

## 룡문대굴 흰색가루물질의 형성원인

정영성, 주룡호

경애하는 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

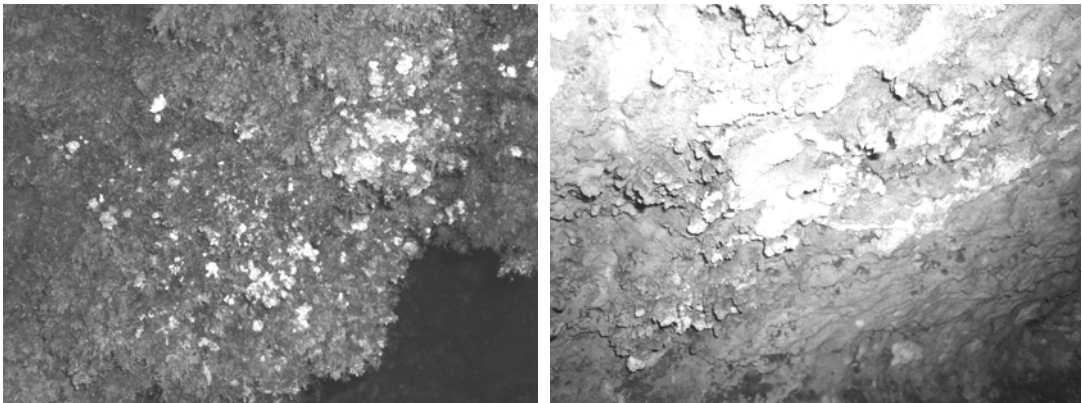
《은 사회에 민족적정서와 고상하고 아름다운 생활기풍이 차넘치게 하며 민족유산보호 사업을 전국가적, 전인민적애국사업으로 힘있게 벌려나아가야 합니다.》

선행연구[1]에서는 룡문대굴 흰색가루물질의 주성분을 석고로 보았다.

우리는 룡문대굴에서 명소의 관상적가치를 떨어뜨리는 흰색가루물질의 형성원인에 대하여 연구하였다.

### 1. 흰색가루물질의 존재형태와 공간적분포특성

룡문대굴에서 흰색가루물질은 동굴벽면과 돌꽃끝에 흰색의 미세한 가루형태로 존재하고 있다.(그림 1)



1)

2)

그림 1. 룡문대굴의 흰색가루물질

1) 돌꽃끝, 2) 벽면

룡문대굴에서 흰색가루물질은 일정한 법칙성을 띠고 분포되어있다. 즉 상대적으로 입구보다 낮고 좁은 길에, 사람들이 지나가는 길가까이에 있는 벽에 분포되어있다.

흰색가루물질은 석화동주변의 6개 지점에서 관측되었는데 석화동입구벽으로부터 시작하여 석화동벽, 산호꽃바위벽, 군함바위앞벽과 꼬리밀창벽, 산호꽃대문벽 등 백화동입구까지 집중분포되어있다.

나머지는 룡연굴과 천상락원동, 백두밀영동, 지묘굴과 보석동에 분포되어있다.

분포형태는 점모양, 덩이모양, 띠모양이며 그 두께는 3~4cm이하이다.

흰색가루물질의 공간적분포특성은 표 1과 같다.

표 1. 룡문대굴에서 흰색가루물질의 분포특성

No.	위 치	해발높이 /m	입구로 부터의 거리 /m	분포형태	분포면적 /m <sup>2</sup>	참관길 로부터의 거리/m	분포지점 에서 굴의 너비/m
1	석화동입구벽	265.8	338	서리꽃정점에 점모양	10.0	1.0	6
2	석화동벽	265.8	400	산호꽃정점에 덩이모양	1.0	1.0	2~3
3	산호꽃바위벽	269.2	380	덩이모양	1.0	0.5	4
4	군함바위앞벽	265.8	415	덩이모양	1.0	3.0	7~8
5	군함바위 꼬리밀창벽	264.6	420	띠모양	0.2	3.0	6
6	산호꽃대문벽	263.0	430	덩이모양	3.0	1.0	4
7	룡연굴천정	250.0	445	서리꽃정점에 점모양	14.0	1.0	2~3
8	독수리바위앞벽	233.4	700	띠모양	3.0	1.5	5
9	지묘굴벽	223.3	637	덩이모양	3.0	1.5	3
10	보석동벽	231.9	740	띠모양	2.0	3.0	7~8
11	천상락원동입구벽	231.7	630	덩이모양	1.0	2.0	10
12	옥황상제앞벽	236.4	680	덩이모양	1.0	0.5	4

표 1에서 보는바와 같이 흰색가루물질은 대체로 덩이형태로 분포되어있다.

