

**농업폐수의 질소와 인을 흡착 재이용하는 기술**

일본 교토공예섬유대학 섬유학부의 호소야 켄 조교수와 국립환경연구소의 연구팀이 논에서 배출되는 폐수에 함유된 질소와 인을 생분해성 플라스틱을 이용해 흡착, 다시 논으로 되돌리는 정화방법을 개발했다. 흡착에 사용하는 생분해성 플라스틱은 미생물이 흡착되기 쉬운 논으로 되돌릴 경우 분해가 빨리 되기 때문에 폐수를 정화한 뒤의 폐기물 염려도 없다고 한다.

농업폐수 중의 질소와 인은 하천 등으로 그대로 유입될 경우 부영양화를 일으켜 이끼의 이상발생 등 생태계의 균형을 깨는 것으로 알려져 있다. 논에 과량의 비료가 투입되어 비료분의 질소와 인 대부분이 농업폐수가 되고 있다고 한다.

호소야 조교수팀은 특정 물질의 분자와 관능기 등 일부분의 형태와 성질을 고분자의 일부에 도입하는 “fragment imprint법”을 이용해 질소 등을 흡착할 수 있는 생분해성 플라스틱을 합성했다.

구체적으로는 생분해성 플라스틱의 일종인 폴리에스테르의 합성시 질소가 변화한 초산이온이나 인으로부터 생성된 인산이온이 들어가기 쉬운 형태를 폴리에틸렌 분자에 만들어 넣었다.

이 방법에 따라 질소와 인은 선택적으로 100배-1000배 정도의 농축이 가능하다고 한다. 질소 등을 흡착한 폴리에스테르는 그대로 논으로 환원, 생분해되며 질소와 인은 영양분으로서 재이용될 것으로 보고 있다.

작년도에는 이시가와현의 논에 농업용수로에서 예비적 시험을 실시, 질소 등의 농축 효과와 폴리에스테르의 생분해성을 확인했다. 폴리에스테르는 정화된 물에서는 생분해가 늦지만 농업폐수 중에서는 미생물이 다량으로 흡착되므로 논으로 되돌릴 경우의 분해가 촉진되는 효과가 있었다고 한다. 올해는 시가현의 비와호 주변의 논에서 농업폐수 정화의 실험을 실시할 예정이다.

**대기오염을 줄이는 연소시스템 개발**

석탄은 미국에서 전력을 생산하는데 이용 가능성이 풍부하고 값이 싼 전력 자원이지만, 석탄연소공정은 대량의 공기 오염물질을 생산한다. 백악관(White House)은 이러한 에너지 자원을 유지하기를 원하고 있으며, 석탄화력 발전소 조업 중에 발생하는 환경적인 오염영향이 감소되기를 바라고 있다. 이러한 목적을 만족시키기 위해, 국립 에너지 기술연구소(National Energy Technology Laboratory: NETL)와 대기업들 모두는 대기오염을 방지하면서 조업될 수 있는 석탄화력 발전소를 건설하기 위해 많은 노력을 기울이고 있다.

2개의 새로운 하이테크 석탄연소기 개발이 최근 에너지 부 기술회의(Department of Energy technology conference)에서 소개됐다. NETL 연구자들에 따르면, 이 연소기술을 사용함으로써 현재 많은 석탄연소 발전소에 설치됐으며, 좀 더 복잡하고 비용이 많이 드는 현존기술에 비해 스모그 형성을 상당히 줄일 수 있을 것이라고 한다.

에너지 부(Energy Department)의 석탄연구 프로그램에 참여하고 있는 Alstom Power Inc.사와 Praxair 사에 의해 이 기술이 소개됐다. 각각의 회사들은 최근 국제회의에서 NETL에 의해 수행된 질소산화물 조절기술을 이용한 파일럿 시험결과들을 발표했다.

“이러한 새로운 기술들은 오염물질과 비용을 상당히 낮추었다. - 이것은 강력한 조합이다. 연구자들은 대통령 환경정책의 기본적인 전제들을 설명했다. 그것은 이름 그대로 기술 향상이 미국 사람들에게 경제적인 성장의 손실 없이 청정한 공기들을 제공한다는 것이다.” 라고 에너지 부의 화석연료 부국장(Assistant Secretary for Fossil Energy)인 Mike Smith 은 말한다.

두 개 모두의 연소시스템은 저 질소산화물 연소기술에 혁신적인 변형기술을 적용했다. 석탄이 연소될 때 질소산화물 방출을 상당히 줄인 저 질소산화물 연소기(Low-NOx burner)는 1980년 및 1990년대 에너지 부의 청정석탄 기

솔프로그래(Clean Coal Technology Program) 때문에 많은 설비에서 표준 설비로 인정되고 있다.

