

## II. 학술 · 기술기사 (6편)

수질-수량 연계 강화를 위한 댐-보 운영 고도화 방안 (김현식 차장, K-water)

불확실성 증가에 따른 댐 · 저수지 위험도 평가 (임정열 수석연구원, K-water)  
콜롬비아 이투안고 댐 건설 중 수재해 위험 사례 (김남룡 책임연구원, K-water)

「내진설계기준 공통적용사항」 제정에 따른 「댐 내진설계기준」 개정 (유진권 선임연구원, 김선욱 차장, 오병동 차장, 양승인 차장, K-water)

내진설계기준 강화에 따른 댐 내진안정성 평가 (조성배 선임연구원, 김태민 선임연구원, 김남룡 책임연구원, K-water)

파키스탄 Patrind 수력발전사업 소개 (임경희 차장, K-water)

# 수질-수량 연계 강화를 위한 댐-보 연계 운영 고도화



김현식 차장  
(K-water)

### 1. 서론

금년 6월 물관리위원회 관련 3법의 공표와 함께 1994년 건설부의 상·하수도 기능이 환경부로 일부 이관된 이후 24년간의 오랜 숙원이었던 수질과 수량을 통합 관리하는 물관리 일원화가 시행되었다. 이번 물관리 일원화 관련법의 통과로 하천관리를 제외한 수량, 수질, 재해예방 등 대부분의 물관리 기능이 환경부로 일원화되었다. 물관리 일원화는 그동안 가뭄, 홍수 등 물 재해 대응 및 안정적 용수공급을 위한 수량중심의 물관리에서 하천의 녹조·수질 문제까지 적극적으로 해결하기 위한 국가 물관리 정책 변화의 시작점인 것이다.

물관리 일원화를 위해 정부는 지난해 7월부터 수량, 수질-수생태, 거버넌스 등 민·官·學 전문가 약 200여명이 참여하는 '통합물관리 비전포럼'을 운영하여 권역별 통합물관리 비전, 핵심가치, 정책목표 등을 발굴하였으며, 올해 8월에는 물관리 일원화의 국민적 공감대 형성을 위해 국회 물관리 정책 토론회, 유역별 간담회 등을 개최하여 지역의견 수렴 과정을 거쳐 물관리 일원화 100일 첫걸음 과제를 수립하였다. 첫 걸음과제는 수질-수량 연계 강화 및 댐-보 연계운영 최적화 등 14개 정책과제를 담고 있으며, 안동·임하·합천댐에서 37백만 톤의 환경대응용수를 방류하여 녹조를 개선한 사례를 환경부 물관리 일원화 100일 4대 성과 중 하나로 선정할 만큼 수질-수량 연계를 고려한 통합 운영 강화에 대한 요구는 지속적으로 증가되고 있다.

이에 K-water에서도 시대적 요구에 부응하기 위해 그간의 수질-수량 연계 운영 현황과 문제점을 진단하고 수질-수량 연계 강화 및 통합운영 최적화를 위한 댐-보 연계 운영 고도화 추진계획을 수립하여 금번 대담회 학술 및 기술기사를 통해 소개하고자 한다.

### 2. 그간 수질-수량 연계 현황 및 문제점

1960년대 정부 물관리 정책은 경제발전에 우선순위를 두고 대규모 다목적댐 및 하굿둑을 건설하여 필요한 생·공용수 확보하고 홍수조절을 통해 피해를 예방하는데 주안점을 두었다. 이후 1991년 낙동강 페놀 유출 사건으로 수량(국토부)와 수질(환경부)관리가 이원화 되고, 1999년 하천법 개정(하천유지유량반영)으로 수질과 생태계까지 고려하기 시작하였지만, 수질-수량을 연계한 체계적인 대응보다는 대규모 수질 문제 발생 시 일시적인 댐 증가 방류 등 사후복구 중심의 대책을 시행하였다.

