# 萩市高山斑れい岩中の磁鉄鉱とチタン鉄鉱の化学組成について

北風 嵐 (学術展示資料館) 小松隆一 (応用化学専攻)

## Chemical composition for magnetite and ilmenite from the Kouyama gabbro, Hagi, Yamaguchi Prefecture, Japan

Arashi KITAKAZE (Museum of Sugaki Ore Collection), Ryuichi KOMATSU (Material Chemistry)

Abstract: Kouyama gabbroic body, Susa area, Hagi city, Yamaguchi Prefecture, Japan, were mainly consist with diorite and gabbro. Modal analysis for opaque minerals were performed by microscope. Magnetite and ilmenite including their rocks were studied by ore microscope and electron probe microanalyser. Vanadium contents of magnetite in diorite are ranging from 0.43 to 10.75 wt % V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and average is 1.82 wt % for 220 analytical data. Their content in gabbro are in the range from 0.59 to 3.13 wt and average is 1.93 wt % for 500 analysis. Ilmenite associating with magnetite contains less than 1.13 wt % V<sub>2</sub>O<sub>3</sub> but includes with some amounts of MnO from 0.28 to 5.06 wt% for diorite and 0.12 to 6.20 wt % for gabbro.

Key Words: vanadium bearing magnetite, Mn-rich ilmenite, Kouyama gabbroic complex, diorite, two pyroxene gabbro

#### はじめに

山口県萩市須佐地域に分布する高山斑れい岩体 中央部の山頂(532.8m)付近では方位磁石が狂うほ ど強い磁気を帯びており、1936年に「須佐高山の磁 石石」として国の天然記念物に指定されている。

この岩体は新第三紀中新世末から中期中新世の須 佐層群に貫入し(15Ma)、それに接触変成作用を与 え、その後に岩体の結晶分化作用が起こり、多様な 岩相を形成し、14Maには終息したものと考えられて いる(西村ほか<sup>1)</sup>)。

この斑れい岩体の岩石は主として斜長石、 斜方輝 石、 単斜輝石、 不透明鉱物および少量の角閃石、 石英、 アルカリ長石、 黒雲母、 燐灰石、 ジルコ ンなどから構成されており、 それらの量比の違いに より、 優白色から暗灰色の呈する多様な岩相が認め られる。 主要な構成鉱物の斜長石、両輝石などにつ いては詳細に研究されてきているが (Yamaguchi *et al*、<sup>2)</sup>)、岩石の磁性に影響を与えている不透明鉱物

(磁鉄鉱やチタン鉄鉱) についての研究は山口<sup>3)</sup>、 北風他<sup>4)</sup> 北風・小松<sup>5) 6)</sup> などの研究がある。

北風・小松<sup>6</sup> は磁鉄鉱について EPMA で分析を行 い、 世界的に見ても比較的バナジウム含有量の高い 磁鉄鉱であり、高山斑れい岩がバナジウム資源とし てのポテンシャルが高いことを報告している。その 報告では分析値は概略のみで詳細なデータは示して いない。その後磁鉄鉱の分布状況を調べるため、岩 体各所から岩石の採取を行い、不透明鉱物のモード 組成、磁鉄鉱とチタン鉄鉱の化学分析などを行った のでその詳細について報告する。

#### 高山斑れい岩体について

高山斑れい岩体は山口県萩市北部の須佐地域中央 部に位置し(Fig. 1)、島根県県境に近い。



Figure 1. Location map of Kouyama area, Susa area, Hagi city, Yamaguchi Prefecture, Japan.

高山はほぼ単独峯(532.8m)で周囲より一段高く聳 えている(Fig. 2)



Figure 2. Distant view of Kouyama mountain. A: From west side of Susa town, B: From the Nagaiso Coast.

岩体北部では山頂から直接海に接する急斜面を成 し岩体全体では原生林が覆っており、岩石の多くは 山頂付近と海岸に露出している。

高山を中心とする地質図は Figure 3 のようで、斑れい岩は高山の北を中心とする楕円形岩体であり、 山頂より北部に広く分布している。



Figure 3. Geological map around Kouyama area. (Modified after Nishimura *et al.*<sup>1</sup>)

西村ほか<sup>1)</sup>によると高山斑れい岩体は須佐層群 中に貫入し、接触変成作用で周囲約 500m は種々のホ ルンヘルスを形成している。地質図上では区別され ていないが、斑れい岩体は主に優白色を呈する岩石 (仮に閃緑岩と称する)と暗緑灰色の岩石(両輝石 斑れい岩)とに分類できる。閃緑岩は岩体の周辺部 (高山山頂付近、高山岬周辺 Figure 4)に分布して いる。一方、両輝石斑れい岩は岩体の北部(沖浦部 落北部〜黒崎付近の海岸 Figure 5)に見られる。



Figure 4. Photographs of outcrop of diorite A: The neighborhood of the Kouyama mountaintop (natural monument as magnetic rock of Kouyama), B: Near from Cape of Kouyama.



Figure 5. Outcrop of two-pyroxene gabbro. A: Northern coast of the Okiura village, B: East coast of the Cape of Kouyama.

高山斑れい岩体の山頂付近や北浦部落北部の海 岸から斑れい岩を採取した。一般的に高山の斑れい 岩の磁性は強い。高山山頂付近の"磁石石"より、 沖浦部落北部の海岸に露出岩石はより強い磁性を 有している。磁性の強い岩石では事務用のマグネッ トを着くほどである。また層状構造の発達した岩石 もしばしば認められる(Figure 6).



Figure 6. Samples of two-pyroxene gabbro from northern coast of the Okiura village.

A: Strongly magnetic gabbro, B: gabbro with layer structure.

#### 高山斑れい岩の構成鉱物

上記したような場所から岩石標本を採取し、その 研磨薄片を作製して、岩石の構成鉱物などについて 検討した。岩石を構成する造岩鉱物は単斜輝石、斜 方輝石、斜長石を主として少量の角閃石、黒雲母、 石英、不透明鉱物を随伴する。希に燐灰石が認めら れる。各岩石の大凡の含有量は Table 1 のようである。 本研究では全岩分析を行っていないので正確な岩石 名は不明であるが、一応石英を含む岩石を閃緑岩、 それ以外を両輝石斑れい岩とした。 閃緑岩と両輝石 斑れい岩の代表的な薄片の写真を Figure 7 に掲げて いる。

Sanple No.	cpx	opx	hrb	bt	pl	ap	qtz	opq						
Diorite (The neighborhoo	d of the	e Kouyan	na mount	aintop)										
2013052602	0	++	+	+	0		+	+						
2013052603	0	++		+	0		+	++						
2013052606	0	0	++	++	0	+	+	0						
Diorite (Near from Cape	ofKou	iyama.)												
2015041514	0	0	0	+	0		+	++						
2015041514         O         O         +         @         +         +           Two pyroxene gabbro (Northern coast of the Okiura village)            + </td														
Two pyroxene gabbro (Northern coast of the Okiura village) 2013052501 O O + © +														
$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$														
2013052504	0	0	+	+	0			+						
2013052505A	0	O		+	0			+						
2013052505B	0	O		+	0			0						
2013052510	0	0	+	++	0			0						
2013052511	0	0		+	0			0						
2013052513	0	0	+	+	0			0						
2013052514	0	0			0			0						
2013052516-3/	0	0			0			++						
2013052517A	0	O		+	0			0						
2013052517B	0	O		+	0			+						

Table 1. Rock forming minerals for diorite and two-pyroxene gabbro

ap: apatite, qtz: quartz, opq: opaque relative ratio  $\bigcirc > \bigcirc > + + > +$ 



Figure 7. Photographs of diorite and two-pyroxene gabbro.A: Diorite from the neighborhood of the Kouyama mountaintop,B: Diorite from near Cape of Kouyama, C: D: Two pyroxenegabbro from northern coast of the Okiura village. Right andleft=3mm, abbreviation is same as Table 1.

不透明鉱物に関してはモード分析を行い、正確な 含有量を測定した。その結果をTable 2 に示している。 不透明鉱物の多くは磁鉄鉱、チタン鉄鉱であるが、 一部の岩石には少量の黄銅鉱、斑銅鉱などの銅鉱物 やフレッチャー鉱やビオラ鉱などの含 Co.Ni 鉱物も 産出する。

不透明鉱物のモード分析値は閃緑岩で1.2~2.5%で あるが、斑れい岩では5.8~9.7%とモード値のかな り高い岩石が認められた。

#### 磁鉄鉱の組織と EPMA 分析値について

磁鉄鉱とチタン鉄鉱はお互いに密接に共生し、1 ~3mm 大の不定形結晶として、斜長石、単斜輝石、 斜方輝石などのケイ酸塩鉱物の結晶粒間を充填し て産する。時には黒雲母の粒間にも認められる。

Table 2. Modal composi for diorite and t	tion of opaque minerals wo-pyroxene gabbro
Samples No.	Mode of opaque minerals (%)
Diorite (The neighborhoo	od of the Kouyama mountaintop)
2013052602	1.17
2013052603	2.07
2013052606	2.47
Diorite (Near from Cape	of Kouyama.)
2015041514	3.20
2015041516	1.29
Two pyroxene gabbro (1	Northern coast of the Okiura village)
2013052501	2.10
2013052502	5.84
2013052504	3.02
2013052510	6.74
2013052511	8.53
2013052512	1.70
2013052513	3.43
2013052514	9.72
2013052516-3A	1.57
2013052516-3B	1.42
2015041513	3.43

高山山頂付近の閃緑岩中の磁鉄鉱・チタン鉄鉱組 合せの EPMA による反射電子線像は Figure 8A に示 す様で、磁鉄鉱中には微細なチタン鉄鉱葉片が、時 にはチタン鉄鉱中に磁鉄鉱葉片が認められる。高山 岬東側の閃緑岩中の磁鉄鉱、チタン鉄鉱は比較的均 質であるが、時には磁鉄鉱中に微細チタン鉄鉱が見 られる。



Figure 8. BSE images for association of magnetite (mag) and ilmenite (il) in diorite.

A: magnetite including ilmenite lamella showing graphic texture (2013052602), B: granular magnetite-ilmenite (2015041514).

両輝石斑れい岩中の磁鉄鉱 - チタン鉄鉱組合せの 反射電子線像は Figure 9 に示す様で、磁鉄鉱は均質 でとくに濃淡の変化は認められなく、チタン鉄鉱葉 片は見られない。また、チタン鉄鉱も均質である。



Figure 9. Back-scatted electron images for magnetite (mag) and ilmenite (il) in two-pyroxene gabbro.

A: granular magnetite accompanied with ilmenite crystal (2013052502), B: granular grain of magnetite and ilmenite (2013052514).

磁鉄鉱とチタン鉄鉱の EPMA 分析はキーエンス 製 VE-9800 走査電子顕微鏡に EDAX 製 GENESIS spectrum システムを取り付けた EDX で、 加速電圧 15kV で行なった。 装置で求めた値は合成磁鉄鉱、 赤鉄鉱、 チタン鉄鉱、合成  $V_2O_3$  結晶などの標準物 質から求めた補正曲線を用いて最終的な分析値を得 た。

磁鉄鉱中にチタン鉄鉱葉片が認められるときや チタン鉄鉱中に磁鉄鉱葉片を有する場合には均質な 部分を選択して分析した。高山山頂付近の閃緑岩中 の磁鉄鉱とチタン鉄鉱の代表的な EPMA 分析結果を それぞれ Table 3 および Table 4 に掲げている。 磁鉄鉱には少量ながら常に  $V_2O_3$ が含有されている。 その量は  $0.49 \sim 10.75$ wt%で、平均値 1.82 (220 点) であった。また、チタン鉄鉱中の  $V_2O_3$ 量は 0.34%以 下で、ほとんどは検出限界以下であった。また常に 微量の MnO を含んでおり、その量は  $0.28 \sim 2.98$  wt% で、平均 1.30 wt% (40 点) であった。

Table 3, Ana	lvtical data	of magnetite in	diorite from	the neighborhood	of the Kou	vama mountaintop
10010 01110	i joroar aava	or magneouroo m		the height of hour		, and moundancep

