

한반도 중부권 지각물질의 구조와 물성연구(3) : 안면도 북동지역에 분포한 화산암에 대한 암석화학적 연구

정지곤 · 김원사 · 송무영

충남대학교 지질학과

요 약 : 안면도 북동 해안에는 응회암, 현무암, 안산암 및 데사이트가 분포되어 있는데, 이 중 데사이트에 대한 K-Ar 절대연령 측정치는 89.4 ± 2.4 Ma와 91.9 ± 2.3 Ma로서 백악기 중기에 해당된다. 이 지역의 화산암을 포함하여 다른 지역의 백악기, 제 3기 및 제 4기의 화산암에 대한 암석화학적 특성을 비교한 결과 분출시기에 따라 화학성분에 명백한 차이가 있음을 확인하였다.

핵심어 : 안면도, 화산암, 암석화학, K-Ar연령, 백악기

서 언

이 연구는 안면도 북동지역의 지질을 기술하고, 이 지역에 분포하는 화산암류의 주성분, 미량성분 및 희토류성분 그리고 K/Ar 절대연령을 이용하여 암석화학적 특징을 해석한다. 또한 남한의 백악기, 제 3기, 제 3기말-제 4기에 생성된 화산암류의 화학 분석치를 인용하여 분출시기별 성분의 특징을 비교한다.

지질개요

안면도 북동부의 지질은 선캠브리아기의 서산층군에 해당되는 규암, 이를 부정합으로 피복한 백악기의 역암, 그리고 이에 관입 혹은 분출한 백악기의 화산암류로 구성되어 있다 (그림 1).

규암은 중립 내지 세립질로 우백색을 띤다. 석회 규산염암과 폭 1m 미만의 편암이 협재되어 있는데, 편리의 방향과 경사는 연구지역의 남부에서 $N30^\circ \sim 40^\circ W$, $30^\circ \sim 40^\circ SW$ 이며 북부에서는 $NS \sim N10^\circ E$, $50^\circ \sim 70^\circ E$ 내지 SE이다.

역암은 안면도의 천수만측 해안에 연하여 분포되어 있으며 이의 주향과 경사는 $N10^\circ E$, $20^\circ SE$ 이다. 역의 성분은 화산암이 85%, 화강암이 9%로서 주종을 이루며 그외 편암, 규암 등으로 구성되어 있다. 화산암 역은 역암을 구성한 역들 중에서 가장 신기의 것으로 보이는데 절대연령 측정결과 138 ± 4 Ma와 147 ± 3 Ma로 나왔다. 이는 백악기초 혹은 주

라기말에 화산활동이 있었음을 지지한다.

화산암류는 역암과 마찬가지로 안면도의 동측 해안을 따라 분포하나 천수만 중앙부의 섬 역시 화산암으로 이루어진 것으로 보아 이 암석은 해안으로부터 천수만 쪽으로 더 분포되는 것으로 추정된다. 주로 응회암, 현무암, 안산암, 데사이트 등으로 구성되어 있다. 두개의 데사이트에 대한 절대연령은 89.4 ± 2.4 Ma와 91.9 ± 2.3 Ma로 측정되었다. 이들 화산암류가 역암보다 후기임은 야외에서 확인되었으며, 또한 역암을 구성하는 화산암 역과 현무암의 연령자료는 이와 잘 일치됨을 알 수 있다.

화산암류에 대한 현미경 관찰은 다음과 같다 (그림 1의 표품채취위치 참조). 안면도의 현무암 (KJ-11)은 은미정질 석기에 휘석과 사장석의 반정으로 구성되어 있으나 심한 열수변질을 받아 방해석, 능철석, 벽옥 등으로 대부분이 교대되어 있다. 부석면의 현무암 (KC-27)은 단사휘석 반정에 세립질 단사휘석과 사장석 석기로 구성되어 있으며 거의 순수하다. 이 암석은 베게 용암에서 채취되었다. 안면도의 안산암 (PK-9,10,11)은 세립질 사장석 석기에, 주로 사방휘석과 소량의 단사휘석 반정으로 구성되어 있으며 부석면의 것 (KC-26)은 반정이 주로 단사휘석으로 구성된 점에서 안면도의 것과 차이를 보인다. 석기를 구성하는 사장석의 소광각은 25° 내외로서 안데신에 속한다. 안면도의 데사이트 (KL-1, KJ-7)는 취반상조직을 보이는데 반정은 석영과 흑운모로, 석기는 은미정질 내지 세립질 사장석으로 구성되어 있으며 약간의 변질을 받아 방해석과 능

