

## 제주도 용암의 물리적 특성

홍성락

제주대학교 물리학과

### 요 약

제주도의 특정 4개지역을 선정하여 지역별로 화산암과 송이시료를 채취하여, 상온에서 이 시료에 대한 Mössbauer spectroscopy와 XRD를 이용한 실험결과를 보고한다. 시료에 대한 XRD실험에서 화산암에는 quartz, olivine, pyroxene, ilmenite, 송이에는 이 광물외에 hematite, magnetite등의 광물이 존재하고 있음을 확인하였다. 시료의 Mössbauer 스펙트럼으로부터 화산암은 olivine, pyroxene, ilmenite에 의한 세쌍의 quadrupole splitting을, 송이는 이 광물 외에 hematite, magnetite에 의한 두 쌍의 sextets을 얻었으며 화산암에 함유된 Fe는 약간의  $Fe^{+3}$ 를 제외하고는 거의  $Fe^{+2}$ 이고, 송이에 함유된 Fe는 약간의  $Fe^{+2}$ 를 제외하고는 거의 모두  $Fe^{+3}$  상태임을 확인 하였다.

### I. 서 론

제주도는 지각하부와 맨틀상부에 있는 암석이 고온고압하에서 용융되어 화산활동에 의하여 지표로 분출된 섬이며, 화산의 분출물중에서 다공질의 화산암, 화산사, 화산회 등이 혼입하여 이루어진 것이 송이다(1,2,3).

제주도 화산암에 포함된 Fe 이온의 원자가 상태는 화산이 분출되어 응결되는 과정에 적지않는 정보를 내포하고 있어 화산암에서 지구내부 물질인 마그마에 이르기까지의 자료를 제공하게 되므로 화산암 내부의 철원

자나 이온에 대한 구조적 연구는 흥미있는 과제가 아닐 수 없다. Mössbauer spectroscopy에 의한 광물연구는 Kistner 와 sunyar 가 hematite( $\alpha-Fe_2O_3$ )를(4), Banminger등이 magnetite( $Fe_2O_3$ )에 관한 연구를 최초로 수행한바 있으며(5), 본격적인 지질학에 대한 Mössbauer spectroscopy의 응용은 De Coster등에 의한 Silicate 물질내의 Fe이온에 관한 연구(6,7)와 Sprenkel-Segel 과 Hanna에 의한 운석내의 Fe이온에 관한 연구로부터 시작되었다(8,9,10,11).

이러한 광물학과 지질학에서의 Mössbauer

spectroscopy의 응용은 광물내에 존재하는 철의 원자가상태와 Mössbauer parameter을 밝히는데 매우 유용하다. 문헌조사에 의하면 송이에 관한 연구는 Stevens 등에 의한 지질학적 보고(12)가 있고 국내에서는 제주도 송이를 이용한 송이광물에 관한 연구이외에 Mössbauer spectroscopy와 XRD를 이용한 연구등이 있었다(13). 따라서 본 연구에서는 제주도 지표면 근처의 깊이 약 50cm 이내에 분포하고 있는 화산암과 송이를 채취하여 Mössbauer spectroscopy와 XRD를 이용하여 이들에 포함된 구성광물을 확인하고 Mössbauer spectrum으로부터의 parameter를 분석하므로써 제주도 화산암과 송이의 물리화학적 특성을 비교코져한다.

## II. 실험 재료 및 방법

본 실험을 위해 필요한 제주지역의 화산암과 송이시료는 제주도 전지역에서 채취하였다. 채취된 시료는 공기중에서 충분히 건조시킨후 2mm체를 통과시켜 막자사발로 약 63 $\mu$ m정도의 고운분말로 갈았다. 2mm 체를 통과한 분말시료는 XRD에 의한 분석용으로 사용하였고, Mössbauer 흡수체는 분말시료를 전자저울로 Fe양이 10mg/cm<sup>2</sup>가 되도록 측정후 유압기로 5000 N/cm<sup>2</sup>의 압력을 가하여 직경21mm, 두께 1mm의 원판모양으로 만들어 Al foil로 양면을 봉하여 사용하였다. 화산암과 송이의 구성 광물을 조사하기 위하여 사용된 X-선 Source는 Ni filter를 사용하여 얻은 CuK $\alpha_1$ 선( $\lambda=1.5406\text{\AA}$ )이었다. X-선

