

## 2023년 청소년 과학프로젝트 발표대회 연구계획서

지구·환경

|              |   |
|--------------|---|
| 연구 주제        | 시멘트의 탄산화양생 효율 증진 연구   |
| 연구의 필요성 및 목적 | <p>이산화탄소, 메테인 등의 온실가스는 지표면에서 복사된 에너지를 재흡수하고 다시 지표면에 복사하며 온실효과를 일으킨다. 산업혁명 이후 증가한 온실가스는 과도한 온실효과로 기후 위기를 불러일으키며 현재 인류에게 최악의 사회 문제로 다가왔다.</p> <p>그 중 시멘트 산업에 의한 온실가스 배출량은 국내 온실가스 총 배출량의 6.8%란 막대한 비중을 가진다. 하지만 동시에 시멘트는 이산화탄소와 반응하며 탄산칼슘을 생성하는 탄산화 반응을 한다. 이 반응을 촉진하면 시멘트가 많이 사용되는 만큼, 시멘트에 의한 온실가스 전체 배출량을 효과적으로 줄일 수 있을 것이다.</p> <p>이에 우리 동아리는 시멘트 제작 초기에 적절한 조건에서 고농도의 이산화탄소와 반응시켜 시멘트에 이산화탄소를 효과적으로 저장하도록 연구를 진행하고자 한다.</p>  |
| 이론적 배경       | <p>-시멘트</p> <p>물과 반응하여 굳는 물질로 건물의 벽을 짓는데 사용되는 가장 많이 사용되는 건축자재이다. 석회석을 주원료로 하여 점토 등 부원료와 1500도 고온에서 구우면 클링커란 시멘트의 전구물질이 형성된다. 클링커를 가루 형태로 분쇄하고 석고와 혼합하면 시멘트가 된다. 이 가공과정 중 석회 성분이 산화칼슘으로 분해되며 CO<sub>2</sub>가 방출되는 것이 시멘트 산업 중 주 배출원인이다.</p> $CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g)$ <p>-탄산화 양생(탄산칼슘 침전반응)</p> <p>시멘트 내 성분인 수산화칼슘은 이산화탄소와 반응하여 탄산칼슘과 물을 생성한다. 이 반응에서는 이산화탄소가 포집되며 시멘트 제조 중 배출한 이산화탄소를 다시 흡수하여 배출량이 낮춰질 수 있다. 또한 생성된 탄산칼슘은 시멘트 내부 구조를 치밀하게 하여 경도를 증가시킬 수 있다.</p> $Ca(OH)_2(s \rightarrow aq) + CO_2(g \rightarrow aq) \rightarrow CaCO_3(aq \rightarrow s) + H_2O(aq)$ <p>이는 불가역반응이며 세공용액 중 알칼리 금속 이온 농도와 수산화 이온 사이 평형을 유지하기 위해 수산화칼슘이 분해되는 것이다. 이 반응이 진행될수록 시멘트 경화체의 pH는 감소한다.</p> |

|               |   |
|---------------|---|
|               |   |
| 실험 내용         | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 가루 형태의 시멘트를 준비한다.</li> <li>2. 일정 부피의 밀폐된 용기에서 건조시킨 시멘트 가루의 무게를 칭량해 증류수에 넣는다.</li> <li>3. 용기의 온도, 습도 조건을 일정하게 맞춘다.</li> <li>4. 밀폐된 용기 안에서 일정한 양의 드라이아이스를 승화시켜 이용해 원하는 이산화탄소 농도 환경을 조성한다.</li> <li>5. 고농도 이산화탄소 환경에서 시멘트 가루가 섞인 세공 용액을 2시간 동안 방치한다.</li> <li>6. 포집후 세공용액을 드라이 오븐에서 건조시키고 시멘트 가루를 분리해낸 후 시멘트 무게를 칭량해 시멘트 가루의 질량 변화를 측정해 탄소가 얼마나 포집되었는지 계산한다.</li> <li>7. SEM으로 시멘트 가루의 형태를 관찰해 탄산칼슘의 형성 여부를 관찰한다.</li> <li>8. 세공 용액의 pH를 3, 6, 9, 12로 맞춘 후 각 세공 용액에서 위와 같은 조건으로 시멘트와 섞고 이산화탄소와 반응시킨다.</li> <li>9. 각 실험군의 탄소 포집 정도와 탄산칼슘 형성 정도를 서로 비교한다.</li> <li>10. 압축 강도 시험기를 이용해 대조군과 각 실험군에서 형성된 시멘트의 강도를 측정해 성능을 비교한다.</li> </ol> |
| 연구 계획         | <p>4월- 정보 수집 및 동아리 부원 간 아이디어 공유</p> <p>5월- 가설 및 실험 설계, 실험 재료 구입</p> <p>6월- 실험 수행 및 데이터 분석, 1차 결론 도출</p> <p>7월- 1차 실험 내용을 고려하여 2차 실험 가설·계획 수립 및 수행</p> <p>8월- 2차 결론 도출 및 내용 정리</p>   |
| 예상 결과 및 기대 효과 | <p>시멘트 제작 단계부터 탄소 포집 과정을 거치게 해 모든 시멘트들이 배출하게 되는 알짜 이산화탄소량이 줄게 된다. 적용을 확대하면 시멘트 산업 자체가 배출하는 온실가스 퍼센트량을 유의미하게 줄일 수 있을 것이다. 또한 포집과정에서 형성된 탄산칼슘은 시멘트의 경도를 증가시키며 그 성능을 좋게 해 시멘트의 수명을 증가되며 재건축 등에 필요한 시멘트양이 줄 것이다.</p>  |
| 참고 문헌         | <p>A Study on the Cementitious Materials as Carbon Capture Materials-Micro-Structure Change by Carbonation Curing (문은진, 김상준, 박흥기, 최영철, 2018)</p> <p>시멘트계 재료의 탄산화 양생을 이용한 이산화탄소의 활용 및 격리 (장정국, 김광목, 박솔희, 이행기, 2016)</p>  |