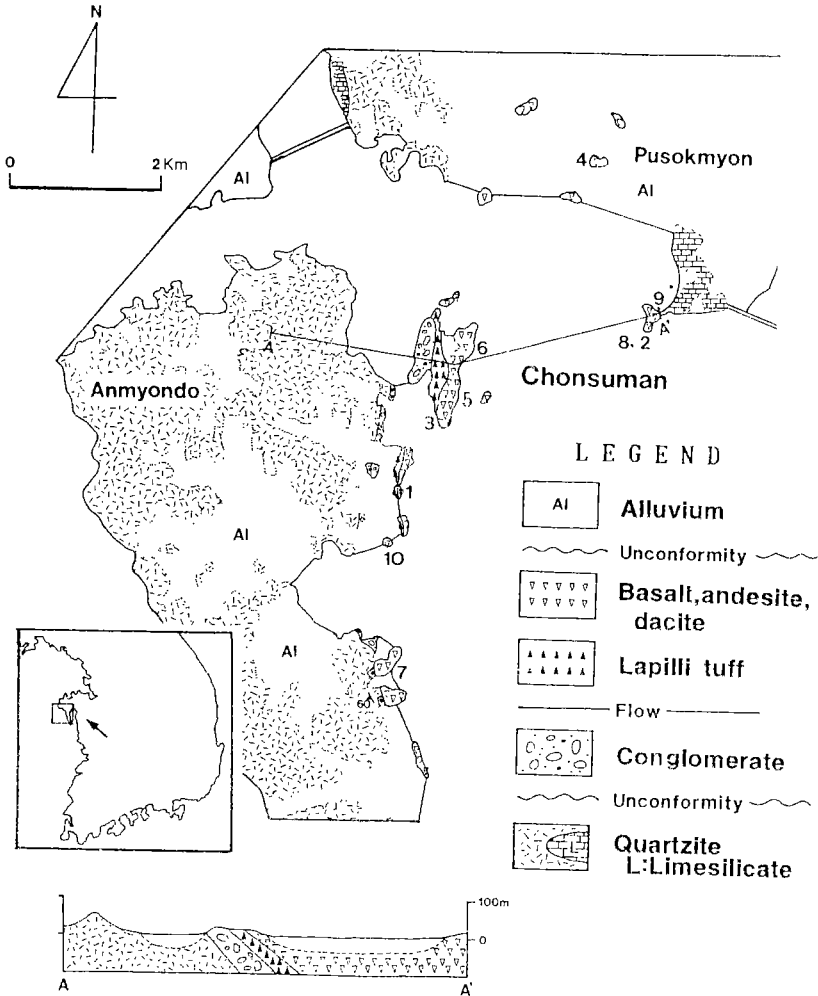


Fig. 1. Geologic map and sampling sites (1-10) of the northeastern area of Anmyondo. 1, KJ-11; 2, KC-27; 3, PK-11; 4, KC-26, 5, PK-10; 6, PK-9; 7, KL-1, 8, KC-4; 9, KC-3; 10, KJ-7.

철석이 형성되어 있다. 부석면의 것 (KC-3,4)은 극히 소량의 단사휘석 반정이 관찰되며 석기는 안면도의 것과 유사하다. 부석면의 안산암은 베게용암을 수평으로 피복한 암층에 해당되며 양자 사이는 명백한 시간적 선후관계가 있음을 알 수 있다. 이상의 사실을 종합할 때 안면도와 부석면의 화산암류는 구성광물과 조직에 조금씩 차이를 보인다.

암석화학

안면도와 인접한 부석면 일대에 분포하는 대표적인 암석인 현무암, 안산암 및 테사이트 (표품 10

개)에 대한 주성분, 미량성분 및 희토류성분 함량이 각각 표 1, 2 와 3에 제시되었다. 분석은 기초과학지원센터에서 이루어졌으며 사용된 기기는 XRF와 ICP-MS이다.

연구 지역의 화산암류에 대한 시대별 지화학적 특성을 비교하기 위하여, 남한의 다른 지역에 분포하는 백악기, 제 3기 및 제 4기 화산암류의 분석치를 인용하였는데 그 기준은 다음과 같다. 즉, 화산쇄설암의 분석치는 제외하였으며, 본 연구에서 분석한 SiO₂ 함량의 최저, 최고치 (49.05~65.77 wt%)의 범위 내에 해당되는 것을 선정하였으며, 주성분, 미량성분 및 희토류성분의 분석치가 동일 표품을 대

Table 1. Chemical analysis data of the major elements and C.I.P.W. norms of the volcanics from northeastern Anmyondo

	KJ-11	KC-27	PK-11	KC-26	PK-10	PK-9	KL-1	KC-4	KC-3	KJ-7
SiO ₂	49.05	51.47	57.62	57.99	58.69	59.19	63.43	64.74	65.13	65.77
Al ₂ O ₃	12.99	16.73	15.47	15.86	15.55	15.86	15.15	15.41	15.19	15.42
Fe ₂ O ₃	5.81	8.72	5.92	6.28	6.03	5.99	3.71	4.64	4.22	4.06
TiO ₂	0.58	0.97	0.67	0.69	0.67	0.68	0.38	0.57	0.52	0.40
MnO	0.08	0.09	0.09	0.09	0.08	0.09	0.05	0.05	0.04	0.02
CaO	10.25	8.23	6.82	4.48	5.74	5.42	2.52	3.99	3.24	0.97
MgO	6.10	5.23	3.90	4.27	5.16	4.73	2.73	2.04	2.17	2.36
K ₂ O	1.44	2.96	2.22	3.08	2.48	2.44	3.29	3.61	4.52	3.40
Na ₂ O	1.84	3.04	2.91	3.26	2.95	3.02	4.12	3.59	2.75	4.73
P ₂ O ₅	0.21	0.27	0.17	0.15	0.16	0.16	0.16	0.16	0.13	0.15
L.O.I.	11.22	1.91	3.78	3.48	1.92	2.00	3.92	1.06	1.81	2.25
Total	99.57	99.62	99.57	99.63	99.43	99.58	99.37	99.86	99.74	99.53
S.I.	40.16	26.22	26.09	25.28	31.05	29.23	19.84	14.70	15.89	16.22
Alkali	3.28	6.00	5.13	6.34	5.43	5.46	7.32	7.20	7.27	8.13
C.I.P.W. NORM										
Qz	4.85		11.18	8.60	10.38	11.49	16.13	17.15	19.75	17.83
Or	8.51	17.49	13.12	18.20	14.65	14.42	18.91	21.33	26.71	20.09
Ab	15.57	25.72	24.62	27.58	24.96	25.55	34.86	30.38	23.27	40.02
An	22.93	23.26	22.59	19.55	21.86	22.51	11.46	15.27	15.22	3.83
Ap	0.50	0.64	0.40	0.36	0.38	0.38	0.38	0.38	0.31	0.36
Jf	1.10	1.84	1.27	1.31	1.27	1.29	0.72	1.08	0.99	0.76
C							0.71			2.55
Mt	1.01	1.52	1.03	1.09	1.05	1.04	0.65	0.81	0.73	0.71
Di	15.21	7.62	5.05	0.86	3.02	1.76		1.48		
└ Hd	6.24	5.36	3.25	0.53	1.50	0.95		1.40		
Hy	8.14	2.08	7.37	10.24	11.45	10.96	6.80	4.39	5.40	5.88
└ Fs	3.83	1.68	5.44	7.35	6.51	6.75	4.55	4.76	5.00	4.94
Ol		5.19								
└ Fo		5.19								
└ Fa		4.62								
Total	97.90	97.03	95.33	97.03	97.04	97.11	99.16	98.44	97.58	96.96
An-content	59.56	47.49	47.85	47.49	46.69	46.84	24.73	33.46	39.55	8.74
D.I.	28.93	43.21	48.92	43.21	50.00	51.47	69.90	68.86	69.73	77.94

