

연구논문

발전방류구 위치변화에 따른 저수지내 탁수변화 -대청댐을 대상으로-

서세덕 · 이재일 · 하성룡

충북대학교 도시공학과

(2010년 11월 30일 접수, 2011년 4월 14일 승인)

Effect of Hydroelectric Power Plant Discharge on the Turbidity Distribution in Dae-Cheong Dam Reservoir

Se-Deok Seo · Jae-Yil Lee · Sung-Ryong Ha

Department of Urban Engineering, Chungbuk National University

(Manuscript received 30 November 2010; accepted 14 April 2010)

Abstract

In the study, CE-QUAL-W2 model was used and its examination and correction were conducted targeting 2001 and 2003 when the condition of rainfall was contradicted. Using the proved model in 2003, a scenario was implemented with management of locations for dewatering outlets and actual data for dam management in 1987 when inflow and outflow level were almost same. In case of the scenario which the location of dewatering outlets was 5m higher than usual location, exclusion efficiency for turbid water inflow at the beginning of precipitation was good. In case of the scenario which the location of dewatering outlets was 10m lower than usual location, exclusion efficiency for excluding turbid water remained in a reservoir after the end of precipitation. However, the scenario applying dam management data in 1987, exclusion efficiency was relatively low. In the scenario, power-generating water release spot at EL.57m for first four days after the beginning of precipitation, EL.52m for 5th to 8th and EL.42m from 9th days. An analysis of the scenario reveals that both excessive days exceeded 30 NTU and average turbidity levels were decreased comparing before and after the alteration on outlets. The average turbidity levels were decreased by minimum of 55% to maximum of 70% and 30NTU exceeding days were decreased by 45 days at maximum. Also, since it could exclude most of turbid water in a reservoir before the destatification, the risk for turbid water evenly distributed in a reservoir along with turn-over could be decreased as well.

Keywords : reservoir, discharge, duration curve, turbidity

1. 서론

1. 연구 배경 및 목적

우리나라는 연평균 강우량의 50~60%가 하절기에 집중되고 있으며(An *et al.*, 2000), 이러한 집중호우는 높은 하상계수를 나타낸다. 반면, 가을과 봄 사이는 유량의 감소로 자정능력의 저감, 하상퇴적의 증가, 수질악화의 문제가 발생한다(박정은, 200; 안광국 외, 2007; Chung *et al.*, 2004).

국내에서 저수지 탁질발생과 관련한 민원으로써는 소양강댐 하류에 위치한 춘천시 정수장의 정수처리비용 보전요구(1999년 10월)와 임하댐 하류에 위치한 안동시의 탁질처리 대책요구(1993년 7월)가 대표적인 사례이다(수자원공사, 2006). 또한 최근 기상이변으로 인하여 태풍이 기록적인 폭우를 동반하여 이러한 민원은 더욱 증가되고 있다. 국내 임하댐의 경우, 2002년과 2003년의 태풍 '루사'와 '매미'로 인해 발생한 탁질이 전도현상을 거치며 임하호내 탁도가 최고 1,221NTU를 기록하였다. 호내 기준탁도인 30NTU를 1년 365일 중 340일을 초과하였고, 2003년 11월 이후에는 160여일 동안 댐 방류가 중단된 바 있다. 또한, 고탁도의 원수를 취수한 정수장은 탁질을 완전 여과시키지 못하여 가정까지 탁질이 공급된 바 있다. 이처럼 저수지내 탁질은 생태계 파괴, 경관의 악화, 레크레이션 활동 저해, 정수비용 증가 등의 경제적인 문제를 유발한다.

