# 那珂川上流、五ヶ山地域の地球化学図

柚原 雅樹<sup>1)</sup>·小路 泰之<sup>1)</sup>·石原与四郎<sup>1)</sup>·宇藤 千恵<sup>1)</sup>

(平成 21 年 11 月 30 日受理)

# Geochemical Map of 26 Elements in the Gokayama Area, upper Reach of the Naka River, Fukuoka Prefecture

Masaki Yuhara<sup>1)</sup>, Yasuyuki Shoji<sup>1)</sup>, Yoshiro Ishihara<sup>1)</sup>, and Chie Uto<sup>1)</sup>

(Received November 30, 2009)

# Abstract

We collected stream sediments from the Gokayama area, upper reach of the Naka River in the western part of Fukuoka Prefecture, and made geochemical maps in order to make an environmental assessment. The Cretaceous granitoids divided into the Itoshima Granodiorite and Sawara Granite are mainly outcropped in this area. The white-altered granodiorite of the Sawara Granite, caused by hydrothermal alteration, is exposed around the gold prospects and the Itayatoge Fault System. This granodiorite is enriched in arsenic.

Sample collection was performed by the method of Tanaka et al. (2001). The collected stream sediment samples were analyzed for 27 elements (Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, P, As, Ba, Co, Cr, Cu, Ga, Nb, Ni, Pb, Rb, S, Sr, Th, V, Y, Zn, Zr) by X-ray fluorescence spectrometry. The distributions of each element on the geochemical maps are explained by the difference of areal geology and the accumulation of rock-forming minerals. The distribution pattern of As suggests that white-altered granodiorite including As exists at northeast area of Higashiogochi.

Key words : geochemical map, arsenic, the Gokayama area, environmental assessment, Fukuoka Prefecture

## はじめに

地殻表層における元素の濃度分布を示す地球化学 図は、環境評価を目的として、全国各地で作成され (秋田県:椎川ほか、1984、北関東地域:伊藤ほか、 1991、愛知県:Tanaka et al、1994., 1996;田中ほ か、1995;戸上ほか、1997;山本ほか、1998、北海道: 官・黒沢、1996、日本海:今井ほか、1997、山形県: 今井ほか,2000;太田ほか,2002,宮城県:太田ほか, 2003,東北地方:Ujiie-Mikoshiba et al.,2006,など), それをもとにした地圏環境評価が行われている.これ らの地球化学図の多くは,限定された地域で作成され たものであり,その手法は研究者によって若干異なる が,地域地質を良く反映している.産業技術総合研究 所地質調査総合センターは,日本全域に渡る地球化学 図を作成している(今井ほか,2004).このような国

<sup>1)</sup> 福岡大学理学部地球圏科学科, 〒 814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1
 Department of Earth System Science, Faculty of Science, Fukuoka University, 8-19-1 Nanakuma, Jonan-ku, Fukuoka, 814-0180, Japan



Fig. 1. Location of the Naka river and research areas of Takamoto et al. (2005) and Ito et al. (2007).

土全域に渡る地球化学図は,統一された規格と精度で 日本全域を見るという点で,非常に重要であるが,試 料採取密度が10×10kmに1試料と精度が粗く,日 本のような地質構造が複雑な地域においては,地域 地質を反映しにくいと考えられる(今井ほか,2004). そこで,我々の研究グループでは,地域地質を反映す る精度での地球化学図の作成を福岡県内で開始した. 高本ほか(2005)は,県東部の今川・祓川流域の地球 化学図を,伊藤ほか(2007)は,県西部の室見川・那 珂川流域の地球化学図を報告した(Fig.1)が,これ らは今井ほか(2004)より精度が高いものである.福 岡県内ではこれまで,精度の高い地球化学図は報告さ れていなかったため,このような地球化学図の蓄積は, 県内における広域的な元素分布の把握とそれをもとに した環境評価を可能にすると期待される.

那珂川上流の五ヶ山地域には、ヒ素を最大 80ppm 以上含む熱水変質花崗岩が分布している(袖原ほか、 2006b).この変質花崗岩は、金探鉱跡周辺と本地域 に発達する断層沿いに認められるが、その分布を完全 に把握するには至っていない、ヒ素は、変質花崗岩中 の黄鉄鉱に含まれると推定されている(柚原・祐徳、 2005;柚原ほか、2006b).この黄鉄鉱は、酸素濃度 の高い地下水中では不安定なため酸化分解され、ヒ素 は硫黄とともにわずかながら地下水ならびに地表水中 へ溶出していると考えられる.さらに、溶出したヒ素 の大部分は褐色化した変質花崗岩中に含まれる鉄の酸 化・水酸化物中に再び吸着している。その結果、硫黄 は地下水ならびに地表水中へ拡散するが、ヒ素のほと んどは岩石中に固定されると推定される. 五ケ山ダム の建設に伴い、周辺環境の変化が生じた場合、変質花 崗岩中や鉄の酸化・水酸化物表面に吸着したヒ素が. 再び溶出し地下水や河川水へ移動・拡散する可能性が ある (川野・柚原, 2008a). したがって、ヒ素を含む 岩石の分布の把握は、ダム関連工事の環境への影響を 考える上でもきわめて重要である.特定の元素を高濃 度に含む岩石分布の把握には、地球化学図が極めて有 効であるが、これまで行ってきた密度の試料採取(高 本ほか、2005;伊藤ほか、2007)では、本地域のよう な狭い範囲内での検出は困難である. そこで、本報告 では試料採取密度が従来よりも高い地球化学図の作成 を目指した. また,本地域は白亜紀花崗岩類に属する 糸島花崗閃緑岩と早良花崗岩の境界部にあたり(Fig. 2),岩石の化学組成の異なる地質体における地圏環境 の元素濃度分布を詳細に検討することが可能である. 本報告では、那珂川上流の五ヶ山地域の地球化学図を 報告し、それをもとに地圏環境評価を行う.

# 地質概説

本調査地域には白亜紀に活動した花崗岩類が広く分 布し,三郡変成岩類が小規模なレンズ状岩体として花 崗岩類中に認められる(Fig.3).白亜紀花崗岩類は糸



Fig. 2. Geological map of the around area of upper reach of the Naka river (modified from Kubo et al., 1993).
1: alluvium, 2: terrace deposits, 3: Aso-4 pyroclastic flow deposit, 4: Saga Granite, 5: Sawara Granite, 6: Itoshima Granodiorite, 7: hornblende gabbro, 8: calcareous schist, 9: mafic schist – amphibolite, 10: pelitic schist, 11: fault.

島花崗閃緑岩と早良花崗岩からなる.そして,これら を覆う河川堆積物が那珂川および大野川に沿って点在 する.

糸島花崗閃緑岩は、粗~中粒の面構造の発達した普 通角閃石黒雲母トーナル岩~石英閃緑岩である.本地 域に分布するものは主に花崗閃緑岩からなる(川野・ 柚原,2008b).糸島花崗閃緑岩からは116 ± 17Maの Rb-Sr 全岩アイソクロン年代,934 ± 0.5Maの鉱物ア イソクロン年代(大和田ほか,1999),110 ± 10Ma のジルコン Pb-a年代(Karakida et al.,1965),97 ± 6Maの黒雲母 K-Ar年代(Shibata and Karakida, 1965)が既に報告されているが,本地域の岩石からは, 88.9 ± 0.2Maの全岩 – 鉱物アイソクロン年代が得ら れている(川野・柚原,2008b).

早良花崗岩は糸島花崗閃緑岩に貫入し,粗粒斑状黒 雲母花崗岩~花崗閃緑岩からなる主岩相と細粒~中粒 塊状黒雲母花崗岩~花崗閃緑岩からなる細粒相に区分 される.本地域では,主岩相は北部域に分布し,細粒 相は糸島花崗閃緑岩と主岩相の間に帯状に分布する (Fig. 3). 細粒相分布域には2カ所の金探鉱跡が認め られる (Fig. 3). 金探鉱跡周辺の細粒相は熱水変質作 用により変質が進んでいる。柚原・祐徳(2005)はそ れらを白色変質花崗閃緑岩と呼び、金鉱床はこの熱水 作用による産物であると推定した.同様な白色変質花 崗閃緑岩は,北西 - 南東方向の断層と北北東 - 南南西 方向の断層に沿っても点在する(柚原ほか, 2006b). 早良花崗岩からは 114 ± 11Ma の Rb-Sr 全岩アイソク ロン年代, 105.2 ± 2.3Maの Rb-Sr 全岩 - 鉱物アイソ クロン年代(大和田ほか, 1999), 84.3 ± 0.3Maの黒 雲母アイソクロン年代(柳ほか, 1999), 90 ± 10Ma のジルコンPb-a年代, 90 ± 10Ma, 94 ± 10Maの モナザイト Pb-a 年代 (Karakida et al., 1965), 82 ± 7Maの黒雲母 K-Ar 年代 (Shibata and Karakida, 1965)が報告されており、本地域の花崗岩からは、主 岩相について 96.6 ± 5.9Ma の Rb-Sr 全岩アイソクロ ン年代, 88.3 ± 0.5Maの Rb-Sr 全岩 - 鉱物アイソク ロン年代が、細粒相について101.2 ± 10.9MaのRb-Sr 全岩アイソクロン年代が得られている(川野・柚原,





Fig. 3. Geological map of the Gokayama area (Kawano and Yuhara, 2008b).

2008b).

本地域には糸島花崗閃緑岩や早良花崗岩に含まれる 小規模なレンズ状ブロック岩体として大理石,角閃 岩,泥質~苦鉄質片岩が認められる.大理石は小川内 集落から北西へ1km ほど離れた糸島花崗閃緑岩の分 布域に幅5m,長さ15m ほどのブロックとして産す る.周囲の糸島花崗閃緑岩との接触部は確認できず, 交代作用が生じているのか定かではない.角閃岩およ び泥質~苦鉄質片岩は大野川や倉谷川上流に厚さが最 大25m,長さは100m 以上のレンズ状岩体として産す る.これらの岩石の詳細な岩石記載は川野・柚原(2005, 2008a)で報告されている.

河川堆積物は那珂川・大野川流域に発達し,早良花 崗岩,糸島花崗閃緑岩,変成岩,ペグマタイト,アプ ライト,閃緑岩等の細礫~巨礫を含む砂礫層からなる. 礫は亜角礫から亜円礫からなり,大きさは最大数 m に達する.

糸島花崗閃緑岩と早良花崗岩との境界部付近では, 倉谷から小川内に伸びる北西 - 南東方向とそれを寸 断する北北東 - 南南西方向の右横ずれ断層が認めら れ,特に前者は最大幅 2m の破砕帯を伴う(柚原ほか, 2006a). これらは板屋峠断層系(九州活構造研究会, 1989; 久保ほか, 1993)に相当すると考えられる.

## 試料採取法および分析法

## 1. 試料採取法

地球化学図の作成のため、高本ほか(2005)ならび に伊藤ほか(2007)と同様に、44 試料の河川堆積物 を採取した. 試料採取地点は Fig. 4 に示した. 試料 採取地点のほとんどはダム湖として水没してしまうた め、記録として試料採取地点の写真を Appendix に示 す. これらの試料のほか、伊藤ほか(2007)により本 地域から採取された試料が6試料ある(Fig.4). 試料 採取は 2004 年 9 月~10 月に行った. 河川堆積物試料 の採取方法は、田中ほか(2001)に従い、80メッシ ユ(180µm)以下を分析試料とした.なお、本研究の 試料採取方法の詳細については、古川ほか(2004)に 報告している. 採取した試料は実験室内で風乾し、メ ノウ乳鉢で粉砕した. さらに、調査地域内に分布する 岩石も採取した(Fig. 4). 岩石試料の処理は、柚原・ 田口 (2003a) に従った. 採取した岩石ならびに河川 堆積物の一部から 60 メッシュ (250µm) ~ 80 メッシ ユの鉱物試料(斜長石,カリ長石,普通角閃石,黒雲 母,変質した黒雲母(以後,変質黒雲母と呼ぶ),イ ライト,緑泥石,黄鉄鉱)を,アイソダイナミックセ パレーターおよび重液を用いて、分離、精製した.ま た、古川ほか(2005)と同様に磁鉄鉱を、大野川河床 ならびに早良花崗岩の露頭下で棒磁石を用いて採取した (Fig. 4). 精製した鉱物試料の一部をメノウ乳鉢で 粉砕して分析試料とした.

## 2. 分析法

河川堆積物,岩石および鉱物試料に含まれる主成 分10元素(Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, P) と微量成分17元素(As, Ba, Co, Cr, Cu, Ga, Nb, Ni, Pb, Rb, S, Sr, V, Th, Y, Zn, Zr)を, 福岡大学理学部に設置の理学電機工業社製蛍光X線 分析装置 ZSX100e により測定した. 試料調整およ び測定方法は,柚原・田口(2003a, b, 2006),柚 原ほか(2004),高本ほか(2005)に従った. 試料 の吸着水( $H_2O^-$ )および構造水( $H_2O^+$ )は強熱減 量法, FeO は過マンガン酸カリウム滴定法によりそ れぞれ定量した.測定結果を Tables 1, 2, 3 に示す.

### 結果と考察

#### 1. 岩石ならびに鉱物の化学組成の特徴

Na<sub>2</sub>O, Cu, Ga, Nb, Sr, Th は糸島花崗閃緑岩と 早良花崗岩の間で明瞭な濃度差は認められない(柚 原・祐徳, 2005; 柚原ほか, 2006b; 川野・柚原, 2008b; Table 2). 糸島花崗閃緑岩は早良花崗岩に比べ, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*, MnO, MgO, CaO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Co, Cr, Ni, V, Y, Zn に富み, SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, Ba, Pb, Rb, Zr に乏しい傾向にある.

早良花崗岩の主岩相と細粒相の化学組成は類似しており,主岩相が細粒相に比べてSrにやや富む特徴がある.熱水変質作用を被った白色変質花崗閃緑岩は,早良花崗岩に比べFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*,MgO,CaO,Srに乏しく,As,Sに富む(柚原・祐徳,2005;柚原ほか,2006b).

三郡変成岩類の苦鉄質片岩および角閃岩は, 糸島花 崗閃緑岩や早良花崗岩に比べ, TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*, MnO, MgO, CaO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Cr, Ni, V に 富 み, SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, Ba, Pb, Rb, Th に乏しい(伊藤ほか, 2007; Table 2). 結晶質石灰岩は, CaO に極めて富み, Sr は他の 岩石と同程度であるが, CaO と Sr 以外の元素に極め て乏しい特徴がある(柚原・田口, 2006; Table 2).

斜長石は、他の鉱物と比べて、CaO、Na<sub>2</sub>O、Sr に、 カリ長石は Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, Ba, Pb, Sr に富む (Table 3). 普通角閃石は Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*, MnO, MgO, CaO, Co, V, Y, Zn に, 黒雲母は Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*, MgO, K<sub>2</sub>O, Ba, Co, Ga, Rb, S, Zn に富む傾向がそれぞれ認められる. 変質 黒雲母は, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*, MgO, Ba, Cr, Cu, Ga, Zn に富む. 緑泥石は Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*, MnO, MgO, Co, Ga, Zn に, イライトは Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, As, Ga, S, - 50 -



Fig. 4. Sample localities of stream sediments and rock samples. Open circles and squares are stream sediments and rock samples, respectively. Italic numbers are samples collected by Ito et al. (2007).

Zn に,磁鉄鉱は Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*, Co, Cr, V, Zr に富む. 黄 鉄鉱は As に極端に富み, Cu, Pb に富む. 黄鉄鉱が As に極端に富むことは, 柚原・祐徳 (2005) および 柚原ほか (2006b) の推定を裏付けるものである.

#### 2. 河川堆積物における元素の相関

河川堆積物における元素間の相関係数 ( $r^2$ ) を Table 4 に示す. これらのうち, TiO<sub>2</sub> と MgO と Co, MgO と CaO, CaO と Rb は極めて高い正の相関を 示す. このことは, これら各ペアの元素が同じ挙動 をしていることを示唆する. このほか, 比較的良い 正あるいは負の相関を示す元素関係が多数認められ る. すなわち, SiO<sub>2</sub> と Na<sub>2</sub>O が正の相関を示し, TiO<sub>2</sub> と  $Fe_2O_3^*$ , CaO, Y が 正 の, TiO<sub>2</sub> と Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, Ga, Rb が負の相関を示す. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> と Ga が, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>\*</sup> と MgO, CaO, Co, Y が正の, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>\*</sup> と V が負の相 関を示す. MnO と Y, MgO が正の, MgO と Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, Ga, Pb, Rb が負の相関を示す. CaO と Co, V, Y が正の, K<sub>2</sub>O, Ga, Pb が負の相関を示す. Na<sub>2</sub>O と Sr, V, Y は正の相関を示し, Na<sub>2</sub>O と Co は負の相 関を示す. K<sub>2</sub>O と Ba, Rb が正の相関を, K<sub>2</sub>O と Co, V が負の相関を示す. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> や As, Ni, Zr と相関の 良い元素はない. Co と Y は正の相関を, Co と Ga, Rb, Sr は負の相関を示す. Cr と Nb, Cu と Nb は負 の相関を, Ga と Sr, Th は正の相関を示す. Th と V は負の相関を, Th と Zn, V と Y は正の相関を示す.

- 51 -	_
--------	---

Table 1. Whole-rock chemical compositions of stream sediments in the Gokayama area.
---

