

## 총유기탄소의 먹는물 수질기준 설정 연구

유순주<sup>†</sup> · 안경희 · 박수정 · 김미아 · 최자윤\* · 이연희

국립환경과학원  
\*환경관리공단 해외협력팀

### A Study on the Establishment of Total Organic Carbon in Drinking Water Standard

Soon-Ju Yu<sup>†</sup> · Kyung-Hee Ahn · Su-Jeong Park · Mi-Ah Kim · Ja-Yoon Choi\* · Youn-Hee Lee

National Institute of Environmental Research  
\*Environmental Management Corporation

(Received 18 February 2009, Revised 21 July 2009, Accepted 28 July 2009)

#### Abstract

In this study, total organic carbon (TOC) and potassium permanganate (KMnO<sub>4</sub>) demand were examined for raw and finished tap water and the range of KMnO<sub>4</sub> demand in drinking water was investigated. By analyzing the relationship between TOC and KMnO<sub>4</sub> demand, the applicability of TOC as a drinking water standard and its regulation level was proposed. The average KMnO<sub>4</sub> demand was 1.3 mg/L in 4,638 samples from finished drinking water, tap water and finished water from small facilities. KMnO<sub>4</sub> demand of 95% of samples was 2.9 mg/L which was 29% of the drinking water standard (10 mg/L). At 12 major drinking water treatment plants, the average KMnO<sub>4</sub> demand in July and August was 8.1 and 2.4 mg/L for raw and finished water, respectively. TOC in July and August was 2.0 and 1.15 mg/L for raw and finished water, respectively. The correlation coefficient between KMnO<sub>4</sub> demand and TOC was as high as 0.8 in both raw and finished water and KMnO<sub>4</sub> demand was twice of TOC in finished water. Because the correlation coefficient and ratio between KMnO<sub>4</sub> demand and TOC varied according to season and the characteristics of raw water, it would be difficult to establish TOC standard just from the ratio of KMnO<sub>4</sub> demand to TOC. However, it is possible to set the TOC range based on the accumulated KMnO<sub>4</sub> demand data or from the satisfactory correlation results. Then, it would be reasonable to establish TOC standard level as 4 ~ 5 mg/L.

**keywords** : Drinking water standard, Potassium permanganate demand (KMnO<sub>4</sub> demand), Total organic carbon (TOC), Waterworks

### 1. 서론

먹는물 수질기준에서 유기물 함량을 조사하는 지표로서 과망간산칼륨소비량 (KMnO<sub>4</sub>소비량)은 수질오염공정시험기준에서 화학적산소요구량(COD)과 동일한 적정법으로 측정한다. COD 분석방법과 비교하여 먹는물 중 낮은 유기물 농도를 감안하여 과망간산칼륨용액의 농도가 1/25배 낮고 산화분해 시간도 5분 정도로 짧다. KMnO<sub>4</sub>소비량은 과망간산칼륨에 의하여 산화 가능한 피산화성 물질을 대상으로 하기 때문에 유기물뿐 아니라 수중 철(II)이온, 아질산이온, 황화수소 및 기타 환원성물질도 과망간산칼륨소비량에 포함된다. 수질환경 중 COD 측정에서 과망간산칼륨소비량은 과망간산칼륨의 농도와 반응시간에 따라 소비량이 달라지므로, COD는 유기물농도의 지표로서 유기물 총량을 대표하기에는 불충분하다는 지적이 있다. 최근에 유기물질의 지표로서 유기화합물질 중 탄소총량을 측정하는 총유기탄소

(Total organic carbon, TOC)의 항목을 수질기준에 추가하는 방안이 고려되고 있다.

현재, 우리나라에서는 TOC 시험방법이 2006년 수질오염공정시험방법(환경부, 2006a)에 채택되었고, 2008년에는 49개 지점의 수질자동측정망에서 자동 및 실시간 측정이 가능한 항목으로서 TOC가 포함되어 있다. 또한 수질환경에서 공공수역의 유기물질 모니터링 실시와 함께 수질오염총량제 이행과 관련하여 유기물 중심항목으로 TOC 도입의 타당성 연구를 추진하고 있다.

TOC는 분석시간에 있어서도 KMnO<sub>4</sub>소비량 또는 COD의 1~2시간의 분석시간에 비하여 자동화된 연속측정장비로 10분 이내의 측정이 가능하며, 시험에 필요한 기구로는 산처리 시약 이외에는 거의 사용되지 않기 때문에 2차 오염의 문제가 적고, 시험방법이 간편한 장점이 있다.