회절도를 얻기 위하여 2 $\theta$ 를 5~50° 범위에서 Scanning speed 1°/min 로 수행하였으며, 측정시 필라멘트의 전류는 20mA 이었고 가속 전압은 30KV 이었다. 본 실험에 사용된 Mössbauer 분광기는 Austin Science Associates 회사의 S-600으로 전기역학적 등가속도형을 이용하였으며,  $\gamma$ -선 Source는 6 $\mu$ m 두께의 rhodium 금속에 확산시킨 10mCi의 <sup>57</sup>Co이었다. 상온에서 Mössbauer 스펙트럼을 취할때  $\gamma$ -선 source와 검출기 사이의 거리는 120mm로 유지하고 48시간 이상동안 공명흡수선을 측정하여 측정계수가 약  $4 \times 10^5 \sim 5 \times 10^5$ 이 되도록 하였으며, Doppler 속도는  $\pm 10$ m/s가 되도록 조절하였다.

## III. 결과 및 논의

### 1. Mössbauer 분광분석

제주도의 특정 4개지역의 화산암 시료A(제주경찰서), B(위미)와 송이 시료 C(송악오름), D(금악오름)의 상온에서의 Mössbauer 스펙트럼은 Fig.1과 같고 Mössbauer parameter 값들은 Table1 에 나타내었다. Mössbauer 스펙트럼에 나타나는 흡수선은 중앙에 모두 3쌍의 quadrupole splitting 이 중첩되어 있는 형태와 함께 시료 C,D에서는 magnetic hyperfine splitting에 의한 흡수선도 나타나 있는 것을 볼 수 있다.

table 1에 의하면 시료 A,B에 포함된 광물인 olivine, pyroxene, ilmenite의 이성질체 이동값은 거의 같은 값을 가지며, 시료 C,D에 포함된 hematite, magnetite의 이성질체 이동

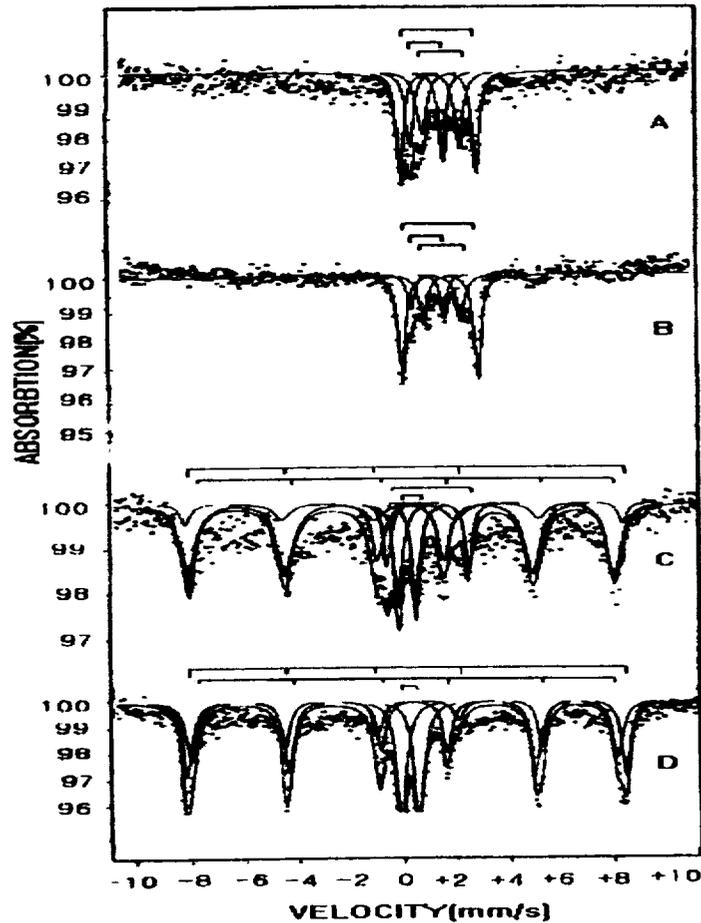


Fig. 1. Mössbauer spectra for volcanic rock and scoria samples taken from Jeju Island.

