

전라남도 고흥 북부지역에 분포하는 편마암류의 변성작용에 관한 연구

박배영* · 신상은 · 조계복

전남대학교 지구환경과학부, 500-757 광주광역시 북구 용봉동 300

A Study on the Metamorphism of Gneisses in the Northern Gohung Area, Chonnam

Bae Young Park*, Sang Eun Shin, and Kye Bok Cho

Faculty of Earth System and Environmental Science, Chonnam National University,
Gwangju 500-757, Korea

Abstract: In northern Gohung granitic gneiss, porphyroblastic gneiss and migmatitic gneiss are widely distributed. Gneisses were plotted in granodiorite domain on an IUGS silica-alkali diagram. The amounts of trace elements (Li, Zn, Sc, Sr, Ni, V, Y, etc.) vs. SiO₂ somewhat decreased. Plagioclase showed a wide compositional range (An₃₂₋₄₈). X_{alm} and X_{sps} were higher in garnet rim and X_{pyr} in garnet core. The rocks in the study area were formed from S and I-type magmas which generated from syn-collision and the late to post-orogenic tectonic environment. Metamorphic P-T conditions were low to medium pressure, high temperature (803-913°C, 6.1-7.3 kb) and overprinted by retrograde metamorphism (570-726°C, 2.2-5.1 kb) and chloritization.

Keywords: gneiss, trace element, syn-collision, metamorphic P-T condition, retrograde metamorphism

요약: 고흥 북부지역에는 화강암질 편마암, 반상변정질 편마암 및 미그마타이트질 편마암이 널리 분포하고 있다. 편마암류는 실리카-알칼리 IUGS 분류도에 의하면 화강섬록암 영역에 해당된다. 미량원소는 SiO₂의 양이 증가함에 따라 Li, Zn, Sc, Sr, Ni, V, Y 등 대부분이 감소하는 경향을 보인다. 사장석 성분은 안데신으로 상당한 범위(An₃₂₋₄₈)를 보여주며 석류석 성분에서 X_{alm}과 X_{sps}는 석류석 입자의 주변부에서 높고 X_{pyr}는 중심부에서 높으며, XFe는 석류석 입자 주변부에서 높은 변화를 보인다. 본 역의 편마암류의 모암인 화강암류는 대륙의 동시 충돌형과 후기 조산대 및 후 조산대 영역에서 형성되었을 것으로 예상되며 S형과 I형 화성암류가 모두 나타난다. 변성작용은 저압 내지 중압형의 고온 변성작용(803-913°C, 6.1-7.3 kb)을 받은 후 저압, 중온의 후퇴 변성작용(570-726°C, 2.2-5.1 kb) 및 녹니석화 작용 등의 중첩된 후퇴 변성작용이 수반되었다.

주요어: 편마암, 미량원소, 동시 충돌형, 변성 온도-압력, 후퇴 변성작용

서론

본 지역은 전라남도 고흥 북부지역 일대이며 편마암류를 주도하는 변성암류가 널리 분포하고 있고(나기창, 1998) 본 지역의 주변부는 한국 남서부 일대의 광역변성작용에 대한 연구(김형식, 1970), 지리산 (하

동-산청)지역의 변성니질암에 관한 연구(이상만, 1980)와 하동-산청지역의 변성암류의 변성작용에 관한 연구(송용선, 1981) 등이 있으며, 소백산육괴(동남부) 지역은 이상만 외(1981)에 의하여 승주-고흥 지역은 조계복(1998), 승주-순천 지역은 오창환 외(2000), 안건상 외(2001) 등에 의하여 연구된 바 있다.

본 지역의 변성암류에 대한 Sm-Nd 연대 측정법에 의하면 지리산 지역에 광범위하면서도 강력한 변성작용이 17-18억년 전에 일어났고 영남육괴 전반에 걸쳐 강한 광역변성작용과 혹은 화성활동이 있었다고

*Corresponding author: bypark@chonnam.ac.kr

Tel: 82-62-530-3452

Fax: 82-62-530-3459

기재하였으며(박계현 외, 2000), 승주-순천 지역의 편마암류에 대한 변성작용의 시기는 전암-석류석 Sm/Nd 동위원소 연대로 14.2억년 이다(오창환 외, 2000).

한편 주승환과 김성재(1986)의 Rb-Sr 전암연령에 의하면 지리산 서남부 일대의 반상변정질 편마암이 2070 ± 40 Ma이고 호상 편마암은 1950 ± 40 Ma이고, Turek and Kim(1996)에 의하면 영남육괴 남서부에서 U-Pb 지어콘 연령은 화강암질 편마암이 1923 ± 13 Ma이고 반상변정질 편마암이 1890 ± 6 Ma이다. 이러한 사실은 호상 편마암과 화강암질 편마암 및 반상변정질 편마암에 따라 선후관계를 분명하게 나타내기는 어렵다.

본 논문에서는 편마암류를 화강암질 편마암과 반상변정질 편마암 및 미그마타이트질 편마암으로 분류하였으며 이들에 대한 지구화학적 특성과 변성 과정 및 변성 온도, 압력을 밝히고자 한다.

암석의 화학 분석은 ICP를 이용한 주성분 원소, 미량원소 및 REE에 대하여 런던대학교 Royal Holloway and Bedford New College의 Walsh 박사에게 의뢰하여 수행되었으며 석류석, 흑운모, 사장석, 근정석 등에 대한 EPMA 분석은 대전의 기초과학지원 연구원에서 JEOL JAX-733 Electron Microprobe를 사용하여 실시하였다.

암석 기재

본 지역은 선캠브리아기의 변성암류가 널리 분포하며 주로 편마암류로 구성되어 있다. 이들 변성암류를 중생대 백악기 퇴적암류와 화산암류 및 심성암류가 부정합으로 덮거나 분출, 관입하고 있다.

변성암류는 대체로 북동-남서 방향의 엽리를 보여 주며 주로 화강암질 편마암, 반상변정질 편마암 및 미그마타이트질 편마암으로 구분되고 일부 지역에서는 압쇄화 작용(mylonitization)을 받아 압쇄상 편마암이나 안구상 편마암으로 분포한다(Fig. 1).

화강암질 편마암은 본 역의 북부와 남부에 널리 분포하며 중립질로 암회색 내지 담회색을 보여주고 엽리의 발달이 미약하나 유색광물에 의한 엽리가 어느 정도는 발달되어 있다. 본 암과 반상변정질 편마암 및 미그마타이트질 편마암과의 경계는 점이적으로 변한다. 본 암에서부터 반상변정질 편마암과의 경계에 가까이 갈수록 반상변정이 나타나며 반상변정의 크기도 증가함을 볼 수 있다. GO-30 지역에서는 압

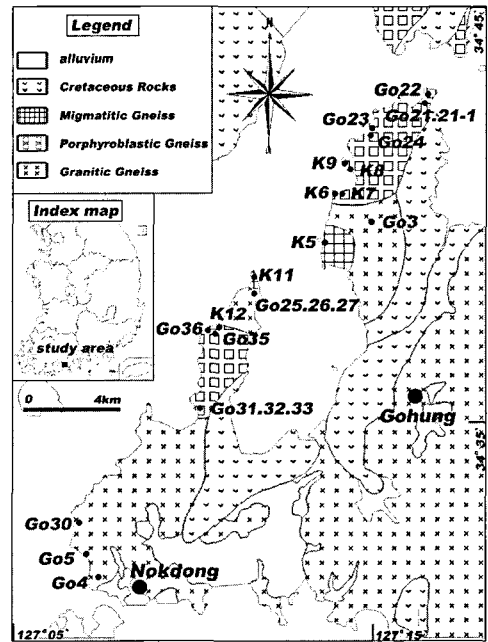


Fig. 1. Geologic map of the northern Gohung area (after Choi, 2002) and sample location.

력변성에 의한 안구상 조직이 잘 나타난다. 본 암 중에는 유색광물의 양이 적어 거의 우백질에 가까운 부분도 많이 관찰되며 지역에 따라서는 본 암이 석영질을 많이 포함하고 있기도 한다. 구성 광물은 석영, 장석, 흑운모, 백운모, 녹니석, 석류석과 소량의 백운모, 지어콘 등이다. 석영은 엽리 방향으로 신장되거나 불합상 경계나 파동소광이 나타나기도 한다. 장석에는 미사장석, 퍼사이트, 사장석이 존재하며 사장석은 세립질에서 조립질까지 입자의 크기가 다양하며 포이킬로브라스티(poikiloblastic) 조직을 보이기도 한다. 흑운모는 갈색과 녹색의 다색성을 보이며 비교적 깨끗한 입자를 보이는 것과 녹니석 등으로 변질된 것도 볼 수 있으며 벽개면이 휘어져 있는 것도 나타난다. 흑운모의 입자들은 불규칙하게 산재되어 있어 엽리면의 방향성 배열이 잘 나타나지 않는 경우가 많다. 석류석의 입자들은 균열이 발달되어있고 이 균열 면에 흑운모와 녹니석 등이 성장하여 있다.

반상변정질 편마암은 본 역 북부 지역에 분포하며 대체로 중립질로 화강암질 편마암보다는 입자가 큰 편이고 미사장석이나 퍼사이트의 반상변정이 특징적이다(Fig. 2a와 2b). 반상변정은 장방향의 것이 보통이나(Fig. 2b) 압력을 받아 타원형을 보이는 것도 있

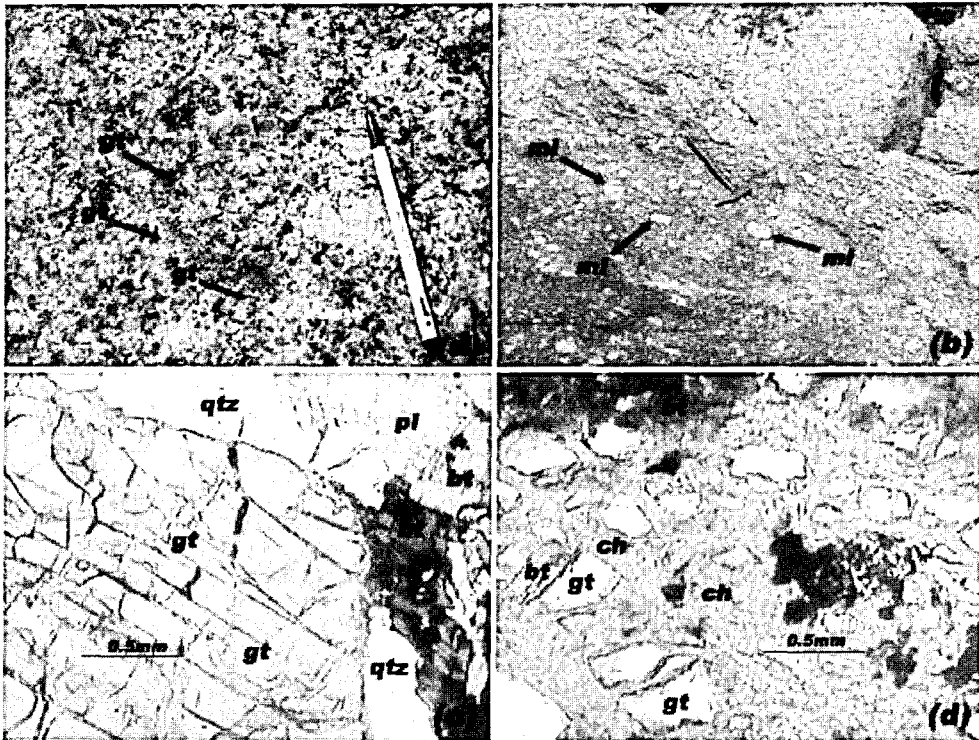


Fig. 2. Photographs of the gneisses in northern Gohung area. (a) garnets in porphyroblastic gneiss. gt: garnet (b) microcline in porphyroblastic gneiss. mi: microcline (c) cracks in garnet (sample GO-23). gt: garnet, bt:biotite, pl: plagioclase, qtz: quartz. (d) chlorite and biotite in cracks of the garnet (sample GO-21). gt: garnet, bt: biotite, ch: chlorite.

다. 반상변정의 크기는 5×5 cm인 것이 보통이나 크
 계는 7×5 cm 정도의 것에서부터 1×2cm의 것까지
 다양하게 존재한다. 장석 반상변정은 화강암질 편마
 암과의 경계 부분으로 갈수록 크기가 작아지고 수도
 감소되며 양도 적어짐을 볼 수 있다. 또한 곳에 따라
 서는 1 cm 내외의 석류석 반상변정도 관찰된다. 본
 암 중에는 압쇄화 작용을 받아 지역에 따라 압쇄상
 편마암이나 안구상 편마암으로 이화하기도 한다. 구
 성광물은 석영, K 장석, 사장석, 흑운모, 백운모, 녹
 니석, 석류석, 근청석 등이며 소량의 저어콘, 스펀,
 불투명 광물들을 포함한다. K 장석은 미사장석이나
 퍼사이트의 형태로 나타나고 반상변정을 이루는 것이
 보통이며 포이킬로브라스트 조직을 이루기도 한다.
 깨끗하게 보이는 K 장석은 조립 내지 중립으로 폴리
 신세탁(polysynthetic) 쌍정을 보이는 미사장석이 반상
 변정을 이루기도 한다. 장석의 입자들 중에는 많은
 부분이 심하게 변질을 받았으며 사장석의 쌍정면이
 변형을 받아 구부러진 모양도 보인다. 근청석은 K-8
 표품에서 잘 나타나며 입자들이 상당히 변질되어 있

다. 석영은 중립의 타형으로 엽리방향에 따라 신장되
 어있는 것이 흔하며 봉합상 경계, 프레이저(flaaser) 조
 직, 파동소광을 보이기도 하고 중립질의 석영 입자
 주위에 미립의 입자들이 집합체를 이루거나 모자이크
 조직을 형성하기도 한다. 흑운모는 갈색과 녹색으로
 다색성을 보이며 엽리면에 따라 배열되기도 한다. 흑
 운모는 녹니석으로 변질되어 있는 것이 많이 나타난
 다. 석류석은 균열면을 보이며(Fig. 2c) 균열면을 따
 라 흑운모와 녹니석이 발달하기도 한다(Fig. 2d).

미그마타이트질 편마암은 고흥 북서부를 중심으로
 분포하며 네오솜(neosome)에 의한 엽리가 잘 나타나
 며 엽리의 방향은 일정하지 않은 곳이 많다. 본 암과
 화강암질 편마암 및 반상변정질 편마암과의 경계는
 점이적으로 변한다. 또한 본 암내에는 페그마타이트
 의 관입을 흔히 볼 수 있다. 구성 광물은 석영, K 장
 석, 사장석, 흑운모, 각섬석, 석류석과 소량의 백운모,
 녹니석, 저어콘, 스펀, 불투명 광물 등이다. 석영은
 엽리 방향으로 신장되어있는 것이 흔하다. 석영은 중
 립질과 세립질의 것이 구분되며 중립질의 석영은 흔

Table 1. Chemical compositions of the major, trace and rare earth elements for gneisses of the northern Gohang area

