

북하천 수질특성 및 오염원분석을 통한 개선방안

남우경[†] · 최일우 · 김요용 · 임한수 · 김문정 · 임채국 · 김수현 · 김태화

경기도보건환경연구원 물환경연구부

A Plan to Improve Bokha Stream Quality Using Water Quality and Pollution Source Analyses

Woo-Kyong Nam[†], Il-Woo Choi, Yo-Yong Kim, Han-Soo Lim, Moon-Jeong Kim, Chae-Kook Lim, Soo-Hyun Kim, and Tae-Hwa Kim

Water Environment Research Department, Gyeonggi-do Institute of Health and Environment, Suwon, Korea

Received September 5, 2017/Revised September 15, 2017/Accepted September 20, 2017

Analysis of the water quality characteristics of the Bokha stream showed that it had much higher biological oxygen demand (BOD), ammonia nitrogen (NH₃-N) and total nitrogen (T-N) levels than other streams, and was influenced considerably by influxes from midstream and downstream. In the case of BOD, the nitrogenous oxygen demand (NOD) ratio by NH₃-N is higher than that by organic material, and therefore, controlling the NH₃-N concentration will improve the stream water quality. Pollution loads from the Jukdang stream and the Icheon sewage treatment plant account for 71% and 74% of BOD and TN, respectively. Considering that more than 90% of the flow from the Jukdang stream is discharge from an upstream large-scale semiconductor wastewater treatment facility, the quality of the effluent discharged by it and that from Icheon sewage treatment plant are clearly important factors affecting the quality of the stream water. Although the effluent from the two facilities satisfies quality standards for discharge water, it has a great influence on the Bokha stream. Therefore, the standard for discharge water when the flow level is high should be reviewed, considering the characteristics of the area and the environmental capacity of the area.

Key words: Bokha, Jungri, Jukdang, Ammonia nitrogen, Nitrogenous oxygen demand

1. 서 론

북하천은 이천시를 가로지르는 하천으로 흑천, 양화천, 청미천과 함께 남한강 하류 주요 지류하천이다. 오염원으로 축산단지 및 농경지 등 비점오염원이 산재되어 있으며^{1,4,11)} 42,000톤/일의 이천하수처리시설과 90,000톤/일의 반도체 폐수처리시설이 위치해 있다. 또한 13개의 지류를 가지고 있는데 대부분 북하천 상류에 위치하고 있으며 도심을 관통하는 중리천과 반도체 공장 폐수가 대부분을 차지하는 죽당천을 제외하고는 전형적인 농촌하천이다.²⁾

수질측정망 운영계획³⁾에 따라 북하천에는 북하천 1,

북하천 2, 북하천 3, 북하천 4 등 4개의 수질측정지점이 있으며 매월 수질 분석을 실시하고 있다. 북하천 1지점은 북하천 상류를 대표하는 지점으로 축산단지와 농경지 등이 분포하고 있으며, 북하천 2지점은 도심을 관통하는 중리천과 이천하수처리장 방류수의 영향을 받는 지점으로 생활계 오염부하비중이 높은 지점이다. 또한 북하천 3 지점은 대규모 폐수배출시설의 영향을 볼 수 있는 지점이다.⁴⁾

수질측정망 수질 자료를 보면 북하천 상류 유역의 수질을 반영하는 북하천 1 지점은 하천 생활환경기준 ' 좋음' 등급 정도의 양호한 수질을 보이고 있으나, 북하천 중류 유역의 수질을 반영하는 북하천 2지점부터 수질

[†]To whom correspondence should be addressed.

이 악화되기 시작하여 북하천 하류 유역을 반영하는 북하천 3, 4지점까지 높은 수질 오염도를 보이고 있다.⁵⁾ 즉, 북하천의 경우 상류에서 하류로 갈수록 계속적으로 수질이 악화되고 있으며, 악화되는 정도가 다른 하천에 비해 매우 큰 편이다. 측정지점별로 살펴보면 북하천 2지점은 북하천 1지점에 비해 BOD와 T-N, NH₃-N 농도가 높으며, 북하천 3지점은 북하천 2지점보다 BOD와 T-N, NH₃-N 농도가 더 높아지고 있다. 남한강 하류의 다른 지류하천인 흑천, 청미천, 양화천의 2014~2015년 2년간 평균 BOD가 각각 0.9 mg/L, 3.3 mg/L, 1.7 mg/L, 평균 T-N이 각각 3.2 mg/L, 3.4 mg/L, 3.8 mg/L인 것에 비해 북하천 3지점의 경우 평균 BOD가 5.6 mg/L, 평균 T-N이 8.5 mg/L로 북하천의 BOD, T-N의 오염은 심각한 수준이다.

하천 수질개선을 위한 여러가지 연구들이 진행되고 있으나 많은 경우가 장치형 비점 저감시설이나 수변녹지 조성 등에 관한 연구로 비점오염원을 하천 수질오염의 주범으로 보는 경우가 많다.⁶⁻¹⁰⁾ 한강수계 지류지천에 대하여 조사한 ‘한강수계 지류지천 수질·유량 모니터링(2014)’과 ‘2014년도 한강수계 소유역 하천모니터링’ 보고서¹¹⁾를 보면 북하천의 경우 역시 가축분뇨 관리강화, 비점오염원 관리강화 등이 수질개선방안으로 제시되고 있다. 그러나 토지, 축산 등 비점오염원의 배출부하량이 가장 큰 북하천 상류는 좋은 수질을 유지하고 있는데 반해 중류와 하류의 수질은 전혀 개선되고 있지 않는 실정이다. 북하천의 경우 중류에 대규모 하수처리시설이, 하류에 대규모 폐수처리시설이 위치하고 있는데 방류량이 북하천 유량과 비슷한 정도로 매우 커 북하천에 미치는 영향이 매우 클 것으로 판단된다. 그럼에도 불구하고 이런 대규모 처리시설이 북하천에 미치는 영향은 간과되는 경향이 있으며 그 영향에 대하여 구체적으로 평가되거나 정량적으로 분석된 적이 없다.

