



Zeolite를 이용한 북한 비료 문제 해결

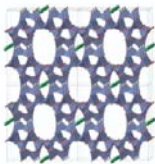
「결정구조학」과 「북한사회의 이해」강의페어링

신소재공학과, 한광희, 201620322, 이진희교수님, 최승철교수님 지도

연구 목적

북한의 농경사회는 질소 비료의 의존도가 높다. 최근 북한 사회에서는 여름철 태풍과 코로나 상황으로 인한 국가 봉쇄로, 질소 비료 수입이 감소해 식량 공급난을 겪고 있다. 본 문제를 해결하기 위해 결정구조학에서 학습한 다공성 재료 Zeolite를 활용하고자 한다. 다공성 Zeolite에 가축 분뇨에서 발생하는 질소 성분을 흡착한 다음, 질소 비료원으로 이용하고자 한다. 화력발전소에서 발생하는 잔유물인 석탄회와 적정 기술을 접목하여 Zeolite를 합성하기 때문에 경제성과 실효성이 있다. 따라서 북한사회를 포함하여 개발도상국에도 적용이 가능한 연구이다.

Zeolite



Zeolite는 크롱스테드가 1756년 발견한 광물이다. 그리스어로는 끓는다는 뜻의 zeo와 돌이라는 뜻의 lite가 합성된 광물이다. 광물학적으로 망상 규산염 광물에 속한다. 결정 내에 기공이 많기 때문에 이온 교환율이 좋다. 다양한 가스 분자의 흡착제를 비롯하여 제습제, 탈취제, 세제 등에 사용되고 있다.

북한의 화력발전소와 석탄회



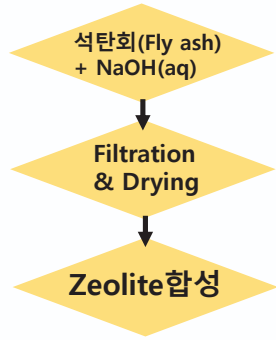
북한의 전력 생산 중 큰 비중을 차지하는 것은 화력발전소이다. 크게 북창화력발전 연합기업소, 평양화력발전 연합기업소가 존재하며 각각 160만 kW 및 70만 kW의 발전 설비 용량을 보유하고 있다. 화력 발전을 위한 석탄은 순천지구, 개천지구, 덕천지구의 탄전 흑령탄광 등지로부터 공급되는 석탄을 이용한다. 위와 같은 화력발전소에서 석탄을 연소한 후 잔유물로서 석탄회가 발생한다. 석탄회(Fly ash)는 아래 Table과 같은 성분으로 구성된다. Table에서 볼 수 있듯이 Zeolite와 석탄회는 구성성분이 유사하기 때문에 석탄회의 결정구조 변화로 Zeolite를 합성할 수 있다.



	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O
Zeolite의 구성성분 (단위:wt%)	34	29	18
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O
석탄회의 구성성분 (단위:wt%)	51.60	28.01	0.83
	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO
석탄회의 구성성분 (단위:wt%)	8.45	4.83	1.72

석탄회를 이용한 Zeolite 합성 방법

Zeolite 합성 방법은 [Synthesis of Hydroxy-Sodalite ("Zeolite") from Waste Coal Ash, Teruo Henmi]의 제올라이트 합성 방법을 기초로 한다. 반응기 내부에서 반응 촉진을 위한 교반기를 설치하고 NaOH(aq) 용액으로 합성한 다음, 합성된 Zeolite를 HCl을 사용하여 pH를 조절한다. 대규모 합성 장치를 제작한다면, NaOH, Fly ash storage tank와 이를 혼합해 줄 용기, 반응을 위한 열처리기만 있으면 가능하다. 즉, 북한 화력발전소에서 발생한 석탄회를 NaOH와 혼합 후, 여과(Filtration)공정을 거치고 Drying(건조)하면 Zeolite를 합성할 수 있다. 다른 목적을 위하여 유사 실험을 진행한 논문에서 암모늄 이온 흡착력이 약 35%로 공업 용도로 합성된 Zeolite에 비해서는 흡착력이 떨어지지만, 농업용에 이용하기에는 충분한 물성치라고 고려된다.



분뇨와 Zeolite를 이용한 비료 제작

가축 분뇨에는 질소, 인산 이외에도 마그네슘, 칼슘 등의 영양소와 구리, 나트륨, 망간, 아연, 붕소, 몰리브덴 등의 미량 광물질을 다량으로 함유하고 있다. 위와 같이 합성된 Zeolite를 비료원으로 활용하기 위해서는 가축 분뇨에서 발생한 다양한 성분들을 흡착해야 한다. 따라서 농촌진흥청에서 배포한 pH, 공기공급, 온도 조절과 같은 변수를 조절하여 Zeolite를 가축 분뇨와의 숙성함으로써 흡착이 가능하다.

탐구 의의

- 농작물생산의 증대를 가져온 하버-보슈법으로 질소 화학 비료를 대량 생산할 수 있게 되었지만 이렇게 만들어진 비료는 토양을 빠르게 산성화하였고 그 결과 토양의 오염도는 최근 상당히 높아져왔다. 본 탐구는 친환경적인 방법으로 질소를 **재활용** 한다는 점에서 의미가 있다.
- 일반적인 퇴비는 퇴비 제작 과정에서 공기중으로 손실되는 양이 있다. 하지만 Zeolite를 이용하는 방법은 분뇨에서 발생하는 질소와 비료 성분을 Zeolite가 흡착하기 때문에 비하여 보다 온전히 **퇴비에 이용할 수 있다**.
- 흡착 성질과 더불어 Zeolite의 규산 성분은 식물체의 세포조직을 강하게 하여 작물의 웃자람과 쓰러짐을 예방하고, 병해충 및 각종 불량 환경에 대한 저항성을 향상시켜주어 물리적인 토양 개량에도 도움이 된다. 논 토양에 고정된 인산을 가용화 시키고, 질소의 이용 효율을 높여 비료량을 30% 이상 절감할 수 있다.