

## 제주도 북동부 지역 스코리아 내의 철 화합물에 대한 자기적 성질

고정대\* · 최원준

제주대학교 기초과학연구소, 제주시 아라1동 1번지, 690-756

(2011년 1월 4일 받음, 2011년 2월 11일 최종수정본 받음, 2011년 2월 11일 게재확정)

제주도 북동부 송당리 일원에 형성된 오름에서 채취한 스코리아의 화학적 조성 및 산화철의 원자가상태와 자기적 성질을 조사하였다. X-선 회절법을 이용하여 분석한 결과 이 지역의 스코리아들은 SiO<sub>2</sub>와 장석이 주를 이루고 소량의 철 산화물이 확인되었다. Mössbauer 분광법을 통해 광물 내의 철 성분들이 어떤 형태를 이루는지 살펴본 결과 olivine인 규산염과 pyroxene, ilmenite 형태의 상자성 철산화물 및 상온에서 반강자성 및 강자성 물질인 산화철 및 silicate mineral 등이 존재하였다. 철 화합물의 원자가상태는 대부분 olivine과 pyroxene에서 Fe<sup>3+</sup>이 존재하고 olivine, pyroxene과 ilmenite에 의해 소량의 Fe<sup>2+</sup> 성분이 존재하고 있음을 알 수 있었고, 그 외에도 산화철 및 silicate mineral로 추정되는 흡수선도 관측되었다. 따라서 이 지역 대부분의 스코리아 내의 철에 대한 주 원자가 상태는 Fe<sup>3+</sup>과 Fe<sup>2+</sup>가 공존하는 것으로 분석되었다.

주제어 : 스코리아, XRD, Mössbauer 효과, 철 화합물

### I. 서 론

제주도는 120만 년 전부터 4차례의 큰 화산활동에 의해 형성된 섬으로, 주로 제4기 플라이스토세의 화산활동에 의한 결과로 이루어졌다고 알려져 있다[1]. 제주도의 형태는 외형적으로 한라산을 중심으로 주로 알칼리성 용암류의 연속적인 분출에 의해서 만들어진 타원형의 순상화산체를 형성하고 있다. 제주도의 화산활동은 크게 보아 5단계의 화산활동기 및 퇴적기로 구분되며 적어도 100회 이상에 달하는 용암분출이 관찰된다. 368개에 달하는 기생화산구는 성산층 및 화순층 퇴적기에 형성된 것과 최후의 휴화산활동의 산물인 제5기에 속하는 것으로 구분된다. 전자는 조면암 또는 조면질안산암과 화산쇄설물로 구성되어 있으며 주로 해안저지대에 분포하고 있거나 후기의 화산활동에 의해 매몰되어 있고, 후자는 현무암질 화산쇄설물로 구성되어 있는 전형적인 분석구들이며 제주도의 중산간 지역에 집중 분포되어 있다. 이들을 지질학 용어로 화쇄구(火砕丘, pyroclastic cone)라 한다. 이들 화쇄구를 제주에서는 오름이라 부르며 주로 분석구, 용암원정구, 응회환, 응회구, 마르 등의 지형적 구조를 하고 있어 분출시기, 분화 특성, 화산 활동의 양상, 마그마가 생성되었던 심부 환경의 정보 등 당시의 화산 활동에 대한 정보와 화산 지형을 관찰할 수 있는 가치를 지니고 있다[2]. 또한 오름의 모양이 원추형, 원형, 말굽형, 복합형 등으로부터 분석구를 형성하는 분화 당시의 지표 상황(국지적인 지형 구배, 기상 관계 등)을 가늠할 수 있는 정보를 축적하고 있다. 제주도의 화산은 대부분 현무암질 용암분출에 기인된 분화활동이므로 335개의 오름 대부분은 주로

스코리아丘(분석구)이며, 일부 해안지역에서 수증화산활동과 관련된 응회구, 응회환 및 마르도 분포하고 있다. 기생화산의 주성분을 구성하고 있는 스코리아는 고철질(苦鐵質) 마그마가 수백미터 상공에 뿜어 올려지는 스트롬볼리식 분화에 의해 형성된 것으로써 마그마 분출시 다공질의 화산사와 같은 분출물들이 모여 이루어져있다. 스코리아에 대한 다각적 연구가 활발해짐에 따라 최근에는 산업용 타일, 건축자재, 친환경 흡착제, 화장품 재료 등으로 활용되고 있다[3].

