

# 국제환경동향

<한국과학기술정보연구원 제공>

1. 산성 폐기물 재생 시스템 개발
2. 바이오필름 리액터를 이용한 새로운 정수기술
3. 중국, 황사 풍동 시뮬레이션 실험에 성공

## 1. 산성 폐기물 재생 시스템 개발

로스 알라모스 국립연구소 (Los Alamos National Laboratory)의 과학자들은 연구소의 플루토늄 설비로부터 산성 폐기물을 성공적으로 제거할 수 있는 특별한 시스템을 개발했다.

4년에 걸친 개발 후에 로스 알라모스 (Los Alamos) 과학자들인 Aquilino Valdez, Ronald Chavez, Benjie T. Martinez 그리고 Don Mullins 은 그들의 질산 재생 시스템을 성공적으로 보충하고 개발한 업적에 대해 재생 기술에 대한 2002 백악관 클로싱 더 써클 어워드 (2002 White House Closing the Circle Award) 상을 수상했다. 연구원들은 로스알라모스 연구소의 악티나이드 (Actinide) 공정화학그룹에 속한 연구원들이다.

이러한 시스템을 개발한 연구원들은 이미 미국 에너지 부의 오염방지 기술상 (Department of Energy Pollution Prevention Award)을 예전에 수여 받았다.

로스알라모스 연구소의 플루토늄은 그것을 질산에 용해시킴으로서 정제된다. 전에 사용되는 처리 시스템들은 다수의 컬럼을 통과함으로써 대부분의 플루토늄을 재생시킨다. 그러나, 그런 공정의 단점은 질산에 오염된 액체 폐기물들을 만들어내는 것이다. 이러한 폐기물들은 로스알라모스 연구소의 방사성 액체 폐기물 처리설비 (Radioactive Liquid Waste Treatment Facility) 로 보내져 응축되어야 하는데, 이러한 공정은 폐기물 고립 파일럿 플랜트 (Waste Isolation Pilot Plant) 에 선박으로 보내져 플루토늄을 안정화시키는 동시에 산성 폐기물들을 중성화시키는 공정과도 상당한 관련이 있다.

질산염 방출에 관한 규제가 지난 몇 년 동안 점점 엄격하게 강화됨에 따라, 로스알라모스 (Los Alamos) 연구팀은 폐기물 처리공장에서 실질적으로 질산염 방출을 줄이면서 플루토늄을 정제하는 방법을 개발했다. 단편적인 증류 기술을 이용해서, 연구팀의 시스템은 성공적으로 질산을 재생했다. 이러한 증류기술은 다른 끓는점을 갖는 화학물질



을 분리하는데 사용되는 기술이다.

물이 질산보다 끓는점이 낮기 때문에 플로토늄은 빠르게 증류 컬럼 맨 위부분으로 올라오게 된다. 그 결과 시스템에서 거의 순수한 물이 제거될 수 있는 것이다. 컬럼의 바닥에 남아있는 질산은 간단하게 재 사용될 수 있다.

질산 재생 시스템은 실제적으로 폐기물 흐름으로부터 질산염을 제거할 수 있다. 사용된 질산은 증류 컬럼에서 모아진 후에 현재 재 사용되기 때문에 예전의 공정조업 도중에 사용되던 양의 20% 정도가 감소될 수 있었다. 전체적인 폐수 흐름은 99.98 % 의 순수 물로 구성되어 있으며, 소량의 플로토늄도 검출되지 않았다.

## 2. 바이오필름 리액터를 이용한 새로운 정수기술

미국 Northwestern 대학 환경공학자에 의해 음용수에서 과염소산염(perchlorate)을 제거할 수 있는 방법이 개발되었다. 과염소산염은 로켓 연료의 성분이면서 음용수에서 문제가 되는 물질로서 갑상선의 손상을 초래한다.

본 기술은 전자의 이동을 이용한 천연 생화학 공정을 통해 유해한 과염소산염을 무해한 염화물(chloride)로 전환시킬 수 있는 것으로서, 공동 섬유 바이오필름 리액터(hollow-fiber membrane biofilm reactor) 부분에 대해서는 미국 특허등록이 되어 있다.

이러한 저비용의 환경친화적 시스템은 질산염(nitrate)에 대해서도 같은 효력을 발휘한다. 질산염은 비료를 통해 오염되는 물질로서 유아에 대해 메트헤모글로빈혈증(methemoglobinemia) 또는 청색아(blue-baby)를 유발시키는 물질이다. 이외에도 브롬산염(bromate), 셀렌산염(selenate), 중금속 물질, 방사선 핵종(radionuclides) 및 반도체 산업에서 문제가 되고 있는 트리클로로에틸렌(trichloroethylene) 등의 염소화 용매에 대해서도 효과가 발휘될 것으로 생각된다.

Rittmann 박사는 "기존의 방법들로서는 여러 가지 공해물질을 제거하는 것이 쉽지가 않다. 그러나 본 기술로는 거의 모든 산화 공해물질의 제거가 가능하며 아울러 상당히 광범위한 적용 범위를 갖게 될 것으로 생각된다"고 말했다.

과염소산염에 대한 것은 1990년 말 미국에서 공급되고 있는 수돗물에서 제기된 문제로서 현재까지 이에 대해 뚜렷한 효과를 가진 해결책이 제시되고 있지 못한 실정이었다.

