

연백지구 지하초염수의 증발과정에 형성되는 염광물들에 대한 연구

현 동 수

지난 시기 바다물을 증발시킬 때 석고, 암염, 류산염, 염화물들의 순서로 염광물들이 형성되는데 대하여서는 많이 연구[2, 3]되었지만 지하초염수를 증발시킬 때 형성되는 염광물들과 그것들의 침전량에 대해서는 연구되지 못하였다.

론문에서는 지하초염수를 증발시키는 과정에 형성되는 염광물들의 정출순서에 대한 실험을 진행하고 지구화학적모의프로그램을 리용하여 지하초염수가 증발될 때 침전되는 염광물들의 조성과 함량을 확증하였다.

1. 지하초염수를 증발시킬 때 형성되는 염광물

지하초염수에는 많은 량의 고체와 기체물질들이 용해되어있다.

바다물과 마찬가지로 지하초염수에는 70여종의 원소가 포함되어있으며 여러 원소들사이의 함량차이는 매우 크다. 11개 원소들의 함량순서는 Cl, Na, Mg, Ca, K, S, Br, C, Sr, B, F 등이며 이 원소들이 만드는 염물질의 총량은 99.5%이상을 차지한다.

지각에 있는 여러 원소들의 함량과 비교하면 지하초염수에서 나트륨함량은 칼리움함량보다 훨씬 높다. 지하초염수에서 Na/K의 비는 27.8로서 나트륨함량이 많고 지각에서 Na/K의 비는 1.09로서 나트륨과 칼리움함량이 서로 비슷하다. 지하초염수에서 B, Cl, Br의 평균함량은 각각 지각평균함량의 260, 670, 290배나 더 높다.

연백지구 50% 지하초염수에서 침전되는 염광물들의 함량은 표 1과 같다.

표 1. 연백지구 50% 지하초염수에서
침전되는 염광물함량(%)

염 광 물	함 량
NaCl	777.6
MgCl ₂	108.8
MgSO ₄	47.4
CaSO ₄	36.0
K ₂ SO ₄	24.6
CaCO ₃	3.4
MgCO ₃	2.2

일정한 체적의 지하초염수를 증발시킬 때 방해석, 석고가 먼저 침전되며 그다음은 암염, 류산칼리움석, 염화마그네시움칼리움석, 수염화마그네시움석이다.

지하초염수의 증발에 대한 실험을 통하여 지하초염수에는 많은 량의 염광물들이 용해되어있으며 지하초염수가 형성되자면 기후, 지형, 수문, 지질구조와 같은 여러가지 조건들이 주어져야 한다는것을 알수 있다. 지하초염수를 증발시킬 때 얻어지는 염광물들의 정출순서는 지역에 따라 서로 차이난다.

2. 지하초염수의 증발에 대한 지구화학적모형화

지구화학적역모형화는 어떤 한 수용액으로부터 다른 수용액이 만들어질 때 반응으로 생겨나거나 없어지는 광물이나 기체들의 조성과 량을 역모형을 통하여 알아내는 방법이다.[1]

역모형화에서는 한 수용액에 다른 수용액을 작용시켜 두번째 수용액이 얼어질 때 혼합용액들의 비율과 생성 또는 반응기체들과 광물들의 반응량을 계산한다.

역모형화의 기본방법은 광물들이 용해 또는 침전될 때 매 원소들의 물변화와 관련되는 일정한 묶음의 선형방정식들을 푸는것이다.

지하초염수의 증발과정을 모형화하자면 매개 방정식들에 물균형방정식들이 포함되어야 한다. 물균형방정식에는 ① 매개 원소와 산화환원원소, 원소의 원자가상태, ② 알카리도, ③ 산화환원전자수, ④ 증발되는 물량, ⑤ 동위원소, ⑥ 용액의 전하평형식, ⑦ 용액의 pH, 총용해무기탄소량, ⑧ 오차한계를 규정하는 안갈기식, ⑨ 반응물의 몰수를 규정하는 안갈기식들이 포함된다.

초기용액에서 물의 총량(증발 또는 반응으로 얻거나 손실되는 물)은 마지막용액에서 물의 총량과 같아야 한다.

연백지구 50% 지하초염수의 수용액상태와 화학조성은 표 2와 같다.

표 2. 50% 지하초염수의 수용액상태와 화학조성

수용액상태	원소	함량 $/(mol \cdot L^{-1})$
pH 8.22 이온세기 0.675 온도 25°C	Ca	0.010 6
	Cl	0.565 7
	K	0.010 5
	Mg	0.055 0
	Na	0.485 4
	S(6)	0.029 2

지구화학적역모형화에서는 물이 증발되면서 방해석, 석고, 암염이 침전되고 이산화탄소가 방출되며

주성분원소들의 조성이 변화된다. 역모형화의 오차한계는 2.5%이다. 수용액으로부터 없어지는 물, 방해석, 이산화탄소, 석고와 암염은 열역학적반응결과에 따라 계산된다.

지구화학적역모형화에서 암염이 완전히 침전될 때의 총증발량은 52.73mol이다.

지구화학적역모형화에서 얻은 초기용액 1과 암염이 완전히 침전되는 시기의 용액 2의 비교결과는 표 3과 같다.

표 3. 초기용액 1과 결과용액 2의 함량비교

지표	초기용액 1 $/(mol \cdot L^{-1})$	결과용액 2 $/(mol \cdot L^{-1})$
pH	8.22	5.92
알카리도	0.002 9	0.021 0
Ca	0.010 6	0.005 4
Cl	0.565 7	3.334 0
K	0.010 5	0.105 8
Mg	0.055 0	0.550 7
Na	0.485 4	2.531 0
S(6)	0.029 2	0.195 6

지하초염수 10kg을 1kg으로 증발시킬 때 염광물들의 함량은 표 4와 같다.

표 4. 지하초염수 10kg을 1kg으로 증발시킬 때 염광물들의 함량

염광물	함량/g
방해석($CaCO_3$)	0.414 5
석고($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)	19.594
암염(NaCl)	134.73

표 3에서 보는바와 같이 10kg의 지하초염수에서 9 426.6g의 물이 증발할 때 방해석은 0.414 5g, 석고는 19.594g, 암염은 134.73g이 침전된다는것을 알수 있다. Mg, K, S(6)와 같은 원소들은 2.5%의 오차한계안에서 보상된다.

맺 는 말

1) 지하초염수를 증발시킬 때 정출순서는 다음과 같다.

방해석(CaCO_3)→석고($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)→암염(NaCl)→잔류모액(Mg, Na, K, Cl, SO_4)

2) 지하초염수 10kg을 1kg으로 증발시킬 때 얻어지는 염광물들의량은 방해석 0.414 5g, 석고 19.594g, 암염 134.73g이다.

참 고 문 헌

[1] 김일성종합대학학보(자연과학), 56, 1, 202, 주체99(2010).

[2] R. Chester et al.; Marine Geochemistry, Wiley, 140~151, 2012.

[3] 王少青 等; 海洋地质与第四纪地质, 23, 1, 49, 2003.

주체106(2017)년 11월 5일 원고접수

Salt-Minerals Formating in the Evaporation Process of Yonbaek Underground Brine

Hyon Tong Su

Being evaporated the underground brine from 10kg to 1kg, the amount of settling salt-minerals is calcite 0.414 5g, gypsum 19.594g, halite 134.73g.

Key words: underground brine, halite