

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_2O_3 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_2O_3 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」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¹⁾)。

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.*,²⁾)、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³⁾、北風他⁴⁾北風・小松^{5) 6)}などの研究がある。

北風・小松⁶⁾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。

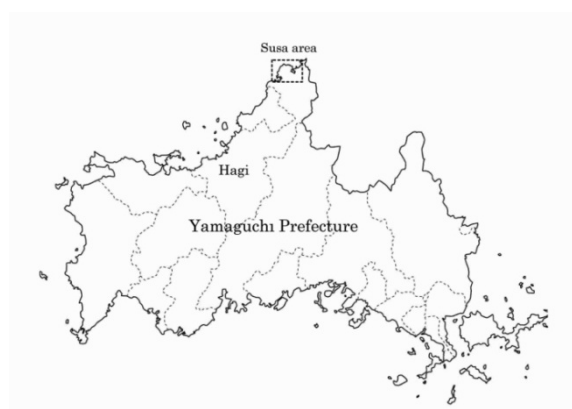


Figure 1. Location map of Kouyama area, Susa area, Hagi city, Yamaguchi Prefecture, Japan.

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)

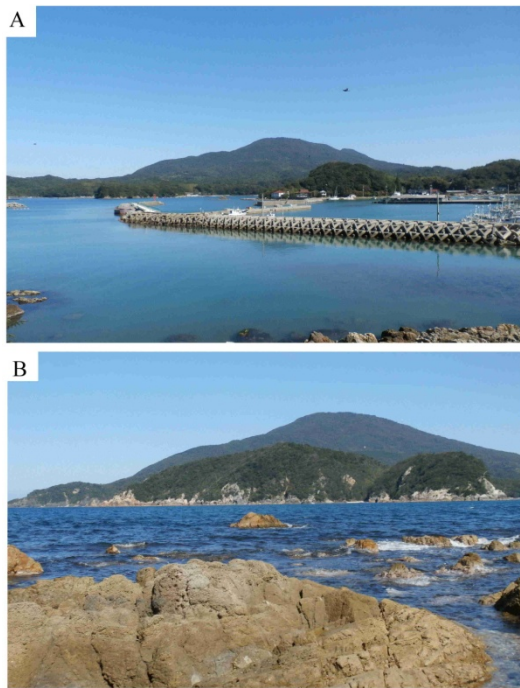


Figure 2. Distant view of Kouyama mountain.

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。

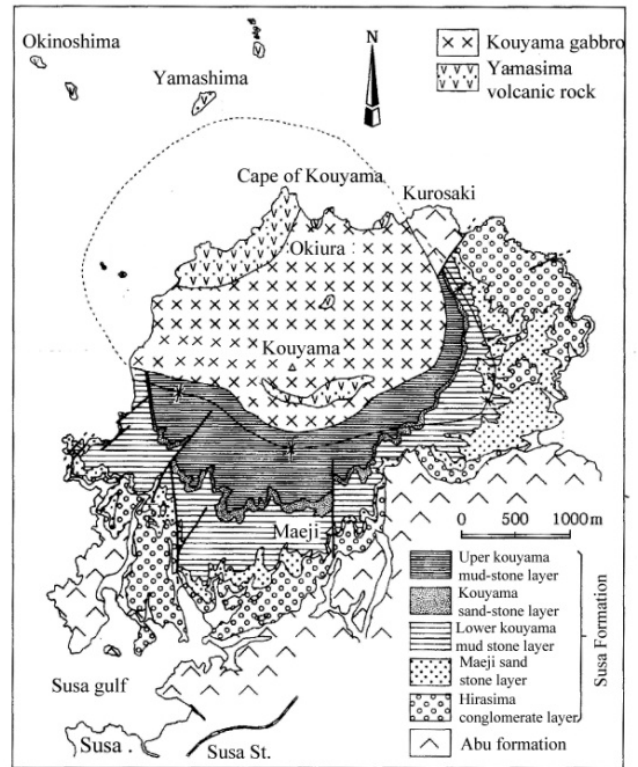


Figure 3. Geological map around Kouyama area.