Sample No.	GDS103	GDS104	GDS105	GDS106	GDS107	GDS108	GDS109	GDS110	GDS111	GDS112	GDS113	GDS114
SiO <sub>2</sub> (wt.%)	52.30	45.29	46.25	46.76	50.08	52.72	44.61	45.77	48.90	51.81	52.81	52.32
TiO	0.87	0.86	1.03	1.03	0.92	0.68	0.86	1.00	0.90	0.90	0.85	0.81
AL.Ó.	17.09	15.90	15.59	15.73	16.13	15.40	15.00	18.02	17.42	17.19	17.85	18.23
Fe O	4.60	1.34	2.92	0.39	3.58	0.27	1.36	1.37	213	2.79	1.83	1 4 4
FeO	3.87	7.91	777	8.00	5.00	4.75	6.27	7.46	6.09	5.06	1.00	4.54
MnO	0.15	0.16	0.17	0.55	0.17	4.75	0.27	0.20	0.05	0.16	0.11	0.19
MiiO	0.15	0.10	0.17	0.17	0.17	1.05	0.10	0.20	0.15	0.10	0.11	0.12
MgO	2.50	2.24	2.34	2.33	2.40	1.20	2.22	2.78	2.00	1.97	1.42	1.79
CaO	3.67	3.18	3.35	3.68	3.24	1.45	3.09	3.62	3.32	2.59	1.79	2.89
$Na_2O$	2.79	2.15	2.10	2.16	2.47	2.84	2.02	2.08	2.00	2.15	2.20	2.65
$K_{2}O$	2.25	2.10	1.74	1.88	1.92	2.61	1.72	1.77	1.99	2.14	2.38	2.11
$P_2O_5$	0.17	0.27	0.35	0.25	0.34	0.17	0.26	0.30	0.17	0.16	0.15	0.16
$H_2O$	2.17	4.06	3.64	3.48	3.67	3.85	4.47	3.47	2.80	2.73	3.33	2.72
$H_2O^+$	7.45	16.18	12.93	13.37	9.31	14.18	17.77	12.28	11.23	10.62	11.44	10.06
Total	99.88	100.94	100.18	100.42	99.37	100.31	99.80	100.12	99.66	100.27	100.48	99.84
As(ppm)	6	10	14	12	4	39	5	5	4	12	10	10
Ba	521	452	403	434	404	410	385	395	469	478	453	417
Со	20	20	21	21	22	15	20	21	17	18	16	13
Cr	44	37	46	48	32	105	38	35	37	87	51	58
Cu	18	19	12	17	20	20	23	34	28	17	22	29
Ga	21	20	20	20	21	20	20	24	22	20	23	22
Nh	14	13	20	17	14	15	13	14	15	15	14	17
Ni	15	10	20 12	12	19	10	17	14	16	17	17	20
Dh	10 91	12	12	20	12 91	19	24	14 91	10	17 91	17	20 92
	21 62	20	23 E0	20 60	21 E0	20	24 59	21 CC	22 C0	21 01	20 100	20 00
KD C	100	509	00	49.4	00	99 540	50	200	00	01	100	04
5	193	000 001	381	424	230	049 100	028 100	308	324 010	280	298 100	319
Sr	204	221	220	220	214	182	198	216	213	196	186	217
Th	6	8	9	7	7	9	7	6	8	11	8	11
V	153	152	186	176	151	82	140	166	148	149	111	104
Y	23	30	39	36	29	22	29	34	32	33	22	26
Zn	140	150	157	145	135	159	144	154	158	133	132	121
Zr	921	1521	2125	2055	1244	1162	1161	896	1700	3031	906	1551
Sample No.	GDS115	GDS116	GDS117	GDS120	GDS121	GDS122	GDS123	GDS125	GDS126	GDS127	GDS128	GDS129
oumpic 110.	000110	000110	000117	000120	000101	000100	000100	000150	000120	000101	000120	000120
SiO(wt%)	56 29	43 95	4997	4875	48 53	47.98	54.37	56.30	51.65	53.22	55 41	54 05
SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO	56.29 0.71	43.95 0.70	49.97 0.86	48.75 0.83	48.53 1.18	47.98 1.01	54.37 0.75	56.30 0.84	51.65 0.94	53.22 0.83	55.41 0.92	54.05 0.87
SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al O	56.29 0.71 18.18	43.95 0.70 14.63	49.97 0.86 15.74	48.75 0.83 16.45	48.53 1.18 18.34	47.98 1.01 17.43	54.37 0.75 19.41	56.30 0.84 16.69	51.65 0.94 15.89	53.22 0.83 17.21	55.41 0.92 16.59	54.05 0.87 17.17
$ \begin{array}{c} \operatorname{SiO}_2(\text{wt.\%}) \\ \operatorname{TiO}_2 \\ \operatorname{Al}_2 \operatorname{O}_3 \\ \operatorname{Fe} O \end{array} $	56.29 0.71 18.18 2.47	43.95 0.70 14.63 2.53	49.97 0.86 15.74 1.26	48.75 0.83 16.45 7.86*	48.53 1.18 18.34 3.85	47.98 1.01 17.43 6.87	54.37 0.75 19.41 2.18	56.30 0.84 16.69 3.89	51.65 0.94 15.89 2.72	53.22 0.83 17.21 1.93	55.41 0.92 16.59 3.56	54.05 0.87 17.17 3.42
$ \begin{array}{c} \operatorname{SiO}_2(\text{wt.\%}) \\ \operatorname{TiO}_2 \\ \operatorname{Al}_2 O_3 \\ \operatorname{Fe}_2 O_3 \\ \operatorname{Fe}_0 O_3 \end{array} $	56.29 0.71 18.18 2.47 3.36	43.95 0.70 14.63 2.53 3.36	49.97 0.86 15.74 1.26 6.70	48.75 0.83 16.45 7.86*	48.53 1.18 18.34 3.85 5.52	47.98 1.01 17.43 6.87 5.00	54.37 0.75 19.41 2.18 2.88	56.30 0.84 16.69 3.89 3.42	51.65 0.94 15.89 2.72 5.42	53.22 0.83 17.21 1.93 5.51	55.41 0.92 16.59 3.56 4.17	54.05 0.87 17.17 3.42 4.78
$\begin{array}{c} \operatorname{SiO}_2(\mathrm{wt.\%}\ )\\ \operatorname{TiO}_2\\ \operatorname{Al}_2\operatorname{O}_3\\ \operatorname{Fe}_2\operatorname{O}_3\\ \operatorname{FeO}\\ \operatorname{MaO} \end{array}$	56.29 0.71 18.18 2.47 3.36 0.12	43.95 0.70 14.63 2.53 3.36 0.14	49.97 0.86 15.74 1.26 6.70	48.75 0.83 16.45 7.86*	48.53 1.18 18.34 3.85 5.52 0.16	47.98 1.01 17.43 6.87 5.00 0.16	54.37 0.75 19.41 2.18 2.88 0.08	56.30 0.84 16.69 3.89 3.42 0.14	51.65 0.94 15.89 2.72 5.42 0.18	53.22 0.83 17.21 1.93 5.51 0.12	55.41 0.92 16.59 3.56 4.17 0.15	54.05 0.87 17.17 3.42 4.78 0.16
$\begin{array}{c} \operatorname{SiO}_2(\mathrm{wt.\%})\\ \operatorname{TiO}_2\\ \operatorname{Al}_2 O_3\\ \operatorname{Fe}_2 O_3\\ \operatorname{FeO}\\ \operatorname{MnO}\\ \operatorname{MnO}\\ \operatorname{MnO} \end{array}$	56.29 0.71 18.18 2.47 3.36 0.13	43.95 0.70 14.63 2.53 3.36 0.14 2.05	49.97 0.86 15.74 1.26 6.70 0.17	48.75 0.83 16.45 7.86* - 0.18 2.40	48.53 1.18 18.34 3.85 5.52 0.16 2.86	47.98 1.01 17.43 6.87 5.00 0.16	54.37 0.75 19.41 2.18 2.88 0.08	56.30 0.84 16.69 3.89 3.42 0.14	51.65 0.94 15.89 2.72 5.42 0.18	53.22 0.83 17.21 1.93 5.51 0.12	$55.41 \\ 0.92 \\ 16.59 \\ 3.56 \\ 4.17 \\ 0.15 \\ 2.17$	54.05 0.87 17.17 3.42 4.78 0.16
SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO MnO MgO	56.29 0.71 18.18 2.47 3.36 0.13 1.55 2.00	43.95 0.70 14.63 2.53 3.36 0.14 2.05 2.82	49.97 0.86 15.74 1.26 6.70 0.17 2.69	48.75 0.83 16.45 7.86* - 0.18 2.49	48.53 1.18 18.34 3.85 5.52 0.16 2.86 2.71	$47.98 \\ 1.01 \\ 17.43 \\ 6.87 \\ 5.00 \\ 0.16 \\ 2.58 \\ 2.51 $	54.37 0.75 19.41 2.18 2.88 0.08 0.91	$56.30 \\ 0.84 \\ 16.69 \\ 3.89 \\ 3.42 \\ 0.14 \\ 1.96 \\ 2.41 \\$	51.65 0.94 15.89 2.72 5.42 0.18 2.60	53.22 0.83 17.21 1.93 5.51 0.12 1.47 2.16	$55.41 \\ 0.92 \\ 16.59 \\ 3.56 \\ 4.17 \\ 0.15 \\ 2.17 \\ 2.78 \\ $	54.05 0.87 17.17 3.42 4.78 0.16 2.52 4.26
$\begin{array}{c} \mathrm{SiO}_2(\mathrm{wt.}\%) \\ \mathrm{TiO}_2 \\ \mathrm{Al}_2\mathrm{O}_3 \\ \mathrm{Fe}_2\mathrm{O}_3 \\ \mathrm{FeO} \\ \mathrm{MnO} \\ \mathrm{MgO} \\ \mathrm{CaO} \\ \mathrm{Vac} \\ \mathrm{O} \end{array}$	56.29 0.71 18.18 2.47 3.36 0.13 1.55 2.90	43.95 0.70 14.63 2.53 3.36 0.14 2.05 2.82 2.85	49.97 0.86 15.74 1.26 6.70 0.17 2.69 4.18	48.75 0.83 16.45 7.86* - 0.18 2.49 4.01	48.53 1.18 18.34 3.85 5.52 0.16 2.86 3.71	$47.98 \\ 1.01 \\ 17.43 \\ 6.87 \\ 5.00 \\ 0.16 \\ 2.58 \\ 3.51 \\ 1.50 $	54.37 0.75 19.41 2.18 2.88 0.08 0.91 1.37	56.30 0.84 16.69 3.89 3.42 0.14 1.96 3.41	$51.65 \\ 0.94 \\ 15.89 \\ 2.72 \\ 5.42 \\ 0.18 \\ 2.60 \\ 4.16 \\ 2.27 \\ 0.27 $	$53.22 \\ 0.83 \\ 17.21 \\ 1.93 \\ 5.51 \\ 0.12 \\ 1.47 \\ 3.16 \\ 2.10 \\ 1.47 \\ 3.16 \\ 2.10 \\ 1.47 \\ 3.16 \\ 1.47 \\ 1.47 \\ 3.16 \\ 1.47 $	55.41 0.92 16.59 3.56 4.17 0.15 2.17 3.78	54.05 0.87 17.17 3.42 4.78 0.16 2.52 4.26
$\begin{array}{c} \mathrm{SiO}_{2}(\mathrm{wt.\%}\ ) \\ \mathrm{TiO}_{2} \\ \mathrm{Al}_{2}\mathrm{O}_{3} \\ \mathrm{Fe}_{2}\mathrm{O}_{3} \\ \mathrm{FeO} \\ \mathrm{MnO} \\ \mathrm{MgO} \\ \mathrm{CaO} \\ \mathrm{Na}_{2}\mathrm{O} \end{array}$	56.29 0.71 18.18 2.47 3.36 0.13 1.55 2.90 3.18	43.95 0.70 14.63 2.53 3.36 0.14 2.05 2.82 2.05	49.97 0.86 15.74 1.26 6.70 0.17 2.69 4.18 2.51	48.75 0.83 16.45 7.86* - 0.18 2.49 4.01 2.27	48.53 1.18 18.34 3.85 5.52 0.16 2.86 3.71 1.50	47.98 1.01 17.43 6.87 5.00 0.16 2.58 3.51 1.70	54.37 0.75 19.41 2.18 2.88 0.08 0.91 1.37 3.12	56.30 0.84 16.69 3.89 3.42 0.14 1.96 3.41 2.98	$51.65 \\ 0.94 \\ 15.89 \\ 2.72 \\ 5.42 \\ 0.18 \\ 2.60 \\ 4.16 \\ 2.37 \\ 1.5 \\$	53.22 0.83 17.21 1.93 5.51 0.12 1.47 3.16 3.10	55.41 0.92 16.59 3.56 4.17 0.15 2.17 3.78 2.72	$54.05 \\ 0.87 \\ 17.17 \\ 3.42 \\ 4.78 \\ 0.16 \\ 2.52 \\ 4.26 \\ 2.74 \\ 1.74 \\ 0.74 $
$\begin{array}{c} \mathrm{SiO}_2(\mathrm{wt.}\%\ )\\ \mathrm{TiO}_2\\ \mathrm{Al}_2\mathrm{O}_3\\ \mathrm{Fe}_2\mathrm{O}_3\\ \mathrm{FeO}\\ \mathrm{MnO}\\ \mathrm{MgO}\\ \mathrm{CaO}\\ \mathrm{Na}_2\mathrm{O}\\ \mathrm{K}_2\mathrm{O}\\ \end{array}$	56.29 0.71 18.18 2.47 3.36 0.13 1.55 2.90 3.18 2.27	43.95 0.70 14.63 2.53 3.36 0.14 2.05 2.82 2.05 1.84	49.97 0.86 15.74 1.26 6.70 0.17 2.69 4.18 2.51 1.80	48.75 0.83 16.45 7.86* - 0.18 2.49 4.01 2.27 1.72	48.53 1.18 18.34 3.85 5.52 0.16 2.86 3.71 1.50 1.79	$\begin{array}{c} 47.98 \\ 1.01 \\ 17.43 \\ 6.87 \\ 5.00 \\ 0.16 \\ 2.58 \\ 3.51 \\ 1.70 \\ 2.05 \end{array}$	54.37 0.75 19.41 2.18 2.88 0.08 0.91 1.37 3.12 2.75	56.30 0.84 16.69 3.89 3.42 0.14 1.96 3.41 2.98 2.19	$51.65 \\ 0.94 \\ 15.89 \\ 2.72 \\ 5.42 \\ 0.18 \\ 2.60 \\ 4.16 \\ 2.37 \\ 1.81 $	$53.22 \\ 0.83 \\ 17.21 \\ 1.93 \\ 5.51 \\ 0.12 \\ 1.47 \\ 3.16 \\ 3.10 \\ 2.26 \\ 1.47 \\ 1.47 \\ 1.47 \\ 3.16 \\ 3.10 $	55.41 0.92 16.59 3.56 4.17 0.15 2.17 3.78 2.72 2.13	$54.05 \\ 0.87 \\ 17.17 \\ 3.42 \\ 4.78 \\ 0.16 \\ 2.52 \\ 4.26 \\ 2.74 \\ 1.87 $
$\begin{array}{c} SiO_{2}(wt.\%)\\ TiO_{2}\\ Al_{2}O_{3}\\ Fe_{2}O_{3}\\ FeO\\ MnO\\ MgO\\ CaO\\ Na_{2}O\\ K_{2}O\\ P_{2}O_{5} \end{array}$	56.29 0.71 18.18 2.47 3.36 0.13 1.55 2.90 3.18 2.27 0.12	$\begin{array}{c} 43.95 \\ 0.70 \\ 14.63 \\ 2.53 \\ 3.36 \\ 0.14 \\ 2.05 \\ 2.82 \\ 2.05 \\ 1.84 \\ 0.22 \end{array}$	$\begin{array}{c} 49.97 \\ 0.86 \\ 15.74 \\ 1.26 \\ 6.70 \\ 0.17 \\ 2.69 \\ 4.18 \\ 2.51 \\ 1.80 \\ 0.20 \end{array}$	48.75 0.83 16.45 7.86* - 0.18 2.49 4.01 2.27 1.72 0.18	$\begin{array}{c} 48.53 \\ 1.18 \\ 18.34 \\ 3.85 \\ 5.52 \\ 0.16 \\ 2.86 \\ 3.71 \\ 1.50 \\ 1.79 \\ 0.18 \end{array}$	$\begin{array}{c} 47.98 \\ 1.01 \\ 17.43 \\ 6.87 \\ 5.00 \\ 0.16 \\ 2.58 \\ 3.51 \\ 1.70 \\ 2.05 \\ 0.13 \end{array}$	$54.37 \\ 0.75 \\ 19.41 \\ 2.18 \\ 2.88 \\ 0.08 \\ 0.91 \\ 1.37 \\ 3.12 \\ 2.75 \\ 0.15$	$56.30 \\ 0.84 \\ 16.69 \\ 3.89 \\ 3.42 \\ 0.14 \\ 1.96 \\ 3.41 \\ 2.98 \\ 2.19 \\ 0.12$	$51.65 \\ 0.94 \\ 15.89 \\ 2.72 \\ 5.42 \\ 0.18 \\ 2.60 \\ 4.16 \\ 2.37 \\ 1.81 \\ 0.21$	$53.22 \\ 0.83 \\ 17.21 \\ 1.93 \\ 5.51 \\ 0.12 \\ 1.47 \\ 3.16 \\ 3.10 \\ 2.26 \\ 0.13$	$55.41 \\ 0.92 \\ 16.59 \\ 3.56 \\ 4.17 \\ 0.15 \\ 2.17 \\ 3.78 \\ 2.72 \\ 2.13 \\ 0.13$	$54.05 \\ 0.87 \\ 17.17 \\ 3.42 \\ 4.78 \\ 0.16 \\ 2.52 \\ 4.26 \\ 2.74 \\ 1.87 \\ 0.21 \\ 0.21 \\ 0.21 \\ 0.87 \\ 0.87 \\ 0.87 \\ 0.87 \\ 0.81 \\ 0.87 \\ 0.81 $
$\begin{array}{c} SiO_{2}(wt.\%)\\ TiO_{2}\\ Al_{2}O_{3}\\ Fe_{2}O_{3}\\ FeO\\ MnO\\ MgO\\ CaO\\ Na_{2}O\\ K_{2}O\\ P_{2}O_{5}\\ H_{2}O\\ \end{array}$	56.29 0.71 18.18 2.47 3.36 0.13 1.55 2.90 3.18 2.27 0.12 1.94	$\begin{array}{c} 43.95 \\ 0.70 \\ 14.63 \\ 2.53 \\ 3.36 \\ 0.14 \\ 2.05 \\ 2.82 \\ 2.05 \\ 1.84 \\ 0.22 \\ 5.47 \end{array}$	$\begin{array}{c} 49.97 \\ 0.86 \\ 15.74 \\ 1.26 \\ 6.70 \\ 0.17 \\ 2.69 \\ 4.18 \\ 2.51 \\ 1.80 \\ 0.20 \\ 2.82 \end{array}$	48.75 0.83 16.45 7.86* - 0.18 2.49 4.01 2.27 1.72 0.18 3.02	$\begin{array}{c} 48.53 \\ 1.18 \\ 18.34 \\ 3.85 \\ 5.52 \\ 0.16 \\ 2.86 \\ 3.71 \\ 1.50 \\ 1.79 \\ 0.18 \\ 2.37 \end{array}$	$\begin{array}{c} 47.98 \\ 1.01 \\ 17.43 \\ 6.87 \\ 5.00 \\ 0.16 \\ 2.58 \\ 3.51 \\ 1.70 \\ 2.05 \\ 0.13 \\ 2.36 \end{array}$	$54.37 \\ 0.75 \\ 19.41 \\ 2.18 \\ 2.88 \\ 0.08 \\ 0.91 \\ 1.37 \\ 3.12 \\ 2.75 \\ 0.15 \\ 2.96$	$56.30 \\ 0.84 \\ 16.69 \\ 3.89 \\ 3.42 \\ 0.14 \\ 1.96 \\ 3.41 \\ 2.98 \\ 2.19 \\ 0.12 \\ 1.55 \\ \end{cases}$	$51.65 \\ 0.94 \\ 15.89 \\ 2.72 \\ 5.42 \\ 0.18 \\ 2.60 \\ 4.16 \\ 2.37 \\ 1.81 \\ 0.21 \\ 2.49 \\$	$53.22 \\ 0.83 \\ 17.21 \\ 1.93 \\ 5.51 \\ 0.12 \\ 1.47 \\ 3.16 \\ 3.10 \\ 2.26 \\ 0.13 \\ 2.00$	$55.41 \\ 0.92 \\ 16.59 \\ 3.56 \\ 4.17 \\ 0.15 \\ 2.17 \\ 3.78 \\ 2.72 \\ 2.13 \\ 0.13 \\ 1.59 \\ 1.59 \\ 1.51 $	$54.05 \\ 0.87 \\ 17.17 \\ 3.42 \\ 4.78 \\ 0.16 \\ 2.52 \\ 4.26 \\ 2.74 \\ 1.87 \\ 0.21 \\ 1.69 \\ 1.69 \\ 1.65 $
$\begin{array}{c} {\rm SiO}_2({\rm wt}.\%) \\ {\rm TiO}_2 \\ {\rm Al}_2{\rm O}_3 \\ {\rm Fe}_2{\rm O}_3 \\ {\rm FeO} \\ {\rm MnO} \\ {\rm MgO} \\ {\rm CaO} \\ {\rm Na}_2{\rm O} \\ {\rm K}_2{\rm O} \\ {\rm P}_2{\rm O}_5 \\ {\rm H}_2{\rm O} \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \end{array}$	$56.29 \\ 0.71 \\ 18.18 \\ 2.47 \\ 3.36 \\ 0.13 \\ 1.55 \\ 2.90 \\ 3.18 \\ 2.27 \\ 0.12 \\ 1.94 \\ 6.95 \\ \end{cases}$	$\begin{array}{c} 43.95\\ 0.70\\ 14.63\\ 2.53\\ 3.36\\ 0.14\\ 2.05\\ 2.82\\ 2.05\\ 1.84\\ 0.22\\ 5.47\\ 19.96\end{array}$	$\begin{array}{c} 49.97 \\ 0.86 \\ 15.74 \\ 1.26 \\ 6.70 \\ 0.17 \\ 2.69 \\ 4.18 \\ 2.51 \\ 1.80 \\ 0.20 \\ 2.82 \\ 11.59 \end{array}$	48.75 0.83 16.45 7.86* - 0.18 2.49 4.01 2.27 1.72 0.18 3.02 13.53	$\begin{array}{c} 48.53 \\ 1.18 \\ 18.34 \\ 3.85 \\ 5.52 \\ 0.16 \\ 2.86 \\ 3.71 \\ 1.50 \\ 1.79 \\ 0.18 \\ 2.37 \\ 10.37 \end{array}$	$\begin{array}{c} 47.98\\ 1.01\\ 17.43\\ 6.87\\ 5.00\\ 0.16\\ 2.58\\ 3.51\\ 1.70\\ 2.05\\ 0.13\\ 2.36\\ 9.09 \end{array}$	$54.37 \\ 0.75 \\ 19.41 \\ 2.18 \\ 2.88 \\ 0.08 \\ 0.91 \\ 1.37 \\ 3.12 \\ 2.75 \\ 0.15 \\ 2.96 \\ 9.01$	$56.30 \\ 0.84 \\ 16.69 \\ 3.89 \\ 3.42 \\ 0.14 \\ 1.96 \\ 3.41 \\ 2.98 \\ 2.19 \\ 0.12 \\ 1.55 \\ 6.76 \\ \end{cases}$	$51.65 \\ 0.94 \\ 15.89 \\ 2.72 \\ 5.42 \\ 0.18 \\ 2.60 \\ 4.16 \\ 2.37 \\ 1.81 \\ 0.21 \\ 2.49 \\ 10.19 \\ 10.19 \\ 10.19 \\ 10.10 $	$53.22 \\ 0.83 \\ 17.21 \\ 1.93 \\ 5.51 \\ 0.12 \\ 1.47 \\ 3.16 \\ 3.10 \\ 2.26 \\ 0.13 \\ 2.00 \\ 10.03$	$55.41 \\ 0.92 \\ 16.59 \\ 3.56 \\ 4.17 \\ 0.15 \\ 2.17 \\ 3.78 \\ 2.72 \\ 2.13 \\ 0.13 \\ 1.59 \\ 6.81 \\ 0.81 \\ 0.92 $	$54.05 \\ 0.87 \\ 17.17 \\ 3.42 \\ 4.78 \\ 0.16 \\ 2.52 \\ 4.26 \\ 2.74 \\ 1.87 \\ 0.21 \\ 1.69 \\ 6.35 \\ \end{cases}$
$\begin{array}{c} {\rm SiO}_2({\rm wt.}\%\ ) \\ {\rm TiO}_2 \\ {\rm Al}_2{\rm O}_3 \\ {\rm Fe}_2{\rm O}_3 \\ {\rm FeO} \\ {\rm MnO} \\ {\rm MgO} \\ {\rm CaO} \\ {\rm Na}_2{\rm O} \\ {\rm K}_2{\rm O} \\ {\rm P}_2{\rm O}_5 \\ {\rm H}_2{\rm O} \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm Total} \\ \end{array}$	$56.29 \\ 0.71 \\ 18.18 \\ 2.47 \\ 3.36 \\ 0.13 \\ 1.55 \\ 2.90 \\ 3.18 \\ 2.27 \\ 0.12 \\ 1.94 \\ 6.95 \\ 100.05$	$\begin{array}{c} 43.95\\ 0.70\\ 14.63\\ 2.53\\ 3.36\\ 0.14\\ 2.05\\ 2.82\\ 2.05\\ 1.84\\ 0.22\\ 5.47\\ 19.96\\ 99.72 \end{array}$	$\begin{array}{c} 49.97\\ 0.86\\ 15.74\\ 1.26\\ 6.70\\ 0.17\\ 2.69\\ 4.18\\ 2.51\\ 1.80\\ 0.20\\ 2.82\\ 11.59\\ 100.49\end{array}$	48.75 0.83 16.45 7.86* - 0.18 2.49 4.01 2.27 1.72 0.18 3.02 13.53 101.29	$\begin{array}{r} 48.53 \\ 1.18 \\ 18.34 \\ 3.85 \\ 5.52 \\ 0.16 \\ 2.86 \\ 3.71 \\ 1.50 \\ 1.79 \\ 0.18 \\ 2.37 \\ 10.37 \\ 100.36 \end{array}$	$\begin{array}{c} 47.98\\ 1.01\\ 17.43\\ 6.87\\ 5.00\\ 0.16\\ 2.58\\ 3.51\\ 1.70\\ 2.05\\ 0.13\\ 2.36\\ 9.09\\ 99.87\\ \end{array}$	$54.37 \\ 0.75 \\ 19.41 \\ 2.18 \\ 2.88 \\ 0.08 \\ 0.91 \\ 1.37 \\ 3.12 \\ 2.75 \\ 0.15 \\ 2.96 \\ 9.01 \\ 99.94$	$56.30 \\ 0.84 \\ 16.69 \\ 3.89 \\ 3.42 \\ 0.14 \\ 1.96 \\ 3.41 \\ 2.98 \\ 2.19 \\ 0.12 \\ 1.55 \\ 6.76 \\ 100.25 \\ \end{bmatrix}$	$51.65 \\ 0.94 \\ 15.89 \\ 2.72 \\ 5.42 \\ 0.18 \\ 2.60 \\ 4.16 \\ 2.37 \\ 1.81 \\ 0.21 \\ 2.49 \\ 10.19 \\ 100.63 \\ \end{bmatrix}$	$\begin{array}{c} 53.22\\ 0.83\\ 17.21\\ 1.93\\ 5.51\\ 0.12\\ 1.47\\ 3.16\\ 3.10\\ 2.26\\ 0.13\\ 2.00\\ 10.03\\ 100.97\\ \end{array}$	$55.41 \\ 0.92 \\ 16.59 \\ 3.56 \\ 4.17 \\ 0.15 \\ 2.17 \\ 3.78 \\ 2.72 \\ 2.13 \\ 0.13 \\ 1.59 \\ 6.81 \\ 100.13 $	$54.05 \\ 0.87 \\ 17.17 \\ 3.42 \\ 4.78 \\ 0.16 \\ 2.52 \\ 4.26 \\ 2.74 \\ 1.87 \\ 0.21 \\ 1.69 \\ 6.35 \\ 100.09 $
$\begin{array}{c} {\rm SiO}_2({\rm wt}.\%) \\ {\rm TiO}_2 \\ {\rm Al}_2{\rm O}_3 \\ {\rm Fe}_2{\rm O}_3 \\ {\rm FeO} \\ {\rm MnO} \\ {\rm MgO} \\ {\rm CaO} \\ {\rm Na}_2{\rm O} \\ {\rm K}_2{\rm O} \\ {\rm P}_2{\rm O}_5 \\ {\rm H}_2{\rm O} \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm Total} \\ {\rm As(ppm)} \end{array}$	$56.29 \\ 0.71 \\ 18.18 \\ 2.47 \\ 3.36 \\ 0.13 \\ 1.55 \\ 2.90 \\ 3.18 \\ 2.27 \\ 0.12 \\ 1.94 \\ 6.95 \\ 100.05 \\ 5 \\ \end{bmatrix}$	$\begin{array}{c} 43.95\\ 0.70\\ 14.63\\ 2.53\\ 3.36\\ 0.14\\ 2.05\\ 2.82\\ 2.05\\ 1.84\\ 0.22\\ 5.47\\ 19.96\\ 99.72\\ 4\end{array}$	$\begin{array}{c} 49.97\\ 0.86\\ 15.74\\ 1.26\\ 6.70\\ 0.17\\ 2.69\\ 4.18\\ 2.51\\ 1.80\\ 0.20\\ 2.82\\ 11.59\\ 100.49\\ 4\end{array}$	48.75 0.83 16.45 7.86* - 0.18 2.49 4.01 2.27 1.72 0.18 3.02 13.53 101.29 6	$\begin{array}{r} 48.53 \\ 1.18 \\ 18.34 \\ 3.85 \\ 5.52 \\ 0.16 \\ 2.86 \\ 3.71 \\ 1.50 \\ 1.79 \\ 0.18 \\ 2.37 \\ 10.37 \\ 100.36 \\ 4 \end{array}$	$\begin{array}{r} 47.98\\ 1.01\\ 17.43\\ 6.87\\ 5.00\\ 0.16\\ 2.58\\ 3.51\\ 1.70\\ 2.05\\ 0.13\\ 2.36\\ 9.09\\ \underline{99.87}\\ 5\end{array}$	54.37 0.75 19.41 2.18 2.88 0.08 0.91 1.37 3.12 2.75 0.15 2.96 9.01 99.94 9	$56.30 \\ 0.84 \\ 16.69 \\ 3.89 \\ 3.42 \\ 0.14 \\ 1.96 \\ 3.41 \\ 2.98 \\ 2.19 \\ 0.12 \\ 1.55 \\ 6.76 \\ 100.25 \\ <4$	$51.65 \\ 0.94 \\ 15.89 \\ 2.72 \\ 5.42 \\ 0.18 \\ 2.60 \\ 4.16 \\ 2.37 \\ 1.81 \\ 0.21 \\ 2.49 \\ 10.19 \\ 100.63 \\ < 4$	$\begin{array}{c} 53.22\\ 0.83\\ 17.21\\ 1.93\\ 5.51\\ 0.12\\ 1.47\\ 3.16\\ 3.10\\ 2.26\\ 0.13\\ 2.00\\ 10.03\\ 100.97\\ < 4\end{array}$	55.41 0.92 16.59 3.56 4.17 0.15 2.17 3.78 2.72 2.13 0.13 1.59 6.81 100.13 <4	54.05 0.87 17.17 3.42 4.78 0.16 2.52 4.26 2.74 1.87 0.21 1.69 6.35 100.09 <4
$\begin{array}{c} {\rm SiO}_2({\rm wt}.\%) \\ {\rm TiO}_2 \\ {\rm Al}_2{\rm O}_3 \\ {\rm Fe}_2{\rm O}_3 \\ {\rm FeO} \\ {\rm MnO} \\ {\rm MgO} \\ {\rm CaO} \\ {\rm Na}_2{\rm O} \\ {\rm K}_2{\rm O} \\ {\rm P}_2{\rm O}_5 \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm Total} \\ \\ {\rm As}({\rm ppm}) \\ {\rm Ba} \end{array}$	$56.29 \\ 0.71 \\ 18.18 \\ 2.47 \\ 3.36 \\ 0.13 \\ 1.55 \\ 2.90 \\ 3.18 \\ 2.27 \\ 0.12 \\ 1.94 \\ 6.95 \\ 100.05 \\ 5 \\ 445 \\ \end{bmatrix}$	$\begin{array}{r} 43.95\\ 0.70\\ 14.63\\ 2.53\\ 3.36\\ 0.14\\ 2.05\\ 2.82\\ 2.05\\ 1.84\\ 0.22\\ 5.47\\ 19.96\\ 99.72\\ 4\\ 375 \end{array}$	$\begin{array}{r} 49.97\\ 0.86\\ 15.74\\ 1.26\\ 6.70\\ 0.17\\ 2.69\\ 4.18\\ 2.51\\ 1.80\\ 0.20\\ 2.82\\ 11.59\\ 100.49\\ 4\\ 416\end{array}$	$\begin{array}{r} 48.75\\ 0.83\\ 16.45\\ 7.86^*\\ -\\ 0.18\\ 2.49\\ 4.01\\ 2.27\\ 1.72\\ 0.18\\ 3.02\\ 13.53\\ 101.29\\ 6\\ 439\end{array}$	$\begin{array}{r} 48.53\\ 1.18\\ 18.34\\ 3.85\\ 5.52\\ 0.16\\ 2.86\\ 3.71\\ 1.50\\ 1.79\\ 0.18\\ 2.37\\ 10.37\\ 100.36\\ 4\\ 515\end{array}$	$\begin{array}{r} 47.98\\ 1.01\\ 17.43\\ 6.87\\ 5.00\\ 0.16\\ 2.58\\ 3.51\\ 1.70\\ 2.05\\ 0.13\\ 2.36\\ 9.09\\ 99.87\\ \hline 5\\ 542 \end{array}$	$54.37 \\ 0.75 \\ 19.41 \\ 2.18 \\ 2.88 \\ 0.08 \\ 0.91 \\ 1.37 \\ 3.12 \\ 2.75 \\ 0.15 \\ 2.96 \\ 9.01 \\ 99.94 \\ 9 \\ 472 \\$	$56.30 \\ 0.84 \\ 16.69 \\ 3.89 \\ 3.42 \\ 0.14 \\ 1.96 \\ 3.41 \\ 2.98 \\ 2.19 \\ 0.12 \\ 1.55 \\ 6.76 \\ 100.25 \\ <4 \\ 405 \\ \end{cases}$	$51.65 \\ 0.94 \\ 15.89 \\ 2.72 \\ 5.42 \\ 0.18 \\ 2.60 \\ 4.16 \\ 2.37 \\ 1.81 \\ 0.21 \\ 2.49 \\ 10.19 \\ 100.63 \\ <4 \\ 365 \\ \end{cases}$	$53.22 \\ 0.83 \\ 17.21 \\ 1.93 \\ 5.51 \\ 0.12 \\ 1.47 \\ 3.16 \\ 3.10 \\ 2.26 \\ 0.13 \\ 2.00 \\ 10.03 \\ 100.97 \\ < 4 \\ 402 \\$	$55.41 \\ 0.92 \\ 16.59 \\ 3.56 \\ 4.17 \\ 0.15 \\ 2.17 \\ 3.78 \\ 2.72 \\ 2.13 \\ 0.13 \\ 1.59 \\ 6.81 \\ 100.13 \\ <4 \\ 389 \\$	$54.05 \\ 0.87 \\ 17.17 \\ 3.42 \\ 4.78 \\ 0.16 \\ 2.52 \\ 4.26 \\ 2.74 \\ 1.87 \\ 0.21 \\ 1.69 \\ 6.35 \\ 100.09 \\ < 4 \\ 441 \\$