환경대응용수 도입 전 : '91~'13년, 11회, 241백만㎥ 증가방류

방류목적	댐 명	기간	증가방류
낙동강 구미공단 페놀유출사고('91.3.16)	안동댐	'91.3.18~21일	7백만㎥
낙동강수계 감천 페놀유출사고('08.3.1)	안동댐	'08.3.2~4일	7백만㎥
	임하댐		5백만㎥
	합천댐	'08.3.2~5일	14백만㎥
낙동강 1,4다이옥산 검출 ('09.1월)	안동댐	'09.1.15일	50만㎥
	합천댐	'09.1.21일	30만㎥
	안동댐	'09.1.22~25일	394만㎥
	합천댐	'09.1.22~27일	62만㎥
팔당호 냄새물질 조류저감 ('11.11월~'12.1월)	소양강댐	'11.11.29일~'12.1.16일	0.85억㎥
팔당호, 한강 상수원 녹조현상 개선('12.8월)	충주댐	'12.8.10~12일	1.0억㎥
창녕합안보 녹조개선 "조류경보"('13.7.30)	남강댐	'13.8.2~5일	10백만㎥
창녕합안보 녹조개선 "조류경보"('13.9.5)	남강댐	'13.9.10~12 일	8백만㎥

4대강 사업이후 녹조 발생 등 환경 이슈가 지속적으로 대두되면서 비로소 본격적인 환경대응용수 필요성에 대해 공론화가 되었고, 2014년 댐-보 등의 연계운영 중앙협의회 의결을 통해 낙동강 수계 3개댐(안동, 임하, 합천)을 대상으로 홍수기(6.21~9.20) 동안 댐 하류 하천의 유량이 풍부할 경우 일정량 공급방식(Firm supply)에서 댐 용수를 일부 줄여 공급·비축하는 부족분공급방식(Deficit supply)을 시범적으로 도입하였다. 이후 4대강 수계 10개댐으로 점진적으로 확대하고, 적용기간도 연중 상시로 확대하여 총 229백만㎥의 환경대응용수를 확보하였으며, 가뭄에 지장 없는 범위에서 49백만㎥의 댐 용수를 녹조 개선 등 수질개선을 위해 활용하였다.

환경대응용수 확보 및 활용 현황

구 분	'14년(도입)	'15년(확대)	'16년(확대)	'17년(확대)	'18년
대상 댐	3개댐 (안동, 임하, 합천)	5개댐 (+소양강, 충주)	10개댐 (+군위, 김천부항성덕, 대청, 주암)	좌동	좌동
대상용수	하천유지용수	하천유지용수	하천유지용수+농업용수	좌동	좌동
시 기	홍수기(6.21~9.20)	홍수기	홍수기	연중	좌동
확보(백만㎥)	8.9	0.5	37	107.7	75.0
활용(백만㎥)	-	-	12.2 (합천 9, 대청 3.2)	-	36.6 (안동·임하 18.3, 합천 18.3)

그러나, 환경대응용수 확보 측면에서 기존의 부족분공급방식(Deficit supply) 적용은 대하천 중심(10개댐)으로 국한되고, 하천 유량이 평수량 이상일 때만 비축하는 보수적인 기준을 적용하고 있어 확보량이 제한적이며, 댐 여유수량 및 농업환경 변화에 따른 댐용수 수요 감소량에 대한 정량적 활용기준이 없어 추가적인 환경대응용수 확보가 어려운 상황이다.

확보된 환경대응용수를 활용하는 절차도 개선이 필요하다. 댐과 저수지 등에서 확보된 환경대응용수는 7~15일 주기로 공유되고 장래 전망치를 제공하지 않아 신속한 의사결정에 한계가 있으며, 환경대응용수 활용 시 수질예측, 각종 협의회 개최 등 의사결정에 상당한 시간이 소요되어 녹조 등 수질 악화시기에 맞춘 즉각적 대응도 곤란하다. 또한, 확보된 환경대응용수 활용에 대한 방류 시기, 규모 등 명시적 기준이 없어 효과적인 활용에 어려움이 있다.

이외로, 환경대응용수 측면뿐만 아니라 댐-보 운영측면에서 좀 더 세심한 관리가 필요하다. 댐 호소 내 영양염류를 조기배제 하거나 녹조 확산 방지를 위한 수질관리 수위를 설정하는 등 호소 내 대책이 필요하며, 댐간 연계운영에 있어서도 수량뿐만 아니라 수질·녹조를 고려한 연계 운영이 필요하다. 하천 수질과 녹조 관리 측면에서는 보 개방과 연계하여 보별 녹조 특성 및 운영여건을 고려한 최적 운영 방안 마련도 필요한 실정이다.

