

## 왕숙천 유입에 따른 한강본류의 천연유기물질과 염소소독부산물 생성능 변화

박 현<sup>†</sup> · 김창모 · 장현성 · 김현숙 · 박창민 · 유명진\*

서울특별시 상수도연구소 · \*서울시립대학교 환경공학과

(2006년 3월 22일 접수, 2006년 10월 4일 채택)

### Effect of Wangsuk Stream on NOM and Chlorinated DBPFPs in Han River Water

Hyeon Park<sup>†</sup> · Chang-Mo Kim · Hyun-Seong Chang · Hyun-Suk Kim · Chang-Min Park · Myong-Jin Yu\*

Waterworks Research Institute, Seoul Metropolitan Government · \*Department of Environmental Engineering, University of Seoul

**ABSTRACT :** The main purposes of this study were to compare the characteristics of fractionated natural organic matters(NOM) from Han River water and Wangsuk(W) stream water, and to investigate the relationships between NOM and the formation of disinfection by products (DBPs). Three types of resin such as XAD-4, XAD-7HP and IRC-50 were used to isolate the water samples into three organic fractions. The DOC concentrations of raw waters were relatively low(1.5~3.3 mg/L) at all seasons. The hydrophilic was the major constituent, contributing 44~63% of the total NOM and hydrophobic 21~33%, transphilic 16~31%, respectively. The formation of trihalomethans(THMs) was highly influenced by particulated NOM especially in the rainy season, whereas haloaceticacid forming potentials(HAAPFs) depended more on the hydrophilic fraction of dissolved NOM which is known to be difficult to be removed through conventional processes. The NOM of W stream was characterized as 15% hydrophobic, 9% transphilic, and 76% hydrophilic. In the fractionation of NOM using resins, 20~40% of the NOM in W tributary water could not be clearly isolated, whereas, 85% of the NOM in the raw water was recovered. Although the DOC concentration of tributary water was higher than the raw waters from the Han River, the DBPFPs was approximately 40% of the raw waters. In DBPFPs aspect, W stream has less effect than Han River water itself. Bromide in tributary waters discharged from waste water treatment plants has been found to shift the distribution of THMs and HANs to the more brominated DBPs.

**Key Words :** Tributary Stream, NOM, DOC, DBPFPs

**요약 :** 한강본류 상수원수 중 상류에 위치한 KB 원수와 하류에 위치한 GU 취수 원수의 천연유기물질을 XAD-4, XAD-7HP 및 IRC-50 등 세 가지 수지를 이용하여 분리하였고, 15종의 소독부산물 생성능(DBPFPs)을 살펴보았으며, KB, GU 원수 사이에 유입되고 있는 지천인 왕숙천의 천연유기물질을 파악함으로써 한강본류에 미치는 영향을 고찰하였다. 한강본류 원수의 TOC는 1.5~3.3 mg/L, SUVA는 2 L/mg·m<sup>-1</sup> 이하로 나타나 유기물 총량은 낮은 수준이었고, NOM의 특성은 소수성 21~33%, 친수성 44~63%, 반친수성 16~31%으로 친수성 유기물질 분율이 높은 것으로 나타났다. NOM에 의한 DBPFPs를 살펴본 결과, 입자성 유기물질에서는 THMs 생성능이 높게 나타났으나, 용존성 유기물질에서는 HAAPFs이 높게 나타났다. 한편, 홍수기에는 THMFPs가 높게 나타나 계절·온도·강수 조건에 따라 NOM이 다른 특성을 나타내었다. 50~90%가 생활하수 처리장 방류수로 구성되어 있는 왕숙천의 경우, TOC는 2.9~7.5 mg/L이고, NOM은 소수성 15%, 친수성 76%, 반친수성 9%의 분포를 나타내 친수성이 강한 유기물 구성특성을 가지고 있었다. 원수의 NOM 분획 회수율이 85% 정도인 반면, 지천은 회수율이 60~80%로 낮게 분획되어 수지에 의한 흡·탈착이 어려운 unfractionated NOM이 많이 함유되어 있는 것으로 나타났다. 지천 유입수의 DBPFPs는 HAAs 60%, THMs 27%, HANs 9%, CH 4%로 나타났으며, 이를 원수와 비교할 때 할로아세토니트릴계의 생성능과 브롬화 소독부산물의 생성이 높게 나타났다. 지천 유입수의 경우 DOC는 한강 본류 원수에 비해 높게 나타난 반면, DBPFPs는 원수의 40% 수준으로 낮게 나타나 소독부산물 생성 측면에서 볼 때, 하류에 위치한 취수 원수에 미치는 영향은 미미한 것으로 판단되었다.