									20120	40201								
	1	2	2	3	4	5	6	7	9	11	15	15	16	18	18	19	19	20
Weight %	6																	
$SiO_2$	1.18	0.19	2.18	1.22	1.37	1.63	2.01	1.71	2.63	0.21	0.19	2.05	2.37	0.11	1.43	1.16	3.02	3.23
$TiO_2$	4.09	7.33	1.80	15.44	0.83	1.60	1.50	1.62	0.55	12.18	14.14	1.00	1.17	11.70	5.42	5.96	0.77	1.02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.34	0.02	3.40	2.80	2.82	1.64	3.72	2.23	2.53	0.08	0.26	2.42	3.76	0.04	1.12	0.25	7.92	4.46
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	57.29	53.32	51.16	28.48	58.11	56.54	54.08	55.37	54.58	44.15	39.38	55.06	52.61	44.92	49.24	54.29	47.52	49.90
FeO	34.11	36.90	33.81	44.81	31.93	33.26	35.24	34.58	34.13	41.48	43.20	33.06	34.60	40.13	36.72	35,70	34.14	34.57
MnO	1.47	1.06	0.58	0.39	0.00	0.15	0.00	0.12	0.53	0.85	0.77	0.00	0.41	1.45	0.01	1.10	0.40	0.66
MgO	0.00	0.00	0.73	0.76	1.24	0.86	0.41	0.08	0.27	0.00	0.08	0.58	0.05	0.00	0.10	0.08	0.76	0.32
CaO	0.83	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.10	0.45	0.34	0.28	0.38	1.09	1.09	0.53
Na <sub>2</sub> O	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$Cr_2O_3$	0.00	0.00	1.68	0.77	0.95	1.49	1.20	1.04	1.36	0.00	0.00	1.39	1.24	0.00	0.96	0.00	1.40	1.04
$V_2O_3$	0.97	0.91	2.16	1.49	1.65	1.82	1.97	1.81	1.84	0.49	0.96	1.75	1.79	0.84	1.72	0.53	2.24	1.77
NiO	0.00	0.00	1.81	2.74	1.59	1.14	1.29	1.83	1.91	0.00	0.00	2.18	1.81	0.00	2.51	0.00	1.41	2.56
Total	100.28	99.81	99.31	98.90	100.49	100.13	101.42	100.39	100.33	99.62	99.08	99.94	100.15	99.47	99.61	100.16	100.67	100.06
Atomic r	atio as O	=4																
Si	0.045	0.007	0.082	0.046	0.051	0.061	0.074	0.064	0.098	0.008	0.007	0.077	0.088	0.004	0.054	0.044	0.109	0.120
Ti	0.116	0.211	0.051	0.437	0.023	0.045	0.042	0.046	0.015	0.349	0.406	0.028	0.033	0.336	0.155	0.170	0.021	0.028
Al	0.015	0.001	0.151	0.124	0.124	0.073	0.161	0.099	0.112	0.004	0.012	0.107	0.165	0.002	0.050	0.011	0.336	0.195
$\mathrm{Fe}^{+3}$	1.633	1.535	1.447	0.807	1.635	1.604	1.498	1.568	1.538	1.267	1.132	1.559	1.476	1.292	1.411	1.546	1.286	1.391
$\mathrm{Fe}^{+2}$	1.080	1.181	1.063	1.410	0.998	1.048	1.085	1.088	1.069	1.323	1.380	1.040	1.079	1.282	1.170	1.130	1.027	1.071
Mn	0.047	0.034	0.018	0.012	0.000	0.005	0.000	0.004	0.017	0.027	0.025	0.000	0.013	0.047	0.000	0.035	0.012	0.021
Mg	0.000	0.000	0.029	0.031	0.050	0.035	0.016	0.003	0.011	0.000	0.003	0.023	0.002	0.000	0.004	0.003	0.029	0.013
Ca	0.034	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.004	0.018	0.014	0.011	0.016	0.044	0.042	0.021
Na	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	0.000	0.000	0.000	0.000
$\mathbf{Cr}$	0.000	0.000	0.050	0.023	0.028	0.044	0.035	0.031	0.040	0.000	0.000	0.041	0.037	0.000	0.029	0.000	0.040	0.030
v	0.029	0.028	0.065	0.045	0.049	0.055	0.058	0.055	0.055	0.015	0.029	0.053	0.053	0.026	0.053	0.016	0.065	0.053
Ni	0.000	0.000	0.055	0.083	0.048	0.035	0.038	0.055	0.058	0.000	0.000	0.066	0.054	0.000	0.077	0.000	0.041	0.076

-		20120	40201								20120	40202			
-	B-2	C-0	C-1	C-2	2	6	11	12	14	15	16	19	21	22	24
Weight %															
$SiO_2$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.81	0.00	0.00	0.00
TiO <sub>2</sub>	1.90	1.54	2.50	3.40	7.33	1.49	12.18	15.82	22.82	13.14	16.32	5.96	15.89	12.33	0.32
$Al_2O_3$	0.02	0.30	0.57	1.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.09	0.04	0.00	0.00	0.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	60.26	62.60	51.56	45.18	53.66	65.31	45.31	38.22	25.41	37.46	37.11	55.66	37.70	44.38	67.39
FeO	30.92	32.50	33.32	32.66	36.59	31.00	41.44	45.35	51.26	47.94	45.15	35.47	44.71	41.29	29.97
MnO	1.38	0.00	0.19	0.46	1.06	1.17	0.85	0.66	1.11	0.77	1.06	1.10	0.89	0.93	1.05
MgO	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.48	0.17	0.34	0.64	0.08	0.07	0.18	0.08	0.17	0.10	0.21	1.09	0.11	0.11	0.14
Na <sub>2</sub> O	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	0.00	0.00
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.64	0.63	3.79	4.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$V_2O_3$	4.35	2.66	8.47	10.75	0.91	0.56	0.49	0.97	0.24	0.96	0.84	0.53	0.43	0.46	0.66
NiO	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	0.00	0.00
Total	99.95	100.40	100.74	99.59	99.63	99.63	100.45	101.10	101.01	100.43	100.80	100.66	99.73	99.50	99.53
Atomic ratio	as O=4														
Si	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.031	0.000	0.000	0.000
Ti	0.055	0.044	0.071	0.096	0.211	0.043	0.347	0.446	0.640	0.379	0.461	0.169	0.454	0.354	0.009
Al	0.001	0.013	0.025	0.069	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.004	0.002	0.000	0.000	0.000
$Fe^{+3}$	1.737	1.798	1.464	1.283	1.549	1.896	1.291	1.078	0.713	1.083	1.049	1.582	1.078	1.277	1.961
$Fe^{+2}$	0.990	1.037	1.051	1.031	1.174	1.000	1.312	1.422	1.598	1.540	1.418	1.121	1.421	1.320	0.969
Mn	0.045	0.000	0.006	0.015	0.034	0.038	0.027	0.021	0.035	0.025	0.034	0.035	0.029	0.030	0.034
Mg	0.000	0.000	0.000	0.019	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.020	0.007	0.014	0.026	0.003	0.003	0.007	0.003	0.007	0.004	0.008	0.044	0.004	0.005	0.006
Na	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	0.000
Cr	0.019	0.019	0.113	0.133	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
v	0.134	0.081	0.256	0.325	0.028	0.017	0.015	0.029	0.007	0.030	0.025	0.016	0.013	0.014	0.020
Ni	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	0.000

		201204	40203								201204	40204			
-	19	20	21	23	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12
Weight %															
$SiO_2$	1.09	0.49	1.90	1.27	2.84	0.17	0.19	0.39	0.32	0.21	0.30	0.30	1.18	1.30	0.15
$TiO_2$	0.77	1.02	0.65	1.49	1.57	1.45	1.59	1.92	1.39	1.34	1.95	4.32	2.62	12.92	1.80
$Al_2O_3$	3.87	0.42	1.25	2.65	2.06	0.95	1.40	1.32	0.89	1.10	1.70	1.76	1.64	1.57	1.27
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	55.75	60.88	57.21	56.06	52.64	60.79	60.00	59.38	61.18	61.30	58.91	54.80	55.73	33.10	60.60
FeO	31.74	30.69	32.85	33.85	35.33	32.28	32.59	33.22	32.47	32.43	32.79	35.20	34.49	48.68	32.51
MnO	0.40	0.66	0.17	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.03	0.17	0.35	0.00
MgO	0.00	0.00	0.00	0.02	0.25	0.15	0.13	0.12	0.17	0.13	0.23	0.27	0.15	0.22	0.17
CaO	1.09	0.53	0.42	0.25	0.41	0.18	0.08	0.08	0.18	0.08	0.11	0.08	0.27	0.24	0.10
Na <sub>2</sub> O	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	0.00	0.00
$Cr_2O_3$	1.40	1.04	1.04	0.98	0.39	0.25	0.15	0.23	0.09	0.13	0.22	0.25	0.19	0.22	0.18
$V_2O_3$	2.24	1.77	1.53	1.96	3.30	3.38	3.24	2.91	3.22	2.99	3.02	2.74	2.96	2.12	2.29
NiO	1.41	1.56	2.00	1.91	0.17	0.06	0.05	0.00	0.03	0.05	0.46	0.14	0.38	0.22	0.18
Total	99.76	99.06	99.02	100.44	99.17	99.66	99.42	99.57	99.94	99.76	99.83	99.89	99.78	100.94	99.25
Atomic ratio	as O=4														
Si	0.041	0.019	0.073	0.048	0.107	0.007	0.007	0.015	0.012	0.008	0.011	0.011	0.045	0.049	0.006
Ti	0.022	0.030	0.019	0.042	0.045	0.042	0.046	0.055	0.040	0.038	0.056	0.123	0.075	0.364	0.052
Al	0.171	0.019	0.056	0.117	0.092	0.043	0.063	0.059	0.040	0.050	0.076	0.079	0.073	0.069	0.057
$Fe^{+3}$	1.573	1.773	1.651	1.586	1.493	1.750	1.727	1.706	1.756	1.762	1.686	1.562	1.588	0.934	1.750
$Fe^{+2}$	0.996	0.993	1.053	1.064	1.114	1.033	1.043	1.060	1.036	1.036	1.043	1.115	1.092	1.527	1.043
Mn	0.013	0.022	0.006	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.001	0.005	0.011	0.000
Mg	0.000	0.000	0.000	0.001	0.010	0.006	0.005	0.005	0.007	0.005	0.009	0.011	0.006	0.009	0.007
Ca	0.044	0.022	0.017	0.010	0.017	0.007	0.003	0.003	0.007	0.003	0.004	0.003	0.011	0.010	0.004
Na	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	0.000
$\mathbf{Cr}$	0.042	0.032	0.032	0.029	0.012	0.008	0.005	0.007	0.003	0.004	0.007	0.007	0.006	0.007	0.005
v	0.067	0.055	0.047	0.059	0.100	0.104	0.099	0.089	0.098	0.092	0.092	0.083	0.090	0.064	0.070
Ni	0.043	0.049	0.062	0.058	0.005	0.002	0.002	0.000	0.001	0.002	0.014	0.004	0.012	0.007	0.006

								20120	40204							
	17	18	19	20	21	23	24	25	26	27	28	29	31	32	34	35
Weight %																
$SiO_2$	0.21	0.24	0.24	0.41	0.34	0.17	0.09	0.21	0.83	0.30	0.36	0.43	0.30	0.56	0.49	0.19
$TiO_2$	1.77	1.15	1.34	1.27	4.37	1.32	1.25	1.82	1.57	0.92	1.02	0.85	1.74	1.32	1.29	1.90
$Al_2O_3$	0.98	0.70	0.91	1.13	1.32	0.68	0.53	0.83	0.87	0.25	0.53	0.49	0.87	0.62	0.79	0.72
$Fe_2O_3$	60.20	61.22	61.06	61.38	55.00	61.37	61.74	60.02	59.72	60.92	60.38	60.83	60.18	59.25	60.39	59.46
FeO	32.83	32.50	32.59	32.81	35.76	32.62	32.42	33.07	33.06	32.43	32.22	32.01	33.15	33.16	32.84	33.17
MnO	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.12	0.00	0.00	0.18	0.08	0.08	0.00	0.10	0.43	0.07	0.18	0.10	0.12	0.00	0.00	0.00
CaO	0.11	0.08	0.20	0.08	0.04	0.00	0.13	0.04	0.17	0.06	0.15	0.14	0.06	0.15	0.07	0.06
Na <sub>2</sub> O	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	0.00	0.00	0.00
$Cr_2O_3$	0.09	0.20	0.28	0.00	0.03	0.20	0.28	0.12	0.20	0.31	0.37	0.26	0.06	0.07	0.00	0.58
$V_2O_3$	3.52	3.82	3.72	3.25	3.31	3.75	3.84	3.93	3.46	5.28	4.96	4.12	3.91	5.24	3.57	3.82
NiO	0.20	0.00	0.33	0.00	0.00	0.06	0.01	0.18	0.43	0.00	0.34	0.14	0.05	0.06	0.00	0.23
Total	100.03	99.91	100.84	100.51	100.25	100.25	100.29	100.32	100.74	100.54	100.56	99.37	100.44	100.43	99.44	100.13
Atomic ratio	o as O=4															
Si	0.008	0.009	0.009	0.016	0.013	0.006	0.003	0.008	0.031	0.011	0.014	0.017	0.011	0.021	0.019	0.007
Ti	0.051	0.033	0.038	0.036	0.124	0.038	0.036	0.052	0.045	0.026	0.029	0.025	0.050	0.038	0.037	0.054
Al	0.044	0.032	0.041	0.050	0.059	0.031	0.024	0.037	0.039	0.011	0.024	0.022	0.039	0.028	0.036	0.032
Fe <sup>+3</sup>	1.726	1.761	1.739	1.749	1.566	1.760	1.772	1.717	1.696	1.744	1.725	1.759	1.718	1.692	1.743	1.706
$Fe^{+2}$	1.046	1.039	1.031	1.039	1.132	1.040	1.034	1.052	1.043	1.032	1.023	1.029	1.052	1.052	1.053	1.058
Mn	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mg	0.005	0.000	0.000	0.007	0.003	0.003	0.000	0.004	0.017	0.003	0.007	0.004	0.005	0.000	0.000	0.000
Ca	0.004	0.003	0.008	0.003	0.002	0.000	0.005	0.002	0.007	0.002	0.006	0.006	0.002	0.006	0.003	0.002
Na	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	0.000	0.000
Cr	0.003	0.006	0.008	0.000	0.001	0.006	0.008	0.004	0.006	0.009	0.011	0.008	0.002	0.002	0.000	0.017
v	0.108	0.117	0.113	0.099	0.100	0.115	0.117	0.120	0.105	0.161	0.151	0.127	0.119	0.159	0.110	0.117
Ni	0.006	0.000	0.010	0.000	0.000	0.002	0.000	0.006	0.013	0.000	0.010	0.004	0.002	0.002	0.000	0.007

