

# 카르스트동굴결정화산물의 보존상태평가에 대한 연구

림명철, 김별

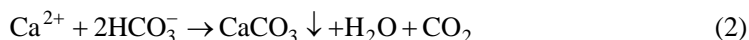
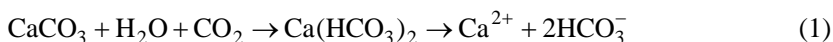
카르스트동굴결정화산물의 보존상태를 정확히 평가하는것은 동굴의 관상학적가치를 유지하기 위한 사업에서 중요한 문제의 하나이다.

지난 시기에는  $H_2O-CO_2-CaCO_3$ 상평형계에 의하여 동굴결정화산물의 보존상태를 평가하였다. 그런데 이것은 결정화산물의 형성과 용해에 미치는 영향을 모두 고려하지 못한 부족점이 있다. 그러므로 우리는 송암동굴명소에서 채취한 카르스트수의 화학분석자료에 기초하여 PHREEQC프로그램으로 명소들의 결정화산물보존상태를 평가하였다.

## 1. $H_2O-CO_2-CaCO_3$ 상평형계에 의한 카르스트동굴결정화산물 보존상태평가의 제한성

선행연구[1-3]에서는  $H_2O-CO_2-CaCO_3$ 상평형계를 리용하여 카르스트동굴에서 결정화산물들의 보존상태를 평가하였다.

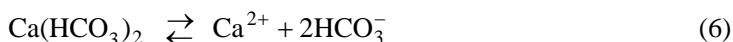
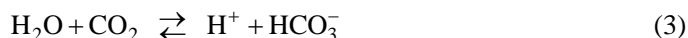
동굴결정화산물의 용해 및 형성반응은 다음과 같다.



반응 (1)은 지하수에 의한 방해석의 용해과정, 반응 (2)는 동굴에서 탄산칼시움의 침전과정 다시말하여 돌순, 돌꽃 등과 같은 결정화산물들의 형성과정을 보여준다.

카르스트동굴에 형성된 결정화산물들이 보존, 형성되기 위하여서는 위의 두 과정이 평형상태에 놓이도록 하거나 반응 (2)가 일어나도록 하여야 한다.

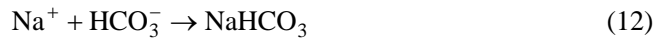
$H_2O-CO_2-CaCO_3$ 상에서는 다음과 같은 화학반응들이 일어날수 있다.



반응 (3)-(8)에 기초하여  $Ca^{2+}$ 과  $CO_3^{2-}$ 의 활동도적을 계산하고 방해석의 용해도적  $10^{-8.34}$ 과 비교하여 카르스트동굴결정화산물의 보존상태를 평가하였다.

이 방법으로 동굴결정화산물의 보존상태를 평가하는것은 일정한 제한성을 가진다. 그것은 지하수에는 위의 이온들만이 아닌 여러가지 이온들도 존재하며 이것들사이에 각이한 반응들이 일어나 방해석과 산석의 형성과 용해에 영향을 미치기때문이다. 실례로 다음과

같은 반응들이 일어날수 있다.



## 2. PHREEQC에 의한 송암동굴결정화산물의 보존상태평가

수문지구화학분야에서 널리 이용되고있는 프로그램 PHREEQC를 이용하면 지하수에 포함된 성분들사이에 일어나는 화학반응들과 지하수와 주위매질사이에 일어나는 물리화학적 작용들을 모의할수 있다.[4-7]

우리는 먼저 송암동굴 명소들의 지하수의 수질분석자료에 기초하여 지하수에 포함된 성분들사이에 일어날수 있는 가능한 반응들을 충분히 고려한 자료기지 PHREEQC.dat를 구축하였다.