$\begin{array}{c} {\rm SiO}_2({\rm wt}.\%) \\ {\rm TiO}_2 \\ {\rm Al}_2{\rm O}_3 \\ {\rm Fe}_2{\rm O}_3 \\ {\rm FeO} \\ {\rm MnO} \\ {\rm MgO} \\ {\rm CaO} \\ {\rm Na}_2{\rm O} \\ {\rm K}_2{\rm O} \\ {\rm P}_2{\rm O}_5 \\ {\rm H}_2{\rm O} \\ {\rm Ba} \\ {\rm Co} \end{array}$	$56.29 \\ 0.71 \\ 18.18 \\ 2.47 \\ 3.36 \\ 0.13 \\ 1.55 \\ 2.90 \\ 3.18 \\ 2.27 \\ 0.12 \\ 1.94 \\ 6.95 \\ 100.05 \\ 5 \\ 445 \\ 12 \\ 12 \\ 12 \\ 10000$	$\begin{array}{r} 43.95\\ 0.70\\ 14.63\\ 2.53\\ 3.36\\ 0.14\\ 2.05\\ 2.82\\ 2.05\\ 1.84\\ 0.22\\ 5.47\\ 19.96\\ 99.72\\ 4\\ 375\\ 17\end{array}$	$\begin{array}{r} 49.97\\ 0.86\\ 15.74\\ 1.26\\ 6.70\\ 0.17\\ 2.69\\ 4.18\\ 2.51\\ 1.80\\ 0.20\\ 2.82\\ 11.59\\ 100.49\\ \hline \\ 4\\ 416\\ 18\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 48.75\\ 0.83\\ 16.45\\ 7.86^*\\ -\\ 0.18\\ 2.49\\ 4.01\\ 2.27\\ 1.72\\ 0.18\\ 3.02\\ 13.53\\ 101.29\\ 6\\ 439\\ 20\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 48.53\\ 1.18\\ 18.34\\ 3.85\\ 5.52\\ 0.16\\ 2.86\\ 3.71\\ 1.50\\ 1.79\\ 0.18\\ 2.37\\ 10.37\\ 100.36\\ 4\\ 515\\ 21\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 47.98\\ 1.01\\ 17.43\\ 6.87\\ 5.00\\ 0.16\\ 2.58\\ 3.51\\ 1.70\\ 2.05\\ 0.13\\ 2.36\\ 9.09\\ 99.87\\ \hline 5\\ 542\\ 21\\ \end{array}$	$54.37 \\ 0.75 \\ 19.41 \\ 2.18 \\ 2.88 \\ 0.08 \\ 0.91 \\ 1.37 \\ 3.12 \\ 2.75 \\ 0.15 \\ 2.96 \\ 9.01 \\ 99.94 \\ 9 \\ 472 \\ 11 \\ 1$	$56.30 \\ 0.84 \\ 16.69 \\ 3.89 \\ 3.42 \\ 0.14 \\ 1.96 \\ 3.41 \\ 2.98 \\ 2.19 \\ 0.12 \\ 1.55 \\ 6.76 \\ 100.25 \\ <4 \\ 405 \\ 14 \\ \end{cases}$	$51.65 \\ 0.94 \\ 15.89 \\ 2.72 \\ 5.42 \\ 0.18 \\ 2.60 \\ 4.16 \\ 2.37 \\ 1.81 \\ 0.21 \\ 2.49 \\ 10.19 \\ 100.63 \\ <4 \\ 365 \\ 18 \\ 18 \\ 18 \\ 1000$	$\begin{array}{c} 53.22\\ 0.83\\ 17.21\\ 1.93\\ 5.51\\ 0.12\\ 1.47\\ 3.16\\ 3.10\\ 2.26\\ 0.13\\ 2.00\\ 10.03\\ 100.97\\ <4\\ 402\\ 12\end{array}$	$55.41 \\ 0.92 \\ 16.59 \\ 3.56 \\ 4.17 \\ 0.15 \\ 2.17 \\ 3.78 \\ 2.72 \\ 2.13 \\ 0.13 \\ 1.59 \\ 6.81 \\ 100.13 \\ <4 \\ 389 \\ 15 \\ 15 \\ $	$54.05 \\ 0.87 \\ 17.17 \\ 3.42 \\ 4.78 \\ 0.16 \\ 2.52 \\ 4.26 \\ 2.74 \\ 1.87 \\ 0.21 \\ 1.69 \\ 6.35 \\ 100.09 \\ < 4 \\ 441 \\ 20 \\$
$\begin{array}{c} {\rm SiO}_2({\rm wt}.\%) \\ {\rm TiO}_2 \\ {\rm Al}_2{\rm O}_3 \\ {\rm Fe}_2{\rm O}_3 \\ {\rm FeO} \\ {\rm MnO} \\ {\rm MgO} \\ {\rm CaO} \\ {\rm Na}_2{\rm O} \\ {\rm K}_2{\rm O} \\ {\rm P}_2{\rm O}_5 \\ {\rm H}_2{\rm O} \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm Total} \\ {\rm As}({\rm ppm}) \\ {\rm Ba} \\ {\rm Co} \\ {\rm Cr} \end{array}$	$\begin{array}{c} 56.29\\ 0.71\\ 18.18\\ 2.47\\ 3.36\\ 0.13\\ 1.55\\ 2.90\\ 3.18\\ 2.27\\ 0.12\\ 1.94\\ 6.95\\ 100.05\\ \hline 5\\ 445\\ 12\\ 33\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 43.95\\ 0.70\\ 14.63\\ 2.53\\ 3.36\\ 0.14\\ 2.05\\ 2.82\\ 2.05\\ 1.84\\ 0.22\\ 5.47\\ 19.96\\ 99.72\\ 4\\ 375\\ 17\\ 54 \end{array}$	$\begin{array}{c} 49.97\\ 0.86\\ 15.74\\ 1.26\\ 6.70\\ 0.17\\ 2.69\\ 4.18\\ 2.51\\ 1.80\\ 0.20\\ 2.82\\ 11.59\\ 100.49\\ 4\\ 416\\ 18\\ 71\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 48.75\\ 0.83\\ 16.45\\ 7.86^*\\ \hline\\ 0.18\\ 2.49\\ 4.01\\ 2.27\\ 1.72\\ 0.18\\ 3.02\\ 13.53\\ 101.29\\ \hline\\ 6\\ 439\\ 20\\ 55\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 48.53\\ 1.18\\ 18.34\\ 3.85\\ 5.52\\ 0.16\\ 2.86\\ 3.71\\ 1.50\\ 1.79\\ 0.18\\ 2.37\\ 10.37\\ 100.36\\ 4\\ 515\\ 21\\ 38\end{array}$	$\begin{array}{r} 47.98\\ 1.01\\ 17.43\\ 6.87\\ 5.00\\ 0.16\\ 2.58\\ 3.51\\ 1.70\\ 2.05\\ 0.13\\ 2.36\\ 9.09\\ \underline{99.87}\\ 5\\ 542\\ 21\\ 45\\ \end{array}$	$54.37 \\ 0.75 \\ 19.41 \\ 2.18 \\ 2.88 \\ 0.08 \\ 0.91 \\ 1.37 \\ 3.12 \\ 2.75 \\ 0.15 \\ 2.96 \\ 9.01 \\ 99.94 \\ 9 \\ 472 \\ 11 \\ 23 \\ 11 \\ 23 \\ 100 \\$	$\begin{array}{c} 56.30\\ 0.84\\ 16.69\\ 3.89\\ 3.42\\ 0.14\\ 1.96\\ 3.41\\ 2.98\\ 2.19\\ 0.12\\ 1.55\\ 6.76\\ 100.25\\ <4\\ 405\\ 14\\ 32\\ \end{array}$	$51.65 \\ 0.94 \\ 15.89 \\ 2.72 \\ 5.42 \\ 0.18 \\ 2.60 \\ 4.16 \\ 2.37 \\ 1.81 \\ 0.21 \\ 2.49 \\ 10.19 \\ 100.63 \\ <4 \\ 365 \\ 18 \\ 55 \\ 18 \\ 55 \\ \end{tabular}$	$\begin{array}{c} 53.22\\ 0.83\\ 17.21\\ 1.93\\ 5.51\\ 0.12\\ 1.47\\ 3.16\\ 3.10\\ 2.26\\ 0.13\\ 2.00\\ 10.03\\ 100.97\\ <4\\ 402\\ 12\\ 22\end{array}$	$\begin{array}{c} 55.41\\ 0.92\\ 16.59\\ 3.56\\ 4.17\\ 0.15\\ 2.17\\ 3.78\\ 2.72\\ 2.13\\ 0.13\\ 1.59\\ 6.81\\ 100.13\\ <4\\ 389\\ 15\\ 38\end{array}$	54.05 0.87 17.17 3.42 4.78 0.16 2.52 4.26 2.74 1.87 0.21 1.69 6.35 100.09 <4 441 20 36
$\begin{array}{c} {\rm SiO}_2({\rm wt}.\%) \\ {\rm TiO}_2 \\ {\rm Al}_2{\rm O}_3 \\ {\rm Fe}_2{\rm O}_3 \\ {\rm FeO} \\ {\rm MnO} \\ {\rm MgO} \\ {\rm CaO} \\ {\rm MgO} \\ {\rm CaO} \\ {\rm Na}_2{\rm O} \\ {\rm K}_2{\rm O} \\ {\rm P}_2{\rm O}_5 \\ {\rm H}_2{\rm O} \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm Total} \\ {\rm As(ppm)} \\ {\rm Ba} \\ {\rm Co} \\ {\rm Cr} \\ {\rm Cu} \end{array}$	$56.29 \\ 0.71 \\ 18.18 \\ 2.47 \\ 3.36 \\ 0.13 \\ 1.55 \\ 2.90 \\ 3.18 \\ 2.27 \\ 0.12 \\ 1.94 \\ 6.95 \\ 100.05 \\ 5 \\ 5 \\ 445 \\ 12 \\ 33 \\ 21 \\ 10000000000000000000000000000000$	$\begin{array}{r} 43.95\\ 0.70\\ 14.63\\ 2.53\\ 3.36\\ 0.14\\ 2.05\\ 2.82\\ 2.05\\ 1.84\\ 0.22\\ 5.47\\ 19.96\\ 99.72\\ 99.72\\ 4\\ 375\\ 17\\ 54\\ 34\\ \end{array}$	$\begin{array}{c} 49.97\\ 0.86\\ 15.74\\ 1.26\\ 6.70\\ 0.17\\ 2.69\\ 4.18\\ 2.51\\ 1.80\\ 0.20\\ 2.82\\ 11.59\\ 100.49\\ \hline 416\\ 18\\ 71\\ 17\\ 17\end{array}$	$\begin{array}{r} 48.75\\ 0.83\\ 16.45\\ 7.86^*\\ -\\ 0.18\\ 2.49\\ 4.01\\ 2.27\\ 1.72\\ 0.18\\ 3.02\\ 13.53\\ 101.29\\ 6\\ 439\\ 20\\ 55\\ 24 \end{array}$	$\begin{array}{r} 48.53\\ 1.18\\ 18.34\\ 3.85\\ 5.52\\ 0.16\\ 2.86\\ 3.71\\ 1.50\\ 1.79\\ 0.18\\ 2.37\\ 100.36\\ 4\\ 515\\ 21\\ 38\\ 17 \end{array}$	$\begin{array}{r} 47.98\\ 1.01\\ 17.43\\ 6.87\\ 5.00\\ 0.16\\ 2.58\\ 3.51\\ 1.70\\ 2.05\\ 0.13\\ 2.36\\ 9.09\\ 99.87\\ 5\\ 542\\ 21\\ 45\\ 9\end{array}$	$54.37 \\ 0.75 \\ 19.41 \\ 2.18 \\ 2.88 \\ 0.08 \\ 0.91 \\ 1.37 \\ 3.12 \\ 2.75 \\ 0.15 \\ 2.96 \\ 9.01 \\ 9.994 \\ 9 \\ 472 \\ 11 \\ 23 \\ 19 \\ 19$	$\begin{array}{c} 56.30\\ 0.84\\ 16.69\\ 3.89\\ 3.42\\ 0.14\\ 1.96\\ 3.41\\ 2.98\\ 2.19\\ 0.12\\ 1.55\\ 6.76\\ 100.25\\ <4\\ 405\\ 14\\ 32\\ 17\end{array}$	$51.65 \\ 0.94 \\ 15.89 \\ 2.72 \\ 5.42 \\ 0.18 \\ 2.60 \\ 4.16 \\ 2.37 \\ 1.81 \\ 0.21 \\ 2.49 \\ 10.19 \\ 100.63 \\ <4 \\ 365 \\ 18 \\ 55 \\ 24 \\ \end{cases}$	$\begin{array}{c} 53.22\\ 0.83\\ 17.21\\ 1.93\\ 5.51\\ 0.12\\ 1.47\\ 3.16\\ 3.10\\ 2.26\\ 0.13\\ 2.00\\ 10.03\\ 100.97\\ <4\\ 402\\ 12\\ 22\\ 15\end{array}$	$55.41 \\ 0.92 \\ 16.59 \\ 3.56 \\ 4.17 \\ 0.15 \\ 2.17 \\ 3.78 \\ 2.72 \\ 2.13 \\ 0.13 \\ 1.59 \\ 6.81 \\ 100.13 \\ <4 \\ 389 \\ 15 \\ 38 \\ 14 \\ \end{cases}$	$\begin{array}{c} 54.05\\ 0.87\\ 17.17\\ 3.42\\ 4.78\\ 0.16\\ 2.52\\ 4.26\\ 2.74\\ 1.87\\ 0.21\\ 1.69\\ 6.35\\ 100.09\\ <4\\ 441\\ 20\\ 36\\ 18\end{array}$
$\begin{array}{c} {\rm SiO}_2({\rm wt}.\%) \\ {\rm TiO}_2 \\ {\rm Al}_2{\rm O}_3 \\ {\rm Fe}_2{\rm O}_3 \\ {\rm FeO} \\ {\rm MnO} \\ {\rm MgO} \\ {\rm CaO} \\ {\rm MgO} \\ {\rm CaO} \\ {\rm Na}_2{\rm O} \\ {\rm K}_2{\rm O} \\ {\rm P}_2{\rm O}_5 \\ {\rm H}_2{\rm O} \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm Total} \\ {\rm As}({\rm ppm}) \\ {\rm Ba} \\ {\rm Co} \\ {\rm Cr} \\ {\rm Cu} \\ {\rm Ga} \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} 56.29\\ 0.71\\ 18.18\\ 2.47\\ 3.36\\ 0.13\\ 1.55\\ 2.90\\ 3.18\\ 2.27\\ 0.12\\ 1.94\\ 6.95\\ 100.05\\ 5\\ 445\\ 12\\ 33\\ 21\\ 24\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 43.95\\ 0.70\\ 14.63\\ 2.53\\ 3.36\\ 0.14\\ 2.05\\ 2.82\\ 2.05\\ 1.84\\ 0.22\\ 5.47\\ 19.96\\ 99.72\\ 4\\ 375\\ 17\\ 54\\ 34\\ 20\\ \end{array}$	$\begin{array}{c} 49.97\\ 0.86\\ 15.74\\ 1.26\\ 6.70\\ 0.17\\ 2.69\\ 4.18\\ 2.51\\ 1.80\\ 0.20\\ 2.82\\ 11.59\\ 100.49\\ \hline \\ 4\\ 416\\ 18\\ 71\\ 17\\ 19\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 48.75\\ 0.83\\ 16.45\\ 7.86^*\\ -\\ 0.18\\ 2.49\\ 4.01\\ 2.27\\ 1.72\\ 0.18\\ 3.02\\ 13.53\\ 101.29\\ 6\\ 439\\ 20\\ 55\\ 24\\ 19\end{array}$	$\begin{array}{r} 48.53\\ 1.18\\ 18.34\\ 3.85\\ 5.52\\ 0.16\\ 2.86\\ 3.71\\ 1.50\\ 1.79\\ 0.18\\ 2.37\\ 10.37\\ 10.37\\ 10.36\\ 4\\ 515\\ 21\\ 38\\ 17\\ 22\\ \end{array}$	$\begin{array}{c} 47.98\\ 1.01\\ 17.43\\ 6.87\\ 5.00\\ 0.16\\ 2.58\\ 3.51\\ 1.70\\ 2.05\\ 0.13\\ 2.36\\ 9.09\\ 99.87\\ 5\\ 5\\ 542\\ 21\\ 45\\ 9\\ 20\\ \end{array}$	$54.37 \\ 0.75 \\ 19.41 \\ 2.18 \\ 2.88 \\ 0.08 \\ 0.91 \\ 1.37 \\ 3.12 \\ 2.75 \\ 0.15 \\ 2.96 \\ 9.01 \\ 99.94 \\ 9 \\ 9 \\ 472 \\ 11 \\ 23 \\ 19 \\ 28 \\ 19 \\ 28 \\ 10.75 \\ 10.$	$\begin{array}{c} 56.30\\ 0.84\\ 16.69\\ 3.89\\ 3.42\\ 0.14\\ 1.96\\ 3.41\\ 2.98\\ 2.19\\ 0.12\\ 1.55\\ 6.76\\ 100.25\\ <4\\ 405\\ 14\\ 32\\ 17\\ 22\\ \end{array}$	51.65 0.94 15.89 2.72 5.42 0.18 2.60 4.16 2.37 1.81 0.21 2.49 10.19 100.63 <4 365 18 55 24 19	$\begin{array}{c} 53.22\\ 0.83\\ 17.21\\ 1.93\\ 5.51\\ 0.12\\ 1.47\\ 3.16\\ 3.10\\ 2.26\\ 0.13\\ 2.00\\ 10.03\\ 100.97\\ <4\\ 402\\ 12\\ 22\\ 15\\ 22\\ 15\\ 22\end{array}$	$\begin{array}{c} 55.41\\ 0.92\\ 16.59\\ 3.56\\ 4.17\\ 0.15\\ 2.17\\ 3.78\\ 2.72\\ 2.13\\ 0.13\\ 1.59\\ 6.81\\ 100.13\\ <4\\ 389\\ 15\\ 38\\ 14\\ 21\\ \end{array}$	54.05 0.87 17.17 3.42 4.78 0.16 2.52 4.26 2.74 1.87 0.21 1.69 6.35 100.09 <4 441 20 36 18 21
$\begin{array}{c} {\rm SiO}_2({\rm wt}.\%) \\ {\rm TiO}_2 \\ {\rm Al}_2{\rm O}_3 \\ {\rm Fe}_2{\rm O}_3 \\ {\rm FeO} \\ {\rm MnO} \\ {\rm MgO} \\ {\rm CaO} \\ {\rm Na}_2{\rm O} \\ {\rm K}_2{\rm O} \\ {\rm P}_2{\rm O}_5 \\ {\rm H}_2{\rm O} \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm Total} \\ {\rm As}({\rm ppm}) \\ {\rm Ba} \\ {\rm Co} \\ {\rm Cr} \\ {\rm Cu} \\ {\rm Ga} \\ {\rm Nb} \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} 56.29\\ 0.71\\ 18.18\\ 2.47\\ 3.36\\ 0.13\\ 1.55\\ 2.90\\ 3.18\\ 2.27\\ 0.12\\ 1.94\\ 6.95\\ 100.05\\ \hline \\ 5\\ 445\\ 12\\ 33\\ 21\\ 24\\ 18\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 43.95\\ 0.70\\ 14.63\\ 2.53\\ 3.36\\ 0.14\\ 2.05\\ 2.82\\ 2.05\\ 1.84\\ 0.22\\ 5.47\\ 19.96\\ 99.72\\ 4\\ 375\\ 17\\ 54\\ 34\\ 20\\ 12\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 49.97\\ 0.86\\ 15.74\\ 1.26\\ 6.70\\ 0.17\\ 2.69\\ 4.18\\ 2.51\\ 1.80\\ 0.20\\ 2.82\\ 11.59\\ 100.49\\ \hline \\ 416\\ 18\\ 71\\ 17\\ 19\\ 17\\ 19\\ 17\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 48.75\\ 0.83\\ 16.45\\ 7.86^*\\ -\\ 0.18\\ 2.49\\ 4.01\\ 2.27\\ 1.72\\ 0.18\\ 3.02\\ 13.53\\ 101.29\\ 6\\ 439\\ 20\\ 55\\ 24\\ 19\\ 13\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 48.53\\ 1.18\\ 18.34\\ 3.85\\ 5.52\\ 0.16\\ 2.86\\ 3.71\\ 1.50\\ 1.79\\ 0.18\\ 2.37\\ 10.37\\ 100.36\\ 4\\ 515\\ 21\\ 38\\ 17\\ 22\\ 17\end{array}$	$\begin{array}{r} 47.98\\ 1.01\\ 17.43\\ 6.87\\ 5.00\\ 0.16\\ 2.58\\ 3.51\\ 1.70\\ 2.05\\ 0.13\\ 2.36\\ 9.09\\ 99.87\\ \hline 5\\ 542\\ 21\\ 45\\ 9\\ 20\\ 15\\ \end{array}$	$54.37 \\ 0.75 \\ 19.41 \\ 2.18 \\ 2.88 \\ 0.08 \\ 0.91 \\ 1.37 \\ 3.12 \\ 2.75 \\ 0.15 \\ 2.96 \\ 9.01 \\ 99.94 \\ 9 \\ 472 \\ 11 \\ 23 \\ 19 \\ 28 \\ 22 \\ 11 \\ 28 \\ 22 \\ 11 \\ 28 \\ 22 \\ 11 \\ 28 \\ 22 \\ 11 \\ 28 \\ 22 \\ 11 \\ 28 \\ 22 \\ 11 \\ 28 \\ 22 \\ 11 \\ 28 \\ 22 \\ 11 \\ 28 \\ 22 \\ 11 \\ 28 \\ 22 \\ 11 \\ 28 \\ 22 \\ 11 \\ 28 \\ 22 \\ 11 \\ 28 \\ 22 \\ 11 \\ 28 \\ 22 \\ 11 \\ 19 \\ 28 \\ 22 \\ 11 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 10$	$\begin{array}{c} 56.30\\ 0.84\\ 16.69\\ 3.89\\ 3.42\\ 0.14\\ 1.96\\ 3.41\\ 2.98\\ 2.19\\ 0.12\\ 1.55\\ 6.76\\ 100.25\\ <4\\ 405\\ 14\\ 32\\ 17\\ 22\\ 22\\ \end{array}$	$51.65 \\ 0.94 \\ 15.89 \\ 2.72 \\ 5.42 \\ 0.18 \\ 2.60 \\ 4.16 \\ 2.37 \\ 1.81 \\ 0.21 \\ 2.49 \\ 10.19 \\ 100.63 \\ <4 \\ 365 \\ 18 \\ 55 \\ 24 \\ 19 \\ 18 \\ 18 \\ 18 \\ 18 \\ 18 \\ 18 \\ 18$	$\begin{array}{c} 53.22\\ 0.83\\ 17.21\\ 1.93\\ 5.51\\ 0.12\\ 1.47\\ 3.16\\ 3.10\\ 2.26\\ 0.13\\ 2.00\\ 10.03\\ 100.97\\ <4\\ 402\\ 12\\ 22\\ 15\\ 22\\ 26\\ \end{array}$	$\begin{array}{c} 55.41\\ 0.92\\ 16.59\\ 3.56\\ 4.17\\ 0.15\\ 2.17\\ 3.78\\ 2.72\\ 2.13\\ 0.13\\ 1.59\\ 6.81\\ 100.13\\ <4\\ 389\\ 15\\ 38\\ 14\\ 21\\ 22\\ \end{array}$	54.05 0.87 17.17 3.42 4.78 0.16 2.52 4.26 2.74 1.87 0.21 1.69 6.35 100.09 <4 441 20 36 18 21 17
$\begin{array}{c} {\rm SiO}_2({\rm wt}.\%) \\ {\rm TiO}_2 \\ {\rm Al}_2{\rm O}_3 \\ {\rm Fe}_2{\rm O}_3 \\ {\rm FeO} \\ {\rm MnO} \\ {\rm MgO} \\ {\rm CaO} \\ {\rm Na}_2{\rm O} \\ {\rm K}_2{\rm O} \\ {\rm P}_2{\rm O}_5 \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm Total} \\ {\rm As}({\rm ppm}) \\ {\rm Ba} \\ {\rm Co} \\ {\rm Cr} \\ {\rm Cu} \\ {\rm Ga} \\ {\rm Nb} \\ {\rm Ni} \end{array}$	$\begin{array}{c} 56.29\\ 0.71\\ 18.18\\ 2.47\\ 3.36\\ 0.13\\ 1.55\\ 2.90\\ 3.18\\ 2.27\\ 0.12\\ 1.94\\ 6.95\\ 100.05\\ \hline \\ 5\\ 445\\ 12\\ 33\\ 21\\ 24\\ 18\\ 14\\ \end{array}$	43.95 0.70 14.63 2.53 3.36 0.14 2.05 2.82 2.05 1.84 0.22 5.47 19.96 99.72 4 375 17 54 34 20 12 34	$\begin{array}{r} 49.97\\ 0.86\\ 15.74\\ 1.26\\ 6.70\\ 0.17\\ 2.69\\ 4.18\\ 2.51\\ 1.80\\ 0.20\\ 2.82\\ 11.59\\ 100.49\\ \hline \\ 4416\\ 18\\ 71\\ 17\\ 19\\ 17\\ 17\\ 17\\ 17\\ 17\\ 17\\ 17\\ 17\\ 17\\ 17$	$\begin{array}{r} 48.75\\ 0.83\\ 16.45\\ 7.86^*\\ -\\ 0.18\\ 2.49\\ 4.01\\ 2.27\\ 1.72\\ 0.18\\ 3.02\\ 13.53\\ 101.29\\ 6\\ 439\\ 20\\ 55\\ 24\\ 19\\ 13\\ 24\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 48.53\\ 1.18\\ 18.34\\ 3.85\\ 5.52\\ 0.16\\ 2.86\\ 3.71\\ 1.50\\ 1.79\\ 0.18\\ 2.37\\ 10.37\\ 100.36\\ 4\\ 515\\ 21\\ 38\\ 17\\ 22\\ 17\\ 14\end{array}$	$\begin{array}{r} 47.98\\ 1.01\\ 17.43\\ 6.87\\ 5.00\\ 0.16\\ 2.58\\ 3.51\\ 1.70\\ 2.05\\ 0.13\\ 2.36\\ 9.09\\ 99.87\\ \hline 5\\ 542\\ 21\\ 45\\ 9\\ 20\\ 15\\ 9\end{array}$	$54.37 \\ 0.75 \\ 19.41 \\ 2.18 \\ 2.88 \\ 0.08 \\ 0.91 \\ 1.37 \\ 3.12 \\ 2.75 \\ 0.15 \\ 2.96 \\ 9.01 \\ 99.94 \\ 9 \\ 472 \\ 11 \\ 23 \\ 19 \\ 28 \\ 22 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 10$	$\begin{array}{c} 56.30\\ 0.84\\ 16.69\\ 3.89\\ 3.42\\ 0.14\\ 1.96\\ 3.41\\ 2.98\\ 2.19\\ 0.12\\ 1.55\\ 6.76\\ 100.25\\ <4\\ 405\\ 14\\ 32\\ 17\\ 22\\ 22\\ 11\\ \end{array}$	$51.65 \\ 0.94 \\ 15.89 \\ 2.72 \\ 5.42 \\ 0.18 \\ 2.60 \\ 4.16 \\ 2.37 \\ 1.81 \\ 0.21 \\ 2.49 \\ 10.19 \\ 100.63 \\ <4 \\ 365 \\ 18 \\ 55 \\ 24 \\ 19 \\ 18 \\ 19 \\ 19 \\ 19 \\ 150 \\ 100 \\ $	53.22 0.83 17.21 1.93 5.51 0.12 1.47 3.16 3.10 2.26 0.13 2.00 10.03 100.97 <4 402 12 22 15 22 26 7	$\begin{array}{c} 55.41\\ 0.92\\ 16.59\\ 3.56\\ 4.17\\ 0.15\\ 2.17\\ 3.78\\ 2.72\\ 2.13\\ 0.13\\ 1.59\\ 6.81\\ 100.13\\ <4\\ 389\\ 15\\ 38\\ 14\\ 21\\ 22\\ 16\\ \end{array}$	$\begin{array}{c} 54.05\\ 0.87\\ 17.17\\ 3.42\\ 4.78\\ 0.16\\ 2.52\\ 4.26\\ 2.74\\ 1.87\\ 0.21\\ 1.69\\ 6.35\\ 100.09\\ <4\\ 441\\ 20\\ 36\\ 18\\ 21\\ 17\\ 14\end{array}$
$\begin{array}{c} {\rm SiO}_2({\rm wt}.\%) \\ {\rm TiO}_2 \\ {\rm Al}_2{\rm O}_3 \\ {\rm Fe}_2{\rm O}_3 \\ {\rm FeO} \\ {\rm MnO} \\ {\rm MgO} \\ {\rm CaO} \\ {\rm Na}_2{\rm O} \\ {\rm K}_2{\rm O} \\ {\rm M}_2{\rm O} \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm Ba} \\ {\rm Co} \\ {\rm Cr} \\ {\rm Cu} \\ {\rm Ga} \\ {\rm Nb} \\ {\rm Ni} \\ {\rm Pb} \end{array}$	$\begin{array}{c} 56.29\\ 0.71\\ 18.18\\ 2.47\\ 3.36\\ 0.13\\ 1.55\\ 2.90\\ 3.18\\ 2.27\\ 0.12\\ 1.94\\ 6.95\\ 100.05\\ \hline 5\\ 445\\ 12\\ 33\\ 21\\ 24\\ 18\\ 14\\ 20\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 43.95\\ 0.70\\ 14.63\\ 2.53\\ 3.36\\ 0.14\\ 2.05\\ 2.82\\ 2.05\\ 1.84\\ 0.22\\ 5.47\\ 19.96\\ 99.72\\ 4\\ 375\\ 17\\ 54\\ 34\\ 20\\ 12\\ 34\\ 29\end{array}$	$\begin{array}{r} 49.97\\ 0.86\\ 15.74\\ 1.26\\ 6.70\\ 0.17\\ 2.69\\ 4.18\\ 2.51\\ 1.80\\ 0.20\\ 2.82\\ 11.59\\ 100.49\\ \hline \\ 4416\\ 18\\ 71\\ 17\\ 19\\ 17\\ 17\\ 20\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 48.75\\ 0.83\\ 16.45\\ 7.86^*\\ -\\ 0.18\\ 2.49\\ 4.01\\ 2.27\\ 1.72\\ 0.18\\ 3.02\\ 13.53\\ 101.29\\ 6\\ 439\\ 20\\ 55\\ 24\\ 19\\ 13\\ 24\\ 21\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 48.53\\ 1.18\\ 18.34\\ 3.85\\ 5.52\\ 0.16\\ 2.86\\ 3.71\\ 1.50\\ 1.79\\ 0.18\\ 2.37\\ 100.36\\ 4\\ 515\\ 21\\ 38\\ 17\\ 22\\ 17\\ 14\\ 19\end{array}$	$\begin{array}{c} 47.98\\ 1.01\\ 17.43\\ 6.87\\ 5.00\\ 0.16\\ 2.58\\ 3.51\\ 1.70\\ 2.05\\ 0.13\\ 2.36\\ 9.09\\ 99.87\\ \hline 5\\ 542\\ 21\\ 45\\ 9\\ 20\\ 15\\ 9\\ 19\\ \end{array}$	$54.37 \\ 0.75 \\ 19.41 \\ 2.18 \\ 2.88 \\ 0.08 \\ 0.91 \\ 1.37 \\ 3.12 \\ 2.75 \\ 0.15 \\ 2.96 \\ 9.01 \\ 99.94 \\ 9 \\ 472 \\ 11 \\ 23 \\ 19 \\ 28 \\ 22 \\ 10 \\ 26 \\ 10 \\ 26 \\ 10.75 \\ $	$\begin{array}{c} 56.30\\ 0.84\\ 16.69\\ 3.89\\ 3.42\\ 0.14\\ 1.96\\ 3.41\\ 2.98\\ 2.19\\ 0.12\\ 1.55\\ 6.76\\ 100.25\\ <4\\ 405\\ 14\\ 32\\ 17\\ 22\\ 22\\ 11\\ 21\\ \end{array}$	51.65 0.94 15.89 2.72 5.42 0.18 2.60 4.16 2.37 1.81 0.21 2.49 10.19 100.63 <4 365 18 55 24 19 18 19 24	53.22 0.83 17.21 1.93 5.51 0.12 1.47 3.16 3.10 2.26 0.13 2.00 10.03 10.03 10.03 10.097 <4 402 12 22 15 22 26 7 23	$\begin{array}{c} 55.41\\ 0.92\\ 16.59\\ 3.56\\ 4.17\\ 0.15\\ 2.17\\ 3.78\\ 2.72\\ 2.13\\ 0.13\\ 1.59\\ 6.81\\ 100.13\\ <4\\ 389\\ 15\\ 38\\ 14\\ 21\\ 22\\ 16\\ 20\\ \end{array}$	$\begin{array}{c} 54.05\\ 0.87\\ 17.17\\ 3.42\\ 4.78\\ 0.16\\ 2.52\\ 4.26\\ 2.74\\ 1.87\\ 0.21\\ 1.69\\ 6.35\\ 100.09\\ <4\\ 441\\ 20\\ 36\\ 18\\ 21\\ 17\\ 14\\ 20\\ \end{array}$
$\begin{array}{c} {\rm SiO}_2({\rm wt}.\%) \\ {\rm TiO}_2 \\ {\rm Al}_2{\rm O}_3 \\ {\rm Fe}_2{\rm O}_3 \\ {\rm FeO} \\ {\rm MnO} \\ {\rm MgO} \\ {\rm CaO} \\ {\rm Na}_2{\rm O} \\ {\rm K}_2{\rm O} \\ {\rm P}_2{\rm O}_5 \\ {\rm H}_2{\rm O} \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm Ba} \\ {\rm Co} \\ {\rm Cr} \\ {\rm Cu} \\ {\rm Ga} \\ {\rm Nb} \\ {\rm Ni} \\ {\rm Pb} \\ {\rm Bb} \end{array}$	$\begin{array}{c} 56.29\\ 0.71\\ 18.18\\ 2.47\\ 3.36\\ 0.13\\ 1.55\\ 2.90\\ 3.18\\ 2.27\\ 0.12\\ 1.94\\ 6.95\\ 100.05\\ \hline \\ 5\\ 445\\ 12\\ 33\\ 21\\ 24\\ 18\\ 14\\ 20\\ 82\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 43.95\\ 0.70\\ 14.63\\ 2.53\\ 3.36\\ 0.14\\ 2.05\\ 2.82\\ 2.05\\ 1.84\\ 0.22\\ 5.47\\ 19.96\\ 99.72\\ 4\\ 375\\ 17\\ 54\\ 34\\ 20\\ 12\\ 34\\ 29\\ 75\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 49.97\\ 0.86\\ 15.74\\ 1.26\\ 6.70\\ 0.17\\ 2.69\\ 4.18\\ 2.51\\ 1.80\\ 0.20\\ 2.82\\ 11.59\\ 100.49\\ \hline \\ 416\\ 18\\ 71\\ 17\\ 19\\ 17\\ 17\\ 20\\ 60\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 48.75\\ 0.83\\ 16.45\\ 7.86^*\\ -\\ 0.18\\ 2.49\\ 4.01\\ 2.27\\ 1.72\\ 0.18\\ 3.02\\ 13.53\\ 101.29\\ 6\\ 439\\ 20\\ 55\\ 24\\ 19\\ 13\\ 24\\ 21\\ 61\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 48.53\\ 1.18\\ 18.34\\ 3.85\\ 5.52\\ 0.16\\ 2.86\\ 3.71\\ 1.50\\ 1.79\\ 0.18\\ 2.37\\ 100.36\\ 4\\ 515\\ 21\\ 38\\ 17\\ 22\\ 17\\ 14\\ 19\\ 55\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 47.98\\ 1.01\\ 17.43\\ 6.87\\ 5.00\\ 0.16\\ 2.58\\ 3.51\\ 1.70\\ 2.05\\ 0.13\\ 2.36\\ 9.09\\ 99.87\\ \hline 5\\ 542\\ 21\\ 45\\ 9\\ 20\\ 15\\ 9\\ 19\\ 56\\ \end{array}$	$54.37 \\ 0.75 \\ 19.41 \\ 2.18 \\ 2.88 \\ 0.08 \\ 0.91 \\ 1.37 \\ 3.12 \\ 2.75 \\ 0.15 \\ 2.96 \\ 9.01 \\ 99.94 \\ 9 \\ 472 \\ 11 \\ 23 \\ 19 \\ 28 \\ 22 \\ 10 \\ 26 \\ 101 \\ 10$	$\begin{array}{c} 56.30\\ 0.84\\ 16.69\\ 3.89\\ 3.42\\ 0.14\\ 1.96\\ 3.41\\ 2.98\\ 2.19\\ 0.12\\ 1.55\\ 6.76\\ 100.25\\ <4\\ 405\\ 14\\ 32\\ 17\\ 22\\ 22\\ 11\\ 21\\ 21\\ 75\\ \end{array}$	51.65 0.94 15.89 2.72 5.42 0.18 2.60 4.16 2.37 1.81 0.21 2.49 10.19 100.63 <4 365 18 55 24 19 19 24 67	53.22 0.83 17.21 1.93 5.51 0.12 1.47 3.16 3.10 2.26 0.13 2.00 10.03 100.97 <4 402 12 22 15 22 26 7 23 87	$\begin{array}{c} 55.41\\ 0.92\\ 16.59\\ 3.56\\ 4.17\\ 0.15\\ 2.17\\ 3.78\\ 2.72\\ 2.13\\ 0.13\\ 1.59\\ 6.81\\ 100.13\\ \hline \\ <4\\ 389\\ 15\\ 38\\ 14\\ 21\\ 22\\ 16\\ 20\\ 72\\ \end{array}$	54.05 0.87 17.17 3.42 4.78 0.16 2.52 4.26 2.74 1.69 6.35 100.09 <4 441 20 36 18 21 17 14 20 63
