

물속의 유기오염물을 효과적으로 제거하는 혁신적 고분자 물질 개발

<과학기술부 · 연구개발정보센터 제공>

오염물의 종류가 많아질 수록 그 오염물을 제거하고자 하는 청정방법들 또한 그 수가 증가하는 것이 일반적인 상식인 것처럼 생각 할 수 있다. 자외선 조사, 오존, 초임계 유체 촉매, 활성탄 그리고 역삼투압 방식 등등 매우 다양한 오염물 제거 방법들이 개발되어 이용되고 있지만 각기 제 나름대로의 장점과 단점을 가지고 있는 것이다. 그러나 청정 환경기술에 종사하는 과학자들과 기술자들은 항상 단점을 최소화하고 적용범위를 최대화 할 수 있는 더 낫은 방법을 찾고 있는 것 또한 사실이다.

이런 상황에서 물의 오염물을 매우 쉽게 그리고 효과적으로 제거 할 수 있는 고분자 물질이 개발되었다. Los Alamos National Laboratory에서 일하는 화학자 DeQuan과 대학원생 Min Ma는 나노미터 단위의 기공들을 함유하고 유기화합물에 대한 천연적 친화력을 갖는 새로운 종류의 고분자 물질을 개발하였다. 이 고분자는 물속에 존재하는 해로운 유기물을 흡착할 뿐만 아니라 이 오염물의 농도를 ppt 단위까지 낮출 수 있다는 것이다.

이 새로운 고분자는 전자산업에서 필수적으로 이용되는 초순수 제조에 매우 유용하게 이용될 수 있을 것으로 보인다. 또한 이 고분자 물질 제조를 비용적 측면에서 경쟁력을 갖도록 만들어 준다면 얇은 필름, 분리막 또는 음용수 필터와 산업 폐기물 처리에 쓰이는 섬유체 등으로 만들어 다양하게 이용될 수 있다는 것이다. 사실, 거름 장치와 물정화 분야에 주력하는 회사들은 Los Alamos 연구소와 기술계약을 위한 협상을 벌이고 있다. 유기용제 트리클로로에틸렌 같은 유기 오염물들은 경우에 따라서 중금속이나 무기물 보다도 오히려 제거

기가 어려운 문제를 야기하기도 한다. 중금속 또는 무기화합물들은 상업화된 이온교환수지를 이용하거나 화학적으로 변형시킨 중간다공성 실리카 또는 제올라이트를 이용하여 유기오염물에 비해 상대적으로 쉽게 추출해 내거나 걸러질 수 있다. 이는 유기오염물 제거에 무기화합물을 이용하는 방법은 대부분의 유기오염물이 소수성을 가지고 있기 때문에 적합한 방법이 아니라고 설명한다. 수용액 중에 존재하는 유기오염물을 제거하는 몇몇 방법은 어느 정도 합리적인 방법 일 수 있다. 표면적이 큰 활성탄을 이용하는 매우 일반적인 것으로서 유기오염물을 ppm 단위까지 떨어뜨릴 수 있다.

그러나 활성탄은 유기물을 흡착하는 것뿐만 아니라 대기중의 수분까지도 흡착하는 단점을 가지고 있다. 그리고 역삼투압 방식은 소량의 분자들이 새나가는 단점을 갖는다. 이런 상황에서 볼 때 이팀에서 개발한 고분자는 다른 방법들이 가지고 있는 한계를 보완 해줄 수 있다는 사실이 중요하게 받아들여진다. 이 고분자는 구형의 형태를 갖는 cyclodextrins을 기본으로 하고 있어서 구형 내부에 나노미터 단위의 공간을 갖고 있다.

이 고분자는 표면에 친수성 히드록실 그룹을 가지고 있어서 물속에 쉽게 용해 되며 구형 공간내에는 수많은 소수성 그룹이 존재하여 소수성 유기물에 대하여 선택적인 친화성을 가지고 비공유결합을 형성하게 되는 것이다. 또한 이 기공의 크기는 5~11Å의 영역 내에서 제거하고자 하는 유기물의 크기에 맞게 조절 될 수 있다는 것이다. 이 고분자는 유기물을 아주 쉽게 구형공간 내부로 흘러 들어가게 함으로써 대상 유기 오염물을 감추어 버

린다.