값도 거의 비슷한 값을 갖는다. 이 사실은 이성질체 이동값이 주로 S전자 밀도의 영향을 크게 받는다는 점을 고려하면, 각 지역에서의 화산암과 송이에 함유된 광물이 거의 동일한 화학구조를 갖고 있음을 의미한다. 또한 제주도 화산암과 송이에 함유된 각 광물의 이성질체 이동값은 시료 A,B에서는 1.076~1.169mm/s, 시료C,D에서는 0.227~0.326mm/s의 범위에 존재하며 이것은 화산암에 존재하는 Fe는 거의  $Fe^{+2}$ , 송이의 Fe는

$Fe^{+3}$  이온으로 존재하는 것으로 볼 수 있는데, 그 이유는 화산암 시료는 공기와 비교적 접촉이 적은 것을, 송이는 공기와 접촉이 많은 시료를 사용했기 때문으로 생각된다.

화산암에 포함된 광물인 olivine의 이성질체 이동값은 상온에서 1.076mm/s이고 송이는 이보다 적은 1.029mm/s의 값을 가지며, 화산암의 pyroxene의 이성질체 이동값은 상온에서 1.169mm/s이고 송이는 0.259~0.263 mm/s의 적은 값을 갖는다. 화산암에 포함된

ilmenite의 이성질체 이동값은 0.609mm/s이며 송이의 이 값은 확인할 수 없었다. 제주 화산암과 송이의 구성 광물의 사중극자 분열값이 지역에 따라 약간의 변화가 있는 것은 지역적인 의존성 때문으로 볼 수 없으며 이와같은 값은 Fe핵 주위의 전기장 기울기에 의한 영향이 크게 작용하게 되며, 이 전기장 기울기는 핵 주위의 전하나 이온 분포에 많은 영향을 받게 된다.

이성질체 이동의 경우와 마찬가지로 화산암에 포함된 광물인 olivine의 사중극자 분열값은 상온에서 2.939mm/s 이고 송이는 3.032 mm/s의 약간 큰 값을 가지며, 화산암의 pyroxene의 사중극자 분열 값은 상온에서 1.446mm/s이고 송이는 0.645~0.653mm/s의 작은 값을 갖는다. 화산암에 포함된 ilmenite의 사중극자 분열값은 1.259mm/s이며 송이의 값은 없기 때문에 비교할 수 없었다.

Mössbauer 스펙트럼의 공명흡수면적은 화산암시료에 함유되어 있는 Fe의 양과 밀접한 관계가 있으므로 각지역의 화산암과 송

이에 존재하는 olivine, pyroxene, ilmenite, hematite, magnetite의 공명흡수 면적을 구하면 각각의 구성광물에 포함되어 있는 Fe 양을 비교할 수 있다.

Table 1.에서 알 수 있듯이 공명흡수면적은 주로 olivine 과 magnetite에 의한 것으로 볼 수 있으며 이것은 화산암과 송이에 포함되어 있는 Fe가 주로 olivine과 magnetite에 포함되어 있음을 나타낸다.

또한 시료 C,D의 magnetic hyperfine splitting값이 513.618~515.067kOe 인 6중선은 hematite, 499.584~499.854kOe 인 6중선은 magnetite로 여겨지며 이 두 산화철은 X-선 회절분석에서 미소한 peak로 확인되었으며 이것은 송이 시료가 비교적 공기와 접촉이 많았기 때문으로 추정된다.

Fig.2 은 제주지역의 화산암과 송이시료에 대한 상온에서의 X-선 회절도를 나타낸 것이다. 측정된 X-선 회절선들은 JCPDS(Joint Committee on Powder Diffraction Standard)카드와 비교하여 구성광물을 확인 하였다.

Table 1. Mössbauer Parameters for volcanic rock and scoria samples taken from Jeju Island.