**주제어 :** 팔당댐하류 지천, 천연유기물질, 용존유기물질, 소독부산물생성능

## 1. 서론

천연유기물질(NOM; natural organic matters)은 모든 자연수에 존재하는 물질이며, 수용성 NOM의 대부분은 휴믹물질

로서<sup>1)</sup> 맛·냄새를 유발하거나 정수처리공정에서 응집제요구량을 증가시킨다. 전염소처리나 염소소독 과정에서 소독부산물(DBPs; disinfection by-products)을 형성할 뿐만 아니라 정수 중에 잔존하여 배급수계통에서 미생물 증식을 촉진하기 때문에, NOM의 제거는 정수처리공정에서 가장 중요한 목표라 할 수 있다.<sup>2)</sup>

NOM은 여러 물리적, 화학적 특성을 나타내는 물질의 혼합체로서 휴믹물질과 비휴믹물질로 분리되며, 이 중 소수성

<sup>†</sup> Corresponding author  
E-mail: parkhyeon@seoul.go.kr  
Tel: 02-2049-1060

Fax: 02-2049-1112

이 강하고 분자크기가 큰 휴믹물질은 휴믹산과 펠빅산으로 나뉘어진다. 최근에는 NOM의 분획이 점점 세분화되어 9종 까지도 가능하나,<sup>3)</sup> 아직까지는 주로 소수성, 친수성 및 반친수성 유기물질로 분획하여 그 특성을 파악하고 있다.<sup>4,5)</sup>

NOM은 지형·지질·강우 등 여러 영향을 받기 때문에 각 상수원마다 특성이 매우 다르게 나타날 수 있고, 소독부산물의 생성물질(DBPFPs; disinfection by-products formation potentials)이기 때문에 정수처리과정에서 제어되어야 하는 중요한 물질이다. 그러나, 수계별 원수에 대한 지형적·계절적인 조건에 따른 NOM 특성에 대한 조사연구가 아직까지 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 한강본류의 상수원수에 대하여, 지형적 인자, 계절적 영향 및 일반적인 수질인자의 영향을 고려하여 NOM과 DBPFPs의 특성을 고찰하고자 하였다. 그리고, 한강본류에 유입되는 지점에서의 물과 지천에 유입되는 하수처리장 방류수에 대한 NOM 특성을 파악하여 지천이 한강본류에 미치는 영향을 파악하였다.

## 2. 실험방법

### 2.1. XAD 수지에 의한 NOM 분획

NOM의 흡착 및 추출과정은 Standard Methods 5510C XAD Method<sup>6)</sup>와 여러 문헌에 제시된 방법<sup>7)</sup>에 준하여 칼럼(separatory funnel, glass, cylindrical with PTFE(polytetrafluoroethylene) stopcock, filtered disc, ID 300 mm, L 60 cm)을 분리가 용이하도록 장치를 고안, 제작하여 사용하였다.

장치에 의한 영향을 최소화하기 위하여 PTFE tubing diaphragm pump와 연결된 부분을 제외하고 나머지 모든 칼럼은 유기물 용출이 없는 teflon tube로 연결시켰다.<sup>7)</sup>

XAD 수지를 사용하여 NOM을 분획하기 전에 수지의 유기물을 제거하기 위하여 여러 단계로 세척하였다. 유리제 칼럼에 수지를 충전하고 0.5 N NaOH, methanol, acetonitrile, methanol 순서로 세척한 후, 0.1 N NaOH, 0.1 N HCl로 수지 5 bed volume이상이 되도록 충분한 양의 용매를 사용하여 연속적으로 세정하였으며 모든 용매 사이에는 증류수로 세척하면서 유기물의 함량변화를 살펴보고 세정이 끝난 수지에 대하여는 UVA 220 nm에서 흡광도가 없을 때까지 증류수로 제거하여 최종 유출수의 UVA 220 nm가 0.000 cm<sup>-1</sup> 이 될 때까지 반복하여 세정하였다.

각 시료 10 L를 0.45 µm membrane 여과지로 여과한 후 phosphoric acid(H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)를 사용하여 pH 약 2로 강산성이 되지 않도록 주의하여 조절한 다음 XAD-7HP 수지가 충전된 유리제 흡착칼럼에 약 10 mL/min 유속으로 통과시켰다.

Fig. 1과 같은 분획과정으로 전 시료가 2~3회 순환되어 회수율이 90% 이상이 되도록 3일간 순환시켰다.<sup>3,8)</sup> 유출수는 다시 XAD-4 수지에서 흡착 분리시켜 친수성 NOM(transphilic + hydrophilic fraction)으로 분획하였다. 흡착 완료된 후 1 L의 0.1 N NaOH 용액을 칼럼으로 유입시킨 후 용리시켜 수집한 후 용리된 NOM은 IRC-50 양이온교환수지에 통과시켜 용리액 중 Na<sup>+</sup>를 H<sup>+</sup>로 전환시켜 정제하였고 XAD-7HP 수

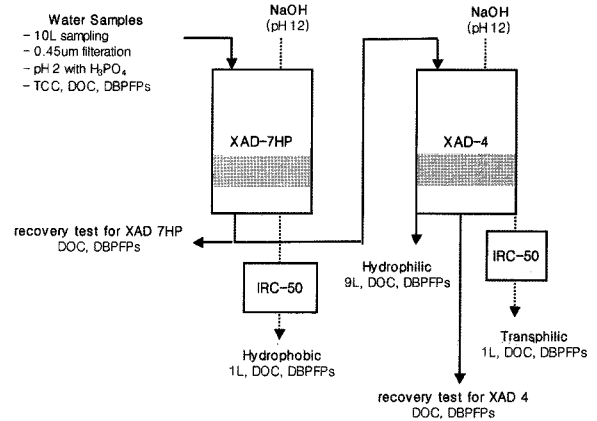


Fig. 1. Hydrophobic, hydrophilic and transphilic NOM fractionation procedures.