				20130526	06					
	1	3	4	5	8	9	12	13	16	18
Weight %										
$SiO_2$	0.53	0.32	0.47	0.26	0.39	0.56	0.39	0.53	0.79	0.34
$TiO_2$	3.04	5.74	2.82	3.34	7.51	6.06	5.98	4.11	3.92	4.71
$Al_2O_3$	1.46	1.72	2.10	1.95	1.61	1.61	2.40	1.76	2.10	1.68
$Fe_2O_3$	56.84	52.81	58.27	57.46	48.73	51.71	52.20	54.45	53.78	51.70
FeO	33.66	35.69	33.47	33.95	37.05	36.61	37.34	34.83	34.96	36.99
MnO	0.54	0.43	0.31	0.52	0.59	0.00	0.26	0.45	0.49	0.59
MgO	0.00	0.27	0.25	0.03	0.22	0.38	0.07	0.00	0.00	0.33
CaO	0.21	0.34	0.22	0.25	0.39	0.22	0.00	0.36	0.27	0.36
Na <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.10	0.09	0.04	0.09	0.13	0.00	0.00	0.20
$Cr_2O_3$	0.45	0.25	0.15	0.26	0.37	0.28	0.23	0.70	0.54	0.47
$V_2O_3$	1.94	1.79	1.13	1.82	1.79	1.65	1.57	2.12	1.94	1.82
NiO	0.41	0.22	0.09	0.19	0.66	0.00	0.25	0.56	0.41	0.47
Total	99.08	99.58	99.38	100.12	99.35	99.17	100.82	99.87	99.20	99.66
Atomic ratio	as O=4									
Si	0.020	0.012	0.018	0.010	0.015	0.021	0.015	0.020	0.030	0.013
Ti	0.088	0.164	0.081	0.095	0.215	0.173	0.168	0.117	0.112	0.135
Al	0.066	0.077	0.094	0.087	0.072	0.072	0.106	0.079	0.094	0.076
$\mathrm{Fe}^{+3}$	1.639	1.508	1.668	1.636	1.394	1.481	1.469	1.553	1.540	1.488
$\mathrm{Fe}^{+2}$	1.079	1.133	1.065	1.074	1.178	1.165	1.168	1.104	1.112	1.183
Mn	0.018	0.014	0.010	0.017	0.019	0.000	0.008	0.014	0.016	0.019
Mg	0.000	0.011	0.010	0.001	0.009	0.015	0.003	0.000	0.000	0.014
Ca	0.009	0.014	0.009	0.010	0.016	0.009	0.000	0.015	0.011	0.015
Na	0.000	0.000	0.007	0.007	0.003	0.007	0.009	0.000	0.000	0.015
$\mathbf{Cr}$	0.014	0.008	0.005	0.008	0.011	0.008	0.007	0.021	0.016	0.014
V	0.060	0.054	0.034	0.055	0.055	0.050	0.047	0.064	0.059	0.056
Ni	0.013	0.007	0.003	0.006	0.020	0.000	0.008	0.017	0.013	0.014

						20	01204020	01							20120	40202	
	0	1	2	3	4	9	10	10	12	13	13	14	23	9	10	13	17
Weight %																	
$\mathrm{SiO}_2$	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.13	1.05	0.06	0.00	0.00	0.13	0.11	1.37	0.00	0.00	0.00	0.34
$TiO_2$	50.80	50.22	49.27	50.44	50.87	52.33	48.92	45.18	50.15	50.07	38.60	22.82	50.33	50.44	49.18	38.60	42.79
$Al_2O_3$	0.28	0.23	0.04	0.11	0.06	0.09	0.66	0.09	0.09	0.47	0.06	0.11	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00
$Fe_2O_3$	2.46	4.72	5.67	3.85	3.67	0.68	1.85	13.93	4.58	5.18	26.26	55.41	1.77	3.61	6.58	27.39	18.75
FeO	44.12	42.45	40.03	43.34	43.51	46.36	44.15	40.05	43.59	42.54	31.62	19.26	45.23	44.72	43.67	31.61	36.04
MnO	0.71	1.73	2.03	1.43	1.45	0.28	0.80	0.30	1.05	1.08	2.85	1.11	0.46	0.28	0.30	2.85	1.95
MgO	0.40	0.35	0.15	0.20	0.23	0.12	0.17	0.05	0.20	0.68	0.08	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.11	0.27	1.54	0.22	0.29	0.29	0.00	0.21	0.08	0.15	0.18	0.17	0.95	0.29	0.21	0.18	0.69
Na <sub>2</sub> O	0.12	0.00	0.19	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$Cr_2O_3$	0.00	0.20	0.41	0.23	0.20	0.00	0.83	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$V_2O_3$	0.06	0.22	0.28	0.15	0.12	0.22	0.35	0.12	0.00	0.00	0.22	0.24	0.00	0.22	0.12	0.22	0.00
NiO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	99.06	100.39	99.61	100.01	100.41	100.50	99.65	99.99	99.83	100.17	100.00	99.26	100.56	99.56	100.06	100.85	100.56
Atomic rati	io (O=3)																
Si	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.003	0.027	0.002	0.000	0.000	0.003	0.003	0.034	0.000	0.000	0.000	0.009
Ti	0.972	0.949	0.937	0.958	0.962	0.987	0.929	0.863	0.955	0.946	0.741	0.448	0.943	0.963	0.936	0.736	0.813
Al	0.008	0.007	0.001	0.003	0.002	0.003	0.020	0.003	0.003	0.014	0.002	0.003	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000
$\mathrm{Fe}^{+3}$	0.047	0.089	0.108	0.073	0.069	0.013	0.035	0.266	0.087	0.098	0.505	1.089	0.033	0.069	0.125	0.523	0.357
$\mathrm{Fe}^{+2}$	0.939	0.892	0.847	0.915	0.915	0.972	0.932	0.851	0.923	0.894	0.675	0.421	0.942	0.950	0.924	0.671	0.762
Mn	0.015	0.037	0.043	0.031	0.031	0.006	0.017	0.006	0.023	0.023	0.062	0.025	0.010	0.006	0.006	0.061	0.042
Mg	0.011	0.009	0.004	0.005	0.006	0.003	0.005	0.001	0.005	0.018	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ca	0.003	0.007	0.042	0.006	0.008	0.008	0.000	0.006	0.002	0.004	0.005	0.005	0.025	0.008	0.006	0.005	0.019
Na	0.006	0.000	0.009	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
$\mathbf{Cr}$	0.000	0.004	0.008	0.005	0.004	0.000	0.017	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
V	0.001	0.004	0.006	0.003	0.002	0.004	0.007	0.002	0.000	0.000	0.005	0.005	0.000	0.004	0.002	0.004	0.000
Ni	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Table 4. Analytical data of ilmenite in diorite from the neighborhood of the Kouyama mountaintop.

	2	01204020	)3	20	120402	04			20	01305260	)2		
	10	17	22	9	14	36	2	8	10	11	13	17	22
Weight %													
$SiO_2$	0.24	1.84	1.93	1.20	0.28	0.19	0.39	0.53	1.52	2.74	0.88	1.24	2.40
$TiO_2$	38.92	43.48	41.89	48.40	46.33	45.75	47.28	48.08	39.12	35.13	48.40	43.68	42.09
$Al_2O_3$	0.19	0.96	1.81	0.30	0.23	0.00	0.21	0.83	0.57	1.00	1.04	1.06	2.12
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23.70	9.79	10.10	4.54	10.75	12.32	8.94	6.62	17.84	22.96	3.93	9.67	9.72
FeO	34.49	40.09	36.53	43.40	40.46	39.95	40.68	40.15	35.75	31.86	42.64	39.20	35.88
MnO	0.80	0.94	2.78	0.77	0.79	0.92	1.37	1.76	1.01	2.98	1.41	1.15	2.98
MgO	0.00	0.00	0.03	0.35	0.40	0.23	0.38	0.95	0.13	0.00	0.22	0.08	0.70
CaO	0.00	0.21	0.46	0.13	0.03	0.07	0.20	0.20	0.00	0.00	0.10	0.21	0.46
Na <sub>2</sub> O	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
$Cr_2O_3$	0.83	0.18	0.67	0.00	0.09	0.12	0.22	0.09	0.92	1.20	0.16	0.26	0.76
$V_2O_3$	0.35	0.00	0.34	0.16	0.18	0.37	0.10	0.00	0.35	0.38	0.00	0.00	0.34
NiO	1.87	2.60	2.70	0.00	0.13	0.20	0.15	0.45	1.95	1.43	0.24	2.67	2.78
Total	101.39	100.09	99.24	99.25	99.67	100.12	99.92	99.66	99.16	99.68	99.02	99.22	100.23
Atomic rat	io (O=3)												
Si	0.006	0.047	0.049	0.030	0.007	0.005	0.010	0.013	0.039	0.070	0.022	0.032	0.060
Ti	0.741	0.827	0.799	0.921	0.884	0.872	0.899	0.911	0.754	0.671	0.922	0.839	0.790
Al	0.006	0.029	0.054	0.009	0.007	0.000	0.006	0.025	0.017	0.030	0.031	0.032	0.062
$\mathrm{Fe}^{+3}$	0.451	0.186	0.193	0.086	0.205	0.235	0.170	0.126	0.344	0.439	0.075	0.186	0.183
$\mathrm{Fe}^{+2}$	0.730	0.848	0.775	0.919	0.859	0.847	0.860	0.846	0.767	0.676	0.903	0.837	0.749
Mn	0.017	0.020	0.060	0.017	0.017	0.020	0.029	0.038	0.022	0.064	0.030	0.025	0.063
Mg	0.000	0.000	0.001	0.009	0.011	0.006	0.010	0.026	0.004	0.000	0.006	0.002	0.019
Ca	0.000	0.006	0.013	0.004	0.001	0.002	0.005	0.005	0.000	0.000	0.003	0.006	0.01
Na	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
$\mathbf{Cr}$	0.017	0.004	0.013	0.000	0.002	0.002	0.004	0.002	0.019	0.024	0.003	0.005	0.01
V	0.007	0.000	0.007	0.003	0.004	0.008	0.002	0.000	0.007	0.008	0.000	0.000	0.00'
Ni	0.038	0.053	0.055	0.000	0.003	0.004	0.003	0.009	0.040	0.029	0.005	0.055	0.056

また、沖浦部落北方の海岸に露出する両輝石斑れ い岩中の磁鉄鉱およびチタン鉄鉱の EPMA 分析値は それぞれ Table 5 および Table 6 に示している。磁鉄 鉱のバナジウム含有量は 1.13~3.13wt% V<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の範囲 にあり、平均値は 2.01%であった。一方チタン鉄鉱 中のバナジウム量は 0.35%以下であった。また MnO 含有量の平均値は 1.77wt%であった。