다음 PHREEQC를 이용하여 송암동굴 룡궁동 지하수에 포함된 성분들과 관련된 고체상들의 포화지수를 계산하였다.(표)

표. 고체상들과 그것의 포화지수

광물상	화학식	포화지수	광물상	화학식	포화지수
명반석	$\text{KAl}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$	-7.88	석고	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-2.32
경석고	$\text{CaSO}_4$	-2.54	흑망간광	$\text{Mn}_3\text{O}_4$	-13.82
방해석	$\text{CaCO}_3$	0.50	수망간광	$\text{MnOOH}$	-5.67
산석	$\text{CaCO}_3$	0.35	수산화망간광	$\text{Mn}(\text{OH})_2$	-7.33
교회석	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	1.12	무른망간광	$\text{MnO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	-9.91
형석	$\text{CaF}_2$	-1.63	탄산망간광	$\text{MnCO}_3$	-1.48
수반토석	$\text{Al}(\text{OH})_3$	0.58	탄산아연광	$\text{ZnCO}_3$	-2.47

표에서 보는바와 같이 포화지수가 0.50이상인 고체상은 방해석, 교회석, 수반토석이므로 이 광물들은 침전될수 있다는것을 알수 있다. 방해석과 산석의 포화지수가 정의값이므로 룡궁동에서는 돌꽃과 돌순이 용해되지 않는다. 이로부터 동굴결정화산물들의 보존상태

는 좋다는것을 알수 있다.

방해석, 산석의 형성속도는 교회석의 형성속도보다 빠르므로[4] 방해석과 산석이 먼저 형성되어  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  함량이 줄어들면서 교회석의 포화지수가 작아진다. 지하수에 포함된 알루미늄의 양은 매우 적으므로 수반토석도 매우 적게 형성된다.

같은 방법으로 송암동굴의 일부 명소들에서 방해석과 산석의 포화지수들을 계산한 결과는 그림과 같다.

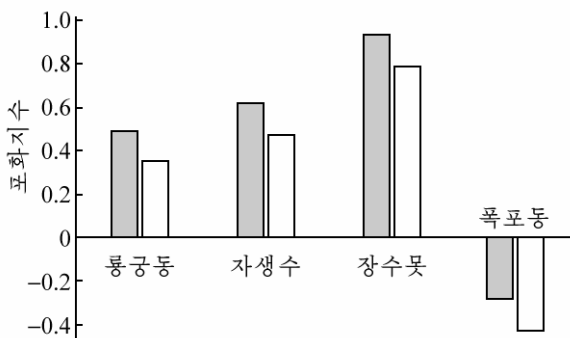


그림. 송암동굴명소들의 지하수에서 방해석과 산석의 포화지수  
 ■ 방해석, □ 산석

그림에서 보는바와 같이 룡궁동, 자생수, 장수못에서는 결정화산물의 보존상태가 좋지만 폭포동에서는 결정화산물들이 점차 용해될수 있다는것을 알수 있다.

### 맺 는 말

수문지구화학응용프로그램 PHREEQC를 리용하여 송암동굴결정화산물의 보존상태를 평가한데 의하면 룡궁동, 자생수, 장수못에서는 결정화산물의 보존상태가 좋지만 폭포동에서는 결정화산물들이 점차 용해될수 있다.

### 참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 46, 7, 136, 주체89(2000).
- [2] 김일성종합대학학보(자연과학), 45, 11, 115, 주체88(1999).
- [3] 김일성종합대학학보(자연과학), 54, 5, 168, 주체97(2008).
- [4] Broder J. Merkel; Groundwater Geochemistry, Springer, 1~214, 2008.
- [5] R. F. Charles; Groundwter Science, Elservier, 421~446, 2013.
- [6] 朱义年 等; 地下水地球化学模拟的原理及應用, 中國地质大學出版社, 1~133, 2005.
- [7] 李义连 等; 地质科技情报, 3, 32, 2002.

주체105(2016)년 11월 5일 원고접수

### **Evaluation of Conservational State of the Speleothems in Karst Cave**

*Rim Myong Chol, Kim Pyol*

We can evaluate conservational state of speleothems of karst cave more correctly by using PHREEQC, hydro-geochemical application program. As a result of the evaluation of Songam cave by this program we can see that the conservational state of speleothems is relatively good.

Key words: hydro-geochemistry, PHREEQC, karst cave