탁질문제를 근본적으로 해결하기 위해서는 상류 지역의 유역대책(빗물 우회수로, 식생발두렁, 탁질저류지, 농업용보, 토사침전지)을 시행하여야 한다. 그러나 이와 같은 유역대책은 장기간의 시간이 소요될 뿐만 아니라, 경제적으로도 많은 비용이 소요된다. 또한 몬순기후에 속한 우리나라에서 여름철 집중강우로 인한 탁질유입은 불가피하다. 콜로이드 성분의 탁질입자는 탁질장기화 현상에 직접적인 요인이며 이에 대한 추가적인 대비책이 필요하다(한국수자원공사, 2009)

국내에서 탁질문제를 해결하기 위하여 가장 많이 사용하는 방법은 선택취수 방법이다. 기존의 고정

된 취수구에서 취수하는 시스템이 아닌, 선택배제가 가능하도록 문비가 분리되어 있는 시설로써, 탁질층을 피하여 원수를 취수하거나 고탁질층의 탁질을 신속히 배제할 수 있는 시설이다(이상욱 등, 2007). 이러한 장점 때문에 미국공병단은 1973년부터 저수지 수질관리를 위해 선택취수설비를 도입하였으며 현재 70개 이상의 저수지가 선택취수 설비를 운영하고 있다(Michael *et al.*, 2004). 이와 같이 선택배수시설을 효율적으로 운영하기 위해서는 배수시설에 접근하는 밀도흐름을 정확하게 이해하고 있어야 한다.

국내·외에서 탁질저감시설의 성능을 재현하거나 탁질저감시설 설치가 계획된 저수지에서 그 효과를 예측하기 위하여 저수지 모델을 통한 연구가 활발히 진행 중이다. 그리고 대다수의 연구에서는 저수지 모델 구축을 위한 탁도예측은 이미 관측된 유량-수질의 단순상관관계식을 활용하여 탁도를 예측하여 사용하고 있다(수자원공사, 2007, 이상욱 등, 2007). 하지만 강우시 관측한 시계열 탁도 자료를 분석해보면 유량보다는 시간우량의 패턴에 더욱 잘 부합한다(김정진 등, 2007).

건설교통부에서 연구한 '수자원관리기법개발 연구조사 보고서(2000)'에는 지역별 확률강우량 및 지역별 적정 강우분포(Huff 4분위)를 포함하고 있다. 이 자료들은 실무에서도 널리 사용되어진다. 하지만 보고서가 2000년에 발간되어 2002년, 2003년에 우리나라에 큰 영향을 미친 태풍 '루사'와 '매미'의 시간우량자료를 반영되지 못하고 있어 새로이 산정할 필요가 있다.

따라서, 본 연구의 목적은 인공신경망 기법을 통하여 탁도값을 예측한 후, 댐 배수조작 시나리오를 설정한다. 설정된 시나리오는 저수지모델을 활용하여 구현하고, 댐 배수조작에 따라 저수지내에 미치는 탁질영향을 모의하는 것이다.