본 연구에서는 오랫동안 축적된 측정망 수질 데이터 등을 통하여 북하천의 지점별 수질특성 등을 분석하고 북하천 유입지천과 함께 북하천에 유입되는 대규모 방류량 등이 북하천 수질에 미치는 영향을 파악하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 대상지점 현황

북하천 대상지점으로는 국가수질측정망 지점인 북하천 1, 북하천 2, 북하천 3 지점을 대상으로 조사하였다.



Fig. 1. Locations of pollution sources and sampling sites.

북하천에 대한 지류의 영향을 파악하기 위하여 수질이 양호한 북하천 상류에 위치한 지류는 제외하고 북하천 중류에 유입되는 중리천과 북하천 하류에 유입되는 죽당천을 대상으로 시료채수 및 분석 등을 진행하였다. 이천시에서는 북하천 유입지천 중 오염이 심한 5개 지천(원두천, 두미천, 중리천, 죽당천, 송말천)을 2013년부터 월 1회 분석하고 있다. 이 결과에 따르면 중리천과 죽당천은 2015년 3월부터 2016년 12월까지 평균 BOD 농도가 각각 7.7 mg/L, 7.6 mg/L로 다른 하천들의 BOD 농도의 약 3배 이상인 오염이 심한 하천이다. 이와 별도로 수질은 양호하나 비교적 유량이 큰 지천인 신둔천과 송말천에 대하여 자료 조사 등을 통하여 오염원 부하량을 측정하였다. 북하천 오염원 현황 및 시료 채취지점을 Fig. 1에 나타내었다.

2.2. 채수 및 분석방법

북하천 및 중리천, 죽당천에 대하여 2016년 3월부터 11월까지 월 1회 시료채수를 실시하였다. 강우에 의한 영향을 최소화하기 위하여 강우시에는 강우 종료 후 48 시간 이상 경과 후에 시료를 채수하였다. 수질측정은 각 대상 하천에 대하여 현장측정과 실험실 분석을 실시하였다. 현장측정을 위하여 YSI 556 MPS 현장측정기를 사용하였으며 항목으로는 수온, pH, 용존산소, 전기전도도 4개 항목을 측정하였다. 실험실 분석은 유기물 관련 항목으로 BOD, CBOD, COD, TOC와 질소염류 항목

으로 T-N, NH₃-N, NO₃-N를 분석하였다. 그 외 SS와 T-P, 클로로필 a도 분석하였다. 수질 시료의 채취, 운반, 보존, 분석은 수질오염공정시험기준¹²⁾에 따라 수행하였다.

측정결과와 신뢰도를 위하여 현장측정기는 시료 측정 전 실험실에서 항목에 따라 표준물질(pH, 전기전도도), 표준조건(DO), 표준기구(온도) 등을 이용하여 측정기를 교정하였다. 시료채취의 정확도 관리를 위하여 납(pb)에 대하여 채취기구 바탕시료를 채취, 분석하였고, 정밀도 관리를 위하여 부유물질(SS) 항목에 대해 정밀도 시료를 채취, 분석하였으며 수질오염공정시험기준에서 제시한 목표값을 만족함을 확인하였다. 또한 분석항목별로 표준시료, 동일시료, 배경시료에 대한 중복분석을 실시하여 분석결과 정확도와 정밀도가 수질오염공정시험기준에서 제시한 항목별 목표값을 만족함을 확인하였다.

북하천의 과거 수질특성을 파악하기 위해서는 환경부에서 운영하고 있는 물환경정보시스템(<http://water.nier.go.kr>)의 수질측정망 자료를 이용하였다.

2.3. 유량측정

북하천 1지점, 북하천 2지점, 중리천, 죽당천의 유량을 측정하기 위하여 각 수질측정지점 부근 하상의 상태가 고르고 합류나 분류가 없으며 균일한 유속 분포를 가진 지점을 골라 시료채수와 함께 유량측정을 수행하였다. 5월과 10월 강우의 영향을 받지 않는 시기에 유량을 측정하였으며, 북하천 3지점의 유량은 한강홍수통제소 유량측정자료¹³⁾를 이용하였다.

