

구역 식별을 통한 연간 탄천 수질의 공간적 변화 연구

최승일 · 잔 짓 · 이상화 · 이재성[†]

한국과학기술연구원 환경기술연구단

A Study on Spatial Change of Annual Water Quality in Tan-stream through Zone Identification

Seung Il Choi, Janjit Iamchaturapatr, Sang Hwa Lee, and Jae Seong Rhee[†]

Environment & Technology Group, Korea Institute of Science and Technology, Seoul 139-791, Korea

The water quality of Tan stream, the first tributary of Han River, was investigated from 2003 to 2007. The concentration of nutrients and organic contents such as ammonia (NH_4^+), nitrite (NO_2^-), nitrate (NO_3^-), phosphate (PO_4^{3-}) and chemical oxygen demand (COD) in water samples collected at the predetermined points along the Tan stream were analyzed. According to pollutant levels, Tan stream was divided into six zones. Spatial changes of annual water pollution were demonstrated by means of zone identification and strip analysis. The organic and nutrient quantities were increased about twofold in 2007 comparison with 2003. Lost of spatial area in Zone I and II in recent years suggested the rapid deterioration of Tan stream's water quality. The results showed that the present levels of COD, total inorganic nitrogen (TIN) and total inorganic phosphorus (TIP) in Tan stream were about 20, 10 and 0.8 mg/L, respectively.

Key words: Tan stream, annual pollution levels, spatial change, nutrients, organic content

1. 서 론

하천은 지상에 내린 강우가 모여서 흐르는 자연적으로 형성된 유로인 동시에 농업용수, 공업용수 및 생활용수 등 급수를 위한 수원으로 이용되고 있으며 동시에 그 주변공간으로 구성된 자체로서 인간의 생활환경형성에 깊이 관여하고 있다. 따라서 이러한 하천의 환경관리는 무엇보다 인간생활의 필요로움을 목적으로 이루어져야 하고 인간에게 쾌적하고 윤택함을 줄 수 있는 방향으로 설정되어야 하며 국토보전의 차원에서 후손에게 물려줄 아름다운 자연을 가꾸는 것으로 이해되어야 한다.^{1,2)}

하천관리에 있어서의 중요지표라 할 수 있는 하천수질은 자연환경과 생활인구 및 사회 경제 환경에 따라 연속적으로 변화할 수 있으며 특히 도심하천의 경우 자연 상태에서의 하천과는 달리 점오염원은 물론 비점

오염원과 같은 외부요인에 의한 영향을 간과할 수 없다. 즉, 하천이 본연의 자정능력을 상실하였을 경우 하천수질은 크게 악화될 위험이 있다. 외형상 도심하천의 특징을 띄고 있는 탄천은 위치상 서울, 경기도 등의 대도시 지역과 밀접해있으며 최근까지 성남, 용인, 분당, 수지 등 상류지역의 지속적인 택지개발과 인구급증으로 외부 오염원의 수계 내 유입 가능성이 높으며 최근 들어 수질악화가 더욱 가속화되고 있는 것으로 연구 보고되고 있다.³⁾ 따라서 이러한 외부 오염원에 의한 수질변화에 신속히 대처하기 위해서는 지속적인 현장조사를 통한 실태파악과 모니터링이 필요하며 현장관리 또한 이를 기반으로 이루어져야 할 것이다.

본 연구에서는 탄천 본류를 대상으로 총 13곳에서 현장수질조사를 실시하였으며 2003, 05, 07년간 경시별에 따른 수질 측정 자료를 취합함으로써 탄천의 연간 수질의 변동추이 및 오염현황을 파악하고자 하였다. 현

[†]To whom correspondence should be addressed.

E-mail: jsrhee2@kist.re.kr

재 수계 내 다양한 측정 인자들(오염성분, 수온, 염도 등)의 모니터링 기법 중 하나로 조사 대상지점 내에서의 측정 데이터를 공간적 변화로써 나타내는 방법이 여러 연구에서 활용되고 있으며 수질 및 물리적 변동 식별 등의 모니터링 연구에 적용되고 있다.^{4,6)}

따라서 본 연구에서는 이를 활용하여 탄천의 유역별 수질 파악에 있어 지정된 오염도(환경부 ‘하천호소 생활환경기준’ 중 일부 참조)를 바탕으로 오염 유역(zone)을 선정하고 이를 시료채취지점을 기준으로 구분된 탄천 내 12개 구간에 적용하여 해당 유역의 횡적변화(유로거리변화)의 유역식별과 strip 분석을 이용한 밴드(band)형으로 나타냄으로써 오염유역의 연간 공간적 변화(spatial change)를 보다 효과적으로 제시하고자 하였다.

