

지하수의 채취 및 진처리 방법에 따른 TOC 농도변화

조수영, 윤운열, 이길용, 김용제

한국지질자원연구원 지하수지열연구부 (sycho@kigam.re.kr)

<요약문>

TOC(total organic carbon)분석은 폐수 및 강수의 오염특성을 평가하기 위한 도구로서 BOD(biochemical oxygen demand), COD(chemical oxygen demand) 와 함께 사용되어 왔다. TOC 측정 시간은 10분 정도로 BOD(5~6일), COD(2~3시간)에 비해 아주 짧은 시간에 측정할 수가 있으며, 전처리 과정이 단순하고 정확도도 높은 것으로 알려져 있다.

본 연구는 지하수의 잠재오염성을 밝혀내기 위한 도구로 TOC를 활용하여 신뢰성 있는 분석값을 얻기 위해서 시료의 채취, 보관, 측정까지의 최적 조건을 도출하는데 목적을 두었다. 아울러 시료 채취 후 일정 경과 시간에 따른 TOC의 변화를 관찰하였다.

시료채취 용기, 채취 후 산성화, 보관방법 및 기간에 대한 실험 결과, 대상 변수에 따라서 TOC의 농도변화에 커다란 차이점을 볼 수 있었다. TOC 농도가 낮은 지하수시료의 측정에서는 빛을 차단시킨 불투명 유리병을 사용해야만 하고 채취 즉시 산도를 높여(pH<2)주며 4℃ 이하에서 보관하여야 한다. 지하수중 TOC 측정시료는 가능한 보관 기간에 있어서 채수 후 24시간 이내에 측정하는 것이 좋으나¹⁾ 본 연구에서는 채취현장과의 거리를 고려하면 현실적으로 불가능 하므로 기간에 따른 TOC 변화를 30일까지 측정, 조사하였다.

주요어 : TOC, 지하수, 시료채취, 시료용기, 시료보관

1. 서론

수중의 유기탄소는 다양한 형태의 화합물로 존재한다. TOC분석은 1970년대에 개발된 이후로, 폐수의 오염원을 측정하는데 사용되는 BOD, COD에 비해 빠르고 정확한 분석법의 대안으로 부각되었다. 초기에는 폐수, 지하수 및 지표수분석에 응용이 되었으며, 그 후 장비의 발달로 인해 전자장비 및 발전소에 사용되는 고순도 물 분석에 까지 활용이 되고 있다.²⁾

TOC 농도는 음용수의 경우 100 µg/L 미만에서 25,000 µg/L 까지 다양하며, 오수의 경우 유기물의 함량이 많아 100 mg/L 이상이나 된다. 이러한 유기물들은 이온교환능력을 저하시키고 미생물의 성장을 도와주는 영양제 역할을 하기도 하며, 물을 이용하는 공정에 방해 작용을 일으키는 수가 있어 물을 관리하는 공정에서 TOC의 측정은 매우 중요하다.^{3,4)}

TOC는 미국의 EPA(Environmental Protection Agency, U.S.A), AOAC(Association of Official Analytical Chemists)과 ASTM(American Society for Testing and Materials, USA)과 같은 여러 기관에

의해 발전되었다. 본 실험에서는 ASTM(D-4779-88) 방법을 참고로 최적 조건을 도출하였다.⁵⁾ TOC를 측정하기 위해서는 유기물을 분해시켜 단분자(single molecule) 형태로 만들어야 하며, 단분자 형태로 만들기 위해 고온에서 촉매를 사용하여 산소와 반응을 시키는 방법과 100℃ 미만의 저온에서 자외선을 사용하여 화학반응을 일으켜 CO₂로 만드는 방법을 사용한다.

2. 장치 및 실험

1) TOC 측정장비

총 탄소량 측정 장비는 다양한 범위의 TOC를 측정하기 위해 쉽게 자동화 할 수 있는 미국 Dohrmann 사의 DC-180을 사용하였다. TOC 장비는 측정을 관장하는 Microprocessor electronic module, 유기물을 이산화탄소로 변화시키기 위한 UV-persulfate reactor module 과 이산화탄소량을 측정하는 NDIR detector module로 구성 되어있다. 이 장비는 유기탄소 중 휘발성의 purgeable organic carbon(POC)와 비휘발성의 non-purgeable organic carbon(NPOC)를 구분하여 측정할 수 있으며 무기탄소(IC ; Inorganic Carbon)도 함께 측정이 가능하다. 측정에 소요되는 시료 양은 5~10 mL 정도로서 4 ppb~30,000 ppm 까지 탄소량 측정이 가능하다.

