

제주 서부 해안지역 스코리아의 철 화합물에 관한 연구

최원준 · 고정대*

제주대학교 물리학과, 제주시 아라1동 1번지, 690-756

(2009년 10월 13일 받음, 2009년 11월 18일 최종수정본 받음, 2009년 11월 19일 게재확정)

제주도 서부 해안 일원에 형성된 오름에서 채취한 스코리아의 화학적 조성 및 산화철의 원자가상태와 자기적 성질을 조사하였다. X-선 형광분석으로부터 철 화합물의 총량은 11.00~13.87 wt%이었고, X-선 회절법을 이용하여 SiO₂와 같은 규산염 외에 소량의 철 산화물을 확인할 수 있었다. Mössbauer분광법을 통해 광물 내의 철 성분들이 어떤 형태를 이루는지 확인하였다. 측정된 시료들로부터 olivine인 규산염과 pyroxene, ilmenite와 같은 상자성 철산화물 및 상온에서 반강자성 및 강자성 물질인 hematite와 magnetite 산화철 광물을 확인하였다. 철 화합물의 원자가상태는 일부 Fe²⁺인 olivine, pyroxene 그리고 ilmenite와 Fe³⁺인 hematite, magnetite, clay mineral 등을 포함하고 있다. 분석 결과 제주 서부 해안의 시료 중 수중형성으로 추정되는 스코리아 성분에 대한 철 화합물의 주 원자가 상태는 Fe²⁺로 분석되었고, 나머지 육상형성으로 추정되는 스코리아 성분 내에서 철의 주 원자가 상태는 Fe³⁺로 분석되었다.

주제어 : 스코리아, XRD, XRF, Mössbauer 효과, 철 화합물

I. 서 론

제주도의 형성은 120만 년 전부터 크게 4차례의 화산활동에 의해 형성된 섬으로, 주로 제4기 플라이스토세의 화산활동에 의한 결과로 이루어졌다고 알려져 있다[1]. 제주의 형태는 외형적으로 한라산을 중심으로 타원형의 순상화산체를 형성하고 있다. 이와 함께 소규모의 폭발적 분화에 의해 수백 미터 상공으로 분출된 쇄설물들이 화구주변에 퇴적되어 만들어진 작은 화산체가 한라산으로부터 해안까지 368개 분포하고 있다. 이들을 지질학 용어로 화쇄구(火碎丘, pyroclastic cone)라 한다. 이들 화쇄구를 제주에서는 오름이라 부르며 최근 습지로서 뿐 아니라, 지구과학적인 측면에서 학술적 연구 가치가 높아 관광자원으로서도 많은 관심을 불러 모으고 있다[2]. 이 화쇄구는 화산쇄설성 물질의 종류에 의해 스코리아구, 경석구(輕石丘), 화산회구(火山灰丘)로 세분되며, 화산회구 중에서 퇴적물의 양이 적고 야트막한 환상구(環狀丘)가 화구를 둘러싸고 있는 것을 응회환(tuff ring)이라 하고, 이중에서도 환상구가 매우 낮고 화구만으로 이루어진 것 같이 보이는 것을 마르(maar)라고 부른다. 제주도의 화산은 대부분 현무암질 용암분출에 기인된 분화활동이므로 오름의 대부분은 주로 스코리아구(분석구)이며, 일부 해안지역에서 수중화산활동과 관련된 응회구, 응회환 및 마르도 분포하고 있다. 기생화산의 주성분을 구성하고 있는 스코리아는 마그마 분출시 다공질의 화산사와 같은 분출물들이 모여 이루어져있다. 이들 스코리아는 산업용 타일, 건축자재, 친환경 흡착제, 화장품 재료 등으

로 활용되고 있다[3].

