

GC/MS를 이용한 수질환경시료 중 personal care products의 분석

이인정★ · 이철구 · 허성남 · 이재관

국립환경과학원 낙동강물환경연구소
(2010. 9. 3. 접수, 2010. 10. 8. 승인)

Determination of personal care products in aquatic environmental samples by GC/MS

Injung Lee, Chulgu Lee, Seongnam Heo and Jaegwan Lee

*Nakdong River Environment Research Center, National Institute of Environmental Research
Pyeong-Ri, Dasan-Myun, Goryoung-Gun, Gyeonbuk 717-873, Korea*

(Received September 3, 2010; Accepted October 8, 2010)

요 약: 항균제 및 자외선 차단물질, 유기인계 난연제 등과 같은 personal care products는 개인이 일상생활에서 광범위하게 사용하는 비누, 화장품, 치약 등에 포함된 합성유기화합물로 하·폐수 처리시설에서 완벽하게 제거되지 않고 생활하수에 포함된 상당수의 양이 환경 중으로 배출되고 있다. 외국사례의 경우 하천, 해양, 토양, 저질, 생물상 등 다양한 환경매체에서 검출되고 있으며, 잔류성·생물농축성이 있어 지속적으로 노출시 생태계 및 인간의 건강에 심각한 영향을 끼칠 우려가 있다. 본 연구에서는 수질환경시료 중 15종의 personal care products를 액-액추출하여 GC/MS로 분석하였으며, 방법검출한계는 0.004~0.273 µg/L의 범위를 나타내었다. 하천수에서는 TCEP, TCPP 등 2종이 검출되었으며, 하수처리장 시료에서는 triclosan, 4-MBC, EHMC, BP-3, TCEP, TPP, TBEP 등 7종이 검출되었다.

Abstract: Personal care products are a diverse group of synthetic organic chemicals such as antimicrobial compounds, UV filters and organo-phosphate flame retardants and derived from individual usages of soaps, toothpaste and cosmetics. It has been detected in municipal sewage effluent and various environmental samples such as surface water, marine, soil, sediment and aquatic biota in many countries. The occurrence of personal care products in environmental samples could negatively impact the health of the ecosystem and humans, due to persistent, long-term chronic exposure of aquatic organisms. In this study, fifteen personal care products in aquatic environmental samples were determined by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) with liquid-liquid extraction (LLE). Method detection limits were in the range of 0.004~0.273 µg/L. Two compounds (TCEP, TCPP) were detected in surface waters and seven compounds (triclosan, 4-MBC, EHMC, BP-3, TCEP, TPP, TBEP) were detected in sewage treatment plants (STP) influents or effluents.

Key words: personal care products, GC/MS, aquatic environmental samples

★ Corresponding author

Phone : +82-(0)54-950-9721 Fax : +82-(0)54-950-9725

E-mail : ijlee@me.go.kr

1. 서 론

최근 들어 분석기술이 발전하면서 감출한계를 낮춰 미량까지 검출할 수 있게 됨에 따라 환경 중에 존재하고 있었지만 그동안 알려지지 않았거나, 존재할 것으로 의심되는 다양한 신종유해물질들에 대한 관심이 증가하고 있다. 항균제, 자외선차단물질 및 유기인계 난연제 등은 개인이 일상생활에서 광범위하게 사용하는 비누, 화장품, 치약, 세제 등에 포함된 합성유기화합물로 의약품질, 합성머스크화합물 등과 함께 PPCP (Pharmaceuticals and Personal Care Products)의 범주에 속한다. 이들 화합물은 샤워, 목욕, 세탁, 청소 등의 활동을 통해 생활하수에 포함되어 배출되며 하·폐수 처리시설에서 완벽하게 제거되지 않고 수환경으로 유입된다. 이들 중 일부 물질은 수생태계에 독성을 나타내거나 내분비계 장애물질로 의심되고 있으며, 환경 중에 비록 낮은 농도로 존재하지만 지용성으로 생물체 내에 축적될 가능성이 커 지속적으로 노출시 생태계 및 인간의 건강에 악영향을 끼칠 우려가 있다.^{1,2}

