

자광산미광의 광물조성에 대한 연구

리충혁, 박혜숙

경애하는 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《...광산들에서 침전지를 바로 꾸리고 미광이나 폐수가 강하천과 호수, 바다에 흘러들지 않도록 하여야 합니다.》

지금까지 미광에 대한 연구는 주로 미광의 함금성과 금침출 및 선별성에 대한 연구 [1, 2]와 미광으로부터 함금황철광, 회중석, 형석을 비롯한 유가성분들을 회수하기 위한 방향[3-8]에서 진행되였다.

론문에서는 자광산에서 나오는 미광의 광물조성을 해명하였다.

광상구역은 지체구조적으로 랑림지괴 희천통기대의 장진장단렬대에 속한다. 광상구역에는 신시생대 랑림층군, 련화산암군, 상부고생대 남강암군, 중생대 유라기 단천암군의 암석들이 분포되어있다. 암체는 각섬암류, 휘장암류, 섬록암류로 이루어져있다.

남강암군 용흥관입암체 구성암석들의 화학분석결과는 표 1과 같다.[6]

표 1. 용흥관입암체 구성암석들의 화학분석결과(%)

암석	성분											
	SiO ₂	MgO	Fe ₂ O ₃	CaO	FeO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	작감
감람석각섬석암	35.08	31.33	18.95	6.22	2.3	2.39	0.2	0.14	0.33	0.2	0.1	2.37
각섬석암	48.22	14.16	0.83	3.04	9.71	8.0	0.53	0.15	1.55	1.6	0.25	3.53
사장석각섬석암	48.45	18.54	12.29	5.26	7.62	8.47	0.82	0.12	1.71	1.83	0.23	1.83
휘장암	52.23	13.99	1.91	4.09	7.84	9.63	0.62	0.13	1.70	1.63	0.23	2.49
평균	45.99	19.51	8.5	4.65	6.87	7.12	0.54	0.13	1.32	1.32	0.20	2.56

표 1에서 보는바와 같이 용흥관입암체 구성암석들은 주로 SiO₂, MgO, Al₂O₃, CaO, FeO+Fe₂O₃으로 이루어지고 Na₂O, K₂O 등이 적게 들어있다. 이로부터 용흥관입암체 구성암석들은 주로 각섬석류, 휘석류, 운모류, 장석류로 이루어졌다고 볼수 있다.

실지로 광상구역에서 감람석각섬석암은 감람석 15~35%, 휘석 10~15%, 각섬석 40~50%, 금운모 5~10%와 적은 량의 사문석으로 이루어져있으며 각섬석암은 각섬석 60~80%, 사장석 10~15%, 흑운모 5~15%와 적은 량의 견운모, 록니석, 방해석으로 이루어져있다. 사장석각섬석암은 각섬석암에 비하여 사장석이 20%이상, 흑운모가 15%이상 더 들어있으며 휘장암은 휘석 50~55%, 각섬석 5~10%, 적은 량의 록니석, 록렴석, 유렴석, 견운모로 이루어져있다.

여기서 각섬석암이 니켈광체로 되고있으며 그 주변에 있는 사장석각섬석암은 니켈광염대로 되고있다. 광체에서 Ni의 함량은 0.055~4.5%이고 평균함량은 0.27%이다. 그리고 Cu의 함량은 0.03~0.42%이고 평균함량은 0.19%이다.

광상에서 배태암은 양기석화작용, 섬유각섬석화작용, 금운모화작용, 활석화작용, 록니석화작용, 견운모화작용을 받았으며 양기석화작용을 심하게 받는데서 류화물광물과 Ni의 함량이 높다.

