

## 가정용 고무호스에서의 유해화학물질 용출

# Harmful Chemicals Migrating from Plastic Hoses Using Household into Tap Water

배석문 · 손희중\*<sup>†</sup> · 정현철 · 최진택 · 빈재훈

Seok-Mun Bae · Hee-Jong Son\*<sup>†</sup> · Hyun-Chul Jeong · Jin-Taek Choi · Jae-Hoon Bin

부산광역시 상수도사업본부 수질연구소 · \*부산광역시 상수도사업본부

Water Quality Institute, Busan Water Authority · \*Busan Water Authority

(2010년 6월 28일 접수, 2010년 9월 30일 채택)

**Abstract :** Polyvinyl chloride (PVC) hoses, polyethylene hose and silicone hose for tap water were tested with respect to migration of phenolic compounds to water. The highest concentrations (0.36~1.97 mg/L) of total phenolic compounds were observed in the test water from PVC hoses. Increasing residual Cl concentration from 0 to 0.5 mg/L or increasing water temperature from 4 to 25 °C increased 3~3.2 times and 100~104 times for migrated total phenolic compounds concentrations, in respectively. A major migrating phenolic compounds from PVC hoses were bisphenol-a (BPA) and it was observed that the concentration of migrating phenolic compounds in the order: DEHP > 2-chlorophenol > 2,4,6-trichlorophenol > 2,4-dichlorophenol from PVC hoses.

**Key Words :** Plastic Hose, Harmful Chemicals, Migration, Polyvinyl Chloride (PVC), Tap Water, Residual Chlorine, Water Temperature

**요약 :** 본 연구에서는 다양한 재질의 가정용 고무호스들(PVC 재질 4종, PE 재질 1종 및 SC 재질 1종)에서의 유해화학물질 용출 특성을 조사하였다. 고무호스 재질별 페놀류 용출 실험결과, PVC 재질의 고무호스들 4종에서 체류시간 96시간 동안 0.36~1.97 mg/L의 페놀류가 용출되는 것으로 나타나 PVC 재질의 호스 호스들에서 가장 많이 용출되는 것으로 나타났다. PE 재질의 경우 PVC 재질에 비해 매우 낮은 용출농도를 나타내었으며 실리콘 재질에서는 용출이 일어나지 않았다. 또한, 체류시간 별 총 페놀의 용출 농도변화는 체류시간에 비례하여 직선적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 초기 잔류염소 농도에 따른 총 페놀의 용출 특성 비교에서는 초기 잔류염소가 0.5 mg/L로 존재할 경우가 잔류염소가 존재하지 않는 경우에 비해 3~3.2배 정도 높게 용출되었으며, 수온에 따른 총 페놀의 용출 특성 비교에서는 수온 4°C에 비해 25°C일 경우가 100~104배 정도 높은 용출 농도를 나타내었다. 페놀류 각각에 대한 용출농도를 조사한 결과에서 BPA의 용출농도가 가장 높은 것으로 나타났고, 다음으로 DEHP와 2-chlorophenol, 2,4,6-trichlorophenol, 2,4-dichlorophenol 순으로 나타났다.

**주제어 :** 고무호스, 유해화학물질, 용출, 폴리비닐 클로라이드, 수돗물, 잔류염소, 수온

### 1. 서론

최근 생활수준의 향상으로 인해 국내의 각 가정이나 상가 등에서 수돗물의 사용이 점차 증가하고 있으며, 이에 비례하여 수돗물과 관련된 각종 민원 건수도 증가하는 추세이다. 국내의 한 신문보도에 의하면 수돗물과 관련된 민원 중 50% 정도가 수돗물에서 유래되는 각종 냄새와 관련이 있는 것으로 나타났다.<sup>1)</sup> 이러한 경향은 외국의 경우도 마찬가지로 수돗물의 품질을 결정하는 요인 중에서 심미적인 영향을 주는 맛·냄새가 큰 비중을 차지하여 수돗물에서의 맛·냄새는 수돗물의 품질에 결정적인 영향을 미치는 아주 중요한 인자로 여겨진다.<sup>2)</sup> 국내 수돗물 민원의 많은 부분을 차지하는 냄새 민원의 원인은 Fig. 1<sup>1)</sup>에 나타난 바와 같이 각 가정이나 상가 등에서 사용하는 고무호스에서 유래된 경우가 68%로 나타났고, 수돗물 생산과정에서 소독제로 사용되는 염소에 의한 염소취가 18%, 상수원수에 존재하는 조류에 의해 발생하는 이취가 12% 등으로 나타나 각 가정이나 상가 등에서 구입하여 사용하는 고무호스가 원인인 경우가 대부분이다. 고무호스에서 유래되는 냄새의 원인은 소비자가 최근에 구입한 고무호스의 제조시 사용된 각종 화