(Modified after Nishimura *et al.*¹⁾)

西村ほか¹⁾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。

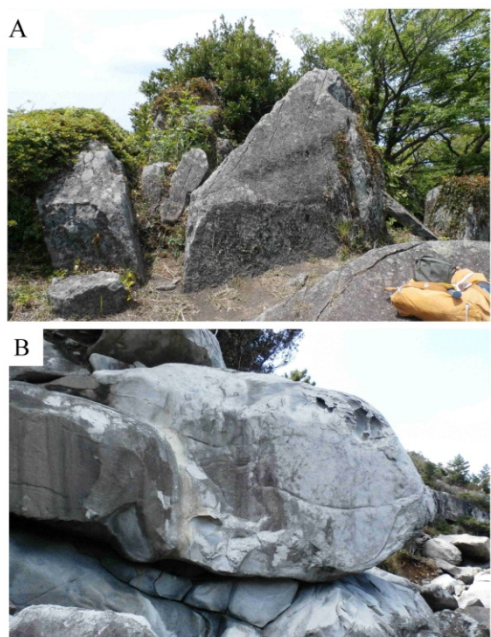


Figure 4. Photographs of outcrop of diorite
 A: The neighborhood of the Kouyama mountaintop (natural monument as magnetic rock of Kouyama), B: Near from Cape of Kouyama.



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).

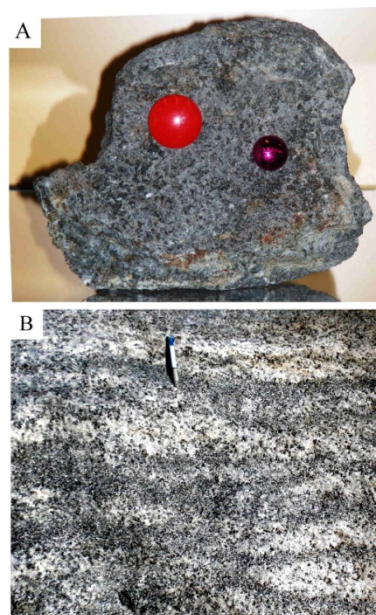


Figure 6. Samples of two-pyroxene gabbro from northern coast of the Okiura village.

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。

Table 1. Rock forming minerals for diorite and two-pyroxene gabbro from the Kouyama gabbroic rocks

| Sample No. | cpx | opx | hrb | bt | pl | ap | qtz | opq |
|--|-----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|
| Diorite (The neighborhood of the Kouyama mountaintop) | | | | | | | | |
| 2013052602 | ⊙ | ++ | + | + | ⊙ | | + | + |
| 2013052603 | ⊙ | ++ | | + | ⊙ | | + | ++ |
| 2013052606 | ⊙ | ○ | ++ | ++ | ⊙ | + | + | ○ |
| Diorite (Near from Cape of Kouyama.) | | | | | | | | |
| 2015041514 | ○ | ○ | ○ | + | ⊙ | | + | ++ |
| Two pyroxene gabbro (Northern coast of the Okiura village) | | | | | | | | |
| 2013052501 | ○ | ○ | | + | ⊙ | | | + |
| 2013052502 | ⊙ | ⊙ | | + | ⊙ | | | + |
| 2013052504 | ○ | ○ | + | + | ⊙ | | | + |
| 2013052505A | ⊙ | ⊙ | | + | ⊙ | | | + |
| 2013052505B | ⊙ | ⊙ | | ++ | ⊙ | | | ○ |
| 2013052510 | ○ | ○ | + | ++ | ⊙ | | | ○ |
| 2013052511 | ○ | ○ | | + | ⊙ | | | ○ |
| 2013052513 | ○ | ○ | + | + | ⊙ | | | ○ |
| 2013052514 | ⊙ | ⊙ | | | ⊙ | | | ⊙ |
| 2013052516-3/ | ⊙ | ⊙ | | | ⊙ | | | ++ |
| 2013052517A | ⊙ | ⊙ | | + | ⊙ | | | ○ |
| 2013052517B | ⊙ | ⊙ | | + | ⊙ | | | + |

cpx: clinopyroxene, opx: orthopyroxene, hrb: hornblende, bt: biotite, pl: plagioclase, ap: apatite, qtz: quartz, opq: opaque relative ratio ⊙>○>+>+>+

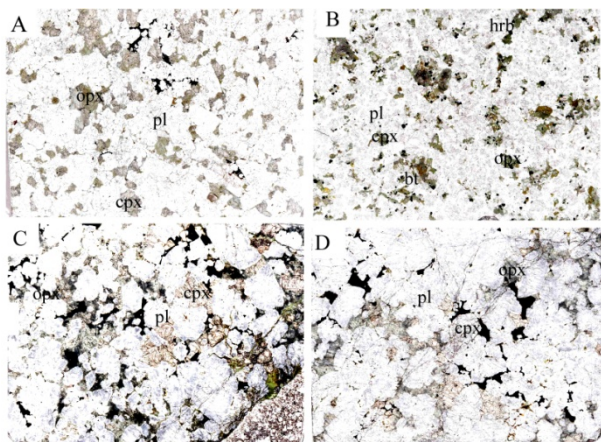


Figure 7. Photographs of diorite and two-pyroxene gabbro.