제주도에 대한 지질학적 광물학적 연구는 1925년 S. Nakamura[4] 등이 최초로 수행한 이래, 여러 분야에서 다각적인 방법을 통해 제주도 화산암, 토양과 토기의 성분에 대한 연구가 활발히 진행되어왔다[5, 6]. 이 중에서 Mössbauer분광법은 높은 분해능을 가지고 있어 자성체, 광물, 토기 등에 대한 연구에 널리 활용되고 있다[7-9]. 특히 ⁵⁷Fe 동위원소에 대한 Mössbauer 효과는 원자가 상태 및 Fe²⁺/Fe³⁺ 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 분석 등에 대한 정보를 분석할 수 있다. 한편 스코리아에 대한 화학적 조성 및 흡착성에 대한 연구 등이 이루어졌으나[13] 중요 구성물질인 철 화합물에 관한 연구는 부족하며 Mössbauer분광법을 활용한 연구는 미비한 실정이다. 본 실험실에서는 최근에 제주도 다른 지역에 존재하는 스코리아의 철 화합물에 대해 연구를 진행하였으며[14, 15], 따라서 본 논문에서는 X-선 회절법, X-선 형광법 및 Mössbauer분광법을 이용하여 이들 외 지역인 서부 해안지역에 존재하는 스코리아에 포함된 철 화합물에 대해 물리, 화학적 특성을 조사하고 다른 지역과의 특성을 비교 분석하고자 한다.

II. 실험 재료 및 방법

본 논문의 스코리아 시료는 제주 서부 해안에 위치한 5개 지역인 A(어도), B(수월), C(녹남봉), D(송악산), E(군산에서

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



Fig. 1. The site of the scoria samples taken from western seaside area of Jeju.

채취하였으며 채취 위치는 분화구 정상 주변으로, 각 지역은 Fig. 1에 나타내었다. 채취된 시료는 공기 중에서 충분히 건조시켜 60 μm 이하가 되도록 분말로 분쇄한 후, X-선 회절 분석 및 X-선 형광분석용 시료로 이용하였고, Mössbauer 흡수체로 사용하기 위한 분말시료는 시료의 양이 10 mg/cm²가 되도록 정밀하게 측정 후, 유압기로 5000 psi의 압력을 가하여 직경 21 mm, 두께 1 mm의 원판모양으로 만들고 Al foil로 양면을 봉하여 사용하였다. X-선 형광 실험을 위해 시료의 함량 0.6 g과 용제(Li₂B₄O₇, lithium tetraborate) 6 g을 혼합하였고 40 kV, 30 mA 조건에서 측정하였다. X-선 회절을 위한 측정 파장은 1.5425 Å인 CuK α 선을 이용하였고 2 θ 의 범위는 5~50°, 전류는 20 mA, 가속 전압은 30 kV 그리고 주사 속도는 10°/분으로 하였다. Mössbauer 분광 실험을 위해 Dupont사의 10 mCi Co⁵⁷ 단일 γ 선원을 사용하였고 흡수체와 검출기 사이의 거리는 120 mm로 유지하였으며 24시간 이상 공명흡수선을 측정하였다. 이 때 측정계수가 약 4 \times 10⁵~5 \times 10⁶가 되도록 하였으며 Doppler 속도는 \pm 12 mm/s가 되도록 조절하였다.

III. 결과 및 고찰

1. X-선 형광 분석

제주도 서부 해안 5개 오름 지역에서 채취한 스크리아 시

료에 대한 X-선 형광 분석의 결과를 Table I에 나타내었다. Table I에 나타낸 바와 같이 스크리아 시료의 SiO₂ 함량은 39.51~49.84 wt%이었고, Al₂O₃인 경우 14.30~17.16 wt%로 나타나고 있으며 총 Fe(Fe₂O₃)는 최저 11.00 wt%에서 최고 13.87 wt%로 분포하고 있다. 이로부터 채취된 시료들은 전형적인 현무암의 성분과 같다는 것을 알 수 있다. SiO₂ 함량에 따른 분류에 의하면 시료들의 SiO₂ 함량은 39.51~49.84 wt%로 초염기성에서 염기성암으로 분포하고 있음을 알 수 있다. 제주도의 화산 폭발로 인한 마그마가 지상으로 분출할 때 생성된 화산쇄설암의 대부분이 염기성암이며 일부는 초염기성암이 존재하기도 한다. 스크리아도 화산쇄설암이라는 사실을 고려할 때 동일한 형성과정을 반영한 조직 구조를 지니고 있음을 알 수 있다[16].

Al₂O₃ 함량에 따른 화성암의 분류를 고려했을 때 14.30~17.16 wt%를 가지는 Al₂O₃의 함량에 비해 CaO + Na₂O + K₂O 함량이 7.94 wt%에서 14.00 wt%로 작은 값을 가지는 고알루미나질로 분류할 수 있다. 한편 화산암에 대한 IUGS (International Union of Geological Sciences)의 화학적 분류에 의하면 Al₂O₃가 14.30~17.16 wt%이고 Na₂O + K₂O가 1.68~5.67 wt% 로써 전형적인 현무암이라는 것을 알 수 있으며 제주의 스크리아가 현무암질 용암에 의해 형성되었다는 사실과 잘 일치하고 있다[17].

