

Research Paper

4대강 살리기사업의 재평가와 보의 운용방안

이종호

청주대학교 도시계획부동산학과

Reassessment on the Four Major Rivers Restoration Project and the Weirs Management

Jong Ho Lee

Department of Urban Planning and Real Estate, Cheongju University

요약: 4대강 살리기사업(이하 4대강 사업)에 대한 마스터플랜, 사전환경성검토, 환경영향평가, 사후환경영향조사, 4차례의 감사, 환경부 4대강 조사·평가 기획위원회의 금강과 영산강의 5개 보에 대한 해체 또는 부분 해체 제안 등을 고찰·분석한 결과는 다음과 같다.

첫째 보 운영과 보 개방으로 인한 수질 영향을 비교하여 비용편익분석을 해야 하나 보 개방시 수질 측정자료 부족으로 보 건설전 수질 측정자료로 대체하였기 때문에 수질 영향 분석이 미흡하여 비용편익분석이 제대로 될 수 없었다. 둘째, 금강과 영산강의 보 해체에 대한 비용편익분석 결과에 따라 세종보와 공주보의 해체, 백제보의 수문 상시 개방, 죽산보의 해체, 승촌보의 수문 상시 개방을 결정하였으나, 보 유지시에 대한 비용편익분석을 실시하지 않아 보 해체 결정의 타당성에 문제가 있다. 셋째 4대강 사업 전후 16개 보의 수질 변화를 보면 COD와 Chl-a는 대체로 악화되었고 BOD, SS, T-N, T-P는 개선되었다. 그러나 보 해체시 수질 관련 비용편익분석에서 4대강 사업후 악화된 COD 항목만을 반영하였고 4대강 사업후 개선된 BOD, SS, T-N, T-P 항목에 대한 수질 관련 비용(편익)은 반영하지 않았으므로, 보 해체 편익 산정시 수질 편익이 지나치게 과장되었다고 볼 수 있다. 넷째 공주보와 죽산보의 경우 가동보가 대부분이라 수질 악화시 특히 녹조 심화시 보 개방으로 보 해체와 같은 효과를 기대할 수 있고, 세종보도 가동보가 전체 보 길이의 64%나 되므로 보 개방으로 보 해체 시와 비슷한 효과를 얻을 수 있다. 댐·보·저수지 연계운용을 통해 수질관리가 가능하므로 보 해체만이 수질관리나 수생태계 개선방안이라 단정할 수 없다. 다섯째 가뭄과 홍수에 대응하기 위해 보와 연계되는 도수로 건설로 4대강 상류 가뭄지역에 대한 농업용수 공급 능력을 확보하는 것이 필요하므로, 현재로서는 보의 해체보다는 보의 활용 방안을 모색해야 할 것이다.

주요어: 4대강 살리기사업, 환경영향평가, 보 해체, 비용편익분석

Abstract: The master plan for the Four Rivers Restoration Project (June 2009) was devised, the procedure of pre-environmental review (June 2009) and environmental impact assessment (Nov. 2009), and post-environmental impact survey were implemented, and 4 times audits also inspected. and finally the Ministry of Environment's Four Rivers Investigation and Evaluation Planning

Committee proposed the dismantling or partial dismantling of the five weirs of the Geum River and Yeongsan River. But controversies and conflicts are still ongoing. Therefore, this study intend to re-establish the management plan for the four major rivers by reviewing and analyzing the process so far. The results are as follows.

First, a cost-benefit analysis should be performed by comparing the water quality impact of weir operation and weir opening. Therefore, it is inevitably difficult to conduct cost-benefit analysis. Second, according to the results of cost-benefit analysis on the dismantling of the Geum River and the Yeongsan River, the dismantling of the weir and the regular sluice gate opening was decided. However, there is a problem in the validity of the decision to dismantle the weir because the cost-benefit analysis for maintaining the weir is not carried out. Third, looking at the change in water quality of 16 weirs before and after the Four Major Rivers Restoration Project, COD and Chl-a were generally deteriorated, and BOD, SS, T-N, and T-P improved. However, in the cost-benefit analysis related to water quality at the time of weir dismantling, only COD items were targeted. Therefore, the cost of BOD, SS, T-N, and T-P items improved after the project were not reflected in the cost-benefit analysis of dismantling weirs, so the water quality benefits were exaggerated. Fourth, in the case of Gongju weir and Juksan weir, most of them are movable weirs, so opening the weir alone can have the same effect as dismantling when the water quality deteriorates. Since the same effect can be expected, there is little need to dismantle the weirs. Fifth, in order to respond to frequent droughts and floods, it is desirable to secure the agricultural water supply capacity to the drought areas upstream of the four major rivers by constructing a waterway connected to the weir. At present it is necessary to keep weirs rather than dismantling them.

Keywords : The Four Major Rivers Restoration Project, Environmental Impact Assessment, Weir Dismantling, Cost-Benefit Analysis

I. 서론

1. 연구의 배경과 목적

4대강 살리기사업(이하 4대강 사업)은 한반도대운하사업에서 출발하였다. 한반도대운하사업에 대한 찬성 측은 대운하의 효과와 편익을 강조하였으나, 반대 측은 대운하의 심각한 문제점을 강조하였다. 한반도대운하사업은 반대 여론이 높아지자 2008년 6월 추진이 중단되었다.

국토해양부는 2008년 12월 4대강 정비사업을 발표하였고, 2009년 4월 명칭을 4대강 살리기사업으로 변경하였으며, 2009년 6월 4대강 살리기 마스터플랜을 발표하였다. 사전환경성검토 절차는 2009년 4월~6월에, 환경영향평가 절차는 2009년 7월~11월에 진행되었다. 2012년 12월에 4대강 사업 주요 공사는 완공되었다.

