

# Ca/Mg 혼합 산화물의 CO<sub>2</sub> 고압광물화 실험 및 상대적 효율성 비교

이시영\*, 양희철, 양인환, 정동용

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

\*sylee90@kaeri.re.kr

## 1. 서론

지구 온난화를 막기 위한 CCS(Carbon Capture & Storage) System 개발을 위해 CO<sub>2</sub> 광물화 연구가 많이 이루어지고 있다. 이 기술은 원전산업에서 발생하는 방사성 폐기물의 분해 시 발생하는 방사성 탄소(C-14)를 함유하는 CO<sub>2</sub>를 처리하는데 이용할 수 있다. 본 연구에서는 초임계 CO<sub>2</sub> 조건에서 Ca/Mg 비에 따른 CO<sub>2</sub> 광물화 반응의 상대적 효율성을 비교하였다.

## 2. 본론

### 2.1 실험 및 방법

#### 2.1.1 실험시료

실험에서 사용된 호스트광물은 CaCO<sub>3</sub>와 MgCO<sub>3</sub>가 주성분인 Mg/Ca 몰비가 0.017, 0.019, 0.037 및 0.922인 4종의 석회석을 분말화한 뒤, 하소한 광물 시료를 사용하였다. Fig. 1에서는 실험에 사용된 최종 호스트 광물의 하소 및 분말화 전 후의 형상을 나타내었다.



Fig. 1. Forms of the pulverize and calcination process of the minerals.

#### 2.1.2 실험 장치 및 방법

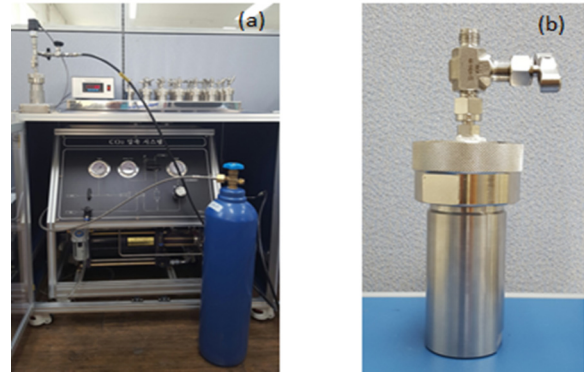


Fig. 2. (a)CO<sub>2</sub> Compression system and (b) reactor of high temperature and high pressure for mineralization.

부피 70 ml의 반응기에 하소된 Ca 0.1 mol의 시료를 채우고 100 bar로 압축된 CO<sub>2</sub>를 채웠다. 그리고 373 K로 운전되는 항온 오븐에 각각 2주, 5주 및 10주 동안 보관 후에 각각의 반응기를 개봉하여 호스트 광물의 무게를 측정하였다. 광물화 반응의 결과로 생성되는 호스트 광물 내 CaCO<sub>3</sub>와 MgCO<sub>3</sub>등의 조성변화에 대한 XRD 분석과 광물화 반응을 거친 호스트 광물에 대한 열 중량 분석 시험을 통하여 호스트 광물과 CO<sub>2</sub>간의 광물화 반응 결과를 비교분석 하였다.

## 2.2 실험 결과 및 논의

### 2.2.1 광물화 시험 생성물의 XRD 분석

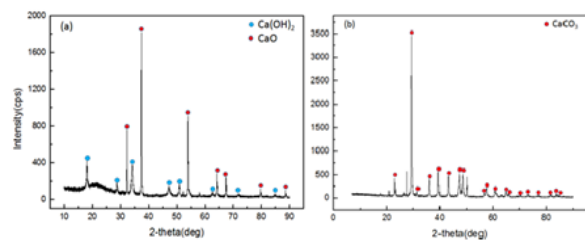


Fig. 3. XRD patterns (a) before and (b) after mineralization reaction of the host minerals(Mg / Ca molar ratio : 0.019).

Mg/Ca 몰비가 각각 0.019, 0.922인 호스트 광물의 XRD 분석결과를 각각 Fig. 3, 4에 도시하였다. 시료에 흡착된 CO<sub>2</sub>에 의하여 호스트 광물 시료의 무게가 증가함을 예상할 수 있다. 반응결과는 반응 전, 후 호스트 광물에 대한 XRD 분석결과 비교를 통하여 확인 되었다. Fig. 3(a)에서 보듯이 광물화 반응 전 호스트 광물(Mg/Ca 몰비 0.019)에 대한 XRD 분석결과 CaO/Ca(OH)<sub>2</sub>가 호스트 광물의 주요 성분임이 확인되며, 동시에 CaCO<sub>3</sub>에 대한 특성 피크들이 존재하지 않는 것이 확인된다. 그러나 반응 후의 호스트 광물의 XRD 분석결과를 도시한 Fig. 3(b)에서는 전형적인 CaCO<sub>3</sub>관련 피크들이 확인되고 반면 CaO/Ca(OH)<sub>2</sub>의 특성 피크들은 감소하여 확인할 수 없었다. 또한 실험에서 호스트 광물로 사용된 나머지 석회석에서도 비슷한 XRD 분석결과 및 피크변화 특성이 확인되었다.