2. 실험방법

2.1. 시료채취 및 측정

시료채취는 2003~07년간에 걸쳐 경시별로 5월 중순에 매 1회 실시하였으며 시료채취지점 간 거리는 인터넷 지도를 활용하여 간접적으로 측정하였다. 지점의 선정은 채수 시의 오차를 최소화하기 위해 비 강우일에 탄천 내 교량부근과 지류합류지점 등 총 13곳을 선정하여 동일지점에서 1m 깊이 이내의 표층수를 채취하였다. 시점 Table 1에 본 연구에서의 시료채취지점 및 장소, 지점 간 거리를 나타내었다.

모든 시료는 채수기를 이용하여 채취하였으며 1L 무균 폴리 에틸렌 병에 채취하여 4°C 냉장 보관 후 실험실에서 분석하였다.

측정항목으로는 유기물 지표인 COD와 암모니아성 질소, 아질산성 질소, 질산성 질소, 인산성 인 등 총 5개 항목을 측정하였으며 부영양화의 지표가 되는 영양염류(질소, 인)의 농도는 하천 내 질소, 인의 거동특성을 고려하여 총 무기성 질소(TIN)와 무기성 인(TIP)으로 표시하였다. 시료분석은 기존 수질공정시험법을 활용하였으며 질소의 경우(암모니아성 질소-Indophenol법, 아질산성 질소-Diazo법, 질산성 질소-Hydrazine sulfate로 아질산성 환원 후 Diazo법), 인의 경우(인산성 인-ascorbic acid 산화법), 유기물의 경우(알칼리 망간 산화법)를 이용하여 측정하였다.⁷⁾

2.2. 유역(zone) 선정

유역식별을 위한 오염 유역(zone)의 선정은 환경부 하천호소 생활환경기준(2007년) 일부와 실험 측정치를 참조하여 측정 수질지표의 농도 범위로 나타내었다. TIN과 TIP의 경우는 하천등급기준이 지정되어 있지 않아 호소의 TN, TP 기준 중 일부를 참조하였으나 실제 측정값이 너무 높아 적용에 한계가 있는 점을 감안하여 참조한 환경부 기준치에 10배를 취하였다. COD는 분석특성(산화력 차이)을 감안하여 하천 BOD기준의 2배로 하여 일부를 참조하였다(Table 2).

Table 1. Sampling sites, location and distance between each sites

No.	Location	No.	Dis.(km)
T1	Tancheon 2nd Bridge	T1,2	3.5
T2	Gwangpyeong Bridge	T2,3	3.2
T3	Segok-Dong	T3,4	1.5
T4	Bokjeong-Dong	T4,5	2.4
T5	Godeung-Dong	T5,6	1.8
T6	Sasong Bridge	T6,7	1.6
T7	Maesong Bridge	T7,8	1.7
T8	Seohyun Bridge	T8,9	3.1
T9	Buljung Bridge	T9,10	2.7
T10	Gumi Bridge	T10,11	1.8
T11	Jukjun Bridge	T11,12	1.9
T12	Bojeong-Dong	T12,13	2.8
T13	Samgeo Bridge		

$T_{n, n+1}$: Distance from T_n to T_{n+1}



Table 2. List of pollution level for zone identification unit : (mg/L)

Level	COD	TIN	TIP
Zone I	≤4	≤1	≤0.1
Zone II	4<C≤6	1<C≤3	0.1<C≤0.3
Zone III	6<C≤10	3<C≤5	0.3<C≤0.5
Zone IV	10<C≤16	5<C≤8	0.5<C≤0.8
Zone V	16<C≤20	8<C≤10	0.8<C≤1
Zone VI	20<	10<	1<

TIN(Total Inorganic Nitrogen) = $\text{NH}_4^+\text{-N} + \text{NO}_2^-\text{-N} + \text{NO}_3^-\text{-N}$

TIP(Total Inorganic Phosphorus) = $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$