그러나 4대강 사업에 대한 반대 여론도 커져 국민 소송단이 국토해양부 장관과 해당 국토관리청장을 상대로 2009년 11월에 한강, 낙동강, 금강, 영산강에서의 하천공사 시행계획 취소소송을 제기하였으나 2015년 12월 10일 대법원은 4대강 사업이 적법하다고 판결하였다.

감사원은 4대강 사업에 대해 4차례의 감사를 시행하였다. 1차 감사(2010년)는 사업계획의 적정 수립 여부, 2차 감사(2012년)는 4대강 사업 공사의 설계 이행 여부, 3차 감사(2013년)는 4대강 사업 건설사들의 담합 여부를 중점적으로 다루었다. 4차 감사(2018년)는 최초 정책결정과정부부터 4대강 사업에 따른 수질 변화 분석과 경제성 분석을 하였다.

그 후 환경부 4대강 조사·평가 기획위원회는 금강과 영산강의 5개 보에 대해 해체 및 유지에 관한 비용편익분석의 결과에 따라 세종보와 죽산보는 해체하고,

공주보의 경우 상부 교량 공도교는 그대로 둔 채 보만 철거하는 방안을 제안하였다. 백제보와 승촌보에 대해 상시 개방안을 제안하였다(Economic Analysis Forum of Four Major Rivers Investigation and Evaluation Team, Ministry of Environment 2019, The Korean Association of Public Finance 2019). 최근 국가물관리위원회 의결(2021.1.18.)에 따라 금강 및 영산강 5개 보는 보 해체(부분 해체)와 개방 등을 통해 자연성을 추진하고 있다(Joint ministries 2021). 그러나 지금도 여전히 보 개방과 해체에 대한 찬반 논란과 갈등이 진행되고 있다. 따라서 4대강 보 해체 및 유지에 대한 방향 모색이 시급하다고 본다.

2. 연구의 범위와 방법

본 연구는 4대강 사업에 대한 마스터플랜, 사전환경성검토(현재 전략환경영향평가, 환경영향평가, 사후환경영향조사, 4차례의 감사를 고찰·분석하여 내용상 및 절차상의 문제점을 확인하고자 한다. 그리고 환경부 4대강 조사·평가 기획위원회의 금강과 영산강

의 5개 보 해체 또는 부분 해체에 대한 경제성 분석을 고찰하여 금강의 세종보와 공주보, 영산강 죽산보의 해체 결정에 대한 문제점을 파악하고, 보의 개방이나 댐·보·저수지 연계 운영을 검토하여 보의 운용방안을 제시하고자 한다.

II. 4대강 살리기사업 마스터플랜과 환경영향평가

1. 마스터플랜

본사업은 홍수조절과 물 확보 등을 위한 4대강 본류에서 시행되는 사업으로 국토해양부, 농림수산식품부, 환경부가 주관하였다. 직접 연계사업은 섬진강과 13개 주요 지류 국가하천(광역시 통과, 다목적댐 하류) 정비와 하수처리시설 등의 확충을 위한 사업이다. 연계사업은 강살리기로 얻어지는 수변 경관 등을 활용하는 사업으로, 국토해양부의 4대강 직접 유입 지방하천 정비, 농림수산식품부의 금수강촌 만들기과 4대강 상류 유역 산림 정비 등, 문화체육관광부의 문

Table 1. 16 Weirs of the four major rivers in Korea (Water surface area : million m², Storage capacity: million m³)

River	Name of weir	Length of weir (m)			Height (m)	Water surface area/ Storage capacity	Type of sluice
		Total	movable	fixed			
		6,852.0	3,195.0	3,657.0		125.1/688.2	
Han River	Ipo	591.0	295.0	296.0	6.0	5.7/17.0	rise & fall
	Yeoju	480.0	480.0	0.0	8.0	4.4/12.8	rise & fall
	Gangcheon	440.0	350.0	90.0	8.0	4.0/11.5	rotary
Geum River	Baekje	311.0	120.0	191.0	7.2	6.8/23.5	rise & fall
	Gongju	274.0	238.0	36.0	7.0	4.7/15.3	rise & fall, reversal
	Sejong	348.0	223.0	125.0	4.0	3.0/3.8	reversal
Yeongsan River	Juksan	184.0	184.0	0.0	7.13	5.9/25.2	rise & fall
	Seungchon	484.5.0	180.0	304.5	7.5	3.3/9.7	rise & fall
Nakdong River	Changnyeong Haman	549.3.0	144.0	405.3	10.7	19.9/127.1	rotary
	Changnyeong Hapcheon	328.0	138.0	190.0	11.5	10.0/66.6	rise & fall, rotary
	Dalseong	480.0	162.0	318.0	10.5	9.6/56.0	rotary
	Gangjeong Goryeong	953.0	120.0	833.0	11.5	14.1/107.7	rotary
	Chilgok	400.0	232.0	168.0	14.8	13.7/93.6	rise & fall, reversal
	Gumi	374.3.0	103.5.0	270.8	11.0	9.1/55.4	rise & fall
	Nakdan	286.0	142.0	144.0	11.5	5.3/34.3	rise & fall
Sangju	335.0	105.0	230.0	11.0	5.6/28.7	rise & fall, reversal	

Source: https://www.kwater.or.kr/water/sub01/sub05/20060557/works.do?brdId=KO27&s_officecode=50039531&s_flag=1&s_mid=1354

화가 흐르는 4대강, 행정안전부의 4대강 직접 유입 소하천 정비, 지식경제부와 방송통신위원회의 신재생 에너지 생산과 IT 접목 산업 등을 포함한다(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Four Rivers Restoration Promotion Headquarters 2009).

4대강 사업은 2011년에, 댐과 저수지 등은 2012년 완료되고, 직접 연계사업은 2012년에 완료되며, 연계사업은 연차별로 시행되게 수립되었다. 4대강 사업 대상은 한강의 경우 본류(남한강), 북한강, 섬강 등이며, 낙동강의 경우 본류, 남강, 금호강, 황강, 서낙동강, 맥도강, 평강천이며, 금강의 경우 본류, 미호천, 갑천, 유등천이며, 영산강의 경우 본류, 황룡강, 함평천, 섬진강 등이다.