상으로 취해진 것을 선정하였다. 위와같은 기준에 의하여 선정된 백악기 화산암의 분석치 (33 표품)는 부산지역 (김진섭, 1990), 범성포지역 (원종관 외, 1991), 금성산지역 (윤성효, 1993) 및 대구-자인지역 (김상욱 외, 1993)의 것이며, 제3기의 분석치 (30 표품)는 구룡포지역 (이문원 외, 1988)와 장기-어일지역 (이현구, 1993)의 것이며 제 3기말에서 제 4기의 분석치 (32 표품)는 독도 (김윤규 외, 1987), 제주도 (박준범과 권성택, 1993) 및 울릉도 (윤경대, 1986)의 것이다.

절대연령 측정

연구지역에 분포한 테사이트 표품 (표품번호 KL-1, KC-3)에 대한 절대연령을 측정하였다. 분석은 미국의 Krueger Enterprises 연구소에서 이루어졌으며 방법은 K/Ar 전암분석법에 의하였다.

절대연령 측정 결과는 89.4 ± 2.4 Ma (KL-1, 안면도지역)와 91.9 ± 2.3 Ma (KC-3, 부석면지역)로서 백악기의 중기에 해당된다. 이 시기는 경상퇴적분지의 본격적인 화산활동이 시작되기 직전으로서 유천분지에 분포하는 채약산 화산암과 시기를 같이 한다. 경상퇴적분지 이외의 지역에서는 공주, 갑천분지의 화산암 (93.2 Ma, 이문원 외, 1992)과 분출 시기가 유사하다.

Table 2. Chemical analysis data of trace elements of the volcanics from northeastern Anmyondo

	KJ-11	KC-27	PK-11	KC-26	PK-10	PK-9	KL-1	KC-4	KC-3	KJ-7
Cr	412	206	453	491	504	310	176	234	191	183
Co	29.4	31.3	24.9	32.4	26.0	24.8	12.6	13.1	13.5	12.8
Ni	200.1	33.4	133.9	129.5	128.9	136.8	68.9	39.7	55.9	69.8
Cu	52.8	15.8	83.9	54.1	45.8	63.0	54.6	28.8	120.7	13.7
Zn	74.5	86.0	113.9	100.3	77.1	91.0	85.0	60.8	125.9	61.9
Rb	23.1	106.6	64.7	102.2	74.8	73.0	83.2	79.0	127.7	85.8
Sr	611	495	485	642	409	426	438	508	451	671
Y	12.1	22.5	12.6	14.2	12.8	12.1	8.6	10.4	8.6	7.6
Zr	107.6	124.1	148.4	124.4	148.2	146.3	111.3	132.0	134.4	115.1
Nb	4.33	6.72	7.06	5.41	6.47	6.93	8.07	6.65	6.99	8.33
Sn	1.68	1.73	2.60	1.95	2.22	2.15	2.17	1.99	2.52	1.79
Sb	0.12	0.33	0.12	0.13	0.12	0.13	0.29	0.16	0.23	0.19
Cs	1.10	2.35	1.62	1.69	1.86	2.26	1.55	2.28	0.92	1.24
Ba	864	1019	731	932	710	708	1161	1152	951	1336
Hf	3.27	3.46	4.10	3.49	3.96	4.14	3.32	3.95	3.82	3.53
Ta	0.75	1.11	1.30	0.79	1.04	1.15	1.43	1.28	1.32	1.59
Pb	24.3	20.4	22.7	12.8	18.1	20.2	35.0	33.3	30.7	29.3
Th	9.97	9.83	9.30	5.89	10.19	9.90	11.70	9.62	9.91	11.56

Table 3. Chemical analysis data of REE of the volcanics from northeastern Anmyondo

	KJ-11	KC-27	PK-11	KC-26	PK-10	PK-9	KL-1	KC-4	KC-3	KJ-7
La	46.9	40.2	33.3	24.7	33.9	33.9	45.5	31.7	29.4	41.8
Ce	77.8	72.9	56.3	45.2	56.3	55.9	74.0	53.5	51.5	68.8
Pr	10.04	9.85	6.92	5.80	7.09	6.88	8.64	6.67	6.21	8.89
Nd	37.2	40.1	25.4	22.3	25.3	25.5	32.3	25.0	22.8	32.5
Sm	5.69	7.36	4.41	6.61	4.22	4.31	4.64	4.38	3.72	4.93
Eu	1.82	2.36	1.35	1.22	1.11	1.15	1.44	1.48	1.17	1.36
Gd	4.87	7.50	4.15	4.13	4.09	4.42	4.12	4.18	3.37	4.10
Tb	0.59	0.96	0.53	0.57	0.55	0.52	0.47	0.46	0.41	0.43
Dy	3.33	5.26	3.08	3.17	3.31	3.13	2.42	2.69	2.07	2.16
Ho	0.58	0.96	0.51	0.66	0.62	0.58	0.40	0.50	0.41	0.34
Er	1.61	2.95	1.50	1.97	1.60	1.58	1.09	1.28	1.05	1.10
Yb	1.40	2.50	1.46	1.58	1.39	1.41	0.90	1.14	0.99	0.79
Lu	0.18	0.33	0.20	0.28	0.19	0.20	0.15	0.18	0.17	0.13
Eu/Eu*	1.03	0.96	0.95	0.96	0.81	0.80	0.99	1.04	0.99	0.90
(La/Lu) _n	27.0	12.6	17.2	9.18	18.5	16.9	31.5	18.3	17.9	33.5

주성분원소

이 지역의 화산암은 구성광물과 SiO₂의 함량 (Cox *et al.*, 1979)으로 보아 현무암 (SiO₂: 49.05–51.47 wt%), 안산암 (SiO₂: 57.62–59.19 wt%) 그리고 테사이트 (SiO₂: 63.43–65.77 wt%)로 나뉜다 (그림 2).

