

안동 및 임하댐 연계운영을 통한 하류하천 탁도관리방안 연구

노준우*, 김정곤**, 이배성***, 고익환****

Joonwoo Noh, Jeongkon Kim, Baesung Lee, Ickhwan Ko

요 지

2005년부터 홍수기 유입된 탁수를 조기방류함에 있어서 안동댐과의 연계운영을 통한 탁도저감 대책이 수립되었으며, 이와 더불어 하류하천의 탁도관리 시스템 구축이 요구되는 실정이다. 본 연구에서는 이러한 하류하천의 탁도관리를 지원하는 모형을 구축함으로써 안동 및 임하댐의 연계운영을 통한 하류하천 탁도관리 방안을 수립하고자 한다. 기본적으로 시간적인 변동이 심한 댐 방류시나리오를 입력자료로 구성하여 탁도자료와 함께 하류하천의 영향거리를 분석하고 자연흐름에 의한 탁도저감을 평가하고자 함이 연구의 골자가 된다.

본 연구에서는 임하 및 안동댐의 호내 탁도분포를 조사하고 하류하천의 지점별 탁도를 측정함과 동시에 동적수질모형인 KoRiv1-win 모형을 사용하여 하류단 탁도를 계산할 수 있도록 구성하였으며 댐직하류 구간에 대해서는 2차원 유한요소 흐름해석 모형인 SMS모형을 사용해서 모의를 수행하였다. 2차원 및 1차원 수리해석 및 수질해석결과를 바탕으로 탁수전과 거리 및 탁도도달 시간을 산정함과 하류단 탁도저감을 위한 저수지 연계운영에 활용할 수 있도록 하였다.

핵심용어: 탁수, SMS, KoRiv1-win, 하류하천, 댐연계운영

1. 서론

저수지의 탁수문제는 유역, 저수지 그리고 하류하천을 대상으로 포괄적으로 관리되어야 한다. 저수지의 탁도상승은 곧바로 하류하천의 탁도를 증가시켜 지역주민의 민원의 대상이 되고 아울러 하류 정수장의 처리비용과도 밀접한 관련이 있다. 2004년 임하호 유역의 유역관리 방안이 수립되고 저수지내 탁도모의 모형과 함께 자동탁도 시스템이 구축되어 탁도의 실시간 모니터링이 가능하게 되었다. 이와 함께 중층방류를 지원하는 취수탑개선 공사가 현재 진행중이며 탁도저감에 대한 종합적인 관리방안이 기 수립된 실정이다. 2005년부터 홍수기 유입된 탁수를 조기방류함에 있어서 안동댐과의 연계운영을 통한 탁도저감 대책이 수립되었으며, 이와 더불어 하류하천의 탁도관리 시스템 구축이 요구되는 실정이다. 본 연구에서는 이러한 하류하천의 탁도관리를 지원하는 모형을 구축함으로써 안동 및 임하댐의 연계운영을 통한 하류하천 탁도관리 방안을 수립하고자 한다. 기본적으로 시간적인 변동이 심한 댐 방류시나리오를 입력자료로 구성하여 탁도자료와 함께 하류하천의 영향거리를 분석하고 자연흐름에 의한 탁도저감을 평가하고자 함이 골자가 된다. 하류단 탁도모의 시스템을 구축하기 위하여 안동 및 임하댐 하류하천에 대한 지형자료를 바탕으로 2차원 지표수 해석모형인 SMS를 이용하여 흐름양상을 분석하고 이를 기반으로 탁도전과해석을 실시하였다. 흐름해석을 위해서는 RMA2 모듈이 사용되었으며 RMA4모듈을 이용하여 유입된 탁질입자의 전과양상을 해석하였다.

* 정회원. 한국수자원공사 수자원연구원 선임연구원 공학박사E-mail : jnoh@kowaco.or.kr

** 정회원. 한국수자원공사 수자원연구원 책임연구원 공학석사E-mail : jkkim@kowaco.or.kr

*** 정회원. 한국수자원공사 수자원연구원 연구원 공학석사E-mail : ce407@hanmail.net

**** 정회원. 한국수자원공사 수자원연구원 수자원환경연구소장 공학박사E-mail : ihko@kowaco.or.kr

2. 2005년 탁도현황

먼저 홍수기 유역의 탁도분포를 살펴보았다. 그림 1은 안동 및 임하댐의 탁도측정지점을 나타낸 것이며 탁도 자료는 이들 측정지점에서 수집되어 주기적으로 관리되고 있다.