현재 4대강에는 16개 보가 있다(Table 1). 댐건설 및 주변지역 지원 등에 관한 법률(2조)과 국제대댐회(ICOLD: International Commission on Large Dams)는 대댐(large dam)을 기초 바닥~댐 정상까지 높이가 15m 이상인 구조물로 정의한다. 그런데 국제대댐회는 길이 50m 이상, 저수용량 100만 m^3 이상, 설계 홍수량 2,000 m^3 /초 이상 중 하나 이상 항목을 포함하면 대댐으로 규정하고 있다. 따라서 국제대댐회 기준으로 보면 16개 보 대부분은 대형 댐이다(https://www.icold-cigb.org/GB/dams/definition_of_a_large_dam.asp).

2. 예비타당성조사

4대강 사업 중 보 설치, 제방 보강, 준설 등(국토해양부 소관, 총사업비 22조 2,002억 원의 49.0%), 영산강 하구둑 구조개선(농림부 소관, 총사업비의 2.8%)은 긴급하게 시행해야 할 재해예방 사업이라 하여 예비타당성조사가 면제되었고, 하수처리시설 등(환경부 소관, 총사업비의 17.5%)은 법정 시설이라는 이유로 예비타당성조사가 면제되었다. 생태하천, 자전거도로, 댐 사업(국토해양부 소관), 농업용 저수지 등 높이기 사업(농림부 소관) 중 총사업비가 500억 원 이상인 사업은 예비타당성조사를 시행하였다(Board of Audit and Inspection 2018).

3. 환경영향평가

단기간에 환경적, 생태적, 경제적, 사회적 영향을 충분히 검토하지 않고 대선공약으로 제시되었던 한반도대운하사업이 여론 악화로 중단되자 대안으로 제시된 국책사업이 4대강 살리기 사업이다. 4대강 살리기 사업 마스터플랜(2009년 6월)은 단기간에 수립되었고, 사전환경성검토(지금의 전략환경영향평가) 절차(2009년 4월~6월)와 환경영향평가 절차(2009년 7월~11월)가 거의 동시에 단기간에 진행되었기 때문에, 사실상 환경영향평가법을 준수하지 않았다고 본다. 따라서 대규모 준설과 보 설치로 인한 홍수, 수질, 수자원, 지하수, 생태계, 문화재 등에 대한 영향을 예측·평가하여 최적 대안을 모색하는 데 근본적으로 한계가 있었다(Board of Audit and Inspection 2018).

III. 4대강 살리기사업 소송과 감사원 감사

1. 4대강 살리기사업 소송

4대강 반대 국민소송단은 2009년 11월 4대강 하천공사 시행계획 취소소송에서 관련 법령에 대한 법적 위반이나 절차상 하자가 있다고 주장하였다. 그러나 1심, 항고심, 상고심 모두 법적 위반이나 절차상 하자가 없다고 판결하였다. 그리고 4대강 사업은 홍수 예방, 용수 확보, 수질 개선, 생태계 영향, 일자리 창출, 사업성 등 측면에서도 필요성에 근거하여 정당하게 추진되었다고 판시하였다(Table 2).

2. 4대강 살리기사업에 대한 감사원 감사

1) 4차례 감사

감사원은 지금까지 4대강 사업에 대해 4차례의 감사를 시행하였다. 1차 감사는 4대강 사업 세부계획 수립 및 이행실태에 대해, 2차 감사는 4대강 사업 주요 시설물 품질 및 수질 관리실태에 대해, 3차 감사는 4대강 사업 설계·시공 일괄입찰 등 주요계약 집행실태에 대해 실시되었다. 4차 감사는 최초 정책 결정과정부터 4대강 사업에 따른 수질 변화 분석과 경제성 분석을 하였다.

Table 2. Lawsuits on the Four Major Rivers Restoration Project

River	Han River	Nakdong River	Geum River	Yeongsan River
name of litigation	Han River Construction Implementation Plan Cancellation Litigation	Nakdong River Construction Implementation Plan Cancellation Litigation	Geum River Construction Implementation Plan Cancellation Litigation	Litigation for cancellation of Yeongsan River restoration project
plaintiff	opposition litigation team 6,089 people	opposition litigation team 1,819 people	opposition litigation team 333 people	opposition litigation team 682 people
defendant	Minister of Land, Transport and Maritime Affairs, Director of Seoul Regional Land Management Agency	Minister of Land, Transport and Maritime Affairs, Director of Busan Regional Land Management Agency	Minister of Land, Transport and Maritime Affairs, Director of Daejeon Regional Land Management Agency	Minister of Land, Transport and Maritime Affairs, Director of Iksan Regional Land Management Agency
important issues	Violation and procedural defects of National Finance Act, River Act, EIA Act, Cultural Heritage Protection Act, and Korea Water Resources Corporation Act etc.	Whether there are violations of the National Finance Act, River Act, Environmental Impact Assessment Act, etc. and policy feasibility including flood prevention and water quality improvement, etc.		
litigation day	2009. 11. 25	2009. 11. 26		
judge (day)	Seoul Administrative Court (2010.12.3)	Busan District Court (2010.12.10)	Daejeon District Court (2011.1.12)	Jeonju District Court (2011.1.18)
	Seoul High Court (2011.11.25)	Busan High Court (2012.2.10)	Daejeon High Court (2012.1.19)	Gwangju High Court (2012.2.15)
	Supreme Court (2015.12.10.)			

Source: Korea Policy Briefing (<https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=155704737>), Case information of the National Law Information Center (<https://www.law.go.kr/LSW//precInfoP.do?precSeq=179811>).