## 2. 흰색가루물질의 주성분과 형성원인

흰색가루물질을 염산속에 잠그고 현미경관찰을 진행하였는데 결과 흰색가루물질은 염산속에서 기포를 형성하면서 용해되었다. 이로부터 흰색가루물질의 주성분은 칼시움과 마그네시움의 탄산염이라고 볼수 있다.

### 1) 흰색가루물질의 주성분

흰색가루물질의 주성분을 조사하기 위하여 기구에 의한 분석을 진행하였는데 X선분석은 X선회절분석기 《SMARTLAB》, 적외선분석은 푸리에변환적외선분광기 《NICOLET-6 700》, 열무게분석은 열무게분석기 《TGA-50》을 이용하였다.(표 2)

표 2. 룡문대굴의 흰색가루물질에 대한 기구분석결과

분석방법	물질조성
X선분석	몰마그네사이트 ( $Mg_5(CO_3)_4(OH)_2(H_2O)_4$ ) 97%, 산석 ( $CaCO_3$ ) 3%
적외선분석	몰마그네사이트 ( $Mg_5(CO_3)_4(OH)_2(H_2O)_4$ )
열무게분석	탄산칼시움과 탄산마그네시움외에 여러 물질들이 있음

표 2에서 보는바와 같이 흰색가루물질조성에서 몰마그네사이트( $Mg_5(CO_3)_4(OH)_2(H_2O)_4$ )가 97%로서 주성분을 이루고있으며 탄산칼시움함량이 3%로서 상대적으로 적다. 흰색가루물질에는 탄산칼시움과 탄산마그네시움외에 기타 물질들이 미량으로 포함되어있다.

## 2) 흰색가루물질의 형성원인

룡문대굴에서 흰색가루물질은 증발에 의하여 형성된다.

① 흰색가루물질의 주성분이 탄산칼슘이 아니라 탄산마그네시움이기때문이다.(그림 2)

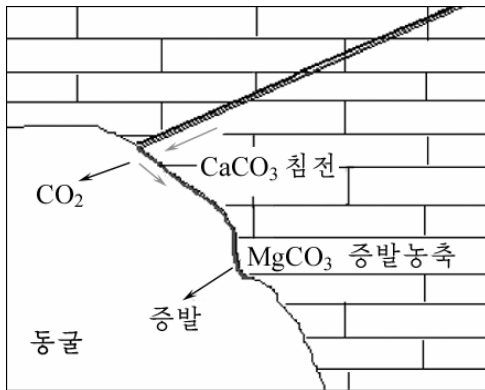
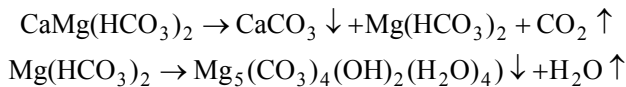


그림 2. 동굴에서 흰색가루물질의 형성도식

탄산칼슘은 카르스트수에서  $\text{CO}_2$ 이 날아나면서 먼저 침전된다.  $10^\circ\text{C}$ 에서 탄산칼슘의 용해도는  $0.07\text{g/L}$ 이고 탄산마그네시움의 용해도는  $1.12\text{g/L}$ 로서 두 물질의 용해도는 16배 차이난다. 그러므로 탄산칼슘은 탄산마그네시움보다 먼저 침전된다.[3, 4]

물이 균열에서 흘러나오면 벽을 따라 흐르면서 탄산칼슘이 인차 침전되어 물속에는 그 함량이 적어진다. 한편 물이 계속 증발되기때문에 탄산마그네시움의 함량은 많아지게 된다. 그러므로 카르스트수의 화학형은  $\text{CaMg}(\text{HCO}_3)_2$ 형으로부터 점차  $\text{Mg}(\text{CO}_3)_2$ 형으로 넘어가며 이 물이 계속 증발되

면 마그네시움의 탄산염이 농축되어 물마그네사이트가 침전되게 된다.