2) 실험

시료 채취는 먼저 현장의 양수정 에서 충분히 양수한 후 채수 하였으며, 시료채취 용기의 종류에 따른 TOC 농도의 변화를 살펴보기 위해 세척 후 고온처리(400℃)한 amber glass bottle 과 일반 PE병을 사용하였다. 채수 후 에는 현장에서 각각의 용기에 산처리 한 것과 산처리 하지 않은 것으로 나누어 보관하였다. 또 온도에 따른 TOC 농도변화를 보기위하여 각 용기에 담긴 시료를 저온(4℃)과 상온(20℃)에 분리하여 보관하였다. 이와 같은 방법으로 시료용기, 산처리 여부, 보관온도에 따른 TOC 농도를 비교하였다. 또한 보관기간에 대한 농도변화를 보기위해 1일, 4일, 7일, 14일, 30일의 간격을 두고 TOC를 측정하였다.

3. 결과 및 토의

비교실험 변수인 시료채취 병, 채취 후 산처리, 보관온도 및 기간에 대한 실험 결과 대상 변수에 따라서 TOC 농도에 커다란 차이점을 볼 수 있었다. 두 가지 시료를 대상으로 시료 용기의 종류 및 시료 보관 온도, 기간에 따른 측정결과는 Table 1에 나타내었다. 실험에 사용된 모든 시료는 일반적으로 시간이 경과함에 따라서 초기에 비해 대체적으로 증가하였다. 유리병과 PE 채수병 사용을 비교해 보면 PE 채수병 사용 시 TOC 가 유리병을 사용했을 때보다 3~20%가량 높고, 산처리 한 경우와 저온 보관 시료가 그렇지 않은 시료에 비해 TOC 양이 적음을 알 수 있었다(Fig. 1). 특히 보관 기간에 있어서는 시료 채취 후 24시간 이내에 측정하는 것이 좋으나, 채취현장과의 거리 등을 고려하여 기간에 따른 TOC 변화를 30일 까지 측정 하였다(Fig. 2). 그 결과 PE 용기는 시간이 경과함에 따라 TOC의 양이 10에서 많게는 50%가량 증가하지만 유리용기의 TOC 양은 거의 차이가 없거나 약간만 증가하였다. 결과적으로 유리채취용기를 사용하고 저온 보관, 산 처리 등을 모두 실시 한 시료의 경우 시간경과에 따른 TOC의 함량변화가 비교적 적음을 알 수가 있었다.

4. 결론

TOC 측정에서는 탄소의 양을 측정하므로 탄소성분이 주성분인 PE병을 사용하기는 신뢰성 있는 측정 값을 얻지 못하므로 농도가 낮은 지하수시료의 측정에서는 빛을 차단시킨 불투명 유리병을 사용해야 한다. 이 유리병은 사용하기 전에 미리 진한 황산으로 세척한 후 400 ℃에서 처리하여 시료병 내에 존재하는 유기물을 제거시킨 후 사용한다. 채취즉시 산도를 높여(pH<2) 주며 4℃ 이하에서 보관하여야 하며 채취 후 가능한 한 빠른 시간 안에 측정하여야 한다.

Table 1. TOC variation with the sampling container and experimental condition.

sample	treatment	storage period				
		1d	4d	7d	14d	30d
B-12	GAC-1	1.460	1.513	1.583	1.658	1.672
	GC-1	1.544	1.561	1.623	1.657	1.831
	GA-1	1.476	1.402	1.547	1.576	1.554
	G-1	1.666	1.538	1.580	1.613	1.594
	PAC-1	1.578	1.522	1.610	1.674	1.799
	PC-1	1.588	1.629	1.535	1.705	1.794
	PA-1	1.723	1.834	1.944	1.955	2.451
	P-1	1.598	1.706	2.006	2.176	2.389
B-14	GAC-2	1.717	1.637	1.844	1.857	1.858
	GC-2	1.824	1.801	1.984	1.995	1.960
	GA-2	1.762	1.637	1.753	1.793	1.736
	G-2	1.949	1.927	1.961	2.042	1.995
	PAC-2	1.943	1.849	1.980	2.056	2.044
	PC-2	2.197	1.914	2.089	2.027	2.094
	PA-2	2.191	1.971	2.184	2.217	2.233
	P-2	2.26	2.237	2.562	2.597	2.702

