

## 해안대표사광물들의 결정화학적안정성평가

리형근, 허응룡

위대한 수령 김일성동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《경제가 빨리 발전하고 원료, 연료, 동력에 대한 수요가 급격히 늘어나고있는 오늘 바다자원을 적극 개발리용하는것은 인민경제발전에서 매우 큰 의의를 가집니다.》(《김일성전집》 제72권 288페이지)

해안대표사에는 주로 결정화학적으로 안정한 광물들이 많이 매장되어있다. 우리 나라의 동서해안대들에 널리 분포하는 표사에는 석영, 장석, 자철광, 티탄철광, 지르콘광, 각섬석, 휘석, 흑운모, 석류석, 모나즈석 등 비교적 안정한 산화물, 규산염, 희토류광물들이 포함되어있다.[1, 2]

논문에서는 광물의 결정살창에너지를 구하는 까뻍쓰찐끼-페르쓰만의 공식을 리용하여 해안대표사광물들의 결정화학적안정성을 평가하였다.

### 1. 계 산 방 법

광물의 결정살창에너지를 구하는 광물의 굳기와 안정성을 평가하는 중요한 지표이다.

결정살창에너지를 구하는 공식은 다음과 같다.[2]

$$U = 1071.8 \sum (n_i \cdot Ek_i) \text{ (kJ/mol)}$$

여기서  $n_i$ 는 광물화학식에서 구조단위  $i$ 의 수,  $Ek_i$ 는 구조단위  $i$ 의 에네르기결수이다.

식에서  $Ek_i$ 는 1가 양이온들과 음이온들에 대하여서는  $Ek = z^2/2r$ , 2가이상의 양이온들에 대하여서는  $Ek = z^2/2r \times 0.75 \times (r + 0.2)$ 로 표시된다. 여기서  $z$ 는 이온가,  $r$ 는 이온반경이다.

### 2. 계 산 결 과

결정살창에너지를 구하기 위하여 먼저 구조단위의 에네르기결수를 계산하였다.(표 1)

표 1. 광물화학식 구조단위의 에네르기결수

No.	이온	$Ek$	No.	이온	$Ek$	No.	이온	$Ek$
1	$\text{Fe}^{3+}$	4.382 4	11	$\text{P}^{5+}$	14.732 1	21	$\text{Mn}^{3+}$	4.339
2	$\text{Fe}^{2+}$	1.875	12	$\text{Na}^{+}$	0.51	22	$\text{W}^{4+}$	7.764 7
3	$\text{Ti}^{4+}$	7.875	13	$\text{F}^{-}$	0.376	23	$\text{W}^{6+}$	17.653 8
4	$\text{O}^{2-}$	1.47	14	$\text{OH}^{-}$	1.47	24	$\text{Cr}^{2+}$	1.861 44
5	$\text{Al}^{3+}$	4.56	15	$\text{B}^{3+}$	6.75	25	$\text{Cr}^{3+}$	4.429 7
6	$\text{Si}^{4+}$	9.077	16	$\text{K}^{+}$	0.376	26	$\text{Cr}^{6+}$	21.214 3
7	$\text{Mg}^{2+}$	1.905 4	17	$\text{Zn}^{2+}$	1.861 44	27	$\text{Nb}^{4+}$	8.51
8	$\text{Ca}^{2+}$	1.788 5	18	$\text{As}^{3+}$	4.353 26	28	$\text{Nb}^{5+}$	12.215 9
9	$\text{Zr}^{4+}$	7.463 4	19	$\text{S}^{2-}$	0.549	29	$\text{Ta}^{5+}$	12.215 9
10	$\text{Ce}^{3+}$	4.036 76	20	$\text{Mn}^{2+}$	1.829 67	30	$\text{Sn}^{4+}$	7.79

식에 의하여 계산된 결정살창에네르기값은 결정 1mol의 생성열이다. 그러므로 광물들의 결정화학적안정성은 결정구조단위당 평균살창에네르기값으로 평가할수 있다.

결정구조단위당 평균살창에네르기는 광물의 굳기와 안정성을 결정하는데 효과적으로 리용할수 있다. 금속결합을 내놓고 모든 광물들은 각이한 이온들의 호상결합으로 이루어져있으므로 단위살창을 이루는 이온성분들의 수로 나누어 결정구조단위당 평균살창에네르기를 구할수 있다. 해안대표사광물들의 결정살창에네르기와 결정구조단위당 평균살창에네르기는 표 2와 같다.

