

# 댐의 환경개선용수 공급에 따른 수질개선 편익 산정

## Estimation of Water Quality Improvement Benefit by Supplying Environmental Water Use of Dam

여규동\*·김우찬\*\*·이충성\*\*\*·심명필\*\*\*\*

Kyu Dong Yeo, Woo Chan Kim, Choong Sung Yi, Myung Pil Shim

### 요 지

신규 수자원개발을 위해서는 사회적으로 공감대를 형성해야 하며, 사업을 평가할 수 있는 기준과 방법이 객관성과 타당성을 가져야 한다. 이를 위해 수자원개발 사업시 대상이 되는 편익과 비용을 제시하여 계량화하는 것이 필요하다. 수자원사업에 따른 편익 및 비용의 대상 항목과 그 필요성은 기존에 이미 정립되어 있으나 용수공급과 홍수조절, 수력발전 등 일부 항목에 대한 계량화만이 비교적 실체적으로 연구되었을 뿐이다. 그러나 최근의 사회적 여건변화에 따라 환경개선, 관광 및 레크리에이션, 주운 등 다양한 편익항목의 계량화 방안 개발이 요구되고 있다.

본 연구에서는 댐에 의한 환경개선용수공급에 따른 하천수질개선 편익의 계량화 방안을 제시하고자 한다. 댐에 의한 하천의 수질개선은 크게 두 가지 측면에서 바라볼 수 있는데 하천유량 증대에 따른 희석효과와 수처리 시설에 의한 정수효과가 그것이다. 본 연구는 댐으로부터 공급되는 풍부한 유량을 바탕으로 희석효과에 의한 하류 수질개선 편익을 계량화하기 위한 것이다. 즉, 풍부한 유량으로 유량감소에 따른 수질악화를 막고, 희석작용에 의한 자정작용의 향상 및 이에 따른 수질개선 효과에 대한 편익이다.

본 연구는 이를 위하여 낙동강수계 내에 신규댐 건설에 의한 하류 수질개선 편익을 산정하고자 한다. 기존에는 환경개선용수 공급을 위한 댐의 편익산정에 대체댐에 의한 대체시설비용법을 적용하였으나, '댐을 대체하는 또 다른 댐'에 의한 편익산정이 갖는 이론적 모순이 제기될 수 있어 설득력을 갖기 힘든 면이 있었다. 따라서 본 연구에서는 댐의 환경개선용수 공급을 통한 수질개선 효과를 산정한 후, 이에 상당하는 효과를 환경기초시설에 의해 구현하였을 때의 비용을 계산하여 환경개선용수 공급의 편익으로 가정하는 대체시설비용법을 제시하였다.

**핵심용어 : 경제성분석, 환경개선용수, 수질개선 편익, 대체시설비용법**

### 1. 서 론

수자원사업에 따른 편익 및 비용의 대상 항목과 그 필요성은 기존에 이미 정립되어 있으나 용수공급과 홍수조절, 수력발전 등 일부 항목에 대한 계량화만이 비교적 실체적으로 연구되었을 뿐이다. 그러나 최근의 사회적 여건변화에 따라 환경개선, 관광 및 레크리에이션, 주운 등 다양한 편익항목의 계량화 방안 개발이 요구되고 있다. 본 연구의 목적은 이들 편익 중에서 댐 방류량 증가에 의해 하류하천의 유량이 증가하고, 희석효과에 의해 수질이 개선되는 편익을 산정하고자 한다.

\* 정희원 · 인하대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail: yeokd@inha.ac.kr

\*\* 인하대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail: wchan7674@paran.com

\*\*\* 정희원 · 인하대학교 수자원시스템연구소 선임연구원 · E-mail: sung@inha.ac.kr

\*\*\*\* 정희원 · 인하대학교 사회기반시스템공학부 교수 · E-mail: shim@inha.ac.kr

하류하천의 환경개선에 대한 효과를 편익으로 산정하기 위해서는 문제를 크게 수요측면과 공급측면으로 나누어 접근할 수 있다. 간단히 말해서, 수요측면은 수질이 개선되는 것에 대한 일반국민(수요자)이 느끼는 후생증가를 측정하는 것으로서 일반적으로 지불의사를 조사하여 편익으로 산정하는 것이고, 공급측면에서는 대체시설비용법을 이용할 수 있다. 즉, 댐에 의한 용수공급으로 얻을 수 있는 수질개선 효과를 환경기초시설과 같은 대체시설을 통해 구현할 수 있다고 할 때, 대체시설의 비용을 댐 건설로 인한 편익으로 가정하는 방법이다.