Triclosan은 여드름 전용크림, 향균비누, 치약, 구강청정제, 세제 및 속옷, 스포츠 의류, 주방용 스펀지나 도마 등 다양한 생활용품에 널리 사용되고 있는 항균제로 주로 생활하수에 포함되어 수환경으로 유입되고 있으며, 최근 위해성 논란의 대상이 되고 있다. 또한 triclosan의 유도체인 methyl triclosan은 triclosan의 대사산물로 triclosan보다 지용성이 크며 환경에 잔류성이 더 강하다. 이러한 화합물들은 수생 생물체에 독성을 나타내고 미생물의 저항성을 증가시켜 내성을 가진 세균의 출현 및 내분비계 교란물질로 작용할 수 있으며, 하폐수처리과정에서 염소와 반응하여 chloroform을 생성하거나 광반응에 의해 페놀이나 다이옥신으로 전환될 수 있기 때문에 하폐수처리과정 및 수환경으로의 유입에 주목할 필요가 있다.^{3,4}

자외선 차단물질은 선크림이나 립스틱, 스킨로션, 헤어 스프레이, 염색약, 샴푸 등 화장품류 및 페인트, 잉크, 타이어, 섬유 등 다양한 제품에 포함되어 있다. 자외선 차단물질은 피부의 자외선 노출의 위험성에 대해 인식이 커짐에 따라 그 사용량이 증가하고 있으며, 최근 자외선 차단범위나 자외선 차단지수(SPFs)를 높이기 위해 제품 내 자외선 차단물질의 함량을 높이고 여러 가지 자외선차단물질을 혼합하여 사용하기도 한다. 자외선 차단물질의 사용량이 증가하면

서 환경에 미치는 영향에 대한 우려가 증가하기 시작하였다. 피부에 바른 자외선 차단제는 야외에서의 수영 등과 같은 레크레이션 활동을 통하여 피부에서 씻겨나가 지표수로 직접 유입되거나, 가정에서의 샤워, 목욕 또는 수건, 옷 등의 세탁을 통해 생활하수에 포함되어 하수처리시설에 유입, 처리된 후 지표수로 간접 유입되기도 한다. 사용되는 자외선 차단물질의 양이 일상생활에서 사용하는 비누, 세제 등에 포함된 다른 화학물질에 비해 적다고 할지라도 지표수로 직접 유입의 가능성 때문에 환경적인 중요성이 크다고 할 수 있으며, 일부 자외선 차단물질은 내분비계장애 효과를 나타내는 것으로 알려져 있다.^{5,6}

건물에서 화재가 발생하였을 경우 플라스틱, 나무, 카펫, 벽지와 같은 물질은 연료로 작용할 수 있다. 따라서 화재를 방지하고, 또 화재가 발생하였을 경우 대피할 수 있는 시간을 늘리기 위해 난연제(flame retardants, 방염제라고도 함)를 제품에 첨가하여 연소 과정을 억제하거나 방해한다. 난연제는 전기전자제품, 가구, 커튼, 카펫 등 다양한 생활용품에 사용되고 있는데, 이러한 화합물은 일반적으로 화학적인 결합이 아니라 혼합물의 형태로 섞어서 제품에 사용하기 때문에 제품에서 계속해서 용출되어 대기 중으로 날라 나오거나 물에 용해되어 나오게 되며, 플라스틱 폐기물이 버려진 쓰레기 매립장의 침출수에서 이러한 물질들이 고농도로 검출되기도 한다. 브롬화 난연제(polybrominated flame retardants)와 함께 유기인계 난연제가 일반적으로 사용되고 있다.⁷

다양한 환경매체에서 여러 종류의 personal care products를 분석하기 위해서는 방해물질의 제거와 농축을 위해서 액-액추출(liquid-liquid extraction), SPE (solid phase extraction), SPME (solid phase microextraction) 등 다양한 전처리 방법을 이용하며, 질량분석기(MS)나 텐덤질량분석기(MS/MS) 등의 검출기와 결합된 기체크로마토그래피(GC) 또는 액체크로마토그래피(LC)를 이용하여 정성 및 정량 분석한다.^{1,2,8}