지에 흡착된 부분을 소수성(hydrophobic, PHO)으로, XAD-4 수지에 흡착된 부분을 반친수성(transphilic, TRANS)으로 구분하였으며, XAD-7HP와 XAD-4를 모두 통과한 유출수를 친수성(hydrophilic, PHI) NOM으로 구분하였다.

각 분획된 NOM에 대하여 UVA(ultra violet absorption), DOC(dissolved organic carbon) 등 유기물 항목과 DBPFPs를 측정하였다.

### 2.2. 유기물 측정

1 cm 석영 cell을 사용하여 HP 8453 UV/VIS Spectrometer 기기로 Standard Method 5910B 분석법에 따라 UVA를 측정하였다.

TOC(total organic carbon)와 DOC는 Standard Method 5310 C(Persulfate-Ultraviolet) oxidation method에 준하여 TOC 측정기기(Total Organic Carbon Analyzer, Sievers 820)를 사용하였으며, 시료를 0.45 µm filter로 여과하여 DOC를 측정하였다.

### 2.3. DBPFPs 분석

소독부산물은 THMs(trihalomethanes) 4개 항목, HAAs(haloacetic acids) 6개 항목, HANs(haloacetonitriles) 4개 항목, CH(chloral hydrate) 등 총 15개 항목에 대하여 생성능을 측정하였다. THMs는 USEPA 524.2, HANs과 CH는 USEPA 551.1, HAAs는 USEPA 552.2에서 규정한 방법에 준하여 측정하였다.

각 DBPFPs는 Standard Method 5710법에 따라 TOC 농도를 측정하고 유기물량과 염소의 반응을 충분히 고려하여 각각의 시료에 염소를 주입한 후, 7일 후의 잔류염소 농도가 1.5~2.0 mg/L가 되도록 20°C incubator에서 7일 동안 반응<sup>6)</sup>시킨 후 측정하였다.

분석은 THMs는 Purge & Trap으로 전처리하여 HP 5890 series GC/HP 5972 series MS로 분석하였다. HANs와 CH는 Varian Star 3600CX GC/ECD를 사용하였으며, HAAs는 HP 5890 II GC/ECD와 Varian CP-3800 GC/ECD를 사용하여 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 한강 본류 및 유입지천의 수질

한강 수계의 강북(KB), 구의(GU) 취수장 원수 및 유입지천인 왕숙천(YS)의 연간 대표 수질은 Table 1과 같다. Fig. 2에서와 같이 팔당댐과 잠실수중보 사이에서 한강수계로 유입되는 지천은 총 8개가 있는데, 총량은 일일 19만~33만 m<sup>3</sup>로 추정되며, 그 중 본 연구대상인 왕숙천은 일일 평균 28만 m<sup>3</sup>로 총 지천 유량의 90% 정도를 차지하고 있다.<sup>9)</sup> 왕숙천은 상류의 하수처리장 방류수 5만m<sup>3</sup>이 자연 하천수와 합류되어 유하하다가, 구리시 하수처리장에서 방류되는 17만m<sup>3</sup>과 합류되며 하천이지만 하수처리장 방류수가 지천 수질에 영향을 미치고 있다.

KB, GU 원수의 TOC 농도는 Table 1에서와 같이 KB 원수가 2.07 mg/L(1.52~2.99 mg/L), GU 원수가 2.30 mg/L(1.54~3.32 mg/L)로 여름철 고탁도 홍수에 유역에서의 강우 유입에 따라 TOC가 낮아질 때 이외에는 전반적으로 GU 원수가 연중 높게 나타나고 있다.

#### 3.2. 한강본류 및 유입지천의 NOM 특성

한강본류 KB, GU 원수의 NOM을 분획한 결과, XAD-7HP 수지에 의한 소수성 유기물질의 분획은 회수율 75~110%, XAD-4 수지에 의한 반친수성과 친수성 유기물질의 회수율은 75~90%를 나타냈으며, 총 NOM/DOC는 70~100%로 평균 85%의 회수율을 나타내었다.

Table 1. Water qualities of raw and tributary waters<sup>9)</sup>

Parameters	KB		GU		YS	
	average	range	average	range	average	range
Water Temp. (°C)	12.9	0.4~23.9	12.9	0.2~23.7	17.6	7.8~28.0
pH	7.9	7.0~8.7	7.9	7.1~9.0	7.4	7.1~7.6
Turb. (NTU)	5.1	2.0~138	4.1	2.1~154	-	-
NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	0.071	0.005~0.257	0.231	0.028~0.757	9.9	2.4~20.7
BOD (mg/L)	1.5	0.7~2.7	1.8	0.9~3.4	13.0	6.6~33.0
TOC(mg/L)	2.07	1.52~2.99	2.30	1.54~3.32	7.6	3.50~14.0

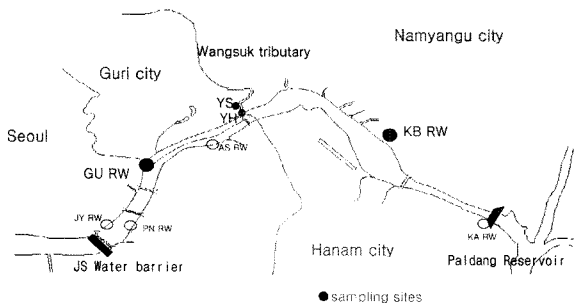


Fig. 2. Sampling sites of the Han River.