이에, 앞서 언급한 문제점들을 개선하고, 수질-수량 연계 및 통합운영 강화를 위해서 K-water에 서는 아래와 같이 대책을 마련하여 추진코자 한다.

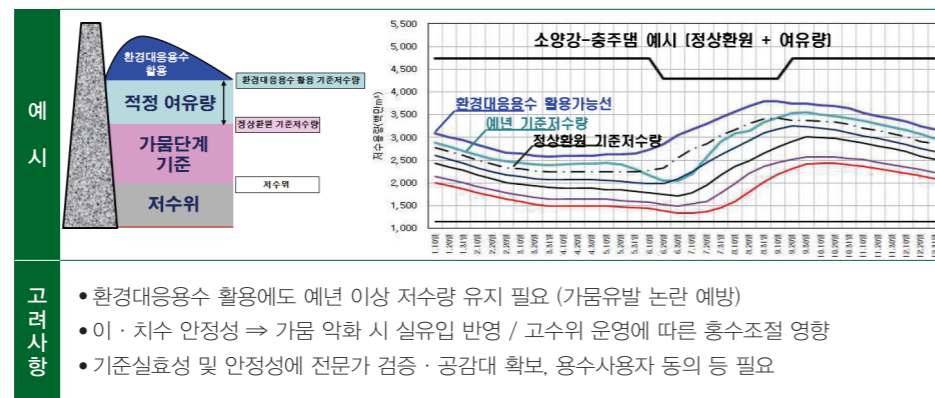
### 3. 댐-보 연계 운영 고도화 방안

#### 가. 수질-수량 연계 위한 충분한 환경대응용수 확보

1) 댐 부족분공급방식(Deficit supply)에서 댐 용수 비축기준을 현재 평수량 이상에서 하천의 환경적 영향을 고려하여 평수량~저수량 사이로 점진적으로 완화하고 대하천 중심(다목적댐 10개)에서 중소하천 대상 시설(다목적댐 10개, 용수댐 14개)까지 확대하는 방안을 검토할 계획이다.

2) 기존 가뭄대응·수량확보 중심의 '댐 용수공급 조정기준'을 보완하여 수질까지 고려한 환경대응용수 활용기준을 신설하고 수질개선을 위해 활용 가능한 유량을 구체화할 계획이다.

댐 여유량 활용 기준(예시)

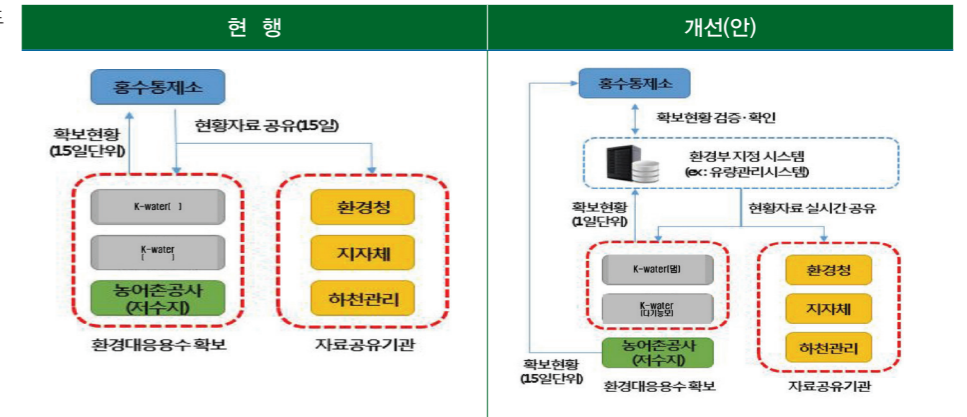


3) 감소된 댐 하류 농경지 등 농업환경 변화를 고려하여 양수장별 사용실적 등을 홍수통제소와 협의·조사하여 기본계획공급량 대비 잉여 농업용수를 비축하고 환경대응용수로 활용하는 방안을 추진할 계획이다.

