

폐기물 처리업 근로자의 가스 괴저

한국산업안전공단 산업안전보건연구원 직업병연구센터 / 김 은 아

35세 남자 최씨는 2003년 1월부터 시립 환경시설공단에서 전기설비 관리 작업을 하였다. 최씨는 2005년 6월 11일 변압기 교체 작업을 하면서 우측 상박에 찰과상을 입고 응급조치를 하였으나, 이후 우측 팔의 통증이 발생, 악화되다가 7월 2일에 가스괴저가 의심되는 괴사성 근염으로 진단되었으며, 7월 3일 패혈증으로 사망하였다.

1. 작업환경

최씨가 근무한 시립 환경시설공단은 광범위한 지역으로부터 유입되는 하수를 처리하는 시설로 1일 61만여 톤의 처리용량이 소화되는 시설이다. 이 시설에서 처리하는 오폐수는 분뇨 및 오수처리시설에서 오는 폐수를 포함하여 생활하수가 약 85%, 산업폐수가 약 15%이다. 특히 생활하수의 경우 쓰레기 매립장에서 생활폐기물을 매립한 뒤 분해할 때 발생하는 오수가 포함되는데 이 하수의 경우 오염도가 분뇨의 약 5배 정도라고 하였다. 최씨는 오폐수처리장 전기시설과 하수처리장 관리와 기타 행정업무를 하였는데, 오후 근무시간 중 통상적으로 절반 정도를 폐수처리 현장에서 소요하였다.

최씨의 업무 중 오폐수에 직접 접촉될 수 있

는 작업은 다음과 같았다.

최씨는 직접 손이나 빗자루 등을 이용하여 스크린에 끼어 있는 오염된 슬러지를 제거해야 하는 작업을 했는데, 이 작업 시 맨손으로 긴 장대를 잡고 오물 속을 휘젓는 과정에서 손과 팔까지 오물이 묻는 경우가 흔했다. 최종 침전지는 월 1회 이끼 제거 작업을 해야 하는데 이 때 최씨는 직접 침전지에 들어가 청소를 하는 과정에서 오폐수가 신체에 접촉될 수 있었다. 또, 농축조의 계면을 확인하기 위해서 농축조 속에 머리를 넣어 확인하며, 작대기로 농축조 속을 휘젓는 과정에서 농축조 속의 오염된 슬러지가 신체, 특히 몸에 묻을 수 있었다. 특히 농축조 입구 뒤편에는 날카로운 철사 등이 있어 찰과상을 입기 쉬웠다.

최씨의 주요 업무 중 각종 시설물의 펌프장 전기실내 전기관련 설비를 정비, 교체하는 업무가 있었는데, 이 전기 시설들에는 날카로운 금속 돌출물이 많아, 작업시 손이나 팔 등에 수시로 찰과상 등의 손상을 입을 수 있는 것으로 보였다. 최씨는 수십 종의 펌프 수리, 보전 및 주변 청소 작업을 수시로 하면서 주변 환경의 쓰레기와 먼지에 노출되었다. 팀의 주 업무가 수질공정 관리이므로 유입수가 들어 올 때 쓰레기를 걷어내기 위한 청소 작업을 자주 하였다. 설비를 점검할 때는 전기 설비를 열어보고,

고장 난 곳을 뜯어보아야 하므로 이 과정에서 피부에 상처가 자주 났고, 피가 날 때가 많았다. 특히 세척조의 호스를 묶어주는 철사나 펌프장 전기 설비의 경우 날카로운 부분이 많아 상처를 자주 입었다.

환경시설공단 자체에서 실시한 일별 수질 현황에 의하면 유입수의 대장균 수는 2005년 6월 1단계 설비에서 150,800개/ml, 2단계 설비에서는 162,700개/ml이었다.

2. 의학적 경과

최씨는 음주는 많이 하지 않고 운동을 좋아하여 2005년부터는 테니스를 즐겨 하였다. 과거에 결핵, 당뇨, 간염, 고혈압 등의 만성질환이 없었으며, 기타 의료기관에서 수술 받거나 장기 복용한 약물이 없다고 하였다. 최씨는 이 사업장에 근무하면서부터 자주 찰과상을 입었는데, 가족에게 시설정비, 청소 등을 하면 자주 긁히기 때문이라고 했다고 하며, 유사한 작업을 하는 동료근로자들도 작업 중 피부에 상처를 입는 일이 자주 있었다고 하였다. 최씨의 의무기록에 의하면 2004년 8월에 작업 중 발판에 끼어서 우측 세 번째 손가락에 마멸창을 입고 병원에서 치료한 적이 있었다.

