

수질오염의 특징적 요인 비교를 통한 충청남도권 금강수계 소하천의 오염하천 우선정비 선정에 관한 연구

이상호*, 황정재*
*상명대학교 환경공학과
e-mail:leesh@smu.ac.kr

Rehabilitation priority of tributaries in Geumgang River by the characteristic factors of pollution

Sang Ho Lee*, Jeong Jae Hwang*
*Dept. of Environmental Engineering, Sangmyung University

요 약

본 연구는 충청남도 권역내 금강본류에 유입되는 23개 소하천을 대상으로 하여 각 하천의 BOD와 T-P의 수질을 분석하였다. 효과적인 수질개선대상하천 선정을 위하여 금강수계의 목표수질과 오염물질의 그룹화를 통하여 하천을 선정하였다. 수질오염총량관리지역 목표수질을 초과한 하천으로는 정안천, 방축천, 수철천, 강경천, 석성천, 금천, 은산천, 길산천으로 해당되며 이중 강경천과, 석성천은 2009년~2011년 3개년에 걸쳐 목표수질을 초과한 것으로 나타났다. 수질오염물질의 관계에 의한 하천 그룹화 분석결과 '환경정책기본법 시행령'의 하천생활기준 BOD농도가 3.0mg/L초과, T-P농도가 0.1mg/L초과하는 Group D에 해당하는 하천으로는 강경천, 방축천, 석성천, 길산천이 해당되었으며, 우선적으로 하천수질개선이 필요하다. 목표수질과 그룹화 결과를 토대로 수질개선이 필요한 우선순위 하천으로 강경천과 석성천이 해당되며, 이 두개하천의 수질오염물질의 개선이 단기적으로 이루어져야 할 것이다.

1. 서 론

물속의 함유된 BOD, COD, TOC등과 같은 유기물과, T-N, T-P와 같은 영양염류들은 하천에 과량으로 존재 할 경우 수생동물 및 식물들의 서식환경을 저해 할뿐만 아니라 하천 생태계의 변화를 초래하게 된다¹⁾. 이처럼 하천관리에 있어서 유기물과 영양염류 등은 수질오염의 지표로서 매우 중요하다. 수질오염 물질들은 사람이 활용 가능한 수질농도로 개선하여야 하며, 생태적으로 적합한 수질농도를 유지하여야 한다.

하천이란 지표면에 내린 빗물 등이 모여 흐르는 물길로서, 하천구역과 하천의 기능을 보전하고 효용을 증진하며 홍수피해를 줄이기 위하여 설치하는 하천시설을 포함한다²⁾. 하천수질에 영향을 미치는 오염부하를 저감시킬 수 있는 시설을 설치·운영하지 않고서는 하천수질 향상을 기대하기 어려운 실정이다. 따라서 점오염원, 비점오염원에 대한 조사결과에 따라 충분히 고려된 대책을 수립한 후 대책을 실행하여야 할 것이다. 4대강 살리기 사업의 일환으로 금강유역에 3개의 기능보를 설치하였다³⁾. 금강의 3개 기능보

를 운영할 경우 하천수의 체류시간이 늘어남에 따라 오염원 유입의 차단이 무엇보다 중요한 요소가 되고 있다. 누적되는 오염부하량을 저감시키기 위해서는 금강 본류로 유입되는 지류, 지천의 수질을 건전하게 확보해야 할 것이다. 금강은 충청남도뿐만 아니라 대전광역시, 충청북도, 전라북도의 건전한 물환경을 제공하고 있는 점을 고려할 때, 본 연구는 중요한 역할을 할 것으로 판단된다.

기존의 연구에서는 하천의 유량과 수질관계를 통한 수질개선 우선순위하천을 선정, 적용하였으며^{4,5)}, 또한 충청남도 지류하천의 수질 분포 특성을 분석하여 수질개선대상하천을 선정하여 이를 분석하였다⁶⁾. 또한 하천의 수질오염물질간의 상관관계를 분석하였으며⁷⁾, 다변량 분석법을 이용한 수질오염특성을 연구가 되고 있다⁸⁾. 본 연구에서는 수질오염물질인 BOD와 T-P의 관계를 그룹화하고, 금강수계에 설정된 목표수질을 활용하여 하천의 오염특성을 분석한다. 금강으로 유입되는 하천 및 소하천의 수질 분석을 통한 수질개선방안에 관한 기초연구로서 수질 개선에 기초 자료를 제시하고자 한다.