Samples	Ggn															Pgn															Mgn				
	GO3	GO4	GO5	GO25	GO26	GO27	GO28	GO29	GO30	GO21	GO21-1	GO22	GO23	GO24	GO31	GO32	GO33	GO35	GO36	K6	K7	K8	K9	K12	K5	K11									
SiO ₂	59.1	73.6	64.2	70	73.9	73.4	71.4	56	66.4	66.3	68.13	60.5	71.1	65.7	65.3	66.1	58.5	68	64.3	68.3	68.5	67.7	69.3	68.5	60.3	63.3									
TiO ₂	0.96	0.23	0.78	0.25	0.37	0.18	0.26	0.68	0.58	0.8	0.7	1.56	0.53	0.95	0.95	0.85	0.96	0.75	0.85	0.68	0.69	0.72	0.55	0.34	1.22	0.85									
Al ₂ O ₃	19.1	15.1	15.1	15.1	12.4	13.5	16	20.7	14.9	15.5	14.8	13.1	14.5	15.6	14.6	15.1	15.2	14.5	15.4	13.8	14	14.2	14.4	16.5	16.5	16.2									
Fe ₂ O ₃	8.91	1.79	6.9	6.91	5.76	6.16	1.95	9.32	8.22	6.99	6.15	14.1	4.22	6.85	8.1	7.06	13.3	6.43	8.28	7.65	7.95	7.74	5.75	3.37	7.76	8.67									
MgO	4	0.38	1.17	2.78	2.22	2.43	0.41	3.47	2.77	1.86	1.65	4.92	1.13	2.19	2.33	2.05	3.34	1.73	2.3	2.79	3.07	3.02	2.79	0.9	2.11	2.79									
MnO	0.11	0.03	0.09	0.1	0.08	0.1	0.04	0.08	0.17	0.1	0.06	0.12	0.06	0.06	0.08	0.07	0.21	0.06	0.12	0.07	0.13	0.08	0.06	0.03	0.07	0.12									
CaO	1.87	0.24	3.1	0.94	0.99	1.07	2.09	1.89	1.94	2.45	2.88	1.93	2.7	3.2	3.34	3.53	2.54	3.07	3.33	2.34	1.87	2.26	4.43	3.3	3.73	2.38									
Na ₂ O	3.02	4.95	2.6	1.12	1.21	0.93	5.21	1.65	1.52	2.47	2.62	1.25	2.71	2.85	2.41	2.69	1.97	2.69	2.52	1.87	1.76	1.8	0.74	3.31	1.68	2.15									
K ₂ O	2.85	3.59	5.82	2.74	3.04	2.18	2.6	6.13	3.14	3.42	2.88	2.33	2.91	2.57	2.67	2.41	3.83	2.67	2.74	2.43	2.04	2.46	1.87	3.68	5.43	3.49									
P ₂ O ₅	0.06	0.07	0.21	0.03	0.05	0.03	0.07	0.05	0.07	0.13	0.17	0.1	0.1	0.05	0.15	0.13	0.12	0.13	0.14	0.05	0.03	0.03	0.06	0.12	1.22	0.07									
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100									
Ba	1159	810	1464	811	833	663	453	1058	887	1234	1013	683	504	276	603	565	628	1029	522	740	828	728	325	1877	1656	954									
Sr	396	674	178	132	145	120	691	365	235	272	296	143	186	173	234	247	182	259	229	276	218	200	172	389	276	218									
Li	81	22	26	87	46	87	25	81	57	47	37	71	32	51	69	62	112	33	46	28	53	26	37	18	61	57									
Cu	14	24	9	119	51	61	22	6	36	25	25	45	13	33	27	20	95	17	25	36	65	52	22	13	22	46									
Zn	162	152	90	68	65	63	68	127	69	79	69	173	53	91	103	90	144	79	97	89	87	103	74	42	117	91									
Co	19	-1	9	24	15	16	1	18	17	13	13	29	7	16	17	14	29	12	16	17	22	20	15	4	17	26									
Cr	279	240	318	545	520	575	330	250	418	266	450	355	375	381	416	453	411	492	485	767	522	755	594	471	279	367									
Ni	89	7	12	68	39	38	5	43	39	27	33	50	19	41	30	28	39	25	29	34	71	59	49	20	23	86									
Sc	15	2	12	10	13	15	2	24	18	18	13	29	9	12	20	14	58	15	24	25	17	15	13	5	14	16									
V	135	14	50	41	75	33	13	92	99	67	58	154	39	79	83	72	102	63	75	88	106	118	117	29	75	105									
Y	18	6	37	10	14	16	5	16	32	30	25	34	30	19	28	16	73	22	33	18	19	9	10	10	76	15									
La	49	20	61	21	28	14	22	37	38	67	70	124	51	71	69	66	69	56	60	54	38	45	11	35	50	34									
Ce	94	46	120	38	48	23	34	64	70	125	141	240	101	143	136	127	137	107	118	94	71	79	20	63	130	63									
Pr																																			
Nd	39	3	68	3	11	0	12	22	28	72	74	144	50	75	78	69	77	55	63	43	32	37	4	27	130	26									
Sm	7.1	1.3	9.2	2.8	4.3	3.8	1.8	5.5	6	9.4	11	18.4	7.5	10.4	9.8	9.7	12.5	8.4	9	6.3	4.8	6.4	0.7	5.5	24.7	5									
Eu	2.1	0.6	2.3	1.4	1.3	1.1	0.8	1.3	1.6	2.1	1.8	2.3	1.4	1.5	1.8	2	1.8	1.7	1.7	2	1.5	1.7	1.4	2.1	2.6	1.9									
Gd																																			
Dy	3.6	1.2	5.9	2	2.4	2.1	0.9	3.3	5.2	5.6	4.7	6.9	4.6	4.6	5.4	3.6	11.6	3.9	5.8	3.5	3.1	2.1	2	1.9	15.4	3									
Ho																																			
Er																																			
Yb	1.7	0.3	3.3	1	1.4	1.4	0.2	1.4	3.1	2.3	1.8	2.6	2.6	0.8	2	1	6.4	1.5	2.9	1.5	1.8	1.1	0.8	0.6	4.1	1.3									
Lu																																			

Ggn: granitic gneiss, Pgn: porphyroblastic gneiss, Mgn: migmatitic gneiss.

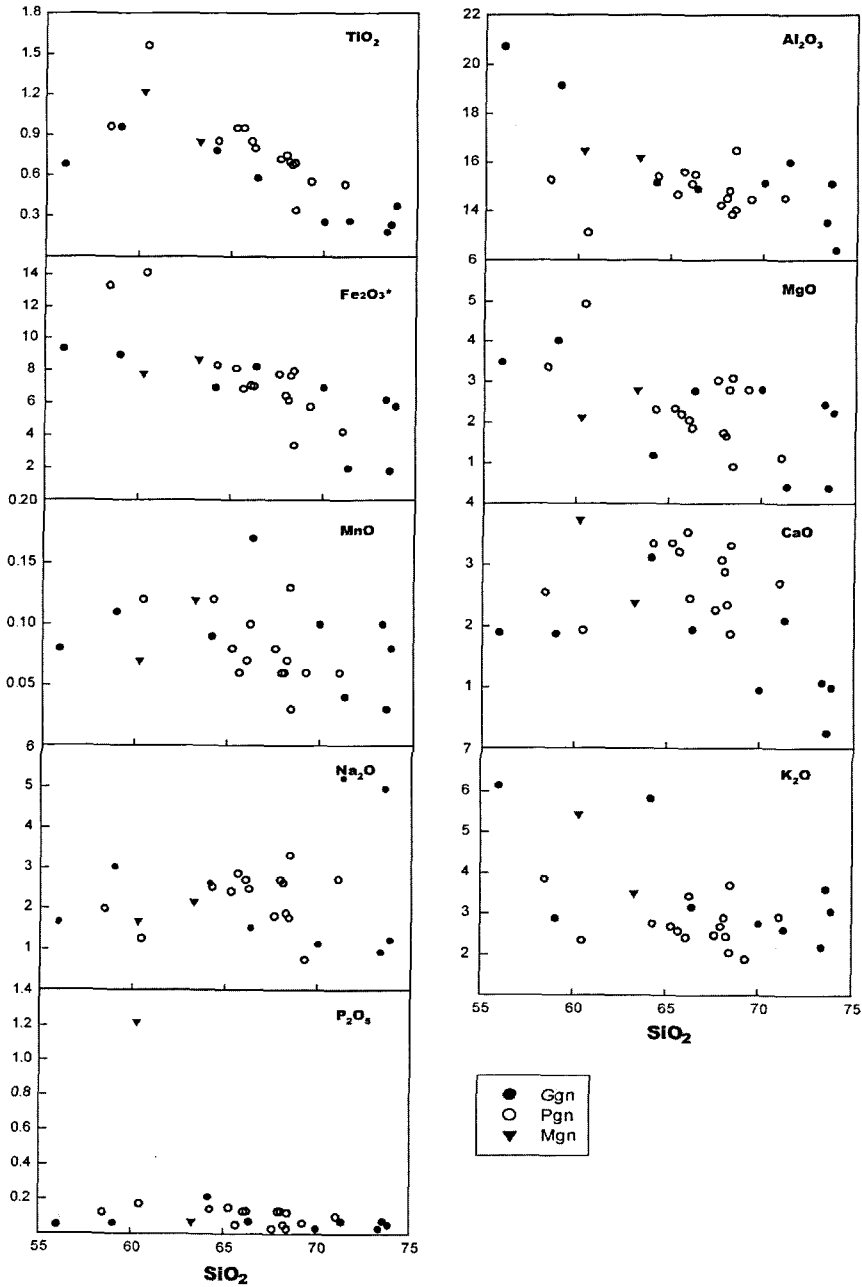


Fig. 3. Major elements vs. SiO₂ for gneisses of the northern Gohung area. Ggn: granitic gneiss, Pgn: porphyroblastic gneiss, Mgn: migmatitic gneiss.

히 파동소광을 하고 불합상 경계를 보이고 있다. 흑운모의 입자들은 세립의 집합체를 이루는 것이 많다. 또한 세립의 흑운모, 백운모, 석영 등이 장석 등의 큰 입자내에 포함되어 포이킬로브라스트릭 조직을 이루기도 한다. 흑운모는 벽개면을 따라 녹니석화 된 것

도 있다. 흑운모 내에는 저어콘의 결정을 볼 수 있으며 스펀은 흑운모 주위에서 반자형 내지 타형으로 발달되어 있다.

또한 본 역 북부에서는 압쇄작용에 의한 특징이 잘 나타나며 석영과 장석으로 된 안구가 잘 발달되

어 있다. 그리고 본 역 남서부의 화강암질 편마암 내에서도 압쇄화 작용의 현상이 뚜렷하게 나타난다.

암석 화학

주성분 원소

본 지역의 편마암류에 대한 화학 분석치는 Table 1과 같다. SiO₂의 함량은 56%에서 74%의 범위를 갖는다. Al₂O₃의 함량은 화강암질 편마암에서 12.4-15.9%, 반상변정질 편마암에서 13.1-15.6%이고 미그마타이트질 편마암에서는 16.1-16.5%로 나타난다. CaO는 화강암질 편마암에서 0.5-2.1%이고 반상변정질 편마암에서는 0.7-3.5%이며 미그마타이트질 편마암에서는 2.4와 3.7%이다. Na₂O는 모든 암석에서 뚜렷한 경향을 보이지 않으며 K₂O는 미그마타이트질 편마암에서 높게 나타난다. Fe₂O₃와 MgO 및 MnO는 편마암의 종류에 따른 차이가 별로 나타나지는 않지만 표본 GO-22, GO-24와 GO-27 지역에서는 특히 Fe₂O₃, MgO 함량이 높는데 이는 암석내에 유색광물이 많이 포함되어있기 때문이다.

다음으로 SiO₂에 대한 산화물의 변화를 보면(Fig. 3) SiO₂의 증가에 따라 Al₂O₃의 함량과 TiO₂의 함량은 감소하는 경향을 보이며 MnO와 P₂O₅는 별다른 경향을 보이지 않는다. SiO₂에 대한 K₂O의 함량은 SiO₂가 증가함에 따라 별다른 변화를 보이지 않는다. SiO₂의 증가에 따라 Na₂O는 전체적으로 증가하는 경향을 보이는데 반하여 화강암질 편마암에서는 SiO₂의 양이 많은데도 Na₂O의 함량은 높지 않다. SiO₂의 증가에 따라 CaO는 감소하나 반상변정질 편마암에서는 별다른 변화를 보이지 않는다. SiO₂의 증가에 대한 Fe₂O₃는 감소하는 경향을 보인다. MgO는 SiO₂가 증

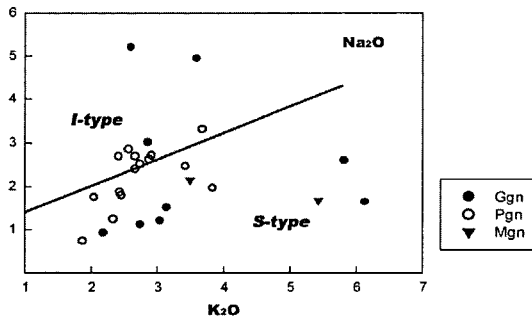


Fig. 4. Na₂O vs. K₂O for the gneisses of the northern Gohung area (White and Chappell, 1983).

가함에 따라 감소한다.

K₂O에 대한 Na₂O의 변화(Fig. 4)를 보면 화강암질 편마암은 K₂O에 비해 Na₂O의 함량이 높은 것(GO-4와 GO-28)과 K₂O에 비해 Na₂O의 함량이 낮은 것(GO-25, GO-26, GO-27과 GO-30)으로 나누어지나 반상변정질 편마암에서는 Na₂O : K₂O = 1 : 1에 가까운 것을 볼 수 있다. 미그마타이트질 편마암에서는 K₂O에 대한 Na₂O의 함량이 낮다.

다음으로 CaO에 대한 K₂O + Na₂O의 변화(Fig. 5)를 보면 전체적으로는 CaO에 대하여 K₂O + Na₂O의 함량이 높게 나타나며 상대적인 함량에 있어서는 화강암질 편마암에서 더 높은 것을 볼 수 있다.

본 역 편마암류의 주성분 원소 중 SiO₂에 대한 Na₂O + K₂O의 비를 IUGS 분류(Wilson, 1989)로 나타내면 본 역의 편마암류는 주로 화강섬록암 영역에 속하며(Fig. 6) 모두 subalkaline에 해당되고 이는 승주-순천 지역의 편마암류(안건상 외, 2001)와 비슷한

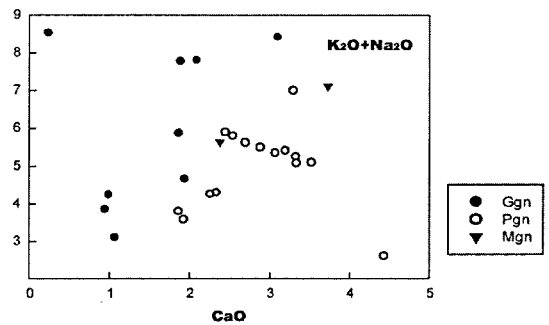


Fig. 5. K₂O + Na₂O vs. CaO for the gneisses of the northern Gohung area.

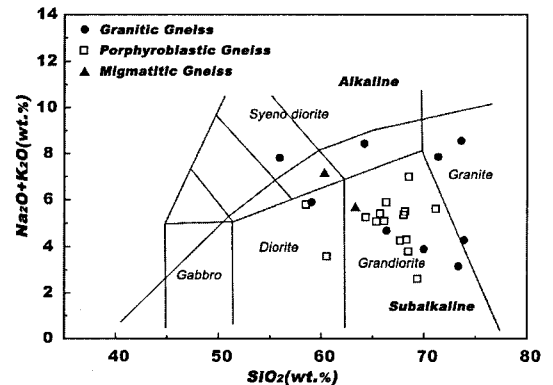


Fig. 6. Total alkali vs. silica diagram for the gneisses of the northern Gohung area (Wilson, 1989).

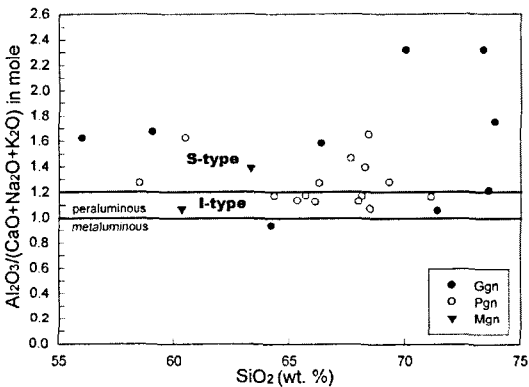


Fig. 7. Molar ratio $Al_2O_3/(CaO + Na_2O + K_2O)$ vs. SiO_2 for the gneisses of the northern Gohung area. Boundary between I- and S-type is Hine et al. (1978).

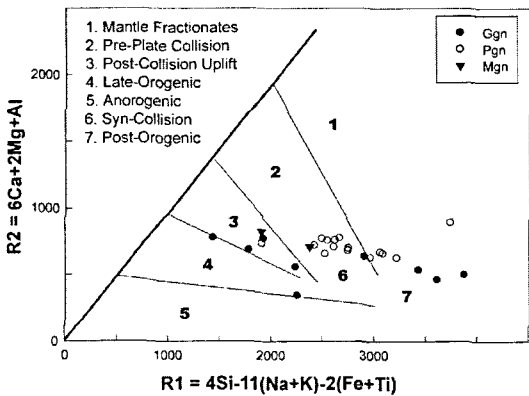


Fig. 8. Tectonic discrimination diagram for the gneisses of the northern Gohung area (Bachelor and Bowden, 1985).

양상을 보인다. 다음으로 Fig. 4의 K_2O 에 대한 Na_2O 의 관계도(White and Chappel, 1983)에서 보면 본 역의 편마암류의 모암인 화강암질암은 S형과 I형이 모두 존재하며 물비로 나타낸 Al의 포화지수 $Al_2O_3/(CaO + Na_2O + K_2O)$ 도 대부분 1.1에서 1.6 사이의 값을 보여주며 S형과 I형이 모두 존재함을 볼 수 있다(Fig. 7). 주성분 원소 조성을 Bachelor and Bowden (1985)이 분류한 구조도에 표시하면(Fig. 8) 본 역의 편마암류의 모암인 화강암류는 대륙의 동시충돌형과 후기 조산대 및 후 조산대 영역에서 형성되었을 것으로 예상된다.

미량원소

본 역의 편마암류에 대한 미량원소 함량은 Table 1

에 표시되어 있고, SiO_2 의 함량에 대한 변화(Fig. 9)를 보면 SiO_2 의 양이 증가함에 따라 대부분의 미량 원소들이 감소하는 경향을 보인다. Ba는 SiO_2 의 증가에 따라 전체적으로는 감소하는 경향을 보이나 반상변정질 편마암에서는 별다른 경향을 보이지 않는다. Li와 Zn은 SiO_2 의 증가에 따라 전체적으로 감소한다. Cr은 SiO_2 의 증가에 따라 증가하는 경향을 보인다. Sc와 Sr은 SiO_2 의 증가에 따라 감소한다. Cu는 SiO_2 의 증가에 따라 반상변정질 편마암에서는 감소하는 경향을 보이나 화강암질 편마암과 미그마타이트질 편마암에서는 별다른 경향을 보이지 않는다. Co는 SiO_2 의 증가에 따라 별다른 경향을 보이지 않으며 전체적으로는 낮은 값을 보인다. Ni, V 및 Y는 SiO_2 의 증가에 따라 대체적으로 감소하는 경향을 보여준다.

미량원소 함량에 있어서 Ba는 화강암질 편마암에서 451-464 ppm, 반상변정질 편마암에서 276-1,877 ppm 및 미그마타이트질 편마암에서 954-1,656 ppm으로 함량 변화가 심한 편이다. Sr은 화강암질 편마암에서 120-691 ppm, 반상변정질 편마암에서 143-389 ppm, 미그마타이트질 편마암에서 218-276 ppm으로 역시 함량 변화가 심하며 이렇게 Ba와 Sr의 함량 변화가 심한 것은 원암의 성분에서의 차이에 기인한 것으로 보인다.

