

탄소중립을 위한 경질탄산칼슘 제조 기초연구

정진홍, 장향연, 박나리, 임현만, 김원재
한국건설기술연구원
jinhong98@kict.re.kr

A Basic Study on Precipitated Calcium Carbonate for Net Zero

Jin-Hong Jung, Hyang-Youn Chang, Na-Ri Park, Hyun-Man Lim, Weon-Jae Kim
Dept. of Environmental Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building
Technology

요약

탄소중립을 위한 기초연구로 환경기초시설에서 배출되는 이산화탄소를 경질탄산칼슘(PCC, precipitated calcium carbonate)으로 전환하는 기초연구를 수행하였다. 경질탄산칼슘(PCC) 제조를 위한 주요 운전조건은 pH, 주입 Ca 이온 농도, 교반강도 등이 있다. pH는 최소 9.5 이상을 유지하고, CaCl₂ 약품 투입 시 감소하는 pH 유지를 위해 다단의 제어가 필요한 것으로 나타났다. PCC 제조를 위한 반응시간은 15분 이내로 설계하는 것이 타당하며, CaCl₂ 약품 투입량에 따라 수중 탄산염(CO₃²⁻) 90% 이상 광물탄산화가 가능한 것으로 분석되었다. XRD 분석 결과, PCC 제조 샘플은 calcite와 vaterite로 구성되거나 calcite와 aragonite로 구성되며, TEM 촬영 결과, PCC는 직경이 2.2 ~ 2.8 μm의 범위에 분포하는 것으로 분석되었다.

1. 서론

탄소중립은 인간의 활동에 의해 발생하는 온실가스의 배출을 최대한 저감하고, 나머지 배출된 온실가스의 흡수량을 증가시킴으로써 실질적으로 배출되는 탄소의 양을 0으로 만드는 개념으로 알려져 있다. 배출되는 탄소와 흡수되는 탄소의 양을 동일하게 만들어 탄소의 순배출량을 0으로 맞추는 것으로, '넷-제로(Net-Zero)'라고도 칭한다.

공공분야에서 탄소중립을 실현하기 위해서는 설치과정에서부터 기능실현 과정에 이르기까지 탄소배출을 저감하기 위한 방안이 고려되어야 하며, 운영과정에서 발생하는 온실가스를 포집하여 배출가스를 최소화하여야 한다. 특히, 다른 분야의 인프라보다 비교적 많은 전력을 소비하는 하수처리시설, 상수처리시설 및 분뇨처리시설 등 환경기초시설의 탄소배출량을 저감하기 위해 저전력 소비 환경기술의 개발 및 탄소 포집, 활용, 저장에 관한 기술의 개발이 절실한 분야로 판단된다. 일례로 하수처리시설은 도시 전체 전력소모량의 0.5~1%를 차지하고 있는 것으로 조사되어 탄소중립 사회를 구현하기 위해 혁신적인 탄소중립 관련 기술의 개발 및 도입이 필요한 것으로 분석되었다.

대한민국에서는 산화탄소 포집 및 활용 기술 CCU(Carbon Capture & Utilization)은 CCS 기술과 달리 포집된 이산화탄

소를 따로 저장하지 않고 산업용으로 활용하거나 부가가치가 높은 물질로 전환하는 것이 특징이며 대표적인 기술은 이산화탄소 광물화 기술임. CCU기술은 크게 ① 화학적/생물학적 활용, ② 광물탄산화, ③ EOR(Enhanced Oil Recovery) 세 가지로 분류된다. 산화탄소 광물화 기술은 자연에 존재하는 규산염암 등에 포함된 마그네슘 산화물(MgO) 또는 칼슘 산화물(CaO)과 같이 알칼리·알칼리 토금속 산화물을 이산화탄소와 화학적으로 반응시켜 탄산마그네슘(MgCO₃) 또는 탄산칼슘(CaCO₃) 등을 생성시키면서 이루어지며, 이로 인해 생성된 탄산염은 장기간 안정 상태로 존재하는 것으로 알려져 있다. 산화탄소 광물화 방법 중 간접 탄산화는 2000년대 후반을 기점으로 출원 건수가 급격하게 상승하였고, 최근 간접 탄산화의 출원 건수가 직접 탄산화보다 많이 이루어지는 것으로 조사되었으며, 전체적으로 간접 탄산화가 직접 탄산화에 비해 출원 건수가 많았음. 다만, 현재까지 국내 하수처리시설에서는 CCUS, CO₂ 감축 설비 기술의 도입이 보고된 바 없는 것으로 알려져 있다.