2. 연구범위 및 방법

2.1 금강유역 현황

본 연구대상지인 금강유역은 한반도 중서부에 위치하며, 충청남·북도의 약 절반과 전라북도의 대략 1/4 정도를 차지하고, 경상북도 일부와 경기도 일부를 포함하고 있는 우리나라 제 3의 유역으로서, 유역면적은 9,912.15km²이고, 유로연장은 397.79km이다. 유역의 북쪽은 차령산맥을 끼고 우리나라에서 제일 큰 한강유역과 접해 있으며, 동쪽은 소백산맥을 경계로 낙동강유역과 접하고 있으며, 남쪽은 섬진강 및 만경강 유역과 서쪽으로는 서해와 접하고 있다. 또한 유역의 북서쪽에는 안성천삼교천 유역과 접하고 있으며, 금강유역의 동서길이는 약 120km정도이고 남북 길이는 약 160km로 남북이 긴 편이다. 4대강 사업을 시행하면서 금강본류에 공주보, 세종보, 그리고 부여보를 설치하여 하천환경개선, 농업용수확보, 홍수조절기능 확보, 수변의 여가활동 확대를 기하고 있다.

2.2 분석방법

본 연구는 충청남도 권역내 금강본류에 직접 유입되는 유구천, 두계천, 지천, 석성천등 15개의 하천과 논산시, 서천군의 8개 소하천을 대상으로 하여 각 하천의 수질분석을 하였다. 금강본류에 직접 유입되는 15개 하천의 수질현황은 충남보건환경연구원의 자료를 활용하였으며, 논산시 서천군의 8개 지천은 상류중류 하류로 구분하여 논산시의 8개지점, 서천군의 17지점을 2011년 9월부터 2011년 12월까지 총 5년에 걸쳐 조사 분석하였다. 수질 측정항목은 BOD, T-P이며, 분석방법은 수질오염공정시험방법에 따라 분석을 하였다.

2.3 충청남도 금강수계 단위유역별 목표수질

금강수계 단위유역의 목표수질은 수질오염총량관리 설정을 위한 기준치로서 상수원수, 농업용수 등 하천의 용도, 오염원의 밀도, 환경기초시설 투자정도, 수량 및 수질, 수중생태계의 건전성 등을 고려하여 목표 수질을 설정하게 된다. 충청남도금강수계 수질오염총량관리기본계획에 보고된 단위유역별 설정된 목표수질은 환경부장관이 설정한 지점인 갑천A, 금본K의 BOD 목표수질은 각각 5.9mg/L, 3.0mg/L이며 충청남도지사가 설정한 BOD 목표수질은 단위유역별로 미호C 4.4mg/L, 금본H, 금본I, 금본J 2.9mg/L, 논산A 4.0mg/L, 금본L 4.4mg/L로 설정되어 있다.

2.4 하천의 그룹화 및 수질개선대상하천 선정방법

충청남도 금강 지류하천 유역내 오염원 제어 및 하천수질의 효과적인 개선을 위해서는 해당 하천유역을 정확히 진단하고 개선이 필요한 유역을 선정하여 선택과 집중을 통한 개선을 하는 것이 중요하다. 이에 본 연구에서는 하천 수질개선을 위한 수질측정을 통한 결과를 바탕으로 그 중에서 하천그룹화결과를 통해 금강유역의 수질악화에 영향을 끼치는 주된 요인을 분석한다. 본 연구에서 다루어진 소하천을 포함한 지류하천에 대한 연도별 BOD농도와 T-P농도를 토대로 X축은 '환경정책기본법 시행령'의 하천생활기준 BOD농도가 2.0mg/L이하인 좋음(I b)등급, 3.0mg/L이하인 약간좋음(II)등급인 점을 Y축에 교차하도록 하였다. Y축은 '환경정책기본법 시행령'의 하천생활기준 T-P농도가 0.1mg/L이하인 약간좋음(II) 등급을 적용하여 서로 교차하도록 그래프화 하였다. BOD와 T-P의 관계에 따라 적용하여 Group을 A,B,C,D영역으로 나누어 영역을 분류하였다.