2. 연구의 범위

연구 대상지는 1975년 착공하고 1981년에 준공되어 대전권과 청주권을 비롯한 인근 대도시와 금

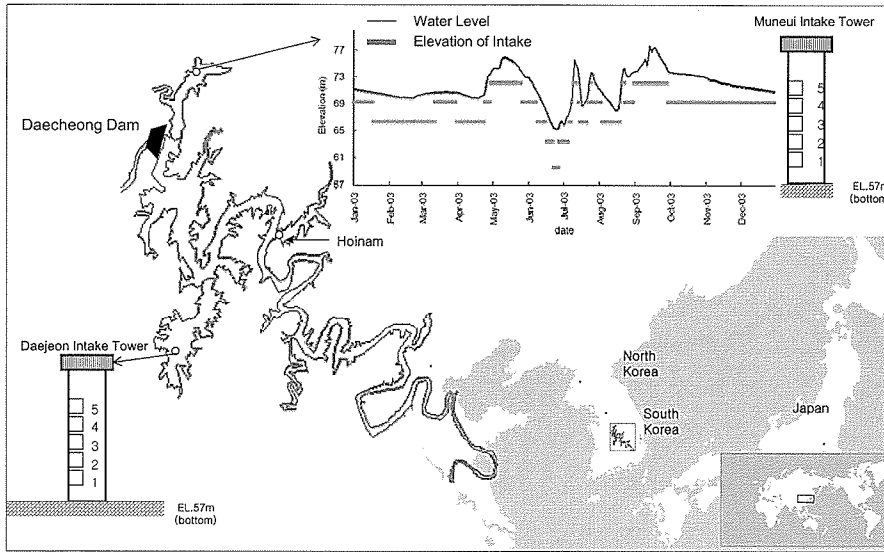


그림 1. 연구대상지 및 취수탑의 취수 Elevation

강 하류지역(공주, 부여 등)의 상수원수를 공급하는 대청호이다(그림 1). 대청댐은 높이 72m, 길이 495m, 체적 123만 4천³m³의 중력식 콘크리트댐과 사력댐으로 구성된 복합형 댐으로 금강하구로부터 150km 상류지점인 대전시 동북방 16km, 청주시 남방 16km지점에 위치해 있다. 행정구역상으로는 전라북도 장수군, 진안군, 무주군과 충청남도 금산군, 충청북도 영동군, 보은군, 옥천군, 청원군 및 대전시의 일부지역을 점유하고 있다. 주요시설로는 저수용량 14억 9천만³m³의 본댐과 조정지댐이 있으며, 본댐 주변에는 저수지 내의 물이 다른 지역으로 넘치지 못하도록 하는 3개의 보조댐이 있다. 추동과 문의면에 취수탑이 있으며, 본댐 발전방류구(EL. 52m), 그리고 홍수조절을 위한 여수로(Tainter gate, EL. 64.5m)가 있다. 연구대상기간은 태풍 루사와 매미가 영향을 미친 2001~2003년까지로 선정 하였다.

연구에 필요한 CE-QUAL-W2모형을 구축하기 위하여 지형정보자료, 기상자료, 댐운영자료, 유입 수온자료, 유입수질자료, 취수탑운영자료 등을 수자원관리정보 시스템(WAMIS) 및 환경부에서 확보하여 입력자료를 구축한 후, 모델 파라미터의 민감도 분석을 실시하였다. 민감도 분석 완료 후, 2001

년을 대상으로 모형을 보정하고, 2003년을 대상으로 모형을 검증하였다.

인공신경망 기법에 의하여 예측된 탁도자료와 물관리센터(수자원공사)에서 계산된 50년빈도와 200년빈도의 대청댐 유입유량 자료를 활용하여 CE-QUAL-W2모형을 다시 구축하고, 댐 배수조작 시나리오를 작성 한 후 그 효과를 분석하였다.

II. 연구방법

1. 수질자료 및 초기조건 구성

모델에 입력되는 SS자료는 수자원공사와 금강유역환경청에서 월1회 실측한 데이터를 활용하여 구축하였다. 측정 지점명은 본댐이 위치한 '대청댐 2', 문위취수탑이 위치한 '대청댐 3', 대전취수탑이 위치한 '대청댐 1', 옥천천의 '옥천천' 및 대청호로 유입되는 본류인 장계교 위치의 '대청댐 4'를 활용하여 수질입력 자료를 구축하였다. CE-QUAL-W2모델에 입력되는 유량자료는 수자원관리정보 시스템에서 자료를 다운받아 구축하였다.