2. X-선 회절 분석

스크리아 시료에 대한 X-선 회절 측정 결과를 JCPDS (Joint Committee on Powder Diffraction) 카드와 비교하여 Fig. 2에 나타내었다. 이 그림에서 보는 바와 같이 모든 시료에서 강한 회절 피크들은 21.05°, 26.86°의 quartz(SiO₂, Q)에 의한 것임을 알 수 있고, 36.46°, 35.67°, 25.64°의 피크들은 olivine(橄欖석, O)이며 13.70°, 29.85°, 35.48°, 35.65° 부근의 피크들은 pyroxene(輝석, P)이고, 32.48°, 33.42° 부근의 피크들은 ilmenite(티탄철석, I) 그리고 28.02°, 27.76° 부근의 피크는 anorite((Ca,Na)(Si,Al)₄) 이다. 한편, D와 E 시료에서만 보이는 24.24°, 33.15°, 35.61°, 49.48° 부근의 피크들은 hematite(적철석, H)이다. 또한 35.42° 부근의 피크는

Table I. XRF data of scoria samples taken from western seaside area of Jeju.

Sample	SiO ₂ wt%	Al ₂ O ₃ wt%	TiO ₂ wt%	Fe ₂ O ₃ wt%	MgO wt%	CaO wt%	Na ₂ O wt%	K ₂ O wt%	MnO wt%	P ₂ O ₅ wt%	LOI wt%	Total wt%
A	47.32	15.29	2.78	12.12	6.75	8.79	3.18	1.67	0.16	0.64	1.35	100.06
B	46.23	13.32	2.60	12.30	9.63	8.38	2.80	1.50	0.16	0.49	1.55	98.94
C	39.51	14.30	2.78	13.87	9.85	6.26	1.32	0.36	0.18	0.44	12.33	101.21
D	49.84	14.86	2.17	11.00	6.54	7.26	3.72	1.95	0.14	0.55	1.96	100.00
E	43.88	17.16	3.51	13.59	4.15	9.00	2.63	2.37	0.17	1.26	2.32	100.03

LOI: Loss on ignition

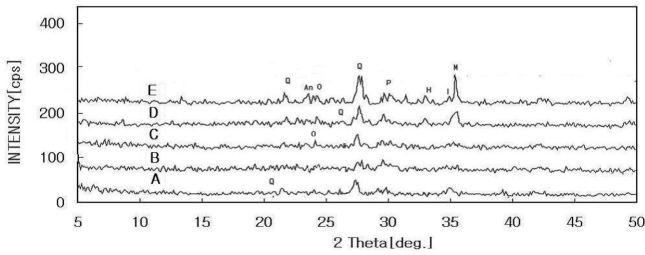


Fig. 2. X-ray diffraction patterns of scoria samples taken from western seaside area of Jeju. quartz (Q), hematite (H), magnetite (M), olivine (O), pyroxene (P) and ilmenite (I).

magnetite(자철석, M)에 의한 피크들 이었다. 이들 결과로부터 측정된 시료들은 현무암에 포함된 전형적인 광물들로 분포하고 있음을 알 수 있었다. 한편 D 시료의 X-선 회절 스펙트럼에서는 스크리아 시료에 포함된 hematite는 약한 피크를 보이고 있으며 이것은 함량이 각각 10%와 7% 이하이므로 피크가 잘 나타나지 않은 것으로[18], 격자 내에서 A와 Fe 이온은 이온반경이 비슷하기 때문에 동형치환이 발생하여 단위세포 매개변수들을 변화시킨 때문이기도 하다. 따라서 피크 위치를 약간 이동시키거나 질량흡수계수에도 영향을 미쳐 다른 광물들에 의한 피크 위치가 겹쳐짐으로 인해 피크 폭이 넓어지기 때문에 X-선 회절로는 식별이 용이하지 못하다. D 시료인 경우 피크의 폭이 넓어져 있고 피크 위치가 다소 이동되어 나타나고 있기 때문에 정확한 분석을 하기 어렵다[19].