학 첨가물이 용출되어서 유발된 것으로 외국의 경우에는 이 전부터 여러 재질의 고무호스들에서의 냄새 유발물질 및 화학 첨가물의 용출에 대한 연구가 다양하게 진행되고 있다.<sup>3-6)</sup>

하지만 국내의 경우는 여기에 대한 조사와 연구는 거의 전무한 실정이다. 국내에서 많이 유통되는 고무호스로는 PE (polyethylene) 재질과 PVC (polyvinyl chloride) 재질 등이며, PVC 재질의 고무호스가 대부분을 차지하고 있다. 고무호스의 제조시 다양한 첨가물이 사용되는데 대표적인 것으로는 수지의 산화방지 목적으로 사용되는 페놀 화합물의 일종인 BHT (butylated hydroxy toluene), 배합제, 안정제 및 가소제 등의 다양한 화학물질들이 있다.<sup>7)</sup> 따라서 수돗물에서 냄새 민원을 유발하는 원인물질들이 대부분 이들 물질들이며, 여러 물질들이 가지는 그 특유의 냄새들이 혼합되어 더욱 강한 냄새를 유발하거나 수돗물의 2차 오염을 방지하기 위해 투입하는 소독제인 염소와 반응하여 독특한 냄새를 유발하기도 한다.<sup>8)</sup>

따라서 본 연구에서는 국내에서 많이 시판·사용되고 있는 가정용 고무호스의 제조시 첨가물로 많이 사용되는 페놀 화합물들에 대한 용출 특성<sup>9)</sup>을 조사하기 위해 고무호스 재

<sup>†</sup> Corresponding author E-mail: menuturk@hanmail.net Tel: 051-669-4625 Fax: 055-323-4719

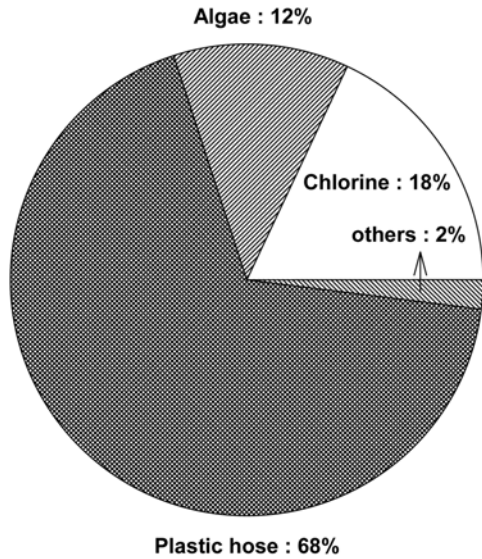


Fig. 1. Proportion of public complaints concern odor problems in tap water.

질별로 수도물을 사용하여 수도물 중의 잔류염소 농도별 및 수온별로 호스 내에서 수도물 체류시간에 따른 페놀 화합물의 용출 특성을 조사하였으며, 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol, 2,4,6-trichlorophenol, diethylhexylphthalate (DEHP) 및 bisphenol-A (BPA)에 대한 개별적인 용출 특성도 함께 평가하였다.

## 2. 실험재료 및 방법

### 2.1. 실험재료

본 실험에 사용된 가정용 고무호스는 시중에서 시판되고 있는 연질 PVC 재질의 고무호스 4종과 PE 재질의 고무호스 1종, 그리고 실리콘 고무호스 1종을 선정하여 실험하였다. 실리콘 재질의 고무호스의 경우는 가정용으로 시판하고 있지는 않으나 매우 반응성이 낮고, 안정적이기 때문에 PVC와 PE 재질의 호스에서의 용출 특성을 비교하기 위해 본 실험에 사용하였다. 실험에 사용된 호스들은 내경이 15 mm이며, 각각의 고무호스를 5 m씩 절단한 것을 18개씩 준