									20130	52501								
	1	3	7	8	9	10	12	14	17	18	22	23	24	26	27	28	29	31
Weight %																		
$SiO_2$	4.81	0.34	0.26	0.26	0.56	0.43	0.30	0.21	0.45	0.00	0.34	0.21	0.41	0.43	0.45	0.32	0.49	0.26
$TiO_2$	3.17	4.82	5.47	4.19	4.64	5.21	2.45	4.34	1.89	3.61	4.71	3.09	3.04	3.39	3.84	3.69	3.07	3.09
$Al_2O_3$	3.80	2.12	2.17	0.98	2.44	2.19	1.68	2.23	1.40	2.80	2.25	2.00	2.36	2.61	2.91	2.12	2.66	2.66
$Fe_2O_3$	45.83	54.49	54.12	56.82	52.82	53.96	59.50	56.01	60.69	51.88	53.89	57.38	57.93	56.13	55.00	57.08	56.30	57.59
FeO	38.90	34.39	35.63	34.63	34.39	35.64	32.48	33.95	32.49	37.38	34.38	33.44	34.14	33.18	33.41	34.71	33.06	33.72
MnO	0.27	0.40	0.34	0.39	0.40	0.41	0.27	0.36	0.25	0.14	0.01	0.17	0.26	0.40	0.48	0.35	0.34	0.28
MgO	1.01	0.88	0.68	0.12	0.60	0.61	0.61	0.81	0.50	0.22	0.88	0.38	0.56	0.93	0.98	0.43	0.85	0.73
CaO	0.43	0.14	0.10	0.13	0.29	0.10	0.28	0.31	0.20	0.20	0.22	0.08	0.00	0.15	0.31	0.00	0.27	0.00
Na <sub>2</sub> O	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$Cr_2O_3$	0.23	0.25	0.07	0.09	0.22	0.12	0.26	0.15	0.18	0.20	0.12	0.06	0.19	0.15	0.25	0.15	0.31	0.22
$V_2O_3$	1.90	1.93	1.97	1.99	2.00	2.07	2.09	2.10	2.18	2.21	2.22	2.24	2.38	2.38	2.38	2.47	2.54	2.58
NiO	0.34	0.32	0.11	0.14	0.31	0.13	0.14	0.37	0.34	0.48	0.41	0.09	0.22	0.27	0.25	0.00	0.34	0.20
Total	100.7	100.1	100.9	99.74	98.67	100.9	100.1	100.8	100.6	99.12	99.43	99.14	101.5	100	100.3	101.3	100.2	101.3
Atomic rat	io (O=4)	)																
Si	0.175	0.013	0.021	0.010	0.021	0.016	0.011	0.008	0.017	0.000	0.013	0.008	0.015	0.016	0.017	0.012	0.018	0.010
Ti	0.087	0.136	0.174	0.120	0.133	0.146	0.070	0.122	0.054	0.104	0.134	0.089	0.085	0.096	0.108	0.103	0.087	0.086
Al	0.163	0.094	0.095	0.044	0.110	0.096	0.075	0.098	0.062	0.127	0.100	0.090	0.103	0.116	0.128	0.093	0.118	0.117
$Fe^{+3}$	1.254	1.544	1.457	1.631	1.514	1.516	1.694	1.575	1.724	1.501	1.535	1.648	1.621	1.587	1.547	1.601	1.589	1.611
$\mathrm{Fe}^{+2}$	1.183	1.083	1.158	1.105	1.096	1.113	1.028	1.061	1.026	1.202	1.089	1.067	1.061	1.043	1.045	1.082	1.037	1.048
Mn	0.008	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.009	0.011	0.008	0.005	0.000	0.005	0.008	0.013	0.015	0.011	0.011	0.009
Mg	0.039	0.035	0.013	0.005	0.024	0.024	0.025	0.032	0.020	0.009	0.036	0.016	0.022	0.037	0.039	0.017	0.034	0.029
Ca	0.017	0.006	0.007	0.005	0.012	0.004	0.011	0.012	0.008	0.008	0.009	0.003	0.000	0.006	0.012	0.000	0.011	0.000
Na	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	0.000	0.000	0.000	0.000
$\mathbf{Cr}$	0.007	0.007	0.000	0.003	0.007	0.004	0.008	0.004	0.005	0.006	0.004	0.002	0.006	0.004	0.007	0.004	0.009	0.006
v	0.055	0.058	0.058	0.061	0.061	0.062	0.063	0.063	0.066	0.068	0.067	0.069	0.071	0.072	0.071	0.074	0.076	0.077
Ni	0.010	0.010	0.003	0.004	0.009	0.004	0.004	0.011	0.010	0.015	0.012	0.003	0.007	0.008	0.008	0.000	0.010	0.006

Table 5. Analytical data of magnetite in two-pyroxene gabbro from northern coast from Okiura village

									20130	52502								
	1	2	6	7	10	11	13	14	15	17	19	20	21	22	23	25	26	28
Weight %																		
$SiO_2$	0.41	0.17	0.21	0.17	0.17	0.41	0.49	0.39	0.39	0.43	0.41	0.90	0.30	0.53	0.00	0.41	0.28	0.36
$TiO_2$	5.74	5.96	4.87	4.34	5.46	5.47	5.66	5.81	4.37	5.14	5.69	6.13	5.99	6.03	4.89	5.27	4.39	4.12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.36	2.68	2.46	2.66	2.59	2.31	2.84	2.70	3.12	0.98	2.57	3.12	2.06	2.87	2.27	3.21	3.08	2.72
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	53.15	52.76	54.14	56.38	53.64	51.60	52.56	51.98	53.69	53.55	53.33	49.27	52.50	51.80	55.26	53.45	55.02	55.17
FeO	35.31	34.18	34.64	33.85	33.89	35.45	35.22	34.85	33.97	35.42	34.38	36.20	34.91	35.01	34.16	34.03	33.51	33.66
MnO	0.45	0.56	0.50	0.39	0.62	0.57	0.36	0.45	0.48	0.35	0.49	0.58	0.52	0.44	0.48	0.72	0.40	0.49
MgO	1.06	1.49	0.51	1.11	1.31	0.22	1.26	1.16	0.88	0.12	1.69	0.83	1.09	1.54	0.86	1.59	1.38	0.99
CaO	0.06	0.32	0.21	0.22	0.36	0.38	0.11	0.31	0.36	0.24	0.17	0.34	0.32	0.32	0.29	0.29	0.27	0.22
Na <sub>2</sub> O	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$Cr_2O_3$	0.10	0.22	0.15	0.13	0.37	0.34	0.13	0.35	0.37	0.38	0.22	0.35	0.48	0.25	0.35	0.20	0.44	0.38
$V_2O_3$	1.68	2.00	1.87	2.06	1.99	2.25	1.90	1.94	2.43	2.21	2.04	2.07	2.07	2.19	2.35	2.29	2.13	2.10
NiO	0.42	0.36	0.34	0.29	0.57	0.56	0.32	0.60	0.37	0.41	0.29	0.50	0.36	0.25	0.32	0.47	0.43	0.51
Total	100.74	100.70	99.90	101.60	100.97	99.56	100.85	100.54	100.43	99.23	101.28	100.29	100.60	101.23	101.23	101.93	101.33	100.72
Atomic rat	tio (O=4)																	
Si	0.015	0.006	0.008	0.006	0.006	0.016	0.018	0.015	0.015	0.016	0.015	0.033	0.011	0.020	0.000	0.015	0.010	0.013
Ti	0.161	0.167	0.138	0.121	0.153	0.156	0.158	0.163	0.123	0.148	0.158	0.172	0.168	0.167	0.137	0.145	0.122	0.116
Al	0.104	0.117	0.109	0.116	0.113	0.103	0.124	0.119	0.137	0.044	0.112	0.137	0.091	0.125	0.100	0.139	0.134	0.120
$Fe^{+3}$	1.492	1.477	1.536	1.569	1.500	1.469	1.468	1.458	1.506	1.542	1.483	1.380	1.477	1.438	1.548	1.473	1.530	1.548
$\mathrm{Fe}^{+2}$	1.102	1.063	1.092	1.047	1.053	1.122	1.093	1.087	1.059	1.134	1.063	1.127	1.091	1.080	1.064	1.042	1.035	1.050
Mn	0.014	0.018	0.016	0.012	0.020	0.018	0.011	0.014	0.015	0.011	0.015	0.018	0.016	0.014	0.015	0.022	0.013	0.015
Mg	0.042	0.059	0.021	0.044	0.052	0.009	0.050	0.046	0.035	0.005	0.067	0.033	0.044	0.061	0.034	0.062	0.055	0.040
Ca	0.002	0.013	0.008	0.009	0.014	0.015	0.004	0.012	0.014	0.010	0.007	0.014	0.013	0.013	0.012	0.011	0.011	0.009
Na	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	0.000	0.000	0.000	0.000
$\mathbf{Cr}$	0.003	0.006	0.004	0.004	0.011	0.010	0.004	0.010	0.011	0.011	0.006	0.010	0.014	0.007	0.010	0.006	0.013	0.011
V	0.050	0.060	0.057	0.061	0.059	0.068	0.057	0.058	0.073	0.068	0.060	0.062	0.062	0.065	0.070	0.067	0.063	0.063
Ni	0.013	0.011	0.010	0.009	0.017	0.017	0.010	0.018	0.011	0.013	0.009	0.015	0.011	0.007	0.010	0.014	0.013	0.015

· · · · ·								2	0130525	04							
	1	3	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	17	19	20	22
Weight %																	
$SiO_2$	0.47	0.21	0.28	0.53	0.32	0.19	0.30	0.17	0.11	0.39	0.34	0.26	0.60	0.41	0.19	0.19	0.43
$TiO_2$	5.91	1.35	1.39	1.72	1.42	12.63	1.50	3.22	1.50	1.95	2.45	4.22	1.00	2.83	2.37	2.70	1.80
$Al_2O_3$	3.76	1.44	1.81	3.23	1.29	0.91	1.63	0.79	1.04	1.95	1.76	2.25	1.29	0.98	1.97	2.44	1.98
$Fe_2O_3$	50.08	61.34	61.56	58.80	61.34	42.06	61.31	59.10	63.15	59.72	58.92	55.35	62.40	58.14	59.36	58.99	60.25
FeO	36.04	31.83	32.34	32.59	32.37	42.53	32.43	34.15	32.68	32.72	33.12	34.80	32.92	33.28	32.25	33.27	32.99
MnO	0.45	0.31	0.17	0.25	0.13	0.61	0.26	0.22	0.28	0.37	0.39	0.36	0.06	0.31	0.36	0.28	0.04
MgO	0.73	0.32	0.40	0.73	0.22	0.15	0.35	0.00	0.10	0.38	0.25	0.32	0.00	0.12	0.61	0.51	0.33
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.27	0.21	0.20	0.08
Na <sub>2</sub> O	0.00	0.03	0.00	0.09	0.00	0.05	0.09	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.07	0.09	0.04	0.13	0.00
$Cr_2O_3$	0.23	0.35	0.34	0.25	0.23	0.12	0.37	0.34	0.26	0.34	0.32	0.31	0.25	0.42	0.39	0.29	0.22
$V_2O_3$	1.56	2.09	1.93	1.94	2.02	1.28	2.07	1.81	1.91	1.93	1.75	1.85	1.93	2.12	2.04	2.10	1.77
NiO	0.23	0.33	0.29	0.18	0.38	0.31	0.22	0.00	0.00	0.33	0.11	0.24	0.10	0.24	0.23	0.20	0.13
Total	99.46	99.60	100.51	100.31	99.72	100.84	100.53	99.80	101.03	100.09	99.42	99.96	100.84	99.21	100.02	101.30	100.02
Atomic rat	io (O=4)																
Si	0.018	0.008	0.011	0.020	0.012	0.007	0.011	0.006	0.004	0.015	0.013	0.010	0.023	0.016	0.007	0.007	0.016
Ti	0.167	0.039	0.039	0.048	0.041	0.356	0.043	0.093	0.043	0.056	0.070	0.120	0.028	0.082	0.067	0.076	0.051
Al	0.166	0.065	0.081	0.143	0.058	0.040	0.073	0.036	0.046	0.087	0.079	0.100	0.057	0.044	0.088	0.107	0.088
$\mathrm{Fe}^{+3}$	1.414	1.764	1.750	1.657	1.763	1.187	1.743	1.700	1.795	1.701	1.691	1.574	1.772	1.678	1.690	1.655	1.717
$\mathrm{Fe}^{+2}$	1.131	1.017	1.021	1.020	1.034	1.334	1.025	1.092	1.033	1.036	1.057	1.100	1.039	1.068	1.020	1.037	1.045
Mn	0.014	0.010	0.005	0.008	0.004	0.019	0.008	0.007	0.009	0.012	0.013	0.012	0.002	0.010	0.012	0.009	0.001
Mg	0.029	0.013	0.016	0.029	0.009	0.006	0.014	0.000	0.004	0.015	0.010	0.013	0.000	0.005	0.025	0.020	0.013
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.011	0.009	0.008	0.003
Na	0.000	0.002	0.000	0.007	0.000	0.004	0.007	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.005	0.007	0.003	0.009	0.000
Cr	0.007	0.011	0.010	0.007	0.007	0.004	0.011	0.010	0.008	0.010	0.010	0.009	0.007	0.013	0.012	0.009	0.007
v	0.047	0.064	0.058	0.058	0.062	0.038	0.063	0.055	0.058	0.059	0.054	0.056	0.058	0.065	0.062	0.063	0.054
Ni	0.007	0.010	0.009	0.005	0.012	0.009	0.007	0.000	0.000	0.010	0.003	0.007	0.003	0.007	0.007	0.006	0.004