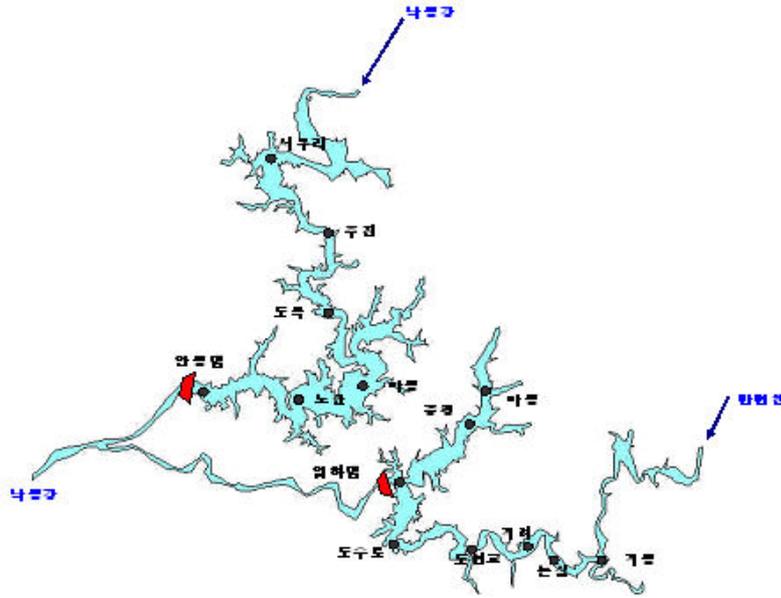


그림 1. 안동 및 임하댐 탁도측정지점

2.1 안동호의 탁도현황

먼저 안동호의 탁도현황을 살펴보기 위하여 2005년 7월 및 8월 중 수집된 자료를 이용하여 호내 지점별 탁도변동을 조사하였다. 안동호의 탁도분포를 살펴보면 7월초에 발생한 강우의 영향으로 7월 5일 최대탁도를 보이며 7월 8일에 접어들어 상당량 감소하게 된다. 다시 7월 12일 발생한 강우로부터 탁도가 동반되어 댐상류인 서부리의 탁도가 크게 증가하였으며 증가된 탁도는 7월 15일을 지나면서 점진적으로 댐측으로 이동하는 양상을 보이다가 7월 19일부터 안정화되기 시작하여 7월 27일, 8월 5일에는 저수지 전역에 걸쳐서 최대탁도 50 NTU이하로 저감된다. 그림 2. 는 안동호의 탁도분포결과를 나타낸다.

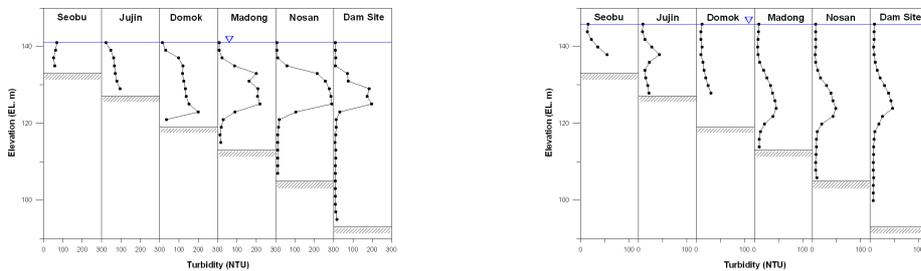


그림 2. 안동호 탁도분포 (2005년 7월 5일 및 2005년 8월 5일)

2.2 임하호의 탁도변동

동절기를 거쳐서 봄철에 이르기까지 호내 탁도는 큰 변동없이 50 NTU이하의 안정적인 탁도분포를 보이게 된다. 이러한 현상은 초여름까지 지속되다가 본격적인 홍수기로 접어들면서 7월 1일 영양지역에서 발

생한 단기 집중호우로 댐축 부근과 도수로 지점에서 최고탁도 500 NTU를 상회하는 측정치를 보이기도 한다. 이는 7월 8일을 지나 점진적으로 감소하면서 안정화되는 추세를 보이다가 7월 11일 집중강우로 인해 다시 한번 증가하게 된다. 7월 11일 반변천유역에 설치된 탁도계는 측정한계를 넘어서는 장애보고가 접수된 사례가 있었으나 강우사상이 단기간에 그치면서 전체 호내탁도에는 큰 영향을 미치지 못하고 7월 15일 및 18일을 거치면서 점차 감소하다가 8월 1일 호내 전역에 걸쳐 100 NTU이하의 값으로 안정화됨을 알 수 있다. 8월 말을 거치면서 9월에 접어들면서 발생한 태풍 나비는 이 지역을 비껴감으로써 태풍에 의한 탁도증가는 크지 않았음을 9월 5일 및 9월 15일 자료로부터 유추할 수 있다. 홍수기를 지내고 가을 및 동절기로 접어들면서 호내탁도는 다시 감소하는 추세를 보이면서 호내 전역에 걸쳐서 50 NTU 이하의 낮은 탁도분포를 보인다. 그림 3.은 임하호의 탁도변동을 보여주는 그림이다.

