

저수지 탁수관리 시스템의 현장 적용



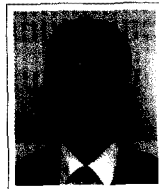
김 정 곤 ▶▶▶

수자원연구원 책임연구원
jkkim@kwater.or.kr



노 준 우 ▶▶▶

수자원연구원 선임연구원
jnoh@kwater.or.kr



이 상 옥 ▶▶▶

수자원연구원 선임연구원
lsu@kwater.or.kr

1. 서론

최근 기상이변으로 말미암아 기록적인 폭우를 동반한 태풍에 의하여 저수지내 고탁도의 탁수발생 사례가 증가하고 있는 추세이다. 대표적인 사례로는 2002년 태풍 '루사'와 2003년 태풍 '매미'로 인하여 임하댐으로 유입된 고탁수가 가을철 전도현상을 거치며 호내 전층으로 확산되어 고탁도가 장기화된 현상을 들 수 있으며 이는 호내 및 유입하천에 자동 탁도 측정장치와 선택배제시설의 도입이 절실하게 요구되는 계기가 되었다. 현재 9개 다목적 댐에 실시간 수은, 탁도 모니터링 장치가 설치되어 있으며, 2006년부터 임하댐에 선택배제 시설이 운영 중에 있으며, 용담 및 소양강댐 등에서도 고탁수 배제를 위한 시설

이 곧 도입될 예정이다.

한국수자원공사 수자원연구원에서는 대청댐에 구축한 실시간 저수지 탁수 감시 및 예측 기술의 시스템 구성과 탁수예측 알고리즘을 활용하여 소양, 임하, 안동 등 하절기 고탁수 문제가 발생되고 있는 다목적댐들에 대하여 탁수발생예측 및 호내 탁수거동을 분석할 수 있는 시스템을 구축하였다(한국수자원공사, 2007). 수자원연구원에서는 통합유역관리차원의 탁수관리를 위하여 탁수 TF팀을 구성하여 수자원공사의 현업부서들이 하절기 홍수기간 동안 합리적인 탁수관리를 수행할 수 있도록 적극적으로 지원하고 있다.

2. 탁도관리 의사결정 시스템 구축 현황

탁수관리의 기본개념은 용수공급능력을 고려하여 고탁수 유입시 신속한 방류를 통하여 호내 탁수 장기화를 방지하는데 있다. 이러한 운영방법은 개념적으로는 단순하지만 적절한 시기, 위치, 방류량 등 다양한 조건을 함께 고려하여야 하며 이를 위해서는 탁수 거동을 예측, 평가할 수 있는 모델을 이용, 합리적인 의사결정이 요구된다. 이와 더불어, 저수지 상류로부터 발생하여 호내로 유입되는 탁수량을 예측하고 댐에서의 방류이후 고탁도 방류수의 영향범위를 파악할 수 있는 통합적인 시스템 개발이 필요하다.

현재까지 구축해 온 탁수관리를 위한 통합 의사결정지원시스템의 기본적인 구성을 그림 1에 제시하였다. 먼저 상류유역에서 발생, 저수지로 유입되는 탁수를 예측하고자 유출 및 부유사를 모의할 수 있는 SWAT(일별 모의 가능) 및 HSPF(시간별 모의 가능)

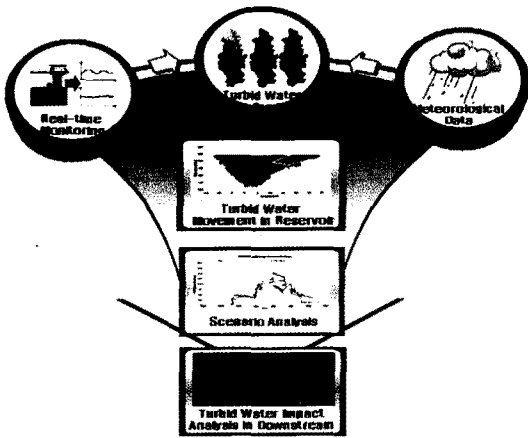


그림 1. 입하-안동에 구축된 통합탁수관리시스템 개요

모형을 구축하였으며, 유입된 탁수의 호내 거동예측 및 관리방안을 도출하고자 2차원 저수지 수질 모델인 CE-QUAL-W2 모형을 이용하였으며, 댐에서 방류된 탁수가 댐 하류하천에 미치는 영향 분석은 1차원 동적 수리수질 모의모형인 KoRiv1 모형을 이용하였다. 이렇게 구축된 모형을 바탕으로 유역에서의 토사 유출, 저수지 내 탁수거동, 그리고 하류하천에서의

고탁도 전파현상까지 일련의 과정을 단계적으로 분석, 이를 토대로 유역 저수지군 운영 의사결정을 실시간적으로 지원하는 시스템을 구축하였다.