Table 3. Overview of the Four Major Rivers Restoration Project Audit Implementation

Audit	Item name	Audit period / Announcement date	Main contents
1st Audit	Detailed plan establishment and implementation status	Jan.-Feb. 2010/ 27 Jan. 2011	Appropriate establishment of construction plan
2nd Audit	Major facility quality and water quality management	May-Sep. 2012/ 27 Jan. 2013	Investigation that the construction was carried out as designed
3rd Audit	Major contract execution status such as design and construction batch bidding	Jan.-Mar. 2013/ 10 Jul. 2013	Investigation into the actual bid and contract process
4th Audit	Implementation status check and performance analysis	Jul.-Oct. 2017/ Jul. 2018	Analysis of water quality and economic feasibility according to the initial policy decision process and project

Source: Board of Audit and Inspection, 2018, p.5 revised.

2) 4차 감사

4차 감사는 4대강 사업 관련 논란을 종식하기 위해 4대강 사업의 출발, 주요 사업계획 결정 과정, 사업계획 추진 법적 절차의 적정한 수행 여부, 사업비 집행, 그리고 각종 구조물의 안전성·유지관리 등의 적정 여

부 등을 다루었다.

특히 홍수 예방, 수자원 확보와 공급 등 이수·치수 효과, 수질 상태 및 조류농도 증가 원인 등 수질 문제와 관련된 논란의 종식을 위해 4대강 사업에 대한 성과분석을 치수 및 이수 효과 분야, 수질평가 분야, 경

제성 분야로 나누어 실시하였다(Board of Audit and Inspection 2018). 특히 수공학적 측면에서 4대강 사업 전·후 홍수 예방, 수자원 확보 및 활용 관련 자료 등을 분석하여 치수 및 이수 효과성을 분석하였다(Board of Audit and Inspection 2018).

4대강 사업 전·후 수질 평가는 보 건설기간(2010~2012년)을 제외하고 사업 전(2006~2009년)과 사업 후(2013~2016년)로 나눠 연간 및 계절별로 시행되었다. 4대강 사업 전·후 평가대상 수질항목은 수소이온농도(pH), 용존산소(DO), 생물학적 산소요구량(BOD), 화학적 산소요구량(COD), 부유물질(SS), 총질소(T-N), 총인(T-P), 질소/인 비율(N/P 비), 클로로필a(Chl-a) 등 9종이다(Board of Audit and Inspection 2018). 그리고 4대강 사업 전·후 조류농도 현황과 변화 원인을 규명하였으며, 생물 군집 및 하천생태계 건강성의 변화를 분석하였다.

IV. 4대강 살리기사업과 금강·영산강 보 해체에 대한 경제성분석

1. 4대강 살리기사업에 대한 경제성 분석

감사원(2018)은 4대강 사업에 대해 비용편익분석으로 4대강 사업의 경제성을 분석하였다.

「예비타당성조사수행 총괄지침」49조(분석기준일 및 분석기간)에 의하면 수자원사업은 사업기간과 운영개시후 50년을 합한 기간을 적용하게 되어 있다.

편익은 홍수피해 예방, 수질 개선, 이수, 친수, 발전, 골재 판매 등으로 나누어 분석되었다. 편익 분석

은 사업 종료 후 현재까지 발생한 성과자료를 이용하여 추정 편익은 2062년(사업 종료 후 50년)까지 동일하게 발생한다고 가정하였다. 비용은 4대강 사업의 총사업비, 유지관리비, 재투자 비용 등으로 나누되, 사업기간 및 사업 후 50년 동안 소요되었거나 소요 예정 비용을 포함하였다(Board of Audit and Inspection 2018).

특히 홍수 예방(치수)효과는 다양한 회귀분석에서 오히려 부정적으로 추정되었으나 대부분 추정계수들이 통계적으로 유의하지 않아서 모든 수계의 홍수피해 예방 편익은 없다고(0) 결론을 내렸다. 그러나 4대강 사업 시행 이후 홍수피해에 미친 영향을 분석할 수 있는 자료 축적 기간이 상당히 짧아 홍수예방 효과에 대해 이견이 있을 수 있다고 본다(Board of Audit and Inspection 2018).

경제성 분석 결과, 4대강 사업 전체 총비용의 현재가치(2013년 가격 기준)는 31조 526억 원, 총편익의 현재가치는 6조 6,251억 원으로 추정되어 B/C값은 0.21이므로 4대강 사업은 경제적 타당성이 떨어진다고 볼 수 있다. 강별로 산출된 B/C값을 보면 한강이 0.69로 가장 높은 편이었고, 금강 0.17, 낙동강 0.08, 영산강/섬진강 0.01이었다. B/C값만 보면 한강 유역 사업의 경제성이 비교적 높았다고 볼 수 있다. 홍수 예방 편익이 없다고 가정하여 B/C값이 작게 추정되었을 수도 있으나, 홍수예방 편익을 크게 설정하더라도 4대강 사업의 경제적 타당성은 낮다고 분석되었다(Board of Audit and Inspection 2018).

Table 4. Results of economic analysis of the Four Major Rivers Restoration Project (Unit: KRW trillion, 2013 price)

River	Benefit (A)						Cost (B)	Cost · Benefit ratio (= $\frac{A}{B}$)
	Subtotal	Water control	Water quality	Water use	Hydrophilic activity	Other		
Total	6.6251	0	0.2363	1.0486	3.5247	1.8155	31.0526	0.21
Han River	4.4287	0	0.2640	0.1687	3.5247	0.4713	6.4416	0.69
Nakdong River	1.2411	0	-0.3300	0.5355	0	1.0356	14.6522	0.08
Geum River	0.8867	0	0.3064	0.3323	0	0.2480	5.2340	0.17
Yeongsan River / Seomjin River	0.0686	0	-0.0041	0.0121	0	0.0606	4.7248	0.01

Source: Board of Audit and Inspection, 2018, pp. 390-391.

