

< 단 신 >

탄천에서의 부영양화 실태조사에 관한 연구

이재성 · 이 원\* · 이수원 · N. V. Tung · 장해종

한국과학기술연구원 수질환경연구센터

\*경희대학교 이학부 화학전공

**A Study on the Survey of Water Quality by the Analysis  
of Components Causing Eutrophication in Tanchon**

**Jea-Seong Rhee, Won Lee\*, Su-Won Lee, N. V. Tung and Hae-Jong Jang**

*Environment & Process Technology Division, Korea Institute of Science and Technology,  
P.O. Box 131, Cheonryangri, Seoul 130-650, Korea*

*\*Department of Analysis Chemistry, The University of Kyung Hee,  
Tongdaemun-gu Hoegi-dong, Seoul 136-872, Korea*

Water quality was investigated by the analysis of components causing eutrophication in Tanchon. The home-made detection kit(Ecotest) was utilized for the measurement of COD, nitrate and phosphate. The home-made detection system by the means of noble FIA for ammonia and nitrite and IC for chloride and sulfate were also taken advantage of evaluation on water quality. As the results total nitrogen, phosphate and COD were ranged between 15.9~26.9 ppm, 1.5~3.0 ppm and 9.0~20.0 ppm respectively. Therefore the results of high contaminant in Tanchon bring forth the necessity monitoring water resources constantly in the long run. Successfully home-made Ecotest, FIA and noble IC play a very important role on the prompt survey of ambient water quality.

**Key words:** Eutrophication, Ecotest, FIA, IC, Tanchon

1. 서 론

물은 인간 생존과 생태계 보전이라는 문제에 직결되어 있는 환경의 주요인자이다.<sup>1)</sup> 생태계를 교란하는 물의 오염은 여러 가지 원인에 의하여 이루어지고 있는데, 생활하수, 산업폐수 및 축산폐수에 의한 점오염과 농약, 비료 등의 살포에 의한 비점오염을 들 수 있다. 이 중에서도 생활하수 및 축산폐수 또한 비료 등에 의해 다량으로 방출되는 질소화합물의 경우는 물의 부영양화를 일으키는 주요 성분으로 현장의 신속한 분석으로 실태조사 및 긴급대응조치를 취할 수 있어야 한다.<sup>2)</sup> 질소는 산화상태에 따라 암모니아, 아질산염, 질산염, 유기질소로 분류된다. 암모니아성질소는 질소의 순환과정에서 유기성질소가 무기성질소로 전환되어 생기는 첫 번째 물질로서 계속적으로 산소를 소모하며 질소 순환

과정의 다음 단계인 아질산성질소 그리고 질산성질소로 전환해 간다.<sup>3)</sup> 암모니아는 미생물의 영양소로서의 역할을 하기 때문에 암모니아성질소를 함유하고 있는 물중에는 반드시 병원성 박테리아가 번식하게 된다. 암모니아성질소의 분석방법으로는 흡광광도법, 즉 인도페놀법이 많이 이용되고 있으나 반응시간이 오래 걸리고 비교적 많은 시료의 양이 필요로 하는 단점이 있다. 그래서 최근에는 이온크로마토그래피를 이용한 방법을 많이 사용한다. 아질산성질소는 유독성 환경오염지표로서 주로 암모니아가 질산성질소로 산화되어지는 과정에서 발생하여<sup>4)</sup> 헤모글로빈에 산소 결합을 방해함으로 청색증 등을 일으키는 유독한 물질이고<sup>5)</sup> 신속한 분석이 아닌 경우 현장의 정확한 농도를 구하기가 매우 어렵다. 아질산성질소의 분석방법으로는 습식분석법과 이온크로마토그래피법을 주로 활용하고 있는데,<sup>6)</sup> 습식분석법의

경우 복잡한 전처리 과정 등에 따른 실험자의 숙련도에 기인하는 오차 발생이 매우 크며 분석에 필요한 시료의 양도 많은 양이 요구된다. 반면에 이온크로마토그래피법은 소량의 시료만으로도 매우 재현성 있는 결과를 얻을 수 있어서 현재 널리 사용되어지는 방법이지만 검출한계가 1ppm 정도로 비교적 높아 ppb 수준의 현장 잔류 미량 분석은 불가능한 단점이 있으며 또한 고가 장비를 운영해야하는 경제적 문제가 있다. 최근에는 비색법을 이용한 키트가 제작되어 사용되어지고 있는데<sup>7)</sup> 비색법의 특성상 실험자의 관측에 따른 결과기에 개인적인 오차가 있을 수 있다.