구축된 시스템을 활용하여 저수지로 유입된 탁수를 방류하기 위한 선택배제시설 운영지원 프로그램을 개발하여 탁수유입 단계에 따라 시간별로 적용하여야 할 시나리오를 구성하고 각 해당 단계에서 의사 결정을 하여야 한다. 이러한 과정은 그림 2와 같이 우선 탁수유입을 기준으로 (1) 탁수유입 예측단계, (2) 탁수거동 예측단계, (3) 고탁수 유입시 탁수층 선택배제 단계, (4) 하류부 영향을 고려한 표면취수 검토단계, (5) 전도현상으로 인한 호내 영향 검토단계로 구분할 수 있다.

표 1은 최근 4년간 다목적 댐 저수지 탁수관리 대책수립을 위한 과제수행의 주요 내용을 요약하였으며, 표 2에서는 구축된 시스템 현황을 탁수 발생예측, 호내 탁수 거동해석, 하류하천 영향평가 모델로 구분하여 나타내었다.

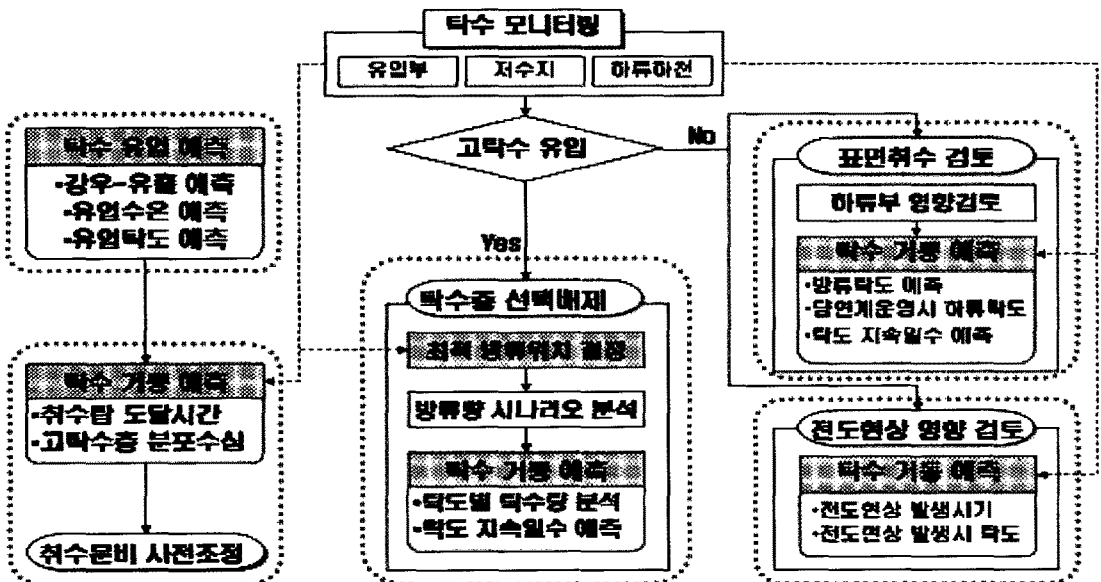


그림 2. 탁수거동 분석을 위한 시나리오의 개념도

표 1. 탁수발생 대상저수지 탁수저감관련 과제현황

유역	분야		과제명	년도	주요성과	활용내용
	호내	하천				
	○		임하호 탁수층의 혼합거동 해석	'04	- 선택취수를 통한 임하호내 탁도 저감 방안 제시	- 임하댐 탁수저감방안 수립용역 중 신규 선택취수설비 설계자료로 활용
	○		저수지의 탁도 거동 해석	'06	- 소양호, 충주호, 안동호 선택취수를 통한 방류수 탁도저감 타당성 분석 - 소양호 탁수배제터널설치시 탁도 저감효과분석	- 소양호, 충주호, 안동호 선택배제 시설 설치 타당성 검토 자료로 활용
○			GIS를 이용한 임하호 유역의 토사거동 해석	'04	- 임하호 유역의 하천별 토사유실량 평가 및 토사유실 원인지역 선정	- 임하호유역 탁수저감 대책사업의 사업대상지 선정 및 효과분석 자료로 활용
○			GIS 기반 댐유역간 토사 유실비교분석 및 시스템 구축	'05	- 임하호유역의 탁수 및 토사유실 발생원인 분석 - 지질특성을 고려한 토사유실평가 기법 제시	- 다목적댐 탁수저감방안 수립용역 중 안동호유역의 토사유실평가 및 원인지역 선정에 활용
