

4대강 살리기 사업에 의한 부영양화와 관리 방안



서동일 >>>
충남대학교 환경공학과 교수
seodi@cnu.ac.kr

하천에서 부영양화를 제어하기 위한 총인농도의 한계를 0.05 mg/l 로 가정하여 보았을 경우 각 주요지점에서 제거해야 하는 총인오염부하량을 산정하여 보았다. 본 사업이 진정한 4대강 살리기가 되어 역사에 남을 성공적인 국가 사업으로 자리 매김하기 위해서는 과학적인 접근 방법이 매우 중요하다.

I. 서론

4대강 살리기 사업이 공사발주에 대한 모든 일정을 마치고 건설을 위한 일정이 진행되고 있다. 4대강 살리기 사업이 진정한 의미에서 “살리기”가 되기 위해서는 하천의 수량과 수질이 함께 관리되어야 하나, 아직까지 본 사업은 수량관리 또는 하천변관리에 치중하고 있으며 수질에 대한 고려는 상대적으로 미진한 것으로 보인다. 총 공사비 22조 중 수질관리에 직접 투입되는 예산은 3조 9천억이며 이중 4대강 사업과 무관하게 사전에 계획되어 있던 3조 4천억을 제외하면 실제 4대강 사업에 의해서 신규로 투자되는 금액은 5천억에 불과하다. 우리의 기술적 현실과 현재와 같은 4대강 사업에서 환경부문의 투자 현황으로는 4대강의 수질개선은 어려울 것으로 전망되며 오히려 보의 건설에 따른 체류시간의 증가에 따라 녹조현상의 지표인 chl-a 농도가 증가할 것으로 우려된다. 본 고에서는 4대강 살리기 추진본부의 마스터 플랜(2009)에 나타나 있는 수질관리 계획 및 수질 모델링에 대하여 타당성을 분석해보고 별도의 수질 모델링을 통하여 4대강의 수질변화를 예측해 보았다. 또한

II. 본론

환경부의 수질관리 대책

환경부에서는 하수처리시설 확충과 녹조저감시설 설치를 통해 4대강은 2012년까지 2급수로 (BOD 3 ppm 이하) 개선하고 생태하천과 습지를 조성하며 농경지 정리를 실시하며 이를 위해서 다음과 같은 내용이 중점적으로 추진될 것으로 발표한 바 있다. 1) 오염도가 높은 지역 및 보 설치 상류 유역 중점관리, 2) 환경기초시설 TP 등 방류기준 선진화, 3) 중점관리유역 내 환경기초시설 확충 및 고도화, 4) 비점오염 저감대책 추진, 5) 생태하천 복원 및 수변 생태 벨트 조성.

4대강 사업에 의해서 발생할 수 있는 수질 문제 중 가장 우려되는 것은 보의 건설에 따라 정체 수역의 형성 또는 체류시간의 증가에 따른 엽록소 농도의 증가이다. 표 1은 4대강 본류 지점 중 수질이 가장 열악한 지점에 대한 2009년 평균 수질 농도를 나타낸다. 영산강 광산지점의 수질은 4대강 본류 지점 중 최악으로 나타나고 있으며 특히 연평균 총인농도는 0.53 mg/L 에 이른다. 한강의 김포지점의 경우 전반적으

로 영산강 다음으로 열악한 수질을 나타내고 있다. 위 두 지점의 공통점은 광산 지점의 경우 광주의 하수처리장 방류위치 직하류에 위치해 있으며, 김포 지점의 경우 중랑천, 난지, 탄천, 서남하수처리장 등 우리나라에서 가장 큰 4개의 하수처리장이 방류되고 난하류에 위치하고 있다. 이 결과는 하수처리장의 건설이 4대강 본류의 수질관리에, 특히 총인과 총질소 등 영양염류의 관리에 매우 불리한 여건을 제공하고 있다는 것을 시사한다는 면에서 매우 중요하게 고려되어야 할 부분이다. 이에 따라 환경부는 마스터 플랜에서 표 2 와 같이 대폭 강화된 하수 및 폐수처리시설의 방류수질 강화계획을 발표한 바 있다. 4대강 권역의 대부분은 III 지역에 해당하는 것으로 보이며 이에 대한 TP 방류수 수질기준은 0.5 mg/L 이다. 현재 대부분의 하수처리장의 경우 1.0 mg/L 수준의 방류수질을 나타내므로 이는 현재의 방류수질을 50% 가량 개선하는 안이 된다. 그러나 표 1 의 총인 수질이 방류수질의 개선에 따라 50%가 된다고 하여도 하천의 부영양화 한계농도 0.05 mg/L (김범철교수; personal communication) 를 상회할 것으로 추정된다. 식물성플랑크톤의 성장은 리비히의 최소율의 법칙 (Leibig's Law of Minimum) 에 의해 한계농도 보다 농도가 높은 경우 전혀 영향을 받지 않는다. 따라서 총인 농도는 이 한계 농도 이하로 감소시키지 않는 한 하천의 녹조현상을 방지할 수는 없을 것으로 보인다.

