

용담댐 하류의 하천수질보전을 위한 필요유량 산정 방안

Determining the Instream Flow of Yongdam Dam Downstream for the Conservation of Water Quality

최시중*, 서재승**, 이동률***, 강성규****

Si-Jung Choi, Jae-Seung Seo, Dong-Ryul Lee, Seong-Kyu Kang

요 지

하천수질보전을 위한 필요유량은 하천유지유량 항목 중 하나로써 환경기초시설 등으로 최대한 처리한 후 남는 오염부하량을 고려하여 적정 수질을 유지하는데 필요한 유량을 의미한다. 하천수질보전을 위한 필요유량을 산정하는 절차는 (1) 수질특성 파악 및 평가대상 항목의 선정, (2) 목표연도 및 목표수질 기준 설정, (3) 오염부하량 조사 및 목표연도별 오염부하량 산정, (4) 수질예측모형의 선정 및 수질예측, (5) 목표수질과의 비교 및 필요유량의 설정으로 이루어질 수 있다. 현재 우리나라에서는 수질평가 항목으로 여러 가지가 제시되어 있지만 주로 생물화학적 산소요구량(BOD)만으로 목표수질을 설정하고 있는 실정이며, 수질예측 모형으로써 QUAL2E 모형이 주로 이용되고 있다. 현재까지 고시된 하천유지유량은 대부분 기준갈수량 또는 평균갈수량이며 몇몇 지점이 하천생태계 및 하천수질보전을 위한 필요유량으로 고시된 바 있다.

본 연구에서는 국내 하천수질예측에 많이 이용하고 있는 QUAL2E 모형의 단점을 수정, 보완하고 보다 사용자가 쉽게 사용할 수 있도록 개발된 QUAL2K 모형을 이용하여 용담댐 하류의 하천수질보전을 위한 필요유량을 산정하였다. 과거에 산정된 하천수질보전을 위한 필요유량 산정치와 환경부에서 최근 제시하고 있는 금강오염총량관리 기본계획과의 비교를 통해 산정한 결과의 타당성을 분석해 보았으며 장래 발생할 수 있는 여러 가지 상황들을 시나리오로 구축하여 분석함으로써 보다 합리적인 결과를 도출하도록 노력하였다. 하천수질보전을 위한 필요유량 산정 시 하나의 경우에 대한 분석보다는 발생할 수 있는 여러 상황을 시나리오로 분석함으로써 의사결정자나 일반대중에게 보다 다양한 정책 방향성과 유량에 따른 하천수질변화에 대한 다양한 정보를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 하천수질보전, 필요유량, 목표수질, QUAL2K

1. 서론

국토해양부장관은 2008년 4월 7일 개정·시행된 하천법 제51조 및 동법시행령 제59조의 규정에 따라 생활·공업·농업·환경개선·발전·주운 등의 하천수 사용을 고려하여 하천의 정상적인 기능 및 상태를 유지하기 위하여 필요한 최소한의 유량(하천유지유량)을 하천유수의 상황을 대표할 수 있는 주요지점을 설정하여 산정하도록 하였다. 하천유지유량을 산정하기 위해서는 항목별 필요유량을 산정하여야 하며 항목별 필요유량으로는 수질보전을 위한 필요유량, 하천생태계를 고려한 필요유량, 하천경관 보전을 위한 필요유량, 염수침입방지를 위한 필요유량, 하구막힘방지를 위한 필요유량, 하천시설물 및 취수원 보호를 위한 필요유량 및 지하수위 유지를 위한 필요유량이 있다. 지금까지는 주로 기준갈수량 또는 평균갈수량을 하천유지유량으로 고시하였지만

* 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원-E-mail : sjchoi@kict.re.kr

** 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원-E-mail : jsseo@kict.re.kr

*** 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부 책임연구원-E-mail : dryi@kict.re.kr

**** 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원-E-mail : skkang@kict.re.kr

최근 들어 하천의 수질보전과 수생태계 등에 대한 관심이 증가하고 있는 추세이기 때문에 하천의 수질보전과 수생태계 등 여러 항목과의 비교를 통해 보다 합리적인 양을 하천유지유량으로 선정하여 하천에서 이를 확보할 수 있도록 노력하고자 하는 움직임이 일고 있다. 따라서 하천수질보전을 위한 필요유량 산정에 보다 세심한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 또한 최근에 시행하고 있는 환경부의 오염총량제와의 연계도 함께 고려해야 될 사항이라 생각된다.