C : Concentration

3. 결 과

3.1. 조사지점별 연간 수질측정결과

Fig. 1의 수질측정결과를 통해 알 수 있듯이 탄천 본류의 경우 COD는 2003, 05년에 비하여 2007년에 들

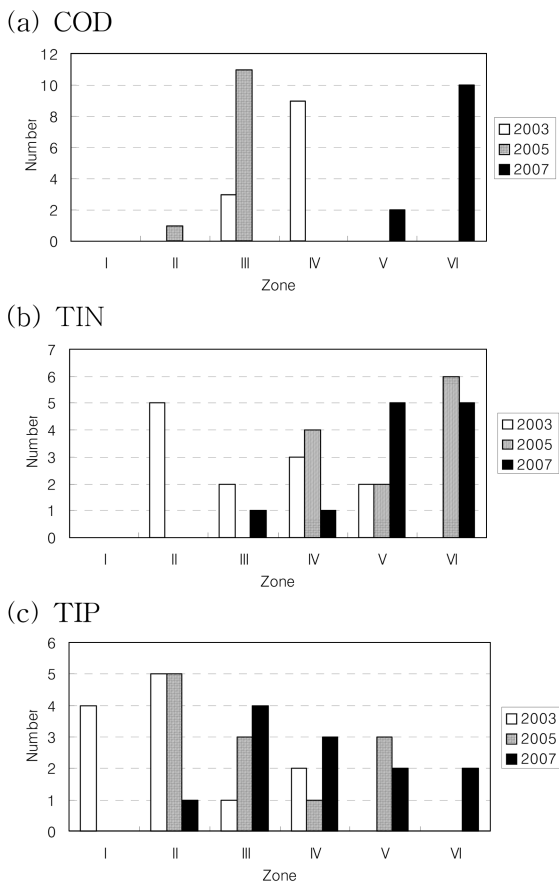


Fig. 1. Annual water quality parameters at each sampling sites.

어 급격히 증가하였으며 평균 20 mg/L 이상의 높은 값을 보이고 있어 이를 위한 수질개선이 시급히 요구되며 질소와 인의 경우에도 2007년 결과, 각각 평균 10 mg/L, 0.8 mg/L로 그 오염도가 심각한 수준이며 2003년 결과와 비교하여 약 2배가량 증가한 결과를 보여 유속이 다소 느리거나 하상이 낮은 특정 유역에서의 건천화에 따른 부영양화가 우려된다.⁸⁾

3.2. 유역식별에 따른 연간 오염도 변화

탄천의 총 12개 구간(시료채취지점 기준)과 오염도별 유역구분을 토대로 탄천 내 연간 수질 변화를 살펴보았다. 각 구간별 대표값은 입구지점과 말단지점 간의 측정값의 평균을 구하여 적용하였다.

Fig. 2에서 알 수 있듯이 COD의 경우 2003, 05년에 존재하지 않던 Zone VI 인 구간의 수가 2007년에

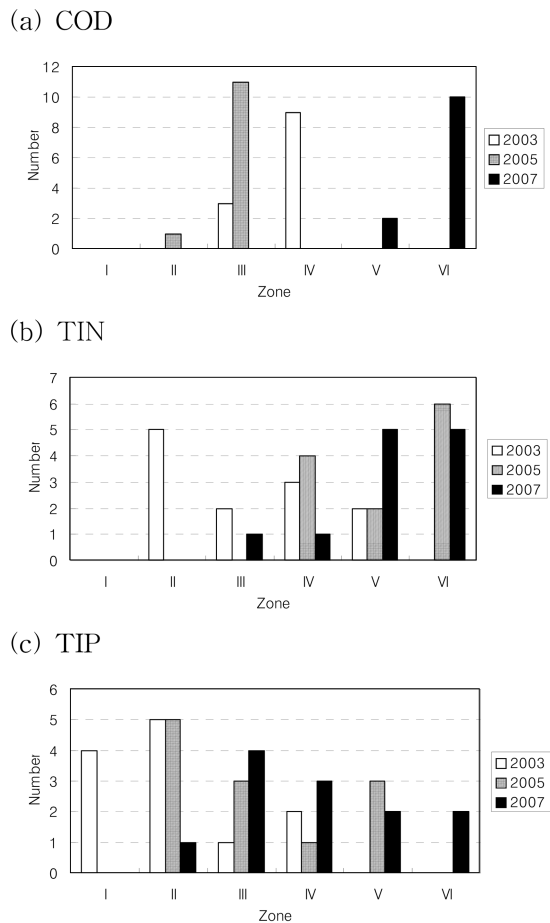


Fig. 2. Quantitative change in number of zone during past five years.

들어 10개로 급증하였으며 TIN, TIP 또한 총 구간 중 Zone V, VI와 같은 오염도가 높은 구간이 점차 증가하는 경향을 보여 최근 5년간 탄천의 수질이 크게 악화되었음을 확인할 수 있었다.