먹는물 분야에서 정수처리의 주된 목표는 탁도 제거 및 유기물 처리지만, 기존의 응집공정은 주로 탁도 제거를 목표로 하고 있다. 정수처리 시 유기물은 응집제로 많이 사용되는 알루미늄 이온과 결합하여 착화합물을 형성하며 염소요구량을 증가시키고 소독부산물의 생성 및 활성탄의 흡

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed.  
ysu1221@me.go.kr

착효율을 감소시키는 원인이 된다. 정수처리 후 급수관이나 물탱크에서 미생물 증식 등의 2차 오염과 맛, 냄새 등을 유발시키고 있으므로, 최근엔 소독에 따른 소독부산물의 전구물질인 자연유기물(Natural organic matter, NOM)의 제거에 관한 연구가 증가하고 있다(유순주 등, 2003; 정영미 등, 2007). NOM은 물리화학적으로 다양하고 광범위하지만 TOC 또는 DOC로 대표되고 있다.

미국 EPA D/DBP 규정에서는 NOM 일부분인 TOC를 DBP 전구물질의 대체물로 규정하고 있다. 또한 미국의 지표수처리규칙에서는 특정 조건에서 원수의 TOC를 감소시키기 위하여 응집제를 과잉 주입하는 것으로 정의되는 강화응집을 제시하고 있어 정수처리에서 유기물은 TOC를 대상으로 하고 있다.

먹는물 수질기준에서  $\text{KMnO}_4$  소비량은 먹는물 수질의 적부 여부를 판단하는 정도이며, 실제 정수처리 운영 면에서 응집제 주입을 등을 결정하거나 유기물 농도 파악을 위해서는 주로 TOC를 사용하고 있다. 특히 TOC는 정수처리장에서 원수 및 정수 수질을 자동계측장치로 실시간으로 측정하여 데이터 수집 및 축적이 되고 있으며 TOC 분석은 정확하고 신속하게 측정 가능하고, 원수에서부터 수돗물까지 유기물의 거동을 자동계측장치로 파악이 가능하여, 정수처리장 운영 측면에서 활용도가 높은 장점을 가지고 있다. 이러한 점을 고려한다면 먹는물 수질기준인  $\text{KMnO}_4$  소비량을 TOC로 대체하거나 TOC를 추가하는 것이 바람직하다고 판단된다.

따라서 본 연구에서는 외국의 유기물 관련 기준 적용 현황을 조사하고, 국내 먹는물에서  $\text{KMnO}_4$  소비량의 검출 범위와 원수에서 수돗물까지 TOC와  $\text{KMnO}_4$  소비량의 농도를 조사하여 이들의 관계로부터 먹는물 수질기준에 TOC 적용 타당성 및 기준치를 제안하고자 한다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 먹는물에서 $\text{KMnO}_4$ 소비량 농도 조사

먹는물 중  $\text{KMnO}_4$  소비량의 농도 분포를 조사하기 위하여 환경부 사이버정수장(환경부, 2007)의 '07년 민관합동 정수장, 수도꼭지, 마을상수도의  $\text{KMnO}_4$  소비량을 조사하였다.

### 2.2. $\text{KMnO}_4$ 소비량과 TOC 비교분석

2.2.1. 전국 주요 정수장에서  $\text{KMnO}_4$  소비량과 TOC 농도비교  
조사대상은 Table 1과 같이 전국 주요 수계의 12개 정수장의 상수원수와 정수를 대상으로 2006년 6월과 8월에 시료를 채취하여,  $\text{KMnO}_4$  소비량(환경부, 2006b)과 TOC를 분석하였다. TOC는 고온연소산화방법을 이용하는 분석기(Shimadzu JP/TOC- VCPH)를 사용하여 측정하였다.

### 2.2.2. 한강수계 정수장에서 $\text{KMnO}_4$ 소비량의 상관분석

한강수계 7개 정수장에서 2007년 5회 원수와 정수를 채취하여 TOC와  $\text{KMnO}_4$  소비량을 조사하여 상관분석을 실시하였다.