본 연구에서는 하천수질보전을 위한 필요유량 산정 시 장래 일어날 수 있는 여러 시나리오를 가정하여 각 시나리오별로 산정하였으며 하천수질보전을 위한 필요유량을 과거 관측유량과의 비교를 통해 물부족일수와 부족량을 평가함으로써 수자원 계획 및 환경 정책 수립을 지원할 수 있는 기본정보를 제공하고자 하였다.

2. 하천수질보전을 위한 필요유량 산정(안) 제시

하천유지유량 산정 항목 중 하나인 하천수질보전을 위한 필요유량을 산정하기 위해서는 환경부의 오염총량제 시행정책을 반영하여야 하며, 유역의 수질특성과악과 목표연도 및 목표수질 기준 설정, 수질평가항목 선정, 오염부하량 조사 및 목표연도별 오염부하량 산정, 수질예측모형의 선정 및 수질예측, 목표수질과의 비교 및 필요유량의 설정 순으로 수행한다. 본 연구에서는 수질평가항목으로써 생물화학적 산소요구량(BOD)을 선정하였으며 목표연도 및 목표수질기준으로 2016년을 목표로 환경부에서 제시하고 있는 중권역별 수질 및 수생태계 목표기준을 적용하였다. 목표연도의 오염부하량 자료는 물환경관리기본계획(2006)에서 산정한 자료를 이용하였다. 수질예측모형으로는 QUAL2E 모형의 단점을 수정, 보완하여 업그레이드시킨 QUAL2K 모형을 사용하였다. 입력자료를 통해 2016년 용담댐 하류의 수질을 예측하였으며 예측결과가 목표수질기준을 초과하는 것으로 분석되었다. 본 연구에서는 하천수질보전을 위한 필요유량 산정을 위해서 3가지 방법을 제안하였다. 첫 번째로 장래 수질예측분석 결과를 통해 산정지점의 목표수질을 만족하지 못한 경우 목표수질을 만족할 때까지 상류에 위치한 용담댐의 방류량을 증가시켜 목표수질을 만족시킬 때 선정지점에 흐르는 유량과 농도가 하천수질보전을 위한 필요유량 및 농도로 결정하였다(A방법). 두 번째 방법으로 첫 번째 방법에서 산정된 하천수질보전을 위한 필요유량이 지나치게 큰 경우, 유량-예측수질관계곡선을 통해 적정수질관리유량을 설정하였으며, 이는 수질변동 변곡점에서 결정하였다(B방법). 마지막으로 용담댐 하류에 대해 목표연도에 대한 일별(365일) 수량-수질 연계모의를 통해 지점별 수질현황곡선(Water quality duration curve)을 제시하고 유량의 변화에 따라 수질개선효과를 파악함으로써 희석용수로써 큰 효과가 있는 유량을 수질관리유량으로 제시하였다(C방법). A방법과 B방법은 수자원계획 차원에서 산정할 수 있는 값이며, C방법에 의해 산정된 결과는 운영차원에서 산정한 결과라고 할 수 있겠다. 또한 하천수질보전을 위한 필요유량 산정(안)으로 3가지 안을 제시하였다. 1안은 지류의 각 하도구간별 흐르는 유량이 기준갈수량이며 목표연도별 현행수질로 유입된다고 가정하였고, 2안은 지류가 수질보전을 위한 필요유량을 통해 목표연도별 목표수질을 달성한 상태의 유량으로 유입된다고 가정하였다. 3안의 경우는 지류의 각 하도구간별 흐르는 유량이 기준갈수량이며 장래 오염부하량 삭감(환경정책 등)을 통해 목표연도별 목표수질을 달성한 상태로 유입된다고 가정하였다.

3. 수질예측모형의 매개변수 산정 및 타 연구와의 비교

본 연구에서 이용한 QUAL2K 모형은 국내 하천수질예측에 많이 이용하고 있는 QUAL2E 모형과 마찬가지로 하천수질모형으로써 기존의 QUAL2E 모형의 기능에 부착성 식물의 영향 및 탈질 등의 반응 메커니즘을 개선하고 소구간의 구분에 유연성을 대폭 강조한 Excel base 모형이다.

