

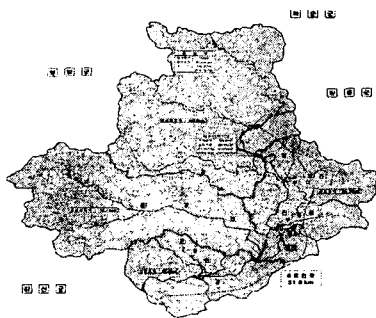
탐진댐의 수질관리에 따른 하천수질 예측을 관한 연구

○김용구¹⁾, 오병희²⁾, 박성천³⁾, 이관수⁴⁾

1. 서론

환경오염은 인간생활에 필연적으로 수반되는 현상으로, 오늘날 급격한 인구의 증가와 도시화 및 산업화로 인한 오염원의 광범위한 확산 그리고 그 정도의 심각성은 모든 인류의 장래를 우울하게 할 지경에까지 이르고 있다. 특히 물은 오염에 대한 가장 심각한 위협을 받고 있는 자연환경자원 가운데 하나이며, 따라서 적절한 수질오염 방지 대책의 수립과 시행은 이제 국가적인 중대사로 부각되고 있다. 수질모형은 수체내에서 발생할 수 있는 물리, 화학, 생물학적인 모든 현상을 시간 및 공간에 대하여 수학적으로 기술하고 이를 이용하여 실제 또는 가상적인 상황에서 수질과 관계되는 인과관계를 규명하고자 하는 기법들이라고 할 수 있다. 이러한 수질모형들은 특정 하천유역에 대해서 일단 검증을 마치게 되면 적은 노력과 비용으로 여러 가지 다양한 상황과 경우들에 대하여 가능한 방안들을 효율적으로 비교 검토 및 평가함으로써 적절한 계획이나 정책을 수립하는데 필요한 정보를 제공하여 수질 관련 실무자나 정책수립자의 의사결정에 도움을 주게 된다. 따라서, 본 연구에서는 댐 수질관리 정도에 따른 하천수질의 변화를 알아보기 위해, 연구대상으로 인접지역의 개발과 생활수준의 향상으로 보다 많은 용수의 공급을 필요로 함에 따라, 댐 건설중에 있는 탐진강 유역을 선정하여, 댐 수질관리 정도에 따른 탐진강 수계의 수질을 예측하였다.

2. 수질예측 모형의 적용



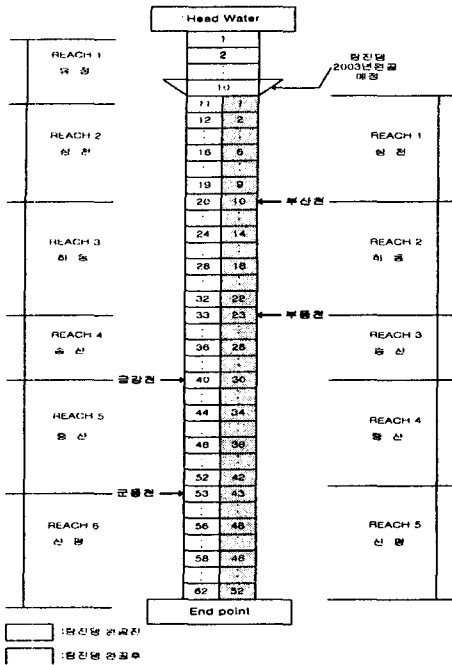
〈그림 1.1〉 탐진강 유역도

2.1 대상유역의 개요

탐진강은 동경 126°37' 00" ~126° 59' 01" , 북위 34° 15' 35" ~34° 36' 01" 에 위치하고 유역면적 505.50km², 유로 연장 55.0km의 하천이며, 북쪽에 위치한 궁역산에서 발원하여 산간계곡을 따라 동북진하여 유하하다가 장흥군 유치면 송호리에서 유치천과 합류한 후 남진하다가 유역 중심부에 위치한 장흥읍을 통과하여 장흥군 장흥읍 송암리에서 금강천과 합류한다. 이후 총적평야인 강진평야를 서진하다가 강진읍에 이르러 남쪽으로 급하게 선회하여 강진만으로 유입되는 하천이다.