이 연구에서 얻어진 안면도지역의 결과와 인용된

백악기, 제 3기 및 제 3기말-제 4기의 화산암에 대한 알칼리-실리카 관계는 그림 3과 같다. 안면도지역, 백악기 및 제 3기의 화산암은 대부분 비알칼리암 계열에 속하나 제 3기말-제 4기의 화산암은 알칼리암 계열에 속함을 알 수 있다. 비알칼리암 계열의 암석을 노름 (norm) 사장석의 An함량에 대한 Al₂O₃의 관계도 (그림 4)에 나타낼 때 대부분 칼크 알칼리암 계열에 속함을 나타내나, 안면도지역의

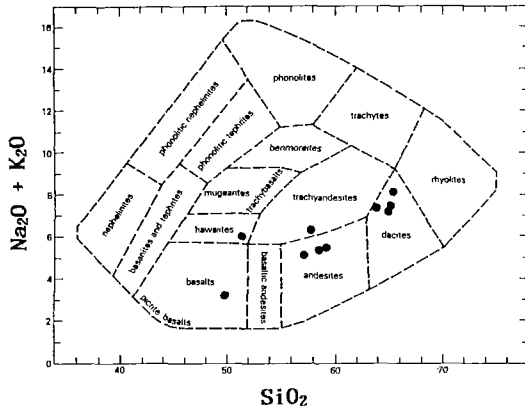


Fig. 2. Classification of volcanic rocks (solid circle) from the northeastern area of Anmyondo (after Cox *et al.* 1979).

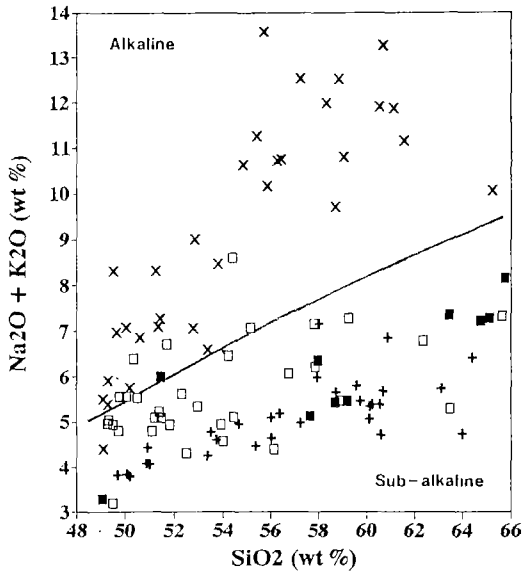


Fig. 3. Alkali-silica diagram for the volcanics of Anmyondo area (■), Cretaceous (□), Tertiary (+) and late Tertiary-Quaternary (×) Periods (after Irvine and Baragar, 1971).

것은 분명하게 분류되지 않는다.

각 시대의 화산암에 대한 K₂O-Na₂O-CaO 관계를 그림 5에 소개하였다. 그림에서 안면도지역의 화산암은 백악기의 화산암 중에서 높은 K₂O값을 갖는 것과 중복되며 제 3기 및 제 4기의 것과는 성분의 분포에 있어서 분리된다.

주성분 원소에 대한 각종 그림에서 나타난 사실을 종합할 때 안면도지역의 화산암은 동일한 범위의

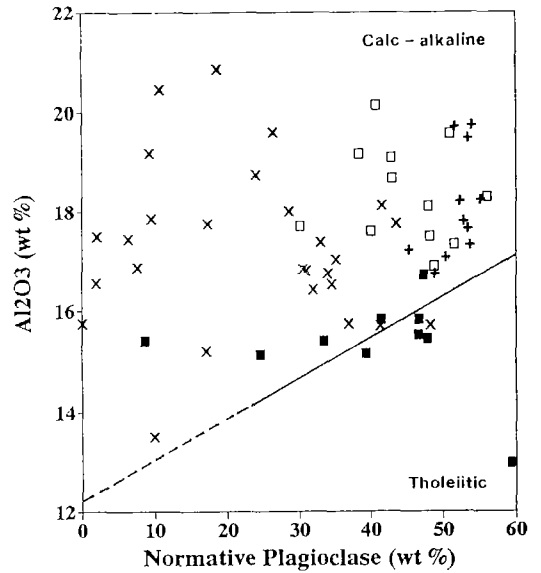


Fig. 4. Al₂O₃-normative plagioclase diagram, An × 100 / (Ab + An), for the volcanics of Anmyondo area and those of Cretaceous, Tertiary and late Tertiary-Quaternary Periods (after Irvine and Baragar, 1971). The symbols are same as those of Fig. 3.