A: Diorite from the neighborhood of the Kouyama mountaintop, B: Diorite from near Cape of Kouyama, C: D: Two pyroxene gabbro from northern coast of the Okiura village. Right and left=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ピオウ鉱などの含 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 composition of opaque minerals for diorite and two-pyroxene gabbro

| Samples No. | Mode of opaque minerals (%) |
|--|-----------------------------|
| Diorite (The neighborhood 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 (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。

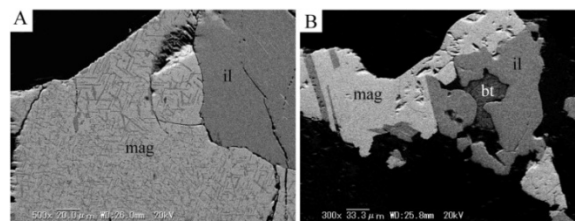


Figure 8. BSE images for association of magnetite (mag) and ilmenite (il) in diorite.

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。

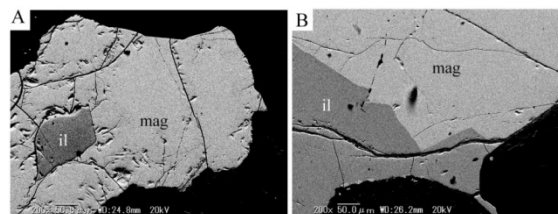


Figure 9. Back-scattered electron images for magnetite (mag) and ilmenite (il) in two-pyroxene gabbro.

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 V₂O₃ 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 V₂O₃ が含有されている。その量は 0.49~10.75wt% で、平均値 1.82 (220 点) であった。また、チタン鉄鉱中の V₂O₃ 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 0.28~2.98 wt% で、平均 1.30 wt% (40 点) であった。

Table 3. Analytical data of magnetite in diorite from the neighborhood of the Kouyama mountaintop

| | 2012040201 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--|--|
| | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 | 11 | 15 | 15 | 16 | 18 | 18 | 19 | 19 | 20 | | |
| Weight % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 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 ₂ O ₃ | 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 ₂ O ₃ | 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 ₂ 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 ₂ O 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 ₂ O 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 ratio 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 | | |
| 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 | | |
| 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 | | |
| 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 | | |

| | 2012040201 | | | | 2012040202 | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------|--------|--------|-------|------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--|
| | 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 ₂ | 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 ₂ O 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 ₂ O ₃ | 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 ₂ 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 ₂ O ₃ | 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 ₂ O 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 | |

| | 2012040203 | | | | 2012040204 | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------|-------|-------|--------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--|
| | 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 ₂ O 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 ₂ O ₃ | 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 ₂ 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 ₂ O 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 ₂ O ₅ | 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 | |
| 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 | |

| | 2012040204 | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|
| | 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 ₂ O 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 ₂ O 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 ₂ 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 ₂ O 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 ₂ O ₅ | 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 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 ⁺³ | 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 |

| | 2013052606 | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|---------|-------|-------|
| | 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 ₂ O ₃ | 1.46 | 1.72 | 2.10 | 1.95 | 1.61 | 1.61 | 2.40 | 1.76 | 2.10 | 1.68 |
| Fe ₂ O 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 ₂ O | 0.00 | 0.00 | 0.10 | 0.09 | 0.04 | 0.09 | 0.13 | 0.00 | 0.00 | 0.20 |
| Cr ₂ O ₃ | 0.45 | 0.25 | 0.15 | 0.26 | 0.37 | 0.28 | 0.23 | 0.70 | 0.54 | 0.47 |
| V ₂ O ₅ | 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 |
| Fe ⁺³ | 1.639 | 1.508 | 1.668 | 1.636 | 1.394 | 1.481 | 1.469 | 1.553 | 1.540 | 1.488 |
| Fe ⁺² | 1.079 | 1.133 | 1.065 | 1.074 | 1.178 | 1.165 | 1.168 | 1.104</ | | |

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

| | 2012040201 | | | | | | | | | | | | | 2012040202 | | | |
|--------------------------------|------------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|------------|--------|--------|--------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 9 | 10 | 10 | 12 | 13 | 13 | 14 | 23 | 9 | 10 | 13 | 17 |
| Weight % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 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 ₂ O 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 ₂ O 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 ₂ 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 ₂ O 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 ₂ O ₅ | 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 ratio (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 |
| 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 |
| 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 |
| 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 |

| | 2012040203 | | | 2012040204 | | | 2013052602 | | | | | | | |
|--------------------------------|------------|--------|-------|------------|-------|--------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--|
| | 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 ₂ O 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 ₂ O ₃ | 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 ₂ 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 ₂ O 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 ₂ O ₅ | 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 ratio (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 | |
| 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 | |
| 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 | 0.012 | |
| 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 | |
| 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 | 0.015 | |
| 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 | 0.007 | |
| 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% V₂O₅ 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。