표 2. 4대강 수질관리를 위한 환경부 방류수질 강화계획

구분	수질	현행	I 지역	II 지역	III 지역	비 고
하수종말 처리시설	BOD	10	5	5	10	() : 동절기 기준
	COD	40	20	20	40	
	TN	20(60)	20	20	20	
	TP	2(8)	0.2	0.3	0.5	
폐수종말 처리시설	BOD	20(30)	10	10	20	'11~'12 적용기준 () : 농공단지
	COD	40(40)	20	20	40	
	TN	40(60)	20	20	40	
	TP	4(8)	0.2	0.3	0.5	

※ (I 지역) : 상수원 관리지역(상수원보호구역, 수변구역 등)

※ (II 지역) : 상수원 관리지역을 제외한 34개 중점관리권역

※ (III 지역) : I·II 지역을 제외한 4대강 권역

표 1. 2009년 우리나라 4대강 지역별 최악 연평균 수질 농도 (mg/L)

	BOD	TP (총인)	TN (총질소)	COD
한강 (김포)	4.7	0.38	6.50	7.1
낙동강 (물금)	2.8	0.15	2.97	7.1
금강 (강경)	3.7	0.15	5.47	8.2
영산강 (광산)	6.0	0.53	7.16	8.5

4대강의 수질 오염도는 방류수 수질오염도가 매우 높은 하수처리시설의 난립과 지속적인 유역개발에 의한 비점오염물질 유달률의 증가에 의해 가중될 확률이 매우 높다고 판단된다. 또한 준설에 의한 영향 퇴적물의 교란 및 오염물질의 재용출등은 일시적이기는 하나 생태계뿐만 아니라 먹는 물 또는 산업용수의 취수 문제를 야기 시킬 가능성이 다분하다.

수질모델링을 통한 수질관리 대안 수립

수질 모델링은 수계의 수질에 영향을 미치는 사업의 시행에 따른 수질 변화를 미리 예측하고 가상의 공간에서 비교함으로써 실제로 수질관리 대안 수립을 위한 시행착오를 최소화 하는데 시행되는 기술이다. 수질모델은 실제로 발생하는 상황을 축약하여 표현한 것이며 대상 물질의 이동, 반응, 상호 작용을 수식으로 표현하고 수식을 효율적으로 계산하기 위해 프로그램으로 만든 것이다. 수질 모델은 과학적인 근거를 바탕으로 구축되었으나 “축약” 과정에서 자연계에서 발생할 수 있는 모든 사항을 고려할 수 없는 한계가 있으며 필연적으로 불확실성이 존재한다. 이러한 관

표 3. 4대강 구간별 유입 총인 삭감필요량 (하천 월평균 TP 농도 0.05 mg/L 유지시)

수 계	구 간	사업전	보증설시			농업용 저수지 증고 등 유량증가시		
		연평균	연평균	변화율	삭감 필요율	연 평	변화율	삭감 필요율
한 강	H-1	0.042	0.042	0.00%	-	0.041	-0.90%	-
	H-2	0.063	0.069	11.10%	48.70%	0.067	7.70%	45.00%
	H-3	0.069	0.082	20.00%	82.70%	0.083	21.50%	85.10%
	H-4	0.073	0.091	25.30%	84.30%	0.099	37.10%	90.00%
낙동강	N-1	0.036	0.038	5.60%	-	0.038	5.60%	-
	N-2	0.056	0.057	1.80%	11.00%	0.054	-3.60%	10.30%
	N-3	0.068	0.073	7.40%	54.10%	0.069	1.50%	51.80%
	N-4	0.099	0.108	9.10%	83.80%	0.103	4.00%	83.30%
	N-5	0.257	0.286	11.30%	98.90%	0.241	-6.20%	92.70%
	N-6	0.24	0.261	8.80%	74.40%	0.261	8.80%	89.60%
	N-7	0.24	60.227	-7.70%	71.10%	0.224	-8.90%	69.40%
	N-8	0.259	0.252	-2.70%	98.00%	0.27	4.20%	98.90%
	N-9	0.286	0.288	0.70%	86.10%	0.275	-3.80%	82.50%
금 강	G-1	0.2	0.229	5.90%	78.20%	0.228	5.90%	78.10%
	G-2	0.2	0.211	7.80%	42.70%	0.21	7.70%	43.20%
	G-3	0.204	0.201	1.40%	65.60%	0.201	1.10%	66.20%
영산강	Y-1	0.093	0.093	-0.70%	46.20%	0.088	-4.00%	43.40%
	Y-2	0.116	0.105	-10.80%	63.70%	0.102	-13.10%	63.90%
	Y-3	0.166	0.168	1.20%	73.80%	0.159	-4.20%	72.30%
	Y-4	0.161	0.169	5.10%	70.70%	0.16	-0.50%	68.80%
	Y-5	0.159	0.175	10.90%	75.60%	0.163	3.30%	72.10%
	Y-6	0.216	0.168	-20.40%	70.20%	0.22	2.60%	77.20%

* 한강은 충주댐-팔당댐 사이 구간, ** 금강은 대청댐 - 금강하구언 사이 구간

점에서 입력자료, 수질모델링, 출력 자료에 대한 수질모델링 전문가의 판단은 너무도 중요할 수밖에 없다.