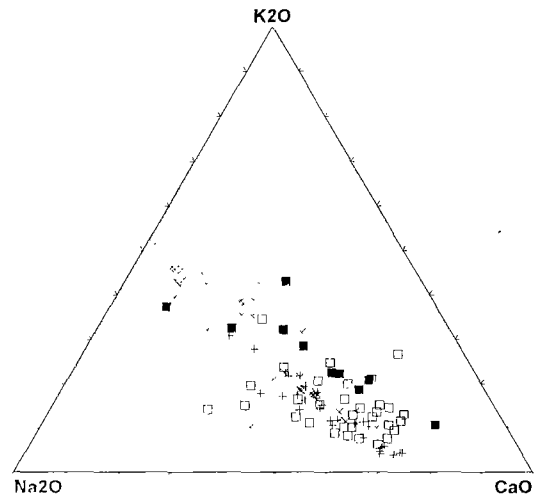


Fig. 5. K₂O-Na₂O-CaO diagram for the volcanics of Anmyondo area and those of Cretaceous, Tertiary, and late Tertiary-Quaternary Periods. The symbols are same as those of Fig. 3.

SiO₂ 함량일 때 Al₂O₃의 양은 다른 시대에 비하여 가장 낮은 편이며 알칼리의 양 역시 낮은 값을 보이나 제 3기와 유사하다. 그러나 K₂O-Na₂O-CaO의

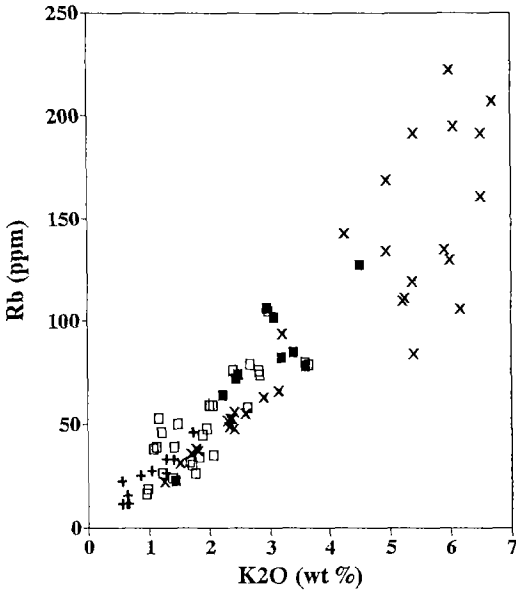


Fig. 6. Rb-K₂O diagram for the volcanics of Anmyondo area and those of Cretaceous, Tertiary, and late Tertiary-Quaternary Periods. The symbols are same as those of Fig. 3.

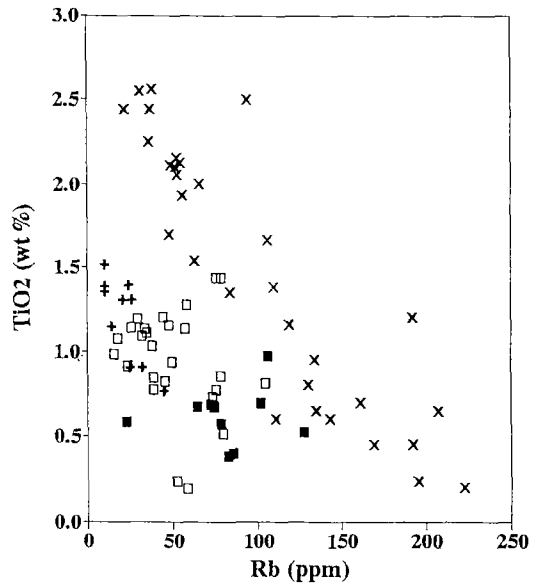


Fig. 7. TiO₂-Rb diagram for the volcanics of Anmyondo area and those of Cretaceous, Tertiary, and late Tertiary-Quaternary Periods. The Symbols are same as those of Fig. 3.

상대적인 값에 있어서는 백악기의 것과는 유사하나 제 3기의 것과는 높은 K₂O와 낮은 Na₂O에 의하여 분리된다.

미량원소

표 2에 소개한 화산암 성분을 Rb-K₂O 그림에 표시하였다 (그림 6). Rb⁺은 K⁺와 이온반경, 음전기도 및 이온화포텐셜이 대단히 유사하기 때문에 K격자에 쉽게 치환하여 들어간다. 따라서 알칼리장석의 증가에 따라 Rb의 함량도 증가한다. 그림 6에는 이 같은 사실이 잘 반영되어 있다. 제 3기말-제 4기 화산암은 높은 K₂O와 높은 Rb함량의 부분에 분포되며 안면도 지역의 것은 백악기의 것과는 유사하나 제 3기의 화산암과는 뚜렷하게 분리된다. 이러한 특징은 앞에서 소개한 주성분 원소의 함량에 있어서 (그림 5) 안면도의 것에 다른 백악기나 제 3기의 것에 비하여 상대적으로 K₂O의 함량이 높은 점과 잘 일치되는 현상이다.

그림 7은 TiO₂-Rb 관계를 나타낸 것이다. Ti성분의 농집은 일반적으로 염기성 내지 초염기성암의 분화말기에 수반되는 잘 알려진 사실이며 (Rose, 1961; Hargraves, 1959a; 정지곤 외, 1989) Ti⁴⁺는

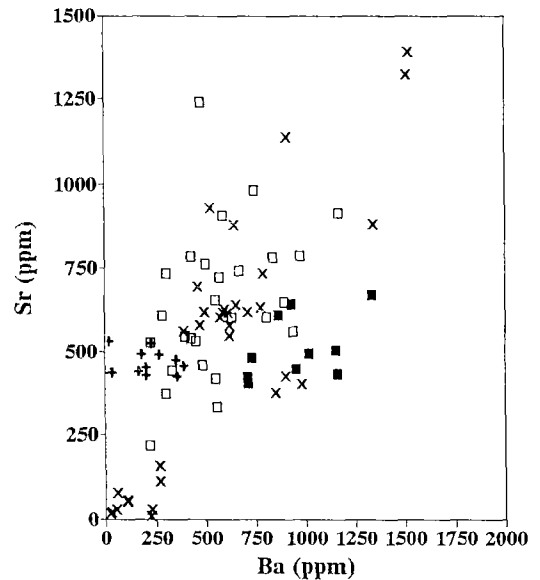


Fig. 8. Sr-Ba diagram for the volcanics of Anmyondo area and those of Cretaceous, Tertiary, and late Tertiary-Quaternary Periods. The symbols are same as those of Fig. 3.