Table 2. Characteristics of raw water from the Han River

RW	contents season	Temp	Turbidity	TOC	DOC	UVA <sub>254</sub>	SUVA	Particle counts
		(°C)	(NTU)	(mg/L)	(mg/L)	(cm <sup>-1</sup> )	(L/mg · m <sup>-1</sup> )	(Count/mL)
KB	fall* '04.10	17.6	4.0	1.81	1.77	0.029	1.64	10,189
	winter '05.01	1.9	1.4	1.65	1.46	0.029	1.97	1,251
	spring '05.04	12.2	3.3	2.55	2.07	0.039	1.88	974
	summer '05.07	20.5	44	2.95	2.44	0.074	3.03	9,458
GU	fall* '04.09	22.4	7.6	1.76	1.70	0.030	1.76	13,490
	winter '05.01	0.9	2.5	1.80	1.60	0.025	1.55	4,649
	spring '05.04	13.4	3.5	2.97	2.44	0.036	1.48	3,081
	summer '05.07	20.4	32	3.19	1.84	0.047	2.55	2,451

\* Prechlorinated raw water

#### 3.2.1. 한강수계 원수의 NOM 특성

연구기간 중인 2004~2005년 사이 두 원수의 계절별 유기물질에 대한 수질 측정결과는 Table 2와 같이 봄·가을이나 겨울철보다 여름철에 높게 나타났으며 SUVA(specific ultra violet absorption)도 DOC와 동일한 경향을 보여 여름에 3.03, 2.55 L/mg · m<sup>-1</sup>로 겨울철 1.97, 1.55 L/mg · m<sup>-1</sup>보다 높게 나타났는데, 이는 강우 특성에 기인하는 것으로 판단된다. 하천수의 경우에는 늦여름 홍수 초기에는 DOC가 높게 올라가는데 이는 초기 강우에 의하여 다량의 유기물질이 유입되었기 때문일 것으로 판단된다.

KB 원수와 GU 원수를 대상으로 NOM 특성을 파악해 본 결과, Fig. 3에서와 같이 계절별로 차이는 있지만 소수성 유기물질은 KB 원수 24~30%, GU 원수 21~33%로 나타난 반면, 친수성 유기물질이 44~58%, 46~63%, 반친수성 유기물질이 18~31%, 16~27%로 나타나 정수처리공정에서 제거가 쉬운 소수성 유기물질 보다는, 친수성 유기물질이 높게 존재하였고, DOC의 농도가 2 mg/L 정도로 낮아 처리공정에서 제거되기 어려운 유기물의 특성을 나타내었다.

#### 3.2.2. 지천의 NOM 특성

2004년 1월~2005년 8월까지 왕숙천(YS)의 수질은 Table 1 및 Fig. 4에서와 같이 BOD 10.2 mg/L(6.6~15.6 mg/L), COD 8.9 mg/L(3.9~13.7 mg/L) 및 TOC 5.5 mg/L(2.9~7.5 mg/L)로 나타났으며, 2004년 5월 이후에 비교적 안정적인 수질을 보이고 있다. 이는 상류에 하수처리장 건설과 관련하여 수질이 향상되었으며, 고른 수질을 보이는 이유는 하수처리장 방류수가 주 흐름을 이루고 있기 때문인 것으로 판단된다. Fig. 4에서 보여주듯이 TOC는 BOD나 COD와 농도 경향이 유사하게 나타났다. 여름철에는 강우의 영향으로 유량이 상승하

