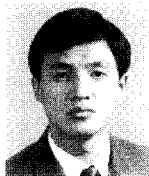


서낙동강 수질개선방안 모색을 위한 연구 방향



이 남 주 |
경성대학교 건설환경공학부 교수
njlee@ks.ac.kr



이 상 호 |
부경대학교 토목공학과 교수
peterlee@pknu.ac.kr



윤 영 삼 |
국립환경과학원 낙동강물환경연구소 연구사
ysyoons3@me.go.kr

1. 서낙동강 수질개선방안 모색의 필요성

서낙동강 유역에는 서낙동강, 맥도강, 평강천 3개의 국가하천과 조만강, 예안천, 주중천, 신어천, 지사천 등 15개의 지방2급 하천이 있으며, 농업용수 공급을 위한 농수로가 복잡하게 형성되어 있다(그림 1 참조). 서낙동강 유역은 유역면적 303.09km², 유로연장 18.5km, 유역의 폭은 동서간 최대거리가 약 19.8km, 남북으로는 약 19.5km 정도로 원형에 가까운 형태이다. 서낙동강 유역은 대부분 표고가 EL. 5m 이하인 영역(전체 유역면적의 약 70%; 평야 지역)으로 구성되어 있다. 서낙동강에는 강제배수로서 수위조절이 가능하도록 서낙동강 하류에 녹산배수펌프

장과 맥도강에 맥도배수펌프장, 신포배수펌프장이 설치되어 있다. 과거 6년간 대저수문을 통한 낙동강 본류수 유입량은 연평균 6.6m³/s이다.

서낙동강은 하구에 위치한 녹산수문이 염수 침입을 막고, 상류에 위치한 대저수문(대동수문)에서 들어오는 담수를 조절해 농업에 필요한 수자원을 확보함으로써 김해평야를 곡창화하는데 크게 기여하였다. 그렇지만, 현재 서낙동강의 현실은 수문에 의해 수체가 정체됨에 따른 호소형 하천의 문제점이 심각하게 나타나고 있는 상황이다. 정체수역인 호소형 하천의 수질이 저하되는 것은 여러 원인이 있겠지만, 가장 큰 원인으로는 하류부에 위치한 수문 등에 의해 하도 내에 수체가 장기간 정체되기 때문이다. 또한, 흐름이 정체됨에 따라 하상에 퇴적된 오염물은 이동하지 않으며, 질소, 인, 중금속 등의 오염원을 누적시키고, 이들 오염원의 용출로 인하여 6월에서 9월에 이르는

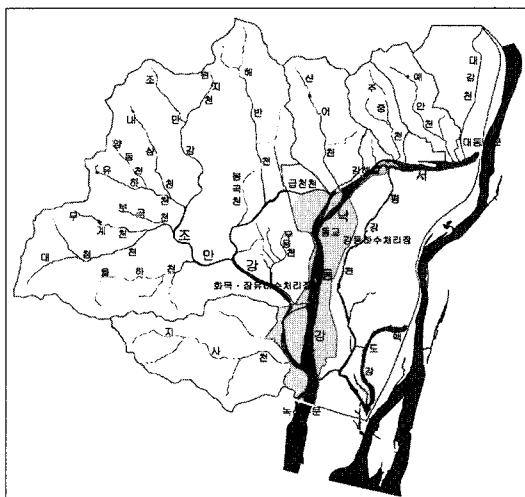


그림 1. 서낙동강 유역(서낙동강유역 관계기관합동, 2005)

기간 동안 녹조가 다량 발생하는 등 수질지표가 전반적으로 악화되고 있는 실정이다.

서낙동강 유역에는 연안을 중심으로 도시 비점오염원, 하수처리장 방류수, 농업 및 축산활동, 내수면 양식어업, 공장에서 배출되는 중금속을 포함한 여러 종류의 점 및 비점 오염원들이 널리 분포하여 있다. 부산시 강서구와 경상남도 김해시의 도시화와 산업화로 인해 서낙동강으로 유입되는 오염물의 양이 지속적으로 증가하여 왔으며, 서낙동강 수질 악화에 있어 주요 원인이 되었다. 서낙동강 수계에서는 $107.2 \times 103 \text{m}^3/\text{day}$ 의 오폐수가 발생하고 있으며, 조만강 유역에서의 발생량이 전체의 약 62%를 차지하고 있다. BOD 발생부하량은 $47.2 \text{ton}/\text{day}$ 이며, 이중 조만강 유역이 약 60%를 차지하고 있다. BOD기준으로 본 서낙동강 본류의 연평균 수질은 1995년 이후 개선되고는 있으나, 대부분 낙본N지점(녹산수문)의 목표수질인 $\text{BOD } 4.3 \text{mg}/\ell$ 를 초과하고 있는 실정이다(그림 2 참조).