	○		GIS 기반 댐유역간 토사 유실비교 연구	'06	- 소양, 대청, 안동, 충주호에 대한 토사유실량 평가 및 토사유실원인 지역 선정, 하천의 특성을 고려한 토사유실 영향 특성 평가	- 다목적댐 탁수저감방안 수립용역의 기본자료로 활용
○	○	○	저수지 연계운영을 통한 탁도관리방안 연구	'05~'08	- 임하호 및 안동호에 대하여 유역 유출, 호내거동, 하류하천 분석 모형의 구축	- 저수지 연계운영에 대한 의사결정 지원을 위한 기반연구로 활용

표 2. 탁수관리 지원을 위한 유역별 모델 구축현황

구 분	구축모형			
	유역 탁수발생 예측	하류하천 탁수영향 분석	호내 탁수거동 분석	
한 강 수 계	소양	SWAT	구축 중	CE-QUAL-W2
	충주	구축 중	구축 중	CE-QUAL-W2
금 강 수 계	용담	SWAT, HSPF	CE-QUAL-W2	CE-QUAL-W2
	대청	SWAT	KoRiv1	CE-QUAL-W2
낙동강 수 계	임하	SWAT, HSPF	KoRiv1	CE-QUAL-W2
	안동	SWAT, HSPF	KoRiv1	CE-QUAL-W2

3. 하절기 탁수를 고려한 저수지 운영 지원 사례

2006년 하절기 호우시 선택배제 시설 여부에 따른 호내 탁수거동 및 방류수 탁도를 분석하여 저수지 운영을 지원하였다(이상욱 외, 2007). 선택취수시설을 설치하지 않은 경우 표층~7m에서 탁수를 배제하였을 때와 현재 취수시설의 운영 위치인 EL. 131~139m, EL. 131~142m에서 배제를 실시하는 경우와

비교하였는데, 그 결과는 선택배제 시설을 이용한 경우가 그렇지 않은 경우보다 호내 탁수를 효과적으로 감소시키는 것으로 나타났다(그림 3). 방류 탁도를 통하여 결과를 분석해 보면 선택 취수시설이 설치되어 있는 경우가 설치되어 있지 않은 경우에 비하여 전기 간 높은 탁도의 물을 배제하고 있으며(그림 4), 100 NTU 이상의 고탁도의 물을 3배가량 배제할 수 있음을 알 수 있었고, 이러한 사항을 저수지 운영에 반영