본 연구에서는 경기 용인시 일대의 난개발과 하수종말처리장의 방치로 인하여 건전화되어 수질이 크게 악화된 한강 지류인 탄천에서 채수한 환경수질시료를 현장에서 신속히 측정할 수 있는 Ecotest를 이용하여 질산성 질소, 인, COD를 측정하였으며, 신속하게 매우 정확한 결과를 얻을 수 있으면서도 비교적 저가의 장비로 구성된 FIA(Flow Injection Analysis)를 이용하여 아질산성 질소, 암모니아성 질소를 측정하였으며, 소량의 시료만으로 매우 재현성있는 결과를 얻을 수 있는 이온크로마토그래피법을 이용하여 염소이온, 황산이온을 측정하여 탄천의 오염정도를 알아보았다.

## 2. 실험방법

### 2.1. 시료채취장소, 일시 및 방법

본 연구에서 측정한 환경 물시료는 한강수계인 탄천에서 각 지류의 합류지점 등을 고려하여 채수지점을 선정하여 대곡교 등의 5곳에서 Van-Dorn 채수기를 사용하여 채수하였고 1L 무균 폴리에틸렌 채수병에 담아 4°C 냉장보관 후 분석하였다.

### 2.2. Ecotest 분석

본 연구에서 사용한 비색법키트는 본 연구실에서 공정시험법에 맞추어 개발한 키트로서 측정에 필요한 시약을 순서대로 넣고 약 5~10분 동안 방치한 후 발색된 색을 이용하여 농도를 측정하였다. 발색의 비교를 위해 표준용액을 같은 방법으로 측정하였다.

### 2.3. FIA 분석

본 연구에서 암모니아성질소는 Elution solution의 흐름속도를 각각 0.75 mL/min.로 하였고, Carrier solution의 흐름속도 또한 0.75 mL/min.로 하여 전체

용액의 흐름속도를 3 mL/min.로 하였다. Sample의 주입량은 30  $\mu$ L, delay line은 150 cm로 하였으며 delay line은 60°C water bath에 담겨두었으며 검출기의 조건은 분석파장 648 nm, AUFS 0.050, cell volume 12  $\mu$ L, path length 5mm이었으며 Sample의 Injection/Load 시간은 20/60 sec로 하였고 Integrator의 Attenuation은 8, Chart speed는 0.5 cm/min.로 하였고, 아질산성질소는 각각의 흐름속도를 1.0 mL/min, delay line을 70 cm 분석파장을 540 nm, AUFS 0.070, Injection/Load 시간은 20/40 sec으로 Attenuation은 32로 하여 측정하였다.

기기의 구성은 Fig. 1에 나타내었다.

### 2.4. 이온크로마토그래피 분석

본 연구에서 사용한 이온크로마토그래피는 Dionex사의 DX-80 Ion Analyzer로, AMMSIII suppressor, AS14A column을 사용하였고 이동상은 0.85 mM NaHCO<sub>3</sub>/0.9 mM Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>를 활용하였고 injection volume은 10  $\mu$ L로 하였다. 표준용액은 0.5, 1, 5, 10 mg/L을 측정하여 검량선을 작성하였다. 시료는

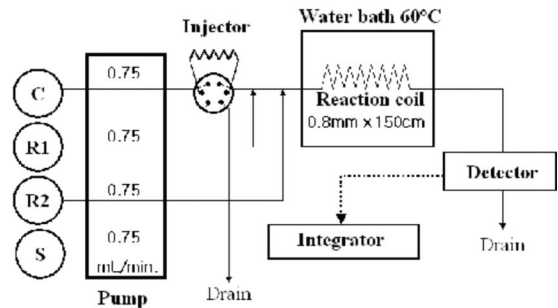


Fig. 1. Manifold diagram of FIA system for the determination of ammonium-nitrogen.

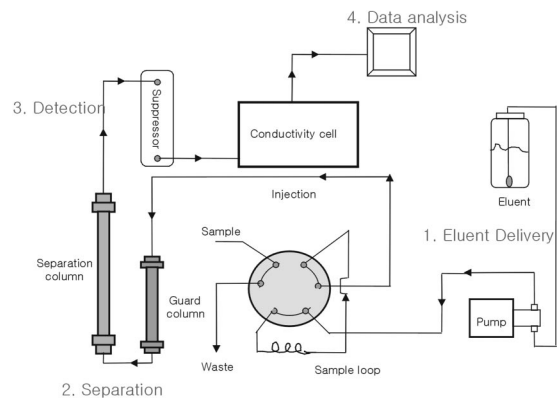


Fig. 2. Ion Chromatographic diagram.

Whatman PVDF syringe filter(0.45 μm)로 전처리 하여 주입하였다. 기기의 구성은 Fig. 2에 나타내었다.