평강천과 맥도강 유역에서는 50여년 이상 지하수를 개발하여 사용하여 왔으며, 서낙동강과 평강천, 맥도강의 수질 악화가 지속됨에 따라 지하수 의존도가 더욱 높아지게 되었다. 장기적인 지하수 과다 사용으로 염수침투가 평강천 및 맥도강 유역으로 침투하여 지하수에서 염분이 검출되는 상황이 발생하고 있다. 또한, 유역 내에서 배출되는 비료나 가축분뇨 및 생활오수 등에 의하여 지하수가 오염되어 있는 실정이며, 유역내 소규모 공장에서 방류하는 폐수가 낙동강으로

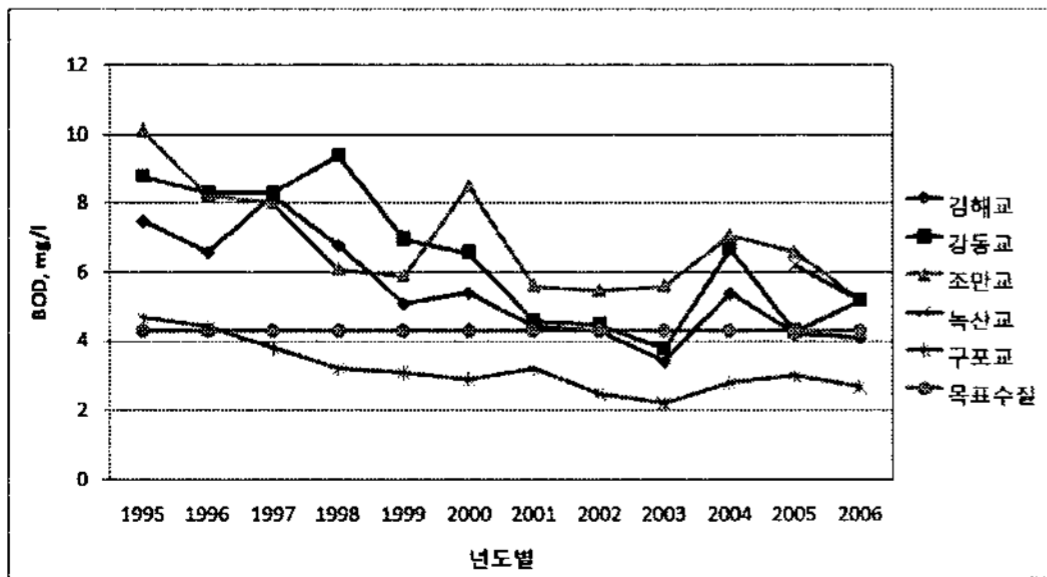


그림 2. 서낙동강 수질 현황

유입되어 미량의 중금속이 검출된 바 있다.

신어천 유역에 위치한 안동공업지역의 배수로를 통해 배출되는 오염물질은 서낙동강의 주요 오염원 중의 하나이다. 이 지역은 주거지역과 공장이 밀집한 지역으로 제대로 처리되지 못한 생활하수와 공장폐수로 인해 수질오염, 퇴적물 오염, 악취 등의 문제가 심각한 지역이다. 이 지역의 수질을 개선하기 위해서는 배출오염물질의 배출원 및 배출량 조사를 통한 오염물질 부하량의 원단위 산정이 필수적이다. 안동·지내공업지역의 각종 환경오염물질 배출시설별 발생량과 오염물질 부하량의 원단위에 관한 조사는 동 지역에서 발생하는 폐수와 배출시설의 적정 관리가 필요한 상황이다.

정부 및 유관 기관에서는 서낙동강 유역의 수환경에 대한 전반적인 문제점을 해결하기 위해 2001년부터 지속적인 노력을 기울이고 있지만, 아직 만족스러운 성과를 얻지 못한 실정이다. 이에 환경부와 유관 지자체에서는 기존의 수질개선대책에 대한 보다 정량적인 검토와 대책의 우선순위 도출을 위해 '서낙동강 유역 오염도 현황조사 및 수질개선방안 수립' 연구를 2007년도 낙동강수계 환경기초조사사업으로 수행 중에 있다. 이 조사연구사업은 2007부터 2010까지 4년의 기간 동안 수행하며, 이 학술기사는 1차년도(2007년)의 주요 연구성과를 간략히 정리한 것이다.