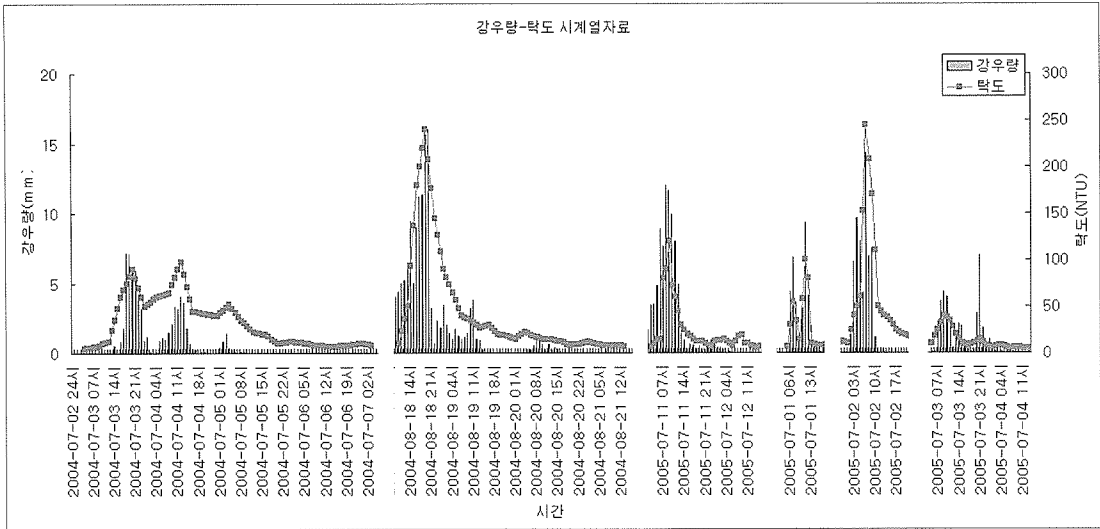


그림 2. 강우량-탁도 시계열자료

2. 신경망 이론을 이용한 댐유입 탁도 추정

신경망 기법을 활용하기 위해서는 시계열 탁도 측정자료가 필요하며, 시계열 탁도자료는 오정국(2005)의 연구자료를 바탕으로 재작성 하였다. 2004년과 2005년의 홍수기를 대상으로 총 6번의 강우사상에 대한 탁도자료를 재작성하였으며 이 시기의 시간우량자료를 그림 2에 표시하였다. 2004년기준 최고유입탁도는 232 NTU, 최소유입탁도는 7 NTU를 보였으며, 2005년기준 최고유입탁도는 238 NTU, 최저유입탁도는 6 NTU를 보였다. 유입탁도는 시간우량의 패턴과 잘 부합되었다.

CE-QUAL-W2 모델에 입력되는 기상자료(기온, 이슬점, 풍향, 풍속, 운량)를 입력하였다. 대청댐의 기상자료는 대청호 인근에 위치한 기상청의 자동기상 관측소인 대청 기상관측소의 자료를 사용하였다.

3. 시나리오 설정

수문조작에 따른 탁질분포 변화를 분석하기 위하여 검증된 2003년 모델을 활용하여 총 3가지의 시나리오를 구성하였다. 첫 번째 시나리오는 현재 EL.52m에 위치한 발전방류구의 높이를 10m하향 조정한 시나리오이며, 두 번째 시나리오는 5m상향

표 1. 탁질분포 변화 분석을 위한 시나리오

시나리오	내 용
CASE1	발전방류구 높이 EL.42m
CASE2	발전방류구 높이 EL.57m
CASE3	1987년 수문조작 적용

조정한 시나리오이다. 세 번째 시나리오는 2003년과 유입·방류량이 가장 유사했던 1987년의 수문조작을 2003년에 적용한 시나리오이다. 하지만, 1987년이 2003년과 가장 유사하다고 하더라도 유입·방류량 모두 9억m³가량의 차이를 보여 모델 구현시에 저수지가 범람하는 현상을 보였다. 따라서, 2003년과 1987년의 적산합계 방류량의 차이를 365일 등분할하여 수위를 안정시켰다.

보정에 사용된 2001년의 경우는 2008년과 유입·방류량이 가장 유사하였으나, 2003년과 비교하여 유입·방류량이 1/5정도 수준의 갈수년이었다. 따라서, 저수지내로 탁질이 유입한다 할지라도 댐까지 도달하기전에 상당량 소멸되어 2001년은 분석대상년도에서 제외하였다.