최씨는 2005년 6월 9일부터 10일 사이 자체 설비를 교체하고 수선하는 공사를 새벽까지 하고 다음날 바로 출근하여 연속 밤샘을 하였으

며 오후에는 오수 중계 펌프장에서 변압기 모선교체 작업을 하였다. 이 작업이후 오른손에 상처를 입었는지 손가락에 밴드를 감고 1주일 정도 근무하였으며, 오른쪽 팔 안쪽 및 옆구리 쪽에 통증을 호소하기 시작하였다. 이 상처에 대해 대수롭지 않게 생각하고 물파스 등으로 응급조치를 하면서 지냈다. 최씨가 가족에게 최초로 통증을 호소한 것은 6월 14-15일 경이었다고 하며, 오른쪽 팔 상박부 내측의 통증을 호소했다고 하는데, 이 때 부인이 만져 본 결과 상처는 없었고 외견상으로도 표가 나지는 않았으나 통증을 지속적으로 호소했다고 한다. 만져보면 다른 부위보다 약간 딱딱했고 누르면 아프다고 했는데 걸으며 뚜렛이 표가 나기 시작한 것은 6월 30일 병원에 다녀온 뒤였다. 6월 30일에 최씨는 저녁부터 열이 많이 나서 해열제를 먹었는데 증상이 악화되어 병원을 방문하였는데, 우측 상완부 종괴(의증)가 있었고, 7월 1-2일에는 악화되어 병원기록에는 우측 상완부 근손상 및 가스괴저(의증), 패혈증 쇼크로 진단, 응급 수술에 들어갔다. 의무기록상에는 “우측 상완부 삼두박근 부분 파열 소견은 초음파 소견이며 이것이 가스괴저 진단기준은 아니며, 임상소견과 종합적으로 판단할 때 가스괴저가 의심되었음”으로 기술되어 있었다. 수술 후에도 호전되지 않자 최씨는 종합병원으로 전원되었는데, 7월 2일 종합병원 내원 당시 이미 패혈성 쇼크로 인한 다 장기 부전이 온 상태였고, 7월 3일 5시에 사망하였다. 최씨의 혈액 균배양 검사에서는 세균이 배양되지 않았고, B형

간염검사와 VDRL 검사에서는 음성이었다.

3. 가스괴저(괴사성 근염)

가스괴저는 연부조직의 괴사성 감염의 일종인데, 외상을 받은 사지가 굵게 부어오르고, 피부는 적갈색으로 되며, 수포를 형성하고 심부에 가스가 생겨서 압박하면 소리가 나며 악취를 풍기는 분비물이 나오는 특징을 가지고, 체온도 상승하고 전신 상태는 악화되어 치료에 실패하면 패혈성 쇼크로 사망에 이르는 감염병이다.

가스괴저라는 용어는 클로스트리디움 균에 의한 근육괴사(clostridial myonecrosis)와 같이 쓰이는데, 독소를 생산하는 클로스트리디움 균 감염에 의해 주로 발생되기 때문이다. 1861년 Louis Pasteur가 처음 클로스트리디움 균종을 동정한 이후로 여러 가지 균종이 분류되었는데, 가스괴저를 일으키는 주요한 클로스트리디움 균은 *clostridium perfringens*로 알려져 있다. 가스괴저는 1, 2차 세계대전, 6·25 한국전쟁, 베트남 전 등의 전시에 부상 군인들의 창상에서 흔히 발생되었다고 한다. 클로스트리디움 균은 토양에 광범위하게 존재하는 균인데, 부상과 관련하여 가스괴저를 일으킬 위험은 이 균의 농도와 관련이 있다. 일반인에서 가스괴저의 발생률은 미국의 경우 연간 3,000례라는 보고가 있다.

가스 괴저는 손상 이후에 발생하는 것이 대부분(60% 이상)이나 자연적으로 발생하기도

한다.

가스괴저는 가장 치명적인 질병들 중 하나로 간주되는데, 최근 보고에 의하면 약 25%가 사망한다고 하지만, 손상 후 감염과 관련 없이 자연적으로 발생한 가스괴저 또는 치료가 지연된 경우 100%가 사망한다고 보고되었다.