- 1) 동신대학교 대학원 토목공학과 박사과정
- 2) 동신대학교 대학원 환경공학과 석사과정
- 3) 동신대학교 건설환경공학부 부교수
- 4) 전남대학교 건설지구환경공학부 교수

2.2 모형의 하도구간 설정



〈그림 2.1〉 대상구간의 모식도

본 연구에서는 〈그림 2.1〉과 같이 탐진강 상류부의 송정교를 Head water로 하여 하류부인 석교교까지 6개 하도구간(Reach)과 62개의 소구획(element)으로 31km 구간에 QUAL2E 모형을 적용하여 모형의 반응계수를 보정과 검증에 실시하고, 보정과 검증에 의한 QUAL2E 모형의 반응계수를 적용하여 탐진강의 수질을 예측하였다. 또한, 탐진댐이 2003년에 완공될 경우, 2003년 이후의 예측을 위하여는 〈그림 2.1〉의 우측의 모식도와 같이 탐진댐을 Head water로 하여 하류부인 석교교까지 5개구간의 52개 소구획으로 26km 구간을 적용하였다. 그리고, 지류는 탐진강의 지류중에서 탐진강의 수질에 비교적 영향이 크다고 인정되는 부산천, 부동천, 금강천, 군동천을 점오염원으로 간주하여 적용하였다.

하도 구간 구분은 수리 및 지형특성을 위주로 분할하였으며, 수질예측과 필요유량을 고려하여 생물학적, 화학적 분해속도 등이 비교적 일정하고 보정에 이용될 수 있는 수질과 유량측정자료가 비교적 충분한 지점 및 지류 합류 지점 등을 중심으로 구분하였다.

2.3 수리학적 입력자료 산정

HEC-RAS모형에서 필요로 하는 3개 그룹의 자료로 구분되는데 하천단면자료 또는 하천수리구조물의 자료와 같은 기하학적 자료(Geometric Data), 조도계수 그리고, 유량 및 수위자료 등이다. 본 연구에서는 「탐진강 하천정비 기본계획(보완)보고서, 익산지방국토관리청, 1998」에서의 하천단면자료를 이용하였다. 수리입력계수의 산정은 각 지점별로 유속과 유량을 산정하여 동일 제구간 내에서의 수심-유량관계($H = \alpha Q^\beta$), 유속-유량관계($U = aQ^b$)를 회귀분석에 의하여 구간(reach)별로 수심-유량계수와 유속-유량계수를 〈표 2.1〉과 같이 산정 하였으며, 계수의 유량적용범위는 구간별로 0.1~1150cms로 6개의 구간 모두 동일하게 분석하였다. 또한, 각 구간별 회귀식의 결정계수는 0.9699~0.9961 값으로 분석되어 좋은 상관관계를 보여준다.

〈표 2.1〉 하도구간별 수리학적입력계수 및 유량적용범위

구 분	조도계수 (n)	유속-유량계수		수심-유량계수		유량적용범위 (cms)
		a	b	α	β	
Reach. 1	0.038	0.2541	0.3241	0.1852	0.3379	0.10 ≤ Q ≤ 590
Reach. 2	0.038	0.0663	0.5469	0.3769	0.3151	0.10 ≤ Q ≤ 590
Reach. 3	0.038	0.1422	0.3756	0.1792	0.3887	0.12 ≤ Q ≤ 680
Reach. 4	0.038	0.1123	0.4138	0.1208	0.5102	0.12 ≤ Q ≤ 720
Reach. 5	0.035	0.0217	0.6160	0.5897	0.2100	0.19 ≤ Q ≤ 1100
Reach. 6	0.030	0.1481	0.3760	0.0914	0.4688	0.20 ≤ Q ≤ 1130