Co의 함량은 화강암질 편마암에서 0-24 ppm, 반상변정질 편마암에서 4-29 ppm, 미그마타이트질 편마암에서 17-26 ppm으로 본 역 모든 편마암에서 아주 낮은 값을 보인다. Ni의 함량은 화강암질 편마암에서 5-89 ppm, 반상변정질 편마암에서 19-71 ppm, 미그마타이트질 편마암에서 23-86 ppm으로 각 편마암에서 별다른 차이를 보이지 않는다. Li의 함량은 18-112 ppm이고, Zn은 42-173 ppm, Cr은 240-767 ppm, Cu는 6-119 ppm, V는 13-154 ppm으로 화강암질 편마암, 반상변정질 편마암 및 미그마타이트질 편마암에서 서로 비슷한 함량의 변화를 보여준다.

승주-순천 지역의 미량 원소(안건상 외, 2001)와 비교하면 SiO_2 의 증가에 따라 Li, Zn, Sc, Ni, V, Y 등의 미량 원소의 함량이 대체로 감소하는 경향이 비슷하게 나타남을 볼 수 있다.

Pearce et al.(1984)의 구조장 판별도(Fig. 10)에서는 VAG(호상열도 화강암)+COLG(충돌대 화강암)+ORG(해령 화강암)에 해당된다. 따라서 본 역의 편마암류의 모암인 화강암류는 S 형과 I형이 모두 존재하며 대륙의 동시충돌형과 후기 조산대 및 후 조산대

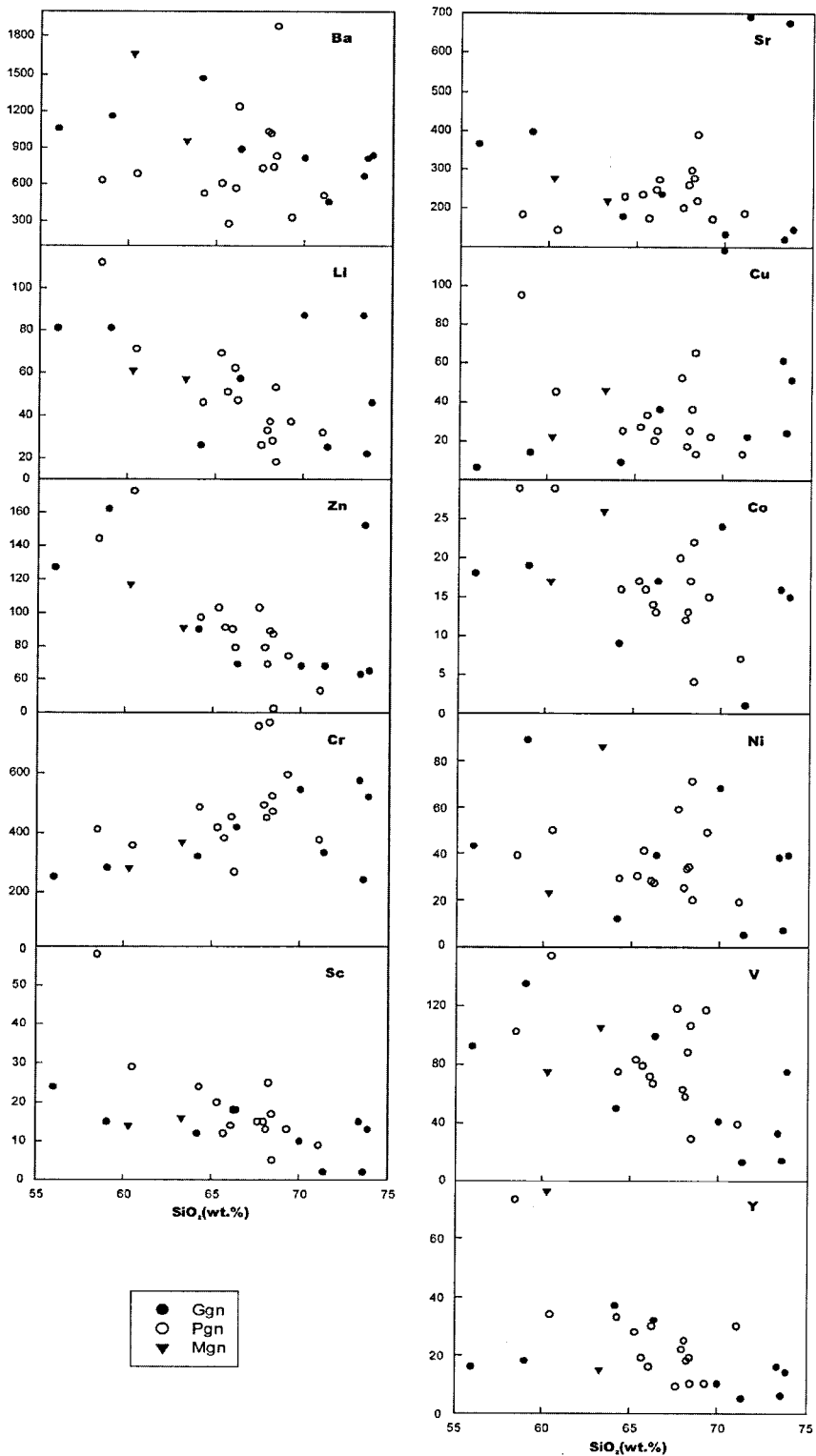


Fig. 9. Trace elements vs. SiO_2 for gneisses of the northern Gohung area.

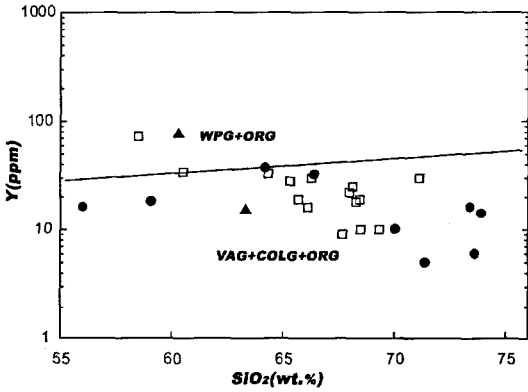


Fig 10. Tectonic discrimination diagram (Y vs. SiO₂) for the gneisses of the northern Gohung area (Pearce et al., 1984). Abbreviation: VAG (volcanic arc granite), COLG (collisional granite), ORG (oceanic ridge granite), WPG (within plate granite).

영역에서 형성되었을 것으로 보인다. 또한 Fig. 11에서 희토류 원소 함량(Table 1)을 콘드라이트 값으로 표준화하여 나타내면 경희토류 성분은 급경사하게 변하는 반면 중희토류 성분은 완만한 경사로 변화하고 있으며 경희토류는 부(-)의 이상을 보이며 중희토류는 약간 증가하는 경향을 보인다. 이러한 현상은 저어콘이나 석류석의 영향에 의해 중희토류의 함량이 높아지는 것으로 해석할 수도 있다(안건상 외, 2001).

광물 화학

석류석

본 지역의 편마암류에는 어느 정도의 석류석은 다소간 포함하나 반상변정질 편마암에서 특히 석류석의 입자가 크고 양도 많이 포함되어있으며, 화강암질 편마암에서의 석류석 입자는 보통 5mm 내외나 그 이하로 비교적 크기가 작다. 미그마타이트질 편마암에서는 석류석이 소량 산출된다. 석류석의 입자들은 반자형 내지 타형의 반상변정으로 산출되며 대체로 많은 균열이 발달되어있고 이 균열이 비교적 깨끗한 것(Fig. 2c)과 이 틈을 따라 녹니석과 흑운모가 이차적으로 성장된 것(Fig. 2d)으로 구분된다. 석류석의 성분은 EPMA 분석치(Table 2)로 표시되었고 광물 구조내 원소별 함량으로 나타내었다. 석류석의 조성을 (Ca + Mn)-Mg-Fe 삼각도에 표시하여 보면(Fig. 12) 본 역의 편마암류는 대체로 상호간에 비슷한 함량을 보이며 특별히 화학 조성이 구분되는 것은 아

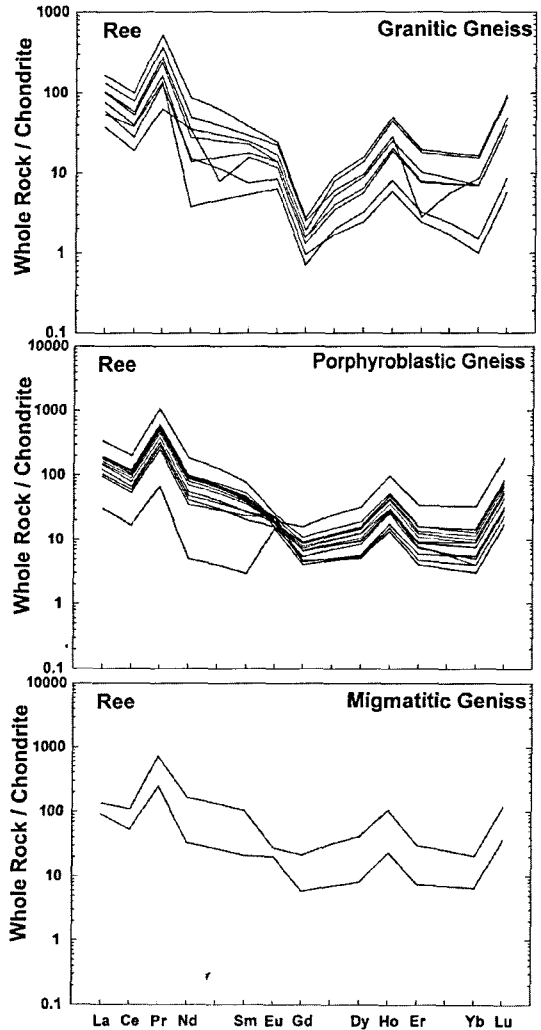


Fig. 11. Chondrite-normalized (by Wood et al., 1979) REE patterns for the gneisses of the northern Gohung area.

나 화강암질 편마암에서 Fe의 함량이 비교적 높고, 반상변정질 편마암에서는 Mg와 Fe의 함량에서 다양한 변화를 보이며 미그마타이트질 편마암에서는 Fe의 함량이 높은 편이다. 그리고 석류석 입자의 중심부와 주변부에 대한 차이는 Ca + Mn은 다양한 변화를 보이며 Mg는 입자 중심부에서 높고, Fe는 입자 주변부에서 높다. 이러한 값은 승주-순천 지역 편마암류(오창환 외, 2000)의 화강암질 편마암에서 Fe의 함량이 높고 반상변정질 편마암에서 Mg의 함량이 높은 것과 비슷한 경향을 보여준다.

화강암질 편마암인 GO-30D 표본에서 X_{al}은 0.764-0.789이고 X_{py}는 0.096-0.128, X_{sps}은 0.050-

Table 2. Representative compositions of garnets from gneisses of the northern Gohung area

Sam- ples	Gn															Pgn																																												
	GO30															GO21A																																												
No.	A96	A104	A106	D54	D55	D57	D59	D61	D62	D63	D64	D72	D73	D74	D78	D81	D82	D84	D85	D86	D87	D89	D95	58	59	63	66	3	4	8	11	13	15																											
re- marks	rim																														core																													
SiO ₂	36.70	36.42	36.50	36.83	36.95	36.94	36.93	36.62	36.69	36.81	36.62	36.96	36.71	36.92	36.63	36.45	36.90	36.92	36.87	36.91	36.99	36.89	37.02	37.07	37.13	37.10	37.13	36.76	36.86	36.95	37.23	37.09	36.78																											
TiO ₂	0.01	0.04	0.01	0.00	0.02	0.00	0.05	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.04	0.00	0.01	0.03	0.04	0.06	0.02	0.01	0.00	0.03	0.00	0.05	0.00	0.04	0.04	0.06	0.02	0.04	0.05	0.00	0.05																											
Al ₂ O ₃	21.18	21.09	21.04	20.96	20.93	21.09	20.96	20.83	20.69	21.14	20.41	21.22	20.57	20.94	20.60	20.42	20.58	21.55	21.05	21.10	21.40	21.00	21.10	21.59	21.63	21.47	21.35	21.13	21.17	21.33	21.45	21.56	21.10																											
FeO	35.49	35.37	35.23	36.23	35.30	35.72	35.34	34.76	35.15	34.62	35.23	35.26	35.08	35.24	34.85	36.03	35.57	35.42	35.13	34.78	35.30	35.38	35.52	34.62	35.05	35.98	35.52	35.53	34.98	35.35	34.58	35.42	33.53																											
MnO	3.11	3.49	3.33	3.62	3.62	2.87	3.13	3.60	3.67	3.06	3.48	2.48	3.51	3.36	3.20	3.49	3.51	3.04	2.78	3.14	3.46	4.12	3.05	1.71	1.77	2.02	1.50	1.60	1.62	1.41	1.35	1.31	6.59																											
MgO	2.99	2.89	2.84	2.47	2.44	3.25	3.04	2.70	2.78	3.22	2.88	3.42	2.47	3.02	3.21	2.60	2.91	3.05	3.34	3.16	3.08	2.95	3.18	4.45	4.06	3.67	4.07	4.13	4.42	4.47	4.91	5.01	1.95																											
CaO	1.27	1.18	1.21	1.25	1.15	1.29	1.24	1.11	1.19	1.16	1.14	1.24	1.34	1.20	1.25	1.24	1.19	1.24	1.18	1.22	1.26	1.19	1.18	1.08	1.15	1.32	1.18	1.11	1.10	1.21	1.18	1.19	1.13																											
Na ₂ O	0.04	0.05	0.19	0.01	0.03	0.05	0.02	0.03	0.04	0.01	0.02	0.03	0.04	0.02	0.03	0.04	0.02	0.05	0.02	0.06	0.01	0.04	0.03	0.00	0.08	0.04	0.01	0.03	0.04	0.05	0.02	0.02	0.04																											
K ₂ O	0.01	0.03	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.00	0.05	0.04	0.04	0.00	0.04	0.00	0.01	0.01	0.03	0.03	0.05	0.03	0.00	0.01	0.02	0.05	0.03	0.02	0.02	0.02																											
Total	100.78	100.55	100.36	101.37	100.46	101.20	106.71	99.67	100.24	100.06	99.82	100.65	99.80	100.67	99.82	100.30	100.76	101.51	101.61	101.11	100.61	100.91	101.65	100.80	100.37	100.23	100.83	100.80	101.63	101.18	12(O)																													
Si	2.955	2.946	2.955	2.964	2.988	2.961	2.775	2.98	2.976	2.972	2.984	2.967	2.99	2.974	2.976	2.968	2.98	2.951	2.97	2.974	2.955	2.956	2.968	2.954	2.957	2.949	2.963	2.952	2.956	2.947	2.956	2.932	2.968																											
Al ^{IV}	0.045	0.054	0.045	0.036	0.012	0.039	0.225	0.02	0.024	0.028	0.016	0.033	0.01	0.026	0.024	0.032	0.02	0.049	0.03	0.026	0.045	0.044	0.032	0.046	0.043	0.051	0.037	0.048	0.044	0.053	0.044	0.068	0.032																											
Al ^{VI}	1.965	1.957	1.963	1.952	1.982	1.952	1.163	1.978	1.954	1.984	1.943	1.974	1.965	1.962	1.948	1.927	1.938	1.98	1.968	1.977	1.97	1.94	1.962	1.981	1.987	1.961	1.971	1.952	1.957	1.964	1.941	1.974																												
Ti	0.0002	0	0.0001	0	0.0003	0	0.0001	0	0.0001	0.0002	0	0.0002	0.0002	0.0003	0.0001	0	0.0002	0	0.0002	0.0003	0.0001	0	0.0003	0.0003	0.0002	0.0004	0.0001	0.0002	0.0003	0	0.0003																													
Fe	2.39	2.392	2.385	2.438	2.386	2.393	2.221	2.366	2.384	2.337	2.4	2.366	2.389	2.374	2.367	2.453	2.402	2.367	2.366	2.344	2.358	2.371	2.381	2.306	2.334	2.392	2.37	2.386	2.346	2.358	2.296	2.341	2.263																											
Mg	0.359	0.348	0.343	0.296	0.294	0.388	0.341	0.328	0.337	0.387	0.35	0.409	0.3	0.362	0.389	0.316	0.351	0.363	0.401	0.379	0.366	0.52	0.379	0.529	0.481	0.435	0.484	0.495	0.529	0.532	0.582	0.591	0.234																											
Mn	0.212	0.239	0.229	0.247	0.248	0.195	0.199	0.248	0.252	0.209	0.24	0.168	0.242	0.229	0.22	0.241	0.24	0.206	0.189	0.214	0.234	0.28	0.207	0.115	0.12	0.136	0.101	0.109	0.11	0.095	0.091	0.088	0.451																											
Ca	0.109	0.102	0.105	0.108	0.1	0.111	0.099	0.097	0.103	0.101	0.1	0.106	0.117	0.104	0.109	0.108	0.103	0.106	0.102	0.105	0.108	0.102	0.102	0.092	0.098	0.112	0.101	0.096	0.095	0.103	0.1	0.101	0.098																											
Na	0.007	0.008	0.03	0.002	0.004	0.008	0.003	0.005	0.006	0.001	0.003	0.005	0.007	0	0.004	0.007	0.003	0.007	0.003	0.009	0.001	0.006	0.004	0.001	0.013	0.006	0.002	0.004	0.007	0.005	0.002	0.004	0.006																											
X _{Fe}	0.869	0.873	0.874	0.892	0.89	0.861	0.867	0.878	0.876	0.858	0.873	0.853	0.888	0.868	0.859	0.886	0.873	0.867	0.855	0.861	0.866	0.871	0.863	0.81	0.83	0.85	0.83	0.83	0.82	0.8	0.8	0.91																												
X _{alm}	0.779	0.776	0.779	0.789	0.788	0.775	0.776	0.779	0.775	0.77	0.777	0.776	0.784	0.774	0.767	0.787	0.776	0.778	0.774	0.77	0.769	0.764	0.776	0.758	0.769	0.778	0.775	0.773	0.762	0.764	0.748	0.75	0.743																											
X _{pyr}	0.17	0.113	0.112	0.096	0.097	0.126	0.119	0.108	0.109	0.128	0.113	0.134	0.098	0.118	0.126	0.101	0.113	0.119	0.131	0.125	0.119	0.113	0.124	0.174	0.159	0.141	0.158	0.16	0.172	0.172	0.19	0.189	0.077																											
X _{sps}	0.069	0.078	0.075	0.08	0.082	0.063	0.07	0.082	0.082	0.069	0.078	0.055	0.079	0.075	0.071	0.077	0.078	0.068	0.062	0.07	0.076	0.09	0.067	0.038	0.039	0.044	0.033	0.035	0.036	0.031	0.03	0.028	0.148																											
X _{grs}	0.036	0.033	0.034	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.032																											

X_{Fe} represents Fe/(Fe+Mg).