제주도에 대한 지질학적 광물학적 연구는 1925년 S. Nakamura[4] 등이 최초로 수행된 이래, 여러 분야에서 다각적인 방법을 통해 제주도 화산암, 토양과 토기의 성분에 대한 연구가 활발히 진행되어왔다[5, 6]. 이 중에서 Mössbauer 분광법은 높은 분해능을 가지고 있어 자성체, 광물, 토기 등에 대한 연구에 널리 활용되고 있다[7-9]. 특히 <sup>57</sup>Fe 동위원소에 대한 Mössbauer 효과는 원자가 상태 및 Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup> 비율 등으로부터 물질의 지구화학적 역사 및 암석기술학에 대한 정보를 제공해준다[10]. 이와 함께 X-선 회절법, X-선 형광법[11] 그리고 라만 분광법[12] 등과의 상호 보완적인 연구가 이루어지면 광물의 생성 시기, 구조 등에 대한 정보를 분석할 수 있다. 스코리아에 대한 화학적 조성 및 흡착성에 대한 연구 등은 활발히 이루어져 왔으나[13] 중요 구성물질의 하나인 철 화합물에 대한 연구는 미흡한 편이며 특히 Mössbauer 분광법을 활용한 체계적인 연구는 미비한 실정이다. 본 실험실에서는 최근에 제주도 여러 지역에 존재하는 스코리아의 철 화합물에 대해 연구를 진행하였으나[14, 15], 많은 양의 자료를 확보하지 못해 충분한 비교 연구가 이루어지지 못했다. 따라서 이를 보완하여 국소 지역적인 연구를 기반으로 지역을 확대해 나가면서 비교 분석할 수 있는 연구를

\*Tel: (064) 754-3514, E-mail: jdko@jejunu.ac.kr

지속하고자 한다. 본 논문은 지역별 체계적인 연구의 일환으로 2007년 6월 세계 자연문화 유산으로 등재된 거문오름 동굴계에 속해 있으며 제주도 북동부에 위치한 송당리 지역 오름에 존재하는 스크리아에 포함된 철 화합물에 대해 X-선 회절법, Mössbauer분광법을 이용하여 자기적 특성을 조사하고 다른 지역과의 특성을 비교 분석하고자 한다.

## II. 실험재료 및 방법

본 논문의 스크리아 시료는 제주 북동부 송당리 지역 위치한 6개 지역, A(안친), B(괭이머르), C(대물동산), D(높은오름), E(아부), F(서수머르)에 있는 분화구 정상 주변에서 채취하였으며, 각 지역은 Fig. 1에 나타내었다. 채취된 시료는 공기 중에서 충분히 건조시켜 60 µm 이하가 되도록 분말로 분쇄한 후, X-선 회절분석 시료로 이용하였고, Mössbauer 흡수체로 사용하기 위한 분말시료는 시료의 양이 10 mg/cm<sup>2</sup>가 되도록 정밀한 측정을 한 후, 유압기로 5000 psi의 압력을 가하여 가장 흡수율이 좋은 직경 21 mm, 두께 0.5 mm의 원판 모양으로 만들어 사용하였다. X-선 회절을 위한 측정은 파장이 1.5425 Å인 CuKα 선을 이용하였고 2θ의 범위는 5~50°, 전류는 30 mA, 가속 전압은 40 kV 그리고 주사 속도는 10°/분으로 하였다. Mössbauer 분광 실험을 위해 RITVERC사의 30 mCi <sup>57</sup>Co 단일 γ 선원을 사용하였고 흡수체와 검출기 사이의 거리는 160 mm로 유지하였으며 이 때 검출기의 총 측정계수가 약 5 × 10<sup>5</sup> 이상이 되도록 하였고 Doppler 속도는 ± 16 mm/s가 되도록 조절하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. X-선 회절 분석

스크리아 시료에 대한 X-선 회절 측정 결과를 JCPDS (Joint Committee on Powder Diffraction) 카드와 비교하여



Fig. 1. The site of the scoria samples taken from north-eastern Songdang-ri area of Jeju island.