대부분의 가스괴저 환자는 지속적으로 심각한 피부 손상, 연부조직 손상, 개방성 골절 등에 동반하여 발생되었으며, 수술 후 가스괴저는 소화기계나 간담도계 수술 후, 불법 유산수술, 복강내시경적 담도계 수술, 충수염 천공, 코카인 주사 남용 등의 경우에 많다. 또, 복합골절, 총상, 피부화상, 감전, 동상 등과도 흔히 동반되며, 세균에 오염된 토양이 있는 경우 농장이나 산업현장에서 상처를 입을 경우 가스괴저를 발생시키기도 한다.

외부 손상조건이 없이 자연적으로 가스괴저가 발생하는 경우는 주로 발견되지 않은 암질 환을 가진 환자들인데, 혈액암, 대장이나 직장암이 가장 흔하며, 오래된 당뇨병이나 장기적인 항암제 치료 환자 등 면역기능이 저하된 사람들에서도 생긴다. 한편 이러한 선행 건강상태 없이도 가스괴저가 발생하는 경우가 있다.

가스괴저에서는 갑자기 발생하는 통증이 첫 번째 증상이며, 통증은 점점 심해지는데 감염이 퍼진 부위에 주로 발생한다. 환자는 감염된 사지 부위가 무거워진다고 호소하는데, 미열이 동반되고 감정적으로 무감각해지는 상태가 발생되기도 한다. 임상적으로 진단하며, 감염부위의 조직에서 클로스트리디움 균이 배양되면

확진할 수 있다.

손상된 상처에 클로스트리디움 균의 포자가 노출되면 감염이 시작되는데, 손상된 상처의 상태가 감염의 진행에 중요한 역할을 한다. 가스괴저의 전형적인 잠재기는 매우 짧지만(24 시간 이후), 경우에 따라 1시간에서 6주까지 다양하게 보고되고 있다. 균혈증은 매우 드물게 발생한다.

4. 폐수처리작업자의 직업성 감염질환

폐수처리업 근로자의 감염질환에 대한 위험성은 오래 전부터 알려져 왔는데, 이 업종의 근로자들은 작업 중 여러 가지 감염성 병원체가 포함된 오폐수 및 슬러지와 수시로 접촉하기 때문이다¹⁾. 스웨덴의 한 연구에 의하면 8개 폐수처리 사업장의 내독소 평가를 실시한 결과, 일반적인 환경에서는 내독소의 농도가 1.2-3.4ng/m³이었던 것에 비교해서 폐수처리 공정에서는 최고 2-32,170ng/m³로 내독소 농도가 높았다고 보고하였으며, 이 사업장 근로자들에서 호흡기 과민성 증상과 설사질환 등의

호소가 비교군에 비해 높았다고 하였다²⁾³⁾.

폐수처리 공정은 오염된 토양과 병원균이 포함된 폐수 및 슬러지 등이 있어 매우 다양한 균종이 존재할 수 있는데, 일부 연구에 의하면 호기성 부착성상에서 자라는 세균류는 pseudomonas, nitrobactor, thiobacillus 등 다양하며 그 외에도 장내 세균, 클로스트리디움, 슈도모나스 등의 병원성 세균과⁴⁾ 혐기성 세균 및 gram negative bacteria와 원생동물들이 다량 발견 된다⁵⁾. 한편 클로스트리디움 균은 토양에 광범위하게 존재하지만 먼지, 쓰레기, 강물 하수, 바닷물, 곤충 등에도 존재하는데, 특히 정화처리 전의 오폐수에는 매우 많아 음용수의 정화가 적절히 되었는지를 검토하는 지표로 E. Coli와 함께 이용되기도 한다⁶⁾. 그러므로 폐수처리장에는 일반 환경보다 클로스트리디움 균의 농도가 높을 가능성이 높다.

5. 작업관련성

최씨는 업무 중 자주 오염된 슬러지와 오폐수에 접촉될 수 있는 환경에 있었다. 쓰레기의

1) Smit L, Spaan S, Heederik D. Endotoxin Exposure and Symptoms in Wastewater Treatment Workers. Am. J. Ind. Med. 2005;48:30-39

2) Rylander R. Health effects among workers in sewage treatment plants. Occup. Environ. Med. 1999;56:354-357

3) Jeroen D, Andrea D, Heederik D. Work-Related Symptoms In Sewage Treatment Workers. Ann Agric Environ Med 2001;8:39-45

4) Pourcher AM, Morand P, Picard-Bonnaud F, Billaudel S, Monpoeho S, Federighi M, Ferre V, Moguedet G. Decrease of enteric micro-organisms from rural sewage sludge during their composting in straw mixture. J Appl Microbiol. 2005;99(3):528-39.

