

장세정, 김수진

서울대학교 지구환경과학부 (saejung@snu.ac.kr)

Hydroxylapatite는 석회동굴 생성물의 표면이나 또는 생성정지선에서 쉽게 관찰할 수 있으며, 암적갈색을 띠고 있어 생성물의 흑화현상에 기여하고 있다. 특히, 박쥐 서식처나 그 주위의 동굴생성물 표면에서 다량의 hydroxylapatite가 관찰된다. 본 연구에서는 SEM-EDS와 EPMA, XRD를 이용하여 고수동굴(충북 단양군 가곡면 고수리, 천연기념물 제256호, 1976년에 개방), 성류굴(경북 울진군 근남면 장평리, 천연기념물 제155호, 1963년에 개방)과 기하동굴(강원도 평창군 미탄면 마하리, 미개방동굴) 내에서 채취한 hydroxylapatite로 구성되어 있는 흑색 피각의 현미경적 조직을 연구하였다. Hydroxylapatite 피각은 모암(고수동굴과 성류굴에서는 calcite, 기하동굴에서는 calcite와 dolomite)의 표면에 약 0.3 mm의 두께로 존재하며 hydroxylapatite가 calcite와 dolomite를 교대하고 있다. 피각의 단면은 전자현미경하에서 비교적 맑은 부분인 hydroxylapatite와 상대적으로 어둡게 보이는 collophane으로 구성되어 있다. Collophane은 피각의 바깥 부위에 그리고 hydroxylapatite은 피각의 안쪽에 주로 분포하며 hydroxylapatite가 collophane을 교대하고 있는 것으로 보아 collophane으로부터 hydroxylapatite가 형성된 것으로 보인다. collophane과 hydroxylapatite가 보여주는 조직을 구분하면: 1) 교질조직 (colloform texture) (두께: 1.2 ~ 3  $\mu\text{m}$ , collophane 층에 지름 0.5 ~ 1  $\mu\text{m}$ 의 voids가 존재), 2) 망상조직 (reticulate texture) (voids 크기: 지름 0.5 ~ 1  $\mu\text{m}$ ), 3) 섬조직 (sea-and-island texture) (크기: 지름 2 ~ 4  $\mu\text{m}$ ) 등이다. Collophane이 주로 분포하는 피각의 가장자리 부분에는 망상조직과 섬조직 및 void (지름; 약 10  $\mu\text{m}$ )가 다량 존재하며, 망상조직과 void가 분포하는 곳에는  $\text{SO}_2$ 가 함유된다. 피각 표면에서 Ca, P, Si, Al 이외에 C와 S가 다량 함유되어 있는 막대모양의 박테리아 (지름: 1  $\mu\text{m}$ , 길이: 1 ~ 10  $\mu\text{m}$ )들의 집합체가 관찰되는데 박테리아가 피각 표면에 닿아 있는 부분은 박테리아 사이에 hydroxylapatite가 채워져 하나의 덩어리를 이룬다. 망상조직의 void의 크기와 박테리아의 지름이 비슷한 것으로 보아 망상조직은 박테리아 주위에 hydroxylapatite가 침전되고 그 후 박테리아가 있던 자리가 void로 남게 되면서 형성된 것으로 생각되며, 망상조직과 void에 존재하는  $\text{SO}_2$ 는 박테리아로부터 유래된 것으로 사료된다. 모암에는 P가 함유되어 있지 않기 때문에 hydroxylapatite의 P는 외부 물질(박쥐 분비물)에서 유래된 것으로 생각된다. hydroxylapatite 피각의 조직이 형태적으로 박테리아와 비슷한 것은 hydroxylapatite 생성에 미생물이 관여했다는 것을 암시한다.