2. 금강과 영산강 보 해체에 대한 경제성 분석

금강과 영산강의 녹조가 악화되자 환경부 4대강 조 사평가단 경제성 분석포럼은 보의 수문을 개방하여 수 질 개선 여부를 관찰하면서 보 해체 여부를 결정하기 위해 비용편익분석을 실시하였다(Economic Analysis Forum of Four Major Rivers Investigation and Evaluation Team, Ministry of Environment 2019). 총비용은 보 해체 비용, 물 이용 대책비용, 보 해체에 따른 각종 불편의 등으로 이뤄진다. 특히 물이용 대 책비용은 수위 변동에 따라 영향을 받는 양수장과 취 수장 등의 개선비용과 지하수 활용 대책비용 등을 포 함한다. 불편익은 가뭄시의 용수 부족을 포함한 물의 활용성 감소, 교통 시간 증가, 소수력 발전 중지 등을 포함한다. 총편익은 수질 및 생태 개선, 홍수조절 개 선, 친수활동 증가, 보 시설 유지관리비 절감 등이다.

한국재정학회는 보 해체에 대한 비용편익분석 (Table 5)에 따라 금강(세종보, 공주보, 백제보)과 영 산강(승춘보, 죽산보)의 보의 처리방안을 제시하였다 (The Korean Association of Public Finance 2019).

세종보의 경우 이전 농경지가 도시지역으로 편입 되면서 보 영향권내 농업용 양수장이 운영되지 않았 기 때문에 보 해체시에도 용수이용 문제가 발생할 가 능성이 크지 않을 것으로 분석되어 물이용 대책비용 이 86.1억 원이었다. 그리고 보 해체시 수질(113.9 억) 및 생태(766.1억) 분야의 편익이 대폭 개선될 것 으로 예상되어, 보 해체가 합리적 처리방안으로 제시 되었다.

공주보의 경우 보 해체시 수질과 생태가 크게 개선 될 것으로 예상하고, 보 해체 시 총편익이 보 해체 비 용 및 소수력 발전 중지 등 비용을 상회한다고 보았 다. 교통 시간 증가 비용 268.9억 원은 보의 완전 해 체(공도교 해체 포함) 경우 비용이며, 공도교를 유지 하면 교통시간 증가 비용(불편익)이 제외되므로 총비 용은 1161.2억 원에서 268.9억 원을 제하여 892.3억 원이 되어 B/C값은 1.07에서 1.39로 커질 수 있다.

백제보의 경우 보 개방 기간이 길지 않아 수질이나 생태에 대한 실측치가 부족하고, 보 설치 전 자료의 평가 결과 보 해체의 경제성이 확인되지 않았다. 백

Table 5. Cost-benefit analysis of weir dismantling in Geum River and Yeongsan River (Unit: KRW 100 million, based upon 2018 prices)

Weir	B/C on weir dismantling	Benefit						Cost					
		Total	Water quality	Aquatic ecology	Hydrophilic activity	Flood control	Maintenance cost saving	Total	Weir dismantling	Countermeasures cost of water use	Reduced water utilization	Transportation time increased	Power generation decreased due to small hydro power generation suspension
Sejong	2.93	992.0	113.9	766.1	28.7	0.2	83.0	339.0	114.7	86.1	0.0	0.0	138.3
Gongju	1.07	1,241.5	300.4	359.3	9.2	0.1	572.6	1,161.2	532.8	137.3	0.0	268.9	222.1
Baekje	0.95	1,026.3	-290.0	339.8	64.3	2.6	619.7	1,080.2	415.1	237.5	0.0	0.0	137.6
Seung chon	0.92	888.0	250.6	91.3	49.3	1.2	495.5	965.4	438.5	300.3	0.0	172.4	54.2
Juksan	2.51	1,590.0	1,033.8	49.7	77.5	96.2	332.8	634.0	250.0	250.9	47.9	0.0	85.3

Source: The Korean Association of Public Finance, 2019, p.120.

제보는 보 건설 전의 수질보다 보 운영기간의 수질이 개선된 것으로 나타나, 보 해체시 수질이 악화되는 것으로 분석되어 -290억 원의 편익이 산출되었다. 따라서 물 흐름 개선을 위해 백제보의 상시 개방안이 제시되었다. 그리고 지하수를 이용한 수막재배 농가 등이 많으므로 상시 개방에 앞서 양수장, 지하수 등에 관한 물이용 대책을 세우기로 결정하였다.

승촌보는 보 해체시 영산강의 수질과 생태가 개선될 것으로 예측되나, 보 해체의 경제성은 높지 않다고 분석되었다. 따라서 보 개방에 따른 수질과 생태가 지속적으로 개선되고 물이용에 차질이 없게 보를 운영하면서, 양수장, 지하수 등 물이용 대책을 마련한 후 상시 개방 방안을 제시하였다.

죽산보는 보 해체시 수질과 생태의 개선, 유지관리비 절감 등과 같은 편익이 보 해체시의 모든 비용을 초과한다고 분석되어, 보 해체안이 제시되었다.

V. 고찰

1. 4대강 살리기사업에 대한 경제성 분석의 문제점

1) 예비타당성 면제와 경제성 분석

4대강 사업 총사업비의 49%나 차지하는 보설치, 제방 보강, 준설 등에 대해서 예비타당성조사가 면제되었다는 사실은 나중에 4대강 사업 경제성 분석에 부정적인 결과가 나올 가능성이 커질 수밖에 없었다. 그래서 금강, 영산강의 보 해체에 대한 비용편익분석에서 보 해체 안의 도출이 쉬워졌다고 볼 수 있다.

2) 보 해체에 대한 비용편익분석의 문제점

환경부 4대강 조사평가단 경제성 분석포럼(2019)과 한국재정학회(2019)의 비용편익분석을 살펴보면 다음과 같다.