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

| | | 2013052501 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 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 ₂ O 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 ₂ O 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 ₂ 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 ₂ O 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 ₂ O ₅ | 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 ratio (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 |
| | | 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 | 0.009 | 0.011 | 0.008 | 0.005 | 0.000 | 0.005 | 0.008 | 0.013 | 0.015 | 0.011 | 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 |
| | | 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 | 0.066 | 0.068 | 0.067 | 0.069 | 0.071 | 0.072 | 0.071 | 0.074 | 0.076 | 0.077 | 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 |

| | | 2013052502 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--|--------------------------------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 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 ₂ O ₃ | 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 ₂ O ₃ | 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 ₂ 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 ₂ O 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 ₂ O ₅ | 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 ratio (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 | 1.468 | 1.506 | 1.542 | 1.483 | 1.380 | 1.477 | 1.438 | 1.548 | 1.473 | 1.530 | 1.548 |
| | | 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 | 0.000 |
| | | 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 |
| | | 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 |

| | | 2013052504 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|--|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 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 ₂ O 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 ₂ O 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 ₂ 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 ₂ O ₃ | 0.23 | 0.35 | 0.34 | 0.25 | 0.23</ | | | | | | | | | | | | |

| 2013052512 | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|
| | 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 ₂ O 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 |
| Fe ₂ 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 ₂ 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 ₂ O 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 ₂ O ₅ | 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 ratio (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 |
| 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 |
| 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 |
| 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 | 0.060 | 0.055 | 0.058 | 0.062 | 0.061 | 0.058 | 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 |

| 2013052513 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 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 ₂ O 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 ₂ O ₃ | 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 ₂ 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 ₂ O 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 ₂ O ₅ | 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 ratio (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 |
| 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 |
| 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 |
| 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 |

| 2013052514 | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | 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 ₂ O ₃ | 3.08 | 3.23 | 3.86 | 3.06 | 3.53 | 3.91 | 3.80 | 3.31 | 3.48 | 3.25 | 3.63 |
| Fe ₂ O 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 ₂ O | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Cr ₂ O ₃ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.29 | 0.28 |
| V ₂ O ₅ | 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 ratio (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 | | |

| 2013052516 | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| | 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 ₂ O 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 ₂ O 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 ₂ 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 ₂ O 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 ₂ O ₅ | 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 ratio (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 |
| 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 |
| 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 |
| 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 |

| 2015041506 | | | | | 2015041507 | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 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 ₂ O 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 |
| Fe ₂ 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 ₂ 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 ₂ O 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 ₂ O ₅ | 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 ratio (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 |
| 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 |
| 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 |
| 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-pyroxene gabbro from northern coast from Okiura village