2. 조사연구사업의 목표 설정

이 조사연구 사업의 최종목표는 수환경 모니터링 결과와 수환경 모델링 결과를 기반으로 하여 종합적인 서낙동강 수질개선 방안 및 우선순위를 제시하는데 있다(그림 3 참조). 이를 달성하기 위한 세부 연구목표는 다음과 같다.

- 서낙동강 주요 하천 및 안동배수로의 수량 및 수질 인자 특성 조사
- 서낙동강 및 안동배수로 퇴적토 관리 및 준설 방

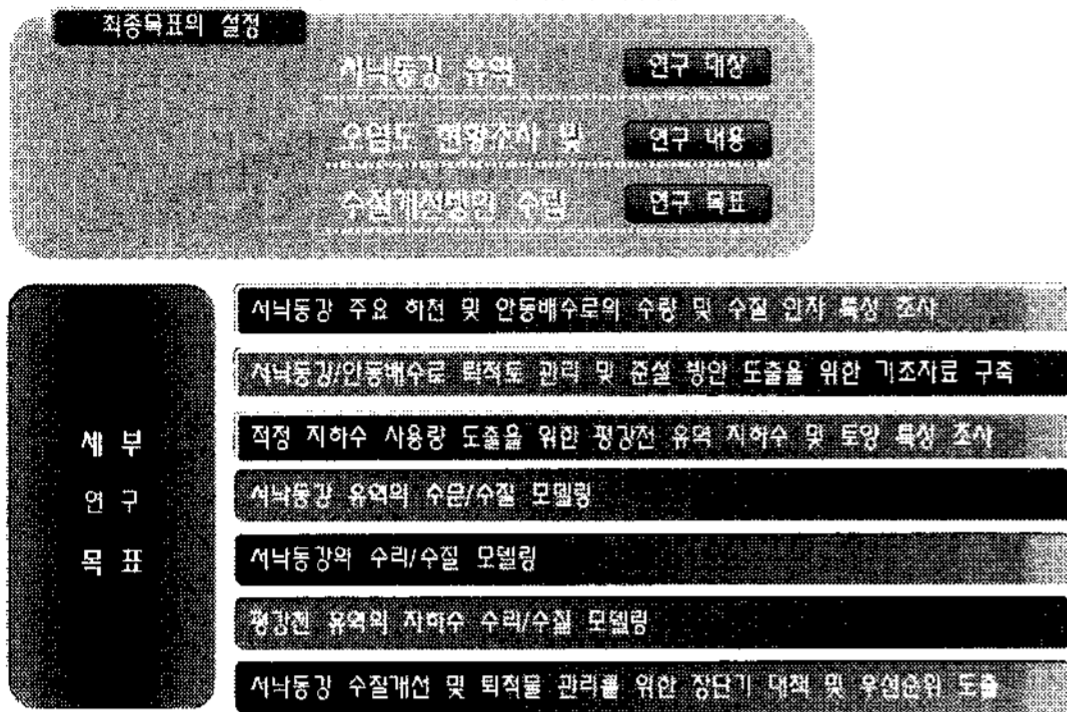


그림 3. 조사연구의 목표

안 도출을 위한 기초자료 구축

- 평강천 유역의 지하수 및 토양 특성 조사를 통한 적정 지하수 사용량 도출
- 서낙동강 유역의 수문/수질 모델링을 통한 수질 개선대안 평가
- 서낙동강의 수리/수질 모델링을 통한 수질개선 대안 평가
- 평강천 유역의 지하수 수리/수질 모델링을 통한 수질개선대안 평가
- 서낙동강 수질개선 및 퇴적물 관리를 위한 단기/중기/장기 대책 수립 및 우선순위 도출

3. 조사연구사업의 주요 결과

(1) 기존의 대책 분석

기존의 서낙동강 하천관리 및 수질개선방안과 관련된 16종의 보고서를 분석하였다. 기존의 서낙동강 수질개선 종합대책은 수환경 개선을 위한 구조적인 대책과 비구조적인 대책으로 크게 구분할 수 있다. 구조적인 대책은 유역 관리, 수체 관리, 퇴적물 관리, 지하수 관리 대책으로 나눌 수 있으며, 이 연구에서는 제시된 수질개선 대안들의 문제점과 개선방향을 정리하였다.