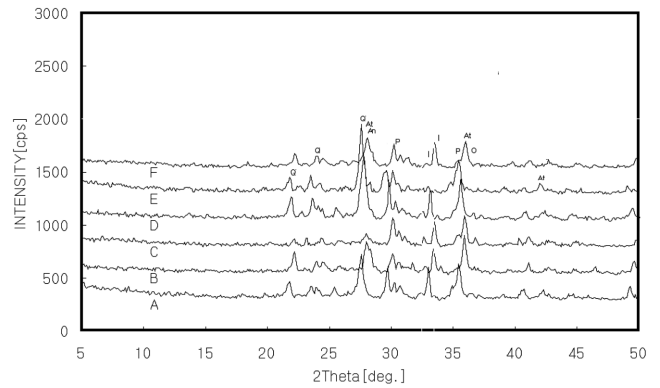


Fig. 2. X-ray diffraction patterns of scoria samples taken from north-eastern Songdang-ri area of Jeju island. quartz (Q), olivine (O), pyroxene (P), anorite (An), anorthoclase (At) and ilmenite (I).

Fig. 2에 나타내었다. 이 그림에서 보는 바와 같이 모든 시료에서 강한 회절 피크들은 21.71°, 23.39°의 tridymite 형의 SiO<sub>2</sub>(Q)에 의한 것이며, 28.02°, 27.76° 부근의 피크는 anorite((Ca,Na)(Si,Al)<sub>4</sub>, An) 그리고 23.94, 27.75 부근의 피크는 anorthoclase(Na,KO)(AlSiO), At인 장석계열의 강한 회절 피크들도 확인할 수 있었다. 즉 이 지역 시료에서는 SiO<sub>2</sub>뿐 아니라 장석이 주 구성 성분을 이루고 있음을 확인할 수 있다. 특히 B, C 지역 샘플은 SiO<sub>2</sub>의 피크는 미약하고 장석이 주를 이루고 있음을 알 수 있다. 그리고 36.46°, 35.67°, 25.64°의 피크들은 olivine(감람석, O)에 의한 것이며 29.85°, 35.48°, 35.65° 부근의 피크들은 pyroxene(휘석, P), 32.48°, 33.42° 부근의 피크들은 ilmenite(티탄철석, I)에 의한 미약한 피크를 확인할 수 있으며, 이는 기존의 화산암에 광물에 비해 스크리아 시료에서는 비교적 소량이 들어 있는 것으로 추정된다. 더욱이 이러한 결과는 일반적으로 스톱블리식 화산활동을 통해 외부로 분출되는 스크리아 시료에는 적게 포함되어 있다는 기존의 결과와 일치한다.

한편 24.24°, 33.15°, 35.61°, 49.48° 부근의 피크들과 35.42° 부근의 피크는 hematite(적철석, H)와 magnetite(자철석, M)에 의한 피크들도 보이고 있으나 이들은 olivine의 피크와 겹쳐져서 명확히 구분하기 어렵다. 또한 각각 10%와 7% 이하의 함량을 가진 것으로 피크가 잘 나타나지 않은 것으로 여겨지며, 격자 내에서 Al과 Fe이온은 이온반경이 비슷하기 때문에 동형치환이 발생하여 단위세포 매개변수들을 변화시킨 때문이기도 하다[16]. 또한 A, D, E, F, G 시료는 JCPDS에 나타난 것과 비교하였을 때 약간 이동되어 나타나는 것으로 보아 이들 시료들에서는 피크 위치를 약간 이동시키거나 질량흡수계수에도 영향을 미쳐 다른 광물들에 의한 피크 위치가 겹쳐짐으로 인해 피크 폭이 넓어지기 때문에 X-선 회절 실험으로는 식별이 용이하지 못하다[17].

화산회토에 많이 포함되어 있다고 알려진 ferrihydrite는 본 스코리아 시료에서는 볼 수 없었다. X-선 회절법으로 확인할 수 있는 ferrihydrite의 함량은 약 50 g/kg~100 g/kg 이상이어야 한다는 것을 고려한다면[18] ferrihydrite의 함량은 50 g/kg 이하일 것으로 추정된다. 또한 제주 지역 토양 시료에서 확인되고 있는 goethite(FeOOH) 역시 확인되지 않았으나 사장석 및 조암광물로 시방회석, 단사회석 등이 존재하는 것을 확인할 수 있었다.