| 2013052501 | | | | | | 2013052502 | | | | | | 2013052503 | | | | |
|--------------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|--------|--------|--------|------------|-------|-------|-------|-------|
| | 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 ₂ O 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 ₂ O ₃ | 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 ₂ 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 ₂ O 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 ₂ O ₅ | 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 ratio (O=3)</ | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | 2013052505 | | | | | | | | | | 2013052510 | | | | 2013052511 | | | |
|--------------------------------|------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|------------|-------|--------|-------|------------|-------|-------|----|
| | 10 | 12 | 8 | 9 | 10 | 12 | 13 | 14 | 15 | | 4 | 10 | 19 | 23 | 11 | 19 | 23 | 26 |
| Weight % | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SiO ₂ | 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 | |
| TiO ₂ | 3.34 | 9.41 | 3.79 | 47.57 | 48.75 | 48.33 | 48.75 | 49.60 | 50.73 | 49.95 | 50.15 | 50.05 | 50.69 | 49.95 | 48.95 | 47.87 | 48.02 | |
| Al ₂ O ₃ | 2.40 | 2.49 | 2.15 | 0.66 | 0.95 | 0.96 | 0.66 | 0.17 | 1.17 | 0.62 | 0.89 | 0.74 | 0.77 | 0.55 | 0.60 | 1.08 | 1.00 | |
| Fe ₂ O ₃ | 57.33 | 45.96 | 56.39 | 8.56 | 5.14 | 7.31 | 6.47 | 6.08 | 3.99 | 4.77 | 4.09 | 4.11 | 4.43 | 3.37 | 5.12 | 7.69 | 6.07 | |
| FeO | 33.28 | 38.94 | 33.50 | 39.59 | 39.98 | 39.38 | 40.40 | 42.65 | 42.27 | 39.77 | 40.72 | 41.36 | 40.05 | 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 ₂ 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 ₂ O 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 ₂ O ₅ | 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 | |
| NiO | 0.24 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.15 | 0.00 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 0.00 | |
| Total | 98.75 | 99.56 | 98.30 | 99.45 | 99.19 | 100.04 | 99.11 | 100.18 | 101.10 | 99.41 | 100.36 | 99.72 | 100.41 | 99.45 | 99.36 | 99.29 | 98.96 | |
| Atomic ratio (O=3) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si | 0.007 | 0.010 | 0.003 | 0.011 | 0.022 | 0.019 | 0.000 | 0.000 | 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 | 0.946 | 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 | 0.034 | 0.018 | 0.026 | 0.022 | 0.022 | 0.016 | 0.018 | 0.032 | 0.030 | |
| Fe ⁺³ | 1.238 | 0.976 | 1.227 | 0.162 | 0.097 | 0.137 | 0.123 | 0.115 | 0.074 | 0.090 | 0.076 | 0.077 | 0.083 | 0.064 | 0.097 | 0.145 | 0.116 | |
| Fe ⁺² | 0.798 | 0.919 | 0.810 | 0.834 | 0.839 | 0.821 | 0.857 | 0.900 | 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 | 0.027 | 0.028 | 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 | 0.030 | 0.009 | 0.020 | 0.075 | 0.054 | 0.048 | 0.076 | 0.006 | 0.018 | 0.069 | 0.020 | |
| Ca | 0.003 | 0.007 | 0.004 | 0.005 | 0.005 | 0.000 | 0.005 | 0.000 | 0.004 | 0.003 | 0.017 | 0.003 | 0.004 | 0.002 | 0.007 | 0.004 | 0.005 | |
| Na | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.006 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| Cr | 0.009 | 0.009 | 0.010 | 0.000 | 0.003 | 0.000 | 0.004 | 0.000 | 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 | 0.000 | 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 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | |

| | 2013052512 | | | | 2013052513 | | | | 2013052514 | | | 2013052516 | | | | |
|--------------------------------|------------|-------|-------|-------|------------|--------|--------|-------|------------|--------|--------|------------|-------|-------|--------|-------|
| | 3 | 7 | 11 | 14 | 9 | 12 | 17 | 22 | 27 | 2 | 4 | 13 | 5 | 20 | 21 | 24 |
| Weight % | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SiO ₂ | 0.64 | 0.51 | 0.92 | 1.05 | 0.28 | 0.53 | 0.88 | 0.51 | 0.68 | 0.77 | 0.73 | 0.83 | 0.51 | 0.41 | 0.45 | 0.41 |
| TiO ₂ | 48.83 | 49.02 | 47.87 | 47.93 | 47.88 | 51.64 | 41.69 | 48.37 | 48.47 | 48.03 | 48.97 | 49.94 | 47.43 | 49.64 | 47.65 | 46.63 |
| Al ₂ O ₃ | 0.83 | 0.62 | 1.12 | 1.17 | 0.38 | 0.70 | 0.98 | 0.60 | 0.76 | 1.04 | 0.91 | 0.91 | 0.55 | 0.64 | 0.68 | 0.74 |
| Fe ₂ O ₃ | 5.35 | 5.33 | 5.38 | 6.67 | 8.10 | 1.98 | 18.03 | 5.71 | 7.38 | 6.91 | 6.15 | 5.11 | 6.93 | 5.03 | 8.47 | 11.65 |
| FeO | 41.18 | 41.09 | 43.08 | 39.45 | 40.41 | 43.98 | 36.58 | 42.85 | 39.08 | 40.33 | 40.63 | 36.97 | 40.47 | 41.10 | 40.69 | 36.07 |
| MnO | 1.11 | 1.05 | 0.54 | 0.93 | 1.76 | 1.79 | 1.33 | 0.71 | 1.14 | 1.39 | 1.07 | 0.89 | 2.01 | 1.11 | 1.32 | 0.71 |
| MgO | 1.21 | 1.28 | 0.22 | 2.09 | 0.53 | 0.58 | 0.12 | 0.15 | 2.25 | 1.24 | 1.72 | 4.41 | 0.36 | 1.53 | 0.75 | 3.12 |
| CaO | 0.18 | 0.21 | 0.11 | 0.20 | 0.21 | 0.20 | 0.32 | 0.22 | 0.13 | 0.14 | 0.11 | 0.14 | 0.10 | 0.15 | 0.03 | 0.07 |
| Na ₂ O | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Cr ₂ O ₃ | 0.19 | 0.22 | 0.00 | 0.13 | 0.06 | 0.00 | 0.13 | 0.13 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.06 | 0.06 | 0.09 | 0.00 | 0.09 |
| V ₂ O ₅ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.35 | 0.00 | 0.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.19 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| NiO | 0.11 | 0.00 | 0.00 | 0.20 | 0.11 | 0.00 | 0.00 | 0.18 | 0.00 | 0.25 | 0.00 | 0.29 | 0.08 | 0.15 | 0.00 | 0.06 |
| Total | 99.63 | 99.83 | 99.24 | 99.82 | 100.07 | 101.40 | 100.18 | 99.43 | 99.89 | 100.10 | 100.29 | 99.55 | 98.69 | 99.85 | 100.04 | 99.55 |
| Atomic ratio (O=3) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Si | 0.016 | 0.013 | 0.023 | 0.026 | 0.007 | 0.013 | 0.022 | 0.013 | 0.017 | 0.019 | 0.018 | 0.021 | 0.013 | 0.010 | 0.011 | 0.010 |
| Ti | 0.923 | 0.926 | 0.910 | 0.899 | 0.907 | 0.960 | 0.790 | 0.922 | 0.910 | 0.903 | 0.917 | 0.931 | 0.910 | 0.936 | 0.901 | 0.878 |
| Al | 0.025 | 0.018 | 0.033 | 0.034 | 0.011 | 0.020 | 0.029 | 0.018 | 0.022 | 0.031 | 0.027 | 0.027 | 0.017 | 0.019 | 0.020 | 0.022 |
| Fe ⁺³ | 0.101 | 0.101 | 0.102 | 0.125 | 0.154 | 0.037 | 0.342 | 0.109 | 0.139 | 0.130 | 0.115 | 0.095 | 0.133 | 0.095 | 0.160 | 0.220 |
| Fe ⁺² | 0.865 | 0.863 | 0.910 | 0.823 | 0.852 | 0.909 | 0.771 | 0.908 | 0.816 | 0.843 | 0.866 | 0.767 | 0.864 | 0.862 | 0.856 | 0.756 |
| Mn | 0.024 | 0.022 | 0.012 | 0.020 | 0.038 | 0.037 | 0.028 | 0.015 | 0.024 | 0.029 | 0.023 | 0.019 | 0.043 | 0.024 | 0.028 | 0.015 |
| Mg | 0.033 | 0.034 | 0.006 | 0.056 | 0.014 | 0.015 | 0.003 | 0.004 | 0.060 | 0.033 | 0.046 | 0.117 | 0.010 | 0.041 | 0.020 | 0.084 |
| Ca | 0.005 | 0.006 | 0.003 | 0.005 | 0.006 | 0.005 | 0.009 | 0.006 | 0.003 | 0.004 | 0.003 | 0.004 | 0.003 | 0.004 | 0.001 | 0.002 |
| Na | 0.000 | 0.024 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Cr | 0.004 | 0.004 | 0.000 | 0.003 | 0.001 | 0.000 | 0.003 | 0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.000 | 0.002 |
| V | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.007 | 0.000 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Ni | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.004 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.004 | 0.000 | 0.005 | 0.000 | 0.006 | 0.002 | 0.003 | 0.000 | 0.001 |