화산회토에 많이 포함되어 있다고 알려진 ferrihydrite는 본 스크리아 시료에서는 볼 수 없었다. X-선 회절법으로 확인할 수 있는 ferrihydrite의 함량은 약 50~100 g/kg 이상이어야 한다는 것을 고려한다면[20] ferrihydrite의 함량은 50 g/kg 이하일 것으로 추정된다. 또한 제주 지역 토양 시료에서 확인되고 있는 goethite(FeOOH) 역시 확인되지 않았으나 사장석 및 조암광물로 사방회석, 단사회석 등이 존재하는 것을 확인할 수 있었다.

3. Mössbauer 분광 분석

스크리아 시료에 대해 상온(300 K)에서 측정한 Mössbauer 스펙트럼은 Fig. 3과 같다. 이 스펙트럼으로부터 Lorentzian 함수를 써서 least square fitting법으로 구한 Mössbauer parameter 값들은 Table II에 나타내었으며 이때 표준편차 값은 0.03 이하 이었다.

A, B, C 시료인 경우 6개의 이중선으로 분석되었고 D, E 시료인 경우 6개의 이중선과 3개의 6중선으로 분석되었다. 각각의 시료들에서 얻은 3개의 6중선들 중 이전 연구 결과로부터 XRD 분석과 비교한 결과 D, E 시료인 경우 3개의 6중선은 hematite와[21] magnetite에 의한[22] 공명흡수선으로 분

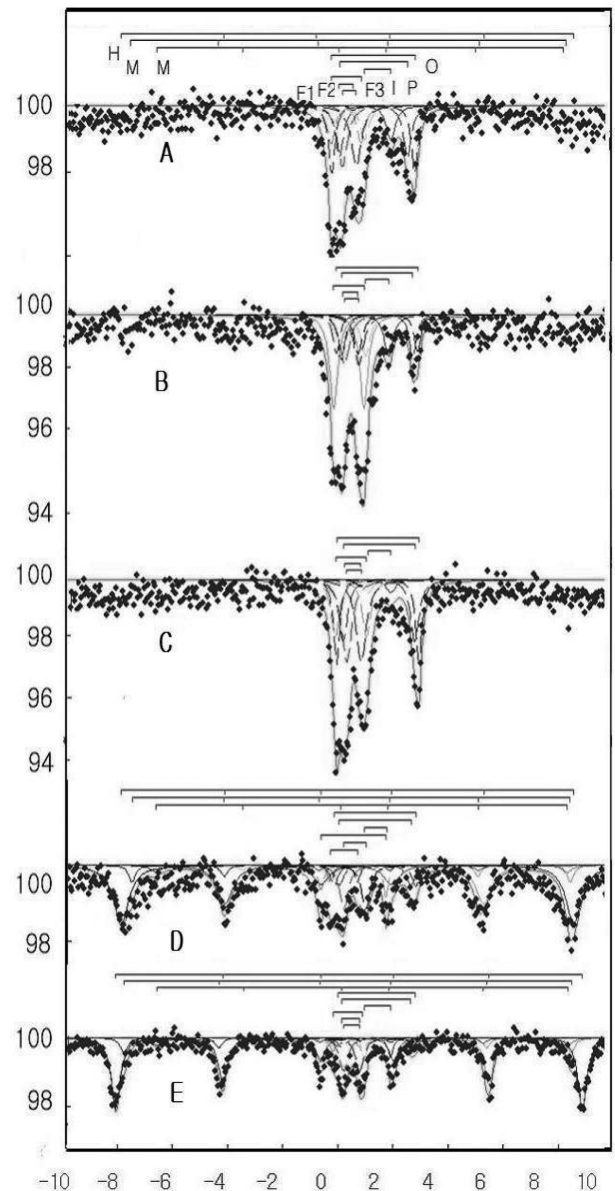


Fig. 3. Mössbauer spectra of the scoria samples taken from western seaside area of Jeju. ilmenite (I), olivine (O), pyroxene (P), hematite (H), hematite, magnetite (M) and clay minerals (F₁, F₂, F₃).

석되었으며 A, B, C 시료에서는 6중선의 hematite와 magnetite에 의한 공명흡수선이 나타나지 않았다. hematite의 *I. S.* 값은 0.28 mm/s이었고 *Q. S.* 값은 -0.13~0.12 mm/s이었으며 H_{hf} (초미세 자기장)값은 505.34~523.53 kOe이었다.