X_{alm} = Fe/D, X_{pyr} = Mg/D, X_{sps} = Mn/D and X_{grs} = Ca/D, where D = Fe+Mg+Mn+Ca.

Table 2. Continued

sam- ples	Pgn	GO23-1A															K6																			
		rim																																		
re- marks	No.	core															K8A	K6																		
		92	36	42	43	44	47	45	48	51	52	53	55	56	57	58			59	61	62	60	63	68	69	75	76	35	36	37	43	44	45	68	74	75
SiO ₂		37.37	37.32	36.82	37.33	37.41	37.63	37.20	37.75	37.48	37.41	37.55	37.63	37.71	37.31	37.49	37.57	37.72	37.31	37.02	37.05	37.22	37.10	37.57	36.74	36.99	36.87	36.72	36.63	36.18	37.36	36.85	37.35	37.16	37.24	
TiO ₂		0.03	0.00	0.04	0.03	0.08	0.06	0.04	0.00	0.06	0.00	0.06	0.05	0.02	0.00	0.07	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.08	0.02	0.04	0.06	0.00	0.02	0.02	0.01	0.05	0.02	0.03	0.00	0.00		
Al ₂ O ₃		21.47	21.52	21.67	21.48	21.48	21.62	21.78	21.69	21.56	21.71	21.47	21.73	21.79	21.69	21.44	21.51	21.64	21.49	21.55	21.51	21.49	21.59	21.49	21.59	21.28	21.31	21.18	21.22	21.10	21.12	21.42	21.61	21.45	21.12	21.49
FeO		34.93	34.86	34.08	36.96	35.77	35.12	35.47	36.02	34.57	36.28	34.26	34.57	34.44	34.67	35.39	34.79	36.29	35.85	35.57	35.03	36.30	35.58	35.42	33.39	33.63	33.67	33.50	32.79	33.82	34.63	35.79	34.90	34.59	35.54	
MnO		1.50	2.07	2.04	1.78	1.64	1.35	1.49	1.42	1.24	1.49	1.33	1.19	1.33	1.12	1.27	1.34	1.63	1.89	1.98	2.07	1.83	1.92	1.85	5.89	5.12	5.48	5.82	5.58	5.52	3.88	2.63	1.58	4.26	1.74	
MgO		3.94	2.95	2.19	2.85	4.06	4.56	4.05	3.95	4.62	3.65	4.68	4.90	4.94	4.81	4.29	4.30	3.45	3.29	3.08	2.73	3.38	3.35	3.07	2.35	2.31	2.10	1.93	2.09	1.91	3.13	2.94	3.97	2.79	3.75	
CaO		1.25	2.43	1.28	1.28	1.20	1.21	1.21	1.20	1.20	1.18	1.24	1.26	1.25	1.25	1.29	1.21	1.20	1.39	1.79	2.19	1.58	1.80	2.37	1.28	1.38	1.45	1.38	1.46	1.38	1.41	1.35	1.37	1.37	1.44	
Na ₂ O		0.00	0.00	0.00	0.04	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.03	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.05	0.15	0.15	0.28	0.44	0.45	0.03	0.06	0.05	0.04	0.24
K ₂ O		0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.02	0.04	0.14	0.06	0.02	0.00	0.01	0.05	0.00	0.06
Total		100.50	101.16	97.99	101.96	101.60	101.42	101.12	102.16	100.84	101.58	100.87	101.11	101.45	100.99	101.42	100.72	101.8	101.45	100.97	100.64	101.82	101.35	101.9	101.02	100.96	100.91	100.92	100.25	100.45	101.92	101.24	100.7	101.37	101.49	
12(O)		2.981	2.974	2.941	2.965	2.964	2.972	2.957	2.969	2.968	2.971	2.974	2.967	2.952	2.964	2.984	2.985	2.966	2.962	2.971	2.956	2.955	2.973	2.960	2.974	2.973	2.966	2.971	2.944	2.967	2.949	2.976	2.975	2.959		
Si		0.019	0.026	0.059	0.035	0.036	0.028	0.043	0.031	0.031	0.032	0.029	0.026	0.033	0.048	0.036	0.016	0.015	0.034	0.038	0.029	0.044	0.045	0.027	0.040	0.026	0.027	0.034	0.029	0.056	0.033	0.051	0.024	0.025	0.041	
Al ^{IV}		1.999	1.995	1.97	1.993	1.969	1.971	1.982	1.988	1.993	1.984	1.995	1.973	1.982	1.985	1.986	1.991	1.992	1.994	1.988	2.006	1.968	1.973	1.986	1.979	1.993	1.986	1.985	1.989	1.970	1.971	1.987	1.990	1.968	1.970	
Ti		0.002	0	0.002	0.003	0.002	0.005	0.003	0.003	0.003	0	0.004	0.003	0.001	0.001	0	0.004	0	0.003	0	0	0	0.0005	0.001	0.002	0.003	0.000	0.001	0.000	0.003	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	
Fe		2.33	2.323	2.476	2.454	2.369	2.319	2.357	2.369	2.29	2.407	2.266	2.285	2.266	2.295	2.339	2.311	2.401	2.383	2.348	2.41	2.37	2.344	2.249	2.261	2.270	2.263	2.224	2.301	2.299	2.395	2.325	2.316	2.361		
Mg		0.468	0.35	0.347	0.338	0.479	0.537	0.48	0.463	0.545	0.432	0.552	0.577	0.58	0.568	0.506	0.509	0.407	0.389	0.367	0.327	0.4	0.398	0.362	0.282	0.277	0.252	0.233	0.253	0.232	0.370	0.350	0.472	0.333	0.444	
Mn		0.101	0.139	0.138	0.12	0.11	0.091	0.1	0.094	0.083	0.1	0.089	0.08	0.088	0.075	0.085	0.09	0.109	0.127	0.134	0.14	0.123	0.13	0.124	0.402	0.348	0.374	0.398	0.383	0.380	0.261	0.178	0.107	0.289	0.117	
Ca		0.107	0.207	0.109	0.109	0.102	0.102	0.103	0.101	0.101	0.1	0.105	0.106	0.105	0.106	0.109	0.103	0.101	0.119	0.154	0.188	0.135	0.154	0.201	0.110	0.119	0.126	0.120	0.120	0.120	0.116	0.117	0.117	0.112	0.122	
Na		0	0	0	0.006	0.002	0	0.003	0	0	0.003	0.004	0.001	0.004	0	0	0.001	0	0.005	0.002	0.004	0.003	0.003	0.003	0.007	0.023	0.023	0.044	0.069	0.070	0.004	0.009	0.007	0.006	0.037	
X _{Fe}		0.83	0.87	0.88	0.88	0.83	0.81	0.83	0.84	0.81	0.85	0.8	0.8	0.8	0.8	0.82	0.82	0.86	0.86	0.87	0.88	0.86	0.86	0.87	0.889	0.891	0.900	0.907	0.898	0.908	0.861	0.872	0.831	0.874	0.842	
X _{alm}		0.775	0.769	0.806	0.813	0.774	0.761	0.775	0.783	0.758	0.792	0.753	0.75	0.746	0.754	0.77	0.767	0.795	0.79	0.784	0.782	0.786	0.777	0.773	0.739	0.752	0.751	0.751	0.745	0.759	0.754	0.788	0.770	0.758	0.776	
X _{pyr}		0.156	0.116	0.113	0.112	0.157	0.176	0.158	0.153	0.181	0.142	0.183	0.189	0.191	0.187	0.166	0.169	0.135	0.129	0.121	0.109	0.13	0.13	0.119	0.093	0.092	0.083	0.077	0.085	0.076	0.121	0.115	0.156	0.109	0.146	
X _{sp}		0.034	0.046	0.045	0.04	0.036	0.03	0.033	0.031	0.028	0.033	0.029	0.026	0.029	0.025	0.028	0.03	0.036	0.042	0.044	0.047	0.04	0.043	0.041	0.132	0.116	0.124	0.132	0.128	0.125	0.085	0.059	0.035	0.095	0.038	
X _{grs}		0.035	0.069	0.036	0.033	0.033	0.034	0.033	0.034	0.033	0.034	0.033	0.035	0.035	0.035	0.036	0.034	0.034	0.039	0.051	0.063	0.044	0.05	0.066	0.036	0.040	0.042	0.040	0.039	0.038	0.039	0.038	0.040	0.038	0.040	

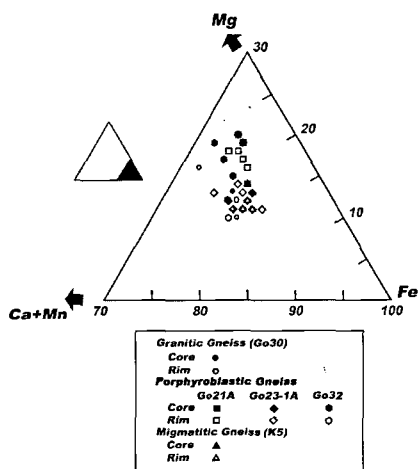


Fig. 12. The compositions of garnets from gneisses of the northern Gohung area in the Mg-Fe-(Ca+Mn) ternary diagram.

0.090, X_{grs} 는 0.032-0.038이고 X_{Fe} 는 0.86-0.89이다. Fig. 13a는 GO-30D 표품의 석류석 입자의 주변부에서 중심으로 감에 따라 X_{alm} 은 변화를 별로 보이지 않으며 X_{pyp} 는 입자의 주변부에서 낮고 중심부에서 높다. X_{sps} 은 입자의 중심부가 주변부보다 낮다. X_{grs} 는 주변부나 중심부나 비슷하다. X_{Fe} 는 입자 중심부가 낮고 주변부가 높다. 한편 GO-30A의 세립질 석류석 입자에서는 GO-30D의 값의 중간치의 값을 보인다.

반상변정질 편마암 중 본 역 북부 지역에서의 GO-21A 표품(Table 2)에서 X_{alm} 은 0.743-0.787이고 X_{pyp} 는 0.141-0.201(낮은 것은 0.116과 0.070-0.090)이며 X_{sps} 은 0.026-0.045(높은 것은 0.065와 0.129-0.148), X_{grs} 는 0.030-0.037(높은 것은 0.045)이고 X_{Fe} 는 0.75-0.91이다. Fig. 13b는 GO21A 표품의 석류석 입자의 주변부에서 중심으로 감에 따라 X_{alm} 은 감소하고, X_{pyp} 는 입자의 중심부에서 높으며, X_{sps} 은 입자 주변부에서 높고, X_{grs} 는 주변부와 중심에서 비슷하다. X_{Fe} 는 입자 주변부에서 높고 중심에서 낮다. GO-23-1A 표품(Table 2)에서 X_{alm} 은 0.741-0.813, X_{pyp} 는 0.102-0.195(GO-21A보다 낮고), X_{sps} 은 0.025-0.049, X_{grs} 는 0.032-0.053(높은 것은 0.057-0.070)이고 X_{Fe} 는 0.79-0.88이다. GO-23-1A 표품(Fig. 13c)에서는 주변부에서 중심으로 감에 따라 X_{alm} 은 입자의 주변부 부분이 높고 X_{pyp} 는 주변부에서 중심으로 갈수록 증가하며 X_{sps} 은 중심부에서 낮으며 X_{grs} 는 주변부에서 높고 X_{Fe} 는 주변부에서 높고 중심부에서 낮아지는 등

성분의 변화에서 많은 차이를 볼 수 있다. K-8 표품(Table 2)은 세립질 입자로 되어 있으며 X_{alm} 은 0.739-0.759, X_{pyp} 는 0.076-0.093, X_{sps} 은 0.116-0.132, X_{grs} 는 0.036-0.042이며, X_{Fe} 는 0.89-0.91이다. K-6 표품(Table 2)에서는 X_{alm} 은 0.724-0.788이고 X_{pyp} 는 0.087-0.250으로 다양한 변화를 보이며 X_{sps} 은 0.015-0.141, X_{grs} 는 0.031-0.041, X_{Fe} 는 0.74-0.89이다. K-6 표품은 주변부에서 중심으로 감에 따른 성분의 변화를 나타내기가 어렵다. 중부지역인 GO-36A 표품에서(Table 2) X_{alm} 은 0.743-0.802, X_{pyp} 는 0.061-0.156, X_{sps} 은 0.030-0.148, X_{grs} 는 0.036-0.056, X_{Fe} 는 0.83-0.92이다. GO36A 표품의 석류석 입자는 주변부에서 중심으로 감에 따라 성분의 뚜렷한 증가나 감소의 경향을 보이지 않는다. 남부지역인 GO-31 표품은 석류석이 세립질 입자로 되어 있으며 X_{alm} 은 0.756-0.776, X_{pyp} 는 0.104-0.161, X_{sps} 은 0.030-0.075, X_{grs} 는 0.051-0.054, X_{Fe} 는 0.82-0.88이다. GO-32 표품에서는(Table 2) X_{alm} 은 0.730-0.801로 변화의 폭이 넓으며, X_{pyp} 는 0.071-0.185, X_{sps} 은 0.027-0.138, X_{grs} 는 0.043-0.065이고 X_{Fe} 는 0.80-0.91이다. 그리고 Fig. 13d에서와 같이 표품 GO-32 입자의 주변부에서 중심부로 감에 따라 X_{alm} 은 입자의 주변부에서 높고, X_{pyp} 는 중심부에서 높으며, X_{sps} 은 주변부에서 높고, X_{Fe} 는 주변부에서 높고 중심부에서 낮다. 이러한 값들을 화강암질 편마암과 비교해보면 반상변정질 편마암에서 X_{alm} 과 X_{Fe} 의 변화의 폭이 더 넓고, X_{pyp} 는 화강암질 편마암에서 낮고 반상변정질 편마암에서 높다.

미그마타이트질 편마암인 K-5A와 K-5-1A 표품에서는(Table 2) X_{alm} 은 0.747-0.798, X_{pyp} 는 0.097-0.184, X_{sps} 은 0.029-0.067(아주 높은 것은 0.092), X_{grs} 는 0.035-0.045이고 X_{Fe} 는 0.80-0.89이다. Fig. 13e에서와 같이 K-5A 표품의 주변부에서 중심으로 감에 따라 X_{alm} 은 중심부에서 낮으며, X_{pyp} 는 주변부에서 낮고 중심부에서 높으며, X_{sps} 은 주변부에서 낮으며, X_{grs} 는 중심부에서 약간 낮으며, X_{Fe} 는 주변부에서 높고 중심부에서 낮다. 이 값은 X_{alm} 과 X_{Fe} 에서 화강암질 편마암에 비해 변화의 폭이 넓으며, X_{pyp} 의 값은 화강암질 편마암과는 비슷하지만 반상변정질 편마암 보다는 낮다. 또한 K-5에서는 주변부에서 중심으로 갈수록 X_{pyp} 의 함량은 증가하고 X_{alm} 의 함량은 감소하나 그렇게 많은 차이는 나타나지 않는다.