### 3. 실험결과

#### 3.1. 탄천 수질 분석 결과

탄천의 부영양화 물질들을 세 가지 방법으로 분석하여 Ecotest 결과를 Fig. 3, FIA 분석 결과를 Fig. 4~5에 제시하였고 3가지 분석결과를 종합하여 Table 1에 나타내었다. 탄천3(탄천1교)가 총질소 26.9 ppm, 인 3.0 ppm, COD 14 ppm으로 가장 오염정도가 심각하였고, 가장 오염정도가 심하지 않은 탄천1(대곡교)

도 총질소 15.9 ppm, 인 1.5 ppm, COD 9 ppm으로 높은 값이 측정되었다. 시료중의 총질소, 인, Cl, COD, SO 측정값은 탄천의 상류에서 하류로 갈수록 증가하는 경향을 보였으며, 특히 청색증을 유발하는 유

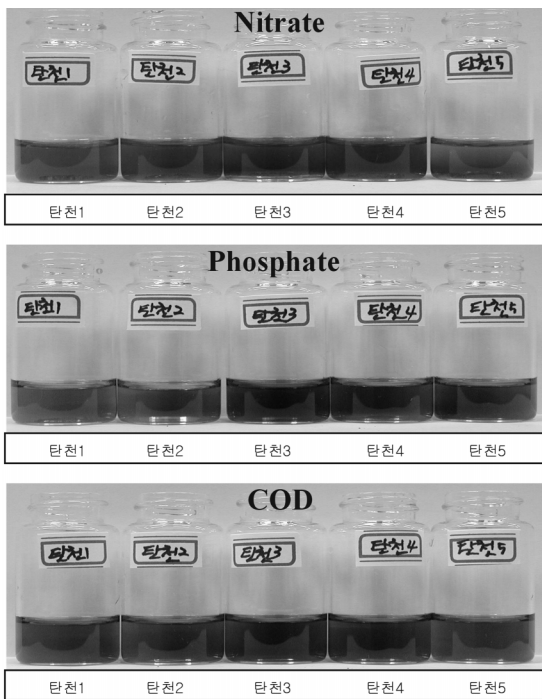


Fig. 3. The color display of the water samples by Ecotest.

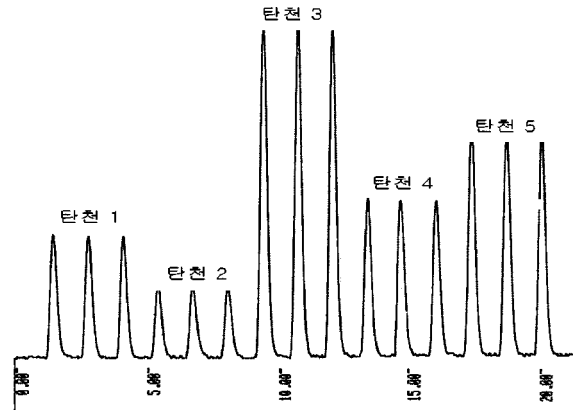


Fig. 4. Ammonia FIA spectrum of water samples in Tanchon.

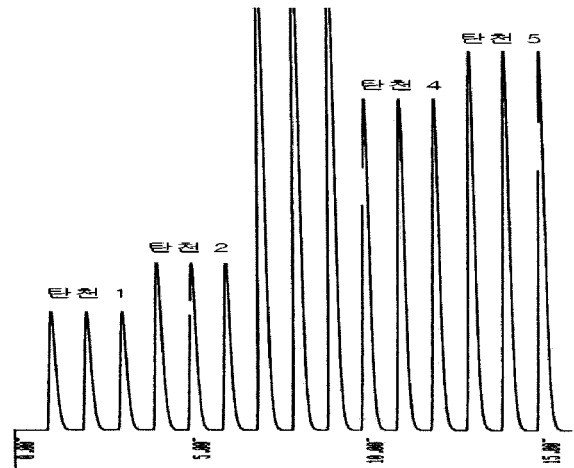


Fig. 5. Nitrite FIA spectrum of water samples in Tanchon.