3. 연구결과 및 고찰

3.1 하천수질현황

하천의 BOD변화를 살펴보면 두계천, 대교천, 유구천, 지천은 좋음, 노성천은 약간좋음, 길산천은 보통의 수질등급을 2009~2011년 동안 유지하는 것을 볼 수 있다. 강경천, 석성천, 방축천은 보통등급인 5mg/L이하를 초과하는 것으로 나타났으며, 강경천의 경우 2009년에 나쁨등급으로 대상기간중 가장 낮은 등급을 보였다. 노성천, 두계천, 용수천, 조천, 대교천, 지천, 은산천은 T-P기준으로 2009년~2011년 동안 약간좋음의 수질등급을 유지하였다. 대부분의 하천은 보통등급인 0.2mg/L를 만족하였다. 석성천, 강경천, 방축천은 보통등급을 만족하지 못하였으며, 특히 석성천의 경우 2011년도에 T-P등급이 매우나쁨등급을 보였다.

BOD와 T-P를 고려하였을 때 대상하천중 두계천, 대교천, 유구천, 지천의 수질상태가 가장 양호한 것으로 나타났으며, 오염물질의 유입이 가장 적을 것으로 판단된다. 석성천과 강경천의 수질 상태가 본 연구의 대상하천 중 가장 좋지 않은 것으로 나타났으며, 하천으로의 오염물의 유입이 다른 하천의 비해 많을 것으로 판단된다. 논산시, 서천군의 8개 소하천의 평균 BOD, T-P의 수질현황을 Table. 1에 나타내었다. 서천군의 라궁천과 도마천, 직천은 BOD수질등급이 좋음등급을 보였으며, 서천군의 길산천과 화산

천, 논산시의 방축천은 약간좋음등급을 보였다. 수철천과 시묘천은 보통의 BOD수질등급을 보였다. 서천군의 라궁천과 도마천, 화산천은 T-P수질등급이 보통등급을 보였으며, 직천과 길산천은 약간나쁨의 수질등급을 보였다. 논산시의 방축천은 나쁨의 수질등급을 보였으며 시묘천과 수철천은 매우나쁨 등급을 보였다. 논산시의 수철천과 시묘천의 수질상태가 8개의 소하천 중 가장 나쁜 것으로 나타났다.

8개의 소하천은 보통이상의 BOD등급으로 수질이 양호하지만, T-P의 수질등급이 보통이하를 나타내는 것으로 보아 하천의 주요 오염원은 T-P인 것으로 판단된다. 이는 대부분의 하천이 농지를 가로지르며, 농업용수에 사용되고 제외지나 하천 주변에 경작에 의한 T-P의 유입이 많은 것으로 판단된다. T-P의 관리가 필요하다고 판단된다.

[Table 1] 논산시, 서천군 8개 소하천의 하류지점 수질현황

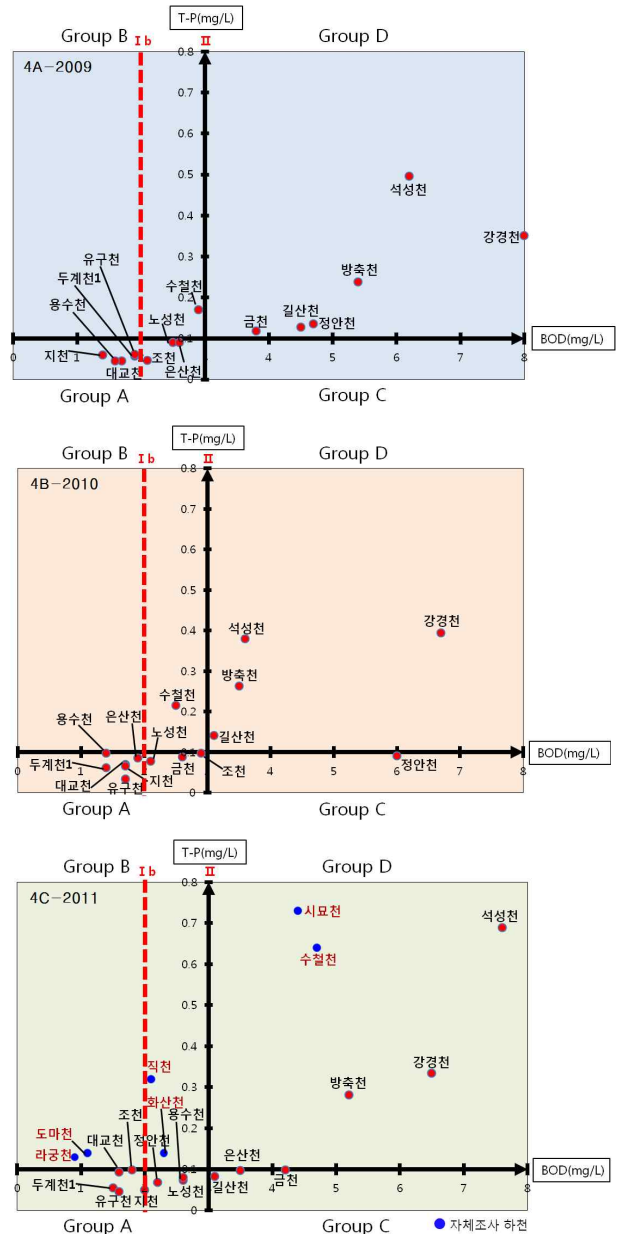
하천	BOD(mg/L)		T-P(mg/L)	
	농도	수질등급	농도	수질등급
수철천	4.8	보통 III	0.568	매우나쁨VI
방축천	2.6	약간좋음II	0.408	나쁨V
시묘천	4.3	보통 III	0.664	매우나쁨VI
길산천	2.3	약간좋음II	0.204	약간나쁨IV
화산천	2.8	약간좋음II	0.142	보통 III
직천	1.9	좋음 Ib	0.29	약간나쁨IV
라궁천	1.3	좋음 Ib	0.126	보통 III
도마천	1.4	좋음 Ib	0.136	보통 III

