

# 표준정수처리공정에서 분말활성탄과 중간염소를 이용한 지오스민 저감방안 Removal of Geosmin by Combined Treatment of PAC and Intermediate Chlorination in the Conventional WTP

김태균<sup>†</sup> · 최재호

Tae Kyun Kim<sup>†</sup> · Jae Ho Choi

서울시상수도사업본부 암사아리수정수센터

The office of Waterworks, Seoul Metropolitan Government Amsa Arisu Water Purification Center

(Received August 7, 2014; Revised October 16, 2014; Accepted November 28, 2014)

**Abstract :** In this study, the effective treatment reducing geosmin and dosage of PAC was suggested when taste & odor compounds flow in. The removal efficiency of geosmin was evaluated with types of chlorination. In case of low geosmin concentration below 25 ng/L, removal efficiency of geosmin was estimated at 46% by combined treatment of pre and intermediate-chlorination. But, in the exclusive intermediate-chlorination treatment, removal efficiency of geosmin was increased to 57%. In the medium geosmin concentration (25~79 ng/L), removal efficiency of geosmin was estimated at 59% by combined treatment. But, in the exclusive intermediate-chlorination treatment, removal efficiency of geosmin was increased to 87%. When high geosmin concentration above 80 ng/L flows in, removal efficiency of geosmin was estimated at 69% by combined treatment. However, in the exclusive intermediate-chlorination treatment, removal efficiency of geosmin was increased to 95%. Then, the exclusive intermediate-chlorination has an important effect on removal of geosmin. After correlation of geosmin concentration and dosage of PAC was analyzed, the coefficient of determination was estimated at 0.96. And, the proper PAC dosage chart was proposed. Also, at a initial occurrence of geosmin, when the combined treatment by intermediate-chlorination and PAC was applied, particle-bound geosmin should be removed continuously. Finally, it is proved that the combined treatment was effective to remove the geosmin by threshold levels as well as to reduce the dosage of PAC.

**Key Words :** Intermediate-chlorination, Pre-chlorination, T&O Compounds, Geosmin, PAC

**요약 :** 본 연구에서는 맛·냄새 물질 발생시 표준정수처리공정에서 지오스민과 활성탄 투입량을 효과적으로 저감하는 방안을 제시하였다. 염소처리방식에 따른 지오스민 제거효율을 평가한 결과, 저농도(< 25 ng/L)의 경우 전염소와 중간염소를 동시에 운영할 경우 지오스민 제거율은 46%인 반면, 중간염소로 운영한 공정의 지오스민 제거율은 57%로 나타났다. 중농도(25~79 ng/L)에서는 전염소와 중간염소로 운영한 지오스민 제거율은 59%, 중간염소로 운영한 지오스민 제거율은 87%로 나타났다. 고농도(> 80 ng/L)에서도 전염소와 중간염소를 동시에 운영한 지오스민 제거율은 67%인 반면 중간염소로 운영한 지오스민 제거율은 95%로 나타나 중간염소로 운영시 제거율이 높아지는 것으로 나타났다. 지오스민 농도별 측정결과와 활성탄 투입량의 상관성을 분석한 결과, 결정계수(R<sup>2</sup>)는 0.96 으로 나타나 적합한 분말활성탄 조건표를 제안하였다. 또한, 지오스민 물질 발생 초기에 중간염소와 활성탄을 동시에 투입 시 원수농도가 급격히 증가하여도 지오스민의 입자성 물질을 지속적으로 제거할 수 있어 활성탄 저감 뿐만 아니라 정수 기대농도도 만족할 수 있었다.

**주제어 :** 중간염소, 전염소, 맛·냄새 물질, 지오스민, 분말활성탄

## 1. 서론

국민의 삶의 질 향상으로 과거에는 수질기준 만족에서 현재는 불쾌한 맛과 냄새를 제거한 건강하고 맛있는 물을 요구하고 있다. 일본의 경우 1970년대부터 맛있는 물에 대한 연구를 수행해 왔으나, 국내에서는 환경부 주관으로 2005년 맛있는 물 가이드라인 필요성에 대한 공청회를 처음으로 시작하게 되었다. 2010년 서울시에서도 ‘건강하고 맛있는 물 가이드라인’(Table 1)<sup>1)</sup>을 수립하여 시민들의 건강하고 맛있는 물에 대한 욕구를 반영하고 있다. 맛·냄새 물질(taste and odor)은 건강을 위해한 수준은 아니지만, 수도물의 불신과 신뢰감을 떨어트린다. 특히, 남조류(cyanobacteria)에서 발생하는 2-MIB (metylisoborenol)와 지오스민(geosmin)

은 곰팡이 취와 흙냄새를 유발하며, 10 ng/L부터 냄새를 인식할 수 있다고 한다.<sup>2)</sup> 또한, Pirbazari<sup>3)</sup>와 Lloyd<sup>4)</sup>는 2-MIB와 지오스민의 OTC (odor threshold concentration)는 4~20 ng/L 범위에 존재한다고 하였다.