수질예측모형의 입력자료 구성에 있어 구간 설정, 수리입력계수, 취수시설 및 취수량과 회귀율 자료 및 유량, 수질 실측자료는 금강오염총량관리 기본계획(2005) 자료를 그대로 이용하였다. 그림 1은 실측된 유량과 수질자료를 통해 QUAL2K 모형의 매개변수를 보정한 결과이다. 그림에서 알 수 있듯이 실측치를 잘 반영하고 있는 것을 알 수 있다. 이는 금강오염총량관리 기본계획에서 이용하였던 QUAL2E 모형과 동일한 매개변수는 그대로 이용하였고, 다른 매개변수는 기본값이나 0을 사용하였기 때문으로 판단된다. 매개변수를 보정한 QUAL2K 모형을 통해 2011년을 목표로 하천수질보전을 위한 필요유량을 산정하여 1999년에 산정한 결과

와 비교하였다. 1999년 결과와 본 연구의 결과를 비교하였을 때 취수량의 차이와 기준유량의 차이 때문에 약간의 차이를 보이고 있지만 두 연구결과가 모두 대동소이함을 알 수 있었다. 또한 금강오염총량관리 기본계획과의 비교에서는 이원지점의 경우 본 연구결과는 37.9 m³/s, 금강오염총량관리 기본계획 결과는 24.2 m³/s로써 큰 차이를 보이고 있는데 이는 기준유량의 차이에서 오는 결과라고 할 수 있다. 금강오염총량관리 기본계획의 경우는 기준유량으로 평균저수량을 사용한 반면 본 연구에서는 기준갈수량을 사용하였다.

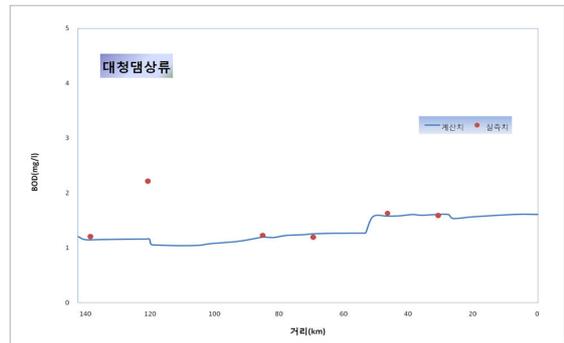


그림 1. QUAL2K의 매개변수 보정

4. 하천수질보전을 위한 필요유량 산정(계획차원)

계획차원에서 하천수질보전을 위한 필요유량을 산정하였으며 그 결과는 표 1과 같다. 표 1에서 제시한 결과는 A방법과 B방법을 통해 각 안별 지점별 산정결과 중 작은 값을 제시한 결과이다. 결과적으로

표 1. 하천수질보전을 위한 필요유량 산정

최상류	산정(안) 지점	1안			2안			3안		
		BOD 농도	필요 유량	부족 일수	BOD 농도	필요 유량	부족 일수	BOD 농도	필요 유량	부족 일수
용담 댐	수통	1.2	1360	263	1.1	1400	267	1.0	5.00	112
	호탄	1.4	1553	30	1.4	1573	32	1.3	15.83	36
	이원	2.2	1943	94	1.3	34.43	178	1.5	19.33	94

목표수질보다는 다소 높은 BOD 농도를 보이고 있으며 이는 적정수질관리유량으로 산정된 결과이기 때문이다. 용담댐 하류의 지점별 목표수질을 만족시키기 위해서는 용담댐에서 물을 공급하여야 하며 이렇게 산정된 결과는 비교적 큰 값을 나타내었다. 따라서 표 1에 제시된 결과는 B방법에 따라 유량-예측수질관계 곡선을 작성하여 수질변동 변곡점으로 산정한 적정수질관리유량값이다. 제시된 하천수질보전을 위한 필요유량으로 제시하면 어떤 공급 문제점이 있는지를 판단하기 위해 최근 10년(1998년~2007년)간 관측일 평균 유량 곡선과 산정된 하천수질보전을 위한 필요유량을 비교분석하여 부족일수를 제시하였다. 수통지점의 경우 부족일수가 굉장히 큰 것으로 분석되었으며 나머지 지점들은 비교적 적은 부족일수를 보이고 있다. 2안의 경우 다른 안들보다 필요유량이 크게 산정되었으며 이는 모든 지류를 하천수질보전을 위한 필요유량, 즉 희석용수로써 개선하기에는 무리가 있다는 것을 보여주고 있다.