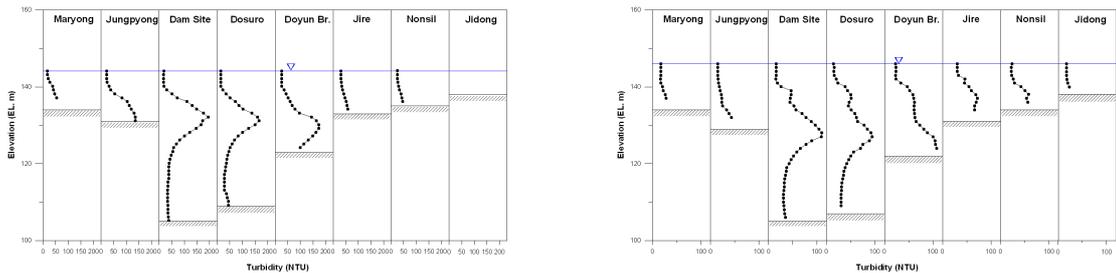


그림 3. 임하호 탁도분포 (2005년 7월 8일 및 2005년 8월 8일)

3. 하류하천 탁도관리

하류하천의 탁도관리를 위해서 댐 관리단에서는 하류단 탁도를 주기적으로 측정하고 있다. 그림 4. 은 2004년도와 2005년도의 하류탁도를 비교한 것이며 2005년의 하류탁도는 저수지와 마찬가지로 전해에 비하여 상당량 감소한 것을 알 수 있다. 2005년의 경우 안동댐 하류부의 탁도가 임하댐과 비교하여 큰 폭으로 상승한 시점이 있었다. 이는 이 시기에 안동댐에 대한 탁도가 국부적인 집중호우로 말미암아 상대적으로 높아진 탓이며 그 외에 내성천 및 타지류의 탁도가 증가한 것이 주된 원인이다. 그림 4.는 2004년과 2005년 동안 수집된 낙동강 하류하천의 탁도분포를 나타낸 그림이다.

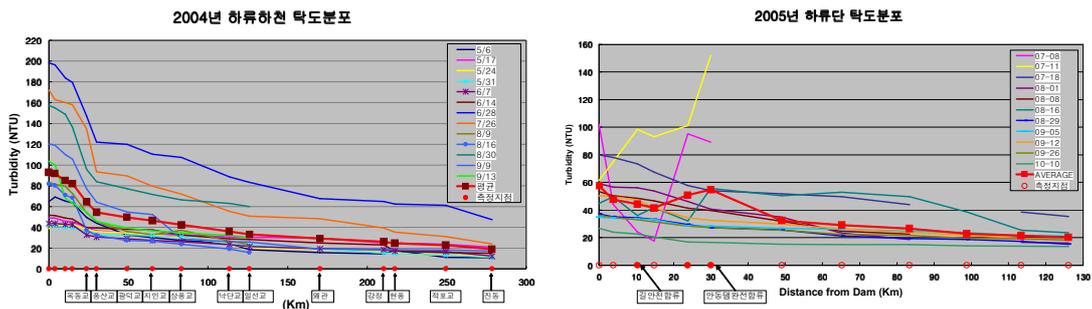


그림 4. 하류하천 탁도분포 (2004년 및 2005년)

3.1 1차원 동적수질모형 구축

2005년 7월 9일부터 7월 18일까지 안동댐 및 임하댐의 시간위 방류량자료를 활용하여 낙동강 및 반변천의 최상류단 유량으로 입력해 주었다. 각 지류에 대한 유입유량은 동일기간중 정상상태의 일정한 유량이 흐르는 것으로 가정하였으며 방류수의 탁도는 임하댐의 경우 100NTU 그리고 안동댐의 경우 30NTU 그 외의 지류에 대해서는 10NTU로 가정하여 모의하였다. 수리 및 수질모들의 모의결과는 그림 5. 에 나와 있으며 하류탁도의 변동을 나타내고 있다.

