

## ㄷ 지구 전기석의 유형과 온도에 따른 결정구조적특성

리대룡, 리영주

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우리 나라에는 원료와 연료, 동력자원이 매우 풍부합니다. 우리 나라에 있는 원료와 연료, 동력자원을 다 개발리용하면 어떤 경제문제도 성과적으로 풀수 있습니다.》  
(《김정일선집》 증보판 제11권 134페이지)

본문에서는 인민경제 여러 부문에 광범히 쓰이는 전기석의 유형과 온도에 따른 결정구조적특성을 밝혔다.

### 1. 전기석의 유형

ㄷ 지구에서 전기석은 함전기석화강저정암, 함전기석우백화강암들에 존재하는데 립자 직경은 대략 20~25mm인 기둥모양이고 광택이 있는 검은색을 띠며 줄무늬가 있다.

일반적으로 전기석의 유형판정방법에는 X선구조분석에 의한 방법, 적외선흡수스펙트럼분석에 의한 방법, 화학분석에 의한 방법 등이 있다.[1]

X선구조분석에 의한 전기석의 유형결정방법에는 상대적세기에 의한 방법, (012)선과 (122)선비교에 의한 방법 등이 있다.

전기석의 유형을 판정하기 위하여 먼저 X선구조분석을 진행하였다.(그림 1, 표 1)

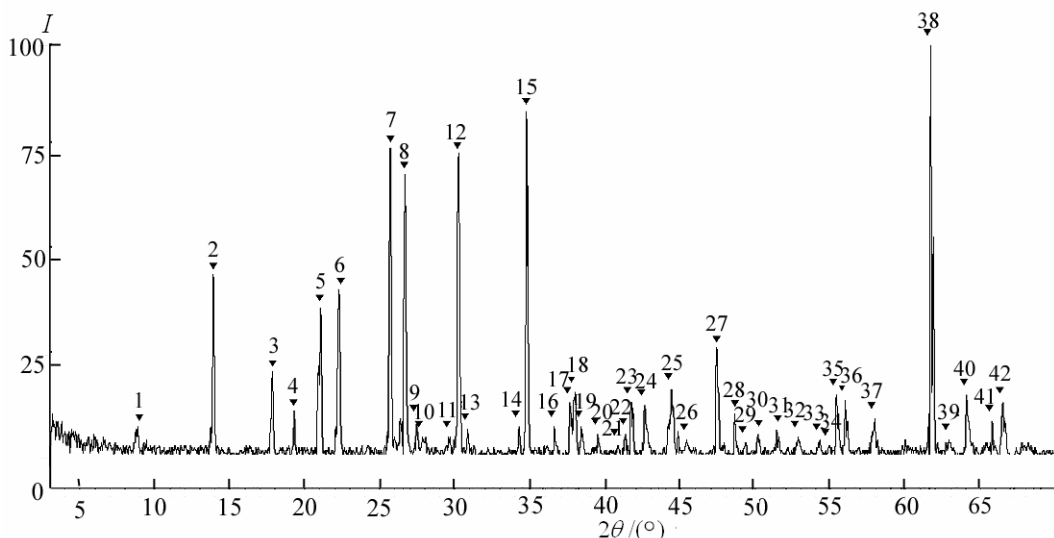


그림 1. 전기석의 X선스펙트럼

X선구조분석결과  $I_{Fe} > I_{Mg} = 1.07$ 이므로 연구지역의 전기석은 철마그네전기석이라는 것을 알수 있다.