1990년대 이후 유럽연합 및 미국에서 personal care products에 대해 활발히 조사를 수행한 결과 하천, 해양, 토양, 저질, 생물상 등 다양한 환경매체에서 검출되었으며, 일부 물질들을 우선조사대상물질에 포함시켜 관리하고 있으나 우리나라에서는 아직까지 이에 대한 조사나 관리가 거의 이루어지지 않고 있다.^{8,9} 이러한 물질들은 적절히 사용될 경우 인체에 대한 안정성은 어느 정도 확보되어 있지만 잔류성, 생물농축성이 있어 지속적으로 노출시 생태계 및 인간 건강에

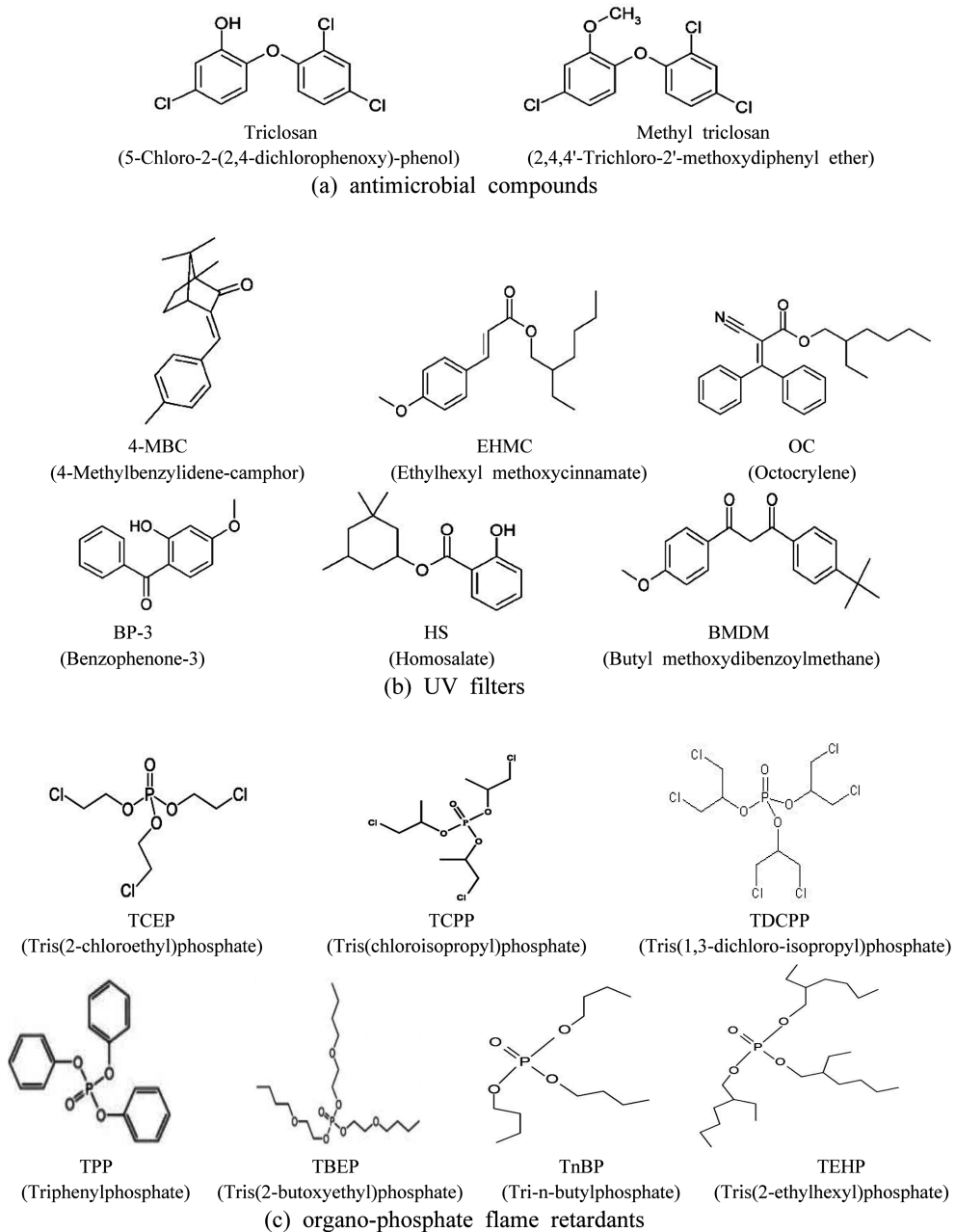


Fig. 1. The chemical structures of the investigated personal care products; (a) antimicrobial compounds, (b) UV filters and (c) organo-phosphate flame retardants.