2-MIB와 지오스민 물질을 최소감지농도(10 ng/L)까지 낮

Table 1. Guideline of healthy & tasty water

Item	Unit	Guideline for seoul city	Standard of water quality
chlorine	mg/L	0,1 ~ 0,3	4,0
2-MIB	ng/L	< 8,0	20
geosmin	ng/L	< 8,0	20
copper	mg/L	< 0,05	1,0
iron	mg/L	< 0,05	0,3

<sup>†</sup> Corresponding author E-mail: ss531034@seoul.go.kr Tel: 02-3146-4260 Fax: 02-3146-5745

**Table 2.** The PAC chart for removing the T&O compounds (Jar tester)

T&O compounds (Co, ng/L)	Dosage of PAC (mg/L)	
	2-MIB	geosmin
50	38	19
40	31	17
30	25	14
20	16	10
12	6	6

추기 위해서는 표준정수처리공정에서 분말활성탄(powdered activated carbon, PAC)을 이용할 수 있으나 가격이 비싸고 흡착효과를 높이기 위해서는 충분한 접촉시간이 있어야 한다.

Table 2는 T&O 화합물인 2-MIB와 지오스민을 10 ng/L (Ce, 유출농도)로 낮추기 위한 PAC 주입 조건표이다. David<sup>5)</sup>의 실험결과에 의하면, 원수의 지오스민 농도를 40 ng/L에서 10 ng/L까지 낮추기 위해 요구되는 PAC 투입량은 21~29 mg/L이 소요된다고 한다. 암사 정수장의 분말활성탄 조건표 (Table 2)에 의하면, 지오스민 농도를 40 ng/L에서 10 ng/L로 낮추기 위한 소요되는 분말활성탄 투입량은 17 mg/L이며, 2-MIB 경우 지오스민 보다 제거율이 더 낮아 31 mg/L이 소요된다. 현재, 암사 정수장의 분말활성탄 최대투입량은 30 mg/L으로 분말활성탄만으로는 고농도의 맛·냄새물질을 제어할 수 없다. 실 예로, 암사 취수원수에서 지오스민이 2011년 12월에는 최대 210 ng/L, 2012년 8월은 최대 378 ng/L, 2013년 7월은 최대 64 ng/L가 검출되어 수질관리에 많은 어려움이 있었다. 위와 같은 문제점을 해결하기 위해 Ferguson 등<sup>6)</sup>, Glaze 등<sup>7)</sup>과 Bruce 등<sup>8)</sup>은 오존, 과산화수소, UV장치와 같은 고도정수처리공정을 도입하여 고농도의 맛·냄새 물질 제거 방법을 제안하였다. 그러나, 고도정수처리공정의 도입은 많은 예산과 시간이 소요되어 표준정수처리공정에서 고농도의 맛·냄새 물질을 제거하는 방안을 검토할 필요가 있다.

본 연구에서는 표준정수처리공정에서 맛·냄새 물질 뿐만 아니라 분말활성탄의 사용량을 저감하는 방안을 제안하는 것이다. 연구방법에서는 암사 정수장 운영현황, 지오스민 물질 측정방법을 제시하였으며, 연구결과에서는 염소처리 방식 변경에 따른 지오스민 저감효과를 지오스민 농도별로 평가하였으며, 지오스민과 활성탄 주입량과의 상관성을 분석하여 적합한 조건표를 제시하였다. 마지막으로 지오스민 물질 발생 초기에 분말활성탄 주입량을 저감할 수 있는 방

법과 정수의 기대농도(geosmin 처리목표 농도 20 ng/L)를 만족시키는 방안을 제시하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 암사정수장 정수처리현황

암사 정수처리공정(Fig. 1)은 취수장에서 전염소 투입 후 1차로 살균과 소독을 하고 착수정으로 보낸다. 착수정에서는 물을 안정화시키고 큰 입자를 침강시킨 후 후단에 낙차를 이용하여 응집제를 투여하여 원수와 균일하게 혼합시킨다. 맛·냄새 물질이 발생할 경우에는 착수정 전단에 분말활성탄을 투입하고 있으며, 응집지를 거친 큰 플록들은 침전지에서 침전한 후 미세입자들은 여과지를 통해 제거하고 있다. 마지막으로, 후염소를 통해 2차 소독하여 미생물을 제거한다.

응집하기 어려운 규조류인 멜로시라(melosira)나 시네드라(synedra) 등에 대해서는 전염소를 강화하여 혼합·응집·침전처리가 바람직하지만,<sup>9)</sup> 남조류인 아나베나(anabana), 포르미디움(phormidium) 등은 전염소처리를 하면 군체가 깨져서 세포가 분산되어 지오스민, 2-MIB 등의 맛·냄새 물질이 발생된다. 지오스민 등과 같은 맛·냄새 물질은 용존성과 입자성으로 구성되어 있으며, 입자성 물질은 혼합·응집·침전 공정을 통해 제거할 수 있으며, 용존성 물질은 활성탄으로 제거가 가능하다. 따라서, 맛·냄새 물질 발생시 전염소를 중지하고 침전지와 여과지 사이에 염소를 주입하는 중간염소를 도입하면 입자성 물질을 효과적으로 제거할 수 있고 활성탄 투입량도 낮출 수 있다.

