

PE3) WASP모형을 이용한 저수지 수질예측

장인수, 박기범¹, 김진극¹, 오건흥, 이원호¹, 김지학¹
충주대학교 환경공학부, ¹충주대학교 토목공학부

1. 서 론

인구의 집중 및 산업화가 진행됨에 따라 하천 및 호수, 바다의 오염이 심화되어 왔으며, 이로 인해 상수원 및 수자원의 이용에 막대한 지장이 초래되므로 각 국의 과학자들은 측정된 수질 및 수문자료를 이용하여 수학적으로 오염현상을 재현하고 여러 대책에 따른 효과를 평가하고자 노력해 왔다.

90년대 이후 국내의 일부 연구자들은 미국의 모형을 보완하여 국내 실정에 맞도록 수정하여 발표하고 있으며, 특히 QULA2의 수정 모형인 KQUAL97은 EUTRO에 들어있는 내생산 BOD 개념을 처음으로 QUAL2에 도입하였으며, 같은 계열의 모형인 QUALKO(공동수 외, 1999)는 조류와 실측 BOD5, 조류와 NON 및 NOP 관계로부터 CBOD, NON, NOP를 출력하고, EUTRO에 연결하여 하천모델링의 결과를 호수모형인 EUTRO에 최초로 접목시켰다. WASP중 EUTRO의 수정모형인 MEUTRO5(신동석 외, 2000)는 반응계수를 각 계산격자별로 세분화한 QUAL2의 개념을 처음으로 WASP에 도입하여 하천과 호수가 연결된 수계에도 동적모형의 적용이 가능하도록 보완하였으며, CBOD를 사용자가 입력한 실측 BOD₅, NH₃, Chl-a로부터 자동으로 계산하도록 하여, 사용자의 수고를 저감시켰다.

WASP모형은 1983년 Di Toro 등이 Great Lake의 부영양화와 PCB 오염을 예측하기 위하여 처음 개발하였다. Connolly 등(1984), Ambrose 등(1988)에 의해 수정·보완되어 Potomac Estuary 및 James River Estuary, Delaware Estuary, Deep River 등에 적용되었다.

이 모형은 호수, 강, 하구에서 수체의 이동과 일반 및 독성 물질의 이동 및 상호 반응을 모의하며, 수계에 대한 동적 분할 모형으로서 시간에 따른 입력치의 변화를 고려할 수 있어 연중 변화는 물론 짧은 시간간격 사이의 수질 성분 변화를 분석하는 데에도 대단히 유용하다.

WASP모형의 구성은 수리 모형인 DYNHYD와 부영양화 모형인 EUTRO, 독성물질 모형인 TOXI로 구성되어 있으며, 국내에 알려진 WASP모형은 대개 환경영향평가서 등에 사용된 EUTRO를 의미한다.

2. 재료 및 실험 방법

본 연구의 대상유역은 충주다목적 댐의 조정지호를 대상으로 하였으며, 모형의 검정에 사용된 자료는 과업기간중 실측된 수질자료를 이용하여 WASP 모형의 변수를 보정함으로써 수질예측모형이 실제 수역의 특성을 반영할 수 있도록 하였다. DO의 재폭기 계수, 탈산소계수, 질산화율, Sediment 산소요구량, 조류성장, 조류의 내생호흡률 등을 이용하여 보정하였다. BOD 보정은 BOD 수질농도에 영향을 미치는 조류사멸률, 산화율, 유기물질 침강속도, 탈질소율등에 대해 시행착오법을 통해 수행하였다. T-P 보정은 조류내의 인과 탄소의 비율,

용존무기인의 무기화율, 유기인의 분해반응률 등에 대해 수질농도에 미치는 영향을 시행착오법을 통해 수행하였다. WASP 모델의 수질항목별 상수값을 조정함으로써 실행하였다.