$\begin{array}{c} {\rm SiO}_2({\rm wt}.\%) \\ {\rm TiO}_2 \\ {\rm Al}_2{\rm O}_3 \\ {\rm Fe}_2{\rm O}_3 \\ {\rm FeO} \\ {\rm MnO} \\ {\rm MgO} \\ {\rm CaO} \\ {\rm Na}_2{\rm O} \\ {\rm K}_2{\rm O} \\ {\rm P}_2{\rm O}_5 \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm Total} \\ \\ {\rm As}({\rm ppm}) \\ {\rm Ba} \\ {\rm Co} \\ {\rm Cr} \\ {\rm Cu} \\ {\rm Ga} \\ {\rm Nb} \\ {\rm Ni} \\ {\rm Pb} \\ {\rm Rb} \\ {\rm S} \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} 56.29\\ 0.71\\ 18.18\\ 2.47\\ 3.36\\ 0.13\\ 1.55\\ 2.90\\ 3.18\\ 2.27\\ 0.12\\ 1.94\\ 6.95\\ 100.05\\ \hline \\ 5\\ 445\\ 12\\ 33\\ 21\\ 24\\ 18\\ 14\\ 20\\ 82\\ 166\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 43.95\\ 0.70\\ 14.63\\ 2.53\\ 3.36\\ 0.14\\ 2.05\\ 2.82\\ 2.05\\ 1.84\\ 0.22\\ 5.47\\ 19.96\\ 99.72\\ 4\\ 375\\ 17\\ 54\\ 34\\ 20\\ 12\\ 34\\ 29\\ 75\\ 752\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 49.97\\ 0.86\\ 15.74\\ 1.26\\ 6.70\\ 0.17\\ 2.69\\ 4.18\\ 2.51\\ 1.80\\ 0.20\\ 2.82\\ 11.59\\ 100.49\\ \hline 4\\ 416\\ 18\\ 71\\ 17\\ 19\\ 17\\ 17\\ 19\\ 17\\ 17\\ 20\\ 60\\ 300\\ \end{array}$	48.75 0.83 16.45 7.86* - 0.18 2.49 4.01 2.27 1.72 0.18 3.02 13.53 101.29 6 439 20 55 24 19 13 24 21 61 388	$\begin{array}{r} 48.53\\ 1.18\\ 18.34\\ 3.85\\ 5.52\\ 0.16\\ 2.86\\ 3.71\\ 1.50\\ 1.79\\ 0.18\\ 2.37\\ 10.37\\ 100.36\\ 4\\ 515\\ 21\\ 38\\ 17\\ 22\\ 17\\ 14\\ 19\\ 55\\ 285\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 47.98\\ 1.01\\ 17.43\\ 6.87\\ 5.00\\ 0.16\\ 2.58\\ 3.51\\ 1.70\\ 2.05\\ 0.13\\ 2.36\\ 9.09\\ 99.87\\ \hline 5\\ 542\\ 21\\ 45\\ 9\\ 20\\ 15\\ 9\\ 20\\ 15\\ 9\\ 19\\ 56\\ 222\\ \end{array}$	$54.37 \\ 0.75 \\ 19.41 \\ 2.18 \\ 2.88 \\ 0.08 \\ 0.91 \\ 1.37 \\ 3.12 \\ 2.75 \\ 0.15 \\ 2.96 \\ 9.01 \\ 99.94 \\ 9 \\ 472 \\ 11 \\ 23 \\ 19 \\ 28 \\ 22 \\ 10 \\ 26 \\ 101 \\ 291 \\ 10 \\ 291 \\ 10 \\ 10 \\ 291 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ $	56.30 0.84 16.69 3.89 3.42 0.14 1.96 3.41 2.98 2.19 0.12 1.55 6.76 100.25 <4 405 14 32 17 22 21 75 167	51.65 0.94 15.89 2.72 5.42 0.18 2.60 4.16 2.37 1.81 0.21 2.49 10.19 100.63 <4 365 18 55 24 19 18 19 24 67 332	53.22 0.83 17.21 1.93 5.51 0.12 1.47 3.16 3.10 2.26 0.13 2.00 10.03 100.97 <4 402 12 22 15 22 26 7 23 87 260	55.41 0.92 16.59 3.56 4.17 0.15 2.17 3.78 2.72 2.13 0.13 1.59 6.81 100.13 <4 389 15 38 14 21 22 16 20 72 163	54.05 0.87 17.17 3.42 4.78 0.16 2.52 4.26 2.74 1.87 0.21 1.69 6.35 100.09 <4 441 20 36 18 21 17 14 20 63 120
$\begin{array}{c} {\rm SiO}_2({\rm wt}.\%) \\ {\rm TiO}_2 \\ {\rm Al}_2{\rm O}_3 \\ {\rm Fe}_2{\rm O}_3 \\ {\rm FeO} \\ {\rm MnO} \\ {\rm MgO} \\ {\rm CaO} \\ {\rm Na}_2{\rm O} \\ {\rm K}_2{\rm O} \\ {\rm P}_2{\rm O}_5 \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm H}_2{\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm H}_2{\rm $	$\begin{array}{c} 56.29\\ 0.71\\ 18.18\\ 2.47\\ 3.36\\ 0.13\\ 1.55\\ 2.90\\ 3.18\\ 2.27\\ 0.12\\ 1.94\\ 6.95\\ 100.05\\ \hline \\ 5\\ 445\\ 12\\ 33\\ 21\\ 24\\ 18\\ 14\\ 20\\ 82\\ 166\\ 247\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 43.95\\ 0.70\\ 14.63\\ 2.53\\ 3.36\\ 0.14\\ 2.05\\ 2.82\\ 2.05\\ 1.84\\ 0.22\\ 5.47\\ 19.96\\ 99.72\\ 4\\ 375\\ 17\\ 54\\ 34\\ 20\\ 12\\ 34\\ 29\\ 75\\ 752\\ 208 \end{array}$	$\begin{array}{r} 49.97\\ 0.86\\ 15.74\\ 1.26\\ 6.70\\ 0.17\\ 2.69\\ 4.18\\ 2.51\\ 1.80\\ 0.20\\ 2.82\\ 11.59\\ 100.49\\ \hline \\ 4\\ 416\\ 18\\ 71\\ 17\\ 19\\ 17\\ 17\\ 19\\ 17\\ 17\\ 20\\ 60\\ 300\\ 230\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 48.75\\ 0.83\\ 16.45\\ 7.86^*\\ -\\ 0.18\\ 2.49\\ 4.01\\ 2.27\\ 1.72\\ 0.18\\ 3.02\\ 13.53\\ 101.29\\ 6\\ 439\\ 20\\ 55\\ 24\\ 19\\ 13\\ 24\\ 21\\ 61\\ 388\\ 232\end{array}$	$\begin{array}{r} 48.53\\ 1.18\\ 18.34\\ 3.85\\ 5.52\\ 0.16\\ 2.86\\ 3.71\\ 1.50\\ 1.79\\ 0.18\\ 2.37\\ 10.37\\ 100.36\\ 4\\ 515\\ 21\\ 38\\ 17\\ 22\\ 17\\ 14\\ 19\\ 55\\ 285\\ 196\end{array}$	$\begin{array}{r} 47.98\\ 1.01\\ 17.43\\ 6.87\\ 5.00\\ 0.16\\ 2.58\\ 3.51\\ 1.70\\ 2.05\\ 0.13\\ 2.36\\ 9.09\\ 99.87\\ \hline 5\\ 542\\ 21\\ 45\\ 9\\ 20\\ 15\\ 9\\ 20\\ 15\\ 9\\ 19\\ 56\\ 222\\ 108\\ \end{array}$	$54.37 \\ 0.75 \\ 19.41 \\ 2.18 \\ 2.88 \\ 0.08 \\ 0.91 \\ 1.37 \\ 3.12 \\ 2.75 \\ 0.15 \\ 2.96 \\ 9.01 \\ 99.94 \\ 9 \\ 472 \\ 11 \\ 23 \\ 19 \\ 28 \\ 22 \\ 10 \\ 26 \\ 101 \\ 291 \\ 194 \\ 194 \\ 194 \\ 194 \\ 194 \\ 104 \\ 107 \\ 10$	$\begin{array}{c} 56.30\\ 0.84\\ 16.69\\ 3.89\\ 3.42\\ 0.14\\ 1.96\\ 3.41\\ 2.98\\ 2.19\\ 0.12\\ 1.55\\ 6.76\\ 100.25\\ <4\\ 405\\ 14\\ 32\\ 17\\ 22\\ 22\\ 11\\ 21\\ 75\\ 167\\ 238\\ \end{array}$	51.65 0.94 15.89 2.72 5.42 0.18 2.60 4.16 2.37 1.81 0.21 2.49 10.19 100.63 <4 365 18 55 24 19 18 19 24 67 332 215	53.22 0.83 17.21 1.93 5.51 0.12 1.47 3.16 3.10 2.26 0.13 2.00 10.03 100.97 <4 402 12 22 15 22 26 7 23 87 260 275	55.41 0.92 16.59 3.56 4.17 0.15 2.17 3.78 2.72 2.13 0.13 1.59 6.81 100.13 <4 389 15 38 14 21 22 16 20 72 163 230	54.05 0.87 17.17 3.42 4.78 0.16 2.52 4.26 2.74 1.69 6.35 100.09 <4 441 20 36 18 21 17 14 20 63 129 263
$\begin{array}{c} {\rm SiO}_2({\rm wt}.\%) \\ {\rm TiO}_2 \\ {\rm Al}_2{\rm O}_3 \\ {\rm Fe}_2{\rm O}_3 \\ {\rm FeO} \\ {\rm MnO} \\ {\rm MgO} \\ {\rm CaO} \\ {\rm Na}_2{\rm O} \\ {\rm K}_2{\rm O} \\ {\rm P}_2{\rm O}_5 \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm Total} \\ {\rm As}({\rm ppm}) \\ {\rm Ba} \\ {\rm Co} \\ {\rm Cr} \\ {\rm Cu} \\ {\rm Ga} \\ {\rm Nb} \\ {\rm Ni} \\ {\rm Pb} \\ {\rm Rb} \\ {\rm S} \\ {\rm Sr} \\ {\rm Tb} \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} 56.29\\ 0.71\\ 18.18\\ 2.47\\ 3.36\\ 0.13\\ 1.55\\ 2.90\\ 3.18\\ 2.27\\ 0.12\\ 1.94\\ 6.95\\ 100.05\\ 5\\ 445\\ 12\\ 33\\ 21\\ 24\\ 18\\ 14\\ 20\\ 82\\ 166\\ 247\\ 10\\ \end{array}$	43.95 0.70 14.63 2.53 3.36 0.14 2.05 2.82 2.05 1.84 0.22 5.47 19.96 99.72 4 375 17 54 34 20 12 34 20 12 34 29 75 752 208	$\begin{array}{c} 49.97\\ 0.86\\ 15.74\\ 1.26\\ 6.70\\ 0.17\\ 2.69\\ 4.18\\ 2.51\\ 1.80\\ 0.20\\ 2.82\\ 11.59\\ 100.49\\ \hline \\ 4\\ 416\\ 18\\ 71\\ 17\\ 19\\ 17\\ 19\\ 17\\ 17\\ 20\\ 60\\ 300\\ 230\\ 6\end{array}$	$\begin{array}{r} 48.75\\ 0.83\\ 16.45\\ 7.86^*\\ \hline\\ 0.18\\ 2.49\\ 4.01\\ 2.27\\ 1.72\\ 0.18\\ 3.02\\ 13.53\\ 101.29\\ \hline\\ 6\\ 439\\ 20\\ 55\\ 24\\ 19\\ 13\\ 24\\ 21\\ 61\\ 388\\ 232\\ 7\end{array}$	$\begin{array}{r} 48.53\\ 1.18\\ 18.34\\ 3.85\\ 5.52\\ 0.16\\ 2.86\\ 3.71\\ 1.50\\ 1.79\\ 0.18\\ 2.37\\ 10.37\\ 100.36\\ 4\\ 515\\ 21\\ 38\\ 17\\ 22\\ 17\\ 14\\ 19\\ 55\\ 285\\ 196\\ 6\end{array}$	$\begin{array}{r} 47.98\\ 1.01\\ 17.43\\ 6.87\\ 5.00\\ 0.16\\ 2.58\\ 3.51\\ 1.70\\ 2.05\\ 0.13\\ 2.36\\ 9.09\\ 99.87\\ \hline 5\\ 542\\ 21\\ 45\\ 9\\ 20\\ 15\\ 9\\ 20\\ 15\\ 9\\ 19\\ 56\\ 222\\ 198\\ 7\end{array}$	$54.37 \\ 0.75 \\ 19.41 \\ 2.18 \\ 2.88 \\ 0.08 \\ 0.91 \\ 1.37 \\ 3.12 \\ 2.75 \\ 0.15 \\ 2.96 \\ 9.01 \\ 99.94 \\ 9 \\ 472 \\ 11 \\ 23 \\ 19 \\ 28 \\ 22 \\ 10 \\ 26 \\ 101 \\ 291 \\ 194 \\ 14 \\ 14 \\ 14 \\ 14 \\ 14 \\ 14 \\$	$\begin{array}{c} 56.30\\ 0.84\\ 16.69\\ 3.89\\ 3.42\\ 0.14\\ 1.96\\ 3.41\\ 2.98\\ 2.19\\ 0.12\\ 1.55\\ 6.76\\ 100.25\\ <4\\ 405\\ 14\\ 32\\ 17\\ 22\\ 22\\ 11\\ 21\\ 75\\ 167\\ 238\\ 10\\ \end{array}$	51.65 0.94 15.89 2.72 5.42 0.18 2.60 4.16 2.37 1.81 0.21 2.49 10.19 100.63 <4 365 18 55 24 19 18 19 24 67 332 215 7	53.22 0.83 17.21 1.93 5.51 0.12 1.47 3.16 3.10 2.26 0.13 2.00 10.03 100.97 <4 402 12 22 15 22 26 7 23 87 260 275 8	55.41 0.92 16.59 3.56 4.17 0.15 2.17 3.78 2.72 2.13 0.13 1.59 6.81 100.13 <4 389 15 38 14 21 22 16 20 72 163 230 8	54.05 0.87 17.17 3.42 4.78 0.16 2.52 4.26 2.74 1.69 6.35 100.09 <4 441 20 36 18 21 17 14 20 63 129 263 5
$\begin{array}{c} {\rm SiO}_2({\rm wt}.\%) \\ {\rm TiO}_2 \\ {\rm Al}_2{\rm O}_3 \\ {\rm Fe}_2{\rm O}_3 \\ {\rm FeO} \\ {\rm MnO} \\ {\rm MgO} \\ {\rm CaO} \\ {\rm MgO} \\ {\rm CaO} \\ {\rm M}_2{\rm O} \\ {\rm H}_2{\rm O} \\ {\rm H}_2{\rm O} \\ {\rm H}_2{\rm O} \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm Total} \\ {\rm As}({\rm ppm}) \\ {\rm Ba} \\ {\rm Co} \\ {\rm Cr} \\ {\rm Cu} \\ {\rm Ga} \\ {\rm Nb} \\ {\rm Ni} \\ {\rm Pb} \\ {\rm Rb} \\ {\rm S} \\ {\rm Sr} \\ {\rm Th} \\ {\rm V} \end{array}$	$\begin{array}{c} 56.29\\ 0.71\\ 18.18\\ 2.47\\ 3.36\\ 0.13\\ 1.55\\ 2.90\\ 3.18\\ 2.27\\ 0.12\\ 1.94\\ 6.95\\ 100.05\\ 5\\ 445\\ 12\\ 33\\ 21\\ 24\\ 18\\ 14\\ 20\\ 82\\ 166\\ 247\\ 10\\ 80\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 43.95\\ 0.70\\ 14.63\\ 2.53\\ 3.36\\ 0.14\\ 2.05\\ 2.82\\ 2.05\\ 1.84\\ 0.22\\ 5.47\\ 19.96\\ 99.72\\ 4\\ 375\\ 17\\ 54\\ 34\\ 20\\ 12\\ 34\\ 29\\ 75\\ 752\\ 208\\ 8\\ 8\\ 97\end{array}$	$\begin{array}{r} 49.97\\ 0.86\\ 15.74\\ 1.26\\ 6.70\\ 0.17\\ 2.69\\ 4.18\\ 2.51\\ 1.80\\ 0.20\\ 2.82\\ 11.59\\ 100.49\\ 4\\ 416\\ 18\\ 71\\ 17\\ 19\\ 17\\ 17\\ 20\\ 60\\ 300\\ 230\\ 6\\ 144 \end{array}$	$\begin{array}{r} 48.75\\ 0.83\\ 16.45\\ 7.86^*\\ \hline\\ 0.18\\ 2.49\\ 4.01\\ 2.27\\ 1.72\\ 0.18\\ 3.02\\ 13.53\\ 101.29\\ \hline\\ 6\\ 439\\ 20\\ 55\\ 24\\ 19\\ 13\\ 24\\ 21\\ 61\\ 388\\ 232\\ 7\\ 122 \end{array}$	$\begin{array}{r} 48.53\\ 1.18\\ 18.34\\ 3.85\\ 5.52\\ 0.16\\ 2.86\\ 3.71\\ 1.50\\ 1.79\\ 0.18\\ 2.37\\ 10.37\\ 100.36\\ 4\\ 515\\ 21\\ 38\\ 17\\ 22\\ 17\\ 14\\ 19\\ 55\\ 285\\ 196\\ 6\\ 177\end{array}$	$\begin{array}{r} 47.98\\ 1.01\\ 17.43\\ 6.87\\ 5.00\\ 0.16\\ 2.58\\ 3.51\\ 1.70\\ 2.05\\ 0.13\\ 2.36\\ 9.09\\ 99.87\\ \hline 5\\ 542\\ 21\\ 45\\ 9\\ 20\\ 15\\ 9\\ 20\\ 15\\ 9\\ 19\\ 56\\ 222\\ 198\\ 7\\ 207\\ \end{array}$	$54.37 \\ 0.75 \\ 19.41 \\ 2.18 \\ 2.88 \\ 0.08 \\ 0.91 \\ 1.37 \\ 3.12 \\ 2.75 \\ 0.15 \\ 2.96 \\ 9.01 \\ 99.94 \\ 9 \\ 472 \\ 11 \\ 23 \\ 19 \\ 28 \\ 22 \\ 10 \\ 26 \\ 101 \\ 291 \\ 194 \\ 14 \\ 57 \\ 14 \\ 57 \\ 19 \\ 14 \\ 57 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 14 \\ 57 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 14 \\ 57 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 14 \\ 57 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 1$	56.30 0.84 16.69 3.89 3.42 0.14 1.96 3.41 2.98 2.19 0.12 1.55 6.76 100.25 <4 405 14 32 17 22 22 11 21 75 167 238 10	51.65 0.94 15.89 2.72 5.42 0.18 2.60 4.16 2.37 1.81 0.21 2.49 10.19 100.63 <4 365 18 55 24 19 18 19 24 67 332 215 7 142	53.22 0.83 17.21 1.93 5.51 0.12 1.47 3.16 3.10 2.26 0.13 2.00 10.03 100.97 <4 402 12 22 15 22 26 7 23 87 260 275 8 102	55.41 0.92 16.59 3.56 4.17 0.15 2.17 3.78 2.72 2.13 0.13 1.59 6.81 100.13 <4 389 15 38 14 21 22 16 20 72 163 230 8 124	54.05 0.87 17.17 3.42 4.78 0.16 2.52 4.26 2.74 1.69 6.35 100.09 <4 441 20 36 18 21 17 14 20 63 129 263 5 127
$\begin{array}{c} {\rm SiO}_2({\rm wt}.\%) \\ {\rm TiO}_2 \\ {\rm Al}_2{\rm O}_3 \\ {\rm Fe}_2{\rm O}_3 \\ {\rm FeO} \\ {\rm MnO} \\ {\rm MgO} \\ {\rm CaO} \\ {\rm MgO} \\ {\rm CaO} \\ {\rm M}_2{\rm O} \\ {\rm H}_2{\rm O} \\ {\rm H}_2{\rm O} \\ {\rm H}_2{\rm O} \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm Total} \\ {\rm As}({\rm ppm}) \\ {\rm Ba} \\ {\rm Co} \\ {\rm Cr} \\ {\rm Cu} \\ {\rm Ga} \\ {\rm Nb} \\ {\rm Ni} \\ {\rm Pb} \\ {\rm Rb} \\ {\rm S} \\ {\rm Sr} \\ {\rm Th} \\ {\rm V} \\ {\rm V} \end{array}$	$\begin{array}{c} 56.29\\ 0.71\\ 18.18\\ 2.47\\ 3.36\\ 0.13\\ 1.55\\ 2.90\\ 3.18\\ 2.27\\ 0.12\\ 1.94\\ 6.95\\ 100.05\\ 5\\ 445\\ 12\\ 33\\ 21\\ 24\\ 18\\ 14\\ 20\\ 82\\ 166\\ 247\\ 10\\ 89\\ 24 \end{array}$	$\begin{array}{r} 43.95\\ 0.70\\ 14.63\\ 2.53\\ 3.36\\ 0.14\\ 2.05\\ 2.82\\ 2.05\\ 1.84\\ 0.22\\ 5.47\\ 19.96\\ 99.72\\ 4\\ 375\\ 17\\ 54\\ 34\\ 20\\ 12\\ 34\\ 29\\ 75\\ 752\\ 208\\ 8\\ 97\\ 21\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 49.97\\ 0.86\\ 15.74\\ 1.26\\ 6.70\\ 0.17\\ 2.69\\ 4.18\\ 2.51\\ 1.80\\ 0.20\\ 2.82\\ 11.59\\ 100.49\\ 4\\ 416\\ 18\\ 71\\ 17\\ 19\\ 17\\ 17\\ 19\\ 17\\ 17\\ 20\\ 60\\ 300\\ 230\\ 6\\ 144\\ 24\end{array}$	$\begin{array}{r} 48.75\\ 0.83\\ 16.45\\ 7.86^*\\ \hline\\ 0.18\\ 2.49\\ 4.01\\ 2.27\\ 1.72\\ 0.18\\ 3.02\\ 13.53\\ 101.29\\ \hline\\ 6\\ 439\\ 20\\ 55\\ 24\\ 19\\ 13\\ 24\\ 21\\ 61\\ 388\\ 232\\ 7\\ 133\\ 20\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 48.53\\ 1.18\\ 18.34\\ 3.85\\ 5.52\\ 0.16\\ 2.86\\ 3.71\\ 1.50\\ 1.79\\ 0.18\\ 2.37\\ 10.37\\ 100.36\\ 4\\ 515\\ 21\\ 38\\ 17\\ 22\\ 17\\ 14\\ 19\\ 55\\ 285\\ 196\\ 6\\ 177\\ 22\\ 177\\ 14\\ 19\\ 55\\ 285\\ 196\\ 6\\ 177\\ 22\\ 177\\ 22\\ 177\\ 14\\ 19\\ 55\\ 285\\ 196\\ 6\\ 177\\ 22\\ 285\\ 196\\ 6\\ 177\\ 22\\ 285\\ 196\\ 6\\ 177\\ 22\\ 285\\ 196\\ 6\\ 177\\ 22\\ 285\\ 196\\ 6\\ 177\\ 22\\ 285\\ 196\\ 6\\ 177\\ 22\\ 285\\ 196\\ 6\\ 177\\ 22\\ 285\\ 196\\ 6\\ 177\\ 22\\ 285\\ 196\\ 6\\ 177\\ 22\\ 285\\ 196\\ 6\\ 177\\ 22\\ 285\\ 196\\ 177\\ 22\\ 285\\ 196\\ 177\\ 22\\ 10\\ 10\\ 10\\ 10\\ 10\\ 10\\ 10\\ 10\\ 10\\ 10$	$\begin{array}{r} 47.98\\ 1.01\\ 17.43\\ 6.87\\ 5.00\\ 0.16\\ 2.58\\ 3.51\\ 1.70\\ 2.05\\ 0.13\\ 2.36\\ 9.09\\ 99.87\\ \hline 5\\ 542\\ 21\\ 45\\ 9\\ 20\\ 15\\ 9\\ 20\\ 15\\ 9\\ 19\\ 56\\ 222\\ 198\\ 7\\ 2007\\ 25\\ \end{array}$	$54.37 \\ 0.75 \\ 19.41 \\ 2.18 \\ 2.88 \\ 0.08 \\ 0.91 \\ 1.37 \\ 3.12 \\ 2.75 \\ 0.15 \\ 2.96 \\ 9.01 \\ 99.94 \\ 9 \\ 472 \\ 11 \\ 23 \\ 19 \\ 28 \\ 22 \\ 10 \\ 26 \\ 101 \\ 291 \\ 194 \\ 14 \\ 57 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 1$	56.30 0.84 16.69 3.89 3.42 0.14 1.96 3.41 2.98 2.19 0.12 1.55 6.76 100.25 <4 405 14 32 17 22 22 11 21 75 167 238 10 110 28	51.65 0.94 15.89 2.72 5.42 0.18 2.60 4.16 2.37 1.81 0.21 2.49 10.19 100.63 <4 365 18 55 24 19 18 19 24 67 332 215 7 143 27	53.22 0.83 17.21 1.93 5.51 0.12 1.47 3.16 3.10 2.26 0.13 2.00 10.03 100.97 <4 402 12 22 15 22 26 7 23 87 260 275 8 103 25	55.41 0.92 16.59 3.56 4.17 0.15 2.17 3.78 2.72 2.13 0.13 1.59 6.81 100.13 <4 389 15 38 14 21 22 16 20 72 163 230 8 124 29	54.05 0.87 17.17 3.42 4.78 0.16 2.52 4.26 2.74 1.69 6.35 100.09 <4 441 20 36 18 21 17 14 20 63 129 263 5 137 28
$\begin{array}{c} {\rm SiO}_2({\rm wt}.\%) \\ {\rm TiO}_2 \\ {\rm Al}_2{\rm O}_3 \\ {\rm Fe}_2{\rm O}_3 \\ {\rm FeO} \\ {\rm MnO} \\ {\rm MgO} \\ {\rm CaO} \\ {\rm MgO} \\ {\rm CaO} \\ {\rm M}_2{\rm O} \\ {\rm K}_2{\rm O} \\ {\rm P}_2{\rm O}_5 \\ {\rm H}_2{\rm O} \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm Total} \\ {\rm As}({\rm ppm}) \\ {\rm Ba} \\ {\rm Co} \\ {\rm Cr} \\ {\rm Cu} \\ {\rm Ga} \\ {\rm Nb} \\ {\rm Ni} \\ {\rm Pb} \\ {\rm Rb} \\ {\rm S} \\ {\rm Sr} \\ {\rm Th} \\ {\rm V} \\ {\rm Y} \\ {\rm Zp} \end{array}$	$\begin{array}{c} 56.29\\ 0.71\\ 18.18\\ 2.47\\ 3.36\\ 0.13\\ 1.55\\ 2.90\\ 3.18\\ 2.27\\ 0.12\\ 1.94\\ 6.95\\ 100.05\\ 5\\ 445\\ 12\\ 33\\ 21\\ 24\\ 18\\ 14\\ 20\\ 82\\ 166\\ 247\\ 10\\ 89\\ 24\\ 118\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 43.95\\ 0.70\\ 14.63\\ 2.53\\ 3.36\\ 0.14\\ 2.05\\ 2.82\\ 2.05\\ 1.84\\ 0.22\\ 5.47\\ 19.96\\ 99.72\\ 4\\ 375\\ 17\\ 54\\ 34\\ 20\\ 12\\ 34\\ 29\\ 75\\ 752\\ 208\\ 8\\ 97\\ 21\\ 164\\ \end{array}$	$\begin{array}{c} 49.97\\ 0.86\\ 15.74\\ 1.26\\ 6.70\\ 0.17\\ 2.69\\ 4.18\\ 2.51\\ 1.80\\ 0.20\\ 2.82\\ 11.59\\ 100.49\\ 4\\ 416\\ 18\\ 71\\ 17\\ 19\\ 17\\ 17\\ 19\\ 17\\ 17\\ 20\\ 60\\ 300\\ 230\\ 6\\ 144\\ 34\\ 142\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 48.75\\ 0.83\\ 16.45\\ 7.86^*\\ \hline\\ 0.18\\ 2.49\\ 4.01\\ 2.27\\ 1.72\\ 0.18\\ 3.02\\ 13.53\\ 101.29\\ \hline\\ 6\\ 439\\ 20\\ 55\\ 24\\ 19\\ 13\\ 24\\ 21\\ 61\\ 388\\ 232\\ 7\\ 133\\ 29\\ 130\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 48.53\\ 1.18\\ 18.34\\ 3.85\\ 5.52\\ 0.16\\ 2.86\\ 3.71\\ 1.50\\ 1.79\\ 0.18\\ 2.37\\ 10.37\\ 100.36\\ 4\\ 515\\ 21\\ 38\\ 17\\ 22\\ 17\\ 14\\ 19\\ 55\\ 285\\ 196\\ 6\\ 177\\ 33\\ 144 \end{array}$	$\begin{array}{r} 47.98\\ 1.01\\ 17.43\\ 6.87\\ 5.00\\ 0.16\\ 2.58\\ 3.51\\ 1.70\\ 2.05\\ 0.13\\ 2.36\\ 9.09\\ 99.87\\ \hline 5\\ 542\\ 21\\ 45\\ 9\\ 20\\ 15\\ 9\\ 20\\ 15\\ 9\\ 19\\ 56\\ 222\\ 198\\ 7\\ 207\\ 35\\ 136\end{array}$	54.37 0.75 19.41 2.18 2.88 0.08 0.91 1.37 3.12 2.75 0.15 2.96 9.01 99.94 9 472 11 23 19 28 22 10 26 101 291 194 14 57 19 131	56.30 0.84 16.69 3.89 3.42 0.14 1.96 3.41 2.98 2.19 0.12 1.55 6.76 100.25 <4 405 14 32 17 22 22 11 21 75 167 238 10 110 28 120	51.65 0.94 15.89 2.72 5.42 0.18 2.60 4.16 2.37 1.81 0.21 2.49 10.19 100.63 <4 365 18 55 24 19 18 19 24 67 332 215 7 143 37 145	53.22 0.83 17.21 1.93 5.51 0.12 1.47 3.16 3.10 2.26 0.13 2.00 10.03 100.97 <4 402 12 22 15 22 26 7 23 87 260 275 8 103 25 132	55.41 0.92 16.59 3.56 4.17 0.15 2.17 3.78 2.72 2.13 0.13 1.59 6.81 100.13 <4 389 15 38 14 21 22 16 20 72 163 230 8 124 29 122	54.05 0.87 17.17 3.42 4.78 0.16 2.52 4.26 2.74 1.87 0.21 1.69 6.35 100.09 <4 441 20 36 18 21 17 14 20 63 129 263 5 137 28 125
$\begin{array}{c} {\rm SiO}_2({\rm wt}.\%) \\ {\rm TiO}_2 \\ {\rm Al}_2{\rm O}_3 \\ {\rm Fe}_2{\rm O}_3 \\ {\rm FeO} \\ {\rm MnO} \\ {\rm MgO} \\ {\rm CaO} \\ {\rm MgO} \\ {\rm CaO} \\ {\rm M}_2{\rm O} \\ {\rm W}_2{\rm O}_5 \\ {\rm H}_2{\rm O} \\ {\rm H}_2{\rm O}^+ \\ {\rm Total} \\ {\rm As}({\rm ppm}) \\ {\rm Ba} \\ {\rm Co} \\ {\rm Cr} \\ {\rm Cu} \\ {\rm Ga} \\ {\rm Nb} \\ {\rm Ni} \\ {\rm Pb} \\ {\rm Rb} \\ {\rm S} \\ {\rm Sr} \\ {\rm Th} \\ {\rm V} \\ {\rm Y} \\ {\rm Zn} \\ {\rm Zr} \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} 56.29\\ 0.71\\ 18.18\\ 2.47\\ 3.36\\ 0.13\\ 1.55\\ 2.90\\ 3.18\\ 2.27\\ 0.12\\ 1.94\\ 6.95\\ 100.05\\ 5\\ 445\\ 12\\ 33\\ 21\\ 24\\ 18\\ 14\\ 20\\ 82\\ 166\\ 247\\ 10\\ 89\\ 24\\ 118\\ 713\\ \end{array}$	$\begin{array}{r} 43.95\\ 0.70\\ 14.63\\ 2.53\\ 3.36\\ 0.14\\ 2.05\\ 2.82\\ 2.05\\ 1.84\\ 0.22\\ 5.47\\ 19.96\\ 99.72\\ 4\\ 375\\ 17\\ 54\\ 34\\ 20\\ 12\\ 34\\ 20\\ 12\\ 34\\ 29\\ 75\\ 752\\ 208\\ 8\\ 97\\ 21\\ 164\\ 390\\ \end{array}$	$\begin{array}{c} 49.97\\ 0.86\\ 15.74\\ 1.26\\ 6.70\\ 0.17\\ 2.69\\ 4.18\\ 2.51\\ 1.80\\ 0.20\\ 2.82\\ 11.59\\ 100.49\\ \hline 10.49\\ 4\\ 416\\ 18\\ 71\\ 17\\ 19\\ 17\\ 17\\ 20\\ 60\\ 300\\ 230\\ 6\\ 144\\ 34\\ 142\\ 142\\ 1433\\ \hline \end{array}$	$\begin{array}{r} 48.75\\ 0.83\\ 16.45\\ 7.86^*\\ \hline\\ 0.18\\ 2.49\\ 4.01\\ 2.27\\ 1.72\\ 0.18\\ 3.02\\ 13.53\\ 101.29\\ \hline\\ 6\\ 439\\ 20\\ 55\\ 24\\ 19\\ 13\\ 24\\ 21\\ 61\\ 388\\ 232\\ 7\\ 133\\ 29\\ 139\\ 1212 \end{array}$	$\begin{array}{r} 48.53\\ 1.18\\ 18.34\\ 3.85\\ 5.52\\ 0.16\\ 2.86\\ 3.71\\ 1.50\\ 1.79\\ 0.18\\ 2.37\\ 10.37\\ 100.36\\ 4\\ 515\\ 21\\ 38\\ 17\\ 22\\ 17\\ 14\\ 19\\ 55\\ 285\\ 196\\ 6\\ 177\\ 33\\ 144\\ 2108 \end{array}$	$\begin{array}{c} 47.98\\ 1.01\\ 17.43\\ 6.87\\ 5.00\\ 0.16\\ 2.58\\ 3.51\\ 1.70\\ 2.05\\ 0.13\\ 2.36\\ 9.09\\ 99.87\\ \hline 5\\ 542\\ 21\\ 45\\ 9\\ 20\\ 15\\ 9\\ 20\\ 15\\ 9\\ 19\\ 56\\ 222\\ 198\\ 7\\ 207\\ 35\\ 136\\ 4513 \end{array}$	$\begin{array}{c} 54.37\\ 0.75\\ 19.41\\ 2.18\\ 2.88\\ 0.08\\ 0.91\\ 1.37\\ 3.12\\ 2.75\\ 0.15\\ 2.96\\ 9.01\\ 99.94\\ 9\\ 472\\ 11\\ 23\\ 19\\ 28\\ 22\\ 10\\ 26\\ 101\\ 291\\ 194\\ 14\\ 57\\ 19\\ 131\\ 527\\ \end{array}$	56.30 0.84 16.69 3.89 3.42 0.14 1.96 3.41 2.98 2.19 0.12 1.55 6.76 100.25 <4 405 14 32 17 22 22 11 21 75 167 238 10 110 28 120 1228	51.65 0.94 15.89 2.72 5.42 0.18 2.60 4.16 2.37 1.81 0.21 2.49 10.19 100.63 <4 365 18 55 24 19 18 19 24 67 332 215 7 143 37 145 1785	53.22 0.83 17.21 1.93 5.51 0.12 1.47 3.16 3.10 2.26 0.13 2.00 10.03 100.97 <4 402 12 22 15 22 26 7 23 87 260 275 8 103 25 132 1124	55.41 0.92 16.59 3.56 4.17 0.15 2.17 3.78 2.72 2.13 0.13 1.59 6.81 100.13 <4 389 15 38 14 21 22 16 20 72 163 230 8 124 29 122 1485	54.05 0.87 17.17 3.42 4.78 0.16 2.52 4.26 2.74 1.87 0.21 1.69 6.35 100.09 <4 441 20 36 18 21 17 14 20 63 129 263 5 137 28 125 1002