이에 본 연구에서는 탄소중립을 위한 기초연구로 환경기초 시설에서 배출되는 이산화탄소를 경질탄산칼슘(PCC, precipitated calcium carbonate)으로 전환하는 기초연구를 수행하였다.

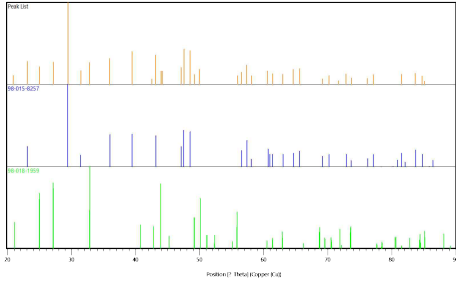
2. 실험장치 및 방법

경질탄산칼슘을 제조하기 위해서 CO₂ 가스를 물에 녹인 용액에 CaCl₂ 용액으로 Ca 이온을 공급하였고, pH는 NaOH를 주입하여 조절하였다.

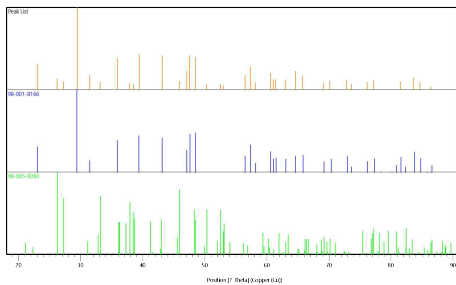
제조된 경질탄산칼슘의 성분, 크기 및 형태를 분석하기 위하여 XRD, TEM 및 EDS 방법으로 분석하였다.

3. 실험 결과

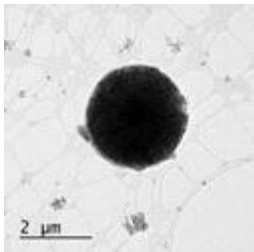
XRD 분석 결과 그림 1 및 그림 2와 같이 PCC 제조 샘플은 calcite와 vaterite로 구성되거나 calcite와 aragonite로 구성되는 것으로 나타났다. TEM 촬영 결과 그림 3 및 그림 4와 같이 PCC는 직경이 2.2 ~ 2.8 μm의 범위에 분포하며 비표면적이 큰 구형과 직육면체로 구성되는 것으로 분석되었다.



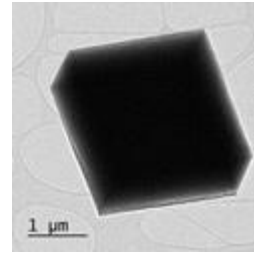
[그림 1] Sample 1 XRD 분석 결과



[그림 2] Sample 2 XRD 분석 결과



[그림 3] Sample 1 TEM 분석 결과



[그림 4] Sample 2 TEM 분석 결과

4. 결론

경질탄산칼슘(PCC) 제조를 위한 주요 운전조건은 pH, 주입 Ca 이온 농도, 교반강도 등이 있다. pH는 최소 9.5 이상을 유지하고, CaCl₂ 약품 투입 시 감소하는 pH 유지를 위해 다단의 제어가 필요한 것으로 나타났다. PCC 제조를 위한 반응 시간은 15분 이내로 설계하는 것이 타당하며, CaCl₂ 약품 투입량에 따라 수중 탄산염(CO₃²⁻) 90% 이상 광물탄산화가 가능한 것으로 분석되었다.

XRD 분석 결과, PCC 제조 샘플은 calcite와 vaterite로 구성되거나 calcite와 aragonite로 구성되며, TEM 촬영 결과, PCC는 직경이 2.2 ~ 2.8 μm의 범위에 분포하는 것으로 분석되었다.

사사

본 연구는 한국건설기술연구원 주요사업(20230160)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] 한국건설기술연구원, “탄소중립을 위한 차세대 환경기술 연구(II)”, 2022
- [2] 김학민, 나인욱, “CCU 기술 국내외 연구동향”, Korean Chem. Eng. Res., 57(5), 589-595, 2019년
- [3] 김한해, 배준희, 정지연, “이산화탄소 포집·저장·활용기술”, KISTEP 기술동향 브리프(2018-06호), 한국과학기술기획평가원, 2018년
- [4] B. Zheng, J. Xu, “Carbon capture and storage development trends from a techno-paradigm perspective”, Energies, 7(8), 5221-5250., 2014