Fe³⁺를 치환한다. 따라서 Rb의 증가 (K의 증가)에 따라 Fe³⁺ 나 이를 치환한 Ti⁴⁺는 감소하게 되는데 이는 그림 7에 잘 반영되어 있다. 안면도지역과 백

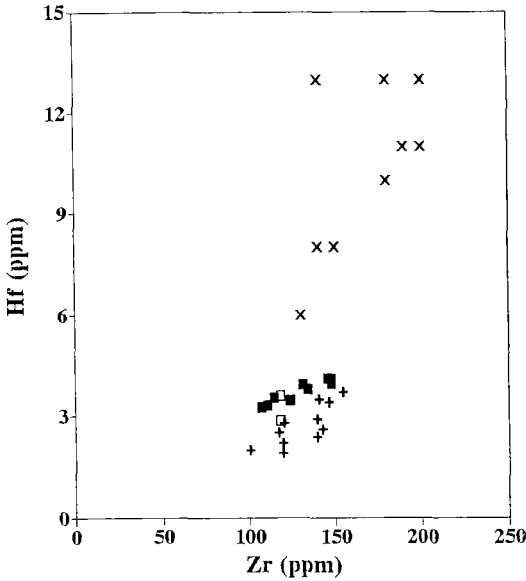


Fig. 9. Hf-Zr diagram for the volcanics of Anmyondo area and those of Cretaceous, Tertiary, and late Tertiary-Quaternary Periods. The symbols are same as those of Fig. 3.

약기 화산암의 성분은 Fe의 양이 적고 K₂O의 양이 상대적으로 많이 함유되어 있음을 앞에서 소개한 바 있다. 그림에서 볼 때 두 곳의 화산암은 분포가 근접되어 있으나 제3기 및 제4기의 것은 독립되어 있음을 볼 수 있다.

위의 그림에 소개한 동일 표품에 대한 Sr-Ba 관계를 그림 8에 소개하였다. Sr²⁺은 이온 반경이 Ca²⁺와 K⁺의 중간에 해당되기 때문에 마그마 내에서 비교적 자유이온으로 존재하나 결국 칼슘-사장석에 흡수되다가 분화가 진행됨에 따라 알칼리장석에 흡수된다. 치환되는 정도에는 큰 차이가 없다. 안면도 지역 화산암의 종류가 현무암, 안산암 및 데사이트로 구성되어 있음을 상기할 때 Ba의 증가에 따라 Sr의 함량에 큰 변화가 없음을 위와 같은 원인에 의한 것으로 본다. 그러나 Ba²⁺은 이온반경이 K⁺와 지극히 유사(K=1.33, Ba²⁺=1.34)하기 때문에 대부분 K만을 치환한다. 따라서 K의 증가에 따라 Ba의 양도 증가하며 흑운모보다 더 알칼리장석에 흡수됨이 보고되어 있다. 그러한 이유로 그림 8에서 안면도지역의 것이 가장 오른쪽에, 제3기의 것이 가장 왼쪽에 반영된 것으로 본다.

위의 그림과 동일한 표품에 대한 Hf-Zr 관계를 그림 9에 소개하였다. 백악기의 화산암에 Hf의 분

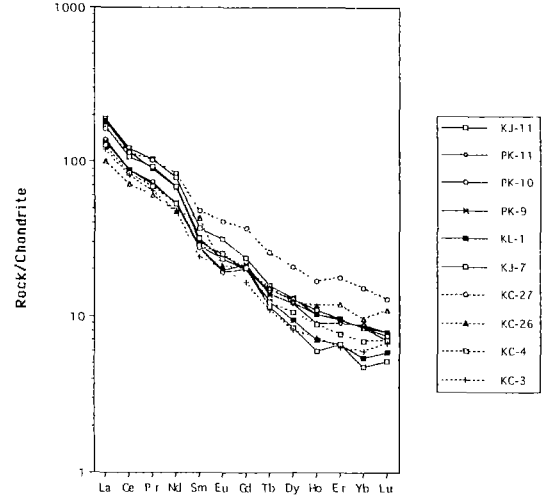


Fig. 10. Chondrite-normalized pattern of REE for the volcanic rocks of Anmyondo area. Solid lines indicate Anmyondo samples and dashed lines Posukmyon samples.

석자료가 적어 두점만 표시되어 있다. Zr⁴⁺의 이온 반경은 Fe²⁺와 가장 유사하다. 따라서 Zr은 일반적으로 분리된 상으로 ZrSiO₄ (zircon)를 형성한다. 그러나 Zr은 다소 Ti⁴⁺를 치환하기 때문에 Fe³⁺를 치환한 Ti⁴⁺에 수반된다. 따라서 Fe가 증가함에 따라 Ti도 증가하며 그에 따라 Zr도 서서히 증가하게 된다. Hf은 Zr과 유사한 특성을 보이기 때문에 Zr이 증가할 때 Hf역시 증가한다. 그림에서 Zr의 증가에 따라 Hf의 증가가 잘 반영되어 있다. 안면도지역의 화산암은 Hf의 함량에 있어서 백악기와 유사하나 제3기보다는 약간 많은 편이다.

Zr/Hf의 비는 반려암 70, 화강암 40, 페그마타이트 30 정도로서 마그마 분화의 진행을 잘 나타내며 (Kosterin *et al.*, 1958), 급히 냉각되는 화산암의 Zr/Hf비는 큰 변화가 없으나 심성암에서는 암석의 종류에 따라 그 비의 값에 큰 차이가 있다 (Kosterin *et al.*, 1960). 안면도지역의 화산암 성분은 현무암의 Zr/Hf 값이 35~37를, 데사이트에서 33~35를 갖는데 이 값은 심성암에서 보이는 것과는 비교가 안될 정도로 낮다. 이러한 사실은 안면도지역에 분포한 화성암은 관입에 의한 것이 아니라 분출에 의한 것임을 잘 반영한 것이며, 이는 야외산상관찰과 현미경을 이용한 암석 조직의 관찰과도 일치된다.