영향을 끼칠 우려가 있으며, 세계적으로 경제수준이 높아감에 따라 소비가 더욱 늘어나는 추세에 있어 관심을 가지고 주목할 필요가 있다.

본 연구에서는 triclosan 및 자외선 차단물질, 유기인계 난연제 등 다양한 종류의 personal care products를

동시에 분석할 수 있는 분석방법을 확립하고, 낙동강 수계의 하천수 및 대규모 하수처리장을 중심으로 오염실태를 파악하여 하수처리시설에서의 처리방안 검토 및 유해물질 관리를 위한 기초 자료로 제공하고자 한다.

2. 실험방법

2.1. 시약 및 기구

용매는 Merck사(Darmstadt, Germany)의 잔류농약 분석용 시약 및 J. T. Baker(NJ, USA)사의 HPLC 등급 시약을 이용하였으며, 내부표준물질(internal standard, IS)을 포함한 각종 표준물질은 Dr. Ehrenstorfer사(Augsburg, Germany)와 AccuStandard사(CT, USA)의 고순도 시약 및 표준용액을 희석하여 사용하였다. 증류수는 Milli-Q system을 통과한 3차 증류수를 이용하였다. 실험에 사용하는 모든 유리 기구는 사용하기 전에 노말헥산으로 세척한 후 180 °C에서 2시간 이상 건조시킨 후 사용하였으며, 시료의 농축을 위해 Zymark사의 TurboVap LV 질소농축기를 사용하였다.

2.2. 시료채취

낙동강 수계 하천수 20개 지점과 6개 하수처리장 유입·방류수 시료에 대하여 '09년 4월부터 10월까지 3차에 걸쳐 조사하였다. 하천수 조사지점은 환경부 수질측정망 운영지점¹⁰ 중 낙동강 및 금호강 주요지점 16개 지점과 남강 1, 2, 수영강 4, 5 지점 등 총 20개 지점을 대상으로 조사하였으며, 하수처리장은 수역에 영향을 많이 미치는 낙동강 유역의 대규모 하

수처리장 6군데를 선정하여 유입수와 방류수를 각각 채취하여 조사하였다. 시료용기는 공인된 1 L 유리병(ESS)에 기포가 생기지 않도록 헤드 스페이스 없이 시료를 채취하였다. 시료는 분석하기 전까지 4 °C 이하를 유지하며, 유기용매의 오염이 없는 냉암소에 보관하여 채취일로부터 2 주 이내에 분석하였다. 시료 채취절차, 시료채취장치, 현장상태, 시료운송과정 동안 시료의 오염이나 손실을 파악하기 위하여 증류수에 대체표준물질(surrogate)를 넣어 현장바탕시료(field blank)를 준비하고 현장이중시료(field duplicate)를 채취하였다.

2.3. 시료 전처리

시료 100 mL를 분액깔때기에 취하고 내부표준물질(Fluoranthene-D10)을 가한 다음 노말헥산-디클로로메탄(50:50) 용액 10 mL를 넣고 10분간 세계 흔들어서 추출한다. 이와 같은 과정을 2 회 반복한 뒤 유기용매층을 무수황산나트륨에 통과시켜 시험관에 옮기고, 질소농축기를 이용하여 100 µL까지 농축하였다.