① 보 해체로 인한 수질개선 편익 산정시 보 개방 수질 자료 미반영: 보 건설 이전 수질 자료로 대체 산정

4대강 보로 인한 수질 영향을 분석하기 위해서는 보 운영시의 수질과 보 개방시의 수질을 비교하는 것이 타당하다. 그러나 보 개방시의 수질 측정자료가 부족하여 보 개방시의 수질을 보 건설 이전의 수질로 대

체하여 비용편익분석에 반영하였다. 수질은 보 개방 여부 외에도 보 개방시의 수온, 강수량, 유입 수질 등에 의해 영향을 받기 때문에, 보 개방시의 수질 측정자료 대신 보 건설 이전의 수질 측정자료를 토대로 분석하여 보 개방 만이 수질개선을 가져온다고 결론지어 보 해체를 주장하는 것은 타당성에 문제가 있다고 본다.

② 보 유지에 대한 비용편익분석의 미시행

금강 3개 보와 영산강 2개 보의 해체에 대한 비용편익분석에 따라서 금강의 세종보와 공주보는 해체하고 백제보는 보의 수문을 상시 개방하고, 영산강의 죽산보는 해체하고 승촌보의 수문은 상시 개방하기로 결정하였다. 그러나 보 유지시에 대한 비용편익분석이 이뤄지지 않아 보 해체시의 비용편익분석과 비교할 수 없어 객관적 판단이 어렵다고 본다.

③ 보 해체로 인한 수질 관련 편익 산정시 COD만 반영

4대강 보로 인한 수질 악화, 수생태계 파괴, 친수 환경 훼손, 홍수 피해 증가, 보 유지관리비용 증가 등 불편익과 비용이 4대강 보로 인한 편익을 훨씬 상회한다고 결론을 내렸다. 특히 수질의 경우 화학적산소 요구량(COD)을, 수생태계의 경우 어류 건강성 점수(FAI) 및 수변환경 점수(HRI)를 분석항목으로 선정하였다(실제로 0~100점으로 표준화된 어류 건강성 점수와 수변환경 점수의 산술평균을 연결변수로 활용, The Korean Association of Public Finance 2019).

대한환경공학회(2018)는 4대강 16개 보를 대상으로 4대강 사업 기간(2010~2012년)을 제외하고 사업전(2006~2009년)과 사업후(2013~2016년) 각각 4년간 관측자료로써 연간 및 계절에 따른 사업 전·후의 수질 변화를 평가하였다(Korean Society of Environmental Engineers 2018).

4대강 사업 전후 16개 보의 수질 변화를 보면 COD, Chl-a는 대체로 악화되었고 BOD, 부유물질(SS), 총질소(T-N), 총인(T-P)은 개선되었다. BOD, SS, T-N, T-P의 수질개선은 보로 인한 효과보다는 환경기초시설의 확충에 의한 것으로 분석된다. 특히 금강 세종보, 영산강 죽산보 경우 COD, Chl-a는 악화되었

Table 6. Improvement and deterioration of water quality at 16 weirs in the four major rivers (except pH)

River	Weir	DO	BOD	COD	SS	T-N	T-P	NP ratio	Chl-a
Han River	Gangcheon	-	-	-	○	-	○	○	○
	Yeoju	○	-	-	-	-	-	-	○
	Ipo	-	-	-	○	○	○	○	-
Nakdong River	Sangju	○	×	×	×	-	-	-	×
	Nakdan	○	×	×	-	-	-	-	×
	Gumi	○	×	×	-	-	-	-	×
	Chilgok	-	-	×	-	-	○	○	×
	Gangjeong Goryeong	-	-	×	○	-	○	○	○
	Dalseong	-	○	-	○	-	○	○	○
	Changnyeong Hapcheon	-	○	×	○	-	○	○	○
	Changnyeong Haman	-	-	-	○	○	○	○	○
Geum River	Sejong	-	-	-	-	○	○	○	-
	Gongju	-	○	-	○	○	○	○	-
	Baekje	-	○	○	-	○	○	○	-
Yeongsan River	Seungchon	-	○	×	○	○	○	○	×
	Juksan	-	○	×	-	○	○	○	×

Source: Korean Society of Environmental Engineers, 2018, Water quality evaluation and analysis of causes of water quality change in weir sections related to the Four Major Rivers Restoration Project, Volume 1 (Parts 1 and 2, Investigation and Evaluation of Water Quality before and after the Four Major Rivers Restoration Project), pp.558-559.

Table 7. Water quality change in the weirs of the Geum River before and after the Four Major Rivers Restoration Project

Weir	before & after the project	Water temperature	pH	DO	BOD	COD	SS	T-N	T-P	Chl-a
Sejong	before	15.5	8.0	10.6	2.5	6.6	11.5	5.273	0.227	17.7
	after	15.9	7.8	10.9	2.5	6.8	10.6	3.627	0.078	26.9
	difference	0.4	-0.2	0.3	0.0	0.2	-0.9	-1.646	-0.149	9.2
Gongju	before	16.5	8.4	11.1	3.0	7.0	13.3	3.908	0.201	30.9
	after	16.5	7.8	11.5	2.4	6.7	11.1	3.217	0.071	41.5
	difference	0.0	-0.6	0.4	-0.6	-0.3	-2.2	-0.691	-0.130	10.6
Baekje	before	18.0	8.5	11.7	3.2	7.5	14.0	3.903	0.188	32.4
	after	17.0	8.0	11.8	2.7	6.8	10.5	2.935	0.062	38.6
	difference	-1.0	-0.5	0.1	-0.5	-0.7	-3.5	-0.968	-0.126	6.2

Source: Korean Society of Environmental Engineers, 2018, Water quality evaluation and analysis of causes of water quality change in weir sections related to the Four Major Rivers Restoration Project, Volume 1 (Parts 1 and 2, Investigation and Evaluation of Water Quality before and after the Four Major Rivers Restoration Project), p.570.