미량원소에 대한 이상의 사실을 종합할 때 안면도지역 화산암의 특징은 제3기말-제4기의 것과는

완전히 다른 반면 백악기의 것과는 유사하고, 제 3기의 것과는 충분히 구별될 수 있음을 보인다.

희토류 원소

그림 10에는 안면도 지역 화산암류의 희토류원소 함량을 Chondrite의 함량 (Evensen *et al.*, 1978)으로 표준화한 희토류원소의 분별양상을 도시하였다.

안면도지역 화산암은 전체적으로 미약한 부의 Eu 이상 ($Eu/Eu^*=0.80\sim 1.04$)을 나타내는데 이는 사장석의 정출에 의한 것이다. 또한 REE 패턴에서 LREE가 부화되어 있고 HREE가 결핍된 일반적인 경향을 보여준다. Zielinski (1975)는 동일기원 화산암의 REE 함량은 염기성암으로부터 산성암으로 변함에 따라 부화가 증대됨을 보고하였다. 그의 이론이 암석의 기원을 논하는 데에 필요충분조건은 되지 못하나 그림 10을 그의 논리에 적용할 때 안면도의 안산암과 데사이트가 한 부류, 그리고 부석면의 안산암과 데사이트가 또 다른 부류로 분류되며 이들을 혼합하면 Zielinski의 논리에 맞지 않는다. 여기에서 문제가 되는 암석은 안면도 현무암 (KJ-11)과 부석면 현무암 (KJ-27)인데 그림에서 보는 바와같이 다른 중성 화산암에 비하여 높은 REE 값을 보인다. 앞에서 소개한 현미경 관찰에서 두 지역 화산암의 암질과 조직의 차이와 더불어 두 지역의 화산암은 동일기원이 아닐 가능성을 시사한다. 이 점에 대하여는 더 구체적인 연구가 필요하다.

고 찰

백악기로부터 제4기까지 한반도와 인근 도서지방 (울릉도, 제주도 등)에 분출한 화산암의 성분은 백악기의 비알칼리암 계열과 신제 3기 이후의 알칼리암 계열로 나뉜다. 후자는 환일본해 신생대 알칼리암구 (Tomita, 1935)에 해당된다. 그러나 신제 3기에 속하는 화산암중에서 구룡포 지역의 화산암 (22.7~20.5 Ma; 이문원 외, 1988)은 비알칼리암 계열에 해당되며 백두산 (28.4 Ma 이후; 정지곤과 김원사, 1992)과 울릉도 (2.7~0.002 Ma; 윤희태, 1986)의 화산암은 알칼리암 계열에 해당된다.

이와같이 시대에 따른 암질의 차이는 한반도와 그 인근의 지구조적 차이와 밀접한 관련이 있다. 즉 이 상만 외 (1987)는 한반도에서의 백악기-제 3기의 화

산활동과 관련된 지구조적해석을 태평양판이 유라시아 대륙판 하부로 섭입하는 섭입대의 상부에 형성된 비알칼리암류의 화성활동으로 보고하였다. 이와 유사한 이론은 Uyeda and Miyashiro (1974), Hilde *et al.* (1977), Kanasewich *et al.* (1978)의 보고에서도 찾을 수 있다. 한편 신제 3기 이후 제 4기의 알칼리암류를 분출시킨 화산활동은 환동해 알칼리 화산암구의 화산활동의 시기와 일치하며 그 원인은 동해의 확장에 따른 지구조운동과 밀접한 관련이 있어 맨틀의 대류에 따른 열점으로부터의 분출에 의한 것으로 보고되었다 (Miyashiro, 1978; Lee and John, 1985; Won *et al.*, 1986). 마이오세 이후 동해의 확장에 따라 back arc의 화산활동에 의하여 신제 3기의 비알칼리암이 형성되었다 (이문원 외, 1988).

이와 같은 사실에 비추어 백악기에 해당되는 본 연구지역의 화산암 성분이 같은 백악기 화산암과 유사한 암석화학적 특성을 보임은 필연적인 결과이며 구룡포, 장기-어일지역의 화산암은 비알칼리암 계열로 분류되나 같은 비알칼리암 계열인 백악기 화산암과는 미량원소의 함량에 차이를 보인다. 알칼리암 계열인 제 3기말-제 4기 화산암은 대부분의 성분에서 차이점이 나타난다.

따라서 백악기 이후에 분출한 우리나라 화산암의 성분은 백악기, 제 3기 및 제 3기말-제 4기에 따라 독특한 암석화학적 특성을 나타낸다고 결론지을 수 있다.

결 론

1. 안면도 동북 해안지역에 분포한 화산암은 현무암, 안산암 및 데사이트로 구성되어 있다.
2. 이 지역에 분포한 화산암의 분출시기는 백악기 중기 (89.4~91.9 Ma)이다.
3. 백악기, 제 3기 및 제 3기말-제 4기에 분출한 화산암은 분출시기에 따라 각각 독특한 암석화학적 특성을 보인다.

사 사

본 논문은 1990년 이후 실시된 대학부설 기초과학연구소 학술조성연구비 (과제번호 : BSRI-92-507)에 의하여 수행되었음을 밝힌다. 본 논문을 상세히 읽고 조언을 아끼지 않은 권성택, 박준범, 이문원 박사에게, 그리고 논문의 정리를 수행한 충남대학교

지질학과 유신애 학생의 노고에 진심으로 감사한다.