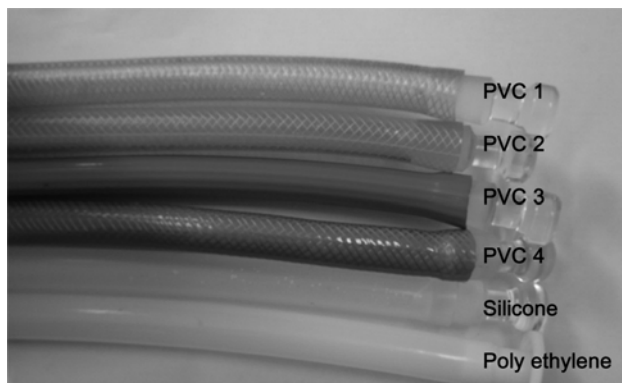


Fig. 2. Six kinds of plastic hoses used in this study.

비하여 실험 전에 호스들 내의 이물질들을 제거하기 위해 초순수로 3번씩 호스 내를 세척 한 후 실온에서 24시간 건조시켜 실험에 사용하였다. 실험에 사용된 6종의 고무호스 사진을 Fig. 2에 나타내었다.

### 2.2. 실험방법

실험에 사용된 각 재질별 고무호스의 유해화학물질 용출 실험은 수도물을 이용하였으며, 잔류염소가 제거된 수도물에 차아염소산 나트륨을 이용하여 시료수의 잔류염소를 0, 0.2 및 0.5 mg/L의 농도로 조절하여 실험에 사용하였고, 모든 시료수의 pH는 7로 조절하여 실험하였다. 잔류염소 농도 및 pH 조절이 끝난 시료수를 각각의 고무호스 내로 투입하여 호스의 양 끝을 반응성이 없는 유리마개로 봉합한 후 4°C의 냉장고와 25°C 항온배양기에서 6 hr, 24 hr 및 96 hr 체류시켜 고무호스 재질별로 용출되는 유해화학물질들을 분석하였고, 이전의 과정을 각각의 고무호스 재질별로 3회 반복 실험하여 평균값을 사용하였다. 또한, 동일한 조건으로 전처리된 수도물을 300 mL 용량의 BOD병에 투입하여 같은 조건으로 실험(blank 실험)하여 각각의 고무호스의 결과들에서 blank 실험값을 제한 후 실험 결과값으로 사용하였다.

유해화학물질 분석항목은 총 phenol, 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol, 2,4,6-trichlorophenol, diethylhexylphthalate (DEHP), bisphenol-A (BPA)이다. 분석방법은 총 phenol의 경우는 전자동분석기(Branluebbe, auto analyzer 3, Germany)를 사용하여 측정하였으며, chlorophenol류, DEHP 및 bisphenol-A의 경우는 dichloromethane과 n-hexane을 사용하여 추출·농축한 후 GC/MSD (Agilent, 5973N, USA)를 사용하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 고무호스 재질별 접촉시간 변화에 따른 페놀류 용출 특성

실험에 사용된 각각의 고무호스 재질별로 호스 내 체류 시간별 총 페놀의 용출특성을 조사한 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 초기 유입수로 사용된 수도물의 잔류염소 농도는 0.2 mg/L, 수온과 pH는 25°C와 7로 조절하여 실험하였다. Fig. 3을 보면 PVC 재질의 고무호스들 4종이 silicone (SC) 과 polyethylene (PE) 재질의 고무호스 보다 용출되는 총 페놀의 농도가 매우 높게 나타나고 있다. SC 재질의 고무호스에서는 체류시간 최대 96시간 동안 총 페놀은 용출되지 않았으며, PE 재질의 고무호스의 경우는 체류시간 최대 96 시간 동안 0.16 mg/L의 총 페놀이 검출되는 것으로 나타났다. 그러나 PVC 재질의 고무호스들 4종에서는 체류시간 최대 96시간 동안 0.36~1.97 mg/L의 총 페놀이 용출되는 것으로 나타났다. 또한, 체류시간별 총 페놀의 용출 농도 역시 체류시간에 비례하여 직선적으로 증가하는 경향을 나