2.4 유향분석 및 오염부하량 산정

수질예측을 위한 입력자료로서 유향의 자료는 대단히 중요하다, 따라서 본 연구에서는 탐진담 지점의 유향면적 유향별 비유량 갈수기, 저수기, 평수기 각각 0.00145m³/sec/km², 0.00507m³/sec/km², 0.00834m³/sec/km²을 산정하여 <표 2.2> 에서와 같이 분석하였다.

<표 2.2> 탐진강 지천의 유향분석

분류 및 지천	유향면적 (km ²)	갈수량 (cms)	저수량 (cms)	평수량 (cms)
H·W	202.72	0.290	1.030	1.690
부산천	31.38	0.046	0.159	0.262
부동천	17.96	0.026	0.091	0.149
금강천	152.71	0.220	0.775	1.273
군동천	12.54	0.018	0.063	0.105

본 연구에서는 대상유역을 집수구역별로 구분하고, 집수구역별 오염물질의 발생원은 인구, 가축, 토지이용, 산업폐수, 그리고 기타 내수면의 양식장 등으로 구분하여 오염물질의 양을 발생원 별로 분류하였으며, 수계에 도달되는 오염부하량은 배출경로에서 측정된 수질자료를 이용하는 방법을 사용하였다.

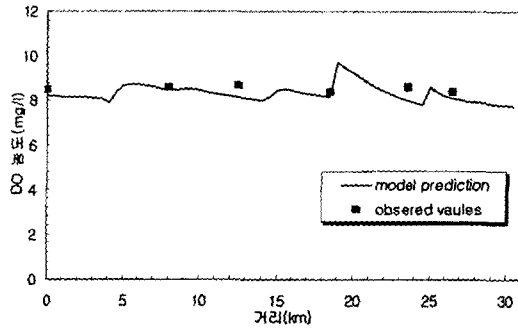
인구변화 추이는 본 연구대상 지역의 상주인구는 1999년 현재 약 26,266명으로 집계되어 있으며, 2004년에는 약 21,939명으로 0.81%정도가 감소될 것으로 나타났다. 인구의 추이를 정확히 파악하기 위해서는 각 소구역별로 출생, 사망, 전입, 전출인구의 변동상황을 이용하여 분석하여야 하나, 본 연구에서는 각 군의 통계연보를 이용하여 간단하게 인구를 추정하였다.

가축수는 1999년의 가축수를 기준으로 한우, 젖소, 돼지, 가금류로 구분하여 평균 또는 내삽하는 방법에 의해 2001년의 가축수에 대한 가중인자를 추정하여 예측하였으며, 가축사육 전망 증가율은 「탐진강하천정비기본계획」 익산지방국토관리청(1998)에 근거를 두고 산출하였다. 토지이용전망은 전라남도 지목별 구성비 변화추이(통계연보, 전라남도)를 적용하여 지목별 면적비율로 산정하였다. 또한, 산업체 수 및 배출현황 및 산업폐수 증가율은 각 군의 통계연보 및 「탐진강하천정비기본계획」 익산지방국토관리청(1998)의 자료를 이용하여 조사하였다.

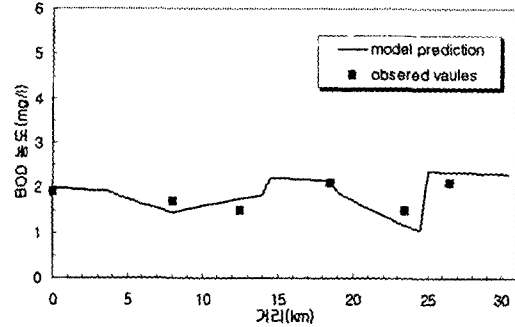
양식장은 가두리양식장과 유수식양식장으로 구분하여 2001년에는 가두리양식장은 대상유역내에 존재하지 않는 것으로 가정하였다.