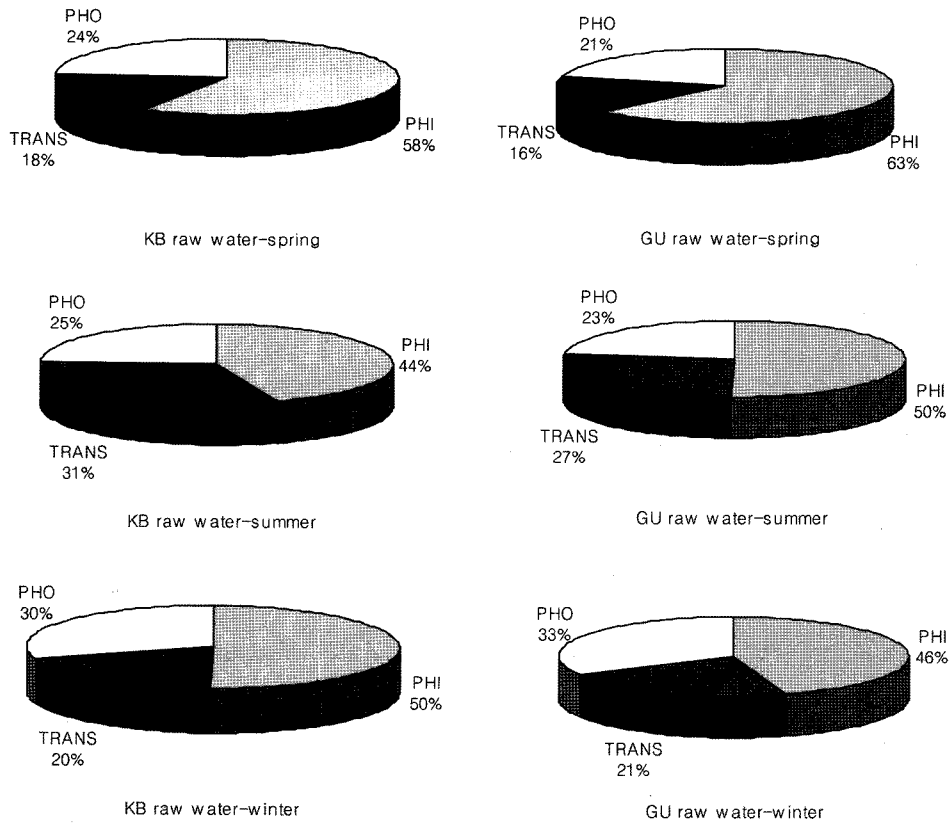


Fig. 3. Seasonal NOM fractions in KB and GU raw water.

면서 상대적으로 낮은 TOC 값을 나타내었고 동절기와 봄 · 가을에는 년 중 고른 분포를 나타냈다.

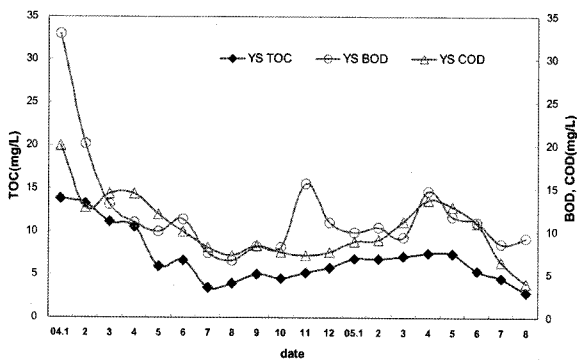


Fig. 4. Variation of TOC, BOD, and COD in the tributary water.

Fig. 5는 하수처리장 방류수 유출지점(YS 지점)의 NOM 분석 결과로서 봄의 경우 친수성 유기물질이 76%로서 유기물질의 대부분을 차지하며, 반친수성 유기물질 9%, 소수성 유기물질이 15%를 차지하고 있었다. 지천이 한강으로 합류되는 지점(YH 지점)에서의 성분도 YS 지점의 성분과 비교할 때, 뚜렷한 차이가 나타나지 않고 있어 지천의 흐름이 한강에 합류되더라도 즉시 확산되지 않고 본류에 서서히 합류됨을 보여주었다.

3.2.3. 유입지천이 한강 원수에 미치는 영향

지천의 경우 원수에 비하여 총유기물질의 농도가 높고, 친수성분의 함유량이 75%를 차지하여 하류 원수에 영향을 미칠 것으로 보인다. 그러나, Fig. 6에서와 같이 YS, YH 지점의 DOC는 높지만, 유입지천이 본류에 미치는 영향은 거의 없어 GU 원수가 KB 원수에 비해 미미한 상승을 보였다. 이

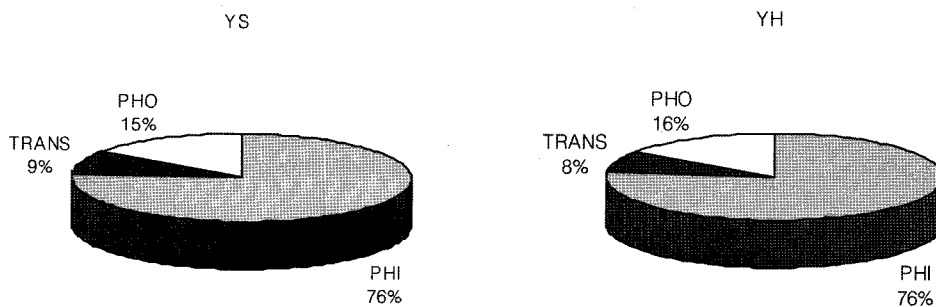


Fig. 5. NOM fractions for the tributary water and confluence water into the Han River.

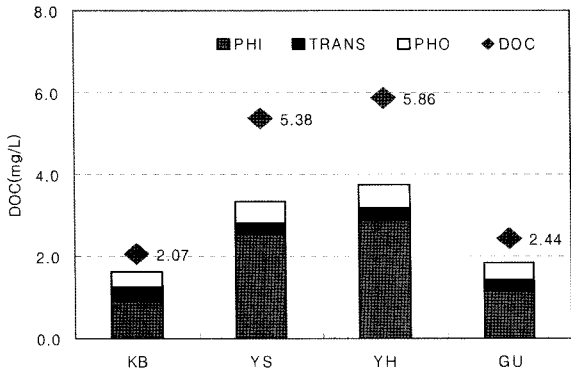


Fig. 6. NOM fractions as DOC concentration in raw and tributary waters.

는 YH에서 GU 원수까지의 거리와 유입되는 유량이 2.5%로 작기 때문인 것으로 판단된다.