표 1. 전기석의 X선구조분석자료

No.	$2\theta/(^{\circ})$	$d/\times 10^{-1}\text{nm}$	상대세기	No.	$2\theta/(^{\circ})$	$d/\times 10^{-1}\text{nm}$	상대세기
1	8.85	9.983	7.64	22	41.34	2.182	5.73
2	13.89	6.370	44.59	23	41.67	2.166	13.38
3	17.82	4.973	21.02	24	42.60	2.120	12.74
4	19.29	4.597	11.46	25	44.37	2.040	16.56
5	21.03	4.221	36.31	26	45.42	1.995	4.46
6	22.26	3.990	40.76	27	47.37	1.917	26.75
7	25.68	3.466	75.16	28	48.57	1.873	10.83
8	26.67	3.340	68.79	29	49.35	1.845	3.82
9	27.48	3.243	8.92	30	50.16	1.817	5.73
10	27.81	3.205	5.10	31	51.39	1.776	7.01
11	29.67	3.008	5.10	32	52.83	1.731	5.10
12	30.27	2.950	73.89	33	54.27	1.689	4.46
13	30.87	2.894	7.01	34	54.87	1.672	3.18
14	34.26	2.615	7.64	35	55.38	1.658	15.29
15	34.77	2.578	57.32	36	55.98	1.641	14.01
16	36.57	2.455	7.64	37	57.93	1.591	9.55
17	37.62	2.398	13.38	38	61.65	1.503	100.00
18	37.95	2.369	15.92	39	62.88	1.477	4.46
19	38.37	2.344	7.64	40	64.08	1.452	15.29
20	39.48	2.281	5.73	41	65.76	1.419	8.92
21	40.80	2.210	3.18	42	66.48	1.405	13.38

또한 (012)선과 (122)선의 면간거리값을 대비한 결과 철마그네전기석이라는것을 알수 있다.

다음으로 전기석에 대한 적외선흡수스펙트르분석을 진행하였다.(그림 2)

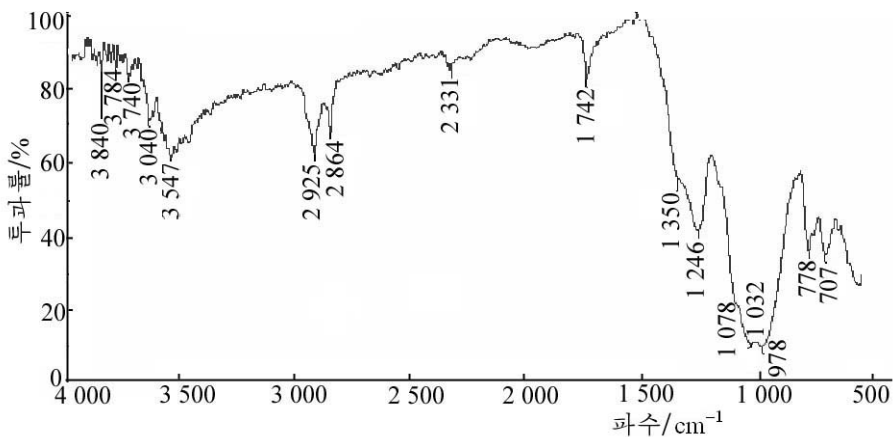


그림 2. 전기석의 적외선흡수스펙트르

일반적으로 전기석에서  $950\sim 1100\text{cm}^{-1}$  구역의 2개 Si—O흡수봉우리사이의 간격크기순서는 리티움전기석>마그네전기석>철전기석이다.

$1200\sim 1450\text{cm}^{-1}$ 의  $\text{BO}_3$ 흡수봉우리들사이간격을 보면 리티움전기석은 철, 마그네전기석보다 비교적 크다.

$1\,200\sim 3\,700\text{cm}^{-1}$ 의 O-H흡수봉우리에서 마그네전기석의 봉우리는 철전기석에 비하여 높으며 리티움전기석은 쌍봉우리를 이룬다.[2, 3]

그림 2에서 보는바와 같이 Si-O-Si흡수띠가  $1\,077\sim 1\,983\text{cm}^{-1}$ 에서,  $\text{BO}_3$ 흡수띠가  $1\,347\sim 1\,236\text{cm}^{-1}$ 에서, O-H흡수띠가  $3\,585\text{cm}^{-1}$ 에서 나타나므로 연구지역의 전기석은 철마그네전기석이다.