Fig. 3은 각 유역(zone)별 수질의 공간적 변화를 앞선 Table 1의 구간별 실제 거리를 적용하여 직선형의 밴드(band)형태로 구분한 것으로서 유역식별을 보다 용이하게 하고자 하였다. 유역분포를 보면 COD의 경우 상류에서 하류까지 비교적 동일하나 TIN과 TIP의 경우 주로 상류 구간에 수질 오염도가 높은 유역이 집중하고 있는 것을 확인할 수 있었으며 2007년에 접어들면서 Zone I, II인 오염구간이 사라지고 있는 것으로 보아 탄천의 수질이 급격히 저하되어 가고 있음을 확인할 수 있었다. 특히 질소의 경우 2005년 이후부터 Zone V, VI인 구간이 전체 구간의 50% 이상을 차지,

점차 그 구간이 확대되고 있음을 알 수 있다. 이는 탄천의 중상류 지역인 경기도 용인시에서의 최근 택지 개발 및 인구증가로 생활하수 및 폐수 발생량이 급증하고 있기 때문인 것으로 사료되며 환경부 자료에 따르면 경기도 용인시의 산업폐수 및 축산폐수 발생량은 52,183 m³/일, 4,580,654두(각 2004, 2003년 기준)로서 전체 탄천유역 행정구역별(서울시, 경기도 일부) 발생량의 약 84%, 99%에 육박하고 있다.^{9),10)}

따라서 이를 위해 현재 진행 중인 탄천 중상류 부근에서의 환경기초시설의 증설, 정화사업 등의 관리조치가 시급히 완료되어야 할 것으로 판단된다.