III. 연구결과

1. 탁도지속곡선을 이용한 저수지내 탁질의 시·공간적 분포

그림 3은 2003년 댐측에서의 수위별 탁도지속곡선이다. 30NTU 초과일수는 1년 중, EL.63m에서 4일, EL.59m에서 6일, EL.55m에서 8일, EL.51m에서 15일, EL.47m에서 6일로 계산되었으며, EL.43m이하의 수위에서는 30NTU를 초과하는 날은 없었다. EL.51m를 기준으로 상·하부로 갈수록 탁도는 감소하는 경향을 보인다. EL.51m는 댐측의 바닥(EL.25m)과 만수위(EL.78m)의 중간지점이며 여름철 성층형성시 상층과 수온약층의 경계점이며, 대청댐의 발전방류구(EL.52m)가 위치한 지점과 동일하다. 이와 같은 현상은 발전방류구 수체 유동에 영향을 주었기 때문이라 볼 수 있다. 또한 2003년 본류의 상류지점인 장계지점에서 유입되는 365일 평균탁도는 9.3NTU로 계산되었으나, 댐측에서 30NTU를 가장 많이 초과했던 EL.51m에서의 365일 평균탁도는 8.7NTU값을 보였다. 장계지점의 최고탁도는 65.5NTU였으며, 댐측에서의 최고탁도는 42.1NTU로 약 23NTU의 차이를 보여 상류에서 유입된 탁질은 하류로 이동하면서 상당량 소멸됨을 알 수 있었다.

문의취수탑과 대전취수탑지역 탁도지속곡선은 그림 4, 그림 5와 같다. 취수탑 지점의 탁도 지속시간은 댐측과는 상이하게 나타났다. 댐측의 경우 고탁도의 탁질층이 중층으로 유입되어 EL.51m 기준으로 탁질층이 형성되었으나, 취수탑이 위치한 지점에서의 탁질층 분포는 바닥(EL.57m)에서 고탁도의 탁질층이 형성되는 특징을 보였다. 또한 EL.이 높아질수록 탁도는 감소하는 경향을 보였다. 강우시 본류에서 유입되는 유입수는 EL.45m~65m에 탁질층을 형성하여 댐쪽으로 강하게 이동한다. 그러나 취수탑이 위치한 지류(품곡천, 주원천)는 다른 특성을 보인다. 본류에서 강한 홍수파가 댐쪽으로 이동할 때 지류의 수체이동현상은 본류와 만나

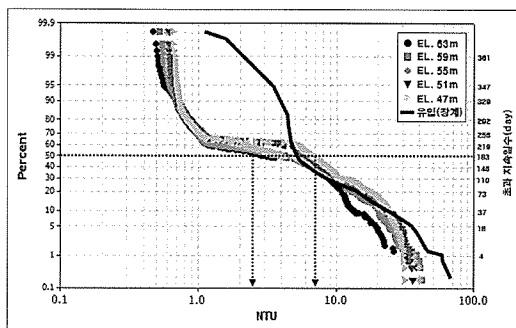


그림 3. 댐측 및 저수지 유입지점의 탁도지속곡선

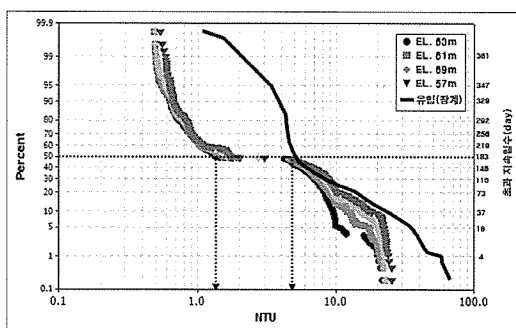


그림 4. 문의취수탑지점 및 유입지점의 탁도지속곡선

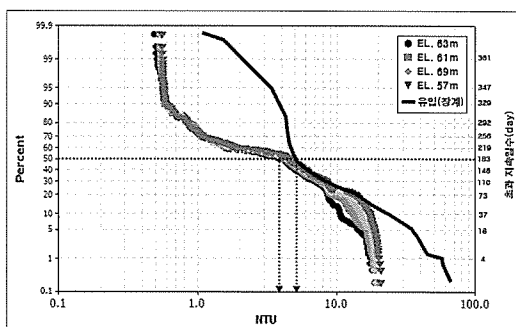


그림 5. 대전취수탑지점 탁도지속곡선

접합부에서 지류의 상류 방향으로 이동하는 현상을 볼 수 있었다. 즉, 본류에 형성된 탁질층의 EL.과 같은 지류의 EL.으로 탁질층이 침투되며, 본류의 중층은 상대적으로 수심이 낮은 지류의 하층에 속하게 되어, 하층으로 갈수록 탁도가 높아지는 현상을 보인 것이다.