2.4. GC/MS 분석

기체크로마토그래프/질량분석기(GC/MS)는 Agilent Technologies사(USA)의 7890A GC와 5975C MSD를 사용하였다. 컬럼은 HP5-MS (60 m × 0.25 mm × 0.25 µm)를 사용하였으며, 운반기체는 순도 99.999% He를 사용하였고, 유속은 1.0 mL/min로 일정하게 유지하였다. 시료는 splitless mode로 주입하였으며, 주입구 온도는 250 °C, 컬럼 오븐온도는 60 °C에서 2분 동안 유지시킨 후 10 °C/min으로 승온시켜 200 °C에서 10분 동안 유지시킨 후 다시 10 °C/min으로 승온시켜 280 °C에서 12분 동안 유지시켜 분석하였다. scan 분석과 SIM (selected ion monitoring) 분석이 동시에 이루어지도록 하여 scan모드에서 각 물질의 질량스펙트럼을 확인한 다음 SIM모드로 정량분석 하였다. 정량분석에 사용한 SIM이온으로는 triclosan (m/z 288, 290), methyl triclosan (m/z 302, 304), 4-MBC (m/z 254, 239), EHMC (m/z 161, 290), OC (m/z 360, 249), BP-3 (m/z 227, 228), HS (m/z 138, 120), B-MDM (m/z 310, 295), TCEP (m/z 249, 251), TCPP (m/z 277, 279), TDCPP (m/z 381, 379), TPP (m/z 325, 326), TBEP (m/z 199, 129), TnBP (m/z 155, 211), TEHP (m/z 113, 112)을 사용하였으며, 내부표준물질로는 fluoranthene d10 (m/z 212)을 사용하였다.

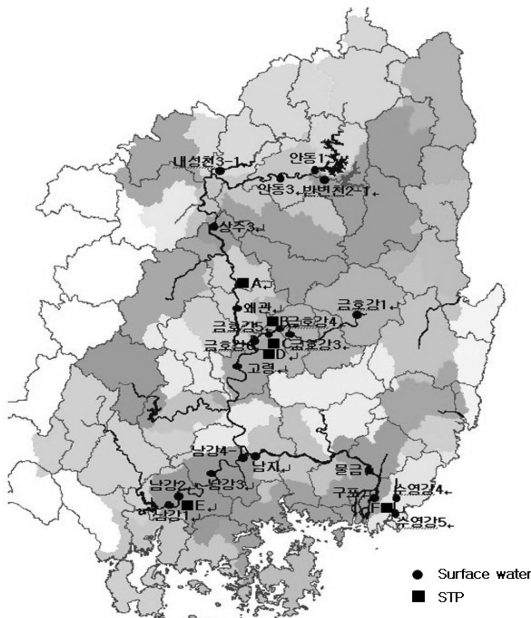


Fig. 2. The description of surface water and STP sampling sites in the Nakdong River basin.

3. 결과 및 고찰

3.1. Quality assurance and quality control

정제수에 적당한 농도범위가 되도록 표준물질을 첨가한 5개의 시료를 준비하여 전처리 과정을 거친 후 GC/MS로 분석하여 각 성분들의 면적을 내부표준물질의 면적 비로 나타내어 검정곡선을 작성하였으며, 대부분의 항목에서 r^2 값이 0.99 이상의 직선성을 나타내었다. 정제수에 정량한계 부근의 농도가 되도록 표준물질을 동일하게 첨가한 7개 시료를 전처리

한 후 분석하여 표준편차에 3.14를 곱한 값을 방법검출한계로, 10을 곱한 값을 정량한계로 계산한 결과, 방법검출한계 0.004~0.273 $\mu\text{g/L}$, 정량한계 0.013~0.871 $\mu\text{g/L}$ 의 값을 구할 수 있었다. 정제수에 정량한계 농도의 10배 정도가 되도록 동일하게 표준물질을 첨가하여 시료분석절차와 동일하게 측정하여 정밀·정확도를 조사한 결과, 정확도 87.0~107.0%, 정밀도 1.8~12.9%의 값을 나타내었다. 하천수에 각 표준물질을 1 또는 10 $\mu\text{g/L}$ 의 농도로 첨가한 후 시료분석절차와 동일하게 측정하여 회수율을 조사한 결과 80.8~111.5%의 값을