기존에는 환경개선용수 공급을 위한 댐의 편익산정에 대체댐에 의한 대체시설비용법을 적용하였으나, '댐을 대체하는 또 다른 댐'에 의한 편익산정이 갖는 이론적 모순이 제기될 수 있어 설득력을 갖기 힘든 면이 있었다. 따라서 본 연구에서는 댐의 환경개선용수 공급을 통한 수질개선 효과를 산정한 후, 이에 상당하는 효과를 환경기초시설에 의해 구현하고, 사업비를 추정하여 대체시설비용을 산정하였다.

## 2. 댐의 환경개선용수 공급에 대한 대체시설비용법

댐 방류량 증가에 따른 하류의 환경개선효과는 유량증가와 이에 따른 수질의 개선으로 나타난다. 이에 대한 대체시설비용법을 적용하기 위해서는 댐을 이용하지 않고 다른 방법으로 동일한 정도의 수량을 증가시키고, 수질을 개선하는 비용을 산정하는 것이다. 일반적으로 댐 이외에 하천유량 증가를 위한 방안으로는 저류지 및 우수지의 활용, 보와 같은 수리시설물에 의한 수량 확보, 하수처리수의 방류를 통한 하천수 활용 등을 들 수 있다. 그러나 이들 시설물은 댐에 비하여 확보할 수 있는 수량이 적기 때문에 목표하는 수질개선효과를 만족하기 어려운 면이 있다. 따라서 수량증가는 없으나 환경에 미치는 영향이 적고 비교적 예측 가능한 수질개선 효과를 기대할 수 있는 방안으로 환경기초시설에 의한 수질개선을 대체시설로 선정할 수 있다. 본 연구에서는 해당 댐에 의한 하천유량 증가효과는 배제하고, 수질개선에 초점을 맞추어 대체시설비용법을 적용하였다.

### 2.1 댐 방류에 의한 수질개선효과 모의

본 연구에서 모의에 적용할 댐은 낙동강수계의 내성천 지방2급하천 구간에 계획한 송리원댐으로 총저수량은 181.1백만 $m^3$ 이며, 환경개선용수(수질개선) 공급량은 연간 160.62백만 $m^3$ 이다. 모의를 위해서는 연평균 계획방류량 5.92 $m^3/s$ 와 수질악화기 계획방류량 14.67 $m^3/s$ 를 대상으로 하였다. 적용을 위해서 QUALKO 모형을 활용하였으며, 모형구성은 내성천 13개 Reach와 낙동강본류의 예천측정지점부터 양산천 유입 후 3km 지점(272km)까지 총 73개의 Reach로, 총 566개의 Element로 구성하였다(KDI, 2007).

대상 시기는 진동지점에서 갈수량과 저수량 사이에 해당하는 2003년 1월로 목표수질지점인 남지(진동)지점 유량(84.19 $m^3/s$ )과 환경부의 월별 수질측정망 자료를 이용하였다. 여기서, 갈수량은 1년간의 1일 유량을 많은 순으로 배열했을 때 355번째 유량, 저수량은 275번째 유량이다. 매개변수는 “낙동강수계 오염총량관리기본계획”에 적용된 값을 기본으로 하였다.

모형의 보정 및 검증을 위한 유량은 진동 지점의 2002~2003년의 유황을 분석하여 갈수량, 저수량, 평수량을 산정하였으며, 수질농도는 환경부의 월별 수질측정망 자료를 사용하였다. 본 논문에서 적용한 2003년 1월의 송리원댐 방류에 따른 구간별 수질개선효과는 그림 1과 같으며, 남지(진동)지점에서의 개선효과는 표 1과 같다. 2003년 1월 수준의 수질과 유량에 대해 모의한 결과, 5.92  $m^3/s$  방류시 BOD 0.12 mg/L, 14.67  $m^3/s$  방류시 BOD 0.27 mg/L이 감소하였다.