Table 8. Water quality change in the weirs of the Yeongsan River before and after the Four Major Rivers Restoration Project

Weir	before & after	Water temperature	pH	DO	BOD	COD	SS	T-N	T-P	Chl-a
Seungchon	before	17.4	7.4	8.5	5.9	6.8	16.4	8.755	0.567	16.4
	after	18.0	7.2	9.5	4.3	7.4	10.2	5.033	0.140	47.7
	difference	0.6	-0.2	0.9	-1.6	-0.6	-6.2	-3.722	-0.427	31.3
Juksan	before	18.0	7.9	10.1	4.4	6.5	14.4	5.732	0.404	12.7
	after	17.8	7.4	9.3	3.4	7.0	11.9	4.062	0.103	32.7
	difference	-0.2	-0.5	-0.8	-1.0	0.5	-2.5	-1.670	-0.301	20.0

Source: Korean Society of Environmental Engineers, 2018, Water quality evaluation and analysis of causes of water quality change in weir sections related to the Four Major Rivers Restoration Project, Volume 1 (Parts 1 and 2, Investigation and Evaluation of Water Quality before and after the Four Major Rivers Restoration Project), p.573.

으나, BOD, SS, T-N, T-P는 개선되었다. 금강 공주보와 백제보, 영산강의 죽산보의 경우 Chl-a만 악화되었고 나머지 수질항목은 개선되었다(Table 6, Table 7, Table 8).

환경부 4대강 조사평가단 경제성 분석포럼(2019)은 보 해체 시 수질개선 편익 산정시, 여러 수질항목 중 COD만을 대상으로 하였다(Economic Analysis Forum of the Four Major Rivers Investigation and Evaluation Team, Ministry of Environment 2019). 따라서 보 해체 시 수질개선 편익 산정은 개선된 수질항목(BOD, SS, T-N, T-P)의 편익을 반영하지 않아 타당성에 문제가 있다고 본다. 특히 죽산보의 경우, 보 해체 편익에서 수질개선 편익 비중이 65%나 되어 보 해체 결정에 크게 기여하여 보 해체 결정은 정당성에 문제가 있다고 본다.

2. 보 해체의 문제점과 보의 운용

1) 보 해체의 문제점

보 때문에 물이 정체되어 녹조가 심화되었으므로, 보 개방이나 보 해체를 통해 수질을 개선해야 한다는 주장은 타당성이 있다. 그러나 점오염원에 의해 부하되는 영양염류(T-N, T-P)를 환경기초시설에서 제거하고, 비점오염원 관리시설을 설치하면, 물이 정체되더라도 녹조 발생을 줄일 수 있다.

따라서 녹조 저감대책이 있고 가뭄이 빈발하는 요즘, 녹조때문에 보를 해체하는 것은 보의 활용가능성을 없애버리는 결정이라고 본다. 4대강 사업은 환경영향평가를 제대로 하지 않고 단기간에 시행했어야 할 정도로 시급한 사업은 아니었으나, 엄청난 재원이 투입되었으므로 편향된 비용편익분석으로 보 해체 결정을 실행하는 것은 또한 타당하지 않다고 본다. 4대강사업의 타당성 여부와 비용편익분석 결과와 무관하게, 4대강사업 때문에 보의 상류 지역과 하류 지역에 새로운 이해관계가 형성되었으므로 보 해체를 쉽게 결정해서는 안된다고 본다.

2) 보의 운용

① 가동보 운영으로 수질 관리

4대강 사업후 BOD, SS, T-N, T-P 등은 전반적으로

감소하였으나, 영양염류 유입증가, 체류시간 증가, 기상요인 등으로 여름철에 녹조가 심화되어 왔다. 남조류 발생 저감을 위하여 댐, 보, 저수지 연계운영을 통한 유량 증가와 보 운영수위 조절 등 유량대책을 실시하여 효과를 거둔 바 있다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport et al, 2017).

보 해체에 대한 비용편익분석 결과 세종보, 공주보, 죽산보의 보 해체가 필요하다고 하였는데, 공주보의 경우 가동보가 238m, 고정보가 36m이고, 죽산보의 경우 가동보가 184m, 고정보는 0m로서 가동보가 대부분이라 수질 악화시 보 개방이나 댐·보·저수지 연계운영으로 수질 개선효과를 얻을 수 있다고 본다. 세종보도 가동보가 223m, 고정보가 125.0m로서 가동보의 길이가 전체 보 길이의 64%나 차지하기 때문에 보 개방으로 보 해체 효과를 얻을 수 있다(Table 1).

② 보와 연결되는 도수로 건설로 가뭄 대처

하천법(14조)와 「댐과 보 등의 연계운영규정」(1조)는 갈수 및 홍수로 인한 재해의 방지와 수자원의 효율적인 운영을 위하여 필요한 경우 둘 이상의 하천시설간의 유기적인 연계운영을 규정하고 있다. 「댐과 보 등의 연계운영규정」은 댐, 보, 저수지, 물사용시설의 연계운영대상을 구체적으로 열거하고 있는데, 금강수계의 경우 용담댐·대청댐·보령댐, 세종보·공주보·백제보, 여러 저수지 및 금강하구둑을, 낙동강 수계의 경우 안동댐·임하댐·합천댐 외 9개 댐, 상주보 외 7개 보, 여러 저수지 및 낙동강 하구둑을 연계운영대상시설로 규정하고 있다(Kwater 2018).

금강 공주보와 예당저수지를 연결하는 도수로(27.5 km), 금강 백제보 하류 6 km 지점 취수장과 보령댐을 연결하는 도수로(21.9 km) 등이 건설되어 가뭄시 운영되고 있다. 빈발하는 가뭄과 홍수에 대비하기 위해 보 해체보다는 적절한 보 운영과 댐·보·저수지 연계운영을 추진해야 할 것이다.

