

연구리포트

장기관측 자료를 활용한 한강 상수원수 맛·냄새 물질의 발생특성 및 영향인자 분석

김은정·박창민·송경인·김준일·조은주·이현주·박현·김복순

연구배경

2-MIB(2-methylisoborneol)와 지오스민(geosmin)은 인체 독성을 지니고 있지는 않지만 먹는물에서 불쾌한 냄새(흙냄새, 곰팡이 냄새)를 유발하여 수도물에 대한 민원발생 및 불신감을 초래하는 물질이다. 우리나라는 현재 먹는물 수질 감시항목으로 지정하여 권고기준 20 ng/L 이하로 규정 관리하고 있으며(변정환 등, 2015), 서울시의 경우 ‘맛있는 물 가이드라인’에서 이보다 강화된 8 ng/L 이하를 유지하도록 관리하고 있다(서울물연구원, 2016). 또한 원수에서의 맛·냄새 관리기준으로 2-MIB와 지오스민에 대하여 각각 20 ng/L와 100 ng/L 이상을 ‘관심단계’로, 100 ng/L와 300 ng/L 이상을 ‘경계단계’로 설정하여 고농도 발생 시 원·정수 수질분석을 강화하고 정수처리 공정을 최적으로 운영하도록 하고 있다.

서울시에서 운영 중인 6개 정수장은 100% 고도처리가 이루어지고 있어 정수에서 관리기준 이하로 맛·냄새 농도를 유지하고 있다. 그러나 최근(2018년 11월) 서울시 상수원 구간에서 맛·냄새 관리기준 ‘경계단계’가 발령되는 등 처리효율이 낮은 저수온기에 고농도 발생 사례가 있으며, 전 지구적인 기후변화로 야기되는 가뭄과 수온 상승으로 인해 원수에서의 고농도 맛·냄새 물질 발생가능성은 점점 더 증가하고 있는 실정이다.

맛·냄새 물질의 과도한 증가 시 정수장의 효율적인 대응을 위해서는 사전에 미리 예측하여 대비하는 것이 필요하며, 데이터에 기반한 과학적인 예측을 위해서 맛·냄새 물질의 주요 발생 특성과 관련인자를 분석하는 선행연구가 필수적이다.

서울물연구원에서는 취수원 지점에서 장기간(15년간) 정기적으로 관측된 수질, 조류, 2-MIB, 지오스민 데이터를 축적하고 있으며, 이러한 데이터들을 바탕으로 한강 상수원 구간에서의 맛·냄새 물질의 발생특성을 종합적, 심층적으로 분석하고자 한다.

연구내용

본 연구는 장기관측 자료에 대한 통계적 기법 적용을 통해 한강 상수원에서의 맛·냄새 물질의 시공간적 발생 특성과 변화 경향성을 분석하고 맛·냄새 물질 발생 영향인자를 도출함으로써 맛·냄새 물질의 관리 및 예측을 위한 과학적 기반을 마련하는 것을 목적으로 한다.

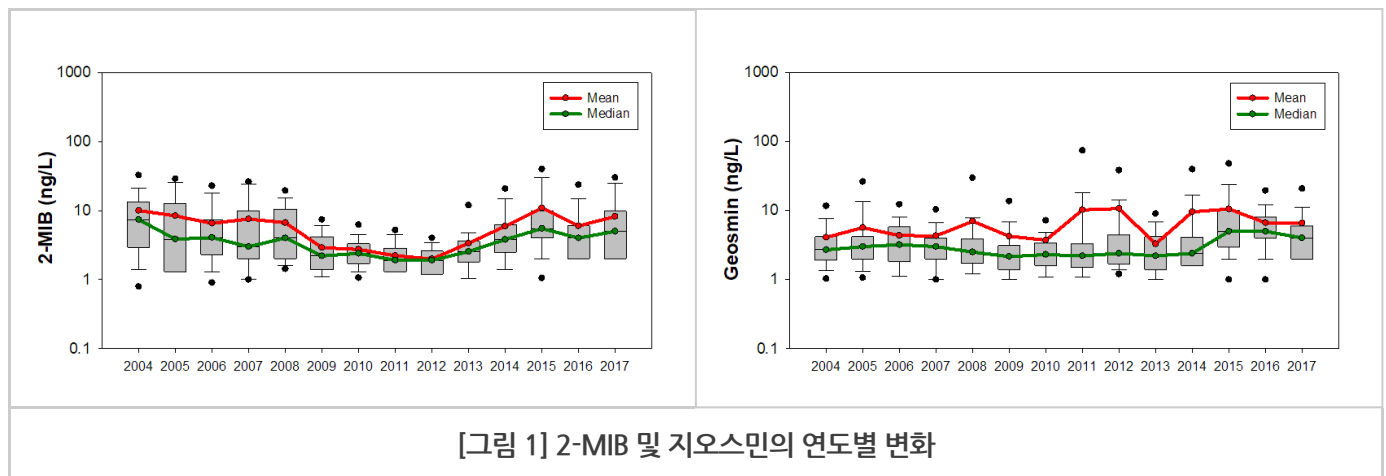
먼저 취수원별로 장기간 측정된 수질, 조류, 맛·냄새 자료와 기상, 수문 등의 자료를 취합하여 데이터베이스를 구축하였다.