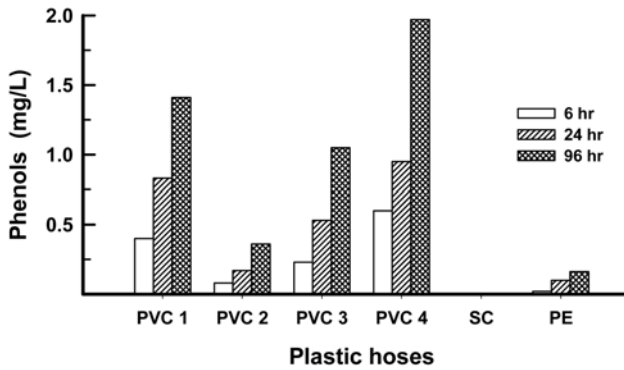


Fig. 3. Variation of phenols concentration with retention time in tap water (initial residual chlorine conc.: 0.2 mg/L, water temp. : 25°C, pH 7).

타내었다. 실험에 사용된 고무호스들은 실험 전에 초순수를 사용해서 5분간 3회 세척을 한 것이기 때문에 고무호스 제조공정에서 사용된 화학물질들이 고무호스 내벽에 묻어 있는 상태에서 용출된 것이라 보기는 어렵고 호스 내벽을 구성하는 여러 재질의 물질들에서 용출된 것으로 판단된다.

### 3.2. 고무호스 재질별 잔류염소 농도 변화에 따른 페놀류 용출 특성

실험에 사용된 각각의 고무호스 재질별로 호스 내에서의 체류시간별 수돗물의 잔류염소 농도에 따른 총 페놀의 용출특성을 조사한 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 초기 유입수로 사용된 수돗물의 잔류염소 농도는 0~0.5 mg/L, 수온과 pH는 25°C와 7로 조절하여 실험하였다. Fig. 4에서 볼 수

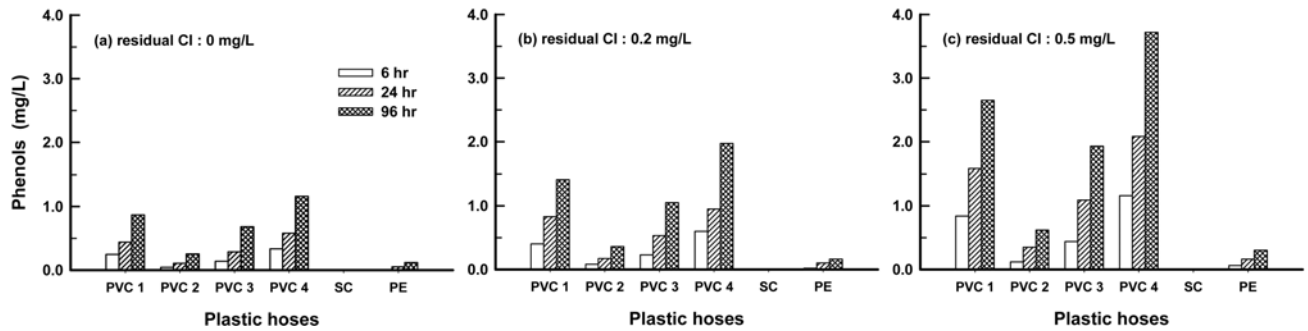


Fig. 4. Variation of phenols concentration with residual time according to residual chlorine concentrations in tap water (water temp. : 25°C, pH 7).

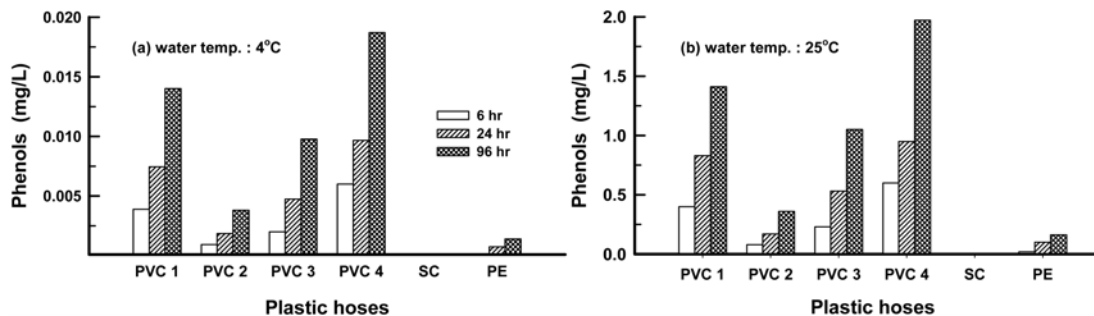


Fig. 5. Variation of phenols concentration with residual time according to water temperatures in tap water (initial residual chlorine conc.: 0.2 mg/L, water temp. : 25°C).