Table 1. Calibration data for personal care products

Class	Compounds	Conc. range ($\mu\text{g/L}$)	Calibration curves ($Y=aX+b$)		Linearity (r^2)
			a	b	
Antimicrobial compounds	Triclosan Methyl triclosan	2 ~ 40	0.08993	-0.07949	0.9956
		0.2 ~ 4	0.3178	-0.002421	0.9992
UV filters	4-MBC	0.2 ~ 4	0.1446	-0.003213	0.9995
	EHMC	0.2 ~ 4	0.07216	0.006222	0.9837
	OC	0.2 ~ 4	0.09787	-0.007001	0.9988
	BP-3	0.2 ~ 4	0.2137	-0.02539	0.9929
	HS	0.2 ~ 4	0.08232	-0.006417	0.9976
	B-MDM	2 ~ 40	0.01655	-0.02970	0.9832
Organo-phosphate flame retardants	TCEP	2 ~ 40	0.05004	-0.03066	0.9991
	TCPP	2 ~ 40	0.07926	-0.03227	0.9997
	TDCPP	2 ~ 40	0.05884	-0.03049	0.9996
	TPP	0.2 ~ 4	0.2744	-0.01363	0.9995
	TBEP	2 ~ 40	0.05225	-0.05316	0.9962
	TnBP	2 ~ 40	0.1621	-0.07285	0.9999
	TEHP	2 ~ 40	0.1587	-0.08305	0.9998

Table 2. Method detection limit (MDL), quantification limit (QL), accuracy, precision (n=8) and recoveries (n=6) of personal care products

Class	Compounds	MDL ($\mu\text{g/L}$)	LOQ ($\mu\text{g/L}$)	Accuracy (%)	Precision (RSD, %)	Recovery (%)
Antimicrobial compounds	Triclosan	0.043	0.138	97.5	3.9	91.2
	Methyl triclosan	0.011	0.036	100.4	5.5	96.2
UV filters	4-MBC	0.068	0.218	98.8	1.9	93.2
	EHMC	0.011	0.035	107.0	5.8	111.5
	OC	0.004	0.013	95.8	2.5	91.5
	BP-3	0.006	0.018	87.0	6.6	85.1
	HS	0.008	0.027	91.7	2.5	89.2
	B-MDM	0.273	0.871	95.4	12.9	80.8
Organo-phosphate flame retardants	TCEP	0.053	0.169	96.2	3.9	92.5
	TCPP	0.062	0.197	100.4	3.8	94.6
	TDCPP	0.035	0.111	98.0	2.2	91.9
	TPP	0.010	0.031	98.2	2.1	93.2
	TBEP	0.053	0.168	92.9	2.2	87.8
	TnBP	0.085	0.271	99.2	4.3	94.2
	TEHP	0.047	0.148	99.8	1.8	94.5

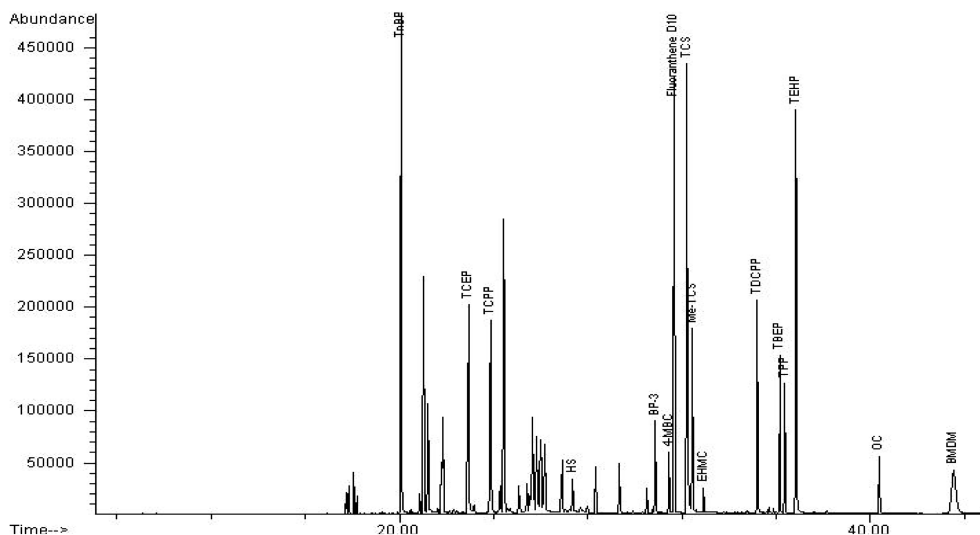


Fig. 3. GC-MS SIM chromatogram of the personal care products standards. (Chromatogram shows extra peaks for not determined compounds in this paper. That results will be included in further investigation.)

나타내었다. 방법배탕시료(method blank) 및 현장배탕시료의 분석결과 검출한계 이하로 나타났으며, 현장이중시료는 상대편차가 4.9% 이내로 낮은 오차율을 보였다.