(75) 61

									20130	52505								
	1	1	3	4	4	5	6	8	8	9	10	11	13	14	14	15	15	16
Weight %																		
$SiO_2$	0.00	0.21	0.75	0.17	0.41	0.00	3.02	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.11	0.43	0.26	0.24	0.39
$TiO_2$	3.81	3.40	6.58	4.79	4.87	3.54	3.97	3.57	3.39	3.94	4.66	4.29	9.41	3.79	4.29	3.34	2.00	4.06
$Al_2O_3$	2.12	2.21	2.84	2.48	2.53	2.14	2.80	2.53	2.17	1.83	2.21	2.32	2.49	2.15	1.87	2.40	0.91	2.15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	56.60	57.28	49.60	54.08	52.75	56.90	47.97	55.68	57.52	56.03	54.73	54.65	45.96	56.39	54.82	57.33	60.15	54.84
FeO	34.02	33.91	36.95	34.09	34.78	32.98	37.69	32.51	33.48	33.67	34.08	33.63	38.94	33.50	35.09	33.28	33.04	34.82
MnO	0.44	0.31	0.32	0.32	0.37	0.39	0.30	0.36	0.46	0.31	0.25	0.36	0.35	0.50	0.35	0.25	0.00	0.44
MgO	0.12	0.32	0.71	0.96	0.55	0.51	0.65	0.93	0.43	0.45	0.61	0.51	0.85	0.56	0.20	0.93	0.27	0.12
CaO	0.22	0.15	0.34	0.11	0.20	0.21	0.00	0.32	0.07	0.18	0.13	0.10	0.24	0.14	0.08	0.11	0.00	0.15
Na <sub>2</sub> O	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$Cr_2O_3$	0.42	0.00	0.45	0.44	0.31	0.32	0.23	0.44	0.35	0.56	0.37	0.37	0.41	0.45	0.23	0.39	0.31	0.37
$V_2O_3$	1.97	2.18	1.69	2.00	2.06	1.94	2.35	2.13	2.35	2.44	1.78	1.91	1.57	2.10	2.22	2.15	3.13	2.24
NiO	0.41	0.25	0.27	0.42	0.32	0.14	0.29	0.45	0.45	0.33	0.29	0.52	0.00	0.50	0.34	0.24	0.00	0.29
Total	100.13	100.22	100.50	99.86	99.15	99.07	99.27	99.11	100.67	99.74	99.11	98.66	100.56	100.19	99.92	100.68	100.05	99.87
Atomic ra	tio (O=4)	)																
Si	0.000	0.008	0.028	0.006	0.016	0.000	0.113	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.004	0.016	0.010	0.009	0.015
Ti	0.108	0.096	0.184	0.136	0.139	0.102	0.112	0.102	0.096	0.112	0.133	0.124	0.263	0.108	0.122	0.094	0.057	0.116
Al	0.095	0.098	0.125	0.110	0.113	0.096	0.123	0.113	0.096	0.082	0.099	0.105	0.109	0.096	0.083	0.106	0.041	0.096
$\mathrm{Fe}^{+3}$	1.611	1.626	1.389	1.533	1.506	1.634	1.351	1.591	1.627	1.601	1.569	1.574	1.287	1.601	1.562	1.614	1.724	1.561
$\mathrm{Fe}^{+2}$	1.076	1.070	1.150	1.074	1.103	1.052	1.179	1.032	1.053	1.069	1.086	1.077	1.212	1.057	1.111	1.041	1.052	1.102
Mn	0.014	0.010	0.010	0.010	0.012	0.013	0.010	0.012	0.015	0.010	0.008	0.012	0.011	0.016	0.011	0.008	0.000	0.014
Mg	0.005	0.013	0.028	0.039	0.022	0.021	0.026	0.038	0.017	0.018	0.025	0.021	0.034	0.023	0.008	0.037	0.011	0.005
Ca	0.009	0.006	0.014	0.004	0.008	0.009	0.000	0.013	0.003	0.007	0.005	0.004	0.010	0.006	0.003	0.004	0.000	0.006
Na	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	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr	0.013	0.000	0.013	0.013	0.009	0.010	0.007	0.013	0.010	0.017	0.011	0.011	0.012	0.013	0.007	0.012	0.009	0.011
V	0.060	0.066	0.050	0.060	0.063	0.059	0.070	0.065	0.071	0.074	0.054	0.059	0.047	0.064	0.067	0.065	0.096	0.068
Ni	0.012	0.008	0.008	0.013	0.010	0.004	0.009	0.014	0.014	0.010	0.009	0.016	0.000	0.015	0.010	0.007	0.000	0.009

									20130	52510								
	1	2	3	5	7	8	9	11	13	15	16	17	18	20	21	22	24	25
Weight %																		
$SiO_2$	0.88	0.62	0.47	0.28	0.21	0.34	0.36	0.13	0.26	0.32	0.56	0.21	0.32	0.39	0.15	0.34	0.32	0.49
$TiO_2$	4.87	4.19	2.82	5.04	5.56	5.27	6.29	3.67	4.46	5.52	3.74	5.02	2.94	2.82	5.01	5.36	2.65	4.12
$Al_2O_3$	2.68	2.51	2.10	2.48	3.46	2.97	3.31	2.31	3.08	3.06	2.78	0.98	0.70	1.87	2.42	2.91	1.91	2.99
$Fe_2O_3$	52.37	54.85	58.27	52.87	52.46	53.16	50.39	56.58	54.48	52.66	55.13	54.46	59.54	58.92	54.83	52.73	60.07	55.67
FeO	34.69	35.37	33.47	35.39	34.91	35.11	35.36	34.11	33.31	34.22	33.87	34.87	32.82	33.15	34.56	35.50	33.15	33.67
MnO	0.39	0.31	0.31	0.40	0.34	0.40	0.32	0.36	0.50	0.31	0.35	0.52	0.36	0.23	0.37	0.43	0.31	0.28
MgO	1.09	0.46	0.25	0.22	1.16	0.90	1.28	0.22	1.36	1.58	0.75	0.12	0.61	0.80	1.04	0.64	0.81	1.31
CaO	0.34	0.11	0.22	0.15	0.18	0.20	0.22	0.22	0.20	0.17	0.35	0.27	0.24	0.07	0.07	0.18	0.10	0.29
$Na_2O$	0.00	0.00	0.10	0.05	0.00	0.03	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
$Cr_2O_3$	0.13	0.13	0.15	0.16	0.13	0.20	0.07	0.13	0.16	0.15	0.19	0.37	0.26	0.00	0.20	0.19	0.00	0.00
$V_2O_3$	2.27	2.32	1.13	2.16	1.97	2.04	2.15	2.28	2.29	1.99	2.28	2.21	2.34	2.22	2.16	2.06	2.35	1.93
NiO	0.23	0.23	0.09	0.29	0.00	0.14	0.09	0.20	0.38	0.29	0.41	0.00	0.17	0.00	0.14	0.22	0.00	0.11
Total	99.94	101.10	99.38	99.49	100.38	100.76	99.93	100.21	100.48	100.27	100.41	99.03	100.32	100.50	100.95	100.56	101.67	100.86
Atomic rat	tio (O=4)																	
Si	0.033	0.023	0.018	0.011	0.008	0.013	0.013	0.005	0.010	0.012	0.021	0.008	0.012	0.015	0.006	0.013	0.012	0.018
Ti	0.137	0.117	0.081	0.144	0.155	0.147	0.177	0.104	0.125	0.155	0.105	0.145	0.084	0.080	0.140	0.150	0.074	0.115
Al	0.118	0.110	0.094	0.111	0.152	0.130	0.146	0.103	0.135	0.134	0.123	0.044	0.031	0.083	0.106	0.128	0.084	0.131
$Fe^{+3}$	1.475	1.536	1.668	1.507	1.468	1.487	1.415	1.605	1.527	1.477	1.551	1.572	1.700	1.667	1.537	1.480	1.681	1.554
$Fe^{+2}$	1.086	1.101	1.065	1.121	1.086	1.092	1.104	1.076	1.038	1.066	1.059	1.118	1.041	1.042	1.077	1.108	1.031	1.045
Mn	0.012	0.010	0.010	0.013	0.011	0.013	0.010	0.011	0.016	0.010	0.011	0.017	0.012	0.007	0.012	0.014	0.010	0.009
Mg	0.044	0.018	0.010	0.009	0.046	0.036	0.051	0.009	0.054	0.063	0.030	0.005	0.025	0.032	0.042	0.026	0.032	0.052
Ca	0.014	0.004	0.009	0.006	0.007	0.008	0.009	0.009	0.008	0.007	0.014	0.011	0.010	0.003	0.003	0.007	0.004	0.012
Na	0.000	0.000	0.007	0.004	0.000	0.002	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
$\mathbf{Cr}$	0.004	0.004	0.005	0.005	0.004	0.006	0.002	0.004	0.005	0.004	0.006	0.011	0.008	0.000	0.006	0.006	0.000	0.000
v	0.068	0.069	0.034	0.066	0.059	0.061	0.064	0.069	0.068	0.059	0.068	0.068	0.071	0.067	0.065	0.062	0.070	0.057
Ni	0.007	0.007	0.003	0.009	0.000	0.004	0.003	0.006	0.011	0.009	0.012	0.000	0.005	0.000	0.004	0.007	0.000	0.003

									2013	05211								
	1	3	4	5	6	8	9	10	12	13	15	16	17	18	20	21	24	25
Weight %																		
$SiO_2$	0.32	0.19	0.45	0.51	0.47	0.30	0.36	0.73	0.96	0.39	0.36	0.36	0.36	0.34	0.30	0.39	0.36	0.53
$TiO_2$	2.00	5.94	5.22	1.74	5.92	3.40	6.29	9.93	4.31	5.49	3.50	4.17	5.69	3.54	3.42	4.02	4.97	4.11
$Al_2O_3$	2.19	2.66	2.78	0.91	3.80	2.53	3.31	0.83	2.65	2.34	2.02	2.17	0.98	0.70	2.32	2.51	2.72	2.32
$Fe_2O_3$	60.16	52.45	52.16	60.58	50.07	57.51	50.39	44.81	54.03	52.68	57.09	55.59	53.90	58.19	57.20	55.79	53.87	54.82
FeO	32.83	35.76	35.74	32.39	35.98	34.11	35.36	40.73	35.16	35.68	34.28	33.71	36.36	33.62	34.97	33.79	34.84	33.91
MnO	0.15	0.44	0.36	0.34	0.36	0.00	0.32	0.00	0.48	0.45	0.35	0.45	0.15	0.35	0.22	0.36	0.36	0.44
MgO	0.32	0.71	0.32	0.15	0.85	0.60	1.28	0.22	0.78	0.48	0.38	0.86	0.12	0.45	0.00	0.96	0.85	0.78
CaO	0.20	0.20	0.22	0.38	0.18	0.29	0.22	0.28	0.35	0.20	0.07	0.27	0.14	0.25	0.14	0.28	0.25	0.32
$Na_2O$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$Cr_2O_3$	0.06	0.37	0.19	0.35	0.42	0.31	0.07	0.53	0.44	0.28	0.23	0.32	0.00	0.23	0.15	0.20	0.18	0.32
$V_2O_3$	1.69	1.97	2.04	2.25	1.91	1.90	2.15	1.82	2.19	2.00	2.13	2.07	1.82	2.35	2.22	2.28	2.09	2.18
NiO	0.27	0.17	0.00	0.15	0.10	0.14	0.09	0.00	0.09	0.27	0.22	0.20	0.00	0.00	0.00	0.23	0.09	0.09
Total	100.19	100.86	99.48	99.75	100.06	101.09	100.03	99.88	101.44	100.26	100.63	100.17	99.52	100.02	100.94	100.81	100.58	99.82
Atomic rat	tio (O=4)	)																
Si	0.012	0.007	0.017	0.019	0.017	0.011	0.013	0.028	0.035	0.015	0.014	0.014	0.014	0.013	0.011	0.015	0.013	0.020
Ti	0.057	0.166	0.148	0.050	0.166	0.095	0.176	0.282	0.120	0.155	0.099	0.118	0.163	0.101	0.096	0.113	0.139	0.116
Al	0.098	0.117	0.124	0.041	0.167	0.111	0.145	0.037	0.115	0.104	0.089	0.096	0.044	0.031	0.102	0.110	0.120	0.103
$\mathrm{Fe}^{+3}$	1.710	1.470	1.481	1.740	1.403	1.613	1.414	1.274	1.501	1.488	1.614	1.573	1.547	1.665	1.612	1.565	1.512	1.554
$\mathrm{Fe}^{+2}$	1.037	1.114	1.128	1.034	1.120	1.063	1.103	1.287	1.086	1.120	1.077	1.060	1.160	1.069	1.095	1.054	1.087	1.068
Mn	0.005	0.014	0.012	0.011	0.011	0.000	0.010	0.000	0.015	0.014	0.011	0.014	0.005	0.011	0.007	0.011	0.011	0.014
Mg	0.013	0.028	0.013	0.006	0.034	0.024	0.051	0.009	0.031	0.019	0.015	0.035	0.005	0.018	0.000	0.038	0.034	0.031
Ca	0.008	0.008	0.009	0.016	0.007	0.012	0.009	0.011	0.014	0.008	0.003	0.011	0.006	0.010	0.006	0.011	0.010	0.013
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$\mathbf{Cr}$	0.002	0.011	0.006	0.011	0.012	0.009	0.002	0.016	0.013	0.008	0.007	0.010	0.000	0.007	0.004	0.006	0.005	0.010
V	0.051	0.059	0.062	0.069	0.057	0.057	0.064	0.055	0.065	0.060	0.064	0.062	0.056	0.072	0.067	0.068	0.063	0.066
Ni	0.008	0.005	0.000	0.005	0.003	0.004	0.003	0.000	0.003	0.008	0.007	0.006	0.000	0.000	0.000	0.007	0.003	0.003