있듯이 SC 재질의 고무호스를 제외하고는 수돗물 중의 잔류염소 농도가 증가할수록 용출된 총 페놀의 농도가 증가하는 것을 알 수 있다. 이것은 수돗물의 2차 오염을 방지하기 위해 투입된 소독제인 염소가 호스 내에 잔류하면서 고무호스의 내벽을 구성하는 유기물질들과 반응하여 나타난 결과로 체류시간별 용출 특성을 살펴보면 6시간에서 96시간까지 용출되는 페놀류의 농도가 거의 직선적으로 증가하는 것을 알 수 있으며, 염소 투입농도가 증가할수록 용출되는 총 페놀의 농도도 함께 증가하였다. 특히, 투입 초기의 잔류염소 농도가 0.5 mg/L일 경우에는 PVC 재질의 1과 4 호스에서는 용출되는 페놀류의 농도가 각각 2.65 mg/L와 3.72 mg/L로 나타나 잔류염소가 존재하지 않은 경우의 0.87 mg/L와 1.16 mg/L에 비해 각각 3.05배와 3.21배 정도 높은 결과를 나타내었다. Heim과 Dietrich의 연구<sup>10)</sup>에서 염소와 같은 소독제를 사용하지 않은 경우 보다 소독제를 투입한 경우에 냄새 유발물질을 비롯한 다양한 오염물질의 용출농도가 증가하였다고 보고하고 있으며, 사용된 소독제의 종류에 따라서도 용출되는 물질들의 종류에 따라 농도에 많은 차이를 보인다고 보고하였다.

### 3.3. 고무호스 재질별 수온 변화에 따른 페놀류 용출 특성

실험에 사용된 각각의 고무호스 재질별로 호스 내에서의 체류시간별 수온 변화에 따른 총 페놀의 용출특성을 조사한 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 유입수로 사용된 수돗물의 초기 잔류염소 농도는 0.2 mg/L, pH는 7로 조절하여 실험하였다. Fig. 5에서 볼 수 있듯이 수온 변화에 따른 각각의 고

**Table 1.** Results from migration experiments carried out with 6 kinds of plastic hoses for 24 hr test periods (experimental condition : initial residual Cl conc. 0.2 mg/L, water temp. 25°C, pH 7)

Compounds	2-chlorophenol	2,4-dichlorophenol	2,4,6-trichlorophenol	DEHP	BPA
PVC 1	0.015	0.004	0.006	0.029	0.682
PVC 2	0.011	0.001	0.003	0.011	0.081
PVC 3	0.011	0.003	0.004	0.019	0.238
PVC 4	0.035	0.003	0.007	0.015	0.697
SC	ND	ND	ND	ND	ND
PE	ND	ND	ND	0.004	0.001

\* ND : not detected

무호스에서 총 페놀의 용출 특성은 수온이 4°C와 25°C의 경우 아주 유사하게 나타나고 있다. 비교적 높은 농도로 페놀류가 용출된 PVC 재질의 1과 4 호스에 대하여 수온 4°C와 25°C에 대해 페놀류 용출 농도를 비교해보면 수온 4°C일 때 PVC 재질의 1과 4 호스에서 각각 0.014 mg/L와 0.019 mg/L가 용출되었으나 수온이 25°C일 경우에는 각각 1.41 mg/L와 1.97 mg/L로 나타나 수온이 4°C에서 25°C로 상승할 경우 100~104배 정도 높은 페놀류의 용출 특성을 나타내었다.