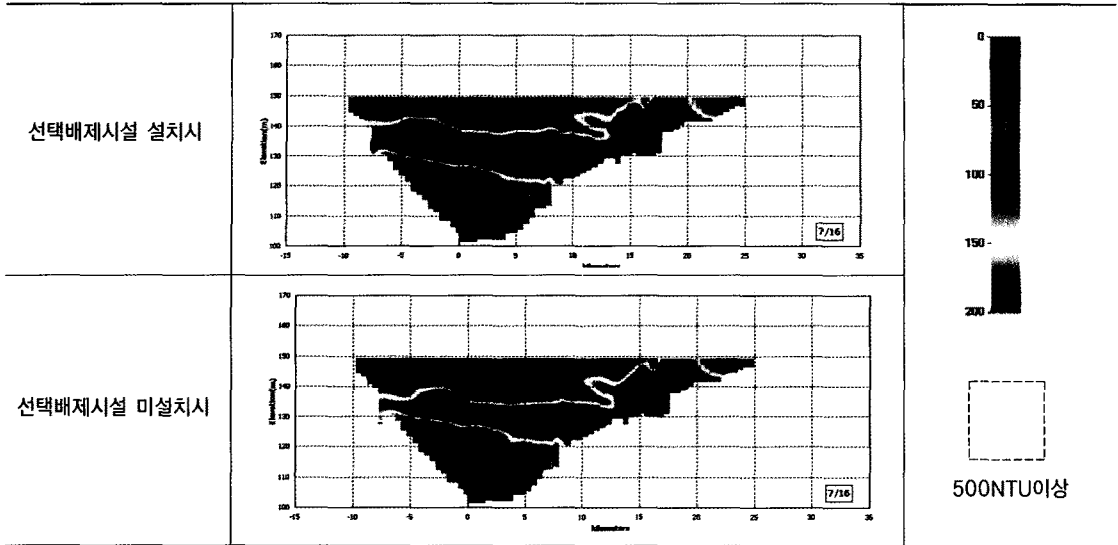


그림 3. 임하호에서 탁도 거동 모의 결과

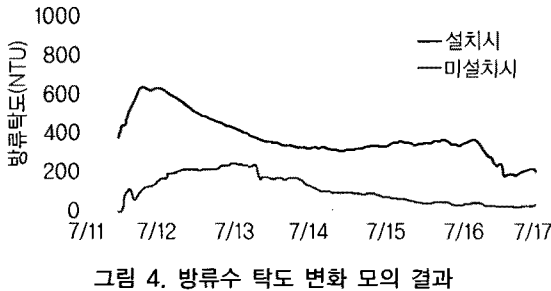


그림 4. 방류수 탁도 변화 모의 결과

는 최대발전방류량과 용수공급을 고려하여 적용 가능한 방류량인 150, 100m³/s에 대하여 검토하였으며, 분석결과 방류량의 조정에 따른 방류탁도의 변화는 크지 않은 것으로 나타났고, 이를 반영하여 댐방류량을 용수공급량의 확보 위주로 운영계획이 수립되었다.

하여 탁수저감 대책수립에 기여하였다.

2007년 하절기 소양강댐 및 임하댐에는 2006년에 비하여 큰 탁수의 유입은 없었으나, 호내에 유입된 탁수를 최대한 빠른 시일 내에 배제하여 하류하천에 미치는 영향을 최소화하고 안정적인 수자원을 확보하고자 탁수거동 분석을 수행하였다. 2007년 소양호에는 8월의 강우로 인하여 최대유입량 5,647 m³/s, 최대 유입탁도 1,758 NTU로 나타났고, 100NTU 이상 고탁수가 6억2천백만톤 이상 유입되었다. 수자원공사의 물관리센터에서는 주 2회씩 저수지 운영계획을 수립하는 과정에서 방류탁도가 30NTU 이상이 되는 기간을 최소화하는 방류 시나리오에 따른 방류탁도의 예측을 수행하였다. 시나리오

4. 결론

장마 및 태풍으로 인한 탁수의 발생, 거동, 및 영향 예측을 위한 상류-저수지-하류하천을 연계한 탁수관리시스템을 주요 수계별로 구축되었다. 이를 활용하여 새롭게 도입된 선택배제 시설의 효과분석, 효율적인 탁수 배제를 위한 실시간 저수지 운영지원, 임하-안동 연계운영을 통한 하류하천의 탁수 저감방안 등 저수지 탁수유입에 따른 탁수 거동 예측, 탁수배제 효과 분석 및 신속한 방안 제시를 통하여 저수지 운영 및 수질관리를 지원하고 있다. 하절기 적절한 탁수관리를 위해서는 효율적인 저수지 운영을 지원할 수 있도록 실시간 모의가 중요하며 이를 바탕으로 고

탁수층 조기배제를 위하여 선택배제 시설을 통한 방류량 및 방류위치 선정에 있어 합리적인 의사결정 지원 도구로도 활용도가 높음을 알 수 있었다.

참고문헌

- 한국수자원공사 (2007), “저수지 연계운영을 통한 탁도관리방안 연구” 수자원연구원 연구보고서.
- 이상욱, 김정곤, 노준우, 고익환 (2007), “CE-QUAL-W2 모델을 이용한 임하호 선택배제시설의 효과분석” 수질보전 한국물환경학회지 23권 2호 pp. 228~235. ☞