공급되는 물속에 어떤 음이온함량이 상대적으로 높은가 하는데 따라 그 음이온을 포함하는 마그네시움염이 상대적으로 많이 생기게 된다. 그리고 물속에 미량으로 존재하는 기타 물질들도 침전되게 된다. 그러므로  $\text{CO}_2$ 이 날아나면서 형성되는 돌꽃, 돌고드름, 돌순들은 탄산칼슘이 주성분이지만 증발에 의해 농축되어 생긴 흰색가루물질은 탄산마그네시움 주성분으로 되는것이다.[2, 5-10]

② 룡문대굴에서 흰색가루물질이 바람속도가 비교적 큰 지점, 해발고가 낮은 지점, 참관길근방에 분포되어있기때문이다. 바람속도에 영향을 주는 자연적인자와 인위적인자가 결합되어 증발을 촉진시키는데 겨울철에는 차고 건조한 공기가 동굴입구로부터 류입되어 동굴로 흐르면서 보다 좁은 통로에서 흐름속도가 빨라지며(그림 3) 결과 증발이 강하게 일어난다. 관광계절에는 참관자들의 이동에 의한 공기흐름으로 인하여 증발이 일어나게 된다.

③ 흰색가루물질은 카르스트수공급이 적은 곳에 분포되어있기때문이다. 흰색가루물질이 있는 곳에서는 동굴벽과 돌꽃에서 중력수가 흘러내리는 현상이 전혀 없다. 이것은 카르스트수에 포함되어있는 각이한 염들이 증발 및 농축될수 있는 가능성을 준다. 동굴벽에서 물흐름속도가 대단히 약할 때 증발이 일어나면서 물질이 농축되어 마그네시움을 기본으로 하는 염들이 침전된다.

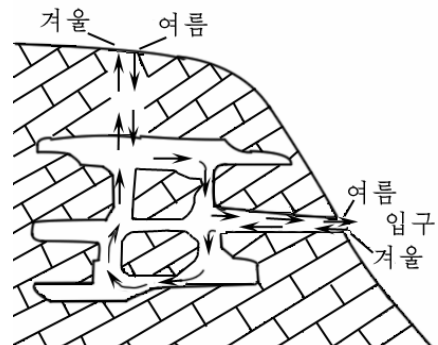


그림 3. 룡문대굴의 바람체계

## 맺는 말

룡문대굴에서 흰색가루물질의 주성분은 물마그네사이트이다.  
룡문대굴 흰색가루물질은 카르스트수의 증발농축에 의해 형성되었다.

## 참고 문헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 52, 1, 140, 주체95(2006).
- [2] R. Brinkmann et al.; Journal of Cave and Karst Studies, 8, 135, 2012.
- [3] 杨汉奎; 中国岩溶, 3, 21, 1998.
- [4] 闫志为; 中国岩溶, 2, 118, 2003.
- [5] 杨明德; 中国岩溶, 3, 210, 1998.
- [6] 林钧驱; 摇琳洞形成与环境研究, 中国科学技术出版社, 62~182, 1993.
- [7] 何宁淋; 中国喀斯特水研究, 同济大学出版社, 112~403, 1997.
- [8] 朱学稳; 中国岩溶, 1, 157, 1996.
- [9] 陈为民; 地质与资源, 2, 33, 2006.
- [10] 宋林华; 地理研究, 1, 41, 2004.

주체105(2016)년 6월 5일 원고접수

## Formation Cause of the White Powder in Ryongmun Cavern

*Jong Yong Song, Ju Ryong Ho*

We studied about the white powder in Ryongmun cavern. The main ingredients of white powder are the hydromagnesite, which is formed by the evaporation and concentration of Karst water.

Key words: carst cave, white powder, hydromagnesite