하천 유량측정은 ‘수질오염공정시험기준’ 유속면적법 (Velocity-Area Method)을 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 북하천 및 유입지천 수질특성

2015년부터 2016년까지 월별 북하천 분석결과를 Fig. 2에 나타내었다. 북하천은 BOD와 T-N 농도가 높은 특징을 나타내었는데, 북하천 하류의 경우 남한강 지류지

천인 흑천, 청미천, 양화천과 비교할 때 BOD와 T-N 모두 약 2배 정도의 높은 농도를 보이고 있다(환경부 수질 측정망 자료).⁵⁾ 지점별로 살펴보면 북하천 1의 경우 대부분 BOD 2 mg/L 이내, T-N 4 mg/L 이내로 BOD 기준으로 하천생활환경기준 ‘ 좋음 ’ 등급의 양호한 수질을 보이고 있으나 북하천 2의 경우 BOD 2~8 mg/L, T-N 3~8 mg/L로 하천생활환경기준 ‘ 보통 ’의 등급을, 북하천 3의 경우 BOD 4~10 mg/L, T-N 5~15 mg/L로 하천생활환경기준 ‘ 약간나쁨 ’ 등급으로 하류로 갈수록 오염이 심해지는 경향을 뚜렷이 나타내고 있다.¹⁴⁾ 북하천은 갈수기인 봄에서 초여름 사이에 상대적으로 나쁜 수질을 보이고 있으나 BOD와 T-N의 경우는 다른 오염물질과 비교할 때 계절적인 차이를 보이지 않고 있다. 특히 북하천 3지점의 경우 더욱 그러한데 이는 북하천의 BOD와 T-N이 대규모 하수처리시설과 폐수처리시설에서 기인하고 있으며, 계절 등에 의한 영향보다 연중 비교적 일정하게 유입되는 방류수의 영향을 크게 받기 때문으로 생각된다.

북하천의 또 다른 수질특징은 높은 전기전도도인데 특히 북하천 3지점에서 크게 높아져 800~1400 μS/cm로 매우 높은 전기전도도를 보이고 있다. 이는 북하천 하류에 유입되는 폐수처리시설 방류수가 매우 높은 전기전도도를 나타내고 있기때문으로 폐수처리시설 방류수가 북하천 하류 수질에 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

북하천 유입지천 중 중리천과 죽당천 2개 지천에 대한 수질분석결과를 Fig. 3에 나타내었다. 중리천은 이천 시가지를 지나는 북개하천으로 북개구간에 미처리된 생활하수의 유입 등으로 유기물질의 농도가 높고 T-N이 비교적 높은 수질 특성을 보이고 있다. 죽당천은 상류에 위치한 대규모 반도체 폐수처리시설 방류수가 대부분을 차지하고 있으며 T-N과 전기전도도가 중리천보다 월등히 높은 수질특성을 보이고 있다.

Fig. 1에서 나타난 바와 같이 중리천은 북하천 1 지점과 북하천 2 지점 사이에 유입되는 지천이고 죽당천은 북하천 2 지점과 북하천 3 지점 사이에 유입되는 지천이다. T-N 농도와 전기전도도가 매우 높은 죽당천 유입 후 북하천 3 지점의 T-N 농도와 전기전도도 또한 크게 높아지는 것으로 봐서 죽당천이 북하천 3 지점에 미치는 영향이 매우 큼을 알 수 있다. 중리천의 경우 오염농도는 높으나 유량이 매우 적어 북하천 2 지점에 미치는 영향이 미미했으며 오히려 이천하수처리장 방류수가 북하천 2 지점에 미치는 영향이 큰 것으로 판단된다.

중리천과 죽당천은 북하천과 달리 계절적인 특징이 두

Table 1. Methods used to analyze flow rate

Stream	Site	Method	Meters
Bokha	Bokha1	Wading	Pygmy
	Bokha2	Wading	Pygmy, Price AA
Jungri	Before joining Bokha stream	Wading	Pygmy
Jukdang	Gobaek Bridge	Wading	Pygmy