**Table 1.** The water source, treatment process of the selected water treatment plants

Classification	Waterworks	Treatment process
River	Han	RSF
	Nakdong 1	RSF
	Nakdong 2	RSF + ozone + GAC
	Nakdong 3	RSF + ozone + GAC
	Nakdong 4	RSF + ozone + GAC
	Guem	RSF and GAC filtration
	Pyungchang Seum	RSF + GAC
Interflow	Joryung	RSF
Reservoir	Paldang	RSF
	Daecheong	RSF
	Juam	RSF

\* RSF : Rapid sand filtration, GAC : Granular activated carbon

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 국가별 유기물에 대한 먹는물 수질기준 비교

미국은 먹는물 수질기준에  $\text{KMnO}_4$  소비량과 TOC를 설정하지 않고 있으나 소독부산물의 전구물질인 NOM의 대체항목으로 TOC를 정하여 강화응집 등 정수처리 운영인자로 적용하고 있다(USEPA, 2007). 또한 정수처리시설에 수질항목으로 TOC를 측정하고 있는데 예를 들면 뉴욕시의 경우 2007년 324개 시료 중 TOC 농도는 1.3~2.0 mg/L, 평균농도는 1.6 mg/L로 보고하고 있다(New York City DEP, 2008).

일본은 2003년에 유기물 기준을  $\text{KMnO}_4$  소비량으로부터 TOC로 수질기준을 개정하였다. 개정된 TOC 수질기준은  $\text{KMnO}_4$  소비량과의 상관관계로부터  $\text{KMnO}_4$  소비량 10 mg/L는 TOC 3~4 mg/L로 계산되었다. 이 때 TOC 기준은 TOC 상한 값 4 mg/L에 25%의 위험률을 계산하여 5 mg/L로 기준을 정하였다. TOC 시행에 따른 경과조치로 2005년 4월 1일부터 실시하였으며, 2005년 3월 31일까지 종전의 유기물( $\text{KMnO}_4$  소비량)을 기준항목으로 하고 종전의 기준치를 적용하였다. 수도사업자 등 수질검사기관의 TOC 검사체제 정비기간을 고려하여 2004년 4월 1일 시점에서 TOC 검사가 가능한 수도사업자 등은 2004년 정기 또는 임시 수질검사를  $\text{KMnO}_4$  소비량 대신에 TOC를 검사하여도 되지만 검사결과가 TOC 기준치 부근의 값인 경우는  $\text{KMnO}_4$  소비량을 측정하여 기준치의 적부를 확인하도록 하였다. TOC에 관한 데이터가 축적됨에 따라 2007년 건강영향평가에 관하여 재검토하여  $\text{KMnO}_4$  소비량과의 상관관계뿐만 아니라 THM류에 대한 것도 감안하여 기준을 강화하는 것으로 결정하여, 2009년 4월 1일부터 「3 mg/L 이하」로 적용하고 있다(日本厚生労働省, 2009). 또한 일본은 환경 중에 검출되고 있는 항목이나 사용량이 많아 검출될 가능성이 높다고 판단되는 경우로 건강영향 위험에 관하여 과학적인 정보가 불충분하거나 처리기술이나 검사기술의 관점에서 실행 가능성이 낮은 경우에 수질관리목표설정항목을 설정하고 있는데 유기물항목을  $\text{KMnO}_4$  소비량으로 3 mg/L로 정하고 있다.

**Table 2.** Drinking water standard and related guideline

(unit : mg/L)

Country	Standard	KMnO <sub>4</sub> demand	TOC
Korea	Standard	10	-
Japan	Standard	-	5
	Guideline	3	-
France	Références	5 mg/L O <sub>2</sub>	2
EU	Directive (indicator parameter)	5.0 mg/L O <sub>2</sub> <sup>1)</sup>	No abnormal change <sup>2)</sup>
Canada	Aesthetic objective	-	5 (as DOC) <sup>3)</sup>

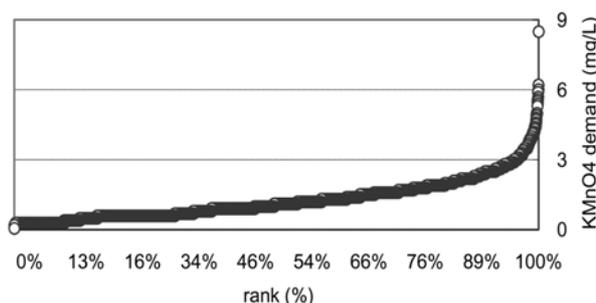
1) This parameter need not to be measured if the parameter TOC is analysed  
 2) This parameter need not to be measured for supplies of less than 10,000 m<sup>3</sup>/day  
 3) Government of Ontario