2. Mössbauer 분광 분석

스코리아 시료에 대해 상온(290 K)에서 측정한 Mössbauer

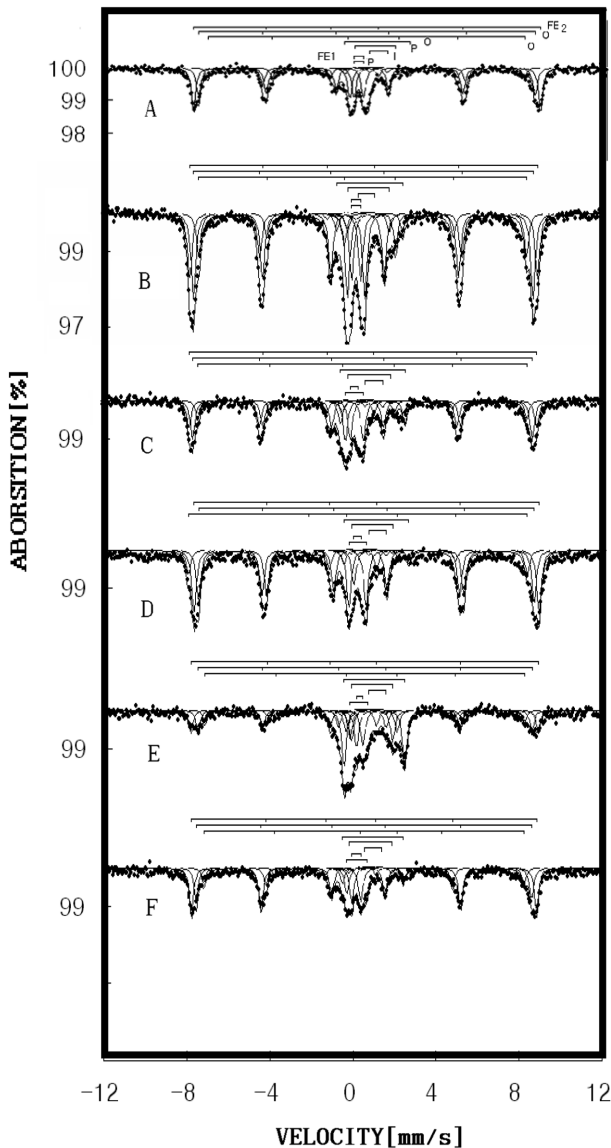


Fig. 3. Mössbauer spectra of the scoria samples taken from north-eastern Songdang-ri area of Jeju island. ilmenite (I), olivine (O), pyroxene (P), minerals (F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>).

스펙트럼은 Fig. 3과 같다. 이 스펙트럼으로부터 Lorentzian 함수를 써서 least square fitting법으로 구한 Mössbauer parameter 값들을 Table I에 나타내었다.

이 지역 시료들 대부분에서 나타난 3개의 6중선으로부터 XRD 분석과 비교한 결과 2개의 6중선과 1개의 이중선은 olivine으로 분석되었다. 즉 olivine에 포함된 두개의 6중선은 Fe<sup>3+</sup>에 의한 것으로 각각의 isomer shift(I. S.) 값은 0.54 mm/s~0.55 mm/s와 0.66 mm/s~0.73 mm/s이었고 quadrupole splitting(Q. S.) 값은 0.16 mm/s~0.17 mm/s와 -0.94 mm/s~0.11 mm/s이었으며, magnetic hyperfine field(H<sub>hf</sub>)값은 500.38 kOe~509.21 kOe와 471.67 kOe~507.10 kOe 값을 나타내고 있다. 이는 XRD분석에서 미약한 피크와 olivine과 겹치는 피크들에 의한 성분으로 추정된다. 그 외 6중선의 I. S. 값은 0.44 mm/s~0.47 mm/s, Q. S. 값은 0.29 mm/s~0.44 mm/s이며 H<sub>hf</sub>값은 516.34 kOe~521.25 kOe으로 분석되었다. 이것은 다른 산화철 및 silicate mineral로 추정된다[19, 20]. 그러나 명확한 구분을 위해서는 다양한 분석기법을 통해 비교 분석할 필요가 있다.