3.2. 하천수 중 personal care products의 농도 조사

낙동강 유역의 하천수 20개 지점을 3차에 걸쳐 조사한 결과 유기인계 난연제 물질인 TCEP, TCPP 2개 물질이 1개의 시료에서 각각 2.93, 2.08 $\mu\text{g/L}$ 의 농도로 검출되었으며, triclosan, methyl triclosan, 4-MBC, EHMC, OC, BP-3, HS, B-MDM, TDCPP, TPP, TBEP, TnBP, TEHP 등은 정량한계 이하로 나타났다.

3.3. 하수처리장 유입·방류수 중 personal care products의 농도 조사

낙동강 유역의 6개 하수처리장을 3차에 걸쳐 조사한 결과, 유입수에서는 triclosan, 4-MBC, EHMC, BP-3, TCEP, TPP, TBEP 등 7개 물질이 검출되었으

며, 방류수에서는 triclosan, 4-MBC, TCEP, TBEP 등 4개 물질이 검출되었다.

Triclosan은 2009년 유행한 신종플루 등의 영향으로 개인위생에 대한 관심이 증가하면서 구강청정제나 치약, 손세정제 등의 다양한 제품에 항균제로 첨가되면서 사용량이 증가하고 있다.¹¹ 조사대상 모든 하수처리장의 유입수에서 2.33~3.10 $\mu\text{g/L}$ (median 2.64 $\mu\text{g/L}$)의 농도로 검출되었으며, 하수처리과정을 거친 방류수 시료에서는 1개의 시료에서 2.43 $\mu\text{g/L}$ 의 농도로 검출되었다. triclosan의 대사산물인 methyl triclosan은 모든 시료에서 정량한계 이하로 나타났다.

자외선 차단물질 중 국내 사용량¹¹이 많은 것으로 조사된 4-MBC (15.30 ton/year), EHMC (70.97 ton/year), BP-3 (129.85 ton/year) 등 3개 물질이 유입수 시료에서 각각 0.23~0.57 $\mu\text{g/L}$ (median 0.32 $\mu\text{g/L}$), 0.55~2.74 $\mu\text{g/L}$ (median 1.58 $\mu\text{g/L}$), 0.40~1.22 $\mu\text{g/L}$ (median 0.81 $\mu\text{g/L}$)의 농도로 52~83%의 비교적 높은 검출빈도를 나타내었으며, 하수처리과정을 거친 방류수에서는 4-MBC, 1개 물질이 0.37~0.52 $\mu\text{g/L}$ (median 0.38 $\mu\text{g/L}$)의

Table 3. Concentrations of personal care products in surface waters ($\mu\text{g/L}$)

Class	Compounds	$N_{\text{detected}}/N_{\text{total}}$	Frequency (%)	Concentration (Median)
Organo-phosphate	TCEP	1/60	2	2.93
flame retardants	TCPP	1/60	2	2.08

* N_{detected} : number of samples detected, N_{total} : total number of samples

Table 4. Concentrations of personal care products in STP influents/effluents ($\mu\text{g/L}$)

Class	Compounds	Influents			Effluents		
		$N_{\text{detected}}/N_{\text{total}}$	Frequency (%)	Concentration (Median)	$N_{\text{detected}}/N_{\text{total}}$	Frequency (%)	Concentration (Median)
Antimicrobial compounds	Triclosan	23/23	100	2.33~3.10 (2.64)	1/20	5	2.43
	4-MBC	15/23	65	0.23~0.57 (0.32)	3/20	15	0.37~0.52 (0.38)
UV filters	EHMC	12/23	52	0.55~2.74 (1.58)	0/20	0	-
	BP-3	19/23	83	0.40~1.22 (0.81)	0/20	0	-
Organo-phosphate flame retardants	TCEP	13/23	57	2.88~4.19 (3.11)	4/20	20	2.88~3.12 (3.04)
	TPP	6/23	26	0.20~0.22 (0.22)	0/20	0	-
	TBEP	21/23	91	3.01~17.20 (4.62)	4/20	20	2.83~3.47 (3.10)

* N_{detected} : number of samples detected, N_{total} : total number of samples

농도로 일부시료에서 검출되었다(검출빈도 15%).