D, E 시료에만 보이는 나머지 2개의 6중선은 magnetite에 의한 사면체 A 자리[tetrahedral site, Fe³⁺]와 팔면체 B 자리[octahedral site, (Fe²⁺, Fe³⁺)]의 값으로 분석되었다[23]. A 자리의 *I. S.* 값은 0.20~0.27 mm/s, *Q. S.* 값은 -0.09~0.01 mm/s이었고 H_{hf} 값은 491.55~501.64 kOe이었으며, B 자리의 *I. S.* 값은 0.61~0.66 mm/s, *Q. S.* 값은 -0.02~

Table II. Mössbauer parameters of scoria samples taken from western seaside area of Jeju at 300 K.

Sample	Olivine doublet		Pyroxene doublet		Ilmenite doublet		Fe ³⁺ (F ₁) doublet		Fe ²⁺ (F ₂) doublet		Fe ³⁺ (F ₃) doublet		Hematite			Magnetite-A*			Magnetite-B**			
	<i>I.S.</i>	<i>Q.S.</i>	<i>I.S.</i>	<i>Q.S.</i>	<i>I.S.</i>	<i>Q.S.</i>	<i>I.S.</i>	<i>Q.S.</i>	<i>I.S.</i>	<i>Q.S.</i>	<i>I.S.</i>	<i>Q.S.</i>	<i>I.S.</i>	<i>Q.S.</i>	<i>H_{hf}</i>	<i>I.S.</i>	<i>Q.S.</i>	<i>H_{hf}</i>	<i>I.S.</i>	<i>Q.S.</i>	<i>H_{hf}</i>	
	mm/s	mm/s	mm/s	mm/s	mm/s	mm/s	mm/s	mm/s	mm/s	mm/s	mm/s	mm/s	mm/s	mm/s	kOe	mm/s	mm/s	kOe	mm/s	mm/s	kOe	
A	Parameter	1.11	3.02	1.06	2.64	1.28	0.96	0.11	0.51	0.62	0.86	0.25	0.50									
	Area (%)	25.59		19.59		18.74		2.04		9.60		24.44										
B	Parameter	1.02	2.97	1.15	2.53	1.13	0.84	0.15	0.57	0.11	1.07	0.21	0.51									
	Area (%)	10.06		11.73		15.56		12.81		30.17		16.67										
C	Parameter	1.02	2.97	1.15	2.54	1.15	0.82	0.17	0.58	0.13	1.10	0.22	0.52									
	Area (%)	19.04		22.22		4.46		2.43		28.57		23.28										
D	Parameter	1.04	3.02	1.13	2.49	1.06	0.70	0.11	0.51	0.13	1.10	0.23	0.51	0.28	-0.13	505.34	0.27	0.01	491.55	0.61	0.03	459.58
	Area (%)	5.08		5.93		7.15		6.47		5.08		2.49		36.27					31.52			
E	Parameter	1.15	2.81	1.13	2.49	1.18	0.94	0.21	0.64	0.10	1.06	0.24	0.58	0.28	-0.12	523.53	0.20	-0.09	501.64	0.66	-0.02	461.05
	Area (%)	2.94		3.43		4.13		0.75		4.41		9.19		52.39					22.77			

*: Magnetite [tetrahedral site, Fe³⁺]
 **: Magnetite [octahedral site, (Fe²⁺, Fe³⁺)]

0.03 mm/s 그리고 *H_{hf}* 값은 459.58~461.05 kOe로 분석되었다. 따라서 A 자리는 Fe³⁺인 반면, B 자리의 철 원자는 전자의 비국소화가 일어남에 따라 Fe²⁺와 Fe³⁺의 두 원자가 상태가 뚜렷이 구분되지 않고 공존하는 전형적인 magnetite에 의한 공명흡수선임을 알 수 있었다.

B 시료는 제주 서쪽 끝 지역에 위치한 오름으로서 본 논문의 다른 지역과 다른 특징을 나타내며, 이것은 수증분화라 할 수 있는 화산활동에 의해 형성된 응회구와 응회환으로 이루어진 소화산체 이므로 다른 분석구와 달리 자성을 띤 hematite나 magnetite가 보이지 않고 있다. 이와 비슷한 화쇄구로 추정되는 A, C 시료도 같은 특성을 보이고 있음을 알 수 있다. 반면 D시료의 화쇄구의 하단 부는 수증분화에 의한 수증응회암으로 이루어져 있으나 상부에는 육상분화에 의한 분석구가 존재하며 본 논문에서는 후자의 시료를 선택했기 때문에 6중선을 볼 수 있었으며, E 시료 또한 해안가에 인접해 있으나 수증화산활동이 아닌 육상분화에 의해 형성된 것으로 6중선을 나타내고 있다.