4. 결론 및 고찰

도심하천인 탄천의 지난 5년간의 오염도 변화를 확

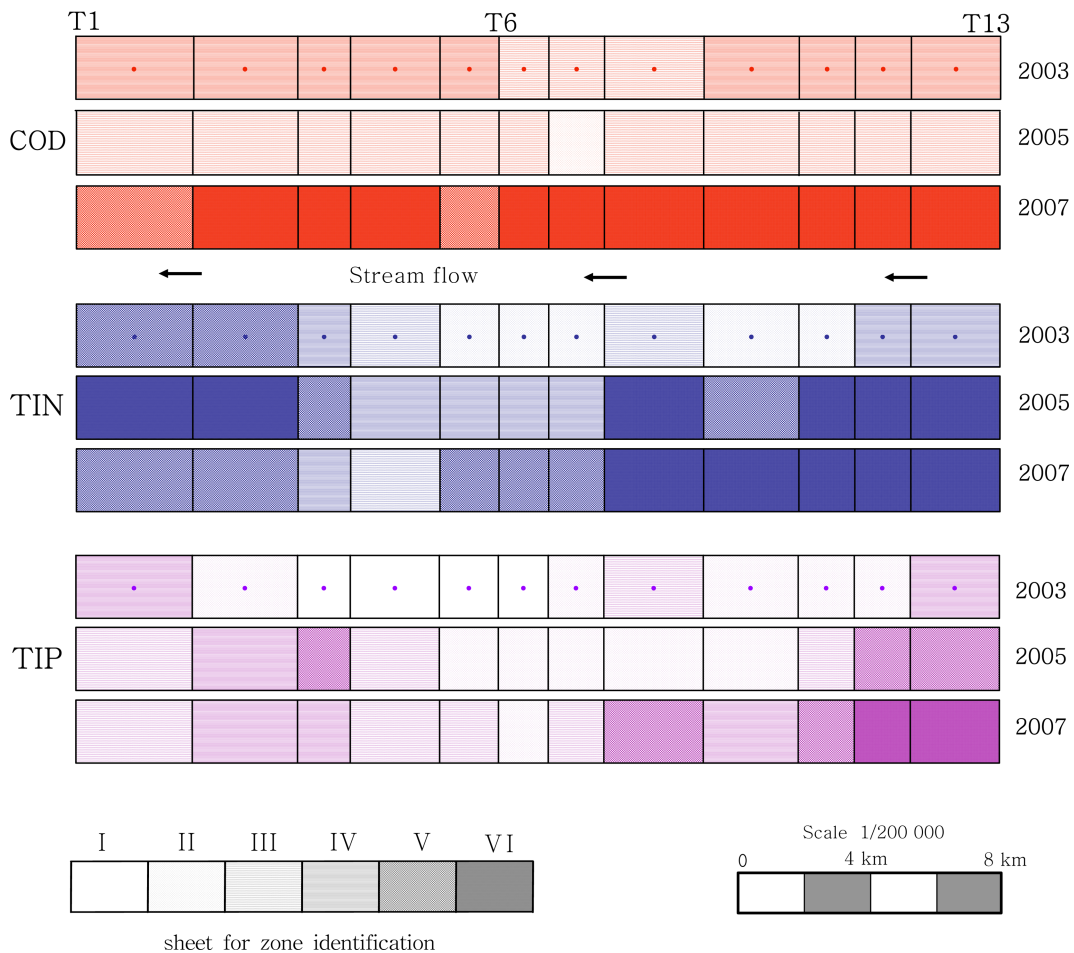


Fig. 3. Spatial change of annual water pollution level by zone identification.

인하기 위하여 총 13곳의 현장실태조사를 실시하였다. 측정 수질지표로는 유기물의 경우에는 COD, 영양성분의 경우에는 TIN, TIP의 측정결과를 기준으로 하였으며 채취 구간별 거리와 유역구분(오염도 기준)을 토대로 측정결과를 식별이 용이한 밴드형으로 나타내어 각 구간별 오염도의 공간적 변화를 확인할 수 있게 하였다. 조사된 바에 의하면 2007년 탄천 수질(총 13곳 평균)은 COD 20 mg/L, 질소와 인의 경우에도 각각 10 mg/L, 0.8 mg/L로 2003년 결과와 비교하여 각각 약 2배가량 증가하였으며 그 오염도가 심각한 것으로 나타났다. 연간 수질 변화는 2007년에 접어들면서 Zone I, II인 오염구간이 사라지고 있는 것으로 보아 탄천의 수질이 급격히 저하되어 가고 있음을 확인할 수 있었다. 이는 탄천의 중상류 지역인 성남 시 및 용인시의 최근 택지 개발로 급증하고 있는 인구로 인해 생활하수 및 오염물이 증가함에 따라 미처리된 산업, 축산폐수 및 비점오염원 내의 유기물을 비롯한 질소 인 성분이 하천 내로 직접 유입되고 있기 때문으로 사료된다.

향후 연구에서는 이러한 현장수질조사와 더불어 구간별 인구수, 오폐수 배출시설, 비점오염원 등과 같은 탄천 내 다양한 수질 오염원에 대한 연구가 필요할 것으로 여겨지며 현재 환경부에서 제공 중인 물환경정보 시스템 등의 다양한 수질 정보를 활용 비교해 봄으로써 탄천의 수질평가 및 관리를 위한 보다 유용한 자료를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 한국과학기술연구원 내 기관고유과제(2E20350, 2Z03230) 일환으로 수행되었으며 시료 채취 및 기타 많은 도움을 주신 '21c 녹색네트워크(사)' 김용호 사장님과 그 외 회원분들께 감사의 뜻을 전합니다.

참고문헌

1. 신정식, 정종흡, 오경두, 나규환, 장래 탄천수질과 한강 본류에 미치는 영향 예측, *한국환경위생학회지*, **2001**, 27(3), 49-56.
2. 이길영, 하천공학, 회중당, **1998**, 364-365.
3. 환경과, 환경백서, 서울시, **2006**, 160-172.
4. Farag, H. and Donia, N., *Tenth International Water Technology Conference*, Egypt, **2006**, 1163-1171.
5. Zaikowski, L., McDonnell, K.T., Rockwell, R.F. and Rispoil, F., *Estuaries and Coasts*, **2008**, 31, 85-100.
6. Montenegro, S.M.G.L., Costa, W.D., Cabral, J.J.S.P., Montenegro, A.A.de A., de Lima, E.S., Manoel Filho, J., Demetrio, J.G.A., *The Second International Conference on Saltwater Intrusion and Coastal Aquifers Monitoring, Modeling, and Management*, Mexico, **2003**.
7. 이재성, 이 원, 이수원, N.V. Tung, 장해종, 탄천에서의 부영양화 실태조사에 관한 연구, *한국환경분석학회지*, **2002**, 5(4), 265-268.
8. 이명성, 이수원, 이재성, 현장측정기법을 이용한 한강의 부영양화 실태조사에 관한 연구, *한국환경분석학회지*, **2006**, 9(2), 114-118.
9. 환경부, "2004 공장폐수의 발생과 처리", **2005**
10. 환경부, "2003 오염원 조사 보고서, 환경부", **2006**.