지점별로 탁도지속곡선의 50%에 해당하는 탁도의 분포 범위를 살펴보면 댐측의 경우 2.5NTU~6.5NTU범위 사이에 분포하는 특성을 보이며, 문의취수탑의 경우 2NTU~6NTU사이에 분포하는 경

향을 보인다. 대전취수탑은 4NTU ~5NTU사이의 값을 보여 지점별로 다른 특징을 보였다. 이와 같은 현상은 본류의 탁질 유입지점인 장계지점과의 거리와 관련있다고 판단된다. 즉, 장계지점부터 댐까지의 거리는 약 49km이고, 문의취수탑까지의 거리는 약 51km이다. 그리고 대전취수탑까지의 거리는 약 44km이다. 상류에서 유입된 탁질이 댐축으로 이동, 또는 지류로 확산되면서 소멸하는 양이 점점 커지게 된다. 장계지점으로부터 가장 먼 거리에 위치한 문의취수탑의 탁도가 댐과 대전취수탑에 비하여 상대적으로 적게 분포되고, 반대로 장계지점에서 상대적으로 가장 가까이 위치한 대전취수탑 지점의 경우는 문의취수탑에 비해 높은 탁도를 유지하고 있다. 즉, 문의취수탑이 대전취수탑보다 좋은 수질을 유지하고 있다고 볼 수 있다.

또한, 앞서 분석한 저수지내 지점별 탁질분포의 시·공간적 특성을 바탕으로 효율적인 원수 취수방법을 고려해보면, 하층보다는 상층에서 취수하는 방법이 깨끗한 원수를 취수할 수 있는 효율적인 방법이라 판단된다. 실제로 2003년의 취수탑 운영기록을 살펴보면, 365일중 수위가 낮았던 단 4일만 EL.59m에서 취수하였으며 나머지 361일은 주로 EL.72m, 69m, 66m에 위치한 취수구에서 원수를 취수하였다. 이와 같은 사실이 상층취수의 유리함을 부연 설명하고 있다.

2. 수문조작에 따른 탁질분포 변화

1) 문의취수탑 지점 탁질분포의 변화

문의 취수탑지점에서의 시나리오 분석은 앞서 분석된 시·공간적 특성을 반영하여 고탁도의 탁질층이 형성되었던 EL.59m와 EL.57m를 대상으로 하였다. EL.59m기준 20NTU를 초과하는 날은 수문조작전이 28일, CASE1이 10일, CASE2가 19일, CASE3가 25일로 계산되었다. 365일간 평균 탁도를 계산하면 수문조작전이 6.24NTU, CASE1이 5.84NTU, CASE2가 6.01NTU, CASE3가 7.18NTU를 보여 시나리오별로 상이한 결과를 보였다. EL.57m기준 20NTU를 초과하는 날은 수문조

작전이 32일, CASE1이 13일, CASE2가 25일, CASE3가 36일이며, 평균 탁도는 수문조작전이 6.51NTU, CASE1이 6.06NTU, CASE2가 6.23NTU, CASE4가 6.89NTU로 계산되었다. 탁도 20NTU초과 일수 및 평균 NTU모두 발전방류구를 10m 하향 조정된 CASE2에서 가장 적게 계산되었다. 이는 발전방류구를 10m 하향조정(EL.42m)함으로써 수온약층이 형성되는 위치를 변화시켰고, 상류에서 유입되는 탁질층이 수온약층과 상층의 경계점을 기준으로 EL.35~50m에 위치되도록 유도하였기 때문이다. 문의취수탑 지점의 바닥이 EL.57m임을 고려하였을 때, CASE2의 탁질층은 취수탑지점보다 낮은 위치에 탁질층이 형성되어 취수탑지역에 상대적으로 영향을 적게 준 것으로 판단된다.