\*: total iron as  $Fe_2O_3$ , L.O.I.: loss on ignition, n.d.: not detected.

Table 1. (continued)

Sample No.	GDS130	GDS131	GDS132	GDS133	GDS134	GDS135	GDS136	GDS137	GDS138	GDS140	GDS142	GDS143
SiO <sub>2</sub> (wt.%)	48.01	44.57	45.14	46.96	51.30	57.51	55.64	56.13	50.49	50.29	53.17	54.59
$T_1O_2$	0.91	0.59	0.63	0.62	0.62	0.51	0.59	0.55	0.94	1.04	0.66	0.54
$AI_2O_3$	16.32 2.16	15.57	15.88	17.69	18.12	18.81	19.21	20.25	15.99	10.85	18.10	17.07
$Fe_2O_3$	2.10 5.87	0.27	0.42 3.85	4.00	0.92	2.01	2.34	2.38	2.90 5.31	2.30 6.11	1.00	0.25
MnO	0.16	4.55	0.14	- 0.09	0.10	0.08	0.08	0.08	0.18	0.11	0.09	0.09
MgO	2.20	1.01	0.60	0.68	0.65	0.58	0.60	0.62	3.16	3.14	0.62	0.61
CaO	4.35	2.01	1.54	2.13	1.98	2.20	2.14	2.50	4.42	4.26	2.09	1.02
Na <sub>2</sub> O	2.35	2.52	2.66	2.94	3.48	3.72	3.47	4.06	2.27	2.27	3.52	3.78
K <sub>2</sub> Ó	1.61	2.04	2.18	2.08	2.35	2.74	2.60	2.57	1.62	1.61	2.64	3.12
$P_2O_5$	0.23	0.23	0.22	0.15	0.13	0.07	0.09	0.06	0.16	0.14	0.14	0.14
$H_2O^{-}$	3.17	5.24	5.06	4.09	3.20	1.84	2.14	1.57	2.52	2.35	2.75	3.01
$H_2O^+$	12.77	21.36	22.76	19.85	14.42	8.65	9.62	8.01	10.40	9.67	11.97	12.75
Total	100.11	100.56	101.08	101.81	100.68	100.42	100.59	100.04	100.42	100.30	100.56	100.64
As(ppm)	<4	19	21	5	8	<4	<4	<4	<4	<4	13	17
Ba	395	433	445	494	535	566	580	630	351	342	580	611
Co	18	10	8 10	9	0 14	4	5 10	5	24 49	21 57	8 12	/ 11
Cr	04 97	37 29	18	13	14 14	10	10	0 15	4ð 17	07 97	13 16	11
Cu	20	20 21	21	10 24	14 92	14 94	15 25	15 97	20	20	24	17
Nh	20 13	17	23 20	24 10	23 10	24 17	20 20	18	20 16	20 14	24	23 16
Ni	18	20	12	10	10	8	7	7	19	1 <del>1</del> 22	9	9
Ph	19	33	37	30	26	26	25	25	18	18	26	26
Rb	63	81	90	80	82	84	84	87	65	62	97	111
S	405	910	945	795	516	237	254	208	310	279	343	397
Sr	252	260	255	306	308	316	325	367	223	214	330	226
Th	5	12	12	17	12	11	13	11	6	4	17	12
V	173	51	44	41	43	32	38	30	151	163	46	39
Υ	27	23	22	14	14	11	14	11	31	30	16	14
Zn	139	220	206	153	146	101	112	110	135	133	174	146
		o / =	419	E00	101	269	400	126	000	000	405	274
Zr	995	345	413	503	404	302	400	430	832	933	485	374
Zr Sample No.	995 GDS144	345 GDS145	GDS146	GDS147	464 GDS148	GDS149	400 GDS150	GDS152	832	933	485	374
Zr Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%)	995 GDS144 55.96	345 GDS145 58.39	GDS146 55.62	GDS147 53.79	464 GDS148 54.54	GDS149 52.33	400 GDS150 51.73	GDS152 48.62	832	933	485	
$\frac{\text{Zr}}{\frac{\text{Sample No.}}{\text{SiO}_2(\text{wt.\%})}}$ $\frac{\text{TiO}_2}{\text{TiO}_2}$	995 GDS144 55.96 0.59	345 GDS145 58.39 0.56	413 GDS146 55.62 0.87	<u>GDS147</u> 53.79 0.69	464 GDS148 54.54 0.58	<u>GDS149</u> 52.33 1.07	GDS150 51.73 1.00	GDS152 48.62 0.63	832	933	485	
Zr Sample No. SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	995 GDS144 55.96 0.59 19.10	345 GDS145 58.39 0.56 19.59	413 GDS146 55.62 0.87 16.37	<u>GDS147</u> 53.79 0.69 18.18	404 GDS148 54.54 0.58 17.60	GDS149 52.33 1.07 16.54	400 GDS150 51.73 1.00 15.73	430 <u>GDS152</u> 48.62 0.63 16.38	832	933	480	
$\begin{tabular}{lllllllllllllllllllllllllllllllllll$	995 GDS144 55.96 0.59 19.10 0.16	345 GDS145 58.39 0.56 19.59 0.99	413 GDS146 55.62 0.87 16.37 5.17	<u>GDS147</u> 53.79 0.69 18.18 0.45	404 GDS148 54.54 0.58 17.60 4.49*	GDS149 52.33 1.07 16.54 6.33	400 GDS150 51.73 1.00 15.73 3.74	430 <u>GDS152</u> 48.62 0.63 16.38 0.56 422	832	933	480	
$\begin{array}{c} \underline{Zr} \\ \underline{Sample No.} \\ \underline{SiO}_2(wt.\%) \\ \underline{TiO}_2 \\ \underline{Al}_2O_3 \\ \underline{Fe}_2O_3 \\ \underline{FeO} \\ \underline{FeO} \\ \underline{N} \\ \underline{O} \end{array}$	995 GDS144 55.96 0.59 19.10 0.16 3.72 0.07	345 GDS145 58.39 0.56 19.59 0.99 2.49 0.90	413 GDS146 55.62 0.87 16.37 5.17 3.69 0.16	GDS147 53.79 0.69 18.18 0.45 4.23 0.09	404 GDS148 54.54 0.58 17.60 4.49*	GDS149 52.33 1.07 16.54 6.33 4.26 0.10	400 GDS150 51.73 1.00 15.73 3.74 5.33 0.12	430 <u>GDS152</u> 48.62 0.63 16.38 0.56 4.28 0.19	832	933	480	574
$\begin{tabular}{ c c c c c } \hline Sample No. \\ \hline SiO_2(wt.\%) \\ TiO_2 \\ Al_2O_3 \\ Fe_2O_3 \\ FeO \\ MnO \\ MnO \\ MacO \end{tabular}$	995 GDS144 55.96 0.59 19.10 0.16 3.72 0.07 0.65	345 GDS145 58.39 0.56 19.59 0.99 2.49 0.06 0.61	413 <u>GDS146</u> 55.62 0.87 16.37 5.17 3.69 0.16 2.40	SU3           GDS147           53.79           0.69           18.18           0.45           4.23           0.08           0.72	464 GDS148 54.54 0.58 17.60 4.49* - 0.08 0.78	362           GDS149           52.33           1.07           16.54           6.33           4.26           0.19           2.08	400 <u>GDS150</u> 51.73 1.00 15.73 3.74 5.33 0.18 2.08	430 <u>GDS152</u> 48.62 0.63 16.38 0.56 4.28 0.18 0.48	832	933	480	5/14
$\begin{tabular}{ c c c c c } \hline \hline Sample No. \\ \hline SiO_2(wt.\%) \\ TiO_2 \\ Al_2O_3 \\ Fe_2O_3 \\ FeO \\ MnO \\ MgO \\ C2O \end{tabular}$	995 GDS144 55.96 0.59 19.10 0.16 3.72 0.07 0.65 2.54	345 GDS145 58.39 0.56 19.59 0.99 2.49 0.06 0.61 2.75	413 GDS146 55.62 0.87 16.37 5.17 3.69 0.16 2.40 3.99	SU3           GDS147           53.79           0.69           18.18           0.45           4.23           0.08           0.72           200	464 <u>GDS148</u> 54.54 0.58 17.60 4.49* - 0.08 0.78 1.24	GDS149 52.33 1.07 16.54 6.33 4.26 0.19 3.08 5.07	400 <u>GDS150</u> 51.73 1.00 15.73 3.74 5.33 0.18 2.98 4.42	430 <u>GDS152</u> 48.62 0.63 16.38 0.56 4.28 0.18 0.48 0.99	832	933	480	5/14
$\begin{tabular}{lllllllllllllllllllllllllllllllllll$	995 GDS144 55.96 0.59 19.10 0.16 3.72 0.07 0.65 2.54 4.33	345 GDS145 58.39 0.56 19.59 0.99 2.49 0.06 0.61 2.75 4.59	413 <u>GDS146</u> 55.62 0.87 16.37 5.17 3.69 0.16 2.40 3.99 2.95	SU3           GDS147           53.79           0.69           18.18           0.45           4.23           0.08           0.72           2.00           375	464 GDS148 54.54 0.58 17.60 4.49* - 0.08 0.78 1.24 350	GDS149 52.33 1.07 16.54 6.33 4.26 0.19 3.08 5.07 2.68	400 <u>GDS150</u> 51.73 1.00 15.73 3.74 5.33 0.18 2.98 4.42 2.57	430 <u>GDS152</u> 48.62 0.63 16.38 0.56 4.28 0.18 0.48 0.99 2.96	832	933	480	5/1
$\begin{tabular}{lllllllllllllllllllllllllllllllllll$	995 GDS144 55.96 0.59 19.10 0.16 3.72 0.07 0.65 2.54 4.33 2.18	345 GDS145 58.39 0.56 19.59 0.99 2.49 0.06 0.61 2.75 4.59 2.48	413 <u>GDS146</u> 55.62 0.87 16.37 5.17 3.69 0.16 2.40 3.99 2.95 2.11	SU3           GDS147           53.79           0.69           18.18           0.45           4.23           0.08           0.72           2.00           3.75           2.70	464 GDS148 54.54 0.58 17.60 4.49* - 0.08 0.78 1.24 3.50 2.66	GDS149 52.33 1.07 16.54 6.33 4.26 0.19 3.08 5.07 2.68 192	400 <u>GDS150</u> 51.73 1.00 15.73 3.74 5.33 0.18 2.98 4.42 2.57 1.80	430 <u>GDS152</u> 48.62 0.63 16.38 0.56 4.28 0.18 0.48 0.99 2.96 2.96 2.96	832	933	480	5/1
$\begin{tabular}{lllllllllllllllllllllllllllllllllll$	995 GDS144 55.96 0.59 19.10 0.16 3.72 0.07 0.65 2.54 4.33 2.18 0.11	345 GDS145 58.39 0.56 19.59 0.99 2.49 0.06 0.61 2.75 4.59 2.48 0.07	413 <u>GDS146</u> 55.62 0.87 16.37 5.17 3.69 0.16 2.40 3.99 2.95 2.11 0.16	SU3           GDS147           53.79           0.69           18.18           0.45           4.23           0.08           0.72           2.00           3.75           2.70           0.16	464 <u>GDS148</u> 54.54 0.58 17.60 4.49* - 0.08 0.78 1.24 3.50 2.66 0.14	302 <u>GDS149</u> 52.33 1.07 16.54 6.33 4.26 0.19 3.08 5.07 2.68 1.92 0.27	400 <u>GDS150</u> 51.73 1.00 15.73 3.74 5.33 0.18 2.98 4.42 2.57 1.80 0.31	430 <u>GDS152</u> 48.62 0.63 16.38 0.56 4.28 0.18 0.48 0.99 2.96 2.96 0.23	832	933	480	5/14
$\begin{tabular}{ c c c c } \hline \hline Sample No. \\ \hline SiO_2(wt.\%) \\ TiO_2 \\ Al_2O_3 \\ Fe_2O_3 \\ FeO \\ MnO \\ MgO \\ CaO \\ Na_2O \\ K_2O \\ P_2O_5 \\ H_2O \\ \hline \end{tabular}$	995 GDS144 55.96 0.59 19.10 0.16 3.72 0.07 0.65 2.54 4.33 2.18 0.11 2.10	345 GDS145 58.39 0.56 19.59 0.99 2.49 0.06 0.61 2.75 4.59 2.48 0.07 1.30	413 <u>GDS146</u> 55.62 0.87 16.37 5.17 3.69 0.16 2.40 3.99 2.95 2.11 0.16 1.07	SU3           GDS147           53.79           0.69           18.18           0.45           4.23           0.08           0.72           2.00           3.75           2.70           0.16           2.48	464 <u>GDS148</u> 54.54 0.58 17.60 4.49* - 0.08 0.78 1.24 3.50 2.66 0.14 2.83	362           GDS149           52.33           1.07           16.54           6.33           4.26           0.19           3.08           5.07           2.68           1.92           0.27           1.66	400 <u>GDS150</u> 51.73 1.00 15.73 3.74 5.33 0.18 2.98 4.42 2.57 1.80 0.31 2.21	430 <u>GDS152</u> 48.62 0.63 16.38 0.56 4.28 0.18 0.48 0.99 2.96 2.96 0.23 4.39	832	933	480	5/4
$\begin{tabular}{ c c c c c } \hline Sample No. \\ \hline SiO_2(wt.\%) \\ TiO_2 \\ Al_2O_3 \\ Fe_2O_3 \\ FeO \\ MnO \\ MgO \\ CaO \\ Na_2O \\ Na_2O \\ Na_2O \\ Na_2O \\ P_2O_5 \\ H_2O \\ H_2O \\ H_2O^+ \end{tabular}$	995 GDS144 55.96 0.59 19.10 0.16 3.72 0.07 0.65 2.54 4.33 2.18 0.11 2.10 8.94	345 GDS145 58.39 0.56 19.59 0.99 2.49 0.06 0.61 2.75 4.59 2.48 0.07 1.30 6.22	413 <u>GDS146</u> 55.62 0.87 16.37 5.17 3.69 0.16 2.40 3.99 2.95 2.11 0.16 1.07 4.82	SU3           GDS147           53.79           0.69           18.18           0.45           4.23           0.08           0.72           2.00           3.75           2.70           0.16           2.48           11.37	464 GDS148 54.54 0.58 17.60 4.49* - 0.08 0.78 1.24 3.50 2.66 0.14 2.83 12.18	362           GDS149           52.33           1.07           16.54           6.33           4.26           0.19           3.08           5.07           2.68           1.92           0.27           1.66           5.38	400 <u>GDS150</u> 51.73 1.00 15.73 3.74 5.33 0.18 2.98 4.42 2.57 1.80 0.31 2.21 8.15	430           GDS152           48.62           0.63           16.38           0.56           4.28           0.18           0.48           0.99           2.96           2.96           0.23           4.39           18.65	832	933	480	5/4
$\begin{tabular}{ c c c c c } \hline Sample No. \\ \hline SiO_2 (wt.\%) \\ TiO_2 \\ Al_2O_3 \\ Fe_2O_3 \\ FeO \\ MnO \\ MgO \\ CaO \\ Na_2O \\ K_2O \\ P_2O_5 \\ H_2O^{+} \\ H_2O^{+} \\ Total \end{tabular}$	995 GDS144 55.96 0.59 19.10 0.16 3.72 0.07 0.65 2.54 4.33 2.18 0.11 2.10 8.94 100.45	345 GDS145 58.39 0.56 19.59 0.99 2.49 0.06 0.61 2.75 4.59 2.48 0.07 1.30 6.22 100.10	413 <u>GDS146</u> 55.62 0.87 16.37 5.17 3.69 0.16 2.40 3.99 2.95 2.11 0.16 1.07 4.82 99.38	SU3           GDS147           53.79           0.69           18.18           0.45           4.23           0.08           0.72           2.00           3.75           2.70           0.16           2.48           11.37           100.60	464 <u>GDS148</u> 54.54 0.58 17.60 4.49* - 0.08 0.78 1.24 3.50 2.66 0.14 2.83 12.18 100.62	362           GDS149           52.33           1.07           16.54           6.33           4.26           0.19           3.08           5.07           2.68           1.92           0.27           1.66           5.38           100.78	400 GDS150 51.73 1.00 15.73 3.74 5.33 0.18 2.98 4.42 2.57 1.80 0.31 2.21 8.15 100.15	430           GDS152           48.62           0.63           16.38           0.56           4.28           0.18           0.48           0.99           2.96           2.96           0.23           4.39           18.65           101.31	832	933	480	5/1
$\begin{tabular}{ c c c c } \hline Zr & \\ \hline Sample No. & \\ \hline SiO_2(wt.\%) & \\ \hline TiO_2 & \\ Al_2O_3 & \\ Fe_2O_3 & \\ FeO & \\ MnO & \\ MgO & \\ CaO & \\ MgO & \\ CaO & \\ Na_2O & \\ K_2O & \\ P_2O_5 & \\ H_2O^+ & \\ H_2O^+ & \\ \hline Total & \\ As(ppm) & \\ \hline \end{tabular}$	995 GDS144 55.96 0.59 19.10 0.16 3.72 0.07 0.65 2.54 4.33 2.18 0.11 2.10 8.94 100.45 <4	345 GDS145 58.39 0.56 19.59 0.99 2.49 0.06 0.61 2.75 4.59 2.48 0.07 1.30 6.22 100.10 <4	413 GDS146 55.62 0.87 16.37 5.17 3.69 0.16 2.40 3.99 2.95 2.11 0.16 1.07 4.82 99.38 6	SU3           GDS147           53.79           0.69           18.18           0.45           4.23           0.08           0.72           2.00           3.75           2.70           0.16           2.48           11.37           100.60           11	464 GDS148 54.54 0.58 17.60 4.49* - 0.08 0.78 1.24 3.50 2.66 0.14 2.83 12.18 100.62 6	362           GDS149           52.33           1.07           16.54           6.33           4.26           0.19           3.08           5.07           2.68           1.92           0.27           1.66           5.38           100.78           <4	400 GDS150 51.73 1.00 15.73 3.74 5.33 0.18 2.98 4.42 2.57 1.80 0.31 2.21 8.15 100.15 <4	430           GDS152           48.62           0.63           16.38           0.56           4.28           0.18           0.48           0.99           2.96           2.96           0.23           4.39           18.65           101.31           64	832	933	480	5/1
$\begin{tabular}{ c c c c } \hline Zr \\ \hline \hline Sample No. \\ \hline SiO_2(wt.\%) \\ \hline TiO_2 \\ Al_2O_3 \\ Fe_2O_3 \\ FeO \\ MnO \\ MgO \\ CaO \\ MgO \\ CaO \\ Na_2O \\ K_2O \\ P_2O_5 \\ H_2O^{+} \\ H_2O^{+} \\ \hline Total \\ As(ppm) \\ Ba \end{tabular}$	995 GDS144 55.96 0.59 19.10 0.16 3.72 0.07 0.65 2.54 4.33 2.18 0.11 2.10 8.94 100.45 <4 495	345 GDS145 58.39 0.56 19.59 0.99 2.49 0.06 0.61 2.75 4.59 2.48 0.07 1.30 6.22 100.10 <4 632	413           GDS146           55.62           0.87           16.37           5.17           3.69           0.16           2.40           3.99           2.95           2.11           0.16           1.07           4.82           99.38           6           456	SU3           GDS147           53.79           0.69           18.18           0.45           4.23           0.08           0.72           2.00           3.75           2.70           0.16           2.48           11.37           100.60           11           569	464 GDS148 54.54 0.58 17.60 4.49* - 0.08 0.78 1.24 3.50 2.66 0.14 2.83 12.18 100.62 6 577 -	362           GDS149           52.33           1.07           16.54           6.33           4.26           0.19           3.08           5.07           2.68           1.92           0.27           1.66           5.38           100.78           <4	400 GDS150 51.73 1.00 15.73 3.74 5.33 0.18 2.98 4.42 2.57 1.80 0.31 2.21 8.15 100.15 <4 257	430           GDS152           48.62           0.63           16.38           0.56           4.28           0.18           0.48           0.99           2.96           2.96           0.23           4.39           18.65           101.31           64           489	832	933	480	5/1
$\begin{tabular}{lllllllllllllllllllllllllllllllllll$	995 GDS144 55.96 0.59 19.10 0.16 3.72 0.07 0.65 2.54 4.33 2.18 0.11 2.10 8.94 100.45 <4 495 5	345 GDS145 58.39 0.56 19.59 0.99 2.49 0.06 0.61 2.75 4.59 2.48 0.07 1.30 6.22 100.10 <4 632 4 532 4	413 GDS146 55.62 0.87 16.37 5.17 3.69 0.16 2.40 3.99 2.95 2.11 0.16 1.07 4.82 99.38 6 456 17 7	SU3           GDS147           53.79           0.69           18.18           0.45           4.23           0.08           0.72           2.00           3.75           2.70           0.16           2.48           11.37           100.60           11           569           7	464 GDS148 54.54 0.58 17.60 4.49* - 0.08 0.78 1.24 3.50 2.66 0.14 2.83 12.18 100.62 6 577 6 12 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	362           GDS149           52.33           1.07           16.54           6.33           4.26           0.19           3.08           5.07           2.68           1.92           0.27           1.66           5.38           100.78           <4	400 GDS150 51.73 1.00 15.73 3.74 5.33 0.18 2.98 4.42 2.57 1.80 0.31 2.21 8.15 100.15 <4 257 20 100 100 100 100 100 100 100	430           GDS152           48.62           0.63           16.38           0.56           4.28           0.18           0.48           0.99           2.96           2.96           0.23           4.39           18.65           101.31           64           489           9	832	933	480	5/1
$\begin{tabular}{lllllllllllllllllllllllllllllllllll$	995 GDS144 55.96 0.59 19.10 0.16 3.72 0.07 0.65 2.54 4.33 2.18 0.11 2.10 8.94 100.45 <4 495 5 16 12	345 GDS145 58.39 0.56 19.59 0.99 2.49 0.06 0.61 2.75 4.59 2.48 0.07 1.30 6.22 100.10 <4 632 4 14 0	413 GDS146 55.62 0.87 16.37 5.17 3.69 0.16 2.40 3.99 2.95 2.11 0.16 1.07 4.82 99.38 6 456 17 56 15	SU3           GDS147           53.79           0.69           18.18           0.45           4.23           0.08           0.72           2.00           3.75           2.70           0.16           2.48           11.37           100.60           11           569           7           8           16	464 GDS148 54.54 0.58 17.60 4.49* - 0.08 0.78 1.24 3.50 2.66 0.14 2.83 12.18 100.62 6 577 6 16 15	362           GDS149           52.33           1.07           16.54           6.33           4.26           0.19           3.08           5.07           2.68           1.92           0.27           1.66           5.38           100.78           <4	400 GDS150 51.73 1.00 15.73 3.74 5.33 0.18 2.98 4.42 2.57 1.80 0.31 2.21 8.15 100.15 <4 257 20 138 22	430           GDS152           48.62           0.63           16.38           0.56           4.28           0.18           0.48           0.99           2.96           2.96           0.23           4.39           18.65           101.31           64           489           9           13           29	832	933	480	5/1
$\begin{tabular}{lllllllllllllllllllllllllllllllllll$	995 GDS144 55.96 0.59 19.10 0.16 3.72 0.07 0.65 2.54 4.33 2.18 0.11 2.10 8.94 100.45 <4 495 5 16 13 25	345 GDS145 58.39 0.56 19.59 0.99 2.49 0.06 0.61 2.75 4.59 2.48 0.07 1.30 6.22 100.10 <4 632 4 14 9 26	413           GDS146           55.62           0.87           16.37           5.17           3.69           0.16           2.40           3.99           2.95           2.11           0.16           1.07           4.82           99.38           6           456           17           56           15           20	303           GDS147           53.79           0.69           18.18           0.45           4.23           0.08           0.72           2.00           3.75           2.70           0.16           2.48           11.37           100.60           11           569           7           8           16           24	464 <u>GDS148</u> 54.54 0.58 17.60 4.49* - 0.08 0.78 1.24 3.50 2.66 0.14 2.83 12.18 100.62 6 577 6 16 15 24	362           GDS149           52.33           1.07           16.54           6.33           4.26           0.19           3.08           5.07           2.68           1.92           0.27           1.66           5.38           100.78           <4	400 GDS150 51.73 1.00 15.73 3.74 5.33 0.18 2.98 4.42 2.57 1.80 0.31 2.21 8.15 100.15 <4 257 20 138 23 20	430           GDS152           48.62           0.63           16.38           0.56           4.28           0.18           0.48           0.99           2.96           2.96           0.23           4.39           18.65           101.31           64           489           9           13           22           25	832	933	480	5/1
$\begin{tabular}{lllllllllllllllllllllllllllllllllll$	995 GDS144 55.96 0.59 19.10 0.16 3.72 0.07 0.65 2.54 4.33 2.18 0.11 2.10 8.94 100.45 5 16 13 25 10	345 GDS145 58.39 0.56 19.59 0.99 2.49 0.06 0.61 2.75 4.59 2.48 0.07 1.30 6.22 100.10 <4 632 4 14 9 26 17	413           GDS146           55.62           0.87           16.37           5.17           3.69           0.16           2.40           3.99           2.95           2.11           0.16           1.07           4.82           99.38           6           456           17           56           15           20           17	303           GDS147           53.79           0.69           18.18           0.45           4.23           0.08           0.72           2.00           3.75           2.70           0.16           2.48           11.37           100.60           11           569           7           8           16           24           22	464 GDS148 54.54 0.58 17.60 4.49* - 0.08 0.78 1.24 3.50 2.66 0.14 2.83 12.18 100.62 6 577 6 16 15 24 17	362           GDS149           52.33           1.07           16.54           6.33           4.26           0.19           3.08           5.07           2.68           1.92           0.27           1.66           5.38           100.78           <4	400 GDS150 51.73 1.00 15.73 3.74 5.33 0.18 2.98 4.42 2.57 1.80 0.31 2.21 8.15 100.15 <4 257 20 138 23 20 10	430           GDS152           48.62           0.63           16.38           0.56           4.28           0.18           0.48           0.99           2.96           2.96           0.23           4.39           18.65           101.31           64           489           9           13           22           25           10	832	933	480	5/1
$\begin{tabular}{lllllllllllllllllllllllllllllllllll$	995 GDS144 55.96 0.59 19.10 0.16 3.72 0.07 0.65 2.54 4.33 2.18 0.11 2.10 8.94 100.45 5 16 13 25 19 7	345 GDS145 58.39 0.56 19.59 0.99 2.49 0.06 0.61 2.75 4.59 2.48 0.07 1.30 6.22 100.10 <4 632 4 14 9 26 17 8	413           GDS146           55.62           0.87           16.37           5.17           3.69           0.16           2.40           3.99           2.95           2.11           0.16           1.07           4.82           99.38           6           456           17           56           15           20           17           15	303           GDS147           53.79           0.69           18.18           0.45           4.23           0.08           0.72           2.00           3.75           2.70           0.16           2.48           11.37           100.60           11           569           7           8           16           24           22           7	464 <u>GDS148</u> 54.54 0.58 17.60 4.49* - 0.08 0.78 1.24 3.50 2.66 0.14 2.83 12.18 100.62 6 577 6 16 15 24 17 9	362           GDS149           52.33           1.07           16.54           6.33           4.26           0.19           3.08           5.07           2.68           1.92           0.27           1.66           5.38           100.78           <4	400 GDS150 51.73 1.00 15.73 3.74 5.33 0.18 2.98 4.42 2.57 1.80 0.31 2.21 8.15 100.15 <4 257 20 138 23 20 19 32	430           GDS152           48.62           0.63           16.38           0.56           4.28           0.18           0.48           0.99           2.96           2.96           0.23           4.39           18.65           101.31           64           489           9           13           22           19           0	832	933	480	5/14
$\begin{tabular}{lllllllllllllllllllllllllllllllllll$	995 GDS144 55.96 0.59 19.10 0.16 3.72 0.07 0.65 2.54 4.33 2.18 0.11 2.10 8.94 100.45 5 16 13 25 19 7 23	345 GDS145 58.39 0.56 19.59 0.99 2.49 0.06 0.61 2.75 4.59 2.48 0.07 1.30 6.22 100.10 <4 632 4 14 9 26 17 8 25	413           GDS146           55.62           0.87           16.37           5.17           3.69           0.16           2.40           3.99           2.95           2.11           0.16           1.07           4.82           99.38           6           456           17           56           15           20           17           15           18	303           GDS147           53.79           0.69           18.18           0.45           4.23           0.08           0.72           2.00           3.75           2.70           0.16           2.48           11.37           100.60           11           569           7           8           16           24           22           7           25	464 <u>GDS148</u> 54.54 0.58 17.60 4.49* - 0.08 0.78 1.24 3.50 2.66 0.14 2.83 12.18 100.62 6 577 6 16 15 24 17 9 25	362           GDS149           52.33           1.07           16.54           6.33           4.26           0.19           3.08           5.07           2.68           1.92           0.27           1.66           5.38           100.78           <4	400 GDS150 51.73 1.00 15.73 3.74 5.33 0.18 2.98 4.42 2.57 1.80 0.31 2.21 8.15 100.15 <4 257 20 138 23 20 19 32 18	430           GDS152           48.62           0.63           16.38           0.56           4.28           0.18           0.48           0.99           2.96           2.96           0.23           4.39           18.65           101.31           64           489           9           13           22           19           9           32	832	933	480	5/14
$\begin{tabular}{lllllllllllllllllllllllllllllllllll$	995 GDS144 55.96 0.59 19.10 0.16 3.72 0.07 0.65 2.54 4.33 2.18 0.11 2.10 8.94 100.45 <4 495 5 16 13 25 19 7 23 82	345           GDS145           58.39           0.56           19.59           0.99           2.49           0.06           0.61           2.75           4.59           2.48           0.07           1.30           6.22           100.10           <4           632           4           14           9           26           17           8           25           83	413           GDS146           55.62           0.87           16.37           5.17           3.69           0.16           2.40           3.99           2.95           2.11           0.16           1.07           4.82           99.38           6           456           17           56           15           20           17           15           18           65	SO3           GDS147           53.79           0.69           18.18           0.45           4.23           0.08           0.72           2.00           3.75           2.70           0.16           2.48           11.37           569           7           8           16           24           22           7           25           111	464 <u>GDS148</u> 54.54 0.58 17.60 4.49* - 0.08 0.78 1.24 3.50 2.66 0.14 2.83 12.18 100.62 6 577 6 16 15 24 17 9 25 102	362           GDS149           52.33           1.07           16.54           6.33           4.26           0.19           3.08           5.07           2.68           1.92           0.27           1.66           5.38           100.78           <4	400 GDS150 51.73 1.00 15.73 3.74 5.33 0.18 2.98 4.42 2.57 1.80 0.31 2.21 8.15 100.15 <4 257 20 138 23 20 19 32 18 62	430         GDS152         48.62         0.63         16.38         0.56         4.28         0.18         0.48         0.99         2.96         2.96         0.23         4.39         18.65         101.31         64         489         9         13         22         19         9         32         123	832	933	480	5/14
$\begin{tabular}{lllllllllllllllllllllllllllllllllll$	995 GDS144 55.96 0.59 19.10 0.16 3.72 0.07 0.65 2.54 4.33 2.18 0.11 2.10 8.94 100.45 <4 495 5 16 13 25 19 7 23 82 236	345           GDS145           58.39           0.56           19.59           0.99           2.49           0.06           0.61           2.75           4.59           2.48           0.07           1.30           6.22           100.10           <4           632           4           9           26           17           8           25           83           194	413           GDS146           55.62           0.87           16.37           5.17           3.69           0.16           2.40           3.99           2.95           2.11           0.16           1.07           4.82           99.38           6           456           17           56           15           20           17           15           18           65           138	303           GDS147           53.79           0.69           18.18           0.45           4.23           0.08           0.72           2.00           3.75           2.70           0.16           2.48           11.37           569           7           8           16           24           22           7           25           111           342	464 GDS148 54.54 0.58 17.60 4.49* - 0.08 0.78 1.24 3.50 2.66 0.14 2.83 12.18 100.62 6 577 6 16 15 24 17 9 25 102 402	362           GDS149           52.33           1.07           16.54           6.33           4.26           0.19           3.08           5.07           2.68           1.92           0.27           1.66           5.38           100.78           <4	400 GDS150 51.73 1.00 15.73 3.74 5.33 0.18 2.98 4.42 2.57 1.80 0.31 2.21 8.15 100.15 <4 257 20 138 23 20 19 32 18 62 216	430           GDS152           48.62           0.63           16.38           0.56           4.28           0.18           0.48           0.99           2.96           2.96           0.23           4.39           18.65           101.31           64           489           9           13           22           19           9           32           123           658	832	933	480	5/14
$\begin{tabular}{lllllllllllllllllllllllllllllllllll$	995           GDS144           55.96           0.59           19.10           0.16           3.72           0.07           0.65           2.54           4.33           2.18           0.11           2.10           8.94           100.45           <4	345           GDS145           58.39           0.56           19.59           0.99           2.49           0.06           0.61           2.75           4.59           2.48           0.07           1.30           6.22           100.10           <4           632           4           9           26           17           8           25           83           194	413           GDS146           55.62           0.87           16.37           5.17           3.69           0.16           2.40           3.99           2.95           2.11           0.16           1.07           4.82           99.38           6           456           17           56           15           20           17           15           18           65           138           256	303           GDS147           53.79           0.69           18.18           0.45           4.23           0.08           0.72           2.00           3.75           2.70           0.16           2.48           11.37           569           7           8           16           24           22           7           25           111           342           327	464 GDS148 54.54 0.58 17.60 4.49* - 0.08 0.78 1.24 3.50 2.66 0.14 2.83 12.18 100.62 6 577 6 16 15 24 17 9 25 102 402 255	362           GDS149           52.33           1.07           16.54           6.33           4.26           0.19           3.08           5.07           2.68           1.92           0.27           1.66           5.38           100.78           <4	400 GDS150 51.73 1.00 15.73 3.74 5.33 0.18 2.98 4.42 2.57 1.80 0.31 2.21 8.15 100.15 <4 257 20 138 23 20 19 32 18 62 216 237	430           GDS152           48.62           0.63           16.38           0.56           4.28           0.18           0.48           0.99           2.96           2.96           2.96           0.23           4.39           18.65           101.31           64           489           9           13           22           25           19           9           32           123           658           199	832	933	480	5/14
$\begin{tabular}{lllllllllllllllllllllllllllllllllll$	995           GDS144           55.96           0.59           19.10           0.16           3.72           0.07           0.65           2.54           4.33           2.18           0.11           2.10           8.94           100.45           <4	345           GDS145           58.39           0.56           19.59           0.99           2.49           0.06           0.61           2.75           4.59           2.48           0.07           1.30           6.22           100.10           <4           632           4           9           26           17           8           25           83           194           427           13	413           GDS146           55.62           0.87           16.37           5.17           3.69           0.16           2.40           3.99           2.95           2.11           0.16           1.07           4.82           99.38           6           456           17           56           15           20           17           15           18           65           138           256           15	303           GDS147           53.79           0.69           18.18           0.45           4.23           0.08           0.72           2.00           3.75           2.70           0.16           2.48           11.37           569           7           8           16           24           22           7           25           111           342           327           20	464 GDS148 54.54 0.58 17.60 4.49* - 0.08 0.78 1.24 3.50 2.66 0.14 2.83 12.18 100.62 6 577 6 16 15 24 17 9 25 102 402 255 12	362           GDS149           52.33           1.07           16.54           6.33           4.26           0.19           3.08           5.07           2.68           1.92           0.27           1.66           5.38           100.78           <4	400           GDS150           51.73           1.00           15.73           3.74           5.33           0.18           2.98           4.42           2.57           1.80           0.31           2.21           8.15           100.15           <4	430         GDS152         48.62         0.63         16.38         0.56         4.28         0.18         0.48         0.99         2.96         2.96         0.23         4.39         18.65         101.31         64         489         9         13         22         25         19         9         32         123         658         199         13	832	933	480	5/14
$\begin{tabular}{lllllllllllllllllllllllllllllllllll$	995           GDS144           55.96           0.59           19.10           0.16           3.72           0.07           0.65           2.54           4.33           2.18           0.11           2.10           8.94           100.45           <4	345           GDS145           58.39           0.56           19.59           0.99           2.49           0.06           0.61           2.75           4.59           2.48           0.07           1.30           6.22           100.10           <4           632           4           9           26           17           8           25           83           194           427           13           37	413           GDS146           55.62           0.87           16.37           5.17           3.69           0.16           2.40           3.99           2.95           2.11           0.16           1.07           4.82           99.38           6           456           17           56           15           20           17           15           18           65           138           256           15           143	303           GDS147           53.79           0.69           18.18           0.45           4.23           0.08           0.72           2.00           3.75           2.70           0.16           2.48           11.37           569           7           8           16           24           22           7           25           111           342           327           20           41	464 GDS148 54.54 0.58 17.60 4.49* - 0.08 0.78 1.24 3.50 2.66 0.14 2.83 12.18 100.62 6 577 6 16 15 24 17 9 25 102 402 255 12 37	362           GDS149           52.33           1.07           16.54           6.33           4.26           0.19           3.08           5.07           2.68           1.92           0.27           1.66           5.38           100.78           <4	400           GDS150           51.73           1.00           15.73           3.74           5.33           0.18           2.98           4.42           2.57           1.80           0.31           2.21           8.15           100.15           <4	430         GDS152         48.62         0.63         16.38         0.56         4.28         0.18         0.48         0.99         2.96         2.96         2.96         0.23         4.39         18.65         101.31         64         489         9         13         22         25         19         9         32         123         658         199         13         44	832	933	480	5/14
$\begin{tabular}{lllllllllllllllllllllllllllllllllll$	995           GDS144           55.96           0.59           19.10           0.16           3.72           0.07           0.65           2.54           4.33           2.18           0.11           2.10           8.94           100.45           <4	345           GDS145           58.39           0.56           19.59           0.99           2.49           0.06           0.61           2.75           4.59           2.48           0.07           1.30           6.22           100.10           <4           632           4           9           26           17           8           25           83           194           427           13           37           11	413           GDS146           55.62           0.87           16.37           5.17           3.69           0.16           2.40           3.99           2.95           2.11           0.16           1.07           4.82           99.38           6           456           17           56           15           20           17           15           18           65           138           256           15           143           36	SO3           GDS147           53.79           0.69           18.18           0.45           4.23           0.08           0.72           2.00           3.75           2.70           0.16           2.48           11.37           569           7           8           16           24           22           7           25           111           342           327           20           41           19	464           GDS148           54.54           0.58           17.60           4.49*           -           0.08           0.78           1.24           3.50           2.66           0.14           2.83           12.18           100.62           6           577           6           577           6           16           15           24           17           9           25           102           402           255           12           37           13	362           GDS149           52.33           1.07           16.54           6.33           4.26           0.19           3.08           5.07           2.68           1.92           0.27           1.66           5.38           100.78           <4	400           GDS150           51.73           1.00           15.73           3.74           5.33           0.18           2.98           4.42           2.57           1.80           0.31           2.21           8.15           100.15           <4	430         GDS152         48.62         0.63         16.38         0.56         4.28         0.18         0.48         0.99         2.96         2.96         2.96         0.23         4.39         18.65         101.31         64         489         9         13         22         25         19         9         32         123         658         199         13         44         17	832	933	480	5/14
$\begin{tabular}{lllllllllllllllllllllllllllllllllll$	995           GDS144           55.96           0.59           19.10           0.16           3.72           0.07           0.65           2.54           4.33           2.18           0.11           2.10           8.94           100.45           <4	345           GDS145           58.39           0.56           19.59           0.99           2.49           0.06           0.61           2.75           4.59           2.48           0.07           1.30           6.22           100.10           <4           632           4           9           26           17           8           25           83           194           427           13           37           11           100	413           GDS146           55.62           0.87           16.37           5.17           3.69           0.16           2.40           3.99           2.95           2.11           0.16           1.07           4.82           99.38           6           456           17           56           15           20           17           15           18           65           138           256           15           143           36           127	SU3           GDS147           53.79           0.69           18.18           0.45           4.23           0.08           0.72           2.00           3.75           2.70           0.16           2.48           11.37           569           7           8           16           24           22           7           25           111           342           327           20           41           19           160	464           GDS148           54.54           0.58           17.60           4.49*           -           0.08           0.78           1.24           3.50           2.66           0.14           2.83           12.18           100.62           6           577           6           577           6           16           15           24           17           9           25           102           402           255           12           37           13           157	362           GDS149           52.33           1.07           16.54           6.33           4.26           0.19           3.08           5.07           2.68           1.92           0.27           1.66           5.38           100.78           <4	400           GDS150           51.73           1.00           15.73           3.74           5.33           0.18           2.98           4.42           2.57           1.80           0.31           2.21           8.15           100.15           <4	430         GDS152         48.62         0.63         16.38         0.56         4.28         0.18         0.48         0.99         2.96         2.96         0.23         4.39         18.65         101.31         64         489         9         13         22         19         9         32         123         658         199         13         44         17         214	832	933	480	5/14