캐나다의 먹는물 수질기준은 “The Guidelines for Canadian Drinking Water Quality(5th edition)”에 92종이 규정되어 WHO의 Consumers Guideline Value와 유사한 성격을 갖는다. 연방정부는 수질가이드라인을 정하지만 모든 지자체(province)가 이를 따르도록 요구하지 않으며, 지자체가 수질항목과 시험방법 등의 기준과 필요사항을 정하고 있다. 온타리오주의 경우를 보면 수질기준은 미생물학적 특성, 화학적 특성, 물리적 특성, 방사능 특성, 심미적 특성으로 구분되며 심미적 특성은 심미적 목표(aesthetic objective, AO)와 기능적 가이드라인(operational guidelines, OG)으로 나누어져 있다. 유기물항목은 AO 항목으로 TOC가 아닌 용존성유기탄소(DOC)로 그 기준은 5 mg/L로 정하고 있다.

프랑스는 먹는물에 관한 법령(89-3)에 규제적 기준(limites de quality) 32개 항목과 참고기준(références de quality) 25개 항목을 정하고 있는데 유기물 기준은 참고기준에 TOC와 KMnO<sub>4</sub>소비량을 각각 2 mg/L, 5 mg/L로 정하고 있다.

**3.2. 먹는물 중 KMnO<sub>4</sub>소비량 농도분포**

2007년 민관합동 정수장(714개), 수도꼭지(3,254개), 마을상수도(670개) 수질조사(환경부, 2007a) 결과 중 KMnO<sub>4</sub>소비량의 평균농도 및 농도범위는 Table 3과 같다. 정수의 KMnO<sub>4</sub>소비량 농도는 0.2~5.9 mg/L이며, 평균 농도는 1.3 mg/L로 나타났다. 이 중 97% 범위의 KMnO<sub>4</sub>소비량은 3.8 mg/L이며, 95% 범위에 있는 KMnO<sub>4</sub>소비량 농도는 3.2 mg/L로 먹는물 수질기준(10 mg/L)의 32% 수준을 보였다. 수도꼭지의 KMnO<sub>4</sub>소비량의 농도는 0.2~6.2 mg/L로 나타나 최대농도는 다소 증가하였으나, 평균 농도는 1.3 mg/L로 정수의 농도와 유사하게 나타났다. 95% 수준의 농도는 2.9 mg/L이고 먹는물 수질기준의 29% 수준(Fig. 1)이다. 전용, 소규모, 마을상수도를 종합한 마을상수도의 KMnO<sub>4</sub>소비량 농도는 0.2~8.5 mg/L, 평균농도는 1.1 mg/L로 95% 수준의 농도는 2.7 mg/L이다. 전체 KMnO<sub>4</sub>소비량의 평균농



**Fig. 1.** The percentage rank of KMnO<sub>4</sub> demand in 4,638 drinking water samples.

도는 1.3 mg/L이고 95% 수준 농도는 2.9 mg/L로 먹는물 수질기준의 29% 수준으로 조사되었다.

시·도별 농도분포에서 Fig. 2와 같이 대부분 정수의 평균농도는 2 mg/L 이내에 있으나 대규모 정수장이 많은 대도시 정수장의 정수는 KMnO<sub>4</sub>소비량의 농도 편차가 작은 반면에 중·소규모의 정수장이 많은 시·도에서 KMnO<sub>4</sub>소비량 농도 편차가 크게 나타나고 있다.

**3.3. KMnO<sub>4</sub> 소비량과 TOC의 상관분석**

전국 12개 주요 정수장에서 6월과 8월에 채취한 원수와 정수의 KMnO<sub>4</sub>소비량과 TOC와의 상관관계로부터 상관계수 및 농도비를 구한 결과는 Table 4와 같다. 원수와 정수에서 KMnO<sub>4</sub>소비량 평균농도는 각각 8.1 mg/L, 2.4 mg/L이며, TOC 평균농도는 각각 2.00 mg/L, 1.15 mg/L로 나타났다. 원수와 정수에서 KMnO<sub>4</sub>소비량과 TOC와의 상관계수는 모두 비슷한 0.8이고, 정수에서 KMnO<sub>4</sub>소비량이 TOC보다 약 2배 정도 높은 것으로 조사되었다. 원수에서 두 항목의 상관성은 6월과 8월에 각각 0.70, 0.92이고 그 비(KMnO<sub>4</sub>소비량/TOC)도 3.74와 4.85로 6월보다 8월에 상관성과 비가 증가했다. 정수에서 두 항목의 상관계수는 6월