2) 대전취수탑 지점 탁질분포의 변화

대전 취수탑지점에서의 시나리오 분석도 문의취수탑 지점과 동일하게 EL.59m와 EL.57m지점을 대상으로 하였다. EL.59m기준 20NTU를 초과하는 날은 수문조작전이 4일, CASE1이 4일, CASE2가 25일, CASE3가 41일로 계산되었다. 365일간 평균 탁도를 계산하면 수문조작전이 6.47NTU, CASE1이 6.37NTU, CASE2가 6.52NTU, CASE3가 6.91NTU를 보여 시나리오별로 상이한 결과를 보였다. EL.57m기준 20NTU를 초과하는 날은 수문조작전이 11일, CASE1이 13일, CASE2가 35일, CASE3가 47일이며, 평균 탁도는 수문조작전이 6.64NTU, CASE1이 6.52NTU, CASE2가 6.67NTU, CASE4가 7.02NTU로 계산되었다. 탁도 20NTU초과 일수 및 평균 NTU모두 발전방류구를 10m 하향 조정된 CASE2에서 가장 적게 계산되었다. 문의취수탑 지점과 비교하면 20NTU를 초과하는 일수는 상대적으로 적었다. 이와 같은 현상은 취수탑의 위치 때문이라 판단된다. 문의취수탑은 본류에서 약 3km정도 떨어진 곳에 위치하고 있고, 대전취수탑은 본류에서 약 5km정도 떨어진 곳에 위치하고 있다. 4.4절에서 언급하였듯이 본류의 탁질이 지류에 영향을 주고 상대적으로 본류와의 거

리가 먼 대전취수탑의 경우는 거리가 가까운 문의 취수탑에 비하여 탁질의 영향을 적게 받은 것으로 판단된다.

문의 · 대전취수탑 지점 모두 평균탁도 및 20NTU 초과일수가 가장 높게 계산된 CASE3의 경우 1987년의 배수조작을 적용한 시나리오으로써 2003년의 배수조작 패턴과 상당한 차이를 보인다. 2003년의 경우 5월부터 강우에 의하여 발생된 탁질이 저수지로 유입되는 현상을 보였으며, 이 시기에 맞게 발전방류량도 서서히 증가하여 5월 24일부터 9월 30일까지 최대 발전방류량(260cms)에 가까운 증가방류를 보였다. 반면 1987년의 발전방류 패턴을 살펴보면 7월 16일부터 9월 15일까지 최대 발전방류량에 가까운 증가방류를 보였다. 따라서 7월 16일 이전에 저수지로 유입되는 탁질을 효율적으로 하류하천으로 배제하지 못하여 탁질이 저수지내에 체류하면서 탁질장기화에 직접적인 영향을 준 것으로 판단된다.

조작전과 CASE3를 비교해보면 홍수예방을 위하여 강우시 증가방류를 실시하는 현재의 댐 운영방법은 홍수예방 뿐만 아니라 탁질의 효율적인 배제도 동시에 충족하는 것으로 판단 할 수 있다. 따라서 CASE3의 댐측에서의 분석결과는 제외하였다.

3) 댐측 탁질분포의 변화

댐측에서의 시나리오 결과분석은 시나리오별 발전방류구가 위치한 EL.42m, EL.52m, EL.57m의 3지점을 선정하였다. EL.42m에서 30NTU초과 일수는 CASE1에서만 11일 초과하였으며, EL.52m에서 30NTU초과일수는 기존위치에서 방류하는 조작전이 12일, CASE1은 10일, CASE2는 11일로 계산되었다. EL.57m에서 30NTU초과일수는 조작전이 6일, CASE1이 5일, CASE2가 12일 초과하는 것으로 계산되었다. 시나리오/수위별 초과일수가 각각 다르게 나타나는 것은 발전방류구의 위치와 밀접한 관련이 있다. 발전방류구의 위치에 따라 수온약층이 형성되는 위치가 달라지며 탁질층은 수온약층과 상층과의 경계를 중심으로 댐측에 도달된다. 댐측에 도달하는 탁질층의 중심이 발전방류구의 위치와 부합되어, EL.52m지점에서는 발전방류구가