4대강 살리기를 위해서 시행한 환경부의 EFDC 모델은 3차원적인 수리동역학모델과 수질모델이 접목된 최첨단의 모델이다. 최첨단의 자동차가 엔진의 구동을 위해 그에 필요한 연료, 윤활유, 각종 부속 그리고 운전기술이 필요한 것처럼, 최첨단의 수질모델도 그에 걸맞은 입력 자료가 필요하고 모델링 수행전문가가 필요하다. 그러나 우리나라 현실에서 애석하게도 최첨단의 EFDC 모델을 정상적으로 구동하기 위한 자료는 전혀 충분하지 않다.

본고는 수리분야에 EFDC 모델의 결과를 활용하고 수질분야에 WASP 을 연계하여 수질모델링을 실시하였으며 수중보의 건설에 따른 부영양화 정도를 예측하고 이를 제어하기 위한 적정 TP 농도를 산정

하여 보았다. 수질 모의 결과 1) 보의 설치에 따라 오염물질 체류시간이 증가하는 것으로 모의되었으며, 전체적으로 Chl-a 농도는 증가하는 경향을 나타내었다. 2) 여타 수계 경향과 다른 낙동강 Chl-a 변화 경향을 나타냈으며 경우에 따라 감소하는 경우도 있었다. 즉 오염물질 농도, 체류시간, 수심 등 Chl-a 의 성장에 영향을 미치는 각종 인자의 자세한 분석에 의한 부영양화 대책 수립이 필요한 것으로 나타났다. 3) 총인 농도가 조류 성장을 제한할 정도로 감소되지 않는 한 Chl-a 회복은 불가능하며 따라서 하천의 부영양화 여건을 고려한 TP 저감량을 산정하여 보았다. 총인의 삭감필요량은 표 3에 나타난 바와 같이 한강 및 낙동강 상류에서는 필요하지 않으며 한강은 팔당댐-이포보 (H4) 구간과 이포보-여주보 (H3) 구간에서 각각 90% 및 85% 의 유입총인부하가 감소되어야 하는 것으로 산정되었으며 낙동강은 함안보 (N7) 지

점 (69.4%)을 제외하고 철곡보 (N4) 구간부터 80% 이상의 총인부하가 감소되어야 하는 것으로 나타났다. 금강과 영산강은 모두 43~77%의 총인부하 삭감이 필요한 것으로 산정되었다.

III. 결론

위의 결과를 고려하여 볼 때 환경부의 대책은 다음을 고려하여 개선되는 것이 좋을 것으로 판단된다.

1. 폐수 및 하수 처리장 방류 수질 기준은 방류 수질 위주에서 하천수질 위주로 전환할 필요가 있으며 상하류간 수량 및 수질 불균형 및 건천화를 심화시키고 결국 4대강의 수질 문제를 심화시킬 수 있는 대형하수처리시설 위주의 환경 정책을 지양해야 한다.
2. 하천의 수질관리 대책은 오염의 원인을 제공하는 유역오염부하 관리와 연계한 수질관리 계획 수립 필요하며, 오염총량제 및 자연형 하천 관

리 계획 그리고 유역의 비점오염원 관리와 연관하여 수립하여야 한다.

3. 하수처리장이 주거 지역 인근에 배치될 가능성이 높으므로 향후 건설되는 분산형 소형 최첨단 시설을 갖춘 초고도화 시설이 되어야 하며 지하화 및 주민편의시설과 연계활용등 획기적인 발전이 있어야 한다.

본 연구는 월평균 수준의 유량과 유입 수질 자료를 이용하여 개략적으로 계산한 결과를 보고하고 있으며, 보다 자세한 유입 유량과 농도의 정보가 확보되는 경우 더욱 정확한 결과를 나타낼 수 있을 것으로 판단된다.

그러나 실제로 하천의 수질문제는 생명과 관련되는 문제이므로 연평균 보다는 악화되는 시기에 대한 대책이 더욱 중요하다. 따라서 월평균 또는 연평균적인 수치는 수질관리를 위한 행정적인 지표일 뿐 실제의 수질과는 거리가 있다는 점을 유의하여 해석할 필요가 있다. ☞