표 2. 해안대표사광물들의 결정살창에네르기와 결정구조단위당 평균살창에네르기(kJ/mol)

No.	광물	결정살창 에네르기	결정구조단위당 평균살창에네르기	No.	광물	결정살창 에네르기	결정구조단위당 평균살창에네르기
1	중철망간 석	27 175.85	4 529.07	13	록렴석	67 891.39	3 232.94
	중석			14	각섬 투각섬석	127 956.66	3 276.74
	류회중석	27 107.5	4 529.32		양기석	127 875.22	3 278.88
2	석석	11 486.43	4 529.32	15	휘석 자소휘석	32 922.52	3 292.25
3	모나즈석	26 386.58	4 397.78		완화휘석	32 955.08	3 295.51
4	석영	12 864.16	4 288.05	16	십자석	43 839.05	3 131.36
5	지르콘광	24 000.97	4 000.18	17	자철광	17 684.41	2 526.35
6	금홍석	11 577.43	3 859.14	18	흑운모	58 217.54	2 910.87
7	철망간니오비움 탄탈석	37 569.25	4 174.36	19	감람 철감람석	20 767.66	2 966.8
8	전기 석류	159 226.1	3 618.79		마그네 감람석	20 090.88	2 870.11
	철전기석	159 128.46	3 616.58	20	첨정석	18 080.92	2 582.82
9	린회석	76 573.71	3 480.64	21	크롬철광	17 801.95	2 543.15
10	람정석	27 348.03	3 385.78	22	적철광	8 735.28	1 747.07
11	나트륨 장석	47 167.2	3 628.24	23	갈철광	5 154.44	1 718.15
	회장석	43 700.4	3 361.56	24	섬아연광	2 580.38	1 290.2
	류칼리움 장석	47 032.75	3 617.21	25	황철광	3 182.61	1 060.88
12	석류 석류석	63 818.82	3 190.93	26	리탄철광	15 158.25	3 031.67
	마그네 석류석	63 916.4	3 195.82	27	설석	27 929.84	3 491.22
	류회철 석류석	63 160.76	3 158.03	28	류비철광	7 255.06	2 418.34

결정구조단위당 평균살창에너르기에 의하여 해안대표사광물들의 안정성순서를 광물 종류에 따라 평가하면 산화물광물들에서는 철망간중석>석영>석석>회중석>철망간니오비움탄탈석>지르콘광>금홍석>티탄철광>자철광>첨정석>크롬철광>적철광>갈철광, 규산염광물들에서는 장석류>전기석>람정석>휘석류>각섬석류>석류석류>록럼석류>십자석>감람석류>흑운모, 린산염광물들에서는 모나즈석>린회석, 류화물광물들에서는 류비철광>섬아연광>황철광이다.

이와 같이 결정구조단위당 평균살창에너르기에 의하여 해안대표사광물들의 결정화학적안정성평가기준을 4 000kJ/mol이상일 때 1급, 3 000~4 000kJ/mol일 때 2급, 2 500~3 000kJ/mol일 때 3급, 2 500kJ/mol이하일 때 4급으로 본다면 1급 광물들에는 중석류, 석석, 모나즈석, 석영 등이, 2급 광물들에는 지르콘광, 금홍석, 철망간니오비움탄탈석, 전기석, 린회석, 설석, 람정석, 장석류, 티탄철광, 석류석류, 록럼석류, 각섬석류, 휘석류, 십자석 등이, 3급 광물들에는 자철광, 흑운모, 감람석류, 첨정석, 크롬철광 등이, 4급 광물들에는 류비철광, 적철광, 갈철광, 섬아연광, 황철광 등이 속한다.

## 맺 는 말

일반적으로 볼 때 해안대표사광물들의 안정성순서를 보면 산화물광물들이 가장 안정하고 그다음은 린산염광물, 규산염광물들이며 류화물광물들의 안정성은 제일 약하다.

## 참 고 문 헌

[1] 김일성종합대학학보(자연과학), 60, 4, 148, 주체103(2014).

[2] В. Н. Холодов; Геохимия осадочного процесса, Москва. ГЕОС, 153~159, 2006.

주체107(2018)년 1월 5일 원고접수

## Valuation on the Crystal Chemistry Stability of Minerals in Placer of the Offshore Areas

*Ri Hyong Gun, Ho Ung Ryong*

We have calculated energy of the crystall lattice of some minerals and valued the stability arrangement of minerals in placer of the offshore areas.

Key words: mineral, stability