본 지역의 석류석에 대한 값을 승주-순천지역(오창환 외, 2000)과 비교하여 보면 승주-순천지역에서는

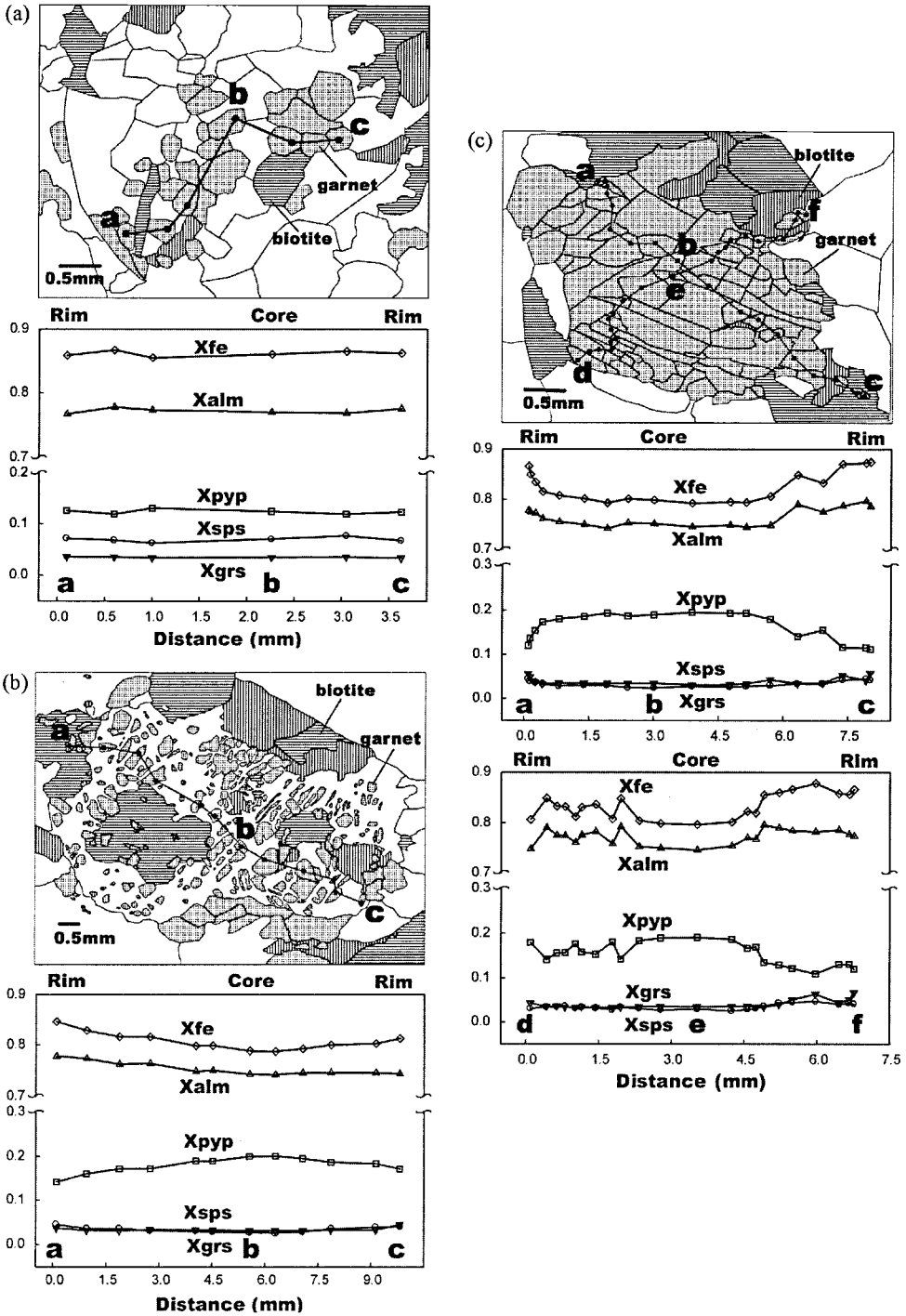


Fig. 13. The compositional profile of garnet from the gneisses of the northern Gohung area. (a) GO30D, (b) GO21A, (c) GO23-1A.

석류석 결정의 최외각부에서 X_{pyp} 는 급격히 감소하고 X_{sps} 은 급격히 증가하며 X_{Fe} 도 최외각부에서 증가하는 경향을 보인다. 이에 대해 본 지역에서는 석류석 최

외각부에서의 X_{alm} 의 증가, X_{pyp} 의 감소와 X_{sps} 의 증가가 완만한 변화를 보이고 있으며 X_{Fe} 의 값도 결정 최외각부에서 약간 증가하는 편이다. 이러한 현상은

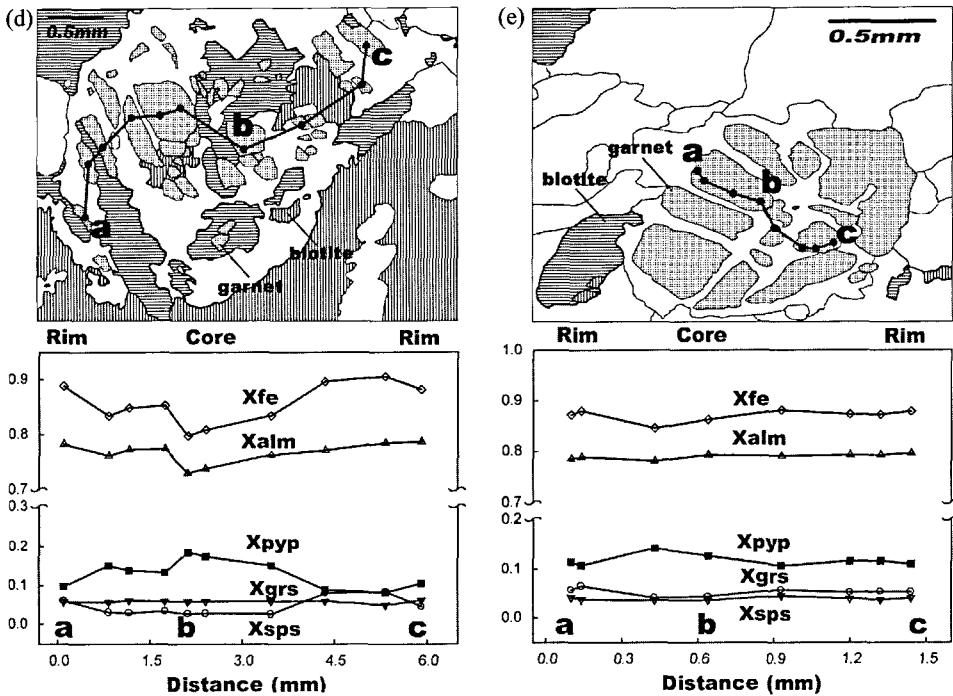


Fig. 13. Continued. (d) GO32, (e) K5A.

석류석 입자가 변성작용이 진행되면서 성장하였거나 후퇴 변성작용 시 석류석 주변부의 성분에 변화가 일어난 것으로 보이며, 본 지역에서는 대부분의 표본에서 성분의 증가와 감소가 비슷한 경향을 보인다.

흑운모

흑운모는 편마암류의 주 구성 광물을 이루고 있으며 호상구조를 발달시켜 엽리에 따라 배열되어 있는 것을 흔히 볼 수 있다. 흑운모의 화학 조성은 Table 3에 나타내었고 X_{Fe}에 대한 Al^{IV}의 변화를 Fig. 14에 표시하였다. Fig. 14에서 보면 화강암질 편마암, 반상 변정질 편마암 및 미그마타이트질 편마암에서 특별한 차이를 보이지 않으며 Al^{IV}는 1.225-1.621, X_{Fe}는 0.473-0.667의 범위 내에 속한다.

흑운모 입자는 석류석 입자 내에 포획물로 존재하거나 석류석 결정의 주변부에 기질로 존재한다. 화강암질 편마암인 GO-30의 X_{Fe} 값은 기질에서 0.56-0.59이고 포획물로 나타나는 흑운모에서 0.56-0.65로 기질보다 약간 높다.

반상변정질 편마암에서 GO-21A의 X_{Fe} 값은 기질에서 0.63-0.66이고 포획물로 나타나는 흑운모에서 0.64-0.67로 기질보다 약간 높다. GO-23-1A의 X_{Fe}

값은 기질에서 0.54-0.57이고 포획물로 나타나는 흑운모에서 0.51-0.52로 기질보다 낮다. K-8의 X_{Fe}값은 기질에서 K-8A 입자는 0.54-0.56이고 K-8B 입자는 0.51-0.55이다. K-6의 X_{Fe}값은 기질에서 0.47-0.56의 다양한 함량을 보이며 포획물로 나타나는 흑운모에서는 0.53-0.55의 범위를 보인다. GO-36A의 X_{Fe}값은 기질에서 0.61-0.64로 다른 지역의 흑운모 입자보다는 훨씬 높은 값을 보인다. GO-31의 X_{Fe}값은 기질에서 0.61-0.65로 GO-36A와 마찬가지로 다른 지역의 흑운모 입자보다 높은 값을 가진다. GO-32의 X_{Fe}값은 기질에서 0.60-0.64의 값을 보인다.

미그마타이트질 편마암인 K-5와 K51A의 X_{Fe}값은 기질에서 0.50-0.53의 값을 보인다.

승주-순천지역의 흑운모(오창환 외, 2000)와 비교하면 승주-순천 지역은 Al^{IV}는 좁은 범위의 변화를 보이며, X^{Fe}의 값에서 화강암질 편마암의 경우 0.75-0.85의 높은 값을 보이고 반상변정질 편마암에서는 0.3-0.65의 낮은 값으로 구분되나 본 지역에서는 승주-순천 지역 보다 Al^{IV}는 변화 폭이 넓고, X_{Fe}는 변화 폭이 좁으며 편마암의 종류별로는 구분되어지지 않는 특징을 보인다(Fig. 14).

Table 3. Representative compositions of biotites from gneisses of the northern Gohung area

sam- ples	Ggn															Pgn																								
	GO30D					GO30A					GO21A					GO23-1A																								
	inc	mat	inc	mat	inc	inc	mat	inc	mat	inc	inc	mat	inc	mat	inc	inc	mat	inc	mat	inc																				
No.	56	60	75	79	83	88	93	94	98	103	105	107	56	61	64	67	1	10	26	43	45	50	12	13	22	23	24	28	30	31	33	34	66	67	73	74				
re- marks	inc	mat	inc	mat	inc	inc	mat	inc	mat	inc	inc	mat	inc	mat	inc	inc	mat	inc	mat	inc	inc	mat	inc	mat	inc	inc	mat	inc	mat	inc	inc	mat	inc	mat	inc	inc	mat	inc	mat	inc
SiO ₂	34.29	34.64	33.98	34.74	34.89	34.68	33.94	34.27	34.41	34.34	34.68	34.03	34.03	34.03	32.44	34.07	33.19	33.62	34.68	33.01	34.71	36.04	35.69	33.17	34.22	35.11	34.10	34.96	33.84	35.44	34.83	35.23	35.93	34.06	35.97					
TiO ₂	0.88	2.45	2.10	1.36	1.44	1.69	1.68	1.72	1.36	1.86	1.53	1.72	2.38	1.86	1.89	1.22	0.08	0.50	2.86	3.06	2.04	2.53	2.83	2.67	1.63	2.35	2.09	2.33	2.62	2.06	2.67	2.53	2.76	2.76	2.54	2.90				
Al ₂ O ₃	20.24	19.35	19.32	19.20	20.06	19.74	19.96	20.06	19.96	19.64	19.67	19.77	17.57	18.22	18.21	19.13	21.71	19.81	17.66	17.00	18.00	17.71	16.46	16.38	17.32	16.82	17.15	16.90	16.36	16.84	16.54	16.69	16.61	16.64	16.91	16.15				
FeO	20.21	19.89	20.61	22.51	23.19	21.75	20.33	20.69	20.66	20.55	20.17	20.41	24.04	24.05	24.00	25.80	23.47	24.64	24.03	23.23	24.42	23.86	21.85	22.03	23.69	23.13	22.48	23.38	22.38	22.45	21.63	22.44	21.00	21.17	21.91	21.93				
MnO	0.36	0.22	0.17	0.24	0.21	0.18	0.33	0.21	0.26	0.22	0.25	0.12	0.25	0.19	0.20	0.25	0.19	0.26	0.23	0.19	0.15	0.00	0.06	0.02	0.07	0.00	0.10	0.04	0.06	0.06	0.05	0.04	0.06	0.00	0.05					
MgO	8.39	8.20	8.07	7.18	7.06	7.90	8.86	8.88	8.68	8.46	8.74	7.95	6.98	6.89	6.91	7.23	7.46	6.89	7.76	7.54	7.27	6.78	9.81	9.88	11.19	10.19	10.24	10.14	10.19	10.12	9.78	9.82	9.49	9.88	9.29	9.53				
CaO	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.00	0.00	0.07	0.01	0.08	0.01	0.03	0.00	0.25	0.02	0.06	0.11	0.16	0.09	0.03	0.09	0.06	0.01	0.02	0.01				
Na ₂ O	0.21	0.17	0.19	0.17	0.23	0.20	0.14	0.17	0.17	0.17	0.20	0.16	0.19	0.13	0.13	0.11	0.14	0.08	0.11	0.13	0.09	0.22	0.09	0.16	0.17	0.13	0.10	0.19	0.14	0.13	0.18	0.15	0.23	0.31	0.14	0.12	0.14			
K ₂ O	9.50	9.69	9.79	9.53	9.56	9.59	9.59	9.76	9.57	9.59	9.83	9.68	9.58	9.34	9.35	7.73	9.37	9.40	8.38	9.50	7.85	9.69	9.17	9.25	5.70	7.51	8.63	7.04	8.00	7.52	9.05	8.55	9.35	9.37	9.18	9.28				
Total	94.09	94.63	94.23	94.24	95.65	95.77	95.81	96.17	94.61	94.76	94.18	95.61	94.73	94.73	93.98	96.42	94.80	94.74	95.28	93.07	95.52	96.35	96.14	93.10	94.42	95.94	94.22	94.83	93.16	95.34	95.22	94.85	95.95	94.03	95.95					
11(O)																																								
Si	2.662	2.672	2.649	2.674	2.628	2.666	2.659	2.640	2.630	2.648	2.657	2.668	2.706	2.680	2.679	2.582	2.610	2.620	2.639	2.706	2.638	2.708	2.746	2.734	2.608	2.666	2.691	2.659	2.706	2.668	2.730	2.695	2.728	2.744	2.676	2.757				
Al ^{IV}	1.338	1.328	1.351	1.326	1.372	1.334	1.341	1.360	1.370	1.352	1.343	1.332	1.294	1.320	1.321	1.418	1.390	1.380	1.361	1.294	1.362	1.292	1.254	1.266	1.392	1.334	1.309	1.341	1.294	1.332	1.270	1.305	1.272	1.256	1.324	1.243				
Al ^{VI}	0.515	0.432	0.424	0.451	0.462	0.451	0.451	0.439	0.453	0.437	0.448	0.478	0.322	0.370	0.369	0.377	0.570	0.463	0.272	0.269	0.334	0.337	0.224	0.212	0.212	0.210	0.241	0.212	0.198	0.232	0.232	0.216	0.244	0.242	0.242	0.216				
Ti	0.051	0.142	0.123	0.081	0.084	0.098	0.096	0.099	0.080	0.108	0.089	0.101	0.140	0.110	0.112	0.073	0.005	0.030	0.169	0.180	0.123	0.148	0.162	0.154	0.096	0.138	0.121	0.137	0.153	0.122	0.154	0.147	0.161	0.158	0.150	0.167				
Fe	1.312	1.283	1.343	1.478	1.504	1.396	1.295	1.317	1.339	1.328	1.303	1.326	1.569	1.583	1.580	1.717	1.503	1.626	1.577	1.516	1.633	1.556	1.392	1.411	1.557	1.507	1.441	1.524	1.448	1.480	1.393	1.451	1.360	1.352	1.439	1.406				
Mn	0.024	0.015	0.011	0.016	0.014	0.012	0.021	0.014	0.017	0.015	0.016	0.008	0.017	0.013	0.014	0.017	0.012	0.017	0.015	0.012	0.013	0.010	0.000	0.004	0.002	0.005	0.000	0.007	0.003	0.004	0.004	0.003	0.002	0.004	0.000	0.003				
Mg	0.971	0.944	0.938	0.841	0.817	0.903	1.007	1.007	1.003	0.975	1.007	0.921	0.812	0.808	0.811	0.858	0.851	0.810	0.908	0.877	0.866	0.789	1.115	1.128	1.311	1.183	1.170	1.179	1.176	1.189	1.123	1.132	1.096	1.125	1.089	1.089				
Ca	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.004	0.000	0.000	0.006	0.001	0.007	0.001	0.002	0.000	0.002	0.000	0.002	0.005	0.009	0.013	0.008	0.002	0.008	0.005	0.001	0.002	0.001			
Na	0.031	0.026	0.029	0.026	0.035	0.029	0.021	0.025	0.025	0.030	0.023	0.028	0.020	0.019	0.017	0.021	0.012	0.016	0.020	0.014	0.033	0.014	0.024	0.025	0.020	0.015	0.029	0.021	0.019	0.028	0.023	0.034	0.047	0.021	0.019	0.021				
K	0.941	0.954	0.974	0.954	0.946	0.939	0.932	0.948	0.946	0.945	0.969	0.959	0.953	0.938	0.939	0.784	0.916	0.947	0.839	0.945	0.800	0.964	0.891	0.904	0.572	0.747	0.844	0.700	0.790	0.756	0.889	0.844	0.923	0.912	0.921	0.907				
X _{Fe}	0.575	0.576	0.589	0.637	0.648	0.607	0.563	0.567	0.572	0.577	0.564	0.590	0.659	0.662	0.661	0.667	0.638	0.667	0.635	0.633	0.653	0.664	0.555	0.556	0.543	0.560	0.552	0.564	0.552	0.555	0.554	0.562	0.554	0.546	0.569	0.563				

X_{Fe} represents Fe/(Fe+Mg), inc: inclusion, mat: matrix.