							20	0130525	12						
	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	15	16	17	18	19
Weight %															
$SiO_2$	0.41	0.26	0.43	0.49	0.32	0.53	0.32	0.49	0.30	0.30	0.34	0.39	0.30	0.58	1.52
$TiO_2$	4.52	4.27	4.99	5.16	4.52	5.26	4.77	4.84	4.62	4.39	4.12	4.64	5.02	4.06	8.06
$Al_2O_3$	2.74	2.91	2.68	2.68	2.82	2.48	2.68	2.68	2.48	2.68	2.72	2.72	0.98	0.70	2.29
$\mathrm{Fe}_2\mathrm{O}_3$	53.69	54.88	53.59	52.43	54.58	52.76	54.47	53.46	54.78	55.20	55.43	54.57	54.85	56.16	46.66
FeO	34.86	34.72	34.61	35.43	34.43	35.97	34.86	35.53	35.13	34.61	34.97	34.86	35.26	33.34	38.12
MnO	0.44	0.31	0.61	0.37	0.39	0.45	0.25	0.30	0.23	0.23	0.40	0.22	0.44	0.31	0.35
MgO	0.50	0.50	0.96	0.55	0.80	0.38	0.86	0.43	0.56	0.75	0.38	0.85	0.12	0.96	1.26
CaO	0.28	0.28	0.15	0.34	0.27	0.21	0.14	0.34	0.17	0.18	0.17	0.25	0.28	0.17	0.55
Na <sub>2</sub> O	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	0.00	0.00
$Cr_2O_3$	0.48	0.44	0.39	0.54	0.20	0.38	0.34	0.60	0.39	0.41	0.57	0.35	0.44	0.47	0.12
$V_2O_3$	2.35	2.16	1.97	2.15	2.22	2.04	1.93	1.94	2.02	1.84	1.93	2.09	1.99	1.90	1.31
NiO	0.27	0.11	0.32	0.10	0.11	0.19	0.00	0.00	0.15	0.00	0.23	0.00	0.29	0.34	0.17
Total	100.54	100.84	100.70	100.24	100.66	100.65	100.62	100.61	100.83	100.59	101.26	100.94	99.97	98.99	100.41
Atomic ra	tio (O=4)	)													
Si	0.015	0.010	0.016	0.018	0.012	0.020	0.012	0.018	0.011	0.011	0.013	0.014	0.011	0.022	0.056
Ti	0.127	0.120	0.140	0.145	0.127	0.148	0.134	0.136	0.130	0.123	0.115	0.130	0.143	0.117	0.225
Al	0.121	0.128	0.118	0.118	0.124	0.109	0.118	0.118	0.109	0.118	0.119	0.119	0.044	0.032	0.100
$\mathrm{Fe}^{+3}$	1.510	1.538	1.503	1.477	1.531	1.483	1.529	1.501	1.539	1.552	1.550	1.526	1.569	1.620	1.302
$\mathrm{Fe}^{+2}$	1.089	1.082	1.079	1.109	1.073	1.124	1.088	1.109	1.097	1.081	1.087	1.084	1.121	1.069	1.182
Mn	0.014	0.010	0.019	0.012	0.012	0.014	0.008	0.009	0.007	0.007	0.013	0.007	0.014	0.010	0.011
Mg	0.020	0.020	0.038	0.022	0.032	0.015	0.034	0.017	0.022	0.030	0.015	0.034	0.005	0.039	0.050
Ca	0.011	0.011	0.006	0.014	0.011	0.008	0.006	0.014	0.007	0.007	0.007	0.010	0.011	0.007	0.022
Na	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	0.000
$\mathbf{Cr}$	0.014	0.013	0.011	0.016	0.006	0.011	0.010	0.018	0.012	0.012	0.017	0.010	0.013	0.014	0.004
V	0.070	0.065	0.059	0.065	0.066	0.061	0.058	0.058	0.060	0.055	0.058	0.062	0.061	0.058	0.039
Ni	0.008	0.003	0.010	0.003	0.003	0.006	0.000	0.000	0.005	0.000	0.007	0.000	0.009	0.010	0.005

									20130	052513								
	1	2	3	4	õ	6	8	10	11	16	18	20	22	23	24	25	26	29
Weight %																		
$SiO_2$	0.26	0.26	0.21	0.45	0.17	0.45	0.41	0.19	0.51	0.36	0.19	0.28	0.34	0.51	0.32	0.34	0.26	0.13
$TiO_2$	3.55	7.41	5.91	5.67	0.87	1.40	1.95	5.27	1.69	2.09	2.27	7.48	5.36	8.01	5.21	4.76	4.41	5.46
$Al_2O_3$	2.85	3.10	3.18	2.46	3.16	1.66	1.51	3.16	1.17	1.10	0.70	3.52	2.91	2.06	3.40	3.46	2.70	2.74
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	56.87	49.97	52.63	52.69	61.66	61.58	60.76	52.75	60.96	60.79	60.75	48.56	52.73	46.82	52.91	53.97	54.96	53.46
FeO	34.51	36.89	35.36	36.76	31.55	32.81	32.75	35.27	32.63	33.07	32.69	36.17	35.50	38.39	35.71	34.61	34.28	34.77
MnO	0.32	0.45	0.43	0.58	0.13	0.28	0.18	0.36	0.26	0.26	0.30	0.52	0.43	0.48	0.37	0.43	0.36	0.46
MgO	0.33	1.09	1.11	0.13	0.37	0.17	0.48	0.61	0.22	0.27	0.28	1.39	0.64	0.00	0.60	1.11	0.91	0.95
CaO	0.24	0.18	0.14	0.13	0.31	0.21	0.29	0.14	0.25	0.20	0.22	0.21	0.18	0.38	0.11	0.17	0.13	0.22
Na <sub>2</sub> O	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$Cr_2O_3$	0.20	0.00	0.13	0.19	0.00	0.25	0.19	0.07	0.00	0.26	0.32	0.26	0.19	0.22	0.10	0.19	0.26	0.20
$V_2O_3$	2.15	1.87	1.75	1.97	1.66	2.25	2.46	2.03	2.29	2.52	2.63	1.81	2.06	2.32	1.90	2.21	2.35	2.09
NiO	0.00	0.00	0.10	0.25	0.00	0.28	0.00	0.00	0.20	0.24	0.20	0.18	0.22	0.18	0.14	0.00	0.00	0.14
Total	101.28	101.22	100.95	101.28	99.88	101.34	100.98	99.85	100.18	101.16	100.55	100.38	100.56	99.37	100.77	101.25	100.62	100.62
Atomic rat	tio (O=4)																	
Si	0.010	0.010	0.008	0.017	0.006	0.017	0.015	0.007	0.019	0.014	0.007	0.010	0.013	0.019	0.012	0.013	0.010	0.005
Ti	0.099	0.206	0.165	0.159	0.025	0.039	0.055	0.149	0.048	0.059	0.065	0.209	0.150	0.228	0.146	0.132	0.124	0.153
Al	0.125	0.135	0.139	0.108	0.140	0.073	0.067	0.140	0.052	0.049	0.031	0.154	0.128	0.092	0.149	0.150	0.119	0.120
$\mathrm{Fe}^{+3}$	1.590	1.388	1.467	1.475	1.750	1.736	1.716	1.490	1.741	1.721	1.734	1.355	1.480	1.334	1.479	1.498	1.543	1.500
$\mathrm{Fe}^{+2}$	1.072	1.139	1.096	1.143	0.995	1.028	1.028	1.107	1.036	1.040	1.037	1.122	1.108	1.215	1.110	1.068	1.070	1.085
Mn	0.010	0.014	0.013	0.018	0.004	0.009	0.006	0.011	0.008	0.008	0.010	0.016	0.014	0.015	0.012	0.013	0.011	0.015
Mg	0.013	0.043	0.044	0.005	0.015	0.007	0.019	0.025	0.009	0.011	0.011	0.055	0.026	0.000	0.024	0.044	0.036	0.038
Ca	0.010	0.007	0.006	0.005	0.013	0.008	0.012	0.006	0.010	0.008	0.009	0.008	0.007	0.015	0.004	0.007	0.005	0.009
Na	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	0.000	0.000	0.000	0.000
$\mathbf{Cr}$	0.006	0.000	0.004	0.006	0.000	0.007	0.006	0.002	0.000	0.008	0.010	0.008	0.006	0.007	0.003	0.006	0.008	0.006
v	0.064	0.055	0.052	0.059	0.050	0.068	0.074	0.061	0.070	0.076	0.080	0.054	0.062	0.070	0.057	0.065	0.070	0.062
Ni	0.000	0.000	0.003	0.007	0.000	0.008	0.000	0.000	0.006	0.007	0.006	0.005	0.007	0.005	0.004	0.000	0.000	0.004

					20	1305251	.4				
	1	3	5	6	7	8	9	10	11	12	14
Weight %											
$SiO_2$	0.43	0.43	0.30	0.32	0.45	0.34	0.49	0.41	0.15	0.17	0.41
$TiO_2$	4.77	5.54	5.21	5.89	5.79	4.72	5.14	6.29	7.09	5.49	6.73
$Al_2O_3$	3.08	3.23	3.86	3.06	3.53	3.91	3.80	3.31	3.48	3.25	3.63
$Fe_2O_3$	53.09	51.84	53.14	51.91	51.16	53.23	51.80	50.73	48.98	51.58	49.73
FeO	34.89	35.83	35.18	34.99	35.28	34.55	34.61	35.47	37.36	34.55	36.41
MnO	0.22	0.21	0.44	0.48	0.43	0.41	0.61	0.21	0.35	0.39	0.41
MgO	0.58	0.73	0.83	1.11	1.03	0.86	0.99	1.28	0.22	0.95	0.98
CaO	0.28	0.00	0.34	0.17	0.22	0.22	0.17	0.17	0.21	0.20	0.22
Na <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$Cr_2O_3$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.28
$V_2O_3$	1.74	1.57	1.72	1.66	1.74	1.62	1.69	1.52	1.62	2.04	1.47
NiO	0.11	0.22	0.11	0.00	0.15	0.00	0.00	0.11	0.00	0.37	0.37
Total	99.19	99.60	101.13	99.59	99.78	99.86	99.30	99.50	99.46	99.28	100.64
Atomic rat	io (O=4)										
Si	0.016	0.016	0.011	0.012	0.017	0.013	0.018	0.015	0.006	0.006	0.015
Ti	0.136	0.157	0.145	0.166	0.163	0.133	0.145	0.177	0.201	0.156	0.187
Al	0.137	0.143	0.168	0.135	0.156	0.172	0.168	0.146	0.154	0.144	0.158
$Fe^{+3}$	1.509	1.466	1.475	1.467	1.439	1.496	1.462	1.431	1.386	1.463	1.386
$\mathrm{Fe}^{+2}$	1.102	1.126	1.085	1.099	1.103	1.079	1.086	1.112	1.175	1.089	1.128
Mn	0.007	0.007	0.014	0.015	0.014	0.013	0.019	0.007	0.011	0.012	0.013
Mg	0.023	0.029	0.033	0.045	0.041	0.034	0.040	0.051	0.009	0.038	0.039
Ca	0.011	0.000	0.013	0.007	0.009	0.009	0.007	0.007	0.008	0.008	0.009
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$\mathbf{Cr}$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.008
v	0.053	0.047	0.051	0.050	0.052	0.048	0.051	0.046	0.049	0.062	0.044
Ni	0.003	0.007	0.003	0.000	0.005	0.000	0.000	0.003	0.000	0.011	0.011

							2	01305251	16						
	2	3	4	6	7	8	9	12	13	14	16	17	18	22	23
Weight %															
$SiO_2$	0.24	0.26	0.32	0.32	0.24	0.24	0.43	0.32	0.19	0.19	0.21	0.32	0.21	0.34	0.13
$TiO_2$	3.67	2.67	1.97	2.44	2.67	2.59	4.34	2.44	2.24	2.24	6.74	5.76	4.42	5.36	7.26
$Al_2O_3$	1.63	1.49	1.34	1.55	1.40	1.59	1.93	1.70	1.61	1.61	2.68	0.98	0.70	2.91	7.69
$Fe_2O_3$	56.91	59.24	61.04	60.10	59.50	59.78	55.88	59.97	60.37	59.63	50.88	53.49	57.44	52.73	44.54
FeO	33.55	33.02	32.75	32.96	33.13	33.15	34.47	32.99	32.25	31.92	36.03	36.01	34.06	35.50	35.05
MnO	0.41	0.34	0.30	0.32	0.23	0.30	0.46	0.37	0.31	0.31	0.40	0.43	0.34	0.43	0.63
MgO	0.41	0.32	0.23	0.41	0.28	0.33	0.61	0.41	0.58	0.58	0.99	0.12	0.65	0.64	2.19
CaO	0.11	0.07	0.10	0.14	0.10	0.10	0.14	0.06	0.11	0.11	0.04	0.10	0.07	0.18	0.14
$Na_2O$	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	0.00	0.00
$Cr_2O_3$	0.29	0.23	0.20	0.19	0.26	0.22	0.23	0.20	0.26	0.26	0.19	0.15	0.19	0.19	0.23
$V_2O_3$	1.60	1.65	1.63	1.72	1.53	1.69	1.59	1.56	1.75	1.75	1.56	1.74	1.62	2.06	1.74
NiO	0.14	0.09	0.10	0.11	0.11	0.10	0.11	0.08	0.10	0.10	0.06	0.08	0.06	0.22	0.15
Total	98.96	99.38	99.98	100.26	99.45	100.09	100.19	100.10	99.77	98.70	99.78	99.18	99.76	100.56	99.75
Atomic rat	io (O=4)														
Si	0.009	0.010	0.012	0.012	0.009	0.009	0.016	0.012	0.007	0.007	0.008	0.012	0.008	0.013	0.005
Ti	0.106	0.077	0.056	0.069	0.077	0.074	0.123	0.070	0.064	0.065	0.190	0.166	0.127	0.150	0.199
Al	0.074	0.067	0.060	0.069	0.063	0.071	0.086	0.076	0.072	0.073	0.119	0.044	0.031	0.128	0.330
$\mathrm{Fe}^{+3}$	1.640	1.703	1.747	1.712	1.711	1.706	1.584	1.710	1.727	1.724	1.439	1.541	1.648	1.480	1.220
$\mathrm{Fe}^{+2}$	1.074	1.055	1.042	1.043	1.059	1.051	1.086	1.045	1.025	1.026	1.132	1.153	1.086	1.108	1.067
Mn	0.013	0.011	0.010	0.010	0.007	0.010	0.015	0.012	0.010	0.010	0.013	0.014	0.011	0.014	0.019
Mg	0.017	0.013	0.009	0.017	0.011	0.013	0.025	0.017	0.024	0.024	0.040	0.005	0.027	0.026	0.085
Ca	0.005	0.003	0.004	0.006	0.004	0.004	0.006	0.002	0.004	0.005	0.002	0.004	0.003	0.007	0.005
Na	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	0.000
$\mathbf{Cr}$	0.009	0.007	0.006	0.006	0.008	0.007	0.007	0.006	0.008	0.008	0.006	0.005	0.006	0.006	0.007
V	0.049	0.051	0.050	0.052	0.047	0.051	0.048	0.047	0.053	0.054	0.047	0.053	0.050	0.062	0.051
Ni	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.007	0.004