### 2.2. 지오스민 물질 분석방법

먹는물 감시항목 운영지침<sup>10)</sup>의 지오스민 및 2-MIB HS-SPME/기체크로마토그래프의 질량분석법을 이용하여 지오스민 물질을 측정하였다. 이 시험방법은 HS-SPME법을 사용하여 시료를 추출하고 화이버를 직접 기체크로마토그래프(GC)에 주입하여 열 탈착시켜 분석하는 방법을 사용한다. 즉, 시료 추출, 정제와 농축이 동시에 이루어지고 직접 기체크로마토그래프(GC)에 주입되기 때문에 자동화가 용이하여 기존의 전처리방법에 비해 상대적으로 높은 감도와 분석 조작성이 간단한 특징이 있다. 구체적인 분석방법은 다음과 같다(Table 3).

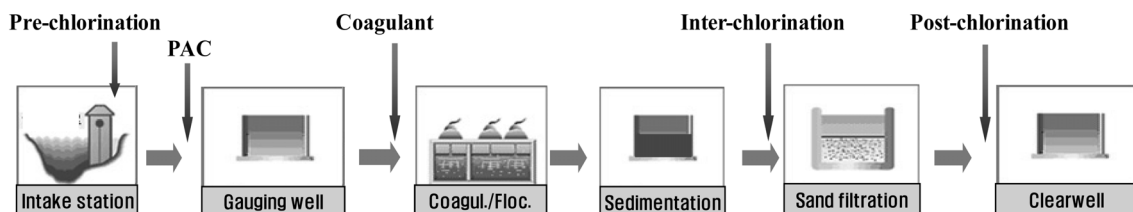
**Fig. 1.** Conventional treatment process of Amsa WTP.

Table 3. Analysis method of geosmin by GC-MSD

Conditions	
Total flow	helium gas (3.4 mL/min)
Inlet temp.	250°C
Detector temp.	280°C
Oven temp.	initial temp. hold time increasing temp. final temp.
	50°C 5 min 15°C/min 220°C

### 3. 연구결과 및 고찰

#### 3.1. 염소처리방식 변경에 따른 지오스민 저감효과

염소처리방식 변경에 따른 지오스민 제거효율을 전염소 처리, 전·중염소처리, 중염소처리로 나누어 평가하였다. 여기서, 전·중염소처리는 전염소와 중간염소를 동시에 운영하는 처리방법이며, 중염소는 중간염소의 출입말이다. 또한, 전염소, 중염소, PAC 투입 산정기준은 정수센터에서 축적된 조건표를 이용하였다.

##### 3.1.1. 전염소 운영시 지오스민 제거율

Fig. 2(a)는 2011년 11월 24~29일에 전염소로 운영시 지오스민 농도에 따른 제거율을 나타낸 그래프이다. 지오스민이 30~64 ng/L로 유입될 때, 제거율은 37~66%로 평균적으로 49%가 제거되었다. 이 때 전염소는 1.2 mg/L (±0.2), 활성탄은 13.8 mg/L (±4.9)이 소요되었다.

차테스트에 의한 분말활성탄 조건표(Table 2)에 의하면, 원수의 지오스민이 50 ng/L일 때 활성탄 19 mg/L 투입시 지오스민 제거율은 80%로 나타났다. 그러나, Fig. 2(a)에 나타난 바와 같이 실공정에서의 지오스민 제거율은 37%(원수농도 : 48 ng/L, 분말활성탄 : 18.1 mg/L)로 차테스트 실험과는 많은 차이가 있었다. 고농도의 지오스민이 유입된 경우에는 전염소처리와 분말활성탄으로는 지오스민을 정수 기대농도 (< 20 ng/L)로 처리하는 것은 어렵다고 판단된다.

##### 3.1.2. 전·중염소 운영시 지오스민 제거율

취수원수의 지오스민 농도가 높아지면 전염소 처리와 분말활성탄으로 지오스민을 정수 기대농도까지 낮추기 어려워

전염소를 중지하고 중간염소를 투입할 필요가 있다. 그러나, 원수에 암모니아성 질소가 높은 경우에는 전염소 처리 없이 중간염소로 처리하면 후염소 제어가 어려워 관말에서 맛있는 물 기준(0.1~0.3 mg/L)보다 잔류염소가 적게 검출되거나 과량 검출되는 문제점이 발생된다. 위와 같은 경우에는 전염소를 최소화한 후 중간염소 투입으로 지오스민을 제거해야 한다. 2011~2013년 암사 취수원의 측정자료를 바탕으로 원수의 지오스민을 저농도(< 25 ng/L), 중농도(25~79 ng/L), 고농도(> 80 ng/L)로 구분하여, 전·중염소 처리에 따른 지오스민 제거율을 평가하였다. 저농도, 중농도, 고농도의 구분은 암사 정수장에서 운영한 활성탄 조건표를 바탕으로 하여 활성탄 투입량이 급격히 증가하고 제거율이 낮아지는 지점을 기준으로 하였다.