Table 1. The results of analysis of water quality in Tanchon

구 분	부영양화 성분 농도(ppm)						
	FIA분석			Ecotest		IC	
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P	COD	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -S
탄천1(대곡교)	2.6	0.3	13	1.5	9	17.4	4.2
탄천2(광평교)	1.5	0.4	15	1.5	20	26.3	4.7
탄천3(탄천1교)	7.5	1.4	18	3.0	14	31.9	6.6
탄천4(탄천2교)	3.4	0.9	18	2.0	12	25.2	4.9
탄천5(삼성교)	4.9	1.1	15	2.0	12	25.8	5.3

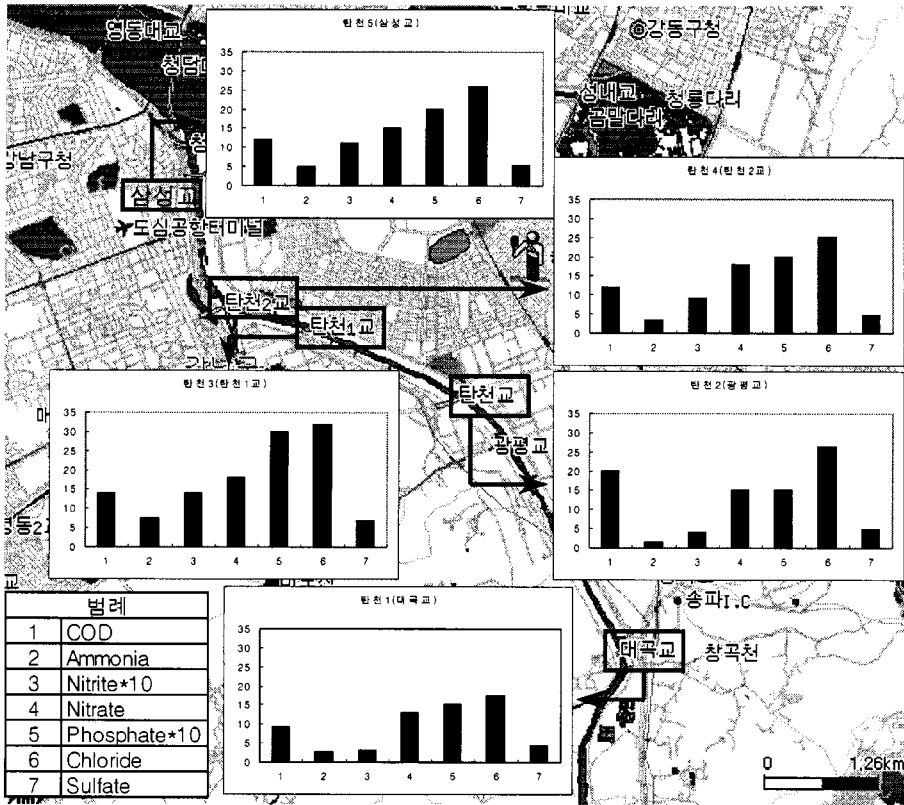


Fig. 6. The map displaying results of water quality analysis in Tanchon.

독성 물질인 아질산성질소를 보면 0.3 ppm에서 1.1 ppm으로 하류로 갈수록 0.8 ppm 이상의 증가를 보이고 있다.

3.2. 탄천의 부영양화 실태 지도 작성

탄천의 부영양화 물질을 Ecotest와 FIA, IC를 이용하여 측정된 값들을 바탕으로 하여 환경실태지도를 작성하였다.(Fig. 6) 이를 활용하면 탄천의 오염정도를 한 눈에 알 수 있어서 탄천의 모니터링에 유용하게 이용할 수 있다.

4. 결 론

탄천에서의 부영양화를 일으키는 성분들을 Ecotest와 자체 개발한 FIA, 그리고 IC를 이용하여 분석한 결과를 보면 총질소 15.9 ppm에서 26.9 ppm, 인 1.5 ppm에서 3.0 ppm, COD 9에서 20까지를 나타내었다. 가장 낮은 수치를 보여주는 탄천1(대곡교) 같은 경우만 보더라도 총질소 15.9 ppm, 인 1.5 ppm, COD 9로 모

두 수질기준 5등급이하를 나타내었다. 위 조사결과로 탄천의 오염정도가 심각함을 알 수 있다. 따라서 탄천의 수질에 관한 지속적인 모니터링과 오염원의 제어에 관한 연구가 지속적으로 진행되어야 할 것으로 본다.

참고문헌

- 1) 정오진, “환경화학”, 1판, 자유아카데미, 서울, 1995, 295-318.
- 2) 환경부, “오수·분뇨·축산폐수통계”, 2001.
- 3) P.O'Neill, “Environmental Chemistry”, 2th ed., Chapman & Hall, London, UK, 1993.
- 4) A. Kazemzadeh and Ali A. Ensafi, *Analytica Chimica Acta*, 2001, 442, 319-326.
- 5) A. Kazemzadeh and Ali A. Ensafi, *Microchemical Journal*, 2001, 69, 159-166.
- 6) 환경부, “수질오염공정시험방법”, 1995, 171-172.
- 7) J. S. Rhee, W. Lee, H. J. Lee and J. H. Jung, *J. of the Korea Society for Environmental Analysis*, 2000, 3(2), 85-89.