전통적인 저 질소산화물(low-NOx burner) 연소기는 40~45%로 질소산화물 오염을 방출을 줄였지만, 많은 주 정부들은 좀더 엄격한 질소산화물 제한을 요구하고 있다. 그 이상으로 질소산화물 방출을 줄이는 것이 가능할 지라도, 그것은 비용이 상당히 고가였다. 그러나, Alstom 사와 Praxair 사의 기술들은 낮은 비용으로 좀더 엄격한 질소산화물 방출기준을 만족시킬 수 있었는데, 그 이유는 다른 기술들은 질소산화물을 제거하기 위해 분리된 화학공장 설비가 필요했지만, 개발된 기술은 연소기 내부에서 질소산화물 감소가 이루어지기 때문이다.

Alstom 사의 연소시스템은 질소산화물 형성을 감소시키는 특별한 탄소소모 “carbon burnout”라 불리는 연소공정 변형기술과 조절시스템이 향상된 기술을 이용했다. Praxair 사의 개발된 기술은 오직 공기를 연소시키는 연소기와 비교해 질소산화물 감소를 증가시킨 산소를 이용한 연소공정을 개발했다.

NETL 연구자들은 연구의 다음 단계로서 대용량, 다중 연소기 구조를 갖는 대량 상업적인 발전소를 건설하는 것이라고 말한다.

## 오수 처리 기술

지난 5월 말 모스크바에서는 “하수 처리와 재활용을 안정적으로 발전시키기 위한 혐기성 작용”이라는 국제 회의가 개최되었다. 여기에는 러시아 학술원 미생물학 연구소, 모스크바 국립대학, 독일 연방 농업 연구 센터 등을 대표하는 여러 과학자들이 산업 폐수와 농업 하수 및 쓰레기 처리를 위한 각종 연구물을 가지고 참석했다.

하수 정화 문제보다 더 시급한 문제가 과연 있을까. 오늘날 러시아 산업과 농업 분야는 미생물을 사용하여 80~90%까지 유기 오염원을 제거하는 방법을 이용하고 있다. 미생물은 유기 물질을 산화한다. 그 결과 바이오 매스가 발생한다.

따라서 오염 정도가 심한 하수의 정화에는 적합하지 않다. 이와 관련하여 러시아와 외국의 구진은 이 경우 산소없이 작용할 수 있는 미생물을 사용할 것을 제안하고 있다. 차이점은 이 경우 바이오 매스가 10배 정도 적게 형성된다는 것이다.

최근까지 러시아에서는 깨끗한 물의 가격은 매우 저렴했으며 그 결과 물을 물쓰듯 쓰게 되었고 현재는 물 문제가 심각하게 되었다. 러시아 학술원 미생물학 연구소의 알라 니 콜라예브나 생물학 박사를 중심으로 하는 연구진은 무산소 정수 장치에서 고대 미생물을 이용할 것을 제안했다.

이 박테리아의 특성을 연구한 결과 그들은 빠른 속도로 자라고 번식할 뿐 아니라 저온도 문제가 되지 않는다는 사실을 발견했다. 이런 특성은 하수 처리에 매우 적합하다. 왜냐하면 현재의 장비는 정수를 위해 35도까지 가열해야 하는데 그 과정이 빠지면 정수 처리 비용이 낮아질 것이기 때문이다.

모스크바 국립 대학의 세르게이 교수와 상크트 페테르부르크의 농업 미생물학 연구소 이리나 알렉산드로브나는 양돈장에서 가축의 분뇨가 포함되어 있는 오수를 정화하는 방법을 제안했다. 이 방법은 러시아 특유의 돼지 사육 산업에 적용할 수 있도록 개발되었다. 러시아에는 대규모 돼지 사육 농장이 많기 때문에 여기에서 나오는 돼지 분뇨의 수질 오염 문제가 심각하다. 먼저 분뇨를 액체와 고체 부분으로 분리한다. 여기에서 고체는 퇴비로 사용될 것이다. 액체 부분은 산소없이 활동하는 박테리아에 의한 정화 작용을 거치게 된다. 그 다음 정수 단계에서는 질소와 인의 화학 추출을 시작한다. 이때 좋은 비료가 얻어진다. 마지막으로 물은 산소 미생물을 이용하여 질소 찌꺼기를 제거하는 단계를 거친다.

## 산성 폐기물 재생 시스템 개발

로스 알라모스 국립연구소 (Los Alamos National Laboratory)의 과학자들은 연구소의 플로토늄 설비로부터

질산 재생 시스템은 실제적으로 폐기물 흐름으로부터 질산염을 제거할 수 있다. 사용된 질산은 증류 컬럼에서 모아진 후에 현재 재사용되기 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.

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 Mullins은 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 플로토늄은 그것을 질산에 용해시킴으로서 정제된다. 전에 사용되는 처리 시스템들은 다수의 컬럼을 통과함으로써 대부분의 플로토늄을 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 파일롯 플랜트(Waste Isolation

Pilot Plant)에 선박으로 보내져 플로토늄을 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 플로토늄을 정제하는 방법을 개발했다. 단편적인 증류기술을 이용해서, 연구팀의 시스템은 성공적으로 질산을 재생했다. 이러한 증류기술은 다른 끓는점을 갖는 화학물질을 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 재사용되기 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.