Fig. 3(a), (b)는 2012년 저농도 지오스민이 유입될 때 전·중염소 처리시 지오스민 제거율과 약품사용량을 나타낸 그래프이다. 7월 8~14일은 지오스민이 8 ng/L 이하로 감소되어 활성탄을 투입하지 않은 시기이다. 원수의 지오스민이 8.0~24.5 ng/L로 유입될 때, 지오스민 제거율은 17~68%로 평균적으로 46%가 제거되었다. 이때 전염소는 1.5 mg/L (±0.1), 중염소는 0.6 mg/L (±0.1), 활성탄은 11.5 mg/L (±6.7)이 투입되었다.

Fig. 3(c), (d)는 2011~2013년 중농도 지오스민이 유입될 때의 제거율과 약품사용량을 나타낸 그래프이다. 원수의 지오스민이 26~79 ng/L로 유입될 때, 지오스민 제거율은 37~85%로 평균적으로 59%가 제거되었다. 이때 전염소는 1.1 mg/L (±0.4), 중염소는 1.1 mg/L (±0.7), 활성탄은 18.4 mg/L (±5.3)이 투입되었다.

Fig. 3(e), (f)는 2011년에 고농도 지오스민 유입에 따른 제거율과 약품사용량을 나타낸 그래프이다. 원수의 지오스민이 87~134 ng/L로 유입될 때, 지오스민 제거율은 63~76%로 평균적으로 67%가 제거되었다. 전염소는 평균 1.0 mg/L (±0.1), 중염소는 0.3 mg/L, 활성탄은 25.1 mg/L (±1.6)이 투입되었다.

분석결과, 지오스민 농도가 상승할수록 평균 제거율도 46%에서 59%, 67%까지 증가하는 것으로 나타났다. 또한, 저농도 시기에 암모니아성 질소가 0.2 mg/L 이상으로 유입되어 전염소 투입량이 중농도 및 고농도 시기보다 1.4~1.5배

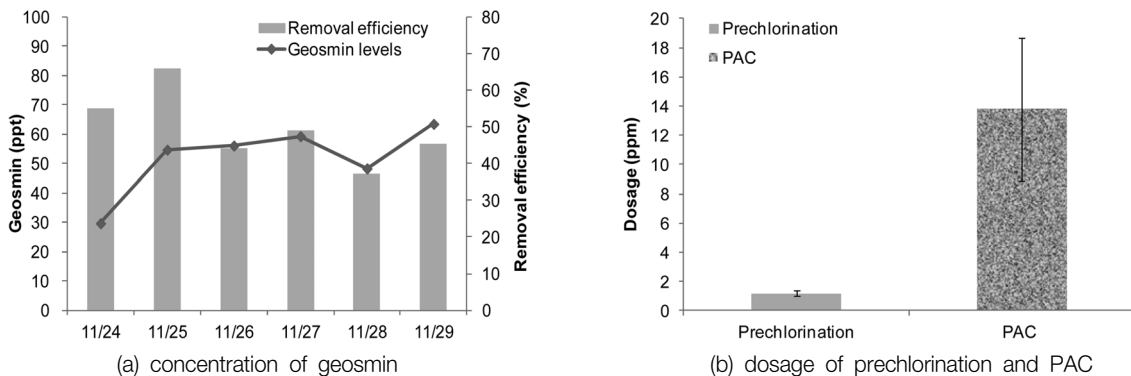
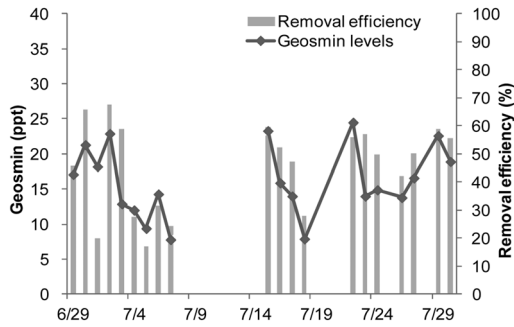
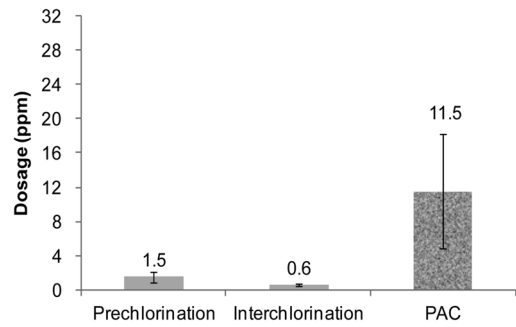


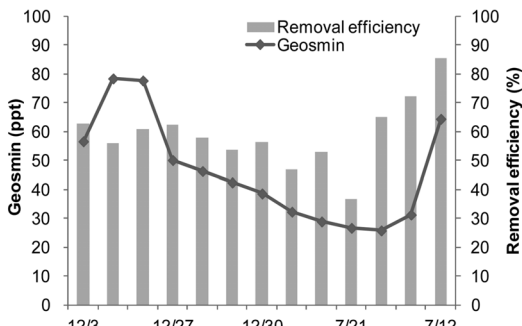
Fig. 2. Removal efficiency of geosmin and dosage of chemicals.



