

Indoor and Outdoor Air Quality Assessment of Four Wastewater Treatment Plants

(폐수처리시설의 실내·외 공기질 평가)

- 출처: Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 3:36-43, 2006
- 저자: Lee JA, Johnson JC, Reynolds SJ, Thorne PS, O'Shaughnessy PT

서론

폐수처리시설(Wastewater treatment plants, WWTPs)은 공기 중에 황화수소(H_2S)와 미생물 등의 오염물질이 존재하는 전형적인 작업환경이다. 특히, 황화수소와 엔도톡신은 저농도에서도 다양한 건강상의 문제를 야기하는 것으로 알려져 있으며 일부 역학 연구에서도 폐수처리시설 및 유사한 공정의 근로자들에게서 호흡기 관련 유병률이 높다고 보고하였다. 그러나 이러한 연구들은 위험성을 평가하기 위한 농도 수준에 대한 적절한 자료를 제공하지 못했다. 특히 폐수처리장에서의 황화수소와 엔도톡신 농도에 대한 연구는 거의 없다.

일반적으로 폐수처리장 공기 중 오염물질의 농도에 대한 연구에서 엔도톡신은 불검출에서 $4000EU/m^3$ 이하, 황화수소는 2ppm 이하로 보고하고 있다. 기존의 연구에서도 물 교환 시설이나 살수 시스템공정에서 엔도톡신과 총 박테리아 농도가 높다고 보고하고 있으며, 실내보다 실외의 노출 수준이 낮았다. 게다가 하수처리량과 공기 중 bacteria, fungi 농도와 관련

이 있었다. 그러나 이러한 연구들은 정확한 황화수소 농도와 지역시료 포집 방법에 대해 거의 제시하지 않았으며, 오염물질의 발생률과 관련 있는 요인에 대해 거의 조사하지 않았다.

이 연구의 목적은 폐수처리장의 여러 공정에서 다양한 방법으로 황화수소와 엔도톡신의 농도를 조사하고 환경 요인을 파악하는데 있다. 세부적으로 오염물질 수준과 하수의 탄소질생화학적 산소요구량(CBOD)과 일일 폐수 유입량과 오염물질 수준과의 관련성 조사, 오염물질 농도에 영향을 줄 가능성이 있는 온도와 습도의 조사 및 각 단위 운전공정의 농도 수준을 조사하는데 목적이 있다.

방법

대상

생활 및 산업 폐수를 처리하는 4개 하수처리 시설을 대상으로 하였으며 폐수 유입량은 $15,140m^3/day - 143,830m^3/day$, CBOD는 $188 - 550mg/L$ 이었다. 폐수처리공정은 부유

물 제거, 1차 정수, 생물학적 처리, 2차 정수, 슬러지 탈수, 분해공정으로 이루어지며 부유물 제거, 슬러지 탈수 및 분해공정은 옥내공정이 고 나머지는 옥외공정이었다.

측정 및 분석방법

2001년 8월부터 2002년 10월 동안 4개 폐수 처리시설의 각 6개 단위 공정에서 4-5시간 동안 지역시료측정방법으로 황화수소와 엔도톡신을 측정하였으며 상대습도와 온도를 동시에 측정하였다. 총 22개 단위 공정에서 황화수소 105개, 엔도톡신 104개를 측정하였으며 단위 공정 당 2-8개를 측정하였다.

황화수소는 직독실 장비를 이용하였으며 검출한계는 3ppb이었다. 엔도톡신의 경우 펌프를 이용 37mm 유리섬유필터에 포집하였으며 검출한계는 0.049EU/mL이었다. 온도와 상대습도의 측정은 열선풍속계를 사용하였다.

결과

22개 단위 공정의 황화수소와 엔도톡신의 기하평균은 각각 1ppm 이하, 6-1,248EU/m³이었고 그 변이계수는 각각 <0.001-1.72, 0.01 to 0.97이었다.

황화수소의 농도는 단위공정, 총 폐수 유입률 및 상대습도와 관련이 있었으나 엔도톡신의 농도에 영향을 미치는 요인은 없었다. 슬러지 탈수 공정을 제외하고 부유물 제거 공정에서 황화수소의 농도가 가장 높았다. 슬러지 탈수 공정의 황화수소 농도는 2차 정수 및 슬러지 분해공정보다 높았다. 엔도톡신의 농도는 각 단

위 공정에 따른 차이가 없었다.