3. 모형의 보정 및 검증

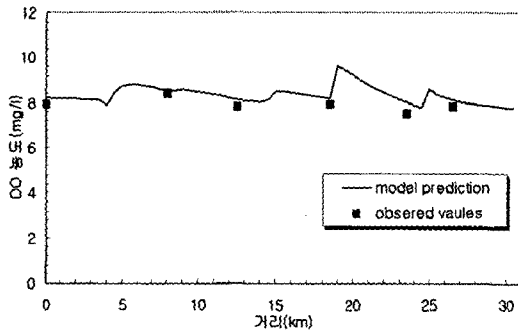
모형의 검증은 보정에 사용된 자료군으로 정의된 현상범위에서 보정된 모형으로적절히 수질예측에 사용할수 있는지의 여부를 판단하는 과정으로, 본 연구에서는 4회 실측자료중 2000년 12~2001년 1월까지의 3회 자료를 평균하여 보정에 사용하였고, 2001년 2월 자료를 이용하여 검증에 이용하였다. 그 결과 그림 3.1~ 그림 3.4 에서와 같이 각각 DO 농도, BOD 농도의 반응계수 보정·검증 결과로서 각 수질 항목별 예측치가 구간별 대표지점의 실측 수질자료와 유사하게 나타나 좋은 보정·검증 결과를 보여 주었다.