이러한 사실은 비극성 유기물과 극성 물 사이에 존재하는 불안정한 상호작용을 크게 낮추어 주는 방향으로 이동하고자 하는 에너지 이동을 기동력으로 하여 유기분자가 소수특성이 강한 기공속으로 이동하게 된다는 메카니즘에 기초하고 있다는 것이다. 이 고분자는 활성탄에 비해 표면적이 작아도 부피 또는 무게비로 볼 때 그에 버금가는 흡착능력을 나타낼 수 있다. 또한 매우 주목 할 만한 장점은 이고분자가 유기물을 최대한으로 흡수하여 더 이상의 공간이 없을 때는 단지 메틸알콜을 이용하여 씻어 주기만 하면 내부의 오염물이 제거하여 다시 오염물 제거에 완벽하게 이용 될 수 있다는 것이다.

Materials Technology 저널의 편집장인 Renee G. Ford는 “ 이의 방법은 내 눈을 번쩍 뜨이게 하는 것이었다. 왜냐하면 이는 매우 다양한 유기물질 분자에 친화력을 갖고 있으며 재활용 가능이라는 잠재적 비용 절감 측면을 내포 하고 있을 뿐 만 아니라 유기오염물을 매우 낮은 농도로 까지 제거 할 수 있기 때문이다. 나는 초임계유체에서부터 용융 카보네이트까지 환경 청정을 위한 방법은 거의 모두 섭렵했지만 다른 방법과 달리 이 물정화 방법은 전망이 좋다. 왜냐하면 이 기술은 이제 시작일 뿐으로 무한한 가능성을 가지고 있기 때문이다.”라고 말했다.

그의 동료들은 처음에 cyclodextrins이 가지고 있는 함유 성질을 이용하여 화학적 마이크로센서로 만들려는 연구를 시작 했었다. 그러나 이 cyclodextrins을 고분자로 만드는 방향으로의 전환은 매우 단순한 실험이 계기를 제공 하였다.

Polyisocyanate, dihalohydrocarbons 그리고 dihaloacetylhydrocarbons 같은 가교제를 처방하자 이 분자는 중합되어 3차원 그물구조를 갖는 고분자로 변형되었던 것이다. 그리고나서 1990년대에 음용수 중의 오염물이 사회적으로 큰 이슈가 되자 마술과도 같은 물질을 개발하는데 엄청난 관

심을 쏟고 있으며 이 마술적인 물질은 오염물이 지하수에서 발견되면 단순히 넣어주는 것만으로 오염물을 완전히 제거 하게 될 것이라고 말했었다.

그리고 나서 그들은 이 고분자가 오염물 제거에 아주 적합하다는 사실을 알게 되었고 바로 실험에 착수 했다. 이 실험에서 그들은 trichloroethylene, phenol같이 환경오염 규제 대상이 되는 유기물질이 매우 낮은 농도까지 제거될 수 있음을 알게 되었던 것이다. 최근 이 고분자가 가솔린 첨가제인 또다른 물오염물 methyl tert-butyl ether (MTBE)를 제거하는 이상적인 방법이라는 보고가 있다. 그러나 몇몇 사람들은 이 고분자 기술이 환경오염 제거의 매우 좋은 도구이며 학문적으로도 매우 큰 가치를 가지고 있는 과학적 성과라는 점은 인정되지만 궁극적으로는 경제적 유용성이 기저에 있다고 지적 한다.

이 고분자를 이용하는 방법은 비용면에서 활성탄의 두배 가량이 들것으로 추정하고 있다. 산업적 이용에 있어서는 이 고분자를 이용하는 청정 시스템의 추가적인 설치비용이 문제가 되며 음용수에 있어서도 기존의 정수기가 거의 완벽한 성능을 보이기 때문에 굳이 대체 할 이유가 없다는 것이다. 이렇듯 비용적 측면이 가장 큰 문제로 대두되고 있음에도 불구하고 이 고분자 방법이 잠재적 효용 가치를 인정 받는 것은 활성탄의 경우 물속의 원하지 않는 성분까지도 비선택적으로 다량 흡착함으로써 오히려 제거하고자 하는 성분에 대한 효율이 저하되는 등 문제가 있으나 이 고분자는 제거 오염물에 대한 선택성이 매우 크다는 장점을 가지고 있다는 사실에 기인 한다. 이와같은 사실로 미루어 볼때 중요한 것은 수용액 처리 같은 산업 분야에 대하여 상대적으로 효용가치가 큰 잠재적 응용 가능성을 가진 혁신적 물질 개발 연구성과 라는 것에는 의심의 여지가 없다는 사실이다.