표 2. 시나리오/수위별 30NTU초과 일수

	EL.42m	EL.52m	EL.57m
기존(EL.52m)	0	12	6
CASE1(EL.42m)	11	10	5
CASE2(EL.57m)	0	11	12

EL.52m에 위치한 조작전 시나리오의 고탁도 지속시간이 다른 시나리오에 비하여 길었다. EL.42m지점에서는 발전방류구가 EL.42m에 위치한 CASE1이 30NTU이상의 탁도 지속시간이 길었으며, EL.57m지점에서는 발전방류구가 EL.57m에 위치한 CASE2가 고탁도의 지속시간이 가장 길었다(표 2).

IV. 결론

검증된 2003년의 모델을 활용하여 발전방류구의 위치조정 및 유입 · 유출 사상이 근사했던 1987년의 실제 댐 운영자료를 적용한 시나리오를 구축하고 그 결과를 고찰하였다. 발전방류구의 높이를 5m 상승시킨 시나리오는 강우초기에 유입되는 탁수의 배제효율이 좋았다. 발전방류구의 높이를 10m 하강시킨 시나리오는 강우종료 후 저수지내에 체류하는 탁수를 배제하는데 효율이 좋았다.

시나리오 분석결과 문의취수탑, 대전취수탑, 댐측에서 모두 배수조작후가 배수조작전과 비교하여, 30 NTU를 초과하는 초과일수 및 평균탁도 모두 줄어드는 결과를 보였다. 분석기간의 평균탁도는 배수조작전 대비 최소 55%에서 최대 70%까지 저감되는 효과를 볼 수 있었으며, 30 NTU 초과일수도 최대 45일까지 줄이는 효과를 가져왔다. 또한, 탈성층기 이전에 대부분의 탁수를 저수지내로부터 배제하여 turn-over 현상과 함께 저수지 전체로 탁수가 확산되는 위험성도 줄일 수 있다고 판단된다.

사 사

이 논문은 2009년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구부지원에 의하여 연구되었음.

참고문헌

- 건설교통부, 지역적 설계 강우의 시간적 분포, 수자원관리기법 개발연구조사보고서, 2000.
- 김정진, 정용식, 김정근, 이상욱, 김영훈, 강우 강도에 따른 임하댐 및 안동댐 유입하천의 탁도 변화와 탁도유발물질의 광물학적 특성 연구, 한국광물학회지, 20(3), 213-222, 2007.
- 박정은, 연속적 댐이 하류 하천의 수온 변화에 미치는 영향 예측을 위한 모델 연구, 박사학위논문, 이화여자대학교, 2006.
- 안광국, 양우미, 금강 수계의 수질 특성, 하국하천호수학회지, 40(1), 110-120, 2007.
- 오정국, 강우시 유입하는 대청호 탁수의 수리 수질 특성 및 시공간분포 수치모델링, 석사학위논문, 충북대학교, 2006.
- 이상욱, 김정근, 노준우, 고익환, CE-QUAL-W2 모델을 이용한 임하호 선택배제시설의 효과분석, 한국물환경학회지, 23(2), 228-235, 2007.
- 한국수자원공사, 다목적댐(소양강댐 등 4개댐) 탁수 저감방안 수립용역 보고서(대청댐), 2007.
- 한국수자원공사, 소양강댐 선택취수설비 개선공사 기본 및 실시설계 탁수거동분석 및 실험보고서, 2009.
- An, K. G. and Jones, J. R., Factor Regulating Bluegreen Dominance in a reservoir Directly Influenced by the Asian Monsoon, Hydrobiologia, 432, 37-48, 2000.
- Chung, S. W. and Kim, J. H., Development of Water Quality Models for Supporting NH₃-N Control in a Dam Regulated River, Water Sci. & Tech., 52(12), 83-90, 2004.
- Michael L.S., Steven C.W., and Laurin, I.Y., A One-Dimensional Reservoir Selective Withdrawal Model Spreadsheet, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS, ERDC/EL SR-4-1