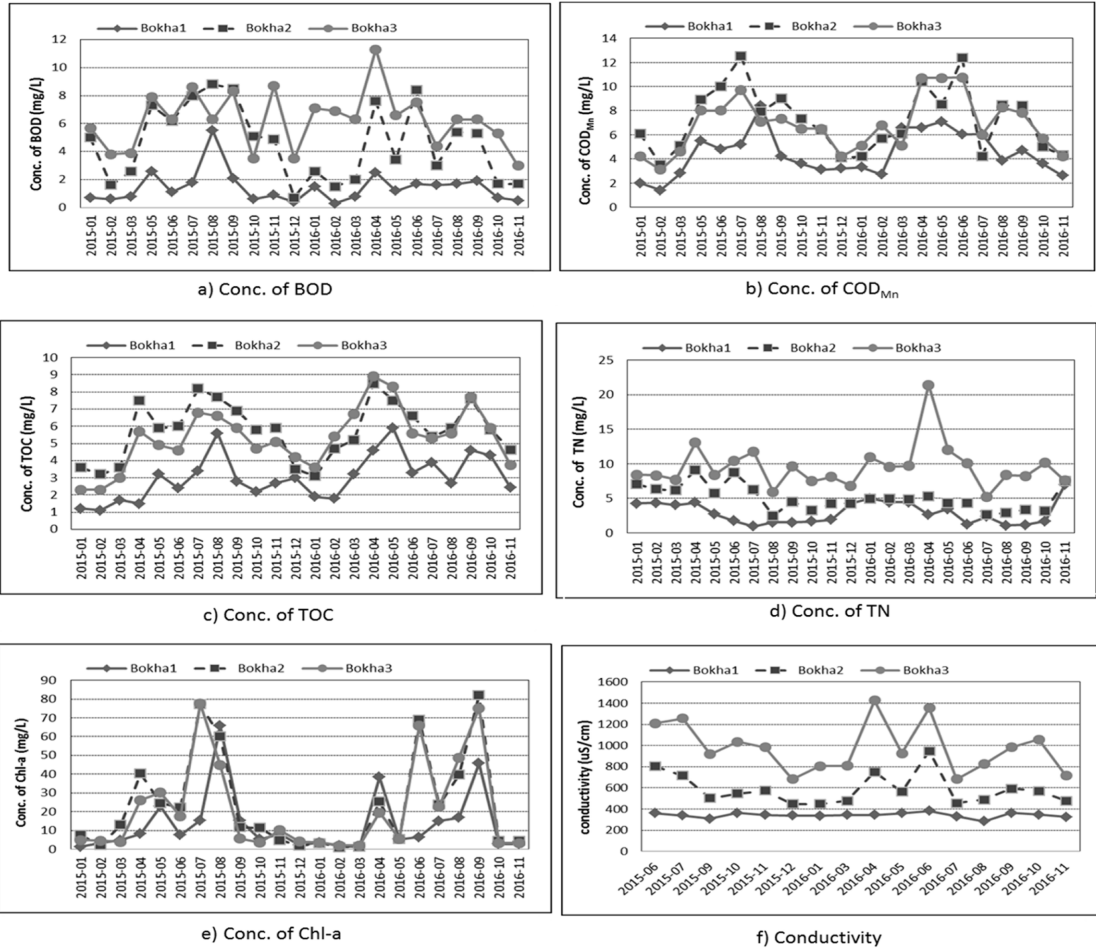


Fig. 2. Water quality indicators for the Bokha stream.

드러지게 나타나지 않았다. 이는 중리천은 북개하천으로 외부의 영향을 크게 받지 않고 죽당천은 계절과 관계없이 비교적 일정한 온도와 유량의 방류수가 유입되기 때문인 것으로 판단된다.

3.2. 북하천 및 유입지천의 NOD 발생특성

유기물 지표는 대체로 비슷한 경향을 보이는 것이 일반적이거나 북하천 1, 2, 3 지점의 유기물 농도를 나타낸 Fig. 2(a), 2(b), 2(c)를 살펴보면 COD_{Mn}와 TOC는 대체로 비슷한 경향을 보이고 있으나 BOD는 다소 경향이 상이함을 알 수 있다. 특히 북하천 2 지점과 북하천 3 지점을 비교할 때 COD_{Mn}, TOC는 북하천 2 지점이 높으나 BOD는 북하천 3 지점이 더 높은 것으로 분석되었다. 이는 NH₃-N에 의한 NOD 영향으로 BOD가 유기물

분해에 필요한 산소소모량(CBOD)뿐 아니라 질산화 될 때 소요되는 산소소모량(NOD)까지 포함되어 분석되기 때문이다. Fig. 4(a)에 북하천의 NH₃-N 농도를 나타내었다. 하천에서의 NOD 발생은 NH₃-N 농도와 상관관계를 가지고 있는데 그림에서와 같이 북하천 3 지점은 북하천 2 지점보다 NH₃-N 농도가 훨씬 높아 많은 NOD가 발생하여 BOD가 북하천 2보다 높게 분석되어지고 있다. 즉 북하천의 높은 BOD는 유기물질뿐만 아니라 상당부분 NOD가 포함된 것으로 볼 수 있다.

NOD 발생으로 인한 BOD, COD_{Mn} 역전 현상은 중리천과 죽당천에서 더욱 뚜렷하게 나타나고 있다. Fig. 3(a), 3(b), 3(c)의 중리천과 죽당천의 유기물 농도를 보면 COD_{Mn}와 TOC 농도는 중리천이 죽당천보다 뚜렷하게 높으나 BOD는 죽당천이 중리천보다 높은 것으로 나