| | 2015041504 | | | | | 2015041507 | | | | | 2015041513 | | | | | | |
|--------------------------------|------------|--------|--------|-------|-------|------------|-------|-------|--------|--------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 2 | 3 | 8 | 2 | 4 | 6 | 9 | 11 | 13 | 15 | 3 | 4 | 3 | 4 | 8 |
| Weight % | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SiO ₂ | 2.22 | 2.48 | 1.11 | 0.75 | 2.76 | 1.65 | 0.66 | 0.64 | 2.80 | 0.68 | 0.81 | 0.66 | 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 | 45.83 | 47.93 | 47.43 | 47.70 | 47.63 | 48.77 | 46.77 | 47.85 |
| Al ₂ O ₃ | 1.63 | 2.08 | 0.98 | 0.49 | 3.72 | 2.02 | 0.40 | 0.70 | 2.78 | 0.98 | 0.49 | 0.51 | 0.70 | 1.13 | 1.06 | 1.17 | 1.46 |
| Fe ₂ O ₃ | 8.21 | 3.08 | 9.47 | 5.76 | 49.57 | 7.10 | 3.95 | 9.29 | 3.93 | 10.16 | 4.68 | 5.96 | 7.77 | 5.28 | 6.01 | 8.29 | 5.01 |
| FeO | 36.23 | 37.93 | 36.08 | 37.32 | 17.08 | 35.13 | 39.09 | 37.69 | 36.55 | 39.13 | 38.72 | 36.87 | 38.97 | 39.07 | 38.79 | 38.65 | 38.72 |
| MnO | 4.73 | 4.89 | 4.85 | 5.13 | 2.90 | 6.20 | 4.48 | 2.32 | 5.67 | 2.32 | 3.71 | 4.88 | 2.96 | 3.37 | 1.73 | 0.90 | 2.56 |
| MgO | 1.31 | 1.29 | 1.18 | 0.51 | 0.71 | 0.46 | 0.28 | 0.95 | 0.90 | 0.12 | 0.48 | 0.60 | 0.85 | 0.90 | 2.21 | 1.91 | 1.46 |
| CaO | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.60 | 0.35 | 0.17 | 0.70 | 0.27 | 0.59 | 0.45 | 0.29 | 0.87 | 0.28 | 0.00 | 0.28 |
| Na ₂ 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 |
| Cr ₂ O ₃ | 0.18 | 1.17 | 0.45 | 0.63 | 1.15 | 0.94 | 0.66 | 0.51 | 0.67 | 0.20 | 0.94 | 0.92 | 0.39 | 0.25 | 0.00 | 0.00 | 0.18 |
| V ₂ O ₅ | 0.00 | 0.53 | 0.13 | 0.18 | 0.34 | 0.60 | 0.00 | 0.00 | 0.53 | 0.00 | 0.00 | 0.21 | 0.00 | 0.13 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| NiO | 0.00 | 1.01 | 0.67 | 1.03 | 0.98 | 1.39 | 1.25 | 1.06 | 0.98 | 0.46 | 1.15 | 1.08 | 0.39 | 0.50 | 0.25 | 0.00 | 0.31 |
| Total | 99.76 | 101.39 | 101.35 | 99.08 | 99.20 | 101.70 | 99.79 | 99.11 | 101.58 | 100.15 | 99.50 | | | | | | |

バナジウム含有量は 0.49~10.75 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 1.13~3.13 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。

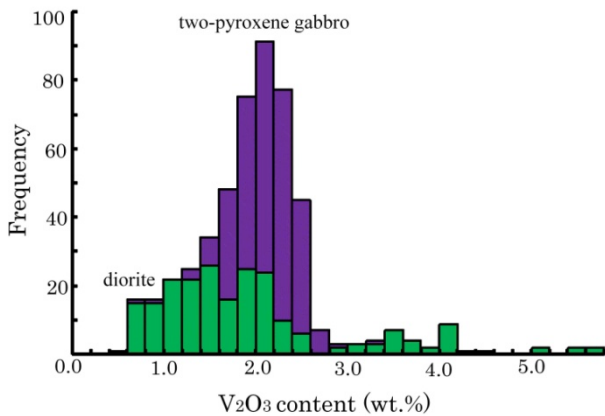


Fig. 10. Histogram of vanadium content as V_2O_3 in magnetite from the Kouyama gabbroic body.

また、磁鉄鉱中の 3 価の元素 $V : Fe^{+3} : (Al+Cr)$ 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^{+3} 量は 85~95% の範囲にある。

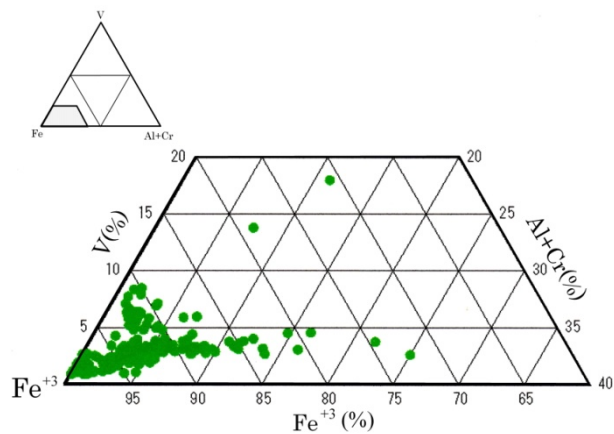


Fig. 11 $V:Fe^{+3}:(Al+Cr)$ atomic ratio (%) for magnetite in diorite.