이와 같은 암석학적자료를 얻은 다음 우리는 γ 광산미광의 광물조성을 해명하기 위하여 우선 미광침전지에서 10년이상 자연방치되어 풍화된 미광시료를 채취하여 EDS분석을 진행하였다.(표 2)

표 2. 미광의 화학조성(%)

산화물	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	MgO	CaO	TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	NiO	MnO ₂
함량	39.71	17.4	14.74	0.12	9.66	2.97	0.58	0.83	5.45	8.44	0.07	0.03

표 2에서 보는바와 같이 γ 광산미광은 주로 SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, SO₃, K₂O, CaO로 이루어져있다. 원암의 화학조성에 없던 SO₃의 함량이 8.44%인것은 광석을 예로플로트와 잔세이트와 같은 선풍시약으로 처리하여 얻어진 결과이다.

다음으로 우리는 미광을 이루는 성분들이 어떤 광물들로 되어있는가를 보기 위하여 미광에 대한 XRD분석을 진행하였다.(그림 1, 표 3)

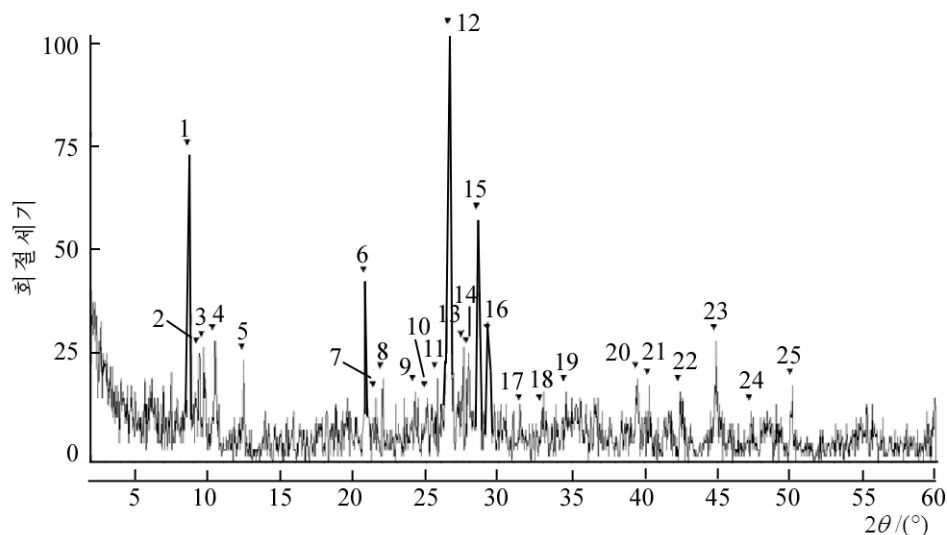


그림 1. γ 광산미광의 XRD분석결과

표 3. γ 광산미광의 XRD분석결과

No.	2 θ (°)	d(hkl)	R-I	A-I	No.	2 θ (°)	d(hkl)	R-I	A-I
1	8.76	10.086	71.64	48	13	27.56	3.234	26.87	18
2	9.40	9.400	25.37	17	14	27.92	3.193	25.37	17
3	9.72	9.092	26.87	18	15	28.60	3.118	56.72	38
4	10.48	8.434	28.36	19	16	29.36	3.039	28.36	19
5	12.48	7.086	23.88	16	17	31.52	2.836	11.94	8
6	20.88	4.251	41.79	28	18	32.92	2.718	11.94	8
7	21.52	4.126	14.93	10	19	34.60	2.590	16.42	11
8	22.04	4.030	19.40	13	20	39.52	2.278	19.40	13
9	24.24	3.669	16.42	11	21	40.32	2.235	17.91	12
10	25.04	3.553	14.93	10	22	42.48	2.126	16.42	11
11	25.76	3.455	19.40	13	23	44.92	2.016	28.36	19
12	26.62	3.343	100.00	67	24	50.16	1.817	17.91	12

분석조건은 기대 《Rigaku-SmartLab》, 시작각 2° , 마감각 60° , 이동속도 $2^\circ/\text{min}$, 측정시간 48s, X선 $\text{CuK}\alpha$ 선($1.540\ 51\ \text{\AA}$), 편속측정방식이다.