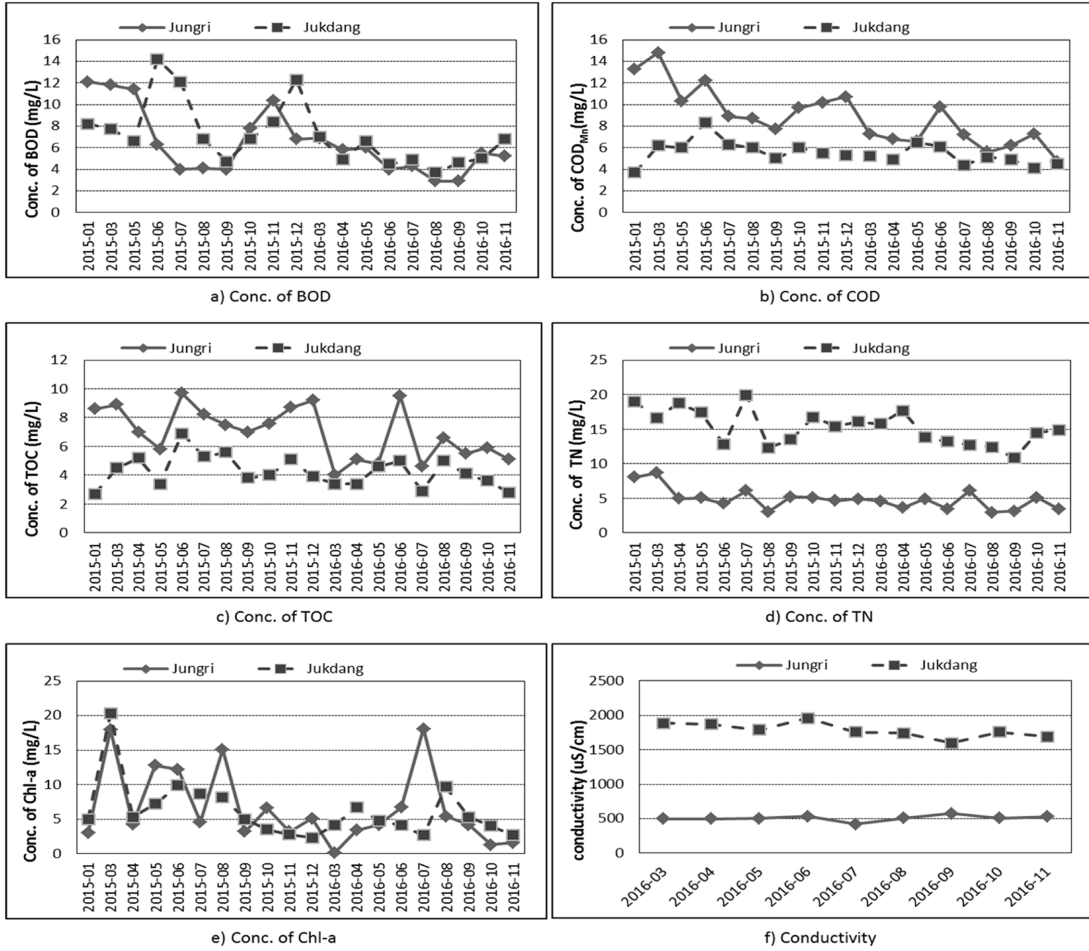


Fig. 3. Water quality indicators for the Jungri and Jukdang streams.

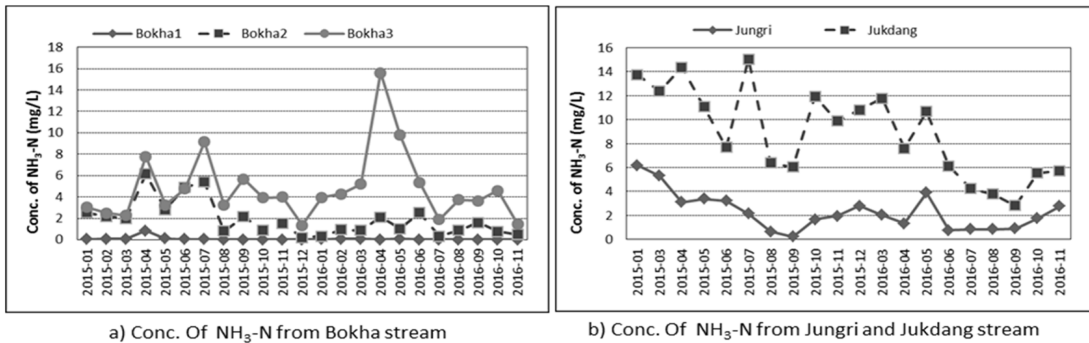


Fig. 4. NH₃-N concentrations in the Bokha, Jungri and Jukdang streams.

타났다. Fig. 4(b)에 중리천과 죽당천의 NH₃-N 농도를 보면 중리천도 비교적 높은 NH₃-N 농도를 나타내고 있

으나 죽당천의 NH₃-N 농도는 10 mg/L 이상 농도가 빈번할 만큼 매우 높은 농도를 보이고 있으며 NH₃-N 농

Table 2. NOD and NH₃-N concentrations at different sampling sites

Items	Bokha			Distributary	
	Bokha1	Bokha2	Bokha3	Jungri	Jukdang
NOD (mg/L)	0~0.1	0.3~3.5	1.6~7.4	0.3~2.3	3.0~5.7
NOD/BOD (%)	0~15.3	11.8~41.7	42.9~75.5	4.3~42.1	65.7~83.8
MH ₃ -N (mg/L)	0~0.079	0.321~2.525	1.470~15.602	0.738~3.890	2.823~11.790
NH ₃ -N/TN (%)	0~2.3	6.5~59.8	19.4~81.6	13.4~79.3	26.1~81.0

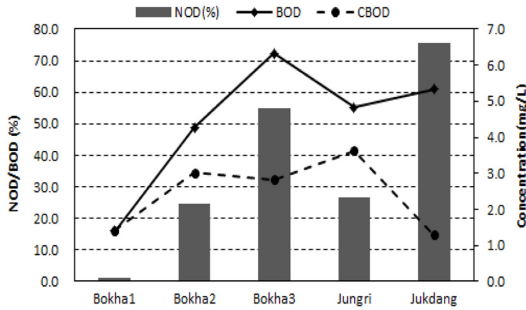


Fig. 5. Average NOD/BOD ratio of each stream.

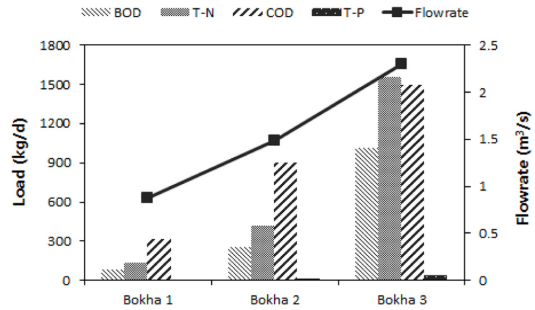


Fig. 6. Flow rates and pollutant loads in the Bokha stream.

도가 높은 만큼 많은 NOD를 발생하기 때문에 죽당천의 BOD는 대부분이 유기물질에 의한 것이 아니라 NH₃-N에 의한 NOD임을 추측할 수 있다.