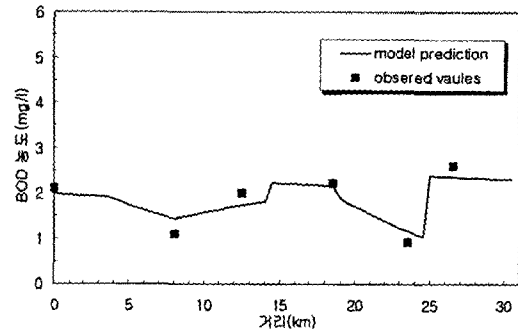
<그림 3.1> 모형의 DO 보정 결과



<그림 3.2> 모형의 BOD 보정 결과



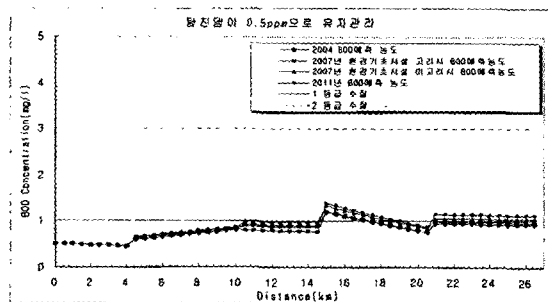
<그림 3.3> 모형의 DO 검증 결과



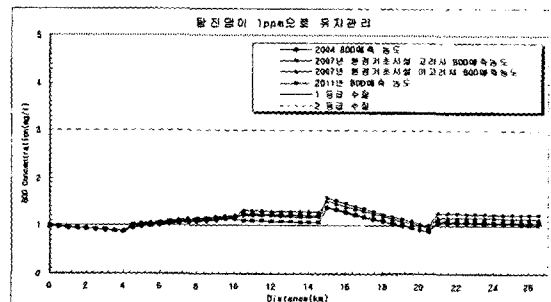
<그림 3.4> 모형의 BOD 검증 결과

4. 수질예측 및 분석

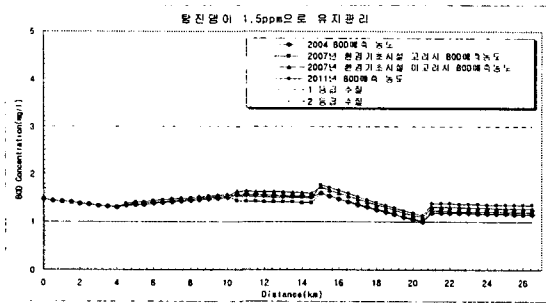
본 연구에서는 탐진강 대상유역의 환경기준 목표수질은 전 구간이 1등급 수질이며, QUAL2E 모형을 이용하여 수질을 예측하기 위해 2003년 탐진댐 건설 이후 댐 방류량을 비유량법에 의해 댐 지점 저수량을 1.03cms로 가정하고, 댐수질을(BOD기준) 0.5ppm~5ppm의 범위에서 변화시켜 가며, 댐 하류 지역의 수질변화를 2004년, 2007년, 2011년을 대상으로 모의하였다.