Sample	Parameter	Olivine		Ilmenite		Pyroxene		Hematite(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )			Magnetite(FeO <sub>3</sub> O <sub>4</sub> )		
		I.S.	Q.S.	I.S.	Q.S.	I.S.	Q.S.	I.S.	Q.S.	Hhf	I.S.	Q.S.	Hhf
		mm/s	mm/s	mm/s	mm/s	mm/s	mm/s	mm/s	mm/s	kOe	mm/s	mm/s	kOe
A	Parameter	1.076	2.939	0.609	1.259	1.169	1.446						
	Area(%)	37.32		30.58		32.09							
B	Parameter	1.076	2.939	0.609	1.259	1.169	1.446						
	Area(%)	54.03		18.49		27.47							
C	Parameter	1.029	3.032			0.263	0.645	0.326	-0.251	513.618	0.227	-0.262	499.854
	Area(%)	9.83				16.95		14.67			58.55		
D	Parameter					0.259	0.653	0.315	-0.274	515.067	0.227	-0.262	499.584
	Area(%)					27.81		30.93			41.25		

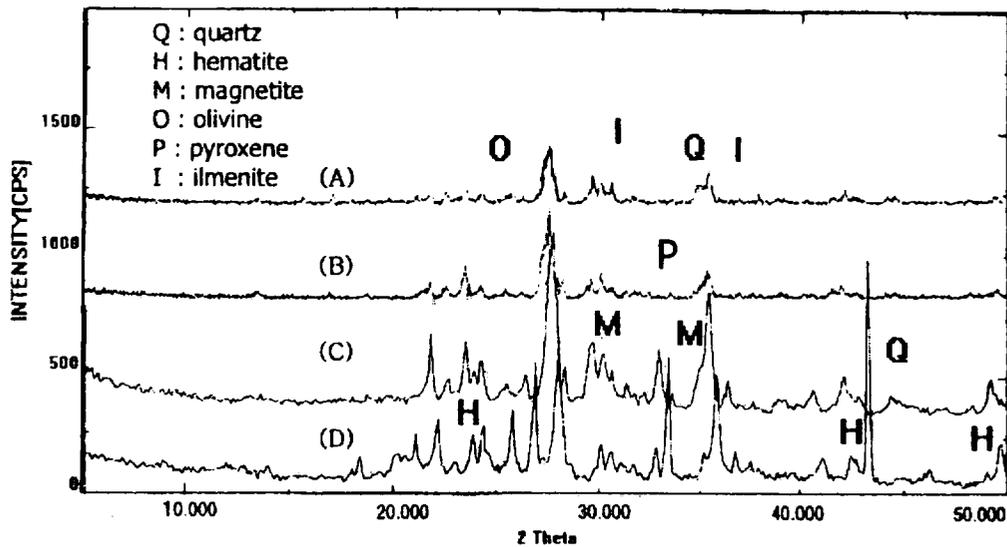


Fig. 2. X-ray diffraction patterns for volcanic rock and scoria samples taken from Jeju Island.

화산암과 송이 시료에 대한 결정구조는 2θ를 5°~50° 범위에서 조사하였으며 Fig.2에 나타난 대부분의 강한 회절 peak들은 quartz에 의한 것이고 2θ가 36.46°, 35.65°, 32.26° 부근의 peak는 olivine의 의한 peak를, 13.71°, 29.93°, 35.73° 부근의 peak는 pyroxene에 의한 peak를, 32.48°, 35.2°, 53.0° 부근의 peak는 ilmenite에 의한 peak를, 24.21°, 33.15°, 49.47° 부근의 peak는 hematite에 의한 peak를, 35.43°, 30.08° 부근의 peak는 magnetite에 의한 peak를 나타내고 있다. 이것으로부터 화산암에는 quartz, olivine, pyroxene, ilmenite등이 주광물을 이루고 있음을 알 수 있고 송이는 quartz, olivine, pyroxene, ilmenite 광물이외에 hematite, magnetite등의 산화철 광물이 포함되어 있음을 확인할 수 있었다.

화산암에는 산화철 광물이 함유되어 있지만 이를 확인할 수 있는 뚜렷한 회절 peak

가 나타나지 않는 것은 산화철 광물들의 격자구조에서 Al 이온과 같은 불순물이 Fe 이온과 다량치환 되어 회절 peak의 위치가 이동하여 quartz, olivine, pyroxene, ilmenite 등에 의한 강한 회절 peak 위치와 겹쳐져 peak 폭이 넓어졌기 때문이거나 혹은 이들 시료에 함유된 결정질 산화철의 함량이 매우 적기 때문으로 사료된다.