5. 하천수질보전을 위한 필요유량 산정(운영차원)

계획차원 즉, 하나의 사상(하도구간별 흐르는 유량이 기준갈수량)에 대해서 산정한 결과를 하천수질보전을 위한 필요유량으로 제시하기에는 무리가 있다고 판단되었다. 따라서 운영차원에서 하천수질보전을 위한 필요유량을 산정하였다. 최근 한국건설기술연구원과 SEI-US (Stockholm Environment Institute-US center)가 공동으로 개발한 통합수자원평가계획모형인 K-WEAPq (Korea-Water Evaluation And Planning System linked QUAL2K)를 이용하여 용담댐 하류를 대상으로 수량-수질 연계모의를 수행하였다.

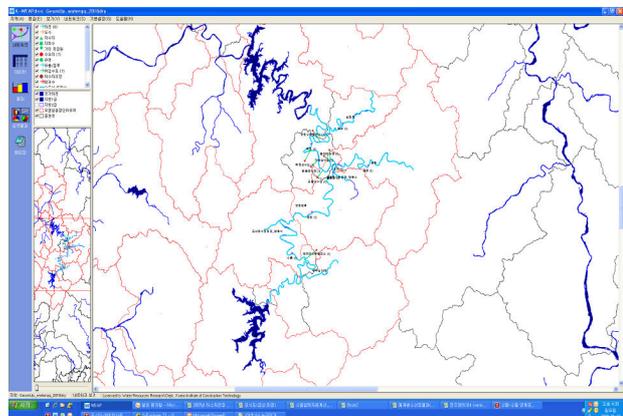


그림 2. 용담댐 하류 용수수급 네트워크

그림 2는 용담댐 하류의 용수수급 네트워크를 나타내고 있으며, 본 연구 대상구역의 기초자료를

조사하여 입력자료로 이용하였다. 기후자료 및 댐방류량 입력자료는 조사된 2003년과 목표연도인 2016년이 동일할 것이라는 가정을 하였고, 수요량 자료는 실시간 물관리 시스템 구축 연구(2008)에서 조사된 취수자료와 동일한 패턴으로 최대 허가량까지 취수한다고 입력하였다. 2016년 오염부하량 자료는 물환경관리종합계획 자료를 그대로 이용하였으며, 하천유량 자료는 1967년부터 2007년까지의 강우-유출 모형인 Tank 모형을 통해 산정된 자연유량 자료를 비교분석하여 평수년인 1975년의 자연유량 자료를 입력하였다. 입력된 자료를 통해 2016년 수량-수질연계모의를 일별로 수행하였으며 그림 3은 이원지점에 대한 유량과 수질과의 상관성 분석 결과를 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 이원지점의 수질을 6.8 mg/l에서 3.0 mg/l로 개선시키기 위해서는 3.0 m³/s가 필요하지만 3.0 mg/l에서 2.0 mg/l로 개선시키기 위해서는 7.82 m³/s, 2.0 mg/l에서 1.0 mg/l로 개선시키기 위해서는 45.80 m³/s가 더 필요한 것으로 분석되었다. 다시 말해 하천수질 개선을 위한 희석용수로서 하천수질보전을 위한 필요유량은 수질이 나쁜 상황에서는 적은 양으로 큰 효과를 볼 수 있지만 수질이 비교적 좋은 상황에서는 많은 양의 희석용수가 필요하기 때문에 효과가 적은 것으로 분석되었다.

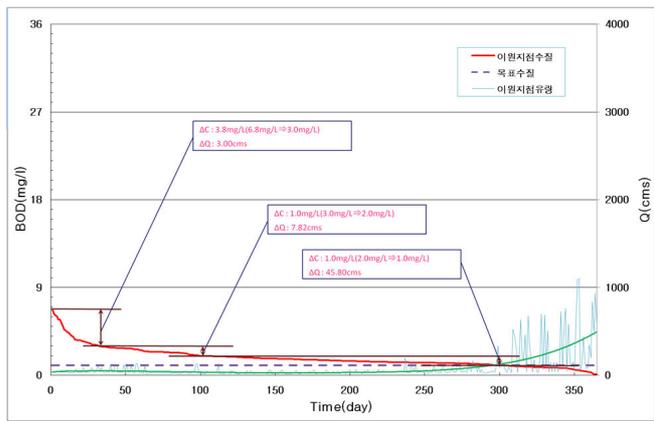


그림 3. 유량과 수질과의 상관성 분석(이원지점)