원수에서는 NOM 분획의 회수율이 85% 정도인 반면 Fig. 6에서와 같이 지천에서는 회수율이 60~80%를 나타내어, 친수성 유기물질이나 소수성 유기물질을 구분하는 XAD 수지에 흡·탈착되지 않는 unfractionated NOM이 하천수인 원수에 비해 많이 함유되어 있는 것으로 나타나 이에 의한 영향의 정도가 더 파악되어야 할 것으로 보인다.

### 3.3. 상수원수의 DBPs 생성 특성

#### 3.3.1. 한강본류 원수의 DBPs 생성 특성

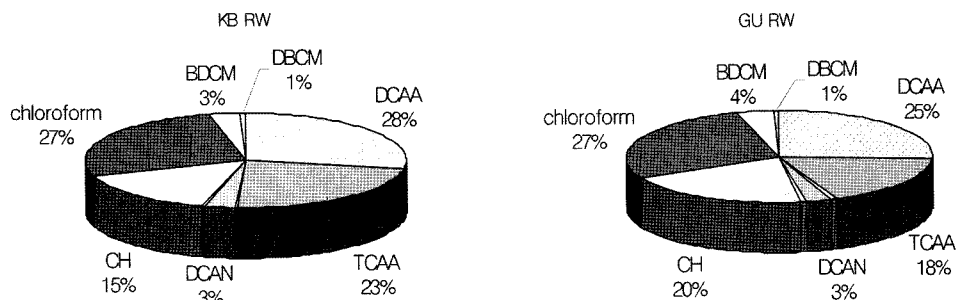


Fig. 7. DBPFPs for KB and GU raw water.

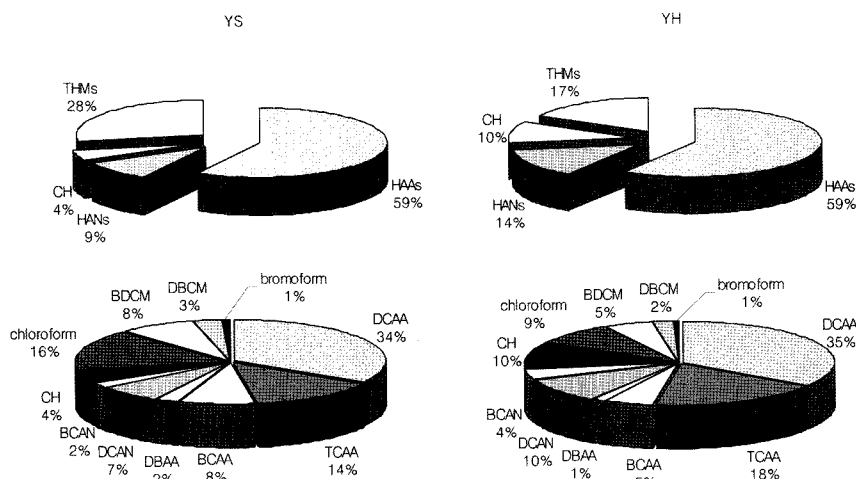


Fig. 8. DBPFPs for tributary water.

한강본류 두 원수의 DBPs 생성능은 Fig. 7에서와 같이 HAAFPs > THMFPs > CHFP > HANFPs 순으로 나타났으며, 용존성 NOM의 DBPFPs는 HAAFPs가 53~55%, THMFPs 28~31%, CHFP, HANFPs 순으로 나타났다.

DBPFPs는 15종의 소독부산물 가운데 THMFPs는 chloroform, DCBM, DBCM 3종이 생성되었으며, HAAFPs는 DCAA와 TCAA 2종이, HANFPs로는 DCAN이 생성되었으며, CH도 생성되었다.

#### 3.3.2. 지천 하천수의 DBPs 생성 특성

한강본류에 유입되는 지천인 YS 지점과 합류지점인 YH 지점에서의 총 DBPFPs는 각각 113, 109 µg/L로 본류의 원수 265 µg/L에 비해 40% 수준으로 낮게 나타나 TOC가 높은 것과는 상반된 결과를 보였으며, Fig. 8에서와 같이 YS의 생성능은 HAAs 60%, THMs 27%, HANs 9%, CH 4%를 나타내었고, YH의 경우에는 HAAs 58%, THMs 19%, HANs 17%, CH 6%의 생성능을 보였다.

일반적으로 THMs의 비율이 chloroform 80%, BDCM 20%로 염소화된 THMFPs이 높는데 반해, 지천 시료의 경우에는 chloroform 50%, BDCM이 50%로 생성되어 브롬계열의 THMFPs가 높게 나타났다.

브롬계열이 포함된 HAAs의 생성능이 BCBA, DBAA와 BDCM, DBCM이 YS 지점에서 20%, YH 지점에서 13%를 차지하여 하수처리장 방류수에 브롬화 소독부산물들이 더 높게

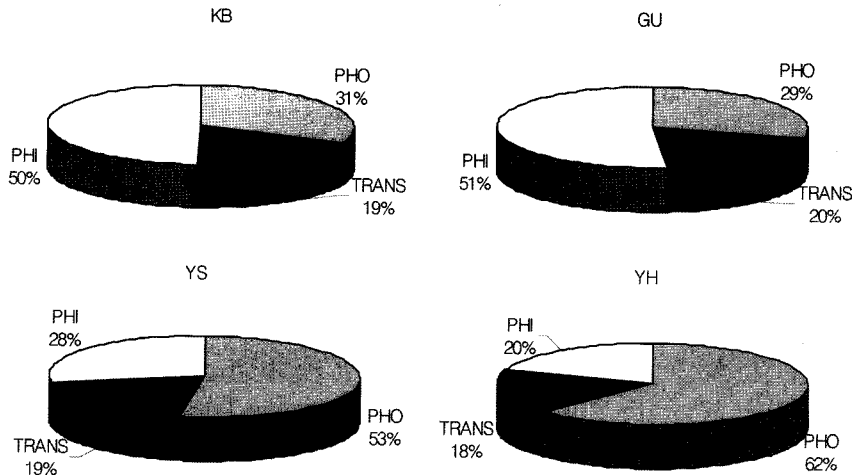


Fig. 9. NOM fractions of DBPFs for raw and tributary waters.