G : Glass Bottle(Decarbonation with sulfuric Acid)

P : PE Bag

A : Adding PA(98% Phosphoric Acid)

C : Store in refrigerator(4℃, No Marking = 20℃)

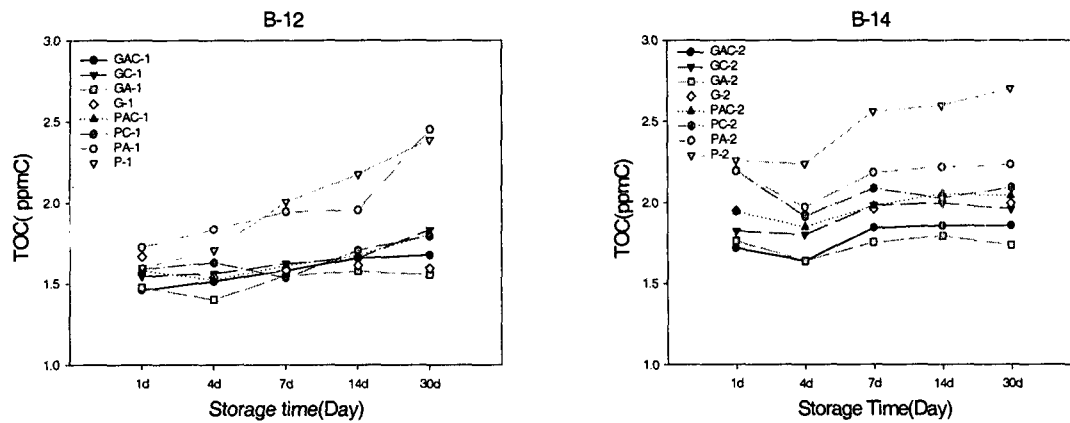


Fig. 1. TOC Variation with the sampling container and experimental condition.
(G=Glass Bottle, P=PE Bag, A=Phosphoric Acid, C=Cool)

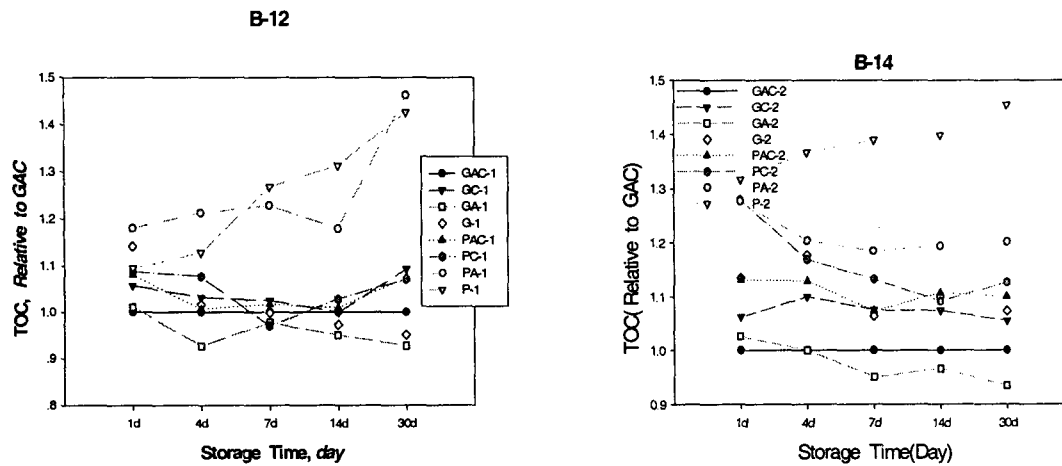


Fig. 2. TOC ratios based on GAC condition.
(G=Glass Bottle, P=PE Bag, A=Phosphoric Acid, C=Cool)

4. 참고문헌

- 1) EPA Method 415.1
- 2) Michael J. B (1984) "TOC Determination in Ground Water" Ground water v 22 ,18-24
- 3) Robertson, J. M., C.R. Toussaint, and M.A. Jorque (1974) Oeganic Compounds Entering Ground Water from a Landfill. EPA-660/2-74-077 47pp
- 4) Lenheer, J.A., R.L. Malcolm, P.W. Mckinley and L.A. Eccles (1974) J.Res., U.S. Geol. Survey. v. 2, no 3 361-369
- 5) ASTM Method D 4779-88