(2) 수체 교환 대책 평가

단기간에 수질개선효과가 가장 클 것으로 판단되는 수체 교환 대책에 대한 평가는 다음과 같은 부분을 보완한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 지천으로부터 유입되는 유량 및 오염물의 양을 보다 정확하게 산정할 필요가 있으며, 지천의 오염부하량에 대한 정밀한 조사와 유역 수질 모델링이 필수적인 사항이다. 녹산수문을 통한 방류가 상시적으로 이루어질 수 없다는 점을 고려할 필요가 있으며, 이를 해결하기 위한 방안으로써 녹산배수펌프장의 활용 방안에 대한 검토가 필요할 것으로 판단된다. 평강천과 맥도강은 서낙동강에 연결되어 있는 하천으로 서낙동강보다 상대적으로 더 정체되어 있는 수역이며, 이 하천의 수질 개선 대책으로써 신포 및 맥도 배수펌프장 운영 방안을 모색하고 수질개선효과를 정량적으로 분석할 필요가 있다.

(3) 서낙동강 지류 수질 조사

서낙동강 지류의 수질 조사 결과 총 7회에 걸친 조사에서 전 지역의 수질이 수질환경기준의 IV(약간 나쁨) 등급 이하의 수준을 보이며, 그보다 수질이 좋고 하더라도 비교적 상류 부근의 일부 하천에 국한되어 있다. 지류에서는 특히 영양염류(TN, TP)의 수치가 전반적으로 상당히 높은 것으로 조사되었다. 서낙동강 본류의 수질 조사 결과 영양염류(TN, TP)의 수치가 높은 결과를 보이며, Chl.a의 수치 또한 높게 나타났다. 본류의 수질이 지류보다 비교적 양호한 특징을 보이는 주요 원인은 대저수문과 녹산수문 운영에 의한 수체교환 효과로 추정할 수 있지만, 이에 대해서는 정량적인 분석이 필요할 것으로 판단된다.

(4) 공단 배수로 수질 조사

안동지내공단 배수로의 오수를 조사한 결과 PCBs, PAHs, n-Hexane 추출물질 등이 일부 검출이 되었으며, 강우시에는 검출량이 감소하거나, 아예 검출이 되지 않았다. TN과 TP는 전기 1, 2차 조사에

서 폐수배출허용기준의 청정지역 수질에 해당하지만, PCBs와 n-Hexane 추출물질의 농도는 높게 나타났다. 건기시 안동배수로의 하수는 처리장으로 전량 유입되지만, 강우시에는 서낙동강 본류로 유입된다. PCBs, PAHs, n-Hexane 추출물질 등은 환경기준의 건강상 유해물질로 분류되어 미량으로도 사람의 인체에 치명적인 영향을 줄 수 있는 만큼 배출업소에 대한 지속적인 관리가 필요할 것으로 판단된다.

(5) 동물성 플랑크톤 조사

서낙동강 본류 및 맥도강의 동물성 플랑크톤 조사 결과, 지각류와 요각류는 월별, 지점별 출현양상이 다소 다르게 나타난 반면, 소형 동물플랑크톤 군집인 윤충류는 대부분의 조사지점에서 우점하는 군집으로 조사되었다. 서낙동강의 상류에서는 비교적 수질이 양호한 편이지만 하류로 내려갈수록 오염이 진행되고 있다고 판단되며, 특히 녹산수문 일대와 맥도강 주변의 경우 7월 말~9월 초에 조류의 번식이 상당히 진행된 것으로 보인다. 계절적인 영향에 의해 수온이 떨어지기 시작하면서 전반적인 Chl.a의 수치가 감소하는 경향이 나타났다. TN, TP의 수치가 일정한 수준으로 유지가 되고 있는 상황이라 계절에 따라 수온이 높아지면 조류 번식이 다시 증가할 것으로 예상된다. 조류의 과다번식은 서낙동강 하류부와 맥도강 일대의 유입유기물의 근본적인 저감이나 제어가 시급함을 보여 준다.