 $\frac{Zr}{*: \text{ total iron as } Fe_2O_3, \text{ L.O.I.: loss on ignition, n.d.: not detected.}}$ 

Sample No.	GDS71	GDS83	GDS84	GDS82	GDS158a	GDS158b	GDS158c
	S.F.Gr.	Itoshima To.		M.P.sch.	Marble		
SiO <sub>2</sub> (wt.%)	68.43	66.15	68.77	62.11	-	-	0.00**
TiO <sub>2</sub>	0.40	0.41	0.41	0.89	-	-	0.02**
$Al_2O_3$	15.75	15.94	15.43	16.38	-	-	0.07**
$Fe_2O_3^*$	2.94	4.27	3.11	6.95	-	-	0.00**
MnO	0.06	0.09	0.06	0.16	-	-	0.00**
MgO	0.74	1.56	0.76	1.96	-	-	0.50**
CaO	2.82	4.06	2.73	4.11	-	-	55.30**
Na <sub>2</sub> O	4.41	3.61	4.20	3.23	-	-	0.00**
K <sub>2</sub> Õ	2.64	2.44	2.94	2.12	-	-	0.00**
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.13	0.10	0.13	0.13	-	-	0.00**
L.O.I.	0.46	0.66	0.37	1.37	-	-	43.89**
Total	98.78	99.29	98.91	99.41	-	-	99.78**
As(ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	<4	<4	<4
Ba	486	605	572	309	-	-	36**
Cr	4	16	8	31	-	-	4**
Cu	10	n.d.	329	78	6	5	n.d.**
Ga	22	17	21	18	<4	<4	<4
Nb	15	10	15	5	<5	<5	<5**
Ni	<4	6	4	28	<4	<4	n.d.**
Pb	16	12	17	9	<5	<5	<5
Rb	92	69	96	65	<6	<6	<6**
S	6	23	231	1303	-	-	35**
Sr	345	312	338	202	-	-	332**
Th	10	16	14	<4	<4	<4	<4
V	27	57	29	123	-	-	6**
Y	14	14	13	26	<6	<6	<4**
Zn	81	63	84	76	<4	n.d.	<4**
Zr	197	90	214	141	<4	<4	16**

Table 2. Whole-rock chemical compositions of country rocks in the Gokayama area.

\*: total iron as Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, \*\*: reported by Yuhara and Taguchi (2006), L.O.I.: loss on ignition, n.d.: not detected. S.F.G.: Sawara Fine Granite, To.: Tonalite, M.P.Sch.: Mafic-pelitic schist.

#### 3. 元素濃度分布と地質の関係

河川堆積物試料の化学分析結果(Table 1)ならび に伊藤ほか(2007)の3 試料(NK-01, 02, 41)の分 析値をもとに、各元素の地球化学図を作成した.この 際、H2O<sup>-</sup>が試料の乾燥状態により大きく変化するた め、高本ほか(2005)、伊藤ほか(2007)と同様に各 元素濃度はH2O を除いて再計算した値を使用した. また、主成分元素は酸化物として扱い、鉄は三価の鉄 を全 Fe (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*) とした. S は, 室見川や祓川では, 大部分が有機物由来で,季節変動が大きい(古川ほか, 2004). 本研究の測定試料の採取期間は, 9月から10 月と、短期間ではあるが、S濃度が低濃度から高濃度 へ変化する時期にあたるため、測定試料中のS濃度 をそのまま比較することはできない、そこでSの地 球化学図の作成は行わなかった.地球化学図作成には Surfer ver. 8.0 (Golden Software, Inc.) を用い, 最小 曲率法でデータの補間を行った. この方法は、ランダ ムに分布する各データを3次元スプライン関数のなめ らかな曲面で補間する方法である.この方法では、デ ータがない領域に、実在しない濃度勾配を形成するこ とがある.このため、隣接する試料採取地点で値に大 きな偏りがある場合は、極端に濃度が変化する領域が できることがある.本研究における試料採取地点は. 那珂川本流と大野川, 倉谷川沿いに集中している (Fig. 4). このような極端に偏在したデータを用いると, Fig. 5 に示した地球化学図のように、極端な濃度勾配 を算出してしまい、那珂川本流付近でピークを形成 し、それより離れた広い領域で極端に高い値や低い値 を示すことになる.したがって、広域を対象とした高 本ほか(2005)や伊藤ほか(2007)のような試料密度 の場合は問題ないが、本地域の地球化学図には、試料 の採取地点の位置情報をそのまま用いることはできな い. 河川堆積物を用いた地球化学図作成は, 河川堆積 物が流域の平均的な化学組成値を代表しているという 仮定をもとに行われている.このため上岡ほか(1991), 太田ほか(2002, 2003)は、流域を考慮した上で補間 を行っている.しかし、いずれの場合でも補間のデー タ処理がかなり複雑である. そこで、本研究では試料 採取地点の位置情報をその河川の集水域の中間標高地 点に移し、地球化学図を作成した(Fig. 6).

#### 岩石の分布に規制された濃度分布を示す元素

TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>\*, MnO, MgO, CaO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Co, Cr, Ni, V, Y 濃度は, 糸島花崗閃緑岩分布域で高く, 早良花崗岩分布域で低い傾向にある (Fig. 6). これに