감람석으로 불리는 olivine은 지구 상부 맨틀의 주요 구성 물질로써 염기성 및 초염기성 화성암에서 맨 먼저 정출되는 광물 중 하나이므로, 그 성분이 원 마그마의 성분을 어느 정도 반영하기 때문에 화성암의 성인(成因)을 해석하는 데 특히 관심의 대상이 되는 광물이다. 또한 이것은 A형 월석(月石)과 운석(隕石)에서도 발견된다. olivine의 화학적 구조식은 일반적으로 A<sub>2</sub>BO<sub>4</sub>로 표현되며 여기서 8면체 자리 A는 대부분 마그네슘(Mg)과 철(Fe)로 되어 있고 4면체 자리 B는 규소(Si)로 되어 있다. 천연감람석의 화학 조성은 연속고용체(連續固溶體)를 이루는 Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>(마그네슘 감람석)에서부터 Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>(철 감람석)까지 다양하다. 이러한 olivine은 A 자리의 Mg와 Fe의 함량비에 따라 크리솔라이트(10~30% Fe), 하이알로시테라이트(30~50% Fe), 호토놀라이트(50~70% Fe), 페로호토놀라이트(70~90% Fe) 그리고 마그네슘감람석, 철감람석으로 나뉘는데 이중에서 크리솔라이트와 하이알로시테라이트가 현무암과 조면암에 많이 분포하고 있는 것으로 알려져 있다. 본 실험에서는 이전 결과로부터 하이알로시테라이트와 호토놀라이트사이에 공존하는 현무암의 경우와 유사함을 나타내고 있으나 정확한 결정은 추가 분석 실험에 의해 보다 명확한 근거를 제시할 수 있다고 여겨진다. Spectrum 분석에 의해 olivine은 Fe<sup>3+</sup>와 Fe<sup>2+</sup>가 공존하고 있음을 알 수 있다. 한편 olivine Fe<sup>3+</sup>의 면적비가 38.19%~50.19%를 이루고 있어 이 지역 시료들의 주 성분임을 짐작할 수 있다.

휘석이라 불리는 pyroxene은 (Mg,Fe)SiO<sub>3</sub> 또는 Ca(Mg,Fe)Si<sub>2</sub>O<sub>6</sub> 등의 복잡한 구조를 가지고 있으며 칼슘, 마그네슘, 철 등의 함량비에 따라 여러 종류로 구분되며 철은 Fe<sup>2+</sup>와 Fe<sup>3+</sup>

**Table I.** Mössbauer parameters of scoria samples taken from north-eastern Songdang-ri area of Jeju island at 290 K.

Sample	Olivine doublet		Pyroxene doublet				Ilmenite doublet		Fe <sup>3+</sup> (F <sub>1</sub> ) doublet		Fe <sup>3+</sup> (F <sub>2</sub> )		Olivine Fe <sup>3+</sup>			Olivine Fe <sup>3+</sup>				
	I.S.	Q.S.	Fe <sup>2+</sup>		Fe <sup>3+</sup>		I.S.	Q.S.	I.S.	Q.S.	I.S.	Q.S.	H <sub>hf</sub>	I.S.	Q.S.	H <sub>hf</sub>	I.S.	Q.S.	H <sub>hf</sub>	
			mm/s	mm/s	mm/s	mm/s														mm/s
A	Parameter	1.14	3.12	1.01	1.95	0.28	0.87	1.19	0.85	0.27	0.45	0.46	0.36	516.80	0.55	0.17	500.94	0.67	-0.14	471.67
	Area (%)	2.86		0.21		12.83		2.02		12.77		31.13		38.19						
B	Parameter	1.14	3.12	1.16	2.45	0.31	0.79	1.19	0.85	0.29	0.38	0.46	0.37	520.79	0.54	0.18	508.39	0.66	-0.11	490.26
	Area (%)	2.02		1.091		15.00		1.99		9.79		23.15		46.96						
C	Parameter	1.14	3.12	0.96	2.05	0.27	0.78	1.19	0.85	0.27	0.37	0.47	0.37	521.25	0.55	0.18	509.21	0.69	-0.11	493.34
	Area (%)	2.66		0.09		21.47		2.18		13.69		22.41		50.19						
D	Parameter	1.16	3.12	0.96	2.00	0.28	0.82	1.20	0.82	0.29	0.36	0.48	0.41	516.34	0.56	0.23	502.04	0.73	-0.94	507.10
	Area (%)	3.32		0.94		13.35		1.26		8.28		30.27		42.57						
E	Parameter	1.08	2.93	0.96	1.99	0.36	0.85	1.20	0.82	0.40	0.31	0.46	0.29	520.32	0.55	0.16	500.38	0.71	-0.17	479.24
	Area (%)	19.03		10.80		9.79		1.26		12.48		14.32		32.32						
F	Parameter	1.08	2.93	0.95	2.07	0.33	0.95	1.08	0.83	0.31	0.43	0.44	0.44	517.18	0.55	0.21	502.61	0.75	-0.20	479.96
	Area (%)	5.85		2.17		9.32		0.5		12.59		24.20		45.37						