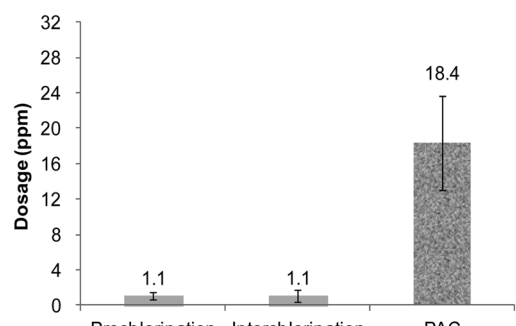
(a) removal efficiency at a low geosmin levels



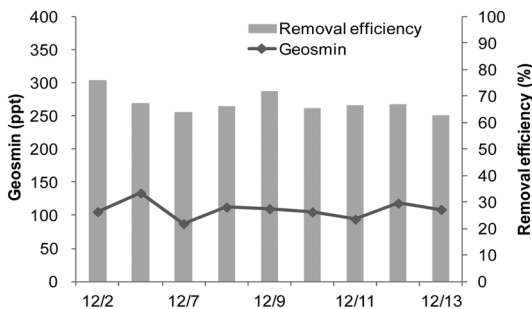
(b) dosage of pre · intermediate chlorination and PAC



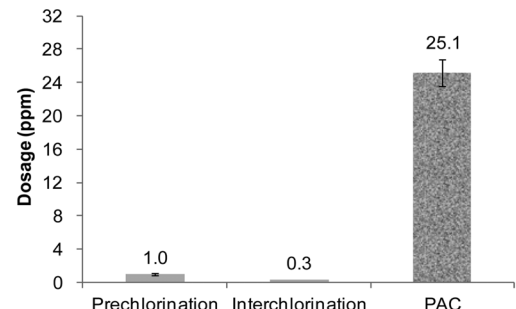
(c) removal efficiency at a medium geosmin levels



(d) dosage of pre · intermediate chlorination and PAC



(e) removal efficiency at a high geosmin levels



(f) dosage of pre · intermediate chlorination and PAC

Fig. 3. Removal efficiency of geosmin by combined treatment of pre · intermediate chlorination and PAC.

투입되었다. 그 결과, 저농도 시기에 지오스민의 용존성 물질이 평균 80%로 증가되어 제거율이 다소 낮은 것으로 나타났다.

### 3.1.3. 중염소 운영시 지오스민 제거율

원수에 따라 다르지만, 입자성 지오스민은 최대 90% 이상 존재할 수 있다고 하며,<sup>11)</sup> 입자성 지오스민은 조류의 세포막을 파괴하지 않아 혼화·응집·침전을 통해 제거하는 것이 바람직하다.<sup>12)</sup> 따라서, 중염소로 100% 전환하여 운영하면 염소에 의해 입자성 지오스민이 파괴하지 않아 지오스민 제거율을 더 높일 수 있다.

Fig. 4(a), (b)는 2012, 2013년 저농도 지오스민 유입에 따른 제거율과 약품사용량을 나타낸 그래프이다. 원수의 지오스민이 9~23 ng/L일 때, 지오스민 제거율은 43~75%로 평균적으로 57%가 제거되었다. 이때 중염소는 1.1 mg/L ( $\pm 0.1$ ), 활성탄은 6.4 mg/L ( $\pm 2.8$ )이 투입되었다.

Fig. 4(c), (d)는 2012년 중농도 지오스민 유입(25~73 ng/L)에 따른 제거율과 약품 사용량을 나타낸 그래프이다. 지오스민 제거율은 76~91%로 평균 제거율은 85%로 나타났다. 이때 중염소는 1.6 mg/L ( $\pm 0.2$ ), 활성탄은 20.3 mg/L ( $\pm 8.8$ )이 투입되었다.

Fig. 4(e), (f)는 2012년 고농도 지오스민 유입(102~378 ng/L)에 따른 제거율과 약품사용량을 나타낸 그래프이다. 지오스민 제거율은 92~96%로 평균 제거율은 95%로 나타났다. 이때 중염소는 1.6 mg/L ( $\pm 0.1$ ), 활성탄은 27.5 mg/L ( $\pm 2.6$ )이 투입되었다. 따라서, 저농도(9~23 ng/L), 중농도(25~73 ng/L), 고농도(102~378 ng/L)로 갈수록 지오스민 제거율은 57%에서 85%, 95%까지 증가하는 것으로 나타났다.