3.2 수질오염총량관리지역 목표수질에 따른 하천 수질현황

2009년~2011년까지 충남보건환경연구원에서 측정한 충청남도 금강수계 단위유역별 수질현황은 대체로 각 단위유역별 목표수질보다 낮았다. 하지만 금본I의 정안천은 2009년, 2010년에 목표수질을 초과하였으며 논산A의 방축천은 2009년, 2011년, 수철천은 2011년, 강경천은 2009년~2011년 3개년에 걸쳐 목표수질을 초과하였다. 금본K의 석성천은 2009년~2011년, 금천은 2009년, 2011년, 은산천은 2011년, 금본L의 길산천은 2009년에 각각 목표수질을 초과하였다. 그리고 강경천, 석성천은 2009년~2011년 3개년에 걸쳐 목표수질을 초과하였으며, 정안천은 2009~2010년, 방축천과 금천은 2009, 2011년 2개년에 걸쳐 목표수질을 초과하였으며, 수철천과 은산천은 2011년 길산천은 2009년에 한번씩 목표수질을 초과하였다. 이 8개 하천은 수질개선이 필요하다고 판단되며, 논산시의 석성천과 강경천은 우선적으로 수질개선이 필요할 것이다.

3.3 BOD와 T-P의 관계에서의 하천의 그룹화

Fig. 1에 연도별 BOD와 T-P의 관계에서의 하천의



[Fig 1] BOD, T-P의 관계에 따른 하천의 그룹화

그룹화를 나타내었다. BOD와 T-P의 관계에 따른 2009년~2011년 분석결과 Group A에 해당하는 하천은 노성천, 대교천, 두계천, 용수천, 유구천, 정안천, 조천, 지천으로서 수질이 가장 양호한 하천이라고 할 수 있으며, 그래프의 중심축에서 멀어질수록 하천의 수질이 양호한 하천이라 할 수 있다. Group B는 수철천과 소하천인 라궁천, 도마천, 직천, 화산천은 T-P의 저감이 필요할 것이다. Group C는 장기적으로 하천수질개선이 필요할 것이며, BOD의 저감노력이 필요하다. Group D에 해당하는 강경천, 방축천, 석성천의 경우 수질개선이 우선적으로 필요한 Group으로서 최우선적 즉 단기적으로 수질개선이 필요할 것이며, 그래프의 중심축에서 멀어질수록 오염도가

높은 하천이라 할 수 있다. 또한 금천, 은산천, 정안천, 길산천들은 하천수질의 변화가 심한하천으로 분류되며, 이 하천들에 대해서도 수질관리가 필요하다고 판단된다.

3.4 중·장기적 수질개선 우선순위 하천선정

목표수질 초과하천으로 우선적으로 수질개선대상하천으로 강경천과 석성천으로 나타났으며 BOD와 T-P의 관계 그룹화 결과, 수질을 개선해야할 하천을 선정하기 위하여 BOD가 2.0mg/L, 3.0mg/L초과하며 T-P농도가 0.1mg/L초과로 BOD, T-P의 농도가 모두 높은 수질개선방안을 제시해야 할 Group D를 선정하였으며, 2009년~2011년까지 중복되는 하천을 선정하였다. 그룹화 결과를 통해 중기적으로 수질을 개선해야 될 하천으로 강경천, 방축천, 석성천을 선정하였으며, 장기적으로 수질개선하천으로는 중기적대상하천과 방축천이 포함된다.