③ 보 운용을 통한 지하수위 관리와 수막 재배

4대강 사업으로 지하수위가 올라간 지역에서는 수막재배 농가가 많아졌으므로, 4대강 사업이전과 비교할 때 보 상류지역과 하류 지역의 농민들 사이에 이해관계가 달라졌다. 따라서 보 개방으로 인한 지하수위

하강에 대한 모니터링이 매우 중요하다. 보의 개방으로 녹조를 관리하면서, 보 수위 조절을 통해 지하수위를 관리하여 수막재배 농가에 지하수를 공급하고 지역에 따라서 양수장 설치를 통해 용수 공급을 하도록 한다.

VI. 결론

이상과 같이 4대강 사업에 대한 마스터플랜, 사전 환경성검토(현재 전략환경영향평가, 환경영향평가, 사후환경영향조사, 4차례의 감사, 환경부 4대강 조사·평가 기획위원회의 금강과 영산강의 5개 보에 대한 해체 또는 부분 해체 제안 등의 과정을 고찰하였는데, 그 결과는 다음과 같다.

첫째 보 운영과 보 개방으로 인한 수질 영향을 비교하여 비용편익분석을 해야 하나 보 개방시 수질 측정자료가 부족하여 보 건설 이전 수질 측정자료로 대체하였다. 수질은 보 개방 여부 외에도 보 개방시의 수온, 강수량, 유입 수질 등에 의해 영향을 받을 수 있어서 비용편익분석이 제대로 되었다고 볼 수 없다.

둘째, 금강 3개 보와 영산강 2개 보의 해체에 대한 비용편익분석 결과에 따라 금강의 세종보와 공주보는 해체하고 백제보는 보의 수문을 상시 개방하고, 영산강의 죽산보는 해체하고 승촌보의 수문을 상시 개방하기로 결정하였다. 그러나 보 유지에 대한 비용편익 분석을 실시하지 않아 보 해체 결정의 타당성에 문제가 있다고 본다.

셋째 4대강 사업 전후 16개 보의 수질 변화를 보면 COD와 Chl-a는 대체로 악화되었고 BOD, SS, T-N, T-P는 개선되었다. 그러나 보 해체시 수질 관련 비용편익분석에서 4대강 사업후 악화된 COD 항목만을 반영하였다. 따라서 보 해체시 수질관련 비용편익분석에서 4대강 사업후 개선된 BOD, SS, T-N, T-P 항목에 대한 수질관련 비용은 반영되지 않았으므로, 보 해체 편익 산정시 수질 편익은 과장되었다고 볼 수 있다.

넷째 공주보와 죽산보의 경우 가동보가 대부분이라 수질 악화시 특히 녹조 심화시 보 개방으로 보 해체와 같은 효과를 기대할 수 있고, 세종보도 가동보

가 전체 보 길이의 64%나 되므로 보 개방으로 보 해체 시와 비슷한 효과를 얻을 수 있다. 댐·보·저수지 연계운용을 통해 수질관리가 가능하므로 보 해체만이 수질관리나 수생태계 개선방안이라 단정할 수 없다.

다섯째 기후변화로 인해 빈발하는 가뭄과 홍수에 대응하기 위해 보와 연계되는 도수로 건설을 통해 4대강 상류 가뭄지역에 대한 농업용수 공급 능력 확보를 검토하고, 보 운영시와 보 개방시 수질 측정 자료를 충분하게 축적하여 수질 관리 방안을 강구해야 할 것이다. 현재로서는 엄청난 재원이 투입되었던 보를 해체하기보다는 보의 활용 방안을 모색해야 할 것이다.

사사

이 논문은 2020~2021학년도에 청주대학교 산업과학연구소가 지원한 학술연구조성비(특별연구과제)에 의해 연구되었음.

References

- Board of Audit and Inspection. 2018. Audit Report – Inspection and performance analysis of the Four Major Rivers Restoration Project; pp. 4-5, 29-30, 213-214, 312, 340, 374, 390-391. [Korean Literature]
- Economic Analysis Forum of the Four Major Rivers Investigation and Evaluation Team, Ministry of Environment. 2019. A socioeconomic analysis study on the management plan of the Geumgang and Yeongsan rivers. [Korean Literature]
- Joint Ministries. 2021. 1st National Water Management Master Plan (2021-2030); p. 78. [Korean Literature]
- Korean Society of Environmental Engineers. 2018. Water quality evaluation and analysis of causes of water quality change in weir sections related to the Four Rivers

- Restoration Project, Volume 1 (Part 1-2, Investigation and Evaluation of Water Quality before and after the Four Major Rivers Project); pp. 558-559, 570, 573. [Korean Literature]
- Kwater. 2018. A Study on Standard of Reservoir Water Allocation (2nd Year); pp. 197-199. [Korean Literature]
- Lee JH. 2010. National Projects and Impact Assessment by Presidential Promise, Journal of Environmental Studies, 49, Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University. [Korean Literature]
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Four Rivers Restoration Promotion Headquarters. 2009. Master Plan for Restoring Four Rivers; pp. 7-8. [Korean Literature]
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Ministry of Environment, Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Korea Water Resources Corporation, National Institute of Environmental Research, and Korea Rural Community Corporation. 2017. Optimal linkage operation plan of dam-weir-reservoir; pp. 64-70. [Korean Literature]
- The Korean Association of Public Finance. 2019. A study on socioeconomic analysis on the management plan for river facilities in the Geum River and Yeongsan Rivers 59: 26-120. [Korean Literature]
- https://www.icold-cigb.org/GB/dams/definition_of_a_large_dam.asp
- https://www.kwater.or.kr/water/sub01/sub05/20060557/works.do?brdId=KO27&s_officecode=50039531&s_flag=1&s_mid=1354
- Korea Policy Briefing (<https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=155704737>)
- Case information of the National Law Information Center (<https://www.law.go.kr/LSW//precInfoP.do?precSeq=179811>)