**Table 3.** Average concentration of KMnO<sub>4</sub> demand for drinking water ('07)

(unit : mg/L)

Content	Average (min~max)	Median	Sample No.	Conc. of 95% rank	Conc. of 97% rank
Finished water	1.3 (0.2~5.9)	1.1	714	3.2	3.8
Tap water	1.3 (0.2~6.2)	1.1	3,253	2.9	3.3
Finished water from small facilities	1.1 (0.2~8.5)	1.8	670	2.7	2.9
Average	1.3 (0.2~8.5)	1.1	4,638	2.9	3.4

※ Reference : <http://www.waternow.go.kr>

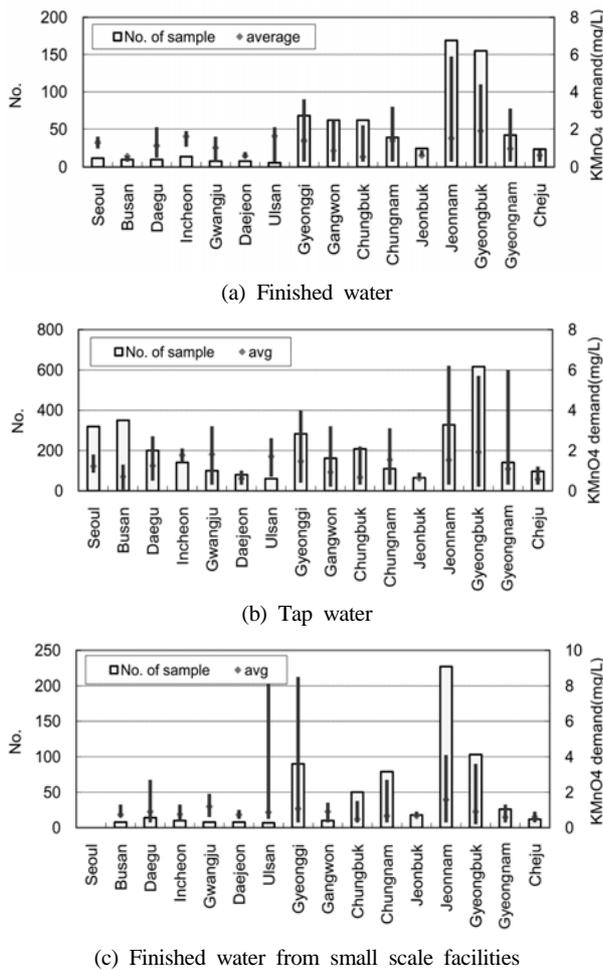


Fig. 2. Variation of KMnO<sub>4</sub> demand in drinking water by administrative districts.

과 8월에 각각 0.77, 0.87이고 비는 2.02에서 2.19였다. 시기별로 원수와 정수에서 상관계수는 다르나 정수에서 이들 항목의 비는 시기에 상관없이 유사하게 나타났다.

한강을 상수원수로 사용하는 7개 정수장에서 원수와 정수를 년 5회 채취하여 원수와 정수의 KMnO<sub>4</sub>소비량과 TOC, DOC 농도 및 이들 상관관계를 구한 결과는 Table 5와 같다. 원수와 정수에서 KMnO<sub>4</sub>소비량은 각각 5.9 mg/L, 1.5 mg/L, TOC는 각각 1.67 mg/L, 0.93 mg/L, DOC는 각각 1.35 mg/L, 0.79 mg/L로 조사되었다. 원수와 정수에서 KMnO<sub>4</sub>소비량과 TOC의 상관계수(r)는 0.46으로 동일한 값