표 1. WASP 모델링을 위해 산정된 계수값

수질 항목	상수 번호	개념 및 단위	일반적 범위	보정값
Growth	41	조류의 최대 성장률, (day^{-1})	2.0	2.0
	42	상수 41의 온도보정계수	1.068 [1.0]	1.068
Light	43	빛에 관한 함수 선택자, 1 : Di Toro et al(1971) 이용 2 : Dick Smith's(USGS) 이용	1	1
	46	조류내의 탄소와 chlorophyll -a의 비율, ($\text{mgC}/\text{mgChl-a}$)	20 ~ 50 [30]	30
	47	상수 43에서 1을 선택했을 시 조류에 대한 포화 빛 에너지의 강도 (Ly/day)	200 ~ 500	500
Nutrient	49	조류의 성장시 인의 half saturation, ($\text{mgPO}_4\text{-P}/\text{l}$)	0.001	0.05
	58	조류내의 질소와 탄소의 비율, (mgN/mgC)	0.1~0.48 [0.25]	0.25
Death	50	20 $^{\circ}\text{C}$ 조류의 내생호흡율, (day^{-1})	0.02~0.2 [0.125]	0.125
	51	상수 51의 온도보정계수	1.045 [1.0]	1
	52	동물성 조류에 의한 섭생을 제외한 식물성 조류의 사멸율, (day^{-1})	0.02	0.02
	55	20 $^{\circ}\text{C}$ 저니층에서 조류의 분해 반응율, (day^{-1})	.	0.2
	56	상수 55의 온도보정계수	1.0	1.08

3. 결과 및 고찰

충주다목적 댐의 조정지호의 수질예측은 각 월의 수치를 평균하여 월평균으로 나타내었다. 조정지호의 수질은 2006년, 2011년, 2016년으로 3개 년도에 대하여 예측하였다.