		20150	)41506							20150	041507					
	4	5	7	9	14	5	12	11	3	1	8	12	6	8	1	10
Weight %																
$SiO_2$	0.51	0.98	0.97	1.01	0.49	3.34	0.47	1.90	0.58	0.36	0.62	0.96	0.53	0.71	0.77	0.49
$TiO_2$	1.20	1.77	1.10	1.27	1.92	13.47	1.50	1.90	1.77	1.97	1.94	2.05	2.15	1.59	1.85	2.17
$Al_2O_3$	1.64	1.44	2.27	2.15	2.10	0.98	0.70	2.48	1.59	1.46	3.40	0.98	0.70	2.00	1.78	1.57
$\mathrm{Fe}_2\mathrm{O}_3$	60.97	59.23	59.92	60.28	59.62	31.43	62.61	56.96	60.41	60.29	58.30	58.97	60.47	59.37	58.79	58.66
FeO	30.98	32.05	31.43	33.27	32.34	45.46	30.82	33.27	32.20	31.59	31.49	32.83	31.12	30.80	32.75	31.99
MnO	0.70	0.99	0.90	0.94	0.45	1.92	0.56	0.80	0.63	0.80	1.03	0.74	1.29	1.01	0.93	0.86
MgO	0.90	0.68	0.93	0.58	0.51	0.12	0.88	1.08	0.36	0.40	0.86	0.12	0.65	0.71	0.00	0.45
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.41	0.36	0.25	0.28	0.32	0.50	0.45	0.32	0.64	0.29	0.15
Na <sub>2</sub> O	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	0.00	0.00	0.00
$Cr_2O_3$	0.89	0.72	0.77	0.91	0.96	0.95	0.54	0.57	0.48	0.47	0.66	0.69	0.66	0.73	0.61	0.57
$V_2O_3$	1.88	1.54	1.77	1.66	1.34	1.35	1.41	1.50	1.54	1.54	1.66	1.74	1.77	1.85	1.87	2.10
NiO	0.81	1.16	1.03	0.61	0.60	0.71	0.93	0.48	0.45	0.94	1.15	0.56	0.81	1.22	0.84	1.36
Total	100.48	100.56	101.09	102.68	100.58	100.14	100.78	101.19	100.29	100.14	101.61	100.09	100.47	100.63	100.48	100.37
Atomic rat	io (O=4)															
Si	0.019	0.037	0.036	0.037	0.018	0.124	0.018	0.070	0.022	0.014	0.023	0.036	0.020	0.027	0.029	0.019
Ti	0.034	0.050	0.031	0.035	0.054	0.376	0.043	0.053	0.050	0.056	0.054	0.059	0.061	0.045	0.053	0.062
Al	0.073	0.064	0.100	0.093	0.093	0.043	0.031	0.108	0.071	0.065	0.148	0.044	0.031	0.089	0.079	0.070
$\mathrm{Fe}^{+3}$	1.732	1.681	1.683	1.671	1.687	0.879	1.782	1.586	1.719	1.723	1.620	1.685	1.725	1.678	1.670	1.671
$\mathrm{Fe}^{+2}$	0.978	1.011	0.981	1.025	1.017	1.412	0.975	1.029	1.019	1.003	0.972	1.042	0.987	0.967	1.034	1.013
Mn	0.022	0.032	0.028	0.029	0.014	0.060	0.018	0.025	0.020	0.026	0.032	0.024	0.041	0.032	0.030	0.028
Mg	0.036	0.027	0.037	0.023	0.021	0.005	0.036	0.043	0.015	0.016	0.034	0.005	0.026	0.029	0.000	0.018
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.016	0.015	0.010	0.011	0.013	0.020	0.018	0.013	0.026	0.012	0.006
Na	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	0.000	0.000
$\mathbf{Cr}$	0.027	0.021	0.023	0.027	0.029	0.028	0.016	0.017	0.014	0.014	0.019	0.021	0.020	0.022	0.018	0.017
v	0.057	0.047	0.053	0.049	0.040	0.040	0.043	0.044	0.047	0.047	0.049	0.053	0.054	0.056	0.057	0.064
Ni	0.025	0.035	0.031	0.018	0.018	0.021	0.028	0.014	0.014	0.029	0.034	0.017	0.025	0.037	0.026	0.041

Table 6.	Analytical data of ilmenite in two-pyroxet	ne gabbro from northern coast from	n Okiura village
----------	--	------------------------------------	------------------

	-						1.5		U							
			20130	52501					20130	52502				20	01305250	3
	4	6	13	19	25	30	4	8	12	18	24	27	2	7	11	20
Weight %																
$SiO_2$	0.58	0.41	0.53	0.13	0.64	0.71	0.68	0.60	0.83	0.96	1.16	0.92	0.41	0.13	0.19	0.66
$TiO_2$	49.99	50.47	48.73	49.52	48.42	48.25	49.42	50.04	50.25	49.80	49.24	48.57	49.99	30.54	50.60	49.35
$Al_2O_3$	0.83	0.74	0.60	0.40	0.85	0.43	0.77	0.53	0.89	0.70	1.13	1.04	0.53	2.89	1.08	0.77
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.64	4.14	7.70	7.57	7.43	8.17	4.06	2.74	2.97	3.78	7.18	8.51	2.45	38.73	1.24	3.57
FeO	39.12	42.00	35.82	37.34	37.39	38.26	38.85	42.18	42.82	41.94	34.06	35.39	43.18	23.96	43.32	41.80
MnO	1.30	1.59	0.80	0.70	0.77	1.06	0.93	1.33	0.83	0.72	0.86	0.92	1.53	1.32	2.01	2.23
MgO	2.79	1.28	4.35	3.66	3.40	2.59	2.92	1.08	1.33	1.74	5.94	4.58	0.41	1.31	0.22	0.56
CaO	0.20	0.00	0.07	0.10	0.07	0.24	0.21	0.22	0.13	0.14	0.13	0.24	0.00	0.00	0.00	0.10
Na <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.80	0.69
$Cr_2O_3$	0.00	0.00	0.07	0.07	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.32	0.00	0.19	0.16	0.29	0.10	0.07
$V_2O_3$	0.00	0.00	0.12	0.00	0.19	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.15	0.65	0.00	0.00
NiO	0.32	0.18	0.20	0.20	0.00	0.09	0.38	0.20	0.00	0.41	0.34	0.52	0.24	0.00	0.09	0.00
Total	100.77	100.81	98.99	99.69	99.16	99.80	98.73	98.92	100.05	100.51	100.04	101.06	99.24	99.82	99.65	99.80
Atomic ra	tio (O=3)															
Si	0.014	0.010	0.013	0.003	0.016	0.018	0.017	0.015	0.021	0.024	0.028	0.022	0.010	0.003	0.005	0.017
Ti	0.929	0.943	0.917	0.930	0.911	0.907	0.936	0.953	0.943	0.931	0.907	0.893	0.953	0.580	0.960	0.934
Al	0.024	0.022	0.018	0.012	0.025	0.013	0.023	0.016	0.026	0.021	0.033	0.030	0.016	0.086	0.032	0.023
$\mathrm{Fe}^{+3}$	0.105	0.077	0.145	0.142	0.140	0.154	0.077	0.052	0.056	0.071	0.132	0.157	0.047	0.737	0.024	0.068
$\mathrm{Fe}^{+2}$	0.808	0.873	0.750	0.780	0.783	0.800	0.818	0.893	0.893	0.872	0.698	0.723	0.916	0.506	0.914	0.880
Mn	0.027	0.033	0.017	0.015	0.016	0.022	0.020	0.029	0.018	0.015	0.018	0.019	0.033	0.028	0.043	0.048
Mg	0.074	0.034	0.117	0.098	0.091	0.069	0.079	0.029	0.036	0.046	0.156	0.120	0.011	0.035	0.006	0.015
Ca	0.005	0.000	0.002	0.003	0.002	0.006	0.006	0.006	0.003	0.004	0.003	0.006	0.000	0.000	0.000	0.003
Na	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	0.039	0.034
$\mathbf{Cr}$	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.006	0.000	0.004	0.003	0.006	0.002	0.001
v	0.000	0.000	0.002	0.000	0.004	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.003	0.013	0.000	0.000
Ni	0.006	0.004	0.004	0.004	0.000	0.002	0.008	0.004	0.000	0.008	0.007	0.010	0.005	0.000	0.002	0.000