구축된 데이터베이스를 바탕으로 연도별, 월별, 지점별 맛·냄새 물질의 시·공간적 발생특성을 분석하였다. 또한 시계열 트렌드 분석법을 사용하여 지점별 맛·냄새 물질의 장기적 변화 경향성을 분석하였다.

마지막으로 조류 및 환경인자(수질, 기상, 방류량 등)와 맛·냄새 물질의 상관관계와 결정나무 분석을 통해 맛·냄새 물질발생과 관련된 주요 인자를 도출하고, 주성분 분석을 통해 기준농도 이상 발생 시 자료들이 가지는 특성을 분석하였다.

핵심성과

‘04~’18년(15년) 동안 맛·냄새 물질의 연도별 변화를 분석한 결과 2-MIB는 감소하는 추세를 보이다 ‘13년부터 최근까지 증가하였으며, 지오스민은 ‘15년부터 최근까지 증가하는 경향을 보이고 있다. 20 ng/L 이상 발생 빈도를 분석한 결과 2-MIB는 봄, 가을, 겨울에, 지오스민은 여름, 가을에 주로 발생하였다.



지점별 농도를 비교한 결과 일관된 경향은 없었고 시기별로 변화경향이 달랐다. 2-MIB는 ‘13~’15년은 하류(풍납, 자양)에서 농도가 증가하고 다른 기간은 상류(광암, 강북)에서 농도가 더 높았으며, 지오스민은 ‘15~’17년은 대체로 하류에서 농도가 증가하고 나머지 기간은 상류에서 더 높은 것으로 나타났다.

맛·냄새 물질과 조류의 시계열 변화를 비교하여 조류 발생과의 관계를 분석하였다. 2-MIB는 ‘04~’08년에 규조류의 변화와 유사하며 ‘14년부터는 남조류의 변화와 유사한 경향을 보였다. 또한 *Pseudanabaena* 속이 ‘15~’18년에, *Oscillatoria* 속이 ‘15년에 2-MIB 농도변화와 유사한 트렌드를 보여주었다. 지오스민은 ‘04~’18년 전기간 동안 남조류와 유사한 변화경향을 보였으며, 주로 ‘06~’08년, ‘18년에 *Microcystis* 속과, ‘07~’10년, ‘12~’15년, ‘17~’18년에 *Anabaena* 속과 유사하게 변화하였다.

장기적 변화 경향성을 맨-켄달 검정법을 사용하여 분석한 결과, 2-MIB와 지오스민 모두 최근 10년(‘09~’18년) 동안 5개 취수원수 전 지점에서 통계적으로 유의하게 증가하는 경향을 나타냈다. 분석기간 초반(2-MIB) 또는 중반(지오스민)에 높았던 농도의 영향으로 전 기간(‘04~’18) 자료에 대해서는 변화경향성이 나타나지 않았으나, 풍납 및 자양지점에서의 지오스민은 전 기간에 대해서도 증가하는 경향을 나타냈다.

다만, 상수원 맛·냄새 물질 농도의 관측 시기와 일치하는 팔당댐 상류 수질, 맛·냄새 물질, 조류 자료 등이 부족하여 상관분석 및 영향인자 분석 시 상류 인자들의 영향을 분석하는데 한계가 있었다. 향후 이러한 자료들과 더불어 맛·냄새 물질의 다른 주요 발생원으로 알려져 있는 방선균에 관한 관측 자료가 추가된다면 좀 더 종합적이고 정확한 분석이 가능할 것이라 생각된다.

활용방안

본 연구에서 구축된 장기간 서울시 상수원 맛·냄새 물질 데이터베이스와 발생 특성 및 주요 영향인자 도출 결과는 맛·냄새 물질 관련 상수원 수질관리를 위한 현황분석 자료로 활용될 수 있다. 나아가 본 연구에서 도출된 결과는 맛·냄새 물질 예측모델 개발을 위한 선행연구로 활용됨으로써 향후 맛·냄새 물질 사전대응에 기여할 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 변정환, 황순진, 김백호, 박진락, 이재관, 임병진, 2015, “북한강 수계에 출현한 남조류와 이취미의 상관관계”, ‘생태와 환경’, 48(4), pp. 263-271
2. 서울물연구원(수처리연구과), 2016, “서울시 고도정수처리 운영매뉴얼 II”, 서울물연구원, pp. 1-122.
3. Cleveland, W. S., 1979, “Robust Locally Weighted Regression and Smoothing Scatterplots”, *Journal of the American Statistical Association*, 74(368), pp. 829-836.
4. Helsel, D. R. and Hirsch, R.M., 1992, *Statistical Methods in water resources*, Elsevier, Amsterdam. pp. 1-522
5. Hirsch, R. M., Slack, J. R. and Smith, R.A., 1982, “Techniques of trend analysis for monthly water-quality data”, *Water Resources Research*, 18, pp. 107-121.

[목 록](#)[PDF 다운](#)[메인화면](#)

© Seoul Water Institute Seoul Metropolitan Government. All Rights Reserved.