Table 3. Continued

sam- ples	Pgn																																						
	K8-A							K8-B							K6																								
No.	79	86	87	28	29	34	39	40	41	46	47	50	51	54	55	56	58	61	62	63	65	67	68	70	71	73	74	77	79	81	82								
re- marks	mat	inc	mat	inc	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat								
SiO ₂	34.51	36.09	36.01	34.89	35.20	35.14	35.57	35.44	35.08	35.50	35.97	35.26	35.45	35.40	35.08	34.39	35.55	35.25	35.34	35.55	35.16	35.12	35.65	34.91	34.94	34.75	34.45	35.16	34.85	35.13	32.62	35.26	31.56	29.74	34.21	31.03	31.78		
TiO ₂	2.53	2.18	2.18	2.46	3.11	2.46	2.81	2.80	2.80	2.70	2.56	2.62	2.51	2.61	2.60	2.64	2.80	2.55	2.56	2.55	2.56	2.68	2.73	2.68	2.80	2.26	2.44	2.64	1.81	1.80	1.45	0.45	0.34	0.90	0.88	0.19	0.42		
Al ₂ O ₃	16.39	16.51	16.60	19.86	19.33	19.51	19.52	19.37	19.51	18.97	19.44	18.93	19.26	19.35	18.80	19.11	19.27	19.66	19.57	19.36	20.08	19.40	18.71	19.23	19.25	19.94	19.25	19.30	19.56	19.62	19.12	20.69	20.79	19.79	19.71	19.05	19.75		
FeO	22.00	20.33	20.73	19.29	19.31	19.18	18.76	19.69	19.42	19.36	19.20	19.75	19.44	19.42	19.89	19.28	18.84	19.09	18.70	18.92	18.25	19.44	19.26	18.82	19.03	17.98	18.47	18.83	20.39	19.87	21.57	18.50	22.08	25.23	20.50	24.86	22.18		
MnO	0.02	0.03	0.04	0.15	0.08	0.24	0.13	0.16	0.14	0.09	0.12	0.17	0.20	0.07	0.08	0.15	0.19	0.19	0.11	0.15	0.19	0.14	0.15	0.14	0.14	0.22	0.10	0.13	0.12	0.08	0.11	0.13	0.14	0.14	0.15	0.10	0.27		
MgO	9.53	10.95	10.69	8.79	8.95	9.15	9.07	8.98	8.64	8.98	9.00	8.86	8.95	8.83	8.85	8.93	9.15	9.13	9.14	9.15	9.19	8.87	9.35	8.86	8.88	9.55	9.08	8.97	9.06	9.17	9.44	10.06	10.85	11.55	9.62	10.69	10.65		
CaO	0.04	0.01	0.00	0.02	0.05	0.01	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01	0.05	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.72	0.05	0.14	0.13	0.02	0.06	0.38
Na ₂ O	0.10	0.16	0.14	0.41	0.40	0.43	0.32	0.39	0.39	0.39	0.36	0.32	0.37	0.40	0.28	0.33	0.43	0.35	0.33	0.40	0.39	0.29	0.37	0.44	0.34	0.21	0.40	0.21	0.28	0.28	0.27	0.44	0.31	0.20	0.12	0.16	0.27		
K ₂ O	9.02	9.19	9.25	9.40	9.30	9.31	9.40	9.16	9.45	9.12	9.53	9.49	9.52	9.52	9.33	8.88	9.21	9.33	8.88	9.30	9.16	9.28	9.33	8.82	9.12	9.36	9.17	9.37	9.45	9.68	7.30	9.39	5.17	3.17	8.55	4.31	5.71		
Total	94.13	95.46	95.63	95.27	95.73	95.44	95.58	96.03	95.42	95.11	96.17	95.40	95.70	95.60	94.92	95.74	95.45	95.55	94.68	95.39	94.99	95.22	95.54	93.91	94.55	94.26	93.36	94.62	95.53	95.64	92.60	94.97	91.37	90.85	93.75	90.44	91.40		
11(O)	Si	2.705	2.756	2.751	2.659	2.667	2.671	2.689	2.678	2.670	2.703	2.708	2.691	2.691	2.688	2.690	2.662	2.693	2.672	2.690	2.696	2.667	2.676	2.705	2.686	2.677	2.659	2.671	2.689	2.663	2.675	2.579	2.679	2.499	2.395	2.654	2.514	2.532	
	Al ^{IV}	1.295	1.244	1.249	1.341	1.333	1.329	1.311	1.322	1.330	1.297	1.292	1.309	1.312	1.310	1.338	1.307	1.328	1.310	1.304	1.333	1.324	1.295	1.314	1.323	1.341	1.329	1.311	1.337	1.325	1.421	1.321	1.501	1.605	1.346	1.486	1.468		
	Al ^{VI}	0.220	0.243	0.246	0.442	0.393	0.419	0.428	0.402	0.421	0.406	0.431	0.393	0.414	0.420	0.390	0.405	0.413	0.428	0.446	0.425	0.462	0.418	0.378	0.429	0.414	0.457	0.429	0.428	0.424	0.435	0.361	0.531	0.440	0.273	0.456	0.332	0.386	
	Ti	0.149	0.125	0.125	0.141	0.177	0.141	0.160	0.159	0.160	0.155	0.145	0.150	0.143	0.149	0.154	0.160	0.145	0.146	0.146	0.146	0.154	0.156	0.155	0.162	0.130	0.142	0.152	0.104	0.103	0.086	0.026	0.020	0.055	0.051	0.012	0.025		
	Fe	4.442	4.298	4.325	4.229	4.223	4.219	4.186	4.244	4.236	4.233	4.209	4.260	4.234	4.233	4.275	4.248	4.193	4.210	4.190	4.200	4.157	4.239	4.222	4.211	4.219	4.150	4.197	4.204	4.303	4.265	4.426	4.175	4.462	4.698	4.330	4.684	4.478	
	Mn	0.002	0.002	0.003	0.010	0.005	0.016	0.009	0.010	0.009	0.006	0.008	0.011	0.013	0.005	0.005	0.010	0.012	0.007	0.010	0.012	0.009	0.010	0.012	0.009	0.010	0.009	0.009	0.014	0.007	0.008	0.008	0.005	0.007	0.008	0.009	0.010	0.007	0.018
	Mg	1.114	1.246	1.217	0.998	1.011	1.036	1.022	1.012	0.981	1.019	1.009	1.008	1.013	1.000	1.012	1.031	1.033	1.032	1.037	1.035	1.039	1.007	1.057	1.016	1.014	1.089	1.049	1.023	1.031	1.041	1.113	1.139	1.281	1.387	1.112	1.291	1.265	
	Ca	0.003	0.001	0.000	0.002	0.004	0.001	0.001	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Na	0.015	0.024	0.020	0.060	0.058	0.064	0.057	0.057	0.057	0.053	0.048	0.054	0.059	0.042	0.050	0.064	0.051	0.049	0.059	0.057	0.043	0.050	0.057	0.051	0.031	0.060	0.032	0.041	0.041	0.042	0.065	0.047	0.031	0.018	0.025	0.042		
	K	0.902	0.895	0.902	0.913	0.899	0.903	0.906	0.883	0.918	0.885	0.915	0.923	0.922	0.922	0.912	0.876	0.890	0.902	0.862	0.899	0.886	0.902	0.903	0.866	0.891	0.913	0.907	0.914	0.921	0.940	0.736	0.909	0.522	0.326	0.846	0.445	0.580	
	X _{re}	0.564	0.510	0.521	0.552	0.547	0.541	0.537	0.551	0.558	0.547	0.545	0.556	0.549	0.552	0.558	0.548	0.536	0.540	0.534	0.537	0.527	0.552	0.536	0.544	0.546	0.514	0.533	0.541	0.558	0.548	0.562	0.508	0.533	0.550	0.545	0.566	0.539	

Table 3. Continued

sam- ples	Ppm																																						
	K6	K6	K6	K6	K6	K6	K6	K6	K6	K6	K6	K6	K6	K6	K6	K6	K6	K6	K6	K6																			
No.	89	92	93	94	95	101	102	103	104	108	109	114	115	116	117	118	124	129	130	131	133	135	143	144	145	146	157	158	159	3	4	5	6	7	8	19	22		
re- marks	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat
SiO ₂	34.84	34.88	34.69	35.81	35.48	33.08	31.62	31.95	35.34	29.15	33.78	34.97	34.18	35.27	34.17	35.37	35.02	35.71	35.20	34.98	36.15	35.30	35.15	35.34	34.51	35.16	31.06	35.07	34.08	32.99	34.70	35.02	35.92	35.11	35.98	35.11	35.39		
TiO ₂	0.46	0.73	0.66	1.04	0.90	0.07	0.72	0.64	0.76	0.26	0.24	0.79	1.27	1.26	0.35	0.32	0.33	0.12	0.63	0.66	2.79	2.90	2.22	2.53	0.62	0.27	0.01	0.14	0.64	1.94	2.76	2.60	3.20	2.42	0.52	0.05	0.28		
Al ₂ O ₃	20.46	20.21	20.02	19.85	20.31	20.20	19.60	19.49	20.55	20.39	20.44	20.25	19.65	19.57	20.20	20.12	20.42	20.67	19.73	19.36	18.25	18.67	18.75	18.68	20.09	20.34	20.47	20.57	19.67	18.59	19.31	19.17	19.08	18.93	20.84	20.55			
FeO	19.59	19.49	19.38	18.68	19.40	21.09	23.80	22.73	18.32	25.04	20.84	19.22	20.02	19.61	20.76	19.15	19.57	17.83	17.79	18.17	17.68	18.08	19.98	20.05	19.53	18.74	23.07	18.40	18.23	22.42	19.43	19.32	18.22	18.82	18.93	18.11	18.14		
MnO	0.14	0.07	0.13	0.08	0.13	0.10	0.09	0.11	0.17	0.13	0.09	0.12	0.18	0.09	0.16	0.11	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.08	0.14	0.00	0.19	0.11	0.04	0.16	0.14	0.13	0.12	0.15	0.13	0.21	0.10				
MgO	10.20	9.71	9.35	9.61	9.47	10.77	10.63	10.39	9.88	11.49	10.16	9.42	9.46	9.60	10.21	10.43	10.54	10.74	11.13	11.35	10.17	9.70	9.86	9.49	9.98	10.36	11.31	10.11	10.36	9.75	8.68	9.04	9.26	9.35	9.33	10.62	10.55		
CaO	0.03	0.03	0.00	0.01	0.04	0.18	0.08	0.08	0.00	0.17	0.04	0.05	0.02	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.00	0.03	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03		
Na ₂ O	0.15	0.13	0.17	0.44	0.31	0.16	0.33	0.28	0.14	0.08	0.12	0.21	0.33	0.12	0.09	0.18	0.07	0.18	0.31	0.16	0.40	0.19	0.26	0.27	0.14	0.16	0.12	0.13	0.87	0.37	0.13	0.29	0.27	0.22	0.20	0.16	0.16		
K ₂ O	9.40	9.70	9.83	9.53	9.47	7.10	4.82	5.95	10.09	2.48	8.10	9.42	8.76	9.75	8.65	9.61	9.84	9.90	9.59	9.62	9.95	9.77	8.97	9.59	9.63	9.72	4.14	9.90	9.35	7.16	9.82	9.72	10.02	9.56	9.97	9.79	9.85		
Total	95.26	94.95	94.22	95.05	95.50	92.81	91.69	91.58	95.20	89.22	93.85	94.41	93.81	95.35	94.54	95.34	95.90	95.27	94.48	94.42	95.54	94.77	95.38	96.03	94.63	94.73	90.48	94.43	93.36	93.46	94.61	95.41	96.18	94.72	93.99	94.89	95.05		
Hf(O)																																							
Si	2.654	2.669	2.679	2.721	2.691	2.587	2.516	2.546	2.683	2.379	2.616	2.683	2.650	2.690	2.631	2.687	2.654	2.697	2.685	2.678	2.731	2.695	2.679	2.684	2.654	2.683	2.484	2.684	2.588	2.674	2.670	2.700	2.687	2.775	2.669	2.685			
Al ^{IV}	1.346	1.331	1.321	1.279	1.309	1.413	1.484	1.454	1.317	1.621	1.384	1.317	1.350	1.310	1.369	1.313	1.346	1.303	1.315	1.322	1.269	1.305	1.321	1.316	1.346	1.317	1.516	1.316	1.352	1.412	1.326	1.330	1.300	1.313	1.225	1.331	1.315		
Al ^{VI}	0.490	0.491	0.501	0.498	0.506	0.449	0.353	0.377	0.522	0.340	0.481	0.514	0.445	0.449	0.465	0.489	0.478	0.537	0.459	0.424	0.357	0.374	0.363	0.355	0.474	0.513	0.415	0.540	0.449	0.308	0.395	0.404	0.399	0.408	0.496	0.536	0.523		
Ti	0.026	0.042	0.038	0.059	0.052	0.004	0.043	0.038	0.044	0.016	0.014	0.045	0.074	0.072	0.020	0.018	0.019	0.007	0.036	0.038	0.159	0.167	0.127	0.145	0.036	0.015	0.000	0.008	0.038	0.115	0.160	0.149	0.181	0.139	0.030	0.003	0.016		
Fe	1.248	1.247	1.251	1.187	1.230	1.379	1.583	1.515	1.163	1.708	1.349	1.233	1.298	1.251	1.337	1.216	1.240	1.126	1.135	1.163	1.117	1.154	1.273	1.273	1.255	1.196	1.543	1.178	1.185	1.471	1.252	1.231	1.145	1.205	1.221	1.151	1.151		
Mn	0.009	0.005	0.009	0.005	0.008	0.011	0.007	0.006	0.007	0.012	0.009	0.006	0.008	0.011	0.006	0.010	0.007	0.006	0.007	0.009	0.008	0.010	0.011	0.005	0.009	0.000	0.013	0.007	0.003	0.010	0.009	0.008	0.008	0.009	0.008	0.014	0.007		
Mg	1.159	1.107	1.076	1.088	1.071	1.256	1.260	1.234	1.119	1.398	1.173	1.077	1.094	1.092	1.172	1.181	1.191	1.209	1.266	1.295	1.146	1.104	1.120	1.074	1.143	1.178	1.349	1.153	1.200	1.140	0.997	1.027	1.037	1.067	1.073	1.204	1.194		
Ca	0.002	0.003	0.000	0.001	0.003	0.015	0.006	0.006	0.000	0.014	0.003	0.004	0.001	0.000	0.001	0.000	0.003	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.010	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002		
Na	0.022	0.019	0.025	0.065	0.045	0.023	0.051	0.043	0.021	0.013	0.018	0.032	0.049	0.017	0.013	0.026	0.011	0.027	0.045	0.024	0.058	0.028	0.038	0.040	0.021	0.023	0.019	0.019	0.131	0.056	0.020	0.042	0.039	0.033	0.030	0.024	0.023		
K	0.914	0.947	0.968	0.924	0.916	0.708	0.489	0.605	0.978	0.258	0.799	0.922	0.867	0.948	0.849	0.931	0.951	0.954	0.934	0.939	0.959	0.951	0.872	0.929	0.944	0.946	0.423	0.967	0.926	0.717	0.965	0.945	0.961	0.934	0.981	0.949	0.954		
X _{Fe}	0.519	0.530	0.538	0.522	0.535	0.523	0.557	0.551	0.510	0.550	0.535	0.534	0.543	0.534	0.533	0.507	0.510	0.482	0.473	0.473	0.494	0.511	0.532	0.542	0.523	0.504	0.533	0.505	0.497	0.563	0.557	0.545	0.525	0.530	0.532	0.489	0.491		