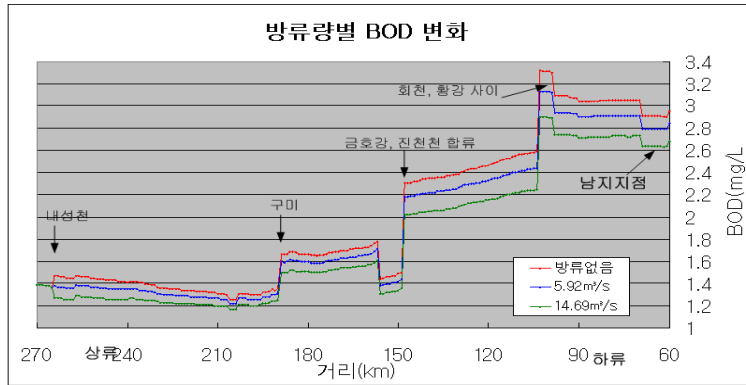


그림 1. 댐 방류량별 BOD 변화

표 1. 수질 악화시기(2003년 1월) 송리원댐 방류에 따른 진동지점 BOD 수질개선효과

수질항목 방류량(m³/s)	진동지점 유량(m³/s)	BOD(mg/L)	T-N(mg/L)	T-P(mg/L)	비고
댐건설전	84.19	2.91	4.334	0.186	댐건설전
5.92	90.11	2.79(▽0.12)	4.309(▽0.025)	0.184(▽0.002)	
14.67	98.85	2.64(▽0.27)	4.264(▽0.070)	0.181(▽0.005)	

## 2.2 하수처리장에 의한 수질개선효과 모의

댐에 의한 환경개선용수 공급은 댐 직하류인 낙동강 본류를 대상으로 유량을 증가시킴으로써 수질을 개선하고, 환경기초시설은 본류 뿐 아니라 유역 전반에 걸친 오염원을 수처리하여 방류함으로써 지류의 수질까지도 개선하는 효과가 있다. 환경부 오염총량관리제에서 1단계(2004~2010)는 목표인자를 BOD로, 2단계는 다른 오염물질(예: 질소, 인 등)을 대상으로 하여 5개년 단위로 실시하는 것으로 되어 있다. 이에 따라서 본 연구의 모의에서도 BOD를 대상으로 하였다.

목표지점인 남지(진동)지점에서 송리원댐의 방류와 동일한 수질을 달성하기 위해 오염원이 집중된 곳에 환경기초시설을 배치하여 모의를 수행하였다. 이때, 환경기초시설들의 입지선정은 사업비를 최소화 하는 방향으로 결정하였다. 환경기초시설은 하수처리장, 분뇨처리장, 축산폐수처리장, 산업단지 폐수처리장, 농공단지폐수처리장, 하수관거 등으로 구성되나, 본 논문에서는 가장 일반적인 하수처리장만을 대상으로 하였다. 그림 2는 낙동강본류 유역의 하천망, 오염원분포, 기존 환경기초시설분포를 나타내고 있다. 대략적인 오염원분포를 파악하기 위해서 환경부에서 개발한 중분류 토지피복도(1:25,000 축척)의 시가화/건조지역 항목을 추출하여 요주의 지역으로 설정하였다.

송리원댐 방류량에 의한 수질개선과 동일한 효과를 얻기 위해 유역별 점오염원 자료와 기존의 하수처리장의 시설용량, 사업비, 오염물질 처리효율 등을 고려하여 분석하였다. 가상의 하수처리장