따라서, 본 연구에서는 그림 4와 같이 일별 수량-수질 연계모의를 통해 산정된 지점별 수질현황곡선에서 유량의 변화에 따라 수질개선효과를 파악함으로써 희석용수로서 큰 효과가 있는 유량을 표 2와 같이 수질관리유량으로 제시하였다. 분석된 각 지점별 수질관리유량은 앞서 분석된 계획차원의 하천수질보전을 위한 필요유량 산정결과와 큰 차이를 보이고 있지 않다. 이원지점에 대해서만 언급을 한다면 물공급 시설이 없는 지류가 목표연도별 현행수질로 유입된다는 1안에 대한 산정결과와 환경정책 등을 통한 오염부하량 삭감 시나리오(3안)의 결과가 유사하게 산정되었으며, 그 다음으로는 운영차원에서 산정된 수질관리유량이 크며 2안에 의해 산정된 결과가 가장 크게 산정되었다.

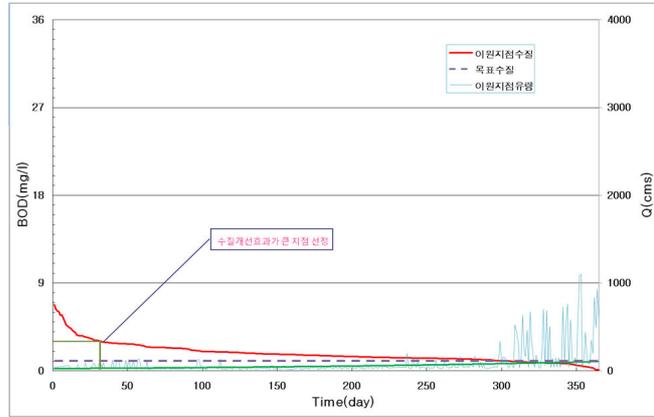


그림 4. 수질관리유량 선정(이원지점)

표 2. 지점별 수질관리유량

최상류	지점	BOD 농도	필요 유량	부족 일수
용담댐	수통	2.0	14.68	272
	호탄	2.0	21.02	149
	이원	3.0	25.20	127

6. 결론

본 연구에서는 하천유지유량의 항목 중 하나이며 최근 이슈가 되고 있는 하천수질보전을 위한 필요유량을 용담댐 하류유역을 대상으로 여러 가지 방법과 산정(안)을 제시하고 각각 분석, 제시하였다. 이를 위해 QUAL2E 모형의 단점을 수정, 보완한 QUAL2K 모형을 이용하여 계획차원으로 2가지 방법과 3가지 산정(안)에 대해 하천수질보전을 위한 필요유량을 2016년을 목표연도로 산정하여 제시하였다. 또한 통합수자원평가 모형인 K-WEAPq 모형을 통해 수량-수질 연계모의를 일별로 수행하였고 이를 통해 지점별 수질현황곡선을 제시하였다. 수질현황곡선상에서 희석용수로서 효과가 큰 유량을 수질관리유량으로 분석하여 제시하였다.

본 연구에서 제시한 A방법과 B방법은 기존 연구에서 수행했던 방법들로 계획차원에서 산정한 결과라 할 수 있겠다. 이 방법들은 모든 하도구간에 기준갈수량이 동시에 흐른다고 가정한 결과로서 이 가정은 오염총량제 정책을 반영하지 못하고 있다. 또한 목표수질을 달성하지 못할 시에는 상류에서 물을 지속적으로 공급하여 목표수질을 만족시키며 이 때의 지점유량이 하천수질보전을 위한 필요유량으로 결정되기 때문에 운영차원(물 공급차원)에서 문제점들이 발생할 수 있을 것이다. 따라서, 희석용수로서 효과가 있는 유량만을 공급한다는 C방법이 가장 타당한 것으로 판단된다.

본 연구에서 여러 가지 방법과 산정(안)을 제시한 이유는 장래 발생할 수 있는 여러 가지 상황들을 시나리오로 구축하여 분석함으로써 보다 합리적인 결과를 도출하고자 함이다. 이를 통해 의사결정자나 일반대중에게 보다 다양한 정책 방향성과 유량에 따른 하천수질변화에 대한 다양한 정보를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부(1999). 금강 수계 하천수 사용실태 조사 및 하천유지유량 산정 보고서.
2. 국토해양부(2008). 실시간 물관리시스템 구축 연구.
3. 충청남도(2005). 충청남도 금강 오염총량관리 기본계획.
4. 전라북도(2005). 전라북도 금강 오염총량관리 기본계획.
5. 환경부(2006). 물환경관리 기본계획.