염소처리방식 변경에 따른 지오스민 농도별 제거효율을 Table 4에 나타내었다. 지오스민 농도가 상승할수록 전·중염소로 운영하는 것보다 중염소로 운영시 지오스민 제거율이 더 높아지는 것으로 나타났으며, 저농도시기에 중염소로

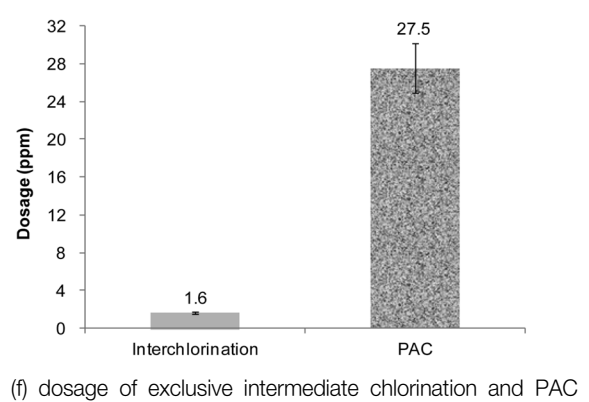
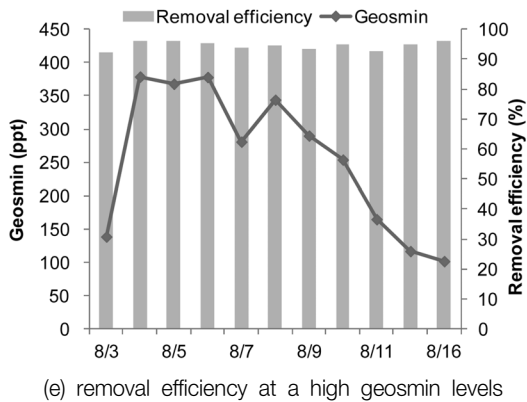
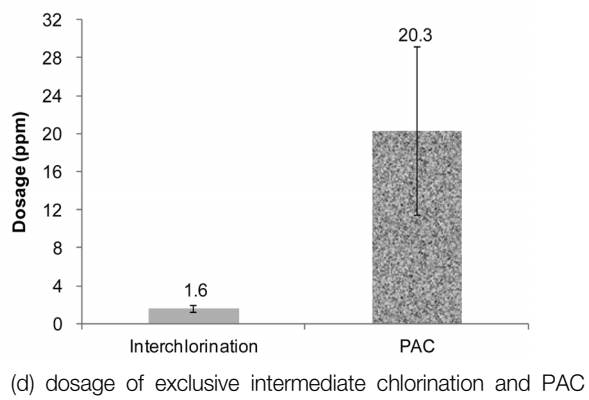
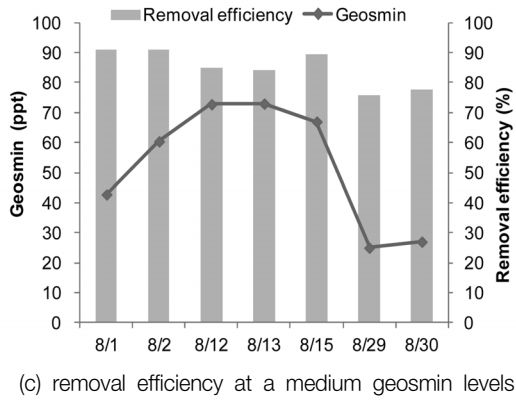
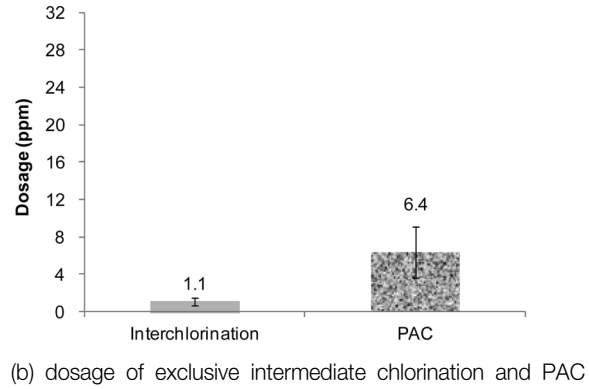
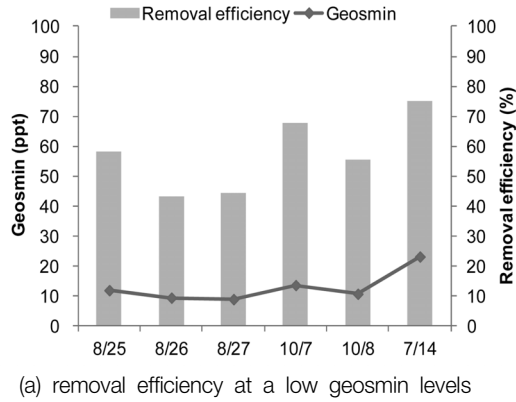


Fig. 4. Removal efficiency of geosmin by combined treatment of exclusive intermediate chlorination and PAC.