북하천과 중리천, 죽당천의 NOD 발생특성을 파악하기 위하여 2016년 3월부터 11월까지 모니터링한 결과를 Table 2에 나타내었다. 북하천 1지점은 NH₃-N가 매우 낮았으나 하류로 갈수록 T-N 중 NH₃-N 비율과 NH₃-N 농도가 크게 증가하는 것으로 나타났으며 NH₃-N 농도가 높을수록 NOD 발생과 NOD/BOD 비율이 증가함을 알 수 있다.

북하천 1지점과 북하천 3지점 사이에 유입되는 지천인 중리천과 죽당천의 NH₃-N 농도 분석결과와 T-N 중 NH₃-N가 차지하는 비율이 최대 80%까지 높았으며, 본류인 북하천보다 크게 높은 농도로 분석되어 북하천이 지천의 영향을 크게 받고 있음을 추측할 수 있다.

Fig. 5은 2016년 3월부터 11월까지 모니터링한 BOD와 NOD 관계를 지점별 평균값으로 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 NH₃-N 농도가 높은 북하천 3지점과 죽당천의 경우 BOD 중 NOD가 차지하는 비율이 각각 55%와 76%로 매우 높아 BOD와 CBOD가 큰 차이를 나타내었다.

NH₃-N의 농도에 따른 NOD 발생은 공공하수처리시설 방류수 의존도가 높은 도심하천 등에서 꾸준히 문제가 제기되어 왔다.¹⁵⁻¹⁹⁾ 북하천은 이천공공하수처리장 뿐

만 아니라 매우 높은 NH₃-N을 함유한 대규모 만도체 폐수처리시설 방류수를 수용하는 하천으로 다른 도심하천보다도 훨씬 더 높은 NH₃-N 농도를 보이고 있으며 따라서 NOD 발생도 매우 높은 것으로 조사되었다. 즉, 북하천의 높은 BOD 농도는 50% 이상이 NH₃-N에 의한 것으로 개선을 위해서는 북하천의 NH₃-N 농도를 관리하는 것이 필요하다.

3.3. 오염부하량

북하천 1, 2, 3지점에 대한 유량과 오염부하량을 Fig. 6에 나타내었다. 그림에서와 같이 북하천은 상류에서 하류로 갈수록 유량이 증가하면서 오염물질 부하량도 크게 증가하는 것으로 나타났다. 북하천은 하천 정비 등이 비교적 잘 되어 있어 북하천 내로 오염물질이 직접 유입되기보다는 북하천 1지점과 북하천 3지점 사이에 유입되는 유입지천 등에 의해서 본류인 북하천의 수질오염이 가중되고 있는 것으로 판단된다. 특히 북하천 1지점과 북하천 3지점 사이에 유입되는 유입지천 등의 유량을 다 합하면 북하천 1지점 유량의 2배 정도로 북하천으로의 유입 유량이 클 뿐만 아니라 오염도도 심해 북하천 수질에 큰 영향을 미치고 있는 것으로 생각된다.

북하천 1지점과 북하천 3지점 사이에 유입지천으로는 중리천, 신둔천, 죽당천, 송말천이 있으며 42,000 톤/일 규모의 이천공공하수처리시설 방류수가 유입되고 있다.

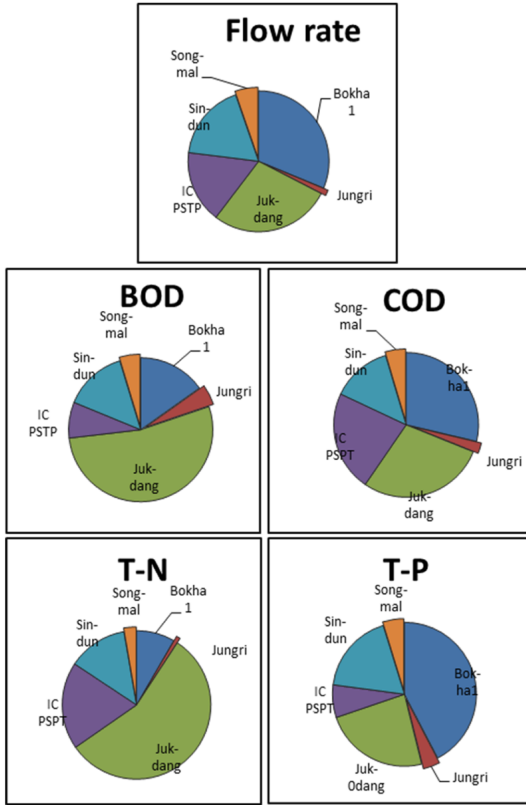


Fig. 7. The Contribution rate of each pollutant at the tributaries of the Bokha stream.

이들 유입지천 등의 오염부하 기여도를 Fig. 7에 나타내었다.

본류인 복하천 1지점과 유입지천 중 중리천, 죽당천은 봄과 가을 2회 시료채수와 함께 유량을 측정, 평균값을 이용하여 오염부하량을 계산하였고 이천 하수처리장은 TMS 자료를 이용하여 오염부하량을 계산하였다. 신둔천과 송말천은 ‘한강수계 지류지천 수질·유량 모니터링’ 보고서에서 2013년 6월부터 2014년 3월까지 조사한 14회 데이터 중 비강우시 유량과 수질 평균값을 이용하여 오염부하량을 계산하였다. 오염부하량을 계산하기 위한 방법이 일률적이지는 않아 다소 오차가 있을 수 있으나 모든 항목에 있어서 죽당천이 복하천에 미치는 영향이 가장 컸으며 이천하수처리장, 신둔천, 송말천, 중리천의 순으로 나타났다. 특히 죽당천과 이천하수처리장의 오염부하량을 합하면 복하천 수질에서 가장 문제시되고 있는 T-N의 74%를 차지하고 있어 복하천 오염에 매우 큰 영향을 미치고 있다. BOD의 경우 죽당천이 오염부하량의

50% 이상을 차지하고 있으나 죽당천의 BOD의 70% 이상이 NH₃-N에 의한 NOD로 나타났다.