				20	1305250	5					20130	)52510			2013(	5211	
3	10	12	8	9	10	12	13	14	15	4	10	19	23	11	19	23	26
Weight %																	
SiO <sub>2</sub>	0.26	0.34	0.11	0.45	0.88	0.77	0.00	0.00	0.00	0.56	0.86	0.53	0.56	0.39	0.51	0.75	0.60
T102	3.34	9.41	3.79	47.57	48.75	48.33	18.75 4	9.60 8	1.17	49.95	0.00	0.05	50.69	49.95	48.95	47.87	48.02
Fa-O	2.40	45.90	2.10	0.00	5.14	0.90	6.47	6.09	2.00	4.77	4.00	4.11	4.49	9.97	5.19	7.60	6.07
FeO	33.28	38.94	33.50	39.59	39.98	39.38	0.47 10.40 4	2.65 4	3.99	4.77	4.09	41.36	4.43	43.78	41.53	38.23	40.98
MnO	0.25	0.35	0.50	0.79	0.92	1.10	1.24	1.33	1.81	0.72	0.98	0.97	0.88	1.11	1.56	0.96	1.36
MgO	0.93	0.85	0.56	1.53	2.12	2.19	1.09	0.35	0.75	2.79	2.02	1.79	2.88	0.22	0.68	2.57	0.73
CaO	0.11	0.24	0.14	0.17	0.17	0.00	0.20	0.00	0.15	0.10	0.65	0.10	0.15	0.08	0.25	0.14	0.20
Na <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$Cr_2O_3$	0.39	0.41	0.45	0.00	0.13	0.00	0.20	0.00	0.23	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00
$V_2O_3$	0.22	0.57	0.21	0.13	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
N10 Total	0.24	0.00	0.50	0.00	0.15	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	100.96	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00
Atomic ra	tio (0=3	)	38.30	33.40	33.15	100.04	5.11 10	0.10 10	1.10	33.41	100.30	55.12	100.41	33.40	55.50	33.23	30.30
Si	0.007	0.010	0.003	0.011	0.022	0.019 (	0.000 0	.000 0	0.000	0.014	0.021	0.013	0.014	0.010	0.013	0.019	0.015
Ti	0.072	0.200	0.082	0.902	0.920	0.906	0.929 0	.941 0	0.946	0.940	0.934	0.943	0.944	0.951	0.930	0.902	0.915
Al	0.081	0.083	0.073	0.020	0.028	0.028 (	0.020 0	.005 0	0.034	0.018	0.026	0.022	0.022	0.016	0.018	0.032	0.030
$\mathrm{Fe}^{+3}$	1.238	0.976	1.227	0.162	0.097	0.137 0	0.123 0	.115 0	0.074	0.090	0.076	0.077	0.083	0.064	0.097	0.145	0.116
$\mathrm{Fe}^{+2}$	0.798	0.919	0.810	0.834	0.839	0.821 (	0.857 0	.900 0	0.877	0.833	0.844	0.866	0.829	0.926	0.878	0.801	0.868
Mn	0.006	0.008	0.012	0.017	0.020	0.023 0	0.027 0	0.028 0	0.038	0.015	0.021	0.021	0.018	0.024	0.033	0.020	0.029
Mg	0.029	0.026	0.017	0.041	0.057	0.058 0	0.030 0	0.009 0	0.020	0.075	0.054	0.048	0.076	0.006	0.018	0.069	0.020
Na	0,000	0,007	0.004	0.000	0.000	0.000	.000 0	.000 0	0.000	0.003	0.0017	0.003	0.004	0,0002	0.007	0.004	0.000
Cr	0.009	0.009	0.010	0.000	0.003	0.000	0.004 0	.000 0	0.005	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
V	0.005	0.013	0.005	0.003	0.000	0.000	0.000 0	.000 0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	0.006	0.000	0.012	0.000	0.003	0.000	0.002 0	.000 0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000
-		2013	052512			5	2013052	513			201	305251	4		201305	52516	
Woight 0/	3	7	11	14	9	12	17	22	27		2	4	13	5	20	21	24
weight %	0.64	0.51	0.09	1.05	0.9	0 0 50	0.90	0.5	1 0.0	0	0.77	0.79	0.99	0.51	0.41	0.45	0.41
T:O	10.04	40.00	47.07	1.00	47.0	0.00	41.00	, U.D.	7 40 4	7	48.09	49.07	40.04	47.49	40.24	47.65	46.00
1102	48.83	49.02	47.87	47.93	47.8	8 01.64	41.68	48.3	1 48.4		48.03	48.97	49.94	47.43	49.64	47.60	46.63
$Al_2O_3$	0.83	0.62	1.12	1.17	0.3	8 0.70	0.98	0.6	0.7	6	1.04	0.91	0.91	0.55	0.64	0.68	0.74
$Fe_2O_3$	5.35	5.33	5.38	6.67	8.1	0 1.98	18.03	5.7	1 7.3	8	6.91	6.15	5.11	6.93	5.03	8.47	11.65
FeO	41.18	41.09	43.08	39.45	40.4	1 43.98	36.58	42.8	5 39.0	18	40.33	40.63	36.97	40.47	41.10	40.69	36.07
MnO	1.11	1.05	0.54	0.93	1.7	6 1.79 9 0.59	1.38	0.7	1 1.1	4	1.39	1.07	0.89	2.01	1.11	1.32	0.71
CaO	0.18	0.21	0.22	2.09	0.5	a 0.58	0.12	0.1	0 2.2 9 0.1	3	0.14	0.11	4.41	0.36	0.15	0.75	0.07
NaoO	0.00	0.50	0.00	0.00	0.0	0 0.00	0.02	0.0	0 0.0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr.O.	0.19	0.00	0.00	0.19	0.0	6 0.00	0.15	0.1	9 0.0	0	0.00	0.00	0.06	0.06	0.00	0.00	0.00
V.O.	0.10	0.22	0.00	0.15	0.0	= 0.00	0.10	0.1	0.0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
V 203	0.00	0.00	0.00	0.00	0.3	1 0.00	0.10	0.0	0 0.0 9 0.0	0	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00
Total	99.63	99.83	99.24	99.82	100.0	7 101.40	100.18	99.4	3 99.8	9 1	00.10 1	00.29	99.55	98.69	99.85	100.04	99.55
Atomic rat	tio (O=3	)		00101	20010		200120		0 0010				00100	00100	00100		00100
Si	0.016	0.013	0.023	0.026	0.00	7 0.018	0.022	0.01	3 0.01	7	0.019	0.018	0.021	0.013	0.010	0.011	0.010
Ti	0.923	0.926	0.910	0.899	0.90	7 0.960	0.790	0.92	2 0.91	.0	0.903	0.917	0.931	0.910	0.936	0.901	0.878
Al	0.025	0.018	0.033	0.034	0.01	1 0.020	0.029	0.01	8 0.02	2	0.031	0.027	0.027	0.017	0.019	0.020	0.022
$\mathrm{Fe}^{+3}$	0.101	0.101	0.102	0.125	0.15	4 0.037	0.342	0.10	9 0.13	9	0.130	0.115	0.095	0.133	0.095	0.160	0.220
$\mathrm{Fe}^{+2}$	0.865	0.863	0.910	0.823	0.85	2 0.909	0.771	0.90	8 0.81	.6	0.843	0.846	0.767	0.864	0.862	0.856	0.756
Mn	0.024	0.022	0.012	0.020	0.03	8 0.037	0.028	0.01	5 0.02	4	0.029	0.023	0.019	0.043	0.024	0.028	0.015
Mg	0.033	0.034	0.006	0.056	0.01	4 0.015	0.003	0.00-	4 0.06	50	0.033	0.046	0.117	0.010	0.041	0.020	0.084
Ca	0.005	0.006	0.003	0.005	0.00	6 0.005	0.009	0.00	6 0.00	13	0.004	0.003	0.004	0.003	0.004	0.001	0.002
Na	0.000	0.024	0.000	0.000	0.00	0 0.000	0.001	0.00	0.00	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
v	0.004	0.004	0.000	0.000	0.00	7 0.000	0.002	0.00	0 0.00	0	0.000	0.000	0.001	0.001	0.002	0.000	0.002
Ni	0.002	0.000	0.000	0.004	0.00	2 0.000	0.000	0.00	4 0.00	0	0.005	0.000	0.006	0.002	0.003	0.000	0.000
		20	1504150	4				20	150415	07				2	2015041	513	
	1	2	2	3	8	2	4	6	9	11	13	15	3	4	3	4	8
Veight %	0.00	0.10	1	0.55	0.70	1.05	0.00	0.01	0.00	0.0		1 0.5	0.50		0.07	A =-	
$S_1O_2$	2.22	2.48	1.11	0.75	2.76	1.65	0.66	0.64	2.80	0.68	5 0.8	1 0.6	6 0.79	1.97	0.81	0.75	1.03
$TiO_2$	45.25	46.93	46.43	47.28	19.99	45.61	48.67	45.78	46.07	45.8	3 47.93	3 47.4	3 47.70	47.63	48.77	46.77	47.8
$Al_2O_3$	1.63	2.08	0.98	0.49	3.72	2.02	0.40	0.70	2.78	0.98	5 0.4	9 0.5	1 0.70	1.13	1.06	1.17	1.4
$Fe_2O_3$	8.21	3.08	9.47	5.76	49.57	7.10	3.95	9.29	3.93	10.10	3 4.6	8 5.9	6 7.77	5.28	6.01	8.29	5.0
FeO	36.23	37.93	36.08	37.32	17.08	35.13	39.09	37.69	36.55	39.13	3 38.7	2 36.8	7 38.97	39.07	38.79	38.65	38.7
MnO	4.73	4.89	4.85	5.13	2.90	6.20	4.48	2.32	5.67	2.3	2 3.7	4.8	5 2.96	3.37	1.73	0.90	2.5
CaO	1.51	1.29	1.18	0.01	0.71	0.46	0.28	0.95	0.90	0.12	2 0.4	9 0.6	0 0.80 5 0.29	0.90	0.28	1.91	1.4
Nao	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	) 0.0	0 0.4	0.00	0.07	0.00	0.00	0.0
CroOo	0.18	1.17	0.45	0.63	1.15	0.94	0.66	0.51	0.67	0.0	) 0.0	4 0.0	2 0.00	0.00	0.00	0.00	0.1
V-0	0.00	0.59	0.19	0.00	0.34	0.84	0.00	0.01	0.07	0.20	, 0.9-	. 0.9	1 0.09	0.20	0.00	0.00	0.1
NiO	0.00	1.01	0.13	1.09	0.04	1 20	1.95	1.06	0.00	0.00	3 1 1	5 1.0	s 0.00	0.13	0.00	0.00	0.0
Total	99.76	101.39	101.35	99.08	99.20	101.70	99.79	99,11	101.58	100.1	5 99.5	0 99.5	7 100.81	101.10	99.91	98.44	98.8
tomic ratio	0 (0=3)												20001				0.010
Si	0.055	0.061	0.027	0.019	0.070	0.041	0.017	0.016	0.068	0.01	0.02	0 0.01	7 0.020	0.049	0.020	0.019	0.02
Ti	0.847	0.862	0.864	0.905	0.382	0.842	0.926	0.875	0.841	0.86	0.91	2 0.90	2 0.894	0.882	0.914	0.891	0.90
Al	0.048	0.060	0.029	0.015	0.111	0.058	0.012	0.021	0.080	0.029	9 0.01	5 0.01	5 0.021	0.033	0.031	0.035	0.04
$\mathrm{Fe}^{+3}$	0.154	0.057	0.176	0.110	0.947	0.131	0.075	0.178	0.072	0.193	2 0.08	9 0.11	3 0.146	0.098	0.113	0.158	0.09
$\mathrm{Fe}^{+2}$	0.754	0.775	0.747	0.794	0.363	0.721	0.827	0.801	0.742	0.82	4 0.81	9 0.78	0 0.812	0.805	0.808	0.819	0.81
Mn	0.100	0.101	0.102	0.111	0.062	0.129	0.096	0.050	0.117	0.049	9 0.08	0.10	5 0.062	0.070	0.037	0.019	0.05
Mg	0.035	0.034	0.031	0.014	0.019	0.012	0.008	0.026	0.023	0.00	3 0.01	3 0.01	6 0.023	0.024	0.059	0.052	0.03
Ca	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.009	0.005	0.018	0.00	0.01	6 0.01	2 0.008	0.023	0.007	0.000	0.00
Na Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	1 0.00	0.00	0.000 s 0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
V	0.004	0.010	0.003	0.004	0.007	0.012	0.000	0.000	0.010	0.00	0.01	0.01	4 0.008	0.009	0.000	0.000	0.00
NI	0.000	0.020	0.019	0.091	0.090	0.097	0.005	0.000	0.010	0.000	0.00	0.00	. 0.000	0.000	0.000	0.000	0.00

### まとめ

山口県萩市高山斑れい岩体中の閃緑岩および両輝 石斑れい岩に含まれている磁鉄鉱およびチタン鉄鉱 の化学組成範囲を明らかにするため EPMA で分析し た。

両岩石中の磁鉄鉱は少量ながら常にバナジウムを 含んでいることが分かった。<br/>
閃緑岩中の磁鉄鉱のバ ナジウム含有量は  $0.49 \sim 10.75 \text{ wt}\% V_2O_3$ で、平均値 1.82% (220 点) であった。一方、両輝石斑れい岩中 のものは  $1.13 \sim 3.13 \text{ wt}\% V_2O_3$ の範囲にあり、平均値 は 2.01% (500 点) であった。両岩石中のバナジウム 含有量の頻度分布は Figure 10 のようで、両輝石斑れ い岩中の磁鉄鉱中のバナジウム量は比較的狭い範囲 に集中しているに対して、閃緑岩中のものは幅広い 値を示している。



Fig. 10. Histogram of vanadium content as  $V_2O_3$  in magnetite from the Kouyama gabbroic body.

また、磁鉄鉱中の3価の元素 V:Fe<sup>+3</sup>:(Al+Cr)原 子比を示せば Figure 11 および 12 のようで、閃緑岩 中のものは V や(Al+Cr)含有量の多いものが認めら れ、比較的広い範囲に分布している。一方両輝石斑 れい岩中のものは V 含有量は 3~4%とほぼ一定であ るが、Fe<sup>+3</sup>量は 85~95%の範囲にある。



Fig. 11 V:Fe<sup>+3</sup>:(Al+Cr) atomic ratio (%) for magnetite in diorite.



Fig. 12 V:Fe<sup>+3</sup>:(Al+Cr) atomic ratio (%) for magnetite in two-pyroxene gabbro.

チタン鉄鉱中のバナジウム量は少ないが、マンガンは少 量ながら常に含まれている。閃緑岩では 0.28~5.06 wt% MnO で、平均 0.96 wt% (75 点) であり、両輝石斑れ い岩では 0.39~6.20wt% で、平均 1.77% (150 点) で あった。それらの頻度分布を示せば Figure 13 に示す ようで、閃緑岩では 1%前後と 4~5%の二つの山が、 斑れい岩では 1%前後に集中する傾向が認められる。



Fig. 13. Histogram of vanadium content as MnO in ilmenite from the Kouyama gabbroic body.

閃緑岩および斑れい岩中のチタン鉄鉱の Fe<sup>+3</sup>:Fe<sup>+2</sup>:Mn(原子比%)を示せばそれぞれFigure 14 および Figure 15 のようである。閃緑岩中のものは Mn 量は10%以下であるが、Fe+3 量は90%に及ぶ広 い範囲を有している。一方、斑れい岩中のものでは Mn 量は10%以下で、Fe<sup>+3</sup>量も20%以下で集中する。



Fig. 14  $Fe^{+3}$ :  $Fe^{+2}$ : Mn atomic ratio (%) for ilmenite in diorite.



Fig. 15 Fe<sup>+3</sup>:Fe<sup>+2</sup>:Mn atomic ratio (%) for ilmenite in two-pyroxene gabbro.

#### 参考文献

- <sup>1)</sup> 西村祐二郎、今岡照喜、金折祐司、亀岡敦(2012)山口 県地質図 第3版(15万分01)および同説明書。山 口地学会、167p.
- <sup>2)</sup> Yamaguchi, Y., Tomita, K., Sawada, Y.(1975) Crystallization Trend of Zoned Pyroxenes in Quartz Gabbro from the Koyama Intrusive Complex at Mt. Koyama, Yamaguchi Prefecture, Japan, Memoirs of the Geological Society of Japan ! Studies on Rock Forming Minerals in Japan 1974. 11, 69-82, Geological Society of Japan.
- <sup>3)</sup>山口佳昭(1987)高山カルクアルカリ貫入岩体の石英閃 緑岩中の磁鉄鉱―チタン鉄鉱。島根大学地質学研究報 告、6、171-173.
- <sup>4)</sup> 北風嵐、伊東洋典、小松隆一、渋谷五郎 "萩市高山斑れ い岩中のバナジウムに富む磁鉄鉱について(要旨)"、 山口地学会誌、70、16、2013。
- <sup>5)</sup> 北風嵐、小松隆一、"山口県萩市高山斑れい岩中の鉱石鉱 物の研究(II)とくに含バナジウム磁鉄鉱について(要 旨)"、日本鉱物科学会 2014 年年会講演要旨集、212、 2014。
- <sup>6</sup>北風嵐、小松隆一 "萩市高山斑れい岩中の含バンジウム 磁鉄鉱について、とくにバナジウム資源としてのポテ ンシャル、資源地質、65、29-32、2015.

(平成28年2月15日受理)