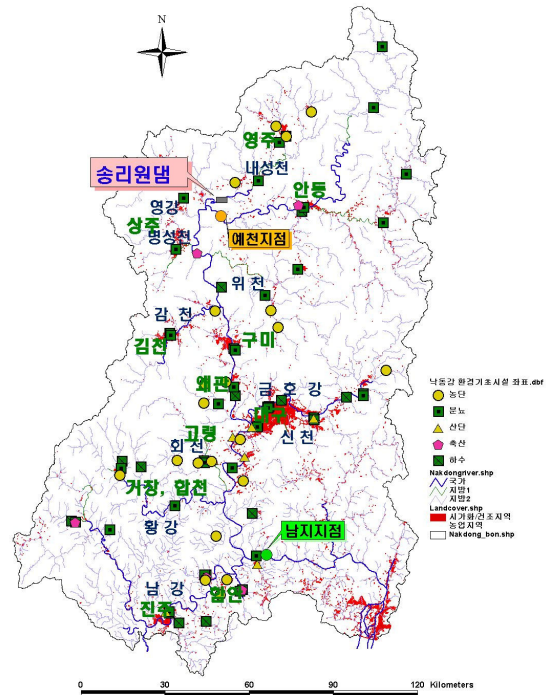


그림 2. 낙동강유역 하천망, 오염원, 환경기초시설 분포

을 그 지역의 특성과 맞도록 배치하기 위해 오염원량과 사업비 등을 고려하여 중권역 내에 있는 기존의 하수처리장을 추가적으로 설치하는 것으로 가정하였다. 표 2와 3은 송리원댐의 연평균 계획방류량 5.92 m<sup>3</sup>/s와 수질악화기 계획방류량 14.67 m<sup>3</sup>/s와 동일한 효과를 얻기 위해 모의된 하수처리장을 나타내고 있다. 하수처리시설에 의해 실제로 처리된 양은 처리용량을 적용해야 하나, 본 연구에서는 시설용량을 100 % 사용하는 것으로 모의하였다. 또한, 하수처리장과 연계되는 중계펌프장이나, 하수관거 등에 대한 사업비도 제외하였다.

**표 2. 연평균 환경개선용수 방류량 5.92 m<sup>3</sup>/s와 동일한 효과를 위한 하수처리장**

중권역	방류수역	시설용량 (m <sup>3</sup> /일)	처리용량 (m <sup>3</sup> /일)	처리율(%)		
				BOD	TN	TP
2003 안동댐하류	본류	54,000	49,297	87.75	9.66	33.33
2004 내성천	영주서천	40,000	29,245	91.29	27.36	54.55
2012 금호강	진천천	40,000	18,042	89.53	53.21	64.98
2013 회천	안림천	6,000	3,812	93.12	26.84	57.14
합계		140,000	100,396			

**표 3. 연평균 환경개선용수 방류량 14.67 m<sup>3</sup>/s와 동일한 효과를 위한 하수처리장**

중권역	방류수역	시설용량 (m <sup>3</sup> /일)	처리용량 (m <sup>3</sup> /일)	처리율(%)		
				BOD	TN	TP
2005 영강	영강	30,000	24,961	94.210	33.79	50.00
2012 금호강	금호강	170,000	125,653	92.369	22.84	37.50
2012 금호강	진천천	170,000	125,653	92.369	22.84	37.50
합계		370,000	276,267			

### 3. 대체시설비용 산정

댐과 하수처리장의 비용을 비교하기 위해서는 각각의 시설물이 효과를 발휘하는 내구연한을 고려해야 한다. 댐의 경우 50년이고, 공사기간이 길다. 하수처리시설은 기본 구조물에 구조물, 발전설비, 전기설비, 양수설비, 약품주입설비 등 다양한 설비가 설치되어 있으며, 이는 내구연한이 각각 다르게 두고 있다. 그러나 본 연구는 '건축물 등의 기준내용연수 및 내용연수범위표(제15조 제3항 관련)'를 참고하여 하수처리장의 내용연한을 20년으로 하였다.

그림 3은 댐과 하수처리장의 건설비 및 유지관리비에 대한 비용의 현재가치화를 개념도로 나타낸 것이다. 하수처리장이 50년간 효과를 발휘하기 위해서는 산술적으로 2.5배를 곱하나, 실제 수명이 다한 하수처리장을 완전히 폐기하고 다시 짓는 것이 아니다. 예를 들면, 사업초기에 들어가는 부지보상비나, 20년 이상 유지가능한 일부 시설에 대한 비용을 제외해야 한다. 그러나 본 연구에 부합하는 기존 하수처리장의 재건설에 대한 관련 자료를 구하기 어려워 산술적으로 2.5배를 곱하는 것으로 하였다. 송리원댐의 비용 및 편익을 현재가치화 하기 위해서 「수자원(댐)부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판)」(한국개발연구원, 2003)의 지침에 의거하여 완공 후 50년간 편익이 발생하는 것으로 가정하였으며 분석의 기준연도는 2006년으로 하였다. 공사기간은 5년, 유지운영비용은 공사비의 0.5%, 할인율은 6.0%를 적용하였다. 그 결과, 최종적으로 현재가치화한 비용은 2006년 기준으로 875,843 백만원으로 산정되었다. 그러나 전체 용수공급을 위한 댐의 용량중에서 환경개선용수에 대한 비율만을 고려하기 위해 용수공급용량, 홍수조절용량, 발전용량의 용량비에 따라 비용을 배분하여 최종적으로 환경개선용수에 대한 비용을 436,116 백만원으로 산정하였다.