다른 6개의 이중선 중 1차 광물에 속하는 3개는 각각 *I. S.* 값이 1.02~1.15 mm/s이고 *Q. S.* 값은 2.81~3.02 mm/s인 olivine, *I. S.* 값이 1.06~1.15 mm/s이고 *Q. S.* 값이 2.49~2.64 mm/s인 pyroxene, *I. S.* 값이 1.06~1.28 mm/s, *Q. S.* 값은 0.70~0.96 mm/s인 ilmenite로써 이전의 결과들과 잘 일치하고 있으며, 이 값들로부터 철의 원자가 상태는 Fe²⁺임을 알 수 있었다[24]. 나머지 3개의 2중선은 XRD 분석에서 나타난 hematite 또는 magnetite가 보통의 시료에서 단일 상으로 존재하기 보다는 다양한 clay mineral을 포함하고 있으며, 화산암에는 다양한 clay mineral 들이 존재하고 있다는 사실과 부합된다.

일반적으로 hematite는 950 °C 이상의 고온에서 ilmenite와

완전 고용체를 이루는 것으로 알려져 있다[25]. 따라서 모든 시료에서 ilmenite가 소량 확인되고 있으며 이는 상부멘틀에서 생성된 광물들이 분출되어 형성된 스크리아 임을 짐작할 수 있다.

Table II에서는 Mössbauer 공명흡수선으로부터 철 화합물의 함량비 값을 나타내었다. 이 결과 A, B, C 시료 olivine은 10.06~25.59 %, pyroxene은 11.73~22.22 %, ilmenite는 4.46~18.74 %의 함량비를 나타내었다. 나머지 Fe²⁺(F₂), Fe³⁺(F₁, F₃) 산화철 광물들은 각각 5.76 %, 19.89 %, 21.46 %의 함량비를 이루고 있다. 따라서 수증형성으로 추정되는 스크리아에 포함된 철 화합물의 대부분은 Fe²⁺의 산화철 성분 형태로 존재함을 알 수 있다.

한편 6중선이 보이는 D, E 시료에서 hematite 함량은 약 44.68 %이었고 magnetite의 함량은 27.15 %이었다. 또한 이들 시료에서 olivine은 2.94~5.08 %, pyroxene은 3.43~5.93 %, ilmenite는 4.13~7.15 %이었다. 나머지 Fe²⁺(F₂), Fe³⁺(F₁, F₃) 산화철 광물들은 각각 4.75 %, 3.61 %, 5.84 %를 이루고 있다. 따라서 육상형성으로 추정되는 스크리아에 포함된 철 화합물의 대부분은 Fe³⁺의 산화철 성분 형태로 존재함을 알 수 있다. 이와 같이 수증형성 스크리아에 비해 육상형성 스크리아 시료의 Fe 원자가 상태가 주로 Fe³⁺인 것은, 지표면에서 간헐적 분출에 의해 공기 중에서 생성되었기 때문이라 해석되어진다[26].

IV. 결 론

제주 서부 해안 5개 오름 지역에서 채취한 스크리아 시료들에 대한 철 화합물들의 물리 화학적 특성을 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

XRF 분석을 통해 고알루미나질 화성암과 전형적인 현무암으로 분류할 수 있었으며 총 Fe의 함량이 11.00 wt%에서 13.87 wt%로 분포되어있는 고철질 광물임을 알 수 있었다. X-선 회절 분석으로부터, 채취된 시료들은 SiO₂와 같은 규산염 광물과 anorite, olivine, pyroxene, ilmenite, hematite와 magnetite 등의 광물이 분포되어 있음을 확인할 수 있었다.

시료들에 대한 Mössbauer 스펙트럼으로부터 olivine, pyroxene, ilmenite 그리고 다른 철 화합물에 의한 이중선들과, 일부 시료에서는 6중선을 볼 수 있었으며, 중앙에 있는 3개의 2중선은 다양한 형태의 clay mineral로 추정된다. 이들의 I. S. 값으로부터 본 시료들에 함유된 철 화합물들의 산화상태는 육상형성으로 추정되는 화쇄구인 송악, 군산의 스크리아는 대부분 hematite와 magnetite에 의한 Fe³⁺ 상태임을 확인하였으며 ilmenite, pyroxene, olivine에 의한 Fe²⁺ 상태도 일부 포함되어 있음을 알 수 있었다. 한편 나머지 수증형성에 의한 화쇄구로 추정되는 어도, 수월, 녹남봉은 대부분 ilmenite, pyroxene, olivine, clay mineral에 의한 Fe²⁺ 상태를 이루며 6중선을 볼 수 없었다.