을 보였으며, 원수 및 정수에서 KMnO<sub>4</sub>소비량과 TOC와의 비가 각각 1.77, 1.39로 나타났다. Table 4의 전국 KMnO<sub>4</sub> 소비량과 TOC의 농도와 비교하면 한강 원수와 정수는 이보다 낮은 농도였다. 참고로 유순주 등(1999)은 금강수계 하천과 대청호 호소수를 대상으로 한 COD와 TOC의 비를 1.62로 보고한 바 있다. 정수에서 KMnO<sub>4</sub>소비량은 TOC의 1.4배 정도를 차지하고 있으며 대략 이들 비는 1.1~2.3의 범위로 조사되었다. 한강 원수와 정수 중 두 항목간의 상관계수와 농도 비가 Table 4에서와 같이 전국 주요 정수장 조사결과 KMnO<sub>4</sub>소비량과 TOC의 평균상관계수, 평균 농도 비가 각각 0.8과 2.1 보다 낮은 이유는 한강 원수 특성상 유기물 함량이 낮기 때문인 것으로 판단된다. Fig. 3과 같이 시기별로 각 정수장의 정수에 대하여 이들 농도변화를 살펴보면 KMnO<sub>4</sub>소비량의 경우 농도변화가 큰 반면에 TOC는 농도변화의 폭이 크지 않은 것으로 조사되었다.

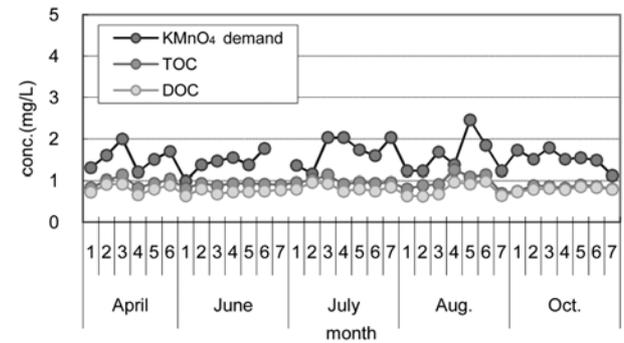


Fig. 3. Organic matter concentration of finished water in each treatment facilities.

이와 같이 전국 주요 상수원과 한강을 원수로 하는 정수장에서 원수와 정수의 상관관계에 대한 조사결과는 각기 시기와 빈도가 다르기 때문에 일정한 관계를 파악할 수 없었다. 그러나 동일한 한강수계에서 년 5회로 조사빈도를 증가했을 때 정수의 KMnO<sub>4</sub>소비량과 TOC는 기후적 요인에 따른 원수 수질영향(피산화성 물질을 포함)에 따라 상관계수와 그 비의 편차가 발생하고 있다. 따라서 우리나라 전국 정수 중 KMnO<sub>4</sub>소비량과 TOC는 수계별, 시기별로 각기 다르게 나타날 것으로 판단되며 이들 관계로부터 TOC 기준을 설정하려면 상당히 많은 자료가 축적되어야 할 것이다.

Table 4. Average seasonal concentration and correlation coefficient(r) between KMnO<sub>4</sub> demand and TOC in the major water treatment facilities ('06) (unit : mg/L)

Month	Classification	Average conc.		Coefficient relationship		
		KMnO <sub>4</sub> demand	TOC	r*	Ratio	No. of sample
June	Raw	8.0	1.90	0.70	3.74	12
	Finished	3.0	1.19	0.77	2.02	12
Aug.	Raw	8.3	2.09	0.92	4.85	10
	Finished	1.9	1.10	0.87	2.19	10
Average	Raw	8.1	2.00	0.81	4.30	22
	Finished	2.4	1.15	0.82	2.11	22

\* significance level < 0.01

**Table 5.** Average concentration and the correlation coefficients (r) between  $KMnO_4$  demand and TOC from the facilities using Han river ('07) (unit : mg/L)

Classification	Average conc.		Coefficient relationship		
	$KMnO_4$ demand	TOC DOC	r	Ratio	No. of Sample
Raw	5.9	1.67	0.46	1.77	33
		1.35	0.48	-	
Finished	1.5	0.93	0.46	1.39	33
		0.79	0.45	-	

※ significance level < 0.01

### 3.4. TOC의 먹는물 수질기준

외국에서 유기물에 대한 먹는물 수질기준을 대부분 TOC로 정하고 있고, 캐나다는 용존유기탄소(DOC)로 정하고 있다. DOC는 시료를 0.45  $\mu m$  membrane filter로 여과한 후 유기탄소로 측정된 것(AWWA, 1998)이며, Table 5와 같이 한강수계에서 TOC 중 DOC의 비율은 평균적으로 원수 81%, 정수 84%로 나타났다. 정수처리공정에서 응집은 용존 유기물질을 제거하기보다 미립자 등 부유성 유기물을 제거하도록 설계 및 운영이 이루어지고 있고 DOC는 대부분 분자량이 0.1  $\mu m$  이하의 것들로 완전히 제거하는 것은 어렵다(곽중훈, 1998). 따라서 아직까지 일반 응집공정에서는 용존 유기물을 대상으로 하지 않으므로 TOC를 먹는물 수질기준으로 정하는 것이 타당할 것으로 사료된다.