환경기초시설의 사업비를 산정하기 위해서는 전 절에서 산정한 환경기초시설의 용량에 대한 사업비를 산정하고 시설물의 내구연한을 정해야 한다. 사업비와 매년 투입되는 운영비는 2006년

말을 기준으로 하였다. 댐과 동일하게 50년으로 사업비와 운영비를 산정한 결과, 송리원댐의 연평균 수질개선용수 방류량 5.92 m<sup>3</sup>/s의 효과를 얻기 위해 594,980 백만원, 14.67 m<sup>3</sup>/s의 효과를 얻기 위해 801,848 백만원이 소요되는 것으로 산정되었다.

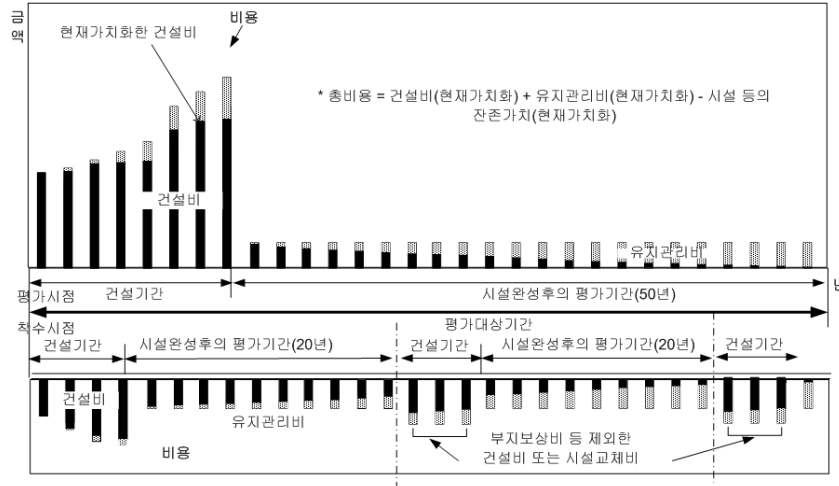


그림 3. 댐과 하수처리장의 건설비 및 유지관리비 현재가치화 개념도

#### 4. 결론

본 연구에서는 댐방류량 증가에 의한 하류하천의 유량 증가로 수질이 개선되는 편익을 산정하고자 하였다. 수질개선에 대한 대체시설로는 대표적인 환경기초시설인 하수처리장을 선정하였다. 모의를 위한 방류량은 환경선용수의 연평균 방류량 5.92 m<sup>3</sup>/s와 수질악화기 방류량 14.67 m<sup>3</sup>/s를 대상으로 하였다. QUALKO 모형을 이용하여 남지(진동)지점의 BOD를 모의한 결과, 5.92 m<sup>3</sup>/s 방류시 0.12 mg/l 감소, 14.67 m<sup>3</sup>/s 방류시 0.27 mg/l 가 감소하였다.

댐에 의한 효과와 동일하게 하수처리장을 오염원이 집중된 곳에 배치하고, 댐의 내구연한을 50년, 하수처리장을 20년으로 하여 사업비를 비교한 결과, 50년의 내구연한을 가지는 송리원댐의 환경개선용수 사업비용은 436,116 백만원, 연평균 방류량 5.92 m<sup>3</sup>/s와 동일한 기간과 효과를 가지기 위한 하수처리장 사업비 및 운영비는 594,980 백만원으로 산정되었다.

댐은 수질개선이 되는 대상이 본류이고, 수질개선과 함께 유량이 풍부해지는 장점이 있어 갈수기나 저수기에 더욱 효과적이다. 하수처리장과 같은 환경기초시설은 하천유량에 대한 변화는 없으나 지류에서부터 수질이 개선되어 본류에도 영향을 미치고, 오염물질을 효율적으로 제거할 수 있는 장점이 있다. 따라서 두 가지 시설을 적절히 병행한다면 유역내 수계의 효과적인 수질개선과 유량 확보를 이룰 수 있을 것이다.

#### 감사의 글

본 논문은 국토해양부의 연구비 지원으로 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

#### 참고 문헌

1. 한국개발연구원(2003) 수자원(댐)부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판)
2. 한국개발연구원(2007) 송리원 다목적댐 건설사업 타당성 재조사
3. 환경부(2002) 하수도시설 운영·관리업무처리 통합지침(개정)
4. 환경부(2007) 2006년 하수도 통계