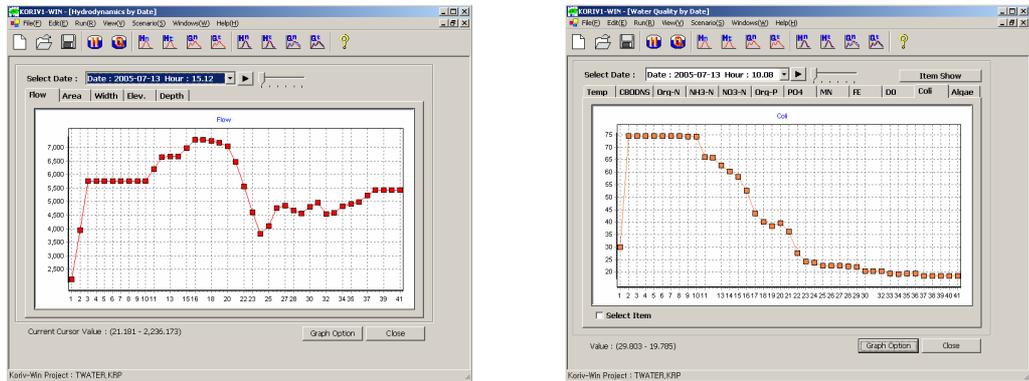


그림 5. KoRiv1-win동적수질 모형 모의결과 (수리모형 및 수질모형 수행결과)

3.2 저수지 직하류구간에 대한 2차원 수치모형구축

안동및 임하댐 직하류구간에 대한 탁도모의를 위하여 범용수치모형인 SMS를 사용하여 수치모의를 수행하였다. 격자구성을 위하여 수치지도를 이용하였으며 안동댐에서 300CMS, 임하댐에서 150 CMS가 방류되는 경우에 대하여 모의를 실시하였다. 모의에 사용된 격자망은 4085개의 격자와 13317개의 절점으로 이루어져 있다. 임하댐 하류인 반변천의 경우 하천의 총길이는 약11km에 달하고 안동댐으로부터 반변천 합류지점까지는 약 4km 그리고 합류지점부터 하류부 말단까지는 7km에 이른다. 유속분포를 위하여 RMA2 모의를 실시하였으며 이를 바탕으로 RMA 4모형을 수행함으로써 탁도모의를 실시하였다. RMA2 모의를 위하여 대상구역의 시작점 과 하류부 말단의 고도차에 의한 제약조건을 극복하기 위하여 Marsh porosity 가정을 활성화하여 모의를 수행하였다. 안동댐 및 임하댐의 탁도조건은 각각 100NTU, 및 30NTU로 가정하였고 모의결과 반변천으로부터 합류지점에 도달하는 시간은 약7시간으로 산정되었으며 완전혼합에 필요한 시간은 10시간정도로 모의되었다. 그림 6은 각각 초기조건 과 완전혼합시의 탁도분포를 나타낸 것이다.

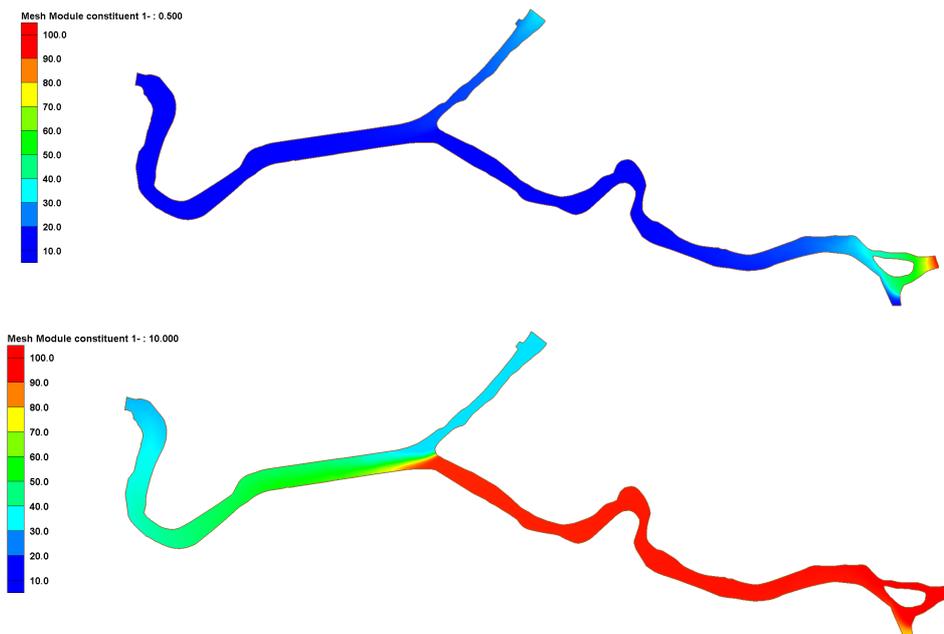


그림 6. RMA4 모의결과 (초기조건, 및 10시간 경과후)

모의결과로부터 임하댐 방류직후 길안천이 합류되어 탁도가 소폭 하락함을 알 수 있으며 반대로 안동댐 방류직후 와야천이 합류되어 탁도가 다소 증가되는 현상도 모의조건에서 반영되었다.

