

대면적 탄산칼슘 막의 결정구조 제어에 미치는 칼슘 이온의 영향

Effect of the Calcium Ions on Crystal Structures Control of Calcium Carbonate Films with Large Area

이승효^{a*}, 김혜민^a, 이슬기^a, 문경만^b, 이명훈^a^a한국해양대학교 기관시스템공학과^b한국해양대학교 조선기자재공학부

(E-mail: yusong@hhu.ac.kr)

초 록: 본 연구에서는 탄산칼슘을 대면적의 막으로 형성하고, 그 결정구조를 제어하기 위해 제작된 합성용액 중 염(NaCl)의 첨가에 의한 Ca²⁺ 이온의 농도변화가 탄산칼슘 결정구조 변화에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 제작된 탄산칼슘 막은 SEM, EDS 및 XRD를 통해서 분석되었으며, 시간 별 탄산칼슘 막의 제작 및 분석을 통해서 결정구조 변화의 메커니즘을 규명하고자 하였다.

1. 서론

생광물화(Biomineralization)는 생물체가 환경으로부터 유기물과 무기물을 받아들인 상태에 잘 조절된 생리활성을 이용하여 기능 있는 구조체를 만드는 과정이다. 뼈나 조개껍질이 형성되는 과정은 생물체의 골격을 형성하는데 필수적이며, 여기에는 탄산칼슘, 인산칼슘, 실리카 등과 같은 무기물과 단백질, 지질, 탄수화물이 등의 유기물이 사용된다.¹⁾ 바이오미네랄이 생물체 골격 형성자로 중요한 역할을 하기 때문에, 많은 연구자들이 생광물화과정의 모방을 통해서 생체재료 및 구조재료 등의 연구를 시도하고 있다. 그 중에서 가장 주목되고 있는 물질 중의 하나가 탄산칼슘(calcium carbonate, CaCO₃)이다. 탄산칼슘은 암석, 암반 및 암초 그리고 패각(shell) 등에서 쉽게 발견될 수 있는 광범위한 광물질(mineral)이다. 한편, 이와 같은 종류의 탄산칼슘의 결정구조는 칼사이트(calcite) 형태가 대부분이며 아라고나이트는(aragonite)는 패류와 같은 생체에서 일부 발견된다. 현재 생체모방공학적인 생광물화과정을 통하여 패류의 탄산칼슘을 물리화학적 방법을 통해서 합성하려는 연구가 폭넓게 진행되고 있으나, 그 형성 메커니즘은 확립되어 있지 않은 실정이다.

본 연구에서는 패류 생체 내 세포막을 통한 물질 이동에 의해 발생하는 생체전위(biopotential)가 생물체의 생리활성이라는 것에 초점을 맞추어, 전기화학적 프로세스에 의해 합성된 용액 중 대면적의 탄산칼슘 막의 제작을 시도하였다. 또한 여기서는 그 합성용액 중 염화나트륨의 농도를 변화시켜 탄산칼슘 막의 핵심이 되는 칼슘 이온의 농도변화가 탄산칼슘 막의 결정구조 변화에 미치는 영향을 알아보고, 그 메커니즘을 규명하고자 하였다.

2. 실험 방법

본 실험에서는 탄산칼슘 막의 결정구조를 제어하기 위한 일환으로 생물체의 생체전위를 구현하는 전기화학적 프로세스 방법을 적용하였다. 여기서는 초순수(비저항이 약 6 MΩ·cm)에 NaHCO₃, CaCl₂, MgCl₂를 각 각 1:1:5의 비율로 합성한 용액을 사용하였다. 합성된 용액 중에는 NaCl을 각 각 1~10% 농도조건으로 첨가하였고, 이때 변화하는 칼슘이온의 양은 칼슘이온 전극을 통해서 측정하였다. 양극은 탄소봉을 사용하였으며, 실험은 40°C에서 24시간 동안 수행하였다. 각 조건에서 제작한 대면적의 탄산칼슘 막에 대해서는 그 석출량 변화를 분석함은 물론, SEM (Scanning Electron Microscopy), EDS(Energy Dispersive Spectroscopy) 및 XRD(X-Ray Diffraction)에 의해 표면의 형상, 성분 및 구조 등을 분석·평가 하였다.

3. 결과 요약

본 전기화학적 프로세스 방법에 의해 제작한 탄산칼슘 막들은 칼사이트와 아라고나이트 결정구조가 혼재되어 존재하였으나 비교적 용이하게 아라고나이트 결정구조의 제어가 가능하다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 이 막들은 NaCl 농도가 증가함에 따라서 석출량이 증가하였고 아라고나이트 석출 비율도 증가함을 관찰할 수 있었다. 이것은 NaCl이 탄산칼슘의 용해도를 증가시켜 용액 중 Ca²⁺의 농도 증가를 야기시키는 것과 밀접한 관련이 있는 것으로 사료된다. 즉, 이것은 초기에 형성되는 탄산칼슘의 칼사이트 결정핵 형성을 촉진시키기 보다는 결정 성장을 촉진시키는 것은 물론 후기에 Mg²⁺의 흡착에 의해 변형되어 생성되는 아라고나이트의 석출 비율을 증가시키기 보다는 결정 성장이 촉진된 칼사이트의 석출 비율을 증가시키는 것으로 판단된다.

4. 참고 문헌

1. I. H. Kim, I. W. Kim, *New&Information for chemical engineers*, Vol. 28, No. 1, 62-66p, 2010
2. S. H. Lee, M. H. Lee et al, "Formation Control of Eco-Friendly Calcium Carbonate Films by Electro-deposition Process at Different NaCl Solution Conditions", 2012 KISE Fall Meeting, Busan, November 8-9, 2012
3. M. H. Lee, M. Sarikaya, S. H. Lee, "Formation Control of Calcium Carbonate Having Aragonite Structure by Electrochemical Method", 2013 BMMP Meeting, Nagoya, 2013