상태가 공존하는 형태로 존재한다[21]. 따라서 나머지 4개의 이중선 중 pyroxene에 의한 2개의 이중선은 각각 *I. S.* 값이 0.96 mm/s~1.16 mm/s이고 *Q. S.* 값이 1.95 mm/s~2.45 mm/s인 Fe<sup>2+</sup> pyroxene과 *I. S.* 값이 0.28 mm/s~0.33 mm/s이고 *Q. S.* 값이 0.79 mm/s~0.95 mm/s인 Fe<sup>3+</sup> pyroxene으로 조사되었다. 즉 Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>가 공존하는 철 화합물을 포함한 pyroxene 형태를 이루는 것을 볼 수 있다.

한편 또 다른 이중선에 의한 ilmenite의 *I. S.* 값이 1.08 mm/s~1.20 mm/s이고 *Q. S.* 값은 0.82 mm/s~0.85 mm/s로 해석되며 이것은 이전의 결과들과 잘 일치하고 있다. 이와 같은 결과들로부터 일부 성분의 철의 원자가 상태는 Fe<sup>2+</sup>임을 알 수 있었다[22]. 또한 일반적으로 ilmenite는 950°C 이상의 고온에서 hematite 등의 광물과 고용체를 이루고 있으며 상부 맨틀에서 소량 포함된 것으로 알려져 있다[23]. 따라서 모든 시료에서 ilmenite가 소량 확인되고 있으며 이는 상부 맨틀에서 생성된 광물들이 분출되어 형성된 스코리아 임을 짐작할 수 있다. 이외에도 나머지 1개의 2중선이 나타나고 있는 것으로 볼 때, XRD 분석에서 나타났듯이 철 화합물 등이 보통의 시료에서처럼 단일상으로 존재하기 보다는 다양한 mineral을 포함하고 있으며, 화산암 또한 다양한 silicate mineral 들이 존재하고 있다는 사실과 부합된다[24, 25].

#### IV. 결 론

제주도 북동부 송당리 일원에 형성된 오름에서 채취한 스코리아 시료들에 대한 철 화합물들의 물리 화학적 특성을 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

X선 회절 분석으로부터, 이 지역에서 채취된 시료들은 SiO<sub>2</sub>와 같은 규산염과 anorite, anorthocase의 장석들이 주를

이루고 olivine, pyroxene, ilmenite, hematite와 magnetite 등의 광물이 분포되어 있음을 확인할 수 있었다.

시료들에 대한 Mössbauer 스펙트럼으로부터 olivine, pyroxene, ilmenite 그리고 다른 Fe<sup>3+</sup>의 철 화합물에 의한 이중선들과 6중선을 볼 수 있었으며, olivine에 의한 6중선을 제외한 1개의 6중선과 1개의 2중선은 다양한 형태의 mineral로 추정된다. 분석된 *I. S.* 값으로부터 본 시료들에 함유된 철 화합물들의 원자가 상태는 대부분 olivine과 pyroxene에 의한 Fe<sup>3+</sup> 상태임을 확인하였으며 ilmenite, pyroxene, olivine에 의한 Fe<sup>2+</sup> 상태도 일부 포함되어 있음을 알 수 있었다.

한편 제주 송당리 시료들에 대해 기존의 Mössbauer 연구와 비교 분석한 결과, 이 지역 시료들은 기존의 제주 해안 지역과 북동부 지역 일부 시료의 구조 형태와 달리 magnetic hyperfine splitting이 나타나는 시료들로만 구성되어 있으며 이는 중간간 지역에 존재하는 시료의 구조와 유사한 형태를 보이고 있다. 그러나 뚜렷한 지역별 구조의 경계선을 찾기에는 미흡한 면이 있다. 따라서 체계적인 지역별 분석을 위해 보다 많은 지역의 시료들에 대해 추가적 실험을 통해 화산쇄설물의 형성 이력을 규명하기위한 정밀한 분석이 요구된다.