#### 나. 환경대응용수 활용절차 개선

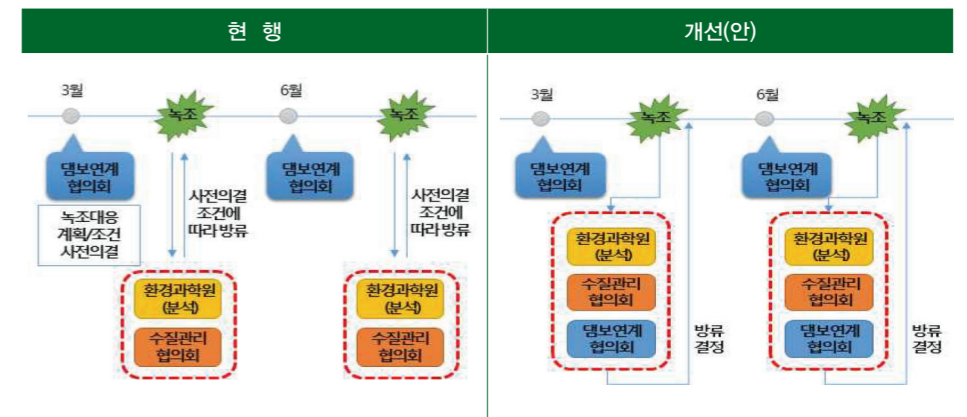
1) 환경대응용수 활용의 적시성 확보를 위해 관계기관과 협의하여 확보수량에 대한 공유주기를 단축(15일→매일)하고 향후 전망(7~10일 주기)을 공유할 수 있는 체계를 구축할 계획이다.

자료공유 절차 개선 개념도



2) 수질과 녹조 대응 절차를 사전에 설정하고 댐-보 등의 연계운영협의회에서 의결하여 수질악화 상황발생시 별도로 댐-보 등의 연계운영협의회 의결을 받지 않고 즉시 활용할 수 있도록 기준화하고 정책결정 기간을 단축할 계획이다.

댐-보 연계운영 절차 간소화 개념도

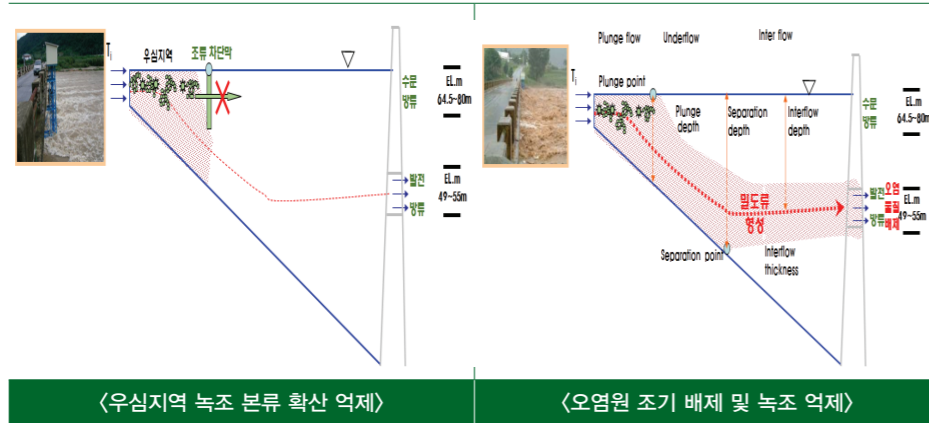


3) 수질 특성(조류발생 시기, 종류 등) 및 유량 등을 고려하여 효과적으로 환경대응용수가 공급될 수 있도록 예측 모델링을 통해 사전 분석하고 실제 공급 후 검증을 통해 '권역별 맞춤형 환경대응용수 활용 가이드라인'을 마련할 계획이다.