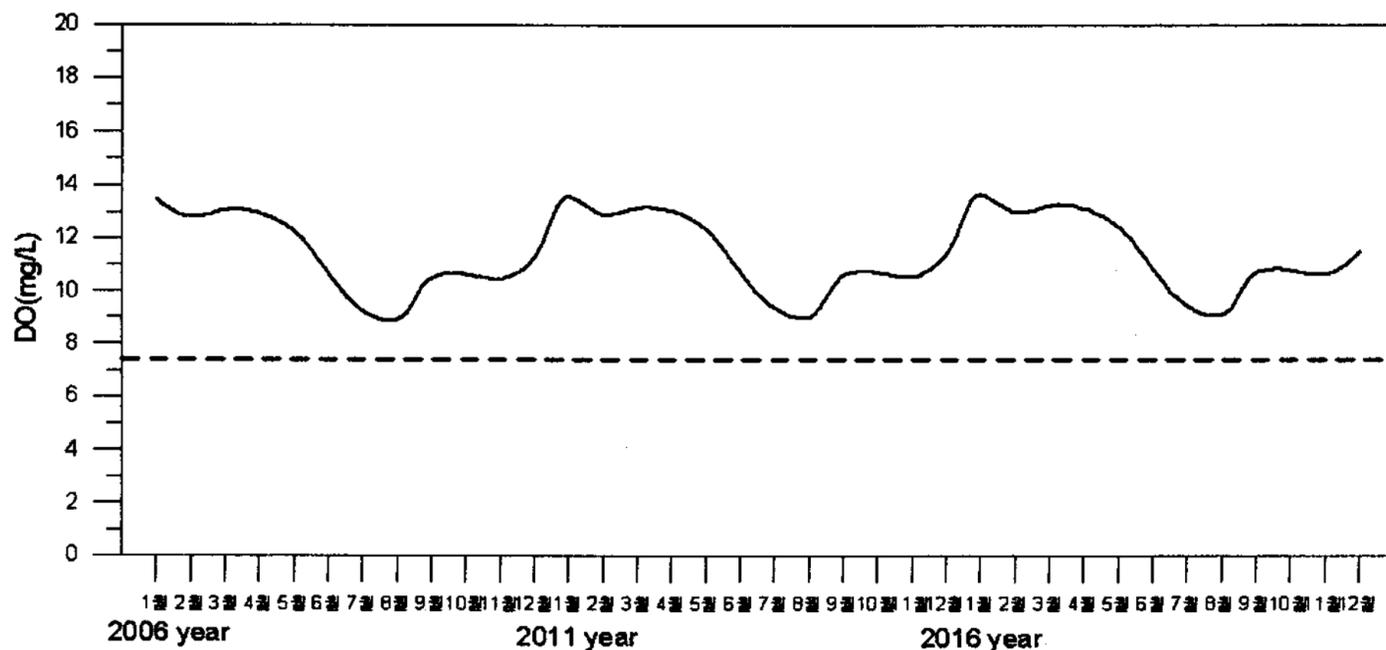


그림 1. DO 수질예측 결과

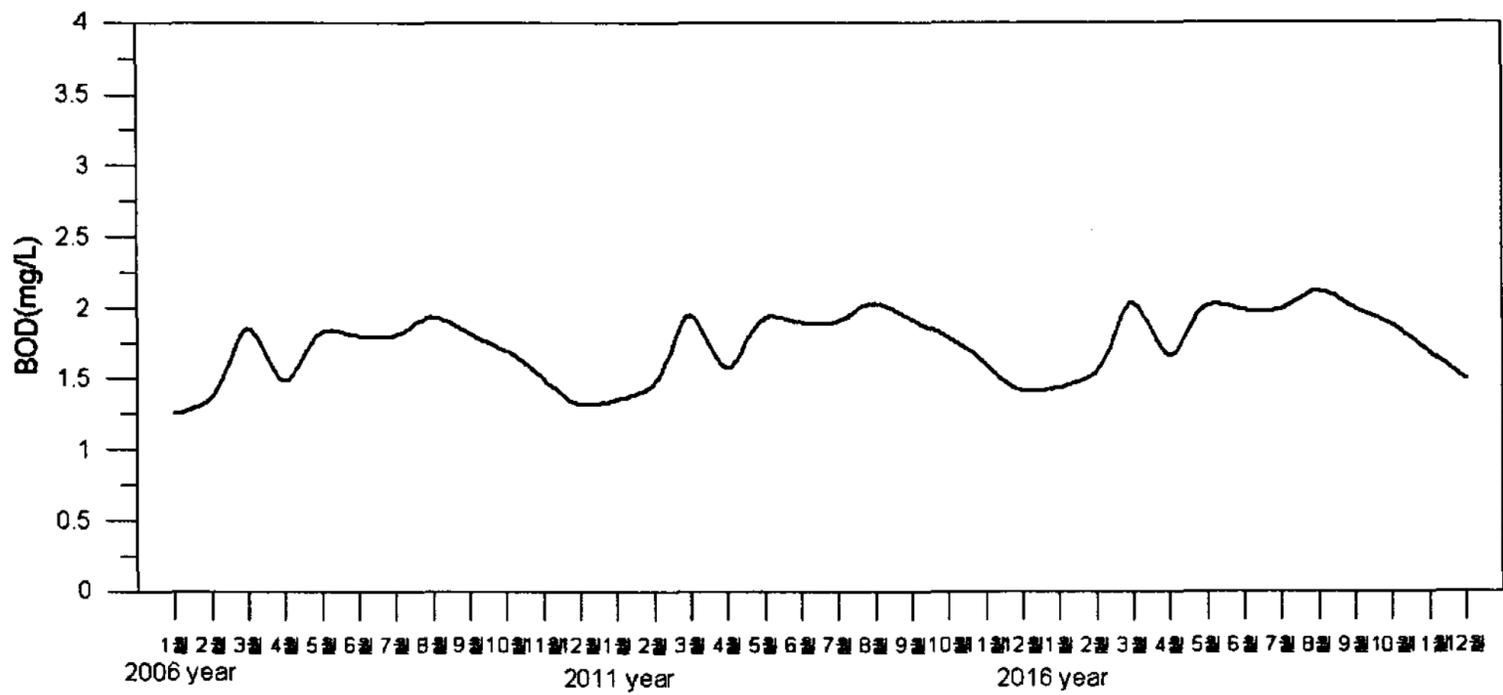


그림 2. BOD 수질예측 결과

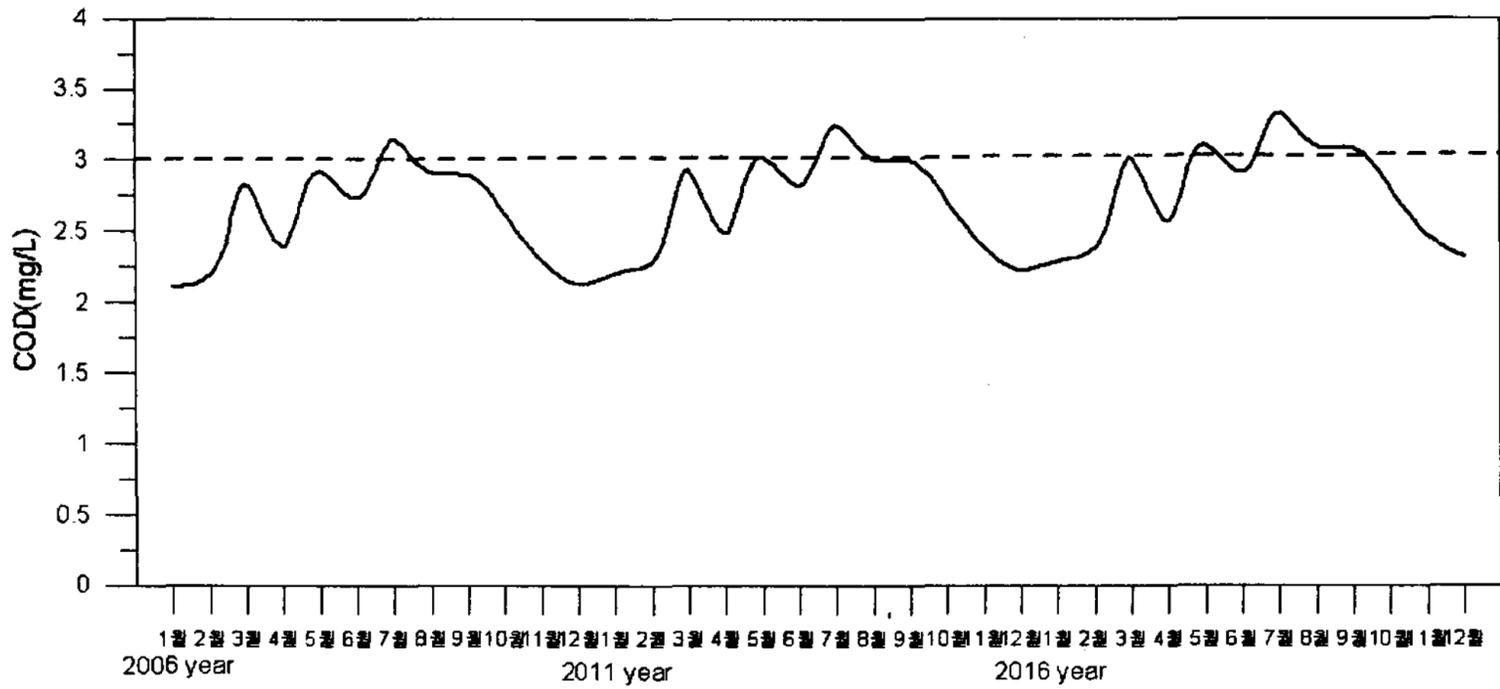


그림 3. COD 수질예측 결과

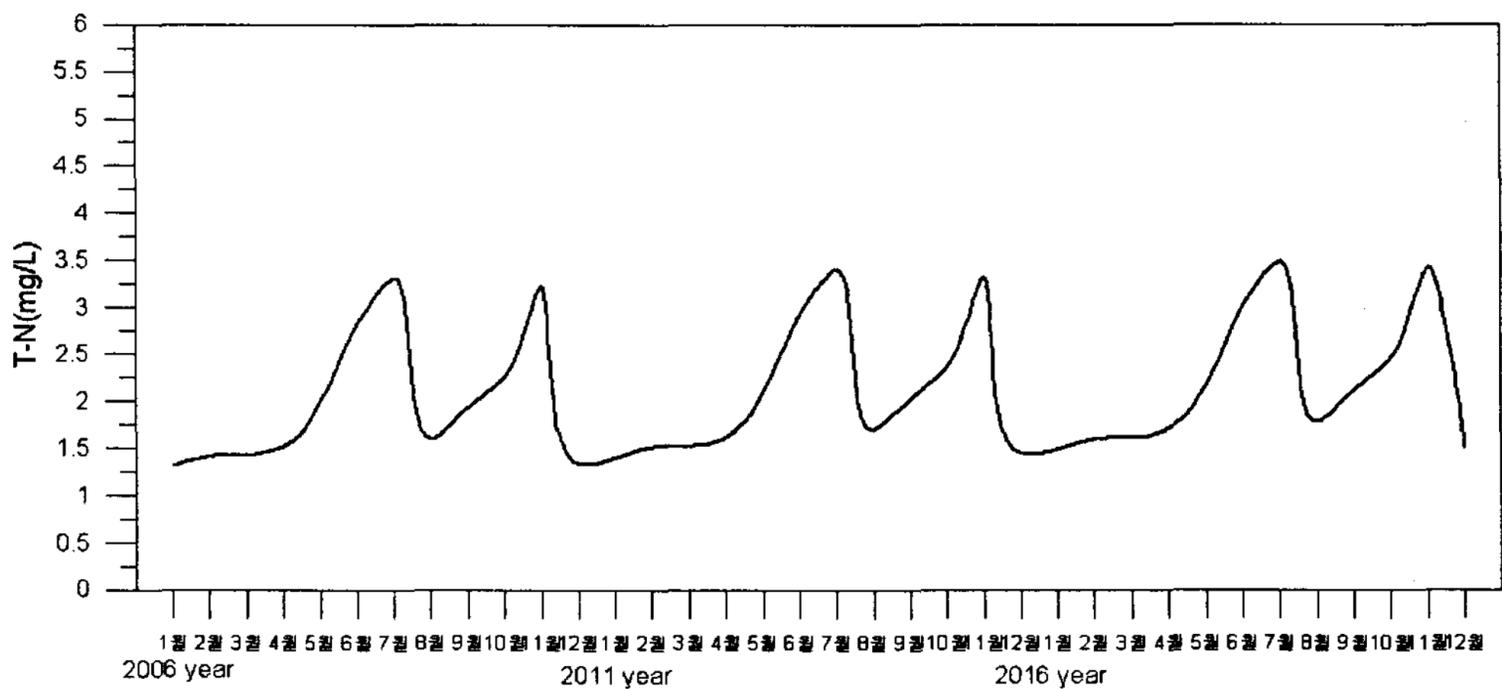


그림 4. T-N 수질예측 결과

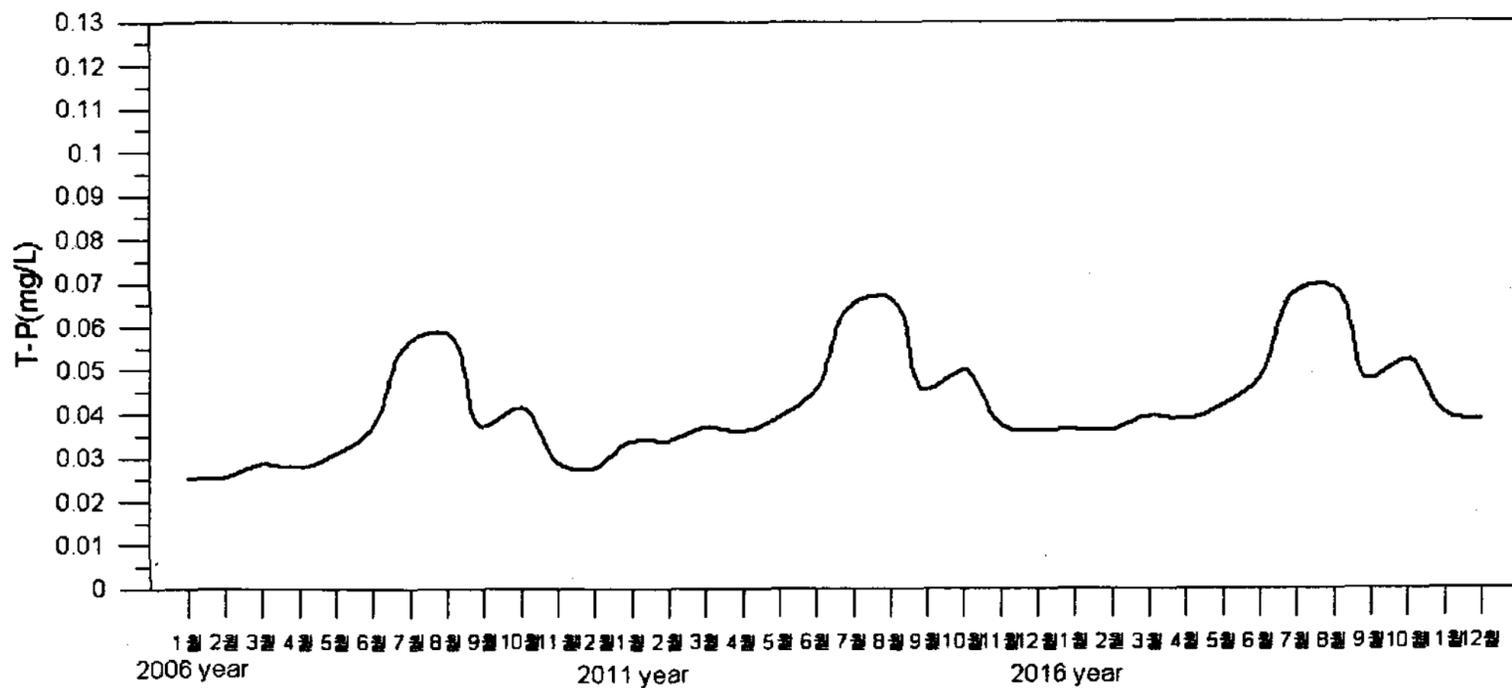