연구지역 전기석의 주요적외선흡수스펙트르파수들을 철전기석, 마그네전기석과 비교하면 표 2와 같다.

표 2. 전기석의 적외선흡수스펙트르파수( $\text{cm}^{-1}$ )

시료	주요적외선흡수스펙트르파수
철전기석	3 570, 1 340, 1 240, 1 070, 1 025, 970, 762, 703, 640, 550, 495, 410
마그네전기석	3 580, 1 350, 1 255, 1 090, 1 042, 985, 818, 777, 713, 650, 570, 500, 422, 322
연구지역 전기석	3 547, 1 350, 1 246, 1 078, 1 032, 978, 778, 707

표 2에서 보는바와 같이 연구지역의 전기석은 철마그네전기석에 가깝다는것을 알수 있다.

## 2. 온도에 따르는 전기석의 결정구조적특성

일반적으로 전기석은 대략  $750\sim 800^\circ\text{C}$ 까지 소성할 때 성능이 좋아진다.

연구지역의 전기석을 각이한 온도로 소성하고 그것에 따르는 살창상수변화를 고찰하였다.(표 3)

표 3. 온도에 따르는 전기석의 살창상수변화(nm)

살창상수	온도/ $^\circ\text{C}$			
	20	300	500	800
<i>a</i>	1.595 4	1.595 3	1.595 8	1.592 1
<i>c</i>	0.719 7	0.719 3	0.719 2	0.719 0

표 3에서 보는바와 같이 전기석은 소성온도가 높아지면서 살창상수값이 연속적으로 작아지는 경향성을 나타낸다. 이것은 온도가 올라가면서 전기석에 존재하는  $\text{Fe}^{2+}$ 이  $\text{Fe}^{3+}$ 으로 산화되는것과 관련된다.

그리하여 8면체배위구조들의 압축현상이 나타나는데 Fe-O로 이루어지는 8면체배위구조의 압축현상이 제일 심하게 나타난다.

Fe의 산화는 가열하면서 나타나는 색의 변화를 보고도 쉽게 알수 있다.

전기석의 색은  $450\sim 500^\circ\text{C}$ 로 가열한 후에 변하지 않는데  $700\sim 800^\circ\text{C}$ 에서 갈색으로,  $900^\circ\text{C}$ 에서 적갈색으로 변화된다. 이것은 Fe의 산화가  $700^\circ\text{C}$ 근방에서 많이 진행된다는것을 보여준다.

$900^\circ\text{C}$ 에서 가열한 후에는 열에 제일 약한 Y-8면체배위구조의 파괴로부터 시작하여 전기석의 결정구조파괴가 진행된다. 결과 연구지역의 전기석은 근청석, 규알루미니움석으로 변화된다.

## 맺 는 말

- 1) ㄷ지구 전기석은 함전기석화강거정암, 함전기석우백화강암들에 대략 20~25mm 크기의 결정으로 존재하며 류형은 철마그네전기석이다.
- 2) 연구지역의 전기석을 소성할 때 살창상수는 연속적으로 감소하고 900℃에서부터 결정구조가 파괴되며 점차 근청석, 규알루미니움석으로 넘어간다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김윤성 등; 전기석과 그 리용, 김책공업종합대학출판사, 5~62, 주체101(2012).  
[2] F. Yavuz; Computers & Geosciences, 28, 1017, 2002.  
[3] 材料学; 电气石自极化应用基础研究, 1, 56, 2003.

주체107(2018)년 1월 5일 원고접수

## **The Kind of Tourmaline in “ㄷ” Area and its Crystal Structural Characteristics Related to Temperature**

*Ri Thae Ryong, Ri Yong Ju*

Tourmaline of “ㄷ” area is ferridravite and as it is calcinated, its lattice parameter is continously decreased.

Key words: tourmaline, crystal structure, ferridravite