### 3.4. 고무 호스 재질별 유해화학물질 용출 특성

실험에 사용된 고무호스 재질별 6종에 대해 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol, 2,4,6-trichlorophenol, diethylhexylphthalate (DEHP) 및 bisphenol-A (BPA)에 대한 용출 특성을 조사한 것을 Table 2에 나타내었다. Table 2에 나타낸 결과는 수온 25°C, 잔류염소 농도 0.2 mg/L, pH 7의 조건에서 24시간 동안 고무호스 내에 채류시킨 시료수를 분석한 결과이다. Table 2에 나타낸 결과들 역시 페놀류 용출 특성을 살펴본 이전의 결과들과 같이 PVC 재질의 1과 4 호스에서 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol, 2,4,6-trichlorophenol, diethylhexylphthalate (DEHP) 및 bisphenol-A (BPA)에 대한 용출 농도가 높게 나타나고 있어 매우 유사한 경향을 보이며, 각각의 물질별로는 BPA의 용출농도가 가장 높은 것으로 나타났고, 다음으로 DEHP와 2-chlorophenol, 2,4,6-trichlorophenol, 2,4-dichlorophenol 순으로 나타났다. BPA와 DEHP는 내분비계 장애물질로 알려져 있으며, chlorophenol류 들은 발암성을 나타내며, 저농도에서도 강한 이취를 유발하는 것으로 알려져 있다.

## 4. 결론

가정용 고무호스에서 유해화학물질 용출 특성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

고무호스 재질별 페놀류 용출 실험결과, PVC 재질의 고무호스들 4종에서 채류시간 96시간 동안 0.36~1.97 mg/L의 페놀류가 용출되는 것으로 나타나 PVC 재질의 고무 호스에서 가장 많이 용출되는 것으로 나타났다. PE 재질의

경우 PVC 재질에 비해 매우 낮은 용출농도를 나타내었으며 실리콘 재질에서는 용출이 일어나지 않았다. 또한, 채류 시간별 총 페놀의 용출 농도변화는 채류시간에 비례하여 직선적으로 증가하는 경향을 나타내었다.

초기 잔류염소 농도에 따른 총 페놀의 용출 특성 비교에서는 초기 잔류염소가 0.5 mg/L로 존재할 경우가 잔류염소가 존재하지 않는 경우에 비해 3~3.2배 정도 높게 용출되었으며, 수온에 따른 총 페놀의 용출 특성 비교에서는 수온 4°C에 비해 25°C일 경우가 100~104배 정도 높은 용출 농도를 나타내었다. 페놀류 각각에 대한 용출농도를 조사한 결과에서 BPA의 용출농도가 가장 높은 것으로 나타났고, 다음으로 DEHP와 2-chlorophenol, 2,4,6-trichlorophenol, 2,4-dichlorophenol 순으로 나타났다.

**KSEE**

## 참고문헌

1. [http://www.daejeonilbo.com/news/newsitem.asp?pk\\_no=855773](http://www.daejeonilbo.com/news/newsitem.asp?pk_no=855773)
2. Dietrich, A. M., "Aesthetic issues for drinking water," *J. Water Health*, **4**(1), 11~16(2006).
3. Anselme, C., Nguyen, K., Bruchet, A. and Mallevalle, "Can polyethylene pipes impart odors in drinking-water," *Environ. Technol. Lett.*, **6**, 477~488(1985).
4. Rigal, S. and Danjou, J., "Tastes and odors in drinking water distribution systems related to the use of synthetic materials," *Water Sci. Technol.*, **40**, 203~208(1999).
5. Skjevraak, I., Due, A., Gjerstad, K. O. and Herikstad, H., "Volatile organic components migrating from plastic pipes (HDPE, PEX and PVC) into drinking water," *Water Res.*, **37**, 1912~1920(2003).
6. Tomboulia, P., Schweitzer, L., Mullin, K., Wilson, J. and Khiari, D., "Materials used in drinking water distribution systems: contribution to taste-and-odor," *Water Sci. Technol.*, **49**, 219~226(2004).
7. Schabron, J. F. and Fenska, L. E., "Determination of BHT, Irganox 1076 and Irganox 1010 antioxidant additives in polyethylene by high performance liquid chromatography," *Anal. Chem.*, **52**, 1411~1415(1980).
8. Heim, T. and Dietrich, A. M., "Sensory aspects of drinking water in contact with epoxy lined copper pipe," *Proceedings*

- of 7th IWA Symposium on Off-flavours in the Aquatic Environment*, Oct. 1~7, Cornwall, Ont., Canada(2005).
9. Brocca, D., Arvin, E. and Mosbaek, H., "Identification of organic compounds migrating from polyethylene pipelines into drinking water," *Water Res.*, **36**, 3675~3680(2002).
  10. Heim, T. H. and Dietrich, A. M., "Sensory aspects and water quality impacts of chlorinated and chloraminated drinking water in contact with HDPE and cPVC pipe," *Water Res.*, **41**, 757~764(2007).