그림 5. T-P 수질예측 결과

조정지호의 수질예측 결과 호소수질등급을 나타내는 COD의 경우 2006년 2.10~3.15mg/ℓ의 범위로 나타났으며, 년중 7월에 3.15mg/ℓ로 호소수질 III등급을 나타내고 있다. 2011년과 2016년에는 수질오염이 증가하여 2016년 3.33mg/ℓ로 호소수질 III등급을 유지할 것으로 예측되었다.

DO의 경우 년중 겨울철인 1월에 가장 큰 값을 나타내고 있고, 8월 가장 작은 값을 나타내는 것으로 예측되었으며, 2006년 13.67mg/ℓ에서 2016년 13.49mg/ℓ로 감소하여 호소수질 I 등급을 유지할 것으로 예측되었다.

호소의 부영양화를 일으키는 주요 인자인 T-N과 T-P의 경우 년중 7월에 가장 큰 값을 나타내고 있으며, 2006년 T-P의 경우 0.057mg/ℓ로 호소수질 IV등급을 나타내고 있다. 2011년과 2016년 수질오염농도가 증가하여 2016년 T-P 0.068mg/ℓ로 호소수질 IV등급을 유지할 것으로 예측되어 조정지호 수질저감대책수립이 요구된다.

참 고 문 헌

U.S EPA, 1994, WASP5, User Manual,

손윤진, 2002, WASP6 모형을 이용한 호소수질예측, 충주대학교 석사학위논문.

김범청, 허우영, 황길순, 1993, 소양호에서 총인, 엽록소, 투명도 및 광산소계수의 상호관계, 한국육수학회지, Vol. 26, No. 4.

한국수자원공사, 2006, 12, 조정지호 수질예측 및 오염원 관리방안 보고서

장인수, 박기범, 이원호, 2006.10, 조정지대에 유입하는 도시하천 오염특성에 관한 연구, 한국환경과학회지, Vol. 15, No. 10.