Sample No.	GDS-162	GDS-163	GDS-165	GDS-162	GDS-163	GDS-165	GDS-163	GDS-165
mineral	Pl	Pl	Pl	Kfs	Kfs	Kfs	Hbl	Hbl
SiQ <sub>o</sub> (wt.%)	77.68	72.67	71.44	64.14	68.99	67.44	43.70	43.35
TiO.	0.03	0.02	0.03	0.00	0.00	0.02	1.03	1.20
ALO.	13.29	16.36	16.94	18.88	16.53	17.73	9.99	10.20
Fe.O.*	0.00	0.03	0.05	0.00	0.00	0.05	22.04	20.47
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	074	0.54
MgQ	0.07	0.07	0.07	0.05	0.06	0.09	7 47	8.84
CaO	2.98	445	4 4 5	1.20	1.42	0.08	11 11	11 23
Na O	4.65	4.87	5.03	3.20	2.44	4 44	1 23	1 20
K O	0.31	0.33	0.36	10.20	8.94	7.38	1.20	1.14
P 0	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.32	0.01	0.00	0.00	0.00	0.60	0.60	0.00
Total	0.0 <u>2</u> 00.3 <u>/</u>	99.04	0.50 08.73	98.10	0.25 98.67	97.83	0.05	99.10
As(ppm)	n d	n d		n d		n d		
Ra (ppin)	66	63	84	3826	2727	2008	44	52
Co	nd	<5	<5	<5	nd	2000 n d	41	49
Cr	6	6	7	<1	<1	1.0.	56	111
Cu	8	<1	<1	<1	<1	5	nd	nd
Ga	15	16	17	16	12	12	23	22
Nb	<5	<5	nd	<5	12 n d	12 n d	20 40	22
Ni	0	0	0 0	6	6. II.u.	8 8	49 n d	12
Dh	11	9 19	9 12	28	24	26		12 <5
FD Ph	11 8 70**	12 5 71**	15	00 205**	04 119**	20 125	NO nd	NO nd
RD S	0.70 n.d	0.71 nd	0	205 nd	110 nd	155	11.U. 19	11.0. 51
5 5	11.Q.	11.U. 200**	250	11.U. C1.4**	11.U. 250**	4 210	40	24
Sr	415	328	308	014	309	318	20	34
In	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	<4	n.d.
V	1	6	6	7	5	7	371	406
Y 7	<6	<0	<6	<6	<6	<0	190	78
Zn	10	9	11	<4	5	13	268	249
Zr	109	11	n.d.	<4	n.d.	n.d.	126	106
-								
Sample No.	GDS-162	GDS-163	GDS-165	GDS-178	GDS-176	GDS-170	GDS-172	GDS-176
Sample No. mineral	GDS-162 Bt.	GDS-163 Bt.	GDS-165 A.Bt.	GDS-178 Chl.	GDS-176 Ill.	GDS-170 Mag.	GDS-172 Mag.	GDS-176 Py.
Sample No. mineral SiO <sub>2</sub> (wt.%)	GDS-162 Bt. 35.52	GDS-163 Bt. 36.45	GDS-165 A.Bt. 37.98	GDS-178 Chl. 30.32	GDS-176 Ill. 53.15	GDS-170 Mag. 10.81	GDS-172 Mag. 9.56	GDS-176 Py.
Sample No. mineral SiO <sub>2</sub> (wt.%) TiO <sub>2</sub>	GDS-162 Bt. 35.52 3.47	GDS-163 Bt. 36.45 3.01	GDS-165 A.Bt. 37.98 2.43	GDS-178 Chl. 30.32 2.23	GDS-176 Ill. 53.15 2.15	GDS-170 Mag. 10.81 0.80	GDS-172 Mag. 9.56 0.60	GDS-176 Py.
Sample No.           mineral           SiO <sub>2</sub> (wt.%)           TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	GDS-162 Bt. 35.52 3.47 16.54	GDS-163 Bt. 36.45 3.01 14.89	GDS-165 A.Bt. 37.98 2.43 19.58	GDS-178 Chl. 30.32 2.23 18.07	GDS-176 Ill. 53.15 2.15 26.14	GDS-170 Mag. 10.81 0.80 1.46	GDS-172 Mag. 9.56 0.60 1.27	GDS-176 Py. - -
$\begin{tabular}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	GDS-162 Bt. 35.52 3.47 16.54 24.75	GDS-163 Bt. 36.45 3.01 14.89 24.77	GDS-165 A.Bt. 37.98 2.43 19.58 19.43	GDS-178 Chl. 30.32 2.23 18.07 28.92	GDS-176 Ill. 53.15 2.15 26.14 3.41	GDS-170 Mag. 10.81 0.80 1.46 48.55	GDS-172 Mag. 9.56 0.60 1.27 44.96	GDS-176 Py. - -
$\begin{tabular}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	GDS-162 Bt. 35.52 3.47 16.54 24.75 0.45	GDS-163 Bt. 36.45 3.01 14.89 24.77 0.46	GDS-165 A.Bt. 37.98 2.43 19.58 19.43 0.32	GDS-178 Chl. 30.32 2.23 18.07 28.92 0.73	GDS-176 Ill. 53.15 2.15 26.14 3.41 0.12	GDS-170 Mag. 10.81 0.80 1.46 48.55 0.16	GDS-172 Mag. 9.56 0.60 1.27 44.96 0.13	GDS-176 Py. - - - - -
Sample No.           mineral           SiO2 (wt.%)           TiO2           Al2O3           Fe2O3*           MnO           MgO	GDS-162 Bt. 35.52 3.47 16.54 24.75 0.45 7.24	GDS-163 Bt. 36.45 3.01 14.89 24.77 0.46 8.57	GDS-165 A.Bt. 37.98 2.43 19.58 19.43 0.32 7.26	GDS-178 Chl. 30.32 2.23 18.07 28.92 0.73 10.18	GDS-176 Ill. 53.15 2.15 26.14 3.41 0.12 0.75	GDS-170 Mag. 10.81 0.80 1.46 48.55 0.16 0.46	GDS-172 Mag. 9.56 0.60 1.27 44.96 0.13 0.16	GDS-176 Py. - - - - -
Sample No.       mineral       SiO2 (wt.%)       TiO2       Al2O3       Fe2O3*       MnO       MgO       CaO	GDS-162 Bt. 35.52 3.47 16.54 24.75 0.45 7.24 0.40	GDS-163 Bt. 36.45 3.01 14.89 24.77 0.46 8.57 0.55	GDS-165 A.Bt. 37.98 2.43 19.58 19.43 0.32 7.26 0.97	GDS-178 Chl. 30.32 2.23 18.07 28.92 0.73 10.18 0.73	GDS-176 III. 53.15 2.15 26.14 3.41 0.12 0.75 0.63	GDS-170 Mag. 10.81 0.80 1.46 48.55 0.16 0.46 0.69	GDS-172 Mag. 9.56 0.60 1.27 44.96 0.13 0.16 0.32	GDS-176 Py. - - - - - -
Sample No.       mineral       SiO <sub>2</sub> (wt.%)       TiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *       MnO       MgO       CaO       Na <sub>2</sub> O	GDS-162 Bt. 35.52 3.47 16.54 24.75 0.45 7.24 0.40 0.16	GDS-163 Bt. 36.45 3.01 14.89 24.77 0.46 8.57 0.55 0.11	GDS-165 A.Bt. 37.98 2.43 19.58 19.43 0.32 7.26 0.97 0.21	GDS-178 Chl. 30.32 2.23 18.07 28.92 0.73 10.18 0.73 0.13	GDS-176 III. 53.15 2.15 26.14 3.41 0.12 0.75 0.63 1.12	GDS-170 Mag. 10.81 0.80 1.46 48.55 0.16 0.46 0.69 0.12	GDS-172 Mag. 9.56 0.60 1.27 44.96 0.13 0.16 0.32 0.13	GDS-176 Py. - - - - - - - - - -
$\begin{tabular}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	GDS-162 Bt. 35.52 3.47 16.54 24.75 0.45 7.24 0.40 0.16 8.40	GDS-163 Bt. 36.45 3.01 14.89 24.77 0.46 8.57 0.55 0.11 8.84	GDS-165 A.Bt. 37.98 2.43 19.58 19.43 0.32 7.26 0.97 0.21 3.37	GDS-178 Chl. 30.32 2.23 18.07 28.92 0.73 10.18 0.73 0.13 0.50	GDS-176 Ill. 53.15 26.14 3.41 0.12 0.75 0.63 1.12 7.17	GDS-170 Mag. 10.81 0.80 1.46 48.55 0.16 0.46 0.69 0.12 0.15	GDS-172 Mag. 9.56 0.60 1.27 44.96 0.13 0.16 0.32 0.13 0.19	GDS-176 Py. - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
$\label{eq:starsest} \hline \hline $$ \frac{\text{Sample No.}}{\text{mineral}}$ \\ \hline $$ \text{SiO}_2(\text{wt.\%})$ \\ $$ \text{TiO}_2$ \\ $$ \text{Al}_2\text{O}_3$ \\ $$ \text{Fe}_2\text{O}_3^*$ \\ $$ \text{MnO}$ \\ $$ \text{MgO}$ \\ $$ \text{CaO}$ \\ $$ \text{Na}_2\text{O}$ \\ $$ \text{K}_2\text{O}$ \\ $$ \text{P}_2\text{O}_5$ \\ $$ \end{tabular}$	GDS-162 Bt. 35.52 3.47 16.54 24.75 0.45 7.24 0.40 0.16 8.40 0.15	GDS-163 Bt. 36.45 3.01 14.89 24.77 0.46 8.57 0.55 0.11 8.84 0.06	GDS-165 A.Bt. 37.98 2.43 19.58 19.43 0.32 7.26 0.97 0.21 3.37 0.11	GDS-178 Chl. 30.32 2.23 18.07 28.92 0.73 10.18 0.73 0.13 0.50 0.20	GDS-176 Ill. 53.15 26.14 3.41 0.12 0.75 0.63 1.12 7.17 0.20	GDS-170 Mag. 10.81 0.80 1.46 48.55 0.16 0.46 0.69 0.12 0.15 0.09	GDS-172 Mag. 9.56 0.60 1.27 44.96 0.13 0.16 0.32 0.13 0.19 0.18	GDS-176 Py. - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
$\label{eq:starsest} \hline \hline $$ \frac{\text{Sample No.}}{\text{mineral}}$ \\ \hline $$ \text{SiO}_2(\text{wt.\%})$ \\ $$ \text{TiO}_2$ \\ $$ \text{Al}_2O_3$ \\ $$ \text{Fe}_2O_3^*$ \\ $$ \text{MnO}$ \\ $$ \text{MgO}$ \\ $$ \text{CaO}$ \\ $$ \text{Na}_2O$ \\ $$ \text{K}_2O$ \\ $$ \text{P}_2O_5$ \\ $$ \text{L.O.I.}$ \\ \hline \hline $$ \text{L.O.I.}$ \\ \hline $$ \end{tabular}$	GDS-162 Bt. 35.52 3.47 16.54 24.75 0.45 7.24 0.40 0.16 8.40 0.15 1.87	GDS-163 Bt. 36.45 3.01 14.89 24.77 0.46 8.57 0.55 0.11 8.84 0.06 1.43	GDS-165 A.Bt. 37.98 2.43 19.58 19.58 19.43 0.32 7.26 0.97 0.21 3.37 0.11	GDS-178 Chl. 30.32 2.23 18.07 28.92 0.73 10.18 0.73 0.13 0.50 0.20	GDS-176 III. 53.15 26.14 3.41 0.12 0.75 0.63 1.12 7.17 0.20	GDS-170 Mag. 10.81 0.80 1.46 48.55 0.16 0.46 0.69 0.12 0.15 0.09	GDS-172 Mag. 9.56 0.60 1.27 44.96 0.13 0.16 0.32 0.13 0.19 0.18	GDS-176 Py. - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
$\begin{tabular}{ c c c c c }\hline\hline Sample No.\\ \hline mineral\\ \hline SiO_2(wt.\%)\\ TiO_2\\ Al_2O_3\\ Fe_2O_3^*\\ MnO\\ MgO\\ CaO\\ Na_2O\\ K_2O\\ P_2O_5\\ L.O.I.\\ \hline Total\\ \hline \end{tabular}$	GDS-162 Bt. 35.52 3.47 16.54 24.75 0.45 7.24 0.40 0.16 8.40 0.15 1.87 98.95	GDS-163 Bt. 36.45 3.01 14.89 24.77 0.46 8.57 0.55 0.11 8.84 0.06 1.43 99.14	GDS-165 A.Bt. 37.98 2.43 19.58 19.43 0.32 7.26 0.97 0.21 3.37 0.11 - 91.66	GDS-178 Chl. 30.32 2.23 18.07 28.92 0.73 10.18 0.73 0.13 0.50 0.20 - 92.01	GDS-176 III. 53.15 26.14 3.41 0.12 0.75 0.63 1.12 7.17 0.20 - 94.84	GDS-170 Mag. 10.81 0.80 1.46 48.55 0.16 0.46 0.69 0.12 0.15 0.09 - 63.29	GDS-172 Mag. 9.56 0.60 1.27 44.96 0.13 0.16 0.32 0.13 0.19 0.18 - 57.50	GDS-176 Py. - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
$\label{eq:starsest} \hline \hline $$ \frac{\text{Sample No.}}{\text{mineral}}$ \\ \hline $$ \text{SiO}_2(\text{wt.\%})$ \\ $$ \text{TiO}_2$ \\ $$ \text{Al}_2\text{O}_3$ \\ $$ \text{Fe}_2\text{O}_3^*$ \\ $$ \text{MnO}$ \\ $$ \text{MgO}$ \\ $$ \text{CaO}$ \\ $$ \text{MgO}$ \\ $$ \text{CaO}$ \\ $$ \text{Na}_2\text{O}$ \\ $$ \text{K}_2\text{O}$ \\ $$ \text{P}_2\text{O}_5$ \\ $$ \text{L.O.I.}$ \\ \hline $$ \frac{\text{Total}}{\text{As}(\text{ppm})$ } $$ \end{tabular}$	GDS-162 Bt. 35.52 3.47 16.54 24.75 0.45 7.24 0.40 0.16 8.40 0.15 1.87 98.95 <4	GDS-163 Bt. 36.45 3.01 14.89 24.77 0.46 8.57 0.55 0.11 8.84 0.06 1.43 99.14 <4	GDS-165 A.Bt. 37.98 2.43 19.58 19.43 0.32 7.26 0.97 0.21 3.37 0.11 - 91.66 8	GDS-178 Chl. 30.32 2.23 18.07 28.92 0.73 10.18 0.73 0.13 0.50 0.20 - 92.01 <4	GDS-176 III. 53.15 26.14 3.41 0.12 0.75 0.63 1.12 7.17 0.20 - 94.84 67	GDS-170 Mag. 10.81 0.80 1.46 48.55 0.16 0.46 0.69 0.12 0.15 0.09 - 63.29 <4	GDS-172 Mag. 9.56 0.60 1.27 44.96 0.13 0.16 0.32 0.13 0.19 0.18 - 57.50 7	GDS-176 Py. - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
$\begin{tabular}{ c c c c c }\hline\hline Sample No.\\ \hline mineral\\ \hline SiO_2(wt.\%)\\ TiO_2\\ Al_2O_3\\ Fe_2O_3^*\\ MnO\\ MgO\\ CaO\\ Na_2O\\ K_2O\\ P_2O_5\\ L.O.I.\\ \hline Total\\ \hline As(ppm)\\ Ba\\ \hline \end{tabular}$	GDS-162 Bt. 35.52 3.47 16.54 24.75 0.45 7.24 0.40 0.16 8.40 0.15 1.87 98.95 <4 745	GDS-163 Bt. 36.45 3.01 14.89 24.77 0.46 8.57 0.55 0.11 8.84 0.06 1.43 99.14 <4 469	GDS-165 A.Bt. 37.98 2.43 19.58 19.43 0.32 7.26 0.97 0.21 3.37 0.11 - 91.66 8 337	GDS-178 Chl. 30.32 2.23 18.07 28.92 0.73 10.18 0.73 0.13 0.50 0.20 - 92.01 <4 <13	GDS-176 III. 53.15 2.15 26.14 3.41 0.12 0.75 0.63 1.12 7.17 0.20 - 94.84 67 201	GDS-170 Mag. 10.81 0.80 1.46 48.55 0.16 0.46 0.69 0.12 0.15 0.09 - 63.29 <4 51	GDS-172 Mag. 9.56 0.60 1.27 44.96 0.13 0.16 0.32 0.13 0.19 0.18 - 57.50 7 33	GDS-176 Py. - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
$\label{eq:starsest} \hline \hline $$ Sample No. $$ mineral $$ SiO_2(wt.\%) $$ TiO_2 $$ Al_2O_3 $$ Fe_2O_3 $$ MnO $$ MgO $$ CaO $$ Na_2O $$ K_2O $$ P_2O_5 $$ L.O.I. $$ Total $$ As(ppm) $$ Ba $$ Co $$ $	$\begin{array}{c} {\rm GDS-162} \\ {\rm Bt.} \\ {\rm 35.52} \\ {\rm 3.47} \\ {\rm 16.54} \\ {\rm 24.75} \\ {\rm 0.45} \\ {\rm 7.24} \\ {\rm 0.40} \\ {\rm 0.46} \\ {\rm 0.40} \\ {\rm 0.16} \\ {\rm 8.40} \\ {\rm 0.15} \\ {\rm 1.87} \\ {\rm 98.95} \\ {\rm <4} \\ {\rm 745} \\ {\rm 44} \end{array}$	GDS-163 Bt. 36.45 3.01 14.89 24.77 0.46 8.57 0.55 0.11 8.84 0.06 1.43 99.14 <4 469 62	GDS-165 A.Bt. 37.98 2.43 19.58 19.43 0.32 7.26 0.97 0.21 3.37 0.11 - 91.66 8 337 57	GDS-178 Chl. 30.32 2.23 18.07 28.92 0.73 10.18 0.73 0.13 0.50 0.20 - 92.01 <4 <13 81	GDS-176 III. 53.15 2.15 26.14 3.41 0.12 0.75 0.63 1.12 7.17 0.20 - 94.84 67 201 10	GDS-170 Mag. 10.81 0.80 1.46 48.55 0.16 0.46 0.69 0.12 0.15 0.09 - 63.29 <4 51 248	GDS-172 Mag. 9.56 0.60 1.27 44.96 0.13 0.16 0.32 0.13 0.19 0.18 - 57.50 7 33 266	GDS-176 Py. - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
$\label{eq:starsest} \hline \hline $$ \frac{Sample No.}{mineral} \\ \hline $$ SiO_2(wt.\%) $$ TiO_2 $$ Al_2O_3 $$ Fe_2O_3 $$ MnO $$ MgO $$ CaO $$ Na_2O $$ K_2O $$ P_2O_5 $$ L.O.I. $$ Total $$ As(ppm) $$ Ba $$ Co $$ Cr $} Cr $$ Cr $} Cr $$ Cr $$ Cr $$ Cr $$ Cr $} Cr $$ Cr $$ Cr $ Cr $	$\begin{array}{c} {\rm GDS-162} \\ {\rm Bt.} \\ {\rm 35.52} \\ {\rm 3.47} \\ {\rm 16.54} \\ {\rm 24.75} \\ {\rm 0.45} \\ {\rm 7.24} \\ {\rm 0.45} \\ {\rm 7.24} \\ {\rm 0.40} \\ {\rm 0.16} \\ {\rm 8.40} \\ {\rm 0.15} \\ {\rm 1.87} \\ {\rm 98.95} \\ {\rm <4} \\ {\rm 745} \\ {\rm 44} \\ {\rm 25} \end{array}$	GDS-163         Bt.           36.45         3.01           14.89         24.77           0.46         8.57           0.55         0.11           8.84         0.06           1.43         99.14           <4	GDS-165 A.Bt. 37.98 2.43 19.58 19.43 0.32 7.26 0.97 0.21 3.37 0.11 - 91.66 8 337 57 83	GDS-178 Chl. 30.32 2.23 18.07 28.92 0.73 10.18 0.73 0.13 0.50 0.20 - 92.01 <4 <13 81 33	GDS-176 III. 53.15 2.15 26.14 3.41 0.12 0.75 0.63 1.12 7.17 0.20 - 94.84 67 201 10 18	GDS-170 Mag. 10.81 0.80 1.46 48.55 0.16 0.46 0.69 0.12 0.15 0.09 - 63.29 <4 51 248 317	GDS-172 Mag. 9.56 0.60 1.27 44.96 0.13 0.13 0.16 0.32 0.13 0.19 0.18 - 57.50 7 33 266 160	GDS-176 Py. - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
$\label{eq:starsested} \hline \hline $$ \frac{Sample No.}{mineral} \\ $$ SiO_2(wt.\%) $$ TiO_2 $$ Al_2O_3 $$ Fe_2O_3^* $$ MnO $$ MgO $$ CaO $$ Na_2O $$ K_2O $$ P_2O_5 $$ L.O.I. $$ Total $$ As(ppm) $$ Ba $$ Co $$ Cr $$ Cu $$ Cu $$ Total $$ Co $$ Cr $$ Cu $$ Total $$ Co $$ Cr $$ Cu $$ Total $$ Co $$ Cr $$ Cu $$ Total $$ Total $$ Co $$ Cr $$ Cu $$ Total $$ Total $$ Total $$ Co $$ Cr $$ Cu $$ Total $$ Co $$ Cr $$ Cu $$ Total $$ Tota$	GDS-162 Bt. 35.52 3.47 16.54 24.75 0.45 7.24 0.45 7.24 0.40 0.16 8.40 0.15 1.87 98.95 <4 745 44 25 n.d.	GDS-163         Bt.           36.45         3.01           14.89         24.77           0.46         8.57           0.55         0.11           8.84         0.06           1.43         99.14           <4	GDS-165 A.Bt. 37.98 2.43 19.58 19.43 0.32 7.26 0.97 0.21 3.37 0.11 - 91.66 8 337 57 83 93	GDS-178 Chl. 30.32 2.23 18.07 28.92 0.73 10.18 0.73 0.13 0.50 0.20 - 92.01 <4 <13 81 33 10	GDS-176 III. 53.15 2.15 26.14 3.41 0.12 0.75 0.63 1.12 7.17 0.20 - 94.84 67 201 10 18 6	GDS-170 Mag. 10.81 0.80 1.46 48.55 0.16 0.46 0.69 0.12 0.15 0.09 - 63.29 <4 51 248 317 n.d.	GDS-172 Mag. 9.56 0.60 1.27 44.96 0.13 0.13 0.16 0.32 0.13 0.19 0.18 - 57.50 7 33 266 160 n.d.	GDS-176 Py. - - - - - - - - - - - - -
$\label{eq:starsested} \hline \hline $$ \frac{Sample No.}{mineral} \\ $$ SiO_2(wt.\%) $$ TiO_2 $$ Al_2O_3 $$ Fe_2O_3 * $$ MnO $$ MgO $$ CaO $$ Na_2O $$ K_2O $$ P_2O_5 $$ L.O.I. $$ Total $$ As(ppm) $$ Ba $$ Co $$ Cr $$ Cu $$ Ga $$ Co $$ Cr $$ Cu $$ Ga $$ Total $$ Co $$ Cr $$ Cu $$ Ga $$ Total $$ Co $$ Cr $$ Cu $$ Ga $$ Total $$ Co $$ Cr $$ Cu $$ Ga $$ Total $$ Co $$ Cr $$ Cu $$ Ga $$ Total $$ Total $$ Co $$ Cr $$ Cu $$ Ga $$ Total $$ Total $$ Total $$ Total $$ Total $$ Co $$ Cr $$ Cu $$ Ga $$ Total $$ Co $$ Cr $$ Cu $$ Ga $$ Total $$ Total $$ Total $$ Total $$ Total $$ Co $$ Cr $$ Cu $$ Ga $$ Total $$ Tota$	GDS-162 Bt. 35.52 3.47 16.54 24.75 0.45 7.24 0.45 7.24 0.40 0.16 8.40 0.15 1.87 98.95 <4 745 44 25 n.d. 48	GDS-163         Bt.           36.45         3.01           14.89         24.77           0.46         8.57           0.55         0.11           8.84         0.06           1.43         99.14           <4	GDS-165 A.Bt. 37.98 2.43 19.58 19.43 0.32 7.26 0.97 0.21 3.37 0.11 - 91.66 8 337 57 83 93 36	GDS-178 Chl. 30.32 2.23 18.07 28.92 0.73 10.18 0.73 0.13 0.50 0.20 - 92.01 <4 <13 81 33 10 56	GDS-176 III, 53.15 2.15 26.14 3.41 0.12 0.75 0.63 1.12 7.17 0.20 - 94.84 67 201 10 18 6 59	GDS-170 Mag. 10.81 0.80 1.46 48.55 0.16 0.46 0.69 0.12 0.15 0.09 - 63.29 <4 51 248 317 n.d. 13	GDS-172 Mag. 9.56 0.60 1.27 44.96 0.13 0.13 0.13 0.16 0.32 0.13 0.19 0.18 - 57.50 7 33 266 160 n.d. 28	GDS-176 Py. - - - - - - - - - - - - -
$\label{eq:starsested} \hline \hline $$ \frac{Sample No.}{mineral} \\ $$ SiO_2(wt.\%) $$ TiO_2 $$ Al_2O_3 $$ Fe_2O_3^* $$ MnO $$ MgO $$ CaO $$ Na_2O $$ K_2O $$ P_2O_5 $$ L.O.I. $$ Total $$ As(ppm) $$ Ba $$ Co $$ Cr $$ Cu $$ Ga $$ Nb $$ $$ $$ Nb $$ $$ \end{tabular}$	GDS-162 Bt. 35.52 3.47 16.54 24.75 0.45 7.24 0.45 7.24 0.40 0.16 8.40 0.15 1.87 98.95 <4 745 44 25 n.d. 48 182	GDS-163         Bt.           36.45         3.01           14.89         24.77           0.46         8.57           0.55         0.11           8.84         0.06           1.43         99.14           <4	GDS-165 A.Bt. 37.98 2.43 19.58 19.43 0.32 7.26 0.97 0.21 3.37 0.11 - 91.66 8 337 57 83 93 36 30	GDS-178 Chl. 30.32 2.23 18.07 28.92 0.73 10.18 0.73 0.13 0.50 0.20 - 92.01 <4 <13 81 33 10 56 37	GDS-176 III, 53.15 2.15 26.14 3.41 0.12 0.75 0.63 1.12 7.17 0.20 - 94.84 67 201 10 18 6 59 51	GDS-170 Mag. 10.81 0.80 1.46 48.55 0.16 0.46 0.69 0.12 0.15 0.09 - 63.29 <4 51 248 317 n.d. 13 9	GDS-172 Mag. 9.56 0.60 1.27 44.96 0.13 0.13 0.16 0.32 0.13 0.19 0.18 - 57.50 7 33 266 160 n.d. 28 9	GDS-176 Py. - - - - - - - - - - - - -
$\begin{tabular}{ c c c c }\hline\hline \hline Sample No.\\ \hline mineral\\ \hline SiO_2(wt.\%)\\ \hline TiO_2\\ Al_2O_3\\ Fe_2O_3^*\\ MnO\\ MgO\\ CaO\\ Na_2O\\ K_2O\\ P_2O_5\\ L.O.I.\\ \hline Total\\ \hline As(ppm)\\ Ba\\ Co\\ Cr\\ Cu\\ Ga\\ Nb\\ Ni\\ \hline \end{tabular}$	GDS-162 Bt. 35.52 3.47 16.54 24.75 0.45 7.24 0.40 0.16 8.40 0.15 1.87 98.95 <4 745 44 25 n.d. 48 182 n.d.	GDS-163         Bt.           36.45         3.01           14.89         24.77           0.46         8.57           0.55         0.11           8.84         0.06           1.43         99.14           <4	GDS-165 A.Bt. 37.98 2.43 19.58 19.43 0.32 7.26 0.97 0.21 3.37 0.11 - 91.66 8 337 57 83 93 36 30 42	GDS-178 Chl. 30.32 2.23 18.07 28.92 0.73 10.18 0.73 0.13 0.50 0.20 - 92.01 <4 <13 81 33 10 56 37 n.d.	GDS-176 III, 53.15 2.15 26.14 3.41 0.12 0.75 0.63 1.12 7.17 0.20 - 94.84 67 201 10 18 6 59 51 10	GDS-170 Mag. 10.81 0.80 1.46 48.55 0.16 0.46 0.69 0.12 0.15 0.09 - 63.29 - 4 51 248 317 n.d. 13 9 n.d.	GDS-172 Mag. 9.56 0.60 1.27 44.96 0.13 0.13 0.13 0.13 0.13 0.13 0.13 0.19 0.18 - 57.50 7 33 266 160 n.d. 28 9 n.d.	GDS-176 Py. - - - - - - - - - - - - -
$\begin{tabular}{ c c c c }\hline\hline \hline Sample No.\\ \hline mineral\\ \hline SiO_2(wt.\%)\\ \hline TiO_2\\ Al_2O_3\\ Fe_2O_3^*\\ MnO\\ MgO\\ CaO\\ Na_2O\\ K_2O\\ P_2O_5\\ L.O.I.\\ \hline Total\\ \hline As(ppm)\\ Ba\\ Co\\ Cr\\ Cu\\ Ga\\ Nb\\ Ni\\ Pb\\ \end{tabular}$	GDS-162 Bt. 35.52 3.47 16.54 24.75 0.45 7.24 0.40 0.16 8.40 0.15 1.87 98.95 <4 745 44 25 n.d. 48 182 n.d. 6	GDS-163         Bt.           36.45         3.01           14.89         24.77           0.46         8.57           0.55         0.11           8.84         0.06           1.43         99.14           <4	GDS-165 A.Bt. 37.98 2.43 19.58 19.43 0.32 7.26 0.97 0.21 3.37 0.11 - 91.66 8 337 57 83 93 36 30 42 15	GDS-178 Chl. 30.32 2.23 18.07 28.92 0.73 10.18 0.73 0.13 0.50 0.20 - 92.01 <4 <13 81 33 10 56 37 n.d. 19	GDS-176 III, 53.15 2.15 26.14 3.41 0.12 0.75 0.63 1.12 7.17 0.20 - 94.84 67 201 10 18 6 59 51 10 30	GDS-170 Mag. 10.81 0.80 1.46 48.55 0.16 0.46 0.69 0.12 0.15 0.09 - 63.29 <4 51 248 317 n.d. 13 9 n.d. 8	GDS-172 Mag. 9.56 0.60 1.27 44.96 0.13 0.16 0.32 0.13 0.19 0.18 - 57.50 7 33 266 160 n.d. 28 9 n.d. 6	GDS-176 Py. - - - - - - - - - - - - -
$\begin{tabular}{ c c c c }\hline\hline \hline Sample No.\\ \hline mineral\\ \hline SiO_2(wt.\%)\\ \hline TiO_2\\ Al_2O_3\\ Fe_2O_3^*\\ MnO\\ MgO\\ CaO\\ Na_2O\\ K_2O\\ P_2O_5\\ L.O.I.\\ \hline Total\\ \hline As(ppm)\\ Ba\\ Co\\ Cr\\ Cu\\ Ga\\ Nb\\ Ni\\ Pb\\ Rb\\ \end{tabular}$	GDS-162 Bt. 35.52 3.47 16.54 24.75 0.45 7.24 0.40 0.16 8.40 0.15 1.87 98.95 <4 745 44 25 n.d. 48 182 n.d. 6 598**	GDS-163         Bt.           36.45         3.01           14.89         24.77           0.46         8.57           0.55         0.11           8.84         0.06           1.43         99.14           <4	GDS-165 A.Bt. 37.98 2.43 19.58 19.43 0.32 7.26 0.97 0.21 3.37 0.11 - 91.66 8 337 57 83 93 36 30 42 15 251	GDS-178 Chl. 30.32 2.23 18.07 28.92 0.73 10.18 0.73 0.13 0.50 0.20 - 92.01 <4 <13 81 33 10 56 37 n.d. 19 26	GDS-176 III, 53.15 2.15 26.14 3.41 0.12 0.75 0.63 1.12 7.17 0.20 - 94.84 67 201 10 18 6 59 51 10 30 295	GDS-170 Mag. 10.81 0.80 1.46 48.55 0.16 0.46 0.69 0.12 0.15 0.09 - 63.29 <4 51 248 317 n.d. 13 9 n.d. 8 n.d.	GDS-172 Mag. 9.56 0.60 1.27 44.96 0.13 0.13 0.13 0.13 0.13 0.13 0.19 0.18 - 57.50 7 33 266 160 n.d. 28 9 n.d. 6 n.d.	GDS-176 Py. - - - - - - - - - - - - -
$\begin{tabular}{ c c c c }\hline\hline \hline Sample No.\\ \hline mineral \\\hline \hline SiO_2(wt.\%) \\\hline TiO_2 \\Al_2O_3 \\\hline Fe_2O_3^* \\MnO \\MgO \\CaO \\Na_2O \\K_2O \\P_2O_5 \\L.O.L \\\hline Total \\\hline As(ppm) \\Ba \\Co \\Cr \\Cu \\Ga \\Nb \\Ni \\Pb \\Rb \\S \\\end{tabular}$	GDS-162           Bt.           35.52           3.47           16.54           24.75           0.45           7.24           0.40           0.16           8.40           0.15           1.87           98.95           <4	GDS-163           Bt.           36.45           3.01           14.89           24.77           0.46           8.57           0.55           0.11           8.84           0.06           1.43           99.14           <4	GDS-165 A.Bt. 37.98 2.43 19.58 19.43 0.32 7.26 0.97 0.21 3.37 0.11 - 91.66 8 337 57 83 93 36 30 42 15 251 92	GDS-178 Chl. 30.32 2.23 18.07 28.92 0.73 10.18 0.73 0.13 0.50 0.20 - 92.01 <4 <13 81 33 10 56 37 n.d. 19 26 n.d.	GDS-176 III, 53.15 2.15 26.14 3.41 0.12 0.75 0.63 1.12 7.17 0.20 - 94.84 67 201 10 18 6 59 51 10 30 295 1140	GDS-170 Mag. 10.81 0.80 1.46 48.55 0.16 0.46 0.69 0.12 0.15 0.09 - 63.29 <4 51 248 317 n.d. 13 9 n.d. 8 n.d. 8 n.d. n.d.	GDS-172 Mag. 9.56 0.60 1.27 44.96 0.13 0.16 0.32 0.13 0.19 0.18 - 57.50 7 33 266 160 n.d. 28 9 n.d. 6 n.d. 4	GDS-176 Py. - - - - - - - - - - - - -
$\label{eq:second} \hline \hline Sample No.\\ \hline mineral \\ \hline SiO_2(wt.\%) \\ TiO_2 \\ Al_2O_3 \\ Fe_2O_3^* \\ MnO \\ MgO \\ CaO \\ Na_2O \\ K_2O \\ P_2O_5 \\ L.O.I. \\ \hline Total \\ As(ppm) \\ Ba \\ Co \\ Cr \\ Cu \\ Ga \\ Nb \\ Ni \\ Pb \\ Rb \\ S \\ Sr \\ \hline \hline \end{tabular}$	GDS-162           Bt.           35.52           3.47           16.54           24.75           0.45           7.24           0.40           0.16           8.40           0.15           1.87           98.95           <4	GDS-163         Bt.           36.45         3.01           14.89         24.77           0.46         8.57           0.55         0.11           8.84         0.06           1.43         99.14           <4	GDS-165 A.Bt. 37.98 2.43 19.58 19.43 0.32 7.26 0.97 0.21 3.37 0.11 - 91.66 8 337 57 83 36 30 42 15 251 92 72	GDS-178 Chl. 30.32 2.23 18.07 28.92 0.73 10.18 0.73 0.13 0.50 0.20 - 92.01 <4 <13 81 33 10 56 37 n.d. 19 26 n.d. 32	GDS-176 III. 53.15 26.14 3.41 0.12 0.75 0.63 1.12 7.17 0.20 - 94.84 67 201 10 18 67 201 10 18 6 59 51 10 30 295 1140 89	GDS-170 Mag. 10.81 0.80 1.46 48.55 0.16 0.46 0.69 0.12 0.15 0.09 - 63.29 <4 51 248 317 n.d. 13 9 n.d. 8 n.d. 8 n.d. 19	GDS-172 Mag. 9.56 0.60 1.27 44.96 0.13 0.16 0.32 0.13 0.19 0.18 - 57.50 7 33 266 160 n.d. 28 9 n.d. 6 n.d. 4 17	GDS-176 Py. - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
$\label{eq:starsested} \hline $$ \frac{\text{Sample No.}}{\text{mineral}}$$ \frac{\text{mineral}}{\text{SiO}_2(\text{wt.\%})}$$ TiO_2 \\ Al_2O_3 \\ Fe_2O_3^* \\ MnO \\ MgO \\ CaO \\ Na_2O \\ K_2O \\ P_2O_5 \\ L.O.L \\ \frac{\text{Total}}{\text{As}(\text{ppm})}$$ Ba \\ Co \\ Cr \\ Cu \\ Ga \\ Nb \\ Ni \\ Pb \\ Rb \\ S \\ Sr \\ Th $$ Th $$ \end{tabular}$	GDS-162           Bt.           35.52           3.47           16.54           24.75           0.45           7.24           0.40           0.16           8.40           0.15           1.87           98.95           <4	GDS-163         Bt.           36.45         3.01           14.89         24.77           0.46         8.57           0.55         0.11           8.84         0.06           1.43         99.14           <4	GDS-165           A.Bt.           37.98           2.43           19.58           19.43           0.32           7.26           0.97           0.21           3.37           0.11           -           91.66           8           337           57           83           93           36           30           42           15           251           92           72           <4	GDS-178 Chl. 30.32 2.23 18.07 28.92 0.73 10.18 0.73 0.13 0.50 0.20 - 92.01 <4 <13 81 33 10 56 37 n.d. 19 26 n.d. 32 <4	GDS-176 III. 53.15 26.14 3.41 0.12 0.75 0.63 1.12 7.17 0.20 - 94.84 67 201 10 18 6 59 51 10 30 295 1140 89 32	GDS-170 Mag. 10.81 0.80 1.46 48.55 0.16 0.46 0.69 0.12 0.15 0.09 - 63.29 <4 51 248 317 n.d. 13 9 n.d. 8 n.d. 13 9 5	GDS-172 Mag. 9.56 0.60 1.27 44.96 0.13 0.16 0.32 0.13 0.19 0.18 - 57.50 7 33 266 160 n.d. 28 9 n.d. 6 n.d. 4 17 10	GDS-176 Py. - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
$\label{eq:starsested} \hline \hline $$ Since 1 \\ \hline $$ Since 2 \\ $	GDS-162           Bt.           35.52           3.47           16.54           24.75           0.45           7.24           0.40           0.16           8.40           0.15           1.87           98.95           <4	GDS-163         Bt.           36.45         3.01           14.89         24.77           0.46         8.57           0.55         0.11           8.84         0.06           1.43         99.14           <4	GDS-165           A.Bt.           37.98           2.43           19.58           19.43           0.32           7.26           0.97           0.21           3.37           0.11           -           91.66           8           337           57           83           93           36           30           42           15           251           92           72           <4	GDS-178 Chl. 30.32 2.23 18.07 28.92 0.73 10.18 0.73 0.13 0.50 0.20 - 92.01 <4 <13 81 33 10 56 37 n.d. 19 26 n.d. 32 <4 177	GDS-176 III. 53.15 26.14 3.41 0.12 0.75 0.63 1.12 7.17 0.20 - 94.84 67 201 10 18 6 59 51 10 30 295 1140 89 32 176	GDS-170 Mag. 10.81 0.80 1.46 48.55 0.16 0.46 0.69 0.12 0.15 0.09 - 63.29 <4 51 248 317 n.d. 13 9 n.d. 13 9 n.d. 8 n.d. 19 5 1448	GDS-172 Mag. 9.56 0.60 1.27 44.96 0.13 0.16 0.32 0.13 0.19 0.18 - 57.50 7 33 266 160 n.d. 28 9 n.d. 6 n.d. 4 17 10 838	GDS-176 Py. - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
$\label{eq:starsesterm} \hline \hline $$ Sample No. $$ mineral $$ SiO_2(wt.\%) $$ TiO_2 $$ Al_2O_3 $$ Fe_2O_3 $$ mnO $$ MgO $$ CaO $$ Na_2O $$ K_2O $$ P_2O_5 $$ L.O.I. $$ Total $$ As(ppm) $$ Ba $$ Co $$ Cr $$ Cu $$ Ga $$ Nb $$ Ni $$ Pb $$ Rb $$ S $$ sr $$ Th $$ V $$ Y $$ Y $$ The $$ V $$ Y $$ The $$ The $$ The $$ V $$ Y $$ The $$	GDS-162           Bt.           35.52           3.47           16.54           24.75           0.45           7.24           0.40           0.16           8.40           0.15           1.87           98.95           <4	GDS-163           Bt.           36.45           3.01           14.89           24.77           0.46           8.57           0.55           0.11           8.84           0.06           1.43           99.14           <4	GDS-165 A.Bt. 37.98 2.43 19.58 19.43 0.32 7.26 0.97 0.21 3.37 0.11 - 91.66 8 337 57 83 36 30 42 15 251 92 72 <4 281 36	GDS-178 Chl. 30.32 2.23 18.07 28.92 0.73 10.18 0.73 0.13 0.50 0.20 - 92.01 <4 <13 81 33 10 56 37 n.d. 19 26 n.d. 32 <4 177 19	GDS-176 III. 53.15 2.15 26.14 3.41 0.12 0.75 0.63 1.12 7.17 0.20 - 94.84 67 201 10 18 6 59 51 10 30 295 51 10 30 295 1140 89 32 176 35	GDS-170 Mag. 10.81 0.80 1.46 48.55 0.16 0.46 0.69 0.12 0.15 0.09 - 63.29 <4 51 248 317 n.d. 13 9 n.d. 8 n.d. 19 5 1448 8	GDS-172 Mag. 9.56 0.60 1.27 44.96 0.13 0.16 0.32 0.13 0.19 0.18 - 57.50 7 33 266 160 n.d. 28 9 n.d. 6 n.d. 4 17 10 838 14	GDS-176 Py. - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
$\label{eq:starsested} \hline \hline $$ Since $$$	$\begin{array}{c} \hline \text{GDS-162} \\ \hline \text{Bt.} \\ 35.52 \\ 3.47 \\ 16.54 \\ 24.75 \\ 0.45 \\ 7.24 \\ 0.40 \\ 0.15 \\ 7.24 \\ 0.40 \\ 0.15 \\ 1.87 \\ 98.95 \\ <4 \\ 745 \\ 44 \\ 25 \\ n.d. \\ 48 \\ 182 \\ n.d. \\ 48 \\ 182 \\ n.d. \\ 6 \\ 598^{**} \\ 201 \\ 15.4^{**} \\ <4 \\ 175 \\ 28 \\ 721 \\ \end{array}$	GDS-163         Bt.           36.45         3.01           14.89         24.77           0.46         8.57           0.55         0.11           8.84         0.06           1.43         99.14           <4	GDS-165 A.Bt. 37.98 2.43 19.58 19.43 0.32 7.26 0.97 0.21 3.37 0.11 - 91.66 8 337 57 83 36 30 42 15 251 92 72 <4 281 36 476	GDS-178 Chl. 30.32 2.23 18.07 28.92 0.73 10.18 0.73 0.13 0.50 0.20 - 92.01 <4 <13 81 33 10 56 37 n.d. 19 26 n.d. 19 26 n.d. 32 <4 177 19 828	GDS-176 III. 53.15 2.15 26.14 3.41 0.12 0.75 0.63 1.12 7.17 0.20 - 94.84 67 201 10 18 6 59 51 10 10 18 6 59 51 10 30 295 1140 89 32 176 35 129	GDS-170 Mag. 10.81 0.80 1.46 48.55 0.16 0.46 0.69 0.12 0.15 0.09 - 63.29 <4 51 248 317 n.d. 13 9 n.d. 8 n.d. 13 9 5 1448 8 99	GDS-172 Mag. 9.56 0.60 1.27 44.96 0.13 0.16 0.32 0.13 0.19 0.18 - 57.50 7 33 266 160 n.d. 28 9 n.d. 6 n.d. 4 17 10 838 14 143	GDS-176 Py. - - - - - - - - - - - - -