운영할 경우 활성탄 투입량을 11.5 mg/L에서 6.4 mg/L까지 낮출 수 있다.

Table 4. Removal efficiency of geosmin with types of chlorination

	Pre and intermediate chlorination		Exclusive intermediate chlorination		Remarks
	removal (%)	PAC (mg/L)	removal (%)	PAC (mg/L)	
Low levels (< 25 ng/L)	46	11.5	57	6.4	2011~2013 year
Medium levels (25~79 ng/L)	59	18.4	87	20.3	
High levels (> 80 ng/L)	67	25.1	95	27.5	

### 3.2. 지오스민 농도와 활성탄 투입량과의 상관성 분석

대부분 정수센터에서 사용되고 있는 분말활성탄 조건표는 잰스터(Jar tester)를 바탕으로 생성된 조건표로 실공정에 적용시 활성탄이 과량 투입되거나 제거율이 낮아 정수 기대 농도를 만족시킬 수 없다. 본 연구에서는 실공정에서 운영된 지오스민 측정결과와 활성탄 투입량의 상관성을 분석하여 실공정에 적합한 분말활성탄 조건표를 제안하였다.

Fig. 5는 2012, 2013년 실공정에서 운영된 지오스민 농도와 활성탄 투입량과의 상관성을 나타낸 그래프이다. 상관성을 분석하기 위해 통계학의 회귀분석을 사용하였으며, 회귀분석 값의 적합여부는 결정계수( $R^2$ )를 이용하였다. 결정계수가 0에 가까우면 상관성이 없으며, 1에 가까울수록 상관

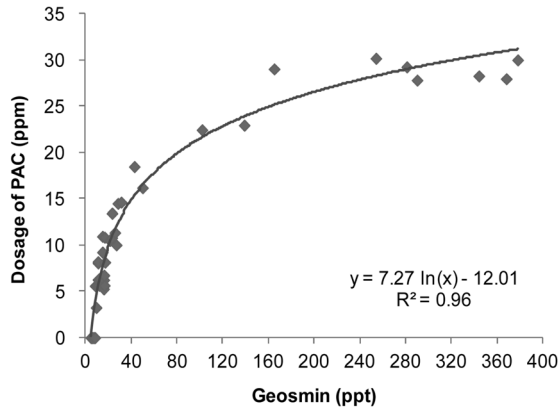


Fig. 5. Correlation of geosmin concentration of raw water and dosage of PAC.

Geosmin concentration (ng/L)	Dosage of PAC (mg/L)
300	29
200	27
150	24
100	21
75	19
50	16
25	11
15	5
10	2

Table 5. Removal efficiency of geosmin with exclusive intermediate chlorination

	Oct.18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.
raw water	9	10	11	9	9	8	10	8
clean water	5.3	5.9	4.5	4.1	6.5	4.3	5.8	4.0
removal (%)	41	41	59	54	28	52	36	50
PAC (mg/L)	0	0	2	0	0	0	0	0

성이 높은 것을 의미한다. 분석결과, 지오스민과 활성탄 투입량의 결정계수는 0.96로 나타나 상관관계가 높은 것으로 확인되었으며, 이 상관식을 이용하여 실공정에 적합한 분말활성탄 조건표 일부를 Table 5에 나타내었다. 위의 조건표는 중간염소 투입시 저농도(< 25 ng/L)의 정수 기대농도는 8 ng/L, 중농도(25~79 ng/L)의 정수 기대농도는 10 ng/L, 80 ng/L 이상의 고농도가 유입된 경우는 감시항목 수질기준인 20 ng/L 미만을 기준으로 하였다. Fig. 5와 나타난 바와 같이 활성탄 최대 투입량이 29 mg/L 이하인 정수센터에서는 고농도의 지오스민 유입 시(> 300 ng/L) 고도정수처리 도입 등을 검토할 필요가 있다고 사료된다.

### 3.3. 맛·냄새 발생초기에 중간염소 운영결과

조류정보제에 의하면 맛·냄새 물질 발생시(> 8~10 ng/L) 분말활성탄 투입을 강화하고 필요시 중간염소를 투입해야 된다고 한다. 그러나, 맛·냄새 발생초기에 냄새물질이 급격히 증가할 경우 분말활성탄 투입강화로는 정수 기대농도로 감소되지 않는다. 예를 들면, 2012년 7월28일에 암사 취수원의 지오스민 농도가 12.6 ng/L에서 30.6 ng/L로 급격히 상승하여 분말활성탄 6 mg/L(조건표 기준)으로는 정수 기대농도를 만족시킬 수 없었다. 이와 같은 상황에서는 전염소를 중지하고 중간염소로 전환 후 분말활성탄을 투입량을 증가해야 한다. Table 5는 2013년 10월 지오스민이 8~11 ng/L 유입시 정수의 기대농도와 제거율을 평가한 결과이다.