죽당천 유량의 90% 이상이 죽당천 상류에 위치한 대규모 반도체 폐수처리시설 방류수임을 고려할 때 이천하수처리장 방류수와 반도체 폐수처리시설 방류수가 복하천의 오염에 큰 원인이 되고 있음을 알 수 있다. 즉, 복하천의 경우 이천 공공하수처리시설과 반도체 폐수처리시설의 방류수 수질이 복하천의 수질 개선에 중요한 요소가 되고 있다. 이천하수처리장과 반도체 폐수처리시설은 유기물질이나 중금속 등은 수용하천인 복하천보다 낮은 수준으로 방류하고 있어 문제가 되지 않으나 T-N은 수용하천보다 몇 배 수준으로 높게 방류되어 문제가 되고 있다. 물론 각각 방류수 T-N 기준을 준수하고 있으나 Fig. 7에서 보는 것과 같이 방류량이 매우 커서 하천에 의한 희석효과가 적어 방류하천인 복하천의 T-N 농도를 매우 높일 뿐 아니라 T-N 중 NH₃-N의 비율이 높아 NOD를 발생시켜 복하천의 BOD농도에도 큰 영향을 미치고 있다.

방류수 수질기준은 하천, 호소 등의 공공수역의 수질 보전을 위한 것으로 일률적으로 설정하기보다는 방류량이 대규모일 경우 지역특성과 지역의 환경용량 등을 고려하여 필요항목에 대하여 방류수 기준을 검토하는 것도 필요하다고 판단된다. 더불어 NH₃-N은 NOD 발생뿐만 아니라 산소고갈, 녹조, 악취 등 하천수질에 미치는 영향이 큰 만큼 효율적인 수질개선을 위하여 완전질산화 또는 탈질 등을 유도하여 T-N 중 NH₃-N 형태로의 방류를 최소화할 수 있도록 규제가 필요하다고 생각된다.

신둔천은 유량이 비교적 큰 지천으로 모든 항목에 있어서 오염부하량의 15% 내외의 비중을 차지하였으나 유량이 차지하는 비율에 비해 오염부하량이 차지하는 비중이 작았다. 중리천의 경우에는 오염물질의 농도는 높았으나 유량이 매우 적어 복하천에 미치는 영향이 미미하였다.

3.4. 고찰 및 수질개선방안

복하천 수질분석 결과 BOD와 T-N 농도가 높은 특징을 나타내었는데, 남한강 지류지천인 흑천, 청미천, 양화천의 BOD와 T-N 농도의 약 2배 정도의 높은 농도를 보이고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 비점오염원 관리, 유입지천 관리 등의 노력을 계속해오고 있다. 실제로 복하천은 상·하류 지역에 돼지 사육밀도가 높고 전형적인 농촌하천으로 주변 대부분이 농경지 및 농가도로 등이 분포하고 있어 이들 지역의 주요 오염인자는

축산계 및 토지계로 조사된 바 있다.^{6,11)} 또한 유입지천 중 중리천의 경우 오접 등에 의한 하수 유입으로 오염이 심하였으며 이를 개선하기 위한 차집관거설치 사업 등이 진행중에 있다. 그러나 대규모 하수처리시설과 산업폐수처리시설 등의 점오염원에 대하여는 방류수 허용기준 준수 여부만 확인할 뿐 그 방류수가 실제 하천에 어느 정도의 영향을 미치고 있는지에 대하여는 크게 연구가 이루어지지 않고 있는 실정이다. 본 연구결과 북하천의 가장 큰 문제는 T-N 농도이고, 죽당천 유량의 90% 이상이 상류에 위치한 폐수처리시설 방류수임을 고려할 때 대규모 하수처리시설과 산업폐수처리시설 방류수가 북하천 T-N의 74%를 차지하고 있어 북하천 오염의 주원인이 되고 있었다. 북하천의 높은 BOD 농도 역시 50% 이상이 NH₃-N에 의한 NOD로 단순히 유기물질 차단만으로 BOD 개선을 이루기 어려운 실정이다. 즉 하수처리시설과 산업폐수처리시설의 점오염원을 제외한 다른 수질개선방법은 북하천 수질개선에 뚜렷한 한계를 가지며 그것이 그 동안의 많은 수질개선사업을 시행하고도 북하천의 수질이 개선되지 않은 이유라 할 수 있다.

현재 우리나라는 일률적인 규모별 수질기준을 적용하고 있으며 규모가 클 경우 보다 엄격한 기준을 적용하고 있다. 폐수 배출허용기준의 경우도 2,000톤/일 이상의 배출업소를 1종 사업장으로 하여 보다 엄격한 기준을 적용하고 있으나 폐수처리시설이 대형화되면서 하루 몇만톤씩 배출되어 하천 수질에 절대적인 영향을 미치는 사업장들이 늘어남에 따라 일률적인 수질기준은 하천 관리의 효율성을 크게 저해할 수 있다. 이천 하수처리시설과 반도체 폐수처리시설 역시 각각 방류수 수질기준을 만족하고 있음에도 북하천에 큰 영향을 미치고 있는 것으로 방류량이 대규모일 경우 지역특성과 개별 하천의 특성을 고려하여 필요항목에 대하여 방류수 기준을 검토하는 것이 필요하다고 판단된다.