그림 1에서 보는바와 같이 미광의 XRD분석결과에서 회절세기가 특별히 센 회절선들은 1, 6, 12, 15이고 그 다음으로 센 회절선들은 2, 3, 4, 5, 13, 16, 23이며 나머지 회절선들에서는 회절세기가 배경값과 거의 비슷하다.

그림 1과 표 3에 의하면 회절선 1은 2θ 가 8.76° 이고 $d(hkl)$ 가 10.086인 금운모, 회절선 6과 12는 2θ 가 $20.88, 26.62^\circ$ 이고 $d(hkl)$ 가 4.251, 3.343인 석영, 회절선 15는 2θ 가 28.60° 이고 $d(hkl)$ 가 3.118인 나트리회각섬석의 회절선이다.

그리고 회절선 2와 3은 2θ 가 $9.40, 9.72^\circ$ 이고 $d(hkl)$ 가 9.400, 9.092인 활석, 회절선 4는 2θ 가 10.48° 이고 $d(hkl)$ 가 8.434인 나트리회각섬석, 회절선 5는 2θ 가 12.48° 이고 $d(hkl)$ 가 7.086인 사록니석, 회절선 13은 2θ 가 27.56° 이고 $d(hkl)$ 가 3.234인 나트리움장석, 회절선 16은 2θ 가 29.36° 이고 $d(hkl)$ 가 3.039인 방해석, 회절선 23은 2θ 가 44.92° 이고 $d(hkl)$ 가 2.016인 금운모의 회절선들이다.

이와 같은 XRD분석자료들은 지광산미광이 주로 석영과 나트리회각섬석, 금운모로 이루어져있으며 약간의 활석과 나트리움장석, 방해석과 사록니석과 같은 광물들로 되어있다는것을 말해준다.

이것은 립체현미경을 통하여 관찰한 자료와 일치한다.(그림 2)

그림 2에서 보는바와 같이 지광산미광을 이루는 기본광물은 $0.05\sim 0.3\text{mm}$ 크기의 석영, 운모, 각섬석이다.

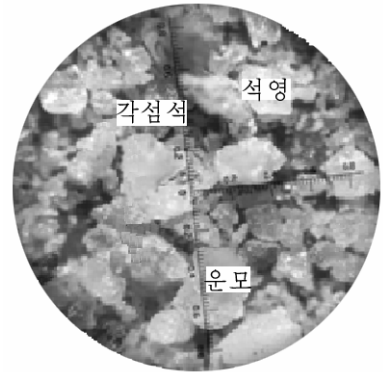


그림 2. 립체현미경으로 본 지광산미광(100×)

맺는 말

지광산미광은 각섬석암과 사장석각섬석암에 분포하는 니켈광체와 광염대의 부선미광으로서 주로 $0.05\sim 0.3\text{mm}$ 크기의 석영, 금운모, 나트리회각섬석으로 이루어져있다.

참고 문헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 61, 11, 135, 주체104(2015).
- [2] 김일성종합대학학보(자연과학), 61, 5, 123, 주체104(2015).
- [3] 정광석; 김책공업종합대학학보, 5, 10, 주체102(2013).
- [4] 리승옥; 금속, 3, 22, 주체102(2013).
- [5] 강명조 등; 광업, 2, 16, 주체101(2012).
- [6] 강만식 등; 조선지질총서 7, 공업출판사, 440~442, 주체100(2011).
- [7] 张善辉 等; 贵金属, 38, 2, 164, 2017.
- [8] 喻明军 等; 矿冶工程, 38, 2, 66, 2018.

주체110(2021)년 4월 5일 원고접수

Study on the Mineralogical Composition of Tailings from the ㅈ Mine

Ri Chung Hyok, Pak Hye Suk

Tailings from the ㅈ Mine, which are flotation ones of Ni-orebody and disseminated zone distributed in amphibolites and plagioclase amphibolites, are mainly composed of quartz, phlogopite and edenite with 0.05~0.3mm in grain size.

Keywords: tailing, mineralogical composition