현재 정수에서 TOC를 법적으로 모니터링하고 있지 않기 때문에 TOC 농도 수준을 전국적으로 파악할 수 없어 이번 조사에서 몇 개 정수장에 대하여 실시한 TOC와  $KMnO_4$  소비량과의 상관분석을 하였다. 상관분석 결과 유기물 농도 수준에 따라  $KMnO_4$  소비량과 총유기탄소의 상관성이 일정한 경향을 보이고 있지 않으므로 단순히 비율로 환산하여 TOC 기준을 설정하는 것은 어려운 것으로 판단되었다. 본 조사를 통하여  $KMnO_4$  소비량과 TOC 농도분포에 따라 두 가지 방법으로 TOC 기준을 산정하였다.

첫 번째는 먹는물 수질기준에서 정하고 있는  $KMnO_4$  소비량 기준과 실제 검출되고 있는  $KMnO_4$  소비량 농도수준을 고려하여 TOC 기준을 설정하는 방법이다. 여기서는  $KMnO_4$  소비량 농도수준을 평균농도 또는 최대농도가 아닌 95% 수준의 농도로 정하는 것으로 가정하였다. 2007년도 전국 먹는물 4,638개의 시료 중  $KMnO_4$  소비량 농도의 95%에 해당되는 농도는 2.9 mg/L로 먹는물 수질기준 10 mg/L의 약 29%에 해당된다. 따라서 한강수계 정수의 TOC 농도범위는 0.70~1.25 mg/L로 이 중 95%에 해당하는 농도는 1.13 mg/L였다. 실제  $KMnO_4$  소비량의 검출 수준이 먹는물수질기준의 29% 해당하는 것을 고려하여 검출되는 TOC 농도에 29%로 나누면 TOC 수질기준이 3.9 mg/L로 산출된다.

두 번째는 실측된 2007년  $KMnO_4$  소비량의 최대 농도를 기준으로 상관계수가 높고 통계적으로 유의성이 있는 비율을 적용하여 TOC 기준을 산정하는 방법이다.  $KMnO_4$  소비량 최대농도 8.5 mg/L(먹는물 수질기준의 85%)를 Table 4에서와 같이 TOC와  $KMnO_4$  소비량과의 비 2.1를 적용하면 TOC의

최대농도는 4.0 mg/L가 된다. 여기에 먹는물 수질기준 85% 수준을 고려하면 TOC 농도는 4.7 mg/L로 산정된다.

이와 같이 먹는물 수질기준으로 현재 검출되는  $KMnO_4$  소비량 농도를 고려하여 TOC 기준을 설정한다면 4~5 mg/L 범위 내에서 정하는 것이 타당할 것으로 판단되나 앞서 설명한 바와 같이 일본의 경우 2007년 건강영향평가에 관하여 TOC 수질기준 5 mg/L에서 THM류 원인 등이 재검토되어 「3 mg/L 이하」로 강화하고 있어 국내 정수에 대한 TOC 농도를 확대 조사하여 이를 반영할 필요가 있다.

이를 위해서 TOC를 먹는물 수질기준 또는 관련 기준에 적용하기 위한 방법을 제안하면 다음과 같다.  $KMnO_4$  소비량에서 TOC로 대체하는 방안과 일본과 같이 두 가지 항목을 일정 기간 동안 적용한 후에  $KMnO_4$  소비량을 폐지하는 방안, 그리고  $KMnO_4$  소비량을 그대로 기준에 존치시키고 먹는물수질감시항목에 TOC를 추가하여 모니터링 한 후 향후 변경여부를 검토하는 방안이 있다. 전자의 두 가지 방안에는 TOC의 먹는물 수질기준이 결정되어야 한다. 그간 대부분 대규모 정수장에서는 운영을 위하여 TOC를 측정하고 있기 때문에 자료의 축적은 상당 부분되어 있을 것으로 생각된다. 따라서 이와 같은 제안을 토대로 그간의 데이터를 비교 분석한다면 보다 광범위하고 과학적인 수질 기준을 도출할 수 있을 것이라고 판단한다.