Table 3. Continued

sam- ples	Pgm																Mgn															
	GO35				GO36A				GO31				GO32				K5		K51A													
No.	96	82	85	86	88	102	103	108	117	121	81	86	87	8	9	10	19	20	24	25	30	31	44	50	52	58	61	62	120	127	132	
re- marks	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	inc	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	mat	
SiO ₂	35.32	35.28	34.90	35.05	34.89	31.46	35.19	34.52	35.02	30.05	34.76	34.26	35.46	34.85	34.67	34.95	35.13	35.15	34.96	35.2	35.23	34.17	34.48	35.3	35.07	35.2	36.61	36.49	34.15	35.04	34.97	
TiO ₂	2.74	0.69	3.03	2.79	1.25	0.15	0.21	0.31	0.36	0.28	0.18	2.62	0.98	1.85	2.19	2.21	1.08	1.12	2.36	2.45	1.59	2.15	0.54	0.8	1.74	0.48	2.33	2.35	0.35	0.65	1.42	
Al ₂ O ₃	18.03	18.66	17.46	17.92	18.72	18.60	18.91	18.90	18.79	18.15	18.92	17.78	18.62	17.57	17.51	17.39	18.11	17.88	16.95	16.99	17.53	16.49	18.44	17.97	17.37	18.08	18.16	18.02	18.67	17.93	17.93	
FeO	22.60	22.58	23.21	22.64	23.48	26.88	23.53	23.95	23.99	28.97	24.13	24.78	24.52	22.71	22.99	22.55	22.94	23.38	22.91	22.54	23.62	24.16	22.46	23.9	23.99	24.07	19.8	19.38	19.96	20.06	19.15	
MnO	0.19	0.12	0.15	0.17	0.19	0.21	0.18	0.19	0.08	0.14	0.20	0.25	0.25	0.21	0.17	0.21	0.19	0.14	0.24	0.11	0.12	0.16	0.19	0.17	0.28	0.12	0.08	0.05	0.1	0.08	0.24	
MgO	7.38	8.48	7.68	7.93	8.50	9.16	8.54	8.11	8.47	9.19	8.70	7.37	8.16	8.15	7.87	7.86	8.52	8.57	7.81	7.87	8.27	7.77	8.35	8.22	7.91	8.37	10.03	10.14	9.94	10.64	10.54	
CaO	0.02	0.03	0.00	0.00	0.07	0.26	0.00	0.04	0.06	0.12	0.01	0.01	0.02	0.004	0.01	0.01	0.04	0.02	0	0	0	0	0.003	0.02	0	0.04	0	0	0.01	0.02	0	
Na ₂ O	0.06	0.04	0.09	0.10	0.11	0.06	0.10	0.09	0.10	0.05	0.11	0.08	0.08	0.19	0.2	0.16	0.16	0.19	0.14	0.14	0.28	0.15	0.14	0.13	0.14	0.16	0.10	0.101	0.124	0.12	0.117	0.12
K ₂ O	9.45	9.45	9.80	9.79	9.11	5.49	9.65	9.58	8.33	3.60	9.25	9.78	9.36	9.84	9.29	9.53	9.52	9.47	9.48	9.71	9.56	9.26	9.63	9.72	9.74	9.91	9.625	9.747	9.468	9.599	9.821	
Total	95.79	95.33	96.32	96.39	96.31	92.29	96.29	95.68	95.19	90.56	96.26	96.94	97.44	95.38	94.9	94.86	95.67	95.9	94.84	95.11	96.18	94.3	94.23	96.23	96.24	96.44	96.73	96.31	92.75	94.13	94.23	
11(O)	2.720	2.727	2.693	2.680	2.541	2.709	2.685	2.712	2.483	2.682	2.651	2.704	2.712	2.708	2.727	2.717	2.718	2.735	2.741	2.722	2.710	2.709	2.729	2.719	2.721	2.746	2.748	2.691	2.720	2.706		
Si	1.280	1.273	1.307	1.308	1.320	1.459	1.291	1.315	1.288	1.517	1.318	1.349	1.296	1.288	1.292	1.273	1.283	1.282	1.265	1.259	1.278	1.290	1.291	1.271	1.281	1.279	1.254	1.252	1.309	1.280	1.294	
Al ^{IV}	0.357	0.427	0.281	0.314	0.375	0.311	0.424	0.418	0.428	0.250	0.402	0.273	0.377	0.324	0.32	0.327	0.369	0.347	0.297	0.3	0.318	0.251	0.416	0.366	0.306	0.368	0.352	0.47	0.425	0.360	0.345	
Ti	0.159	0.460	0.176	0.161	0.072	0.009	0.021	0.018	0.021	0.017	0.682	2.651	2.704	0.108	0.129	0.13	0.063	0.065	0.139	0.144	0.092	0.128	0.032	0.047	0.101	0.028	0.132	0.133	0.020	0.038	0.083	
Fe	1.456	1.460	1.498	1.454	1.508	1.816	1.514	1.558	1.554	2.001	1.557	1.603	1.564	1.478	1.501	1.472	1.484	1.512	1.499	1.467	1.526	1.602	1.475	1.545	1.555	1.556	1.442	1.220	1.315	1.302	1.239	
Mn	0.012	0.008	0.010	0.011	0.012	0.014	0.011	0.013	0.005	0.010	0.013	0.016	0.016	0.014	0.011	0.014	0.013	0.009	0.016	0.007	0.008	0.01	0.012	0.011	0.019	0.008	0.005	0.003	0.007	0.005	0.016	
Mg	0.847	0.977	0.883	0.908	0.973	1.103	0.980	0.940	0.978	1.132	1.001	0.851	0.928	0.946	0.916	0.914	0.983	0.988	0.911	0.925	0.953	0.919	0.978	0.947	0.914	0.964	0.121	1.138	1.168	1.231	1.216	
Ca	0.002	0.003	0.000	0.000	0.006	0.023	0.000	0.003	0.005	0.011	0.001	0.001	0.001	0	0.001	0.001	0.003	0.001	0	0	0	0	0	0.002	0	0.004	0	0	0.001	0.002	0	
Na	0.009	0.006	0.013	0.015	0.016	0.009	0.014	0.013	0.015	0.009	0.017	0.013	0.011	0.029	0.03	0.024	0.023	0.028	0.022	0.021	0.041	0.023	0.021	0.019	0.021	0.024	0.015	0.018	0.018	0.018	0.018	
K	0.928	0.932	0.965	0.959	0.892	0.566	0.947	0.951	0.823	0.380	0.910	0.965	0.911	0.977	0.926	0.948	0.939	0.934	0.946	0.964	0.942	0.937	0.965	0.958	0.963	0.977	0.921	0.936	0.952	0.950	0.969	
X _{ce}	0.632	0.599	0.629	0.616	0.608	0.622	0.607	0.624	0.614	0.639	0.609	0.653	0.628	0.61	0.62	0.62	0.6	0.6	0.62	0.61	0.62	0.64	0.6	0.62	0.63	0.62	0.63	0.52	0.53	0.51	0.50	

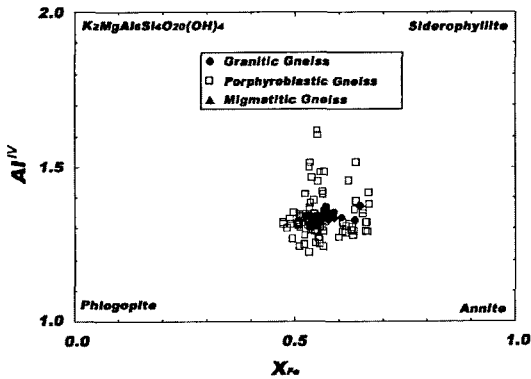


Fig. 14. The composition of biotite from gneisses of the northern Gohung area in Al^{IV} - X^{Fe} diagram.

사장석

본 지역의 주 구성 광물인 사장석은 대체로 입자가 큰 것과 아주 작은 입자로 나타나는 것과 구분이 되며 그 성분에서 약간의 차이를 보이는데 작은 입자보다는 큰 입자의 An 함량이 더 낮게 나타난다. EPMA 분석 결과(Table 4)에 따르면 사장석의 An 함량이 화강암질 편마암에서 An_{34-41} 로 낮고, 반상변정질 편마암에서 An_{35-48} 로 높고, 미그마타이트질 편마암에서 An_{32-36} 으로 제일 낮다(Fig. 15). 지역별로는 표품 GO-30의 화강암질 편마암에서 An_{34-41} 의 범위를 보이고 있다. 또한 본 지역의 반상변정질 편마암에서의 An 함량은 상당한 정도의 범위(An_{35-48})를 보이는데 표품 GO-21A에서는 An_{36-43} , 표품 GO-23-1A에서는 An_{39-42} 이고, K-8에서는 An_{38-41} , K-6 표품에서는 An_{38-42} 이며, GO-35 표품에서는 An_{36-39} 과 An_{46} 의 두 종류의 사장석이 나타나고, 표품 GO-36A에서는 An_{35-41} 과 An_{46} 의 두 종류의 사장석이 나타나며, GO-31 표품에서도 두 종류의 사장석이 나타나는데 비교적 세립질로 변질을 받은 입자들은 An_{44-47} 의 범위를 보이는데 비하여 반정으로 비교적 깨끗한 입자들은 An_{36-37} 의 범위를 보인다. 또한 GO-32 표품에서도 두 종류의 사장석인 An_{36-39} 인 것과 An_{45-48} 인 것으로 구분된다. 표품 K-5인 미그마타이트질 편마암에서는 An_{32-36} 로 비교적 낮다.

이와 같이 하나의 표품 내에서도 An 성분의 차이가 나타나는 것은 1차 변성작용이나 그 이전에 형성된 사장석과 후퇴 변성작용에 의하여 형성되었을 것으로 생각되는 입자에서 성분의 차이가 있으므로 생각된다.

사장석의 An 값을 승주-순천 지역(오창환 외, 2000)의 편마암류와 비교하여 보면 승주-순천 지역의 화강암질 편마암의 An 성분(An_{27-34})보다는 본 지역의 화강암질 편마암의 An 성분(An_{34-41})이 보다 더 높게 나타나며 승주-순천지역 반상변정질 편마암의 An 함량의 범위(An_{30-65})보다는 본 지역의 반상변정질 편마암이 더 좁은 변화(An_{35-48})를 나타낸다.

근청석

본 지역의 근청석은 심하게 변질되어있으나 비교적 깨끗한 입자들이 남아있는 것이 화강암질 편마암인 GO-30A 표품과 반상변정질 편마암인 표품 K-8에서 나타나는데 이들의 EPMA 분석결과(Table 5) GO-30A에서는 Fe는 0.880-0.895, Mn은 0.028-0.030, Mg는 1.098-1.120의 함량을 보이며 또한 K-8 표품에서는 Fe가 1.701-1.716으로 GO-30A보다 낮은 함량을 보이며 Mn은 0.024-0.029로 GO-30A보다 조금 낮고, Mg는 1.231-1.275로 GO-30A보다 높은 함량을 보인다. 또한 승주-순천지역(오창환 외, 2000)과 비교하면 승주-순천지역에서는 Fe가 0.64-0.75로 본 지역보다 낮고, Mn은 0.00-0.03으로 본 지역보다 조금 낮은 편이고 Mg는 1.25-1.32로 본 지역보다 높다.

변성 작용의 온도와 압력 및 변성 진화 과정

본 역의 변성작용은 저압 내지 중압 고온형의 변성작용으로 상부 앰피블라이트상의 규선석대에 해당되며 이 때 안정한 광물군은 석류석, 흑운모, K 장석, 규선석 등이다. 다음으로 석류석+근청석으로 표시되는 2차적인 후퇴 변성작용이 있었으며 앰피블라이트상의 석류석대에 해당된다. 그리고 녹니석+백운모가 안정한 후퇴 변성작용이 수반되었다.

변성 온도와 압력 계산은 공존하는 석류석-흑운모-사장석-석영의 광물 조합과 이들 광물 성분을 이용하여 Biotite-Garet-Thermometry(Rao, 1995)와 Hoisch (1990)의 계산을 사용하였다. 변성 온도 계산은 Thompson(1976), Holdaway and Lee(1977), Perchuk and Lavrent'eva(1983), Ferry and Spear(1978) 그리고 Bhattacharya *et al.*(1992)에 의해 제안된 5개의 흑운모-석류석 지온계를 사용하여 변성 온도를 추정한 후 그 평균치를 변성온도로 결정하였다(Table 6).

본 역 편마암류에 대한 변성 온도와 압력은 Table

Table 4. Representative compositions of plagioclase from gneisses of the northern Gohung area

sam- ples	Ggn																			K-8A																	
	GOS3D									GO21A									GO23-1A																		
No	53	58	65	66	68	69	70	71	76	77	80	90	92	99	55	57	62	65	25	41	42	44	46	48	49	14	15	18	19	20	21	37	38	80	81	30	
SiO ₂	57.48	58.01	57.91	57.32	58.90	57.13	58.30	57.04	58.17	57.94	57.45	57.51	57.67	57.61	58.24	57.27	58.37	58.29	57.26	56.66	55.90	57.62	56.74	56.66	57.68	57.71	58.65	58.61	58.48	58.65	58.48	57.63	57.82	58.13	58.18	57.84	
TiO ₂	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.01	0.04	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.02	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.04	0.03	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.02
Al ₂ O ₃	27.00	26.96	26.73	26.99	25.90	25.26	26.32	27.22	26.31	26.35	26.35	27.22	27.18	26.48	26.36	26.57	26.25	26.53	27.09	26.72	27.47	26.63	26.59	27.39	27.05	27.05	26.79	26.65	26.63	26.96	26.70	27.07	26.82	26.59	26.75	26.83	
FeO	0.08	0.03	0.01	0.00	0.01	0.04	0.04	0.05	0.12	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.10	0.00	0.00	0.00	0.03	0.05	0.05	0.05	0.01	0.04	0.24	0.01	0.14	0.10	0.06	0.01	0.04	0.04	0.02	0.05
CaO	7.95	7.68	7.38	7.81	6.77	6.99	7.61	8.20	7.41	7.36	7.44	7.80	8.03	7.35	7.41	7.70	7.14	7.40	7.83	8.11	8.59	7.72	7.92	8.28	7.98	8.91	8.36	8.15	8.21	8.29	8.22	8.75	8.39	8.33	8.38	8.06	
Na ₂ O	6.87	6.93	6.97	6.79	7.23	6.78	6.92	6.41	7.09	6.93	7.08	6.68	6.63	6.88	6.93	6.68	7.02	6.83	6.62	6.45	6.12	6.91	6.57	6.28	6.63	6.69	7.03	6.84	7.08	7.07	6.96	6.90	6.86	6.96	6.81	6.75	
K ₂ O	0.18	0.18	0.19	0.12	0.24	0.22	0.27	0.15	0.20	0.21	0.16	0.22	0.23	0.25	0.17	0.24	0.22	0.21	0.24	0.21	0.19	0.16	0.16	0.16	0.16	0.17	0.11	0.09	0.18	0.08	0.14	0.16	0.15	0.17	0.14	0.21	0.16
Total	99.56	99.80	99.21	99.04	99.03	96.40	99.50	99.09	99.23	98.92	98.52	99.43	99.74	98.56	99.11	98.48	99.04	99.39	99.06	98.20	98.32	99.10	98.03	98.95	99.52	100.5	101.2	100.4	100.6	101.2	100.6	100.5	100.1	100.2	100.3	99.72	
8(O)	9.037	9.085	9.114	9.048	9.265	9.237	9.158	9.004	9.158	9.150	9.116	9.041	9.043	9.127	9.169	9.090	9.193	9.155	9.038	9.029	8.908	9.091	9.053	8.966	9.059	9.003	9.086	9.126	9.104	9.080	9.102	9.000	9.051	9.089	9.081	9.074	
Si	5.002	4.975	4.959	5.021	4.802	4.813	4.872	5.063	4.882	4.904	4.927	5.043	5.022	4.944	4.891	4.970	4.873	4.910	5.039	5.019	5.159	4.952	5.000	5.108	5.007	4.973	4.891	4.891	4.885	4.918	4.897	4.983	4.948	4.901	4.922	4.961	
Ti	0.000	0.003	0.003	0.002	0.000	0.001	0.005	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.004	0.002	0.005	0.002	0.000	0.000	0.004	0.002	0.005	0.003	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.003	0.000	0.000	0.002	
Fe	0.011	0.003	0.002	0.000	0.000	0.001	0.006	0.005	0.006	0.016	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.005	0.012	0.000	0.000	0.003	0.007	0.006	0.006	0.001	0.005	0.031	0.002	0.019	0.013	0.007	0.001	0.005	0.005	0.002	0.007	
Ca	1.339	1.288	1.244	1.320	1.141	1.210	1.281	1.387	1.250	1.245	1.264	1.314	1.350	1.248	1.250	1.308	1.205	1.245	1.325	1.385	1.466	1.305	1.354	1.403	1.342	1.489	1.388	1.359	1.369	1.375	1.370	1.463	1.407	1.396	1.407	1.355	
Na	2.094	2.103	2.125	2.077	2.203	2.126	2.107	1.962	2.164	2.123	2.177	2.036	2.016	2.112	2.114	2.055	2.144	2.080	2.025	1.993	1.891	2.113	2.033	1.926	2.019	2.022	2.111	2.066	2.136	2.122	2.100	2.088	2.081	2.110	2.060	2.054	
K	0.036	0.035	0.038	0.025	0.049	0.045	0.053	0.030	0.039	0.043	0.033	0.043	0.046	0.050	0.035	0.049	0.044	0.042	0.048	0.042	0.039	0.032	0.033	0.033	0.033	0.033	0.022	0.017	0.036	0.016	0.027	0.031	0.029	0.033	0.028	0.041	0.032
Xab	0.604	0.614	0.624	0.607	0.649	0.629	0.612	0.581	0.627	0.622	0.627	0.600	0.591	0.619	0.619	0.622	0.632	0.618	0.596	0.583	0.557	0.613	0.594	0.569	0.595	0.572	0.601	0.597	0.607	0.602	0.600	0.583	0.591	0.597	0.588	0.597	
Xan	0.386	0.376	0.365	0.386	0.358	0.372	0.410	0.362	0.365	0.364	0.387	0.396	0.366	0.368	0.383	0.355	0.370	0.390	0.405	0.432	0.378	0.396	0.415	0.396	0.421	0.395	0.393	0.389	0.390	0.391	0.409	0.400	0.395	0.400	0.394	0.394	
Xor	0.010	0.010	0.011	0.007	0.014	0.013	0.016	0.009	0.011	0.013	0.010	0.013	0.013	0.015	0.010	0.014	0.013	0.012	0.014	0.012	0.012	0.009	0.010	0.016	0.010	0.006	0.005	0.010	0.005	0.008	0.009	0.008	0.009	0.008	0.012	0.009	

Xab = Na/Q, Xan = Ca/Q and Xor = K/Q, where Q = Na + Ca + K.

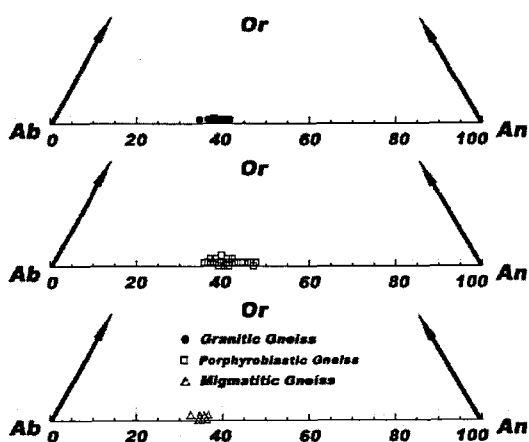


Fig. 15. The compositions of plagioclases from gneisses of the northern Gohung area in the Or-Ab-An ternary diagram.

6과 Fig. 16에 표시하였다. 본 역의 변성작용은 저압 내지 중압형의 고온 변성작용에서 저압 중온의 후퇴 변성작용과 3차의 저압 저온의 후퇴변성작용으로 특징지어 진다. 먼저 고온 저압 내지 중압형의 변성작용이 표품 GO-21A에서 나타나는데 변성온도는 석류석 입자 중심부에서는 온도 913°C로 나타나고 석류석 주변부에서는 온도 803-902°C, 압력 6.1-7.3 kb로 석류석 중심부에서 온도가 높고 주변부에서 온도와 압력이 낮음을 볼 수 있다. 그리고 표품 GO-21A의

석류석 입자는 변질을 많이 받고 다른 광물로 교대되어 있는데 이는 후퇴 변성작용의 결과로 본다. 그러나 석류석의 성분에는 변화를 일으키지 않은 것으로 생각된다. 또한 표품 GO-31은 석류석 입자가 세립이며 변성온도는 한 지점을 제외하고는 713°C와 813°C로 나타나고 변성압력은 7.0 kb인데 변성온도가 낮게 나타나는 부분은 후퇴 변성의 결과로 생각된다.