하천의 수질을 개선하기 위한대책으로 오염원관리, 하천의 유형에 다른 하천공간의 개선이 필요하다. 수질개선하천으로 선정된 강경천과 석성천의유역의 농업형태는 논농사 중심으로 형성되어 있어서 농사철의 넓은 경작지에 화학비료 및 농약의 대규모 살포가 필수적이다. 경작지를 관류하여 지류로 합류되는 농수로의 수질이 지천수질에 큰 영향을 미치고 있다. 따라서 농사철에 유출되는 오염원을 저감시킬 수 있는 방안이 강구되어야 할 것이다.

4. 결론

본 연구는 충청남도 권역내 금강분류에 직접 유입되는 23개의 하천의 BOD와 T-P의 수질분석을 통한 수질개선대상하천 선정을 위하여 금강수계의 목표수질과 그룹화를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 대상하천의 수질분석결과 연도별 BOD평균농도가 2mg/L이하인 좋음 등급을 나타내는 하천이 두계천, 대교천, 유구천, 지천이 해당되며, 수질등급을 2009년~2011년 동안 유지 하는 것으로 나타났으며, T-P농도가 0.3mg/L이하인 약간좋음 등급으로 2009년~2011년 동안 유지하는 하천으로는 노성천, 두계천, 용수천, 조천, 대교천, 지천, 은산천에 해당된다. BOD기준으로 강경천, T-P기준으로 석성천이 대상기간 중 가장 낮은 등급으로 나타났다.
2. 논산시와 서천군의 소하천의 BOD평균농도는 수철천이 보통등급으로 나머지 7개 하천중에 가장 좋지 않았으며, T-P평균농도는 시묘천이 매우나쁨

등급으로 가장 좋지 않았다.

3. 수질오염총량관리지역 목표수질을 초과한 하천으로는 정안천, 방축천, 수철천, 강경천, 석성천, 금천, 은산천, 길산천으로 해당되며 이중 강경천과, 석성천은 2009년~2011년 3개년에 걸쳐 목표수질을 초과한 것으로 나타났다.
4. BOD와 T-P의 관계에 의한 하천 그룹화 분석결과 Group D에 해당하천으로는 강경천, 방축천, 석성천, 길산천으로 선정되었으며, 우선적으로 하천수질개선이 필요하다.
5. 목표수질과 그룹화 결과를 토대로 수질개선이 필요한 우선순위 하천으로 강경천과 석성천이 해당되며, 이 두 개 하천의 수질개선이 단기적으로 이루어져야 할 것이다.

본 연구 결과를 토대로 연구결과를 적용한다면 소하천의 수질 개선 및 하천생태계유지로 인하여 보다 나은 양질의 농업용수를 공급할 수 있을 것이며, 금강분류의 수생태계보전 및 수변활동이 보장될 것이라 판단된다. 또한 충청남도 소하천의 수질개선사업의 활용할 수 있는 기본 근거 자료로 활용될 것이다.

참고문헌

- [1] 이상진, 김건하, 이상득, 정우혁, “충청남도 비점오염물질저감시설의 운영실태 및 설치 방안 - 유기물(BOD₅)을 중심으로-”, 충남발전연구원, 2009.
- [2] 환경부, “하천법”, 2012.
- [3] 국토해양부, “4대강마스터플랜”, 2009.
- [4] 김홍수, 김영일, 오혜정, 이상진, “유역 내 하천의 수질관리 우선순위 선정을 위한 기법의 적용”, 대한상수도학회 한국물환경학회 2007 공동 추계학술발표회 논문집, pp. 11-17, 2007.
- [5] 임봉수, 조병욱, 김영일, 김도영, “유량-수질관계 비교를 통한 하천 수질개선 우선순위 선정기법 적용”, 대한환경공학학회지, pp. 802-808, 2010.
- [6] 박상현, 문은호, 최정호, 조병욱, 김홍수, 정우혁, 이상진, 김영일, “충청남도 지류하천의 유량 및 수질 분포특성 분석”, 대한환경공학학회지, pp.739-747, 2011.
- [7] 박태양, 김성재, 김성민, 김상민, “낙동강유역 수질측정 자료의 시·공간적 특성 및 수질항목간 특성분석”, 농업생명과학연구, 제44권, 5호, pp. 117-127, 2010.
- [8] 김미아, 이재관, 조경덕, “다변량분석법을 이용한 금강유역의 수질오염특성 연구”, 한국물환경학회지, 제23권, 제1호, pp. 161-168, 2007.