#### 참고문헌

- [1] The Geological Society of Korean, Korean Geological Features, Sigma Press, Seoul (2002) pp. 293~295.
- [2] D. I. Oh, Ph. D. thesis (in Korean), Jeju Nat'l Univ., Jeju (2004) pp. 12~18.
- [3] S. W. Lee and S. H. Suh, J. Arch. Inst. Korean **9**, 403 (1989).
- [4] S. Nakamura, The Globe (Chikyū) **4**, 325 (1925).
- [5] S. H. Choi, J. I. Lee, C. H. Park, and J. Moutte, The Island Arc.

- 11**, 221 (2002).
- [6] S. Y. Hamm, J. Y. Cheong, S. Jang, C. Y. Jung, and B. S. Kim, *J. Hydrology* **310**, 111 (2005).
- [7] E. Murad, *Hyperfine Interactions* **117**, 39 (1998).
- [8] J. G. Stevens, A. Khasanov, J. W. Miller, H. Pollak, and Z. Li, *Hyperfine Interactions* **117**, 71 (1998).
- [9] J. M. R. Genin, G. Bourrie, F. Trolard, M. Abdelmoula, A. Jaffrezic, P. Refait, V. Maitre, B. Humbert, and A. Herbillon, *Environ. Sci. Technol.* **32**, 1058 (1998).
- [10] E. De Grave, S. G. Eeckhout, and C. A. McCammon, *Hyperfine Interactions* **122**, 21 (1999).
- [11] V. Rusanov, R. G. Gilson, A. Lougear, and A. X. Trauwein, *Hyperfine Interactions* **128**, 353 (2000).
- [12] S. G. Marchetti, R. Spretz, M. A. Ulla, and E. A. Lombardo, *Hyperfine Interactions* **128**, 453 (2000).
- [13] S. K. Kam, S. S. Hyun, and M. G. Lee, *J. Kor. Soc. Environ. Eng.* **24**, 57 (2002).
- [14] W. J. Choi and J. D. Ko, *J. Kor. Mag. Soc.* **17**, 1 (2007).
- [15] W. J. Choi and J. D. Ko, *J. Kor. Mag. Soc.* **18**, 168 (2008).
- [16] H. Kodama, J. A. Mckeague, R. J. Tremblay, J. R. Gosslin, and M. G. Townsend, *Can. J. Earth Sci.* **14**, 1 (1977).
- [17] B. D. Cullity, *Elements of X-ray Diffraction*, Addison-Wesley, Reading, MA (1978) pp. 281~292.
- [18] C. W. Childs, N. Matsye, and N. Toshinaga, *Soil Sci. Plant. Nutr.* **37**, 299 (1991).
- [19] V. G. Bhide, *Mössbauer Effect and Its Application*, Tata McGraw-Hill, New Delhi (1973) pp. 273~274.
- [20] C. S. Lee and C. Y. Lee, *J. Kor. Mag. Soc.* **7**, 232 (1997).
- [21] Cantl and O'Neill, *J. Petrology* **37**, 609 (1996).
- [22] S. R. Hong, G. Haley, and J. G. Mullen, *Hyperfine Interactions* **57**, 2221 (1990).
- [23] D. S. Lee and M. W. Lee, *Pininciples of Earth*, Komun, Seoul (1984) p. 59.
- [24] W. J. Choi and J. D. Ko, *J. Kor. Mag. Soc.* **19**, 227 (2009).
- [25] G. M. da Costa, E. G. da Silva, and M. F. de Jesus Filho, *Hyperfine Interactions* **67**, 501 (1991).

## The Magnetic Properties of Iron Compounds of the Scoria in North-Eastern Area of Jeju Island

**Jeong Dae Ko\* and Won Jun Choi**

*Research Institute for Basic Sciences, Jeju National University #1, Ara-1 Dong, Jeju-si 690-756, Korea*

(Received 4 January 2011, Received in final form 11 February 2011, Accepted 11 February 2011)

Fe compounds of scoria samples distributed in Songdang-ri positioning north-eastern area of Jeju island were investigated by means of X-ray diffractometry (XRD) and  $^{57}\text{Fe}$  Mössbauer spectroscopy. The samples were prepared from six parasite. We found that the samples were composed of a typical olivine, pyroxene, ilmenite,  $\text{SiO}_2$ , anorite and anorthoclase, Mössbauer spectrum of the most scoria samples are shown doublets and sextets of olivine, doublets of pyroxene, ilmenite and silicate minerals. And the valence states of Fe ion of the scoria samples in this area are chiefly 3+ charge state and a little 2+ charge state.

**Keywords :** scoria, XRD, Mössbauer effect, iron compound