다음으로 중온 저압형의 후퇴 변성작용은 표품 GO30에서 근청석의 생성으로 특징지어지며 변성온도는 한 지점을 제외하고는 719°C와 726°C이며 압력은 4.5 kb이고 석류석 입자 주변부에서 변성온도 601-642°C, 압력 2.2-3.1 kb로 낮게 나타나는데 이는 후퇴변성작용에 따르는 온도와 압력의 감소로 보인다. 다음으로 표품 GO-23-1A에서는 석류석 입자가 비교적 깨끗한 상태를 유지하고 있고 변성온도는 570-617°C, 압력은 4.3-5.0 kb이고 표품 K-5에서는 한 지점을 제외하고는 변성온도 581-696°C, 압력 3.0-5.1 kb로 나타난다.

그 다음으로 본 역은 녹니석화 작용 등이 나타나는 중첩된 후퇴 변성작용을 거듭하였으며 이에 해당되는 표품은 GO-36A와 K-8A로 생각된다. 표품 GO-36A의 변성온도는 538, 583, 626, 677°C, 압력은 2.4와 4.5 kb로 표시되며 표품 K-8A는 변성온도 513-547°C, 압력 1.6-1.8 kb로 나타난다.

Table 5. Chemical compositions of cordierites from gneisses of the northern Gohung area

samples	GO30A			K8A		K8B
	100	101	109	25	27	57
No.						
remarks						
SiO ₂	47.21	47.34	47.53	48.05	48.20	47.61
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	32.77	32.77	32.82	32.79	33.27	33.04
FeO	10.06	10.24	10.12	8.08	8.33	8.07
MnO	0.33	0.31	0.35	0.33	0.31	0.28
Mgo	7.10	7.05	7.22	7.96	8.15	8.23
CaO	0.00	0.00	0.04	0.05	0.01	0.03
Na ₂ O	0.31	0.31	0.35	0.41	0.28	0.25
K ₂ O	0.02	0.04	0.03	0.04	0.07	0.00
Total	97.80	98.04	98.46	97.72	98.62	97.51
	18(O)					
Si	4.943	4.947	4.945	4.986	4.960	4.949
Al	4.043	4.035	4.024	4.010	4.034	4.048
Ti	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Fe	0.881	0.895	0.880	0.701	0.716	0.702
Mn	0.029	0.028	0.030	0.029	0.027	0.024
Mg	1.107	1.098	1.120	1.231	1.250	1.275
Ca	0.000	0.000	0.005	0.006	0.002	0.003
Na	0.063	0.063	0.071	0.083	0.055	0.051
K	0.003	0.005	0.004	0.006	0.010	0.000

Table 6. P-T estimates for gneisses of the northern Gohung area

samples	GO30D			GO30A			GO21A			GO21A			GO23-1A														
	rim	rim	rim	rim	rim	rim	core	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim													
56-57-53	60-61-58	75-74	79-78	83-84-80	88-89	94-95-92	96-98-99	104-105	56-58-55	61-59-62	64-63-65	67-66	1-3	10-8	43-40-41	45-47-46	50-51-49	12-1-20	24-25-19	31-32-38	33-36-38	66-65	73-72	79-78-80	86-84		
remarks	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim
T76	669	625	668	762	754	683	654	643	625	949	903	843	909	858	960	897	966	911	632	629	621	623	589	620	640	591	
HL77	636	599	636	715	708	648	623	614	599	866	829	781	834	793	874	824	879	836	605	602	595	597	567	594	612	570	
PL83	617	586	615	678	672	625	605	597	585	797	768	730	773	740	804	764	806	772	587	584	579	581	556	578	592	557	
FS78	664	607	663	792	780	683	644	629	606	1077	1004	1014	1014	934	1096	994	1106	1017	616	612	601	603	560	600	626	563	
B92	623	587	619	685	679	625	612	603	589	820	790	748	796	760	830	787	833	796	607	607	599	601	576	596	613	580	
Avg.	641.8	600.8	640.2	726.4	718.6	652.8	627.6	617.2	600.8	901.8	858.8	802.6	865.2	817	912.8	853.2	918	866.4	609.4	606.8	599	601	569.6	597.6	616.6	572.2	
BGPQ	3.12	2.15		2.7	2.972		6.718	6.649	6.08						7.276	7.505	6.607	4.325	4.698	5.023	4.887					4.892	

Table 6. Continued

samples	K8A		K6		GO36A		GO31		GO32		K5A		K5-1A													
	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim												
46-35-32	47-36-33	41-37-42	55-43	54-44-53	76-75	82-83	101-100-97	82-83	86-87	108-109-117-116-110	79-87	81-82	83-86-84	08-07-11	19-16-13	31-28-34	52-56-55	58-60-55	61-52-60	118-120-127-128-132-133-130						
remarks	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim	rim
T76	568	560	549	532	549	686	570	618	559	652	707	607	745	659	852	616	776	701	609	666	580	633	726	601		
HL77	550	543	533	518	533	651	551	593	542	622	669	583	701	628	789	591	726	663	585	634	560	606	684	578		
PL83	547	540	533	521	533	625	550	578	540	602	641	571	667	608	737	579	687	636	574	611	550	588	652	567		
FS78	535	525	511	490	511	687	537	598	524	641	716	583	769	650	925	595	813	707	586	660	549	617	742	576		
B92	535	533	521	506	522	645	536	596	524	612	653	570	683	613	760	576	710	652	569	626	565	608	673	581		
Avg.	547	540.2	529.4	513.4	529.6	658.8	548.8	596.6	537.8	625.8	677.2	582.8	713	631.6	812.6	591.4	742.4	671.8	584.6	639.4	560.8	610.4	695.4	580.6		
BGPQ	1.828	1.77	1.635		1.737		3.234			4.489	2.374				6.951	3.153	6.9	5.671	3.34	5.468	2.512	3.507	5.096	2.956		

The numbers are the same as table 2.3 and 4. T76- Thompson (1976), HL77- Holdaway & Lee (1977), PL83- Perchuk & Lavrent'eva (1983), FS78- Ferry & Spear (1978), B92- Bhattacharya et al. (1992), BGPQ- biotite-garnet-plagioclase-quartz geobarometer (Hoisch, 1990).

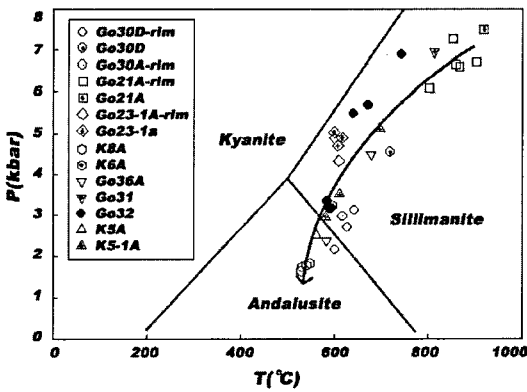


Fig. 16. The P-T conditions of the gneisses in northern Gohung area (phase boundary of Al_2SiO_5 from Holdaway, 1971).

토 의

주 성분 원소에서 SiO_2 에 대한 $Na_2O + K_2O$ 에 의 하면 본 역 편마암류는 화강섬록암 영역에 속하고, 사장석 성분은 안데신이며, 편마암류의 모암인 화강 암류는 S형과 I형이 모두 존재하며 대륙의 동시 충돌 형과 후기 조산대 및 후 조산대 영역에서 형성되었 을 것으로 추정되나 이에 대한 구체적인 증거나 자 료에 의한 해석이 더 필요할 것으로 보인다. SiO_2 의 증가에 따라 미량원소의 함량은 대체로 감소하는 경 향을 보이며 이는 승주-순천 지역의 변화(안건상 외, 2001)와 비슷한 양상을 보인다. 콘드라이트 값에 표 준화시킨 희토류 원소의 분포 양상은 중희토류에서 증가현상을 보이는데 승주-순천 지역의 우백질 편마 암에서도 이러한 현상(안건상 외, 2001)이 나타난다. 사장석 성분이 An_{32-48} 로 상당한 범위를 가지며 하나 의 표품 내에서도 상당한 성분의 차이를 보이는데 이는 1차 변성작용이나 그 이전에 형성된 사장석과 후퇴 변성작용의 결과 형성된 것과의 차이로 보이 나 이에 대한 보다 더 확실한 원인 규명이 있어야 할 것으로 보인다.

본 지역을 포함하는 영남육괴(소백산 육괴)의 변성 암류에 대한 연구는 본 지역의 북동부인 소백산 육 괴 중 지리산 남서부 일대에서 1차의 그레놀라이트 상 내지 엠파볼라이트상 변성작용과 2차 후퇴 변성 작용 및 녹니석과 백운모를 형성시킨 3차 후퇴 변성 작용을 설명한 바 있다(이상만, 1980; 이상만 외 1981). 또한 소백산 육괴 남서부인 산청 지역에서 석 류석 입자의 중심부의 변성 온도 $761^{\circ}C$ 내외와 압력

7 kb, 석류석 입자 주변부에서 변성온도 $653^{\circ}C$ 내외 와 압력 6.4 kb를 기재하였으며(이영택 외, 2004) 고 변성 작용과 후기의 저변성 작용에 의한 재평형을 시사하였다. 그리고 소백산 육괴 서남부인 승주-순천 지역(오창환 외, 2000)에서는 $622-760^{\circ}C$, 6.2-7.4 kb의 중압형에 가까운 첫 번째 변성작용과 그 후 저압형 의 $489-669^{\circ}C$, 2.1-4.8 kb의 변성작용과 $606-785^{\circ}C$, 3.7-5.4 kb의 후퇴변성작용을 기재하였으며 복잡한 변 성진화과정을 시사하였다.

본 역에서도 1차적인 고온형의 변성작용을 설명할 수 있는데 표품 GO-21A에서 변성온도 $803-913^{\circ}C$, 압력 6.1-7.3 kb로 표시할 수 있으며 변질을 심하게 받고 교대되어 있는데도 불구하고 점 분석한 곳은 고온의 1차 변성작용을 지시하는 것으로 보인다.

표품 GO-30A와 K-8에서의 근청석의 형성은 2차 적인 후퇴 변성작용의 특징이다.

그리고 표품 GO-31, GO-30 등과 같이 하나의 표 품내에서도 여러 변성 온도와 압력이 나오는 것은 1 차적인 변성작용과 후퇴 변성작용, 2차적인 변성작용 과 후퇴 변성작용 등이 중첩되어 나타난 결과로 해 석되어진다.

따라서 본 지역의 변성암류를 암상에 따라 화강암 질 편마암, 반상변정질 편마암 및 미그마타이트질 편 마암으로 구분하는 것은 가능하나 절대연령의 시간적 인 차이에 의하여 분리하거나 암석의 변성 진화 과 정에 의하여 분리하기는 어렵다고 할 수 있겠다. 그 리하여 후퇴 변성작용에 대한 구체적인 이해와 암상 의 변화에 따른 차이 및 변성 진화 과정에 대해서는 보다 더 많은 연구가 필요하다고 본다.

결 론

1. 본 지역의 편마암류는 화강암질 편마암, 반상변 정질 편마암 및 미그마타이트질 편마암으로 구분된다.
2. 본 역의 편마암류의 모암인 화강암류는 대부분 화강섬록암에 속하며 대륙의 동시 충돌형과 후기 및 후 조산대 영역에서 형성되었을 것으로 예상되며 S 형과 I형 화강암류가 모두 나타난다.
3. 사장석 성분은 안데신으로 상당한 범위(An_{32-48}) 를 보여주며 석류석 성분에서 X_{alm} 과 X_{sp} 은 석류석 입자의 주변부에서 높고 X_{yp} 는 중심부에서 높으며, X_{Fe} 는 석류석 입자 주변부에서 높은 변화를 보인다.
4. 변성작용은 저압 내지 중압형의 고온 변성작용

(803-913°C, 6.1-7.3 kb)을 받은 후 저압, 중온의 후퇴 변성작용(570-726°C, 2.2-5.1 kb) 및 녹니석화 작용 등의 중첩된 후퇴 변성작용이 수반되었다.

사 사

본 논문은 2001년도 전남대학교 기초학문보육육성 지원사업의 지원으로 수행되었다. 본 논문에 대한 심사와 조언을 하여주신 심사위원님께 감사드립니다. 또한 본 논문을 위하여 야외조사 및 실내작업에서 많은 도움을 준 전남대학교 송덕민 군에게 감사드립니다.

참고 문헌

김형식, 1970, 한국 서남부 일대의 광역변성작용에 관하여. 지질학회지, 6, 97-118.

나기창, 1998, 선캠브리아기 이연층. 한국의 지질. 시그마프레스, 서울, 33-35.

박계현, 송용선, 박맹연, 이승구, 류호정. 2000, 동북아시아 지역 선캠브리아 지괴에 대한 암석학, 지구화학 및 지구연대학적 연구. 암석학회지, 9, 29-39.

송용선, 1981, 하동-산청지역의 분포하는 변성암류의 변성작용에 관한 연구. 서울대학교 석사학위 논문, 38 p.

안건상, 오창환, 박배영, 2001, 승주-순천 지역에 분포하는 정편마암류의 지구화학적 특성. 한국지구과학회지, 22, 163-178.

오창환, 전은영, 박배영, 안건상, 이정후, 2000, 소백산 육괴 서남부인 승주-순천 일대의 화강암질 편마암과 반상변질질 편마암의 변성진화과정. 암석학회지, 9, 121-141.

이상만, 1980, 지리산(하동-산청)지역의 변성니질암의 변성작용에 관한 연구. 지질학회지, 16, 1-15.

이상만, 나기창, 이상헌, 박배영, 이상원, 1981, 소백산육괴(동남부)의 변성암 복합체에 대한 변성작용에 관한 연구. 지질학회지, 17, 169-188.

이영택, 이상원, 옥수석, 2004, 산청지역에 분포하는 차노카이트의 암석학적 연구. 한국지구과학회지, 25, 251-264.

조계복, 1998, 전남 승주-보성·별교-도양 일대의 변성암류의 변성작용에 대한 연구. 전남대학교 석사학위 논문, 72 p.

주승환, 김성재, 1986, 영남육괴 Rb-Sr연대 측정 연구(II): 지리산 서남부 일대 화강암질 편마암 및 편마상 화강암류. 한국동력자원 연구소, 국토 기본지질 조사연구(KR-86-7), 7-33.

최범영, 최현일, 황재하, 기원서, 교회재, 김유봉, 이병주, 송교영, 김정찬, 최영섭, 2002, 목포-여수 지질도폭 설명서(1:250,000). 한국지질자원 연구원, 45 p.

Batchelor, R.A. and Bowden, P., 1985, Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters. Chemical Geology, 48, 43-55.

Bhattacharya, A., Mohanty, L., Maji, A., Sen, S.K., and

Raith, M., 1992, Non-ideal mixing in the phlogopite-amnite boundary: Constraints from experimental data on Mg-Fe partitioning and a reformulation of the biotite-garnet geothermometer. Contributions to the Mineralogy and Petrology, 111, 87-93.

Ferry, J.M. and Spear, F.S., 1978, Experimental calibration of the partitioning of Fe and Mg between biotite and garnet. Contributions to the Mineralogy and Petrology, 66, 113-117.

Hine, R., Williams, I.S., Chappell, B.W., and White, A.J.R., 1978, Contrast between I- and S-type granitoids of the Kosciusko batholith. Journal of the Geological Society of Australia, 25, 219-234.

Hoisch, T.D., 1990, Empirical calibration of six geobarometers for the mineral assemblage quartz + muscovite + biotite + plagioclase + garnet. Contributions to the Mineralogy and Petrology, 104, 225-234.

Holdaway, M.J., 1971, Stability of andalusite and the aluminium silicate phase diagram. American Journal of Science, 271, 97-131.

Holdaway, M.J. and Lee, S.M., 1977, Fe-Mg cordierite stability in high-grade rocks based on experimental, theoretical and natural observations. Contributions to the Mineralogy and Petrology, 63, 175-198.

Pearce, J.A., Harris, N.B.W., and Tindle, A.G., 1984, Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. Journal of Petrology, 25, 956-983.

Perchuk, L.L. and Lavrent'eva, I.V., 1983, Experimental investigation of exchange equilibria in the system cordierite-garnet-biotite. In Saxena, S.K. (ed.), Kinetics and Equilibrium in Mineral Reactions, Advances in Physical Geochemistry. Springer New York, 199-239.

Rao, D. Rameshwar, 1995, Biotite-garnet thermometry. Computer & Geosciences, 21, 593-604.

Thompson, A.B., 1976, Mineral reactions in pelitic rocks: I. Prediction of P-T-X (Fe-Mg) phase relations. American Journal of Science, 276, 401-424.

Turek, A. and Kim, C.B., 1996, U-Pb zircon ages for Precambrian rocks in southwestern Ryeonnam and southwestern Gyeonggi massifs, Korea. Geochemical Journal, 30, 231-249.

White, A.J.R. and Chappel, B.W., 1983, Granitoid types and their distribution in the Lachlan Fold Belt, southeastern Australia. Geological Society of America, Memoir 159, 21-34.

Wilson M., 1989, Igneous Petrogenesis. Unwin Hyman, London, 500 p.