상대습도는 실내 및 실외 모두 일정하였으며 실외 온도는 변이가 컸다. 상대습도와 CBOD와 상관성이 있었으며($r=0.31$) CBOD와 총 폐수 유입률과 상관성이 있었다($r=0.87$). 황화수소의 농도는 실외보다 실내가 높았다.

고찰

본 연구의 통계 분석시 4개의 폐수처리시설은 동일하며 각 단위 공정의 처리 기술도 동일한 것으로 가정하였다.

전반적으로 황화수소의 농도는 총 폐수 유입률, 상대습도 및 간 단위 공정에 따라 차이가 있었으나 엔도톡신의 경우는 아니었다. 황화수소와 엔도톡신 농도에 상대습도, 온도, CBOD 및 총 폐수 유입률 등의 요인은 영향을 미쳤다. 따라서 폐수처리시설의 공기 중 황화수소와 엔도톡신을 효과적으로 최소화하기 위해서는 관리 방안을 달리 해야 한다.

105개의 황화수소 시료 중 17%는 노출기준인 1ppm보다 높았으며 저농도로 만성 노출 시 신경학적 증상과 호흡기계 증상을 유발할 수 있다. 마찬가지로 50EU/m³ 수준의 엔도톡신 농도 수준에서도 만성 노출 시 건강 관련 문제를 제시하고 있으며 본 조사에서는 60.9%가 50EU/m³ 수준을 초과하였다. 그러므로 추후 폐수처리시설 근로자에 대한 연구에서는 황화수소 및 엔도톡신 노출과 건강과의 상관성에 대한 연구가 필요하다. ☺

제공 / 편집위원 연세대 노재훈

참고문헌

- Astrakianakis, G., L. Svirchev, C. Tang, R. Janssen, B. Anderson, N. Le, et al.: Industrial hygiene aspects of a sampling survey at a bleachedkraft pulp mill in British Columbia. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 59:694–705 (1998).
- Brandi, G., and S. M. Amagliani: Evaluation of the environmental impact of microbial aerosols generated by wastewater treatment plants utilizing different aeration systems. *J. Appl. Microbiology.* 88:845–852 (2000).
- Gaitonde, U.B., R. J. Sellar, et al.: Long term exposure to hydrogen sulphide producing subacute encephalopathy in a child. *Br. Med. J.* 294:614 (1987).
- Heederik, D., and J. Douwes: Towards an occupational exposure limit for endotoxins? *Ann. Agric. Environ. Med.* 4:17–19 (1990).
- Kilburn, K.H.: Exposure to reduced sulfur gases impairs neurobehavioral function. *South Med. J.* 90:997–1006 (1997).
- Laitinen, S., A. Nevalainen, M. Kotimaa, J. Liesivuori, and P. Martikainen: Relationship between bacterial counts and endotoxin concentrations in the air of wastewater treatment plants. *Appl. Environ. Microbiol.* 58:3774–3776 (1992).
- Laitinen, S., J. Kangas, M. Kotimaa, et al.: Workers' exposure to airborne bacteria and endotoxins at industrial wastewater treatment plants. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 55:1055–1060 (1994).
- Liesivuori, J., M. Kotimaa, S. Laitinen, et al.: Airborne endotoxin concentrations in different work conditions. *Am. J. Ind. Med.* 25:123–124 (1994).
- Lundholm, M., and R. Rylander: Work related symptoms among sewage workers. *Br. J. Ind. Med.* 40:325–329 (1983).
- Melbostad, E., W. Eduard, A. Skogstad, et al.: Exposure to bacterial aerosols and work-related symptoms in sewage workers. *Am. J. Ind. Med.* 25:59–63 (1994).
- Richardson, D.B.: Respiratory effects of chronic hydrogen sulfide exposure. *Am. J. Ind. Med.* 28:99–108 (1995).
- Schiffman, S.S., J.M. Walker, P. Dalton, et al.: Potential health effects of odor from animal operations, wastewater treatment, and recycling of byproducts. *J. Agromed.* 7:7–81 (2000).
- Sostrad, P., B. Tvedt, W. Eduard, E. Bye, and K. Heldal: Hazardous peak concentrations of hydrogen sulfide gas related to the sewage purification process. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 61:107–110 (2000).
- Thorn, J., L. Beijer, and R. Rylander: Work related symptoms among sewage workers: A nationwide survey in Sweden. *Occup. Environ. Med.* 59:562–566 (2002).
- Thorne, P.S., K.H. Bartlett, J. Phipps, and K. Kulhankova: Evaluation of five extraction protocols for quantification of endotoxin in metalworking fluid aerosol. *Ann. Occup. Hyg.* 47:31–36 (2003).