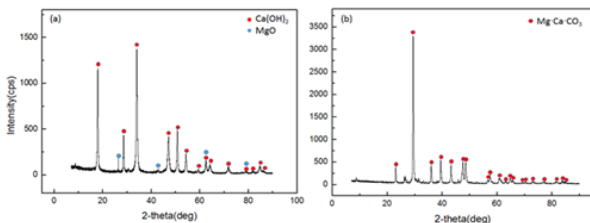


Fig. 4. XRD patterns (a) before and (b) after mineralization reaction of the host minerals(Mg / Ca molar ratio : 0.922).

그러나 호스트 광물(Mg/Ca 몰비 0.922)의 XRD 분석 결과에 따르면 CaCO<sub>3</sub>뿐만 아니라 MgCO<sub>3</sub> 특성 피크가 확인되었다. 이 시료는 나머지 3가지 시료에 비해 약 20배 정도의 MgO 성분을 함유하고 있다. 나머지 3가지 시료는 CaO에 비해 MgO 함량이 매우 작기 때문에 특성피크가 잘 나타나지 않았다. 반면에 Fig. 4에 도시된 반응 전 시료 XRD Patterns은 MgO의 특성피크가 잘 나타났고, 반응 후 XRD Patterns에서 Mg • Ca • CO<sub>3</sub> 의 특성피크를 확인할 수 있었다.

#### 2.2.2 광물화 시험 생성물의 질량변화 결과

실험에서 측정된 각 호스트 광물의 단위 질량당 흡착된 CO<sub>2</sub>의 질량을 Fig. 5에 나타내었다. Fig에서 호스트 광물의 단위 질량당 흡착된 CO<sub>2</sub>의 질량은 반응기내 체류 시간에 따라 점점 증가하는 결과를 나타내었다.

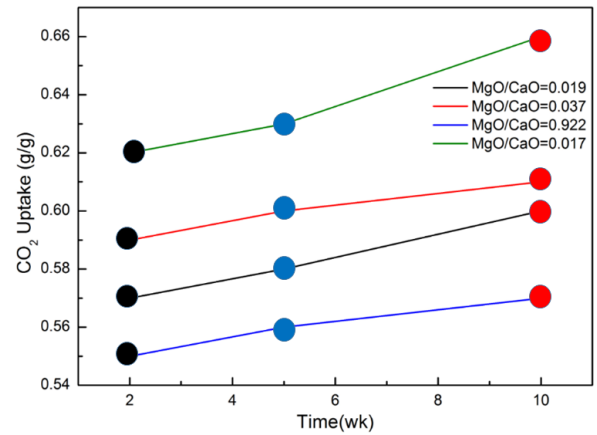


Fig. 5. The amount of CO<sub>2</sub> uptake with respect to the reaction time.

이러한 결과는 반응기 내의 CO<sub>2</sub>가 CaO와 MgO와 반응을 하면서 CO<sub>2</sub>의 압력이 떨어지기 때문에 반응이 완료되기까지 많은 시간이 소요될 것으로 추정된다. 또한 Fig. 5에서 Mg/Ca 몰비 0.017인 시료가 단위 질량당 흡착된 CO<sub>2</sub>양이 가장 많은 것으로 나타났다. 여러 물질로 구성된 호스트 광물은 CO<sub>2</sub>와 반응성을 갖는 성분 함량에 비례하여 광물화되는 양이 증가한다. 그리고 Mg/Ca 몰비에 따른 고정화율이 CaO의 함유량이 MgO보다 많을수록 CO<sub>2</sub> 흡착이 더 잘된다는 것을 확인하였다. 따라서 Mg/Ca 몰비 0.017인 시료가 가장 적합한 호스트 광물로 예측된다.

### 3. 결론

호스트 광물은 반응기내 체류 시간이 길수록 흡착량이 점점 증가하는 결과를 보였지만, 반응기 내의 CO<sub>2</sub> 압력이 떨어지면서 반응이 더더 질것으로 추정된다. 그리고 Mg보다 Ca의 반응성이 더 좋아 Ca함유량이 많은 광물일수록 광물화의 효율성이 더 좋을 것으로 추정된다.

### 4. 참고문헌

[1] V.Romanov, Y.soong, C.Carney, G.Rush, B.Nielsen, and W.O'connor, Mineralization of Carbon Dioxide : Literature Review, 2015