다. 수질을 고려한 댐-보 연계운영 고도화

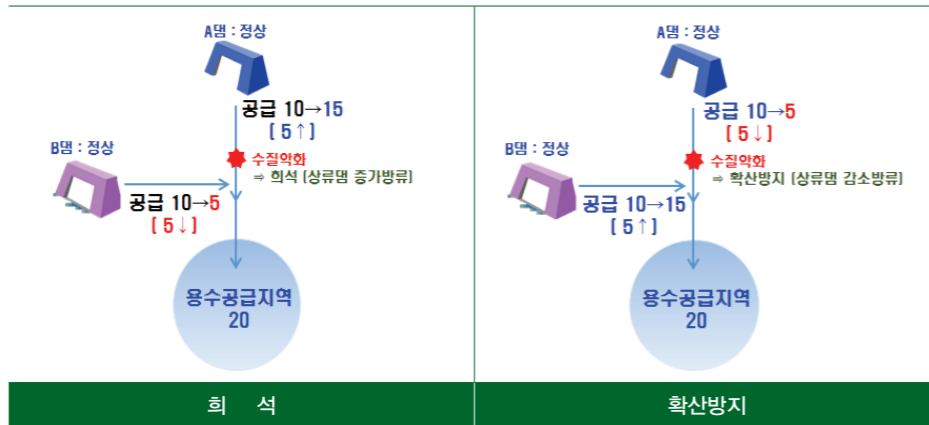
1) 홍수조절과 용수공급에 지장이 없는 범위 내에서 댐 저수지로 유입된 탁수를 선택적으로 배제하여 우심지역 정체현상을 방지하고, 녹조 우심지역의 확산을 방지하기 위해 시기별 수질관리 수위 설정하는 등 댐 운영을 고도화할 계획이다.

오염원 조기 배제 및 녹조 억제방안(예시)



2) 기존 홍수조절, 용수공급 등 수량 중심의 댐 간 연계운영에서, 수질 악화 시 댐 간 연계 운영을 통해 희석하거나 확산을 방지하는 등 하천의 수질·생태까지 고려한 연계운영을 추진할 계획이다.

수질고려 댐 간 연계운영 개념도(예시)



3) 현재, 보별 수문형식, 오염원 여건 등을 고려한 녹조 배제를 위한 방류를 지속하고, 최적 댐-보 연계운영 방안도 수립하여 정부에 건의할 계획이다.

기 시행중인, 녹조 특성을 고려한 배제방법

구분	규조류(diatom)	남조류(blue-green algae)			
	비운동성, 다수층 분포 (전층 및 하부 배제 유리)	표층 및 상층 증식 (상부배제 유리)			
개념도					
배제방안	보 개방 운영수위 고려				
	주수문+발전	주수문	자연월류	보조수문 + 월류	주수문 + 월류
운영조건	1)조류경보·수질예보제 우점종 발령상황 고려, 미발령시 우심지역순찰결과등 현장여건에 따라 운영 2)홍수시에는 원활한 홍수소통 위주로 운영하되 개방여건에 따라 월류심 확보 등 녹조배제				

4. 결론

최근 기후변화로 5년간 장기간 가뭄이 지속되었으며 올해는 가뭄 이후 6년만의 두 차례 태풍내습, 10월 집중호우 등 기상상황이 급변하고 있으며, 물관리 일원화이후 수질-수량 연계 강화 및 통합운영에 대한 국민적 관심이 큰 상황에서, 그 어느 때보다도 물관리에 대한 변화와 혁신이 필요한 상황이다.

이에, 그동안 점진적으로 추진한 가뭄, 홍수 등 물재해 대응력 확보뿐만 아니라 수질-수량 연계 및 통합 운영 최적화를 위한 환경대응용수 확보(3개과제), 환경대응용수 활용(3개과제), 댐-보 운영 고도화(3개과제) 등 댐-보 연계운영고도화 방안을 차질 없이 추진할 계획이다.

- ① (환경대응용수 확보) 댐 부족분 공급방식 확대, 댐 여유량 활용기준 마련, 다목적댐 농업용수 여유량 활용
- ② (환경대응용수 활용) 환경대응용수 공유절차 개선, 환경대응용수 활용절차 간소화, 환경대응용수 활용방안 정립
- ③ (댐-보 운영 고도화) 저수지 수질을 고려한 댐 운영, 수질-수량 고려 댐간 연계운영 개선, 녹조 배제 중심 보 운영 개선

마지막으로, 정부 부처 및 관련 기관과 긴밀하게 협력하여 실행력을 높이고 가뭄과 홍수에도 안전하고, 하천 수질과 생태계가 개선되어 국민이 체감할 수 있는 물관리 일원화 성과가 창출 될 수 있도록 국내 유일의 물관리 전문기관인 K-water에서는 50년 축적된 물관리 역량을 집중할 계획이다.