한편 본 제주 서부 해안 시료들에 대해 기존의 Mössbauer 연구와 비교 분석한 결과, A, B, C시료와 같이 magnetic hyperfine splitting이 나타나지 않는 시료는 제주의 북동부 지역 시료의 구조 형태와 유사하고 수증형성 화쇄구로 추정된다. 또한 D, E 와 같이 magnetic hyperfine splitting이 나타나는 시료는 동부 지역 및 중산간 지역시료의 구조와 유사한 형태를 보이고 있으며 육상형성 화쇄구로 추정된다. 그러나 뚜렷한 지역별 구조의 경계선을 찾기에는 미흡한 면이 있다. 따라서 보다 체계적인 지역별 분석을 위해서는 이들 지역의 보다 많은 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.L. Oh, Ph. D. thesis (in Korean), Jeju National Univ., Jeju (2004) pp. 12~18.
- [3] S.W. Lee and S.H. Suh, J. Arch. Inst. Korean, **9**(1), 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**(4), 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**(8), 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**(1), 57 (2002).
- [14] W.J. Choi and J.D. Ko, J. of Kor. Mag. Soc., **17**(5), 1 (2007).
- [15] W.J. Choi and J.D. Ko, J. of Kor. Mag. Soc., **18**(5), 168 (2008).
- [16] Y. Tatsumi, H. Shukuno, M. Yoshikawa, Q. Chang, K. Sato, and M.W. Lee, J. Petrology, **46**(3), 523 (2005).
- [17] J.G. Gung and J.M. Lee, The Study of Igneous Rocks, Sigma Press, Seoul (2000) pp. 64~69.
- [18] H. Kodama, J.A. Mckeague, R.J. Tremblay, J.R. Gosselin, and M.G. Townsend, Can. J. Earth Sci., **14**(1), 1 (1977).
- [19] B.D. Cullity, Elements of X-ray diffraction, Addition-Wesley (1978) pp. 281~292.
- [20] C.W. Childs, N. Matsye, and N. Toshinaga, Soil Sci. Plant. Nutr., **37**(2), 299 (1991).
- [21] V.G. Bhide, Mössbauer effect and its application, Tata McGraw-Hill, New Deli (1973) pp. 273~274.
- [22] C.S. Lee and C.Y. Lee, J. of Kor. Mag. Soc., **7**(5), 232 (1997).
- [23] G.J. Long, Mössbauer spectroscopy applied to magnetism and materials science, Plenum Press, New Work (1993) pp. 132~153.
- [24] S.R. Hong, G. Haley, and J.G. Mullen, Hyperfine Interactions, **57**, 2221 (1990).
- [25] D.S. Lee and M.W. Lee, Pininciples of earth, Komun, Seoul (1984), p. 59.
- [26] Y.S. Zhang, Y.H. Kim, and K.C. Song, Kor. J. Soil. Sci., **35**(3), 145 (2002).

A Study on Iron Compounds of Scoria in The Western Seaside Area of Jeju

Won Jun Choi and Jeong Dae Ko*

Department of Physics, Jeju National University #1, Ara-1 dong, Jeju-si 690-756, Korea

(Received 13 October 2009, Received in final form 18 November 2009, Accepted 19 November 2009)

Fe compounds of scoria samples distributed in the western seaside area of Jeju island were investigated by means of X-ray fluorescence spectroscopy (XRF), X-ray diffractometry (XRD) and ^{57}Fe Mössbauer spectroscopy. The samples were prepared from five parasitic volcanoes. We found that the samples were a typical basalt from the contents ratio of SiO_2 , Al_2O_3 and Fe, and that they were silicate minerals. Underwater volcanoes scoria samples are shown only doublets in Mössbauer spectra and others scoria samples are shown sextets due to hematite and magnetite. And the balance state of Fe in the underwater volcanoes scoria samples are chiefly 2+ charge state with a little of the 3+ charge state. But the balance state of Fe in the others scoria samples are chiefly 3+ charge state.

Keywords : scoria, XRD, XRF, Mössbauer, iron compound

K C I