#### IV. 결 론

제주도에 분포하는 화산암과 송이를 지역별로 채취하여 X-선회절법과 Mössbauer 분광법으로 이들에 포함된 광물의 특성을 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

화산암과 송이에 대한 X-선 회절 실험을 한 결과 화산암에는 quartz, olivine, pyroxene, ilmenite, 송이에는 이 광물 외에 hematite와 magnetite등이 주 광물을 이루고

있었다.

화산암의 Mössbauer 스펙트럼으로부터 olivine, pyroxene, ilmenite 광물에 의한 세 쌍의 quadrupole splitting을 얻었고 isomer shift 값으로부터 각 광물에 함유된 Fe는 약간의 Fe<sup>+3</sup>를 제외하고는 거의 모두 Fe<sup>+2</sup> 상태임을 확인하였다.

송이의 Mössbauer 스펙트럼으로부터 olivine, pyroxene 광물 이외에 hematite 와 magnetite 광물을 확인할 수 있었으며, isomer shift 값으로부터 각 광물에 함유된 Fe는 약간의 Fe<sup>+2</sup>를 제외하고는 거의 모두가 Fe<sup>+3</sup> 상태임을 알 수 있었다.

화산암과 송이의 공명흡수 면적을 분석한 결과 화산암의 Fe는 주로 olivine, 송이의 Fe는 주로 magnetite와 결합되어 있음을 확인할 수 있었다.

### 참 고 문 헌

1. Bou young kim, A study on mechanic Characteristics of the hightweight Brick Made of Cheju-do Song-I, Dankook Univ, Dept. of Archit. Grad. School(1987).
2. Je Bong Han, An Experimental Study on Concrete by Substituing Cheju-do "song-I" for Fine Aggregate, Chosun Univ. Grad. School of Industry(1985)
3. 권동희 및 박희두, 토양지리학, 교학연구사, 133-147(1991)
4. O. C. Kistner and A. W. Sunyar, Rev. Lett., 4, 412(1960)
5. R. Bauminger et al, Phys. Rev. 122, 1447 (1961)
6. H. Pollak, M. De Coster and S. Amelinckx, Phys. Status Solidi 2, 1653(1962)
7. M. De Coster, H. Pollak and S. Amelinckx, Phys. status Solidia 3, 283(1963)
8. E.L. Sprenkel-Segel and S.S. Hanna, Geochim. Cosmochim. Acta 28, 1913(1964)
9. Kazutoyo Endo et al, Hyperfine Interactions 9, 557-561(1994)
10. F.J. Berry et al, Hyperfine Interactions 83, 469-472(1994)
11. Yuchang Zhang et al, Hyperfine Interactions 91, 547-550(1994)
12. Stevens, Pollak, White and Gibson., *Mineral Data Handbook, Univ. North Carolina Pub.*, (1983)
13. 최원준, 고정대, 홍성락, J. of Basic Sciences, Cheju Nat'l Univ. 14(1), 1-7(2001)

## Physical Characteristics of Jeju Lava

Sung Rak Hong

Dept. of Physics, Cheju National University, Jeju, 690-756

We report the result of measurements using the Mössbauer spectroscopy and x-ray diffractometry(XRD) of samples of volcanic rock and scoria at room temperature which are distributed throughout four different sites on Jeju island.

In the XRD results for these samples, we find that volcanic rock has minerals of quartz, olivine, pyroxene and ilmenite. Scoria has not only the aforementioned minerals but also hematite and magnetite.

The Mössbauer spectra for Volcanic rock consists of three well defined quadrupole doublets of olivine, pyroxene and ilmenite with a dominant  $2^+$  charge state and a small percentage of  $3^+$  charge state of iron.

On the other hand in Mössbauer spectra for scoria, we find that scoria has not only two well defined quadruple doublets of olivine and pyroxene but also two sextets of hematite and magnetite with a dominant  $3^+$  charge state and a small percentage of  $2^+$  charge state of iron.