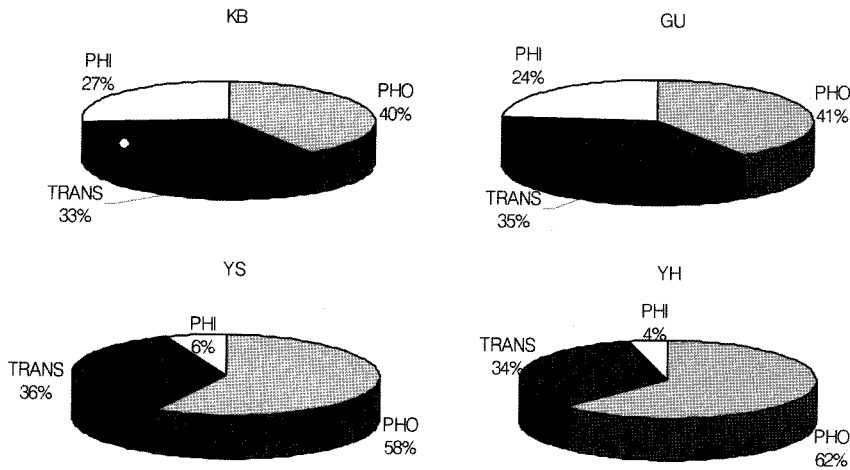


Fig. 10. NOM fractions of DBPFs/DOC for raw and tributary waters.

생성될 가능성이 있어 생활하수나 하수처리장 방류수가 유입되는 하천수에서는 브롬계열의 소독부산물 생성을 고려하여야 할 것으로 보인다.

### 3.3.3. 지천 유입에 의한 원수의 DBPs 생성 영향

지천의 NOM에 대해 성분별 DBPFs를 고찰하여 본류에 미치는 영향을 살펴보면, 원수의 NOM 경향과는 달리 지천의 경우에는 Fig. 9에서와 같이 DBPFs는 친수성 보다는 소수성에서 높게, Fig. 8에서와 같이 HAAFPs 농도가 THMFs보다 높게 나타났다.

한편, 유입지천의 위치에 따른 단위 DOC에 대한 DBPFs는 Fig. 10에서 보여주듯이 소수성 60%, 반친수성 35%, 친수성 5% 정도로 나타나 총 DOC의 DBPFs와는 다른 형태를 보여 친수성은 유기탄소의 함량이 높아 단위 DOC에 대한 DBPFs는 상대적으로 낮게 나타났다. 소수성 성분은 DOC가 낮게 존재한 반면 단위 DOC에 대한 DBPs 전구물질로 높게 작용하는 것으로 나타났다.

기존의 연구결과에서도 폐수처리장 처리수의 경우 비휴믹

물질인 친수성 유기물질은 휴믹물질인 소수성 유기물질과 비교하여 높은 DOC 농도를 나타낸 것으로 보고된 바 있어 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 그러나, Fig. 11, 12에서와 같이 소수성 DOC는 친수성 DOC와 비교하여 THMs 생성(평균 36 과 8.6  $\mu\text{g}$  THMFs/mg DOC)은 높게 나타났다.

산업폐수의 용존유기물질은 친수성으로서 DOC와 THMFs가 높게 나타나지만, 소수성과 비교하면 상대적으로 DOC 농도가 높기 때문에, THMFs/DOC는 친수성 보다 소수성이 더 높게 나타나 하천수인 원수와는 다른 경향을 보였으며, 이는 하수처리장 방류수의 유기물 특성을 보고한 연구<sup>10)</sup>와 유사한 결과를 나타내었다. 지천 YS에서는 소수성에서 35, 친수성 4  $\mu\text{g}$  THMFs/mg DOC를 나타냈으며, HAAFPs는 소수성 83, 친수성 8  $\mu\text{g}$ /mg DOC로 단위 DOC에 의한 소독부산물 생성능은 소수성에서 높게 나타났다.

따라서, 본 지천과 같이 하수처리장 방류수가 지천 유량의 대부분을 차지하는 경우, DOC 농도는 높게 나타나지만, 소독부산물 생성능은 낮게 나타나 하류 원수의 소독부산물 생성에 미치는 영향은 미미한 것으로 나타났다.