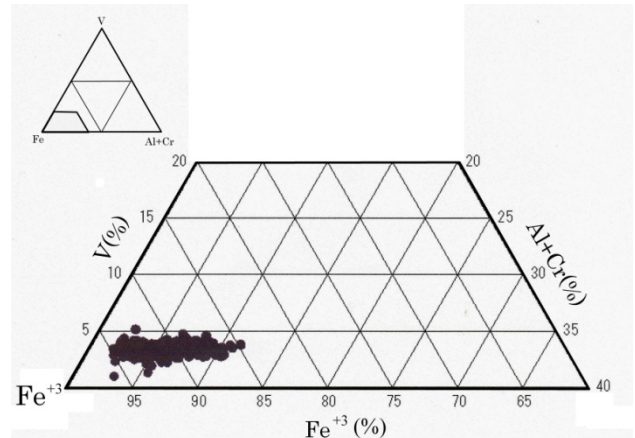


Fig. 12 $V:Fe^{+3}:(Al+Cr)$ atomic ratio (%) for magnetite in two-pyroxene gabbro.

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。

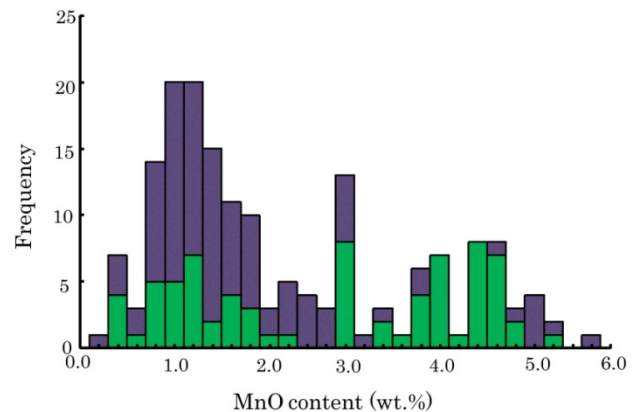


Fig. 13. Histogram of vanadium content as MnO in ilmenite from the Kouyama gabbroic body.

閃緑岩および斑れい岩中のチタン鉄鉱の $Fe^{+3}:Fe^{+2}:Mn$ (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^{+3} 量も 20% 以下で集中する。

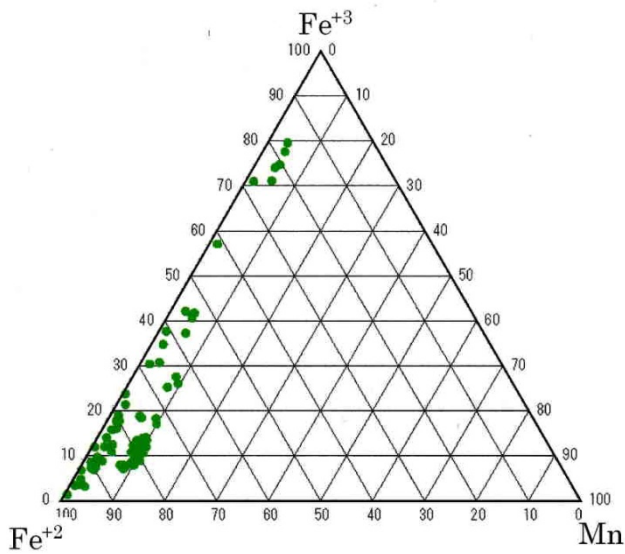


Fig. 14 $\text{Fe}^{+3}:\text{Fe}^{+2}:\text{Mn}$ atomic ratio (%) for ilmenite in diorite.

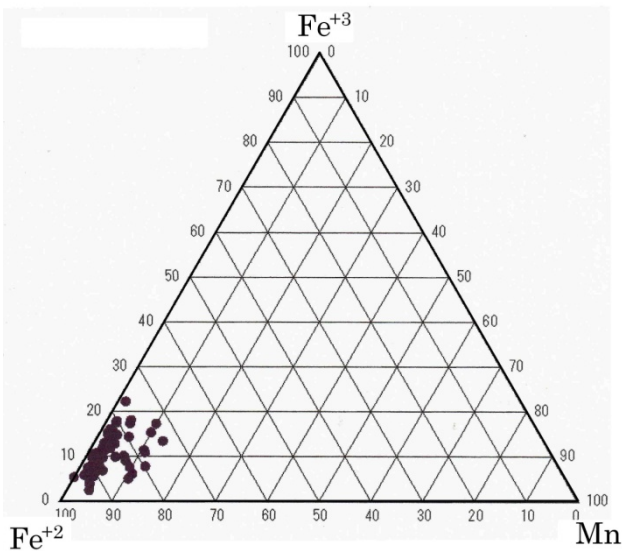


Fig. 15 $\text{Fe}^{+3}:\text{Fe}^{+2}:\text{Mn}$ atomic ratio (%) for ilmenite in two-pyroxene gabbro.

参考文献

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 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。
- 5) 北風嵐、小松隆一、“山口県萩市高山斑れい岩中の鉄石鉱物の研究 (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。
- 6) 北風嵐、小松隆一 “萩市高山斑れい岩中の含バナ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)