the Upper Reach of NaeseongCheon*.
- Kim SJ, Seo DI, Ahn KH. (2011). "Estimation of proper parameters to improve modeling of thermal stratification in Korean Reservoir". *Journal of Korean Water Resources Association*, Vol 44., No. 9, pp. 741-752
- Lee SY, Choi KS, Lee HJ, Kang BS, Kim DK. (2021). *Development of Integrated Water Environment Management Technology for Dam Watershed(2nd Year)*. Korea Water Resources Corporation.
- Lee SY, Jeong SA, Yi HS. (2017). *The Study on Water Quality Stabilization Measures during Initial Dam Impoundment (2nd Year)*. Korea Water Resources Corporation.
- Chung SW, Choi JH, Park JC, Song YI, and Yu KM(2007). "Assessment of selective withdrawal facility in the Imha reservoir using CE-QUAL-W2 model". *Journal of Korean Society on Water Environment* 23(2); 228-35.
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs of Korea & Korea Water Resources Corporation. (2009). *Basic plan report for the Songriwon multipurpose dam construction project*.
- Shin YN, Lee S, Kang T, Kim K, Yoo M, Kim M, Lee B, Hong J, Kim S. (2013). "Development of Statistical Analysis Methods for Water Quality Assessment". National Institute of Environmental Research.
- Yi HS, Jeong SA, Park SY, Lee Y. 2008. "Modeling study of turbid water in the stratified reservoir using linkage of HSPF and CE-QUAL-W2". *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, 30(1); 69-78.