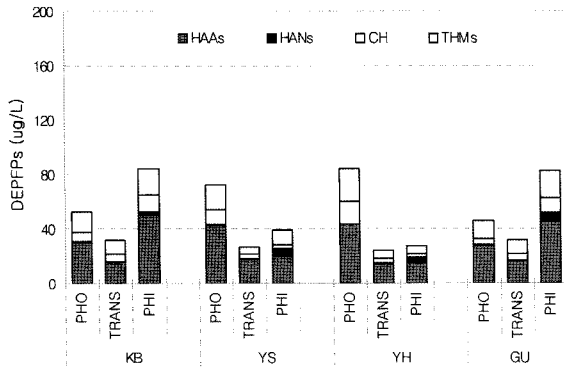


Fig. 11. DBPFPs for NOM fractions in raw and tributary waters.

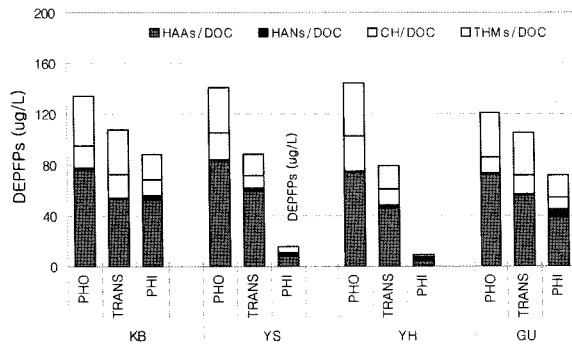


Fig. 12. DBPFPs/DOC for NOM fractions in raw and tributary waters.

#### 4. 결론

한강분류 상·하류 두 지점의 상수원수와 그 사이에 유입되는 지천인 왕숙천의 NOM과 DBPs 생성 관계를 조사하여 지천이 한강분류 원수에 미치는 영향을 살펴본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

한강분류 원수는 SUVA 값이 2 L/mg·m<sup>-1</sup> 이하로 비교적 유기물질 함량이 낮은 원수 특성을 가져 유기물질을 제어하기 위한 고도응집 등의 정수처리기술이 필요하지 않는 양호한 수질을 가지고 있으나, 유기물질의 구성이 소수성 21~33%, 친수성 44~63%, 반친수성 16~31%로 친수성 유기물질이 대부분을 차지하여 기존정수처리공정으로는 제거가 어려운 특성을 지니고 있다.

NOM에 의한 DBPs 생성을 살펴본 결과, 입자성 유기물질인 경우와 용수기인 경우에는 THMFPs가 높지만, 용존성 유기물질에서는 HAAs가 주 생성물질이며 특히 저분자 유기물질에서 HAAs의 생성이 높음을 볼 때, 정수처리에서 HAAs 제거에 초점을 맞추어야 할 것으로 판단된다.

한강분류로 유입되는 지천의 NOM은 친수성이 강한 성향을 띄고 있으며, 수지에 의한 흡·탈착이 어려운 NOM이 20~40%로 많이 함유되어 있어 분획되지 않은 물질의 특성

및 소독부산물 생성에 미치는 영향에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

지천의 경우 비록 하천수이지만 하수처리장 처리수의 유입이 많아 한강 본류 원수와는 달리 할로아세토니트릴계와 브롬화 소독부산물의 생성이 높게 나타나, 유입 이후 하류 지점 원수의 소독부산물 생성에 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단되나, 본류에 유입되는 물량이 적고 하류에 위치한 취수지점과의 거리에 의해 취수원수에는 영향을 거의 미치지 않는 것을 확인 할 수 있었다.

#### 참고문헌

- Nissinen, T. K., Miettinen, I. T., Martikainen, P. J., and Vartiainen, T., "Molecular size distribution of natural organic matter in raw and drinking waters," *Chemosphere*, **45**(6~7), 865~873(2001).
- Kastl, G., Sathasivan, A., Fisher, I., and Leeuwen, V. J., "Modeling DOC removal by enhanced coagulation," *J. of AWWA*, **96**(2), 79~89(2004).
- Chang, C. N., Ma, Y. S., Fang, G. C., and Zing, F. F., "Characterization and isolation of natural organic matter from a eutrophic reservoir," *J. of Water Supply: Research and Technology-AQUA*, **49**(5), 269~280(2000).
- 오희경, 김현철, 구윤희, 유명진, 박현, 장현성, "정수장에서 NOM 특성화 및 소독부산물 생성능 평가," 대한환경공학회지, **25**(10), 1242~1257(2003).
- Chow, C. W. K., Fabris, R., and Drikas, M., "A rapid fractionation technique to characterise natural organic matter for the optimisation of water treatment processes," *J. of Water Supply: Research and Technology-AQUA*, **53**(2), 85~92(2004).
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Ed, APHA, AWWA, WEF(1998).
- Esteves, V. I., Cordeiro, N., Duarte, A. da C., Variation on the adsorption efficiency of humic substances from estuarine waters using XAD resins, *Marine Chemistry*, **51**, 61~66(1995).
- Thurman, E. M. and Malcolm, R. L., "Preparative isolation of aquatic humic substances," *Environ. Sci. Technol.*, **15**(4), 463~466(1981).
- 서울특별시상수도연구소, 2003년도 수질조사분석보고서 (2004).
- Galapate, R. P., Baes, A. U., Ito, K., Iwase, K., and Okada, M., "Trihalomethanes formation potential prediction using some chemical functional groups and bulk parameters," *Water Res.*, **33**(11), 2555~2560(1999).