4. 결론

저수지의 탁도관리는 저수지뿐만 아니라 상류유역 그리고 하류하천을 포함하여 포괄적으로 이루어지는 것이 바람직하다. 본 연구에서는 저수지 연계운영을 통한 하류하천에 대한 탁도저감대책을 마련하고자 저수지 탁수거동과 연계하여 활용 가능한 하도모형을 구축하였다. 저수지 직하류 구간에 대해서는 반변천으로부터 유입되는 고탁수가 합류지점을 지나면서 낙동강분류에 완전 혼합되는 양상을 모의하기 위하여 2차원 수치모형인 SMS를 이용하여 구성하고 나머지 하류단에 대해서는 1차원 동적수질모형을 통하여 탁도전파양상을 모의하고자 하였다. 본 연구에서 구축된 시스템을 적용하기 위해서는 보다 입체적인 현장조사를 통한 검보정이 뒷받침되어야 하며 이러한 사항은 차후에 지속적으로 개선해 나갈 예정이다.

저수지의 탁수발생은 우리나라와 같은 몬순지역에서 홍수기시 필연적으로 발생하는 현상이므로 이에 대한 근본적인 대책은 장기간에 걸친 유역대책을 통해서나 가능하다. 이러한 근본적인 유역대책이 완성되기까지 저수지 관리자입장에서는 단기대책의 일환으로 효율적인 저수지 운영을 통해서 하류지역의 물수급에 대비함과 동시에 탁수 장기화를 방지하기 위한 대책마련이 필요하다. 이러한 노력의 일환으로 유역의 탁수발생을 평가할 수 있고 저수지 내부의 탁수거동을 측정하고 모의함과 동시에 하류하천에 대한 탁도전파를 파악할 수 있는 도구를 개발함으로써 보다 최적화된 저수지 운영방안을 마련하고자 한다.

본 연구에서는 다루어진 하도모형은 다양한 시나리오를 통하여 운영자에게 보다 최적화된 저수지 연계운영 방안을 제공할 수 있을 뿐만 아니라 하류단에 위치한 취수장 운영에도 활용가능하다.

참 고 문 헌

1. 김영도, 이용곤, 김대홍 (2004). 저수지에서의 선택배제를 위한 성층흐름 수치모의, 2004년도 학술발표회 논문집, 대한토목학회, (CD-ROM).
2. 정세용 (2003). 저수지 탁수의 밀도류 유동특성 조사와 모의기법에 관한 연구, 한국수자원공사 물관리센터, 제 19회 한일기술교류회의.
3. 정세용, 박기영, 한건연, 전홍진 (2004). 임하호 탁수 거동 분석을 위한 CE-QUAL-W2 모형의 적용, 대한환경공학회 2004 춘계학술발표회 경성대학교, pp. 1220-1225.
4. 최정우 (2002). 임하댐 탁수 차단막 설치효과, 상주대학교 자문의건서.
5. 한국수자원공사 (2004). 밀도성층화된 저수지내의 탁수배제시설 접근흐름에 관한 수치해석, 수자원연구원 연구보고서.
6. 한국수자원공사 (2004). GIS를 이용한 임하호 토사거동 해석, 수자원연구원 연구보고서.
7. 한국수자원공사 (2004a), 임하댐 탁수저감 방안수립 최종보고서.
8. 한국수자원공사 (2003a), 고탁수 유입에 따른 안동시 용상정수장 기술검토, 수자원연구원 국제상하수도연구소 기술지원보고서.
9. Batuca, D.G. and Jordaan, J.M. (2000). Silting and desilting of reservoirs, A.A.Balkema, Rotterdam, Netherlands.
10. Chapra, S.C. (1997). Surface Water-Quality Modeling, McGraw-Hill.
11. Chung, S.W. and Gu, R. (1998). Two-dimensional simulations of contaminant currents in stratified reservoir, J. of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 124, No. 7, pp 704-711.
12. Vanoni, V.A. (1975). Sedimentation Engineering, American Society of Civil Engineers, New York N.Y.