Table 5에 의하면 10월 18~25일의 지오스민 제거율은 28~59%(평균 43%)로 나타났으며, 이 때 정수농도는 4.1~6.8

ng/L로 측정되었다. 중간염소로 운영시 분말활성탄 투입 없이도 지속적으로 입자성 지오스민을 제거할 수 있어 활성탄 40 m<sup>3</sup> (7,000만원)을 저감할 수 있었다. 따라서, 여름철 및 갈수기에 맛·냄새 물질 발생 초기에 중간염소처리 후 활성탄 투입량을 증가시키면 정수기대 농도를 만족할 뿐만 아니라 활성탄도 저감할 수 있을 것으로 판단된다.

## 4. 결론

본 연구에서는 염소처리방식 변경에 따라 지오스민 농도별 제거효율을 평가하였으며, 연구결과는 다음과 같다.

1) 염소처리방식에 따라 저농도(< 25 ng/L), 중농도(25~79 ng/L), 고농도(> 80 ng/L)별 제거효율을 평가한 결과, 저농도의 경우 전·중염소처리 제거율은 46%, 중염소처리 제거율은 57%로 중염소처리가 11% 높게 나타났으며, 활성탄사용량도 전·중염소처리 보다 44% 낮게 투입되어 활성탄을 저감할 수 있었다. 중농도에서는 전·중염소처리(59%), 중염소처리(87%)로 나타나 중염소 처리효율이 28% 높게 증가하였으며, 고농도에서도 전·중염소처리(67%), 중염소처리(95%)로 나타나 중염소로 100% 전환하여 운영시 지오스민 제거율이 높아지는 것으로 나타났다. 또한, 암모니아성 질소 유입으로 인해 중염소로 100% 전환이 어려운 경우에는 전염소를 최소화하여 운영할 필요가 있다.

2) 실규모 공정에서 운영된 지오스민 농도와 활성탄의 상관성을 분석한 결과, 지오스민과 활성탄 투입량의 결정계수는 0.96으로 상관성이 높게 나타나 실공정에 적합한 분말활성탄 조건표를 제시하였다. 따라서, 자테스트를 바탕으로 산출된 분말활성탄 조건표를 사용하는 타 정수센터에서도 실공정에 적합한 분말활성탄 조건표 사용을 검토할 필요가 있다.

3) 맛·냄새 물질 발생 초기에 중간염소처리를 도입하면, 원수농도가 급격히 증가할 때에도 입자성 물질을 지속적으로 제거할 수 있어 활성탄 저감할 뿐만 아니라 정수 기대농도도 만족할 수 있다.

## References

- Guideline of healthy & tasty water, seoul metropolitan government(2010).
- Young, W. F., Horth, H., Crane, R., Ogden, T. and Amott, M., "Taste and odour threshold concentrations of potential potable water contaminants," *Water Res.*, **30**(2), 331~340(1996).
- Pirbazari, M., Ravindran, V., Badriyha, B. N., Craig, S. and McGuire, M. J., "GAC adsorber design protocol for the removal of off-flavors," *Water Res.*, **27**(7), 1153~1166(1993).
- Lloyd, S. W., Lea, J. M., Zimba, P. V. and Grimm, C. C., "Rapid analysis of geosmin and 2-methylisoborneol in water using solid phase micro extraction procedure," *Water Res.*, **32**(7), 2140~2146(1998).
- David, C., Gayle, N. and Pascale, S., "The application of powdered activated carbon for MIB and Geosmin removal : Predicting PAC doses in four raw waters," *Water Res.*, **35** (5), 1325~1333(2001).
- Ferguson, D. W., McGuire, M. J., Koch, B., Wolfe, R. L. and Aieta, E., "Comparing peroxone and ozone for controlling taste and odor compound, disinfection by-products, and microorganisms," *J. Am. Water Works Assoc.*, **82**, 181~191 (1990).
- Glaze, W. H., Zarnoch, J. J., Ruth, E. C., Chauncey, W. and Schep, R., "Evaluating oxidants for the removal of model taste and odor compounds from a municipal water supply," *J. Am. Water Works Assoc.*, **82**, 79~84(1990).
- Bruce, D., Westerhoff, P. and Brawley, C. A., "Removal of 2-methylisoborneol and geosmin in surface water treatment plants in Arizona," *J. Water Supply*, **51**, 183~197(2002).
- Standard of facilities for waterworks, MOE(2010).
- Testing standard for water quality pollution process, MOE (2012).
- Martine, Van der P., and Claude, E. B., "Geosmin production by cyanobacteria (blue-green algae) in fish ponds at auburn, alabama," *J. World Aquaculture Soc.*, **22**(4), 207~216(2007).
- Durrer, M., Zimmermann, U. and Jettner, F., "Dissolved and particle-bound geosmin in a mesotrophic lake (Lake zuerich) : Spatial and seasonal distribution and the effect of grazers," *Water Res.*, **33**(17), 3628~3636(1999).