유기인계 난연제 물질들 중 일부는 대량생산화학물질(HPV)에 속하며, 2006년 화학물질 유통량 조사¹¹에서 대부분 사용량이 많은 것으로 조사되었다(TCEP 295.89, TCPP 1367.47, TDCPP 3.00, TPP 2701.48, TBEP 190.71, TnBP 32.34, TEHP 30.77 ton/year). 조사대상 유기인계 난연제 물질 중에서 TCEP, TPP, TBEP 등 3개 물질이 유입수 시료에서 검출되었는데, TCEP는 2.88~4.19 $\mu\text{g/L}$ (median 3.11 $\mu\text{g/L}$)의 농도로 57%의 검출빈도를 나타내었으며, TBEP는 3.01~17.20 $\mu\text{g/L}$ (median 4.62 $\mu\text{g/L}$)의 농도로 91%의 검출빈도를 나타내는 등 비교적 높은 검출빈도를 나타내었다. TPP는 0.20~0.22 $\mu\text{g/L}$ (median 0.22 $\mu\text{g/L}$)의 농도로 일부 유입수 시료에서 검출되었으며, 검출빈도는 26%로 나타났다. 방류수에서는 TCEP, TBEP 2개 물질이 20%의 검출빈도로 각각 2.88~3.12 $\mu\text{g/L}$ (median 3.04 $\mu\text{g/L}$), 2.83~3.47 $\mu\text{g/L}$ (median 3.10 $\mu\text{g/L}$)의 농도로 검출되었다.

4. 결 론

항균제 및 자외선 차단물질, 유기인계 난연제 등 15개 personal care products를 액액추출법으로 전처리 한 후 GC/MS로 동시에 분석하였으며, 방법검출한계는 0.004~0.273 $\mu\text{g/L}$ 이었다. 낙동강 유역 하천수 20개 지점과 6개 하수처리장 유입·방류수를 조사한

결과 하천수에서는 TCEP, TCPP 등 2종이 검출되었으며, 하수처리장 시료에서는 triclosan 4-MBC, EHMC, BP-3, TCEP, TPP, TBEP 등 7종이 검출되었다.

Triclosan은 환경 중에 미량으로 존재하고, 인체 및 포유류에 대해서는 독성이 낮은 화합물로 분류되지만 미생물의 내성을 키우고 또 처리, 분해과정을 통해 독성이 강한 페놀류나 다이옥신을 생성한다는 점에서 주목할 필요가 있다.

최근 개인위생에 대한 관심이 증가하고, 경제수준이 높아짐에 따라 항균제 및 자외선 차단물질, 유기인계 난연제를 비롯한 personal care products의 사용량이 늘어나는 추세에 있으므로 이러한 물질들의 환경 중 거동 및 생태계에 미치는 영향 등에 대해 관심을 갖고 주목하여야 할 것이다.

참고문헌

1. A. M. Peck, *Anal. Bioanal. Chem.*, **386**, 907-939(2006).
2. M. C. Pietrogrande and G. Basaglia, *Trends Anal. Chem.*, **26**, 1086-1094(2007).
3. K. Bester, *Water Res.*, **37**, 3891-3896(2003).
4. T. Okumura and Y. Nishikawa, *Anal. Chim. Acta*, **325**, 175-184(1996).
5. T. Poiger, H. R. Buser, M. E. Balmer, P. A. Bergqvist and M. D. Muller, *Chemosphere*, **55**, 951-963(2004).
6. D. L. Giokas, V. A. Sakkas and T. A. Albanis, *J. Chro-*

- matogr. A*, **1026**, 289-293(2004).
7. J. Andresen, A. Grundmann and K. Bester, *Sci. Total Environ.*, **332**, 155-166(2004).
 8. K. Bester, 'Personal care compounds in the environment', Wiley-VCH, Weinheim, Germany, 2007.
 9. S. D. Kim, J. Cho, I. S. Kim, B. J. Vanderford and S. A. Snyder, *Water Res.*, **41**, 1013-1021(2007).
 10. 환경부, '수질측정 망운영계획', 2009.
 11. 환경부, '제3차 화학물질 유통량조사', 2006.