참고문헌

- 김상욱, 이재영, 김영기, 1993, 대구-자인지역에 분포하는 안산암질암류의 암석학적 연구. 지질학회지, 29, 324-337.
- 김윤규, 이대성, 이경호, 1987, 독도화산암의 분별결정 작용. 지질학회지, 23, 67-82.
- 김진섭, 1990, 경상분지 동남부 일대에 분포하는 백악기 화산암류에 대한 암석학적 연구. 지질학회지, 26, 53-62.
- 박준범, 권성택, 1993, 제주도 화산암의 지질학적 진화; 제주 북부지역의 화산층서에 따른 화산암류의 암석 기재 및 암석화학적 특징. 지질학회지, 29, 39-60.
- 원종관, 이문원, 이재만, 1991, 범성포지역의 백악기 화산활동에 관한 연구. 지질학회지, 27, 416-433.
- 윤경대, 1986, 한국 울릉도 알카리마그마의 지구화학적 특성과 기원에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.
- 윤성효, 1993, 의성분지 중앙부 금성산 화산암 복합체의 화산활동과 콜드론 구조. 지질학회지, 29, 309-323.
- 이문원, 원종관, 김광호, 1992, 경기육괴 내에서의 백악기 화산활동과 암석학적 연구-갑천, 음성 및 공주분지를 중심으로-. 지질학회지, 28, 314-333.
- 이문원, 원종관, 김광호, 노진환, 1988, 구룡포지역에 분포하는 신생대 화산암의 지질과 암석학적 연구. 지질학회지, 24, 1-15.
- 이상만, 김상욱, 진명식, 1987, 남한의 백악기-제3기 화산활동과 지구조적 의의. 지질학회지, 23, 338-359.
- 이현구, 1993, 포항부근 제3층의 광화작용에 관한 연구 (미발표논문).
- 정지곤, 김원사, Watkinson, D.H., 1989, 하동지역에 분포한 회장암질암의 구조와 티타늄광체의 산출상태. 지질학회지, 25, 98-111.
- 정지곤, 김원사, 1992, 백두산의 자연: 백두산의 지질. 충남대학교 출판부, 57-122.
- Cox, K.G., Bell, J.D. and Pankhurt, R.J., 1979, The interpretation of igneous rocks. London, Allen and Unwin, 450p.
- Evensen, N.M., Hamilton, P.J. and O'Nions, R.K., 1978, Rare earth abundances in chondritic meteorites. *Geo chim. Cosmochim. Acta* 42, 1199-1212.
- Hargraves, R.B., 1959a, Petrology of the Allard Lake anorthosite suite and paleomagnetism of the ilmenite deposits. Ph.D. thesis, University Michigan.
- Hilde, T.W.C., Uyeda, S. and Kroenke, L., 1977, Evolution of the western Pacific and margin. *Tectonophysics*, 38, 145-165.
- Irvine, T.N. and Baragar, W.R.A., 1971, A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. Jour. Earth Sci.* 8, 523.
- Kanasewich, E.R., Havskov, J. and Evans, M.E., 1978, Plate tectonics in the Phanerozoic. *Can. Jour. Earth Sci.*, 919-955.
- Kosterin, A.V., Shevaleevskii, I.D. and Kybalova, E.K., 1960, The Zr/Hf ratio in the zircons of some igneous rocks of the northern slope of the Kuramin Mountain range. *Geokhimiya*, 541-545.
- Kosterin, A.V., Zuev, V.N. and Shevaleevskii, I.D., 1958, Zr/Hf ratio in zircons in some igneous rocks of Northern Kirgizia. *Geokhimiya*, 116-119.
- Lee, M.S. and John, Y.W., 1985, Study on the Quaternary volcanics and their tectonic environments of Southern Korea. *J. Geol. Soc. Korea*, 21, 260-280.
- Miyashiro, A., 1978, Nature of alkalic volcanic rocks series. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 66, 91-104.
- Pearce, J.A., 1982, Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In *Andesites: Orogenic andesites and related rocks*, R.S. Thorpe (ed.), Chichester, Wiley, 525-548.
- Rose, E.R., 1961, Iron and titanium in the anorthosite of St. Urbain, Quebec. *Geol. Surv. Canada*, 61-7.
- Tomita, T., 1935, On the chemical composition of the Cenozoic alkaline suite of the Circum-Japan sea region. *J. Shanghai Sci. Inst. Sect. II*, 1, 227-306.
- Uyeda, S. and Miyashiro, A., 1974, Plate tectonics and the Japanese Island, a synthesis. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 85, 1159-1170.
- Won, C.K., Masuda, J., Nagao, K., Kim, K.H. and Lee, M.W., 1986, Paleomagnetism and radiometric age of trachytes in Cheju Island. *Korea. J. Korean Inst. Mining Geol.*, 19, 5-33.
- Zielinski, R.A., 1975, Trace element evaluation of a suite of rocks from Reunion Island, Indian Ocean. *Geochim. Cosmochim. Acta* 39, 713-734.

(책임편집 : 권성택)

Structure and physical properties of the earth crust material in the middle of Korean Peninsula(3) : Petrochemical study on the volcanic rocks in northeastern area of Anmyondo

Ji-Gon Jeong, Won-Sa Kim and Moo-Young Song

Department of Geology, Chungnam National University, Daejeon, 305-764

ABSTRACT: The northeastern shore of the Anmyondo consists mainly of tuff, basalt, andesite and dacite. The K-Ar ages of the two mugearites are 89.4 ± 2.4 Ma and 91.9 ± 2.3 Ma which correspond to the middle Cretaceous age. Petrochemical reviews on the volcanic rocks of the Cretaceous, Tertiary and Quaternary ages in the Korean Peninsula show that marked differences exist in chemical compositions according to the age of eruption.

Key words: Anmyondo, volcanic rocks, petrochemistry, K-Ar age, Cretaceous