4. 결 론

북하천 상류, 중류, 하류의 수질특성과 북하천 유입지천 등을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 북하천의 수질분석 결과 BOD와 T-N 농도가 높은 특징을 나타내었으며, 남한강 지류지천인 흑천, 청미천, 양화천의 BOD와 T-N 농도의 2배 정도의 높은 농도를 보이고 있었다.

2. 북하천은 T-N 중 NH₃-N의 비율이 높았으며 북하천의 높은 BOD 농도의 50% 이상은 NH₃-N에 의한

NOD인 것으로 분석되었다.

3. 북하천 유입지천의 오염기여도를 분석한 결과 죽당천, 이천하수처리장, 신둔천, 송말천, 중리천 순으로 나타났다. 특히 죽당천과 이천하수처리장의 오염부하량을 합하면 북하천 수질에서 가장 문제시 되고 있는 T-N의 74%를 차지하고 있어 북하천 오염에 매우 큰 영향을 미치고 있다.

4. 죽당천 유량의 90% 이상이 죽당천 상류에 위치한 대규모 반도체 폐수처리시설 방류수임을 고려할 때 이천 하수처리시설 방류수와 반도체 폐수처리시설 방류수가 북하천 수질개선에 중요한 요소가 되고 있다.

5. 이천 하수처리시설과 반도체 폐수처리시설은 각각 방류수 수질기준을 만족하고 있음에도 북하천에 큰 영향을 미치고 있는 것으로 방류량이 대규모일 경우 지역특성과 지역의 환경용량 등을 고려하여 필요항목에 대하여 방류수 기준을 검토하는 것도 필요하다고 판단된다.

6. NH₃-N은 NOD 발생뿐만 아니라 산소고갈, 녹조, 악취 등 하천수질에 미치는 영향이 큰 만큼 효율적인 수질개선을 위하여 완전질산화 또는 탈질 등을 유도하여 T-N 중 NH₃-N 형태의 방류를 최소화할 수 있도록 규제가 필요하다고 생각된다.

감사의 글

본 연구는 국립환경과학원의 지원사업으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. 이형진, 공동수, 김상훈, 신기식, 박지형, 김병익, 김성미, 장승현, 천세익, “남한강수계 저수기 수질변동 특성에 관한 연구”, *한강물환경학회지*, 2007, 23, 889-896.
2. 한강유역환경청, “2014 중권역 물환경관리계획 이행평가 보고서”, 2015.
3. 환경부, “2015 수질측정망 운영계획”, 2015.
4. 한강수계관리위원회, “한강수계 지류지천 수질·유량 모니터링 보고서”, 2014.
5. 물정보관리시스템, <http://105.0.1.84>, 2016년 1-3월.
6. 이형진, “팔당유역 축산계 오염원 변동에 따른 수질관리 방안 보고서”, 2011, 국립환경과학원.
7. 김원재, “하천 수질개선을 위한 수층별 모니터링 기법 및 자연정화공법 개발 기획 보고서”, 2014, 한국건설연구원.
8. 최지용, “비점오염원 관리기법 적용과 수질개선 지체효과”, *대한환경공학회지*, 2007, 29, 1179-1184.
9. 최윤영, 현길수, 김현철, “비점오염 차단시설을 이용한

- 유출저감 및 수질개선효과”, *한국수처리학회지*, **2005**, 13, 47-56.
10. 한강수계관리위원회, 국립환경과학원 한강물환경연구소, “한강수계내 경작지 현황과악 및 수체에 미치는 영향 조사 보고서”, **2010**.
 11. 한강수계관리위원회, “2014년도 한강수계 소유역 하천 모니터링 최종보고서”, **2015**.
 12. 환경부, “수질오염공정시험기준”, **2016**.
 13. 국가수자원관리종합정보시스템, <http://wamis.go.kr>, 2016년 9-11월.
 14. 환경부, “환경정책기본법”, **2016**.
 15. 한송희, 김요용, 성연국, 박익범, 조덕희, “생활계 오염원의 유기물 및 암모니아성 질소 배출특성 평가”, *한국물 환경학회지*, **2015**, 31, 377-386.
 16. 민경우, 정원삼, 이대행, 서광엽, 김승호, 백계진, 문용운, “하수처리 방류수 BOD5 중 NOD 기여율에 관한 연구”, *한국환경분석학회지*, **2011**, 14, 12-19.
 17. 장세주, 이성호, 박해식, 박청길, “하수처리장 유출수의 NOD를 고려한 BOD 측정에 관한 연구”, *한국물환경학회지*, **2007**, 23, 188-192.
 18. 정동환, 최인천, 조양석, 정현미, 유순주, 엄익태, 손대회, “우리나라 공공하수처리시설의 방류수 수질관리체계 개선 방안 고찰”, *환경영향평가*, **2014**, 23, 296-314.
 19. 김학관, 정한석, 배승중, “하천에서의 영양물질 관리를 위한 총질소 환경기준 설정에 관한 연구”, *한국농공학회 논문집*, **2015**, 57, 121-127.