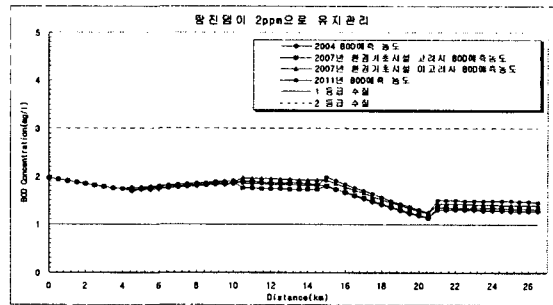
<그림 4.1>



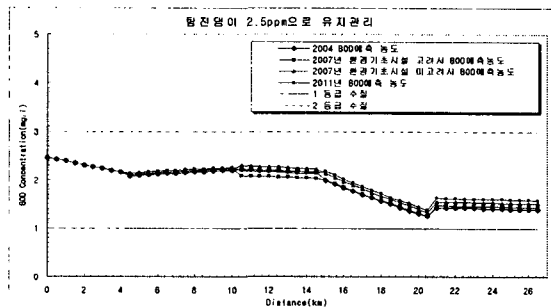
<그림 4.2>



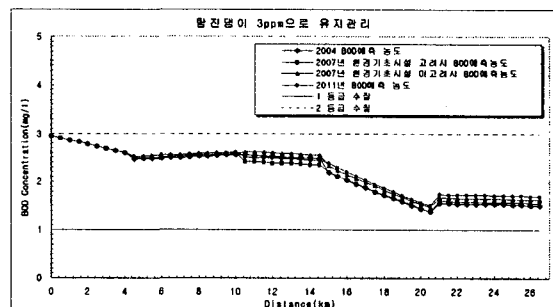
<그림 4.3>



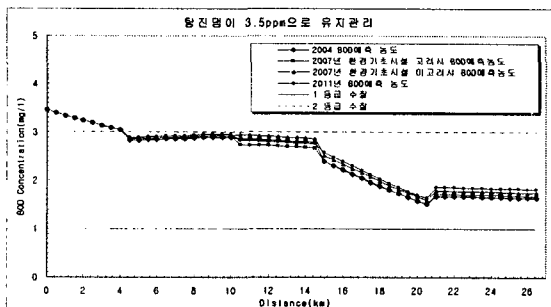
<그림 4.4>



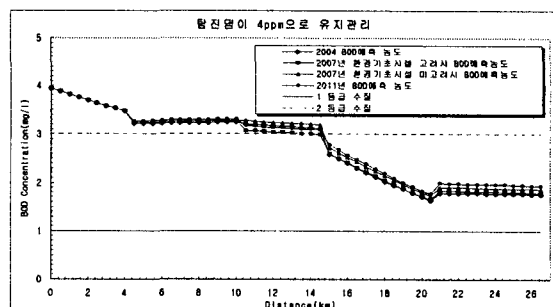
<그림 4.5>



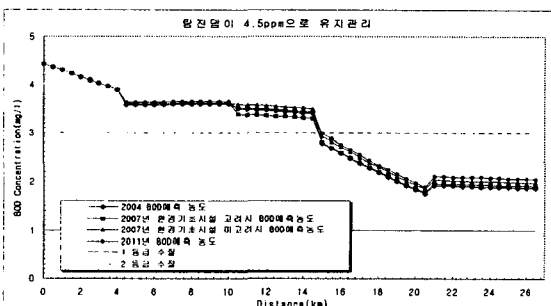
<그림 4.6>



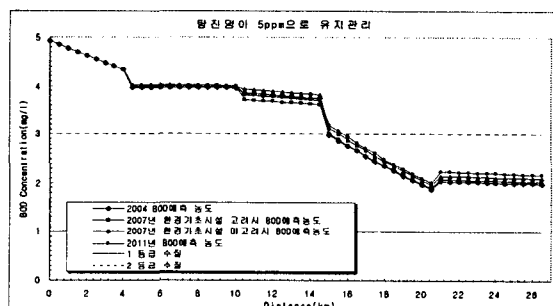
<그림 4.7>



<그림 4.8>



<그림 4.9>



<그림 4.10>

모의 결과 <그림 4-1> 과 같이 탐진댐 방류 수질이 0.5mg/l 의 수질로 유지관리 된다면, 예측 년도인 2004년, 2007년, 2011년 모두 전 구간에 걸쳐 목표수질에 만족하나, 1mg/l 이상 5mg/l 이하의 수질로 유지관리 될 경우에는 2등급 수질을 유지할 것으로 예측되었다.

5. 결 론

본 연구에서는 QUAL2E 모형을 이용하여 2004년, 2007년, 2011년 탐진강 수질을 2007년 계획 환경기초시설을 고려할 경우와 고려하지 않을 경우로 구분하여 BOD농도를 예측한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 2003년 탐진댐 완공 후, 댐 방류량을 비유량법에 의해 댐 지점 저수량인 1.03cms로 가정하고, 댐수질을 (BOD기준) 0.5mg/l ~5mg/l 의 범위에서 변화시켜 가며 모의한 결과, 댐 수질 관리가 0.5mg/l 이하로 관리될 경우의 탐진강의 수질이 목표수질인 1등급 수질에 만족 할 수 있을 것으로 예측되었다.

또한, 탐진강은 탐진댐 건설이후 목표수질을 만족하기 위하여는 탐진댐 담수이후 탐진댐 수질을 계획목표수질인 1등급 이내의 수질로 유지관리하여야 하며, 탐진강 수계의 지류인 부동천, 금강천, 군동천의 지류의 영향이 지배적인 것으로 판단되는 바, 소유역별로 오염원 통제에 대한 집중적인 관리가 필요한 것으로 판단되고, 지천별로 환경기초시설의 건설과 동시에 하천의 자정능력을 향상시키기 위한 다양한 대책이 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

- (1) 박성천 외 2명 “수질관리에 의한 탐진강 상수원의 수질평가” 동신대학교 공업기술연구소, 1998
- (2) 김 인선, “HEC-RAS와 QUAL2E 모형을 이용한 하천수 수질예측” 동신대학교 석사학위논문 2001
- (3) 김 용구, “진화알고리즘을 이용한 QUAL2E 모형의 반응계수 추정에 관한 연구” 동신대학교 석사학위논문 2002
- (4) 한국수문학회, “제 1회 수공학익삼 교재” 한국수문학회, 1993. 1.
- (5) 건설교통부, “탐진강 하천정비 기본계획” 건설교통부, 1998. 11.
- (6) Brown, L.C and Branwell, T.O., “THE Enhanced Stream Water Quality Modles QUAL2E UNCAS: Documentation and User Model.” EPA/600/3-87, U.S. Enviromental Protection Agency, Athens, Georgia,1987.
- (7) James, A., “An Introduction to Water Quality Modelling,” Wiley, West Sussex, (1993)
- (8) 영암군, 영암 통계연보, 2000
- (9) 강진군, 강진 통계연보, 2000
- (10) 장흥군, 장흥 통계연보, 2000