5) 장영수. 유동상 미생물접촉재 활성 슬러지시스템에 의한 하수처리 특성. 1977. 건국대학교 환경공학과 석사학위논문

6) Lisle JT, Smith JJ, Edwards DD, McFeters GA. Occurrence of microbial indicators and Clostridium perfringens in wastewater, water column samples, sediments, drinking water, and Weddell seal feces collected at McMurdo Station, Antarctica. Appl Environ Microbiol. 2004;70(12):7269-76.

협착을 제거하기 위해 오폐수처리 시설을 관리하고, 불결한 상태의 펌프 설비 관리, 최종 침전지와 농축조의 수면관리 등의 업무와 주변청소 작업시 수시로 피부와 오염물질이 접촉하였다. 폐수 처리장 근로자들이 병원성 세균에 감염되는 경로는 피부와의 직접 접촉 뿐 아니라 호흡기를 통한 bioairosole의 흡입을 통해서도 가능한데, 하루 근무 시간의 50% 가량을 현장 설비 관리를 위해 일해야 했으므로 최씨가 업무상 클로스트리디움 균을 포함한 다양한 폐수처리장 발생 병원성 세균에 감염될 기회는 상존하고 있었다.

한편, 최씨가 관리해야 하는 설비들은 날카로운 금속 표면과 돌출물이 많고 작업공간이 충분하지 않는 좁은 곳이 많아 수시로 피부에 찰과상을 입을 수 있는 상황이었으며, 실제 유가족과 동료에 의하면 근무 중 피부 상처를 자주 입었다고 하였다. 최씨는 입사 전에 건강한 상태였다고 하는데, 2005년 6월 10일 근무 중 오른손 손가락에 작은 상처를 입은 적이 있으며 6월 14-15일 경에는 오른팔 안쪽에 종괴와 함께 통증을 호소하기 시작하여 동일 부위에 가스괴저가 발생하였고, 의무기록에 의하면 이 부위에 찰과상이나 개방성 피부손상을 발견하지 못하였다. 그리고 수술소견에 의하면 오른쪽 팔 이두박근의 근육 변성이 관찰되었다고 하는데, 종합병원의 혈액배양검사에서는 세균이 동정되지 않았다.

이상의 조사결과로 보아 최씨의 질환은, 혈

액배양검사서 괴저균이 동정되지 않았지만 가스괴저 환자에서 혈액배양으로는 괴저의 원인균이 동정되지 않는 경우도 흔하므로, 임상적 증상의 특징과 경과로 볼 때 가스괴저로 추정된다. 최씨의 업무 중 가스괴저의 원인균인 클로스트리디움이나 E.Coli 및 pseudomonas에 호흡기 및 피부 접촉을 통해 감염될 기회는 상존하고 있었는데, 발병 전후에 피부손상 부위가 상박의 가스괴저 발생부위와 일치하지 않으므로 병원균이 어떤 경로로 인체에 접촉되었는지는 당시로서는 명확하지 않았다.

그러나 오른손 손가락의 피부 손상, 호흡기를 통한 bioairosole의 흡입 등을 통해 인체로 이러한 병원균들이 침입할 기회는 충분하였으며, 발생원인이 명확하지 않은 이두박근의 근손상은 가스괴저 원인균들이 감염병을 촉진시킬 수 있는 요인이 되었던 것으로 추정할 수 있었다. 가스괴저는 감염 후 12-48시간 내에 급속하게 발병하는 경우가 대부분이나, 개별 환자에 따라 1시간에서 6주까지 감염으로부터 발병까지의 잠재기는 매우 다양하므로 최씨가 상박부 손상으로 인해 약 2-3주 후 가스괴저가 발생하는 것이 불가능하지는 않다고 생각되었다. 따라서 정확한 감염경로는 판단하기 어렵지만 최씨의 업무는 가스괴저의 원인균에 노출될 위험이 높으므로 이 근로자의 가스괴저는 폐수처리장의 각종 설비 관리와 청소 업무 중에 노출된 병원성 세균에 의해 발생되었을 것으로 추정된다. ☹️