## 4. 결론

먹는물 수질기준에 TOC 적용 타당성 및 기준치를 제안하고자 먹는물에서  $KMnO_4$  소비량의 검출 범위와 원수에서 수돗물까지 TOC와  $KMnO_4$  소비량의 농도를 조사하여 이들 관계를 분석한 결과는 다음과 같다.

전체 4,638개 정수, 가정용 수도, 마을상수도에서  $KMnO_4$  소비량의 평균농도는 1.3 mg/L이고 전체 중 95% 수준의 농도는 2.9 mg/L로 먹는물 수질기준(10 mg/L)의 29% 수준으로 조사되었다.

12개 전국 주요 정수장에서  $KMnO_4$  소비량 평균농도는 원수 8.1 mg/L, 정수 2.4 mg/L이며, TOC는 원수가 2.00 mg/L, 정수는 1.15 mg/L였다.  $KMnO_4$  소비량과 TOC와의 상관계수(r)는 원수와 정수 모두 비슷한 0.8이고 정수에서  $KMnO_4$  소비량이 TOC의 약 2배 정도로 조사되었다.

한강을 상수원수로 사용하는 6개 정수장  $KMnO_4$  소비량 평균농도는 원수 5.9 mg/L, 정수 1.5 mg/L이고 TOC는 원수가 1.67 mg/L, 정수는 0.93 mg/L였다. 이들 상관계수(r)는 0.46으로 동일한 값을 보였으며, 정수에서  $KMnO_4$  소비량과 TOC와의 비가 1.39로 나타났다.

이와 같이 TOC와  $KMnO_4$  소비량과의 상관계수 및 비는 우리나라의 기후 및 상수원수 특성에 따라 일정하지 않기 때문에 단순히 비율로 환산하여 TOC 기준을 설정하는 것은 어려운 것으로 판단된다. 그러나 본 조사를 통하여 축적된  $KMnO_4$  소비량을 토대로 TOC 검출 범위를 적용하거나  $KMnO_4$  소비량과 TOC와의 상관성이 양호하게 나타난 비율을 적용하여 TOC 기준을 산정하여 보면 4~5 mg/L에

서 정하는 것이 타당할 것으로 판단되나 소독부산물 등의 발생과 관련한 안전성을 확보하기 위하여 국내 정수에 대한 TOC 농도를 확대 조사하여 이를 반영할 필요가 있다. 이를 위하여 TOC를 먹는물 수질기준 또는 관련 기준에 적용하기 위한 방법을 제안하였다.

### 참고문헌

- 곽종훈(1998). 물리·화학적 수처리 원리와 응용, 지샘.
- 유순주, 하성룡, 황종연, 김창수(2003). 금강수계에서 소독부산물 생성에 미치는 유기물 특성. 수질보전 한국물환경학회지, **19**(6), pp. 707-713.
- 유순주, 황종연, 윤영삼, 천세억, 한의정(1999). 하천·호소의 유기물 지표 평가. 환경영향평가학회지, **8**(1), pp. 81-92.
- 정영미, 권지향, 이상협(2007). 한강원수 자연유기물의 특성 분석 및 강화응집 기준 평가. 상하수도학회지, **21**(6), pp. 653-661.
- 환경부(2006a). 수질오염공정시험기준.
- 환경부(2006b). 먹는물수질공정시험방법.
- 환경부(2007). <http://www.waternow.go.kr/>.
- 日本厚生労働省(2009). <http://mhlw.go.jp/>.
- AWWA (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20, APHA, Washington, D.C.
- Canada (2003). Technical support document for ontario drinking water standards, objectives and guidelines, PIBS 4449e01, <http://www.odwac.gov.on.ca/>.
- EU (1998). COUNCIL DIRECTIVE 98/83/EC, Official Journal of the European Communities EN L330/32.
- France (2008). Qualité de l'eau et de l'assainissement en France, <http://assemblee-nationale.fr/>.
- New York City Department of Environmental Protection(2008). New York City 2007 Drinking water supply and quality report, <http://www.nyc.gov/dep/>.
- USEPA(2007). *Simultaneous compliance guidance manual for the long term 2 and stage 2 DPB rules*. EPA 815-R-07-017.