\*: total iron as  $Fe_2O_3$ , \*\*: analyzed by isotopic dilution method (Kawano and Yuhara, 2008b). L.O.L: loss on ignition, n.d.: not detected. Pl.: plagioclase, Kfs: K-feldspar, Hbl.: hornblende, Bt: biotite, A.Bt.: argillizied biotite, Chl.: chlorite, Ill.: illite, Mag.: magnetite, Py.: pyrite.

u																										04
Ζ																									<del></del>	0.
Υ																									-0.4	0.0
Λ																								0.74	0.06	0.03
$\operatorname{Th}$																							-0.50	00.00	0.52	0.17
Sr																						0.42	0.14	-0.07	-0.22	-0.36
$\operatorname{Rb}$																					0.06	0.43	-0.21	-0.08	-0.28	-0.23
Pb																				0.06	0.48	0.34	-0.07	-0.37	0.23	0.33
Ni																			0.07	0.18	0.10	0.15	0.05	0.01	0.00	0.12
Νb																		0.01	0.10	. 90.0	0.09	0.00	0.16	0.00	0.02	0.26
Ga																	).23	).28	.47	).31	.65	.52	).22	0.00	0.30	60.0
Cu																.16	.53	- 101	01 (	.22	.05	.03	- 11.	.16 (	.03 -(	.47 -(
л (															45	0- 80	52 -0	12 0	15 0	31 0	34 -0	34 -0	08 0	01 0	14 0	0 60
0														88	13 0.	.0- 0:	l4 - <b>0</b> .	.0	32 -0.	55 -0.	55 -0.	30 -0.	91 0.	37 0.	0.	37 0.
a C													6	2 0.	3.0.	·0- 9	0	0 6	2 -0.	.0- 0	 	-0.	3 0.9	4 0.0	0.0	4 0.
Ba												~1	2 -0.3	0.4	0.2	3 0.3	1 0.0	2 -0.3	3 0.0	2 0.2	1 0.3	0.0	5 -0.2	3 -0.4	3 0.0	1 0.0
As												0.02	0.0	0.0(	0.0(	0.0	0.0	0.02	0.2(	0.32	0.0	0.0(	0.0	0.0	0.4	0.0
$P_2O_5$											0.03	-0.25	0.03	0.16	0.27	-0.17	0.03	0.19	0.01	-0.09	-0.23	0.08	0.22	0.30	0.22	0.03
$\rm K_2O$										-0.21	0.22	0.51	-0.59	-0.28	0.13	0.48	0.09	-0.28	0.24	0.76	0.12	0.19	-0.60	-0.48	0.00	0.17
$\mathrm{Na_2O}$									0.46	-0.34	00.00	0.31	-0.75	-0.27	-0.24	0.41	0.13	0.22	0.08	0.33	0.67	0.48	0.66	0.57	0.07	-0.36
CaO								-0.29	-0.74	0.07	0.25	-0.34	0.61	0.34	0.02	-0.58	0.04	0.13	-0.58	-0.81	-0.08	-0.24	0.71	0.51	-0.08	0.23
MgO							0.82	-0.60	-0.69	0.18	0.11	-0.43	0.90	0.39	0.10	-0.69	-0.11	0.21	-0.50	-0.69	-0.40	-0.30	0.91	0.69	0.01	0.33
MnO						0.37	0.23	0.41	-0.28	0.42	0.00	-0.35	0.40	0.23	0.13	-0.34	0.01	0.18	-0.07	-0.18	-0.32	0.00	0.37	0.66	0.07	0.12
$e_2O_3^*$					0.44	0.65	0.54	-0.44	-0.45	0.21	0.06	-0.24	0.60	0.24	0.05	-0.48	0.00	0.17	-0.33	-0.48	-0.27	-0.07	-0.66	0.63	0.01	0.26
M2O3 F				0.35	0.38	0.44	0.29	0.34	0.29	0.34	0.01	0.44	0.49	0.38	0.15	0.73	0.02	0.27	0.04	0.19	0.37	0.15	0.40	0.41	0.11	0.09
riO₂ ≠			0.31	. 19.0	0.33 -	. 18.0	).61	09.0	0.52	0.17 -	0.04	0.32	).82	0.25 -	0.04 -	0.50	0.01	0.06	0.46	0.51	0.42	0.22	. 88.	- 17.0	- 00.C	0.47
iO <sub>2</sub> T		1.21	.24 (	19 (	.31 (	.20	.08	.54 -(	.34 -(	.49 (	01 (	.18 (	.33	.08	.27 (	.13 -(	) 60'	.18 (	.02 -(	.15 -(	.23 -(	)- 90'	.25 (	.26 (	.36 (	) 60;
S	_~	) <sub>2</sub> 0	0.03	0.03	9	9 0	0 C	0	0	5 0	0	0	0	0	Ŷ	0	0	Ŷ	0	0	0	0	0	Ŷ	9	0
	SiO	TiC	$\mathrm{Al}_2$	$\mathrm{Fe}_2$	Mn	Mg	Ca(	$\mathrm{Na}_2$	$K_2($	$P_2C$	$\operatorname{As}$	Ва	ů	$\mathbf{C}$	Cu	Ga	dΝ	Ni	$\mathbf{Pb}$	$\operatorname{Rb}$	Sr.	$\operatorname{Th}$	$\geq$	Х	Zn	Zr

Table 4. Correlation coefficient  $(r^2)$  of elements in stream sediments in the Gokayama area.



Fig. 5. Geochemical maps of the Gokayama area.

対し, SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, Ba, Pb, Rb 濃度は, 早良花崗岩 分布域で高く, 糸島花崗閃緑岩分布域で低い傾向にあ る. これらの元素の濃度分布は, 岩石の化学組成の特 徴と一致しており, 流域に分布する岩石の化学組成を 反映していると考えられる. しかし, 多くの場合その 境界は. 早良花崗岩主岩相側にシフトしている. これ は, 糸島花崗閃緑岩分布域から流下する小河川が早良 花崗岩細粒相分布域内を流下し, 早良花崗岩主岩相分 布域で那珂川本流に合流しているため, 早良花崗岩細 粒相分布域内の河川堆積物は, 糸島花崗閃緑岩の影響 を強く受けているためであると考えられる.

As は大野金探鉱跡を中心とした領域で極めて高い 濃度を示す.これは As に富む白色変質花崗閃緑岩の 分布を反映している.しかし,白色変質花崗閃緑岩の 分布を確認していない東小川内北東部においてもやや 高い濃度を示す.したがって,東小川内北方に白色変 質花崗閃緑岩が存在することが示唆される.該当地域 は,五ヶ山ダムの周回道路が通る場所であり,道路の 建設工事に伴って白色変質花崗閃緑岩あるいは As の 移動が生じる可能性もあるため,工事に細心の注意が 求められる.

#### 岩石の分布に規制されない濃度分布を示す元素

Na<sub>2</sub>O, Cu, Ga, Nb, Sr, Th は岩石ごとの濃度差 はあまり見られないが,地球化学図(Fig. 6)上では 濃度分布に偏りが見られる.さらに Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> と Zr は糸 島花崗閃緑岩と早良花崗岩の濃度関係とは逆の濃度分 布を示す.また, Zn および Th は両者の分布とは無 関係の濃度分布を示す.このことは,これらの元素は, 流域に分布する岩石の化学組成の違いを反映していな いことを示唆する. これらの元素のうち、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とGa, Na<sub>2</sub>OとSrは, 相関が良く (Table 4), それぞれ類似した濃度分布 を示す. CuとNbは,相関の良い元素はない.また, Zr は河川堆積物中の濃度が岩石よりも高い.

Zr は花崗岩類に普遍的に含まれているジルコンが, Th は本地域の花崗岩類に普遍的に含まれている(唐 木田ほか,1994)モナザイトが河川堆積物中に濃集 したため高い濃度を示すと考えられる(高本ほか, 2005;伊藤ほか,2007).

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> と Ga は相関が良く,類似した濃度分布を示 すことから,同一鉱物が関与している可能性が高い. 本研究および古川ほか(2005)と高本ほか(2005)に よって報告された鉱物の化学組成から,これらの元素 を濃集するのはイライトであると考えられる.したが って,これらの元素の濃度分布はイライトの濃集によ って生じたと考えられる.

Na<sub>2</sub>OとSrは相関が良く、類似した濃度分布を示 すが、これらの濃度分布は、両元素を濃集する斜長 石(高本ほか、2005;本研究)の含有量の変化によっ て生じたと考えられる.Cuは変質黒雲母や黄鉄鉱に、 Nbは黒雲母、イライトに濃集するが、他の元素と相 関を示さないことから、複数の鉱物が関与していると 考えられる.

以上のことから、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cu, Ga, Nb, Sr, Th, Y, Zn, Zr の濃度分布を支配する要素は、ジルコン、モ ナザイト、イライト、斜長石、変質黒雲母、黄鉄鉱の 河川堆積物中の含有量の差であると考えられる.

以上のことから、これらの元素の濃度分布は、流域 に分布する岩石の化学組成の違い、もしくは鉱物の濃 集の差によって説明される.また、高本ほか(2005)











Fig. 6. Geochemical maps of the Gokayama area using corrected position data.













Fig. 6. (continued)













Fig. 6. (continued)













Fig. 6. (continued)



Fig. 6. (continued)

によって指摘されているような特定元素の極端な濃度 ピークは認められないため、人為的な影響は検出でき なかった.したがって、今回分析を行った元素につい ては、濃度分布は地域地質を反映していると考えられ る.

# まとめ

那珂川上流の五ヶ山地域の河川堆積物の化学分析を 行い,これまで日本各地で作成されている地球化学図 よりも試料採取密度の高い地球化学図を作成した.そ の解析の結果,元素の濃度分布は,流域に分布する岩 石の化学組成と,河川堆積物における特定の鉱物の濃 集によって説明されることがわかった.さらに,それ らの濃度分布は河川の作用により地質体の分布からず れることもわかった.したがって,これらの元素の濃 度分布は地域地質を反映していると考えられる.また, As の濃度分布から,まだ分布を確認していない地域 に白色変質花崗閃緑岩が分布している可能性が示唆さ れる.分布が示唆される地域は,五ヶ山ダムの周回道 路の予定地を含む部分であり,工事には細心の注意が 求められる.

## 謝 辞

本論文は小路泰之の福岡大学理学部地球圏科学科に おける平成17年度の卒業研究をまとめたものである。 福岡県五ヶ山ダム建設事務所ならびに福岡県教育庁総 務部文化財保護課文化財保護係の伊﨑俊秋氏には,現 地調査の機会を与えていただいた.福岡県筑紫郡那珂 川町大野の築地蔵次氏,同町東小河内の伊藤博行氏, 佐賀県神埼郡東脊振村(現:吉野ヶ里町)小川内大野 の武廣邦敏氏には現地調査ならびに試料採取に同行し ていただいた.研究を進めるにあたり,福岡大学理学 部地球圏科学科の田口幸洋教授,奥野 充准教授,鮎 沢 潤博士には様々なご意見,御討論をいただいた. 立正大学地球環境科学部の川野良信教授には査読をし ていただき,有益な助言をいただいた.以上の方々に, 記して感謝の意を表します.

# 文 献

- 古川直道・柚原雅樹・伊藤裕之・高本のぞみ・柚原美恵, 2004,河川堆積物の化学組成の季節変動 - 室見 川および祓川の例 - . 福岡大学理学集報,34(2), 27-44.
- 古川直道・柚原雅樹・伊藤裕之・高本のぞみ・柚原美 恵,2005,磁鉄鉱除去による河川堆積物の化学 組成の変化.福岡大学理学集報,35(1),1-10.
- 今井 登・岡井貴司・遠藤秀典・石井武政・田口雄作・ 上岡 晃,2000,山形市周辺地域の地球化学図 -地質環境アトラス「山形市周辺地域」-.地 質調査所,37-40.
- 今井 登·寺島 滋・片山 肇・中島 健・池原 研・ 谷口政碩, 1997, 日本海東部沿岸域海底表層堆 積物中の重金属の地球化学的挙動. 地調月報, 48, 511-529.
- 今井 登・寺島 滋・太田充恒・御子柴(氏家) 真澄・

岡井貴司・立花好子・富樫茂子・松久幸敬・金 井 豊・上岡 晃・谷口政碩,2004,日本の地 球化学図.産業技術総合研究所地質調査総合セ ンター,200p.

- 伊藤裕之・柚原雅樹・石原与四郎・古川直道・小路泰 之,2007,福岡県西部,室見川および那珂川流 域の地球化学図.福岡大学理学集報,37(1), 37-56.
- 伊藤司郎・上岡 晃・田中 剛・富樫茂子・今井 登・ 金井 豊・寺島 滋・宇都浩三・岡井貴司・氏 家真澄・柴田 賢・神谷雅晴・佐藤興平・坂本 亭・安藤 厚, 1991,地球化学アトラス-北 関東-.地質調査所出版物, 30 図版, 35 p.
- 上岡 晃・田中 剛・伊藤司郎・今井 登, 1991, 元 素の地表分布パターンとその解析-北関東の地 球化学図.地球化学, 25, 81-99.
- 官 和哉・黒沢邦彦, 1996, 北海道中央部における土 壌元素の地球化学図. 北海道立地下資源調査研 究所, 39p.
- Karakida, Y., Tomita, T., Gottfried, D., Stern, T. and Rose, H. J. Jr., 1965, Lead-Alpha ages of some granitic rocks from North Kyushu and Central Japan. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ.*, Ser. D, (Geol.), 16, 249-263.
- 唐木田芳文・富田宰臣・下山正一・千々和一豊, 1994,福岡地域の地質,地域地質研究報告(5 万分の1地質図幅).地質調査所,192p.
- 川野良信・柚原雅樹,2005,福岡県五ヶ山周辺に分布 する花崗岩類.佐賀大学文化教育学部研究論文 集,10,143-149.
- 川野良信・柚原雅樹, 2008a, ii. 地質・鉱物. 福岡県 教育委員会編 福岡県営五ヶ山ダム関連文化財 調査報告 I「五ヶ山・小川内」, 福岡県文化財調 査報告書, 215, 45-56.
- 川野良信・柚原雅樹, 2008b, 福岡県那珂川上流, 白 亜紀花崗岩類の年代学的, 同位体岩石学的研究. 地質雑, 114, 218-230.
- 久保和也・松浦浩久・尾崎正紀・牧本 博・星住英夫・ 鎌田耕太郎・広島俊男・中島和敏, 1993, 20万 分の1地質図 福岡.地質調査所.
- 九州活構造研究会, 1989, 九州の活構造. 東京大学出版会, 553p.
- 太田充恒・今井 登・岡井貴司・遠藤秀典・石井武政・ 田口雄作・上岡 晃・御子柴(氏家)真澄・寺 島 滋,2003,地球化学図を用いた仙台市周辺 地域の元素挙動の解明と環境評価.地球科学, 57,61-72.
- 太田充恒・今井 登・岡井貴司・遠藤秀典・川辺禎久・

石井武政・田口雄作・上岡 晃, 2002, 山形市 周辺地域における元素分布の特徴について – 山形盆地南部の地球化学図 – .地球化学, 36, 109-125.

- 大和田正明・亀井淳志・山本耕次・小山内康人・加々 美寛雄, 1999, 中・北部九州, 白亜紀花崗岩 類の時空分布と起源. 地質学論集, no. 53, 349-363.
- Shibata, K. and Karakida, Y., 1965, Potassium-Argon ages of the granitic rocks from the Northern Kyushu. Bull. Geol. Surv. Japan, 16, 443-445.
- 椎川 誠・金山道雄・滝沢行雄(応用地球化学研究グ ループ), 1984,秋田県の地球化学図.秋田大 教育学地学, 29p.
- 高本のぞみ・柚原雅樹・古川直道,2005,福岡県東部, 今川・祓川流域の元素濃度分布.福岡大学理学 集報,35 (2),41-66.
- Tanaka, T., Kawabe, I., Hirahara, Y., Iwamori, H., Mimura, K., Sugisaki, R., Asahara, Y., Ito, T., Yarai, H., Yonezawa, C., Kanda, S., Shimizu, O., Hayashi, M., Miura, N., Mutoh, K., Ohta, A., Sugimura, K., Togami., K., Toriumi, T. and Matsumura, Y., 1994, Geochemical survey of the Sanage-yama area in Aichi Prefecture for environmental assessment. *Jour. Earth Planet. Sci. Nagaya Univ.*, 41, 1-31.
- 田中 剛・川邊岩夫・山本剛志・岩森 光・平原靖大・ 三村耕一・浅原良浩・伊藤貴盛・米澤千夏・ド ラグシャヌクリスチャン・神田 聡・清水乙彦・ 林 正人・三浦典子・青木 浩・太田充恒・戸 上 薫・鳥海貴弘・松村陽子・榊原智康・谷水 雅治・水谷嘉一・宮永直澄・村山正樹・大森美 美子,1995,愛知県瀬戸市周辺における河川堆 積物中の元素分布と地球環境評価の試み.地球 化学,29,113-125.
- Tanaka, T., Kawabe, I., Yamamoto, K., Iwamori, H., Hirahara, Y., Mimura, K., Asahara, Y., Minami, M., Ito, T., Dragusanu, C., Miura, N., Aoki, H., Ohta, A., Togami, K., Triumi, T., Matsumura, Y., Sakakibara, T., Tanimizu, M., Mizutani, Y., Miyanaga, N., Murayama, M. and Takayanagi, Y., 1996, Geochemical mapping of the northern area of Toyota City, Aichi Prefecture, central Japan : Distinct chemical characteristics of stream sediments between granitic and sedimentary rock areas. *Jour. Earth Planet. Sci. Nagaya Univ.*, 43, 27-47.
- 田中 剛・川邊岩夫・山本鋼志・三村耕一・淺原良浩・

南 雅代, 2001, 地学野外実習としての地球化 学図作成. 地質ニュース, 558, 41-47.

- 戸上 薫・田中 剛・岩森 光, 1997, 愛知県北東部 津具地域の元素濃度分布とその規定要因. 資源 地質, 47, 305-318.
- Ujiie-Mikoshiba, M., Imai, N., Terashima, S., Tachibana, Y. and Okai, T., 2008, Geochemical mapping in northern Honshu, Japan. *Appl. Geochemi.* 21, 492-514.
- 山本鋼志・田中 剛・川邊岩夫・岩森 光・平原靖大・ 浅原良浩・金 奎 漢・Richardson, C.・伊藤貴盛・ Dragusanu, C.・三浦典子・青木 浩・太田充恒・ 榊原智康・谷水雅治・水谷嘉一・宮永直澄・村 山正樹・仙田量子・高柳幸央・井上祐介・川崎 啓介・高木真理・根布悟志・稲吉正美, 1998, 愛知県豊田市北東部の領家花崗岩地域の地球化 学図.地質雑, 104, 688-704.
- 柳 哮・浜本礼子・劉 旭東・中村 真, 1999, Rb-Sr 法による年代測定の新しい試み. 月刊地球, 21, 811-816.
- 柚原雅樹・古川直道・田口幸洋,2004,粉末ペレット 法による珪酸塩・炭酸塩岩石の微量元素の蛍光

X線分析. 福岡大学理学集報, 34 (1), 43-49.

- 柚原雅樹・田口幸洋,2003a, 蛍光X線分析装置 ZSX100eによる珪酸塩岩石の主成分および微量 元素の定量分析. 福岡大学理学集報,33 (1), 25-34.
- 柚原雅樹・田口幸洋,2003b,ガラスビード法による 珪酸塩岩石の Co および S の蛍光 X 線分析.福 岡大学理学集報,33 (2),77-81.
- 柚原雅樹・田口幸洋,2006,ガラスビード法による炭酸塩岩石の主成分および微量元素の蛍光X線分析. 福岡大学理学集報,36(2),29-35.
- 袖原雅樹・宇藤千恵・小路泰之・川野良信,2006a, 那珂川上流,五ヶ山地域の白亜紀花崗岩類に 発達する断裂系.福岡大学理学集報,36(1), 55-67.
- 袖原雅樹・祐徳信武,2005,那珂川上流,五ヶ山地 域の金探鉱跡周辺に認められる早良花崗岩の変 質.福岡大学理学集報,35(1),49-73.
- 袖原雅樹・祐徳信武・字藤千恵・小路泰之,2006b, 那珂川上流,五ヶ山地域の金探鉱跡周辺の熱水 変質早良花崗岩のヒ素含有量.福岡大学理学集 報,36(1),43-53.



Appendix. Photographs of sampling points.





Appendix. (continued)



Appendix. (continued)