(6) 서낙동강 퇴적물 분석

서낙동강 퇴적물 조사지점의 기초수질 분석 결과 pH는 6~8 정도로 중성 영역이고, DO는 4~11 mg/L로 비교적 양호하였으며, ORP는 50~250 mV에 존재하여 산화성 환경을 지니고 있었다. 서낙동강 퇴적물의 CODsed 분석결과 5개 지점에서 US EPA SQGs 기준인 40 g/kg에 근접하거나 초과하는 농도를 보였다. TN 농도는 99.8~10.6 mg/kg의 범위였으며 이는 낙동강 측정치에 비해 평균적으로 10배 이

상 높은 농도이다. TP는 최대 58.7mg/kg을 나타내었고 이는 낙동강 측정치에 비해 5배 정도 높은 값이다. PAHs와 PCBs는 검출되지 않았으나, 대부분의 지점에서 분석항목 이외의 할로겐화화합물로 추정되는 물질이 존재하는 것으로 나타났다. 중금속(Cr, Cu, Ni, Cd, Zn, Pb, Hg) 농도는 SQGs를 빈번히 초과하였고 낙동강 본류 퇴적물내 농도에 비해서도 높은 편이었으며, 안동공단배수로와 연결되어 있는 신어천과 서낙동강과 신어천 합류 지점에서 타 지점보다 높은 중금속 오염을 보이는 것이 특징이었다. 퇴적물내 SEM 농도는 총중금속 농도의 20~50%에 달해 급격한 환경변화시 용출될 가능성이 높은 편으로 나타났다. AVS와 CRS 값은 모두 높은 편으로 혐기성 상태에서 상당히 오랜 기간 동안 오염이 지속되어 왔음을 보여주었다. AVS 농도와 SEM 농도를 비교한 결과 퇴적물이 안정한 상태로 존재한다면 중금속의 용출 가능성은 낮을 것으로 판단되었다.

(7) 안동지내공단 배수로 퇴적물 조사

안동지내공단 배수로 퇴적물 조사지점의 기초수질 분석 결과 pH는 중성영역이었으나, DO가 많은 지점에서 1mg/L 이하였고, ORP 또한 음의 값을 나타내는 지역이 많아 강한 환원성 환경을 형성하고 있었다. 안동지내공단 배수로 퇴적물의 CODsed 분석결과 안배 3 지점에서 EPA의 SQGs 기준을 약 2배 정도 초과하여 검출되었으며, 안배 5 지점의 경우는 기준치보다 약 20 g/kg 정도 초과한 결과를 보여주어 유기물 오염이 전반적으로 심한 편이었다. 안배 6 지점에서 naphthalene이 ERL을 초과한 0.563mg/kg 검출되었으며, 안배 4 지점에서는 fluoranthene, pyrene이 각각 0.250, 0.183mg/kg으로 검출되었으나 ERL보다는 낮았다. 중금속(Cr, Cu, Ni, Cd, Zn, Pb, Hg) 농도는 대부분의 지점에서 SQGs의 ERL 기준을 초과하고 있는 것으로 나타났다. 퇴적물내 SEM 농도는 총중금속 농도의 20~50%에 달해 급격한 환경변화시 용출될 가능성이 높은 편으로 나

타났다. AVS와 CRS 값은 모두 높은 편으로 혐기성 상태에서 상당히 오랜 기간 동안 오염이 지속되어 왔음을 보여주었다. AVS 농도와 SEM 농도를 비교한 결과 퇴적물이 안정한 상태로 존재한다면 중금속의 용출 가능성은 낮을 것으로 판단되었다.

(8) 평강천 유역 지하수 조사

해안에서의 해수침투, 주위의 하천수질, 지표의 비점오염원 등이 지하수 수질에 미치는 영향을 분석하고 안정적 수질을 확보할 수 있는 방안을 모색하기 위해 4개의 관측공을 설치하고 지하수위, 지하수위별 온도, 염도 변화 등의 항목에 대해 조사를 실시하였으며, 지하수 모델링을 위한 격자망을 구축하였다. 지하수 조사 결과 평강천 유역의 지하수질은 염수침

입과 비점오염원의 영향으로 상당히 악화되어 있음을 알 수 있었고, 각 인자들의 상호 관련성을 밝히기 위해서는 장기적인 관측과 분석이 필요하다는 판단을 하였다. 지하수의 수질이 질소나 인으로 과다하게 오염되어 있는 것으로 판단되어 장기적인 모니터링과 오염 원인에 대한 분석이 계속해서 수행되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 연구는 낙동강수계관리위원회·국립환경과학원 낙동강물환경연구소에서 시행한 2007년 환경기초조사사업의 연구결과입니다. ☺