과염소산염과 질산염이 심하게 오염되어 있는 캘리포니아 La Puente 지역 지하수를 대상으로 시험한 결과, 본 바이오필름 리액터는 1분당 0.3 갤런의 물에서 이들 오염물질을 제거, 처리할 수 있는 것으로 나타났다.

본 오염제거 공정의 특징은 또한 막(membrane) 바깥 표면에 바이오필름으로 부착되어 있는 미생물을 이용한다는 점인데, 자연상태에서 발견되는 미생물들은 전자가 수소로부터 산화 오염물질로 이동되는 것을 촉매하는 역할을 한다. 즉 산화 오염물질들은 전자를 끌어당김으로써 무해한 물질로 변화되는 것이다. 즉 수소가스가 전자를 공급하고 바이오필름 미생물들이 전자의 이동을 담당하는 것이다.

수소가스는 이러한 생물학적 음용수 처리에 있어 아주 이상적인 전자 공여체로서 무독성이며 가격이 싸다는 장점이 있다. 본 시스템의 또 다른 장점은 단순히 수소가스의 압력 조절로 시스템 통제가 가능하다는데 있다.

Rittmann 박사는 본 바이오리액터 시스템에서의 미생물 생태를 연구하여 미생물의 작용 기작을 이해하고자 연구를 계속 진행하고 있다. 그는 또한 "바이오필름에서 이루어지는 현상에 대해 자세히 연구함으로써 음용수, 지하수 및

폐수에서 발견되는 모든 유해한 새로운 오염물질을 신뢰할만한 수준으로 효과적으로 제거할 수 있는 시스템의 개발이 가능하게 될 것"이라고 말했다.

본 연구는 미국 환경보호청(EPA)의 연구비 지원으로 수행되었다

### 3. 중국, 황사 풍동 시뮬레이션 실험에 성공

중국과학원 건조 환경 및 공정연구소 과학자들은 일전에 황사 풍동 시뮬레이션 실험을 성공적으로 실행하였다. 최근 들어 황사 날씨가 빈번히 나타나면서 사회 관심사로 떠오르고 있다. 황사 현상은 비교적 강한 날씨가 장기간 지속되는 과정에서 큰 바람이 대량의 황사 알갱이를 휘감고 나타나는 재해성 날씨 현상이다. 이번 황사 풍동 시뮬레이션 실험의 주요 담당자인 왕도(王濤) 교수의 말에 따르면 황사 바람은 수백에서 수천m 높이로 10m/초 속도로 버섯구름 모양의 황사 벽을 형성하여 나타나는 재해성 날씨에 속한다. 황사 날씨가 나타나는 과정에서 최대 순간 풍속은 30m/초를 초월하고 있으며 특히 심각한 황사 날씨가 나타나면 시야 거리가 50m ~ 0m에 달한다. 황사 현상에 대한 연구는 현재 아주 중요한 연구 과제로 대두되고 있다.

황사 시뮬레이션 실험인 풍동 시뮬레이션 실험은 매우 어려운 실험에 속한다. 황사 형성 여건과 메커니즘에 대한 연구는 지금까지 거의 실행되지 못한 상황으로서 이번 풍동 시뮬레이션은 완전히 새롭게 실행하는 실험에 속한다. 중국과학원 건조 환경 및 공정연구소는 중국 황사 현상에 대해 여러 분야에서 연구를 실행하였으며 사상 최초로 황사 시뮬레이션 실험인 풍동 시뮬레이션 실험을 실행하였다. 이번 실험을 통해 과학자들은 토양 침식은 황사를 형성하는 최초 원인이 된다는 점을 발견하였다. 바람은 토양의 제일 직접적인 동력이 되는바 그 중 기류의 성격, 풍속의 크기, 토양의 침식 과정에서의 풍력 역할 관련 여건 등이 제일 중요한 요소에 속하며 토양의 수분도 토양 침식을 형성하는데 있어서 중요한 요소가 된다는 연구 결과도 취득하였다.

이번 실험을 통해, 식물 조치는 황사 현상을 예방하고 퇴치하는데 있어서 가장 효율적인 기술 수단이라는 점을 발견하였다. 식물은 보통 세 가지 형식으로 토양의 침식에 영향을 주는데 지표 고착, 바람 동력 분산, 토양 사막화 방지 역할을 발휘한다. 황사의 형성은 특정 자연환경에서 생성되는 현상으로서 인류 활동과 대응 관계를 가지고 있다. 인위적인 과도 방목, 산림 파괴, 개간 등 인류 활동은 지면 구조를 파괴하여 대 면적 사막화 토지를 형성하게 되는바 이런 상황은 황사 형성과 발육을 가속화하는 역할을 하게 된다.

중국과학원 건조 환경 및 공정연구소에서 실행한 이번 풍동 시뮬레이션 실험은 중국 서부지역 개발 관련 정책 및 법규 제정과 중국의 지속 가능한 발전 전략을 실행에 옮기는데 중요한 과학적 근거를 제공하게 되었으며 실험을 통한 관련 연구 성과는 향후 중국에서 '사막화 방지 및 퇴치 공정 계획'과 '생태환경 건설 계획'을 실행하는데 중요한 기술 수단을 제공할 것으로 전망된다.

